

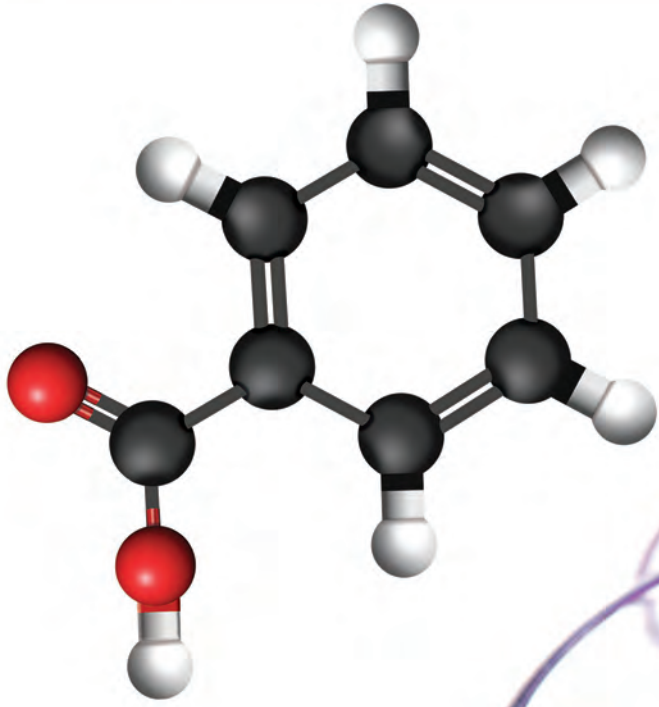


وزارة التربية

الكيمياء 12

الصف الثاني عشر

الجزء الثاني



كتاب المعلم

المرحلة الثانوية

الكيمياء



وزارة التربية

12

الصف الثاني عشر

كتاب المعلم

الجزء الثاني

المرحلة الثانوية

اللجنة الإشرافية لدراسة ومواءمة سلسلة كتب العلوم

أ. ليلي علي حسين الوهيب (رئيساً)

أ. سعاد عبد العزيز الرشود

أ. مصطفى محمد مصطفى

أ. فتوح عبد الله طاهر الشمالي

أ. تهاني زعار المطيري

الطبعة الأولى

1435 - 1436 هـ

2014 - 2015 م

فريق عمل دراسة ومواءمة كتب الكيمياء للصف الثاني عشر الثانوي

أ. علي محمد محمد الششتاوي

أ. فتحية محمد رضا سيد هاشم

أ. طيف حمود العدواني

أ. نادية سعد الغريب

أ. ليالي غايب العتيبي

دار التّربويّون House of Education ش.م.م.م. وبيرسون إديوكيشن 2014

© جميع الحقوق محفوظة : لا يجوز نشر أيّ جزء من هذا الكتاب أو تصويره أو تخزينه أو تسجيله بأيّ وسيلة دون مُوافقة خطيّة من الناشر.

الطبعة الأولى 2014/2015 م



صَاحِبُ السُّمُولِ شَيْخُ صَبَّاحُ الْاِخْبَانِ الْجَاهِلِ الصَّبَّاحِ
أَمِيرُ دَوْلَةِ الْكُوَيْتِ



سَمُو الشَّيْخِ نَوَافُ بْنُ عَبْدِ اِزِيزِ السَّبَّاحِ

وَلِيَّ عَهْدِ دَوْلَةِ الْكُوَيْتِ

مقدمة

الحمد لله رب العالمين، والصلاة والسلام على سيد المرسلين، محمد بن عبد الله وصحبه أجمعين.

عندما شرعت وزارة التربية في عملية تطوير المناهج، استندت في ذلك إلى جملة من الأسس والمرتكزات العلمية والفنية والمهنية، حيث راعت متطلبات الدولة وارتباط ذلك بسوق العمل، وحاجات المتعلمين والتطور المعرفي والعلمي، بالإضافة إلى جملة من التحديات التي تمثلت بالتحدي القيمي والاجتماعي والاقتصادي والتكنولوجي وغيرها، وإن كنا ندرك أن هذه الجوانب لها صلة وثيقة بالنظام التعليمي بشكل عام وليس المناهج بشكل خاص.

وما يجب التأكيد عليه، أن المنهج عبارة عن كم الخبرات التربوية والتعليمية التي تُقدم للمتعلم، وهذا يرتبط أيضًا بعمليات التخطيط والتنفيذ، والتي في محصلتها النهائية تأتي لتحقيق الأهداف التربوية، وعليه أصبحت عملية بناء المناهج الدراسية من أهم مكونات النظام التعليمي، لأنها تأتي في جانبين مهمين لقياس كفاءة النظام التعليمي، فهي من جهة تمثل أحد المدخلات الأساسية ومقياسًا أو معيارًا من معايير كفاءته من جهة أخرى، عدا أن المناهج تدخل في عملية إنماء شخصية المتعلم في جميع جوانبها الجسمية والعقلية والوجدانية والروحية والاجتماعية.

من جانب آخر، فنحن في قطاع البحوث التربوية والمناهج، عندما نبدأ في عملية تطوير المناهج الدراسية، ننطلق من كل الأسس والمرتكزات التي سبق ذكرها، بل إننا نراها محفزات واقعية تدفعنا لبذل قصارى جهدنا والمضي قدمًا في البحث في المستجدات التربوية سواء في شكل المناهج أم في مضامينها، وهذا ما قام به القطاع خلال السنوات الماضية، حيث البحث عن أفضل ما توصلت إليه عملية صناعة المناهج الدراسية، ومن ثم إعدادها وتأليفها وفق معايير عالمية استعدادًا لتطبيقها في البيئة التعليمية.

ولقد كانت مناهج العلوم والرياضيات من أول المناهج التي بدأنا بها عملية التطوير، إيماناً بأهميتها وانطلاقاً من أنها ذات صفة عالمية، مع الأخذ بالحسبان خصوصية المجتمع الكويتي وبيئته المحلية، وعندما أدركنا أنها تتضمن جوانب عملية التعلم ونعني بذلك المعرفة والقيم والمهارات، قمنا بدراستها وجعلها تتوافق مع نظام التعليم في دولة الكويت، مركزين ليس فقط على الكتاب المقرر ولكن شمل ذلك طرائق وأساليب التدريس والبيئة التعليمية ودور المتعلم، مؤكدين على أهمية التكامل بين الجوانب العلمية والتطبيقية حتى تكون ذات طبيعة وظيفية مرتبطة بحياة المتعلم.

وفي ضوء ما سبق من معطيات وغيرها من الجوانب ذات الصلة التعليمية والتربوية تم اختيار سلسلة مناهج العلوم والرياضيات التي أكملناها بشكل ووقت مناسبين، ولنحقق نقلة نوعية في مناهج تلك المواد، وهذا كله تزامن مع عملية التقويم والقياس للأثر الذي تركته تلك المناهج، ومن ثم عمليات التعديل التي طرأت أثناء وبعد تنفيذها، مع التأكيد على الاستمرار في القياس المستمر والمتابعة الدائمة حتى تكون مناهجنا أكثر تفاعلية.

د. سعود هلال الحربي

الوكيل المساعد لقطاع البحوث التربوية والمناهج

المحتويات

الجزء الأول

الوحدة الأولى: الغازات

الوحدة الثانية: سرعة التفاعل الكيميائي واللاتزان الكيميائي

الوحدة الثالثة: الأحماض والقواعد

الجزء الثاني

الوحدة الرابعة: الأملاح ومعايرة الأحماض والقواعد

الوحدة الخامسة: المشتقات الهيدروكربونية

الوحدة السادسة: الكيمياء الحيوية

محتويات الجزء الثاني

15	 الوحدة الرابعة: الأملاح ومعايرة الأحماض والقواعد
17	 الفصل الأول: الأملاح
18	 الدرس 1-1: مفهوم الملح وأنواع الأملاح
22	 الدرس 1-2: تميؤ الأملاح
25	 الدرس 1-3: حاصل الإذابة
31	 الدرس 1-4: المحاليل المُنظمة
35	 الفصل الثاني: معايرة الأحماض والقواعد
36	 الدرس 1-2: معايرة الأحماض والقواعد
44	 أسئلة مراجعة الوحدة الرابعة
48	 الوحدة الخامسة: المشتقات الهيدروكربونية
50	 الفصل الأول: المجموعات الوظيفية
51	 الدرس 1-1: المجموعات الوظيفية
54	 الدرس 1-2: الهيدروكربونات الهالوجينية
59	 الدرس 1-3: الكحولات والإثيرات

69	 الفصل الثاني: مجموعة الكربونيل والأمينات
70	 الدرس 1-2: الألدهيدات والكيتونات
76	 الدرس 2-2: الأحماض الكربوكسيلية والأمينات
85	 أسئلة مراجعة الوحدة الخامسة
91	 الوحدة السادسة: الكيمياء الحيوية
93	 الفصل الأول: الكربوهيدرات
94	 الدرس 1-1: الكربوهيدرات
99	 الفصل الثاني: البروتينات والليبيدات
100	 الدرس 1-2: الأحماض الأمينية وبوليمراتها (الببتيدات والبروتينات)
105	 الدرس 2-2: الأحماض الدهنية والليبيدات
111	 أسئلة مراجعة الوحدة السادسة

الهدف الشامل للتربية في دولة الكويت

تهيئة الفرص المناسبة لمساعدة الأفراد على النمو الشامل المتكامل روحياً وخلقياً وفكرياً واجتماعياً وجسمانياً إلى أقصى ما تسمح به استعداداتهم وإمكاناتهم في ضوء طبيعة المجتمع الكويتي وفلسفته وآماله وفي ضوء المبادئ الإسلامية والتراث العربي والثقافة المعاصرة بما يكفل التوازن بين تحقيق الأفراد لذواتهم وإعدادهم للمشاركة البناءة في تقدم المجتمع الكويتي والمجتمع العربي والعالم عامة.

الأهداف العامة لتعليم العلوم

تؤكد أهداف تعليم العلوم في مراحل التعليم العام على تنمية الخبرات المختلفة: الجانب المعرفي والجانب المهاري والجانب الوجداني.

هذا وقد صيغت الأهداف التالية لكي تحقق الجوانب الثلاثة بحيث تساعد المتعلم على:

1. تعميق الإيمان بالله سبحانه وتعالى من خلال تعرفه على بديع صنع الله وتنوع خلقه في الكون والإنسان.
2. استيعاب الحقائق والمفاهيم العلمية، واستخدامها في مواجهة المواقف اليومية، وحل المشكلات، وصنع القرارات.
3. اكتساب بعض مفاهيم ومهارات التقانة بما ينمي لديه الوعي المهني، وحب وتقدير العمل اليدوي، والرغبة في التصميم والابتكار.
4. اكتساب قدر مناسب من المعرفة والوعي البيئي بما يمكنه من التكيف مع بيئته، وصيانتها، والمحافظة عليها، وعلى الثروات الطبيعية.
5. اكتساب قدر مناسب من المعرفة الصحية والوعي الوقائي بما يمكنه من ممارسة السلوك الصحي السليم والمحافظة على صحته وصحة بيئته ومجتمعه.
6. اكتساب مهارات التفكير العلمي وعمليات التعلم وتنميتها وتشجيعه على ممارسة أساليب التفكير العلمي وحل المشكلات في حياته اليومية.
7. تنمية مهارات الاتصال، والتعلم الذاتي المستمر، وتوظيف تقنيات المعلومات ومصادر المعرفة المختلفة.
8. فهم طبيعة العلم وتاريخه وتقدير العلم وجهود العلماء عامه والمسلمين والعرب خاصة والتعرف على دورهم في تقدم العلوم وخدمة البشرية.
9. اكتساب الميول والاتجاهات والعادات والقيم وتنميتها بما يحقق للمتعلم التفاعل الإيجابي مع بيئته ومجتمعه ومع قضايا العلم والتقانة والمجتمع.

الأهداف العامة لتدريس مادة الكيمياء

يهتم علم الكيمياء بدراسة تركيب المواد المختلفة وخواصها، والتغيرات التي تحدث لهذه المواد، وأسباب حدوثها، والطرق والأساليب التي تمكن الإنسان من الحصول عليها. وعلم الكيمياء له أهمية كبرى في حياتنا اليومية، فهو يبتكر مواد ومركبات تعزز رفقي الإنسان، وتساعد في تقدّمه ورفاهيته.

الأهداف المعرفية

يتعرّف المفاهيم، والمبادئ، والحقائق العامة لعلم الكيمياء:

- الغازات
- سرعة التفاعل الكيميائي والاتزان الكيميائي
- الأحماض والقواعد
- الأملاح ومعايرة الأحماض والقواعد
- المجموعة الوظيفية والتفاعلات العضوية
- الكيمياء الحيوية

الأهداف المهارية

1. يكتسب مهارات يدوية تكون حصيلة العمل المخبري.
2. يتبع قواعد السلامة، ويتوخى الدقة والحذر أثناء العمل في مختبر الكيمياء.
3. يكتسب روح التعاون بين الطلاب من خلال العمل المخبري.
4. يكتسب اتجاهًا علميًا يتميز بسعة الأفق، والموضوعية والعقلانية، واحترام آراء الآخرين، وتقبل وجهات النظر المغايرة المستندة إلى أدلة علمية سليمة، وحب الاستطلاع الموجّه، والتواضع، والأمانة العلمية.
5. يتعرّف خواص العلم التجريبي الذي يقوم عليه علم الكيمياء.
6. يكتسب الخطوات المتبعة في التفكير العلمي، ومن ثم تطبيقها.
7. يكتسب طرق فهم بعض الفرضيات والنظريات، وتحليلها وتطبيقها.
8. يكتسب مهارات عقلية مناسبة: تحليل التفاعلات وتفسيرها، تصميم التجارب، إدراك العلاقات، اقتراح النماذج، حل التمارين، كتابة التقرير العلمي، استخدام الأدوات والمواد الكيميائية، إجراء التجارب، قياس الوزن، التسجيل الدقيق.

الأهداف الوجدانية (المواقف، الميول والاتجاهات)

1. يتذوق العلم، ويقدر جهود العلماء ودورهم في تقدم العلم والإنسانية.
2. يقدر دور العلماء وإسهاماتهم في تطور علم الكيمياء.
3. يقدر أثر علم الكيمياء في تطور التقنية، وأثره على تطور المجتمع ورفقيه من خلال ملاحظة التطبيقات الحياتية لعلم الكيمياء، وتفاعل المجتمع معها.
4. يكتسب القيم والاتجاهات التالية: الموضوعية، الأمانة العلمية، الاقتصاد، نبذ الخرافات، احترام العمل اليدوي.
5. يقدر الجهود المبذولة لترشيد استغلال الشروات الطبيعية.
6. يقدر الأهمية الاقتصادية لبعض المواد، وتأثيراتها على الصحة العامة والبيئة.

مخطط الوحدة الرابعة: الأملاح ومعايرة الأحماض والقواعد

الفصل	الدرس	الأهداف	عدد الحصص	معالم الوحدة
1 . الأملاح	1-1 مفهوم الملح وأنواع الأملاح	- تعريف الملح. - تصنيف الأملاح بحسب التركيب الكيميائي والتأثير وتسميتها.	1	اكتشف بنفسك: المحاليل المائية للأملاح
	2-1 تميؤ الأملاح	- استنتاج مفهوم تميؤ الأملاح. - تفسير تأثير المحاليل المائية للأملاح.	1	
	3-1 حاصل الإذابة	- تعريف المحلول المشبع. - استنتاج مفهوم حاصل الإذابة ، وكتابة تعبير ثابت حاصل الإذابة. - توقع الظروف التي يمكن عندها ترسيب مادة ذائبة من محلولها المشبع. - توقع الظروف التي يمكن عندها إذابة إلكتروليت شحيح الذوبان.	3	
	4-1 المحاليل المنظمة	- تعريف المحاليل المنظمة وأهميتها. - تعرف كيفية تحضير المحاليل المنظمة وآلية عملها.	1	
2 . معايرة الأحماض والقواعد	1-2 معايرة الأحماض والقواعد	- تعرف المعايرة بين محلول حمضي ومحلول قاعدي. - تمثيل بيانياً المعايرة بين محلول حمضي ومحلول قاعدي. - تحديد نقاط التكافؤ على منحنيات المعايرة بين الأحماض أحادية البروتون والقواعد أحادية الهيدروكسيد.	4	
	حلّ أسئلة مراجعة الوحدة		2	
إجمالي عدد الحصص			12	

الوحدة الرابعة

الوحدة الرابعة

الأملاح ومعايرة الأحماض والقواعد Salts and Titration of Acids and Bases

فصول الوحدة

- الفصل الأول
- الأملاح
- الفصل الثاني
- معايرة الأحماض والقواعد

أهداف الوحدة

- يعرف الملح.
- يصنف الأملاح بحسب التركيب الكيميائي والتأثير ويسمّيها.
- يستنتج مفهوم تميؤ الأملاح.
- يفسر تأثير المحاليل المائية للأملاح.
- يعرف المحلول المشبع.
- يستنتج مفهوم حاصل الإذابة، ويكتب تعبير ثابت حاصل الإذابة.
- يتوقع الظروف التي يمكن عندها ترسيب مادة ذائبة من محلولها المشبع.
- يتوقع الظروف التي يمكن عندها إذابة الكتروليت شحيح الذوبان.
- يتعرف كيفية تحضير المحاليل المنظمة وآلية عملها.
- يعرف المحاليل المنظمة وأهميتها.
- يتعرف المعايرة بين محلول حمضي ومحلول قاعدي.
- يمثل بيانيًا المعايرة بين محلول حمضي ومحلول قاعدي.
- يحدد نقاط التكافؤ على منحنيات التعادل بين الأحماض أحادية البروتون والقواعد أحادية الهيدروكسيد.

معالم الوحدة

اكتشف بنفسك: المحاليل المائية للأملاح



الأملاح واسعة الانتشار ومتعددة الأنواع، أشهرها ملح الطعام الموجود في مياه البحر. والمياه المعدنية أيضًا تحتوي على أملاح تتكوّن عندما تذيب مياه المطر صخور الحجر الجيري. هي في الواقع مواد كيميائية مفيدة ومتعددة الاستعمالات، بحيث تدخل في صناعة الأدوية. تتكوّن الأملاح من خلال تفاعل ما بين الأحماض والقواعد. فما هو الملح؟ وكيف يتمّ تميؤّه؟ وما هي المعايرة؟

اكتشف بنفسك

المحاليل المائية للأملاح

- لإجراء هذا النشاط، يجب توفر ما يلي: عدد 3 دورق مخروطي (100 mL)، مخيار مدرّج (50 mL)، أزرق البروموثيمول، المحاليل المائية التالية: محلول كلوريد الصوديوم NaCl بتركيز 0.1 M، محلول كلوريد الأمونيوم NH₄Cl بتركيز 0.1 M، محلول أسيتات الصوديوم CH₃COONa بتركيز 0.1 M.
- ضع 50 mL من كل محلول من المحاليل الثلاثة في ثلاثة دورق مخروطية، كل على حدة بواسطة المخيار المدرّج.
 - أضف من 5 إلى 10 قطرات من أزرق البروموثيمول إلى كل من المحاليل الثلاثة بواسطة القطارة. زج كل من الدورق الثلاثة.
 - ماذا تلاحظ؟
 - هل يمكن استنتاج قيمة pH لكل من المحاليل الثلاثة؟

الأملاح ومعايرة الأحماض والقواعد

مكوّنات الوحدة

الفصل الأول: الأملاح

الدرس 1-1: مفهوم الملح وأنواع الأملاح

الدرس 2-1: تميؤ الأملاح

الدرس 3-1: حاصل الإذابة

الدرس 4-1: المحاليل المنظمة

الفصل الثاني: معايرة الأحماض والقواعد

الدرس 1-2: معايرة الأحماض والقواعد

مقدمة

تهدف دراستنا للأملاح إلى تعريفها وتصنيفها بحسب تركيبها الكيميائي وإلى تسميتها. وتشمل هذه الوحدة مفهوم تميؤ الأملاح والمحاليل التي تنتج عنها وكيفية تصنيف الأملاح. وتهدف دراسة هذه الوحدة أيضًا إلى تعريف المحاليل المشبعة وغير المشبعة وفوق المشبعة، واستنتاج مفهوم حاصل الأيون، وكتابة تعبير ثابت حاصل الإذابة. بالإضافة إلى ذلك، يكمن هدف هذه الوحدة في توقع الظروف التي يمكن عندها تكوين راسب المادة الذائبة من محلولها المشبع والظروف التي يمكن عندها إذابة إلكتروليت شحيح الذوبان. وتشمل هذه الوحدة أيضًا دراسة المحاليل المنظمة وأهميتها وكيفية تحضيرها وآلية عملها. وتتضمّن معايرة الأحماض والقواعد، وتمثيلها بيانيًا، وتحديد نقاط التكافؤ على منحنيات المعايرة بين الأحماض أحادية البروتون والقواعد أحادية الهيدروكسيد. وتتضمّن هذه الوحدة فصلين هما:

– الأملاح

– معايرة الأحماض والقواعد

سيتعرف الطلاب من خلالهما أهداف الوحدة ومحتواها، وسيتمكّنون من حساب ثابت حاصل الإذابة لبعض الأملاح وذوبانيتها في الماء وسيصبحون قادرين على حساب تركيزات الأحماض والقواعد من خلال التمثيل البياني لمعايرة الأحماض والقواعد.

التعليق على الصورة الافتتاحية للوحدة

دع الطلاب يتفحصون الصورة الافتتاحية للوحدة. وضح لهم أنّ المركّبات الأيونية كلّها موادّ صلبة بلورية عند درجة حرارة الغرفة كما سبق لهم أن درسوا في الصفّ العاشر. أشر للطلاب إلى أنّ بعض هذه المركّبات ملوّنة ويعود ذلك إلى الأيونات التي تتكوّن منها هذه المركّبات. فسّر لهم أنّ معظم العناصر الانتقالية تكوّن أيونات ملوّنة موضّحًا أنّ المحاليل المائية للمركّبات الأيونية تتكوّن بحسب هذه الأيونات.

اطلب إلى الطلاب إكمال الجدول التالي:

الأيون (كاتيون أو أنيون)	اسم الأيون	لون الأيون	مثال على مركّب أيوني
Fe ²⁺	أيون الحديد (II)	أخضر فاتح	FeSO ₄ , FeCl ₂
Fe ³⁺	أيون الحديد (III)	أحمر غامق	FeCl ₃
Cu ²⁺	أيون النحاس (II)	أزرق	CuSO ₄ , Cu(NO ₃) ₂
MnO ₄ ⁻	أيون البرمنجنات	بنفسجي	KMnO ₄
Cr ₂ O ₇ ²⁻	أيون ثنائي الكرومات	برتقالي	K ₂ Cr ₂ O ₇
Cr ³⁺	أيون الكروم (III)	أخضر	CrCl ₃ , Cr ₂ (SO ₄) ₃

اكتشف بنفسك

اطلب إلى الطلاب تنفيذ هذا النشاط ضمن مجموعات وإجابة عن الأسئلة الموجودة في افتتاحية الوحدة الرابعة.

3. الدورق الذي يحتوي على كلوريد الأمونيوم: محلول أصفر اللون.

الدورق الذي يحتوي على كلوريد الصوديوم: محلول أخضر اللون.

الدورق الذي يحتوي على أسيتات الصوديوم: محلول أزرق اللون.

4. بحسب جداول الأدلة، يكون لون أزرق البروموثيمول:

أصفر عندما يكون pH < 7

أخضر عندما يكون pH = 7

أزرق عندما يكون pH > 7

الأهداف المتوقع اكتسابها بعد دراسة الوحدة الأولى

الأهداف المعرفية

أتوقع أن يكون الطالب قادرًا على أن:

1. يحدّد المفردات والعبارات الكيميائية التالية:

الملح، أملاح قابلة للذوبان، أملاح غير قابلة للذوبان، أملاح مشتقة، كاتيون مصدره قاعدة، أنيون مصدره حمض، أملاح مشتقة من أحماض غير أكسجينية، أملاح مشتقة من أحماض أكسجينية، تميؤ الأملاح، محلول ملحي متعادل، محلول ملحي حمضي، محلول ملحي قاعدي، محلول مشبع، محلول غير مشبع، محلول فوق مشبع، الذوبانية، حاصل الأيون، ثابت حاصل الإذابة، الأيون المشترك، محلول منظم، محلول منظم حمضي، محلول منظم قاعدي، المعايير، معايرة محلول حمضي ومحلل قاعدي، تفاعل التعادل بين حمض قوي وقاعدة قوية، معايرة حمض قوي بواسطة قاعدة قوية، معايرة قاعدة قوية بواسطة حمض قوي، معايرة حمض ضعيف بواسطة قاعدة قوية، منحني المعايرة، نقطة التكافؤ.

2. يتعرّف المفاهيم العلمية التالية:

• تعريف الأملاح

• تصنيف الأملاح

• تسمية الأملاح

• تميؤ الأملاح

• تصنيف الأملاح بحسب تأثير محاليلها المائية

• الذوبانية

• حاصل الإذابة وثابت حاصل الإذابة

• المحاليل المنظمة

• آلية عمل المحاليل المنظمة وتطبيقاتها

• إلكتروليت

• إلكتروليت شحيح الذوبان

• محلول منظم حمضي

• محلول منظم قاعدي

• خواص المحاليل المنظمة

• معايرة الأحماض والقواعد

• نقاط التكافؤ

• استخدام نقطة التكافؤ لحساب تركيز المحلول الحمضي أو القاعدي.

الأهداف المهارية

أتوقع أن يكتسب الطالب المهارات التالية:

• استنتاج أنواع الأملاح من الحمض والقاعدة المتفاعلين.

• استنتاج تميؤ الأملاح.

• استنتاج تصنيف الأملاح بحسب تأثير محاليلها المائية (حمضي أو قاعدي أو متعادل).

• استنتاج أنواع المحاليل (مشبعة، وغير مشبعة وفوق مشبعة).

• استنتاج ذوبانية بعض الأملاح تبعًا لمركباتها.

• استنتاج حاصل الإذابة وثابت حاصل الإذابة.

• تفسير الظروف التي يمكن عندها تكوين راسب مادة ذائبة من محلولها المشبع.

• تفسير الظروف التي يمكن عندها إذابة إلكتروليت شحيح الذوبان.

• تصنيف المحاليل المنظمة (حمضية أو قاعدية) تبعًا للزوج المنظم.

• تحضير المحاليل المنظمة.

• استنتاج خواص المحاليل المنظمة.

• تفسير آلية عمل المحاليل المنظمة.

• تطبيق معايرة الأحماض والقواعد.

• تمثيل معايرة الأحماض والقواعد بيانيًا.

• استنتاج نقاط التكافؤ بيانيًا.

الأهداف الانفعالية

يجب أن يكتسب الطالب:

1. الاتجاهات التالية:

• الدقة في تفسير مشكلة أو ظاهرة ما على أساس مفهومها العلمي.

• إجراء التجارب لتوضيح بعض الحقائق العلمية وإثباتها.

2. الميول العلمية المناسبة التالية:

• وضع خرائط للمفاهيم توضّح مفاهيم الوحدة.

• تخصيص ملفّ يجمع فيه الطالب البحوث والدراسات التي قام بها في خلال دراسته لهذه الوحدة.

3. أوجه التقدير التالية:

• تقدير الأهمية الاقتصادية لبعض استخدامات قوانين الغازات في الصناعة وتأثير بعضها في الصحة العامة والبيئة.

• تقدير الجهود المبذولة لترشيد استغلال الثروات الطبيعية.

• تقدير جهود العلماء عامة، وعلماء الكيمياء خاصة، وإسهاماتهم.

الأملاح

دروس الفصل

الدرس 1-1: مفهوم الملح وأنواع الأملاح

الدرس 1-2: تميؤ الأملاح

الدرس 1-3: حاصل الإذابة

الدرس 1-4: المحاليل المنظمة

تعرف الطلاب في الصف الحادي عشر الماء وتركيب جزيئاته والروابط بينها (الروابط الهيدروجينية). وتكون لديهم فكرة واضحة عن المحاليل الإلكتروليتية (القوية والضعيفة) وغير الإلكتروليتية. وتعرفوا أيضاً تجربة تسمح لهم بالتمييز بين محاليل المواد المعلقة والغروية.

في هذا الفصل، سوف يدرس الطلاب بشكل مفصل المحاليل المائية التي تنتج عن إذابة الأملاح في الماء.

وسوف يتعرف الطلاب أيضاً الأملاح ويستنتجون تصنيفها بحسب تركيبها الكيميائي، وبحسب تأثير محاليلها المائية. وسيتعرفون أيضاً المحاليل المشبعة وغير المشبعة والمحاليل المنظمة بالإضافة إلى ذوبانية الأملاح وحاصل إذابتها في المحاليل المائية. وسوف يتوقعون الظروف التي يمكن عندها إذابة إلكتروليت شحيح الذوبان أو تكوين راسب المادة الذائبة من محلولها المشبع.

اختبار المعلومات السابقة لدى الطلاب

وجه إلى الطلاب أسئلة حول الرابطة الأيونية، وأعطهم بعض الأمثلة مثل تكوين كلوريد الصوديوم، ويوديد البوتاسيوم وغيرها. وضح للطلاب أن الرابطة الأيونية تنتج عن تبادل للإلكترونات وفسر لهم أن الأنيونات والكاتيونات تحمل شحنات متضادة وينجذب بعضها إلى بعضها بقوة إلكتروستاتيكية. اطلب إلى الطلاب إكمال الجدول التالي:

الأيون	الكاتيون	المركب
Cl^-	Na^+	NaCl
I^-	K^+	KI
CO_3^{2-}	Ca^{2+}	CaCO_3
Br^-	Ag^+	AgBr
PO_4^{3-}	Na^+	Na_3PO_4

استخدام الصورة الافتتاحية للفصل

دع الطلاب يتفحصون الصورة الافتتاحية للفصل. أشر للطلاب أن الخليج العربي يُعتبر كنزاً غنياً بالأسماك والأحياء البحرية الأخرى المتعددة الأنواع والأشكال. فهو يشكل بيئة بحرية فريدة وغنية. ناقش مع الطلاب انحسار الاهتمام العام بالثروة البحرية مع ظهور النفط وولادة الصناعات النفطية في المنطقة.

دروس الفصل

الدرس الأول
• مفهوم الملح وأنواع الأملاح

الدرس الثاني

• تميؤ الأملاح

الدرس الثالث

• حاصل الإذابة

الدرس الرابع

• المحاليل المنظمة



نادراً ما يتواجد الماء نقياً في الطبيعة مثل الماء المقطر. إذ يحتوي الماء على أملاح ذائبة وغيرها بتركيزات محددة تعتمد على الظروف التي تحيط بمصدر الماء. وللماء أيضاً خواص قابلة للقياس يشجع استخدامها لتحديد كيميائية الماء، يُذكر منها الأس الهيدروجيني (pH) ودرجة عسره ودرجة ملوحته. يتغير الأس الهيدروجيني للماء تبعاً لطبيعة الملح المذاب فيه. لذلك، يمكن تحديد ما إذا أضيف ملح حمضي أم قاعدي إلى الماء، من خلال قياس الأس الهيدروجيني. وقد يكون هذا التغير مضرًا أو مميئًا للحياة المائية وحتى البشرية. يجب إذا المحافظة على قيمة ثابتة للأس الهيدروجيني. على سبيل المثال، عندما يتغير الأس الهيدروجيني في مزارع الأسماك، تتأثر الأسماك الصغيرة وتموت، ما يؤدي إلى تناقصها مع الوقت. هل تذوب الأملاح كلها في الماء؟ هل تتفاعل الأملاح مع الماء أم تحافظ على تركيزها الأساسي؟ هل يمكن المحافظة على ثابت الأس الهيدروجيني لمحلول ما؟ ما هي خواص هذا المحلول؟

أشر للطلاب إلى أن المخلفات الناتجة عن تحلية المياه التي تتم في المحطات الموجودة على شواطئه تنتج محلولاً ملحيًا قويًا وبلورات ملحية. وضح للطلاب أن إلقاء هذه المخلفات في البحر يؤدي إلى زيادة الملوحة والتي تترتب عنها آثار عكسية مضرّة بالبيئة البحرية.

خلفية علمية

كهوف الملح

آمن الناس منذ روما القديمة بقدرة ينابيع المياه الحارة على شفاء الاضطرابات الجسدية والعقلية. وراجت في القرن الماضي حمامات الطين فباتت مقصدًا للسياح وطالبي الراحة. وشاعت مؤخرًا مغاطس المياه الحارة والحمامات البخارية في المنازل. أما الآن فجاء دور كهوف الملح للاسترخاء.

سرّ الشفاء في كهف الملح بسيط. فالهواء داخل الكهف مشبع بميكروبات وأيونات الملح الطبيعي الذي يحتوي على الكثير من المعادن والعناصر الفعالة في تخفيف أمراض الحساسية ونوبات الربو واضطرابات نفسية أخرى. يُضاف إلى ذلك، تهيج البشرة واستعادة التوازن الأيوني داخل الجسم. يمتص الجسم العناصر الضرورية لأحد الأعضاء من خلال المكوّنات في الكهف كي يؤدي وظيفته كما ينبغي فيعود الجسم إلى توازنه. يحتوي الملح في الكهف على الصوديوم والبوتاسيوم والمغنيسيوم والكالسيوم والحديد والبروم واليود.

صفحات الطالب: من ص 14 إلى ص 18

عدد الحصص: 1

الأهداف:

- يعرف الملح.
- يصنّف الأملاح بحسب التركيب الكيميائي والتأثير ويسمّيها.

1. قدّم وحفّز

1.1 استخدام الصورة الافتتاحية للدرس

دع الطلاب يتفحصون الصورة الافتتاحية للدرس، ثم وجه إليهم السؤال التالي:

• ما هي الأملاح التي تعرفونها؟ [سوف تتنوع الإجابات ولكن مجملها

يتضمن كلوريد الصوديوم NaCl].

أشر للطلاب إلى أن كلوريد الصوديوم هو أحد الأملاح الأكثر شيوعاً في العالم وأن جسم الإنسان بحاجة إليه ليعمل بشكل طبيعي.

وجه إلى الطلاب الأسئلة التالية:

• ما هي طبيعة العناصر التي تتكوّن ملح الطعام؟ [عنصر الكلوريد

(لافلز) وعنصر الصوديوم (فلز)].

• هل تتكوّن الأملاح كلّها من عنصر فلزي وعنصر لافلزي؟ [كلّا،

هناك الكثير من الأملاح التي تحتوي على عناصر لافلزية، ولكنها لم تكن

شائعة بالنسبة إلينا في خلال دراستنا السابقة.]

• هل تذوب جميع هذه الأملاح في الماء؟ [كلّا، منها ما يذوب

كلياً في الماء مثل كلوريد الصوديوم، ومنها ما يذوب جزئياً، ومنها ما لا

يذوب.]

أشر للطلاب إلى أن الأملاح مركّبات أيونية تتكوّن من أيون وكاتيون. ذكّر الطلاب ببنية المركّبات الأيونية التي درسوها في الصفّ العاشر. وضّح لهم أن أنواع الأملاح وتسميتها وخواصّها تتأثّر بطبيعة الأنيونات والكاتيونات التي تتكوّن منها.

2. علّم وطبّق

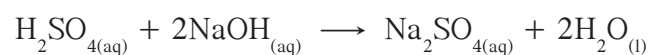
1.2 مناقشة

ذكّر الطلاب بفقرة «اكتشف بنفسك» في افتتاحية الوحدة، مشيراً إلى أن الأملاح تُصنّف أيضاً إلى عدّة أنواع تبعاً لمصدر الأنيون والكاتيون اللذين تتكوّن منهما.

وجه إلى الطلاب السؤال التالي:

أعط مثلاً على الأملاح في كلّ من الحالات التالية:

• ملح يتكوّن من حمض قوي وقاعدة قوية:



مفهوم الملح وأنواع الأملاح
The Salt Concept and Types of Salts

الدرس 1-1

الأهداف العامة

- يعرف الملح.
- يصنّف الأملاح بحسب التركيب الكيميائي وتأثير محاليلها المائية ويسمّيها.

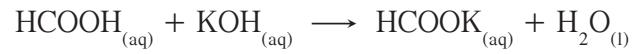


شكل (1)
ملح الطعام

تؤدي الأملاح المعدنية دوراً أساسياً في العمليات الحيوية المهمة التي تحدث في جسم الإنسان. تساعد الأملاح في إتمام التفاعلات الكيميائية المختلفة، كالمحافظة على ضربات القلب وتنظيم الدم، كما أنها تدخل في تكوين الأنسجة الحيّة كلّها. وللأملاح أهمية كبيرة في نموّ أنواع من خلايا جسم الإنسان، فهي تدخل في بناء العظام وتساعد في انقباض العضلات وانبساطها. وتُعتبر الأملاح موادّ غذائية دقيقة لأنّها أساسية لجسم الإنسان على الرغم من حاجته إلى كمّيات قليلة منها. يشكّل كلوريد الصوديوم أهمّ هذه الأملاح وهو من ضروريات الحياة. عُرف كلوريد الصوديوم أو ملح الطعام منذ القدم لخواصّه المختلفة (شكل 1). واستخدمه الإنسان في المطبخ لتحضير الأطعمة وحفظها، وفي عدّة صناعات وفي الطبخ أيضاً. هذا ويحافظ الملح على التوازن المائي في الجسم. فما هي الأملاح؟ وكيف تتكوّن؟ وما هي أنواع الأملاح وكيف تتمّ تسميتها؟

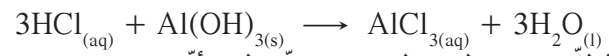
وضّح لهم أنّ الملح الناتج يكون متعادلاً.

• ملح يتكوّن من حمض ضعيف وقاعدة قوية:



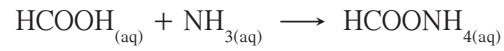
وضّح لهم أنّ الملح يكون قاعدياً.

• ملح يتكوّن من حمض قوي وقاعدة ضعيفة:



اسأل الطلاب عن طبيعة الناتج، ووضّح لهم أنّه حمضي.

• ملح يتكوّن من حمض ضعيف وقاعدة ضعيفة:



اسأل الطلاب كيف يمكن معرفة طبيعة الملح الناتج؟

فسّر لهم أنّه يجب مقارنة ثابت تأيّن كلّ من الحمض والقاعدة

لمعرفة تصنيف هذا الملح.

2.2 مناقشة

ذكر الطلاب ببعض الأحماض والقواعد، وأشر إلى الأنيون في

الحمض وإلى الكاتيون في القاعدة.



أشر للطلاب إلى أنّ الكاتيون Na^+ والأنيون Cl^- يشكّلان كلوريد

الصوديوم الذي يُعرّف بملح الطعام. يمكن إعطاء عدّة أمثلة أخرى

مثل:

الحمض	القاعدة	الملح
H_2SO_4	KOH	K_2SO_4
HNO_3	NaOH	NaNO_3
HI	KOH	KI

3.2 مناقشة

أشر للطلاب أن الأمثلة السابقة تظهر أن الأملاح مركبات أيونية

تتكون من كاتيون مصورة قاعدة وأنيون مصورة حمض (شق

حمضي) وضّح للطلاب أن اسم الملح يشتق من المعادلة التالية:

اسم الشق الحمضي + (اسم الفلز أو الأمونيوم) = اسم الملح

أعط الطلاب بعض الأمثلة كالتالية:

الحمض	القاعدة	الملح
HBr	KOH	KBr
بروميد	بوتاسيوم	بروميد البوتاسيوم
H_2SO_4	NaOH	Na_2SO_3
كبريتات	صوديوم	كبريتات الصوديوم
H_2SO_3	NaOH	Na_2SO_4
كبريتيت	صوديوم	كبريتيت الصوديوم
H_2CO_3	NaOH	Na_2CO_3
كربونات	صوديوم	كربونات الصوديوم
H_2CO_3	NaOH	NaHCO_3
كربونات هيدروجيني	صوديوم	كربونات الصوديوم الهيدروجيني
H_2SO_4	$\text{Fe}(\text{OH})_2$	FeSO_4
كبريتات	حديد (II)	كبريتات الحديد (II)

أشر للطلاب أن هذا الجدول يظهر عدّة تسميات للأملاح تبعاً للشقوق

الحمضية والفلزات التي تنتج عن القواعد في كل من الأمثلة السابقة.

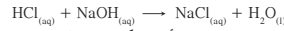
لذلك يجب الأخذ بعين الاعتبار عدّة عوامل في تسمية الأملاح.

1. تعريف الأملاح وأنواعها

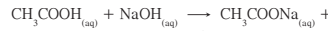
Definition and Types of Salts

الأملاح Salts مركبات أيونية تتكوّن من تفاعل الحمض مع القاعدة وتنتج عن اتحاد كاتيون القاعدة وأنيون الحمض. يكون كاتيون القاعدة عادةً كاتيون فلزّ أو كاتيون الأمونيوم. تُقسّم الأملاح إلى ثلاثة أنواع تبعاً لتأثير محاليلها المائية:

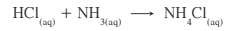
• أملاح متعادلة Neutral Salts: هي أملاح تتكوّن نتيجة التفاعل بين حمض قوي وقاعدة قوية، مثل كلوريد الصوديوم NaCl الذي ينتج عن تفاعل حمض الهيدروكلوريك HCl وهيدروكسيد الصوديوم NaOH كما هو موضّح في المعادلة التالية:



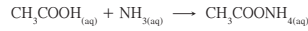
• أملاح قاعدية Basic Salts: هي أملاح تتكوّن نتيجة التفاعل بين حمض ضعيف وقاعدة قوية، مثل أسيتات الصوديوم CH_3COONa الذي ينتج عن تفاعل حمض الأسيتك CH_3COOH وهيدروكسيد الصوديوم NaOH كما هو موضّح في المعادلة التالية:



• أملاح حمضية Acidic Salts: هي أملاح تتكوّن نتيجة التفاعل بين حمض قوي وقاعدة ضعيفة، مثل كلوريد الأمونيوم NH_4Cl الذي ينتج عن تفاعل حمض الهيدروكلوريك HCl ومحلول الأمونيا NH_3 كما هو موضّح في المعادلة التالية:



ملاحظة: يمكن للأملاح أن تتكوّن نتيجة التفاعل بين حمض ضعيف وقاعدة ضعيفة، وتُصنّف كاملاح متعادلة أو قاعدية أو حمضية تبعاً لثابت تأيّن الحمض K_a وثابت تأيّن القاعدة K_b . مثال على ذلك، أسيتات الأمونيوم $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ الذي ينتج عن تفاعل حمض الأسيتك CH_3COOH ومحلول الأمونيا NH_3 كما هو موضّح في المعادلة التالية:



Salt Nomenclature

2. تسمية الأملاح

سبق أن تعلّمت أنّ الملح مركّب أيوني يتكوّن من كاتيون مصدره قاعدة وأنيون مصدره حمض. سنبدأ بتسمية الشقوق الحمضية ومن ثمّ ننقل إلى تسمية الأملاح بحسب تركيبها الكيميائي.

1.2 تسمية الشقوق الحمضية (القواعد المرافقة)

Nomenclature of Acid Radicals (Conjugated Base)

(أ) تسمية الشقوق الحمضية للأحماض غير الأكسجينية

Nomenclature of Acid Radicals for Non – Oxygenated Acid

تتمّ تسمية الشقوق الحمضية للأحماض غير الأكسجينية (جدول 1) كما يلي:

• إذا الشقّ لا يحتوي على هيدروجين بدول،

اسم اللافلزّ (أو المجموعة الذرية) + يد

• إذا الشقّ لا زال يحتوي على هيدروجين بدول،

اسم اللافلزّ (أو المجموعة الذرية) + يد + هيدروجيني

صيغة الحمض	اسم الحمض	صيغة الشقّ	اسم الشقّ الحمضي
HF	حمض الهيدروفلوريك	F^-	فلوريد
HCl	حمض الهيدروكلوريك	Cl^-	كلوريد
HBr	حمض الهيدروبروميك	Br^-	بروميد
HI	حمض الهيدرويوديك	I^-	يوديد
HCN	حمض الهيدروسيانيك	CN^-	سيانيد
H_2S	حمض الهيدروكبريتيك	HS^-	كبريتيد هيدروجيني
		S^{2-}	كبريتيد

جدول (1)

أسماء بعض الأحماض غير الأكسجينية وحقوقها

(ب) تسمية الشقوق الحمضية للأحماض الأكسجينية

Nomenclature of Acid Radicals for Oxygenated Acids

تتمّ تسمية الشقوق الحمضية للأحماض الأكسجينية (جدول 2) كما يلي:

• تُحذف كلمة «حمض»، وتُستبدّل اللاحقة (وز) بـ (يت).

• تُحذف كلمة «حمض»، وتُستبدّل اللاحقة (يك) بـ (أت).

• إذا كان الشقّ لا يزال يحتوي على هيدروجين بدول، يجب ذكر عدد

ذرات الهيدروجين الحمضية التي لا تزال موجودة في الشقّ

(أحادي = 1، ثنائي = 2، ثلاثي = 3).

• تبقى السابقة كما هي عند تسمية الشقوق.

4.2 مناقشة

أشر للطلاب أن الشقوق الحمضية تصنف تبعاً للأحماض التي تنتج عنها:

• شقوق حمضية للأحماض غير الأكسجينية

• شقوق حمضية للأحماض الأكسجينية

وضّح للطلاب أن تسمية الشقوق الحمضية للأحماض غير الأكسجينية تتم كما يلي:

(أ) إذا الشق ليس به هيدروجين بدول:

أعط الطلاب أمثلة:

صيغة الحمض	اسم الحمض	صيغة الشق	اسم الشق الحمضي
HCl	حمض الهيدروكلوريك	Cl^-	كلوريد
HBr	حمض الهيدروبروميك	Br^-	بروميد
HCN	حمض الهيدروسيانيك	CN^-	سيانيد

(ب) إذا الشق ما زال به هيدروجين بدول:

اسم اللافلز (أو المجموعة الذرية) + يد + هيدروجين
أعط أمثلة للطلاب:

صيغة الحمض	اسم الحمض	صيغة الشق	اسم الشق الحمضي
H_2S	حمض الهيدروكبريتيك	HS^-	كبريتيد هيدروجيني
H_2S	حمض الهيدروكبريتيك	S^{2-}	كبريتيد

وضّح للطلاب أن تسمية الشقوق الحمضية للأحماض الأكسجينية تتم كما يلي:

صيغة الحمض	اسم الحمض	صيغة الشق	اسم الشق الحمضي
HNO_3	حمض النيتريك	NO_3^-	نترات
HNO_2	حمض النيتروز	NO_2^-	نيتريت
H_2SO_4	حمض الكبريتيك	SO_4^{2-}	كبريتات
H_2SO_3	حمض الكبريتوز	SO_3^{2-}	كبريتيت

أشر للطلاب انه يجب ذكر عدد ذرات الهيدروجين الحمضية التي لا تزال موجودة في الشق باستعمال (احادي = 1، ثنائي = 2، ثلاثي = 3).
أعط للطلاب أمثلة:

صيغة الحمض	اسم الحمض	صيغة الشق	اسم الشق الحمضي
H_2SO_3	حمض الكبريتوز	SO_3^{2-}	كبريتيت
H_2SO_3	حمض الكبريتوز	HSO_3^-	كبريتيت هيدروجيني
H_2SO_4	حمض الكبريتيك	SO_4^{2-}	كبريتات
H_2SO_4	حمض الكبريتيك	HSO_4^{2-}	كبريتيت هيدروجيني

صيغة الحمض	اسم الحمض	صيغة الشق	اسم الشق الحمضي
HClO	حمض هيبوكلوروز	ClO^-	هيبوكلوريت
HClO_2	حمض كلوروز	ClO_2^-	كلوريت
H_2SO_3	حمض كبريتوز	HSO_3^-	كبريتيت هيدروجيني
		SO_3^{2-}	كبريتيت
H_2CO_3	حمض كربونيك	HCO_3^-	كربونات هيدروجيني
		CO_3^{2-}	كربونات
H_2SO_4	حمض كبريتيك	HSO_4^-	كبريتات هيدروجيني
		SO_4^{2-}	كبريتات
H_3PO_4	حمض فوسفوريك	H_2PO_4^-	فوسفات ثنائي الهيدروجين
		HPO_4^{2-}	فوسفات أحادي الهيدروجين
		PO_4^{3-}	فوسفات

جدول (2)

أسماء بعض الأحماض الأكسجينية وشقوقها

2.2 تسمية الأملاح بحسب تركيبها الكيميائي

Nomenclature of Salts Based on the Chemical Formula

(أ) تسمية الأملاح غير الهيدروجينية

Nomenclature of Non – Hydrogenated Salts

تُسمى الأملاح غير الهيدروجينية التي تحتوي على فلزات (أو الأيونوم) أعداد تأكسدها ثابتة كما يلي:

اسم الشق الحمضي + اسم الفلز (أو الأيونوم)

تُسمى الأملاح غير الهيدروجينية التي تحتوي على فلزات أعداد تأكسدها متغيرة كما يلي: اسم الشق الحمضي + اسم الفلز + عدد تأكسد الفلز

يوضح الجدول (3) بعض أسماء الأملاح غير الهيدروجينية.

الأملاح غير الهيدروجينية التي تحتوي على فلزات أعداد تأكسدها متغيرة	الأملاح غير الهيدروجينية التي تحتوي على فلزات أعداد تأكسدها ثابتة
CuSO_4 كبريتات النحاس II	NH_4Cl كلوريد الأمونيوم
FeCl_3 كلوريد الحديد III	Na_2SO_4 كبريتات الصوديوم
FeSO_4 كبريتات الحديد II	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ نترات الكالسيوم
$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ كبريتات الحديد III	MgCO_3 كربونات المغنسيوم
	K_3PO_4 فوسفات البوتاسيوم

جدول (3)

أسماء بعض الأملاح غير الهيدروجينية

5.2 مناقشة

أشر للطلاب أن المعادلة في المناقشة (3.2) يمكن تطبيقها بطريقة مباشرة لتسمية الشقوق الحمضية وخاصة عندما يكون عدد تأكسد الفلز ثابتاً.

وضّح للطلاب أنه يجب إضافة عدد تأكسد الفلز برقم روماني إذا كان للفلز عدد تأكسد غير ثابت.

راجع الجدولين (3) و(4) في كتاب الطالب ص 17 و 18 لتوضيح ما سبق.

ملاحظة: يمكن استعمال الجدولين في الصف مع حذف صيغ أو أسماء بعض الأملاح وإعادة إكمال الجدولين في الفصل مع الطلاب.

3. قِيم وتوسّع

1.3 تقييم استيعاب الطلاب للدرس

اطلب إلى الطلاب إكمال الجدول التالي:

الملح	اسم الملح	الحمض	القاعدة
NaCl	كلوريد الصوديوم	HCl	NaOH
Na ₂ S	كبريتيد الصوديوم	H ₂ S	NaOH
FeCl ₂	كلوريد الحديد (II)	HCl	Fe(OH) ₂
FeCl ₃	كلوريد الحديد (III)	HCl	Fe(OH) ₃
Na ₂ SO ₄	كبريتات الصوديوم	H ₂ SO ₄	NaOH
Na ₂ SO ₃	كبريتيت الصوديوم	H ₂ SO ₃	NaOH

2.3 إعادة التعليم

وجّه إلى الطلاب السؤال التالي:

• كيف يتم تسمية الملح؟ [إذا كان الملح أكسجينياً وله فلز عدد تأكسده ثابت، يُسمّى الملح بكتابة اسم الأنيون وتُضاف إليه اللاحقة «ات»، إذا كان عدد تأكسد العنصر اللافلزي X الأكبر، أو اللاحقة «يت»، إذا كان عدد تأكسد العنصر اللافلزي X الأصغر. يُكتب بعد ذلك اسم الكاتيون من دون تغيير الاسم. أما إذا كان عدد التأكسد متغيراً فيُكتب عدد التأكسد بالأعداد الرومانية بين قوسين بعد اسم الكاتيون.

إذا كان الملح غير أكسجينى تُضاف لاسم الأنيون، الذي يكتب أولاً، اللاحقة «يد». وإذا كان عدد تأكسد الفلز ثابتاً، يتبعه اسم الفلز من دون تغيير. فإذا كان عدد تأكسد الفلز متغيراً، يُضاف عدد التأكسد بالأعداد الرومانية بعد اسم الفلز.]

إجابات أسئلة الدرس 1-1

1.

الملح	اسم الملح	الحمض	القاعدة
CaCl ₂ (أ)	كلوريد الكالسيوم	HCl	Ca(OH) ₂
K ₂ S (ب)	كبريتيد البوتاسيوم	H ₂ S	KOH
CuCl ₂ (ج)	كلوريد النحاس (II)	HCl	Cu(OH) ₂
KNO ₃ (د)	نترات البوتاسيوم	HNO ₃	KOH
CuCl (هـ)	كلوريد النحاس (I)	HCl	CuOH
KNO ₂ (و)	نيتريت البوتاسيوم	HNO ₂	KOH

2. هناك ثلاثة أنواع الأملاح:

ملح متعادل: مثل كلوريد الصوديوم.
ملح حمضي: مثل كلوريد الأمونيوم.
ملح قاعدي: مثل أسيتات الصوديوم.

(ب) تسمية الأملاح الهيدروجينية

Nomenclature of Hydrogenated Salts

تشق أسماء الأملاح الهيدروجينية بالطريقة نفسها المتبعة في تسمية الأملاح غير الهيدروجينية مع إضافة كلمة "هيدروجينية" في نهاية الاسم. وفي حال وجود أكثر من ذرة هيدروجين بدول نستخدم كلمة ثنائي أو ثلاثي الهيدروجين. يوضح الجدول (4) أذناه أسماء بعض الأملاح الهيدروجينية.

الأملاح الحمضية للفلزات ذوات أعداد التأكسد الثابتة	الأملاح الحمضية للفلزات ذوات أعداد التأكسد المتغيرة
كبريتات الصوديوم الهيدروجينية	Fe(HSO ₄) ₂
كبريتات الحديد II الهيدروجينية	كبريتات الحديد II الهيدروجينية
كربونات الصوديوم الهيدروجينية	فوسفات الحديد III ثنائية الهيدروجين
كربونات الكالسيوم الهيدروجينية	Fe(H ₂ PO ₄) ₃
	الهيدروجين

جدول (4)

أسماء بعض الأملاح الهيدروجينية

مراجعة الدرس 1-1

- سمّ كلًّا من الأملاح التالية وحدّد الحمض والقاعدة المكوّنين لها:
K₂S (ب) CaCl₂ (أ)
KNO₃ (د) CuCl₂ (ج)
KNO₂ (و) CuCl (هـ)
- اذكر أنواع الأملاح مع مثال لكل منها.

الأهداف:

- يستنتج مفهوم تميؤ الأملاح.
- يفسر تأثير المحاليل المائية للأملاح.

صفحات الطالب: من ص 19 إلى ص 22

عدد الحصص: 1

1. قَدِّم وَحَفِّزْ

1.1 استخدام الصورة الافتتاحية للدرس

دع الطلاب يتفحصون الصورة الافتتاحية للدرس، ثم وجه إليهم الأسئلة التالية:

- ما طبيعة محتوى المستوعب الذي يظهر في الشكل؟ [أقراص ملونة]

- ما هي أهم استخداماتها؟ [تستخدم عادة كمضاد للحموضة وبعضها يمكن أن يستخدم كمادة محفزة في المطبخ (مثل بيكربونات الصوديوم).]
- لماذا تُستخدم المواد المضادة للحموضة؟ [لأن لها تأثيراً قاعدياً فيعادل الحموضة التي تفرزها المعدة والتي تشكل إزعاجاً للإنسان.]

2.1 اختبار المعلومات السابقة لدى الطلاب

وجه إلى الطلاب الأسئلة التالية:

- ما هي خواصّ الأحماض والقواعد؟ [الحمض هو المادة التي تنتج كاتيونات H_3O^+ (أو H^+) في المحلول المائي، والقاعدة هي المادة التي تنتج أنيونات OH^- في المحلول المائي.]

- هل يمكن لبيكربونات الصوديوم إنتاج أنيونات الهيدروكسيد في المحلول المائي على الرغم من عدم ظهور أنيون الهيدروكسيد في تركيبه الجزيئي $NaHCO_3$ ؟ [بحسب قاعدة برونستد - لوري، القاعدة هي المادة التي يمكن أن تستقبل كاتيون هيدروجين في المحلول. بما أنّ بيكربونات الصوديوم يمكن أن يستقبل هيدروجيناً فيعتبر قاعدة.]
- أشر للطلاب إلى أنّ بعض الأملاح لا تذوب في الماء فحسب، إنّما تتفاعل مع الماء لإنتاج محاليل ذات خواصّ مختلفة، ووضح لهم أنّ بعد مناقشة هذا الدرس، سيتمكنون من الإجابة عن هذا السؤال.

2. علِّم وَطَبِّقْ

1.2 استعراض عملي

للمقارنة بين خواصّ بعض الأملاح في محاليلها المائية، أجرِ التجربة التالية:

1. ضَع في ثلاثة أنابيب A، B، وC على التوالي 3 mL من المحاليل المائية التالية:

- كلوريد الصوديوم
- كلوريد الأمونيوم
- أسيتات الصوديوم

ملاحظة: يمكن استخدام أملاح أخرى متوفرة في مختبر المدرسة.

تميؤ الأملاح
Salts Hydrolysis

الدرس 1-2

الأهداف العامة

- يستنتج مفهوم تميؤ الأملاح.
- يفسر تأثير المحاليل المائية للأملاح.



شكل (2)
أقراص مضادة للحموضة

عندما يذوب ملح ما في الماء، قد يكون المحلول الناتج متعادلاً، مثل كلوريد الصوديوم ونترات البوتاسيوم. كما أنّ الأس الهيدروجيني pH لهذه المحاليل يساوي 7. من ناحية أخرى، اشتهرت مركبات كربونات الكالسيوم وكربونات المغنيسيوم وبيكربونات الصوديوم بأنها أملاح مضادة للحموضة (شكل 2). وتعمل عن طريق التفاعل المباشر مع حمض المعدة وتخفّف الحرقّة فيها بواسطة معادلة هذا الحمض. يمكن الاستنتاج من ذلك أنّ محاليل هذه الأملاح لها خواصّ قاعدية كي تعادل فائض حمض الهيدروكلوريك الموجود في المعدة.

هل الأملاح كلّها متعادلة أو قاعدية؟ ما العملية التي تُنتج هذه المحاليل المتنوعة؟ وما الذي يحدّد طبيعة المحلول المائي؟ ما هو تصنيف الأملاح بحسب تأثير محاليلها المائية؟

2. أضف 5 قطرات من محلول تَبَاع الشمس بواسطة قطارة .

3. سجّل ملاحظاتك في الجدول التالي:

المحلول	NaCl	NH ₄ Cl	CH ₃ COONa
لون تَبَاع الشمس	لا يتغير	لون أحمر	لون أزرق

4. ضَع 20 mL من المحاليل المائية السابقة على التوالي في ثلاث كؤوس زجاجية A ، B ، و C ، سعة كلّ منها 100 mL باستخدام ماصّة مدرّجة سعتها 20 mL .

5. ضَع إلكتروود جهاز قياس الأس الهيدروجيني بعد معايرته في كلّ من هذه المحاليل على أن يُغسل بعد كلّ قياس بواسطة الماء المقطّر .

6. سجّل ملاحظاتك في الجدول التالي:

المحلول	NaCl	NH ₄ Cl	CH ₃ COONa
الأس الهيدروجيني pH	pH = 7	pH < 7	pH > 7

2.2 مناقشة

وضّح للطلّاب أنّ الأملاح تتفاعل مع الماء، أي أنّها تميؤ وتتج محاليل يمكن أن تكون متعادلة أو حمضية أو قاعدية .
أشر للطلّاب إلى أنّ ذلك يعود إلى طبيعة الحمض والقاعدة اللذين ينتجان الملح .

أعطِ أمثلة على كلّ نوع من الأملاح مستعينًا بالمعادلات في كتاب الطالب وموضّحًا آلية التميؤ في كلّ حالة .
أشر للطلّاب إلى أنّ الأملاح التي تنتج عن حمض ضعيف وقاعدة ضعيفة تتأثّر بثابتي التأيّن الحمضي K_a والقاعدي K_b على الشكل التالي:

- إذا كان K_a > K_b يكون المحلول حمضيًا .
- إذا كان K_a > K_b يكون المحلول قاعديًا .
- إذا كان K_a = K_b يكون المحلول متعادلاً .

3. قيّم وتوسّع

1.3 تقييم استيعاب الطّلاب للدرس

لتقييم استيعاب الطّلاب للدرس ولتميؤ الأملاح ، اطلب إليهم إكمال الجدول التالي:

طبيعة الحمض والقاعدة	حمض قوي وقاعدة قوية	حمض قوي وقاعدة ضعيفة	حمض ضعيف وقاعدة قوية
طبيعة الملح	متعادل	حمضي	قاعدي
الأس الهيدروجيني pH	pH = 7	pH < 7	pH > 7

1. تميؤ الأملاح Salt Hydrolysis

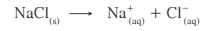
ينتج الملح عن اتّحاد كميّات متكافئة من الحمض والقاعدة ، لذا نتوقّع أن يكون متعادلاً . إلّا أنّ بعض الأملاح لا تكون متعادلة عند إذابتها في الماء ، فبعضها يكون قاعديًا وبعضها يكون حمضيًا والبعض الآخر يكون متعادلاً . تتفكّك بعض الأملاح بشكل تامّ عندما تذوب في الماء . تتفاعل كاتيونات بعض هذه الأملاح وأنيونات الماء لتكوين حمض ضعيف أو قاعدة ضعيفة .
يُعرّف هذا التفاعل بتميؤ الأملاح . ويمكن تعريف تميؤ الملح Hydrolysis of Salt على أنّه تفاعل بين أيونات الملح وأيونات الماء لتكوين حمض وقاعدة أحدهما أو كلاهما ضعيف .

2. المحاليل المائية للأملاح Salts Solutions

تختلف نواتج تميؤ الأملاح تبعًا لانتماها إلى أحد الأنواع الثلاثة السابقة . فمنها ما هو متعادل ، ومنها ما هو حمضي ، ومنها ما هو قاعدي .
يحدّد تميؤ الملح ونوعه طبيعة المحلول المائي للملح الذي ينتج عن ذوبان الملح في الماء .

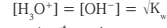
(أ) محاليل متعادلة Neutral Solutions

تنتج المحاليل المتعادلة عن ذوبان ملح متعادل ناتج عن تفاعل حمض قوي مع قاعدة قوية . على سبيل المثال ، يتفكّك كلوريد الصوديوم NaCl بشكل تامّ في الماء لينتج كاتيون الصوديوم Na⁺ وأنيون الكلوريد Cl⁻ . كما تتأين جزيئات الماء لنتج كاتيون الهيدرونيوم H₃O⁺ وأنيون الهيدروكسيد OH⁻ . فتكون المعادلة على الشكل التالي:

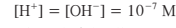


تتواجد الأيونات الأربعة Na⁺ و Cl⁻ و H₃O⁺ و OH⁻ في المحلول المائي للملح .

لا تتفاعل أيونات Na⁺ و Cl⁻ مع الماء لأنّها مشتقة من قاعدة قوية وحمض قوي . لذلك ، يكون تركيز كاتيون الهيدرونيوم H₃O⁺ مساويًا لتركيز أنيون الهيدروكسيد OH⁻ .



عند درجة حرارة 25 °C ، يساوي ثابت تأين الماء K_w 10⁻¹⁴ . يدلّ ذلك على أنّ:

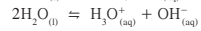
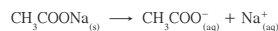


ويكون الأس الهيدروجيني pH للمحلول المائي لهذا الملح مساويًا لـ 7 (pH = 7) .

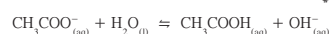
20

(ب) محاليل قاعدية Basic Solutions

تنتج المحاليل القاعدية عن تميؤ ملح قاعدي ناتج عن تفاعل حمض ضعيف مع قاعدة قوية . على سبيل المثال ، يتفكّك ملح أسيتات الصوديوم CH₃COONa بشكل تامّ في الماء لينتج كاتيون الصوديوم Na⁺ وأنيون الأسيتات CH₃COO⁻ ، كما تتأين جزيئات الماء لنتج كاتيون الهيدرونيوم H₃O⁺ وأنيون الهيدروكسيد OH⁻ .



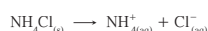
يتميّز أنيون الأسيتات لينتج حمض الأسيتيك وأنيون الهيدروكسيد ، كما هو موضّح في المعادلة التالية:



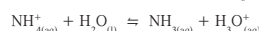
على الرغم من أنّ هذا التفاعل محدود جدًا ، إلّا أنّ تركيز أنيون الهيدروكسيد يزداد في المحلول ، ما يؤدي إلى زيادة في الأس الهيدروجيني ليصبح أكبر من 7 (pH > 7) فيكون المحلول قاعديًا . لا يتميّز كاتيون Na⁺ لأنّه يشتقّ من قاعدة قوية .

(ج) محاليل حمضية Acidic Solutions

تنتج المحاليل الحمضية عن تميؤ ملح حمضي ناتج عن تفاعل حمض قوي مع قاعدة ضعيفة . على سبيل المثال ، يتفكّك ملح كلوريد الأمونيوم NH₄Cl بشكل تامّ في الماء لينتج كاتيون الأمونيوم NH₄⁺ وأنيون الكلوريد Cl⁻ ، كما تتأين جزيئات الماء لنتج كاتيون الهيدرونيوم H₃O⁺ وأنيون الهيدروكسيد OH⁻ .



يتميّز كاتيون الأمونيوم لينتج كاتيون الهيدرونيوم H₃O⁺ و كاتيون الهيدرونيوم H₃O⁺ ، كما هو موضّح في المعادلة التالية:



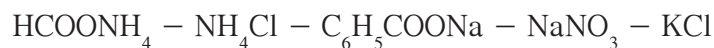
على الرغم من أنّ هذا التفاعل محدود جدًا ، إلّا أنّ تركيز كاتيون الهيدرونيوم يزداد في المحلول ، ما يؤدي إلى نقص في الأس الهيدروجيني ليصبح أقلّ من 7 (pH < 7) فيكون المحلول حمضيًا . لا يتميّز أنيون Cl⁻ مع الماء ، لأنّه يشتقّ من حمض قوي .

21

2.3 إعادة التعليم

لإعادة عرض الدرس ، وجه إلى الطلاب السؤال التالي:

صنّف الأملاح التالية إلى متعادلة وحمضية وقاعدية في محاليلها المائية. علّل إجابتك.



[KCl]: متعادل لأنه ينتج عن تفاعل حمض قوي HCl مع قاعدة قوية KOH.

NaNO₃: متعادل لأنه ينتج عن تفاعل حمض قوي HNO₃ مع قاعدة قوية

NaOH

C₆H₅-COONa (بنزوات الصوديوم): قاعدي لأنه ينتج عن تفاعل حمض

ضعيف C₆H₅-COOH (حمض البنزويك) مع قاعدة قوية NaOH.

NH₄Cl: حمضي لأنه ينتج عن تفاعل حمض قوي HCl مع قاعدة ضعيفة

NH₄OH

HCOONH₄ (ميثانوات الأمونيوم): قاعدي أو حمضي لأن ينتج عن قاعدة

ضعيفة NH₄OH وحمض ضعيف HCOOH [.

ذكر الطلاب بالقوى النسبية للأحماض الضعيفة والقواعد الضعيفة

وزوّدهم بثابت تأين الحمض K_a وثابت تأين القاعدة K_b ، وكرّر

السؤال بالنسبة إلى ميثانوات الأمونيوم.

$$K_a(\text{HCOOH}) = 1.8 \times 10^{-4}$$

$$K_b(\text{NH}_3) = 1.8 \times 10^{-5}$$

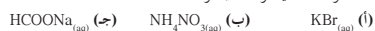
[إنّ المحلول حمضي لأنّ K_a > K_b]

ملاحظة: تعتمد طبيعة المحاليل الناتجة عن تفاعل حمض ضعيف وقاعدة ضعيفة على القوى النسبية للأحماض الضعيفة والقواعد الضعيفة. كما تعلّمت سابقاً أنّ الحمض الضعيف يتميز بثابت تأين الحمض K_a والقاعدة الضعيفة بثابت تأين القاعدة K_b. تبعاً لقيم K_a و K_b ، يمكن تصنيف المحاليل المائية التي تنتج في هذه الحالة على الشكل التالي:

- إذا كانت K_a < K_b يكون المحلول قاعدياً.
- إذا كانت K_a > K_b يكون المحلول حمضياً.
- إذا كانت K_a = K_b يكون المحلول متعادلاً.

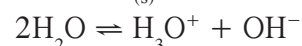
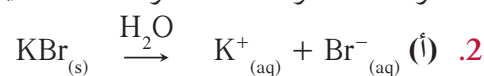
مراجعة الدرس 1-2

1. عرّف تميؤ الملح.
2. مستعينة بالمعادلات ، أي من المحاليل المائية التالية تتوقع أن تكون حمضية أو قاعدية أو متعادلة؟



إجابات أسئلة الدرس 1-2

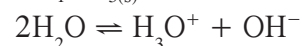
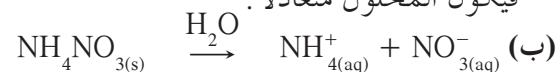
1. التميؤ هو تبادل مزدوج بين أيونات الملح والماء لتكوين حمض أو قاعدة يكون أحدهما أو كلاهما ضعيفاً.



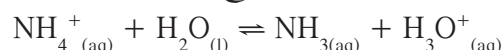
تبقى الأيونات K⁺ و Br⁻ و H₃O⁺ و OH⁻ غير متّحدة لأنها تنحلّ كلياً في المحلول ، ويمكن حساب الأس الهيدروجيني pH كما يلي:

$$\text{pH} = 7 \Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-] = 10^{-7} \text{ mol/L}$$

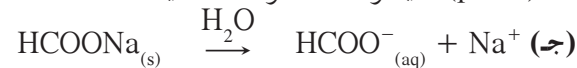
فيكون المحلول متعادلاً.



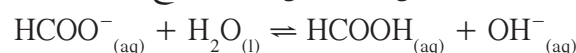
لا يتميّأ أنيون Cl⁻ الكلوريد ، في حين أنّ كاتيون الأمونيوم NH₄⁺ يتميّأ بشكل غير كامل كما توضّح المعادلة التالية:



يؤدّي هذا التفاعل إلى زيادة في تركيز كاتيونات الهيدرونيوم (pH < 7) ، فيكون المحلول حمضياً.



لا يتميّأ كاتيون الصوديوم Na⁺ ، في حين أنّ أنيون الميثانوات HCOO⁻ يتميّأ بشكل غير كامل كما توضّح المعادلة التالية:



يؤدّي هذا التفاعل إلى زيادة في تركيز أنيونات

الهيدروكسيد (pH > 7) فيكون المحلول قاعدياً.

صفحات الطالب: من ص 23 إلى ص 32

صفحات الأنشطة: من ص 15 إلى ص 19

عدد الحصص: 3

الأهداف:

- يعرف المحلول المشبع.
- يستنتج مفهوم حاصل الإذابة، ويكتب تعبير ثابت حاصل الإذابة.
- يتوقع الظروف التي يمكن عندها ترسيب مادة ذائبة من محلولها المشبع.
- يتوقع الظروف التي يمكن عندها إذابة إلكتروليت شحيح الذوبان.

1. قَدِّم وحفِّز

1.1 استخدام الصورة الافتتاحية للدرس

دع الطلاب يتفحصون الصورة الافتتاحية للدرس. وضّح لهم أنّ الصابون ملح يتكوّن من كاتيون الصوديوم وأنيون الكربوكسيلات (الصابون الصلب) $(R - COO^-, Na^+)$. أشر للطلاب إلى أنّ المحلول المائي للصابون يتمتّع بطبيعة حمضية بسبب تفاعل أنيون الكربوكسيلات مع الماء كما توضّح المعادلة التالية:

$$R - COO^-(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons R - COOH + OH^-$$

أشر أيضًا إلى أنّ كمية محدّدة من الصابون الصلب يمكن أن تذوب في الماء.

وضّح للطلاب أنّ ملح كلوريد الصوديوم يؤدي دورًا أساسيًا في عملية فصل الصابون وأشر إلى أنّهم سيناقشون هذا الدور عند مناقشة تأثير الأيون المشترك.

1.2 تقييم المعلومات السابقة لدى الطلاب

لتقييم المعلومات السابقة لدى الطلاب، وجّه إليهم الأسئلة التالية:

- ما الذي ينتج عند إذابة 58.5 g من كلوريد الصوديوم في كأس زجاجية سعتها 1 L تحتوي على 500 mL من الماء النقي؟ [يدوب الملح كليًا في الماء عند تحريك الكأس بواسطة قضيب زجاجي، فينتج محلولًا مائيًا لكلوريد الصوديوم.]

• ماذا تسمّي الماء وكلوريد الصوديوم؟ [الماء هو المادة المذيبة، كلوريد

الصوديوم هو المادة المذابة، مذيب + مذاب = محلول]

• ما هي أهم خواصّ المحاليل؟ وكيف يمكن إيضاهاها؟

[أهمّ الخواصّ هي تركيز المحلول. يمكن حساب التركيز الكتلي لمحلول

كلوريد الصوديوم بتطبيق المعادلة الرياضية التالية:

$$m_{(g)} = \text{كتلة كلوريد الصوديوم}$$

$$V_{(L)} = \text{حجم المحلول (لتر)}$$

$$C = \frac{m_{(g)}}{V_{(L)}}$$

حاصل الإذابة Solubility Product

الدرس 1-3

الأهداف العامة

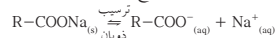
- يعرف المحلول المشبع.
- يستنتج مفهوم حاصل الإذابة، ويكتب تعبير ثابت حاصل الإذابة.
- يتوقع الظروف التي يمكن عندها ترسيب مادة ذائبة من محلولها المشبع.
- يتوقع الظروف التي يمكن عندها إذابة إلكتروليت شحيح الذوبان.



شكل (3)
الصابون

تلخّص الطريقة التقليدية لصناعة الصابون في المنزل، والتي ما زالت مستخدمة في بعض البلدان العربية، في أربع خطوات هي: التصبّن، وفصل الصابون، وإتمام التصبين، والعمليات النهائية إضافة عطور وقولية الصابون وتقطيعه.

يشكّل الصابون (شكل 3) ملحًا يتكوّن من كاتيون الصوديوم Na^+ وأنيون كربوكسيلات $R-COO^-$ كما توضّح المعادلة التالية:



يُضاف محلول مركّز من كلوريد الصوديوم إلى مزيج التفاعل، فيطفو الصابون على سطح المزيج ثم يُفصل عن المواد الأخرى التي تبقى في مزيج التفاعل.

ما دور ملح كلوريد الصوديوم في هذه العملية؟

$$C = \frac{58.5}{0.5} = 117 \text{ g/L}$$

كما يمكن حساب التركيز المولاري بتطبيق المعادلة الرياضية التالية:

$$C = \frac{n}{V} \text{ (mol/L)}$$

$$n = \frac{m}{M} = \frac{58.5}{58.5} = 1 \text{ mol}$$

حساب عدد المولات:

$$[C = \frac{n}{V} = \frac{1}{0.5} = 2 \text{ mol/L}]$$

حساب التركيز المولاري:

هل يمكن تخفيف هذا المحلول؟ وكيف؟

[نعم، يمكن تخفيف المحلول أي التقيص في تركيز المحلول بإضافة حجم

محدد من الماء تبعاً للتركيز المراد تحضيره.]

2. علِّم وطبِّق

1.2 استعراض عملي

أجر التجربة التالية أمام الطلاب:

• ضَع 100 mL من الماء النقي في كأس زجاجية (A) و 100 mL من الماء النقي في كأس (B)، سعة كلٍّ من الكأسين 250 mL.

• أضف ملعقة من كلوريد الصوديوم إلى الكأس (A) وملعقة من كبريتات الباريوم إلى الكأس (B)، ثم حرِّك محتوى الكأسين بواسطة قضيب زجاجي.

اسأل الطلاب عن ملاحظاتهم:

[يدوب كلوريد الصوديوم في الكأس (A).

ويتكوّن راسب كبريتات الباريوم في الكأس (B).]

• أضف ملعقة أخرى من كلوريد الصوديوم إلى الكأس، ثم حرِّك محتواها.

• تابع إضافة كلوريد الصوديوم إلى الكأس (A) حتّى يبدأ راسب كلوريد الصوديوم بالتكوّن في قاع الكأس.

اسأل الطلاب ماذا يستنتجون:

[إنّ كمية كلوريد الصوديوم التي تذوب في الماء محدودة، ولا يمكن إضافة

هذا الملح إلى ما لا نهاية.]

أشر للطلاب إلى أنّه يمكن تلخيص الملاحظات بما يلي:

• الأملاح نوعان: نوع يذوب في الماء وآخر لا يذوب فيه ويمكن تسميته ملح شحيح الذوبان.

• للأملاح ذوبانية تحدّد الكتلة التي يمكن أن تذوب في المذاب عند درجة حرارة معيّنة.

أشر للطلاب إلى أنّه يمكن توقّع بعض الأملاح التي تذوب في

الماء وأملاحاً أخرى لا تذوب فيه، وذلك بالاستعانة بالجدول (5) الموجود في كتاب الطالب ص 25.

أشر أيضاً إلى أنّ الذوبانية تسمح بتصنيف المحاليل إلى محاليل غير مشبعة، ومحاليل مشبعة، ومحاليل فوق مشبعة.

1. أنواع المحاليل

Types of Solutions

إذا أضفت ملعقة من ملح الطعام إلى كأس زجاجية تحتوي على 100 mL من الماء عند درجة حرارة 20 °C تقريباً، فإنّ الملح يذوب في الماء بسهولة مع قليل من التحريك. وإذا أضفت ملعقة أخرى من الملح فقد لا تذوب كلياً مهما طال التحريك، وترسب الكمية الزائدة في قاع الكأس. ويكون المحلول قد أصبح مشبعاً.

إذا سخّن المزيج، فسوف تذوب الكمية الزائدة. وعند ترك الكأس جانباً ليستعيد درجة الحرارة 20 °C، سوف تظهر بعض الترسبات. وإن لم تظهر يكون المحلول فوق مشبع.

يمكن تصنيف المحاليل إلى ثلاثة أنواع:

• المحلول المشبع Saturated Solution هو المحلول الذي يحتوي على أكبر كمية من المذاب وليس له القدرة على إذابة أي كمية إضافية من المذاب فيه عند درجة حرارة معيّنة، بحيث ترسب أي كمية إضافية من المذاب ويكون في حالة اتزان ديناميكي.

• المحلول فوق المشبع Supersaturated Solution هو المحلول الذي يحتوي على كمية من المادة المذابة أكبر مما في المحلول المشبع عند الظروف ذاتها.

• المحلول غير المشبع Undersaturated Solution هو المحلول الذي يحتوي على كمية من المادة المذابة أقل مما في المحلول المشبع عند الظروف ذاتها وله القدرة على إذابة كميات إضافية من المذاب عند إضافتها إليه من دون ترسيب.

2. الذوبانية

Solubility

عندما يصبح المحلول مشبعاً، يتوقّف المذاب عن الذوبان. ولكن هذا لا يعني أنّه في حالة سكون، حيث إنّ عدداً من جسيمات المذاب يذوب في المحلول. وفي الوقت نفسه، فإنّ عدداً مساوياً من الجسيمات الذائبة تصطدم بالمادة الصلبة المتبقية في قاع الإناء وترسب. توصف هذه الحالة بحالة اتزان ديناميكي، وهي الحالة التي يكون فيها معدّل ذوبان المذاب مساوياً تماماً لمعدّل ترسيبه.

محلول = مذيب + مذاب
ذوبان

تدلّ الذوبانية Solubility على كمية المذاب اللازمة لإنتاج محلول مشبع في كمية محددة من المذيب وعند درجة حرارة معيّنة. تعبر الذوبانية عن تركيز المحلول المشبع عند درجة حرارة معيّنة.

3. ثابت حاصل الإذابة وأهميته

Solubility Product Constant and its Importance

تختلف الأملاح باختلاف ذوبانها في الماء. بشكل عامّ، تذوب مركّبات الفلزّات القلوية في الماء. مع ذلك، هناك الكثير من المركّبات الأيونية التي تكون غير قابلة للذوبان. على سبيل المثال، إنّ العديد من المركّبات التي تحتوي على الفوسفات، أو الكبريتيد، أو الكبريتيت، أو أيونات الكربونات هي غير قابلة للذوبان. نستنتج منها المركّبات التي يتمّ فيها الجمع بين هذه الأيونات وكاتيونات الأمونيوم أو كاتيونات الفلزّات القلوية.

يمكن أن تصنّف الأملاح بحسب إذابتها في الماء إلى مجموعتين:

• الأملاح القابلة للذوبان Soluble Salts: هي أملاح تذوب كمية كبيرة منها في الماء قبل أن يتكوّن راسب الملح.

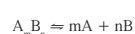
• الأملاح غير القابلة للذوبان Insoluble Salts: هي أملاح تذوب كمية قليلة جداً منها في الماء وتُستَوى أحياناً الأملاح شحيحة الذوبان.

يلخص الجدول (5) قابلية ذوبان بعض الأملاح في الماء:

المركّبات	الذوبان	الاستثناءات
أملاح المجموعة 1A الفلزّات والأمونيوم	قابلة للذوبان	بعض مركّبات الليثيوم
نترات، كلورات وبيركلورات	قابلة للذوبان	
كبريتات	قابلة للذوبان	مركّبات الرصاص، الفضة، الزئبق، الباريوم، الاسترانشيوم والكالسيوم
كلوريد، بروميد ويوديد	قابلة للذوبان	مركّبات الفضة وبعض مركّبات الزئبق والرصاص
كبريتيد وهيدروكسيد	معظمها غير قابل للذوبان	كبريتيد الفلزّات القلوية والهيدروكسيد تذوب. مركّبات الباريوم، والاسترانشيوم والكالسيوم شحيحة الذوبان.
كربونات، فوسفات وكبريتيت	غير قابلة للذوبان	مركّبات الفلزّات القلوية وكاتيونات الأمونيوم

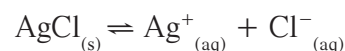
جدول (5)
قابلية ذوبان بعض الأملاح في الماء

بصفة عامة، إذا افترضنا مركّباً أيونياً شحيح الذوبان في الماء صيغته الكيميائية العامة $A_m B_n$ ، تذوب كمية صغيرة جداً منه وتفكّك في محلوله المشبع المتّزن كما يلي:



2.2 مناقشة

أشر للطلاب إلى أن الأملاح شحيحة الذوبان تذوب جزئياً في الماء لإنتاج محلول مشبع من هذه الأملاح عند درجة حرارة معينة. توضح المعادلة التالية حالة الاتزان لكوريد الفضة في محلول مشبع من كلوريد الفضة:



بما أن هذا التفاعل غير تام وعكسي، يكون في حالة اتزان، ويكون ثابت الاتزان على الشكل التالي:

$$K_{eq} = \frac{[\text{Ag}^{+}] \times [\text{Cl}^{-}]}{[\text{AgCl}]}$$

وبما أن جزءاً بسيطاً جداً من كلوريد الفضة قد تأين في المحلول المائي، فإن تركيز $[\text{AgCl}]$ يُعتبر ثابتاً، ما يسمح بكتابة المعادلة الرياضية التالية:

$$K_{eq} \times [\text{AgCl}] = [\text{Ag}^{+}] \times [\text{Cl}^{-}]$$

يساوي تركيز $[\text{Ag}^{+}]$ و $[\text{Cl}^{-}]$ ذوبانية كلوريد الفضة في الماء، لذلك:

$$[\text{Ag}^{+}] \times [\text{Cl}^{-}] = K_{sp}$$

يُسمى K_{sp} ثابت حاصل الإذابة.

أشر للطلاب إلى أن المحلول المشبع لا يحتوي عند الاتزان على كلوريد الفضة الصلب. كما أن أيّ تغيير في التركيزات قد يؤدي إلى إزاحة الاتزان في اتجاه أو آخر تبعاً لتغير الحاصل الأيوني (Q). أشر للطلاب إلى أن ثابت حاصل الإذابة يمكن أن يساعد في توقع حصول تغيير ما في حالة الاتزان. على سبيل المثال:

• إذا كان $K_{sp} > Q$ ، يكون المحلول غير مشبع ويزاح الاتزان ناحية إنتاج أيونات Ag^{+} و Cl^{-} .

• إذا كان $K_{sp} < Q$ ، يكون المحلول فوق مشبع ويزاح الاتزان ناحية إنتاج كلوريد الفضة الصلب $\text{AgCl}_{(s)}$ (تكوين راسب).

• إذا كان $K_{sp} = Q$ ، يكون التفاعل في حالة اتزان ويكون المحلول مشبعاً (لا يتكوّن راسب).

3.2 مناقشة

أشر للطلاب أنهم بحاجة إلى إذابة راسب ما إذا كانوا يرغبون في تحديد مكوناته (أي الشقوق) أو استخدامه في تفاعل كيميائي آخر. وضح للطلاب أن الفكرة العامة لإذابة راسب ما هي تقليل تركيز أحد أيونات الملح في المحلول المشبع مما يؤدي إلى اختلال في الاتزان حيث تصبح قيمة الحاصل الأيوني (Q) أقل من قيمة حاصل الإذابة K_{sp} لهذا الملح. عند ذلك يحدث التفاعل الطرد (أي في اتجاه إذابة الراسب) لإعادة الاتزان مرة أخرى (مبدأ لوشاتيليه). أشر للطلاب أن إضافة الحمض تستخدم لإذابة الراسب الذي يحتوي على الهيدروكسيد أو الكربونات.

لُحِذت الشحنات عن الأيونات لتبسيط المعادلة، بحيث A و B تمثلان الكاتيونات والأيونات المكونة للمركب الأيوني، بينما m و n تمثلان عدد مولات الكاتيونات والأيونات في الصيغة الكيميائية على التوالي وعليه يتم التعبير عن ثابت الاتزان لهذا المركب بالعلاقة التالية:

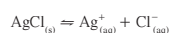
$$K_{eq} = \frac{[\text{A}]^m \times [\text{B}]^n}{[\text{A}_m \text{B}_n]}$$

$$K_{eq} \times [\text{A}_m \text{B}_n] = [\text{A}]^m \times [\text{B}]^n$$

$$K_{sp} = [\text{A}]^m \times [\text{B}]^n$$

يُسمى هذا الثابت ثابت حاصل الإذابة Constant Solubility Product. ويُشار إليه بالرمز K_{sp} .

ويمكن تعريف ثابت حاصل الإذابة K_{sp} لأي مركب أيوني شحيح الذوبان، بأنه حاصل ضرب تركيز الأيونات، مقدراً بالمول / لتر mol.L^{-1} ، والتي تتواجد في حالة اتزان في محلولها المشبع، كل مرفوع إلى الأس الذي يمثل عدد مولات (معاملات) الأيونات الموجودة في معادلة التفكك الموزونة عند درجة حرارة معينة. إن قيمة حاصل الإذابة K_{sp} لكلوريد الفضة عند درجة الحرارة 25°C تساوي 1.8×10^{-10} .



$$K_{sp} = [\text{Ag}^{+}] \times [\text{Cl}^{-}] = 1.8 \times 10^{-10}$$

يوضح الجدول (6) ثوابت حاصل الإذابة لبعض الأملاح عند درجة الحرارة 25°C .

المحلول	K_{sp}	المحلول	K_{sp}
AgCl	1.8×10^{-10}	FeS	8×10^{-19}
CaF_2	3.9×10^{-11}	PbS	3×10^{-28}
PbCrO_4	1.8×10^{-14}	Al(OH)_3	3×10^{-34}
PbSO_4	6.3×10^{-7}	Ca(OH)_2	6.5×10^{-6}
BaSO_4	1.1×10^{-10}	Fe(OH)_2	7.9×10^{-16}
CaSO_4	2.4×10^{-5}	CaCO_3	4.5×10^{-9}
Ag_2S	8×10^{-51}	BaCO_3	5×10^{-9}

جدول (6)
قيمة ثابت حاصل الإذابة لبعض الأملاح عند 25°C

مثال (1)

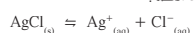
احسب تركيزات كاتيونات الفضة وأنيونات الكلوريد في المحلول المشبع لكلوريد الفضة عند درجة الحرارة 25°C ، علماً أن: $K_{sp}(\text{AgCl}) = 1.8 \times 10^{-10}$.

1. حل: ضع خطة استراتيجية لحل السؤال.

اكتب معادلة تفكك كلوريد الفضة من المحلول المشبع وتعبير ثابت حاصل الإذابة لحساب تركيزات كاتيونات الفضة وأنيونات الكلوريد.

2. حل: طبق الخطة الاستراتيجية لحل السؤال.

المعادلة الكيميائية لتفكك كلوريد الفضة:



عند الاتزان الكيميائي:

$$[\text{Cl}^{-}] = [\text{Ag}^{+}]$$

ثابت حاصل الإذابة:

$$K_{sp} = [\text{Ag}^{+}] \times [\text{Cl}^{-}] = 1.8 \times 10^{-10}$$

$$K_{sp} = [\text{Ag}^{+}] \times [\text{Ag}^{+}] = 1.8 \times 10^{-10}$$

$$[\text{Ag}^{+}]^2 = 1.8 \times 10^{-10}$$

$$[\text{Ag}^{+}] = 1.3 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$$

$$[\text{Cl}^{-}] = 1.3 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$$

3. قيم: هل النتيجة لها معنى؟

إن قيمة حاصل ضرب $[\text{Ag}^{+}]$ و $[\text{Cl}^{-}]$ تساوي قيمة ثابت حاصل الإذابة لـ AgCl .

أسئلة تطبيقية وحلها

1. احسب تركيزات كاتيونات الكالسيوم وأنيونات الفلوريد في المحلول المشبع لفلوريد الكالسيوم عند درجة الحرارة 25°C ، علماً أن: $K_{sp}(\text{CaF}_2) = 3.9 \times 10^{-11}$.

$$\text{الحل: } [\text{Ca}^{2+}] = 2.13 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$$

$$[\text{F}^{-}] = 4.27 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$$

2. احسب تركيزات كاتيونات الفضة وأنيونات الكبريتيد في المحلول المشبع لكبريتيد الفضة عند درجة الحرارة 25°C ، علماً أن: $K_{sp}(\text{Ag}_2\text{S}) = 8 \times 10^{-51}$.

$$\text{الحل: } [\text{Ag}^{+}] = 2.52 \times 10^{-17} \text{ mol/L}$$

$$[\text{S}^{2-}] = 1.26 \times 10^{-17} \text{ mol/L}$$

مثال (1):

أعطِ الطلاب المثالين التاليين لتعزيز فهمهم.

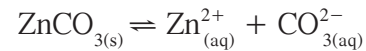


عند إضافة الحمض، يتحد كاتيون الهيدرونيوم الناتج عن الحمض مع أيون الهيدروكسيد الموجود في المحلول المشبع لإنتاج الماء كما توضح المعادلة:



عند ذلك تصبح قيمة الحاصل الأيوني $[\text{Fe}^{3+}] \times [\text{OH}^{-}]^3$ أقل من قيمة K_{sp} لهذا الملح فيذوب.

مثال (2):



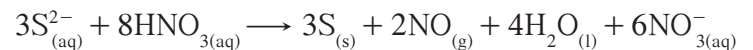
عند إضافة حمض الهيدروكلوريك إلى المحلول المشبع عند الاتزان، يتفاعل الحمض مع أيونات الكربونات لإنتاج غاز ثاني أكسيد الكربون والماء وأيونات الكلوريد كما توضح المعادلة التالية:



أشّر للطلاب أيضاً أنه بالإمكان حذف أحد الأيونات في المحلول المشبع وذلك بتغير عدد التأكسد لهذا الأيون. مثال على ذلك، كبريتيد النحاس CuS II راسب شحيح الذوبان كما توضح المعادلة التالية:



عند إضافة حمض النيتريك يتأكسد أيون الكبريتيد لإنتاج عنصر الكبريت كما توضح المعادلة التالية:



أشّر للطلاب أن الأملاح شحيحة الذوبان تكون أكثر ذوبانية عند تكوين أيون مترابك.

أعطِ الطلاب المثال التالي:

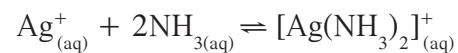
كلوريد الفضة ملح شحيح الذوبان في الماء. توضح المعادلة التالية المحلول المشبع لكلوريد الفضة AgCl.



عند إضافة محلول الأمونيا إلى المحلول المشبع لكلوريد الفضة، ينتج أيون مترابك مما يؤدي إلى تقليل تركيز أيون الفضة في المحلول.

عندها يمثل الاتزان ويحدث التفاعل طردياً مما يزيد ذوبانية كلوريد الفضة.

ملاحظة: إذا أضيفت كمية كافية من محلول الأمونيا NH_3 يمكن إذابة كمية كلوريد الفضة بأكملها.



4. ظروف الذوبان والترسيب في المحلول المشبع

Conditions of Solubility and Precipitation in Saturated Solutions

يمكن تعريف الحاصل الأيوني (Q) على أنه حاصل ضرب تراكيز الأيونات الموجودة في المحلول (سواء كان غير مشبع، أو مشبع أو فوق مشبع) كل مرفوع إلى أس يساوي عدد مولاته في الصيغة.

يمكن توقع الظروف التي تؤدي إلى ترسيب مادة ذائبة في المحلول أو إذابة مادة مترسبة، وذلك بمقارنة ثابت حاصل الإذابة K_{sp} للمادة مع الحاصل الأيوني Q لها، فإذا كان:

- $Q < K_{\text{sp}}$ يكون المحلول غير مشبع ولديه القدرة على إذابة كمية أكبر من المذاب.
- $Q = K_{\text{sp}}$ يكون المحلول مشبع ومتزن ولن يتكون راسب.
- $Q > K_{\text{sp}}$ يكون المحلول فوق مشبع ويحدث ترسيب.

1.4 إذابة إلكتروليت شحيح الذوبان

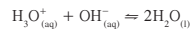
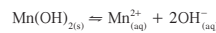
Dissolution of a Low Soluble Electrolyte

الفكرة العامة هي تقليل تركيز أحد أيونات الملح في المحلول المشبع وذلك بإضافة مادة تعمل على ذلك، فيختل الاتزان. وبحسب مبدأ لوشاتيليه، تصبح قيمة الحاصل الأيوني Q في المحلول أقل من قيمة ثابت حاصل الإذابة (K_{sp}) لهذا الملح فتذوب كمية جديدة منه لإعادة الاتزان مرة أخرى. ولكن كيف يتم ذلك؟

(أ) تكوين إلكتروليت ضعيف Formation of a Weak Electrolyte

هناك الكثير من المواد التي تكون شحيحة الذوبان في الماء، مثل هيدروكسيد المغنيسيوم وهيدروكسيد المنجنيز وكربونات الكالسيوم وكبريتيد الحديد II، وتذوب بإضافة حمض قوي مثل حمض الهيدروكلوريك أو حمض النيتريك إليها، فما السبب في ذلك؟ يذوب هيدروكسيد المنجنيز Mn(OH)_2 شحيح الذوبان في الماء عند إضافة حمض الهيدروكلوريك إليه.

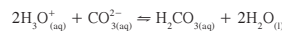
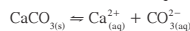
يتحد أنيون الهيدروكسيد في المحلول مع كاتيون الهيدرونيوم من الحمض المضاف مكوناً معه إلكتروليت ضعيف التآين (الماء)، فتصبح قيمة الحاصل الأيوني لهيدروكسيد المنجنيز $[\text{Mn}^{2+}] \times [\text{OH}^{-}]^2$ أقل من قيمة ثابت حاصل الإذابة (K_{sp}) له فيذوب.



بالمثل، عند إضافة حمض الهيدروكلوريك إلى ملح كربونات الكالسيوم

28

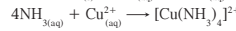
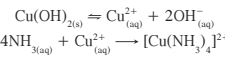
CaCO_3) شحيح الذوبان في الماء، فإنه يذوب لأن أنيون الكربونات في المحلول يتحد مع كاتيون الهيدرونيوم من الحمض المضاف مكوناً معه إلكتروليت ضعيف التآين (حمض الكربونيك). فتصبح قيمة الحاصل الأيوني لكربونات الكالسيوم $[\text{Ca}^{2+}] \times [\text{CO}_3^{2-}]$ أقل من قيمة ثابت حاصل الإذابة K_{sp} له فيذوب.



(ب) تكوين أيون مترابك Formation of a Complex Ion

يمكن تقليل تركيز الأيونات الغلّزية (الكاتيونات) للمركبات شحيحة الذوبان بارتباطها مع جزيئات متعادلة أو أيونات أخرى مكونة أيونات مترابكة Complex Ions ثابتة، مثل كاتيون النحاس الأمونيومي المترابك $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ ، و كاتيون الفضة الأمونيومي المترابك $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^{+}$.

فعند إضافة محلول الأمونيا إلى هيدروكسيد النحاس Cu(OH)_2 II شحيح الذوبان في الماء، فإنه يذوب لأن كاتيون النحاس II في المحلول يتحد مع الأمونيا مكوناً معها كاتيون النحاس الأمونيومي المترابك $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ وهو أيون ثابت. فتصبح قيمة الحاصل الأيوني لهيدروكسيد النحاس II $[\text{Cu}^{2+}] \times [\text{OH}^{-}]^2$ أقل من قيمة ثابت حاصل الإذابة K_{sp} له فيذوب.

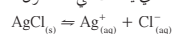


بالمثل، عند إضافة محلول الأمونيا إلى كلوريد الفضة (AgCl) شحيح الذوبان في الماء، فإنه يذوب، لماذا؟

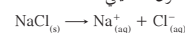
5. تأثير الأيون المشترك

Common Ion Effect

في النظام المتزن التالي الذي يحدث في المحلول المشبع لكلوريد الفضة:

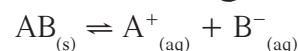


ماذا يحدث إذا أضفنا مادة تحتوي على أيون مشابه لأحد أيونات النظام السابق مثل كلوريد الصوديوم NaCl؟ يتفكك NaCl في المحلول كما يلي:



4.2 مناقشة

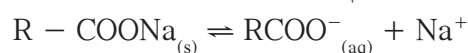
أشر للطلاب إلى أن المحلول المشبع يوضح أن التفاعل في حالة اتزان. على سبيل المثال، الملح AB ملح شحيح الذوبان. يذوب جزء صغير جداً من هذا الملح في الماء عند درجة حرارة معينة لإنتاج محلول مشبع. توضح المعادلة التالية الاتزان الناتج:



بحسب مبدأ لوشاتيليه، يتغير موضع الاتزان إذا طرأ أي تغيير على تركيزات المواد المتفاعلة أو المواد الناتجة. وضح للطلاب أنه إذا أضيف أيون A^{+} و B^{-} إلى المحلول المشبع، فإن زيادة تركيز $[A^{+}]$ أو $[B^{-}]$ تؤدي إلى إزاحة الاتزان ناحية تكوين راسب $AB_{(s)}$. يُسمى هذا التأثير تأثير الأيون المشترك.

أشر للطلاب إلى أن هذا المبدأ يُستخدم في الصناعة الكيميائية، وفي الصناعات البسيطة التي يمكن القيام بها في المنزل.

أشر للطلاب إلى أن محلول كلوريد الصوديوم المركز يُضاف في خلال عملية التصبن وعند بداية ظهور الصابون الذي هو ملح كربوكسيلات الصوديوم.



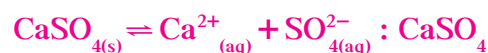
بما أن كلوريد الصوديوم يحتوي على أيون مشترك (أيون الصوديوم)، يتغير موضع الاتزان ناحية تكوين راسب الصابون. هذا ما يحصل فعلاً لدى فصل الصابون عن الخليط عن خلال عملية التصبن.

3. قيم وتوسع

1.3 تقييم استيعاب الطلاب للدرس

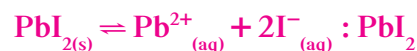
لتقييم استيعاب الطلاب للدرس، يمكن طرح المسألة التالية:

اكتب ثابت حاصل الإذابة لكل من الأملاح التالية:
 Na_3PO_4 , PbI_2 , $CaSO_4$
 وضح ثابت حاصل الإذابة بدالة ذوبانية الملح x .



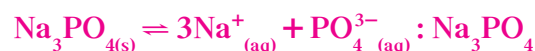
$$K_{sp} = [Ca^{2+}] \times [SO_4^{2-}]$$

$$K_{sp} = x \times x = x^2$$



$$K_{sp} = [Pb^{2+}] \times [I^{-}]^2$$

$$K_{sp} = x \times (2x)^2 = 4x^3$$



$$K_{sp} = [Na^{+}]^3 \times [PO_4^{3-}]$$

$$K_{sp} = (3x)^3 \times x = 27x^4$$

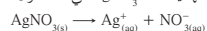
يؤدي ذلك إلى زيادة تركيز أيون الكلوريد المشترك، وبالتالي تصبح قيمة الحاصل الأيوني (Q) لكلوريد الفضة $[Ag^{+}] \times [Cl^{-}]$ أكبر من قيمة ثابت حاصل الإذابة (K_{sp}) له، فيختل الاتزان وينتج النظام نحو الاتجاه العكسي مستتباً بذلك ترسيب بعض من $AgCl$ الذائب في المحلول. يعني ذلك أن ذوبان $AgCl$ في محلول يحتوي على $NaCl$ يكون أقل من ذوبانه في الماء النقي، والسبب في ذلك هو وجود أيون الكلوريد (Cl^{-}) المشترك (شكل 4).



شكل (4)
راسب كلوريد الفضة

برأيك، ماذا يحدث عند إضافة ملح نترات الفضة ($AgNO_3$) بدلاً من كلوريد الصوديوم إلى النظام السابق؟

بالطريقة السابقة نفسها يتفكك $AgNO_3$ في المحلول كما يلي:



يؤدي ذلك إلى زيادة تركيز كاتيون الفضة المشترك، وبالتالي تصبح قيمة الحاصل الأيوني (Q) لكلوريد الفضة $[Ag^{+}] \times [Cl^{-}]$ أكبر من قيمة ثابت حاصل الإذابة (K_{sp}) له، فيختل الاتزان وينتج النظام نحو الاتجاه العكسي مستتباً بذلك ترسيب بعض من $AgCl$ الذائب في المحلول.

يعني ذلك أن ذوبان $AgCl$ في محلول يحتوي على $AgNO_3$ يكون أيضاً أقل من ذوبانه في الماء النقي، والسبب في ذلك هو وجود كاتيون الفضة (Ag^{+}) المشترك.

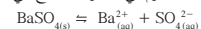
نستنتج مما سبق أن تأثير الأيون المشترك هو عبارة عن تقليل تفكك الكتروليت ضعيف نتيجة إضافة أحد أيوناته لمحلوله المشبع المترن. ولكن هل يتكون الراسب عند إضافة مادة فيها أيون مشترك للمحلول فحسب؟

مثال (2)

توقع إذا كان هناك تكوين راسب لكبريتات الباريوم عند إضافة 0.5 L من محلول $Ba(NO_3)_2$ تركيزه 0.002 mol/L إلى 0.5 L من محلول Na_2SO_4 تركيزه 0.008 mol/L لتكوين محلول حجمه 1 L، علماً أن: $K_{sp}(BaSO_4) = 1.1 \times 10^{-10}$.

1. حل: ضع خطة استراتيجية لحل السؤال.
اكتب معادلة تفكك كبريتات الباريوم في محلوله المشبع واحسب قيمة حاصل الإذابة مع مقارنتها بثابت حاصل الإذابة.

2. حل: طبق الخطة الاستراتيجية لحل السؤال.
المعادلة الكيميائية لتفكك كبريتات الباريوم في محلوله المشبع هي:



حساب عدد مولات الأيونات:

$$n_{Ba^{2+}} = 0.5 \times 0.002 = 10^{-3} \text{ mol}$$

$$n_{SO_4^{2-}} = 0.5 \times 0.008 = 4 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

حساب تركيزات الأيونات في 1L من المحلول:

$$[Ba^{2+}] = \frac{10^{-3}}{1} = 10^{-3} \text{ mol/L}$$

$$[SO_4^{2-}] = \frac{4 \times 10^{-3}}{1} = 4 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$$

حساب قيمة الحاصل الأيوني:

$$Q = [Ba^{2+}] \times [SO_4^{2-}] = 10^{-3} \times 4 \times 10^{-3} = 4 \times 10^{-6}$$

$$Q = [Ba^{2+}] \times [SO_4^{2-}] > K_{sp}(BaSO_4) = 1.1 \times 10^{-10}$$

يكون المحلول فوق مشبع (تكوين راسب).

3. قيم: هل النتيجة لها معنى؟
إن الحاصل الأيوني أكبر من ثابت حاصل الإذابة، ما يعني ترسب بعض من الملح في قاع المحلول.

أسئلة تطبيقية وحلها

1. توقع إذا كان هناك تكوين راسب كلوريد الرصاص $PbCl_2$ عند إضافة 0.025 mol من $CaCl_2$ إلى 0.015 mol من $Pb(NO_3)_2$ مع كمية من الماء للحصول على محلول حجمه 1 L، علماً أن: $K_{sp}(PbCl_2) = 1.7 \times 10^{-5}$.

الحل: يتكون راسب.

2. توقع إذا كان هناك تكوين راسب لكربونات الكالسيوم عند إضافة 0.5 L من محلول $Ca(NO_3)_2$ تركيزه 0.001 mol/L إلى 0.5 L من محلول Na_2CO_3 تركيزه 0.0008 mol/L لتكوين محلول حجمه 1L، علماً أن: $K_{sp}(CaCO_3) = 4.5 \times 10^{-9}$.

الحل: يتكون راسب.

إجابات أسئلة الدرس 3-1

1. أنواع المحاليل هي مشبعة، فوق مشبعة وغير مشبعة. عندما يصبح المحلول مشبعًا، يتوقف المذاب عن الذوبان. لمعرفة نوع المحلول يجب حساب الحاصل الأيوني Q ومقارنته بحاصل الإذابة.

2. تأثير الأيون المشترك هو عبارة عن خفض تأين إلكتروليت ضعيف نتيجة إضافة واحد من أيوناته.

3.
$$\text{PbI}_{2(s)} \rightleftharpoons \text{Pb}^{2+}_{(aq)} + 2\text{I}^{-}_{(aq)}$$
$$K_{sp} = [\text{Pb}^{2+}] \times [\text{I}^{-}]^2 = 4x^3 = 4 \times (2 \times 10^{-2})^3 = 32 \times 10^{-6}$$

مراجعة الدرس 3-1

1. ما هي أنواع المحاليل بحسب كمية المادة المذابة فيها؟ وما علاقتها بظروف الترسيب؟
2. فسر تأثير الأيون المشترك على إمكانية ترسيب مادة من محلولها المشبعة.
3. إذا كان تركيز أيون الرصاص Pb^{2+} في محلول مشبع من يوديد الرصاص (PbI_2) هو $2 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ ، احسب حاصل الإذابة.

مفكرة إرشادية

معلومات إضافية

مكافئة تآكل الأسنان
تتكون مينا الأسنان من مادة غير قابلة للذوبان في الماء، تستقر هيدروكسي أباتيت $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$. قد تذوب هذه المادة أو تتآكل بحيث تتفكك مينا الأسنان داخل الفم بحسب الأثران التالي،

$$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}_{(s)} \rightleftharpoons 5\text{Ca}^{2+}_{(aq)} + 3\text{PO}_4^{3-}_{(aq)} + \text{OH}^{-}_{(aq)}$$

وعند تناول الإنسان مواد سكرية، تتخثر هذه الأخيرة وينتج عنها كاتيونات الهيدرونيوم (H_3O^{+}) التي تتحد مع أنيونات الهيدروكسيد (OH^{-}) ويتكون الماء، وتتحد أيضًا مع (PO_4^{3-}) ويتكون (HPO_4^{2-}) فيخلل الأثران. وبحسب مبدأ لوشاتلييه، يؤدي ذلك إلى المزيد من ذوبان مينا الأسنان وتآكله. وقد وجد أنّ إضافة مركبات الفلوريد تساعد على تقليل تآكل الأسنان عن طريق إذلال أنيون الفلوريد محل أنيون الهيدروكسيد (OH^{-}) في الهيدروكسي أباتيت، فينتج مركب فلورو أباتيت $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$ الذي يتميز بثبات حاصل إذابة صغير جدًا. هل تستطيع الآن تفسير إضافة مركبات الفلوريد إلى معاجين الأسنان وإلى مياه الشرب؟

صفحات الطالب: من ص 33 إلى ص 38

عدد الحصص: 1

الأهداف:

- يعرف المحاليل المنظمة وأهميتها.
- يتعرف كيفية تحضير المحاليل المنظمة وآلية عملها.

1. قَدِّم وحفِّز

1.1 استخدام الصورة الافتتاحية للدرس

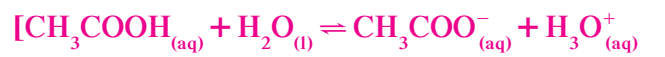
دع الطلاب يتفحصون الصورة الافتتاحية للدرس. أشر إلى أن المحاليل المنظمة تؤدي دورًا مهمًا في حياتنا موضحًا بعض الأمثلة: يتطلب الكثير من العمليات الكيميائية والحيوية عدم تغير قيمة الأس الهيدروجيني pH لوسط التفاعل بشكل كبير بل بقاءها قريبة من قيمة معينة. يؤدي الدم في جسم الإنسان وظيفة نقل الأكسجين إلى الخلايا عندما تكون قيمة الأس الهيدروجيني ثابتة أي $pH = 7.4$. وتحتاج الأنزيمات إلى وسط تكون فيه قيمة pH ثابتة تقريبًا لتعمل بنشاط، وإلا ستفقد شكلها وربما وظيفتها الحيوية. أشر أيضًا إلى أن هناك أمثلة أخرى على أهمية المحاليل المنظمة كمعالجة التربة لنمو المحاصيل المختلفة، إضافة إلى أهميتها في المجالات الصناعية المختلفة.

2.1 اختبار المعلومات السابقة لدى الطلاب

لتقييم المعلومات السابقة لدى الطلاب، وجه إليهم الأسئلة التالية:

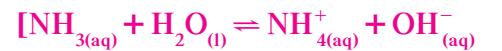
- عرف الأحماض الضعيفة وأعطي مثالاً عليها.

[الأحماض الضعيفة هي الأحماض التي تتأين جزئيًا في محاليلها المائية وتشكل حالة اتزان كما في حالة حمض الإيثانويك.]



• عرف القواعد الضعيفة وأعطي مثالاً عليها.

[القواعد الضعيفة هي القواعد التي تتأين جزئيًا في محاليلها المائية.]



• استنتج في كل حالة زوج الحمض والقاعدة المرافق.



المحاليل المنظمة Buffer Solutions

الدرس 1-4

الأهداف العامة

- يعرف المحاليل المنظمة وأهميتها.
- يتعرف كيفية تحضير المحاليل المنظمة وآلية عملها.



شكل (5)
مقطع طولي للمعدة

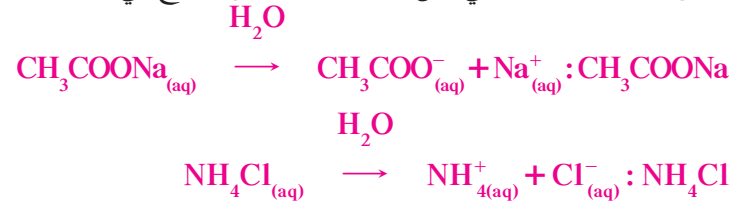
تؤدي المحاليل المنظمة أدوارًا بالغة الأهمية لصحة الأجسام الحية ونموها، فوجودها ضروري لضمان الانتظام الفيزيائي لعمل أجهزة الأجسام الحية وسير العمليات الحيوية فيها. تحتوي العصارة المعدية (شكل 5) في جسم الإنسان مثلاً، على محاليل منظمة حمضية لها أس هيدروجيني pH يساوي 1.4 وهي تُقاوَم بحمضية محلول من حمض الهيدروكلوريك. هذه الحمضية العالية مهمة جداً في عملية تحليل البروتينات لأن جزيئاتها كبيرة ولا يمكن لجدران الأمعاء امتصاصها. أما جزيئات الأحماض الأمينية الناتجة، فستطيع أن تفتد عبر جدران الأمعاء ويمكن امتصاصها.

ما هو المحلول المنظم؟ وكيف يتم تحضير المحاليل المنظمة؟ وما هي آلية عمل المحاليل المنظمة؟

1. المحاليل المنظمة Buffer Solutions

يتطلب إجراء الكثير من العمليات الكيميائية والحيوية وسطاً لا تتغير فيه قيمة الأس الهيدروجيني pH إلا في حدود ضيقة. تختلف محاليل المواد بعضها عن بعض من حيث مقاومة تغير قيمة الأس الهيدروجيني pH. المحلول المنظم Buffer Solution هو المحلول الذي يقاوم التغير في الأس الهيدروجيني pH للوسط عند إضافة كميات قليلة من حمض (كاتيونات H^+) أو قاعدة (أيونات OH^-) إليه.

• أعط مثلاً على ملح مشتق من حمض الإيثانويك وملح آخر مشتق من الأمونيا. اكتب في كل حالة معادلة تأين الملح في الماء.



2. علم وطبق

1.2 استعراض نشاط عملي

لتوضيح مفهوم المحاليل المنظمة وإحدى طرق تحضيرها، أجر النشاط التالي:

• أضف 25 mL من محلول حمض الإيثانويك بتركيز 1 mol/L إلى كأس زجاجية (A) سعتها 100 mL ثم أضف 25 mL من إيثانوات الصوديوم بتركيز 1 mol/L.

• أضف 25 mL من محلول الأمونيا بتركيز 1 mol/L إلى كأس زجاجية (B) سعتها 100 mL ثم أضف 25 mL من محلول كلوريد الأمونيوم بتركيز 1 mol/L.

• قم بقياس الأس الهيدروجيني للمحاليل الناتجة في الكأسين (A) و (B)، على أن يُغسل إلكتروود الجهاز بعد كل استخدام.

• سجّل ملاحظاتك في الجدول التالي:

الكأس الزجاجية	زوج الحمض والقاعدة المرافق	الأس الهيدروجيني pH
A	$\text{CH}_3\text{COOH}/\text{CH}_3\text{COO}^{-}$	4.8
B	$\text{NH}_4^{+}/\text{NH}_3$	9.2

اطلب إلى الطلاب مراجعة الجدول الذي يوضح ثابت التأين K_a لزوج الحمض والقاعدة المرافقة في كل من الكأسين (A) و (B). اسأل الطلاب: ما الذي يمكن استنتاجه؟

[إن الأس الهيدروجيني يساوي قيمة pK_a]

• قسّم محتوى الكأس (A) إلى حجمين متساويين A_1 و A_2 في كأسين زجاجيتين سعة كل منهما 100 mL.

• أضف إلى A_1 1 mL من محلول حمض الهيدروكلوريك بتركيز 1 mol/L.

• أضف إلى A_2 1 mL من محلول هيدروكسيد الصوديوم بتركيز 1 mol/L.

• قم بقياس الأس الهيدروجيني في كل من الكأسين A_1 و A_2 .

اطلب إلى الطلاب تسجيل الملاحظات ثم اسألهم ماذا يستنتجون.

[إن الأس الهيدروجيني يتناقص بشكل بسيط في الكأس A_1 ويزيد بشكل بسيط في الكأس A_2]

بسيط في الكأس A_2

يمكن إعادة الخطوات الأربع الأخيرة مع الكأس (B). سيلاحظ الطلاب النتيجة نفسها.

2.2 مناقشة

بعد استعراض النشاط العملي، وضّح للطلاب آلية عمل المحاليل المنظمة.

أشّر للطلاب إلى أن عمل المحاليل المنظمة وأهميته يمكن توضيحهما في المثال التالي:

1.1 خواص المحلول المنظم

Buffer Solution Properties

يُضاف 25 mL من محلول هيدروكسيد الصوديوم بتركيز 10^{-2} M إلى كأس زجاجية تحتوي على 50 mL من محلول حمض الأسيتيك بتركيز 10^{-2} M.

ينتج عن هذا الخليط محلول مائي يحتوي على أعداد مولات متساوية من حمض الأسيتيك (حمض ضعيف) وأستات الصوديوم (قاعدة مرافقة). يُقسّم المحلول الناتج إلى حجمين متساويين، ويوضع كل منهما في كأس زجاجية سعتها 100 mL.

بعد قياس الأس الهيدروجيني pH لكل من المحاليل، نجد أنه يساوي 4.8 (محلول منظم).

وعند إضافة 2 mL من محلول حمض الهيدروكلوريك، بتركيز 10^{-2} M إلى الكأس الأولي، ينخفض الأس الهيدروجيني بقيمة 0.2 وحدة pH. وإذا أُضيفت كمية أكبر من حمض الهيدروكلوريك، ينخفض الأس الهيدروجيني بشكل مفاجئ، وبالتالي يمكن استنتاج أن الأس الهيدروجيني pH لمحلول منظم ينخفض بشكل طفيف عند إضافة كمية قليلة من حمض إليه.

عند إضافة 2 mL من محلول هيدروكسيد الصوديوم بتركيز 10^{-2} M إلى الكأس الثاني، يزداد الأس الهيدروجيني بقيمة 0.2 وحدة pH.

وإذا أُضيفت كمية أكبر من محلول هيدروكسيد الصوديوم، يزداد الأس الهيدروجيني بشكل مفاجئ. بالتالي، يمكن استنتاج أن الأس الهيدروجيني pH لمحلول منظم يزداد بشكل طفيف عند إضافة كمية قليلة من قاعدة إليه.

بشكل عام، يتغير الأس الهيدروجيني pH بشكل طفيف عند إضافة حمض أو قاعدة بكميات قليلة.

ملاحظة: لا يشكل الماء المقطر محلولاً منظماً.

34

2.1 تحضير المحاليل المنظمة

Buffer Solution Preparation

يمكن أن يكون المحلول المنظم حمضياً أو قاعدياً.

Acid Buffer Solution

(أ) المحاليل المنظمة الحمضية

يمكن الحصول على محلول منظم حمضي بالطرق التالية:

• بخلط محلول من حمض ضعيف ومحلول ملحه الصوديومي أو البوتاسيومي، مثل خلط محلول من حمض الأسيتيك (CH_3COOH) وأستات الصوديوم (CH_3COONa) أو البوتاسيوم، وخلط محلول من حمض الهيدروفلوريك (HF) وفلوريد الصوديوم (NaF) أو البوتاسيوم.

• بخلط محلول من حمض ضعيف وقاعدة قوية بشرط أن يكون عدد مولات الحمض الضعيف أكبر من عدد مولات القاعدة القوية، مثل خلط 0.4 mol من حمض الأسيتيك (CH_3COOH) مع 0.2 mol من هيدروكسيد الصوديوم (NaOH) أو هيدروكسيد البوتاسيوم.

Base Buffer Solution

(ب) المحاليل المنظمة القاعدية

يمكن الحصول على محلول منظم قاعدي بالطرق التالية:

• بخلط محلول من قاعدة ضعيفة ومحلول ملحه يحتوي على الكلوريد أو النترات، مثل محلول الأمونيا (NH_3) وكلوريد الأمونيوم (NH_4Cl) أو محلول الأمونيا (NH_3) ونترات الأمونيوم (NH_4NO_3).

• بخلط محلول من قاعدة ضعيفة وحمض قوي بشرط أن يكون عدد مولات القاعدة الضعيفة أكبر من عدد مولات الحمض القوي، مثل 0.6 mol من محلول الأمونيا (NH_3) مع 0.3 mol من حمض الهيدروكلوريك (HCl). يوضح الجدول (7) بعض المحاليل المنظمة.

اسم المحلول المنظم	زوج الحمض / القاعدة المرافق	pH المحلول المنظم (تركيز 0.1 mol/L)
حمض الأسيتيك / أيون الأسيتات	$\text{CH}_3\text{COOH}/\text{CH}_3\text{COO}^{-}$	4.76
أيون الفوسفات ثنائي الهيدروجين / أيون الفوسفات الهيدروجيني	$\text{H}_2\text{PO}_4^{-} / \text{HPO}_4^{2-}$	7.2
حمض الكربونيك / أيون البيكربونات	$\text{H}_2\text{CO}_3/\text{HCO}_3^{-}$	6.46
أيون الأمونيوم / الأمونيا	$\text{NH}_4^{+}/\text{NH}_3$	9.25

جدول (7)
بعض المحاليل المنظمة الشائعة

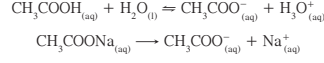
35

3.1 آلية عمل المحاليل المنظمة

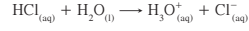
Mechanism of Buffer Solutions

Acid Buffer Solution

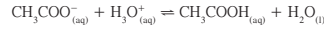
(أ) المحاليل المنظمة الحمضية
في مخلوط مكون من حمض الأسيتيك ومحلل أسيتات الصوديوم، يُعتبر الملح هو المصدر الأساسي لأيون الأسيتات المشترك (القاعدة المرافقة) نظرًا إلى أن ملح أسيتات الصوديوم إلكتروني قوي تام التفكك بينما حمض الأسيتيك ضعيف التأيّن. وبذلك، يمكن التعبير عن معادلة تفكك (تأين) المخلوط المكون من حمض الأسيتيك وملح أسيتات الصوديوم كما يلي:



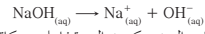
• عند إضافة كمية قليلة من حمض قوي مثل حمض الهيدروكلوريك (HCl) إلى المخلوط، يتأين تمامًا كالتالي:



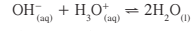
فيزداد تركيز كاتيونات الهيدرونيوم، وبالتالي يتحد جزء من كاتيونات الهيدرونيوم مع أنيونات الأسيتات الموجودة في المحلول مكونًا حمض الأسيتيك ضعيف التأيّن، ويؤثر تأثير كاتيونات الهيدرونيوم الناتجة من الحمض القوي المضاف، وبذلك تبقى قيمة pH للمخلوط ثابتة تقريبًا.



• عند إضافة كمية قليلة من قاعدة قوية مثل هيدروكسيد الصوديوم (NaOH) إلى المخلوط، تتفكك القاعدة تمامًا في المحلول كالتالي:



وبذلك تتكون أنيونات الهيدروكسيد التي تتفاعل مع كاتيونات الهيدرونيوم الموجودة في المخلوط مكونة الماء وهو إلكتروني ضعيف:



فيؤثر أثر أنيونات الهيدروكسيد-OH⁻ المضافة من القاعدة. أما النقص في تركيز كاتيونات الهيدرونيوم [H₃O⁺]، فيتمّ تعويضه عن طريق تأين جزء من حمض الأسيتيك الضعيف، بحسب مبدأ لو شاتيليه، وبذلك تبقى قيمة pH للمخلوط ثابتة تقريبًا.

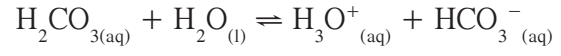
36

يقوم حمض الكربونيك H₂CO₃ وهو حمض ضعيف بالتفاعل مع أنيون الهيدروكسيد الذي يمثل زيادة القاعدية التي تحصل في الدم، فيقوم بمعادلة الكمية الزائدة من أنيون الهيدروكسيد.

يقوم أنيون البيكربونات HCO₃⁻ (القاعدة المرافقة) بمعادلة زيادة كاتيون الهيدرونيوم التي تسبب ارتفاع حمضية الدم.

يشكل المحلول المنظم الناتج عن حمض الكربونيك وقاعدته المترافقين المحلول الأساسي في بلازما الدم H₂CO₃/HCO₃⁻.

توضّح المعادلة التالية تأين حمض الكربونيك.



3.2 مناقشة

وضّح للطلاب أنّ هناك عدّة طرق لتحضير المحاليل المنظمة ويمكن من خلالها معرفة أنواع هذه المحاليل.

أشر للطلاب إلى أنّ المحلول المنظم الحمضي يحتوي على:

حمض ضعيف + ملح الحمض الضعيف



يكون الأس الهيدروجيني pH < 7، ويُفضّل استخدام هذه المحاليل في الوسط الحمضي.

أشر أيضًا إلى أنّ المحلول المنظم القاعدي يحتوي على:

قاعدة ضعيفة + ملح القاعدة الضعيفة



يكون الأس الهيدروجيني pH > 7، ويُفضّل استخدام هذه المحاليل في الوسط القاعدي.

3. قيم وتوسّع

1.3 تقييم استيعاب الطلاب للدرس

لتقييم استيعاب الطلاب للدرس، وجّه إليهم الأسئلة التالية:

• ما هي خواصّ المحاليل المنظمة؟ [المحاليل المنظمة هي محاليل

يحافظ فيها الأس الهيدروجيني على قيمة ثابتة نسبيًا:

عند إضافة كمية صغيرة من حمض قوي.

عند إضافة كمية صغيرة من قاعدة قوية.

عند إضافة كمية من الماء لتخفيف المحلول.]

• ما هو أحد استخدامات المحاليل المنظمة في المختبر؟ [تُستخدم

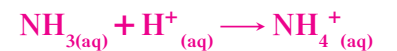
المحاليل المنظمة عادةً لمعايرة جهاز الأس الهيدروجيني.]

• كيف تعمل المحاليل المنظمة القاعدية للمحافظة على الأس

الهيدروجيني pH ثابتًا نسبيًا عند إضافة حمض قوي؟ [مثال على

محلول منظم قاعدي، المحلول الذي ينتج عن مزج حجم متساوية من

محلولي الأمونيا وكلوريد الأمونيوم لهما تركيزات متساوية.



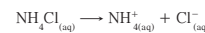
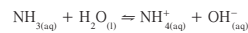
يؤدّي ذلك إلى تأثير ضعيف من كاتيونات الهيدروجين المضافة من الحمض

القوي فتبقى قيمة pH ثابتة نسبيًا.]

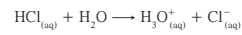
يتّضح من هذا المثال أنّ المخلوط المكون من محلول حمض الأسيتيك وأسيتات الصوديوم يصلح كمحلول منظم لأنّه يقاوم التغيّر في قيمة pH عند إضافة حمض قوي أو قاعدة قوية إليه بكميات قليلة.

Base Buffer Solution

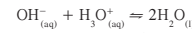
(ب) المحاليل المنظمة القاعدية
في مخلوط مكون من محلول الأمونيا وكلوريد الأمونيوم، يمكن توضيح الطريقة التي يعمل بها محلول الأمونيا وكلوريد الأمونيوم كمحلول منظم بكتابة معادلة تأين المخلوط بشكل مبسط كالتالي:



• عند إضافة كمية قليلة من حمض قوي مثل حمض الهيدروكلوريك إلى هذا المخلوط، تصبح المعادلة كالتالي:

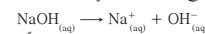


يتفاعل جزء من كاتيونات الهيدرونيوم الناتجة عن تأين الحمض القوي المضاف مع أنيون الهيدروكسيد مكونًا الماء وهو إلكتروني ضعيف، فنكتب المعادلة التالية:

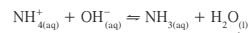


أما النقص في تركيز أنيونات الهيدروكسيد [OH⁻] فيتمّ تعويضه عن طريق تأين جزء من محلول الأمونيا الضعيف، بحسب مبدأ لو شاتيليه، وبذلك تبقى قيمة pH للمخلوط ثابتة.

• عند إضافة كمية قليلة من قاعدة قوية مثل هيدروكسيد الصوديوم إلى هذا المخلوط، تصبح المعادلة كالتالي:



يتحد جزء من أنيونات الهيدروكسيد الناتجة عن تفكك القاعدة القوية المضافة مع كاتيونات الأمونيوم الموجودة في المخلوط مكونة محلول الأمونيا وهو إلكتروني ضعيف:



وبذلك يقلّ تأثير أنيونات الهيدروكسيد OH⁻ المضافة من القاعدة القوية.

نستنتج من الأمثلة السابقة أنّ المحلول المنظم يتكوّن غالبًا من مخلوط مكون من محلولين أحدهما إلكتروني ضعيف (حمض أو قاعدة) والآخر إلكتروني قوي (الملح) بينهما أيون مشترك.

37

2.3 إعادة التعليم

اطلب إلى الطلاب العمل ضمن مجموعات صغيرة واطلب إلى كل مجموعة تحضير محلول منظّم (حمض أو قاعدة).
ساعد الطلاب على اختيار الأحماض والقواعد موضّحاً لهم أنّ الأحماض والقواعد تكون ضعيفة. دعهم يتأكّدون من أملاح هذه الأحماض والقواعد.
اطلب إليهم:

- قياس الأس الهيدروجيني لكلّ محلول تمّ تحضيره ومقارنته بقيمة pK_a الخاصّ بكلّ حمض وقاعدة مرافقين.
- تقسيم الحجم إلى حجوم صغيرة وإضافة إمّا حمض قوي أو قاعدة قوية إلى هذه الحجم.
- إعادة قياس الأس الهيدروجيني ومقارنته بالقياسات التي تمّ استنتاجها بعد تحضير المحاليل المنظّمة.

إجابات أسئلة الدرس 4-1

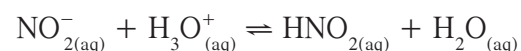
1. المحلول المنظّم هو المحلول الذي يقاوم التغيّر في الأس الهيدروجيني للوسط عند إضافة كمّيات صغيرة من حمض قوي أو قاعدة قوية.
2. (أ) عند إضافة القليل من حمض قوي:

$$NH_3 + H^+ \rightleftharpoons NH_4^+$$
وبذلك، يقلّ تأثير كاتيونات الهيدروجين المضافة من الحمض القوي، وتبقى قيمة pH المحلول ثابتة تقريباً.
(ب) عند إضافة القليل من قاعدة قوية:

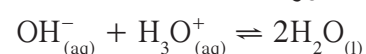
$$NH_4^+ + OH^- \rightleftharpoons NH_3 + H_2O$$
وبذلك، يقلّ تأثير أنيونات الهيدروكسيد المضافة من القاعدة القوية نتيجة تكوّن الماء ضعيف التأيّن، وتبقى قيمة pH المحلول ثابتة تقريباً.

من الأمثلة السابقة، يمكن استنتاج أنّ المحلول المنظّم يتكوّن غالباً من محلولين أحدهما إلكتروليت ضعيف والآخر إلكتروليت قوي بينهما أيون مشترك.

3. (أ) عند إضافة القليل من حمض قوي، يتأين الحمض لإنتاج أيونات الهيدرونيوم فيزداد تركيزه. يتحد جزء من كاتيونات الهيدرونيوم مع أنيونات النيتروز الموجودة في المحلول مكوناً حمض النيتروز فيزول عندها تأثير كاتيونات الهيدرونيوم الناتجة عن إضافة الحمض القوي وتبقى pH للمخلوط ثابتة تقريباً.



- (ب) عند إضافة القليل من قاعدة قوية إلى المخلوط، تتفكك القاعدة تماماً لإنتاج أنيونات الهيدروكسيد التي تتفاعل مع كاتيونات الهيدرونيوم الموجودة في المخلوط مكونة الماء وهو إلكتروليت ضعيف:



فيزول أثر أنيونات الهيدروكسيد المضافة من القاعدة القوية. يتم تعويض النقص في تركيز كاتيونات الهيدرونيوم عن طريق تأين جزء من الحمض الضعيف (حمض النيتروز) بحسب مبدأ لوشاتيليه فتبقى قيمة pH للمخلوط ثابتة تقريباً.

4.1 أهمية المحاليل المنظّمة

Importance of Buffer Solutions

تؤدي المحاليل المنظّمة دوراً أساسياً في الكيمياء وفي علوم الحياة. في الكيمياء، تُستخدم المحاليل المنظّمة لمعايرة جهاز قياس الأس الهيدروجيني، وتُستخدم أيضاً في عدّة تجارب وأنشطة كيميائية بحيث تتطلب بعض التفاعلات أن يكون للأس الهيدروجيني pH قيمة يمكن التحكم بها.
في علوم الحياة، تتطلب الكثير من العمليات الحيوية عدم إحداث تغيّر كبير في قيمة الأس الهيدروجيني pH لوسط التفاعل، أي أن تبقى هذه القيمة قريبة من قيمة معيّنة.
لا يمكن أن يؤدي الدم في جسم الإنسان وظيفة نقل الأكسجين إلى الخلايا إلا إذا كانت قيمة الأس الهيدروجيني pH تساوي 7.4. كما تحتاج الإنزيمات إلى وسط تكون فيه قيمة الأس الهيدروجيني pH ثابتة تقريباً لتعمل بنشاط. أمّا إذا تغيّر الأس الهيدروجيني pH للمحلول، فسيغيّر شكل الإنزيمات أو ستفقد وظيفتها الحيوية.

مراجعة الدرس 4-1

1. عرّف المحلول المنظّم، وحدّد آلية عمله.
2. وضح بالمعادلات ما يجري عند:
(أ) إضافة حمض قوي إلى محلول منظّم من كلوريد الأمونيوم/محلول الأمونيا.
(ب) إضافة قاعدة قوية إلى محلول منظّم من كلوريد الأمونيوم/محلول الأمونيا.
3. وضح ما يجري لقيمة الأس الهيدروجيني في الحالات التالية وفسّر إجابتك:
(أ) إضافة حمض قوي إلى محلول منظّم من نيتريت الصوديوم/حمض النيتروز.
(ب) إضافة قاعدة قوية إلى محلول منظّم من نيتريت الصوديوم/حمض النيتروز.



للأحماض والقواعد أهمية كبيرة في حياتنا اليومية والعملية والصناعية. فحمضية المياه المستخدمة لها أثر كبير على الإنسان والحيوان والأرض الزراعية والمباني. في وقتنا الحاضر، أصبحت دراسة البيئة والأمطار الحمضية محل اهتمام الكثير من العلماء. وتستخدم بعض الأحماض، كحمض الكبريتيك وبعض القواعد كهيدروكسيد الصوديوم والأمونيا، في الكثير من الصناعات المهمة والضرورية بدءاً بالمنظفات المنزلية وصولاً إلى أسمدة التربة. والواقع أن دراسة هذا النوع من المواد له عدة فوائد. وقد أصبح من المهم معرفة تركيز الحمض أو القاعدة في المواد التي نستخدمها في حياتنا اليومية وبشكل أساسي وفعال. والمعايرة عملية تُستخدم لتقدير تركيز مادة معينة في محلول ما بواسطة محلول آخر معلوم التركيز يُسمى المحلول القياسي. أمّا تطبيقات المعايرة فكبيرة بما في ذلك الرعاية الصحية (اختبار السكر في الدم)، وصناعة المواد الغذائية، وصناعة مستحضرات التجميل، وإنتاج مواد التنظيف، ومحطات المياه، ومصانع العصير وغيرها.

معايرة الأحماض والقواعد

دروس الفصل

الدرس 1-2: معايرة الأحماض والقواعد

تعرف الطلاب في الفصل الأول الأملاح، ودرسوا تصنيفها إلى أملاح حمضية وأملاح قاعدية وأملاح متعادلة طبقاً لخواصها. كما تعرف الطلاب أيضاً المحاليل المنظمة وبعض تطبيقاتها وأهميتها في حياتهم اليومية.

وفي هذا الفصل أيضاً سيتعلم الطلاب معايرة الأحماض والقواعد ويحسبون تركيزاتها.

كما أنهم سيتعلمون تمثيل المعادلات ببيانياً باستخدام الرسم البياني والمنحنى لتحديد نقطة التكافؤ التي تسمح بحساب تركيز المحلول (حمضي أو قاعدي) بمعرفة تركيز المحلول الآخر.

استخدام الصورة الافتتاحية للفصل

دع الطلاب يتفحصون الصورة الافتتاحية للفصل ويقرأون الفقرة المرافقة لها. ثم ناقش معهم أهمية معايرة الأحماض والقواعد، وكيفية تحديد درجة قوتها وضعفها.

وضّح للطلاب أن التعامل مع الأحماض والقواعد يحتاج إلى تطبيق قواعد الأمان.

خلفية علمية

الدم الاصطناعي

تمكن علماء هولنديون في إحدى مستشفيات ستوكهولم من استخدام دم اصطناعي لمعالجة المرضى. تتم صناعة هذا الدم من تبرعات الدم الحقيقي، الذي يمكن حفظه لفترة لا تزيد عن 42 يوماً، أمّا الدم الاصطناعي فهو عبارة عن مسحوق يمكن تخزينه لسنوات.

يتميز هذا الدم باستخدامه على الفور عند الحاجة بعد تحويله إلى سائل، وبعد معرفة فئة دم المريض.

أكد العلماء أن الدم الاصطناعي سوف يُستخدم لأكمال النقص في الدم الحقيقي ولكنه لن يكون بديلاً له، فالدم الحقيقي يحتوي على خواص يفتقر إليها الدم الاصطناعي.

وقد أظهر الدم الاصطناعي قدرة على نقل الأكسجين في الجسم بشكل أفضل من الدم الحقيقي، مما يؤدي إلى تقليص الخسائر التي قد تحدث في الجسم خلال النوبات القلبية مثلاً. كما يجنب هذا الدم المريض من الإصابة بالأمراض المنقولة عبر التبرع بالدم، مثل الإيدز وفيروس التهاب الكبد.

صفحات الطالب: من ص 40 إلى ص 51

صفحات الأنشطة: من ص 20 إلى ص 27

عدد الحصص: 4

الأهداف:

- يتعرّف المعايرة بين محلول حمضي ومحلول قاعدي.
- يمثل بيانيًا المعايرة بين محلول حمضي ومحلول قاعدي.
- يحدّد نقاط التكافؤ على منحنيات المعايرة بين الأحماض أحادية البروتون والقواعد أحادية الهيدروكسيد.

1. قَدِّم وحفِّز

1.1 استخدام الصورة الافتتاحية للدرس

دع الطلاب يتفحصون الصورة الافتتاحية للدرس ويقرأون الفقرة المرافقة لها. ركّز على أهمية أن تظلّ نسبة الأحماض والقواعد في وسط ما ثابتة ووضّح لهم أن أيّ تغيير يطرأ يمكن أن يؤثر بشكل بسيط أو جذري في النظام البيئي. اسأل الطلاب:

• ما هو سبب موت الأسماك في البحيرة الموضّحة في الشكل (6)؟

[ازدياد حمضية المحيط، ما أثر سلبيًا على الحياة البحرية.]

• أذكر أمثلة أخرى على تأثير التغير في نسبة الأحماض والقواعد.

[الارتجاع المعدي المريئي الناتج عن ازدياد الحمضية في المعدة، قشرة فروة

الرأس الناتجة عن ازدياد قاعدية الشامبو.]

أشّر إلى الطلاب أن عند شراء منتج كيميائي استهلاكي نموذجي يمكن قراءة الملصق على عبوته. وضّح للطلاب أن الملصق يشير في الكثير من الأحيان إلى المعلومات النوعية والكمية على حدّ سواء. تجيب هذه المعلومات النوعية على السؤالين «ماذا؟» و«كم؟»

أشّر إلى الطلاب أننا لا نحتاج في أغلب الأحيان إلى معرفة الأس الهيدروجيني pH فحسب ولكننا نحتاج أيضًا إلى معرفة كمية الحمض والقاعدة في عينة ما. وضّح للطلاب أن المعايرة تشكّل وسيلة لقياس عدد مولات مادّة مذابة في لتر واحد من المحلول. وضّح للطلاب أنهم سوف ينفذون أنشطة لمعايرة الأحماض والقواعد في هذا الدرس. فسّر لهم أيضًا أنهم سوف يطبقون في خلال المعايرة العمليات الرياضية التي تسمح بتعيين تركيز الأحماض والقواعد.

1.2 اختبار المعلومات السابقة لدى الطلاب

لتقييم المعلومات السابقة لدى الطلاب، توجه إليهم بالأسئلة التالية:

• ما هو التركيز المولاري لمحلول مائي؟ وما هي المعادلة

الرياضية التي توضّحه؟ وما هي وحدة التركيز المولاري؟ [التركيز

المولاري هو عدد مولات المذاب في لتر واحد من المحلول. توضّح

المعادلة الرياضية التالية التركيز المولاري ووحدته $C = \frac{n}{V} = \text{mol/L}$.

معايرة الأحماض والقواعد
Titration of Acids and Bases

الدرس 1-2

الأهداف العامة

- يتعرّف المعايرة بين محلول حمضي ومحلول قاعدي.
- يمثل بيانيًا المعايرة بين محلول حمضي ومحلول قاعدي.
- يحدّد نقاط التكافؤ على منحنيات المعايرة بين الأحماض أحادية البروتون والقواعد أحادية الهيدروكسيد.



شكل (6)

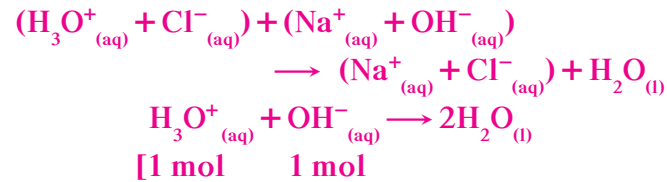
أسماك ميتة في بحيرة جزء المطر الحمضي

عندما يحلّل الباحثون البيئون ماء بحيرة تموت فيها الأسماك، يتعيّن عليهم معرفة تركيز الحمض الموجود في عينة من ماء هذه البحيرة (شكل 6). لذلك، لا تكفي معرفة الأس الهيدروجيني pH لعينة ما في بعض الأحيان، إنّما نحتاج لمعرفة كمية الحمض أو القاعدة الموجودة في هذه العينة. تقسّر خواص الأحماض والقواعد الكثير من الظواهر. فنحن، على سبيل المثال، نتناول مضادات الحموضة لمعادلة الحمض الزائد في المعدة. ويستخدم المزارعون أيضًا عملية مشابهة لضبط الأس الهيدروجيني pH للتربة.

هل يمكن تخفيف تركيز محلول ما؟ وكيف؟ [نعم، ويمكن ذلك بإضافة الماء إلى المحلول حيث يصبح عدد المولات المذابة قليلاً جداً نسبةً إلى كمية المذيب في المحلول].

ما هو تفاعل التعادل بين حمض قوي وقاعدة قوية؟ [هو التفاعل الذي يحدث بين كميات متساوية من الحمض والقاعدة (حمض أحادي البروتون والقاعدة أحادية الهيدروكسيد). في هذا التفاعل، تتفاعل كاتيونات الهيدرونيوم الناتجة من المحلول الحمضي مع أنيونات الهيدروكسيد الناتجة من المحلول القاعدي.

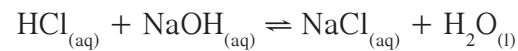
توضّح المعادلة التالية هذا التفاعل:



2. علّم وطبّق

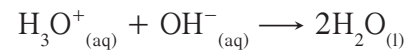
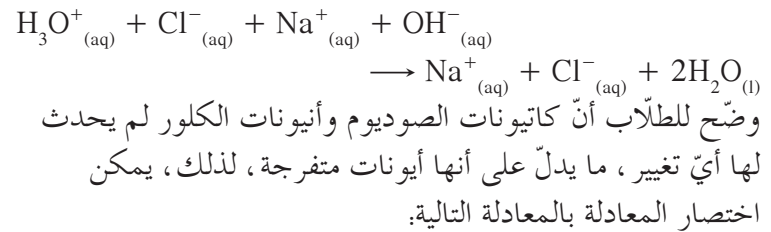
1. مناقشة

وضّح للطلّاب أن التفاعل التقليدي بين الحمض والقاعدة هو التفاعل الذي يحدث في محلول مائي بين حمض يتأين ليعطي كاتيونات الهيدرونيوم H_3O^+ وقاعدة تتأين لتعطي أنيونات الهيدروكسيد OH^- لإنتاج ملح وماء. أشر إلى الطّلاب أن عند تفاعل 1 mol من حمض الهيدروكلوريك مع 1 mol من هيدروكسيد الصوديوم ينتج 1 mol من كلوريد الصوديوم (الملح) وماء، كما توضّح المعادلة التالية:



فسّر للطلّاب أن حمض الهيدروكلوريك وهيدروكسيد الصوديوم وكلوريد الصوديوم إلكتروليّات قوية، ما يسمح بكتابة المعادلة الأيونية.

ذكر الطّلاب بأنّ عند تواجد الجزيء في طرفي معادلة كيميائية يُطرح الطرفان بالعدد الأصغر ليصبح الجزيء موجوداً في طرف واحد، وهذا هو سبب كتابة هذه المعادلة من دون ذكر جزيء الماء في الطرف الأيسر.



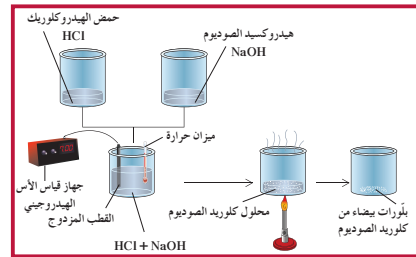
وضّح للطلّاب أن هذه المعادلة تساعد على فهم اختفاء خواصّ الأحماض والقواعد عندما تتفاعل كميات متساوية من هذه المواد بعضها مع بعض.

أشر إلى الطّلاب أن تفاعل التعادل هو التفاعل الذي يحدث بين كاتيونات الهيدرونيوم H_3O^+ وأنيونات الهيدروكسيد OH^- لإنتاج جزيئات الماء، لأن خواصّ كلّ من الحمض والقاعدة تتعادل.

1. تفاعل التعادل بين حمض قوي (أحادي البروتون) وقاعدة قوية (أحادية الهيدروكسيد)

Neutralization Reaction Between a Strong Acid (Monoprotic Acid) and a Strong Base (Monohydroxy Base)

عند مزج 100 mL من محلول حمض الهيدروكلوريك (حمض أحادي البروتون) بتركيز 1 M مع 100 mL من هيدروكسيد الصوديوم (قاعدة أحادية الهيدروكسيد) بتركيز 1 M في كأس زجاجية سعتها 1 L تحتوي على ميزان للحرارة، وبعد تحريك المزيج، يشير الميزان إلى زيادة في الحرارة. بعد ضبط جهاز قياس الأس الهيدروجيني وغسله بالماء المقطر، يتمّ غمر القطب في المحلول الناتج (المزيج). يشير الجهاز إلى أنّ قيمة الأس الهيدروجيني pH تساوي 7. تدلّ قيمة الأس الهيدروجيني pH للمحلول الناتج على أنّ المحلول متعادل. وعند تسخين عيّنة من المحلول الناتج وتبخّر الماء كلياً، تتكوّن بلورات بيضاء من كلوريد الصوديوم (شكل 7). عند إضافة الماء إلى كلوريد الصوديوم الذي تكوّن بعد التبخّر، يذوب الراسب وينتج محلولاً مائياً لكلوريد الصوديوم.



شكل (7)
تفاعل حمض الهيدروكلوريك مع هيدروكسيد الصوديوم

تدلّ ذوبانية كلوريد الصوديوم على عدم مشاركة كاتيون الصوديوم Na^+ وأنيون الكلوريد Cl^- في التفاعل. وفقاً للمعادلة الأيونية للتفاعل، نجد ما يلي:

$$(\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})} + \text{Cl}^-_{(\text{aq})}) + (\text{Na}^+_{(\text{aq})} + \text{OH}^-_{(\text{aq})}) \rightarrow (\text{Na}^+_{(\text{aq})} + \text{Cl}^-_{(\text{aq})}) + 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$$

توضّح هذه المعادلة أنّ كاتيون الصوديوم وأنيون الكلوريد لم يشاركا في التفاعل. أمّا كاتيونات الهيدرونيوم وأنيونات الهيدروكسيد قد تفاعلا ليكوّنا الماء السائل. لذلك، يمكن كتابة المعادلة الأيونية التالية التي توضّح تفاعل التعادل بين حمض قوي وقاعدة قوية:



بناءً على ما سبق، إنّ تفاعل التعادل Neutralization Reaction هو تفاعل كاتيون الهيدرونيوم (كاتيون الهيدروجين) من الحمض مع أنيون الهيدروكسيد من القاعدة لتكوين الماء.

يتميّز التفاعل بين الأحماض والقواعد بما يلي:

- يكون التفاعل طارداً للحرارة.
- يكون التفاعل تاماً عند مزج كميات متكافئة من الحمض والقاعدة، بحيث تُستهلك كاتيونات الهيدرونيوم H_3O^+ وأنيونات الهيدروكسيد OH^- كلياً.
- يكون المحلول المائي الناتج متعادلاً (pH = 7) عند تفاعل حمض قوي مع قاعدة قوية تماماً.
- يكون المحلول المائي الناتج حمضياً (pH < 7) عند تفاعل حمض قوي مع قاعدة ضعيفة تماماً.
- يكون المحلول المائي الناتج قاعدياً (pH > 7) عند تفاعل حمض ضعيف مع قاعدة قوية تماماً.

المحلول القياسي: هو المحلول المعروف تركيزه بدقة. عندما يكون لدينا حمض وقاعدة أحدهما معلوم التركيز (محلول قياسي) والآخر مجهول التركيز ونراد معرفة تركيزه، نقوم بإجراء عملية مخبرية تُسمّى المعايرة.

1. المعايرة

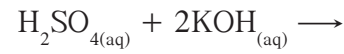
1.2 معايرة قاعدة قوية بواسطة حمض قوي باستخدام أدلة التعادل

Titration of a Strong Base with a Strong Acid Using Indicators

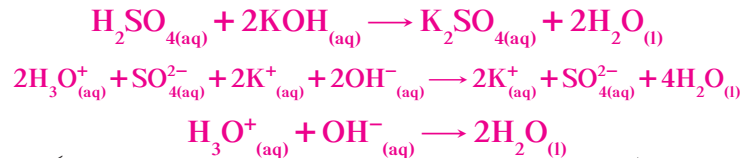
تتمّ معايرة حجم (20 mL) من محلول هيدروكسيد الصوديوم مجهول التركيز بمحلول قياسي من حمض الهيدروكلوريك تركيزه (0.1 M) وفقاً للخطوات التالية:

- تملأ السحاحة بـ 20 mL من محلول هيدروكسيد الصوديوم (مجهول التركيز) بواسطة الماصة في الدورق المخروطي (شكل 8).
- تضاف قطرتين من دليل الميثيل البرتقالي إلى المحلول في الدورق المخروطي. يتحوّل لون المحلول إلى اللون الأصفر (لون الحالة القاعدية).
- يوضع حمض الهيدروكلوريك من السحاحة تدريجياً مع محلول هيدروكسيد الصوديوم في الدورق المخروطي ثمّ رجّه باستمرار حتى يتغيّر لون المحلول (يصبح أحمر).
- تسجل حجم حمض الهيدروكلوريك المضاف من السحاحة.

اكتب على السبورة المعادلة التالية:



ثم اطلب إلى الطلاب إكمالها ووزنها وكتابة المعادلة الأيونية واستنتاج المعادلة الصافية.



وضّح للطلاب أن تفاعلات التعادل طاردة للحرارة وتنتج محلولاً مائياً متعادلاً (pH = 7) عندما يكون عدد مولات كاتيونات الهيدرونيوم H_3O^+ مساوياً لأنيونات الهيدروكسيد OH^- .

2.2 مناقشة

وضّح للطلاب أن عملية المعايرة هي عملية مخبرية لتحديد تركيز حمض أو قاعدة ما من خلال تفاعل تعادل، على أن يكون أحدهما معلوم التركيز.

عند معايرة حمض بقاعدة، ينخفض تركيز الحمض بشكل تدريجي في وعاء التحليل، وبذلك تزداد قيمة pH حتى الاقتراب من نقطة التكافؤ التي يكون التغير حولها حاداً ومفاجئاً. بعدها، يختفي الحمض تماماً ويصبح الوسط قاعدياً وتزداد قيمة pH من جديد ولكن ببطء مع ازدياد كمية القاعدة المضافة. عند معايرة قاعدة بحمض، تكون التغيرات في pH المحلول معكوسة للحالة السابقة. وضّح للطلاب أن قيمة pH المحلول الناتج عند نقطة التكافؤ ترتبط بطبيعة الملح المتشكل وتأخذ القيم التالية:

- pH = 7 عندما يكون الملح متعادلاً.
- pH > 7 عندما يكون الملح قاعدياً.
- pH < 7 عندما يكون الملح حمضياً.

أشّر إلى إمكانية استخدام أدلة تعادل لتحديد نقطة التكافؤ. ذكّر الطلاب بأن دليل التعادل عبارة عن حمض ضعيف أو قاعدة ضعيفة يتغير لونه في مدى محدّد من قيم pH يُعرّف بمدى دليل التعادل.

3.2 مناقشة

أشّر إلى الطلاب ضرورة تحديد الأس الهيدروجيني للمحلول (الوسط الذي يحصل فيه التفاعل) عند نقطة التكافؤ في تفاعلات التعادل لكي يتمكّنوا بالتالي من اختيار دليل التعادل المناسب ذي المدى الذي يقع فيه الأس الهيدروجيني للمحلول عند نقطة التكافؤ.

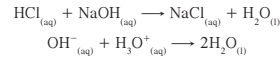
وضّح للطلاب أن ذلك يتطلب رسم منحنى المعايرة لتفاعل حمض مع قاعدة.

فسّر للطلاب أن منحنى المعايرة هو المنحنى الذي يمثل العلاقة بين الأس الهيدروجيني وحجم المحلول المضاف.

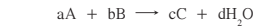
أشّر إلى الطلاب أن منحنى المعايرة يتم الحصول عليه عملياً بقياس الأس الهيدروجيني للمحلول، بعد إضافة حجومات متتالية من المحلول المعلوم تركيزه (حمض أم قاعدة) في أثناء المعايرة.

- تكرر الخطوات من (1) إلى (5) ثلاث مرّات، وتسجّل في كلّ مرّة حجم حمض الهيدروكلوريك المضاف من السحاحة ثمّ احسب المتوسط الحسابي لحجم حمض الهيدروكلوريك.
- وجد حجم محلول حمض الهيدروكلوريك المضاف من السحاحة (20 mL).

عند انتهاء المعايرة التي يمكن تحديدها عند تغير لون الدليل، نكون قد وصلنا إلى نقطة التكافؤ Equivalence Point عندما يتساوى عندها عدد مولات كاتيونات هيدرونيوم الحمض مع عدد مولات أنيونات هيدروكسيد القاعدة. يمكن التعبير عن التفاعل بالمعادلة التالية:



نستنتج من المعادلة أعلاه أنّ عدد مولات كاتيونات الهيدرونيوم من حمض الهيدروكلوريك يتعادل مع عدد مولات أنيونات هيدروكسيد مساوية له من هيدروكسيد الصوديوم.



الماء + الملح $\longrightarrow$ القاعدة + الحمض

عدد مولات OH^- (من القاعدة) = عدد مولات H_3O^+ (من الحمض)

$$n_a = n_b$$

$$\frac{C_a \times V_a}{a} = \frac{C_b \times V_b}{b}$$

$$\frac{0.1 \times 20 \times 10^{-3}}{1} = \frac{20 \times 10^{-3} \times C_b}{1}$$

$$C_b = 0.1 \text{ M}$$

علماً أنّ: C_a هي تركيز الحمض، V_a هي حجم الحمض، C_b هي تركيز القاعدة، V_b هي حجم القاعدة، a ، b هي معاملات اتحادية العناصر.

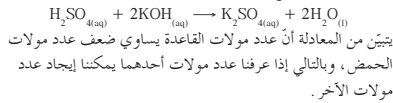
إنّ عملية المعايرة هي عملية كيميائية مخبرية يتمّ من خلالها معرفة حجم المحلول القياسي (حمض أو قاعدة) اللازم ليتفاعل تماماً مع المادة (حمض أو قاعدة) التي يُراد معرفة تركيزها.

ملاحظة: الدليل المناسب هو الدليل الذي يجب أن يتغير لونه عند حدوث التغير المفاجئ في قيمة الأس الهيدروجيني pH للمحلول حول نقطة التكافؤ، أو الدليل الذي يتفق مداه والمدى الذي يحدث عنده التغير المفاجئ في قيمة الأس الهيدروجيني pH للمحلول حول نقطة التكافؤ. مثلاً لا يصلح الميثيل البرتقالي كدليل عند معايرة محلول حمض الأسيتيك مع محلول هيدروكسيد البوتاسيوم، لأنّ حمض الأسيتيك ضعيف وهيدروكسيد البوتاسيوم قاعدة قوية. لذلك، تكون قيمة الأس الهيدروجيني (pH) للمحلول عند نقطة التكافؤ أكبر من (7)، ومدى دليل الميثيل البرتقالي أقلّ من (7). بالتالي، لا يتفق مدى دليل الميثيل البرتقالي والمدى الذي يحدث عنده التغير المفاجئ في قيمة pH للمحلول حول نقطة التكافؤ.

مثال (1)

تُعادل 10 mL من محلول حمض الكبريتيك تماماً مع 25 mL من هيدروكسيد البوتاسيوم تركيزه 0.4 mol.L^{-1} . أحسب تركيز حمض الكبريتيك.

1. حلّ: ضع خطة استراتيجية لحلّ السؤال. نكتب معادلة التفاعل:



2. حلّ: طبق الخطة الاستراتيجية لحلّ السؤال. في هذا المثال يمكن إيجاد عدد مولات هيدروكسيد البوتاسيوم من العلاقة التالية:

$$\begin{aligned} n_{\text{KOH}} &= C_b \times V_b \\ n_{\text{KOH}} &= 0.4 \times 0.005 = 0.01 \text{ mol} \\ \frac{n_{\text{KOH}}}{2} &= n_{\text{H}_2\text{SO}_4} \\ n_{\text{H}_2\text{SO}_4} &= 0.005 \text{ mol} \\ n_a &= C_a \times V_a \\ C_a \times 0.01 &= 0.005 \\ C_a &= 0.5 \text{ mol.L}^{-1} \end{aligned}$$

3. قيم: هل النتيجة لها معنى؟ يتساوى عدد مولات أنيونات الهيدروكسيد مع كاتيونات الهيدرونيوم.

قسّم الطلاب إلى مجموعات صغيرة ثم اطلب إليهم رسم المنحني للجدول (8) الذي يحتوي على نتائج معايرة حمض قوي بقاعدة قوية، وللجدول (9) الذي يحتوي على نتائج معايرة حمض ضعيف بقاعدة قوية.

دع الطلاب يحددون نقطة التكافؤ على كل منحني بتطبيق طريقة المماسات المتوازية.

[منحني الجدول (8) شكل (9): تكون إحداثيات نقطة التكافؤ

$$E(V_b = 20 \text{ mL} ; \text{pH} = 7)$$

منحني الجدول (9) شكل (11): تكون إحداثيات نقطة التكافؤ

$$[E(V_b = 20 \text{ mL} ; \text{pH} = 8.3)]$$

اعرض بواسطة مسلات ضوئي الشكل (9) الذي يوضح المنحني لنتائج الجدول (8)، ووضّح إلى الطلاب أن المنحني ينقسم إلى ثلاثة أجزاء مشيرًا إلى كلّ جزء من المنحني، ومركزًا على الجزء الثاني حيث توجد نقطة التكافؤ.

اعرض بواسطة مسلات ضوئي الشكل (11) الذي يوضح المنحني لنتائج الجدول (9)، وأشر إلى الطلاب أن المنحني ينقسم إلى أربعة أجزاء.

4.2 مناقشة

وضّح للطلاب أن أهميّة المعايرة تكمن في تحديد تركيز محلول حمضي أو قاعدي غير معلوم بواسطة حجم محلول حمضي أو قاعدي معلوم التركيز (لمعايرة الحمض تُستخدم القاعدة ولمعايرة القاعدة يُستخدم الحمض).

ذكّر الطلاب أيضًا أن المعادلة الرياضية التالية تُستخدم في عمليات المعايرة كافة للأحماض والقواعد عند نقطة التكافؤ:

$$C_a \times V_a = C_b \times V_b$$

حيث إن C_a هو تركيز الحمض، و V_a هو حجم الحمض، و C_b هو تركيز القاعدة، و V_b هو حجم القاعدة.

اطرح على الطلاب السؤال التالي:

تمّت معايرة 20 mL من محلول هيدروكسيد الصوديوم NaOH

بواسطة محلول حمض الهيدروكلوريك بتركيز

$$C_a = 0.10 \text{ mol/L}$$

تمّ تحديد نقطة التكافؤ عند إضافة $V_{aE} = 21.2 \text{ mL}$ من محلول

حمض الهيدروكلوريك. احسب تركيز محلول هيدروكسيد

الصوديوم مبرهنًا صحّة العلاقة الرياضية السابقة.



عند نقطة التكافؤ: $n_{\text{H}_3\text{O}^+} = n_{\text{OH}^-}$

حمض الهيدروكلوريك أحادي البروتون: $n_{\text{H}_3\text{O}^+} = n_{\text{HCl}}$

من ناحية أخرى: $C = \frac{n}{V}$

$$\Rightarrow n = C \times V$$

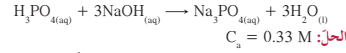
$$\Rightarrow n_a = C_a \times V_a$$

هيدروكسيد الصوديوم أحادي الهيدروكسيد $n_{\text{OH}^-} = n_{\text{NaOH}}$

$$n_b = C_b \times V_b$$

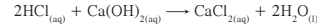
أسئلة تطبيقية وحلّها

1. احسب تركيز محلول حمض الفوسفوريك إذا تعادل 30 mL منه مع 75 mL من محلول هيدروكسيد الصوديوم تركيزه 0.4 M لإتمام التفاعل.



$$C_b = 0.33 \text{ M}$$

2. تمّت معايرة 20 mL من محلول هيدروكسيد الكالسيوم Ca(OH)_2 باستخدام حمض الهيدروكلوريك تركيزه 0.5 M. وعند تمام التفاعل، استهلك 25 mL من الحمض. احسب تركيز محلول هيدروكسيد الكالسيوم.

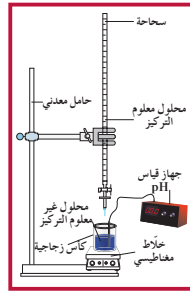


$$C_b = 0.3125 \text{ M}$$

2.2 معايرة حمض قوي (HA) مع قاعدة قوية (BOH) باستخدام جهاز قياس الأس الهيدروجيني pH

Titration of a Strong Acid with a Strong Base Using a pH Indicator

يمكن إجراء عملية المعايرة وتحديد نقطة التكافؤ باستخدام جهاز قياس الأس الهيدروجيني pH ورسم منحني المعايرة (شكل 8).



شكل (8)

الجهاز المستخدم في المعايرة

تنمّ معايرة حمض الهيدروكلوريك (حمض قوي) بهيدروكسيد الصوديوم (قاعدة قوية) وفقًا للخطوات التالية (شكل 8).

• يُعاير جهاز قياس الأس الهيدروجيني ويُغسل القطب بالماء.

• تُملأ السحاحة بمحلول هيدروكسيد الصوديوم بتركيز 10^{-2} M ، وتُوضّع كأس زجاجية سعتها 100 mL على خلّاط مغناطيسي وفيها 20 mL من محلول حمض الهيدروكلوريك بتركيز 10^{-2} M .

• يستجّل جهاز قياس الأس الهيدروجيني في الكأس الزجاجية قيمة $\text{pH} = 2$.

• بعد تشغيل الخلّاط المغناطيسي، يُضاف تدريجيًا محلول هيدروكسيد

الصوديوم إلى محلول حمض الهيدروكلوريك في الكأس الزجاجية.

• تُسجّل قيمة pH عند إضافة 2 mL من المحلول القاعدي.

• تُكرّر الخطوة السابقة وتُسجّل في كلّ مرّة قيمة pH إلى أن تصبح قيمة الحجم الكلي المضاف للقاعدة 30 mL (جدول 8).

ملاحظة: عند إضافة 2 mL من محلول هيدروكسيد الصوديوم، تزداد قيمة

pH. عندما تزداد قيمة pH بشكل سريع، يُضاف 0.5 mL بدل 2 mL.

$V_b \text{ (mL)}$	pH	$V_b \text{ (mL)}$	pH
0	2.0	19	3.6
2	2.1	19.5	4.2
4	2.2	20	7.0
6	2.3	20.5	9.4
8	2.4	21	10.1
10	2.5	22	10.5
12	2.6	24	10.9
14	2.7	26	11
16	2.9	28	11.1
18	3.3	30	11.2

جدول (8)

نتائج معايرة حمض الهيدروكلوريك بهيدروكسيد الصوديوم

(أ) منحني المعايرة

منحني المعايرة هو العلاقة البيانية بين الأس الهيدروجيني (pH) للمحلول في الدورق المخروطي وحجم الحمض (أو القاعدة) المضاف من السحاحة في معايرة الأحماض والقواعد.

تساعد منحنيات المعايرة على:

• تحديد نقطة التكافؤ بدقة ووضوح.

• اختيار الدليل المناسب للمعايرة.

باستخدام النتائج (قيم V_b و pH) الموضّحة في الجدول (8) في خلال التجربة، يمكن رسم منحني المعايرة.

$$C_a \times V_a = C_b \times V_b \text{ عند نقطة التكافؤ}$$

$$C_b = \frac{C_a \times V_a}{V_b} : \text{حساب } C_b$$

$$[C_b = \frac{0.1 \times 21.2}{20} = 0.106 \text{ mol/L}]$$

1. قِيم وتوسّع

3. 1 تقييم استيعاب الطلاب للدرس

لتقييم استيعاب الطلاب للدرس ، توجه إليهم بالأسئلة التالية:

• ما المقصود بتفاعل التعادل بين حمض قوي وقاعدة قوية؟

[هو إضافة حجم من الحمض والقاعدة تحتوي على أعداد من المولات

المتساوية من كاتيونات الهيدرونيوم وأنيونات الهيدروكسيد.]

• ما هي المعادلة الصافية التي توضح تفاعل التعادل بين الحمض

القوي والقاعدة القوية؟ $[H_3O^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)} \rightarrow 2H_2O_{(l)}]$

• ما ميزات تفاعل التعادل؟ [ينتج عن تفاعل التعادل محلول متعادل

(pH = 7) ، يكون التفاعل تاماً في اتجاه واحد وطارد للحرارة.]

• ما هي المعايرة (حمض - قاعدة)؟ [هي عملية كيميائية مخبرية يتم

فيها معرفة حجم المحلول القياسي (حمض أو قاعدة) اللازم ليتفاعل تماماً

مع المادة (حمض أو قاعدة) التي يراد معرفة تركيزها.]

• ما هي نقطة التكافؤ؟ وكيف يمكن الاستدلال عليها؟ [هي النقطة

التي يتساوى فيها عدد مولات كاتيونات هيدرونيوم الحمض بعدد مولات

أنيونات هيدروكسيد القاعدة. غالباً ما يكون تفاعل المعايرة مصحوباً بتغير

ما يمكن الاستدلال عليه.

يمكن الاستدلال على ذلك بطرق كثيرة منها:

— حدوث تغير في اللون (قليل الحدوث في الأحماض والقواعد الشائعة).

— إضافة مادة تالفة تُعرف بدليل التعادل. يشترط أن يحدث تغير في لون دليل

التعادل يمكن رؤيته عند نهاية التفاعل بين محلول المادة المراد معرفة تركيزها

والمحلول القياسي.]

• اذكر بعض الأدوات المستخدمة في عملية المعايرة. [كأس زجاجية

سعة 250 mL ، ماصة سعة 20 mL ، سحاحة سعة 50 mL ، حامل

معدني ، جهاز قياس الأس الهيدروجيني أو دليل تعادل ، محراك مغناطيسي.]

• ما هي الطريقة المتبعة لإيجاد نقطة التكافؤ بعد رسم منحنى

المعايرة؟ [يمكن إيجاد نقطة التكافؤ بتطبيق طريقة المماسات المتوازية.]

3. 2 إعادة التعليم

اطلب إلى الطلاب العمل في مجموعات صغيرة ثم اطلب إلى بعض

المجموعات اختيار حمض قوي وقاعدة قوية وتطبيق المعايرة.

ساعد الطلاب في اختيار الأحماض والقواعد على أن تكون

الأحماض أحادية البروتون والقواعد أحادية الهيدروكسيد.

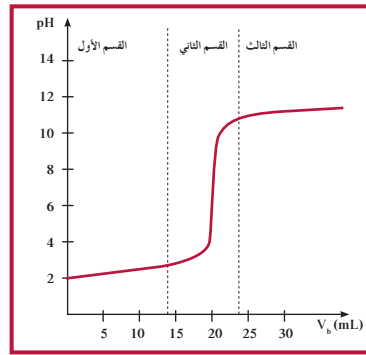
اطلب إليهم:

— كتابة معادلة تفاعل التعادل.

— كتابة المعادلة الرياضية لحساب تركيز الحمض أو القاعدة.

— رسم منحنى تقريبي يقسم التغير في الأس الهيدروجيني في خلال

المعايرة إلى ثلاثة أجزاء.



شكل (9)

رسم بياني يوضح منحنى معايرة حمض قوي بواسطة قاعدة قوية.

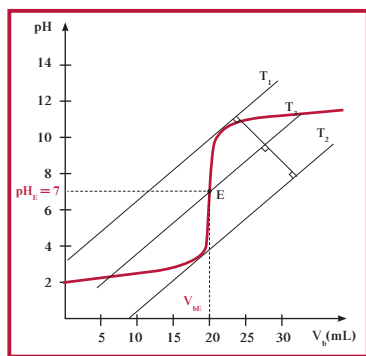
يوضح الرسم البياني (شكل 9) أن المنحنى تصاعدي ويتكون من ثلاثة أقسام مختلفة:

- القسم الأول ($V_b < 14 \text{ mL}$)، يوضح أن الأس الهيدروجيني يتزايد بشكل بطيء. وبشكل المنحنى في هذا القسم خطاً شبه مواز للمحور الأفقي.
- القسم الثاني ($14 \text{ mL} < V_b < 24 \text{ mL}$)، يوضح أن الأس الهيدروجيني يتزايد بشكل مفاجئ على الرغم من إضافة كمية قليلة من محلول هيدروكسيد الصوديوم. عند $V_b = 20 \text{ mL}$ ، يغير المنحنى اتجاه تغيره (نقطة الانقلاب).
- القسم الثالث ($V_b > 24 \text{ mL}$)، يوضح أن الأس الهيدروجيني يعود لزيادة بشكل بطيء، في أثناء إضافة هيدروكسيد الصوديوم. بشكل المنحنى في هذا القسم خطاً مقارباً.

(ب) تحديد نقطة التكافؤ Determination of Equivalence Point

يمكن تحديد نقطة التكافؤ باستخدام منحنى المعايرة.

في حالة معايرة حمض قوي بواسطة قاعدة قوية أو العكس، تكون نقطة التكافؤ عند $\text{pH}_E = 7$. بشكل عام، يمكن تطبيق طريقة المماسين المتوازيين الموضحة في الشكل (10).



شكل (10)

رسم بياني يوضح منحنى المعايرة مع تطبيق طريقة المماسين المتوازيين لبيان نقطة التكافؤ.

3.2 معايرة حمض ضعيف بواسطة قاعدة قوية

Titration of a Weak Acid with a Strong Base

استخدم في هذه التجربة محلول حمض الأسيتيك بتركيز 10^{-2} mol/L ومحلول هيدروكسيد الصوديوم بتركيز 10^{-2} mol/L . اتبع الخطوات نفسها لمعايرة حمض قوي بواسطة قاعدة قوية. يوضح الجدول (9) قيم pH المقابلة لكل حجم من هيدروكسيد الصوديوم أضيف إلى حمض الأسيتيك.

$V_b \text{ (mL)}$	pH	$V_b \text{ (mL)}$	pH
0	3.4	19	6.1
2	3.9	19.5	6.4
4	4.2	20	8.3
6	4.4	20.5	10.3
8	4.6	21	10.7
10	4.8	21.5	10.9
12	5.0	22	11
14	5.2	24	11.3
16	5.4	26	11.5
18	5.75	28	11.6
18.5	5.9	30	11.7

جدول (9)

نتائج معايرة حمض الأسيتيك بهيدروكسيد الصوديوم

فقرة إثرائية

معلومات إضافية

طريقة المماسات المتوازية يُرسم أولاً مستقيمان T_1 و T_2 متوازيان ومماسان للمنحنى عند نقطتي الانعطاف. ثم يُرسم مستقيم عمودي على المستقيمين T_1 و T_2 . يُرسم من منتصف هذا المستقيم مستقيم آخر عمودي عليه T_3 . يعطي تقاطع المستقيم T_3 مع المنحنى نقطة التكافؤ E.

– تحديد الأجزاء الثلاثة التي يتكوّن منها المنحنى مع تطبيق طريقة المماسات المتوازية لتحديد نقطة التكافؤ .
أعد الخطوات السابقة مع المجموعات الأخرى على أن يتم اختيار حمض ضعيف وقاعدة قوية أو قاعدة ضعيفة وحمض قوي .
أضف إلى الخطوات السابقة بعد رسم منحنى المعايرة ما يلي:
تحديد الأجزاء الأربعة للمنحنى .

إجابات مراجعة أسئلة الدرس 1-2

1. حمض النيتريك هو حمض قوي أحادي البروتون وهيدروكسيد الصوديوم هو قاعدة قوية أحادية الهيدروكسيد .

$$n_{\text{NaOH}} = n_{\text{HNO}_3} = 0.2 \text{ mol}$$

$$C_a \times V_a = C_b \times V_b \quad 2.$$

$$V_a = \frac{C_b \times V_b}{C_a} = \frac{1 \times (25 \times 10^{-3})}{0.45}$$

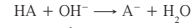
$$V_a = 0.055 \text{ L} = 55 \text{ mL}$$

3.

$$C_a = \frac{C_b \times V_b}{V_a} = \frac{0.15 \times (38.5 \times 10^{-3})}{(15 \times 10^{-3})}$$

$$C_a = 0.385 \text{ mol/L}$$

تختصر المعادلة التالية التفاعل بين حمض ضعيف وقاعدة قوية:



يمكن كتابة المعادلة الرياضية التالية عند التكافؤ:

$$n_a = n_{\text{OH}^-} = n_b$$

$$n_b = C_b \times V_b \text{ و } n_a = C_a \times V_a$$

$$\text{عند التكافؤ: } C_a \times V_a = C_b \times V_b$$

ملاحظة: يمكن استخدام هذه المعادلة لتحديد تركيز حمض ضعيف بمعلوم تركيز القاعدة القوية .

ويمكن تعيين إحداثيات نقطة التكافؤ على المنحنى بتطبيق طريقة

المماسات المتوازية . نجد في هذه التجربة أن إحداثيات نقطة التكافؤ E

هي: $(V_b = 20 \text{ mL} ; \text{pH}_E = 8.3)$.

4.2 معايرة قاعدة ضعيفة بواسطة حمض قوي

Titration of a Weak Base with a Strong Acid

مثال على معايرة قاعدة ضعيفة بواسطة حمض قوي هو معايرة محلول مائي

للأمونيا تركيزه 10^{-2} M بواسطة محلول مائي لحمض الهيدروكلوريك

تركيزه 10^{-2} M . في خلال التجربة ، يوضّح الجدول (10) قيم V_a

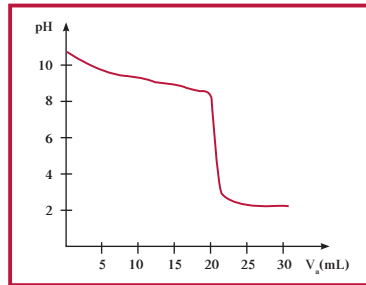
المضاف والأس الهيدروجيني pH الذي يُقاس عند إضافة كل حجم 2 mL من الحمض .

يُرسَم منحنى المعايرة (شكل 12) ويتم تحديد نقطة التكافؤ.

$V_a \text{ (mL)}$	pH	$V_a \text{ (mL)}$	pH
0	10.6	19	8.4
2	10	19.5	8.05
4	9.7	20	5.6
6	9.5	20.5	3.15
8	9.35	21	2.9
10	9.2	22	2.6
12	9	24	2.4
14	8.85	26	2.3
16	87	28	2.28
18	8.5	30	2.25

جدول (10)

نتائج معايرة قاعدة ضعيفة بواسطة حمض قوي .

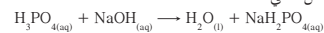


شكل (12)

منحنى معايرة قاعدة ضعيفة مع حمض قوي .

مراجعة الدرس 1-2

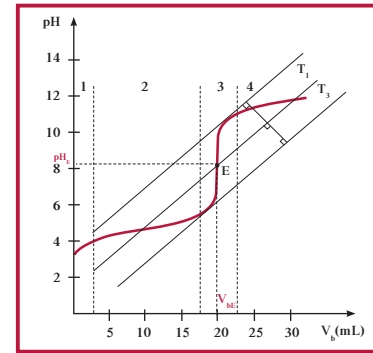
- احسب عدد مولات هيدروكسيد الصوديوم التي تحتاج إليها لمعادلة 0.2 mol من حمض النيتريك .
- احسب حجم محلول حمض الهيدروكلوريك بتركيز 0.45 M الذي يجب أن يُضاف إلى 25 mL من محلول هيدروكسيد البوتاسيوم بتركيز 1.00 M لإنتاج محلول متعادل .
- أضيف 15 mL من محلول حمض الفوسفوريك إلى 38.5 mL من محلول هيدروكسيد الصوديوم بتركيز 0.15 M . احسب التركيز المولاري لمحلول حمض الفوسفوريك إذا حدث طبقاً للتفاعل التالي:



Titration Curve

(أ) منحنى المعايرة

باستخدام النتائج (قيم pH و V_b) الموضّحة في الجدول (9) في خلال التجربة ، يمكنك رسم خط المنحنى (شكل 11) .



شكل (11)

رسم بياني يوضح منحنى معايرة حمض ضعيف بواسطة قاعدة قوية .

- يوضّح الرسم البياني أن المنحنى تصاعدي ويتكوّن من أربعة أقسام:
- القسم الأول 1 ($V_b < 3 \text{ mL}$) ، يوضّح أن الأس الهيدروجيني pH يتزايد بشكل ملحوظ ، ويكون تقعر المنحنى نحو الأعلى .
 - القسم الثاني 2 ($3 \text{ mL} < V_b < 18 \text{ mL}$) ، يوضّح أن الأس الهيدروجيني pH يتزايد بشكل بطيء .
 - القسم الثالث 3 ($18 \text{ mL} < V_b < 22 \text{ mL}$) ، يوضّح تزايد الأس الهيدروجيني pH بشكل مفاجئ ، ويكون شكل المنحنى عمودياً تقريباً (يقطر بشكل فجائي) ، ويغيّر المنحنى تقعره مرّة ثانية عند النقطة ($V_b = 20 \text{ mL} ; \text{pH}_E = 8.3$) .
 - القسم الرابع 4 ($V_b > 22 \text{ mL}$) ، يوضّح تزايد الأس الهيدروجيني pH بشكل بطيء من جديد ، وبشكل المنحنى في هذا الجزء خطاً مقارباً .

Equivalence Point

(ب) نقطة التكافؤ

يُعتبر التفاعل بين الحمض الضعيف والقاعدة القوية تائماً ، لذلك يمكن تحديد نقطة التكافؤ على أنها النقطة التي يتساوى فيها عدد مولات القاعدة المضافة (قاعدة أحادية الهيدروكسيد) مع عدد مولات الحمض الموجود أساساً في الكأس في خلال المعايرة (حمض أحادي البروتون) .

مراجعة الوحدة الرابعة

الملخص

كلّف الطّالِب بتلخيص المفاهيم الأساسية التي جاءت في الوحدة بأسلوبهم الخاصّ. يمكن تلخيصها عن طريق القيام بمناقشة عامّة بحيث يستطيع الطّالِب تدوين ملاحظاتهم والتعاون على تأليف ملخّص واحد يمكن مقارنته بعد ذلك بالملخّص المكتوب في كتاب الطالب صفحة 52.

إضافة

كلّف الطّالِب بإجراء بحث حول الغرض من استخدام المحاليل المنظّمة في الحياة اليومية.

مراجعة الوحدة الرابعة

المفاهيم

Acidic Salts	أملاح حمضية	Salts	الأملاح
Soluble Salts	الأملاح القابلة للذوبان	Insoluble Salts	الأملاح غير القابلة للذوبان
Neutral Salts	أملاح متعادلة	Basic Salts	أملاح قاعدية
Neutralization Reaction	تفاعل التعادل	Common Ion Effect	تأثير الأيون المشترك
Solubility Product Constant	ثابت حاصل الإذابة	Hydrolysis	التميو
Unsaturated Solution	محلول غير مشبع	Solubility	الذوبانية
Neutral Solution	محلول متعادل	Supersaturated Solution	محلول فوق مشبع
Buffer Solution	محلول منظم	Saturated Solution	محلول مشبع
Basic Buffer Solution	المحلول المنظم القاعدي	Acidic Buffer Solution	المحلول المنظم الحمضي
Equivalence Point	نقطة التكافؤ	Titration	معايرة

الأمعار الرئيسة للوحدة

(1-1) مفهوم الملح وأنواع الأملاح

- الملح هو مركّب من أيون مصدره حمض ومن كاتيون مصدره قاعدة.
- تنقسم الأملاح إلى قاعدية، حمضية ومتعادلة نتيجة التفاعل الذي تنتج عنه.
- تسمى الأملاح بحسب تركيبها الكيميائي، أملاح غير هيدروجينية وأملاح هيدروجينية.
- تشكل تسمية الشقوق الحمضية الأساس في تسمية الأملاح.
- الشقوق الحمضية للأحماض غير الأكسجينية.
- الشقوق الحمضية للأحماض الأكسجينية.

(2-1) تميؤ الأملاح

- تميؤ الملح هو تفاعل بين أيونات الملح وأيونات الماء لتكوين حمض وقاعدة أحدهما أو كلاهما ضعيف.
- تختلف طبيعة المحاليل الناتجة عن تميؤ الأملاح تبعاً لنوعها (متعادل، حمضي، قاعدي).
- ينتج محلول متعادل عن تميؤ ملح متعادل ناتج عن تفاعل حمض قوي مع قاعدة قوية ($\text{pH} = 7$).
- ينتج محلول قاعدي عن تميؤ ملح قاعدي ناتج عن تفاعل حمض ضعيف مع قاعدة قوية ($\text{pH} > 7$).
- ينتج محلول حمضي عن تميؤ ملح حمضي ناتج عن تفاعل حمض قوي مع قاعدة ضعيفة ($\text{pH} < 7$).
- يُصنّف المحلول الناتج عن تميؤ ملح ناتج عن تفاعل حمض ضعيف مع قاعدة ضعيفة تبعاً لثابت تأين الحمض والقاعدة (K_a, K_b).

52

(3-1) حاصل الإذابة

- الأملاح القابلة للذوبان هي أملاح تذوب كمّية كبيرة منها في الماء قبل أن يتكوّن راسب.
- تدل الذوبانية على كمية المذاب اللازمة لإنتاج محلول مشبع من كمية محددة من المذيب عند درجة حرارة معيّنة.
- المحلول المشبع هو المحلول الذي يحتوي على أكبر كمّية ممكنة من المذاب وليس له القدرة على إذابة أيّ كمّية إضافية من المذاب فيه عند درجة حرارة معيّنة، بحيث ترسّب أيّ كمّية إضافية من المذاب ويكون في حالة اتزان ديناميكي.
- المحلول فوق المشبع هو المحلول الذي يحتوي على كمّية من المادّة المذابة أكبر مما في المحلول المشبع عند الظروف ذاتها.
- المحلول غير المشبع هو المحلول الذي يحتوي على كمّية من المادّة المذابة أقلّ مما في المحلول المشبع عند الظروف ذاتها وله القدرة على إذابة كمّيات إضافية من المذاب عند إضافتها إليه من دون ترسيب.
- ويمكن تعريف ثابت حاصل الإذابة K_{sp} ، لأيّ مركّب أيوني شحيح الذوبان، بأنّه حاصل ضرب تركيزات الأيونات التي تتواجد في حالة اتزان في محلولها المشبع، كلّ مرفوع إلى الأس الذي يمثل عدد مولات الأيونات الموجودة في معادلة التفكك الموزونة عند درجة حرارة معيّنة.
- تأثير الأيون المشترك عبارة عن تقليل تفكك الكتروليت ضعيف نتيجة إضافة أحد أيوناته لمحلوله المشبع المتزن.

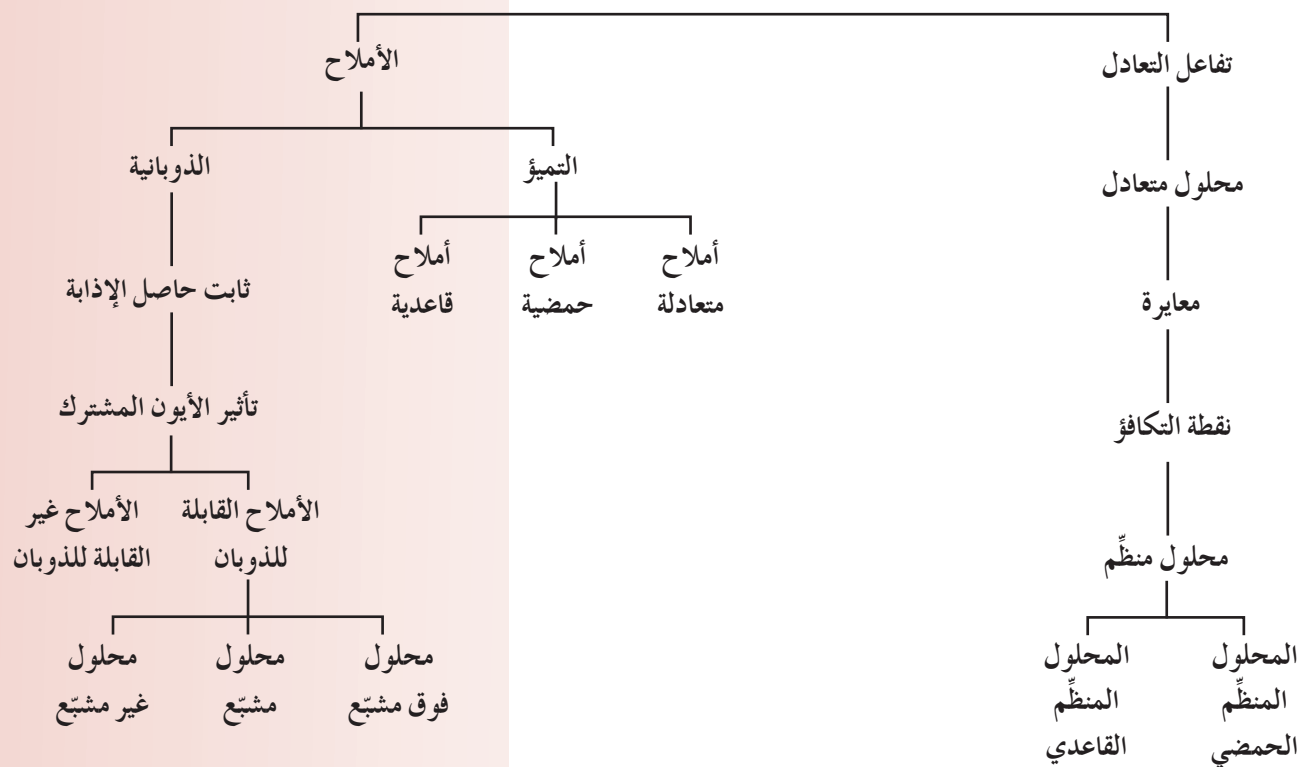
(4-1) المحاليل المنظّمة

- المحاليل المنظّمة هي المحاليل التي تقاوم التغير في قيمة الأس الهيدروجيني pH للوسط عند إضافة كميات قليلة من حمض (كاتيونات H_3O^+) أو قاعدة (أنيونات OH^-) إليه.
- يتمّ تحضير المحاليل المنظّمة الحمضية بمزج محلولين أحدهما لحمض ضعيف ومحلول ملح الصوديومي أو البوتاسيومي. وبمزج محلولين أحدهما لحمض ضعيف وقاعدة قوية شرط أن يكون عدد مولات الحمض الضعيف أكثر من عدد مولات القاعدة القوية.
- يتمّ تحضير المحاليل المنظّمة القاعدية بمزج محلول من قاعدة ضعيفة ومحلول ملحي يحتوي على الكلوريد أو النترات، وبمزج محلول من قاعدة ضعيفة وحمض قوي شرط أن يكون عدد مولات القاعدة الضعيفة أكبر من عدد مولات الحمض القوي.

(1-2) معايرة الأحماض والقواعد

- عند إضافة محلول حمض قوي إلى محلول قاعدة قوية، يتمّ التفاعل بين كاتيونات الهيدرونيوم H_3O^+ (الناتجة عن الحمض) وأنيونات الهيدروكسيد OH^- (الناتجة عن القاعدة).
- يكون التفاعل بين الحمض القوي والقاعدة القوية تاماً عند إضافة كمّيات متكافئة تبعاً لمبدأ اتّحادية العناصر من الحمض والقاعدة. يُسمّى هذا التفاعل تفاعل التعادل وينتج عنه محلول مائي متعادل ($\text{pH} = 7$).
- المعايرة عملية كيميائية مخبرية يتم من خلالها معرفة حجم المحلول القياسي (حمض أو قاعدة) اللازم ليتفاعل تماماً مع المادّة (حمض أو قاعدة) التي يراد معرفة تركيزها.

53

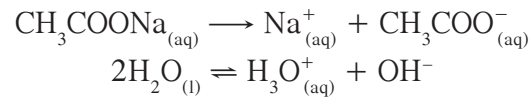


- تهدف المعايرة معرفة تركيز حمض أم قاعدة معلومة الحجم بواسطة قاعدة أو حمض معلوم التركيز والحجم.
 - تكون نقطة التكافؤ عندما يتساوى عدد مولات كاتيونات هيدرونيوم الحمض مع عدد مولات أنيونات هيدروكسيد القاعدة $(\frac{C_a \times V_a}{a} = \frac{C_b \times V_b}{b})$.
 - يمكن تحديد نقطة التكافؤ بواسطة رسم بياني من خلال طريقة المماسات المتوازية أو باستعمال دليل تعادل ملون.
- خريطة مفاهيم الوحدة**
- استخدم المفاهيم الموضحة في الشكل التالي لرسم خريطة تنظم الأفكار الرئيسة التي جاءت في الوحدة:

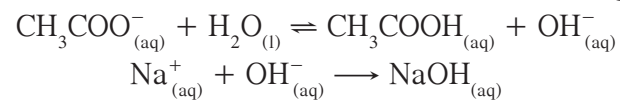


تحقق من فهمك

1. كبريتيد البوتاسيوم، كلوريد الباريوم، نترات الحديد (II)، كلوريد الحديد (III)
2. يتأين إيثانوات الصوديوم CH_3COONa في الماء بشكل كامل:

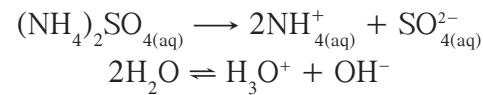


تتحد أيونات الإيثانوات مع كاتيونات الهيدرونيوم وينتج حمض الإيثانويك، في حين أن أيونات الهيدروكسيد تتحد مع كاتيونات الصوديوم لتكوّن هيدروكسيد الصوديوم:

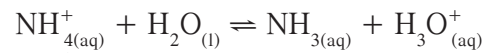


يؤدي ذلك إلى زيادة أيونات الهيدروكسيد ويكون المحلول بالتالي قاعديًا.

يتأين كبريتات الأمونيوم $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ في الماء بشكل كامل:

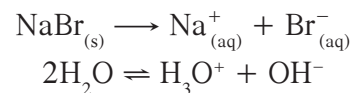


لا يتميّز أيون الكبريتات، بينما يتميّز كاتيون الأمونيوم بشكل غير كامل:

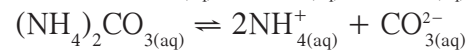
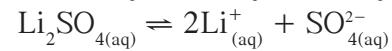
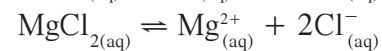
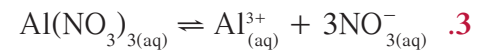


يؤدي ذلك إلى زيادة كاتيونات الهيدرونيوم ويكون المحلول بالتالي حمضيًا.

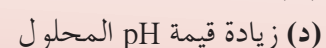
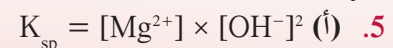
يتأين كلوريد الصوديوم NaBr في الماء بشكل كامل من دون أن تقوم أيوناته بأيّ تفاعل تميؤ:



تبقى الأيونات $(\text{Na}^+, \text{Br}^-, \text{H}^+, \text{OH}^-)$ من دون اتحاد لأنّ عندما يتمّ اتحاد بين هذه الأيونات، سرعان ما تنحلّ مرةً أخرى و كليًا في المحلول. وتكون النتيجة أنّ تركيز كلّ من كاتيون الهيدرونيوم وأنيون الهيدروكسيد يبقى ثابتًا وهو 10^{-7} mol/L أي أنّ $\text{pH} = 7$ لكلّ منهما، فيكون المحلول متعادلًا.



4. NaNO_3 : حمض النيتريك وهيدروكسيد الصوديوم CH_3COONa : حمض الإيثانويك وهيدروكسيد الصوديوم KBr : حمض الهيدروبروميك وهيدروكسيد البوتاسيوم NH_4Cl : حمض الهيدروكلوريك وهيدروكسيد الأمونيوم



تحقق من فهمك

1. سمّ الأملاح التالية: FeCl_3 , $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$, BaCl_2 , K_2S
2. استعن بالمعادلات لتفسير السلوك الحمضي أو القاعدي أو المتعادل لكلّ من محاليل الأملاح التالية:
3. اكتب معادلة موازنة لتفكك الأملاح التالية في الماء: NaBr , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, CH_3COONa
4. ما الحمض والقاعدة اللذان يكونان كلّاً من الأملاح التالية عند تفاعلها؟ $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$, Li_2SO_4 , MgCl_2 , $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$
5. اختر الإجابة الصحيحة:
- (أ) ثابت حاصل الإذابة لهيدروكسيد المغنيسيوم $\text{Mg}(\text{OH})_2$ هو:
 - i. $K_{sp} = [\text{Mg}^{2+}] \times [\text{OH}^-]^2$
 - ii. $K_{sp} = [\text{Mg}^{2+}] \times [\text{OH}^-]$
 - iii. $K_{sp} = [\text{Mg}^{2+}]^2 \times [\text{OH}^-]$
 - iv. $K_{sp} = [\text{Mg}^{2+}]^2 \times [\text{OH}^-]^2$
- (ب) عند درجة الحرارة 25°C ، يكون $[\text{Ag}^+]$ في المحلول المشبع لكلوريد الفضة يساوي $1.26 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$. فتكون قيمة ثابت حاصل الإذابة K_{sp} تساوي:
 - i. 1.26×10^{-5}
 - ii. 8×10^{-15}
 - iii. 1.58×10^{-10}
 - iv. 1.58×10^{-25}
- (ج) الأيون المشترك في المحلول المكوّن من HCOOH والملح HCOONa هو:
 - i. HCOO^+
 - ii. HCOO^-
 - iii. H^+
 - iv. Na^+
- (د) إضافة ملح ميثانوات الصوديوم HCOONa إلى محلول حمض الميثانويك HCOOH تؤدي إلى:
 - i. خفض قيمة K_a للحمض
 - ii. زيادة تركيز H_3O^+
 - iii. خفض قيمة pH المحلول
 - iv. زيادة قيمة pH المحلول
6. بيّن ما يحدث لقيمة pH (تقلّ، تبقى ثابتة) في الحالات التالية، ثمّ فسّر إجابتك.
 - (أ) عند إضافة محلول NaNO_3 إلى محلول HNO_3
 - (ب) عند إضافة محلول NH_4Cl إلى محلول NH_3

اختبر مهارتك

1. نضيف 100 mL من كلوريد الكالسيوم CaCl_2 تركيزه 0.02 mol/L إلى 100 mL من كبريتات الصوديوم Na_2SO_4 تركيزه 4×10^{-4} mol/L. هل هناك تكوين راسب؟
2. هل يتكون راسب إذا:
 - (أ) أضفنا 100 mL من محلول نترات الفضة AgNO_3 تركيزه 6×10^{-8} mol/L إلى 200 mL من محلول كلوريد الصوديوم تركيزه 9×10^{-3} mol/L.
 - (ب) أضفنا 250 mL من محلول نترات الرصاص $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ تركيزه 1.6×10^{-3} mol/L إلى 750 mL من محلول كبريتات الصوديوم Na_2SO_4 تركيزه 2.4×10^{-3} mol/L.
3. وضح كيف يقاوم المحلول المنظم المكون من $(\text{NH}_3/\text{NH}_4\text{Cl})$ التغير في قيمة pH عندما تُضاف إليه كمية من قاعدة قوية مثل NaOH.
4. فسر ما يلي تفسيرًا علميًا:
 - (أ) تزداد قيمة pH عند إضافة ملح أسيتات الصوديوم CH_3COONa إلى محلول حمض الأسيتيك CH_3COOH .
 - (ب) تتغير قيمة pH بدرجة قليلة لمحلول حمض الأسيتيك CH_3COOH وأسيتات الصوديوم CH_3COONa عندما يُضاف إليه القليل من حمض قوي.
5. تمت معايرة 20 mL من حمض ضعيف HA بقاعدة قوية من هيدروكسيد الصوديوم بتركيز 0.1 mol/L في خلال نشاط عملي. وقد تم تسجيل تغير قيمة الأس الهيدروجيني في الجدول التالي:

حجم القاعدة المضافة V_b (mL)	الأس الهيدروجيني pH
0	2.65
2	3.2
4	3.6
6	3.8
8	4
10	4.2
12	4.3
14	4.45
16	4.7
18	5.05
19	5.3
20	6.45
20.4	9.1
20.6	10.35
21	11
23	11.45
25	11.6

(أ) ارسم منحنى المعايرة الذي يوضح تغيرات الأس الهيدروجيني بدالة حجم القاعدة المضافة.
(ب) حدد نقطة التكافؤ مستعينًا بالرسم البياني واحسب التركيز الابتدائي للحمض.

أسئلة مراجعة الوحدة 4

5. (أ) باستخدام النتائج (قيم V_b و pH) الموضحة في الجدول،

يمكن رسم خط المنحنى $\text{pH} = f(V_b)$

(ب) يمكن تعيين إحداثيات نقطة التكافؤ على المنحنى بتطبيق طريقة المماسات المتوازية. نجد في هذا النشاط أن إحداثيات

نقطة التكافؤ هي $\text{pH} = 8$ ، $E(V_b) = 20.3 \text{ mL}$

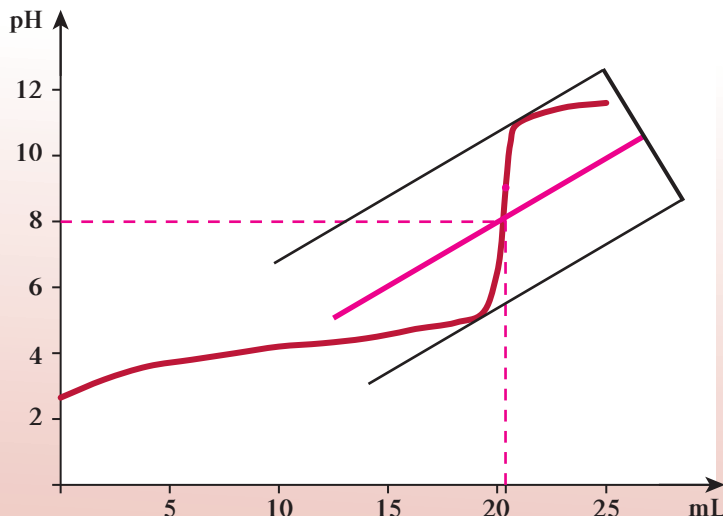
بما أن الحمض أحادي البروتون HA والقاعدة أحادية الهيدروكسيد، يمكن تطبيق المعادلة التالية عند نقطة التكافؤ.

$$n_a = n_b$$

$$C_a V_a = C_b V_b$$

$$C_a = \frac{C_b V_b}{V_a}$$

$$C_a = \frac{0.1 \times 0.0203}{0.020} = 0.1 \text{ mol/L}$$



6. (أ) تبقى ثابتة.

(ب) تقل.

اختبر مهارتك

$$n_{\text{CaCl}_2} = n_{\text{Ca}^{2+}} = C \times V = 0.02 \times 0.1 = 2 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$n_{\text{CaSO}_4} = n_{\text{SO}_4^{2-}} = C \times V = 4 \times 10^{-4} \times 0.1 = 4 \times 10^{-5} \text{ mol}$$

التركيزات الجديدة:

$$C_{\text{Ca}^{2+}} = 2 \times 10^{-3} / 0.2 = 0.01 \text{ mol/L}$$

$$C_{\text{SO}_4^{2-}} = 4 \times 10^{-5} / 0.2 = 2 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$$

$$[\text{Ca}^{2+}] \times [\text{SO}_4^{2-}] = 0.01 \times 2 \times 10^{-4} = 2 \times 10^{-6}$$

$$[\text{Ca}^{2+}] \times [\text{SO}_4^{2-}] < K_{sp}$$

لا يتكون أي راسب.

$$n_{\text{AgCl}} = n_{\text{Ag}^+} = 6 \times 10^{-4} \times 0.1 = 6 \times 10^{-5} \text{ mol (أ)}$$

$$n_{\text{NaCl}} = n_{\text{Cl}^-} = 9 \times 10^{-3} \times 0.2 = 1.8 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$C_{\text{Ag}^+} = n/V = 6 \times 10^{-5} / 0.3 = 2 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$$

$$C_{\text{Cl}^-} = n/V = 1.8 \times 10^{-3} / 0.3 = 6 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$$

$$[\text{Ag}^+] \times [\text{Cl}^-] = 2 \times 10^{-4} \times 6 \times 10^{-3} = 1.2 \times 10^{-6}$$

$$[\text{Ag}^+] \times [\text{Cl}^-] > K_{sp}$$

تكوين راسب كلوريد الفضة

$$n_{\text{Pb}(\text{NO}_3)_2} = n_{\text{Pb}^{2+}} = 1.6 \times 10^{-3} \times 0.25 = 4 \times 10^{-4} \text{ mol (ب)}$$

$$n_{\text{Na}_2\text{SO}_4} = n_{\text{SO}_4^{2-}} = 2.4 \times 10^{-3} \times 0.75 = 1.8 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$C_{\text{Pb}^{2+}} = n/V = 4 \times 10^{-4} / 1 = 4 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$$

$$C_{\text{SO}_4^{2-}} = n/V = 1.8 \times 10^{-3} / 1 = 1.8 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$$

$$[\text{Pb}^{2+}] \times [\text{SO}_4^{2-}] = 4 \times 10^{-4} \times 1.8 \times 10^{-3} = 7.2 \times 10^{-7}$$

$$[\text{Pb}^{2+}] \times [\text{SO}_4^{2-}] > K_{sp}$$

تكوين راسب كبريتات الرصاص

3. عند إضافة كمية قليلة من قاعدة قوية إلى المحلول،

فإنها تنتج OH^- ، ما يدفع التفاعل بالاتجاه العكسي.

وبذلك، يقل تركيز NH_4^+ ، ويزداد تركيز القاعدة NH_3

في المحلول، وتتغير نسبة الحمض إلى القاعدة بشكل

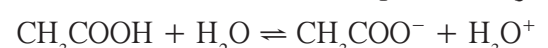
طفيف من دون أن يكون لذلك تأثير ملموس على

تركيز OH^- . بالتالي، لا تتأثر قيمة pH للمحلول.

4. (أ) عند إضافة CH_3COONa ، يزاح موضع الاتزان وفقًا

لمبدأ لو شاتلييه إلى اليسار، فيقل تركيز H_3O^+ وبالتالي

تزداد قيمة pH.



(ب) تتغير قيمة الأس الهيدروجيني بدرجة قليلة

لمحلول حمض أسيتيك الصوديوم عندما تُضاف إليه

كمية قليلة من حمض قوي.

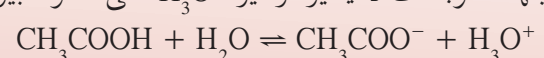
عند إضافة كمية قليلة من حمض قوي مثل HCl،

يتفاعل هذا الحمض مع القاعدة المرافقة CH_3COO^-

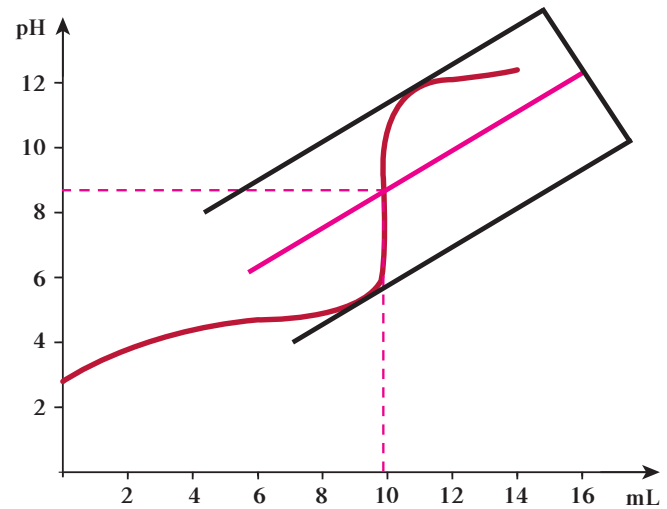
لتكوين الحمض CH_3COOH ، فيقل تركيز القاعدة

ويزداد تركيز الحمض، ما يسبب تغيرًا طفيفًا في النسبة

بينهما، وبذلك لا يتغير تركيز H_3O^+ على نحو كبير.



6. (أ)



(ب) يمكن تعيين إحداثيات نقطة التكافؤ على المنحنى بتطبيق طريقة المماسات المتوازية.
 $E(V_b = 9.8 \text{ mL} ; \text{pH} = 8.4)$
 (ج) يمكن تطبيق المعادلة التالية:

$$n_a = n_b$$

$$C_a \times V_a = C_b \times V_b$$

$$C_a = \frac{C_b \times V_b}{V_a} = \frac{1 \times 10^{-1} \times 9.8 \times 10^{-3}}{10 \times 10^{-3}}$$

$$C_a = 0.098 \approx 0.1 \text{ mol/L}$$

(د) حساب عدد مولات الحمض في 200 mL المحلول.

$$n = C_a \times V = 1 \times 10^{-1} \times 200 \times 10^{-3}$$

$$n = 2 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

حساب الكتلة بتطبيق:

$$n = \frac{m_a}{\text{M.wt.}}$$

$$m_a = n \times \text{M.wt.}$$

$$\text{M.wt.} = 7 \times 12 + 6 + 2 \times 16 = 122 \text{ g.mol}^{-1}$$

$$m_a = 2 \times 10^{-2} \times 122 = 2.44 \text{ g}$$

(هـ) يمكن استخدام الفينولفثالين لأن نقطة التكافؤ تقع في مدى تغير الأس الهيدروجيني لهذا الكاشف أي (8.3 – 10.0).

مشاريع الوحدة

1. سوف تتنوع الإجابات.
2. سوف تتنوع الإجابات.

6. يُستخدم حمض البنزويك وبنزوات الصوديوم في صناعة المشروبات الغازية المختلفة وفي صناعة العصائر. وهي مواد بلورية صلبة بيضاء اللون تُستخدم كمادة حافظة ويُشار إلى وجودها بالرقمين E - 211 و E - 120. تم تحضير محلول من حمض البنزويك وذلك بإذابة كتلة m من حمض البنزويك ($\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$) في 200 mL من الماء المقطر. تمت معايرة 100 mL من المحلول (S_0) بواسطة محلول هيدروكسيد الصوديوم NaOH بتركيز $C_a = 1 \times 10^{-1} \text{ mol} \times \text{L}^{-1}$ ، وتم قياس الأس الهيدروجيني pH خلال المعايرة وذلك بعد إضافة أحجام مختلفة من القاعدة. يوضح الجدول التالي قيم الأس الهيدروجيني التي تم قياسها خلال المعايرة. (أ) استخدم الجدول لرسم منحنى المعايرة الذي يوضح تغيرات الأس الهيدروجيني بدالة حجم القاعدة المضافة.

V_a (mL)	0	1	2	3	5	6	8	9	9.4	9.8	9.9	10	10.2	11	12	14
pH	2.7	3.3	3.7	4	4.4	4.6	5	5.4	5.6	5.8	6.4	9	10.8	11.8	12	12.3

- (ب) حدد نقطة التكافؤ مستعيناً بالرسم البياني.
 (ج) احسب التركيز الابتدائي C_b للمحلول.
 (د) احسب كتلة حمض البنزويك m التي أذنته في الماء المقطر لتحضير المحلول.
 (هـ) افترض أن هذه المعايرة تمت بواسطة دليل. أي من الأدلة التالية يمكن استخدامها، ولماذا؟

مدى الدليل	الدليل
3.1 – 4.4	الميثيل البرتقالي
6 – 7.6	البروموثايمول الأزرق
8.2 – 10	الفينولفثالين

معطى: $\text{M.wt.}(\text{O}) = 16 \text{ g.mol}^{-1}$ ، $\text{M.wt.}(\text{C}) = 12 \text{ g.mol}^{-1}$ ، $\text{M.wt.}(\text{H}) = 1 \text{ g.mol}^{-1}$.

مشاريع الوحدة

1. أعد جدولاً للأملاح الموجودة في التربة، واذكر في هذا الجدول أهمية الأملاح للتربة.
2. الكتابة في الكيمياء: تؤدي المحاليل المنظمة أدواراً ذات أهمية بالغة في صحة الأجسام الحية ونموها. اكتب تقريراً بحثياً عن المحاليل المنظمة وأهميتها، واعرض تقريرك على زملائك ثم أحضر معك بعض المنتجات المصنعة من المحاليل المنظمة.

مخطط الوحدة الخامسة: المشتقات الهيدروكربونية

الفصل	الدرس	الأهداف	عدد الحصص	معالم الوحدة
1 . المجموعات الوظيفية	1-1 المجموعات الوظيفية	- تعرف المجموعات الوظيفية من خلال أمثلة عديدة عليها. - تعريف تفاعلات الاستبدال والانتزاع والإضافة.	1	اكتشف بنفسك: العرف على الحمض الكربوكسيلي
	2-1 الهيدروكربونات الهالوجينية	وصف الهيدروكربونات الهالوجينية.	2	
	3-1 الكحولات والإثيرات	- تعرف المجموعة الوظيفية للكحولات والإثيرات. - تعرف تفاعلات الاستبدال والانتزاع والأكسدة وكتابة معادلاتها الكيميائية.	3	علاقة الكيمياء بالبيئة: الميثانول كوقود
	1-2 الألدهيدات والكيونات	- التمييز بين المجموعات الكربونيلية للألدهيدات والكيونات. - وصف تفاعلات المركبات التي تحتوي على مجموعة الكربونيل الوظيفية.	3	الكيمياء في خدمة المستهلك: رائحة المجموعات الوظيفية الزكية
2 . مجموعة الكربونيل والأمينات	2-2 الأحماض الكربوكسيلية والأمينات	- وصف تفاعلات المركبات التي تحتوي على مجموعة الكربوكسيل. - تمييز المجموعة الوظيفية واستنتاج كيفية تكوين الإستر. - وصف تفاعلات المركبات التي تحتوي على مجموعة الأمين.	3	
			2	
حل أسئلة مراجعة الوحدة				
إجمالي عدد الحصص				14

المشتقات الهيدروكربونية

مكونات الوحدة

الفصل الأول: المجموعات الوظيفية

الدرس 1-1: المجموعات الوظيفية

الدرس 1-2: الهيدروكربونات الهالوجينية

الدرس 1-3: الكحولات والإثيرات

الفصل الثاني: مجموعة الكربونيل والأمينات

الدرس 1-2: الألدهيدات والكتونات

الدرس 2-2: الأحماض الكربوكسيلية والأمينات

مقدمة

تهدف دراسة هذه الوحدة إلى تعرّف المجموعة الوظيفية وتأثيرها على المركّبات العضوية ودورها في التفاعلات العضوية ونشاطها الكيميائي. سوف يناقش الطلاب في هذه الوحدة بعض المجموعات الوظيفية، وسوف يتعرّفون أنّ وجود المجموعة الوظيفية في جزيء ما يحدّد الخواصّ التالية: نوع الترابط وشكل الجزيء والخواصّ الفيزيائية والنشاط الكيميائي والتسمية.

تتضمّن هذه الوحدة فصلين هما:

المجموعات الوظيفية

مجموعة الكربونيل والأمينات

في الفصل الأوّل، سوف يتعرّف الطلاب المجموعات الوظيفية بشكل عامّ، وسوف يناقشون المركّبات العضوية التي تحتوي على المجموعة الوظيفية $C - Z$ (حيث إنّ Z تمثّل ذرّة أو مجموعة ذرّات متّصلة برابطة سيجما σ إلى ذرّة كربون من السلسلة الكربونية)، مثل الهيدروكربونات الهالوجينية والكحولات والإثيرات والأمينات.

وفي هذا الفصل أيضاً، سوف يدرس الطلاب تعريف هذه المركّبات وتصنيفها وتسميتها وخواصّها الفيزيائية، بالإضافة إلى تفاعلات الاستبدال للهيدروكربونات الهالوجينية. وسوف يناقش الطلاب تفاعلات الكحولات والإثيرات ويتعرّفون استخداماتها وطرق تحضيرها.

في الفصل الثاني، سيناقد الطلاب المركّبات العضوية التي تحتوي على المجموعة الوظيفية $C = O$ مثل الألدهيدات والكتونات والأحماض الكربوكسيلية. وسوف يتعرّفون خواصّ الألدهيدات والكتونات والأحماض الكربوكسيلية والأمينات واستخداماتها وتسميتها.

فصول الوحدة

الفصل الأوّل

المجموعات الوظيفية

الفصل الثاني

مجموعة الكربونيل والأمينات

أهداف الوحدة

يتعرّف المجموعات الوظيفية

وتفاعلات الاستبدال والإضافة

والانترعاج

يصف الهيدروكربونات

الهالوجينية

يتعرّف المجموعات الوظيفية

للكحولات والإثيرات

يتعرّف تفاعلات الاستبدال

والانترعاج والأكسدة ويكتب

معادلاتها الكيميائية

يصف تفاعلات المركّبات التي

تحتوي على مجموعة الكربونيل

الوظيفية

يميز بين مجموعة الكربونيل في

الألدهيدات والكتونات

يصف تفاعلات المركّبات

التي تحتوي على مجموعة

الكربوكسيل

يميز بين المجموعة الوظيفية

للإستر ويستنتج كيفية تكوين

الإستر

يصف تفاعلات مركّبات تحتوي

على مجموعة الأمين

معالج

اكتشف بنفسك: تعرّف على الحمض

الكربوكسيل

علاقة الكيمياء بالبيئة: الميثانول كوقود



قد نفكر أولاً في المركّبات الهيدروكربونية في الوقود الأحفوري عند مناقشة الكيمياء العضوية. إلّا أنّ البروتينات والكربوهيدرات والليبيدات الموجودة في أجسامنا مصدرها الموادّ الغذائية، بالإضافة إلى أشياء أخرى كالعقاقير والموادّ البلاستيكية المؤلّفة من مركّبات عضوية. هناك عدد هائل من المركّبات العضوية ولا يزال يُكتشف ويُصنّع الآلاف منها سنوياً. وقد كان لفرع الكيمياء الذي يدرسها تأثيراً عميقاً في الصحة في القرن العشرين من خلال صناعة مكملات غذائية.

اكتشف بنفسك

التعرّف على الحمض الكربوكسيل
لإجراء هذا النشاط يجب توفر ما يلي من الموادّ المطلوبة: أنابيب اختبار، مخبر مدرّج، ماسك أنابيب، ملعقة كيميائية معدنية، حمض كربوكسيل (خلّ أبيض)، وبكربونات الصوديوم $NaHCO_3$ (على شكل مسحوق أبيض).

1. قس 5 mL من الخلّ الأبيض.
2. أضف هذا الحجم إلى أنبوب اختبار.
3. بواسطة ملعقة كيميائية معدنية، أضف حوالي 1 g من مسحوق بيكربونات الصوديوم إلى الخلّ الموجود في الأنبوب.
4. ماذا تلاحظ؟ هل يمكن التعرّف إلى نواتج التفاعل؟ ماذا تستنتج؟

التعليق على الصورة الافتتاحية للوحدة

اطلب إلى الطلاب تفحص الصورة الافتتاحية للوحدة وتناقش معهم حول طبيعة المركّبات العضوية الموجودة في الفواكه والخضار والخبز التي توضّحها الصورة الافتتاحية، مبيّناً أهمّيتها في حياتنا اليومية.

[يحتوي الخبز على الكربوهيدرات التي تُعتبر وقود الجسم والتي

تمدّه بالطاقة، وتحتوي الفواكه على الجلوكوز والفيتامينات، والجبنه

على البروتينات، والزيت على الليبيدات، والحليب على اللاكتوز

والبروتينات.]

اكتشف بنفسك

اطلب إلى الطلاب تنفيذ هذا النشاط ضمن مجموعات والإجابة عن الأسئلة الموجودة في كتاب الطالب ص 58.

[فقايع من الغاز في المحلول داخل الأنبوب. يمكن تمرير الغاز المتصاعد

في محلول مائي من هيدروكسيد الكالسيوم. يحدث تفاعل كيميائي ينتج عنه

راسب أبيض من كربونات الكالسيوم $CaCO_3$ فيكون الغاز المتصاعد ثاني

أكسيد الكربون CO_2 .

إنّ المركّب العضوي الذي يتكوّن منه الخلّ له خواصّ حمضية. حيث يطلق

الحمض كاتيون الهيدرونيوم H_3O^+ ليتفاعل مع بيكربونات الصوديوم

لإنتاج غاز ثاني أكسيد الكربون.]

الأهداف المعرفية

أتوقع أن يكون الطالب قادرًا على أن:

1. يحدّد المفردات والعبارات الكيميائية التالية:

مجموعة وظيفية، هيدروكربون هالوجيني، كحول، مجموعة كربونيل، أستر، إيثر، حمض كربوكسيلي، تفاعل إضافة، تفاعل استبدال، تفاعل انتزاع، تفاعل أكسدة، ألدهيد، كيتون، أمين، أميد، مجموعة هيدروكسيل، كحول أليفاتي، كحول أروماتي، كحول أولي، كحول ثانوي، تفاعل الأستر، إيثر أليفاتي، إيثر أروماتي، إيثر مختلط، ألدهيد أليفاتي، كيتون أليفاتي، هاليد أولي، هاليد ثانوي، هاليد ثالثي، كحول أحادي، كحول ثنائي، كحول ثلاثي، هاليد الأريل، هاليد الألكيل، أمين أليفاتي، أمين أروماتي، أمين أولي، أمين ثانوي، أمين ثالثي.

2. يتعرّف المفاهيم العلمية التالية:

• تمييز التغيّر في خواصّ المركّبات مع تغيّر المجموعة الوظيفية.
• كتابة معادلات الاستبدال والإضافة والانتزاع والأكسدة.
• تصنيف الكحولات إلى أولي، ثانوي وثالثي وإلى أحادي، ثنائي وثلاثي والمقارنة بين خواصّها.
• المقارنة بين مجموعة الكربونيل في كلّ من الألدهيد، والكيتون، والحمض الكربوكسيلي والأستر مع طريقة الكشف على كلّ من هذه المركّبات.
• وصف تفاعلات المركّبات التي تحتوي على مجموعة الكربونيل الوظيفية.

• وصف تفاعلات المركّبات التي تحتوي على مجموعة الأمين.

3. يعطي أمثلة على التطبيقات العملية الحياتية لمفاهيم هذه الوحدة

ويفسّرهما مثل:

• استخدام المركّبات العضوية المخدّرة عند إجراء العمليات الجراحية.

• استخدام الكحولات في المختبرات والمراكز الطبية.

الأهداف المهارية

أتوقع أن يكتسب الطالب المهارات التالية:

• تصنيف المركّبات العضوية بالاستناد إلى المجموعة الوظيفية.
• إجراء التجارب الكيميائية المستخدمة في تفاعلات الكحولات الألدهيدات والكيتونات والأحماض الكربوكسيلية.
• كتابة الصيغ التركيبية.

الأهداف الانفعالية

أتوقع أن يكتسب الطالب:

1. الاتجاهات التالية:

• إجراء التجارب لتحديد المجموعة الوظيفية لمركّب عضوي.
• الدقّة في حلّ مشكلة أو ظاهرة ما بناءً على مفهومها العلمي.
• السلوك الذي يؤدّي إلى الحفاظ على البيئة.

2. الميول العلمية المناسبة التالية:

• وضع خرائط للمفاهيم توضّح مفاهيم الوحدة.
• تخصيص ملفّ يجمع فيه الطالب الأبحاث والدراسات التي قام بها في خلال دراسته هذه الوحدة.

3. أوجه التقدير التالية:

• تقدير الأهميّة الاقتصادية لبعض الموادّ، وتأثيراتها على صحّة العامّة والبيئة.
• تقدير الجهود المبذولة لترشيد استغلال الثروات الطبيعية.
• تقدير جهود العلماء عامّة وعلماء الكيمياء خاصّة، وإسهاماتهم.

دروس الفصل

الدرس الأول

المجموعات الوظيفية

الدرس الثاني

الهيدروكربونات الهالوجينية

الدرس الثالث

الكحولات والإثيرات

تُعتبر الفاكهة مصدرًا ممتازًا لكثير من الفيتامينات والمواد المغذية الأخرى. وقد أظهرت الأبحاث أن هذه المواد تساعد في مقاومة أمراض كثيرة منها السرطان. اقترح الباحثون إضافة الفواكه إلى وجبات الطعام اليومية لأنها تحتوي على مواد صحية كثيرة ولا يمكن استبدالها بالمكملات الغذائية التي تحتوي على بعض منها فقط. ونصح الباحثون أيضًا بتناول كوبين من العصير الطازج إذ يحتوي على المغذيات المطلوبة كلها.

يوضح الشكل أدناه مجموعة من الفواكه لكل منها رائحة خاصة ومميزة. ما هو مصدر الروائح المختلفة لهذه الفواكه؟



المجموعات الوظيفية

دروس الفصل

الدرس 1-1: المجموعات الوظيفية

الدرس 1-2: الهيدروكربونات الهالوجينية

الدرس 1-3: الكحولات والإثيرات

تعرّف الطلاب في الصف الحادي عشر الهيدروكربونات الأليفاتية والأروماتية بالإضافة إلى الهيدروكربونات ذات السلسلة المستقيمة والحلقية.

وتعرّف الطلاب أيضًا الألكانات التي تُعد أبسط أنواع الجزيئات العضوية والتي تشكّل العمود الفقري لعدّة جزيئات عضوية أكثر تعقيدًا، ومع ذلك فهي شبه خاملة كيميائيًا.

سوف يدرس الطلاب في هذا الفصل المجموعة الوظيفية وتأثيرها في الجزيء الذي يحتوي على هذه المجموعة. وسوف يتعرّفون أن المجموعات الوظيفية تحدّد أنواع التفاعلات الكيميائية والخواص الفيزيائية للجزيئات التي تحتوي عليها من خلال دراسة الهيدروكربونات الهالوجينية والكحولات والإثيرات.

وسوف يدرس الطلاب في هذا الفصل أيضًا تفاعلات الاستبدال للهيدروكربونات الهالوجينية. وسوف يتعرّفون الكحولات وتسميتها وتصنيفها واستخداماتها وتفاعلاتها الكيميائية من استبدال وانتزاع وأكسدة كما سيكتوبون معادلاتها الكيميائية.

استخدام الصورة الافتتاحية للفصل

دع الطلاب يتفحصون الصورة الافتتاحية للفصل ويقرؤون الفقرة المرافقة لها.

ناقش مع الطلاب مكوّنات الفواكه وعصائرها. أشر للطلاب إلى أن هناك عدّة مركّبات عضوية ومعادن تتكوّن منها الفواكه.

اطلب إلى الطلاب أن يذكروا بعض هذه المركّبات العضوية

الموجودة في الفواكه. [الفيتامينات والأحماض الأمينية والأحماض الدهنية

ومضادات الأكسدة والإنزيمات والكربوهيدرات (الجلوكوز والفركتوز)

ومئات المواد الأخرى.]

خلفية علمية

إثيرات الجليكول

يتمّ تحضير إثيرات الجليكول، بشكل أساسي، بتفاعل كحول مع أكسيد الإيثيلين أو مع البروبيلين، وهكذا نحصل على إثير أحادي الألكيل (ميثيل، إيثيل، بروبيل، بيوتيل ...)، الذي يعطي، بتفاعله مع حمض عضوي، أستر إثير (أستات إثير الجليكول). إن أهمّ خواصّ إثيرات الجليكول هي أن هذه المركّبات تذوب في الماء وفي الكثير من المذيبات العضوية، وهذا ما يجعلها من أهمّ المذيبات.

تمتاز هذه المركّبات بثباتها لمدّة طويلة، وتغيّر الباطني، ومواصفاتها التقنية العالية (كميّة قليلة كافية). وهذا ما يفسّر استخدامها على نطاق واسع (الحبر، الدهان، التعدين، موادّ التجميل، موادّ الصيانة...).

صفحات الطالب: من ص 60 إلى ص 62

عدد الحصص: 1

الأهداف:

- يتعرف المجموعات الوظيفية من خلال أمثلة عديدة عليها.
- يعرف تفاعلات الاستبدال والإضافة والانتزاع.

1. قديم وحفز

1.1 استخدام الصورة الافتتاحية للدرس

دع الطلاب يتفحصون الصورة الافتتاحية ويقرؤون الفقرة المرافقة لها. فسّر لهم أن الصورة توضح آلات موسيقية تعزف عليها فرقة موسيقية. أشر للطلاب إلى أن أعضاء الفرقة كلهم يرتدون زيًا موحدًا ويجلسون في صفوف مترابطة، كل في موقعه. وضح للطلاب أن الفرق بينهم يظهر أولاً حين يمسك كل عضو من أعضاء الفرقة الموسيقية آلة الموسيقية التي يعزف عليها. فسّر للطلاب أن هذا الفرق يبدأ مع إشارة قائد الفرقة وتكون البداية مع آلة واحدة ثم تتبعها الآلات الأخرى، فمجموعة بعد أخرى مساهمة بإصدار أصوات مميزة في المقطوعة الموسيقية. توجه إلى الطلاب بالسؤالين التاليين:

• لماذا يرتدي الموسيقيون زيًا موحدًا؟ [لأنهم ينتمون إلى فرقة

موسيقية واحدة.]

• ما أوجه الشبه بين الفرقة الموسيقية والكيمياء العضوية؟ [يمكن

مقارنة الفرقة الموسيقية بالهيدروكربونات. تحتوي الهيدروكربونات كلها على عنصري الكربون والهيدروجين مثل زي الموسيقيين الموحد. تختلف الهيدروكربونات بين مشبعة (C-C) وغير مشبعة (C=C، C≡C) مثل الموسيقيين الذين يعزفون على آلات مختلفة.

يمكن مقارنة الأصوات المميزة التي تصدر عن الآلات الموسيقية المختلفة بالمجموعة الوظيفية التي تعطي الهيدروكربونات خواص كيميائية وفيزيائية مختلفة.]

1.2 اختبار المعلومات السابقة لدى الطلاب

لتقييم المعلومات السابقة لدى الطلاب حول الهيدروكربونات المشبعة وغير المشبعة، اطلب إليهم إكمال الجدول التالي:

العائلة	نوع الرابطة	الصيغة العامة	أبسط مركب
			الاسم
الألكانات	رابطة تساهمية أحادية C - C	$C_n H_{2n+2} (n \geq 1)$	ميثان CH_4
الألكينات	رابطة تساهمية ثنائية C = C	$C_n H_{2n} (n \geq 2)$	إيثين $C_2 H_4$
الألكاينات	رابطة تساهمية ثلاثية C ≡ C	$C_n H_{2n-2} (n \geq 2)$	إيثاين $C_2 H_2$

المجموعات الوظيفية
Functional Groups

الدرس 1-1

الأهداف العامة

- يتعرف المجموعات الوظيفية من خلال أمثلة عديدة عليها.
- يعرف تفاعلات الاستبدال والإضافة والانتزاع.



شكل (13)
آلات موسيقية مختلفة

عند حضور حفل موسيقي تلاحظ أن الأعضاء تخفت وتتوقف الأحاديث المتبادلة بين الحاضرين بمجرد اعتلاء أعضاء الفرقة الموسيقية المسرح. تلاحظ أيضًا أن جميع أعضاء الفرقة الموسيقية يرتدون بذلات سوداء، وإذا نظرت إليهم من بعيد يبدو متماثلين ولا يظهر الفرق بينهم إلا عندما يمسك كل واحد منهم آلة الموسيقية (شكل 13). وعندما يعطي قائد الفرقة الموسيقية إشارة البدء، يُسمع أولاً صوت الناي ويتبعه صوت الآلات الموسيقية التورية ومن ثم الآلات الفرعية حتى يشارك الموسيقيون كلهم في عزف المقطوعة. وبطريقة مماثلة، تبدو الهيدروكربونات متشابهة إلى أن تُضاف إليها المجموعة الوظيفية.

2. عِلْمٌ وَطَبَقٌ

2.1 مناقشة

بعد إكمال الجدول في فقرة اختبار المعلومات السابقة لدى الطلاب ، وجه إليهم السؤال التالي:

• ما هي السمات المميزة للترابط في المركبات العضوية؟ [يحتوي

معظم المركبات العضوية على روابط تساهمية أحادية (أي روابط سيجما σ)

$C-C$ و $H-C$. تكون هذه الروابط قوية وغير قطبية ولا تنكسر بسهولة.]

أشر للطلاب إلى أن المركبات العضوية يمكن أن تتميز بالسمات التركيبية التالية:

• ذرات بديلة (ذرات تختلف عن الكربون والهيدروجين):

تشكل الهالوجينات والأكسجين والنيتروجين والفوسفور والكبريت أكثر الذرات البديلة شيوعاً.

• روابط تساهمية ثنائية وثلاثية (أي روابط باي π): تتكون روابط باي π الأكثر شيوعاً في $C=C$ و $O=C$.

أشر للطلاب إلى أن هذه السمات التركيبية التي تميز مركباً عضوياً عن مركب آخر والتي تحدد الصيغة التركيبية للمركب وخواصه الفيزيائية والكيميائية تسمى مجموعات وظيفية.

2.2 مناقشة

اطلب إلى الطلاب مراجعة الجدول (11) في كتاب الطالب ص 61. ذكّر الطلاب بأن الكيمياء العضوية تشمل المجموعات البديلة للجزيئات العضوية التي تحتوي على أكسجين ونيتروجين وكبريت أو فوسفور ويُطلق عليها اسم المجموعات الوظيفية لأنها أجزاء فعالة كيميائياً في الجزيء. وضح للطلاب أن المركبات العضوية تُصنّف وفقاً لمجموعاتها الوظيفية ، ويُرمز إلى أي سلسلة كربونية أو حلقة متصلة بمجموعة وظيفية بالرمز R.

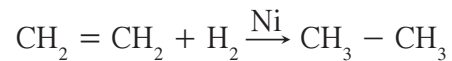
3.2 مناقشة

أشر للطلاب أن التفاعلات الكيميائية في المركبات العضوية تنقسم إلى ثلاثة أنواع: تفاعلات استبدال وانتزاع وإضافة. اعطِ مثلاً بالاستعانة بمعلومات الطلاب السابقة لتفاعلات الاستبدال والإضافة:

1 - تفاعلات الاستبدال:



2 - تفاعلات الإضافة:



1. المجموعات الوظيفية Functional Groups

تعرفت في الصف الحادي عشر السلاسل والحلقات الهيدروكربونية التي تُعتبر أساس كل مركب عضوي. تعرّفت أيضاً أن الهيدروكربونات المشتقة خاملة كيميائياً نسبياً في معظم التفاعلات الكيميائية العضوية. إذاً، كيف تفسّر وجود مئات الأنواع من التفاعلات الكيميائية العضوية؟ صُنّفت المركبات العضوية لتسهيل عملية دراستها. التصنيف الأهم في هذا الدرس هو الذي يعتمد على نوع المجموعة الوظيفية في جزيء المركب العضوي.

يُعتبر هذا التصنيف الأكثر أهمية وفائدة بسبب تشابه الخواص الفيزيائية والكيميائية للمركبات ذات المجموعة الوظيفية نفسها، كما يسهّل هذا التصنيف تسميتها (جدول 11).

تُعرف المجموعة الوظيفية Functional Group بأنها عبارة عن ذرة أو مجموعة ذرات تمثل الجزء النشط الذي تتركز إليه التفاعلات الكيميائية للمركب الذي يحتويها ، وتحدد الصيغة البنائية والخواص الكيميائية لعائلة من المركبات العضوية.

مثال		الصيغة العامة	المجموعة الوظيفية	
الصيغة	الاسم		الصيغة	الاسم
CH_3-Cl	كلوريد الميثيل	$R-X$	$-X$ (I, Br, Cl...)	ذرة الهالوجين
CH_3-OH	ميثانول	$R-OH$	$-OH$	هيدروكسيل
CH_3-O-CH_3	ثنائي ميثيل إيثر	$R-O-R'$	$-O-$	أو كسي
$H-C(=O)-H$	ميثانال (فورمالدهيد)	$R-C(=O)-H$	$-C(=O)-$	كربونيل (طرفية)
$CH_3-C(=O)-CH_3$	بروبانون	$R-C(=O)-R'$	$-C(=O)-$	كربونيل (غير طرفية)
$CH_3-C(=O)-OH$	حمض الإيثانويك (حمض الأسيتيك)	$R-C(=O)-OH$	$-C(=O)-OH$	كربوكسيل
$CH_3-C(=O)-O-CH_3$	إيثانوات الميثيل (أستات الميثيل)	$R-C(=O)-OR'$	$-C(=O)-OR$	الكوكسي
$CH_3-CH_2-NH_2$	إيثيل أمين	$R-NH_2$	$-NH_2$	أمين

جدول (11)
تصنيف المركبات العضوية بحسب المجموعة الوظيفية

2. قِيم وتوسّع

1.3 تقييم استيعاب الطلاب للدرس

اطلب إلى الطلاب إكمال الجدول التالي:

الصيغة العامة	المجموعة الوظيفية	المركب العضوي
$R-NH_2$	$-NH_2$	$CH_3-CH_2-NH_2$
$R-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-R'$	$-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-$	$CH_3-CH_2-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-CH_3$
$R-X$	$-X$	$CH_3-CH_2-CH_2-Br$
$R-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-OH$	$-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-OH$	$C_2H_5-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-OH$
$R-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-OR'$	$-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-OR'$	$CH_3-CH_2-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-O-CH_3$
$R-OH$	$-OH$	$CH_3-CH_2-CH_2-OH$
$R-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-H$	$-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-$	$CH_3-CH_2-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-H$
$R-O-R'$	$-O-$	$CH_3-CH_2-O-CH_3$

2.3 إعادة التعليم

أشر للطلاب إلى أن المجموعة الوظيفية تشكّل الجزء النشط الذي تتركز إليه التفاعلات الكيميائية للمركب الذي يحتويها وتحدد الصيغة البنائية والخواص الكيميائية لعائلة من المركبات العضوية. لذلك، يُعتبر التصنيف الذي يعتمد على المجموعة الوظيفية في جزئي المركب العضوي هو الأهم في هذه الوحدة. راجع مع الطلاب بعض المجموعات الوظيفية موضّحًا الاسم والصيغة وأعط بعض الأمثلة عليها. راجع مع الطلاب الجدول (11) في كتاب الطالب ص 61 وتأكد من أنّهم قد أصبحوا قادرين على تصنيف المركبات العضوية تبعًا للمجموعة الوظيفية.

إجابات أسئلة الدرس 1-1

1. المجموعة الوظيفية هي ذرة أو مجموعة ذرية تمثل الجزء النشط الذي تتركز إليه التفاعلات الكيميائية للمركب الذي يحتويها وتحدد الصيغة البنائية والخواص الكيميائية لعائلة من المركبات العضوية.

2. (أ) هيدروكسيل $-OH$

(ب) أمين $-NH_2$

(ج) كربوكسيل $-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-OH$

(د) هاليد $-X$

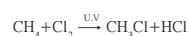
2. أنواع التفاعلات الكيميائية في المركبات العضوية

Types of Chemical Reactions For Organic Compound

تنقسم التفاعلات الكيميائية في المركبات العضوية إلى ثلاثة أنواع أساسية هي:

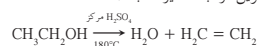
• تفاعلات الاستبدال

هي تفاعلات تحلّ فيها ذرة أو مجموعة ذرية محلّ ذرة أو مجموعة ذرية أخرى متصلة بذرة الكربون.



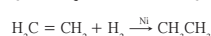
• تفاعلات الانزعاج

هي تفاعلات يتم فيها نزع ذرتين أو ذرة ومجموعة ذرية من ذرتي كربون متجاورتين لتكوين مركبات غير مشبعة.



• تفاعلات الإضافة

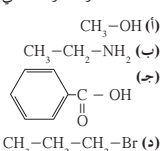
هي تفاعلات يتم فيها إضافة ذرات أو مجموعات ذرية إلى ذرتي كربون متجاورتين لترتبطان برابطة تساهمية ثنائية أو ثلاثية غير مشبعة.



مراجعة الدرس 1-1

1. عرّف المجموعة الوظيفية؟

2. حدّد المجموعة الوظيفية في كلّ من المركبات التالية:



الأهداف:

• يصف الهيدروكربونات الهالوجينية.

صفحات الطالب: من ص 63 إلى ص 70

عدد الحصص: 2

1. قَدِّم وحفِّز

1.1 استخدام الصورة الافتتاحية للدرس

دع الطلاب يتفحصون الصورة الافتتاحية للدرس ويقرؤون الفقرة المرافقة لها. وضح للطلاب أن المواد العضوية تتمتع بأهمية كبيرة في الحياة العصرية. أشر للطلاب إلى أن الهيدروكربونات الهالوجينية مجموعة مركبات عضوية تُستخدم في الكثير من مجالات الحياة العملية.

توجه إلى الطلاب بالسؤال التالي:

• ما هي أهم استخدامات الهيدروكربونات الهالوجينية؟ [ستنوع

[الإجابات.]

قد يذكر الطلاب مركبات عضوية مختلفة عن الهيدروكربونات الهالوجينية.

اكتب إجابات الطلاب على السبورة، وصنف المركبات التي ذكروها. أشر إلى المركبات الهالوجينية وصحح معلومات الطلاب عن المركبات الأخرى.

أعط بعض الأمثلة من مثل:

[D.D.T]: يُستخدم كمبيد للحشرات.

التفلون: $[CF_2-CF_2]_n$ ، يُستخدم كطلاء في أواني الطبخ المنزلية حيث لا يلتصق عليها الطعام.

كلوريد الإيثيل: C_2H_5Cl ، يُستخدم كمخدر في العمليات الجراحية.

1.2 اختبار المعلومات السابقة لدى الطلاب

اطلب إلى الطلاب مراجعة خواص الهيدروكربونات الأليفاتية. وضح للطلاب أن نوع الرابطة مسؤول عن بعض الخواص الكيميائية لهذه المركبات. اطلب إلى الطلاب إكمال الجدول التالي:

الهيدروكربون	نوع الرابطة	التفاعل الكيميائي
الألكان	$\begin{array}{c} & \\ -C & -C- \\ & \end{array}$	استبدال
الألكين	$\begin{array}{c} & \\ -C & =C- \\ & \end{array}$	إضافة
الألكاين	$-C \equiv C-$	إضافة

الهيدروكربونات الهالوجينية Halogenated Hydrocarbons

الدرس 1-2

الأهداف العامة

• يصف الهيدروكربونات الهالوجينية.



شكل (14)
أنابيب من كلوريد الفينيل

أصبحت بعض المواد مهمة جدًا في الحياة العصرية بسبب تنوع الأغراض التي تُستخدم فيها ولصلاحياتها لهذه الأغراض. لكن هذه المواد غريبة عن البيئة الطبيعية ولا تتعرض للتحلل الحيوي. لذلك، تشكل صورة من صور التلوث إذا انتقلت إلى البيئة، ما يؤدي إلى تفاقم آثارها يوماً بعد يوم. تُستخدم مركبات الهيدروكربونات الهالوجينية في الكثير من مجالات الحياة العملية.

- يُستعمل كلوريد الفينيل $CH_2=CH-Cl$ في تحضير مادة الـ PVC المستخدمة في صنع الأنابيب (شكل 14) والعوازل.
 - يُستعمل الكلوروفورم $CHCl_3$ كمخدر وقد كان لاستخدامه أثر كبير في تقدم الجراحة الطبية.
 - يُستعمل رابع كلوريد الكربون CCl_4 في صنع مركبات الكلوروفلوروكربون CFC المستخدمة كعامل تبريد للتلاجات وأجهزة التكييف وكغازات دفع في غلب رغن المبيدات الحشرية ومصفقات الشعر ومعايير الحلاقة.
- ما هي هذه المركبات وكيف يمكن تحضيرها؟ كيف يتم تسميتها؟ ما خواصها الكيميائية والفيزيائية؟

2. علم وطبق

1.2 مناقشة

وضّح للطلاب أنّ الهيدروكربونات الهالوجينية هي مجموعة من المركّبات العضوية التي تحتوي على الفلور والكلور والبروم واليود المرتبطة تساهميًا.

أشر للطلاب إلى أنّ الهيدروكربونات الهالوجينية تُمثّل بالصيغة العامة التالية $R-X$ حيث R هو الشقّ العضوي و X هي ذرة الهالوجين.

أشر للطلاب إلى أنّ يمكن تصنيف ذرات الكربون في السلسلة الكربونية حسب عدد الشقوق العضوية المتصلة بها كما يلي:

• إذا اتصلت ذرة كربون بذرة كربون واحدة (من شقّ عضوي واحد) أو بذرات هيدروجين فقط تسمى ذرة كربون أولية.

• إذا اتصلت ذرة كربون بذرتي كربون (من شقين عضويين) تسمى ذرة كربون ثانوية.

• إذا اتصلت ذرة كربون بثلاث ذرات كربون (من ثلاثة شقوق عضوية) تسمى ذرة كربون ثالثة.

يوضّح الجدول التالي بعض الأمثلة عن تصنيف ذرات الكربون.

ذرة كربون أولية	ذرة كربون ثانوية	ذرة كربون ثالثة
CH_4	XXXX	XXXX
CH_3CH_3	XXXX	XXXX
$CH_3CH_2CH_3$	$CH_3CH_2CH_3$	XXXX
$CH_3CH_2CH_2CH_3$	$CH_3CH_2CH_2CH_3$	$CH_3CH(CH_3)CH_3$

اطلب إلى الطلاب قراءة الجدول (12) في كتاب الطالب ص 64 الذي يوضّح أسماء بعض الشقوق العضوية الشائعة، وذكرهم بأنّ الأسماء النظامية هي المتبعة في تسمية الهيدروكربونات الهالوجينية. وضّح للطلاب أنّ تسمية الهيدروكربونات الهالوجينية البسيطة حيث تشتقّ R من الألكان تكون على الشكل التالي:

ألكان	هاليد الألكان
ميثان CH_4	كلوروميثان CH_3Cl بروموميثان CH_3Br
إيثان C_2H_6	كلوروإيثان C_2H_5Cl يودوإيثان C_2H_5I

اطلب إلى الطلاب قراءة الجدول (13) في كتاب الطالب صفحة 64 الذي يوضّح الأسماء الشائعة والأسماء بحسب نظام الأيوباك لبعض مركّبات الألكان الهالوجينية.

اطلب إلى الطلاب الاطلاع على الجدول (14) في كتاب الطالب صفحة 67 الذي يوضّح تصنيف الهيدروكربونات الهالوجينية.

أشر للطلاب إلى أنّه عندما يحتوي الجزيء على ذرتين أو أكثر من الهاليد ($-X$)، تسبق اسم الهيدروكربون الهالوجيني كلمة ثنائي أو ثلاثي، مثال على ذلك: ثنائي كلوروميثان CH_2Cl_2 ، ثلاثي بروموميثان $CHBr_3$.

1. الهيدروكربونات الهالوجينية

Halogenated Hydrocarbons

الهيدروكربونات الهالوجينية (الهاليدات العضوية) Halogenated Hydrocarbons مركّبات عضوية مشتقة من الهيدروكربونات الأليفاتية أو الأروماتية باستبدال ذرة هالوجين أو أكثر محلّ ما يعادل عددها من ذرات الهيدروجين. تكون صيغتها العامة $R-X$ ، بحيث تمثّل X ذرة هالوجين (فلور، كلور، بروم، يود) وتمثّل R الشقّ العضوي. إذا اتصلت ذرة هالوجين واحدة بشقّ الكلّيل يُسمى الهيدروكربون الهالوجيني هاليد الألكيل (أريل) يُسمى الهيدروكربون الهالوجيني هاليد الفينيل Phenyl Halide أو هالو بنزين. وتجدر الإشارة إلى أنّ هاليدات الألكيل أكثر نشاطًا من هاليدات الفينيل.

1.1 تسمية الهيدروكربونات الهالوجينية

Nomenclature of Halogenated Hydrocarbons

يعرّف شقّ الألكيل (R) على أنّه الجزء المتبقّي من الألكان بعد نزع ذرة هيدروجين واحدة فقط منه. يُشتقّ اسم شقّ الألكيل من اسم الألكان المقابل (الذي يحتوي على عدد ذرات الكربون نفسه) بحذف المقطع (ان) وإضافة المقطع (يل) (جدول 12).

اسم شقّ الألكيل	صيغة شقّ الألكيل	صيغة الألكان	اسم الألكان
ميثيل	$-CH_3$	CH_4	ميثان
إيثيل	$-C_2H_5$	C_2H_6	إيثان
بروبيل	$-C_3H_7$	C_3H_8	بروبان
أيزوبروبيل أو بروبييل ثانوي	$CH_3-CH-CH_3$	C_3H_8	بروبان
بيوتيل	$CH_3CH_2CH_2CH_2-$	C_4H_{10}	بيوتان
بيوتيل ثانوي	$CH_3CHCH_2CH_3$	C_4H_{10}	بيوتان
أيزوبيوتيل	$CH_3CH(CH_3)CH_2-$	C_4H_{10}	بيوتان
بيوتيل ثالثي	$CH_3C(CH_3)_2CH_2-$	C_4H_{10}	بيوتان

جدول (12)
أسماء شقوق الألكيل

مفكرة إفرادية

يمكن تصنيف ذرات الكربون في السلسلة الكربونية حسب عدد الشقوق العضوية المتصلة بها كما يلي:

• إذا اتصلت ذرة كربون بذرة كربون واحدة (من شقّ عضوي واحد) أو بذرات هيدروجين فقط تسمى ذرة كربون أولية.

• إذا اتصلت ذرة كربون بذرتي كربون (من شقين عضويين) تسمى ذرة كربون ثانوية.

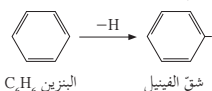
• إذا اتصلت ذرة كربون بثلاث ذرات كربون (من ثلاثة شقوق عضوية) تسمى ذرة كربون ثالثة.

يوضّح الجدول التالي بعض الأمثلة عن تصنيف ذرات الكربون.

ذرة كربون أولية	ذرة كربون ثانوية
CH_4	XXXX
CH_3CH_3	XXXX
$CH_3CH_2CH_3$	$CH_3CH_2CH_3$
$CH_3CH_2CH_2CH_3$	$CH_3CH_2CH_2CH_3$

ذرة كربون ثالثة
XXXX
XXXX
XXXX
$CH_3CH(CH_3)CH_3$

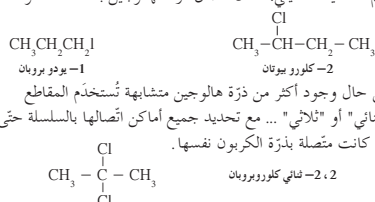
شقّ الفينيل أو الأريل (Ar) هو الجزء المتبقّي من البنزين بعد نزع ذرة هيدروجين واحدة منه.



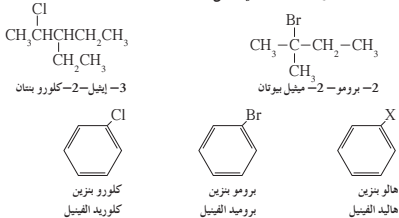
(أ) التسمية بحسب نظام الأيوباك Nomenclature Based on IUPAC

تُسمّى مركّبات الألكان الهالوجينية بحسب نظام الأيوباك كما يلي:

- يتمّ تحديد اسم أطول سلسلة كربونية متصلة (مستمرة) تحتوي على ذرة الهالوجين.
- تُرقّم السلسلة من أقرب طرف لذرة الهالوجين.
- تتمّ التسمية كما يلي: مكان اتصال ذرة الهالوجين بالسلسلة هالو ألكان



- في حال وجود أيّ شقوق أخرى يتمّ اتباع أسس التسمية نفسها مع ترقيم السلسلة من ناحية أقرب هاليد.
- في حال تشابه مكان الترقيم، تكون الأولوية للترتيب الأبجدي العربي، ثمّ توضع أسماء الشقوق أو الهالوجين أمام اسم الألكان بحسب الترتيب الأبجدي لكلّ منها.



2.2 مناقشة

اسأل الطلاب: لماذا تسير التفاعلات العضوية في أغلب الأحيان ببطء بالمقارنة مع التفاعلات الخاصة بالأيونات والجزيئات غير العضوية؟

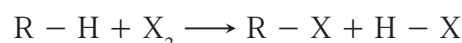
[يعود السبب في ذلك إلى أن تفاعلات الجزيئات العضوية تتضمن الروابط

التساهمية القوية C-H و C-C.]

ذكر الطلاب بأن الهالوجين (X) يشكل المجموعة الوظيفية في الجزيء العضوي. أشر للطلاب إلى أن هذه المجموعة تجعل الجزيء أكثر تفاعلاً وتعطيه نشاطاً كيميائياً ملحوظاً.

اطلب إلى الطلاب ملاحظة الشكل (15) الذي يوضح استخدام الهالوثان كمخدر، وفسّر لهم أن في هذا المركب تم استبدال الهيدروجين في الألكان لينتج هيدروكربوناً هالوجينياً.

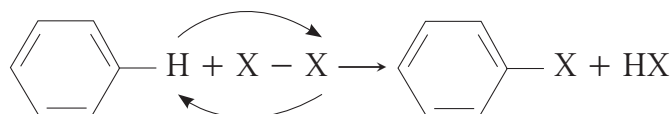
اكتب على السبورة المعادلة التي توضح استبدال الهيدروجين بالهالوجين، والتي تُعرف بالهجنة المباشرة للألكانات والتي تُعتمد في تحضير الهيدروكربونات الهالوجينية، وأشر إلى أن الرمز X يمثل الهالوجين في المعادلة التالية:



فسّر لهم أن أشعة الشمس أو أي مصدر للأشعة فوق البنفسجية تعمل كمادة محفزة.

وضّح للطلاب أن الهجنة المباشرة للبنزين هي إحدى الطرق المستخدمة لتحضير الهيدروكربونات الهالوجينية. يتم هذا التفاعل بوجود مادة محفزة.

وضّح للطلاب أن ذرة الهالوجين X - تحل محل ذرة الهيدروجين المرتبطة تساهمياً بذرة الكربون.



يمكن استخدام نماذج التعبئة المجسمة لتوضيح هذا التفاعل.

3.2 مناقشة

وضّح للطلاب أنه نظراً إلى السالبية الكهربية المرتفعة نسبياً للهالوجينات، تصبح جزيئات الهيدروكربونات الهالوجينية قطبية، وتزداد قوى الجذب بين هذه الجزيئات، ما يؤدي إلى ارتفاع درجات الانصهار والغليان بالمقارنة مع الدرجات العائدة للهيدروكربونات.

اطلب إلى الطلاب ملاحظة الجدولين (15) و (16) في كتاب الطالب ص 68 و 69 واللذين يوضحان درجات غليان هاليدات الميثان، وكثافة بعض الهيدروكربونات الهالوجينية. وضّح لهم أن درجة الغليان تزداد عند ازدياد الكتلة المولية.

Common Nomenclature (ب) التسمية الشائعة

التسمية الشائعة لمركبات الألكان أحادية الهالوجين (R - X) تشبه طريقة تسمية الأملاح وتتم بكتابة اسم ذرة الهالوجين منتهياً بالمقطع "يد" يليه اسم شق الألكيل، مثلاً: هاليد الألكيل (جدول 13).

الصيغة الكيميائية	الاسم بحسب نظام الأيوباك (هالو ألكان)	الاسم الشائع (هاليد الألكيل)
CH ₃ I	يودو ميثان	يوديد الميثيل
CH ₃ CH ₂ Br	برومو إيثان	بروميد الإيثيل
CH ₃ CH ₂ CH ₂ Br	1- بروموبروبان	بروميد البروبيل
CH ₃ CHCH ₃ Cl	2- كلورو بروبان	كلوريد أيزوبروبيل أو كلوريد البروبيل الثانوي
CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₂ Cl	1- كلورو بيوتان	كلوريد البيوتيل
CH ₃ CHCH ₂ CH ₃ Br	2- برومو بيوتان	بروميد البيوتيل الثانوي
CH ₃ CHCH ₂ CH ₃ Cl	1- كلورو-2- ميثيل بروبان	كلوريد أيزوبيوتيل
CH ₃ C(CH ₃) ₂ CH ₃ Cl	2- كلورو-2- ميثيل بروبان	كلوريد تيرت-بيوتيل

جدول (13)
أسماء بعض مركبات الألكان الهالوجينية وأنواعها

2.1 تصنيف الهيدروكربونات الهالوجينية

Classification of Halogenated Hydrocarbons

يُصنّف الهيدروكربون الهالوجيني إلى هاليد ألكيل أولي أو ثانوي أو ثالثي. والفرق بينها هو عدد مجموعات الألكيل المتصلة بذرة الكربون (أولية) المرتبطة بالهالوجين (جدول 14).
هاليد ألكيل أولي Primary Alkyl Halide: ترتبط ذرة الهالوجين بذرة كربون (ثانوية) متصلة بذرة هيدروجين ومجموعة ألكيل أو بذرات هيدروجين.
هاليد ألكيل ثانوي Secondary Alkyl Halide: ترتبط ذرة الهالوجين بذرة كربون متصلة بذرة هيدروجين واحدة ومجموعتين ألكيل (R' و R).
هاليد ألكيل ثالثي Tertiary Alkyl Halide: ترتبط ذرة الهالوجين بذرة كربون (ثالثية) متصلة بثلاث مجموعات ألكيلية (R' و R' و R').

66

ملاحظة: يمكن أن تكون المجموعات الألكيلية R و R' و R'' متماثلة أو مختلفة.

اسم المركب	مثال	الصيغة العامة	هاليد ألكيل أولي
كلورو إيثان	CH ₃ -CH ₂ -Cl	R-CH ₂ -X	هاليد ألكيل أولي
1-يودوبروبان	CH ₃ -CH ₂ -CH ₂ -I		
2-كلورو بروبان	CH ₃ -CH-Cl CH ₃	R-CH-X R'	هاليد ألكيل ثانوي
2-بروموبيوتان	CH ₃ -CH-CH ₂ CH ₃ Br		
2-كلورو-2-ميثيل بروبان	CH ₃ -C-Cl CH ₃	R' R-C-X R''	هاليد ألكيل ثالثي

جدول (14)
تصنيف الهيدروكربونات الهالوجينية



شكل (15)
يستخدم الهالوثان (2-برومو-2-كلورو-1،1،1- ثلاثي فلورو إيثان) كمخدر. هل هذا الجزيء مهلئ بالكامل (أي استبدلت جميع ذرات الهيدروجين فيه بذرات هالوجين)؟

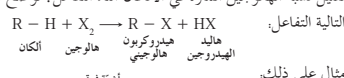
2. تحضير الهيدروكربونات الهالوجينية

Preparation of Halogenated Hydrocarbons

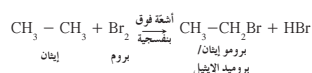
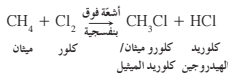
يوجد عدد قليل من الهيدروكربونات الهالوجينية في الطبيعة، ولكن يمكن تحضيرها بسهولة واستخدامها لأغراض عديدة. على سبيل المثال، يُستخدم الهالوثان كمخدر (شكل 15) وتُستخدم مركبات الهيدروفلورو كربون كموازل مبردة في أجهزة تكييف السيارات. يمكن تحضير الهيدروكربونات الهالوجينية من خلال التفاعلات التالية:

• الهلجنة المباشرة للألكانات

(أ) الهلجنة المباشرة للألكانات
تفاعل الألكانات مع الكلور أو البروم في وجود الأشعة فوق البنفسجية (UV) حيث تحل ذرة هالوجين أو أكثر محل ما يقابل عددها من ذرات الهيدروجين. لكن هذه الطريقة لا يمكن استخدامها للحصول على هاليدات الألكيل النقية، حيث ينتج مخلوط من مركبات الألكان الهالوجينية. ويمكن زيادة نسبة هاليدات الألكيل في الناتج عن طريق تقليل نسبة الهالوجين المازة في الألكان أثناء التفاعل. توضح المعادلة التالية التفاعل:



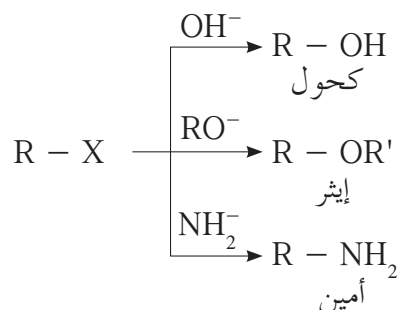
مثال على ذلك:



67

4.2 مناقشة

أشر للطلاب إلى أن النشاط الكيميائي للهيدروكربونات الهالوجينية يساعد في تحضير مركبات أخرى مثل تحضير الكحولات والإثيرات والأمينات بتفاعل الاستبدال للهيدروكربونات الهالوجينية.

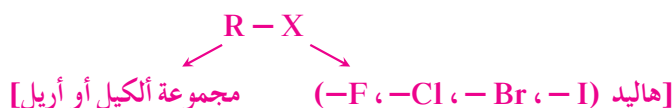


أعط مثلاً لكل من هذه الحالات السابقة. أشر للطلاب أن خلال تفاعل الاستبدال في هذه الحالات يتم عن طريق استبدال أنيون الهاليد X^- بأنيون الهيدروكسيد OH^- أو أنيون الألكوكسيد RO^- أو أنيون الأميد NH_2^- .

3. قِيم وتوسّع

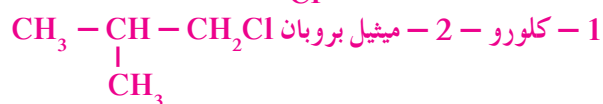
3.1 تقييم استيعاب الطلاب للدرس

اطلب إلى الطلاب كتابة الصيغة العامة للهيدروكربونات الهالوجينية وتحديد السلسلة الكربونية والمجموعة الوظيفية.

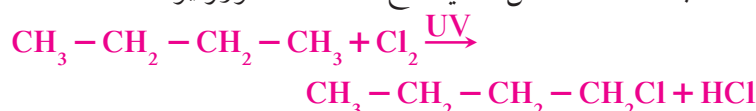


ثم وجه إلى الطلاب الأسئلة التالية:

• اكتب الصيغة التركيبية لكل من الهيدروكربونات الهالوجينية التي تشكّل أيزوميرات للصيغة $\text{C}_4\text{H}_9\text{Cl}$. أعط الاسم النظامي تبعاً لـ IUPAC لكل من هذه الأيزوميرات.



• اكتب معادلة التفاعل الذي ينتج منه 1 - كلوروبوتان.



• ما نوع هذا التفاعل؟ علّل إجابتك. [يسمى هذا التفاعل تفاعل

استبدال وهو في هذه الحالة هلجنة مباشرة للألكانات.

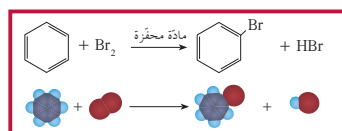
في خلال هذا التفاعل، تحلّ ذرة كلور من جزيء الكلور محلّ ذرة

هيدروجين مترابطة مع ذرة كربون في آخر السلسلة الكربونية للجزيء. كما

تحلّ ذرة الهيدروجين المستبدلة محلّ ذرة الكلور في جزيء الكلور Cl_2 .

(ب) الهلجنة المباشرة للبنزين Direct Halogenation of Benzene

يتفاعل البنزين مع الهالوجين حيث تحلّ ذرة الهالوجين محلّ ذرة هيدروجين من حلقة البنزين في وجود مادة محفزة مثل الحديد. (شكل 16). إذا أسقط، على سبيل المثال، مسمار صدئ في دورق التفاعل، يعمل كمادة محفزة.



3. الخواص الفيزيائية والكيميائية

Physical and Chemical Properties

1.3 الخواص الفيزيائية للهيدروكربونات الهالوجينية

Physical Properties of Halogenated Hydrocarbon

- الهيدروكربونات الهالوجينية شحيحة الذوبان في الماء على الرغم من أنها مركبات قطبية، ويعود ذلك إلى عدم تكوّن روابط هيدروجينية بين جزيئاتها وجزيئات الماء.
- درجات غليان هاليدات الألكيل أعلى بكثير من درجات غليان الألكانات التي حُطّرت منها. على سبيل المثال، إنّ درجة غليان $(\text{CH}_3 - \text{Cl})$ أعلى من درجة غليان (CH_4) ، لأنّ هاليدات الألكيل مركبات قطبية وقوة التجاذب بين جزيئاتها كبيرة بينما الألكانات مركبات غير قطبية.
- تزداد درجة غليان هاليدات الألكيل التي تحتوي على ذرة الهالوجين نفسها بزيادة كتلتها الجزيئية. على سبيل المثال، إنّ درجة غليان $(\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{Br})$ أعلى من درجة غليان $(\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{Br})$.
- تزداد درجة غليان هاليدات الألكيل التي تحتوي على المجموعة العضوية نفسها بزيادة الكتلة الذرية لذرة الهالوجين (جدول 15).
- تتميز مركبات البروم واليود بكثافة أعلى من كثافة الماء (جدول 16).

الاسم	الصيغة التركيبية	درجة الغليان (°C)
فلورو ميثان	$\text{CH}_3 - \text{F}$	-78.4
كلورو ميثان	$\text{CH}_3 - \text{Cl}$	-24.2
برومو ميثان	$\text{CH}_3 - \text{Br}$	3.6
يودو ميثان	$\text{CH}_3 - \text{I}$	42.4

جدول (15)
درجات غليان هاليدات الميثان

68

الصيغة التركيبية	الكثافة (g/mL)	الصيغة التركيبية	الكثافة (g/mL)
CHCl_3	1.49	CH_3F	0.88
CHBr_3	2.89	CH_2Cl_2	0.91
CHF_3	1.24	CH_3Br	1.63
$\text{C}_2\text{H}_5\text{F}$	1.02	CH_3I	2.28
$\text{C}_6\text{H}_5\text{Cl}$	1.11	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Cl}$	0.92
$\text{C}_6\text{H}_5\text{Br}$	1.49	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Br}$	1.46
$\text{C}_6\text{H}_5\text{I}$	1.82	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{CH}_2\text{Cl}$	0.89

2.3 الخواص الكيميائية للهيدروكربونات الهالوجينية

Chemical Properties of Halogenated Hydrocarbons

تُعتبر هاليدات الألكيل موادّ نشطة غير مستقرة تتفاعل بسهولة. يعود ذلك إلى أنّ ذرة الهالوجين لها سالبية كهربية مرتفعة ما يؤدي إلى قطبية الرابطة، حيث تحمّل ذرة الهالوجين شحنة سالبة جزئية، وتحمل ذرة الكربون شحنة موجبة جزئية. وتتفاعل هاليدات الألكيل إما بالاستبدال أو بالانزعاج. وسنكتفي هنا بتفاعلات الاستبدال.

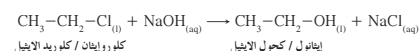
(أ) تفاعل الهيدروكربونات الهالوجينية بالاستبدال

Substitution Reaction of Halogenated Hydrocarbons

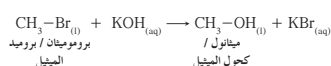
تتفاعل الهيدروكربونات الهالوجينية بالاستبدال، حيث تخرج ذرة الهالوجين على شكل أنيون هاليد (X^-) ، ويحلّ محلّه أنيون آخر مثل أنيون الهيدروكسيد (OH^-) أو أنيون الألكوكسيد (OR^-) أو أنيون الأميد (NH_2^-) . ويُستخدم عادةً على شكل مركبات الصوديوم أو البوتاسيوم ليسهل تأيئها.

• مع القواعد (لتحضير الكحولات)

يمكن استبدال ذرة الهالوجين بأنيون الهيدروكسيد من القاعدة لينتج كحولاً ومحلول مائي للملح، كما توضّح المعادلات الكيميائية التالية:



كلوروايثان / كلوريد الإيثيل إيثانول / كحول الإيثيل



بروموميثان / بروميد الميثيل كحول الميثيل

• مع الألكوكسيدات (لتحضير الإثيرات)

تتفاعل هاليدات الألكيل بالاستبدال مع الألكوكسيدات مثل الألكوكسيد الصوديوم (RONa) ، حيث يحلّ أنيون الألكوكسيد (RO^-) محلّ أنيون الهاليد (X^-) مكوناً الإثير. ويسمّى هذا التفاعل طريقة وليامسون، ويُستخدم لتحضير الإثيرات المتماثلة وغير المتماثلة، كما هو موضح في الأمثلة التالية:

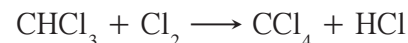
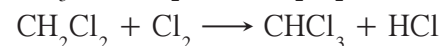
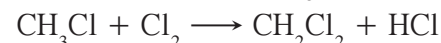
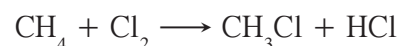
شكل (16)
لنستخدم نماذج العينة المجسّمة لتبيل هذا التفاعل مرئياً.

جدول (16)
كثافة بعض الهيدروكربونات الهالوجينية

2.3 إعادة التعليم

فسّر للطلاب أنّ نوع ذرّة الهالوجين يؤثّر في الخواصّ الفيزيائية للهيدروكربونات الهالوجينية.

وضّح للطلاب أنّ ذرّات الهيدروجين كلّها التي تحيط بذرّات الكربون في الجزيء تُستبدّل في خلال الهلجنة المباشرة للألكانات وعند ظروف معيّنة. أعطِ مثلاً على الهلجنة التامة للميثان.



اطلب إلى الطلاب كتابة المعادلات الموزونة للتفاعلات الكيميائية التي تنتج 1 - كلورو - بروبان و 1 - كلورو - بيوتان.



1 - كلورو - بروبان



1 - كلورو بيوتان

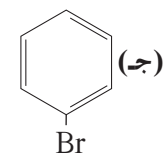
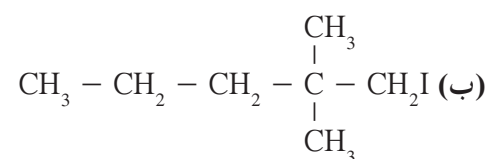
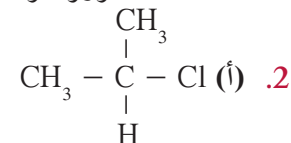
إجابات أسئلة الدرس 2-1

1. الهيدروكربون الهالوجيني هو هيدروكربون تتصل به ذرّة هالوجين.

(أ) كلورو بنزين

(ب) كلورو إيثان

(ج) 2 - كلورو بيوتان



3. تفاعل الاستبدال هو تفاعل يتم فيه استبدال ذرّة هيدروجين بذرّة أو بمجموعة ذرّات (مجموعة وظيفية) مع الحفاظ على الهيكل الكربوني.

استبدال الهيدروجين: $\text{R} - \text{H} + \text{Cl}_2 \longrightarrow \text{R} - \text{Cl} + \text{HCl}$

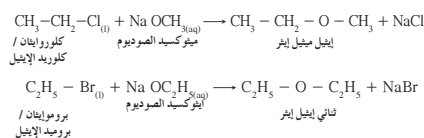
استبدال الكلور: $\text{R} - \text{Cl} + \text{NaOH} \longrightarrow \text{R} - \text{OH} + \text{NaCl}$

4. 1، 1 - ثنائي كلوروبروبان $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CHCl}_2$

2، 2 - ثنائي كلوروبروبان $\text{CH}_3 - \text{CCl}_2 - \text{CH}_3$

1، 3 - ثنائي كلورو بروبان $\text{CH}_2\text{Cl} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2\text{Cl}$

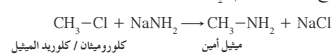
1، 2 - ثنائي كلورو بروبان $\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH}_2\text{Cl} \\ | \\ \text{Cl} \end{array}$



• مع أميد الصوديوم (تخفيض الأminating)

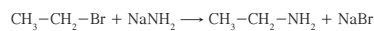
تتفاعل هاليدات الألكيل بالاستبدال مع أميد الصوديوم (NaNH_2) حيث يحلّ أنيون الأميد (NH_2^-) محلّ أنيون الهاليد (X^-) مكوّنًا الأمين الأوّلي المقابل.

وسوف نكتفي بتحضير الأمينات الأوّلية فقط عن طريق تفاعل هاليد الألكيل مع أميد الصوديوم (NaNH_2).



كلوروميثان / كلوريد الميثيل

ميثيل أمين

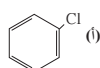


بروميثان / بروميد الإيثيل

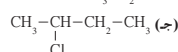
إيثيل أمين

مراجعة الدرس 2-1

1. عرّف الهيدروكربون الهالوجيني. سمّ المركّبات التالية بحسب قواعد IUPAC.



$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Cl}$ (ب)



2. اكتب الصيغ التركيبية لكلّ من المركّبات التالية:

(أ) كلوريد الإيزوبروبيل

(ب) 2، 2 - ثنائي ميثيل 1 - يودو بنتان

(ج) برومو بنزين

3. عرّف تفاعل الاستبدال؟ أعطِ المعادلات العامة لاستبدال الألكان لتكوين هاليد ألكيل واستبدال هاليد ألكيل لتكوين كحول.

4. اكتب أسماء جميع مركّبات ثنائي كلوروبروبان الممكنة التي يمكن تكوينها.

صفحات الطالب: من ص 71 إلى ص 88

عدد الحصص: 3

الأهداف:

- يتعرّف المجموعة الوظيفية للكحولات والإثيرات.
- يتعرّف تفاعلات الاستبدال والانتزاع والأكسدة ويكتب معادلاتها الكيميائية.

1. قَدِّم وحفِّز

1.1 استخدام الصورة الافتتاحية للدرس

دع الطلاب يتفحصون الصورة الافتتاحية للدرس ويقرؤون الفقرة المرافقة لها. وضّح للطلاب أنّ المرضى كانوا يخضعون قبل العام 1840 للعمليات الجراحية وهم بكامل وعيهم، أي من دون تخدير، متحمّلين الألم والمعاناة. وضّح للطلاب أنّ الفائدة الرئيسة من استخدام المخدّر تكمن في عدم شعور المريض بالألم عند خضوعه للعملية الجراحية.

أشر للطلاب إلى أنّ كمّية المخدّر المستخدمة وخضوع المريض لعدّة عمليات يمكن أن يؤثرا سلبيًا وبشكل كبير على المريض. وضّح للطلاب أنّ المخدّر الأوّل الذي استخدم في العمليات الجراحية هو ثنائي إيثيل إثير المنتمي إلى عائلة الإثير التي تمتاز بالمجموعة الوظيفية أو كسي (-O-).

1.2 اختبار المعلومات السابقة لدى الطلاب

اطلب إلى الطلاب مراجعة تعريف المجموعة الوظيفية ودورها في المركّبات العضوية. وضّح للطلاب أنّ المجموعة الوظيفية مسؤولة عن الخواصّ النوعية للمركّبات العضوية. وجه إلى الطلاب الأسئلة التالية:

- ما الذي يميّز المركّبات العضوية التي تحتوي على المجموعة الوظيفية نفسها؟ [يكون لها الخواصّ الكيميائية والفيزيائية نفسها]

وتشكّل عائلة واحدة.]

- ما الصيغة العامّة للهيدروكربونات الهالوجينية؟ حدّد كلّ جزء منها. [الصيغة العامّة هي $R - X$ حيث R تمثّل شقًا عضويًا (ألكيل أو أريل) و X - تمثّل ذرّة هالوجين (المجموعة الوظيفية).]

- تخضع الهاليدات لتفاعلات الاستبدال عند وجود هيدروكسيد البوتاسيوم أو هيدروكسيد الصوديوم. ما نوع الناتج في هذه التفاعلات؟ اكتب المعادلة الموزونة التي تمثّل هذا التفاعل. ينتج عن هذا التفاعل كحول ومركّب أيوني يحتوي على أيون الهالوجين.

الكحولات والإثيرات
Alcohols and Ethers

الدرس 1-3

الأهداف العامة

- يتعرّف المجموعة الوظيفية للكحولات والإثيرات.
- يتعرّف تفاعلات الاستبدال والانتزاع والأكسدة ويكتب معادلاتها الكيميائية.

شكل (17)
عملية جراحية

كان المرضى قبل عام 1840 يخضعون للعمليات الجراحية وهم في كامل وعيهم. أمّا في الوقت الحالي، وعند إجراء عملية جراحية كبيرة، يُعطى للمريض مخدّر عام يُفقده وعيه ويسبّب ارتخاء عضلاته. الهدف الرئيسي للمخدّر هو عدم شعور المريض بالألم أثناء العملية الجراحية (شكل 17). تنتمي أقدم مواد التخدير إلى مجموعة مركّبات كيميائية تُعرّف بالإثيرات.

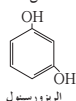
Alcohols

1. الكحولات

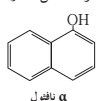
عندما تسمع كلمة كحول، قد لا يتوارد إلى ذهنك أنّها تصنيف عام لآلاف المركّبات العضوية. ولكنّ الكحولات Alcohols هي بالفعل مركّبات عضوية تحتوي على مجموعة هيدروكسيل (-OH) واحدة أو أكثر مرتبطة بذرة كربون مشبعة.

تُسمّى المجموعة الوظيفية (-OH) في الكحولات مجموعة هيدروكسيل Hydroxyl Group. كيف تختلف مجموعة الهيدروكسيل عن أيون الهيدروكسيد؟

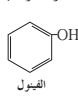
عند ارتباط مجموعة الهيدروكسيل (-OH) مباشرة بحلقة البنزين، لا يُعتبر المركّب الناتج من الكحولات بل يُعتبر من عائلة الفينولات، مثل:



الفينول



الفينول α



الفينول

2. علم وطبق

1.2 مناقشة

ناقش مع الطلاب الكحولات موضّحاً لهم أنّها مركّبات عضوية تحتوي على مجموعة هيدروكسيل واحدة أو أكثر. أشر للطلاب إلى أنّ الكحولات تُمثّل بالصيغة العامة $R-OH$ وأنّ $-OH$ هي المجموعة الوظيفية التي تحدّد الخواصّ الفيزيائية والكيميائية للكحولات.

إجابة السؤال الوارد في نهاية فقرة الكحولات في كتاب الطالب ص 71:

[تتكوّن رابطة تساهمية في الكحول بين ذرّة الكربون ومجموعة

الهيدروكسيل، أمّا أيون الهيدروكسيد فيكوّن رابطة أيونية مع الفلزّات.]

ناقش مع الطلاب تصنيف الكحولات إلى:

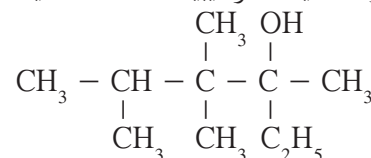
- كحولات أليفاتية وأروماتية تبعاً لطبيعة المجموعة الكربونية R.
- كحولات أولية وثانوية وثالثية تبعاً لذرّة الكربون المتّصلة بمجموعة الهيدروكسيل.
- كحولات أحادية وثنائية وعديدة تبعاً لعدد مجموعات الهيدروكسيل في الجزيء.

2.2 مناقشة

أشر للطلاب إلى أنّ تسمية الكحولات يمكن أن تكون شائعة جدول (17) ص 72 أو نظامية تبعاً لـ IUPAC.

وضّح للطلاب أنّ التسمية النظامية هي المتّبعة حالياً وأخبرهم أنّ المناقشات في هذا الدرس ستتركّز على الكحولات الأليفاتية (حيث تشكّل R مجموعة ألكيل) الأحادية التي تحتوي على مجموعة هيدروكسيل واحدة تتمثّل بالصيغة $R-OH$.

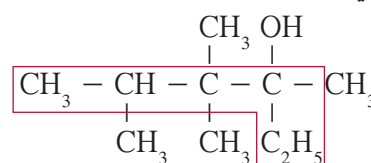
اكتب على السبورة الصيغة التركيبية المكتّفة التالية:



ناقش مع الطلاب التسمية النظامية للمركّب أعلاه.

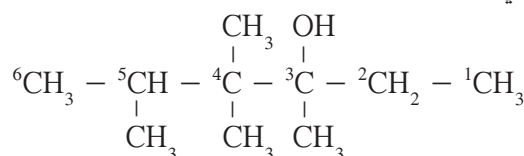
فسّر للطلاب أنّ طريقة التسمية النظامية تتضمّن الخطوات التالية:

- تحديد السلسلة الكربونية الأطول التي تحتوي على أكبر عدد من ذرّات الكربون وفي الوقت نفسه على مجموعة الهيدروكسيل.



- ترقيم ذرّات الكربون ابتداءً من الجهة الأقرب إلى مجموعة الهيدروكسيل.

ملاحظة: لمساعدة الطلاب، يمكن كتابة السلسلة الكربونية على الشكل التالي:



1.1 تسمية الكحولات Nomenclature of Alcohols

Common Nomenclature

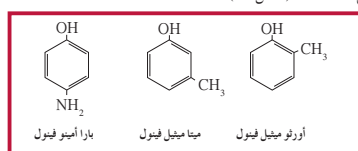
(أ) التسمية الشائعة
تمتلك بعض الكحولات الأليفاتية أسماء شائعة، وتُصاغ تسمية مجموعة الألكيل بإضافة كلمة كحول قبلها. كحول الألكيل. فالاسم الشائع للإيثانول، على سبيل المثال، هو كحول الإيثيل والاسم الشائع للميثانول هو كحول الميثيل. ما هي الصيغ التركيبية لـ 2 - بيوتانول (كحول البيوتيل الثاني) و 2 - ميثيل - 2 - بروبانول (كحول البيوتيل الثاني)؟ يوضّح الجدول (17) بعض الأسماء الشائعة للكحولات.

اسم الكحول الشائع	صيغة الكحول
كحول الميثيل	CH_3-OH
كحول الإيثيل	$\text{C}_2\text{H}_5-\text{OH}$ أو $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{OH}$
كحول البروبيل (كحول البروبيل الأولي)	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$
كحول الأيزوبروبيل (كحول البروبيل الثاني)	$\text{CH}_3-\text{CH}(\text{OH})-\text{CH}_3$
كحول البنزائل	$\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}_2-\text{OH}$
كحول البيوتيل الثاني	$\text{CH}_3-\text{C}(\text{OH})(\text{CH}_3)-\text{CH}_2-\text{CH}_3$

جدول (17)

الأسماء الشائعة للكحولات

أمّا الفينولات فهي عائلة من المركبات العضوية فيها ترتبط مجموعة الهيدروكسيل مباشرةً بحلقة البنزين، والفينول هو المركّب الأساسي لجميع المشتقات (شكل 18).



شكل (18)

الفينول وبعض مشتقاته

(ب) التسمية بحسب قواعد الأيوباك

Nomenclature Based on IUPAC

- تسمية الكحولات ذات السلسلة الكربونية غير المتفرّعة يُكتَب اسم الألكان المقابل (الذي يحتوي على عدد ذرّات الكربون نفسه) ثمّ يُضاف المقطع "ول"، ويجب تحديد موضع مجموعة الهيدروكسيل في السلسلة الكربونية (ابتداءً من $n=3$ أي البروبانول) وذلك بترقيم ذرّات كربون السلسلة من الطرف الأقرب إلى مجموعة الهيدروكسيل (جدول 18).

اسم الكحول بحسب الأيوباك	صيغة الكحول
ميثانول	CH_3-OH
إيثانول	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{OH}$
1 - بروبانول	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$
2 - بروبانول	$\text{CH}_3-\text{CH}(\text{OH})-\text{CH}_3$
1 - بيوتانول	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$
2 - بيوتانول	$\text{CH}_3-\text{CH}(\text{OH})-\text{CH}_2-\text{CH}_3$
1 - بنتانول	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$

جدول (18)

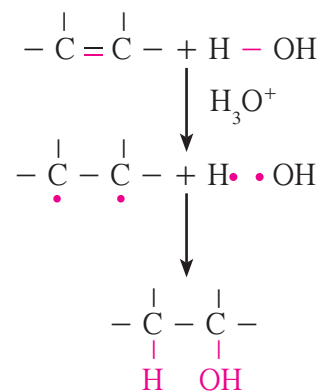
التسمية بحسب قواعد الأيوباك للكحولات غير المتفرّعة

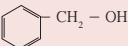
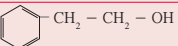
- تسمية الكحولات ذات السلسلة الكربونية المتفرّعة يتمّ اختيار أطول سلسلة كربونية متصلة ترتبط بها مجموعة الهيدروكسيل ($-OH$). تُرقّم ذرّات الكربون في السلسلة الكربونية المختارة ويبدأ الترقيم من الطرف الأقرب إلى مجموعة الهيدروكسيل. تُحدّد مواضع التفرّعات، وتُكتَب التفرّعات بالترتيب الأبجدي العربي. يُحدّد موضع ارتباط مجموعة الهيدروكسيل، ثمّ يُكتَب اسم الألكان المقابل للسلسلة الكربونية المختارة ويُضاف المقطع "ول" (جدول 19). في حال وجود أيّ شقوق أخرى، يتمّ اتّباع أسس التسمية نفسها التي سبق دراستها في الدرس السابق علماً بأنّ أولوية الترقيم تكون لمجموعة الهيدروكسيل بالنسبة إلى شقوق الألكيل.

أعطِ الطلاب مثالاً على كمية الكحول الأروماتية من الجدول (20)
ص 74.

وضَّح للطلّاب أنّ إماهة الألكينات هي تفاعلات إضافة حيث يُضاف جزيء الماء إلى الألكين بسبب وجود الرابطة التساهمية الثنائية بين ذرتي الكربون في الألكين.

اكتب المعادلة موضِّحًا الطريقة التي أُضيف فيها جزيء الماء إلى جزيء الألكين:



اسم الكحول بحسب الأيزواك	صيغة الكحول
3 ، 5 - ثنائي ميثيل 1 - هكسانول	$ \begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{OH} \\ \qquad \qquad \\ \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{CH}_3 \\ \qquad \qquad \\ \qquad \qquad \text{CH}_3 \end{array} $
فينيل ميثانول	
3 ، 4 - ثنائي ميثيل 2 - هكسانول	$ \begin{array}{c} \text{CH}_3 \qquad \text{C}_2\text{H}_5 \\ \qquad \qquad \\ \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH} - \text{CH} - \text{CH}_3 \\ \\ \text{OH} \end{array} $
2 - فينيل - 1 - إيثانول	
2 - ميثيل - 2 - بروبانول	$ \begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 - \text{C} - \text{OH} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} $
2 - ميثيل - 2 - بيوتانول	$ \begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 - \text{C} - \text{OH} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} $

الكحولات الأروماتية	الكحولات الأليفاتية المشبعة
هي الكحولات التي تحتوي جزيئاتها على حلقة بنزين لا تتصل مباشرة بمجموعة الهيدوكسيل.	هي الكحولات التي تحتوي جزيئاتها على سلسلة كربونية أليفاتية.
$\text{CH}_2 - \text{OH}$	$\text{CH}_3 - \text{OH}$ $\text{C}_2\text{H}_5 - \text{OH}$
$\text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{OH}$	$\text{CH}_3 - \underset{\text{OH}}{\text{CH}} - \text{CH}_3$

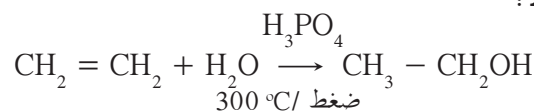
كحولات أحادية الهيدروكسيل	كحولات ثنائية الهيدروكسيل	كحولات عديدة الهيدروكسيل
هي الكحولات التي تتميز بوجود مجموعة هيدروكسيل واحدة في الجزيء.	هي الكحولات التي تتميز بوجود مجموعتين من الهيدروكسيل في الجزيء.	هي الكحولات التي تتميز بوجود ثلاث مجموعات هيدروكسيل (أو أكثر) في الجزيء.
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{OH} \\ \text{ميثانول} \\ \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{OH} \\ \text{إيثانول} \\ \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{OH} \\ \text{1 - بروبانول} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{OH} \quad \text{OH} \\ \quad \\ \text{CH}_2 - \text{CH}_2 \\ \text{2، 1 - إيثان ثنائي أول} \\ \text{(جليكول الإيثيلين)} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{OH} \quad \text{OH} \quad \text{OH} \\ \quad \quad \\ \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{CH}_2 \\ \text{1، 2، 3 - بروبان ثلاثي أول} \\ \text{(الجليسرول)} \end{array}$

كحولات أولية	كحولات ثانوية	كحولات ثالثة
هي الكحولات التي لها الصيغة العامة التالية: $R-CH_2-OH$	هي الكحولات التي لها الصيغة العامة التالية: $R-CH(OH)-R'$	هي الكحولات التي لها الصيغة العامة التالية: $R-\underset{\underset{R''}{ }}{\overset{R'}{C}}-OH$
وفيها ترتبط مجموعة بذرة كربون (أولية) متصلة بذرتي هيدروجين ومجموعة الكليل أو بذرات هيدروجين.	وفيها ترتبط مجموعة الهيدروكسيل بمذرة كربون (ثانوية) متصلة بمذرة هيدروجين ومجموعتي الكليل.	وفيها ترتبط مجموعة الهيدروكسيل بمذرة كربون (ثالثة) متصلة بثلاث مجموعات الكليل.
ميثانول CH_3-OH إيثانول CH_3-CH_2-OH $(CH_3)_2CH-CH_2-OH$ 2-ميثيل 1-بروبانول	$CH_3-CH(OH)-CH_3$ 2-بروبانول $CH_3-CH(OH)-CH_2-CH_3$ 2-ميثيل 2-بيوتانول	$CH_3-\underset{\underset{CH_3}{ }}{\overset{CH_3}{C}}-OH$ 2-ميثيل 2-بروبانول

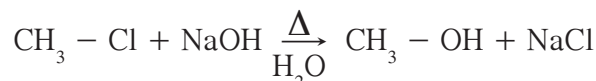
جدول (22)

تصنيف الكحولات بحسب نوع ذرة الكربون المرتبطة بمجموعة الهيدروكسيل

أعط مثلاً:



وضَّح للطلاب أنه يمكن الحصول على الكحولات أيضاً من خلال إمالة هاليدات الألكيل. تتفاعل مادة قاعدية مع هاليد الألكيل وتنتج كحولاً وملحاً. أعط مثلاً عن تحضير الميثانول. اشر للطلاب أن التحلل المائي لهاليدات الميثيل في وجود مادة قلووية مثل هيدروكسيد الصوديوم والتسخين ينتج الميثانول كما توضح المعادلة التالية:



4.2 مناقشة

تتميز الكحولات بدرجة غليان مرتفعة بالمقارنة مع درجة غليان الهيدروكربونات المقابلة لها في الكتلة المولية، وذلك بسبب قدرة الكحولات على تكوين روابط هيدروجينية بين جزيئاتها مثل جزيئات الماء. وضَّح للطلاب أن الكحولات مركبات ذات جزيئات قطبية، وتشكل مذبذباً عضوياً يُستخدم في الكثير من التفاعلات العضوية.

وضَّح للطلاب أن الكحولات هي من المركبات العضوية المهمة في الصناعة الكيميائية. اذكر أهم استخدامات الكحولات الشائعة. يحوّل معظم غاز الميثانول المنتج تجارياً إلى الفورمالدهايد (ميثانال) الذي يُستخدم في إنتاج اللدائن. يُعتبر الميثانول مذبذباً صناعياً يُستخدم في تصنيع الطلاء، ويُستخدم أيضاً كمانع لتجمّد الوقود في السيارات. اشر إلى أن الميثانول كحول سام، موضّحاً آثاره الجانبية التي تؤدي إلى الموت.

5.2 مناقشة

ناقش مع الطلاب الخواص الكيميائية للكحولات موضّحاً أن مجموعة الهيدروكسيل هي التي تحدّد الخواص الكيميائية للكحولات.

ذكر الطلاب بأن مجموعة الهيدروكسيل (OH-) تختلف عن أنيون الهيدروكسيد الذي يميّز القواعد في المحاليل المائية (نظرية أرهينيوس).

أضف أيضاً أن مجموعة الهيدروكسيل ترتبط برابطة تساهمية أحادية مع ذرّة الكربون، بينما يرتبط أنيون الهيدروكسيد برابطة أيونية مع كاتيون فلزي أو كاتيون الأمونيوم NH_4^+ .

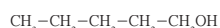
تناقش مع الطلاب حول أهميّة الروابط O - H و C - O القطبية. اشر إلى أن هذه الروابط تحدّد تفاعلات الكحولات موضّحاً أن تفاعلات الكحول مع الفلزّات وأكسديتها تتمّ عند الرابطة O - H كما أن تفاعلات إزالة الماء وإضافة الكلور والأسترة تتمّ عند الرابطة C - O.

مثال (1)

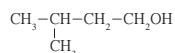
اكتب الصيغ التركيبية للمركب ذي الصيغة الجزيئية $\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}$ على أن تمثّل الصيغ التركيبية كحولات أولية. سمّ كلّ منها.

1. حل: صمّم خطة استراتيجية لحلّ السؤال.
الكحولات الأولية تمتاز باحتوائها على مجموعة (OH-) وتريد درجة غليانها كلما كانت السلسلة الرئيسة للمركب أطول.

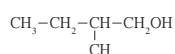
2. حل: طبق الخطة الاستراتيجية لحلّ السؤال.



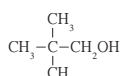
1 - بنتانول



3 - ميثيل - 1 - بيوتانول



2 - ميثيل - 1 - بيوتانول



2,2 - ثنائي الميثيل - 1 - بروبانول

3. قيم: هل النتيجة لها معنى؟

كلّ المركبات تحتوي على مجموعة CH_2OH أي كلّها كحولات أولية.

فقرة إثرائية

معلومات إضافية

التخثر هو عملية استخلاص الطاقة من تفاعلات الأكسدة والاختزال للمركبات الكيميائية (الكربوهيدرات). ويحدث التخثر بوجود مواد محفزة بيولوجية هي إنزيمات مثل البكتيريا والعفن والخميرة.

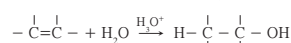
2. تحضير الكحولات Preparation of Alcohols

تُستعمل الكحولات بكميات كبيرة في الصناعات الكيميائية. تُستخدم الكحولات كمذيبات أو كمركبات وسطية في تحضير المركبات العضوية ولتصنيع الأدوية ومستحضرات التجميل وغيرها. يُعتبر الميثانول والإيثانول من أكثر الكحولات استعمالاً في الصناعة الكيميائية.

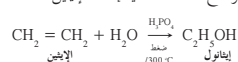
(أ) إمالة الألكينات Hydration of Alkenes

تُعتبر إمالة الألكينات من الطرق الحديثة التي تسمح بتحضير الكحولات.

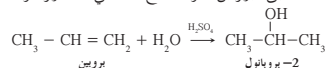
تتم إضافة الماء إلى الألكينات في وسط حمضي لإنتاج الكحولات ويعتمد نوع الكحول على مدى تماثل الألكين (قاعدة ماركونيكوف). كما توضح المعادلة التالية:



يحضر الإيثانول عند تفاعل الإيثين والماء تحت ضغط مرتفع ودرجة حرارة تساوي 300°C وبوجود حمض الكبريتيك أو حمض الفسفوريك كمادة محفزة. توضح المعادلة التالية إمالة الإيثين:

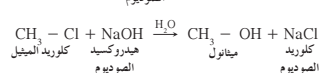
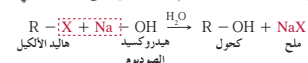


عند إضافة الماء إلى البروبين يكون الناتج الأساسي 2- بروبانول.



(ب) تميّز هاليدات الألكيل Hydrolysis of Alkyl Halides

تُحضّر الكحولات بتميّز هاليدات الألكيل المقابلة (RX) في وجود مادة قاعدية مثل هيدروكسيد الصوديوم والتسخين على النحو التالي:



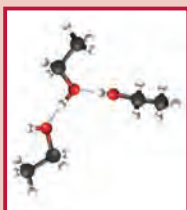
3. الخواص الفيزيائية والكيميائية

Physical and Chemical Properties

1.3 الخواص الفيزيائية للكحولات

Physical Properties of Alcohol

• عند مقارنة درجات غليان الكحولات بالهيدروكربونات المتقاربة معها في الكتل المولية، نجد أن درجات غليان الكحولات أعلى. ويعود ذلك إلى وجود مجموعة الهيدروكسيل القطبية التي تعمل على تكوين روابط هيدروجينية (شكل 19) بين جزيئاتها، بينما الهيدروكربونات مركبات غير قطبية وقوة التجاذب بين جزيئاتها ضعيفة.



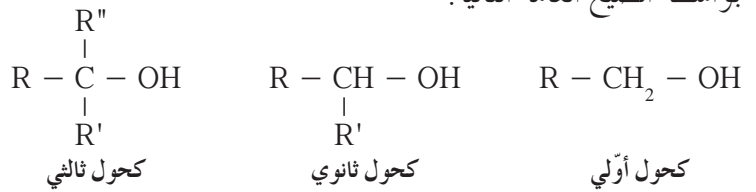
شكل (19)
الروابط الهيدروجينية بين جزيئات الإيثانول

وضّح الطلاب أنّه يمكن تقسيم التفاعلات إلى قسمين:

- تفاعلات تتشابه فيها الكحولات كلّها مثل التفاعل مع الفلزّات والأسطرة وإزالة الماء وإضافة الهالوجين.
- تفاعلات تختلف فيها الكحولات وهي تفاعلات الأكسدة حيث تتأكسد الكحولات الأولى والثانية بينما لا تتأكسد الكحولات الثالثة.

6.2 مناقشة

ناقش مع الطلاب تفاعلات الكحولات مع فلزّ الصوديوم موضّحاً أنّ الناتج من هذا التفاعل (غير الهيدروجين) يعطي محلولاً قاعدياً إذا أضيف إليه الماء والحصول على الكحول مرة أخرى (ص 79). عند مناقشة تفاعلات الأكسدة، ذكر الطلاب بتصنيف الكحول بواسطة الصيغ العامة التالية:

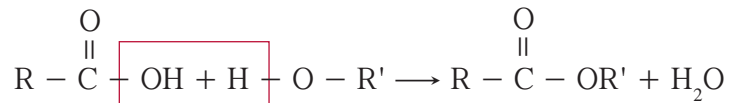


وضّح للطلاب أنّ وجود ذرّة الهيدروجين، المترابطة مع ذرّة الكربون المتّصلة بمجموعة الهيدروكسيل، يعطي الكحول خواصّ العامل المختزل الذي يسمح للكحول بالتأكسد. أشر للطلاب إلى أنّ أكسدة الكحولات الأولى تتمّ على مرحلتين، وأنّ النواتج هي على التوالي الألدهيد والحمض الكربوكسيلي. فسّر لهم أيضاً أنّ هذه الأكسدة يمكن التحكم بها لإنتاج الألدهيد من دون إكمال التفاعل لإنتاج الحمض، وذلك عند استخدام مادّة محفّزة مثل النحاس عند درجة الحرارة 300 °C.

وضح للطلاب أنّ أكسدة الكحولات الثانوية تنتج الكيتونات، ووضّح لهم أنّ هذا التفاعل يتوقّف عند إنتاج الكيتون لأنّ ذرّة الكربون المتّصلة بمجموعة الكربونيل لا ترتبط مع ذرّة هيدروجين. وضح للطلاب أنّ الكحولات الثالثة لا تتأكسد في الظروف العادية بسبب عدم وجود ذرّة هيدروجين أو أكثر مرتبطة مع ذرّة الكربون المتّصلة بمجموعة الهيدروكسيل.

7.2 مناقشة

تناقش مع الطلاب حول تفاعل الأسطرة موضّحاً الروابط التي تنكسر في خلال هذا التفاعل.

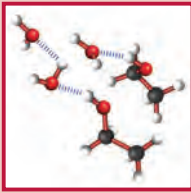


أخبر الطلاب أنّ الحمض الكربوكسيلي لا يتفاعل كحمض في تفاعل الأسطرة، لذلك لا يعطي كاتيون H_3O^+ . وضّح لهم أنّ الرابطة C-O في الحمض هي التي تنكسر بينما تنكسر الرابطة H-O في الكحول.

فسّر للطلاب أنّ تفاعلات الأسطرة تكون بطيئة عكسية، غير كاملة ولا حرارية (لا تتبادل الطاقة مع محيطها).

تناقش مع الطلاب حول تفاعل نزع الماء، ووضّح لهم أنّ التغيّر في ظروف التفاعل ينتج موادّ مختلفة، مشيراً إلى تفاعل نزع الماء الجزئي وتفاعل نزع الماء التام.

- تزداد درجات غليان الكحولات غير المتفرّعة والتي تحتوي على عدد مجموعات الهيدروكسيل نفسها بزيادة الكتلة المولية (جدول 23).
- تزداد درجة الغليان مع زيادة عدد مجموعات الهيدروكسيل في الجزيء، وذلك بسبب زيادة عدد الروابط الهيدروجينية التي يمكن للجزيء أن يكوّنها مع جزيئات كحول أخرى.
- تذوب الكحولات ذات الكتل المولية المنخفضة والتي تحتوي على ذرّة كربون أو ذرتين أو ثلاث ذرات بسهولة في الماء بسبب قدرتها على تكوين روابط هيدروجينية مع جزيئات الماء. وتقلّ الذوبانية في الماء بزيادة الكتلة المولية (أي بزيادة طول السلسلة الكربونية) لأنّ طول السلسلة الكربونية يقلّل من قطبية مجموعة الهيدروكسيل، وبالتالي لا تستطيع تكوين روابط هيدروجينية مع الماء (شكل 20).
- تزداد ذوبانية الكحولات في الماء مع زيادة عدد مجموعات الهيدروكسيل في الجزيء، وذلك بسبب زيادة عدد الروابط الهيدروجينية التي يمكن للجزيء أن يكوّنها مع جزيئات الماء.



شكل (20)
الروابط الهيدروجينية بين جزيئات الإيثانول وجزيئات الماء

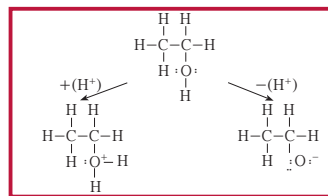
اسم الكحول	درجة الانصهار (°C)	درجة الغليان (°C)	الكثافة (kg/L)
ميثانول	-97.6	64.7	0.792
إيثانول	-114	78.3	0.789
1 - بروبانول	-126	97.2	0.804
1 - بيوتانول	-90	117.7	0.810
1 - هكسانول	-52	155.8	0.814

جدول (23)
درجات حرارة الانصهار والغليان والكثافة لبعض الكحولات.

2.3 الخواص الكيميائية للكحولات

Chemical Properties of Alcohols

- تميّز المجموعة الوظيفية هيدروكسيل في الكحولات بما يلي:
- الرابطة O-H قطبية تجعل من الكحول حمضاً ضعيفاً جداً.
- الرابطة C-O قطبية بحيث زوجا الإلكترونات غير المشاركة على ذرّة الأكسجين يجعلان الكحول قاعدة ضعيفة جداً (شكل 21).
- لذلك تنقسم تفاعلات الكحولات الكيميائية إلى:
- تفاعلات تنكسر فيها الرابطة التساهمية O-H.
- تفاعلات تنكسر فيها الرابطة التساهمية C-O.



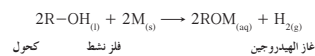
شكل (21)
الحمض البرافق والقاعدة المرافقة للإيثانول

(أ) التفاعلات على الرابطة O-H Bond

- استبدال الهيدروجين في مجموعة الهيدروكسيل

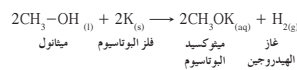
Substitution of Hydrogen in the Hydroxyl Group

تفاعل الكحولات مع الفلزّات النشطة (M) مثل (Na، K) وتحلّ ذرّة الفلزّ النشط محلّ هيدروجين مجموعة الهيدروكسيل، فيتكوّن ملح الكوكسيد الفلزّي (R-OM) ويتصاعد غاز الهيدروجين (H_2).

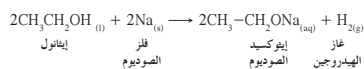


كحول فلز نشط غاز الهيدروجين

مثال:

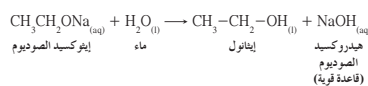


ميثانول فلز البوتاسيوم ميوكسيد البوتاسيوم غاز الهيدروجين



إيثانول فلز الصوديوم إيثوكسيد الصوديوم غاز الهيدروجين

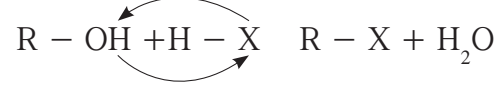
إذا أضفنا ناتج هذا التفاعل إلى وعاء يحتوي على الماء المقطر المضاف إليه عدّة نقاط من الفينولفثالين، يتغيّر لون المحلول إلى الزهري دالاً على أنّ الوسط قاعدي ويمكن الحصول على الكحول.



إيثوكسيد الصوديوم ماء إيثانول هيدروكسيد الصوديوم (قاعدة قوية)

ملاحظة: تسمى أملاح الكوكسيد الفلزّي (ROM) بحذف "يل" من شق الألكيل وإضافة "وكسيد" يليه اسم الفلز.

وضح للطلاب أن الكحولات تتفاعل مع هاليدات الهيدروجين لإنتاج هاليد الألكيل وماء كما توضح المعادلة التالية:



8.2 مناقشة

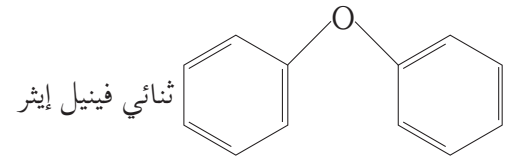
وضّح للطلاب أن الإيثرات مركّبات عضوية يرتبط فيها شقان عضويّان (ألكيل أو أريل) بذرة أكسجين. تُمثّل الإيثرات بالصيغة العامة $R - O - R'$.

تشكّل المجموعة أو كسي ($-O-$) المجموعة الوظيفية في الإيثرات.

تناقش مع الطلاب حول تسمية بعض الإيثرات البسيطة.

إذا كانت R و R' متشابهتين، يكون الاسم في هذه الحالة على الشكل التالي:

ثنائي اسم الألكيل إيثر أو ثنائي اسم الأريل إيثر.
 $CH_3 - O - CH_3$ ثنائي ميثيل إيثر



إذا كانت R و R' مختلفتين، يُراعى الترتيب الأبجدي العربي

$CH_3 - CH_2 - O - CH_3$ إيثيل ميثيل إيثر

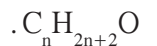
تناقش مع الطلاب حول تصنيف الإيثرات موضّحاً أنّ الإيثرات تُصنّف تبعاً للشقين العضويين المتصلين بمجموعة الأوكسي ($-O-$).

– إيثرات أليفاتية: R و R' مجموعتا ألكيل.

– إيثرات أروماتية: R و R' مجموعتا أريل.

– إيثرات مختلطة: عندما تكون R و R' ألكيل وأريل.

ملاحظة: تُعبّر الإيثرات والكحولات أيزوميرات للصيغة الجزيئية



9.2 مناقشة

أشّر للطلاب إلى أنّه يمكن تحضير الإيثرات بتفاعلات الاستبدال بين هاليدات الألكيل والألكوكسيدات.

ذكّر الطلاب بأنّ هذه الطريقة تُعرّف بتحضير وليامسون ويمكن استخدامها لتحضير الإيثرات المتماثلة وغير المتماثلة.

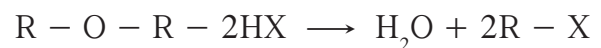
أشّر أيضاً أن الإيثرات المتماثلة يمكن تحضيرها بتسخين الكحول مع مادة نازعة للماء مثل حمض الكبريتيك H_2SO_4 المركز عند

درجة حرارة $140^\circ C$. أشّر إلى الطلاب أن الإيثرات مركّبات عضوية غير نشطة كيميائياً ويعود السبب إلى ثبات الرابطة الإيثرية التي تتأثر

بالعوامل المؤكسدة القوية ويصعب كسرها في الظروف العادية.

وضح للطلاب أن تفاعل الإيثرات بحاجة إلى طاقة عالية حيث

يسخن الإيثر بوجود حمض قوي لإنتاج هاليد الألكيل والماء كما توضح المعادلة:



• تفاعلات الأكسدة

تُعطي ذرة الهيدروجين المرتبطة بذرة الكربون المتصلة بمجموعة الهيدروكسيل خواصّ العامل المختزل للكحول، ما يسمح للكحول بأن تتأكسد تحت ظروف معيّنة. في هذا الدرس، سوف نركّز على تفاعلات الأكسدة المعتدلة حيث تتمّ الأكسدة من دون أن تنكسر السلسلة الكربونية. تتمّ تفاعلات الأكسدة على مجموعة الهيدروكسيل ويرتبط الناتج بنوع الكحول.

تتأكسد الكحولات الأولية والثانوية فقط ولا تتأكسد الكحولات الثالثية بالعوامل المؤكسدة. عند استخدام الأكسجين أو برمنجنات البوتاسيوم المحمّضة بحمض الكبريتيك المخفّف كعامل مؤكسد، لا يتوقّف التفاعل عند تكوين الألدهيد بل يستمرّ التفاعل حتى إنتاج الحمض الكربوكسيلي.

تعتمد عملية الأكسدة في الكحولات على ذرات الهيدروجين المرتبطة بذرة الكربون المتصلة بمجموعة ($-OH$).

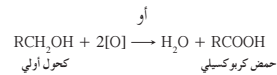
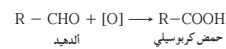
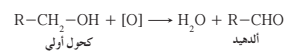
تتأكسد الكحولات الأولية ($R-CH_2-OH$) على مرحلتين بسبب ارتباط ذرة الكربون المتصلة بمجموعة الهيدروكسيل بذرتي هيدروجين. يتأكسد الكحول في المرحلة الأولى إلى الألدهيد. وإذا استمرّ الألدهيد في وسط التفاعل يتأكسد إلى الحمض الكربوكسيلي المقابل.

تتأكسد الكحولات الثانوية ($R-CH-OH$) على مرحلة واحدة بسبب ارتباط ذرة الكربون المتصلة بمجموعة الهيدروكسيل بذرة هيدروجين واحدة حيث يتأكسد إلى الكيتون المقابل.

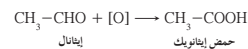
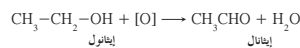
لا تتأكسد الكحولات الثالثية ($R-C-OH$) بسبب عدم ارتباط ذرة الكربون المتصلة بمجموعة الهيدروكسيل بذرة هيدروجين.

• أكسدة الكحولات الأولية

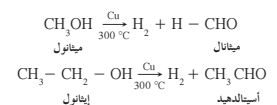
تتأكسد الكحولات الأولية بالعوامل المؤكسدة أو بالأكسجين على مرحلتين لوجود ذرتي هيدروجين مرتبطتين بذرة الكربون المتصلة بمجموعة الهيدروكسيل، حيث يتأكسد الكحول الأولي إلى الألدهيد المقابل والماء. وباستمرار الأكسدة يتأكسد الألدهيد إلى الحمض الكربوكسيلي المقابل.



مثال على ذلك:

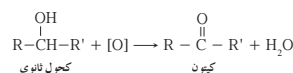


يمكن الحصول على الألدهيد من دون السماح للتفاعل بأن يتمّ كلياً لإنتاج الحمض الكربوكسيلي، وذلك بنزع الهيدروجين من خلال تمرير أبخرة الكحول الأولي على نحاس مسخنّ درجة حرارته $(300^\circ C)$.



• أكسدة الكحولات الثانوية

تتأكسد الكحولات الثانوية بالعوامل المؤكسدة أو بالأكسجين على مرحلة واحدة لوجود ذرة هيدروجين واحدة مرتبطة بذرة الكربون المتصلة بمجموعة ($-OH$) حيث يتأكسد الكحول الثانوي إلى الكيتون المقابل والماء.



10.2 مناقشة

اطلب إلى الطلاب تفحص الجدول (27) في كتاب الطالب ص 87. وضح للطلاب أن خواص الإيثرات الفيزيائية تتعلق بالمجموعة الوظيفية أو كسي (-O-)، حيث ترتبط ذرة الأكسجين بشقين عضويين R و R' (ألكيل أو أريل)، الأمر الذي لا يسمح للإيثرات بتكوين روابط هيدروجينية بين جزيئاتها. أشر إلى أن انخفاض درجة غليان الإيثرات يعود إلى عدم وجود الروابط الهيدروجينية في ما بينها.

أضف أيضاً أن ذوبانية الإيثرات في الماء منخفضة مقارنة مع الكحول، ولكنها قابلة للذوبان أكثر من الهيدروكربونات والهيدروكربونات الهالوجينية.

تناقش مع الطلاب حول استخدامات الإيثرات موضعاً أهمية هذه المركبات، بدءاً من ثنائي إيثيل إيثر الذي استخدم كمخدر في العام 1842، وصولاً إلى استخدامات الإيثرات في تحسين نسبة الأوكتان في وقود السيارات وكمذيبات في عدد من التفاعلات العضوية.

3. قيم وتوسع

1.3 تقييم استيعاب الطلاب للدرس

اطلب إلى الطلاب أن يكتبوا الصيغة العامة للكحولات في كل من الحالات التالية:

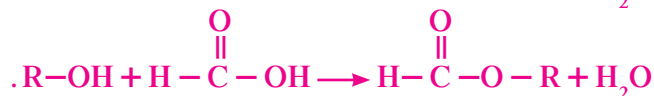
- كحول أولي يحتوي على مجموعة ألكيل. $R-CH_2OH$
- كحول أليفاتي ثانوي وكحول أليفاتي ثالثي.



كربونية أليفاتية.

اطلب إلى الطلاب أن يعطوا مثلاً على كل صيغة من الصيغ المذكورة أعلاه.

اختر كحولاً أحادياً أليفاتياً (أولي أو ثانوي أو ثالثي) واطلب إلى الطلاب كتابة معادلة التفاعل بين الكحول وفلتر الصوديوم. اختر كحولاً أحادياً أليفاتياً واطلب إلى الطلاب كتابة معادلة تفاعل الأسترة مع حمض الميثانويك.



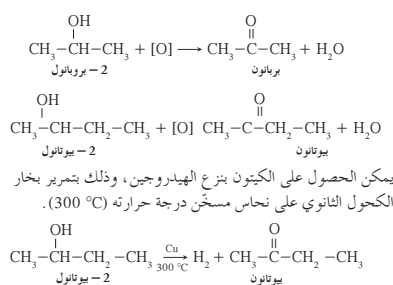
2.3 إعادة التعليم

للتأكد من استيعاب الطلاب الأفكار الرئيسة التي وردت في هذا الدرس، حلّ المثال التالي مع الطلاب على السبورة.

اكتب الصيغة التركيبية للكحولات التي لديها الصيغة $C_4H_{10}O$ (الأيزوميرات)، ثم سمّ كلّاً من الكحولات وحدّد نوعه (أولي، ثانوي، ثالثي) في الجدول أدناه.

[يمكن كتابة الصيغة $C_4H_{10}O$ على شكل $C_nH_{2n+1}OH$ ، ما يدل على أن

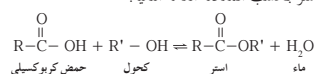
هذا الكحول أليفاتي.]



لا تتأكسد الكحولات الثالثية عند الظروف العادية لعدم وجود ذرة هيدروجين متصلة بذرة الكربون المتصلة بدورها بمجموعة الهيدروكسيل.

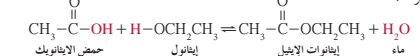
• تفاعل الأسترة Esterification Reaction

يتفاعل الكحول مع الحمض الكربوكسيلي لتكوين الأستر والماء، ويُسمى هذا التفاعل تفاعل الأسترة. يتم هذا التفاعل في وجود حمض الكبريتيك H_2SO_4 المركز كمادة محفزة لنزع الماء ومنع التفاعل العكسي. لأن التفاعل يتميز ببطءه وحدوثه في الاتجاهين (تفاعل عكسي) (شكل 22). يتكون الأستر بحسب المعادلة العامة التالية:



ملاحظة: تتم تسمية الأسترات بكتابة اسم الحمض (الشائع أو الأيونيك) مع استبدال المقطع «يك» بالمقطع «أت» يليه اسم شق الألكيل من الكحول.

مثال على ذلك، تفاعل حمض الإيثانويك والإيثانول لتكوين إيثانوات الإيثيل وماء:

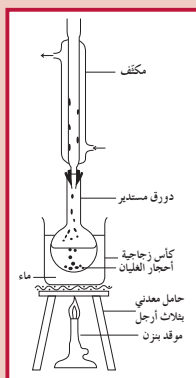


(ب) التفاعلات على الرابطة (C-O) Reactions on C-O Bond

• تفاعل نزع الماء Dehydration Reaction

طبقاً للظروف التي يحدث عندها التفاعل، هناك نوعان من نزع الماء تعتمد على درجة حرارة التفاعل. يمكن نزع عناصر الماء من الكحولات (مجموعة OH مع ذرة H) بتسخينها مع مادة نازعة للماء، مثل حمض الكبريتيك المركز، ويختلف الناتج طبقاً لظروف التفاعل.

82



شكل (22)
لتحضر الأسترات في المختبر.

فقرة إثرائية

علاقة الألبان بالبيئة

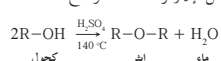
الميثانول كوقود

استخدم وقود الميثانول على نطاق واسع في وسائل النقل منذ اختراع محرك الاحتراق الداخلي (Internal Combustion Engine). ويستمر استخدامه حتى أيامنا هذه كبديل للوقود الذي يُشتق من النفط.

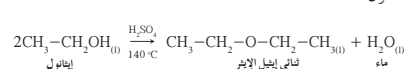
يُعتبر الميثانول وقود مثالي للنقل بسبب كثافة احتراقه وانخفاض تكلفته مقارنة بجميع أنواع الوقود الأخرى. عندما يحترق الوقود ينتج عدداً من النواتج الثانوية الضارة والسامة والتي يمكن إزالتها أو تخفيضها من خلال استبدال الوقود بالميثانول.

عندما يستهلك الميثانول كوقود تقلّ كثيراً انبعاثات الكربون غير المحترق وأول أكسيد الكربون. كما يقلل استهلاك وقود الميثانول بدرجة كبيرة انبعاثات أكاسيد النيتروجين. يحترق الميثانول من دون أن يتفاعل مع الجسيمات التي تؤدي إلى مشاكل تنفسية ورونية من مثل أمراض الربو.

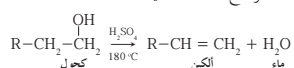
يتم تفاعل نزع الماء عند تسخين الكحول مع حمض الكبريتيك المركز كمادة نازعة للماء عند درجة حرارة 140°C . فعند تسخين الخليط يتم نزع مجموعة هيدروكسيل (OH) من جزيء الكحول وذرة هيدروجين (H) من هيدروكسيل (OH) جزيء كحول آخر فيتكون الإيثر والماء. ينتج من هذا التفاعل الإيثر والماء كما توضّح المعادلة التالية:



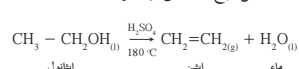
مثال على تفاعل نزع الماء من الإيثانول حيث يتم نزع الماء من جزيئين الكحول:



يتم تفاعل نزع الماء من جزيء الكحول نفسه عند تسخين الكحول مع حمض الكبريتيك المركز كمادة نازعة للماء عند درجة حرارة 180°C يتم نزع مجموعة الهيدروكسيل (OH) من ذرة كربون وذرة هيدروجين (H) من ذرة الكربون المجاورة في الكحول نفسه. ينتج من هذا التفاعل الألكين والماء كما توضّح المعادلة التالية:



مثال على ذلك تفاعل نزع الماء من الإيثانول:

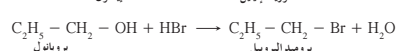
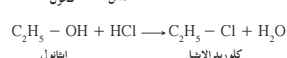
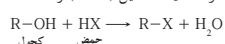


ملاحظة: ناتج التفاعل يتوقف على درجة حرارة التفاعل.

• التفاعل مع هاليدات الهيدروجين (HX)

Reaction with Hydrogen Halides

تتفاعل الكحولات مع هاليدات الهيدروجين (HI، HBr، HCl) سواء كانت غازات أو محاليل مائية، ويحلّ الهالوجين محلّ مجموعة الهيدروكسيل ويتكون هاليد الألكيل (R-X) والماء.



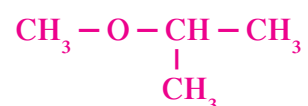
83

النوع	الاسم	الصيغة
أولي	1 - بيوتانول	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{OH}$
ثانوي	2 - بيوتانول	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \underset{\text{OH}}{\text{CH}} - \text{CH}_3$
أولي	2 - ميثيل 1 - بروبانول	$\text{CH}_3 - \underset{\text{CH}_3}{\text{CH}} - \text{CH}_2\text{OH}$
ثالثي	2 - ميثيل 2 - بروبانول	$\text{CH}_3 - \underset{\text{CH}_3}{\overset{\text{OH}}{\text{C}}} - \text{CH}_3$

هل يوجد مركبات أخرى، غير الكحولات، ذات الصيغة $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$ ؟

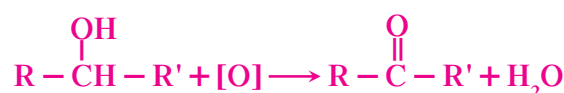
تعتبر الإثيرات أيزوميرات هيكلية ذات مجموعة وظيفية مختلفة للكحولات.

الصيغة العامة للإثيرات $\text{R} - \text{O} - \text{R}'$ مثل:

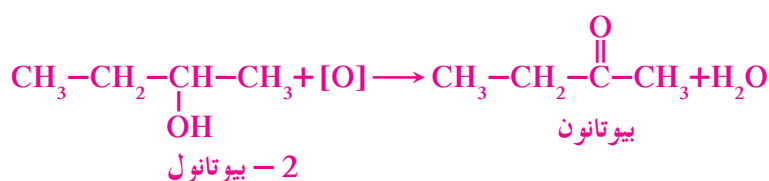


أي من الكحولات:

• يتأكسد ليعطي كيتوناً؟ اكتب معادلة تفاعل الأكسدة العامة مستخدماً الصيغ العامة للمركبات المتفاعلة والنتيجة.



في السؤال الأول، هناك كحول ثانوي واحد 2 - بيوتانول. لذلك، يتفاعل هذا الكحول لينتج البيوتانون كما توضح المعادلة التالية:



• لا يتأكسد؟ علّل إجابتك. [الكحولات الثالثية لا تتأكسد بسبب

عدم وجود ذرة هيدروجين مترابطة مع ذرة الكربون المتصلة بمجموعة الهيدروكسيل.

ليست الكحولات الثالثية عاملاً مختزلاً.



4. الإثيرات Ethers

الإثيرات Ethers هي مركبات عضوية تتميز باحتوائها على مجموعة الأوكسي $(-\text{O}-)$ كمجموعة وظيفية متصلة بشقين عضويين. تعرف الرابطة الإثيرية Ether Bond بالرابطة بين ذرة الكربون ومجموعة الأوكسي.

1.4 تسمية الإثيرات Nomenclature of Ethers

سنكتفي بالتسمية الشائعة حيث يُكتب اسم الشقين العضويين المرتبطين بذرة الأكسجين بترتيب أبجدي عربي ثم يُتبعان بكلمة "إثير". إذا كان الإثير غير متماثل. أما إذا كان متماثل، يكتب اسم الإثير بكتابة ثاني مع اسم الشق كما يُتبعان بكلمة "إثير" (جدول 24).
غير متماثل، أسماء الشقين بحسب الأبجدية + إثير.
متماثل، ثاني + اسم الشق + إثير.

الصيغة الكيميائية للإثير	الاسم الشائع
$\text{CH}_3 - \text{O} - \text{C}_2\text{H}_5$	إيثيل ميثيل إثير
$\text{CH}_3 - \text{O} - \text{CH}_3$	ثنائي ميثيل إثير
$\text{C}_3\text{H}_7 - \text{O} - \text{C}_2\text{H}_5$	إيثيل برومبيل إثير
$\text{C}_6\text{H}_5 - \text{O} - \text{C}_2\text{H}_5$	إيثيل فينيل إثير
$\text{C}_6\text{H}_5 - \text{O} - \underset{\text{CH}_3}{\text{CH}} - \text{CH}_3$	أيزوبروبيل فينيل إثير
$\text{C}_6\text{H}_5 - \text{O} - \text{C}_6\text{H}_5$	ثنائي فينيل إثير

جدول (24)
بعض الأسماء الشائعة للإثيرات

84

2.4 تصنيف الإثيرات Classification of Ethers

تُصنّف الإثيرات تبعاً لثمائل للشقين العضويين المتصلين بمجموعة الأوكسي أو تبعاً للشقين العضويين كما هو موضح في الجدولين (25) و (26).

إثيرات غير متماثلة $\text{R} - \text{O} - \text{R}'$	إثيرات متماثلة $\text{R} - \text{O} - \text{R}$
هي الإثيرات التي يكون فيها الشقان العضويان المرتبطان بمجموعة الأوكسي غير متماثلين (مختلفين).	هي الإثيرات التي يكون فيها الشقان العضويان المرتبطان بمجموعة الأوكسي متماثلين.
$\text{CH}_3 - \text{O} - \text{C}_2\text{H}_5$ $\text{C}_3\text{H}_7 - \text{O} - \text{C}_2\text{H}_5$ $\text{C}_6\text{H}_5 - \text{O} - \text{C}_2\text{H}_5$	$\text{C}_2\text{H}_5 - \text{O} - \text{C}_2\text{H}_5$ $\text{CH}_3 - \text{O} - \text{CH}_3$

جدول (25)
التصنيف بحسب تماثل الشقين العضويين

إثيرات ألفا	إثيرات أروماتية	إثيرات مختلطة
هي الإثيرات التي تكون فيها مجموعة الأوكسي متصلة بمجموعتي أريل (أريل).	هي الإثيرات التي تكون فيها مجموعة الأوكسي متصلة بمجموعتي فينيل (أريل).	هي الإثيرات التي تكون فيها مجموعة الأوكسي متصلة بمجموعة ألكيل من جهة ومجموعة فينيل (أريل) من جهة أخرى.
$\text{CH}_3 - \text{O} - \text{CH}_3$ $\text{C}_2\text{H}_5 - \text{O} - \text{C}_2\text{H}_5$ $\text{CH}_3 - \text{O} - \text{C}_2\text{H}_5$ $\text{C}_3\text{H}_7 - \text{O} - \text{C}_2\text{H}_5$	$\text{C}_6\text{H}_5 - \text{O} - \text{C}_6\text{H}_5$	$\text{C}_6\text{H}_5 - \text{O} - \text{C}_2\text{H}_5$

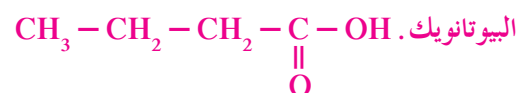
جدول (26)
التصنيف بحسب الشقين العضويين

85

• يتأكسد بشكل تام بوجود كمية وافرة من الأكسجين لإنتاج

حمض البيوتانويك؟ - 1 بيوتانول لأنه كحول أولي يتأكسد في

الخطوة الأولى لينتج البيوتانال (ألدهيد) الذي يتأكسد بدوره لينتج حمض

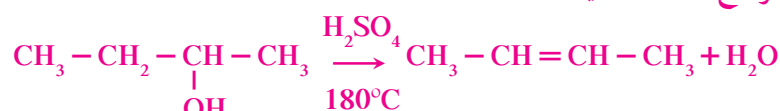


• يخضع لتفاعل إزالة الماء لينتج 2 - بيوتين؟ اذكر ظروف التفاعل

واكتب معادلة التفاعل مستخدماً الصيغ التركيبية.

عندما يخضع 2 - بيوتانول لتفاعل نزع الماء التام، ينتج الألكين مع الماء كما

توضّح المعادلة التالية:



2 - بيوتانول

2 - بيوتين

إجابات أسئلة الدرس 1-3

1. الصيغ العامة للكحولات:

$\text{R} - \text{OH}$ حيث تمثل R مجموعة ألكيل مشتقة من الألكان.

يسمى الكحول بإضافة "ول" إلى اسم الألكان الذي يحتوي

على العدد نفسه من ذرات الكربون. وإذا زاد عدد ذرات

الكربون عن 2، يجب تحديد موقع مجموعة الهيدروكسيل في

المركب.

الصيغة العامة للإثيرات:

$\text{R} - \text{O} - \text{R}'$ حيث تمثل R و R' مجموعتين مشتقتين من

الألكان. يمكن أن تكون المجموعتان مختلفتين أو متشابهتين.

R و R' متشابهتان: يكون الاسم على الشكل التالي:

ثنائي اسم الألكيل إثير.

R و R' مختلفتان: يُراعى الترتيب الأبجدي بالعربية لأسماء

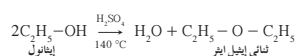
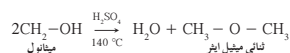
الألكيل.

Preparation of Ethers

3.4 تحضير الإثيرات

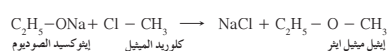
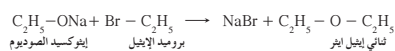
• تحضير الإثيرات المتماثلة

يتم ذلك بتسخين الكحول مع مادة نازعة للماء مثل حمض الكبريتيك (H_2SO_4) المركز لدرجة (140 °C) بحيث يتم نزع جزيء ماء من جزيئين كحول.



• طريقة وليامسون لتحضير الإثيرات المتماثلة وغير المتماثلة

يتم ذلك بتفاعل هاليد الألكيل ($\text{R} - \text{X}$) بالاستبدال مع الكوكسيد الصوديوم ($\text{R} - \text{ONa}$) بحيث يحل أنيون الألكوكسيد (RO^-) محل أنيون الهاليد (X^-).



4.4 الخواص الفيزيائية للإثيرات

Physical Properties of Ethers

• الإثيرات هي مركبات قطبية نظراً لوجود فرق في السالبية الكهربائية بين الكربون والأكسجين $\text{C} - \text{O} - \text{C}$ ولكن قطبيتها ضعيفة.

• الإثيرات شحيحة الذوبان في الماء، ولكن بعض الإثيرات البسيطة تذوب في الماء بسبب ارتباط هيدروجين الماء بأكسجين الإثير برابطة هيدروجينية ضعيفة.

• تقل ذوبانية الإثيرات في الماء بزيادة كتلتها الجزيئية.

• ذوبانية الإثيرات في الماء أقل من ذوبانية الكحولات.

• تتميز الإثيرات بدرجة غليان منخفضة نسبياً وذلك لأن جزيئات الإثيرات لا تحتوي على مجموعة الهيدروكسيل ($-\text{OH}$) لذا لا تنشأ بين جزيئات الإثير روابط هيدروجينية.

86

• عند مقارنة درجات غليان الإثيرات مع درجات غليان الألكانات المتقاربة معها في الكتل المولية نجد أن درجات غليان الإثيرات أعلى بسبب قطبية جزيئات الإثير.

• عند مقارنة درجات غليان الإثيرات مع درجات غليان الكحولات المتقاربة معها في الكتل المولية نجد أن درجات غليان الإثيرات أقل بسبب قدرة الكحولات على تكوين روابط هيدروجينية بين جزيئاتها (جدول 27).

الاسم	الصيغة التركيبية	الكتلة المولية (g/mol)	درجة الغليان (°C)
بروبان	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$	44	-42.1
ثنائي ميثيل إثير	$\text{CH}_3 - \text{O} - \text{CH}_3$	46	-23.7
الإيثانول	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{OH}$	46	78.3

جدول (27)

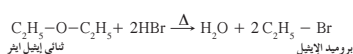
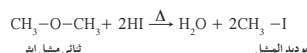
مقارنة بين درجة غليان ثنائي ميثيل الإثير والبروبان والإيثانول.

5.4 الخواص الكيميائية للإثيرات

Chemical Properties of Ethers

الإثيرات مركبات غير نشطة كيميائياً وأقل نشاطاً من الكحولات، فهي لا تتأثر بالعوامل المؤكسدة القوية. ويعود السبب في ذلك إلى ثبات الرابطة الإثيرية التي يصعب كسرها في الظروف العادية ($\text{C} - \text{O} - \text{C}$) ولضعف الخاصية القطبية بالإثيرات.

تتفاعل الإثيرات بكسر الرابطة الإثيرية، بحيث تنشطر الرابطة الإثيرية $\text{R} - \text{O} - \text{R}$ إذا سخن الإثير بشدة مع الأحماض القوية المركزة مثل حمض الهيدروبروميك HBr وحمض الهيدروبريديك HI .



Uses of Ethers

6.4 استخدامات الإثيرات

ثنائي إيثيل الإثير هو سائل متطاير (درجة غليانه 35 °C) ويُعتبر أول مخدر عام سبق استخدامه.

فقرة إنرائية

أكد طبيب أميركي عام 1842 أن كروفر لونغ Crawford Long أن الأطباء استخدموا ثاني إيثيل إثير لأكثر من قرن من الزمان، ولقد تم استبداله بعد ذلك بأنواع أخرى من مواد التخدير نظراً إلى قابليته الشديدة للاشتعال وتسميته الدوار في أغلب الأحيان. أحد مواد التخدير التي تُستخدم في الوقت الحالي هو الهالوثان وهو مركب هيدروكربوني هالوجيني. وتُستعمل الإثيرات أيضاً كمذيبات في التفاعلات العضوية. يُستخدم بيوتيل ثنائي ميثيل إثير كمحسّن لأوتكان الجازولين بدلاً من رباعي إيثيل الرصاص الذي ينبعث من احتراقه أكسيد الرصاص الملوث للبيئة.

مراجعة الدرس 3-1

1. اكتب الصيغ التركيبية العامة للكحولات والإثيرات الأليفاتية. كيف يمكنك تسمية هذه الجزيئات؟
 2. كيف يمكن مقارنة ذوبان الكحولات بالإثيرات وكذلك درجات غليانها؟ فسر إجابتك.
 3. اكتب أسماء الكحولات التالية بحسب قواعد IUPAC، وصنفها إلى كحولات أولية وثانوية وثالثية.
- (أ) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ (ب) $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_3\text{CHOH} \end{array}$ (ج) $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CCH}_3 \\ | \\ \text{OH} \end{array}$
4. اكتب الأسماء الشائعة للمركبات التالية.
- (أ) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHCH}_3$ (ب) $\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{CHCH}_2\text{OH} \\ | \\ \text{CH}_3 \end{array}$ (ج) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_3$ (د) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$
5. أكمل المعادلات التالية.
- (أ) $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{OH} + 2[\text{O}] \longrightarrow$ (ب) $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CHOH} + [\text{O}] \longrightarrow$ (ج) $2\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{OH} \xrightarrow[140^\circ\text{C}]{\text{H}_2\text{SO}_4}$

2. للإثيرات ذوبانية منخفضة في الماء، وذلك يعود إلى تكوين روابط هيدروجينية ضعيفة جداً مع هيدروجين الماء بسبب حجم مجموعات الألكيل التي تعيق ارتباط ذرة الأكسجين بذرة الهيدروجين. الإثيرات أقل ذوبانية من الكحولات في الماء. ونظراً إلى عدم قدرتها على تكوين روابط هيدروجينية بين جزيئاتها، تتميز الإثيرات بدرجة غليان منخفضة. أمّا الكحولات التي تكون روابط هيدروجينية بين جزيئاتها فتكون درجة غليانها مرتفعة.

3. (أ) 1 - بيوتانول أولي

(ب) 2 - بروبانول ثانوي

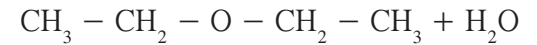
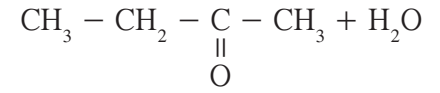
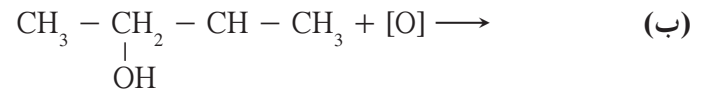
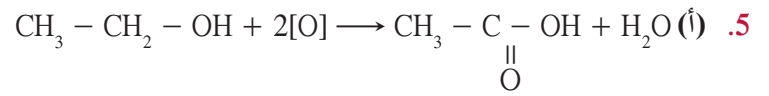
(ج) 2 - ميثيل - 2 - بيوتانول ثالثي

4. (أ) كحول البيوتيل الثانوي

(ب) كحول الإيزوبيوتيل

(ج) ثنائي إيثيل إثير

(د) بروبيل بيوتيل إثير



الدرس الأول
• الألدهيدات والكيوتونات
الدرس الثاني
• الأحماض الكربوكسيلية
والأمينات

شكّل الحصول على الغذاء المناسب أهم العوامل التي دفعت الإنسان إلى الخروج من الكهوف منذ بدء التكوين. ولا يزال الحصول على الغذاء من المشكلات التي تتفاقم مع ازدياد عدد السكان بسرعة فائقة. كانت مشكلة التغذية في بداية القرن العشرين تكمن في تزويد الفرد بكمية كافية من البروتينات والدهون والسكريات. أما في القرن الحالي، فباتت تكمن في خطورة التغذية غير الصحية.

تحتوي الكثير من الأطعمة الجاهزة والمعلّبة على مواد حافظة ضارة وخصوصاً الأطعمة التي يفضلها الأطفال (السكريات). لذلك، يجب أن نعي خطورة تلك المواد التي قد تسبب الكثير من الأمراض الخطيرة. من أهم المواد الحافظة التي تُستخدم في الأطعمة الجاهزة، نذكر:

- حمض البنزويك وأملّاحه وهو يُستخدم في عصائر الفاكهة.
- حمض السوربيك وأملّاحه وهو يُستخدم في المخلّلات.
- جلوتامات أحادي الصوديوم (MSG) وهو يُستخدم في مكعبات المرققة الجاهزة وبعض الصلصات الجاهزة، ويُعتبر من أهم المنكهات التي تُضاف إلى الأطعمة. أظهرت الدراسات أنّ هذه المادة تسبب الإدمان وخللاً في الجهاز العصبي مع مرور الوقت.

ما الذي يجمع بين هذه المواد وما الذي يميّز جزيئاتها؟



89

مجموعة الكربونيل والأمينات

دروس الفصل

الدرس 1-2: الألدهيدات والكيوتونات

الدرس 2-2: الأحماض الكربوكسيلية والأمينات

تعرّف الطلاب في الفصل الأول المجموعات الوظيفية بشكل عام، إذ عرّفوا المجموعة الوظيفية على أنها ذرة أو مجموعة ذرية مسؤولة عن الخواص الفيزيائية والكيميائية للمركبات العضوية.

سوف يتعرّف الطلاب في هذا الفصل مجموعة وظيفية جديدة، هي مجموعة الكربونيل $C=O$ ، حيث ترتبط ذرة الأكسجين وذرة الكربون برابطة تساهمية ثنائية (رابطة σ ورابطة π). وهذه المجموعات تتواجد في المركبات العضوية، وهي كالألدهيدات والكيوتونات والأحماض الكربوكسيلية والأسترات.

سوف يناقش الطلاب في هذا الدرس الخواص الكيميائية والفيزيائية لهذه المركبات والأمينات ويتعلّمون التمييز بينها ويكتشفون أيضاً أهميتها في الحياة اليومية من خلال استخداماتها.

وسينفذ الطلاب في هذا الفصل تجارب للتمييز بين الألدهيدات والكيوتونات.

استخدام الصورة الافتتاحية للفصل

دع الطلاب يتفحصون الصورة الافتتاحية للفصل. ناقش معهم دور المضافات الغذائية موضعاً أنّ هذه المواد تضاف إلى الأطعمة لكي تحافظ على نكهتها أو لتحسين مذاقها أو مظهرها.

وضّح للطلاب أنّ بعض هذه الإضافات يُستخدم منذ أزمنة بعيدة مثل الملح والخل.

اشرح للطلاب أنّ المضافات ليست من المكونات الطبيعية للأغذية. فهي مواد تُضاف إليها بهدف تحسين الحفظ والصفات الحسية أو الطبيعية أو للحد من تعريض المستهلك للتسمم وغيره من الأضرار الصحية نتيجة سوء حفظ الأغذية.

أخبر الطلاب أنّ المواد المضافة للأغذية يُرمز إليها أحياناً بالحرف E وإلى جانبه رقم. على سبيل المثال، يُرمز إلى مادة جلوتامات أحادي الصوديوم الموضحة في الصورة الافتتاحية للفصل بـ E621.

فسّر للطلاب أنّ مكّونات أغلبية هذه المضافات هي مركبات عضوية تمتاز بمجموعات وظيفية تؤثر بشكل أساسي على خواص المواد التي أضيفت إليها.

إجابة سؤال مقدّمة الفصل

[تنتمي المواد كلّها المذكورة في المقدّمة إلى الأحماض الكربوكسيلية أو إلى مشتقاتها. وتحتوي هذه المواد كلّها على مجموعة الكربونيل $C=O$].

خلفية علمية

المضافات الغذائية ورموزها

يستهلك الكثير من الناس الأغذية الجاهزة المعلّبة والعصائر وغيرها من المواد الغذائية. تُكتب عادةً المكّونات التي تدخل في صناعة هذه المواد على الملصقات الغذائية الخاصة بالمواد المستهلكة، ولكن معظم الناس لا يعرفون الإلم تدلّ تلك المكّونات وبخاصة عندما تكون مرمّزة.

عند قراءة مكّونات الغذاء المعلّب، يلاحظ تكرار حرف E مصاحباً لأرقام عن يمينه E.

يدلّ حرف E إلى وجود مواد مضافة إلى المنتج الغذائي المعلّب، وتدلّ الأرقام إلى نوع المضافات الغذائية التي استُخدمت في خلال تصنيع هذا المنتج. ويُستخدم الرمز بدلاً من الاسم العلمي الكيميائي المعقد لهذه المضافات.

قسّم الاختصاصيون في الصناعات الغذائية المضافات إلى عدّة أقسام منها:

- المواد الملوّنة: من E-100 إلى E-199
- المواد الحافظة: من E-200 إلى E-299
- المواد المضادة للأكسدة: من E-300 إلى E-399
- المواد المستحلبة: من E-400 إلى E-499

الأهداف:

- يميّز بين مجموعة الكربونيل في الألدهيدات والكيوتونات.
- يصف تفاعلات المركّبات التي تحتوي على مجموعة الكربونيل الوظيفية.

صفحات الطالب: من ص 90 إلى ص 101

صفحات الأنشطة: من ص 28 إلى ص 31

عدد الحصص: 3

1. قَدِّم وحفِّز

1.1 استخدام الصورة الافتتاحية للدرس

دع الطلاب يتفحصون الصورة الافتتاحية للدرس ويقرؤون الفقرة المرافقة لها، ثم وجه إليهم السؤال التالي:

• ما النكهات المفضلة لديكم عند شراء المثلّجات؟ [سوف تختلف الإجابات، ولكنّ البعض سوف يذكر نكهة الفانيليا أو نكهة اللوز أو غيرها.]

وضّح للطلاب أنّ المركّبات العضوية التي تحتوي على مجموعة

كربونيل $\text{C}=\text{O}$ هي المسؤولة عن هذه النكهات، على سبيل المثال: الفانيلين في الفانيليا والبنزالدهيد في اللوز والسينمالدهيد في القرفة.

أشر للطلاب إلى أنّ هذه المركّبات العضوية تنتمي إلى عائلة وتتألف من الألدهيدات أو الكيوتونات.

وضّح للطلاب أنّ الألدهيدات والكيوتونات تُستخدم في عدّة مجالات في حياتنا اليومية. على سبيل المثال:

– الفورمالدهيد (ميثانال) الذي يُعدّ أبسط الألدهيدات يُستخدم لحفظ العينات في مختبرات علم الأحياء، كما يُستخدم في إنتاج البلاستيك.

– الأسيتون (البروبانون) الذي يُعدّ من أبسط الكيوتونات يُستخدم في تركيب بعض مزيلات طلاء الأظافر.

1.2 اختبار المعلومات السابقة لدى الطلاب

ذكر الطلاب بالمركّبات العضوية المشبعة حيث تتصل ذرات الكربون بروابط تساهمية أحادية فحسب (روابط سيجما σ)،

وبالمركّبات العضوية غير المشبعة حيث تتواجد روابط تساهمية ثنائية (رابطة سيجما σ ورابطة باي π) أو روابط تساهمية ثلاثية (رابطة سيجما σ ورابطتا باي π).

الألدهيدات والكيوتونات Aldehydes and Ketones

الدرس 1-2

الأهداف العامة

- يميّز بين المجموعة الكربونيل في الألدهيدات والكيوتونات.
- يصف تفاعلات المركّبات التي تحتوي على مجموعة الكربونيل الوظيفية.



شكل (23)

تحتوي المثلّجات على مادة الفانيلين.

ما هي النكهة المفضلة لديك، السينمالدهيد أم الفانيلين؟ على الرغم من أنّ هذه النكهات توحى بأنّها تُستخدم في أفلام الخيال العلمي، إلّا أنّك تناولت هذه الجزيئات العضوية في مناسبات كثيرة من دون شك (شكل 23). تُسمّى هذه الجزيئات الألدهيدات وهي، إلى جانب المركّبات الكربونيلية الأخرى، تمتلك استخدامات عديدة في حياتنا اليومية على الرغم من أنّ أسمائها غير مألوفة بالنسبة إلينا.



شكل (24)

خفساء الماء تفرز مادة كيميائية، هي من الألدهيدات، للدفاع عن نفسها ولحفظ مكانتها ضمن مجموعاتها.

1. **الألدهيدات والكيوتونات Aldehydes and Ketones**
تعلّمت في الدرس السابق أنّ الكحولات تحتوي على ذرة أكسجين مرتبطة بذرة كربون مشبعة في شقّ عضوي وبذرة هيدروجين، وأنّ ذرة الأكسجين في الإثير تكون مرتبطة بشقين عضويين (الكيل أو أريل).
تتكوّن مجموعة الكربونيل Carbonyl Group من ذرة كربون وذرة أكسجين مرتبطتين برابطة ثنائية تساهمية وهي مجموعة وظيفية في الألدهيدات والكيوتونات.
الألدهيدات والكيوتونات مركّبات واسعة الانتشار في الطبيعة بحيث تتواجد في الكربوهيدرات وفي بعض الهرمونات وفي بعض الحشرات والحيوانات (شكل 24).

وجه إلى الطلاب الأسئلة التالية:

- ما الذي يميز المجموعات الوظيفية في الهيدروكربونات الهالوجينية والكحولات والإثيرات؟

[ترتبط ذرة الكربون بالمجموعة الوظيفية بواسطة رابطة تساهمية أحادية



- بم تتميز الخواص الكيميائية لهذه المركبات؟ **[تخضع مركبات هذه**

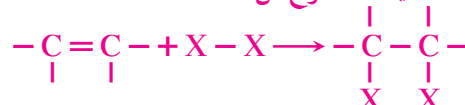
المجموعات الوظيفية لتفاعلات الاستبدال.]

- بم تتميز المركبات العضوية التي تحتوي على رابطة تساهمية

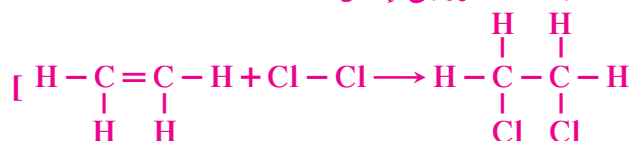
ثنائية (رابطة σ ورابطة π)؟ أعط مثالاً. **[تتميز المركبات التي**

تحتوي على رابطة تساهمية ثنائية بتفاعلات الإضافة.]

توضح المعادلة التالية هذا النوع من التفاعلات:



مثال: إضافة الكلور إلى الإيثين:



2. علم وطبق

1.2 مناقشة

وضّح للطلاب أنّ الألدهيدات والكيونات مركّبات عضوية تتميز

بوجود مجموعة الكربونيل $\begin{array}{c} O \\ || \\ C \end{array}$ - في جزيئاتها.

اشرح للطلاب أنّ الألدهيدات والكيونات أيزوميرات وظيفية.

فسّر لهم أنّ الألدهيدات هي مركّبات عضوية تكون فيها ذرة كربون مجموعة الكربونيل متّصلة دائماً بذرة هيدروجين واحدة على الأقلّ،

وأنّ الصيغة العامة للألدheid هي $\begin{array}{c} O \\ || \\ R-CHO \end{array}$ أو $\begin{array}{c} O \\ || \\ R-C-H \end{array}$

وضّح لهم أيضاً أنّ الكيونات هي مركّبات عضوية تكون فيها ذرة كربون مجموعة الكربونيل متّصلة بذرتي كربون والصيغة العامة

للكيتون هي $\begin{array}{c} O \\ || \\ R-C-R' \end{array}$ أو $RCOR'$.

وضّح للطلاب أنّ المجموعتين R و R' يمكن أن تكونا متماثلتين أو مختلفتين.

الألدهيدات Aldehydes هي مركّبات عضوية تكون فيها ذرة كربون مجموعة الكربونيل طرفية (متّصلة بذرة هيدروجين واحدة على الأقلّ) وتكون صيغتها التركيبية العامة على الشكل التالي:



الكيونات Ketones هي مركّبات عضوية تكون فيها ذرة كربون مجموعة الكربونيل غير طرفية (متّصلة بذرتي كربون) وتكون صيغتها التركيبية العامة على الشكل التالي:



ملاحظة: المجموعتان R و R' يمكن أن تكونا متماثلتين أو مختلفتين ولكن لا يمكن أن تكون R أو R' ذرة هيدروجين في الكيتون.

تشارك الألدهيدات والكيونات الأليفاتية في الصيغة الجزيئية العامة $(C_nH_{2n}O)$. كما أنّ الألدهيدات أنشط من الكيونات كيميائياً ذلك لارتباط مجموعة الكربونيل بذرة هيدروجين.

2. تسمية الألدهيدات والكيونات

Nomenclature of Aldehydes and Ketones

1.2 تسمية الألدهيدات

Aldehyde Nomenclature

Common Nomenclature

(أ) التسمية الشائعة

يُشتق اسم الألدheid الشائع من الاسم الشائع للحمض الكربوكسيلي المقابل له حيث يحلّ المقطع "الدهيد" محلّ المقطع الأخير من اسم الحمض "يك" (جدول 28).

صيغة الحمض الكربوكسيلي	الاسم الشائع للحمض الكربوكسيلي	صيغة الألدheid	الاسم الشائع للألدheid
H-COOH	حمض الفورميك	HCHO	الفورمالدهيد
CH ₃ -COOH	حمض الأسيتيك	CH ₃ CHO	الأسيتالدهيد
 -COOH	حمض البنزويك	 -CHO	البنزالدهيد

جدول (28)
الأسماء الشائعة لبعض الألدهيدات

(ب) التسمية بحسب نظام الأيوباك IUPAC Nomenclature Based on

- تسمية الألدهيدات ذات السلسلة الكربونية غير المتفرّعة

يُسمّى الألدheid بإضافة المقطع "ال" إلى اسم الألكان المقابل الذي يحتوي على عدد ذرات الكربون نفسه (جدول 29).

الصيغة الكيميائية للألدheid	الاسم بحسب نظام الأيوباك
H-CHO	ميثانال
CH ₃ -CHO	إيثانال
C ₂ H ₅ -CHO	بروبانال
C ₃ H ₇ -CHO	بيوتانال
C ₄ H ₉ -CHO	بنتانال
C ₅ H ₁₁ -CHO	هكسانال

جدول (29)

الأسماء بحسب قواعد IUPAC لبعض الألدهيدات غير المتفرّعة

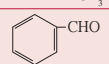
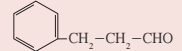
لماذا لا يُعتبر الترقيم ضرورياً عند تسمية الألدهيدات غير المتفرّعة؟

- تسمية الألدهيدات ذات السلسلة الكربونية المتفرّعة

يتم اختيار أطول سلسلة كربونية متّصلة بدايتها مجموعة الألدheid (-CHO).

ترقّم ذرات الكربون في السلسلة الكربونية بدءاً من ذرة كربون مجموعة الكربونيل (رقم 1).

تُحدّد مواضع المجموعات البديلة (الشقوق العضوية)، تُكتب التفرّعات بترتيب أبجدي العربي ثم يُكتب اسم الألكان المقابل للسلسلة ويُضاف إليه المقطع "ال" (جدول 30).

الصيغة الكيميائية للألدheid	الاسم بحسب نظام الأيوباك
$\begin{array}{c} CH_2-CHO \\ \\ CH_3-CH_2-CH-CH_2-CH_3 \end{array}$	3 - إيثيل بنتانال
$\begin{array}{c} C_2H_5 \\ \\ CH_3-CH-CH_2-CH-CHO \\ \\ CH_3 \end{array}$	2, 4 - ثنائي ميثيل هكسانال
 -CHO	فينيل ميثانال
 -CH ₂ -CH ₂ -CHO	3 - فينيل بروبانال

جدول (30)

الأسماء بحسب قواعد IUPAC لبعض الألدهيدات المتفرّعة

2.2 مناقشة

اطلب إلى الطلاب تفحص الجداول (28)، (29) و(30) في كتاب الطالب ص 91 و 92.

أشر للطلاب أن للألدهيدات أسماء شائعة وأسماء نظامية تبعاً لنظام IUPAC.

فسر للطلاب أن مجموعة الكربونيل تتواجد دائماً على طرف السلسلة الكربونية R وتكون ذرة الكربون لمجموعة الكربونيل متصلة دائماً بذرة هيدروجين. وعندما تكون السلسلة الكربونية R تحتوي على مجموعة بديلة، تأخذ ذرة الكربون لمجموعة الكربونيل الرقم 1 (أي أن الترقيم يبدأ من طرف السلسلة المتصل بالمجموعة الوظيفية).

أشر أيضاً أن للكيتونات أسماء شائعة وأسماء نظامية تبعاً لنظام IUPAC. وضح للطلاب أن ترقيم ذرات الكربون في السلسلة الكربونية للكيتونات يبدأ من الطرف الأقرب إلى مجموعة الكربونيل. اطلب إلى الطلاب تفحص الجدول (31) و (32) و (33) في كتاب الطالب ص 93 و 94.

وضح للطلاب أن الألدهيدات والكيتونات تُقسّم إلى نوعين: أليفاتية وأروماتية تبعاً للمجموعة R. أشر للطلاب إلى أن هذا الدرس سيركّز على الألدهيدات والكيتونات الأليفاتية. أشر للطلاب أن الصيغ العامة للألدهيدات والكيتونات الأليفاتية هي على التوالي:



أما الصيغ العامة للألدهيدات والكيتونات الأروماتية هي على التوالي:

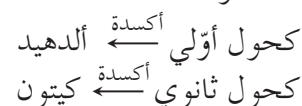


3.2 مناقشة

وضح للطلاب أن الألدهيدات والكيتونات تُعتبر من المركبات العضوية المهمة في الصناعات الكيميائية. أشر للطلاب إلى أن عدداً كبيراً من المواد الطبيعية يحتوي على هذه المركبات. أشر أيضاً للطلاب إلى أن هذه المركبات مسؤولة إلى حد ما عن المذاق والعطر في عدة مواد غذائية، كما أنها تدخل في عدة عمليات في الكيمياء الحيوية: الهرمونات والفيتامينات وغيرها. يُعتبر الميثانال والإيثانال والبروبانول من أهم هذه المركبات وتنتج منها كميات كبيرة.

وضح للطلاب أن أهم الطرق المتبعة في تحضير هذه المركبات هي التالية:

• أكسدة الكحولات:



ذكر الطلاب بأن هنالك عدة عمليات أكسدة مثل:

استخدام عامل مؤكسد مثل برمنجنات البوتاسيوم KMnO_4 وثنائي كرومات البوتاسيوم $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ أو نزع الهيدروجين بوجود مادة محفزة.

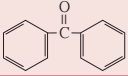
2.2 تسمية الكيتونات

Nomenclature of Ketones

Common Nomenclature

(أ) التسمية الشائعة

يُكتب اسم الشقين العضويين المرتبطين بمجموعة الكربونيل بترتيب أبجدي عربي ثم تُضاف إليهما كلمة "كيتون" (جدول 31).

صيغة الكيتون	الاسم الشائع للكيتون	الاسم الشائع الآخر
$\text{CH}_3 - \text{CO} - \text{CH}_3$	ثنائي ميثيل كيتون	الأسيتون
$\text{CH}_3 - \text{CO} - \text{C}_2\text{H}_5$	إيثيل ميثيل كيتون	
	فينيل ميثيل كيتون	الأسيتوفينون
	ثنائي فينيل كيتون	البنزوفينون

جدول (31)

الأسماء الشائعة لبعض الكيتونات

(ب) التسمية بحسب نظام الأيوباك IUPAC Based on

• تسمية الكيتونات ذات السلسلة الكربونية غير المتفرعة

يُسمى الكيتون بإضافة المقطع "ون" إلى اسم الألكان المقابل الذي يحتوي على عدد ذرات الكربون نفسه مع ترقيم السلسلة الكربونية (بدءاً من 5 ذرات كربون) من الطرف الأقرب إلى مجموعة الكربونيل (بحيث تأخذ أصغر رقم) (جدول 32).

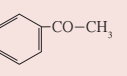
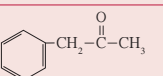
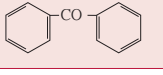
صيغة الكيتون	الاسم بحسب نظام الأيوباك
$\text{CH}_3 - \text{CO} - \text{CH}_3$	بروبانون
$\text{CH}_3 - \text{CO} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$	بيوتانون
$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CO} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$	3 - بنتانون
$\text{CH}_3 - \text{CO} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$	2 - بنتانون
$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CO} - \text{CH}_3$	2 - هكسانون

جدول (32)

الأسماء بحسب قواعد IUPAC للكيتونات غير المتفرعة

• تسمية الكيتونات ذات السلسلة الكربونية المتفرعة

يتم اختيار أطول سلسلة كربونية متصلة وتكون فيها مجموعة الكربونيل وتشكل السلسلة الرئيسية. تُرقم ذرات الكربون في السلسلة الكربونية من الطرف الأقرب إلى مجموعة الكربونيل. تُحدد مواضع التفرعات، وتُكتب التفرعات بترتيب أبجدي عربي، ثم يُحدد موضع مجموعة الكربونيل ويُكتب اسم الألكان المقابل للسلسلة ثم يُضاف إليه المقطع "ون" (جدول 33).

صيغة الكيتون	الاسم بحسب نظام الأيوباك
$\begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 - \text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{CH}_3 \\ \\ \text{O} \end{array}$	4 - ميثيل - 2 - هكسانون
$\begin{array}{c} \text{C}_2\text{H}_5 \quad \text{O} \\ \quad \\ \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{C} - \text{CH} - \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	2, 4 - ثنائي ميثيل - 3 - هكسانون
	فينيل إيثانون
	فينيل بروبانون
	ثنائي فينيل ميثانون

جدول (33)

الأسماء بحسب قواعد IUPAC للكيتونات المتفرعة

4.2 مناقشة

وضّح للطلاب أنّ درجات غليان الألكدهيدات والكيتونات أعلى من درجات غليان الهيدروكربونات والإثيرات المقابلة لها في الكتلة المولية، وذلك بسبب قطبية مجموعة الكربونيل.

فسر للطلاب أيضًا أنّ درجات غليان الألكهيدات والكيونات أقلّ من درجات غليان الكحولات المقابلة لها في الكتلة المولية، وذلك بسبب عدم قدرة الألكهيدات والكيونات على تكوين روابط هيدروجينية بين جزيئاتها.

أشهر للطلاب أنّ ذوبانية الألدهيدات والكيونات تنخفض عندما تطول السلسلة، أيّ عندما تزداد الكتلة المولية. لذلك، للألدهيدات والكيونات الخفيفة درجة ذوبان عالية، ويعود السبب في ذلك إلى قدرة هذه المركّبات على تكوين بعض الروابط الهيدروجينية مع جزيئات الماء، وتقلّ هذه الروابط مع ازدياد الكتلة المولية لأنّ طول السلسلة الكربونية يعيق تكوّنها.

1. تحضير الألدهيدات والكيٲونات

Preparation of Aldehydes and Ketones

تعتبر المركبات الكربونية (الألدهيدات والكيونات) من المركبات العضوية المهمة في الصناعات الكيميائية وبخاصة الميثانال والإيثانال والبروبانول التي ينتج منها كميات كبيرة.

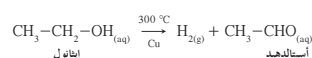
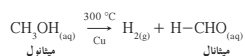
من أهم الطرق المتبعة في تحضير هذه المركبات هي التالية:

- أكسدة الكحولات، تعطى أكسدة الكحولات الأولية الألدهيدات وتعطي أكسدة الكحولات، تعطى الكحولات الثانوية الكيونات.

(أ) تحضير الألددهيدات من خلال أكسدة الكحولات الأولية

Preparation of Aldehydes by Oxidation of Primary Alcohol

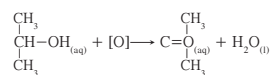
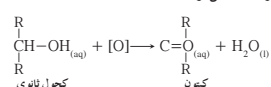
وذلك بإمرار بخار الكحول الأولي على نحاس مسخن لدرجة (300 °C)، يتحول الكحول الأولي إلى الألدهيد المقابل ويتصاعد غاز الهيدروجين.



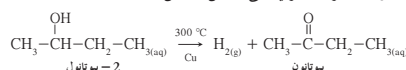
(ب) تحضير الكيتونات من خلال أكسدة الكحولات الثانوية

Preparation of Ketones by Oxidation of Secondary Alcohol

• تتأكسد الكحولات الثانوية بالعوامل المؤكسدة أو بالأكسجين ويتكون الكيتون المقابل والماء.



• يمكن الحصول على الكيتون وذلك بنزع الهيدروجين وذلك بإمرار أبخرة الكحول الثانوي على نحاس مسخن لدرجة (300 °C).



5. الخواصّ الفيزيائية والكيميائية

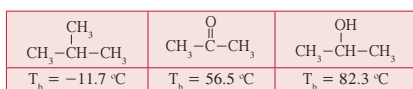
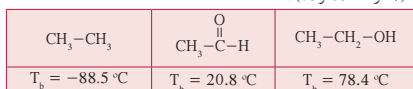
Physical and Chemical Properties

1.5 خواص الفيزيائية للكربونيل والكيونول

جميع الألهيدات والكيتونات توجد في الحالة السائلة عند درجة حرارة الغرفة ما عدا الفورمالدهيد (شكلا 25) فهو غاز .

• مجموعة الكربونيل في الألدهيدات والكيونات قطبية لوجود فرق في السالية الكهربية بين الكربون والأكسجين.

♦ درجات غليان الألكهيدات والكيونات أعلى من درجات غليان الهيدروكربونات والإثيرات المقاربة لها في الكتل المولية بسبب احتواء الألكهيدات والكيونات على مجموعة الكربونيل القطبية (جدولان 63 و 73).

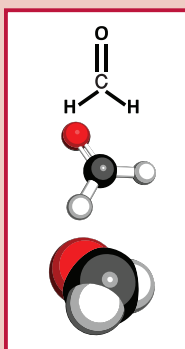


جدول (36)

مقارنة بين درجات غليان الكحول والألدهيد والكيون والهيدروكربون من الكتلة المولية المتقاربة.

♦ درجات غليان الألدهيدات والكيونات أقل من درجات غليان الكحولات المقاربة لها في الكتل المولية ويعود ذلك إلى عدم قدرة الألدهيدات والكيونات على تكوين روابط هيدروجينية بين جزيئاتها، بينما تستطيع الكحولات تكوين روابط هيدروجينية بين جزيئاتها (بين بعضها البعض) لاحتوائها على مجموعة الهيدروكسيل القطبية.

تذوب اللامبيدات والكيوتونات ذات الكتل المولية المنخفضة (تحتوي على أقل من 4 ذرات كربون) في الماء بنسب مختلفة، كما تذوب على تكوين روابط هيدروجينية بين جزيئاتها وجزيئات الماء، ونقل الذوبانية بزيادة الكتلة المولية لها أي بزيادة عدد ذرات الكربون في الجزيء.

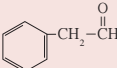


شكل (25)
الفومالدهيد أو الميثانال هو أبسط ألدهيد.

3. تصنيف الألدھيدات والكيتونات

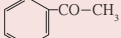
Classification of Aldehydes and Ketones

تنقسم الأدهيدات إلى نوعين تبعاً لنوع الشقوق العضوية المرتبطة بمجموعة الكربونيل كما يوضح الجدول (34).

ألدهيدات أروماتية Ar-CHO	ألدهيدات الأليفاتية R-CHO
هي مركبات عضوية تحتوي على مجموعة الألدهيد -CHO متصلة مباشرة بشق فينيل . الصيغة العامة: Ar - CHO وإذا لم ترتبط مجموعة الألدهيد مباشرة بحلقة البنزين يكون الألدهيد الأليفاتي .	هي مركبات عضوية تحتوي على مجموعة الألدهيد -CHO متصلة بذرة هيدروجين أو بشق الألكيل . الصيغة العامة: R - CHO
	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{H}$ $\text{H}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{H}$  $\text{CH}_3-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{H}$

جدول (34)
تصنيف الألبهيدات

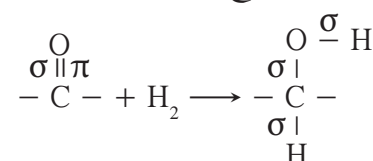
تتقسم الكيتونات إلى نوعين تبعاً لنوع الشقوق العضوية المرتبطة بمجموعة الكربونيل كما يوضح الجدول (35).

Ar-CO-Ar Ar-CO-R	R-CO-R كيتونات الألفائية
هي مركبات عضوية تحتوي على مجموعة كربونيل متصلة بشقي فينيل أو بشق فينيل وشق الكيل.	هي مركبات عضوية تحتوي على مجموعة كربونيل متصلة بشقي الكيل.
	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CO}-\text{CH}_3 \\ \text{CH}_3-\text{CO}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \\ \text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}_2-\text{CO}-\text{CH}_3 \end{array}$

جدول (35)
تصنيف الكيماويات

5.2 مناقشة

فسّر للطلاب أنّ مجموعة الكربونيل في الألدهيدات والكيوتونات تمنح هذه المركبات العضوية خواصّ كيميائية مشتركة كتفاعلات الإضافة. ذكر الطلاب بأنّ الرابطة التساهمية الثنائية التي تربط ذرّة الكربون بذرّة الأكسجين في مجموعة الكربونيل تتألف من رابطة σ قوية ورابطة π ضعيفة. لذلك، تستجيب الألدهيدات والكيوتونات لتفاعلات الإضافة. ذكر الطلاب بأنّ هدرجة الألدهيدات والكيوتونات بوجود مادة محفزة كفلزّ النيكل Ni تنتج كحولاً أولياً وثانوياً على التوالي. استخدم المعادلة التالية لتوضيح تفاعل الهدرجة:



وضّح للطلاب أنّ الرابطة باي π تنكسر لتنتج رابطتين σ تسمحان لذرتيّ الهيدروجين بالترابط مع ذرّة الكربون وذرّة الأكسجين في مجموعة الكربونيل.

وضّح للطلاب أنّ وجود ذرّة هيدروجين متّصلة بذرّة كربون

في مجموعة الكربونيل $\text{C}=\text{O}-\text{H}$ يجعل من الألدهيدات عوامل مختزلة بينما لا تملك الكيوتونات هذه الخاصية.

لذلك، تتأكسد الألدهيدات بوجود عوامل مؤكسدة، أمّا الكيوتونات فلا تتأكسد.

وضّح للطلاب أنّ هذه الخاصية تساعد في التمييز بين الألدهيدات والكيوتونات.

أشّر للطلاب إلى أنّ تفاعلات الأكسدة يمكن أن تُستخدم في الصناعة (صناعة المرايا) كما أنّها تُستخدم مخبرياً للتمييز بين الكيوتونات والألدهيدات. وضّح للطلاب أنّ محلولي فهلنج وتولن هما الأكثر استخداماً للتمييز بين الكيوتونات والألدهيدات في المختبر.

6.2 مناقشة

اطلب إلى الطلاب ملاحظة الشكل (28) الذي يوضّح أنّ حبّات الفانيليا الموجودة في غلاف بذور هذا الأوركيد هي المصدر الطبيعي لطعم الفانيليا الذي يدخل في تحضير المثلجات وأنواع الأطعمة الأخرى.

الفت انتباه الطلاب إلى وجود الكثير من الألدهيدات والكيوتونات التي يمكن فصلها واستخدامها من النباتات والحيوانات وبخاصّة تلك التي لها كتل مولية كبيرة، حيث إنّها تتّصف بروائح أروماتية نفّاذة.

المركب	الصيغة التركيبية	الكتلة المولية (g/mol)	درجة الغليان (°C)	ملاحظات
ميثان	CH_4	16	-161	لا توجد روابط هيدروجينية أو تجاذبات قطبية - قطبية
ميثانال	$\text{HC}-\text{H}$	30	-21	توجد تجاذبات قطبية - قطبية
ميثانول	CH_3-OH	32	64.7	توجد روابط هيدروجينية
إيثان	CH_3-CH_3	30	-88.5	لا توجد روابط هيدروجينية أو تجاذبات قطبية - قطبية
إيثانال	$\text{CH}_3-\text{C}-\text{H}$	44	20.8	توجد تجاذبات قطبية - قطبية
إيثانول	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{OH}$	46	78.4	توجد روابط هيدروجينية

جدول (37)

درجات غليان بعض المركبات التي تحتوي على ذرّة كربون واحدة أو ذرتين.

2.5 الخواص الكيميائية للألدهيدات والكيوتونات

Chemical Properties of Aldehydes and Ketones

تتميّز البنية الإلكترونية لمجموعة الكربونيل بما يلي:

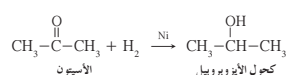
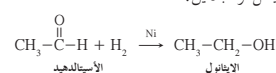
- وجود رابطة باي π بين ذرتي الكربون والأكسجين.
- وجود رابطة تساهمية ثنائية قطبية مع زوجين من الإلكترونات التكافؤ غير المشاركة في ذرّة الأكسجين ما يعطي مركبات مجموعة الكربونيل خواصّ القاعدة الضعيفة.

توضّح هذه البنية الإلكترونية النشاط الكيميائي للألدهيدات والكيوتونات إذ تسمح لها بالقيام بتفاعلات كيميائية مختلفة وخصوصاً تفاعلات الإضافة والأكسدة. كما أن مجموعة الكربونيل في الألدهيدات والكيوتونات قطبية بسبب وجود فرق في السالبية الكهربية بين الكربون والأكسجين.

98

(أ) تفاعلات الإضافة Addition Reactions

تحدث تفاعلات الإضافة بسهولة وذلك بكسر الرابطة باي π في مجموعة الكربونيل، ما يسمح بتكوين رابطتين سيجما σ . تتفاعل الألدهيدات والكيوتونات بالإضافة مع الهيدروجين، وفي هذا التفاعل يُختزل الألدهيدات إلى الكحولات الأولية، ويُختزل الكيوتونات إلى الكحولات الثانوية وتتم عملية الاختزال في وجود عامل مساعد ساخن مثل النيكل أو البلاتين.



(ب) تفاعلات الأكسدة Oxidation Reaction

تتأكسد الألدهيدات بسهولة بمعظم العوامل المؤكسدة. يعود السبب في ذلك إلى ارتباط مجموعة الكربونيل بذرّة هيدروجين نشطة تسهل أكسدتها $(-\text{C}-\text{H})$ إلى مجموعة هيدروكسيل $(-\text{C}-\text{OH})$ ، وبالتالي تتأكسد الألدهيدات إلى الأحماض الكربوكسيلية المقابلة. أمّا الكيوتونات فلا تتأكسد عند الظروف العادية، لأنّ أكسدتها تحتاج إلى طاقة عالية تؤدي إلى كسر الرابطة $(\text{C}-\text{C})$.

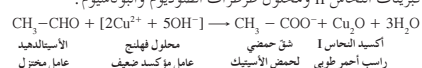
- تتأكسد الألدهيدات بسهولة بالعوامل المؤكسدة القوية، مثل (KMnO_4) وبأكسجين الهواء الجوي، وبالعوامل المؤكسدة الضعيفة، مثل محلول فهلنج ومحلول تولن (شكل 26 و 27).



شكل (26)

يوضّح الأنبوب الأيمن النتيجة الإيجابية لإضافة محلول تولن إلى محلول يحتوي على ألدهيد. أمّا الأنبوب الأيسر فيوضّح النتيجة السلبية.

يتكوّن محلول فهلنج من خليط متساوي الحجم يحتوي على محلول كبريتات النحاس II ومحلول طرطرات الصوديوم والبيوتاسيوم.



محلول فهلنج أو بندكت يؤكسد الألدهيد إلى الحمض الكربوكسيلي المقابل.

والألدهيد يُختزل محلول فهلنج أو بندكت إلى أكسيد النحاس I (راسب أحمر طوي).

99

3. قِيم وتوسّع

1.3 تقييم استيعاب الطلاب للدرس

ذكر الطلاب بمجموعة الكربونيل $\text{C}=\text{O}$ ، واطلب إليهم تحديد المركبات العضوية التي تحتوي على هذه المجموعات وطرق تسميتها النظامية IUPAC.

اطلب إلى الطلاب ذكر الخواص الكيميائية للمجموعة وتوضيحها. ناقش مع الطلاب كيفية التمييز بين الألدهيدات والكي-tonات. وضّح للطلاب أنّ العلماء استغلّوا سهولة أكسدة الألدهيدات لتطوير تجارب للكشف عنها، وفسر لهم أنّ اختبار بندكت واختبار فهلنج يُستخدمان للكشف عن الألدهيد.

اشرح لهم فكرة عمل اختبار فهلنج على أساس أنّه محلول قاعدي من كبريتات النحاس ذو اللون الأزرق الداكن، ويتكوّن راسب أحمر من أكسيد النحاس عندما يتأكسد الألدهيد إلى الحمض الكربوكسيلي. دع الطلاب يحدّدون التفاعلات المتشابهة للألدهيدات والكي-tonات. اطلب إلى الطلاب ذكر بعض الألدهيدات والكي-tonات الشائعة وتحديد أهمّ استخداماتها. [يُستخدم البنزالدهيد لإعطاء رائحة اللوز في المنتجات، والفورمالدهيد أو الميثانال في الحفظ البيولوجي، والبروبانول أو الأسيتون في إزالة طلاء الأظافر.]

2.3 إعادة التعليم

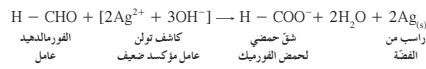
للتأكد من استيعاب الطلاب للدرس، اطلب إليهم إكمال الجدول التالي:

المواد المتفاعلة	الألدهيد	الكي-ton	نوع التفاعل
H_2	كحول أولي	كحول ثانوي	إضافة
KMnO_4	حمض كربوكسيلي	---	أكسدة
محلول فهلنج	راسب أحمر طوبي Cu_2O	---	أكسدة
محلول تولن	راسب فضّي Ag	---	أكسدة

إجابات أسئلة الدرس 1-2

1. تتألّف مجموعة الكربونيل من ذرّة كربون وذرّة أكسجين مرتبطتين برابطة تساهمية ثنائية. في الألدهيدات، تتصل مجموعة الكربونيل بذرّة هيدروجين واحدة RCHO وفي الكي-tonات، تتصل بمجموعتين من الألكيل أو الأريل RCOR .
2. (أ) بروبانال
(ب) 3 - هكسانون
(ج) 3 - ميثيل بنتانال
(د) 2 - بيوتانول

يتكوّن محلول تولن من نترات الفضة الأمونيومي $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{NO}_3$.



لا تتأثر الكي-tonات (لا تتأكسد) بالعوامل المؤكسدة الضعيفة مثل محلول فهلنج أو محلول تولن، لذلك يمكن التمييز بين الألدهيدات والكي-tonات عملياً باستخدام العوامل المؤكسدة الضعيفة.

6. استخدامات الألدهيدات والكي-tonات

Uses of Aldehydes and Ketones

يمكن استخراج العديد من الألدهيدات والكي-tonات من النباتات والحيوانات. للكثير من هذه المركبات، وبخاصّة تلك التي تمتلك كتل مولية كبيرة، روائح عطرية، وغالباً ما تُعرف بأسمائها الشائعة التي يمكن أن تدلّ على مصادرها الطبيعية أو إحدى خواصها المميزة. وتُستخدم الألدهيدات الأروماتية في معظم الأوقات كمنكهات، وأبسط الألدهيد أروماتي هو البنزالدهيد. يُعرف البنزالدهيد بأنّه زيت اللوز المرّ وهو مكوّن أساسي في اللوز وهو سائل عديم اللون تفوح منه رائحة اللوز الزكية. في حين أنّ مادة السينامالدهيد تعطي الرائحة المميزة لزيت القرفة. بالإضافة إلى ذلك، يوجد الغابانين المسؤول عن الطعم الشائع للغابانيا في كسولات تشبه غلاف حبات البقول في بعض الأوركيدات المتسلقة (نبته من الفصيلة السحلبية) كذلك الموضحة في الشكل (28)، لكنّه يُنتج في الوقت الحالي بطرق صناعية.



شكل (27)
اللون الأحمر الطوبي يؤكّد النتيجة، أي وجود الألدهيد. أتنا بقاء اللون أزرق (محلول فهلنج) يؤكّد غيابه.



شكل (28)
حبات الغابانيا الموجودة في غلاف بذور الأوركيد هي المصدر الطبيعي لطعم الغابانيا الذي يدخل في تحضير المنتجات وأطعمة أخرى.

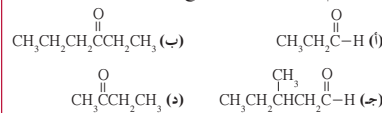
100

للميثانال أيضاً أهمية صناعية بحيث يُستخدم بشكل واسع في تصنيع المواد البلاستيكية. يتوفّر عادةً كمحلول مائي (40%) يُعرف بالفورمالين ويُستخدم لحفظ العينات البيولوجية (شكل 29). يتحد الميثانال في المحلول بالبروتين الموجود في الأنسجة ما يجعل الأنسجة صلبة وغير قابلة للذوبان في الماء. وهكذا تُحفظ هذه العينات البيولوجية من التحلل. لا يُستخدم الفورمالين، في الوقت الحالي، بكثرة كمادة حافظة نظراً لأنّه مادة مُسرطنة. أكثر الكي-tonات أهمية من الناحية الصناعية هو البروبانول ويُسمّى أيضاً الأسيتون، وهو سائل متطاير عديم اللون ويغلي عند درجة 56.5°C . يُستخدم البروبانول كمذيب للمواد البلاستيكية، ويدخل غالباً في تركيب السوائل التي تزيل طلاء الأظافر (شكل 30). يمتزج البروبانول بالماء بجميع النسب.

مراجعة الدرس 1-2

1. ما هي مجموعة الكربونيل؟ صف مجموعة الكربونيل المميزة للألدهيدات والكي-tonات.

2. أكتب اسم الألدهيد والكي-ton للصيغ التالية بحسب قواعد IUPAC.



شكل (29)
جدي حديث الولادة محفوظ في الفورمالين يُستخدم في البحث العلمي.



شكل (30)
استخدام البروبانول في المراكز التجميلية لإزالة طلاء الأظافر.

101

صفحات الطالب: من ص 102 إلى ص 112

عدد الحصص: 3

الأهداف:

- يصف تفاعلات المركبات التي تحتوي على مجموعة الكربوكسيل.
- يستنتج كيفية تكوين الإستر ويميز مجموعته الوظيفية.
- يصف تفاعلات المركبات التي تحتوي على مجموعة الأمين.

1. قَدِّم وحفِّز

1.1 استخدام الصورة الافتتاحية للدرس

دع الطلاب يتفحصون الصورة الافتتاحية للدرس ويقرؤون الفقرة المرافقة لها.

وضِّح للطلاب أنَّ الأحماض الكربوكسيلية والبعض من مشتقاتها تشكِّل الهيكل الأساسي للعديد من المواد الكيميائية الطبيعية والاصطناعية مثل الزيوت والدهون والشموع وغيرها. وضِّح للطلاب أنَّ الأحماض الكربوكسيلية تؤدي دورًا مهمًا في الصناعات الكيميائية وصناعة الأغذية وتعليبها، صناعة العقاقير والأدوية وغيرها. أعطِ بعض الأمثلة على هذه الأحماض وأهميتها استخدامها.

• حمض البنزويك وأملاحه: يُستخدم في معظم الأغذية كمادة حافظة تمنع نمو الفطريات على الأغذية.

• حمض الستريك: يوجد في الحمضيات ويُضاف إلى الفاكهة المجمدة ليحافظ على لونها ومذاقها.

• حمض الساليسليك: يحتاجه الجسم بكمية قليلة ويُستخدم في مستحضرات التجميل الخاصة بالجلد لحمايته من أشعة الشمس وإعطائه النعومة.

أشِر للطلاب إلى أنَّ الأسترات تتميز برائحتها الزكية وهي التي تعطي الأزهار والفاكهة والزيوت العطرية رائحتها والنكهة الخاصة بها. أشِر للطلاب إلى أنَّ الصناعات الكيميائية تمكَّنت من تحضير عدَّة أسترات عضوية لإنتاج العطور والنكهات على المستوى التجاري. أشِر للطلاب إلى أنَّ شمع النحل أسترات ذات كتلة جزيئية مرتفعة، كما أنَّ الزيوت والدهون هي عبارة عن أسترات مشتقة من الجلسرين وأحماض دهنية.

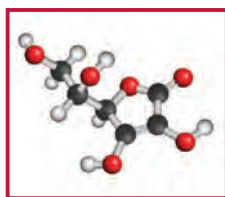
أشِر للطلاب أنَّ الأمينات مركبات عضوية مشتقة من الأمونيا وتعرف على أنها مركبات النيتروجين العضوية. تتواجد هذه المركبات في جميع الأعضاء الحية في أشكال متعددة مثل الأحماض الأمينية والبروتينات والهرمونات والفيتامينات وغيرها.

الأحماض الكربوكسيلية والأمينات
Carboxylic Acids and Amines

الدرس 2-2

الأهداف العامة

- يصف تفاعلات المركبات التي تحتوي على مجموعة الكربوكسيل.
- يستنتج كيفية تكوين الإستر ويميز مجموعته الوظيفية.
- يصف تفاعلات المركبات التي تحتوي على مجموعة الأمين.



شكل (31)
فيتامين C

تؤدي الأحماض الكربوكسيلية دورًا مهمًا في حياتنا اليومية وفي الطبيعة. على سبيل المثال، نستخدم الخل في طعمنا وهو محلول مخفف من حمض الإيثانويك أو الأسيتيك. ونستخدم الأسيرين عندما نودع صحنًا وهو حمض أسيتيل الساليسليك. أمَّا فيتامين C (شكل 31)، وهو من أشهر أنواع الفيتامينات التي نتناولها في حياتنا اليومية، والذي عُرف بدوره الكبير في رفع مقاومة الجسم وتنشيط أجهزة المناعة والدفاعية فيه، يتكوَّن من حمض الأسكوربيك. يعطي هذا الحمض المذاق للليمون والبرتقال. من ناحية أخرى، تقوم الكائنات الحية بوظائفها الحيوية، كالدفاع عن النفس، عند التعرُّض للخطر. فيفِرز النمل مثلاً عند تعرُّضه للخطر مادة سائلة وإخزة تحتوي على محلول لحمض الميثانويك ذي الصيغة HCOOH . وقد عُرف هذا الحمض باسم حمض التملك نسبة لهذه الحشرة. سمِّ ثلاثة أحماض كربوكسيلية يمكن أن تعرّف عليها من خلال حياتنا اليومية واذكر مصدرها.

1. 2 اختبار المعلومات السابقة لدى الطلاب

لتقييم المعلومات السابقة لدى الطلاب ، وجه إليهم الأسئلة التالية:

• ما هي أهم خواص الأحماض؟

[طعمها لاذع (الخل)]

تتفاعل مع القواعد لتكوّن ملحًا وماء.

تغير ألوان أدلة التعادل (يتغير لون ورقة تباع الشمس من الأزرق إلى الأحمر).

تتفاعل مع بعض الفلزات لإنتاج غاز الهيدروجين والمحاليل المائية.

• ما هو الأيون الذي ينتج عند تأين الحمض في الماء؟ [كاتيون

الهيدرونيوم H_3O^+]

• ما هي قيمة H_p في محلول حمضي؟ [$pH < 7$]

2. علم وطبق

1. 2 مناقشة

وضّح للطلاب أنّ الأحماض الكربوكسيلية هي مركّبات تتميز

بوجود مجموعة الكربوكسيل التي تتكوّن بدورها من مجموعة

كربونيل تتصل بها مجموعة هيدروكسيل.

وضّح للطلاب أنّ الصيغة العامة للحمض الكربوكسيلي هي $RCOOH$

أو $R - \overset{\overset{O}{\parallel}}{C} - OH$ ، وهي أحماض ضعيفة لأنها تتأين جزئيًا في الماء.

وضّح لهم أنّها متواجدة بوفرة في الطبيعة وهي واسعة الانتشار ولها

أسماء شائعة ، فالاسم الشائع لحمض الإيثانويك هو حمض الأسيتيك.

اشرح للطلاب أنّ الخل المنزلي يحتوي على حوالي 5% من حمض

الإيثانويك ، كما أنّ الكثير من الأحماض الكربوكسيلية تم فصلها في

البداية من الدهون وسُميت بالأحماض الدهنية.

وضّح للطلاب أنّ المركّبات التي لها كتل مولية منخفضة في سلسلة

الأحماض الكربوكسيلية الأليفاتية تكون سوائل متطايرة عديمة اللون

ولها رائحة نفاذة كريهة.

أعطهم مثال رائحة الزبدة الفاسدة التي تعود إلى حمض البيوتريك

الذي يحتوي على أربع ذرات كربون.

2. 2 مناقشة

أشر للطلاب أنّ بعض الأحماض الكربوكسيلية الشائعة تعرف

بأسمائها الشائعة التي تشتق من المصدر النباتي أو الحيواني لهذه

الأحماض. اطلب من الطلاب تفحص الجدول (38) ص 103.

وضّح للطلاب أنّ تسمية الأحماض الكربوكسيلية ، المشبعة وأحادية

تشتق من تسمية الألكانات.

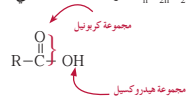
ألكان ← حمض الكانويك

ميثان (CH_4) ← حمض الميثانويك ($HCOOH$)

إيثان (C_2H_6) ← حمض الإيثانويك (CH_3COOH)

1. الأحماض الكربوكسيلية Carboxylic Acids

الأحماض الكربوكسيلية Carboxylic Acids هي مركّبات تتميز بوجود مجموعة الكربوكسيل أو أكثر ، وتتكوّن مجموعة الكربوكسيل Carboxyl Group من مجموعة كربونيل متصلة بمجموعة هيدروكسيل لذلك سُميت بمجموعة الكربوكسيل . الصيغة الجزيئية العامة للأحماض أحادية الكربوكسيل الأليفاتية المشبعة هي $C_nH_{2n}O_2$. وصيغتها العامة هي التالية:



ملاحظة: تُعتبر الأحماض الكربوكسيلية أكثر المواد العضوية حمضية (لها القدرة على إعطاء البروتون) ، إلّا أنّها تُعتبر أحماضًا ضعيفة وأقلّ قوة من الأحماض غير العضوية مثل حمض HCl وحمض الكبريتيك H_2SO_4 .

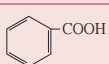
2. تسمية الأحماض الكربوكسيلية

Nomenclature of Carboxylic Acids

Common Nomenclature

(أ) التسمية الشائعة

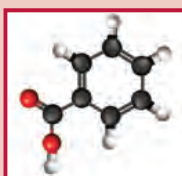
يُشتق اسم الحمض الكربوكسيلي الشائع تبعًا لمصدره النباتي أو الحيواني (جدول 38).

صيغة الحمض الكربوكسيلي	الاسم الشائع
$H-COOH$	حمض الفورميك
CH_3-COOH	حمض الأسيتيك
$CH_3-CH_2-CH_2-COOH$	حمض البيوتريك
$CH_3-(CH_2)_{14}-COOH$	حمض البالمتيك
	حمض البنزويك

جدول (38)

بعض الأسماء الشائعة

عندما تكون المجموعة R في الصيغة العامة $RCOOH$ حلقة بنزين (مجموعة أريل) يكون اسم الحمض حمض البنزويك (شكل 32).



شكل (32)

الصيغة التركيبية لحمض البنزويك

103

(ب) التسمية بحسب نظام الأيوباك Nomenclature Based on IUPAC

• تسمية الأحماض الكربوكسيلية ذات السلسلة الكربونية غير المتفرعة . يُسمى الحمض الكربوكسيلي بكتابة كلمة "حمض" ثم إضافة المقطع "ويك" إلى اسم الألكان المقابل (جدول 39).

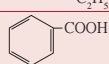
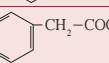
صيغة الحمض الكربوكسيلي	الاسم بحسب نظام الأيوباك
$H-COOH$	حمض ميثانويك
CH_3-COOH	حمض إيثانويك
CH_3-CH_2-COOH	حمض بروبانويك
$CH_3-CH_2-CH_2-COOH$	حمض بيوتانويك
$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-COOH$	حمض بنتانويك

• تسمية الأحماض الكربوكسيلية ذات السلسلة الكربونية المتفرعة

يتم اختيار أطول سلسلة كربونية متصلة بدائيتها بمجموعة الكربوكسيل ($-COOH$).

ترُقم ذرات الكربون في السلسلة الكربونية بدءًا من مجموعة الكربوكسيل (رقم 1).

تُحدّد مواضع التفرعات (المجموعات البدلية) ، وتُكتب كلمة "حمض" ، ثم تُكتب التفرعات وأرقامها بترتيب أبجدي عربي يليها اسم الألكان المقابل للسلسلة ويُضاف إليه المقطع "ويك" (جدول 40).

صيغة الحمض الكربوكسيلي	الاسم بحسب نظام الأيوباك
CH_2-COOH $CH_3-CH_2-CH-CH_2-CH_3$	حمض 3 - إيثيل بنتانويك
C_2H_5 $CH_3-CH-CH_2-CH-COOH$ C_2H_5	حمض 2 - إيثيل 4 - ميثيل هكسانويك
	حمض فينيل ميثانويك
	حمض فينيل إيثانويك

جدول (39)

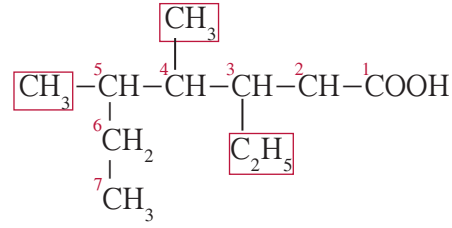
بعض الأسماء للأحماض الكربوكسيلية غير المتفرعة بحسب قواعد IUPAC

جدول (40)

بعض الأسماء للأحماض الكربوكسيلية المتفرعة بحسب قواعد IUPAC

104

بالنسبة إلى سلسلة الكربون التي تتصل بها مجموعات بديلة ، تُطبّق عليها الطريقة التي طبقت على الألدھيدات .



حمض 3 - إيثيل - 4، 5 - ثنائي ميثيل هبتانويك

اكتب على السبورة عدّة أمثلة على الأحماض الكربوكسيلية وساعد الطلاب على استنتاج الأسماء بحسب نظام IUPAC .

دع الطلاب يستعينون بالجدولين (39) و (40) ص 104 . أشر للطلاب أن الأحماض الكربوكسيلية تنقسم إلى نوعين تبعاً لنوع الشق العضوي:

– أحماض كربوكسيلية أليفاتية $R - COOH$

– أحماض كربوكسيلية أروماتية $AR - COOH$

أطلب من الطلاب تفحص الجدول (41) ص 99 واطلب إليهم إعطاء مثال عن كل نوع .

3.2 مناقشة

وضّح للطلاب أن حمض الميثانويك وحمض الإيثانويك يتميّزان بتعدّد تطبيقاتهما في الكيمياء الصناعية وصناعة الأغذية وصناعة الأدوية وغيرها . لذلك ، يشكّل تحضير هذه الأحماض أهميّة كبرى . أشر للطلاب أن أهم طرق تحضير الأحماض الكربوكسيلية هي الأكسدة : – الأكسدة التامة للكحولات الأولية بواسطة عوامل مؤكسدة مثل $KMnO_4$ (برمنجنات البوتاسيوم) $K_2Cr_2O_7$ (ثنائي كرومات البوتاسيوم) – أكسدة الألدھيدات

أعط الطلاب معادلة عامة لكل نوع من الأكسدة مع مثال . اطلب من الطلاب تفحص كتاب الطالب ص 99، 100 .

4.2 مناقشة

وضّح للطلاب أن معظم الأحماض الكربوكسيلية تذوب في المذيبات العضوية مثل الإيثانول والبروبانول .

أخبر الطلاب أن الأحماض الكربوكسيلية الأروماتية كلّها أي أن Ar في الصيغة العامة تمثّل مجموعة أريل هي موادّ صلبة متبلرة عند درجة حرارة الغرفة .

وجّه إلى الطلاب السؤالين التاليين:

• هل يذوب الحمض الكربوكسيلي في الماء؟ ولماذا؟ [يذوب

الحمض الكربوكسيلي في الماء إذا كانت كتلته المولية صغيرة ، وهذا يعود

إلى الروابط الهيدروجينية التي يمكن أن تنشأ بين مجموعة الكربوكسيل

والماء . وتخفّ الذوبانية كلّما زادت كتلة الحمض المولية .]

• ما العلاقة بين عدد ذرات الكربون في الأحماض الكربوكسيلية

وبين درجة انصهارها؟ [تزداد درجة الانصهار مع ازدياد عدد ذرات

الكربون في الأحماض الكربوكسيلية .]

3. تصنيف الأحماض الكربوكسيلية

Classification of Carboxylic Acid

تنقسم الأحماض الكربوكسيلية إلى نوعين (بحسب نوع الشقّ العضوي) (جدول 41) .

أحماض كربوكسيلية أروماتية $Ar-COOH$	أحماض كربوكسيلية أليفاتية $R-COOH$
هي مركّبات عضوية تحتوي على مجموعة الكربوكسيل $-COOH$ متصلة مباشرةً بشقّ الفينيل . وإذا لم ترتبط مجموعة الكربوكسيل مباشرةً بشقّ الفينيل يكون الحمض الكربوكسيلي أليفاتي .	هي مركّبات عضوية تحتوي على مجموعة الكربوكسيل $-COOH$ متصلة بسلسلة كربونية .
	$H-COOH$ CH_3-COOH CH_3-CH_2-COOH

جدول (41)

تصنيف الأحماض الكربوكسيلية

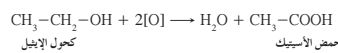
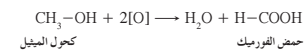
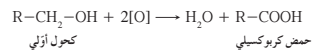
4. تحضير الأحماض الكربوكسيلية

Preperation of Carboxylic Acids

تتميّز الأحماض الكربوكسيلية ، وبخاصّة حمض الميثانويك وحمض الإيثانويك ، بتعدّد تطبيقاتها في الكيمياء الصناعية وكيمياء التغذية (صناعة الأغذية) وصناعة الأدوية وغيرها . ويمكن تحضيرها من خلال الأكسدة للكحولات الأولية أو أكسدة الألدھيدات .

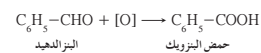
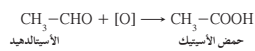
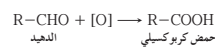
• أكسدة الكحولات الأولية

تتأكسد الكحولات الأولية بالعوامل المؤكسدة (مثل برمنجنات البوتاسيوم $(KMnO_4)$ أو بالأكسجين أكسدة تامة لتنتج حمض كربوكسيلي مثال على ذلك،



• أكسدة الألدھيدات

تتأكسد الألدھيدات بوجود الأكسجين لتنتج حمض كربوكسيلي مثال على ذلك،



5. الخواص الفيزيائية والكيميائية

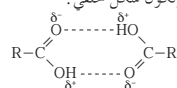
Physical and Chemical Properties

1.5 الخواص الفيزيائية للأحماض الكربوكسيلية

Physical Properties of Carboxylic Acids

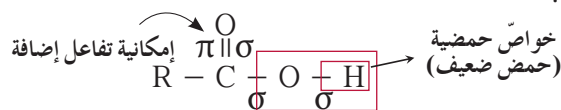
الأحماض الكربوكسيلية الأليفاتية التي تحتوي ما بين 1 و 4 ذرات كربون سوائل خفيفة تذوب تماماً في الماء ، ويعود ذلك إلى قدرة هذه الأحماض على تكوين أكثر من رابطة هيدروجينية مع الماء . تكون الأحماض الكربوكسيلية الأليفاتية سوائل ثقيلة عندما يحتوي الجزيء ما بين 5 و 9 ذرات كربون . أمّا إذا احتوى الحمض الكربوكسيلي على عشر ذرات كربون وما فوق يكون في الحالة الصلبة . تقلّ ذوبانية الأحماض الكربوكسيلية في الماء كلّما ازدادت الكتلة الجزيئية . ويعود ذلك إلى أنّه بزيادة الكتلة الجزيئية ، أي بزيادة عدد ذرات الكربون ، تقلّ فاعلية مجموعة الكربوكسيل وقطبيتها . إنّ درجات غليان الأحماض الكربوكسيلية أعلى بكثير من درجات غليان الكحولات ذات الكتل الجزيئية المقاربة لها .

يعود السبب في ذلك إلى وجود مجموعة الهيدروكسيل القطبية في الكحولات التي تعمل على تجنّب الجزيئات فيما بينها بروابط هيدروجينية . أمّا في الأحماض الكربوكسيلية ، فتوجد مجموعة الكربوكسيل التي تتكوّن من مجموعتي الكربونيل والهيدروكسيل اللتان تعملان على تكوين رابطتين هيدروجينيتين بين كلّ جزيئين . وينتج عن ذلك تجمّعات ثنائية وتكوّن شكل حلقي .



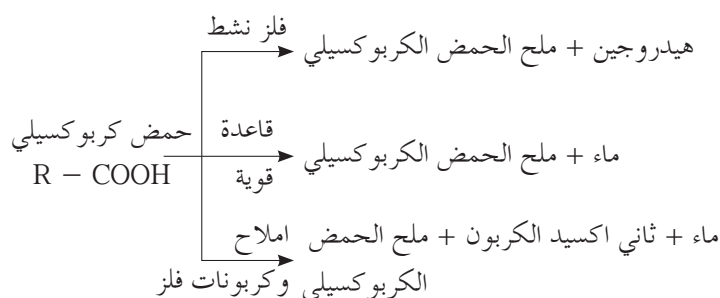
5.2 مناقشة

اشرح للطلاب أقسام مجموعة الكربوكسيل موضّحاً أنواع الروابط بين ذراتها.

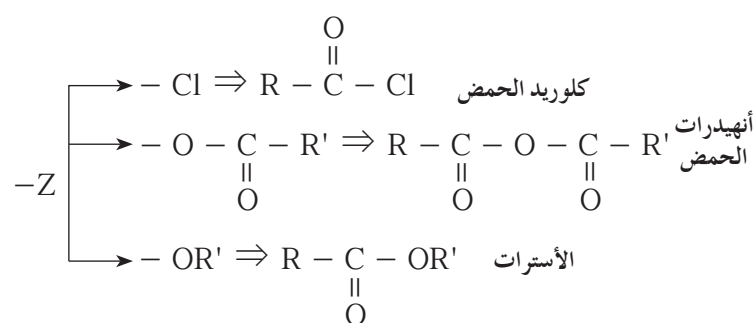
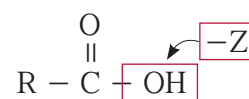


تفاعل استبدال لإنتاج مشتقات الأحماض

وضح للطلاب أن الخواص الحمضية للأحماض الكربوكسيلية يمكن تلخيصها بما يلي:



أشر للطلاب إلى أن الأحماض الكربوكسيلية هي أحماض ضعيفة ولها خواص حمضية في محاليلها المائية. أشر إلى أنها تتفاعل مع الماء والقواعد القوية والأملاح والفلزات. وضح للطلاب أن تفاعلات الاستبدال للأحماض الكربوكسيلية تتم باستبدال مجموعة الهيدروكسيل في مجموعة الكربوكسيل. وتنتج عن هذا التفاعل مشتقات حمضية ذات أهمية صناعية وكيميائية.



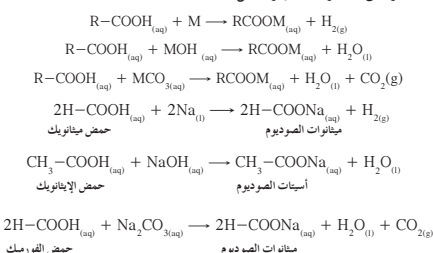
أشر للطلاب إلى أن تفاعلات الأحماض الكربوكسيلية تكون بشكل عام بطيئة، غير مكتملة وعكسية. لذلك، يُستبدل الحمض الكربوكسيلي بمشتقاته كلوريدات الحمض أو أنهيدرات الحمض لكي يصبح التفاعل سريعاً وكاملاً في اتجاه واحد.

تردد درجات غليان الأحماض الكربوكسيلية المشابهة في التركيب بزيادة الكتلة الجزيئية لها، أي بزيادة عدد ذرات الكربون في الجزيء.

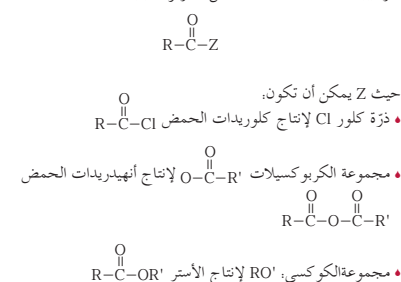
2.5 الخواص الكيميائية للأحماض الكربوكسيلية

Chemical Properties of Carboxylic Acids

(أ) الخواص الحمضية
Acidic Properties
توصف الأحماض الكربوكسيلية بأنها أحماض ضعيفة. لماذا؟
• تكوين الأملاح الكربوكسيلية
يتكون الملح الكربوكسيلي نتيجة لإحلال ذرة فلز (M) محل ذرة هيدروجين مجموعة الكربوكسيل.



(ب) تفاعلات الاستبدال
Substitution Reactions
عندما تُستبدل مجموعة الهيدروكسيل في مجموعة الكربوكسيل بأي ذرة أو مجموعة ذرات ما عدا ذرة الكربون والهيدروجين يُسمى التفاعل تفاعل الاستبدال. ينتج من هذا التفاعل مجموعة وظيفية جديدة ويُعتبر المركب الجديد من مشتقات الأحماض الكربوكسيلية. توضح الصيغة التركيبية التالية مشتقات الأحماض الكربوكسيلية:



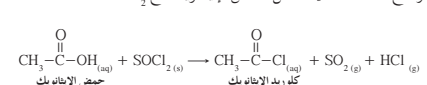
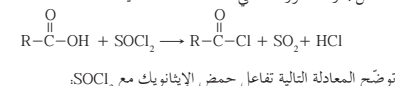
فقرة إنرائية

البنياء في خدمة المستهلك

رائحة المجموعات الوظيفية الزكية
ماذا يحدث عندما تشم رائحة طعام مطهو بطريقة جيدة ورائحة الماء المالح للبحار والمحيطات التي يحملها الهواء.
قوة حاسة الشم تقود الإنسان دائماً إلى إيجاد طرق للحصول على روائح عطرية معينة وإنتاجها وبخاصة الروائح المبهجة منها. وتوالت المحاولات للحصول على أنواع أوسع انتشاراً من الروائح في صورة مركزة وقابلة للتخزين. أول من استخلص الزيوت الأساسية لأجزاء النبات هم قدماء المصريين، فقد قاموا بنقع بتلات الزهور في دهن سائل الذي يعمل على إذابة الزيوت الأساسية ثم قاموا بمزج الدهن مع الإيثانول. وحيث إن الزيوت الأساسية أكثر ذوباناً في الإيثانول عنها في الدهن، فإنها تذوب في الإيثانول وينتج عن ذلك محلول عطر بتركيز كبير ما يسمح بتخزينه.
تم تطوير طرق أخرى لاستخلاص العطور تستغل الاختلاف في درجات الغليان بين الزيوت الأساسية باستخدام عملية التقطير. كشف تحليل الزيوت الأساسية أن الكثير من الروائح العطرية التي تعطي الإنسان شعوراً جميلاً تنتج بواسطة الكحولات والألدهيدات والأسترات. وفي معظم تلك المركبات تحتوي السلسلة الكربونية في جزيئاتها على حلقة بنزين ورابطة تساهمية ثنائية كربون - كربون واحدة أو أكثر.

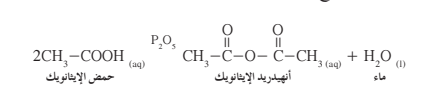
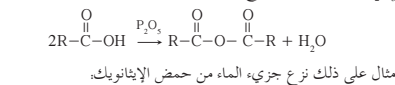
• كلوريدات الحمض

يتفاعل الحمض الكربوكسيلي مع مركب غني بالكلور (كلوريد الثيونيل، SOCl₂) لإنتاج كلوريد الحمض. تُستبدل مجموعة الهيدروكسيل في هذا التفاعل بذرة الكلور كما في المعادلة العامة التالية:



• أنهيدريدات الحمض

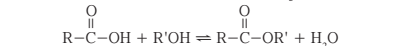
يتم في خلال التفاعل التالي نزع جزيء ماء من جزيئي حمض بوجود P₂O₅ كمادة محفزة لإنتاج أنهيدريد الحمض وفق المعادلة العامة التالية:



ملاحظة: تمتنع كلوريدات الحمض وأنهيدريدات الحمض بنشاط كيميائي كبير مقارنة مع الحمض الكربوكسيلي المقابل لها. لذلك، وفي أغلب التفاعلات الكيميائية، تُستعمل هذه المشتقات مكان الحمض الكربوكسيلي كي يصبح التفاعل تاماً، وأسرع، وأنشط.

• الأسترات

يتفاعل الحمض الكربوكسيلي مع الكحول لإنتاج الأستر والماء وفقاً للمعادلة العامة التالية:



مثال على ذلك تفاعل حمض الإيثانويك مع الإيثانول:

$$CH_3 - \overset{\overset{O}{\parallel}}{C} - OH + CH_3 - CH_2 - OH \rightleftharpoons CH_3 - \overset{\overset{O}{\parallel}}{C} - OCH_2 - CH_3 + H_2O$$

حمض الإيثانويك

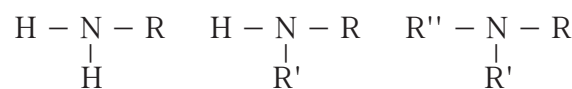
إيثانول

أستر إيثانوات الإيثيل

ماء

6.2 مناقشة

وضّح للطلاب أن الأمينات هي مركبات عضوية مشتقة من الأمونيا NH_3 .
أشر للطلاب أن الأمينات تنتج عند استبدال ذرة هيدروجين أو أكثر بشقوق عضوية:



حيث R' , R , R' هي شقوق عضوية يمكن أن تكون متشابهة أو مختلفة.

وضّح للطلاب أن الأمينات والمركبات التي تشتق منها مثل الأحماض الأمينية والبروتينات والهرمونات والفيتامينات والأحماض النووية تشكل المركبات الأساسية التي تكون جسم الإنسان والكائنات الحية.

7.2 مناقشة

أشر للطلاب أن تسمية الأمينات الشائعة تقوم على تسمية الشقوق العضوية المرتبطة بذرة النيتروجين بترتيب أبجدي عربي ثم تضاف كلمة أمين كما يوضح الجدول (42) ص 109.
وضّح للطلاب أن الأمينات تنقسم إلى ثلاثة أنواع تبعاً لعدد ذرات الهيدروجين المستبدلة من جزئي الأمونيا كما يوضح الجدول (43) ص 110.

أشر للطلاب أن الصيغ التالية توضح كل نوع من أنواع الأمينات



اطلب من الطلاب الاستعانة بالجدول (43) لإعطاء أمثلة عن الأنواع الثلاثة للأمينات.

أشر للطلاب أيضاً أن الأمينات نوعين طبقاً للشق العضوي الذي يرتبط بذرة النيتروجين:

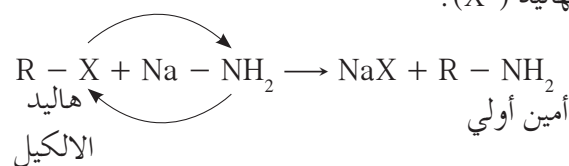
– أمينات أليفاتية

– أمينات أروماتية

اطلب من الطلاب تفحص الجدول (44) ص 110.

8.2 مناقشة

أشر للطلاب أن تفاعل الاستبدال الذي ناقشوه في الفصل الأول (الدرس 1-2) يمكن استخدامه لتحضير الأمينات الأولية وذلك من خلال تفاعل استبدال هاليدات الألكيل مع أميد الصوديوم.
وضّح للطلاب أن خلال هذا التفاعل يحل أنيون الأميد (NH_2^-) محل أنيون الهاليد (X^-).



أشر للطلاب أن الأمينات الأولية تسلك سلوك الأمونيا في الخواص الكيميائية. وضّح للطلاب أن الأمينات الأولية قواعد ضعيفة تتفاعل مع الأحماض القوية لتكوين الأملاح المقابلة لها.

6. الأمينات Amines

الأمينات هي مركبات عضوية مشتقة من الأمونيا (NH_3) عن طريق استبدال ذرة هيدروجين أو أكثر بما يقابلها من الشقوق العضوية. توجد مركبات النيتروجين العضوية في جميع الأعضاء الحية في أشكال متعددة تشمل الأحماض الأمينية، والبروتينات، والهرمونات، والفيتامينات، والأحماض النووية (DNA و RNA). يتخلص جسم الإنسان من المركبات النيتروجينية التي لا يحتاج إليها بعد عمليات الأيض في شكل مركب اليوريا.

1.6 تسمية الأمينات Nomenclature of Amines

سنكتفي بالتسمية الشائعة، بحيث نكتب أسماء الشقوق العضوية المرتبطة بذرة النيتروجين بترتيب أبجدي عربي ثم تضاف كلمة "أمين" كما هو موضح في الجدول (42).

الاسم الشائع	صيغة الأمين
ميثيل أمين	$\text{CH}_3 - \text{NH}_2$
إيثيل أمين	$\text{C}_2\text{H}_5 - \text{NH}_2$
إيثيل برويل أمين	$\text{C}_3\text{H}_7 - \text{NH} - \text{C}_2\text{H}_5$
فينيل أمين	
أيزوبروبيل بنزايل أمين	
ثنائي فينيل أمين	

جدول (42)
بعض الأسماء الشائعة للأمينات

2.6 تصنيف الأمينات Nomenclature of Amines

تنقسم الأمينات إلى ثلاثة أنواع تبعاً لعدد ذرات الهيدروجين المستبدلة من الأمونيا. يوضح الجدول (43) هذا التصنيف.

الأمينات الأولية	الأمينات الثانوية	الأمينات الثالثية
هي الأمينات التي لها الصيغة العامة التالية: $\begin{array}{c} \text{R} \\ \\ \text{R} - \text{N} \\ \\ \text{R} \end{array}$ وهي ناتجة من إحلال ثلاثة شقوق عضوية محلّ ذرات الهيدروجين في جزئي الأمونيا. $(\text{R})_3 - \text{N}$	هي الأمينات التي لها الصيغة العامة التالية: $\begin{array}{c} \text{R} \\ \\ \text{NH} \\ \\ \text{R} \end{array}$ وهي ناتجة من إحلال شقين عضويين محلّ ذرتي هيدروجين في جزئي الأمونيا. $(\text{R})_2 - \text{NH}$	هي الأمينات التي لها الصيغة العامة التالية: $\text{R} - \text{NH}_2$ وهي ناتجة من إحلال شق عضوي محلّ ذرة هيدروجين واحدة في جزئي الأمونيا.
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 - \text{N} - \text{CH}_3 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{NH} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$ $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{NH} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	$\text{CH}_3 - \text{NH}_2$ $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{NH}_2$ $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 - \text{C} - \text{NH}_2 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$

جدول (43)
تصنيف الأمينات بحسب عدد الشقوق المتصلة بالنيتروجين

كما تنقسم إلى نوعين بحسب نوع الشق العضوي المتصل بذرة النيتروجين. يوضح الجدول (44) هذا التصنيف.

أمينات أروماتية	أمينات أليفاتية
هي الأمينات التي فيها ترتبط ذرة النيتروجين مباشرة بشق فينيل واحد على الأقل.	هي الأمينات التي فيها ترتبط ذرة النيتروجين بشقوق الكيل.
$\text{CH}_3 - \text{NH}$	$\text{CH}_3 - \text{NH}_2$ $\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{NH} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$ $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{NH}_2$

جدول (44)

9.2 مناقشة

أشر للطلاب أن وجود مجموعة الأمين القطبية في الأمينات يؤدي إلى ارتباط جزيئات الأمين مع بعضها البعض لذلك تكون درجات غليان الأمينات الأولية أعلى من درجات غليان الألكانات أو المركبات غير القطبية المقاربة لها في الكتل المولية. بينما درجات غليان الأمينات أقل من درجات غليان الكحولات والأحماض الكربوكسيلية المقاربة لها في الكتل المولية لأن الرابطة الهيدروجينية في الأمينات أضعف منها في الكحولات والأحماض الكربوكسيلية.

وضّح للطلاب أن الأمينات تذوب في الماء إذا كانت كتلتها الجزيئية صغيرة وتقل الذوبانية بزيادة هذه الكتل التي تقل قدرتها على تكوين الروابط الهيدروجينية في الماء.

10.2 مناقشة

ذكر الطلاب بأن المركبات العضوية التي درسوها ترتبط بعضها ببعض عن طريق تفاعلات الأكسدة والاختزال.

راجع معهم تعريفات تفاعلات الأكسدة والاختزال، ودعهم يستنتجون أنّ عملية الأكسدة تقوم على اكتساب الأكسجين أو فقدان الهيدروجين أو فقدان إلكترونات، والاختزال هو العملية العكسية.

دع الطلاب يستنتجون من معلوماتهم السابقة أنّ عمليتي الأكسدة والاختزال هما عمليتان متلازمتان وتتمّان في الوقت عينه ولا تحدث إحداها من دون الأخرى.

- وضّح لهم أنّ عدد ذرات الأكسجين والهيدروجين المتصلة بالكربون يدلّ في الكيمياء العضوية على درجة أكسدة المركّب.
- تناقش معهم حول دلالة ما يلي: عدد الهيدروجين أقلّ في رابطة بين ذرتي كربون. [عدد أقلّ يعني أكسدة أكبر للرابطة، فالرابطة

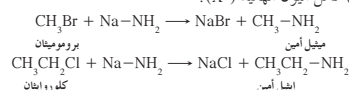
التساهمية الثلاثية أكثر أكسدة من الرابطة التساهمية الثنائية.]

أعط الطلاب مثال الإيثان الذي يختزل إلى إيثين ثمّ إلى إيثاين. اذكر على سبيل المثال أنّ الميثان الذي يُعتبر هيدروكربوناً مشبّعاً يمكن أن يتأكسد إلى ثاني أكسيد الكربون، ويتمّ ذلك باكتساب ذرات أكسجين وفقدان ذرات هيدروجين بالتعاقب وفقاً للخطوات التالية:

ميثان ← ميثانول ← ميثانال ← حمض ميثانويك ← ثاني أكسيد الكربون.

3.6 تحضير الأمينات Preparation of Amines

يمكن الحصول على الأمينات الأولية بتفاعل هاليدات الألكيل (RX) بالاستبدال مع أميد الصوديوم (NaNH₂) حيث يحلّ أنيون الأميد (NH₂⁻) محلّ أنيون الهاليد (X⁻).



4.6 الخواص الفيزيائية للأمينات الأولية

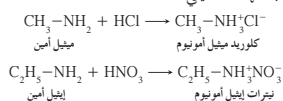
Physical Properties of Primary Amines

- إنّ درجات غليان الأمينات الأولية أعلى من درجات غليان الألكانات أو المركبات غير القطبية المقاربة لها في الكتل المولية، وذلك بسبب وجود مجموعة الأمينو القطبية التي تؤدي إلى ارتباط جزيئات الأمين مع بعضها البعض بروابط هيدروجينية.
- إنّ درجات غليان الأمينات أقلّ من درجات غليان الكحولات أو الأحماض الكربوكسيلية المقاربة لها في الكتل المولية لأنّ الرابطة الهيدروجينية في الأمينات أضعف من تلك في الكحولات أو الأحماض الكربوكسيلية لأنّ قطبية الرابطة H-O أعلى من قطبية الرابطة H-N.
- تزداد درجات غليان الأمينات المتشابهة في التركيب بزيادة كتلتها المولية، أي بزيادة عدد ذرات الكربون في الجزيء.
- تذوب الأمينات الأولية ذات الكتل الجزيئية الصغيرة في الماء بسبب قدرتها على تكوين الروابط الهيدروجينية مع الماء، وتقلّ الذوبانية بزيادة كتلتها المولية، أي بزيادة عدد ذرات الكربون في الجزيء.

5.6 الخواص الكيميائية للأمينات الأولية

Chemical Properties of Primary Amines

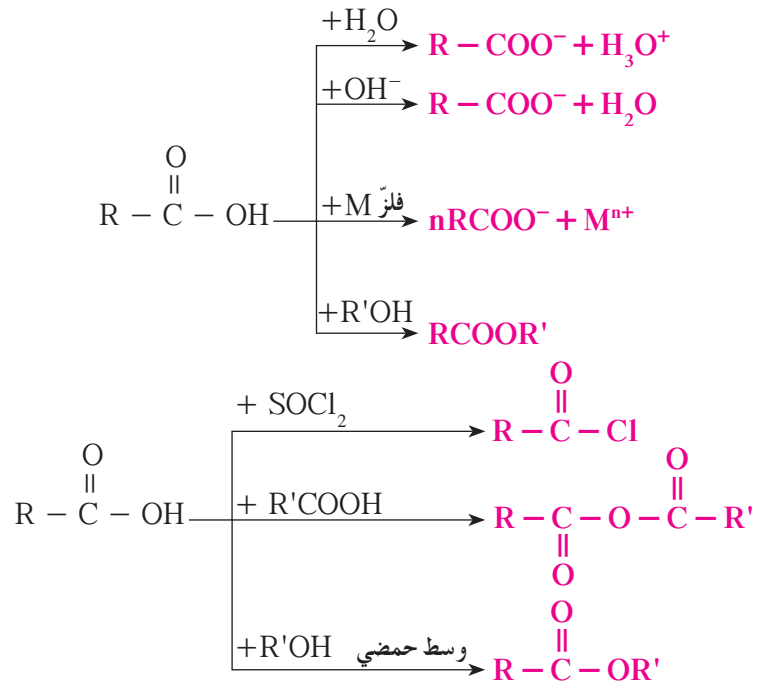
تشبه الأمينات الأولية الأمونيا في احتواء كلّ منها على ذرة نيتروجين لديها زوج حرّ من الإلكترونات تستطيع منحه لأيّ مادة أخرى أثناء التفاعل. لذلك تسلك الأمينات سلوك القواعد بحيث تتفاعل مع الأحماض لتكوين الأملاح المقابلة لها، كما يلي:



3. قِيم وتوسّع

1.3 تقييم استيعاب الطلاب للدرس

اطلب إلى الطلاب إكمال الخريطين التاليتين:



2.3 إعادة التعليم

للتأكد من استيعاب الطلاب للدرس، اطلب إليهم إكمال الجدول التالي:

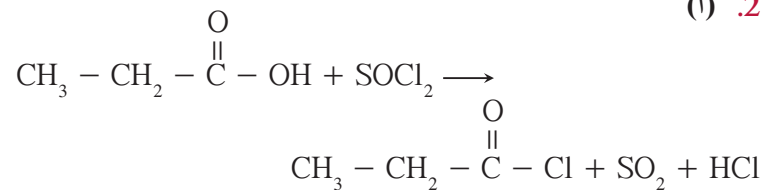
الصيغة	عدد ذرات الكربون	التسمية بحسب قواعد IUPAC
CH ₃ CH ₂ COOH	3	حمض بروبانونيك
CH ₃ (CH ₂) ₂ COOH	4	حمض بيوتانونيك
CH ₃ (CH ₂) ₄ COOH	6	حمض هكسانويك
CH ₃ (CH ₂) ₆ COOH	8	حمض أوكتانويك
CH ₃ (CH ₂) ₈ COOH	10	حمض ديكانونيك
CH ₃ COOCH ₂ CH ₃	4	استر ايثانوات الايثيل
CH ₃ CH ₂ COOCH ₃	4	استر بروبانونات الميثيل

إجابات أسئلة الدرس 2-2

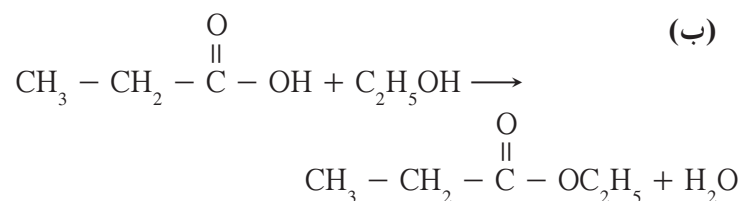
1. المواد المتفاعلة المطلوبة لتحضير استر ايثانوات البروبيل هي:

1- بروبانونول و حمض الإيثانويك.

2. (أ)



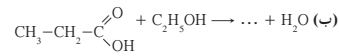
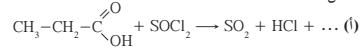
(ب)



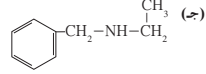
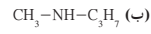
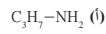
مراجعة الدرس 2-2

1. ما هي المواد المتفاعلة المطلوبة لتحضير استر ايثانوات البروبيل؟

2. أكمل المعادلات الكيميائية التالية:



3. سمّ المركبات التالية:



3. (أ) بروبيل أمين

(ب) بروبيل ميثيل أمين

(ج) إيثيل فينيل أمين

مراجعة الوحدة الخامسة

الملخص

وجه الأسئلة التالية إلى الطلاب لمساعدتهم على تلخيص المعلومات الواردة في هذه الوحدة:

◀ ما هي مشتقات المركبات الهيدروكربونية؟ وما هي المجموعة الوظيفية؟

[هي مركبات عضوية تحتوي على عنصرَي الكربون والهيدروجين بالإضافة إلى عناصر أخرى مثل الأكسجين أو النيتروجين أو الهالوجين وتتميز بتكوّن الجزيء من مجموعة ألكيل أو مجموعة أريل أو أكثر مرتبطة بذرة واحدة أو بمجموعة ذرات تسمى المجموعة الوظيفية.]

المجموعة الوظيفية جزء من المركب العضوي (رابطة أو ذرة أو مجموعة ذرات).

يحدّد هذا الجزء الخواصّ الفيزيائية والكيميائية للمركّب .

◀ ما هي أهم المجموعات الوظيفية التي سوف تتناولها في هذا الفصل؟

المجموعة الوظيفية			
العائلة	الاسم	الصيغة	الصيغة العامة
هاليدات الألكيل	ذرة هالوجين	$-X$	$R-X$
الكحول	هيدروكسيل	$-OH$	$R-OH$
الإثيرات	أو كسي	$-O-$	$R-O-R'$
الألدهيدات	كربونيل	$\begin{array}{c} O \\ \\ -C- \end{array}$	$\begin{array}{c} O \\ \\ R-C-H \end{array}$
الكيتونات	كربونيل	$\begin{array}{c} O \\ \\ -C- \end{array}$	$\begin{array}{c} O \\ \\ R-C-R' \end{array}$
الأحماض العضوية	كربوكسيل	$\begin{array}{c} O \\ \\ -C-OH \end{array}$	$\begin{array}{c} O \\ \\ R-C-OH \end{array}$

- تعتبر هاليدات الألكيل غير مستقرة ونشطة لذلك تتفاعل بسهولة. يعتبر تفاعل الاستبدال أهم تفاعلات هاليدات الألكيل.
- تتفاعل هاليدات الألكيل مع القواعد لتحضير الكحولات ومع الألكوكسيدات لتحضير الإثيرات ومع أميد الصوديوم لتحضير الأمينات.
- (1-2) الكحولات والإثيرات
 - الكحولات هي مركبات عضوية تحتوي على مجموعة هيدروكسيل أو أكثر.
 - تُصنّف الكحولات إلى كحولات أحادية وثنائية وثلاثية الهيدروكسيل بحسب عدد مجموعات الهيدروكسيل الموجودة في الجزيء، الواحد وتُصنّف إلى أولية وثانوية وثالثية بحسب نوع ذرة الكربون المتصلة بمجموعة الهيدروكسيل.
 - يمكن أن تكون الكحولات أليفاتية أو أروماتية بحيث ترتبط بمجموعة الهيدروكسيل مباشرة بحلقة بنزين.
 - للكحولات درجة غليان أعلى من الهيدروكربونات المقابلة لها في الكتلة المولية، ترتفع مع ازدياد كتلتها المولية.
 - تكوّن الكحولات روابط هيدروجينية مع جزيئات الماء، ما يعطيها خاصية الذوبانية في الماء غير أنّ الذوبانية تقلّ مع زيادة كتلتها المولية.
 - ينتج من تفاعل أكسدة الكحول الأولية ألدهيد ثم حمض كربوكسيلي، ومن أكسدة الكحول الثانوية كيتون، أما الكحول الثالثية فلا تتأكسد. وينتج من تفاعل الكحول مع الحمض الكربوكسيلي أستر.
 - تتفاعل الكحولات مع الفلزّات النشطة (فلزّات المجموعة AI) لإنتاج ألكوكسيد الفلزّ MO - R مع تصاعد غاز الهيدروجين.
 - طبقاً للظروف التي يحدث عندها التفاعل، يمكن نزع عناصر الماء من الكحولات لإنتاج الألكين أو الإثير.
 - تتفاعل الكحولات مع هاليدات الهيدروجين لإنتاج هاليد الألكيل $R-X$.
 - تحضر أهم الكحولات التي تستخدم على نطاق واسع في الصناعات بواسطة تفاعلات إماعة الألكينات أو التحلّل المائي لهاليدات الألكيل.
 - الإثيرات هي مركبات عضوية تحتوي على ذرة أكسجين مرتبطة بذرتي كربون صيغتها العامة هي $R-O-R'$ وتُصنّف إلى إثيرات أليفاتية وأروماتية ومختلطة بحسب المجموعات العضوية المتصلة بذرة الأكسجين.
 - تحضر الإثيرات عن طريق تفاعل الاستبدال حيث يتفاعل هاليد الألكيل مع ألكوكسيد الصوديوم (طريقة وليامسون) أو عن طريق نزع الماء من الكحول عند ظروف خاصة.
 - تتفاعل الإثيرات مع الأحماض القوية المركزة مثل HI لإنتاج هاليد الألكيل عن طريق كسر الرابطة الإثيرية.
- (2-1) مجموعة الكربونيل
 - مجموعة الكربونيل تتكوّن من ذرة أكسجين وذرة كربون مرتبطتين برابطة تساهمية ثنائية. من المركبات العضوية التي تحتوي على هذه المجموعة الألدهيدات والكيتونات.
 - درجة غليان الألدهيدات والكيتونات أعلى من الهيدروكربونات المقابلة لها في الكتلة المولية وأدنى من الكحولات المقابلة لها في الكتلة المولية.

114

مراجعة الوحدة الخامسة

المفاهيم

أمينات	Amines	ألدهيد	Aldehyde
ألدهيد أليفاتي	Aliphatic Aldehyde	إثير	Ether
إثير أروماتي	Aromatic Ether	إثير أليفاتي	Aliphatic Ether
إثير مختلط	Mixed Ether	حمض كربوكسيلي	Carboxylic Acid
رابطة إثيرية	Ether Bond	كحول	Alcohol
كحول أحادي	Monoalcohol	كحول أروماتي	Aromatic Alcohol
كحول أليفاتي	Aliphatic Alcohol	كحول أولي	Primary Alcohol
كحول ثالثي	Tertiary Alcohol	كحول ثانوي	Secondary Alcohol
كحول ثلاثي	Triolcohol	كحول ثنائي	Dialcohol
الهيدروكسيل		الهيدروكسيل	
كيتون	Ketone	كيتون أليفاتي	Aliphatic Ketone
مجموعة كربوكسيل	Carboxyl Group	مجموعة كربونيل	Carbonyl Group
مجموعة هيدروكسيل	Hydroxyl Group	مجموعة وظيفية	Functional Group
هاليد الأريل	Aryl Halide	هاليد الألكيل	Alkyl Halide
(هاليد أروماتي)	(Aromatic Halide)		
هاليد ألكيل أولي	Primary Alkyl Halide	هاليد ألكيل ثالثي	Tertiary Alkyl Halide
هاليد ألكيل ثانوي	Secondary Alkyl Halide	هيدروكربون هالوجيني	Halogenated Hydrocarbon

الأسعار الرئيسة للوحدة

(1-1) المجموعات الوظيفية

- هي عبارة عن ذرة أو مجموعة ذرية تمثل الجزء النشط الذي تتركز إليه التفاعلات الكيميائية للمركب الذي يحتويها، وتحدد الصيغة البنائية والخواص الكيميائية لعائلة من المركبات العضوية.
- تنقسم التفاعلات الكيميائية في المركبات العضوية إلى ثلاثة أنواع أساسية: تفاعلات الاستبدال، تفاعلات الانزعاج وتفاعلات الإضافة.

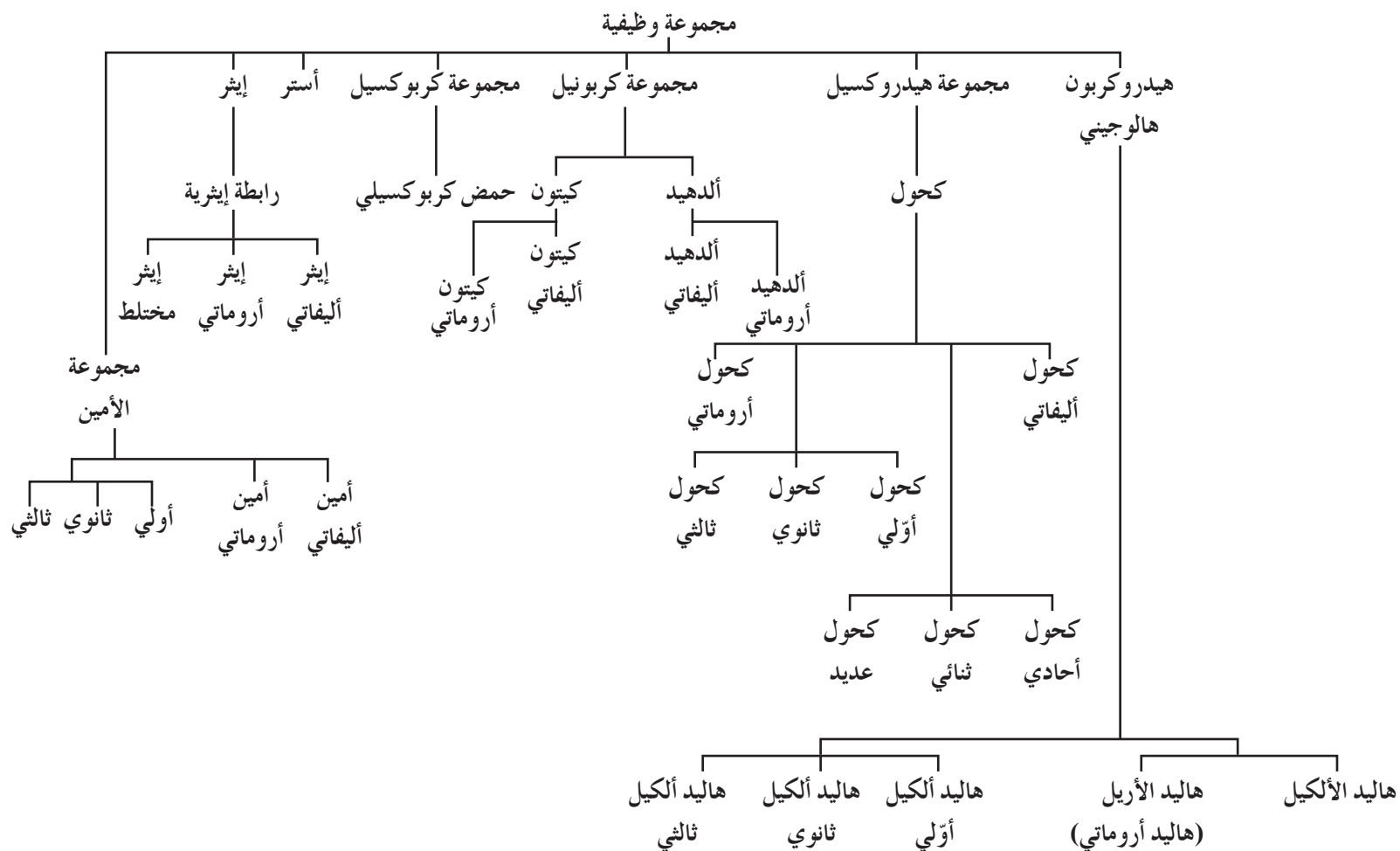
(2-1) الهيدروكربونات الهالوجينية

- الهيدروكربونات الهالوجينية هي مركبات عضوية مشتقة من الهيدروكربونات الأليفاتية أو الأروماتية باستبدال ذرة هالوجين أو أكثر محل ما يمثّل عددها من ذرات الهيدروجين.
- يمكن تحضير الهيدروكربونات بسهولة من خلال التفاعلات التالية.
- الهلجنة المباشرة للألكانات وهي تفاعل استبدال ينتج عنه هاليد الألكيل $R-X$ أو هالو ألكان.
- الهلجنة المباشرة للبنزين وهي تفاعل استبدال ينتج عنه هاليد الفينيل أو هالو بنزين $Ar-X$.

113

- تصنّف الألدهيدات والكيتونات إلى أليفاتية وأروماتية تبعاً للشقوق العضوية المرتبطة بمجموعة الكربونيل.
- تنتج تفاعلات الإضافة كحولات إن كانت المتفاعلات ألدهيد أو كيتون وهيدروجين بوجود فلزّ كمادة محفزة. يكون الناتج كحول أولي في حالة الألدهيد وكحول ثانوي في حالة الكيتون.
- تفاعلات الأكسدة للألدهيدات باستخدام محلول تولن ومحلول فنتلج تفرّق بين الألدهيدات والكيتونات.
- تحضر الألدهيدات من خلال أكسدة الكحولات الأولية وتحضر الكيتونات من خلال أكسدة الكحولات الثانوية.
- تتأكسد الألدهيدات بسبب وجود ذرة هيدروجين مرتبطة بمجموعة الكربونيل بينما الكيتونات لا تتأكسد.
- تتأكسد الألدهيدات بسهولة بالعوامل المؤكسدة أو أكسجين الهواء لإنتاج الحمض الكربوكسيلي المقابل.
- (2-2) الأحماض الكربوكسيلية والأمينات
 - الأحماض الكربوكسيلية هي أحماض ضعيفة تتفاعل مع الفلزّات لإنتاج ملح وغاز الهيدروجين، ومع القواعد القوية لإنتاج ملح وماء كما تتفاعل مع الأملاح.
 - تُنتج مشتقات الأحماض الكربوكسيلية عند استبدال مجموعة الهيدروكسيل في مجموعة الكربوكسيل بأيّ ذرة أو مجموعة ذرات ما عدا ذرة الكربون والهيدروجين. مثال عليها كلوريدات الحمض والايستر وأنهيدريدات الحمض.
 - يمكن تحضير الأحماض الكربوكسيلية عن طريق تفاعلات الأكسدة بوجود عامل مؤكسد أو أكسجين الهواء.
 - أكسدة الكحولات الأولية تماماً.
 - أكسدة الألدهيدات.
 - تذوب الأحماض الكربوكسيلية الأليفاتية تماماً في الماء إذا كان عدد ذرات الكربون في الجزيء أقل من أربعة ذرات. تقل الذوبانية في الماء مع تزايد الكتلة الجزيئية.
 - درجات غليان الأحماض الكربوكسيلية أعلى بكثير من درجات غليان الكحولات ذات الكتل الجزيئية المقاربة لها، بسبب وجود مجموعة الكربوكسيل التي تحتوي على مجموعة كربونيل ومجموعة هيدروكسيل.
 - الأمينات مركبات عضوية تشقّ من الأمونيا عن طريق استبدال ذرة هيدروجين أو أكثر بما يقابلها من الشقوق العضوية.
 - تصنّف الأمينات إلى أولية وثانوية وثالثية تبعاً لعدد ذرات الهيدروجين المستبدلة من الأمونيا.
 - تنقسم الأمينات إلى أليفاتية وأروماتية بحسب نوع الشق العضوي المتصل بذرة النيتروجين.
 - تحضر الأمينات عن طريق تفاعل الاستبدال بين هاليدات الألكيل وأميد الصوديوم.
 - بما أنها تشقّ من الأمونيا، تسلك الأمينات سلوك القواعد فتتفاعل مع الأمينات الأولية مع الأحماض لتكوين الأملاح المقابلة.
 - درجة غليان الأمينات الأولية أعلى من درجات غليان الألكانات المقابلة لها في الكتل المولية ولكنها أقل من درجات غليان الكحولات والأحماض الكربوكسيلية المقاربة لها في الكتل المولية.
 - تذوب الأمينات الأولية ذات الكتل الجزيئية الصغيرة في الماء بسبب قدرتها على تكوين روابط هيدروجينية مع الماء. وتقل الذوبانية بزيادة الكتلة المولية (زيادة عدد الكربون في الجزيء).

115



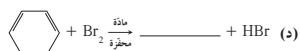
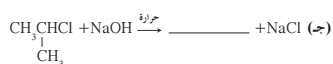
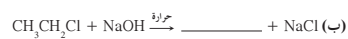
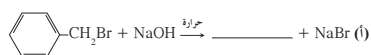
خريطة مفاهيم الوحدة

استخدم المفاهيم الموضحة في الشكل التالي لرسم خريطة تُنظّم الأفكار الرئيسة التي جاءت في الوحدة:

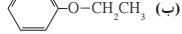
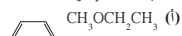


تحقق من فهمك

1. إلام يرمز الحرف R في الصيغة $R - CH_2Cl$ ؟
2. اكتب الصيغة التركيبية لكل من المركبات التالية:
(أ) 2، 2، 1 - ثلاثي كلورو بيوتان
(ب) 3، 1 - ثنائي يودو بنتان
(ج) 2، 1 - ثنائي كلورو هكسان
3. اكتب أسماء الهيدروكربونات الهالوجينية التالية:
(ب) CH3CH2CH2CH2CH2Cl
(أ) CH3CH2CH2CH2CH2Br
(ج) c1ccccc1CH2Br
4. اكتب الصيغ التركيبية وسمها بحسب قواعد IUPAC لجميع أيزوميرات المركبين التاليين:
(أ) C3H6Cl2
(ب) C4H9Br
5. ما النواتج العضوية للتفاعلات التالية:



6. اكتب أسماء الإشارات التالية:



7. تزداد ذوبانية الإيثر في الماء كلما كانت المجموعات الكربونية أصغر (كتلة مولية أصغر). لذلك، فإن ثنائي إيثيل إيثر أكثر ذوباناً في الماء من ثنائي هكسيل إيثر. الإيثرات أكثر ذوباناً من الهيدروكربونات في الماء. لذلك، فإن ثنائي إيثيل إيثر أكثر ذوباناً من البروبان.

8. نظراً لوجود الرابطة الهيدروجينية بين جزيئات مركب 1 - بيوتانول، يكون له درجة غليان أعلى وللسبب نفسه 1 - بيوتانول أكثر ذوباناً في الماء.

9. (أ) بروبانول

(ب) 3 - ميثيل بيوتانول

(ج) 2 - فينيل إيثانول

(د) كيتون ثنائي الفينيل

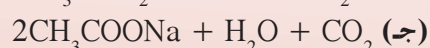
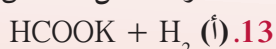
(هـ) إيثانال

(و) 3 - هكسانول

10. ترتفع من البروبان إلى البروبانال فالبروبانول.

11. قوى التجاذب بين الجزيئات القطبية لمركب الأستالدهيد أكبر منها بين جزيئات مركب البروبان.

12. كلما كان الجزيء أكبر، أي أن كتلته المولية أكبر، كلما كانت الذوبانية أقل. حمض الإيثانويك أكثر ذوباناً.



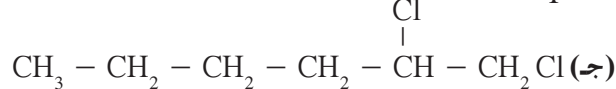
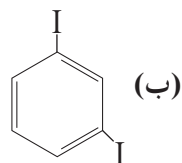
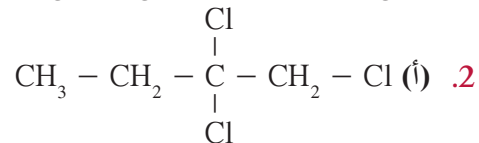
14. (أ) حمض الفورميك

(ب) حمض الأسيتيك

(ج) حمض البيوتانويك

تحقق من فهمك

1. تمثل R شقاً عضوياً (ألكيل أو أريل).



3. (أ) 1 - كلورو - بروبان

(ب) 2، 1 - ثنائي كلورو - 4 - ميثيل بنتان

(ج) بروموتولوين أو بروموبنزيل

4. (أ) $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CHCl}_2$: 1، 1 - ثنائي كلورو

بروبان

$\text{CH}_3-\text{CHCl}-\text{CH}_2\text{Cl}$: 2، 1 - ثنائي كلورو

بروبان

$\text{CH}_3-\text{CCl}_2-\text{CH}_3$: 2، 2 - ثنائي كلورو بروبان

$\text{CH}_2\text{Cl}-\text{CH}_2-\text{CH}_2\text{Cl}$: 1، 3 - ثنائي كلورو

بروبان

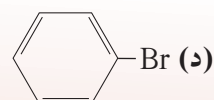
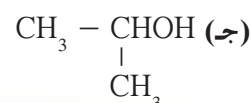
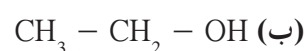
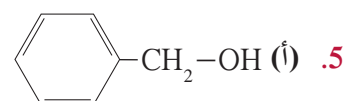
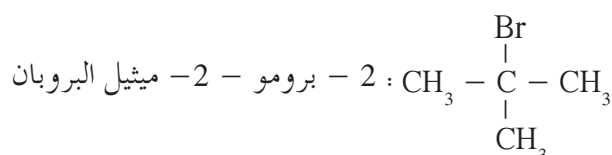
(ب) $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2\text{Br}$: 1 - برومو

بيوتان

$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CHBr}-\text{CH}_3$: 2 - برومو بيوتان

$\text{CH}_3-\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{CH}_2\text{Br}$: 1 - برومو - 2 -

ميثيل بروبان



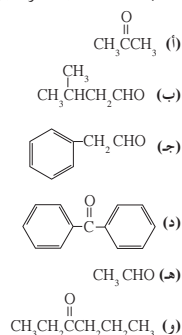
6. (أ) إيثيل ميثيل إيثر

(ب) إيثيل إيثيل إيثر

(ج) ثنائي إيثين إيثر

(د) ثنائي أيزوبروبيل إيثر

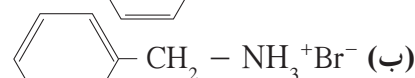
7. اشرح لماذا ثنائي إيثيل إيثر أكثر ذوباناً في الماء من ثنائي هكسيل إيثر.
أي المركبين، برأيك، أكثر ذوباناً في الماء البروبان أم ثنائي إيثيل إيثر؟ ولماذا؟
8. فسر لماذا يمتلك 1 - بيوتانول درجة غليان أعلى من ثنائي إيثيل إيثر.
أي المركبين، برأيك، أكثر ذوباناً في الماء؟ ولماذا؟
9. اكتب أسماء الألهيدات والكتونات التالية:



10. الإلم تتوقع أن تتوصل عند مقارنة درجات غليان البروبان مع 1 - بروبانول والبروبانال؟
11. يمتلك البروبان $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$ والأسيتالدهيد CH_3CHO كتلاً مولية متساوية ولكن البروبان يغلي عند 42°C والأسيتالدهيد يغلي عند 20°C . فسر وعلل هذا الاختلاف.
12. الإلم تتوقع أن تتوصل عند مقارنة ذوبانية حمض الإيثانويك مع حمض الديكانويك؟
13. ما هي نواتج كل من التفاعلات التالية:
(أ) $\text{HCOOH} + \text{K} \rightarrow$ (ب) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH} + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow$
(ج) $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{NaOH} \rightarrow$

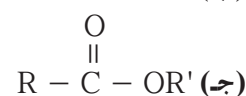
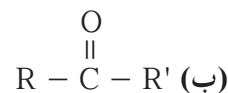
14. اكتب الاسم الشائع لكل حمض من الأحماض الكربوكسيلية التالية:
(أ) HCOOH (ب) CH_3COOH (ج) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$
15. اكتب الاسم والصيغة التركيبية للكحول الذي يجب أن يتأكسد ليكون المركبات التالية:
(أ) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHO}$ (ب) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CCH}_3$ (ج) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CHO}$

15. (أ) $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2\text{OH}$ - بروبانول
(ب) $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CHOH} - \text{CH}_3$ - بيوتانول
(ج) $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}(\text{CH}_3) - \text{CH}_2\text{OH}$ - 2 - ميثيل بيوتانول



17. (أ) HCOOCH_3 فورميات الميثيل
(ب) $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2\text{COO} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ بيوترات الإيثيل (إستر إيثيل البيوتانوات)
(ج) $\text{CH}_3 - \text{COO} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ أسيتات البروبيل (إستر بروبيل الإيثانوات)

تحقق من مهارتك



2. ترتيب تصاعدي (ج)، (أ)، (ب).

3. (أ) فينول

- (ب) إيثر

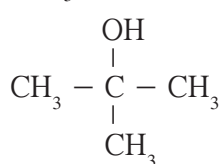
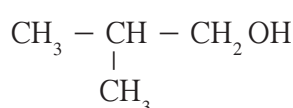
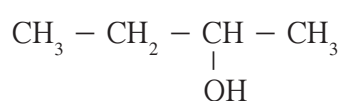
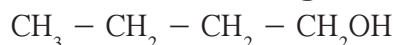
- (ج) كحول

- (د) فينول

- (هـ) كحول

4. كلورو ميثان؛ ثنائي كلورو الميثان؛ ثلاثي كلورو الميثان؛ رباعي كلورو الميثان

5. 1. الصيغ التركيبية المكثفة لأيزوميرات $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$:



2. 1 - بيوتانول

- كحول أولي

- 2 - بيوتانول

- كحول ثانوي

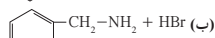
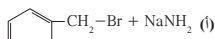
- 2 - ميثيل - 1 - بروبانول

- كحول أولي

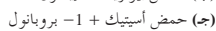
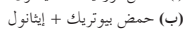
- 2 - ميثيل - 2 - بروبانول

- كحول ثالثي

16. اكتب الصيغة التركيبية للمواد الناتجة المتوقعة من التفاعلات التالية.

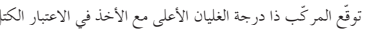
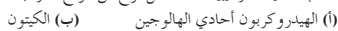


17. اكتب الصيغة التركيبية واسم الاستر الذي يمكن أن يتكون من كل من التفاعلات التالية:

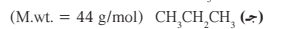
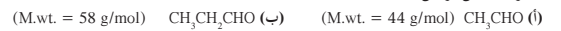


تحقق من مهارتك

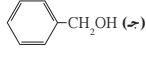
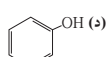
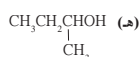
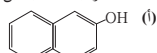
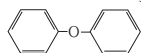
1. اكتب الصيغة التركيبية العامة لكل نوع من أنواع المركبات التالية:



2. توقع المركب ذا درجة الغليان الأعلى مع الأخذ في الاعتبار الكتل المولية الجزيئية لكل مركب الموضحة بين قوسين.



3. صنف المركبات التالية بين كحولات وإثيرات وفينولات.



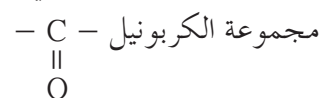
2.3 - ميثيل 2 بروبانول لأنه ثالثي (بسبب عدم

ارتباط ذرة الكربون المتصلة بمجموعة الهيدروكسيل

بذرة هيدروجين يمكن أكسدتها.)

4. (أ) في الاختبار الأول، يكون الاختبار إيجابياً مع

المركبين A' و C'، ما يعني أن كلا منهما يحتوي على



المركبات التي تحتوي على هذه المجموعة الوظيفية

هي الألدهيدات والكيتونات.

(ب) يدل الاختبار الثاني على الألدهيدات.

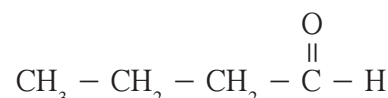
عندما نريد التمييز بين ألدهيد وكيتون نخضع المركب

للاختبار الثاني. إذا كان إيجابياً يكون المركب ألدهيداً

وإذا كان سلبياً يكون كيتوناً. C' هو إذاً ألدهيد.

(ج) إذا كان C' لا يحتوي على سلسلة كربونية

متفرعة، تكون صيغته التركيبية المكثفة:

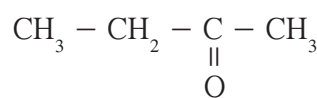


بيوتانال

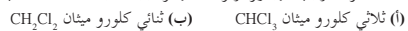
(د) إذا كان A' كيتوناً، فيعني ذلك أن A' أنتج من

أكسدة كحول ثانوي وهو 2-بيوتانول.

فيكون A' 2 - بيوتانول



4. أعد جدولاً لترتيب الهيدروكربونات الهالوجينية التالية تصاعدياً بحسب درجات غليانها.



5. توضّح الصيغة الجزيئية التالية C4H10O صيغة أحد الكحولات الأليفاتية المشبعة. لهذا الكحول أربعة أيزوميرات يُشار إليها بالأحرف A و B و C و D.

الأيزوميرات A و B و C، تم اختبار كل منها بتفاعل أكسدة وذلك بالتسخين لدرجة (300 °C)

في وجود فلز النحاس كعامل حفّاز.

• أنتج المركب A المركب A'.

• أنتج المركب C المركب C'.

• المركب B لم يتفاعل.

1. اكتب الصيغة التركيبية المكثفة لكل من الأيزوميرات الأربعة.

2. سمّ كل من الكحولات الأربعة وحّد صنف كل منها (أولية أو ثانوية أو ثالثية).

3. أي من الأيزوميرات الأربعة لا يتأكسد؟ لماذا؟

4. أخضع المركبين A' و C' لاختبارين:

• الاختبار الأول مع محلول 2,4 ثنائي نيترو فينيل الهيدرازين (2,4 - DNPH).

• الاختبار الثاني مع محلول فهلنج.

الاختبار الثاني	الاختبار الأول	المركب
محلول فهلنج	2,4 - DNPH	
سلبى	إيجابى	A'
إيجابى	إيجابى	C'

(أ) ماذا تلاحظ في الاختبار الأول؟ ما هي المجموعة الوظيفية التي يدل عليها هذا الاختبار؟ ما

هي المركبات التي تحتوي على هذه المجموعة؟

(ب) ما هي الخاصية التي يدل عليها الاختبار الثاني؟ ما هي المجموعة الوظيفية للمركب C' التي

يدل عليها هذا الاختبار؟

(ج) إذا كان المركب C' لا يحتوي على سلسلة كربونية متفرعة، فما هي صيغته التركيبية

المكثفة وما اسمه؟

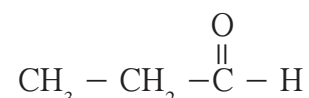
(د) ما الصيغة التركيبية للمركب A' وما اسمه؟

6. (أ) المركب (A) هو كحول يتأكسد لينتج المركب (C) و/أو المركب (D) (الدهيد أو حمض كربوكسيلي). بما أن (A) يخضع لأكسدة متواصلة فهو كحول أولي.

إذا كان المركب (A) يحتوي على 3 ذرات كربون في الجزيء فيكون 1- بروبانول:



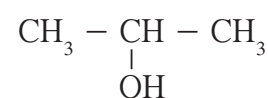
ويكون المركبان (C) و (D): أحدهما الألدheid بروبانال:



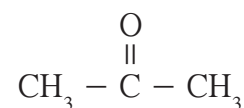
والآخر حمض كربوكسيلي حمض البروبانويك:



أما المركب (B) الذي ينتج (E) فقط، فهو كحول ثانوي 2- بروبانول:



والمركب (E) هو كيتون بروبانون:



6. وجد طلاب الصف الثاني عشر خلال تجربة في المختبر 5 كؤوس زجاجية مرقمة من 1 إلى 5 وتحتوي، على التوالي، على المركبات، A و B و C و D و E. المعطيات:
- يتكون جزيء كل من المركبات السابقة من 3 ذرات كربون وذرات هيدروجين وذرة أو ذرتين من الأكسجين.
 - لا تحتوي سلسلة ذرات الكربون في الجزيء إلا على روابط أحادية.
 - اثنان فقط من هذه المركبات هما كحولات.
 - (أ) تعطي الأكسدة المتواصلة للمركبين (A) و (B) بواسطة محلول حمضي من برمنجنات البوتاسيوم النتائج التالية.
 - يُنتج المركب (A) المركب (C) ثم المركب (D).
 - يُنتج المركب (B) المركب (E) فقط.
 - حدّد ما إذا كانت هذه النتائج المخبرية كافية لتحديد المركبات A و B و C و D و E.
 - (ب) للتأكد من النتائج السابقة، استخدم محلول (كاشف) فهلنج. أظهرت التجربة أنّ المركب (C) قد تأكسد (تكون راسب أحمر طوي). حدّد المركب (C)، واكتب المعادلة التي توضح التفاعل بين محلول فهلنج والمركب (C).

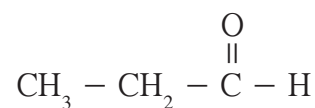
مشاريع الوحدة

1. ابحث عن فاكهتك المفضلة. اعرض بطريقة مبتكرة مصدر هذه الفاكهة ومصدر طعمها ورائحتها المميزين. اذكر اسم الاستر الذي تحتوي عليه والذي يعطيها رائحتها المميزة ثم اذكر التغيرات الكيميائية التي تحدث عند نضجها.

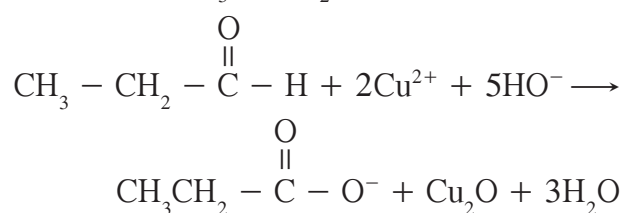
أسئلة مراجعة الوحدة 5

122

(ب) عند استخدام كاشف فهلنج تبين أن المركب (C) يتأكسد بينما لا تفاعل مع المركب (D). مما يؤكد أن المركب (C) هو ألأهيد بروبانال:



والمركب (D) هو حمض كربوكسيلي حمض البروبانويك:



مشاريع الوحدة

1. سوف تتنوع الإجابات. على الطلاب عرض النتائج أمام زملائهم.

مخطط الوحدة السادسة: الكيمياء الحيوية

الفصل	الدرس	الأهداف	عدد الحصص	معالم الوحدة
1 . الكربوهيدرات	1-1 الكربوهيدرات	• وصف الخواص البنائية المهمة للسكّريات الأحادية والسكّريات المحدودة والسكّريات العديدة . • ذكر مصادر عدد من الكربوهيدرات المهمة واستخداماتها .	3	
	1-2 الأحماض الأمينية وبوليمراتها (الببتيدات والبروتينات)	• كتابة الصيغة العامة للحمض الأميني ووصف الترابط بين الأحماض الأمينية في الببتيدات والبروتينات .	3	
2 . البروتينات والليبيدات	2-2 الأحماض الدهنية والليبيدات	• تمييز التركيبات الجزيئية للجليسريدات الثلاثية والفوسفوليبيدات والشموع . • تمييز الأحماض الدهنية وإعطاء أمثلة متعدّدة لها .	3	علاقة الكيمياء بالصناعة: صناعة الصابون الكيمياء في خدمة المستهلك: الدهن المزيّف
حلّ أسئلة مراجعة الوحدة				1
إجمالي عدد الحصص				10

فصول الوحدة

الفصل الأول

الكربوهيدرات

الفصل الثاني

البروتينات والليبيدات

أهداف الوحدة

- يصف الخواص المهمة للسكريات الأحادية والمحدودة والسكريات العديدة.
- يذكر مصادر عدد من الكربوهيدرات المهمة واستخداماتها.
- يكتب الصيغة العامة للحمض الأميني ويصف الترابط بين الأحماض الأمينية في الببتيدات والبروتينات.
- يميز الأحماض الدهنية ويعطي أمثلة متعددة لها.
- يميز التراكيب الجزيئية للجليسريدات الثلاثية والفوسفوليبيدات والشموع.

معالم الوحدة

- اكتشاف بنفسك: مواد بيولوجية محفزة
- معلومات إضافية: البوليمرات
- علاقة الكيمياء بالصناعة: صناعة الصابون
- الكيمياء في خدمة المستهلك: الدهن المزيّف

Nutrition Facts	
Serving Size 1/4 Cup (50g)	
Servings Per Container About 35	
Amount Per Serving	
Calories 100	Calories from Fat 100
% Daily Value	
Total Fat 17g	34%
Saturated Fat 2.5g	5%
Trans Fat 0g	0%
Cholesterol 0mg	0%
Sodium 120mg	5%
Total Carbohydrate 2g	4%
Dietary Fiber 2g	8%
Sugars 1g	2%
Protein 1g	
Vitamins A, B, C, D, E, K	
Iron 10%	

قد يهتم معظمنا بمذاق الطعام وأهميته بالنسبة إلى نمونا وحمايتنا من أمراض كثيرة. ولكن العلماء وأطباء الصحة والتغذية والكيميائيين يدرسون الطعام في إطار الكيمياء الحيوية للتعقّق في فهم الجزيئات الحيوية وهي الكربوهيدرات والليبيدات والبروتينات والأحماض الأمينية. وهم يهتمون أيضاً بدراسة صيغها التركيبية ووظائفها، وبالأدوار التي تؤديها في أجهزة أجسامنا. تتميز الجزيئات الحيوية بأنها كبيرة لذلك تُسمى الجزيئات الضخمة، وبأنها تتكوّن من مونومرات يرتبط بعضها ببعض في تفاعلات البلمرة لتصبح بوليمرات.

اكتشف بنفسك

مواد بيولوجية محفزة
لإجراء هذا النشاط يجب توفر ما يلي:
قطعة صغيرة من اللحم الأحمر النيء، قطعة مماثلة لها في الحجم من اللحم المطهو، كلّ منهما في طبق على حدة، فوق أكسيد الهيدروجين (3%)، وقطارة.
1. أضف، بواسطة القطارة، قطرات قليلة من محلول فوق أكسيد الهيدروجين إلى عيّنتي اللحم. يجب أن تكون كتلتهما عند درجة حرارة الغرفة.
2. راقب العيّنتين لمدة خمس دقائق تقريباً.
3. هل لاحظت أي فرق في مظهر فوق أكسيد الهيدروجين في العيّنتين؟ ما سبب الفرق برأيك؟ ماذا تستنتج من هذه التجربة؟ بعد دراستك العمليات الكيميائية في هذا الدرس، حاول تفسير ملاحظاتك.

التعليق على الصورة الافتتاحية للوحدة

اطلب إلى الطّالّاب تفحص الصورة الافتتاحية للوحدة، ثمّ وجّه إليهم السؤال التالي:

• ماذا يوضّح هذا الشكل؟ [يوضّح الشكل ملصقاً يظهر مكوّنات منتج

غذائي، فهو يشمل حجم الحصة والسعرات الحرارية وإجمالي الدهون

والكوليستيرول والصوديوم وإجمالي الكربوهيدرات.]

وضّح للطّالّاب أنّ هذه المعلومات الموجودة على المنتجات الغذائية كلّها تساعدنا على اختيار المنتجات التي تناسب حياة كلّ فرد منا.

اكتشف بنفسك

اطلب إلى الطّالّاب تنفيذ هذا النشاط ضمن مجموعات، على أن يلبسوا القفّازات عند التعامل مع موادّ كيميائية كفوق أكسيد الهيدروجين، ثمّ الإجابة عن الأسئلة الموجودة في افتتاحية الوحدة الخامسة. [عند زيادة فوق أكسيد الهيدروجين في العيّنة التي تحتوي على اللحم الأحمر النيء، يمكن ملاحظة فقاعات، ولكن لا يحدث تغيير في العيّنة التي تحتوي على اللحم المطهو. يعود سبب ذلك إلى وجود مادة محفزة في اللحم النيء تسرع عملية تفكّك فوق أكسيد الهيدروجين إلى غاز الأكسجين والهيدروجين.]

مكوّنات الوحدة

الفصل الأول: الكربوهيدرات

الدرس 1-1: الكربوهيدرات

الفصل الثاني: البروتينات والليبيدات

الدرس 1-2: الأحماض الأمينية وبوليمراتها (الببتيدات والبروتينات)

الدرس 2-2: الأحماض الدهنية والليبيدات

مقدمة

تختصّ الكيمياء الحيوية بدراسة كلّ ما يتعلّق بحياة الكائنات الحية. تحتوي الكائنات الحية كلّها على مركّبات تُسمّى الكربوهيدرات والليبيدات والبروتينات. تهدف هذه الوحدة إلى دراسة الصيغ التركيبية ووظيفة هذه المركّبات. تتضمن هذه الوحدة فصلين هما:

• الكربوهيدرات

• البروتينات والليبيدات

في الفصل الأول، سوف يتعرّف الطّالّاب الكربوهيدرات وصيغها التركيبية، وسيصنّفونها إلى أحادية وثنائية وعديدة. وسوف يدرسون مصادر السكّريات واستخداماتها المهمة.

في الفصل الثاني، سيدرس الطّالّاب الأحماض الأمينية ويكتبون صيغتها العامة ويصفون الترابط بينها الذي يؤدّي إلى إنتاج الببتيدات والبروتينات.

وسوف يميّزون أيضاً في هذا الفصل التركيبات الجزيئية للجليسريدات الثلاثية والفوسفوليبيدات والشموع، ويصفون وظائف الفوسفوليبيدات في أغشية الخلايا.

الأهداف المعرفية

أتوقع أن يكون الطالب قادرًا على أن:

1. يحدّد المفردات والعبارات التالية:

الكربوهيدرات، سكر أحادي، سكر محدود، سكر عديد، أحماض أمينية، ببتيد، رابطة ببتيدية، بروتينات، بروتينات بسيطة، بروتينات مرتبطة، بروتينات مشتقة، إنزيمات، ليبيدات، جليسيريدات ثلاثية، الشموع، ليبيدات بسيطة، ليبيدات مركبة، ليبيدات بروتينية.

2. يتعرّف المفاهيم العلمية التالية:

• تعرّف أصناف الكربوهيدرات: السكريات الأحادية والمحدودة والعديدة.

• كتابة معادلات التكثيف التي ينتج عنها السكروز واللاكتوز والمالتوز.

• ملاحظة أنّ السكريات العديدة هي تتكوّن من أكثر من 10 جزيئات الجلوكوز مثل النشا والسليلوز والجليكوجين.

• معرفة أنّ الأحماض الأمينية هي وحدة البناء الرئيسة لمادّة البروتين.

• معرفة أنّ الأحماض الأمينية تتكوّن من مجموعة الكربوكسيل الحمضية ($-COOH$) ومجموعة الأمين القاعدية ($-NH_2$).

• ملاحظة أنّ الرابطة الببتيدية هي رابطة أميدية تربط بين اثنين من الأحماض الأمينية لتكوين ببتيدات.

• شرح البروتينات على أنّها ببتيدات تتكوّن من أكثر من مئة حمض أميني مترابطة بعضها ببعض.

• تعريف الليبيدات على أنّها مجموعة من المركّبات الطبيعية تشمل الزيوت والدهون والشموع وموادّ أخرى ذات طبيعة دهنية.

• معرفة أنّ الجليسيريدات الثلاثية إسترات أحماض دهنية وجليسرول.

الأهداف المهارية

أتوقع أن يكتسب الطالب المهارات التالية:

• تصنيف الكربوهيدرات على أساس المجموعة الوظيفية في الجزيء (الجلوكوز ألدريد والفركتوز كيتون).

• كتابة معادلة التكثيف التي تنتج عنها الببتيدات وتحديد الرابطة الببتيدية.

• التعبير عن تتابع الأحماض الأمينية في الببتيد باستخدام الرموز المختصرة ثلاثية الحروف للأحماض الأمينية.

• التمييز بين أصناف الليبيدات: البسيطة والمركّبة والمشتقة.

• استخدام محلول بندكت لتصنيف الكربوهيدرات.

• كتابة تفاعل الأسترة بين الأحماض الدهنية والجليسرول لإنتاج جليسيريدات وتفاعل ناتج مع القلويات لإنتاج أملاح (تفاعل التصبن).

الأهداف الوجدانية

أتوقع أن يكتسب الطالب:

1. الاتجاهات التالية:

• الاتجاه نحو الدقة في حلّ مشكلة أو ظاهرة ما بناءً على مفهومها العلمي.

• الاتجاه نحو إجراء التجارب لتوضيح بعض الحقائق العلمية وإثباتها.

2. الميول العلمية المناسبة التالية:

• وضع خرائط للمفاهيم توضّح مفاهيم الوحدة.

• تخصيص ملفّ يجمع فيه الطالب الأبحاث والدراسات التي قام بها خلال دراسته هذه الوحدة.

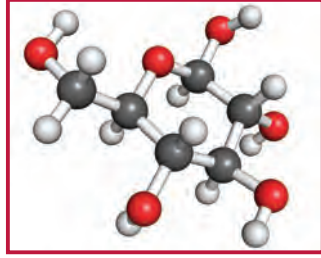
3. أوجه التقدير التالية:

• الأهميّة الاقتصادية لبعض الموادّ، وتأثيراتها على الصحة العامّة والبيئة.

• جهود العلماء عامّةً، وعلماء الكيمياء خاصّةً، وإسهاماتهم.

تعرفت في الوحدة السابقة المجموعات الوظيفية التي تميز كل عائلة من المركبات العضوية مثل مجموعة الهيدروكسيل للكحولات ومجموعة الكربونيل للaldehيدات والكتونات اللتين تشكلان محور هذا الفصل الكربوهيدرات.

الكربوهيدرات هي مركبات تحتوي على ذرات الكربون والهيدروجين والأكسجين. وتعتبر هذه المركبات الأساسية المصدر الأساسي للطاقة في جسم الإنسان. ويعد السكر والنشا الأمثلة الأكثر شيوعاً عليها.



124

الكربوهيدرات

دروس الفصل

الدرس 1-1: الكربوهيدرات

تعرف الطلاب في الوحدة السابقة المجموعات الوظيفية. ناقش مع الطلاب التفاعلات الكيميائية وخواص المركبات العضوية التي تتميز باحتوائها على مجموعات من الكربونيل والكربوكسيل.

في هذا الفصل، سوف يدرس الطلاب مركبات عضوية ذات أهمية خاصة في نظامنا الغذائي وفي تركيب الخلايا، هي الكربوهيدرات. وسوف يتعرف الطلاب الكربوهيدرات ويصنفونها إلى أحادية وثنائية وعديدة. وسناقشون الصيغة التركيبية للكربوهيدرات وما يميز بعض السكريات الأحادية بعضها عن بعض (المجموعات الوظيفية). سوف يناقشون أيضاً المعادلات التي توضح تكوين بعض السكريات الثنائية مثل السكروز واللاكتوز والمالتوز وسيطرقون إلى دورها وبعض خواصها.

استخدام الصورة الافتتاحية للفصل

دع الطلاب يتفحصون الصورة الافتتاحية للفصل ويقرؤون الفقرة المرافقة لها.

ناقش مع الطلاب الطرائق المختلفة لتمثيل الجزيئات ومنها نموذج التعبئة المجسمة. أشر للطلاب إلى أن الألوان محددة وتستخدم لتحديد طبيعة العناصر التي تكون الجزيء.

خلفية علمية

غالباً ما يلفت انتباه المتسوقون (رجال ونساء وشباب) في المتجر المأكولات والمشروبات الخاصة بالحمية الغذائية. يُستخدم الأسبرتام، وهو مُحلٍّ اصطناعي غير سكري، كبديل للسكر في الكثير من الأطعمة والمشروبات وبخاصة تلك المتعلقة بالحمية الغذائية. يحمل الأسبرتام الرقم E951 في الاتحاد الأوروبي.

تم تصنيع الأسبرتام للمرة الأولى عام 1965 ومذاقه أحلى من مذاق سكر القصب أو سكر المائدة بـ 200 مرة.

ومنذ العام 1981، أعلنت إدارة الغذاء والدواء الأميركية FDA تأييدها لاستخدام هذه المادة في عدة أطعمة ومشروبات، كاللبن والمثلجات والعلكة والعصائر والمشروبات الغازية وغيرها. وقد أكدت هذه الإدارة أن هذه المادة غير مسرطنة ولا تشكل خطراً على الصحة.

ينقسم الناس بين مؤيدين ومعارضين لهذه المادة. فبينما يستخدم البعض مادة الأسبرتام كبديل عن السكر العادي في مأكله ومشربه، أشار البعض الآخر إلى خطورة تناول هذه المادة مشيراً إلى أنها تؤدي إلى أمراض خطيرة أبرزها سرطان الدماغ.

الأهداف:

- يصف الخواص البنائية المهمة للسكّريات الأحادية والسكّريات الثنائية والسكّريات العديدة.
- يذكر مصادر عدد من الكربوهيدرات المهمة واستخداماتها.

صفحات الطالب: من ص 125 إلى ص 132

صفحات الأنشطة: من ص 32 إلى ص 34

عدد الحصص: 3

1. قدّم وحفّز

1.1 استخدام الصورة الافتتاحية للدرس

دع الطلاب يتفحصون الصورة الافتتاحية للدرس ويقرؤون الفقرة المرافقة لها.

وضّح للطلاب أنّ بعض الكائنات الحيّة تتغيّر غلافها الخارجي وتكوّن غلافًا جديدًا. أشر للطلاب إلى أنّ هذا التغيّر يتمّ لأنّ الغلاف القديم أصبح ضيقًا ولا بدّ من تغييره حتى يتمكن الكائن من النمو ويزداد حجمه.

أشر للطلاب إلى أنّ هناك حيوانات كثيرة مثل بعض الحشرات وسرطانات البحر وغيرها تقوم بالعملية نفسها.

أشر لهم أيضًا إلى أنّ المادّة التي يتكوّن منها الغلاف الخارجي الذي تغيّره الكائنات تنتمي إلى مجموعة المركّبات العضوية التي تُعرّف بالكربوهيدرات.

2.1 اختبار المعلومات السابقة لدى الطلاب

لتقييم المعلومات السابقة لدى الطلاب حول المركّبات العضوية، وجّه إليهم الأسئلة التالية:

- ما الذي يميّز كلّاً من المركّبات التالية:

- الكحول؟ [مجموعة الهيدروكسيل $-OH$]
- الألدهيدات والكيّونات؟ [مجموعة الكربونيل $-C=O$]
- الأحماض الكربوكسيلية؟ [مجموعة الكربوكسيل $-COOH$]

• ما نوع التفاعل الذي تشابه فيه الألدهيدات والكيّونات؟ [تفاعل الإضافة الذي يتمّ على مستوى مجموعة الكربونيل $C=O$ التي تحتوي على رابطة باي π].

• ما التفاعل الكيميائي الذي يميّز بين الألدهيدات والكيّونات؟

[تفاعل الأكسدة. الألدهيدات هي عوامل مختزلة بسبب وجود ذرّة هيدروجين متّصلة بذرّة كربون في مجموعة الكربونيل. أمّا الكيّونات، فلا تتأكسد لأنّها لا تحتوي على ذرّة هيدروجين متّصلة بذرّة كربون في مجموعة الكربونيل].

تناقش مع الطلاب حول فكرة أنّ الجلوكوز الذي ينتج في النباتات الخضراء أثناء عملية البناء الضوئي ينتمي إلى الكربوهيدرات ويُسمّى السكّريات الأحادية.

الكربوهيدرات Carbohydrates

الدرس 1-1

الأهداف العامة

- يصف الخواص البنائية المهمة للسكّريات الأحادية والسكّريات المحدودة والسكّريات العديدة.
- يذكر مصادر عدد من الكربوهيدرات المهمة واستخداماتها.

فقرة إثرائية

معلومات إضافية

البوليمرات
تتمتّع البوليمرات العضوية في أيامنا هذه بالغة الأهمية في حياة الإنسان، فهي تدخل في مكونات غذائية وفي كسائه ومسكنه. ينتفع الإنسان من النشويات والسكّريات والبروتينات التي يحصل عليها من الغذاء، ويستخدم القطن والصوف والحبر، وجلود الحيوانات في صنع الملابس، ويستفيد من الخشب في تشييد المسكن والأثاث.

البوليمرات هي جزيئات ضخمة مكوّنة من ترابط عدد كبير جدًا من الوحدات البنائية بعضها بعضًا تسمّى مونومرات. المونومرات هي الوحدات البنائية للبوليمر. ويتكوّن البوليمر من مونومرات من النوع نفسه أو من أنواع مختلفة.

عملية البلمرة اتحاد كيميائي لجزيئين أو أكثر من مادة واحدة أو أكثر ذات تركيب جزيئي بسيط لتكوين مركب كتله الجزيئية كبيرة ويختلف في خواصه الكيميائية والفيزيائية عن المركّبات المكوّنة له.



شكل (33)

حرباء تطرح كسائها القشري

تطرح الحرباء (شكل 33) كسائها القشري الصلب الذي يحميها. فهي على غرار الحشرات وسرطانات البحر والحيوانات اللافقارية المفصليّة، تحتاج عند نموّها إلى كساء قشري أكبر يتسع لها. يتكوّن هذا الكساء الخارجي من نوع من البوليمر يُسمّى كيتين (لدى الحشرات والقشريات) وهو ينتمي إلى فئة من المركّبات العضوية تُسمّى كربوهيدرات.

1. الكربوهيدرات

يتناول العدّاءون، قبل سباقات الجري الطويلة، قدرًا كبيرًا من الأطعمة التي تحتوي على كربوهيدرات مثل الخبز والفطائر. تُعرّف هذه العملية بالتحميل الكربوهيدراتي.

تعرف الكربوهيدرات Carbohydrates بأنّها مركّبات عضوية عبارة عن ألدهيدات أو كيّونات عديدة الهيدروكسيل أو موادّ تكون هذه المركّبات عند تحليلها مائيًا.

وهي موادّ عضوية تحتوي على عناصر الكربون والهيدروجين والأكسجين، وقد سُمّيت بالكربوهيدرات، أي هيدرات الكربون، لاحتواء معظم مركّباتها على عنصري الهيدروجين والأكسجين بنسبة وجودهما في الماء.

لذلك يمكن التعبير عن الكربوهيدرات بالصيغة الجزيئية العامة $C_n(H_2O)_m$.

2. عِلْمٌ وَطَبِّقْ

1.2 مناقشة

وضّح للطلّاب أنّ الرياضيين يتناولون قبل المسابقات الرياضية سكريات أو أطعمة تحتوي على الكربوهيدرات بهدف الحصول على قدر كبير من الطاقة التي تساعدكم على بذل قدر أكبر من الطاقة.

وضّح للطلّاب أنّ الكربوهيدرات هي مونومرات وبوليمرات الألدهيدات والكيونونات وتحتوي على عدّة مجموعات هيدروكسيل متّصلة بها.

أشر للطلّاب إلى أنّ جزيئات الكربوهيدرات تتكوّن من عناصر الكربون والأكسجين والهيدروجين.

وجّه إلى الطّلاب السؤال التالي:

هل هناك علاقة بين اسم الكربوهيدرات والعناصر التي تتكوّن منها؟

[الصيغة العامة للكربوهيدرات هي $C_n(H_2O)_m$. لذلك يشار إلى

عنصر الكربون بالمقطع «كربو» وإلى (H_2O) الموجودة في الجزيء

بـ «هيدرات» لأنّ نسبة وجود عنصري الهيدروجين والأكسجين هي نفسها

نسبة وجودهما في جزيء الماء.]

وضّح للطلّاب أنّ تلك الصيغة تبدو كهيدرات الكربون ولكنها ليست هيدرات حقيقية.

اعرض صوراً عن أنواع من الأطعمة التي تُعدّ مصدراً للكربوهيدرات مستعيناً بجهاز العرض، ثمّ تناقش مع الطّلاب حولها.

دع الطّلاب يستنتجون من خلال ذلك أنّها موجودة في معظم أنواع الأطعمة كما يوضّح الشكل (34) في كتاب الطالب ص 125.

2.2 مناقشة

أشر للطلّاب إلى أنّ الكربوهيدرات يمكن تقسيمها تبعاً لنواتج التحلل المائي إلى:

• سكريات أحادية

• سكريات محدودة

• سكريات عديدة

وضّح لهم أنّ أبسط جزيئات الكربوهيدرات هي السكريات الأحادية مثل الجلوكوز والفركتوز وهما متشابهان تماماً لأنّ كلّاً منهما له الصيغة الجزيئية نفسها. اطلب إلى الطّلاب ملاحظة الشكلين (35 و 36) الذين يوضّحان الصيغة التركيبية لكلّ من الجلوكوز والفركتوز، ثمّ اسألهم:

• ما الفرق الأساسي بينهما؟ [يجب أن يقارن الطّلاب بين الصيغة

العائدة لكلّ من المركّبين ويستنتجون أنّ الجلوكوز يحتوي على مجموعة

الكربونيل في الألدريد



$(-C-H)$ في السلسلة الكربونية المستقيمة، والفركتوز يحتوي

على مجموعة الكربونيل في الكيتون $(-C=O)$ في السلسلة الكربونية

المستقيمة.]

ملاحظة: بعض الكربوهيدرات لا تخضع لهذه الصيغة الجزيئية مثل سكّر الرامنوز $(C_6H_{12}O_5)$. وهناك مركّبات تخضع للصيغة العامة ولكنها ليست كربوهيدرات مثل حمض الأسيتيك $(C_2H_4O_2)$ والفورمالدهيد (CH_2O) لذلك من الصعب الحكم على الكربوهيدرات من خلال الصيغة الجزيئية. يُسمّى النظام الغذائي المعتد أساساً على الخبز والبطاطا نظام الغذاء النشوي، لأنّ الأطعمة تحتوي على أنواع من الكربوهيدرات تُعرف بالنشويات. ما هي أوجه الشبه والاختلاف بين الأنواع المعروفة من الكربوهيدرات؟

2. تصنيف الكربوهيدرات

Classification of Carbohydrates

يمكن تصنيف الكربوهيدرات بحسب نواتج التحلل المائي إلى: السكريات الأحادية، السكريات المحدودة، والسكريات العديدة.

Monosaccharides

1.2 السكريات الأحادية

تحتوي معظم أنواع الأطعمة على الكربوهيدرات كما هو موضح في الشكل (34). وتُسمّى أبسط جزيئات الكربوهيدرات السكريات الأحادية أو السكريات البسيطة Monosaccharides التي لا يتحلل الجزيء الواحد منها مائياً إلى جزيئات أبسط منها. مثال على السكريات البسيطة، الجلوكوز والفركتوز وهما أيزوميران تركيبيان بما أنّهما يمتلكان الصيغة الجزيئية نفسها $C_6H_{12}O_6$.



شكل (34)

تعتبر الأطعمة التي تحتوي على كربوهيدرات من أهمّ مصادر الطاقة. تحتوي الأطعمة التي تظهر إلى اليسار (أ) على كربوهيدرات بسيطة تُسمّى السكريات. أما الأطعمة التي تظهر إلى اليمين (ب) فتعتبر مصدراً جيّداً للكربوهيدرات العديدة التي تُعرف بالنشويات.

يمكن تصنيف السكريات الأحادية بحسب عدد ذرات الكربون.

في هذه الطريقة يتكوّن الوصف من مقطعين:

• سكّر يحتوي على (3) ذرات كربون يُعرف بـ (تراي + وز)

• سكّر يحتوي على (4) ذرات كربون يُعرف بـ (تتر + وز)

• سكّر يحتوي على (5) ذرات كربون يُعرف بـ (بنت + وز)

• سكّر يحتوي على (6) ذرات كربون يُعرف بـ (هكس + وز)

126

الجلوكوز، الفركتوز، الجالكتوز، المانوز، أمثلة عن الهكسوزات الرايبيوز (وهو من أكثر السكريات شيوعاً في الكائنات الحية) من أمثلة البنتوزات.

كما يمكن تصنيف السكريات الأحادية بحسب المجموعة الفعالة: في هذه الطريقة يتكوّن الوصف من مقطعين:

• سكّر يحتوي على مجموعة الألدهيد الفعالة يُعرف بـ "الدوز".

• سكّر يحتوي على مجموعة الكيتون الفعالة يُعرف بـ "كيتوز".

من أمثلة الألدوزات: الجلوكوز، المانوز، الجالكتوز، الرايبيوز. من أمثلة الكيتوزات: الفركتوز.

يمكن دمج الطريقتين والتعرف على المجموعة الفعالة وعدد ذرات الكربون وسيتكوّن الوصف من ثلاثة مقاطع.

الدو (إذا كان ألدهيد) أو كيتو (إذا كان كيتون) +

رقم لاتيني يدلّ على عدد ذرات الكربون + وز

مثال على ذلك:

• سكّر يحتوي على مجموعة الألدهيد الفعالة وفيه 5 ذرات كربون يُعرف بالدوبنتوز.

• سكّر يحتوي على مجموعة الألدهيد الفعالة وفيه 6 ذرات كربون يُعرف بالدوهكسوز.

• سكّر يحتوي على مجموعة الكيتون الفعالة وفيه 6 ذرات كربون يُعرف بكيتوهكسوز.

مثال على ذلك، نجد أنّ الجلوكوز يحتوي على المجموعة الوظيفية للألدهيد بينما يحتوي الفركتوز على المجموعة الوظيفية للكيتون، ويقوم كلّ منهما بالتفاعلات نفسها التي تقوم بها الألدهيدات والكيتونات العادية.

تتواجد السكريات البسيطة، مثل الجلوكوز والفركتوز، في المحلول المائي في حالة اتزان ديناميكي بين الشكل الحلقي (الغالب) وشكل السلسلة الكربونية المستقيمة. يوضّح الشكلان (35) و(36) المجموعة الوظيفية في كلّ من الجلوكوز والفركتوز وصيغتهما التركيبية المستقيمة والحلقية.

يتواجد الجلوكوز بوفرة في النباتات والحيوانات ويُسمّى بحسب مصدره سكّر الذرة أو سكّر العنب أو سكّر الدم، أمّا الفركتوز فهو موجود في عدد كبير من الفواكه والعسل.

وضّح للطلاب أن السكريات الأحادية تصنف:

• بحسب عدد ذرات الكربون موضعًا انه يمكن وصفها على الشكل التالي:

- سكر يحتوي على (3) ذرات كربون يعرف بـ (تري + وز)
- سكر يحتوي على (4) ذرات كربون يعرف بـ (تتر + وز)

بشكل عام: عدد ذرات الكربون + وز

• بحسب المجموعة الفعالة:

- سكر يحتوي على مجموعة الألدهيد الفعالة ويعرف بـ "الدوز"
- سكر يحتوي على مجموعة الكيتون الفعالة ويعرف بـ "كيتوز"

وضّح لهم أنّ كلّاً من الجلوكوز والفركتوز يتفاعل بالطريقة نفسها التي تتفاعل فيها الألدهيدات والكيثونات التي درسها الطلاب في الوحدة السابقة. يتفاعل الجلوكوز بحسب الفركتوز مع الهيدروجين بوجود النيكل كمادة حفازة (تفاعل اختزال) بينما يتأكسد الجلوكوز بحسب وجود مجموعة الألدهيد الفعالة ولا يتأكسد الفركتوز الذي يحتوي على مجموعة الكيتون. تناقش مع الطلاب حول المواد التي يتوافر فيها الجلوكوز، ودعهم يستنتجون أنّه متوافر في النباتات والحيوانات. يُسمّى الجلوكوز وفقاً للمصدر، فهناك سكر الذرة وسكر العنب وسكر الدم. تناقش معهم حول المواد التي يتوافر فيها الفركتوز، كالفواكه والعسل.

3.2 استخدام وسيلة مرئية

وضّح للطلاب أنّ الأشكال الحلقية لنوعين من السكر البسيط الأحادي ترتبط كيميائياً، ويُفقد في أثناءه جزيء ماء كما يحدث لجزيء جلوكوز مع جزيء فركتوز لينتج السكروز أو سكر المائدة العادي. وضّح للطلاب أنّ السكريات الثنائية وهي سكريات محدودة تتكوّن من جزيئين من السكر الأحادي (شكل 37) وأنّ السكريات العديدة تتكوّن من عدّة جزيئات من السكر الأحادي.

4.2 مناقشة

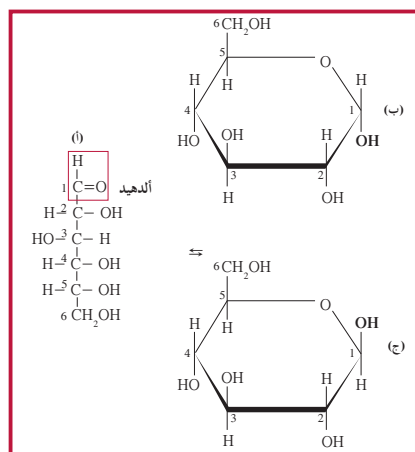
اطلب إلى الطلاب أن يتفحصوا الشكل (38) الذي يوضّح أنّ النشا والسليولوز بوليمرات متشابهة (أو سكريات عديدة)، إذ إنّهما يتكوّنان من مئات من مونومرات الجلوكوز وتختلف بعضها عن بعض في اتجاه الرابطة بين وحدات الجلوكوز. ويؤدّي هذا الاختلاف إلى سهولة هضم النشا، وصعوبة هضم السليولوز لدى الإنسان وبعض الكائنات الحيّة. اسأل الطلاب:

• هل تعرف بعض الحيوانات التي تتمكّن من هضم السليولوز؟

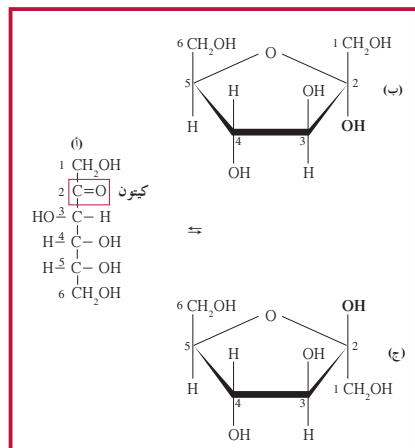
[البقر، الغزلان، الفيلة...]

وضّح لهم أنّ النمل الأبيض هو من الحشرات التي تتغذى على الخشب، ولذلك فهو يهدّد المنازل الخشبية، وفسر لهم أنّ هذه الحشرات تتكافل مع نوع من البكتيريا التي تعيش في أمعائها مقابل أنها تحلّل السليولوز للنمل.

شكل (35)
(أ) جلوكوز مستقيم السلسلة الكربونية
(ب) α - جلوكوز حلقى
(ج) β - جلوكوز حلقى



شكل (36)
(أ) فركتوز مستقيم السلسلة الكربونية
(ب) α - فركتوز حلقى
(ج) β - فركتوز حلقى



اشرح للطلاب أنّ السليولوز لا يذوب في الماء ويُعدّ من السكّريات العديدة التي تكوّن الجدار الخلوي في الخلايا النباتية .

اشرح للطلاب أنّ الجليكوجين نوع آخر من السكّريات العديدة المتجانسة وأنّه يشبه النشا وينتج بواسطة الحيوانات ، وهو مصدر للطاقة المخزّنة في الكبد والعضلات .

3. قِيم وتوسّع

1.3 تقييم استيعاب الطلاب للدرس

لتقييم استيعاب الطلاب ، وجّه إليهم الأسئلة التالية:

• ما هي العناصر التي تكوّن جزيئات الكربوهيدرات؟ **[الكربون**

والهيدروجين والأكسجين]

• عدّد أنواع الكربوهيدرات واذكر على أيّ أساس تمّ تصنيف

الكربوهيدرات . أعطِ مثلاً على كلّ نوع . **[تقسم الكربوهيدرات إلى ثلاثة**

أنواع من السكّريات تبعاً لعدد جزيئات أبسط أنواع السكّريات في المركّب .

سكّريات أحادية: جلوكوز وفركتوز

سكّريات ثنائية: سكروز ولاكتوز

سكّريات عديدة: النشا والسليولوز]

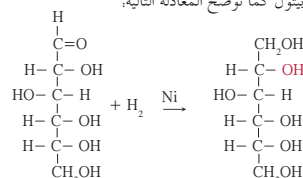
• ما اسم التفاعل الذي يسمح بإنتاج سكّريات ثنائية؟ **[تفاعل**

التكثيف]

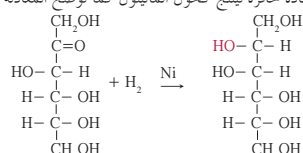
لاحظ مجموعة الألدريد الوظيفية في السلسلة الكربونية المستقيمة للجلوكوز ومجموعة الكيتون الوظيفية في السلسلة الكربونية المستقيمة للفركتوز . ما الفرق الذي تلاحظه بين الشكل الحلقي للجلوكوز والشكل الحلقي للفركتوز؟

• اختزال الجلوكوز والفركتوز

يتفاعل الجلوكوز مع الهيدروجين بوجود النيكل Ni كمادة حافزة لينتج كحول السوربيتول كما توضح المعادلة التالية:

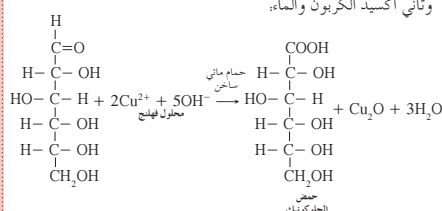


كما يمكن للفركتوز أن يختزل عندما يتفاعل مع الهيدروجين بوجود النيكل Ni كمادة حافزة لينتج كحول المانيتول كما توضح المعادلة التالية:



• أكسدة الجلوكوز والفركتوز

يتأكسد الجلوكوز بالعوامل المؤكسدة معتدلة القوة مثل ماء البروم وبالعوامل المؤكسدة الضعيفة مثل محلول فهلنج ويتكون حمض الجلوكونيك على اعتبار أنه الذوز ويتأكسد بالأكسجين ليعطي الطاقة وثاني أكسيد الكربون والماء:



الطاقة $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2 \longrightarrow 6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$
لا يتأكسد الفركتوز بالعوامل المؤكسدة معتدلة القوة مثل ماء البروم لأنه كيتوز (يحتوي على مجموعة الكيتون).

السكّريات العديدة:

اسم السكّر	نوع السكّر	مكوّناته	تواجده
النشا	سكّر عديد	جلوكوز	الأرزّ ، الذرة ، البطاطا
السليولوز	سكّر عديد	جلوكوز	بنية الجدار الخلوي للخلايا النباتية والخشب
الجليكوجين	سكّر عديد	جلوكوز	الكبد والعضلات

2.3 إعادة التعليم

اطلب إلى الطلاب ملء الجداول التالية:

السكّريات الأحادية:

اسم السكّر	نوع السكّر	تواجده
جلوكوز	سكّر أحادي	العنب ، الذرة ، الدم
فركتوز	سكّر أحادي	الفواكه والعسل
جلاكتوز	سكّر أحادي	أحد مكوّنات اللاكتوز في الحليب

السكّريات المحدودة:

اسم السكّر	نوع السكّر	مكوّناته	تواجده
سكّروز	سكّر ثنائي	جلوكوز + فركتوز	سكّر القصب والشمندر
لاكتوز	سكّر ثنائي	جلوكوز + جلاكتوز	سكّر الحليب
مالتوز	سكّر ثنائي	جلوكوز + جلوكوز	الشعير

إجابات أسئلة الدرس 1-1

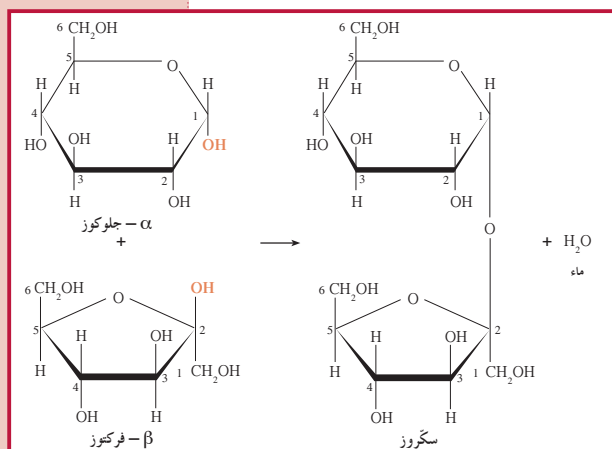
1. الصيغة العامة لمركبات الكربوهيدرات $C_n(H_2O)_m$.
2. تتميز السكريات الأحادية بموقع مجموعة الكربونيل، منها ألدهيدية مثل الجلوكوز ومنها كيتونية مثل الفركتوز.



3. السكريات الأحادية أبسط أنواع الكربوهيدرات. السكريات الثنائية هي السكريات التي تنتج عن اتحاد نوعين من السكر الأحادي (متشابهين أو مختلفين) من خلال تفاعل التكثيف مثل السكروز واللاكتوز. السكريات العديدة هي بوليمرات تنتج عن تفاعل بلمرة لمونومر من السكريات الأحادية. يتكون النشا والسليلوز من مونومرات الجلوكوز.

4. ماء + سكروز → فركتوز + جلوكوز
- 5.

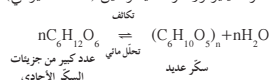
النشا	السليلوز
يذوب جزئياً في الماء.	لا يذوب في الماء.
احتياطي غذاء في النبات	دعامة لجسم النبات
يُهضم في جسم الإنسان.	لا يُهضم في جسم الإنسان.



شكل (37)
تفاعل تكوين السكروز

3.2 السكريات العديدة Polysaccharides

يُعتبر تكوين السكريات الثنائية أحياناً الخطوة الأولى في عملية بلمرة التكثيف التي تنتج منها جزيئات ضخمة، وتُعرف السكريات العديدة Polysaccharides بأنها الكربوهيدرات التي يتحلل الجزء الواحد منها مائياً ليعطي أكثر من عشرة جزيئات من السكريات الأحادية أو من السكريات الثنائية تبعاً لطروف التحلل المائي، مثال عليها النشا والسليلوز (شكل 38-ب). تتكون السكريات العديدة من تكاثف عدد كبير جداً من جزيئات السكريات الأحادية مع بعضها بنزع جزيئات ماء. إن الكتلة الجزيئية للسكريات العديدة كبيرة جداً، وتُعتبر النباتات هي المصدر الرئيس لمعظمها، مثل النشا (النباتي)، والسليلوز، والجليكوجين (النشا الحيواني).

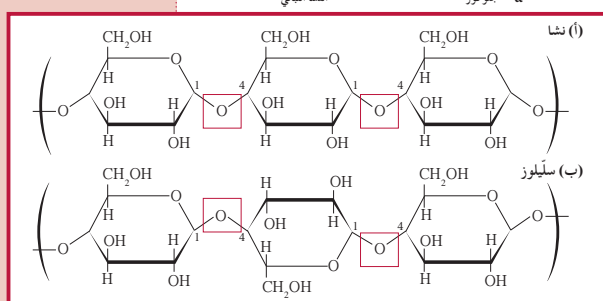


131

(أ) النشا النباتي $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$ Natural Starch

- ينتج من تكاثف عدد كبير من جزيئات α - جلوكوز مع بعضها البعض وذلك بفقدان جزيئات ماء.
- النشا النباتي خليط من نوعين هما الأميلوز والأميلوبكتين.
- الأميلوز هو سلسلة غير متفرعة من جزيئات α - جلوكوز يذوب في الماء ويوجد في القسم الداخلي للخلية، والأميلوبكتين هو سلسلة متفرعة من جزيئات α - جلوكوز لا يذوب في الماء ويوجد في جدار الخلية.
- يتحلل النشا النباتي (شكل 38 أ) مائياً في وجود حمض الهيدروكلوريك المخفف مع التسخين وينتج آلاف من جزيئات α - جلوكوز.

شكل (38)
جزء من جزيئي النشا والسليلوز.



(ب) السليلوز $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$ Cellulose

- نتج من تكاثف عدد كبير من جزيئات β - جلوكوز مع بعضها البعض وذلك بفقدان جزيئات ماء، وهو عبارة عن سلسلة غير متفرعة.
- يوجد السليلوز في جدار الخلية النباتية، وهو المادة الأساسية في تكوين هيكل النبات، وهو لا يذوب في الماء البارد أو الساخن (شكل 39 ب).

مراجعة الدرس 1-1

1. اكتب الصيغة الجزيئية العامة لمركبات الكربوهيدرات.
2. اذكر اسم المجموعات الوظيفية التي تتميز بها مركبات السكريات الأحادية.
3. عرّف السكريات الأحادية المحدودة والعديدة.
4. اكتب التفاعل الكيميائي الذي ينتج السكروز.
5. قارن ثلاثة اختلافات بين السليلوز والنشا.

132

ملاحظة: المتوقع عدم أكسدة الفركتوز بالعوامل المؤكسدة الضعيفة مثل محلول الفينيل، ولكن هذا محلول قاعدي يؤكسد الفركتوز لأنه يتحول في الوسط القاعدي إلى جلوكوز ويتأكسد بمحلول فينيل. لذلك لا يمكن التمييز عملياً بين الجلوكوز والفركتوز بواسطة محلول فينيل.

2.2 السكريات المحدودة Oligosaccharides

السكريات المحدودة هي الكربوهيدرات التي يتحلل الجزء الواحد منها مائياً ليعطي من (2 - 10) جزيئات من السكريات الأحادية.

Disaccharides

يمكن أن ترتبط الأشكال الحلقية لنوعين من السكر الأحادي (السكر البسيط) ارتباطاً كيميائياً بفقدان أثناء جزيئاً واحداً من الماء (تفاعل التكثيف). مثال على ذلك ارتباط جزيء جلوكوز بجزيء فركتوز عن طريق إزالة جزيء ماء لينتج السكروز أو سكر المائدة شائع الاستعمال. تُعرف السكريات التي تتكون من وحدتين من السكريات الأحادية بالسكريات الثنائية Disaccharides. مثال عليها السكروز الذي يوضح التفاعل في الشكل (37) كيفية تكوينه.

نحصل على السكروز تجارياً من عصير قصب السكر والشمندر السكري ويزيد الإنتاج العالمي لهذين النوعين من السكروز عن 7×10^9 أطنان مترياً سنوياً.

بعض أمثلة السكريات الثنائية وكيفية الحصول عليها:

السكروز ينتج من تكاثف (جزيء α - جلوكوز + جزيء β - فركتوز) المائوز ينتج من تكاثف (جزيء α - جلوكوز + جزيء α - جلوكوز) اللاكتوز ينتج من تكاثف (جزيء α - جلوكوز + جزيء β - جلاكتوز)

130

دروس الفصل

الدرس الأول
• الأحماض الأمينية ووليبراتها
(البيبتيدات والبروتينات)

الدرس الثاني
• الأحماض الدهنية والليبيدات

أثبتت عدّة دراسات وبحوث أنّ لبعض العناصر الغذائية التي تشكّل المكونات الأساسية لغذائنا تأثيراً واضحاً في الصحة. فاستهلاك هذه العناصر بصورة مفرطة أو عدم تناول كمية كافية منها يؤدي إلى ما يُعرف بأمراض سوء التغذية التي تشمل السمنة، وارتفاع ضغط الدم، وأمراض القلب، وتصلّب الشرايين، إضافة إلى فقر الدم ولين العظام وغيرها. نجد الليبيدات في الوجبات السريعة كلّها. ونجد البروتينات في اللحوم والسمك والحليب. نذكر من البروتينات المهمة أيضاً الإنزيمات، فهي تعمل كموادّ محفزة بيولوجية في التفاعلات الكيميائية الحيوية التي تحدث في الخلايا الحيّة (في الإنسان أو الحيوان أو النبات).



البروتينات والليبيدات

دروس الفصل

الدرس 1-2: الأحماض الأمينية ووليبراتها (البيبتيدات

والبروتينات)

الدرس 2-2: الأحماض الدهنية والليبيدات

تحتوي الخلايا الحيّة على عدّة مركّبات وعناصر كيميائية بسيطة ومعقّدة تُعتبر مهمّة بشكل أساسي لبقاء الخلية على قيد الحياة، مثل الكربوهيدرات والدهون والبروتينات بالإضافة إلى عناصر الصوديوم والبوتاسيوم والكلور وغيرها.

يتضمّن هذا الفصل درسين. في الدرس الأوّل، سيتعرّف الطلاب الأحماض الأمينية كوحدة بناء رئيسة للبروتينات، والصيغة التركيبية للأحماض الأمينية ويصنّفونها (متعادلة وحمضية وقاعدية) ويدرسون وظائفها الحيوية. وسيتعرّفون أيضاً البيبتيدات والرابطة الببتيدية، بالإضافة إلى البروتينات وتصنيفها وبنيتها وأهمّيتها. أمّا في الدرس الثاني، فسيتعرّف الطلاب الأحماض الدهنية والليبيدات، ومنها الجليسيريدات الثلاثية والفوسفوليبيدات والشموع، وسيتعلّمون التمييز بين الليبيدات تبعاً لخواصّها وصيغها الجزيئية. وسوف يناقش الطلاب أيضاً تفاعل الأسترة لتحضير الجليسيريدات الثلاثية وتفاعل التصبن ويكتبون المعادلة الموزونة لكلّ من هذين التفاعلين. وسوف يتعرّفون أهمّية الفوسفوليبيدات في تكوين أغشية الخلايا وأهمّية الشموع في الصناعات.

استخدام الصورة الافتتاحية للفصل

دع الطلاب يتفحّصون الصورة الافتتاحية للفصل ويقرؤون الفقرة المرافقة لها. أشر للطلاب إلى أنّ الدهون أساسية للجسم وأنّ البروتين يشكّل عنصراً أساسياً لبناء الجسم، ثمّ وجّه إليهم الأسئلة التالية:

- ما هي أنواع البروتينات ومصادرها؟ [تشكّل اللحوم أهمّ أنواع البروتين الذي يمدّ الجسم بجميع أنواع الأحماض الأمينية. وهناك بروتينات نباتية في القمح والذرة والأرز والبقول لكنها أقلّ منفعة من تلك الموجودة في اللحوم.]
- ما هو عدد الأحماض الأمينية التي يحتاج إليها جسم الإنسان؟ وكيف يمكن الحصول عليها؟ [يحتاج جسم الإنسان إلى 20 حمضاً أمينياً. يستطيع الجسم إنتاج 11 حمضاً أمينياً فقط، ويأخذ 9 أحماض أمينية ضرورية لا يمكنه إنتاجها من الأغذية.]

- ما هي أسباب تناول الدهون؟ [هناك عدّة فيتامينات تذوب في الدهون مثل فيتامينات A, D, E, K. ولا يمكن الاستفادة من هذه الفيتامينات إلّا عبر تناول الدهون.]

- ما هي فوائد الدهون؟ [فوائد الدهون كثيرة ولكن أهمّها الفوائد التالية:

— تُعتبر الدهون مصدراً مهمّاً للطاقة بعد الكربوهيدرات، فهي تزوّد الجسم بـ 9 (kcal/g) بينما تزوّد الكربوهيدرات الجسم بـ 4 (kcal/g).

— الدهون مهمّة لصحة الجلد.

— الدهون مهمّة لتنظيم مستوى الكوليسترول في الجسم.]

خلفية علمية

الدهون المفيدة والدهون المضرة

تُعتبر الدهون مصدراً مركزاً للطاقة والفيتامينات A و D و E و K

كما تزوّدنا بالأحماض الدهنية الأساسية وتنظّم مستوى

الكوليسترول في الجسم. تُصنّف الدهون إلى دهون جيّدة ودهون

سيّئة. الدهون المفيدة، التي لا بدّ من تناولها، توجد في الأغذية

الغنيّة بالزيوت، مثل المكسّرات والبذور والأفوكادو، وتحتوي

على دهون صحيّة ضرورية تساعد على التخلص من الوزن الزائد

وخفض مستويات الكوليسترول في الجسم وتحسين نظام المناعة.

سُمّيت هذه الدهون الأحماض الدهنية الأساسية نظراً إلى أهمّيتها.

أمّا الدهون المضرة، فتُعتبر دهوناً حيوانية مشبعة أو مهدرجة

نتيجة لعملية تقوم بتحويل الزيوت النباتية السائلة إلى سمن صلب.

تحوّل هذه الدهون إلى ما يشبه الحجارة في الجسم لأنّها

مكوّنات ثقيلة فيتمّ تخزينها في الجسم، ما يجعل الإنسان أكثر

سمنة. تؤدّي أيضاً إلى تصلّب الشرايين، ما يزيد من احتمالات

الإصابة بالنوبات القلبية وترفع ضغط الدم وتزيد مستويات

الكوليسترول السيّء وتشوّش عملية تفكيك الدهون الأساسية

والضرورية. تُستخدم هذه الدهون في الأطعمة الجاهزة، مثل رقائق

البطاطا والشوكولاتة والحلوى والمثلّجات والمخبوزات.

صفحات الطالب: من ص 134 إلى ص 139

عدد الحصص: 3

الأهداف:

• يكتب الصيغة العامة للحمض الأميني ويصف الترابط بين الأحماض الأمينية في الببتيدات والبروتينات.

1. قَدِّم وحفِّز

1.1 استخدام الصورة الافتتاحية للدرس

دع الطلاب يتفحصون الصورة الافتتاحية للدرس ويقرؤون الفقرة المرافقة لها.

أشّر للطلاب إلى أنّ منتجات الألبان تتضمّن جميع الأطعمة المصنوعة من الحليب مثل الألبان والأجبان والزبدة والقشدة وغيرها.

وضّح للطلاب أنّ أهميّة منتجات الألبان الغذائية تكمن في توفيرها الكالسيوم والبوتاسيوم والبروتين والفيتامين D. وتساعد منتجات الألبان على بناء كتلة العظام والحفاظ عليها وتقلل من خطر الإصابة بالتهاب المفاصل.

أشّر للطلاب إلى أنّ البعض يعاني حساسية على اللاكتوز بسبب فقدان إنزيم اللاكتاز من الجسم. لذلك، يمكن الاستعاضة عنه بالعصائر المدعّمة بالكالسيوم الموجودة في منتجات الألبان أو مشروبات الصويا أو مشروبات الأرز.

1.2 اختبار المعلومات السابقة لدى الطلاب

لتقييم المعلومات السابقة لدى الطلاب، وجّه إليهم الأسئلة التالية:

• ما هي المجموعة الوظيفية التي تميز الأحماض الكربوكسيلية؟

[مجموعة الكربوكسيل $-\text{COOH}$]

• ما هي صيغة مجموعة الأمين؟

$[-\text{NH}_2]$

• عرّف تفاعل التكثيف، واعطِ مثالاً عليه.

[هو تفاعل كيميائي ينتج عن ترابط جزيئات تحتوي على مجموعات وظيفية

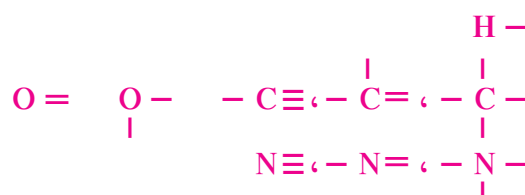
مختلفة مع حذف جزيء صغير كجزيئات الماء.

مثال على ذلك تفاعل الأسترة:



• ما عدد الروابط التساهمية التي يمكن أن تشكّلها كلّ من الذرات

التالية؟ كيف تتوزّع هذه الروابط حول كلّ ذرة ^1H و ^6C و ^7N و ^8O ؟



الأحماض الأمينية وبوليمراتها (الببتيدات والبروتينات)
Amino Acids and their Polymers
(Peptides and Proteins)

الدرس 1-2

الأهداف العامة

• يكتب الصيغة العامة للحمض الأميني ويصف الترابط بين الأحماض الأمينية في الببتيدات والبروتينات.



شكل (39)
منتجات الألبان

يتعرّش على الكثير من الناس هضم منتجات الألبان (شكل 39) لأنّ أجسامهم لا تفرز إنزيم اللاكتاز الذي يهضم اللاكتوز وهو السكر الموجود في اللبن. تُعرّف هذه الحالة المرضية باسم عوز اللاكتاز، ومن عوارضها الشعور بالانتفاخ وعدم ارتياح المعدة بسبب اللاكتوز غير المهضوم. يستطيع المصابون بهذه الحالة تناول منتجات الألبان إذا تناولوا أقرصاً تحتوي على إنزيم اللاكتاز قبل تناول الطعام.

1. الأحماض الأمينية
الأحماض الأمينية Amino Acids هي وحدات البناء الرئيسة لمادة البروتين. وتحتوي كيميائياً على مجموعة الكربوكسيل الحمضية ($-\text{COOH}$) ومجموعة الأمين القاعدية ($-\text{NH}_2$). يتألف البروتين من أحماض أمينية مختلفة يرتبط بعضها ببعض في جزيئات البروتين وتنظم على شكل سلاسل طويلة ذات كتل جزيئية كبيرة.

2. علم وطبق

1.2 مناقشة

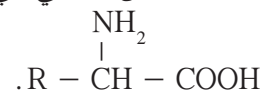
أشر للطلاب إلى أنّ الكثير من المركّبات العضوية تحتوي على النيتروجين بالإضافة إلى الكربون والأكسجين والهيدروجين. وضح للطلاب أنّ الأحماض الأمينية تُعدّ قسماً مهماً جداً من المركّبات التي تحتوي على النيتروجين، إذ تدخل بوليمرات الأحماض الأمينية في بناء أكثر من نصف الوزن الجافّ لدى الإنسان بعد استبعاد السوائل.

دعهم يستنتجون أنّ الحمض الأميني هو المركّب الذي يحتوي على مجموعة أمينو ($-NH_2$) ومجموعة كربوكسيل ($-COOH$)، وأنّها تختلف عن بعضها بعضاً بحسب موضع مجموعة الأمينو بالنسبة إلى مجموعة الكربوكسيل في الجزيء.

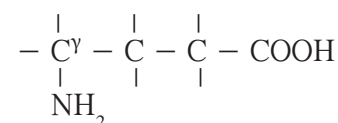
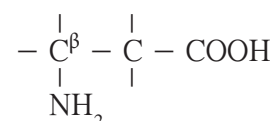
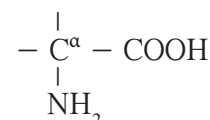
وضح للطلاب بأنّ الأحماض الأمينية تصنّف إلى أحماض أمينية متعادلة، حمضية وقاعدية. (جدول 45)

وضح للطلاب أنّ 20 حمضاً أمينياً موجود في الطبيعة، وله هيكل يحتوي على مجموعة أمينو ومجموعة كربوكسيل مرتبطتين تساهمياً بذرة كربون.

وضح لهم أنّ الصيغة العامة للحمض الأميني هي:



أشر للطلاب إلى أنّ الأحماض الأمينية تختلف عن بعضها تبعاً لموضع مجموعة الأمين بالنسبة إلى مجموعة الكربوكسيل:



أشر أيضاً أنّ الأحماض الأمينية من نوع α تكون البروتينات الطبيعية.

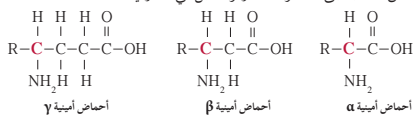
2.2 مناقشة

وضح للطلاب أنّ الببتيدات تتألّف من الأحماض الأمينية التي ترتبط بعضها ببعض عن طريق التكثيف، بحيث ترتبط مجموعة الأمين لحمض ما بمجموعة كربوكسيل لحمض آخر. وضح للطلاب أنّ الرابطة الببتيدية تتكوّن من مجموعة الكربونيل لحمض أميني وذرة نيتروجين للحمض الأميني التالي في السلسلة الببتيدية.

1.1 تركيب الأحماض الأمينية

Structure of Amino Acids

تختلف الأحماض الأمينية عن بعضها بعضاً بحسب موضع مجموعة الأمين بالنسبة إلى مجموعة الكربوكسيل في الجزيء.



ملاحظة: تميّز البروتينات الطبيعية باحتوائها على الأحماض الأمينية من نوع ألفا التي تظهر صيغتها التركيبية العامة في (الشكل 40). تختلف الأحماض الأمينية بتركيبها بحسب نوع المجموعة R التي قد تكون سلسلة هيدروكربونية أليفاتية مستقيمة أو متفرّعة أو حلقيّة أو أروماتية. وسنكتفي بالإشارة إلى الأحماض الأمينية ألفا.

2.1 تصنيف الأحماض الأمينية

Classification of Amino Acids

تُصنّف الأحماض الأمينية، تبعاً لعدد المجموعات الوظيفية الحمضية الكربوكسيلية والقاعدية فيها (جدول 45). يوضح الجدول (46) صيغة الأحماض الأمينية العشرين واسمائها.

أحماض أمينية قاعدية	أحماض أمينية حمضية	أحماض أمينية متعادلة
يكون فيها عدد مجموعات الكربوكسيل أقلّ من عدد مجموعات الأمينو.	يكون فيها عدد مجموعات الكربوكسيل أكثر من عدد مجموعات الأمينو.	يكون فيها عدد مجموعات الكربوكسيل مساوٍ لعدد مجموعات الأمينو.
$\begin{array}{c} NH_2 \\ \\ H_2N - (CH_2)_4 - CH - COOH \\ \text{ليسين} \end{array}$	$\begin{array}{c} NH_2 \\ \\ HOOC - CH_2 - CH - COOH \\ \text{حمض الأسبارتيك} \end{array}$	$\begin{array}{c} H_2N - CH_2 - COOH \\ \text{جليسين} \end{array}$

جدول (45)
اصناف الأحماض الأمينية

اكتب على السبورة الببتيد الموضح في الشكل (41) والفت انتباه الطلاب إلى بقاء إحدى مجموعات الأمين عند أحد طرفي الببتيد. وضح للطلاب أن بقاء مجموعة الأمين الحرة في نهاية الطرف الأيسر للجزيء ومجموعة الكربوكسيل في نهاية الطرف الأيمن يُعدّ قاعدة عامة.

وضح أن إضافة المزيد من الأحماض الأمينية إلى جزيء الببتيد بالطريقة نفسها لتكوين سلاسل طويلة عن طريق التكثيف أمر ممكن.

3.2 مناقشة

إشرح للطلاب أن إضافة أحماض أمينية لتكوين سلسلة ببتيدية طويلة إلى ما لا نهاية ممكنة من الجانب النظري.

وضح لهم أن الببتيد الذي يتكوّن من عشرة أحماض أمينية يُسمّى بولي ببتيد، والببتيد الذي يحتوي على أكثر من 100 حمض يُسمّى بروتينا ويكوّن متوسط كتلته المولية حوالي 10 000 g/mol. وجه للطلاب السؤال التالي:

• ما أهمية البروتينات؟ ولماذا يجب أن يحتوي غذاؤك على

البروتينات؟ [تعدّ البروتينات جزءاً مهماً في الجزيئات البيولوجية، بحيث

تدخل في تكوين أنسجة الجسم المختلفة من جلد وشعر وأظافر وعضلات

وهيموجلوبين الدم.]

وضح للطلاب أن الاختلاف بين الببتيدات والبروتينات في الخواص الكيميائية والفسولوجية يحدث نتيجة الاختلاف في طبيعة تتابع الأحماض الأمينية. فعدد الطرائق والاحتمالات التي يمكن أن يرتبط بها عشرون حمضاً كبيراً جداً.

4.2 مناقشة

وضح للطلاب أن البروتينات تُصنّف إلى بسيطة ومقترنة ومشتقة. أشر للطلاب إلى أن:

• البروتينات البسيطة تتكوّن من عناصر الكربون والهيدروجين والنتروجين مثل بروتينات الألبومين (زلال البيض).

• البروتينات المقترنة تتكوّن من البروتينات البسيطة التي يرتبط بها جزيئات أخرى غير بروتينية مثل البروتينات الفوسفوتية (بروتين الحليب).

• البروتينات المشتقة تتكوّن من البروتينات البسيطة التي تعرّضت لبعض العوامل الطبيعية أو الكيميائية أو الحيوية.

اسم الحمض الأميني	صيغة الحمض الأميني	اسم الحمض الأميني	صيغة الحمض الأميني
ألانين	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 - \text{CH} - \text{CH}_3 \end{array}$	لوسين	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}(\text{CH}_3) - \text{CH}_3 \end{array}$
أرجنين	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 - \text{CH} - (\text{CH}_2)_3 - \text{NHCNH}_2 \end{array}$	ليسين	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 - \text{CH} - (\text{CH}_2)_4 - \text{NH}_2 \end{array}$
أسبارجين	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CONH}_2 \end{array}$	ميثيونين	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SCH}_3 \end{array}$
حمض الأسبارتيك	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{COOH} \end{array}$	فينيل ألانين	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{C}_6\text{H}_5 \end{array}$
سيسيئين	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{SH} \end{array}$	برولين	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{NH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{NH} \end{array}$
جلوتامين	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 - \text{CH} - (\text{CH}_2)_2 - \text{CONH}_2 \end{array}$	سيرين	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{OH} \end{array}$
حمض الجلوتاميك	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 - \text{CH} - (\text{CH}_2)_2 - \text{COOH} \end{array}$	ثريونين	$\begin{array}{c} \text{COOH} \quad \text{OH} \\ \quad \\ \text{NH}_2 - \text{CH} - \text{CH} - \text{CH}_3 \end{array}$
جليسين	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 - \text{CH}_2 \end{array}$	تريثوفان	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{NH} - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{C}_6\text{H}_4 - \text{NH}_2 \end{array}$
هستيدين	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{C}_4\text{H}_4\text{N} \end{array}$	تيروسين	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{C}_6\text{H}_4 - \text{OH} \end{array}$
أيزولوسين	$\begin{array}{c} \text{COOH} \quad \text{CH}_3 \\ \quad \\ \text{NH}_2 - \text{CH} - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \end{array}$	فالين	$\begin{array}{c} \text{COOH} \quad \text{CH}_3 \\ \quad \\ \text{NH}_2 - \text{CH} - \text{CH} - \text{CH}_3 \end{array}$

جدول (46)
أسماء وصيغ الأحماض الأمينية ألفا

5.2 مناقشة

أشر للطلاب أن البروتينات لها أهمية كبيرة من عدة نواحي مثل:

1- كونها مكون أساسي للخلايا الحية في كثير من الأنسجة في جسم الإنسان والحيوان.

2- كونها تدخل في تكوين عدد من المركبات ذات القيمة والتأثيرات الحيوية الهامة كالأنزيمات وبعض الهرمونات والأجسام المضادة وعوامل التخثر والمناعة.

3- كونها تمثل مواد غذائية ضرورية للإنسان والحيوان حيث

توجد في المنتجات الغذائية ذات المصدر الحيواني كاللحوم والألبان والأجبان والبيض وذات المصدر النباتي كالحبوب والبذور والبقوليات.

4- كونها تمثل قيمة صناعية كبيرة كماد خام مثل الصوف والشعر والحوافر وتدخل في صناعة البلاستيك والمنسوجات الصناعية.

3. قيم وتوسع

1. 3 تقييم استيعاب الطلاب للدرس

لتقييم استيعاب الطلاب للدرس، وجّه إليهم الأسئلة التالية:

• ما الصيغة العامة التركيبية للحمض الأميني؟ حدّد المجموعات الوظيفية وسمّها. [الصيغة العامة التركيبية هي:



مجموعة كربوكسيل R مجموعة أمينو]

• كيف يتمّ تصنيف الأحماض الأمينية؟ اذكر أصناف الأحماض

الأمينية. [تُصنّف على أساس عدد المجموعات الوظيفية (الكربوكسيل والأمينو):

— إذا كان عدد المجموعات متساوياً يكون الحمض متعادلاً.

— إذا كان عدد مجموعات الكربوكسيل أكبر من عدد مجموعات الأمينو يكون الحمض حمضياً.

— إذا كان عدد مجموعات الأمينو أكبر من عدد مجموعات الكربوكسيل يكون الحمض قاعدياً.]

• عرّف الرابطة الببتيدية. [هي الرابطة التي تنتج عن تفاعل التكثيف بين



• ما علاقة البروتين بالببتيدات؟ [البروتينات هي بوليمرات تكثيف تنتج

عن تفاعل بلمرة التكثيف لعدد من الببتيدات (تحتوي عادةً على 100

حمض أميني على الأقل).]

• كيف تُصنّف البروتينات؟ [تُصنّف البروتينات تبعاً لتركيبها الكيميائي

إلى بسيطة ومقترنة ومشتقة.]

وضّح للطلاب أهميّة البروتينات وراجع معهم بعض خواصّها وأدوارها المهمّة.

3.1 وظائف الأحماض الأمينية

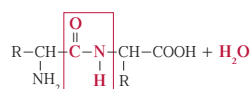
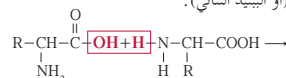
Functions of Amino Acids

بما أنّ الأحماض الأمينية هي الوحدات البنائية للبروتينات فهي تشكّل مصدرًا للطاقة. يتمّ أكسدة الأحماض الأمينية للحصول على الطاقة في جسم الإنسان والحيوان. كما أنّها تسهم في إزالة الموادّ الضّارة من الجسم. إلى جانب ذلك، ينقل بعضها المجموعات الأمينية من مركّب إلى آخر في عمليات التكوين الحيوية داخل خلايا أنسجة الكائنات الحية. ويلزم وجود أنواع معيّنة من الأحماض الأمينية لتكوين بعض الهرمونات وغيرها من المركّبات التي تقوم بعمل حيوي كعوامل مساعدة. بالإضافة إلى ذلك، تُعتبر الأحماض الأمينية عناصر غذائية أساسية يؤدّي نقصها إلى حالات مرضية، منها الهزال وسوء التغذية بالبروتين، ومن عوارضها فقدان الوزن، وتقلّص حجم العضلات، والإسهال والإرهاق الدائم وغيرها.

2. الببتيدات

Peptides

عندما يرتبط جزئان من الأحماض الأمينية باتحاد مجموعة كربوكسيل في أحدهما بمجموعة أمين في الحمض الآخر، يتمّ فقدان جزيء ماء وتكوين رابطة جديدة تُسمّى الرابطة الببتيدية Peptide Bond (شكل 41). ينتج من اتحاد هذين الجزئيين من الأحماض الأمينية (متماثلين أو مختلفين) مركّب يُسمّى ثنائي الببتيد (أو الببتيد الثنائي).



رابطة ببتيدية

إذا احتوى الببتيد على ثلاث وحدات من الحمض الأميني يُسمّى ثلاثي ببتيد (ببتيد ثلاثي). أمّا إذا احتوى على عدد كبير من وحدات الحمض الأميني فيُسمّى بولي ببتيد Polypeptide (ببتيد عديد). لذا قد تكون السلاسل الببتيدية قصيرة أو طويلة تبعاً لعدد الوحدات المكوّنة لها بحيث يكون لها طرفان أحدهما يحتوي على مجموعة كربوكسيل حرة والآخر يحتوي على مجموعة أمين حرة. كقاعدة عامة متّبعة، تُكتب الصيغة التركيبية للببتيد بحيث توضع مجموعة الأمين الحرة المتبقية في نهاية الطرف الأيسر للجزء ومجموعة كربوكسيل في نهاية الطرف الأيمن للجزء.

فقرة إثرائية

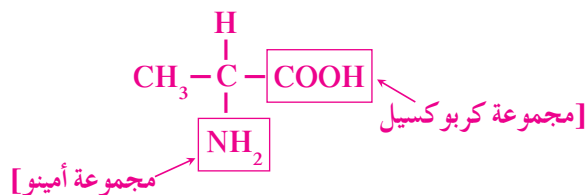
معلومات إضافية

يبلغ عدد الأحماض الأمينية الموجودة في الموادّ الغذائية حوالي 80 حمضاً. أمّا الأحماض الأمينية المهمة فهي 20 حمضاً، 8 منها يعجز جسم الإنسان عن تحضيرها، لذلك يجب الحصول عليها من الموادّ الغذائية. تعني كلمة بروتين «باني في المقام الأول»، وقد استُعمل هذا المصطلح للمرّة الأولى في العام 1838.

2.3 إعادة التعليم

وزّع الطلاب في مجموعات صغيرة (مؤلفة من 3 أو 4 طلاب). أعط كل مجموعة حمضاً أمينياً (الألانين على سبيل المثال) ثم وجه إليهم الأسئلة التالية:

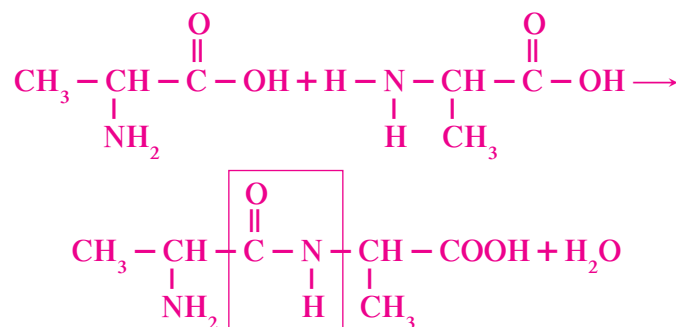
• حدّد المجموعات الوظيفية في جزيء الألانين واعط اسم كل منها.



• ما نوع هذا الحمض؟ علّل. [متعاد لأن عدد مجموعات

الكربوكسيل يساوي عدد مجموعات الأمينو.]

• ماذا ينتج عند تفاعل جزيئين من الألانين؟ وضّح هذا التفاعل مستعيناً بمعادلة موزونة. [ينتج ثنائي الببتيد حيث ترتبط مجموعة كربوكسيل لجزيء أحد الأحماض بمجموعة أمينو لجزيء حمض آخر بواسطة رابطة ببتيدية.]

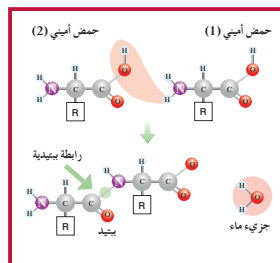


الرابطة الببتيدية

إجابات أسئلة الدرس 1-2

1. الصيغة العامة لحمض أميني هي $\begin{array}{c} \text{NH}_2 \\ | \\ \text{R} - \text{CH} - \text{COOH} \end{array}$ تتربط جزيئات الحمض خلال تفاعل التكثيف لتكوين الببتيدات والبروتينات بواسطة الرابطة الببتيدية. $\begin{array}{c} \text{O} \\ || \\ - \text{C} - \text{N} - \\ | \\ \text{H} \end{array}$
2. تربط الأحماض الأمينية خلال التفاعل لتكوين البروتين.

يمكن إضافة عدد أكبر من الأحماض الأمينية إلى جزيء الببتيد لإطالة سلسلته عن طريق بلورة التكاثف.



شكل (41)
الرابطة الببتيدية

3. البروتينات

البروتينات مركبات كيميائية حيوية تنتمي إلى فئة المركبات العضوية النيتروجينية. وهي مواد معقدة تركيبياً وتتكون أساساً من عدة عناصر تشمل الكربون والهيدروجين والأكسجين والنيتروجين (C و H و O و N). يمكن أن تحتوي بعض البروتينات على الفوسفور P أو الكبريت S أو الحديد Fe أو النحاس Cu إلى جانب العناصر الأساسية.

من الناحية النظرية، يمكن أن تستمر عملية إضافة أحماض أمينية إلى سلسلة ببتيدية إلى ما لا نهاية. ويُسمى الببتيد الذي يزيد عن عشرة أحماض أمينية بولي ببتيد ويُسمى الببتيد الذي يحتوي على أكثر من حوالي 100 حمض أميني بروتيناً Protein ويكون متوسط كتلته المولية حوالي 10 000 g/mol. تنشأ الاختلافات في الخواص الكيميائية والفيزيائية للببتيدات والبروتينات نتيجة الاختلاف في تنابع الأحماض الأمينية.

1.3 تصنيف البروتينات

تُصنّف البروتينات، وفقاً لتركيبها الكيميائي، إلى بروتينات بسيطة وبروتينات مقترنة وبروتينات مشتقة.

(أ) البروتينات البسيطة

تتكون البروتينات البسيطة Simple Proteins من البروتينات التي لا ترتبط فيها سلاسل الأحماض الأمينية بمركبات أخرى. تنتج من إماعة هذه البروتينات إلى أحماض أمينية أو مشتقاتها بحسب، مثل:

- بروتينات الألبومين (في زلال البيض).
- بروتينات الجلوبيولين (في الدم).
- بروتينات الجلوتينين (في القمح).

138

(ب) البروتينات المقترنة

تتكون البروتينات المقترنة Conjugated Proteins من البروتينات البسيطة التي ترتبط بها جزيئات أخرى غير بروتينية تُعرف بالمجموعات المقترنة أو المضافة، مثل:

- البروتينات الفوسفاتية مثل الكازين (بروتين الحليب).
- جليكوبروتين أو (البروتينات السكرية) مثل الأجسام المضادة الموجودة في جسم الإنسان.
- البروتينات الدهنية مثل سيروم الدم والمخ والأنسجة العصبية.

(ج) البروتينات المشتقة

تشأ البروتينات المشتقة Derived Proteins من بروتينات بسيطة نتيجة تعرضها لبعض العوامل الطبيعية أو الكيميائية أو الحيوية على أن تحتفظ بمعظم الخواص العامة للبروتينات مثل زلال البيض الذي يتخثر تحت تأثير الحرارة.

3.3 أهمية البروتينات

تتواجد البروتينات في الكائنات الحية كلها وتعتبر من أهم المركبات العضوية. يمكن تلخيص أهمية البروتينات كالتالي:

- تُعدّ المكوّن الأساسي للخلايا الحية في الكثير من الأنسجة في جسم الإنسان والحيوان.

- تدخل في تكوين عدد من المركبات المهمة حيويًا كإنزيمات وبعض الهرمونات والأجسام المضادة والمناعة.
- تُعتبر مواد غذائية ضرورية لكل من الإنسان والحيوان. تتوفر في المنتجات الغذائية ذات المصدر الحيواني كالبيض واللحوم والألبان، وذات المصدر النباتي كالحبوب والبقوليات.
- تمتلك قيمة صناعية مهمة كمواد خام مثل الصوف والشعر والحوافر وتدخل في صناعة البلاستيك والمنسوجات الصناعية.

مراجعة الدرس 1-2

1. اكتب الصيغة العامة لحمض ألفا أميني وصف الترابط بين هذا الحمض في الببتيدات والبروتينات.
2. ما المقصود بتنابع الحمض الأميني للبروتين؟

صفحات الطالب: من ص 140 إلى ص 145

عدد الحصص: 3

الأهداف:

- يميّز التركيبات الجزيئية للجليسريدات الثلاثية والفوسفوليبيدات والشموع.
- يميّز الأحماض الدهنية ويعطي أمثلة متعددة لها.

1. قَدِّم وَحَفِّزْ

1.1 استخدام الصورة الافتتاحية للدرس

دع الطلاب يتفحصون الصورة الافتتاحية للدرس ويقرؤون الفقرة المرافقة لها.

أشر للطلاب إلى أنّ الشموع بددت خوف الإنسان القديم من الظلام. أشر أيضًا إلى أنّ المصريين قديمًا هم أول من استخدم شموع نبات الأثل لصناعة المشاعل، أمّا الرومان فهم من استخدم الشحوم، بحيث تُستعمل الفتيلة التي تمتصّ الشحوم وتنتج اللهب. وضح للطلاب أنّ الشحوم والزيوت والدهون والمواد ذات طبيعة دهنية تشكّل مجموعة من المركّبات تُسمّى الليبيدات. أشر للطلاب إلى أنّ الليبيدات مركّبات عضوية لا تذوب في الماء ولكنها تذوب في مذيبات عضوية مثل الكلوروفورم والإيثر. أشر للطلاب أيضًا إلى أنّ الإنسان يحصل على الليبيدات من أجسام الكائنات الحية سواء أكانت حيوانات أم نباتات طبيعية، كما يستفيد منها الجسم في توليد الطاقة ويخزّن الزائد منها، ما قد يسبّب ظاهرة السمنة والوزن الزائد.

وضح للطلاب أنّ النظام الغذائي السليم يتطلّب كمّيات معتدلة من الدهون وزيوت الطعام المهمّة والضرورية للصحة.

وجّه إلى الطلاب السؤال التالي:

• لماذا يجب أن نتّبع أنظمة غذائية سليمة تحتوي على كمّيات قليلة

من الدهون؟ [الدهون مهمّة للجسم لحفظ أغشية الخلايا في حالة صحّة

جيدة.]

1.2 اختبار المعلومات السابقة لدى الطلاب

وجّه إلى الطلاب الأسئلة التالية:

• ما الذي يميّز الكحول والأحماض الكربوكسيلية؟ [تتميّز الكحول بالمجموعة الوظيفية هيدروكسيل -OH].

أما الأحماض الكربوكسيلية فتتميّز بالمجموعة الوظيفية كربوكسيل



• ما الذي ينتج عن تفاعل كحول وأحماض كربوكسيلية؟ [نتج

أسترات.]

الأحماض الدهنية والليبيدات Fatty Acids and Lipids

الدرس 2-2

الأهداف العامة

- يميّز التركيب الجزيئية للجليسريدات الثلاثية والفوسفوليبيدات والشموع.
- يميّز الأحماض الدهنية ويعطي أمثلة متعددة لها.



شكل (42)

لغة الشمعدانات من النحاس الفخية وتُرفع أحيانًا بالأحجار الكريمة.

الشموع هي من الاختراعات المبكرة للحضارات القديمة، وقد عُثر على شمعدانات مضي على صنعها 5000 سنة مع بعض المشغولات الفخية تعود إلى الحضارات المصرية واليونانية القديمة. استفاد الإنسان القديم من الدهون الحيوانية لصناعة هذه الشموع التي كانت المصدر الأساسي للإضاءة في المنازل قبل اختراع الإضاءة الكهربائية (شكل 42). كما استطاع الإنسان حينها أن يستفيد من دهون الحيوانات وزيوتها وزيوت النباتات فاستخدمها كمواذ احتراق لإضاءة الشعلات.



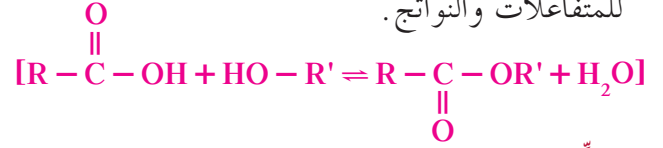
شكل (43)

الكيفيات المعتدلة من الدهون وزيوت الطعام مهمة وضرورية للصحة.

1. الليبيدات Lipids

الليبيدات Lipids هي مركّبات عضوية ذات ملمس دهني، كثافتها أقلّ من كثافة الماء. تعمل الليبيدات كمخزن للطاقة، فالطاقة الناتجة عن احتراق كميّة معيّنة منها حوّل إلى ضعف الطاقة الناتجة عن احتراق الكميّة نفسها من الكربوهيدرات، كما أنّها مصدر مهمّ للفيتمينات التي تذوب في الدهون مثل فيتامين A و D. وتُعتبر الليبيدات من المركّبات الأساسية في تركيبات

• كيف يتربط الكحول والحمض الكربوكسيلي في خلال تفاعل الأسترة؟ وضّح هذا التفاعل بمعادلة مستعينا بالصيغ البنائية العامة للمتفاعلات والنواتج.



2. علّم وطبّق

1.2 نشاط علمي

يهدف هذا النشاط إلى المقارنة بين ذوبان الزيت (الليبيدات) في الماء وذوبانه في الإيثر (مركب عضوي).
قسّم الطلاب إلى مجموعات صغيرة، ثم وزّع عليهم المواد التالية:
عدد 2 أنابيب اختبار مرمّزة (أ) و(ب). اطلب إلى الطلاب اتباع الخطوات التالية:

• ضع 3 mL من الماء في أنبوب الاختبار (أ) و 3 mL من الإيثر في أنبوب الاختبار (ب).

• أضف بواسطة القطارة 10 قطرات (0.5 mL) من زيت الزيتون إلى كلّ من الأنبوبين.

• رُجّ كلّاً من الأنبوبين بحرص وسجّل ملاحظتك.

بعد تسجيل الملاحظات، دع الطلاب يستنتجون أنّ الزيت يذوب في الإيثر بينما يطفو على سطح الماء (لا يذوب في الماء).

2.2 مناقشة

أشّر للطلاب إلى أنّ الليبيدات ضرورية للإنسان على الرغم من أنّ استهلاك كمّية زائدة منها يضرّ بالجسم، وإلى أنّ الليبيدات موجودة في الطبيعة ويمكن الحصول عليها من نوعين من المصادر هي:

• مصادر نباتية: البذور، مثل الفول السوداني والفسق.

• مصادر حيوانية: القشدة والزبدة والشحوم الحيوانية.

ناقش مع الطلاب أنّ الزيوت التي تُستخرج من المصادر النباتية تكون ليبيدات غير مشبعة (تحتوي على روابط تساهمية ثنائية). أمّا الدهون التي تُستخرج من المصادر الحيوانية فتكون مشبعة (جميع الروابط بين ذرات الكربون في الجزيء تكون تساهمية أحادية).

3.2 مناقشة

أشّر للطلاب إلى أنّ الليبيدات تُصنّف إلى: بسيطة ومركّبة ومشتقة. وضّح للطلاب أنّ الليبيدات البسيطة تتكوّن من ثلاثة عناصر:

الكربون والهيدروجين والأكسجين. أمّا الليبيدات المركّبة فتتكوّن من عناصر الليبيدات البسيطة نفسها بالإضافة إلى مجموعة من العناصر التي يمكنها أن تحتوي على عنصر النيتروجين أو عنصر الفوسفور أو الكبريت أو أحد السكريات.

أعط أمثلة للطلاب على أصناف الليبيدات وأشّر لهم أنّ الليبيدات التي تُستخرج من مصادر نباتية تكون في الحالة السائلة عند حرارة الغرفة، في حين أنّ الليبيدات التي تُستخرج من مصادر حيوانية تكون نوعاً ما صلبة.

وضّح للطلاب أهمّية الليبيدات البيولوجية مشيراً إلى أهمّية الدهون الموجودة في جسم الإنسان والدهون الموجودة في المواد الغذائية التي يستهلكها الإنسان.

الخلايا، وتدخل في صناعة الصابون والشحوم وزيوت الطلاء. وتُعتبر الأحماض الدهنية أساس بناء الدهنيات. (شكل 43)

Lipids Properties

1.1 خواص الليبيدات

تحتوي الليبيدات على ثلاثة عناصر أساسية هي الكربون والهيدروجين والأكسجين، وهي تتكوّن من استرات ناتجة من ارتباط أحماض دهنية بكحول. الليبيدات مركّبات غير قطبية لا تذوب في الماء وإنّما تذوب في المذيبات العضوية مثل الإيثر والكلوروفورم والبنزين.

Classification of Lipids

2.1 تصنيف الليبيدات

تُصنّف الليبيدات، على أساس مكوّناتها من الاسترات، إلى:

- الليبيدات البسيطة Simple Lipids: هي عبارة عن استرات تنتج من تفاعل الأحماض الدهنية مع الكحولات وتحتوي فقط على عناصر الكربون والهيدروجين والأكسجين. وتنقسم الليبيدات البسيطة بحسب نوع الكحول إلى الجليسيريدات الثلاثية (الزيوت والدهون) والشموع.
- الليبيدات المركّبة Compound Lipids: هي عبارة عن استرات تنتج من تفاعل الأحماض الدهنية مع الكحولات ويدخل في تركيبها مجموعات جزيئية تحتوي على الفوسفور أو النيتروجين أو الكبريت أو الكربوهيدرات، مثل الفوسفوليبيدات (الليبيدات الفوسفورية) والجليكوليبيدات (الليبيدات السكرية).
- الليبيدات المشتقة Derived Lipids: هي الليبيدات التي تنتج من التحلّل المائي لليبيدات البسيطة والمركّبة.

Fatty Acids

2. الأحماض الدهنية

تعرف الأحماض الدهنية Fatty Acids بأنّها أحماض أحادية الكربوكسيل ألفاتية مشبعة أو غير مشبعة ذات سلاسل كربونية طويلة.
لا توجد الأحماض الدهنية في الخلايا أو الأنسجة بصورة حرّة، ولكنّها تنتج عند التحلّل المائي للدهنيات. ويكون معظم الأحماض الدهنية الموجودة في الطبيعة ذات سلاسل غير متفرّعة وتحتوي على أعداد زوجية من ذرات الكربون. يوضّح الجدول (47) التالي أسماء بعض هذه الأحماض الدهنية الشائعة وصيغها.

الصفة الجزيئية	تركيب الحمض	الاسم الشائع	التشبع
C ₁₂ H ₂₄ O ₂	CH ₃ (CH ₂) ₁₀ COOH	حمض لوريك	مشبع
C ₁₆ H ₃₂ O ₂	CH ₃ (CH ₂) ₁₄ COOH	حمض بالميتيك	مشبع
C ₁₈ H ₃₆ O ₂	CH ₃ (CH ₂) ₁₆ COOH	حمض استياريك	مشبع
C ₁₈ H ₃₄ O ₂	CH ₃ (CH ₂) ₇ CH=CH(CH ₂) ₇ COOH	حمض أوليك	غير مشبع
C ₁₈ H ₃₂ O ₂	به رابطتين ثنائيتين C ₁₇ H ₃₁ COOH	حمض لينولييك	غير مشبع
C ₁₈ H ₃₀ O ₂	به ثلاثة روابط ثنائية C ₁₇ H ₂₉ COOH	حمض لينولييك	غير مشبع

جدول (47)

أسماء بعض الأحماض الدهنية الشائعة وصيغها

1.2 خواص الأحماض الدهنية الفيزيائية

Physical Properties of Fatty Acids

تنخفض درجة انصهارها كلما قصرت السلسلة الكربونية وزاد عدد الروابط الثنائية. كما أنّ الأحماض الدهنية لا تذوب في الماء ولكن تكون فيه مواد غروية. تذوب الأحماض الدهنية في المذيبات العضوية غير القطبية مثل البنزين والإيثر والكلوروفورم.

3. الجليسيريدات الثلاثية (الزيوت والدهون)

Triglycerides (Oils and Waxes)

تشابه الزيوت والدهون إلى حدّ كبير في التركيب الكيميائي، فكلاهما عبارة عن استرات يكون الجزء الكحولي فيها دائماً هو الجليسرول، أمّا الجزء الحمضي فهو عبارة عن ثلاثة جزيئات من الأحماض الدهنية التي غالباً ما تكون مختلفة. وتُسمّى هذه الاسترات باسم استرات الجليسرول أو الجليسيريدات أو الجليسيريدات الثلاثية. الصيغة العامة لهذه الاسترات هي:



حيث R، R'، R'' هي ثلاثة شقوق متشابهة أو مختلفة بحسب نوع الزيت أو الدهن، وغالباً ما تكون مختلفة.
تتكوّن الجليسيريدات الثلاثية من تفاعل الجليسرول (كحول ثلاثي الهيدروكسيل) مع ثلاث جزيئات من الأحماض الدهنية.
وتنقسم الجليسيريدات الثلاثية بحسب نوع الأحماض الدهنية الداخلة في تكوينها إلى:

فقرة إثرائية

علاقة الليبيدات بالصناعة

صناعة الصابون

يمكن تحضير الصابون بتسخين دهن، مثل زيت جوز الهند أو زيت الزيتون وهيدروكسيد الصوديوم. ثمّ يُضاف كلوريد الصوديوم إلى الخليط المتصنّف فيفصل ملح الصوديوم للحمض الدهني كخام سميك. يُعتبر الجليسرول ناتجاً ثانوياً مهمّاً لتفاعلات التصنّف ويمكن الحصول عليه بتبخير الطبقة السائلة. ثمّ يُنقى الصابون الخام ويصبّ في قوالب ويمكن بعد ذلك طحنه إلى مسحوق أو تقطيعه مع إضافة عطر أو لون، ثمّ يُعاد صبه في قوالب للحصول على الناتج النهائي.

4.2 مناقشة

وضّح للطلاب أنّ الأحماض الدهنية هي أحماض كربوكسيلية اليفاتية تتفاعل مع الكحول لتكوين الأسترات التي تشكّل الليبيدات. أشر للطلاب أنّ الأحماض الدهنية تُصنّف إلى مشبّعة وغير مشبّعة تبعاً لوجود روابط أحادية أو روابط تساهمية مزدوجة. وضّح للطلاب أنّ الأحماض غير المشبّعة تكون سائلة عند حرارة الغرفة وتنتج عن النبات أمّا الدهون المشبّعة فتكون صلبة عند حرارة الغرفة وتنتج عن مصدر حيواني. وضّح للطلاب أنّ للأحماض الدهنية غير المشبّعة تفاعلات مميزة بسبب وجود الرابطة المزدوجة:

• تفاعلات الإضافة مثل:

– الهلجنة

– الهدرجة التي تُستخدم صناعياً لتحضير السمن النباتي.

• تفاعلات الأكسدة

5.2 مناقشة

اشرح للطلاب أنّ الجليسيريدات الثلاثية هي دهون أو زيوت ثلاثية الأسترات للجليسرول مع الأحماض الدهنية التي تتكوّن من أحماض كربوكسيلية طويلة السلسلة. وضّح لهم أنّ الجليسيريدات الثلاثية مهمة جداً حيث إنّها عبارة عن وسيلة لاختران الطاقة في جسم الإنسان لمدة طويلة. اكتب معادلة التفاعل العامّ لشرح تكوين الجليسيريدات الثلاثية على السبورة وتناقش مع الطلاب حولها، ووضّح الفرق بين الدهون والزيوت عن طريق طرح السؤال التالي: ما الفرق بين الزيوت والدهون من حيث الخواصّ ومصدر الحصول على كلّ منهما؟ [تكون حالة معظم الزيوت سائلة وغير مشبّعة وهي تأتي من مصادر نباتية. أمّا الدهون فمصدرها حيواني وهي مشبّعة وصلبة.]

6.2 مناقشة

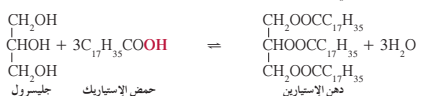
أشر الى أنّ الزيوت والدهون شحيحة الذوبان في الماء. أشر أيضاً أنها تتميّد في وسط حمضي لتكوين الجليسرول وحمض كربوكسيلي وفي وسط قاعدي كعملية التصبن. وضّح للطلاب أنّ هدرجة الزيوت غير المشبّعة تتحول من زيوت سائلة الدهون نباتية صلبة (مشبّعة) وتستخدم على نطاق واسع في الصناعة الغذائية. أشر للطلاب أنّ الفوسفوليبيدات تدخل في تركيب أغشية الخلايا و تحوّل دون مرور الجزيئات والأيونات عن الخلية وإليها. وضّح للطلاب أنّ الشموع جزء من الليبيدات، تميّز بطول السلسلة الكربونية. أشر للطلاب إلى أنّ الشموع تتواجد في النباتات والحيوانات. أشر أيضاً إلى أهميّة الشموع:

- تُستخدم للإنارة (الإضاءة).
- تحمي النبات من الماء إذ تشكل غلافًا مقاومًا للماء.
- تُستخدم كأحد مكونات شحم السيارات.
- تُستخدم في الطلاء وغيرها.

الجليسيريدات البسيطة: وهي الجليسيريدات التي تشابه فيها جزيئات الأحماض الدهنية الموجودة في الجزيء. الجليسيريدات المختلطة: وهي الجليسيريدات التي تحتوي على نوعان من جزيئات الأحماض الدهنية أو أكثر في الجزيء. والجليسيريدات الثلاثية المختلطة هي الأكثر شيوعاً في الطبيعة، مثل زيت الزيتون الذي يتكوّن من جليسيريدات أحماض البالمييك والأولييك واللينولييك. توجد الزيوت (Oils) في الحالة السائلة وعند درجات الحرارة العادية لاحتوائها على نسبة كبيرة من الأحماض الدهنية غير المشبّعة التي تشغل جزيئاتها حجماً أكبر فتزداد المسافات بينها، ويقلّ تماسكها، فتقلّ درجات انصهارها، مثل زيت الأوليين. المعادلة الكيميائية التي توضح كيف نحصل على زيت الأوليين من حمض الأوليك هي التالية:



توجد الدهون (Fats) في الحالة الصلبة لاحتوائها على نسبة كبيرة من الأحماض الدهنية المشبّعة والتي تشغل جزيئاتها حجماً أقلّ فتحتاج حرارة أعلى حتى تصل إلى درجة الانصهار، مثل دهن الإستارين. المعادلة الكيميائية التي توضح كيف نحصل على دهن الإستارين من حمض الإستاريك هي التالية:



4. خواصّ الزيوت والدهون

Properties of Oils and Fats

Solubility of Oils and Fats

(أ) ذوبان الزيوت والدهون

إنّ الزيوت والدهون شحيحة الذوبان في الماء، ولكنها تذوب في بعض المذيبات العضوية، مثل الإيثر والبنزين والكلوروفورم.

Hydration of Oils and Fats

(ب) تميّز الزيوت والدهون

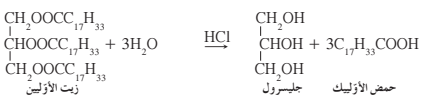
• في وسط حمضي

تتحلّل الدهون مائياً في وجود الأحماض المعدنية المخفّفة مكونة الجليسرول والأحماض الدهنية المكونة لها، فعند تميّز زيت الأوليين في وجود حمض HCl المخفف يتكوّن الجليسرول (الكحول) وحمض الأوليك:

مفكرة إثنائية الليبيد في خدمة المختلطة الدهن المزيّن

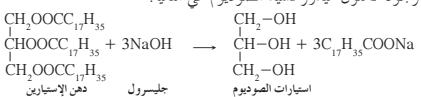
تتميّز الأطعمة الدسمة، كالبيتزا والبطاطا المقلية، بطعمها اللذيذ، إلّا أنّها غنية بالدهون وقد تؤدي إلى الإصابة بأمراض القلب، والسرطان، والسكري، ومشاكل صحية أخرى. ونظراً لصعوبة تقليل الدهن في الأطعمة، توصّلت البحوث في الكيمياء الحيوية إلى إنتاج الدهن المزيّن المعروف بالأولسترا وهو بديل للدهن ولا يسبب الأضرار التي تسببها الدهون الطبيعية.

يتكوّن هذا الجزيء من 6 إلى 8 مجموعات أحماض دهنية متصلة بقاعدة سكروز، بينما يحتوي جزيء الزيت أو الدهن الطبيعي على قاعدة جليسرول. يشبه الأولسترا الدهون بدرجة كبيرة، ونتيجة لذلك، تشابه خواصهما ولكن استبدال قاعدة الجليسرول بقاعدة السكرز يحدّد إنزيمات القناة الهضمية في جسم الإنسان ولا ترتبط بجزيئات الأولسترا فينير في القناة الهضمية للإنسان بدون تغيير. من مضارّه أنّه يرتبط بالفيتامينات التي تذوب في الدهون مثل فيتامينات A وD وE وK فيعجز الجسم عن امتصاصها.



• في وسط قاعدي (عملية التصبن)

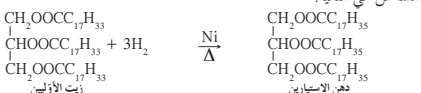
تتحلّل الدهون مائياً في وسط قاعدي (KOH، NaOH) مكونة الجليسرول (الكحول) وملح الصوديوم أو البوتاسيوم للحمض الدهني، وهو ما يُسمّى «الصابون». تُسمّى عملية التحلّل المائي للزيوت والدهون في الوسط القاعدي مع الغليان عملية التصبن Saponification. المعادلة الكيميائية الرمزية التي توضح التحلّل المائي لدهن الإستارين في وجود محلول هيدروكسيد الصوديوم هي التالية:



Hydrogenation

(ج) هدرجة الزيوت

تتمّ هدرجة الزيوت (غير المشبّعة) بتسخينها مع الهيدروجين في وجود عامل محفز ساخن مثل النيكل Ni، بحيث تتحوّل من زيوت سائلة (غير مشبّعة) إلى دهون نباتية صلبة (مشبّعة). وتُستخدم هذه الطريقة على نطاق واسع لتحويل الزيوت النباتية إلى دهون نباتية صلبة. المعادلة الكيميائية التي توضح هدرجة زيت الأوليين في وجود النيكل الساخن هي التالية:

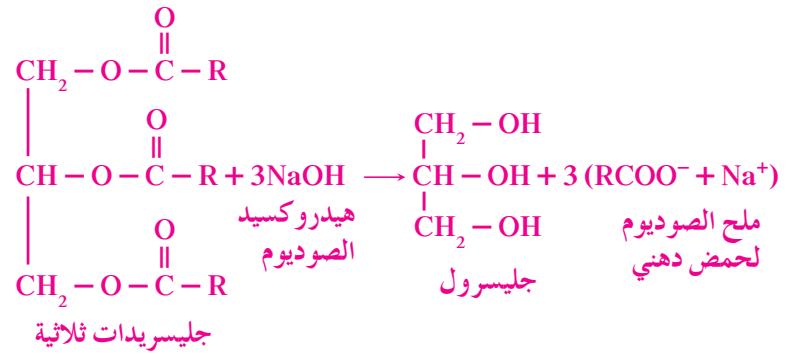


3. قِيم وتوسّع

1.3 تقييم استيعاب الطلاب للدرس

لتقييم استيعاب الطلاب للدرس ، اكتب على السبورة الصيغ التركيبية للجليسروول والأحماض الدهنية واطلب إلى الطلاب إكمال المعادلة وتسمية النواتج مع تحديد المجموعات التي ترابطت في خلال هذا التفاعل.

اكتب على السبورة المعادلة التي توضّح التفاعل بين الجليسيريدات الثلاثية وهيدروكسيد الصوديوم ، واطلب إلى الطلاب إكمال المعادلة على أن يتم تسمية كل ناتج. اطلب إليهم أيضًا تحديد المركب الأيوني الذي نتج عن هذا التفاعل.



تناقش مع الطلاب حول أهمية هذا التفاعل في صناعة الصابون ، ودعهم يتذكرون أهم الخطوات المتبعة.

اطلب إلى الطلاب ذكر خاصيتين للفوسفوليبيدات. [للفوسفوليبيدات

جزء قطبي وجزء غير قطبي . ينتج طبقة دهنية مزدوجة عند زيادة كمية

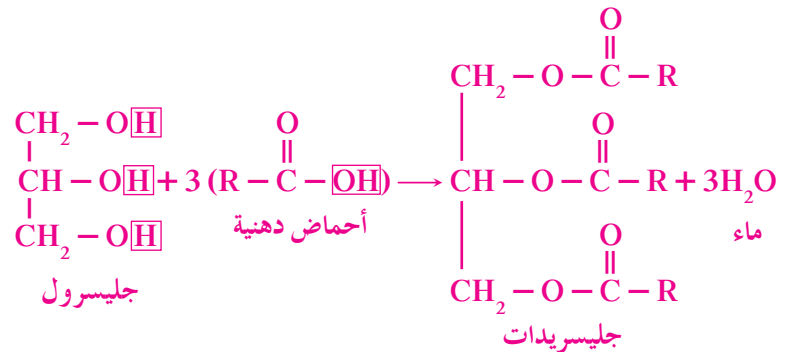
الفوسفوليبيدات في كمية معينة من الماء.]

اطلب إلى الطلاب كتابة الصيغة البنائية العامة للشموع وتحديد المجموعة الوظيفية.



2.3 إعادة التعليم

راجع مع الطلاب تفاعل الأسترة الذي تنتج منه جليسيريدات ثلاثية موضّحًا المجموعات الوظيفية المشاركة في التفاعل.

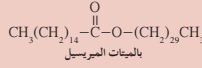


فقرة إثرائية

معلومات إضافية



يتألف معظم شمع النحل الذي تراه في الشكل أعلاه من البميتات الميريسيل وهو أستر كحول الميريسيل وحامض الباميتيك.



فقرة إثرائية

معلومات إضافية



تحتوي الفسفوليبيدات على رأس أيوني قطبي يحب الماء (هيدروفيليك) وذيل هيدروكربوني غير قطبي لا يحب الماء (هيدروفوبيك).

Waxes

5. الشموع

الشموع هي إسترات الأحماض الدهنية طويلة السلسلة مع كحولات طويلة السلسلة أحادية الهيدروكسيل.

يتراوح عدد ذرات الكربون في السلاسل الكربونية لكل من الحمض الدهني والكحول بين 10 ذرات كربون و 30 ذرة كربون . الشموع مركبات صلبة تتواجد في كل من النباتات والحيوانات وتكون درجة انصهارها منخفضة .

يؤدي الشمع دورًا مهمًا في تكوين غطاء يعلّف أوراق النبات ويحميها . يزيد الغطاء الشمعي الذي يعلّف فرو الحيوانات وريشها ليونة الحيوانات ويقيها من البرد .

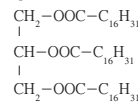
Phospholipids

6. الفوسفوليبيدات

تتكون الفوسفوليبيدات من إسترات الجليسرول مع الأحماض الدهنية وحامض الفوسفوريك وتدخل في تركيب أغشية الخلايا وتعمل كمحاجز يحول دون مرور الجزيئات والأيونات من الخلية وإليها .

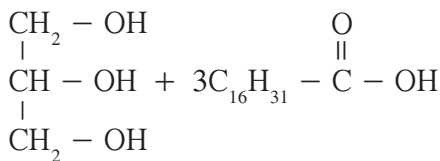
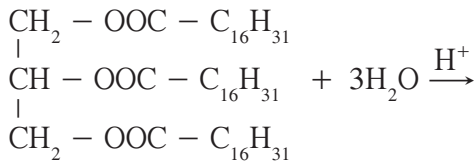
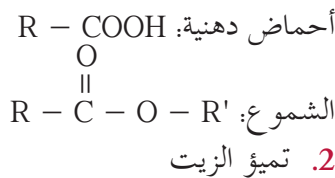
مراجعة الدرس 2-2

1. صف الصيغ الجزيئية لثلاثة أنواع رئيسة من الليبيدات .
2. أكتب معادلات التميؤ والهدرجة للزيت التالي:

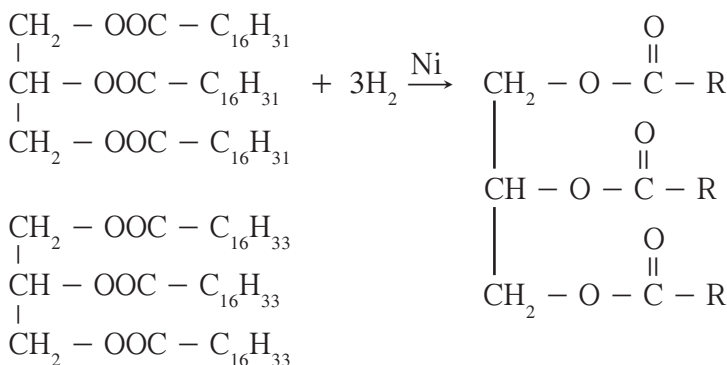


إجابات أسئلة الدرس 2-2

1. الجليسيريدات الثلاثية:



هدرجة الزيت



مراجعة الوحدة السادسة

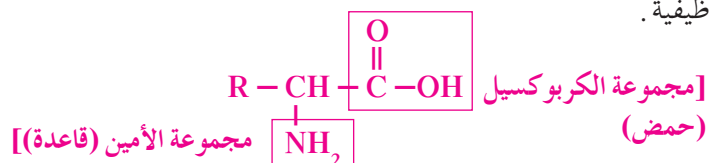
الملخص

وجه الأسئلة التالية لمساعدة الطلاب على تلخيص المعلومات التي تحتوي عليها الوحدة :

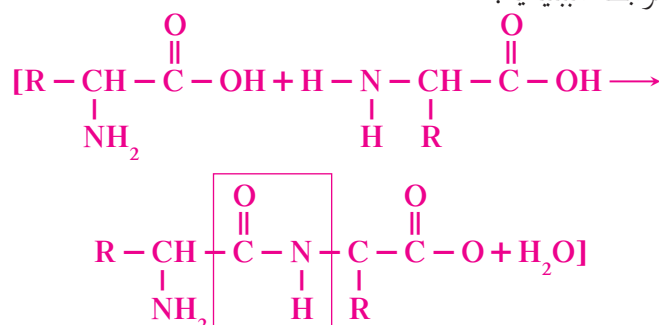
◀ عرّف بالكيمياء الحيوية .

[الكيمياء الحيوية هي أحد فروع العلوم الطبيعية التي تختص بدراسة كلّ ما هو متعلّق بحياة الكائنات الحية الدقيقة (بكتيريا وفطريات وطحالب) أو الراقية (الإنسان والحيوان والنبات) . وتُعرّف أحياناً بأنها علم كيمياء الحياة بسبب ارتباط الكيمياء الحيوية بالحياة.]

◀ اكتب الصيغة العامة للأحماض الأمينية وحدد المجموعات الوظيفية .



◀ اكتب المعادلة العامة لإنتاج الببتيد من الأحماض الأمينية وأشر إلى الرابطة الببتيدية .



◀ ما هي أنواع البروتينات؟

[تُصنّف البروتينات إلى بروتينات بسيطة ومقرنة ومشتقة.]

◀ ما هي الليبيدات؟ وما هي العناصر الأساسية التي تتكوّن منها؟ وما أهمّ ميزاتها الفيزيائية؟

[هي مجموعة من المركّبات الطبيعية غير المتجانسة التي تشمل الزيوت والدهون والشموع والموادّ ذات الطبيعة الدهنية. تحتوي على كربون وهيدروجين وأكسجين. وتتميّز الليبيدات بعدم ذوبانها في الماء إنّما في المذيبات العضوية مثل الإيثر والبنزين والكلوروفورم.]

◀ عرّف الكربوهيدرات و اكتب الصيغة العامة لها .

[الكربوهيدرات مركّبات عضوية يمكن التعبير عنها بالصيغة الجزيئية



◀ كيف يمكن تصنيفها؟ أعطِ مثلاً .

[تُصنّف السكريات إلى أحادية ومحدودة وعديدة. السكريات الأحادية هي أبسط الكربوهيدرات مثل الجلوكوز والفركتوز والجالاكتوز .

السكريات الثنائية وهي سكريات محددة وتتكوّن من نوعين من السكريات الأحادية من مثل السكروز واللاكتوز والمالتوز .

السكريات العديدة وتتكوّن من أكثر من 10 سكريات أحادية مثل النشا والسليولوز والجليكوجين التي فيها الجلوكوز كسكر أحادي.]

مراجعة الوحدة السادسة

المفاهيم

الإيزيمات	Enzymes	ببتيد	Peptide
بروتين	Protein	بروتين بسيط	Simple Protein
بروتين مشتقّ	Derived Protein	بروتين مقترن	Conjugate Protein
بولي ببتيد	Polypeptide	تسبّين	Saponification
جليسيريد ثلاثي	Triglyceride	حمض أميني	Amino Acid
حمض أميني حمضي	Acidic Amino Acid	حمض أميني قاعدي	Basic Amino Acid
حمض أميني متعادل	Neutral Amino Acid	رابطة ببتيدية	Peptide Bond
سكر أحادي	Monosaccharide	سكر ثنائي	Disaccharide
سكر عديد	Polysaccharide	شمع	Wax
فوسفوليبيد	Phospholipid	كربوهيدرات	Carbohydrates
ليبيد	Lipid	ليبيد بسيط	Simple Lipid
ليبيد مركّب	Compound Lipid	ليبيد مشتقّ	Derived Lipid
سكر محدود	Oligosaccharide		

الأمّعار الرئيسة للوحدة

(1-1) الكربوهيدرات

- الكربوهيدرات هي مركبات عضوية عبارة عن الألدهيدات والكتونات عديدة الهيدروكسيل .
- يمكن التعبير عن الكربوهيدرات بالصيغة الجزيئية $\text{C}_n(\text{H}_2\text{O})_m$. تُسمّى أبسط جزيئات الكربوهيدرات السكريات الأحادية، مثل الجلوكوز والفركتوز .
- تصنف الكربوهيدرات بحسب نواتج التحلل المائي إلى سكريات أحادية ومحدودة وعديدة .
- تصنف الكربوهيدرات أو السكريات الأحادية بحسب:
 - عدد ذرات الكربون
 - المجموعة الفعالة إلى الألدوزات وكتوزات .
- تختزل الألدوزات والكتوزات وتتفاعل مع الهيدروجين بوجود النيكل كعامل حفاز. بينما الألدوزات تتأكسد بسبب وجود ذرة هيدروجين مرتبطة بمجموعة الكربونيل .
- تُعرّف السكريات التي تتكوّن من جزيئين إلى عشرة جزيئات من السكريات الأحادية بالسكريات المحدودة مثل السكروز .
- تُعرّف السكريات التي ترتبط فيها أكثر من عشرة جزيئات من السكريات الأحادية بالسكريات العديدة مثل النشا والسليولوز .

(1-2) الأحماض الأمينية والبروتينات

- الحمض الأميني هو المركّب الذي يحتوي على مجموعة أمينو ($-\text{NH}_2$) ومجموعة كربوكسيل ($-\text{COOH}$) في الجزيء نفسه . وهناك عشرين حمضاً أمينياً شائعاً في الطبيعة .
- تصنف الأحماض الأمينية تبعاً لعدد المجموعات الوظيفية الكربوكسيلية والأمينية فيها إلى أحماض أمينية متعادلة وحمضية وقاعدية .
- تتألّف الببتيدات من الأحماض الأمينية التي ترتبط ببعضها بعضاً برابطة تُسمّى الرابطة الببتيدية .
- الببتيد الذي يزيد عن عشرة أحماض أمينية يُسمّى بولي ببتيد . والببتيد الذي يحتوي على أكثر من حوالي 100 حمض أميني يُسمّى بروتيناً .
- تصنف البروتينات بحسب تركيبها الكيميائي إلى بروتينات بسيطة وبروتينات مقترنة وبروتينات مشتقة .

(2-2) الأحماض الدهنية والليبيدات

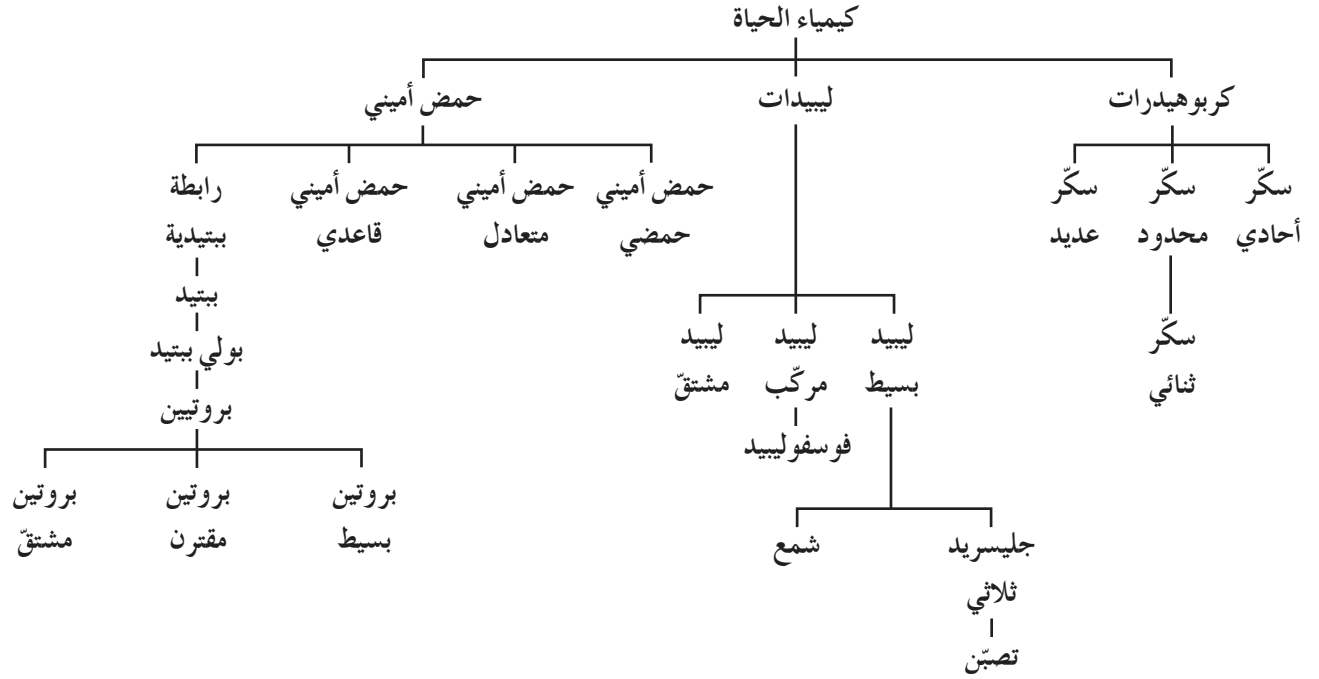
- الليبيدات مركبات عضوية ذات ملمس وهي لا تذوب في الماء وإنما تذوب في المذيبات العضوية .
- تصنف الليبيدات على أساس مكوّناتها من الاسترات إلى بسيطة ومركبة ومشتقة .
- الأحماض الدهنية هي أحماض أحادية الكربوكسيل أليفاتية مشبعة أو غير مشبعة ذات سلاسل كربونية طويلة لا تذوب في الماء بل تذوب في المذيبات العضوية .
- الجليسيريدات الثلاثية الطبيعية هي ليبيدات تتكوّن من تفاعل استرات الجليسرول مع ثلاثة أحماض دهنية يمكن أن تكون بسيطة أو مختلطة .
- تُسمّى الدهون والزيوت والمركّبات التي لا تذوب في الماء ليبيدات .
- تتحلّل الزيوت والدهون في الماء وتعطي الجليسرول والأحماض الدهنية . كما يمكن أن تتفاعل مع قاعدة لتكوّن الصابون . كما يمكن للزيوت أن تتفاعل مع الهيدروجين لتكوين دهون صلبة .
- تُعتبر الشموع جزءاً من عائلة الليبيدات وهي استرات الأحماض الدهنية طويلة السلسلة مع كحولات طويلة السلسلة أحادية الهيدروكسيل .

◀ اكتب المعادلات التي تسمح بإنتاج السكريات الشائعة التي ذُكرت في السؤال السابق.

[ماء + سكروز → فركتوز + جلوكوز]

ماء + لاكتوز → جلاكتوز + جلوكوز

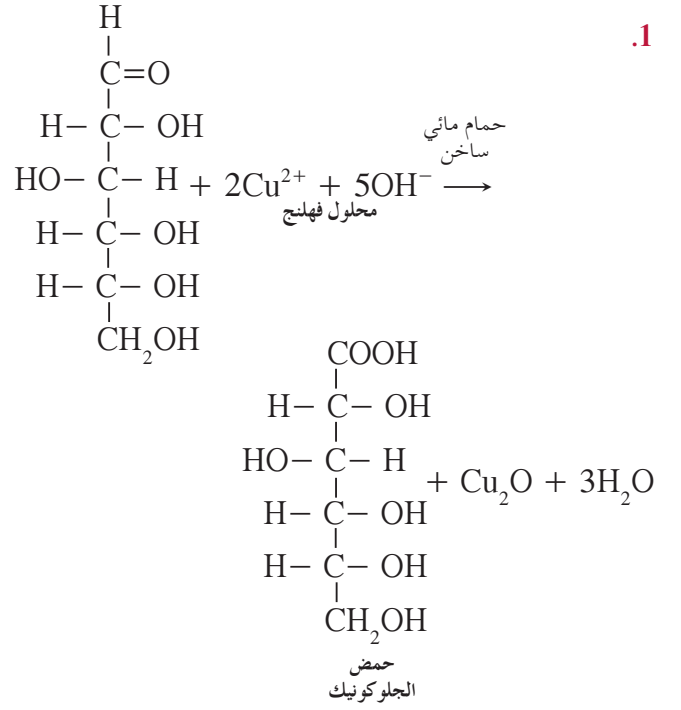
ماء + مالتوز → جلوكوز + جلوكوز]



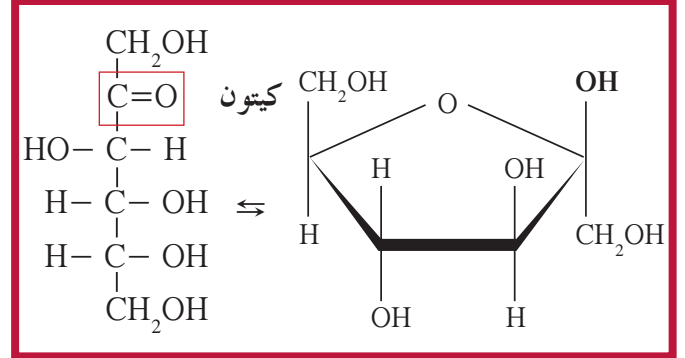
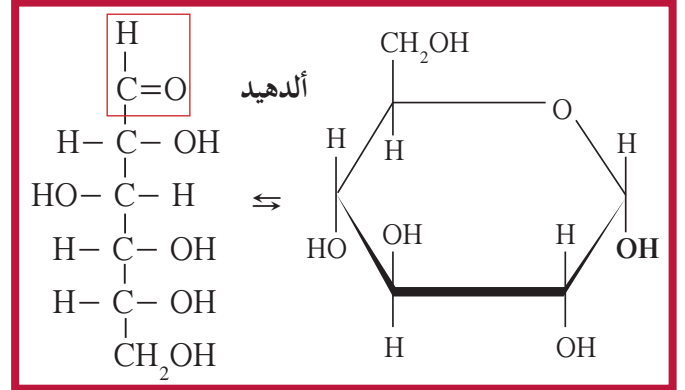
خريطة مفاهيم الوحدة

استخدم المفاهيم الموضحة في الشكل التالي لرسم خريطة تُنظّم الأفكار الرئيسة التي جاءت في الوحدة.





2. الجلوكوز والفركتوز



3. مصادر الجلوكوز: الذرة والعنب

مصادر الفركتوز: الفواكه والعسل

4. مجموعة الكربونيل في الجلوكوز هي ألدهيدية أمّا في

الفركتوز فهي كيتونية.

5. جلوكوز وفركتوز

6. (أ) الجلوكوز

(ب) الجلوكوز

اختبر فهمك

1. اكتب معادلة موازنة لأكسدة الجلوكوز بمحلول فهلنج .
2. سمّ اثنين من السكريات الأحادية واذكر صيغتهما التركيبية .
3. اذكر مصادر الجلوكوز والفركتوز .
4. كيف تختلف مجموعة الكربونيل الوظيفية في الجلوكوز والفركتوز؟
5. ما هي أنواع السكريات الأحادية التي ترتبط ببعضها بعضاً لتكوين السكر الثنائي السكروز؟
6. ما هو ناتج التحلل المائي لكل من السكريات العديدة التالية:
(أ) النشا
(ب) الجليكوجين
7. ما اسم الرابطة التي تربط حمضين أمينيين في سلسلة الببتيد؟
8. ميّز بين الدهن والزيت .
9. ما هو الجليسيريد الثلاثي؟
10. ما هو الصابون؟
11. اذكر تصنيفات البروتين وأعط أمثلة عليها .
12. ما هي المواد الناتجة في التفاعلات التالية:
(أ) سكر أحادي + سكر أحادي
(ب) جليسرول + 3 (أحماض دهنية)

اختبر مهارتك

1. أي من فئات المركبات التالية، أي الكربوهيدرات والليبيدات والبروتينات يحتوي دائماً على النيتروجين؟
2. ما هو الجليكوجين؟ وكيف يختلف عن النشا؟
3. اذكر أسماء الصيغ التركيبية للمركبات التي تنتج بالتحلل المائي للسكروز .

7. الرابطة الببتيدية

8. تكون الدهون صلبة ويكون مصدرها حيوانياً عند درجة

حرارة الغرفة وتكون الزيوت سائلة ويكون مصدرها نباتياً.

9. هو مركب عضوي ثلاثي الأستر ونحصل عليه من خلال

تفاعل الجليسرول وثلاثة أحماض دهنية.

10. ينتج الصابون بعد عملية التفكك المائي للزيوت أو الدهون

بالغليان مع محلول مائي لهيدروكسيد الفلز القلوي وهو ملح

الصوديوم أو البوتاسيوم للحمض الدهني.

11. البروتينات البسيطة توجد في زلال البيض النيء.

البروتينات المقترنة توجد في سيروم الدم والأنسجة العصبية.

البروتينات المشتقة توجد في زلال البيض الذي يتخثر تحت

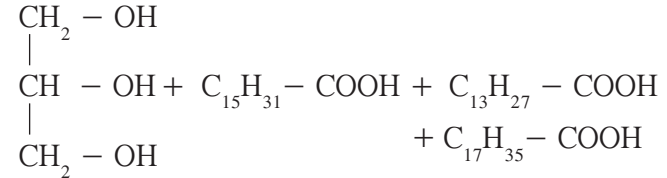
تأثير الحرارة.

12. (أ) سكر ثنائي وماء.

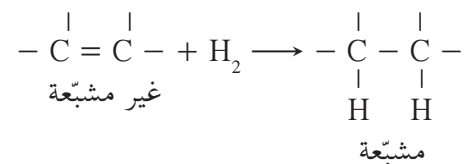
(ب) ثلاثي الجليسيريد وماء.

اختبر مهارتك

1. البروتينات .
2. الجليكوجين نوع آخر من السكريات العديدة المتجانسة ويشبه النشا ، وينتج بواسطة الحيوانات بينما مصدر النشا نباتي .
3. الجلوكوز والفركتوز
- 4.



5. (أ) المعكرونة ، لأنها تحتوي على كمية أقل من الدهون وكمية أكبر من الكربوهيدرات ، ما يساعده على الحصول على الطاقة التي هو بحاجة إليها .
(ب) لأن مصدرها حيواني .
(ج) في المعكرونة ، يكون مصدر البروتين القمح بينما في الشورية فمصدر البروتين هو لحم الدجاج .
6. (أ) لأن معظم الدهون الموجودة في الأفوكادو هي أحادية غير مشبعة مفيدة للصحة بشكل عام ولصحة القلب بشكل خاص . كما تشكل هذه الدهون ثلثي الدهون الموجودة في الأفوكادو .
(ب) تساعد الألياف على خفض الكوليسترول في الجسم وعلى ضبط مستوى السكر في الدم وعلى خفض الوزن .
(ج) الدهون المشبعة هي الدهون التي ترتبط ذرات الكربون في جزيئاتها بروابط تساهمية أحادية بين بعضها البعض . الدهون غير المشبعة هي الدهون التي تحتوي على رابطة تساهمية ثنائية (أو ثلاثية) على الأقل بين ذرتي كربون في السلسلة الكربونية .
(د) نعم ، وذلك بدرجة الدهون غير المشبعة كما توضح المعادلة التالية:

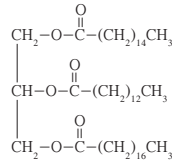


في خلال هذه العملية، تنكسر رابطة π (C $\equiv$ C) لتعطي رابطتين σ .

تُطبّق هذه العملية في صناعة السمنة النباتية .

- (هـ) حساب كمية السعرات الحرارية الكربوهيدرات والبروتينات والليبيدات هي مكونات الغذاء التي تمدّ جسم الإنسان بالطاقة .
1g كربوهيدرات $\leftarrow$ 4 kcal
1g بروتين $\leftarrow$ 4 kcal
1g ليبيدات $\leftarrow$ 9 kcal

4. اكتب الصيغ التركيبية للمواد الناتجة من التحلل المائي المركب التالي .



5. استعن بالبيانات الواردة في الملصقين الغذائيين أدناه للإجابة عن الأسئلة .

حساء	
معلومات غذائية	
حجم الحصة: كوب واحد (250 mL)	
الكمية لكل حصة:	
السعرات الحرارية: 140	السعرات الحرارية من الدهون: 25
*النسبة المئوية للمقادير اليومية (%)	
الدهون الكلية: 3 g	% 5
الكربوهيدرات الكلية: 12 g	% 4
السكريات: 12 g	
بروتينات: 9 g	
المكونات: مرققة دجاج ، جزر ، لحم دجاج ، شعيرية ، كرفس ، دهن دجاج ، نشا ، ملح	

معكرونة	
معلومات غذائية	
حجم الحصة: كوب واحد (56 g)	
الكمية لكل حصة:	
السعرات الحرارية: 200	السعرات الحرارية من الدهون: 10
*النسبة المئوية للمقادير اليومية (%)	
الدهون الكلية: 1 g	% 1
الكربوهيدرات الكلية: 40 g	% 13
السكريات: 12 g	
بروتينات: 6 g	
المكونات: دقيق ، نياسين ، حديد ، أحادي نترات البوتاسيوم ، ريبوفلافين ، حمض الفوليك	

(أ) أيّ المنتجين من المفضل أن يتناوله رياضي محترف ليلة المباراة؟ ولماذا؟
(ب) لاحظ محتويات كلٍّ منهما على حدة، ثمّ فسر وفرة الدهون في الحساء مقارنة مع المعكرونة.

(ج) ما هي المحتويات التي تعتقد أنّها تحتوي على البروتين في هذين المنتجين؟
6. يتجنّب الكثيرون فاكهة الأفوكادو نظراً لارتفاع نسبة الدهون فيها. يحتوي نصف ثمرة أفوكادو كبيرة الحجم على حوالي 20 g من الدهون. إنّها نسبة كبيرة، ولكن علينا أن نتذكّر أنّ ثلثي هذه الدهون الأحادية غير مشبعة. هذه الدهون مفيدة للصحة ولصحة القلب بشكل خاصّ كما أنّ ثمرة الأفوكادو لا تحتوي على الكوليسترول. تحتوي نصف ثمرة أفوكادو كبيرة على حوالي 9 g من الألياف (وهي ضعف كميّة الألياف الغذائية الموجودة في تفاحتين) ما يعادل 25% من الكميّة الموصى بها يومياً للشخص البالغ.
تساعد الألياف على خفض الكوليسترول السيء (LDL) وضبط مستوى السكر في الدم للحدّ من الإصابة بمرض السكري، وتساعد أيضاً في خفض الوزن والوقاية من الإمساك ومرض سرطان القولون.
بالإضافة إلى غنى الأفوكادو بالفيتامينات، فهو يساعد الجسم على امتصاص العناصر الغذائية من الأطعمة الأخرى ويحتوي على الكثير من المواد المضادة للاكسدة، وعلى كميّة صغيرة من البروتين.
يوضّح الجدول التالي مكّونات نصف ثمرة طازجة من الأفوكادو (كتلتها تساوي 100 g).

ثمرة أفوكادو طازجة
معلومات غذائية
حجم الحصة: نصف ثمرة (100 g)
الكمية لكل حصة:
السعرات الحرارية: 175 سعراً حراريّاً
الدهون الكلية: 14.7
الدهون المشبعة: 2.6
الدهون الأحادية غير المشبعة: 9.9
الدهون المتعددة غير المشبعة: 2.1
الكوليسترول: 0 g
الكربوهيدرات: 8.6 g
ألياف غذائية: 6.7
أوميغا-3: 0.1 g
بروتينات: 2 g

معطى: يوفر 1 g من الكربوهيدرات أو البروتين 4 kcal للجسم.
يوفر 1 g من الليبيدات 9 kcal للجسم.

(أ) لماذا لا يجب أن نخشى الدهون الموجودة في الأفوكادو؟
(ب) حدّد أهميّة الألياف في الحمية الغذائية.
(ج) ما الفرق بين الدهون المشبعة والدهون غير المشبعة؟
(د) هل يمكن تحويل الدهون غير المشبعة إلى دهون مشبعة؟ فسر واذكر تطبيقاً في الصناعة لهذه العملية.

(هـ) احسب كميّة السعرات الحرارية الموجودة في 100 g من الأفوكادو وقارنها بالجدول.
(و) يحتوي الأفوكادو على كميّة صغيرة من البروتين. اكتب الصيغة البنائية العامة للأحماض الأمينية وأشر إلى المجموعات الوظيفية التي تحتوي عليها هذه الصيغة.
(ز) تحتوي ثمرة الأفوكادو على الكربوهيدرات. حدّد الأصناف الثلاثة للكربوهيدرات وأعط مثلاً على كلّ صنف.

مشاريع الوحدة

- هناك أنواع كثيرة من زيوت الطبخ قد تجدها في محلات البقالة، منها زيت الكانولا، وزيت العصفور، وزيت الذرة، وزيت الزيتون، وزيت الفول السوداني. إبحث عن الاستخدامات المختلفة لهذه الزيوت، وعن مصادرها، وعن فوائد كلّ نوع منها. أعط معلومات محدّدة عن نسبة الدهون المشبعة وغير المشبعة في كلّ منها، ثمّ اعرض ما توصلت إليه على زملائك.
- هناك أمراض واضطرابات عديدة في الجزيئات ناتجة عن نقص في البروتينات أو عن تغيّرات فيها، نذكر منها فقر الدم المنجلي (أو الانحلالي). استعن بشبكة الإنترنت أو بالمراجع الموجودة في مكتبة المدرسة لكتيب لائحة بأربعة أمراض أو اضطرابات على الأقلّ ثمّ ذكرها سابقاً في هذا الفصل (ليس ضرورياً أن تكون أمراضاً تُصيب الإنسان)، ثمّ لخصّ عوارض كلّ منها وتأثيراته. صف باختصار كيف تتطوّر عوارض كلّ من الأمراض والاضطرابات التي ذكرتها في لائحتك لدى الإنسان. تشارك ما كتبت مع زملائك وناقشه معهم.

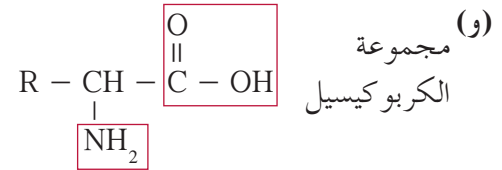
$$4 \times 8.6 = 34.4$$

$$4 \times 2.0 = 8.0$$

$$9 \times 14.7 = 132.3$$

المجموع 174.7 kcal

يساوي مجموع السعرات الحرارية تقريباً القيمة المشار إليها في الجدول.



مجموعة الأمينو

(ز) أصناف الكربوهيدرات:

سكر أحادي: الجلوكوز والفركتوز
سكر ثنائي: السكروز واللاكتوز
سكر عديد: النشا والسليلوز.

مشاريع الوحدة

- سوف تتنوّع الإجابات، على التقرير أن يتضمّن نسبة كميّة الليبيدات المشبعة إلى الليبيدات غير المشبعة، وعلى الطالب ترتيب هذه الزيوت من الأكثر صحّة إلى الأقلّ صحّة.
- سوف تتنوّع الإجابات.

الملاحظة

رقم الأنبوب	محتوى الأنبوب	المحلول المضاف	المشاهدة (تكوين راسب)	المشاهدة بعض إضافة الماء والرج
1	MgSO ₄	NaOH	تكوين راسب أبيض Mg(OH) ₂	معلق أبيض في الماء
2	CaCl ₂	Na ₂ CO ₃	تكوين راسب أبيض CaCO ₃	راسب أبيض
3	AgNO ₃	BaCl ₂	تكوين راسب أبيض AgCl	راسب أبيض
4	BaCl ₂ مشبع	HCl مركز	محلول مائي لا لون له	

جدول (1)

رقم الأنبوب	محتوى الأنبوب	المحلول المضاف	المشاهدة
1	معلق أبيض	HCl مركز	محلول مائي لا لون له
2	راسب CaCO ₃	HCl مركز	محلول مائي مع ناتج غازي
3	راسب AgCl	NH ₃	يذوب الراسب ويتكون محلول مائي لا لون له

جدول (2)

التحليل والاستنتاج

- $$\text{Mg}^{2+}_{(\text{aq})} + \text{SO}^{2-}_{4(\text{aq})} + 2\text{Na}^{+}_{(\text{aq})} + 2\text{OH}^{-}_{(\text{aq})} \longrightarrow \text{Mg}(\text{OH})_{2(\text{s})\downarrow} + 2\text{Na}^{+}_{(\text{aq})} + \text{SO}^{2-}_{4(\text{aq})}$$

$$\text{Ca}^{2+}_{(\text{aq})} + 2\text{Cl}^{-}_{(\text{aq})} + 2\text{Na}^{+}_{(\text{aq})} + \text{CO}^{2-}_{3(\text{aq})} \longrightarrow \text{CaCO}_{3(\text{s})\downarrow} + 2\text{Na}^{+}_{(\text{aq})} + 2\text{Cl}^{-}_{(\text{aq})}$$

$$\text{Ba}^{2+}_{(\text{aq})} + 2\text{Cl}^{-}_{(\text{aq})} + 2\text{Ag}^{+}_{(\text{aq})} + 2\text{NO}^{-}_{3(\text{aq})} \longrightarrow 2\text{AgCl}_{(\text{s})\downarrow} + \text{Ba}^{2+}_{(\text{aq})} + 2\text{NO}^{-}_{3(\text{aq})}$$
- عند خلط محلولين مائين في كأس واحدة تتفاعل الأيونات (الشقوق) النشطة مكونة في معظم الأحيان ترسبات تساعد على الكشف عن هذه الشقوق.

في الأنبوب رقم (1)، يتفاعل كاتيون المغنيسيوم مع أنيون الهيدروكسيد لينتج راسباً أبيض هو هيدروكسيد المغنيسيوم.

في الأنبوب رقم (2)، يتفاعل كاتيون الكالسيوم مع أنيون الكربونات لينتج راسباً أبيض هو كربونات الكالسيوم.

في الأنبوب رقم (3)، يتفاعل أنيون الكلوريد مع كاتيون الفضة لينتج راسباً أبيض هو كلوريد الفضة.

في الأنبوب رقم (4)، ينتج خليط من الأيونات التي يمكنها أن تتواجد في المحلول من دون أن تتفاعل مع بعضها البعض.
- بعض الأملاح غير قابلة للذوبان ويمكن لهذه الأملاح أن تذوب جزئياً في الماء لتشكل محلولاً مشبعاً. مع ذلك، تبقى هذه الترسبات واضحة في الخليط الموجود في الأنبوب.
- في الأنبوب رقم (3): بعد إضافة الماء إلى راسب كلوريد الفضة AgCl تنتج المعادلة التالية:

$$(\text{محلول مشبع}) \text{AgCl}_{(\text{s})} \rightleftharpoons \text{Ag}^{+}_{(\text{aq})} + \text{Cl}^{-}_{(\text{aq})}$$

عند إضافة محلول الأمونيا إلى المحلول المشبع، يتفاعل الأمونيا مع كاتيون الفضة ما يؤدي إلى تناقص تركيزه.

عند ذلك، يحدث التفاعل طردياً لتكوين أيون الفضة ولاستعادة الاتزان.

عند إضافة كمية وافرة من محلول الأمونيا، يذوب الراسب كلياً لتكوين الكاتيون [Ag(NH₃)₂]⁺ وينتج محلول لا لون له.

في الأنبوب رقم (1): بعد إضافة الماء إلى هيدروكسيد المغنيسيوم Mg(OH)₂ ينتج معلق أبيض بحسب المعادلة التالية:

$$\text{Mg}(\text{OH})_{2(\text{s})} \rightleftharpoons \text{Mg}^{2+}_{(\text{aq})} + 2\text{OH}^{-}_{(\text{aq})}$$

عند إضافة حمض الهيدروكلوريك، ينتج تفاعل حمض مع قاعدة بين كاتيون الهيدرونيوم من حمض الهيدروكلوريك وأنيون الهيدروكسيد الموجود في المعلق. لذلك يتناقص تركيز أنيون الهيدروكسيد ويحدث التفاعل طردياً.

إذا كانت كمية حمض الهيدروكلوريك كافية ينتج محلول مائي لا لون له.

في الأنبوب رقم (2): الاستنتاج نفسه كما في الأنبوب رقم (1).

في هذه الحالة، إذا لم تتم إضافة الماء وفصل الراسب عن الخليط، ينتج غاز ثاني أكسيد الكربون CO₂.

5. كلاً، عند خلط المحاليل في كأس أو أنبوب واحد يجب أن تكون قيمة الحاصل الأيوني Q أكبر من قيمة ثابت حاصل الإذابة K_{sp} . لذلك، يمكن حساب تركيز الأيونات في الخليط ثم حساب قيمة الحاصل الأيوني Q ومقارنته مع ثابت حاصل الإذابة (يُعطى في جدول). هناك ثلاثة احتمالات:
- $K_{sp} > Q$ لا ترسب.
 - $K_{sp} = Q$ يكون المحلول الناتج متزنًا.
 - $K_{sp} < Q$ ينتج ترسب.

أنت الكيميائي

1. أضف 100 mL من المعلق إلى وعاء سعة 500 mL ثم أضف ماء من الصنبور للحصول على 250 mL (نصف سعة الوعاء). يمكن الحصول على دليل كاشف من المدرسة بالاستعانة بمعلم الفصل. أضف حوالي 10 mL من الدليل الكاشف إلى المعلق ثم حرّك المزيج. يتغير لون الدليل الكاشف إلى قاعدي.
 2. أضف حوالي 10 mL من الخل الأبيض (5% حمض الأسيتيك) فيتحول اللون إلى حمضي. بعد وقت قليل، يعود الدليل الكاشف إلى اللون القاعدي.
 3. أضف 10 mL من الخل من جديد وسجّل ملاحظتك.
- $$\text{Mg(OH)}_{2(s)} + 2\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)} \longrightarrow \text{Mg}^{2+}_{(aq)} + 4\text{H}_2\text{O}_{(l)}$$
- عند إضافة الماء إلى معلق هيدروكسيد المغنيسيوم، تزداد الذوبانية بشكل طفيف، ما يعطي المعلق الناتج خواص قاعدية.
- عند إضافة 10 mL من الخل الأبيض والحصول على اللون الحمضي للدليل الكاشف، يكون الحمض قد تفاعل مع الكمية الذائبة من هيدروكسيد المغنيسيوم ومعادلتها.
- بما أن المعلق الذي نتج عن إضافة الماء إلى هيدروكسيد المغنيسيوم يتكوّن من محلول مشبع والجزء الذي لم يذوب من هيدروكسيد المغنيسيوم، فإن Mg(OH)_2 تكون في حالة اتزان مع الأيونات Mg^{2+} و OH^- كما توضّح المعادلة التالية:
- $$\text{Mg(OH)}_{2(s)} \longrightarrow \text{Mg}^{2+}_{(aq)} + 2\text{OH}^-_{(aq)}$$
- عند إضافة الحمض يتفاعل كاتيون الهيدرونيوم (H_3O^+) مع أنيون الهيدروكسيد (OH^-) لإنتاج الماء. لذلك، يتناقص تركيز أنيون الهيدروكسيد ما يزيح حالة الاتزان ويحدث التفاعل طردياً. عندها يزداد تركيز أيون الهيدروكسيد من جديد ويتغير لون الكاشف إلى قاعدي.

نشاط 2 معايرة الخلّ (تحديد التركيز المولاري للخلّ)

التحليل والاستنتاج

1. $\text{CH}_3\text{COOH}_{(aq)} + \text{NaOH}_{(aq)} \rightarrow \text{CH}_3\text{COONa}_{(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)}$
 2. عند نقطة التكافؤ: $n_a = n_b$ (العلاقة بحسب مبدأ اتّحادية العناصر) يمكن استنتاج عدد المولات بدالة التركيز والحجم.
- $$C_a V_a = C_b V_{bE}$$
- في خلال التجارب الأربع، بقيت قيمة V_a (حجم الحمض أي الخلّ) ثابتة ولكن V_{bE} تغير من تجربة إلى أخرى. يجب حساب معدّل حجم القاعدة المضاف، ومن المفترض أن تبلغ قيمته حوالي 25 mL.
- حساب التركيز المولاري لحمض الأسيتيك في محلول الخلّ المخفّف:
- $$C_a = \frac{C_b V_{bE}}{V_a} = \frac{0.1 \times 25 \times 10^{-3}}{20 \times 10^{-3}} = 0.125 \text{ mol/L}$$
3. خفّف محلول الخلّ التجاري بنسبة 10 : 1.
- يساوي معامل التخفيف:
- $$\frac{C_a}{C_0} = \frac{V_0}{V_a} = \frac{1}{10}$$

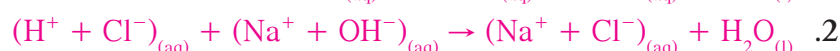
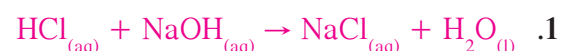
يكون التركيز C_0 :

$$C_0 = 10C_a$$

$$C_0 = 10 \times 0.125 = 1.25 \text{ mol/L}$$

نشاط 3 معايرة قاعدة قوية بحمض قوي بواسطة جهاز قياس الأس الهيدروجيني

التحليل والاستنتاج



أيونات الكلور وكاتيونات الصوديوم هي أيونات متفرجة لأنها تحافظ على الحالة ذاتها في خلال التفاعل. لذلك، يمكن توضيح



يجب أن يوضح الرسم البياني منحنى ذا نقطتي انعطاف.

يمكن تحديد نقطة التكافؤ للمنحنى $\text{pH} = f(V_a)$ بطريقة المماسات المتوازية. ارسم أولاً خطين مستقيمين T_1 و T_2 متوازيين ومماسين

للمنحنى عند نقطتي الانعطاف. ارسم مستقيماً متعامداً على المستقيمين (يحدد المسافة بين المماسين المتوازيين). ارسم مستقيماً

متعامداً T_3 يمر بم منتصف المستقيم العمودي ومتوازيًا مع T_1 و T_2 . يتقاطع T_3 مع المنحنى عند نقطة التكافؤ E . V_{aE} و pH_E هما

إحداثيات النقطة E على المنحنى.

من المفترض أن نجد أن قيمة الرقم الهيدروجيني pH تساوي 7 من خلال الرسم البياني.

يمكن توقعها عند هذه النقطة لأن التفاعل الكيميائي بين حمض قوي وقاعدة قوية عند مزج كمية متساوية من أيونات H^+ و OH^- ينتج

محلولاً متعادلاً أسه الهيدروجيني $\text{pH} = 7$.

من المفترض أن يظهر الرسم البياني أن الحجم V_{aE} يساوي 9mL عند نقطة التكافؤ.

عند نقطة التكافؤ يساوي عدد مولات H^+ عدد مولات OH^- : $n_{\text{H}^+} = n_{\text{OH}^-}$

محلول حمض الهيدروكلوريك أحادي البروتون: $n_{\text{H}^+} = n_a$

محلول هيدروكسيد الصوديوم أحادي الهيدروكسيد: $n_{\text{OH}^-} = n_b$

$$n_a = n_b$$

$$C_a V_{aE} = C_b V_b$$

$$\frac{C_a V_{aE}}{V_b} = C_b$$

$$C_b = \frac{0.1 \times 9 \times 10^{-3}}{10 \times 10^{-3}} = 0.09 \text{ mol/L}$$

أنت الكيميائي

1. يمكن تطبيق جميع الخطوات المذكورة في النشاط لمعايرة القاعدة القوية بواسطة حمض قوي مثل حمض الهيدروكلوريك.

2. ماصة مدرجة ودورق مستدير مسطح القاعدة.

3. حساب V_0 :

$$\frac{C}{C_0} = \frac{V_0}{V} = \frac{1}{100}$$

$$V_0 = \frac{V}{100} = \frac{1000}{100} = 10\text{mL}$$

اسحب 10mL بواسطة ماصة مدرجة من محلول سائل التنظيف ثم أضف هذا الحجم إلى دورق مستدير مسطح القاعدة سعته

1000mL (1L). أضف الماء المقطر وصولاً إلى الخط المعياري للدورق.

4. عند نقطة التكافؤ: $C_a V_{aE} = C_b V_b$

$$C_b = \frac{C_a V_{aE}}{V_b} = \frac{0.1 \times 6 \times 10^{-3}}{10 \times 10^{-3}} = 0.06 \text{ mol/L}$$

الملاحظة

اسم المركب	نتيجة سلبية	نتيجة إيجابية	المؤشر
1 - بروبانول	✓		لا تغيير
بنزالدهيد		✓	راسب أصفر
البروبانول		✓	راسب أصفر
حمض الإيثانويك	✓		لا تغيير

اسم المركب	نتيجة سلبية	نتيجة إيجابية	المؤشر
1 - بروبانول	✓		لا تغيير
إستالدهيد		✓	راسب أحمر قرميدي واختفاء اللون الأزرق
البروبانول	✓		لا تغيير
حمض الإيثانويك	✓		لا تغيير

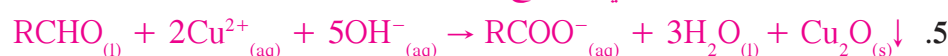
التحليل والاستنتاج



2. يمتاز الإستالدهيد والبروبانول بوجود مجموعة كربونيل $\text{C}=\text{O}$ في صيغتهما التركيبية. يتفاعل $\text{DNPH} - 2,4$ فحسب مع مجموعة الكربونيل الوظيفية $\text{C}=\text{O}$ التي تميز الألدهيدات والكيثونات وليس مع تلك الموجودة في باقي المركبات العضوية كالأحماض الكربوكسيلية مثلاً $-\text{COOH}$.

3. كلاً

4. وجود ذرة الهيدروجين المتصلة بمجموعة الكربونيل الوظيفية في طرف السلسلة الكربونية سمح للألدهيدات بأداء دور عامل مختزل فتميزت عن الكيثونات التي لا تتمتع بهذا الدور فالألدهيدات تتأكسد على عكس الكيثونات.



6. يتكون راسب أصفر لأن كليهما يحتوي على المجموعة الوظيفية $\text{C}=\text{O}$.

7. يعطي البيوتانال راسباً أحمر قرميدياً مع اختفاء اللون الأزرق، أما مع البيوتانون فتكون نتيجة الاختبار سلبية.

أنت الكيميائي

1. يُعتبر محلول فهلنج محلولاً غير ثابت ، يُحفظ في الثلاجة لمدة قصيرة. لذلك يحضر هذا المحلول من محلولين منفصلين. لتحضير المحلول A يجب إذابة 7 g من كبريتات الصوديوم في دورق مخروطي سعته 100 mL وإضافة ماء مقطر حتى العلامة. أما لتحضير المحلول B فيجب إذابة 35 g من طرترات الصوديوم أو البوتاسيوم و 10 g من هيدروكسيد الصوديوم في دورق مخروطي سعته 100 mL ثم إضافة ماء مقطر حتى العلامة. قبل إجراء التجربة يجب خلط 15 mL من كل محلول في كأس زجاجية.
2. لتنفيذ هذا النشاط على الطالب تجهيز المواد التالية: عدد 6 أنابيب اختبار ومحلول فهلنج، محلول 2,4-DNPH، الأستون (مذيب طلاء الأظافر)، الإيثانول، ماصة حجمية سعتها 1 mL و ماصة حجمية سعتها 2 mL. ضَع في ثلاثة أنابيب اختبار 2 mL من محلول 2,4-DNPH ثم أضف 1 mL من الفورمالين في الأنبوب الأول، 1 mL من الأستون في الأنبوب الثاني و 1 mL من الإيثانول في الأنبوب الثالث. سجّل ملاحظاتك في الجدول (7). كرّر الخطوات السابقة مع محلول فهلنج وسجّل ملاحظاتك في الجدول (7).

نشاط 5 الكشف عن وجود الجلوكوز بواسطة محلول بندكت

الملاحظة

الأنبوب	المحاليل	اللون الناتج بعد إضافة محلول بندكت
1	الماء	أزرق
2	محلول الجلوكوز	أحمر
3	محلول السكروز	أزرق
4	محلول النشا	أزرق

جدول (8)

التحليل والاستنتاج

3. تغيّر لون المحلول في الأنبوب رقم 2 الذي يحتوي على محلول الجلوكوز. يدلّ التغيّر في اللون على أنّ الجلوكوز عامل مختزل.
4. استخدام الأنبوب رقم 1 كأنبوب شاهد فالماء هو المذيب في المحاليل المستخدمة لذلك لا يتفاعل مع محلول بندكت. بالتالي، يمكن مقارنة ألوان محاليل الأنابيب الأخرى بلون محلول الأنبوب رقم 1 لمعرفة أيّ من المحاليل يعطي نتيجة سلبية.
5. ينتمي كلّ من هذه الكربوهيدرات إلى صنف من السكريات. يعتمد هذا التصنيف على عدد ذرات الكربون والمجموعة الوظيفية الموجودة في الجزيء. تُصنّف هذه الكربوهيدرات على الشكل التالي:
الجلوكوز: سكر أحادي
السكروز: سكر ثنائي
النشا: سكر عديد
6. تتكوّن الكربوهيدرات، كالجلوكوز والسكروز والنشا، من العناصر ذاتها أي الكربون والهيدروجين والأكسجين. مع ذلك، يسلك كلّ منها سلوكاً مختلفاً عن الآخر ما يدلّ على الحاجة إلى محاليل أخرى للاستدلال على هذه السكريات في المحاليل وبخاصّة في الأطعمة ولا يمكن الاعتماد على محلول بندكت. مثال على ذلك، يُستخدم محلول اليود للاستدلال على وجود النشا.

أنت الكيميائي

1. حضّر 10 أنابيب اختبار ثم ضع في كلّ أنبوب نوعاً من المواد الموجودة في الجدول السابق. تُستخدم الأنابيب الأولى لمحلول بندكت والأنابيب الثانية لمحلول اليود. ثم سجّل ملاحظاتك على ورقة وقارنها مع الجدول السابق. يُظهر الجدول (9) أنّ العسل والبصل وعصير التفاح تحتوي على سكريات أحادية. أما سكر الطاولة أي السكروز فهو سكر ثنائي، فيما يحتوي الخبز على سكر عديد أي النشا.

ملاحظات

ملاحظات

[illegible]

تطرح سلسلة العلوم مضموناً تربوياً متنوعاً يتناسب مع جميع مستويات التعلّم لدى الطّلاب. يوفر كتاب العلوم الكثير من فرص التعلّم والتعليم والتعلّم العلمي والتجارب المعملية والأنشطة التي تعزز محتوى الكتاب. يتضمّن هذا الكتاب أيضاً نماذج الاختبارات لتقييم استيعاب الطّلاب والتأكد من تحقيقهم للأهداف واعدادهم للاختبارات الدولية.

تتكوّن السلسلة من:

- كتاب الطالب
- كتاب المعلم
- كراسة التطبيقات
- كراسة التطبيقات مع الإجابات

الصف الثاني عشر 12

كتاب المعلم

الجزء الثاني



الكيمياء