الوحدةُ 5

المياهُ العادمةُ
WasteWater

أتأمَّلُ الصورةَ

يعدُّ الماءُ منْ أثمنِ الموارِدِ الطبيعيةِ على سطحِ الأرضِ، ويُستخدَمُ لتلبيةِ حاجاتِ الإنسانِ اليوميةِ، وتنتجُ المياهُ العادمةُ نتيجةَ الاستهلاكِ اليوميِّ للماءِ، فما المياهُ العادمةُ؟ وكيفَ يمكنُ الاستفادةُ منْها؟

53

إضاءة للمُعلِّم

المياه العادمة.

تعد المياه العادمة المعالجة إحدى مصادر المياه غير التقليدية، ولقد ازداد الاهتمام في الآونة الأخيرة بمعالجة المياه العادمة؛ بسبب زيادة كمياتها الناتجة عن الزيادة الكبيرة في معدلات استهلاك المياه في المجالات المنزلية والصناعية والتجارية، وذلك بصورة مترافقة مع التقدم الصناعي وزيادة أعداد السكان وارتفاع مستوى المعيشة؛ فلجأ الإنسان إلى معالجة المياه العادمة للعمل على استدامة الموارد المائية للأجيال الحالية والقادمة، وحماية المسطحات المائية السطحية والجوفية من التلوث، وإيقاف انتشار الأوبئة، وتوفير مصدر مائي غير تقليدي للمياه.

أتأمَّل الصورة

مياه عادمة.

- وجِّه الطلبة إلى تأمُّل الصورة في مقدمة الوحدة؛ للتمهيد للموضوع، وناقشهم في أهمية المياه، ثم باشر الحديث في موضوع المياه العادمة عن طريق طرح السؤال الوارد في بند أتأمل الصورة: ما المياه العادمة؟

الاستماع إلى إجابات الطلبة ومناقشتها؛ لاستنتاج أن المياه العادمة تنتج من الاستخدام اليومي للمياه في الانشطة المنزلية والصناعية، ويتم طرحها في شبكة الصرف الصحي، ويتم تجميعها في أماكن خاصة في محطات معالجة المياه لمعالجتها.

- اطرح السؤال الآتي على الطلبة :

– كيف يمكن الاستفادة من المياه العادمة؟

استمع إلى إجابات الطلبة ثم أخبرهم أن المياه العادمة تجري معالجتها وفق مراحل مختلفة، ومرحلة المعالجة هي التي تحدد نوع الاستخدام، وللمياه العادمة المعالجة استخدامات عديدة في مجالات متنوعة، وأخبرهم أنهم سيتعرفونها في هذه الوحدة.

معلومة إضافية

معالجة المياه العادمة.

تجري معالجة المياه العادمة ضمن مراحل مختلفة، وقد تطورت هذه المراحل مع مرور الوقت، حيث كانت تنحصر قديما في إزالة المواد العالقة والمواد الطافية، والتخلص من المواد العضوية المتحللة وبعض مسببات الأمراض، ولكن نتيجة للتقدم العلمي في مجال الكيمياء والكيمياء الحيوية وعلم الأحياء الدقيقة، ومع التقدم الصناعي وانتشار الصناعات المختلفة، وتنوع المخلفات السائلة والملوثات الموجودة فيها؛ أصبح من الضروري تطوير طرائق للمعالجة؛ بحيث تكون قادرة على إزالة معظم الملوثات التي لم يكن من السهل إزالتها بالطرائق التقليدية، وبخاصة مع التطور المعرفي حول آثار الملوثات الموجودة في المياه العادمة سواء على المدى القريب أم البعيد، وهنا تكمن الحاجة إلى تطوير عمليات معالجة المياه العادمة.

الفكرة العامة:

المياه العادمة.

- اعرض صورة أو فلم يمثل مياهًا عادمة، ثم اطرح على الطلبة الأسئلة الآتية:

– ما مصادر المياه العادمة؟

استمع إلى إجابات الطلبة التي قد تتعدد وتتنوع مثل: مصادر منزلية، ومصادر صناعية، ومصادر زراعية.

– أين تذهب المياه العادمة؟

تُجمَّع في أماكن خاصة لمعالجتها من خلال مرورها بشبكات الصرف الصحي، أو تجميعها في الحفر الامتصاصية، ثم نقلها إلى محطات معالجة المياه.

– ما تأثير المياه العادمة على البيئة لو تركت دون معالجة؟

ستتعدد إجابات الطلبة وتتنوع.

- أخبر الطلبة أنهم سيتعرفون في هذه الوحدة مفهوم المياه العادمة، ومصادرها، والآثار السلبية التي تتركها على المياه السطحية والجوفية، وعلى الإنسان.

مشروع الوحدة:

المياه العادمة

ابحث في مصادر المعرفة المتاحة والموثوقة ومنها شبكة الإنترنت حول المياه العادمة بدءًا من تجميع المياه من المنازل والمصانع والمزارع، مرورا بمحطات المعالجة، وانتهاء باستخدامات المياه المعالجة في مجالاتها المختلفة، وأعدَّ عرضًا على شكل فيلم قصير مصور، واعرضه أمام زملائي باستخدام برنامج صانع الأفلام (movie maker).

الفكرةُ العامةُ:

تنتجُ المياهُ العادمةُ منْ عدةِ مصادرَ، وتجري معالجتُها بعدةِ مراحلَ؛ للتخلصِ من تأثيرِها السلبيِّ على البيئةِ.

الدرسُ الأولُ: مفهومُ المياهِ العادمةِ.

الفكرةُ الرئيسةُ: تنتجُ المياهُ العادمةُ منَ استخدامِ الإنسانِ المياهَ لتلبيةِ حاجاتِهِ اليوميةِ، سواءٌ في الاستخداماتِ المنزليةِ أمِ الصناعيةِ أمِ الزراعيةِ، وتحتوي المياهُ العادمةُ على كثيرٍ منَ الملوثاتِ.

الدرسُ الثاني: الآثارُ السلبيةُ للمياهِ العادمةِ.

الفكرةُ الرئيسةُ: يسببُ التلوثُ الناتجُ عنِ المياهِ العادمةِ كثيرًا منَ الأضرارِ، مثلَ: تأثيرِها على صحةِ الإنسانِ، وعلى المياهِ السطحيةِ والمياهِ الجوفيةِ.

الدرسُ الثالثُ: معالجةُ المياهِ العادمةِ.

الفكرةُ الرئيسةُ: تحدثُ معالجةُ المياهِ العادمةِ في محطاتٍ خاصةٍ لتنقيتِها، والاستفادةِ منَ المياهِ الناتجةِ عنْها بعدَ المعالجةِ في مجالاتٍ عدَّةٍ.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

❋ **التفكير: التأمل والتساؤل**

وضِّح للطلبة – في أثناء تنفيذ النشاط– أنَّ التساؤل حول الظواهر والمعلومات التي نحصل عليها وتأملها يزيد من قدرتهم على البحث عن الأسباب والتفكير بها؛ ما يجعل منهم أشخاصًا قادرين على التفكير ناجحين في مجالات الحياة المختلفة.

تجربةٌ استهلاليةٌ

تنقيةُ المياهِ منَ الملوثاتِ

تتنوعُ أشكالُ الملوثاتِ في المياهِ العادمةِ، ويمكنُ التخلصُ منْ هذهِ الملوثاتِ بالاعتمادِ على خصائصِها.

الموادُّ والأدواتُ:

ثلاثُ كؤوسٍ زجاجيةٍ بسعةِ 500 ml، 200 ml منَ الماءِ، 60 ml منَ الزيتِ، 100 g منَ الترابِ أوِ الرملِ، ورقُ ترشيحٍ، ملعقةٌ فلزيةٌ.

إرشاداتُ السلامةِ:

- غسلُ اليدينِ جيدًا بالماءِ والصابونِ بعدَ إجراءِ التجربةِ.
- الحذرُ عندَ وضعِ المكوناتِ داخلَ الكؤوسِ الزجاجيةِ.
- الحذرُ عندَ إزالةِ الملوثاتِ منَ المياهِ بواسطةِ الطفوِ والترسيبِ والترشيحِ.

خطواتُ العملِ:

1. أرقِّمُ الكؤوسَ الزجاجيةَ الثلاثَ.
2. أضعُ الماءَ في الكأسِ الزجاجيةِ (1)، ثمَّ أضيفُ الزيتَ، والترابَ أوِ الرملَ، ثمَّ أحركُ المكوناتِ جيدًا.
3. أتركُ الكأسَ لمدةِ 3 دقائقَ، ثمَّ أدونُ ملاحظاتي.
4. أزيلُ باستخدامِ الملعقةِ طبقةَ الزيتِ الطافيةَ على سطحِ الماءِ، وأتخلصُ منْها بطريقةٍ سليمةٍ.
5. أسكبُ المخلوطَ الموجودَ في الكأسِ (1) ببطءٍ إلى الكأسِ (2)، وألاحظُ الراسبَ المتبقيَ في الكأسِ (1).
6. أفصلُ المخلوطَ الناتجَ في الكأسِ (2) باستخدامِ ورقِ الترشيحِ في الكأسِ (3)، وألاحظُ لونَ الماءِ الناتجِ ومكوناتِه، ثمَّ أدونُ ملاحظاتي.
7. أستخدمُ الماءَ الناتجَ في ريِّ أحدِ المزروعاتِ في حديقةِ مدرستي.

التحليلُ والاستنتاجُ:

1 – أصفُ مكوناتِ الماءِ في المراحلِ المختلفةِ في التجربةِ.

2 – أُقارِنُ مكوناتِ المياهِ قبلَ عمليةِ الترشيحِ وبعدَها.

3 – أحددُ استخداماتِ المياهِ الناتجةِ بعدَ إزالةِ الملوثاتِ منْها بطرائقِ الطفوِ والترسيبِ والترشيحِ.

أُزيلت معظم المواد العالقة صغيرة الحجم، فأصبح محتوى الماء أملاحًا ذائبة.

2. قبل عملية الترشيح كانت المياه تحتوي على مواد عالقة صغيرة الحجم وأملاح ذائبة، وبعد عملية الترشيح أصبحت تحتوي على كمية من الأملاح الذائبة فقط.

3. زراعة النباتات التي تطهى، وتكون ثمارها بعيدة عن الأرض، تبريد الآلات في المصانع.

استراتيجية التقويم: التقويم المعتمد على الأداء. **أداة التقويم:** سُلَّم تقدير.

الرقم	معيار الأداء	التقدير			
		1	2	3	4
1	يراعي إجراءات السلامة في أثناء تنفيذ التجربة.				
2	يصف مكونات الماء في المراحل المختلفة.				
3	يقارن مكونات المياه قبل عملية الترشيح وبعدها.				
4	يحدد استخدامات المياه بعد إزالة الملوثات منها.				

تجربة استهلالية

تنقية المياه من الملوثات

زمن التنفيذ: 15 دقيقة

الهدف: تعرف آلية تنقية المياه من بعضِ الملوثات التي تحتوي عليها.

المهارات العلمية: الملاحظة ، التواصل، المقارنة.

إرشادات السلامة:

اطلب إلى الطلبة توخي الحذرعند وضعِ المكونات داخل الكؤوس الزجاجية، وعند إزالة الملوثات من المياه بواسطة الطفوِ والترسيب والترشيحِ، وغسل الأيدي جيدًا بالماء والصابون بعد الانتهاء من التجربة.

الإجراءات والتوجيهات:

- وجِّه الطلبة إلى الرجوع إلى كتاب الأنشطة والتجارب العملية في أثناء تنفيذ التجربة.
- وفِّر لمجموعات الطلبة الأدوات اللازمة لتنفيذ التجربة.
- استعمل استراتيجية **التعلُّم التعاوني (Collaborative Learning)** وذلك بتوزيع الطلبة إلى مجموعات؛ لمساعدة بعضهم في أثناء تنفيذ خطوات التجربة؛ على أنْ يُظهِر كل طالب في المجموعة مسؤوليته في التعلُّم.
- تابع الطلبة في أثناء تنفيذ التجربة باستعمال استراتيجية **أكواب إشارة المرور (Traffic Light Cups)**، وذلك باستعمال أكواب متعددة الألوان (بالألوان: أحمر، أصفر، أخضر)، بحيث يشير اللون الأخضر إلى عدم حاجة الطلبة إلى المساعدة، ويشير اللون الأصفر إلى حاجتهم إليها، أو إلى وجود سؤال يريدون طرحه من دون أن يمنعهم ذلك من الاستمرار في أداء المهام المنوطة بهم. أمّا اللون الأحمر فيشير إلى حاجة الطلبة الشديدة إلى المساعدة، وعدم قدرتهم على إتمام مهامهم.

النتائج المتوقعة:

1. يتعرف بعض الملوثات الموجودة في المياه العادمة.
2. يتعرف بعض عمليات معالجة المياه العادمة.
3. يحدد استخدامات المياه العادمة المعالجة.

التحليل والاستنتاج:

1. عند إضافة المواد المختلفة إلى المياه في الكأس رقم (1)، أصبح الماء محتويًا على مواد طافية وهي الزيت، ومواد عالقة وهي مكونات التربة أو الرمل، ومواد ذائبة وهي أملاح من التربة، وعند استعمال الملعقة جرت إزالة الزيت وهو المادة الطافية، وعند سكب المخلوط من الكأس (1) ببطء إلى الكأس(2) تخلص الماء من معظم المواد الصلبة كبيرة الحجم، وعند فصل المخلوط الناتج في الكأس(2) باستخدام ورق الترشيح في الكأس(3)

الدرس 1

مفهوم المياه العادمة

Wastewater Concept

1 تقديم الدرس

◄ الفكرة الرئيسة:

المياه العادمة.

- اعرض أمام الطلبة صورة لمياه استُخدمَت في غسل الخضراوات والفواكه، ثم اسألهم:

– مذا يمكن أن نسمي هذه المياه؟

المياه العادمة.

– ما مصدر هذه المياه؟

غسل الخضراوات والفواكه في المنزل.

– كيف تغيرت صفات هذه المياه؟

أصبحت مياهًا ملوثة ببقايا الخضروات والفواكه وبالمبيدات الحشرية المستخدمة.

– ما مصادر المياه العادمة؟

ستتنوَّع إجابات الطلبة، وتتعدَّد مثل: مصادر منزلية، ومصادر زراعية، ومصادر صناعية.

- أخبر الطلبة أنَّهم سيتعرَّفون خصائص المياه العادمة ومصادرها في هذا الدرس.

◄ الربط بالمعرفة السابقة:

تلوث المياه.

- راجِع الطلبة في مفهوم تلوث المياه قبل البدء بشرح المياه العادمة، بتوضيح الخصائص الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية للمياه النقية، ثم اسألهم:

– كيف تميز المياه النقية من المياه الملوثة؟

– علام يدل تغير أي هذه الخصائص؟

– هل تصبح صالحة للاستخدام المقصود؟

2 التدريس

◄ بناء المفهوم:

المياه العادمة.

- اعرض أمام الطلبة الشكل (1) من كتاب الطالب، ثم اسألهم:

– ما خصائص المياه في الشكل؟

إنها مياه ملوثة تحتوي على ملوثات متعددة.

◄ الفكرةُ الرئيسةُ:

تنتجُ المياهُ العادمةُ منَ استخدامِ الإنسانِ المياهَ لتلبيةِ حاجاتِهِ اليوميةِ، سواءٌ في الاستخداماتِ المنزليةِ أمِ الصناعيةِ أمِ الزراعيةِ، وتحتوي المياهُ العادمةُ على كثيرٍ منَ الملوثاتِ.

◄ نتاجاتُ التعلُّمِ:

- أوضحُ مفهومَ المياهِ العادمةِ.
- أوضحُ الخصائصَ الفيزيائيةَ والكيميائيةَ والبيولوجيةَ للمياهِ العادمةِ.
- أبينُ مصادرَ المياهِ العادمةِ المنزليةِ والصناعيةِ والزراعيةِ.

◄ المفاهيمُ والمصطلحاتُ:

المياهُ العادمةُ	Wastewater
المياهُ السوداءُ	Black Water
المياهُ الرماديةُ	Grey Water

المياهُ العادمةُ Wastewater

لعلكَ تتساءلُ: إلى أينَ تذهبُ المياهُ الملوثةُ الناتجةُ عنِ الاستخداماتِ اليوميةِ؟ وكيفَ يجري تجميعُها والتخلصُ منْها؟

تُسمّى المياهُ الناتجةُ عنِ الاستخداماتِ اليوميةِ **المياهَ العادمةَ Wastewater**، وتُعرَّفُ بأنَّها المياهُ التي تطرحُها المنازلُ والمصانعُ والمزارعُ والمحلاتُ التجاريةُ في شبكةِ الصرفِ الصحيِّ أوِ الحفرِ الامتصاصيةِ بعدَ حدوثِ تغيُّرٍ في خصائصِها الفيزيائيةِ والكيميائيةِ والبيولوجيةِ، ويجري تجميعُها في أماكنَ خاصةٍ لمعالجتِها للتخلصِ من الآثارِ السلبيةِ التي تتركُها على البيئةِ وصحةِ الإنسانِ، أنظرُ الشكلَ (1).

الشكلُ (1): يجري تجميعُ المياهِ العادمةِ في أماكنَ خاصةٍ لمعالجتِها والتخلصِ منْها.

– ما مصدر هذه المياه؟

المنازل والمصانع والمحلات التجارية.

– كيف يجري تجميع هذه المياه؟

في محطات خاصة من خلال شبكة الصرفِ الصحي أو الحفر الامتصاصية.

المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

المياه العادمة: يعتقد بعض الطلبة خطأً أنَّ المياه العادمة هي المياه التي تنتج من الأنشطة المنزلية فقط، دون أخذ المياه العادمة الصناعية أو المياه العادمة الزراعية- بعين الاعتبار، أو دون عدِّها مياهًا عادمة.

اعرض على الطلبة أمثلة على مياه عادمة متنوعة قد تكون منزلية أو زراعية أو صناعية، وأدر حوارًا حول مصادر هذه المياه العادمة.

يمكنُ تعرفُ الخصائصِ الفيزيائيةِ والكيميائيةِ والبيولوجيةِ للمياهِ العادمةِ بعدَ تنفيذِ النشاطِ الآتي:

نشاطٌ

الخصائصُ الفيزيائيةُ والكيميائيةُ والبيولوجيةُ للمياهِ العادمةِ

أدرسُ الجدولَ الآتيَ الذي يمثلُ الخصائصَ الفيزيائيةَ والكيميائيةَ والبيولوجيةَ للمياهِ العادمةِ، ثمَّ أجيبُ عنِ الأسئلةِ التي تليهِ:

الخاصيةُ	وصفُ الخاصيةِ
اللونُ	يختلفُ لونُ المياهِ العادمةِ حسبَ طبيعةِ الملوثاتِ الموجودةِ فيها؛ فيتباينُ لونُها بينَ اللونِ الرماديِّ إلى اللونِ الأسودِ.
الرائحةُ	تعتمدُ رائحةُ المياهِ العادمةِ على كميةِ الأكسجينِ الذائبِ فيها؛ فإذا توافرتْ كميةٌ منَ الأكسجينِ الذائبِ في المياهِ العادمةِ يجري تحلُّلُ المادةِ العضويةِ بواسطةِ البكتيريا الهوائيةِ، وينتجُ عنْ عمليةِ التحلُّلِ بفعلِ البكتيريا الهوائيةِ رائحةٌ خفيفةٌ، أما نقصُ الأكسجينِ الذائبِ في المياهِ العادمةِ فيؤدي إلى تحلُّلِ المادةِ العضويةِ بواسطةِ البكتيريا اللاهوائيةِ،عندئذٍ تنتجُ منْ عمليةِ التحلُّلِ اللاهوائيِّ مجموعةٌ منَ الغازاتِ مثلَ غازِ كبريتيدِ الهيدروجينِ الذي يسببُ الرائحةَ الكريهةَ للمياهِ العادمةِ.
العكورةُ	تعتمدُ درجةُ عكورةِ المياهِ العادمةِ على: كميةِ الموادِّ العالقةِ، ونوعِها، ولونِها.
الغازاتُ الذائبةُ	توجدُ في المياهِ العادمةِ مجموعةٌ منَ الغازاتِ الذائبةِ مثلَ الأكسجينِ، بالإضافةِ إلى ثاني أكسيدِ الكربونِ، وكبريتيدِ الهيدروجينِ، والأمونيا. وتعتمدُ كميةُ الغازاتِ الذائبةِ على الفترةِ الزمنيةِ لمكوثِ المياهِ العادمةِ دونَ معالجةٍ.
الرقمُ الهيدروجينيُّ	يكونُ الرقمُ الهيدروجينيُّ منخفضًا في المياهِ الحامضيةِ وعاليًا في المياهِ القلويةِ، وفي كليهما تنتجُ أضرارٌ وتحدثُ مخاطرُ سواءٌ على شبكةِ الصرفِ الصحيِّ أمْ على عملياتِ المعالجةِ.
مسبباتُ الأمراضِ	تحتوي المياهُ العادمةُ على كثيرٍ منَ الكائناتِ الدقيقةِ والديدانِ، بعضُ هذهِ الكائناتِ يُعدُّ وجودهُ ضروريًّا لإتمامِ المعالجةِ البيولوجيةِ للمياهِ، مثلَ بعضِ أنواعِ البكتيريا؛ حيثُ تساعدُ على أكسدةِ الموادِّ العضويةِ، وبعضُها الآخرُ يمثلُ وجودهُ خطرًا على الصحةِ العامةِ، وعلى البيئةِ مثلَ الديدانِ وأنواعٍ أخرى من البكتيريا.

التحليلُ والاستنتاجُ:

1 – **أفسرُ** اللونَ الداكنَ للمياهِ العادمةِ.

2 – **أقارنُ** بينَ أثرِ وجودِ البكتيريا والديدانِ في المياهِ العادمةِ.

3 – **أتنبأُ** بالآثارِ السلبيةِ لارتفاعِ الرقمِ الهيدروجينيِّ أوِ انخفاضِهِ في المياهِ العادمةِ.

4 – **أفسرُ** سببَ وجودِ رائحةٍ كريهةٍ للمياهِ العادمةِ.

5 – **أستقصي** أثرَ الفترةِ الزمنيةِ لمكوثِ المياهِ العادمةِ دونَ معالجةٍ على وجودِ الغازاتِ فيها.

نشاط:

الخصائص الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية للمياه العادمة.

زمن التنفيذ: 15 دقيقة.

الهدف: تعرف الخصائص الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية للمياه العادمة.

المهارات العلمية: التفسير، المقارنة، التنبؤ، الاستقصاء.

الإجراءات والتوجيهات:

- وجِّه الطلبة إلى تنفيذ نشاط (تعرف الخصائص الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية للمياه العادمة) الوارد في كتاب الأنشطة والتجارب العملية.
- استعمل استراتيجية **كنت أعتقد، والآن أعرف (I Used to Think, But Now I know)**، بالطلب إلى الطلبة أنْ يكتبوا في ورقة (كنت أعتقد والآن أعرف) ما يعتقدونه عن خصائص المياه العادمة، و العودة لها بعد الانتهاء تنفيذ النشاط للكتابة في عمود (الآن أعرف).
- وزِّع الطلبة إلى مجموعات، واطلب إلى أفراد المجموعات دراسة الجدول الذي يمثل الخصائص الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية للمياه العادمة، ثم إجابة الأسئلة التي تلي الجدول.
- استمع إلى إجابات الطلبة، ثم ناقشهم فيها لاستنتاج أن أشكال الملوثات في المياه العادمة متنوعة؛ فقد تكون ذائبة أو مترسبة أو عالقة فيها. وتؤثر جميع الملوثات على خصائص المياه.
- وجِّه الطلبة إلى كتابة ما تعرَّفوه من معلومات جديدة عن ذلك.

النتائج المتوقعة:

1. يفسر اللون الداكن للمياه العادمة.
2. يقارن بين أثر وجود البكتيريا والديدان في المياه العادمة.
3. يفسر سبب وجود رائحة كريهة للمياه العادمة.

التحليل والاستنتاج:

1. يعود اللون الداكن للمياه العادمة إلى وجود الملوثات، وتفاعل بعضها مع بعض. وتعتمد درجة اللون على طبيعة الملوثات ومصادرها.
2. بعضُ أنواع البكتيريا يعد وجودها ضروريًّا لإتمام المعالجة البيولوجية للمياه، وبعضها الآخر يسبب وجوده خطرًا على الصحة والبيئة، أما وجود الديدان فوجودها خطر على الصحة العامة.
3. تؤثر على تآكل الأنابيب في شبكة الصرف الصحي، أو في محطات معالجة المياه العادمة، وأيضًا يؤثر على عمليات المعالجة.
4. يؤدي نقص الأكسجين الذائب في المياه العادمة إلى تحلل المادة العضوية بواسطة البكتيريا اللاهوائية، فتنتج من عملية التحلل اللاهوائي مجموعة من الغازات مثل :غاز كبريتيد الهيدروجين الذي يسبب الرائحة الكريهة.
5. سيجد الطالب أنه كلما زادت الفترة الزمنية لمكوث المياه العادمة دون معالجة سوف تزداد كمية الغازات؛ بسبب زيادة تحلل المواد العضوية الموجودة فيها، ومن أهم الغازات كبريتيد الهيدروجين (H_2S)، والأمونيا (NH_3)، والميثان (CH_4).

استراتيجية التقويم: الملاحظة. **أداة التقويم:** قائمة رصد.

الرقم	معيار الأداء	التقدير 1	2	3	4
1	يفسر اللون الداكن للمياه العادمة وسبب وجوده.				
2	يقارن بين أثر وجود البكتيريا والديدان في المياه العادمة.				
3	يتنبأ بالآثارِ السلبية لارتفاع الرقم الهيدروجيني في المياه العادمة.				
4	يفسر سبب وجود رائحة كريهة للمياه العادمة.				
5	يستقصي أثر الفترة الزمنية لمكوث المياه العادمة دون معالجة على وجود الغازات فيها.				

أبحث:

من النتائج التي سيتوصل إليها الطلبة في تأثير درجة الحرارة على المياه العادمة: تأثير ارتفاع درجة الحرارة مباشرة على الكائنات الحية المائية في حال تم ضخ المياه العادمة إلى المسطحات المائية، كما يقلل من كمية الأكسجين الذائبة في المياه؛ مما يؤدي إلى القضاء على كثير من أنواع الكائنات المائية، كذلك فإن ارتفاع درجة الحرارة يسهم في زيادة سرعة تحلل المواد العضوية، ومن ثَم زيادة كمية المواد الصلبة العالقة في المياه، التي تؤدي إلى زيادة عكورة المياه.

أفكّر تلتقط المياه الجارية الناتجة عن هطل الأمطار، في أثناء جريانها على سطح الأرض، حبيبات الرمل والأتربة، وتنقلها إلى المياه العادمة في حال جرى تصريفها في شبكة الصرف الصحي.

المناقشة:

مصادر المياه العادمة.

- اطرح على الطلبة السؤال الآتي: على ماذا تعتمد نوعية المياه العادمة؟

– باستخدام استراتيجية **الطاولة المستديرة: Round Table**، حيث يكتب المعلم السؤال في أعلى ورقة فارغة، ثم يمرر أفراد المجموعة الورقة على الطاولة، بحيث يضيف كل طالب فقرة جديدة تمثل إسهامًا في إجابة السؤال، ويستمر ذلك حتى يطلب المُعلِّم إنهاء ذلك، بعدئذٍ، ينظم أفراد المجموعة مناقشة للإجابات، ثم تعرض كل مجموعة نتائجها على بقية المجموعات، حتى يتوصل الطلبة إلى أن نوعية المياه تعتمد على مصادر المياه العادمة.

- ثم اطرح السؤال الآتي:

– ما مصادر المياه العادمة؟

المياه العادمة المنزلية، والمياه العادمة الزراعية، والمياه العادمة الصناعية.

بناء المفهوم:

المياه الرمادية والمياه السوداء.

- وزِّع الطلبة إلى مجموعات، ثم اعرض عليهم الشكل (2/أ) في كتاب الطالب، ثم وزع على كل مجموعة نسخة من ورقة العمل، ثم اطلب إلى أفرادها حل أسئلتها الآتية:

– ما مصادر المياه العادمة المنزلية الموجودة في الشكل؟

أبحثُ:

مستعينًا بمصادرِ المعرفةِ المتوافرةِ لديَّ أبحثُ عنْ تأثيرِ درجةِ الحرارةِ في المياهِ العادمةِ، وأصممُ عرضًا تقديميًّا، وأعرضهُ أمامَ زملائي.

أفكّر تحتوي المياهُ العادمةُ على حبيباتِ الرملِ والأتربةِ، ما مصدرُ هذهِ الملوثاتِ في المياهِ العادمةِ؟

يتبينُ مما سبقَ أنَّ أشكالَ الملوثاتِ في المياهِ العادمةِ متنوعةٌ؛ فقدْ تكونُ ذائبةً أوْ مترسبةً أوْ عالقةً فيها. وتؤثرُ جميعُ الملوثاتِ في لونِ المياهِ العادمةِ؛ فيصبحُ لونُها بينَ اللونِ الرماديِّ واللونِ الأسودِ، وتؤثرُ الملوثاتُ أيضًا في عكورةِ المياهِ العادمةِ ورقمِها الهيدروجينيِّ، كذلكَ تتميزُ المياهُ العادمةُ برائحةٍ كريهةٍ تصدرُ بسببِ تصاعدِ غازِ كبريتيدِ الهيدروجينِ الناتجِ منْ تحللِ الموادِّ العضويةِ، بواسطةِ البكتيريا اللاهوائيةِ، وتعتمدُ شدةُ رائحةِ المياهِ العادمةِ على كميةِ الأكسجينِ الذائبِ فيها، والتي تحددُ طبيعةَ تحللِ الموادِّ العضويةِ.

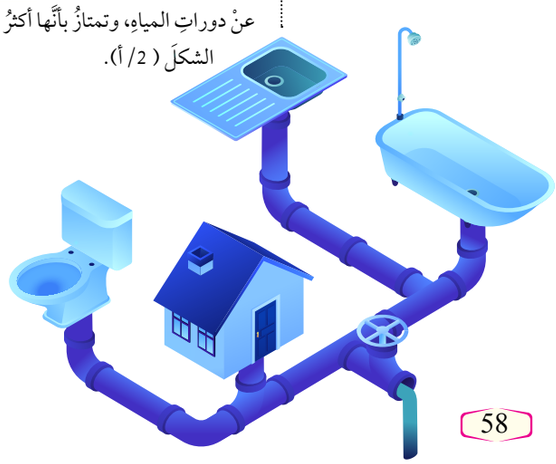
مصادرُ المياهِ العادمةِ Sources of Wastewater

تتكونُ المياهُ العادمةُ منَ المياهِ المستخدمةِ في الأنشطةِ اليوميةِ، والعديدِ منَ الملوثاتِ التي تعتمدُ في نوعيتِها وكميتِها على مصادرِها، فما مصادرُ المياهِ العادمةِ؟

تقسمُ مصادرُ المياهِ العادمةِ إلى عدةِ أنواعٍ، منْها:

المياهُ العادمةُ المنزليةُ Domestic Wastewater

تنتجُ المياهُ العادمةُ المنزليةُ عنِ الاستعمالاتِ المنزليةِ المختلفةِ، وتُقسمُ إلى نوعيْنِ: المياهُ الرماديةُ Grey Water وهيَ المياهُ الناتجةُ عنِ استخدامِ مياهِ المطابخِ والمغاسلِ، وتحتوي على بقايا طعامٍ وصابونٍ ودهونٍ، ومنظفاتٍ. والمياهُ السوداءُ Black Water الناتجةُ عنْ دوراتِ المياهِ، وتمتازُ بأنَّها أكثرُ خطورةً منَ المياهِ الرماديةِ، أنظرُ الشكلَ (2/أ).



الشكلُ (2/أ): مياهٌ عادمةٌ منزليةٌ

– قارن بين المياه الرمادية والمياه السوداء من حيث مصدرها وإمكانية الإستفادة منها.

- تجوَّل بين أفراد المجموعات مُوجِّهًا ومُساعِدًا ومُرشِدًا، وأَدِرْ نقاشًا مع أفراد المجموعات للتوصُّل إلى ما يأتي:

مصادر المياه العادمة المنزلية من مياه المطابخ والمغاسل ودورات المياه، وتختلف المياه الرمادية عن المياه السوداء بأن المياه الرمادية تنتج من مياه المطابخ والمغاسل، وتحتوي على بقايا طعام وصابونٍ ودهونٍ، ومنظفاتٍ، ويمكن استخدامها في ري المزروعات أو تنظيف الحدائق، أما المياه السوداء فهي التي تنتج من دورات المياه، ولا يمكن إعادة استخدامها إلا بعد معالجتها.

إضاءة للمُعلِّم

ينتج غاز كبريتيد الهيدروجين في الماء نتيجة تحلل المواد العضوية تحللاً لاهوائيًّا، ويتميز برائحته الكريهة التي تشبه رائحة البيض الفاسد، ويعد وجوده في المياه من العوامل المساعدة على تآكل المواسير المعدنية، حيث يتحد مع الحديد مكونًا مركبات من الحديد والكبريت، وقد يذوب في الماء مكونًا أحماضًا تتفاعل مع الحديد مباشرة.

المياهُ العادمةُ الصناعيةُ Industrial Wastewater

تتكونُ المياهُ العادمةُ الصناعيةُ منَ المخلفاتِ السائلةِ الناتجةِ عنِ الصناعاتِ المختلفةِ، وتختلفُ المخلفاتُ الصناعيةُ اعتمادًا على طبيعةِ الصناعاتِ وعملياتِ التصنيعِ، والموادِّ المستعملةِ في التصنيعِ، ومعدلاتِ استهلاكِ المياهِ. علمًا بأنَّ المياهَ العادمةَ الصناعيةَ تحتوي على العديدِ منَ الموادِّ غيرِ العضويةِ، مثلَ: الأحماضِ، والموادِّ المشعةِ، والأملاحِ، والعناصرِ السامةِ، مثلِ الزرنيخِ والرصاصِ، أنظرُ الشكلَ (2/ ب).

الشكلُ (2/ ب): مياهٌ عادمةٌ صناعيةٌ

المياهُ العادمةُ الزراعيةُ Agricultural Wastewater

تنتجُ المياهُ العادمةُ الزراعيةُ عنِ الأنشطةِ الزراعيةِ المختلفةِ، وتشتملُ على المياهِ المستخدمةِ في غسلِ المنتجاتِ الزراعيةِ، وتنظيفِ المعداتِ الزراعيةِ. وتعدُّ المياهُ المستخدمةُ في الزراعةِ مياهًا ملوثةً؛ حيثُ تحتوي على مبيداتٍ حشريةٍ وأسمدةٍ كيميائيةٍ وأملاحٍ، أنظرُ الشكلَ (2/ ج).

الشكلُ (2/ ج): مياهٌ عادمةٌ زراعيةٌ.

✓ **أتحقَّقُ:** أوضحُ مصادرَ المياهِ العادمةِ.

إضاءة للمُعلِّم

المياه العادمة الصناعية.

- تعد المياه العادمة الصناعية من أخطر ملوثات المياه؛ حيث تستخدم المياه في العديد من الصناعات، فتستخدم بصفتها مادة من المواد الخام، ومادة منظفة، وتستخدم في تبريد الآلات، وأيضًا تستخدم في إنتاج الطاقة عن طريق البخار، كذلك تدخل في مجالات واسعة في الصناعات الكيميائية، وتنتج من هذه الصناعات مخلفات سائلة تحتوي على العديد من المواد منها: الحموض، والقواعد، والمغذيات، والعناصر الثقيلة.

نشاط سريع مصادر المياه العادمة.

- استعمل استراتيجية **كنت أعتقد، والآن أعرف (I Used to Think, But Now I know)**، بالطلب إلى الطلبة أنْ يكتبوا في ورقة: (كنت أعتقد والآن أعرف) ما كان يعتقدونه عن مصادر المياه العادمة، وما تعرَّفوه من معلومات جديدة عن ذلك.

◄ **استخدام الصور والأشكال.**

المياه العادمة الصناعية.

- وجِّه الطلبة إلى تأمل الشكل (2/ ب)، ثم اطرح السؤال الآتي:

– ماذا تشاهد في الشكل؟

مياه ملوثة يجري تجميعها.

- أخبر الطلبة أن هذه المياه خارجة من أحد المصانع، وتُجمَّع في أماكن خاصة بجانب المصنع، ثم اطرح عليهم السؤال الآتي:

– كيف تنتج المياه العادمة الصناعية؟

تنتج من المخلفات السائلة الناتجة عن الصناعات المختلفة.

– لماذا تختلف المخلفات الصناعية عن بعضها ؟

اعتمادًا على طبيعة الصناعات وعمليات التصنيع، والموادّ المستعملة في التصنيع، ومعدلات استهلاك المياه.

◄ **استخدام الصور والأشكال.**

المياه العادمة الزراعية.

- وجِّه الطلبة إلى تأمل الشكل (2/ ج)، ثم اطرح الأسئلة الآتية:

– ماذا تشاهد في الشكل؟

ستتنوع إجابات الطلبة، منها غسيل ثمار الزيتون باستخدام المياه.

– أين تذهب هذه المياه؟

إلى أماكن تجميع المياه العادمة.

– ما خصائص المياه الناتجة عن غسل ثمار الزيتون؟

مياه ملوثة قد تحتوي على دقائق الغبار، وبعض المبيدات الحشرية.

– ماذا يمكن أن نسمي المياه الناتجة؟

المياه العادمة الزراعية.

– كيف تنتج المياه العادمة الزراعية؟

عن الأنشطة الزراعية المختلفة، وتشتمل على المياه المستخدمة في غسل المنتجات الزراعية، وتنظيف المعدات الزراعية.

✓ **أتحقَّقُ:**

مياه عادمة منزلية، مياه عادمة صناعية، مياه عادمة زراعية.

مراجعة الدرس

1 المياه العادمة هي المياه التي تطرحها المنازل والمصانع والمحلات التجارية في شبكة الصرف الصحي أو الحفر الامتصاصية بعد حدوث تغيُّر في خصائصها الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية، ويجري تجميعها في محطات خاصة.

2 أ.

من حيث	المياه العادمة المنزلية	المياه العادمة الصناعية	المياه العادمة الزراعية
مكوناتها	بقايا طعام وصابون ودهون، ومنظفات، ومخلفات عضوية من دورات المياه.	المواد غير العضوية، مثل: الأحماض، والمواد المشعة، والأملاح، والعناصر السامة، كالزرنيخ والرصاص.	تحتوي على مبيدات حشرية وأسمدة كيميائية وأملاح.

ب.

- المياه الناتجة عن مزارع الدواجن: مياه عادمة زراعية.
- المياه الناتجة عن غسل الأواني في المطبخ: مياه عادمة منزلية.
- المياه الناتجة عن تبريد الآلات في المصانع: مياه عادمة صناعية.

3 سيجد الطالب أن المياه العادمة ستؤثر سلبًا على البيئة؛ لاحتوائها على بقايا مبيدات حشرية وأسمدة وفلزات ثقيلة، حيث سيؤثر ذلك على صحة الإنسان، كذلك فإن الرائحة الكريهة للمياه العادمة وتكاثر الحشرات الضارة ومسببات الأمراض تؤثر على صحة الإنسان.

4 تنتج المياه الرمادية عن استخدام مياه المطابخ والمغاسل، أما المياه السوداء تنتج عن دورات المياه.

5 من أجل إزالة معظم الملوثات الموجودة في المياه العادمة، من أجل تقليل الآثار السلبية على البيئة الناتجة من تدفق المياه العادمة الى المسطحات المائية أو حتى تجميعها في أماكن خاصة، وأيضًا معالجة المياه العادمة تعمل على توفير مصدر غير تقليدي للمياه.

6 تُجمَّع المياه العادمة من خلال شبكة الصرف الصحي أو الحفر الامتصاصية، ثم تُنقَل إلى محطات خاصة لمعالجتها.

مراجعةُ الدرسِ

1. أوضحُ المقصودَ بالمياهِ العادمةِ.
2. منْ خلالِ دراستي لمصادرِ المياهِ العادمةِ؛ أجيبُ عمّا يأتي:

أ - **أقارنُ** بينَ مصادرِ المياهِ العادمةِ منْ حيثُ مكوناتُها.

ب- **أصنفُ** المياهَ الناتجةَ عنِ الاستخداماتِ الآتيةِ إلى مصادرِها:

- المياهُ الناتجةُ عنْ مزارعِ الدواجنِ.
- المياهُ الناتجةُ عنْ غسلِ الأواني في المطبخِ.
- المياهُ الناتجةُ عنْ تبريدِ الآلاتِ في المصانعِ.

3. **أستقصي** أثرَ المياهِ العادمةِ على البيئةِ.
4. **أقارنُ** بينَ المياهِ الرماديةِ والمياهِ السوداءِ منْ حيثُ مصدرُها.
5. **أفسرُ** سببَ معالجةِ المياهِ العادمةِ.
6. أذكرُ طرائقَ جمعِ المياهِ العادمةِ.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

* **بناء الشخصية: التعلم المستمر**

أخبر الطلبة أنَّ التعلم المستمر يحدث عن طريق عمليات التفكير والبحث، وبالتعلم المستمر يتم بناء المعرفة بشكل نشط، فتجعل منه إنسانًا ناجحًا قادرًا على حل المشكلات، مستخدمًا أفكاره وخبراته؛ لإدراك معاني الخبرات الجديدة.

الدرس 2

الآثارُ السلبيةُ للمياهِ العادمةِ
Negative Effects of Wastewater

1 تقديم الدرس

◄ الفكرة الرئيسة:

ملوثات المياه العادمة.

- اعرض أمام الطلبة صورة لمياه عادمة تم طرحها داخل أحد المسطحات المائية، ثم اسألهم:

– ماذا تشاهدون في الصورة؟

نشاهد في الصورة مياهًا عادمة متدفقة إلى أحد المسطحات المائية.

– هل تؤثر على خصائص المياه السطحية؟

ستتنوَّع إجابات الطلبة، وتتعدَّد ومنها مثلا: تغير من خصائص المياه أو تزيد الملوثات السامة وتقتل الاسماك.

- أَدِرْ نقاشًا مع الطلبة لاستنتاج أنَّ المياه العادمة تؤثر سلبًا على البيئة، ومن ذلك تأثيرها على المياه السطحية والجوفية.

◄ الربط بالمعرفة السابقة:

مصادر المياه العادمة.

- ذكِّر الطلبة بمصادر المياه العادمة التي تعرَّفوها في الدرس السابق، بطرح الأسئلة الآتية عليهم:

– ما مصادر المياه العادمة؟

المياه العادمة المنزلية، المياه العادمة الصناعية، والمياه العادمة الزراعية.

- ذكِّر الطلبة بما تعلموه سابقا عن المواد العضوية والمواد غير العضوية؛ فالمواد العضوية هي بعض المواد التي تحتوي على كربون في تركيبها وروابطها دائما تساهمية. أما المواد التي لا تحتوي على الكربون في تركيبها فهي المواد غير العضوية.

الدرس 2

الآثارُ السلبيةُ للمياهِ العادمةِ
Negative Effects of Wastewater

◄ الفكرةُ الرئيسةُ:

يسببُ التلوثُ الناتجُ عنِ المياهِ العادمةِ كثيرًا منَ الأضرارِ، مثلَ: تأثيرِها على صحةِ الإنسانِ، وعلى المياهِ السطحيةِ والمياهِ الجوفيةِ.

◄ نتاجاتُ التعلُّمِ:

- أحددُ الملوثاتِ الخطرةَ على البيئةِ في نوعَيِ المياهِ العادمةِ: المنزليةِ والصناعيةِ.
- أوضحُ طرائقَ فحصِ الملوثاتِ في المياهِ العادمةِ.
- أبينُ تأثيرَ الملوثاتِ الخطرةِ على صحةِ الإنسانِ، وعلى المياهِ السطحيةِ والمياهِ الجوفيةِ.

◄ المفاهيمُ والمصطلحاتُ:

المواداُ العضويةُ القابلةُ للتحللِ الحيويِّ
Biodegradable Organic Matters

مسبباتُ الأمراضِ Pathogeneses

المواداُ العضويةُ غيرُ القابلةِ للتحلُّلِ الحيويِّ
Non-Biodegradable Organic Matter

الفلزاتُ الثقيلةُ Heavy Metals

المغذياتُ Nutrients

الأكسجينُ المستهلَكُ حيويًّا
Biological Oxygen Demand (BOD)

الأكسجينُ المستهلكُ كيميائيًّا
Chemical Oxygen Demand (COD)

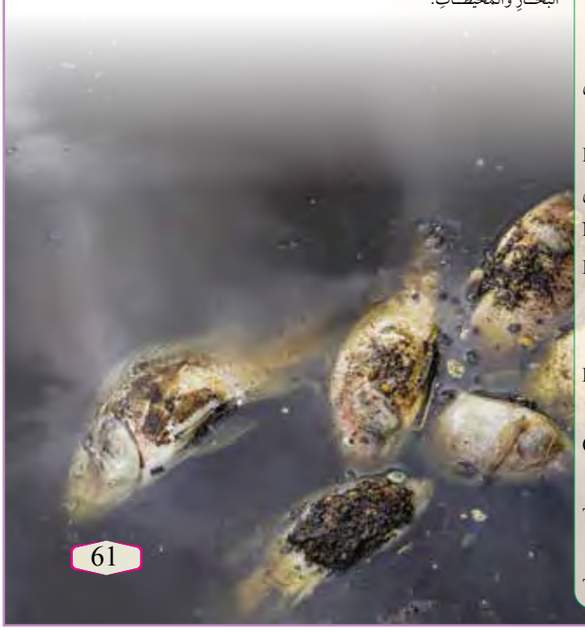
المواداُ الصلبةُ العالقةُ
Total Suspended Solids (TSS)

المواداُ الصلبةُ الذائبةُ
Total Dissolved Solids (TDS)

الملوثاتُ في المياهِ العادمةِ Pollutants in Wastewater

تشكلُ المياهُ العادمةُ خطرًا على البيئةِ، وبخاصةٍ عندَ تركِها دونَ معالجةٍ، فإذا طُرِحَتِ المياهُ العادمةُ في البحارِ والمحيطاتِ ستتأثرُ الحياةُ البحريةُ، وتموتُ العديدُ منَ الكائناتِ الحيةِ التي تعيشُ فيها بسببِ الملوثاتِ، أنظرُ الشكلَ (3).

ويعدُّ التعاملُ معَ المياهِ العادمةِ منْ أكثرِ القضايا التي تشغلُ العالمَ، وذلكَ لما تحتويهِ هذهِ المياهِ منْ ملوثاتٍ خطرةٍ، سواءٌ أكانتْ مياهًا عادمةً منزليةً أمْ مياهًا عادمةً صناعيةً.



الشكلُ (3): موتُ أعدادٍ منَ الأسماكِ نتيجةَ اختلاطِ المياهِ العادمةِ بمياهِ البحارِ والمحيطاتِ.

2 التدريس

◄ استخدام الصور والأشكال:

الملوثات في المياه العادمة.

- وجِّه الطلبة إلى دراسة الشكل (3)، ثم اطرح عليهم الأسئلة الآتية:

– ماذا تشاهد في الشكل؟

أشاهد أسماكًا ميتة في المياه.

– كيف أثر تدفق المياه العادمة إلى المسطحات المائية على حياة الأسماك؟

أثر سلبًا على حياة الأسماك؛ بحيث أدى إلى نفوقها.

– ما سبب نفوق الأسماك؟

ستتعدد إجابات الطلبة وتتنوع، وأخبرهم أن سبب نفوق الأسماك تأثرها بالملوثات الموجودة في المياه، وأنهم سيتعلمون في هذا الدرس مزيدًا من المعلومات عن الملوثات الموجودة في المياه العادمة.

◄ المناقشة:

مكونات المياه العادمة.

● ناقِش الطلبة في مكونات المياه العادمة بطرح الأسئلة الآتية عليهم:

– مم تتكون المياه العادمة؟

تتكونُ المياهُ العادمةُ منْ مياهٍ بنسبةِ ٪ 99.9 ، وموادَّ صلبةٍ بنسبةِ ٪ 0.1.

– ما مكونات المواد الصلبة الموجودة في المياه العادمة؟

موادّ صلبة عضوية وغيرِ عضوية، وتشكل المواد العضوية ما نسبتهُ ٪ 70 من المواد الصلبة في المياه العادمةِ، والمواد غير العضوية تشكل ما نسبته ٪ 30.

– ما مكونات المواد العضوية والمواد غير العضوية؟

تتكون المواد العضوية من المواد البروتينية والكربوهيدراتية والدهون والزيوت، وتتكون المواد غير العضوية من حبيباتِ الرملِ الدقيقة والأملاح المعدنية، مثل: أملاح الصوديوم والبوتاسيوم، وفلزات ثقيلة مثل: الرصاص والزئبق.

أبحث:

من النتائج التي سيتوصل إليها الطلبة عند البحث عن العوامل المؤثرة في استخدام المياه العادمة في الزراعةِ ما يأتي:

درجة معالجة المياه العادمة، نوعية المحاصيل التي سيجري ريها بالمياه العادمة المعالجة، نظام الري المتبع في الزراعة، إعداد المزارعين وتأهيلهم في طرائق استخدام المياه العادمة المعالجة.

◄ بناء المفهوم:

المواد العضوية القابلة للتحلل الحيوي.

● اطرح السؤال:

– ما الملوثات الموجودة في المياه العادمة المنزلية؟

تتعدد إجابات الطلبة وتتنوع.

● اعرض صور لمجموعة من المواد التي تعد مواد عضوية (دهون، زيوت)، ثم طرح الأسئلة الآتية على الطلبة:

– ما المكون الأساسي لهذه المواد؟

الكربون

– ماذا يطلق على المواد التي تتكون في أساسها من الكربون؟

المواد العضوية.

– ما المواد العضوية الموجودة في منازلنا ويتم طرحها في المياه العادمة.

البروتينات والكربوهيدرات والدهون ومخلفات دورات المياه.

– كيف يجري التخلص من بقايا النباتات في الطبيعة؟

تتحلل بواسطة الكائنات الحية الدقيقة (المحللات).

● ناقش الطلبة في إجاباتهم والتوصل معهم إلى أن المواد العضوية التي تُطرَح في المياه العادمة، وتكون قابلة للتحلل الحيوي يطلق عليها مفهوم (المواد العضوية القابلة للتحلل الحيوي).

● اطرح السؤال: ماذا ينتج عن تحلل المواد العضوية؟

غازاتٌ متعددةٌ، منها كبريتيد الهيدروجين (H_2S)، الأمونيا (NH_3)، والميثانُ (CH_4).

◄ بناء المفهوم:

مسبباتُ الأمراضِ.

● اعرض مجموعة صور لمسببات الأمراض (ديدان، بكتيريا، فيروسات)، وطرح الأسئلة الآتية:

– هل تسبب الأمراض للإنسان؟

نعم.

– ماذا يمكن أن نسمي هذه الكائنات؟

مسببات الأمراض.

● مناقشة الطلبة والتوصل معهم إلى أن مسببات الأمراض كائنات دقيقة وغير دقيقة تؤدي إلى الإصابة بالأمراض المختلفة في حال وجودها في المياه، وإن من الأمثلة عليها: البكتيريا، والطحالب، والديدان، والفيروسات.

أبحثُ:

مستعينًا بمصادرِ المعرفةِ المتوافرةِ لديَّ، أبحثُ عنِ العواملِ المؤثرةِ في استخدامِ المياهِ العادمةِ المعالجةِ في الزراعةِ، وأصممُ عرضًا تقديميًّا، وأعرضهُ أمامَ زملائي.

تعتمدُ ملوثاتُ المياهِ العادمةِ على مصدرِها؛ سواءٌ أكانتْ منزليةً أمْ زراعيةً أمْ صناعيةً، وتتكونُ المياهُ العادمةُ بشكلٍ عامٍّ منْ مياهٍ بنسبةِ ٪ 99.9، وموادَّ صلبةٍ بنسبةِ ٪0.1، وهيَ تراكيزُ منخفضةٌ منَ الموادِّ الصلبةِ العضويةِ وغيرِ العضويةِ، وتشكلُ الموادُّ العضويةُ Organic Solids ما نسبتهُ ٪ 70 منَ الموادِّ الصلبةِ في المياهِ العادمةِ، وتشملُ الموادَّ البروتينيةَ والموادَّ الكربوهيدراتيةَ والدهونَ والزيوتَ، أمّا الموادُّ غيرُ العضويةِ Nonorganic Solids فتشكلُ ما نسبتهُ ٪ 30 منَ الموادِّ الصلبةِ، وتشملُ حُبيباتِ الرملِ الدقيقةَ والأملاحَ المعدنيةَ، مثلَ: أملاحِ الصوديومِ والبوتاسيومِ، وفلزاتٍ ثقيلةً مثلَ: الرصاصِ والزئبقِ.

الملوثاتُ في المياهِ العادمةِ المنزليةِ

Pollutants in Domestic Wastewater

تحتوي المياهُ العادمةُ المنزليةُ على كثيرٍ منَ الملوثاتِ، منْها:

الموادُّ العضويةُ القابلةُ للتحللِ الحيويِّ Biodegradable Organic Matters: تُسمّى المركباتُ العضويةُ التي يمكنُ أنْ تتحللَ عنْ طريقِ العملياتِ البيولوجيةِ المختلفةِ الموادَّ العضويةَ القابلةَ للتحللِ الحيويِّ Biodegradable Organic Matters، ووجودُها داخلَ المياهِ يؤدي إلى استنزافِ الأكسجينِ الذائبِ فيها عنْ طريقِ التحللِ الحيويِّ، وينتجُ عنْ تحللِ الموادِّ العضويةِ غازاتٌ متعددةٌ، بخاصةٍ عندَما تمكثُ المياهُ العادمةُ فترةً طويلةً دونَ معالجةٍ، ومنْ هذهِ الغازاتِ كبريتيدُ الهيدروجينِ (H_2S)، والأمونيا (NH_3)، والميثانُ (CH_4). ومنَ الأمثلةِ على هذهِ الملوثاتِ الموادُّ البروتينيةُ والموادُّ الكربوهيدراتيةُ والدهونُ والزيوتُ.

مسبباتُ الأمراضِ Pathogenses:

تتوافرُ في المياهِ العادمةِ مسبباتُ الأمراضِ Pathogenses وهيَ الكائناتُ الدقيقةُ وغيرُ الدقيقةِ التي تؤدي إلى الإصابةِ بالأمراضِ المختلفةِ للإنسانِ أوِ الحيوانِ أوِ النباتِ في حالِ وجودِها في المياهِ، ومنِ الأمثلةِ عليْها: البكتيريا، والديدانُ، والفيروساتُ.

المادةُ العضويةُ غيرُ القابلةِ للتحلُّلِ الحيويِّ Non-Biodegradable Organic Matter: تتكونُ المادةُ العضويةُ غيرُ القابلةِ للتحلُّلِ الحيويِّ Non-Biodegradable Organic Matter منْ موادَّ عضويةٍ لا تتحللُ بفعلِ العملياتِ البيولوجيةِ، ولكنَّها قدْ تتحللُ بواسطةِ مؤكسداتٍ كيماويةٍ قويةٍ، وتنتجُ هذهِ الموادُّ عنِ استخدامِ بعضِ المنظفاتِ الصناعيةِ في المنازلِ.

✓ **أتحقَّقُ:** أبينُ أنواعَ الملوثاتِ الموجودةِ في المياهِ العادمةِ المنزليةِ.

الملوثاتُ في المياهِ العادمةِ الصناعيةِ

Pollutants in Industrial Wastewater

تُستخدَمُ المياهُ في الصناعاتِ المختلفةِ بشكلٍ يوميٍّ في تبريدِ الآلاتِ وتنظيفِها، ومعالجةِ الموادِّ الخامِ، وينتجُ عنْ هذا الاستخدامِ مياهٌ ملوثةٌ يجري معالجتُها في المصانعِ معالجةً أوليةً قبلَ طرحِها في شبكةِ الصرفِ الصحيِّ لشدةِ خطورتِها، أنظرُ الشكلَ (4).

الشكلُ (4): مياهٌ عادمةٌ صناعيةٌ يجري تجميعُها ومعالجتُها بصورةٍ أوليةٍ.
أفسرُ سببَ المعالجةِ الأوليةِ للمياهِ العادمةِ الصناعيةِ في المصانعِ.

63

◄ الربط بالمعرفة السابقة:

أنواع البكتيريا.

● اطرح على الطلبة الأسئلة الآتية:

– ما أنواع البكتيريا التي تعيش في الأوساط التي تحتوي على الأكسجين؟ وما أنواع البكتيريا التي تعيش في وسط لا يحتوي على الاكسجين؟

ومن الاجابات المحتملة ما يلي: تختلف الأوساط التي تعيش فيها البكتيريا، فبعض الأنواع تسمى البكتيريا اللاهوائية، حيث تعيش في وسط لا يحتوي على الأكسجين، وبكتيريا هوائية تعيش في وسط هوائي يحتوي على الأكسجين، وبكتيريا متقلبة وهي التي يمكنها ان تعيش في وجود الأكسجين أو غيابه.

حل سؤال الشكل (4):

لأن المياه العادمة الصناعية تحتوي على ملوثات شديدة الخطورة مثل الفلزات الثقيلة.

◄ بناء المفهوم:

الموادُّ العضويةُ غيرُ القابلةِ للتحلل الحيوي.

● اطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– هل جميع المواد العضوية قابلة للتحلل بواسطة البكتيريا؟

لا

– ماذا نسمي المواد العضوية التي لا تتحلل في الطبيعة إلا بوجود مؤكسدات كيماوية؟

المواد العضوية غير القابلة للتحلل الحيوي.

✓ **أتحقَّقُ:**

المواد العضوية القابلة للتحلل الحيوي، ومسببات الأمراض، والمواد العضوية غير القابلة للتحلل الحيوي.

◄ استخدام الصور والأشكال:

الملوثات في المياه العادمة الصناعيةِ.

● وجِّه الطلبة إلى دراسة الشكل (4)، ثم اسألهم:

– ما طبيعة المياه الخارجة من المصنع؟

مياه ملوثة.

– لماذا تجمَّع في برك خاصة؟

لتجري معالجتُها في المصانعِ معالجة أولية قبلَ طرحِها في شبكة الصرف الصحي.

طريقة أُخرى للتدريس — **الملوثات في المياه العادمة الصناعية**

دراسة الحالة:

● اطرح على الطلبة الموضوع الآتي: يسكب مصنع دهانات المياه الناتجة عن الصناعات فيه مباشرة دون معالجتها بصورة أولية إلى شبكة المياه العادمة ليتم تجميعها ومعالجتها.

– كيف سيؤثر ذلك على خصائص المياه العادمة؟

– ما الحلول التي تقترحها للحد من الآثار السلبية للمياه العادمة الصناعية؟

● وجِّه الطلبة في مجموعات إلى جمع البيانات وتنظيمها، وتحليلها لتحديد أبعاد المشكلة، واقتراح حلول مناسبة لها.

● اطلب إلى أفراد كل مجموعة مناقشة باقي المجموعات في ما توصلت إليه المجموعات.

نشاط سريع الملوثات في المياه العادمة الصناعية.

- استخدم استراتيجية **كنت أعتقد، والآن أعرف:** (I Used to Think, But Now I know) اطرح سؤال في بداية الحصة حول الملوثات الصناعية واثرها، وفي نهاية الدرس اطلب اليهم مقارنة أفكارهم التي كانوا يمتلكوها في بداية الدرس حول الملوثات في المياه العادمة الصناعية وبما توصَّلوا إليه عند نهايته.

◄ المناقشة:

الملوثات في المياه العادمة الصناعية.

- اطرح على الطلبة الأسئلة الآتية:

– ما الملوثات الموجودة في المياه العادمة الصناعية؟

ستتنوع إجابات الطلبة وتتعدد، منها: الموادُّ العضويةُ غيرُ القابلةِ للتحللِ الحيويِّ، والفلزاتُ الثقيلةُ، والمغذياتُ.

– ما مصدر المواد العضوية غير القابلة للتحلل الحيوي في المياه العادمة الصناعية؟

المبيدات الحشرية، وبعض أنواعِ المنظفات الصناعية.

بناء المفهوم:

- وزع الطلبة إلى مجموعات، ثم وزع المواضيع الآتية على المجموعات (الفلزات الثقيلة، والمغذيات، والأملاح الذائبة)، ثم اطرح الأسئلة الآتية:

– كيف يمكن أن يتوافر في المياه العادمة؟

– كيف يؤثر وجوده في المياه على الإنسان والبيئة؟

- ثم إجراء مناقشة والتوصل إلى مفهوم هذه الملوثات وخصائصها.

◄ تعزيز: الفلزات الثقيلة:

- وجِّه الطلبة في مجموعات إلى مناقشة الموضوع الآتي: (تعد الفلزات الثقيلة من المواد الخطرة حتى لو وجدت بتراكيز قليلة).
- يعمل الطلبة في مجموعات على جمع البيانات وتنظيمها، وتحليلها للوصول إلى إيضاحٍ كافٍ للموضوع، وتحديد أبعاد المشكلة.

توصَّل مع الطلبة إلى أن خطورة الفلزات تكمن في تراكمها في أجسام الكائنات الحية وعدم قابليتها للتحلل، وبخاصة عند وصولِها إلى المسطحاتِ المائيةِ.

معلومة إضافية

عند ري التربة باستمرار في مياه تحتوي على تراكيز من العناصر الثقيلة، فإن ذلك يؤدي إلى تراكم هذه العناصر في التربة، وهو بدوره يؤدي إلى تراكمها في النبات، وقد تدخل جسم الإنسان بواسطة السلسلة الغذائية.

ومنْ هذهِ الملوثاتِ الصناعيةِ:

الموادُّ العضويةُ غيرُ القابلةِ للتحللِ الحيويِّ Non-Degradable Organic Matter: تنتجُ الموادُّ العضويةُ غيرُ القابلةِ للتحللِ الحيويِّ منَ الصناعاتِ المختلفةِ، مثلَ المبيداتِ الحشريةِ، وبعضِ أنواعِ المنظفاتِ الصناعيةِ.

الفلزاتُ الثقيلةُ Heavy Metals: تنتجُ الفلزاتُ الثقيلةُ Heavy Metals منَ الأنشطةِ الصناعيةِ، وتتميزُ بأنَّها غيرُ قابلةٍ للتحللِ، أوْ تتحللُ ببطءٍ شديدٍ، وهيَ ذاتُ سميةٍ شديدةٍ، ويجبُ إزالتُها منَ المياهِ العادمةِ قبلَ إعادةِ استخدامِها، وتكمنُ خطورةُ الفلزاتِ الثقيلةِ عندَ وصولِها إلى المسطحاتِ المائيةِ في تراكمِها داخلَ بعضِ الكائناتِ الحيةِ مثلِ الأسماكِ.

المغذياتُ Nutrients: تحتاجُ الكائناتُ الحيةُ إلى المغذياتِ Nutrients لنموِّها وتكاثرِها، ومنَ الأمثلةِ عليْها النيتروجينُ والفسفورُ، وعندَ وصولِها إلى الأنهارِ والبحيراتِ تؤدي إلى نموِّ الطحالبِ، وحدوثِ ظاهرةِ الإثراءِ الغذائيِّ.

الأملاحُ الذائبةُ Dissolved Salts: تَنتجُ الأملاحُ الذائبةُ Dissolved Salts منَ الأنشطةِ الصناعيةِ المختلفةِ، وهيَ أملاحٌ غيرُ عضويةٍ ذائبةٌ في الماءِ، ومنَ الأمثلةِ عليْها أملاحُ الكلوريداتِ، وأملاحُ الكبريتاتِ.

✓ **أتحقَّقُ:** أفسِّرُ سببَ خطورةِ الفلزاتِ الثقيلةِ الموجودةِ في المياهِ العادمةِ الصناعيةِ.

قياسُ ملوثاتِ المياهِ العادمةِ

Measuring Wastewater Pollutants

يتمُّ قياسُ الملوثاتِ في المياهِ العادمةِ بعدةِ طرائقَ تعتمدُ على طبيعتِها إنْ كانتْ قابلةً للتحللِ الحيويِّ أوْ غيرَ قابلةٍ للتحللِ الحيويِّ، ومنْ حيثُ هيَ موادُّ صلبةٌ ذائبةٌ أوْ موادُّ عالقةٌ، ومنْ هذهِ الطرائقِ:

✓ **أتحقَّقُ:**

قد تنتقل المياه العادمة الصناعية حاملة الفلزات الثقيلة إلى المياه السطحية فتؤثر على الكائنات الحية فيها؛ إذ تتراكم هذه الفلزات الثقيلة في أجسام الكائنات الحية البحرية، ومن ثم تؤثر في صحة الإنسان بعد تناوله للمأكولات البحرية.

توظيف التكنولوجيا

ابحث في المواقع الإلكترونية الموثوقة عن مقاطع فيديو تعليمية، أو عروض تقديمية جاهزة عن موضوع الملوثات في المياه العادمة الصناعية، علمًا بأنَّه يُمكِنك إعداد عروض تقديمية تتعلَّق بموضوع الدرس.

شارِك الطلبة في هذه المواد التعليمية عن طريق الصفحة الإلكترونية للمدرسة، أو تطبيق التواصل الاجتماعي (الواتس آب)، أو إنشاء مجموعة على تطبيق (Microsoft teams)، أو استعمِل أيَّة وسيلة تكنولوجية مناسبة بمشاركة الطلبة وذويهم.

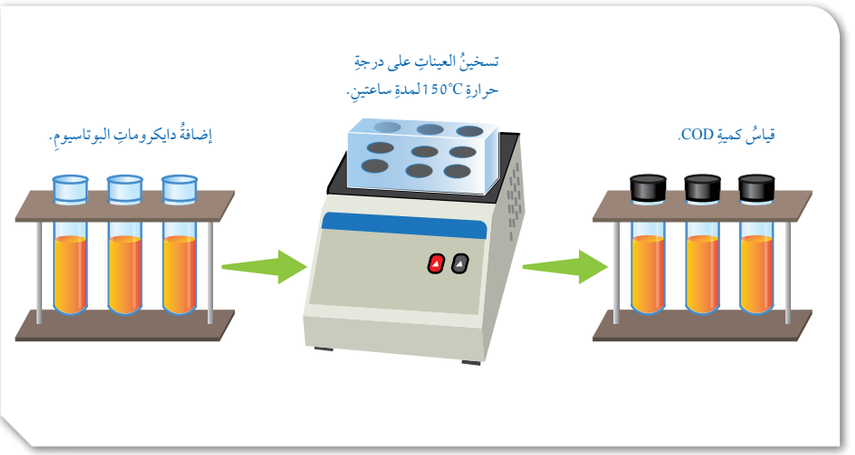
الأكسجينُ المستهلكُ حيويًّا Biological Oxygen Demand (BOD)

يتمُ في طريقةِ الأكسجينِ المستهلكِ حيويًّا Biological Oxygen Demand (BOD) قياسُ كميةِ الأكسجينِ التي تستهلكُ حيويًّا بواسطةِ الكائناتِ الحيةِ الدقيقةِ، عندَ حصولِها على الطاقةِ منْ خلالِ أكسدةِ الموادِّ العضويةِ في الماءِ؛ إذْ تشيرُ كميةُ الأكسجينِ المستهلكةُ إلى مقدارِ تلوثِ المياهِ العادمةِ بالموادِّ العضويةِ القابلةِ للتحللِ الحيويِّ، فكلَّما كانَ مقدارُ (BOD) كبيرًا كانَ التلوثُ العضويُّ في المياهِ العادمةِ عاليًا.

أفكّرُ عندَ قياسِ الملوثاتِ في المياهِ العادمةِ تكونُ قيمةُ COD دائمًا أعلى منْ قيمةِ BOD لعينةِ المياهِ الملوثةِ.

الأكسجينُ المستهلكُ كيميائيًّا Chemical Oxygen Demand (COD)

يقاسُ التلوثُ بالموادِّ العضويةِ غيرِ القابلةِ للتحللِ بيولوجيًّا أوِ التي تتحللُ ببطءٍ شديدٍ في المياهِ العادمةِ بطريقةِ الأكسجينِ المستهلكِ كيميائيًّا Chemical Oxygen Demand (COD) وفي هذهِ الطريقةِ تُضافُ موادُّ كيميائيةٌ مؤكسدةٌ قويةٌ مثلَ دايكروماتِ البوتاسيومِ إلى عينةِ المياهِ، وتعملُ على أكسدةِ جميعِ الموادِّ القابلةِ للتأكسدِ، وغيرِ القابلةِ للتأكسدِ، أنظرُ الشكلَ (5).



الشكلُ (5): آليةُ قياسِ كميةِ الأكسجينِ المستهلكِ كيميائيًّا.

تعزيز: الأكسجين المستهلك حيويًّا.

- وزع الطلبة إلى مجموعات، ثم عن طريق استراتيجية حل المشكلات Problem Solving اطرح على الطلبة القضية الآتية:

تم قياس كمية الأكسجين المستهلك حيويًّا في إحدى البحيرات، فلوحظ أن قيمته على سطح البحيرة منخفضة، وأما في قاع البحيرة فكانت القيمة مرتفعة، وجِّه الطلبة إلى البحث عن أسباب هذه القضية بأسلوب منظم، ثم اعرض النتائج على باقي المجموعات وناقشهم فيها.

على سطح البحيرة توجد الطحالب بكميات كبيرة، مما يؤدي إلى ارتفاع قيم الأكسجين الذائب في الماء، وانخفاض قيم الأكسجين المستهلك حيويًّا، أما في قاع البحيرة؛ حيث تنزل الطحالب والكائنات البحرية التي تموت إلى الأسفل وتتحلل؛ ما يؤدي إلى ارتفاع قيم الأكسجين المستهلك حيويًّا.

بناء المفهوم:

الأكسجين المستهلك حيويًّا.

- اطرح الأسئلة الآتية على الطلبة:

– كيف تحصل البكتيريا الهوائية الموجودة في المياه العادمة على الطاقة؟

عن طريق أكسدة المواد العضوية القابلة للتحلل الحيوي الموجودة في الماءِ.

– ماذا يحصل لقيمة كمية الأكسجين الذائب في الماء عند أكسدة المواد العضوية القابلة للتحلل الحيوي؟

تقل.

– ماذا يمكن أن نسمي كمية الأكسجين التي تستهلك بواسطة الكائنات الحية الدقيقة، للحصول على الطاقةِ؟

الأكسجين المستهلك حيويًّا.

- مناقشة إجابات الطلبة والتوصل معهم أن كمية الأكسجين المستهلكة حيويًّا تشير إلى مقدار تلوث المياه العادمة بالمواد العضوية القابلة للتحلل الحيوي، ويرمز إليه (BOD) فكلما كان مقدار (BOD) كبيرا كان التلوث العضوي في المياه العادمة كبيرا.

استخدام الصور والأشكال:

الأكسجين المستهلك كيميائيًّا COD

- وجِّه الطلبة إلى دراسة الشكل (5) الذي يمثل آلية قياس كمية الأكسجين المستهلك كيميائيًّا، ثم اسألهم:

– ما المادة التي تُضاف إلى عينة المياه؛ المراد قياس كمية الأكسجين المستهلك كيميائيًّا لها؟

دايكرومات البوتاسيوم، وحمض الكبريتيك.

– عند أية درجة يتم تسخين العينات؟ وكم مدة التسخين؟

150 درجة مئوية ، مدة ساعتين.

- ناقش الطلبة بإجاباتهم، وتوصل معهم أنه يتم إضافة مؤكسدات قوية مثل دايكرومات البوتاسيوم وحمض الكبريتيك، لقياس التلوث بالمواد العضوية غير القابلة للتحلل الحيوي أو تتحلل ببطء شديد في المياه العادمة.

أفكّرُ لأنه في طريقة الأكسجين المستهلك كيميائيًّا يتم أكسدة جميع المواد القابلة للتأكسد، وغير القابلة للتأكسد، أما في طريقة الأكسجين المستهلك حيويا فيتم أكسدة المواد العضوية للقابلة للتأكسد فقط.

◄ استخدام الصور والأشكال:

مجموع الموادّ الصلبةِ العالقة (TSS).

- وجِّه الطلبة إلى دراسة الشكل (6) الذي يمثل آلية فصل المواد الصلبة العالقة في المياه، ثم اسألهم:

– ما خصائص المياه المراد قياس كمية المواد الصلبة العالقة فيها؟

تحتوي على مواد صلبة عالقة.

– كيف يتم فصل المواد الصلبة العالقة في المياه؟

من خلال ترشيحِ عينة المياه في وعاء باستخدام ورق الترشيح.

– ماذا يطلق على المواد الصلبة التي توجد على ورقة الترشيح؟

مجموع المواد الصلبة العالقة (TSS).

- ناقش الطلبة في إجاباتهم وتوصل معهم إلى أن مجموع المواد الصلبة العالقة يشمل المواد العضويةَ وغير العضويةِ الصلبة الصغيرة العالقة في الماء، ويعد مؤشرًا على درجة تلوث المياه العادمة، ويجري قياس كمية المواد الصلبة العالقة في الماء من خلال ترشيحِ عينة المياه في وعاء، وتجفيف البقايا المترشحة على درجة حرارة عالية، ثم إيجاد كتلتها.

◄ استخدام الصور والأشكال:

مجموع المواد الصلبة الذائبة (TDS).

- وجِّه الطلبة إلى دراسة الشكل (7) الذي يمثل طريقة قياسِ كميةِ الموادِّ الصلبةِ الذائبةِ في الماء، ثم اسألهم:

– ما خصائص عينة المياه المراد قياس كمية المواد الصلبة الذائبة في الماء؟

عينة مياه خالية من المواد العالقة، وتحتوي على أملاح ذائبة.

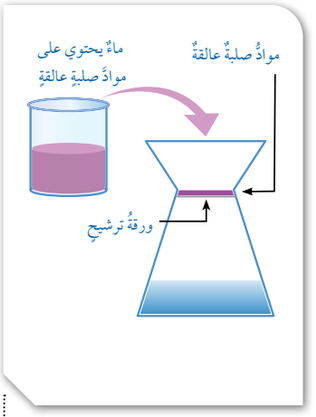
– كيف يتم قياس كمية المواد الصلبة العالقة في الماء؟

عن طريق تبخير كمية محددة من المياه، وإيجاد كتلة المواد الصلبة الباقية بوحدةِ mg/l.

- ناقش الطلبة في إجاباتهم للتوصل معهم إلى أن مجموع المواد الصلبة الذائبة (TDS) يعد أحد المؤشرات على درجة تلوث المياه العادمة، وتتكون المواد الصلبة الذائبة من مواد عضوية ومواد غيرِ عضوية وأيونات ذائبة في الماء.

معلومة إضافية

يتم قياس كمية الأكسجين المستهلك حيويا تحت درجة حرارة (20+ / 1–) درجة مئوية وضمن مدة زمنية محددة هي (5) أيام.



الشكلُ (6): فصلُ الموادِّ الصلبةِ العالقةِ في المياهِ.

أبينُ طريقةَ فصلِ الموادِّ الصلبةِ العالقةِ.

الشكلُ (7): طريقةُ قياسِ كميةِ الموادِّ الصلبةِ الذائبةِ.

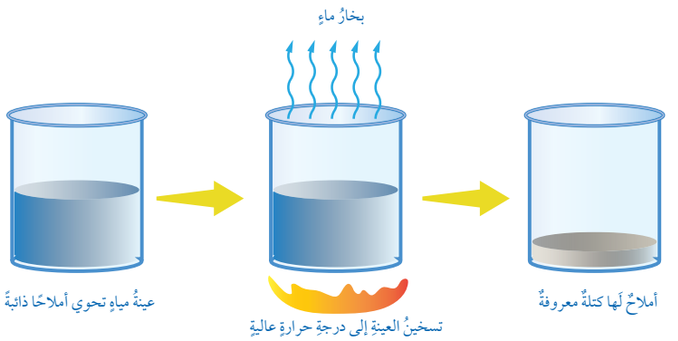
مجموعُ الموادِّ الصلبةِ العالقةِ Total Suspended Solids (TSS)

يشملُ مجموعُ الموادِّ الصلبةِ العالقةِ Total Suspended Solids (TSS) الموادَّ العضويةَ وغيرَ العضويةِ الصلبةَ الصغيرةَ العالقةَ في الماءِ، ويعدُّ مؤشرًا على درجةِ تلوثِ المياهِ العادمةِ، ويجري قياسُ كميةِ الموادِّ الصلبةِ العالقةِ في الماءِ منْ خلالِ ترشيحِ عينةِ المياهِ في وعاءٍ، أنظرُ الشكلَ (6)، وتجفيفِ البقايا المترشحةِ على درجةِ حرارةٍ عاليةٍ، ثمَّ إيجادِ كتلتِها.

مجموعُ الموادِّ الصلبةِ الذائبةِ Total Dissolved Solids (TDS)

يُستخدَمُ مجموعُ الموادِّ الصلبةِ الذائبةِ Total Dissolved Solids (TDS)؛ باعتبارهِ أحدَ المؤشراتِ على درجةِ تلوثِ المياهِ العادمةِ، وتتكونُ الموادُّ الصلبةُ الذائبةُ منْ موادَّ عضويةٍ وموادَّ غيرِ عضويةٍ وأيوناتٍ ذائبةٍ في الماءِ، وتُقاسُ كميةُ الموادِّ الذائبةِ في الماءِ عنْ طريقِ تبخيرِ كميةٍ محددةٍ منَ المياهِ، وإيجادِ كتلةِ الموادِّ الصلبةِ الباقيةِ بوحدةِ mg/l، أنظرُ الشكلَ (7)، معَ مراعاةِ أنْ تكونَ المياهُ التي جرى قياسُ كميةِ الموادِّ الذائبةِ فيها خاليةً منَ الموادِّ العالقةِ.

✓ **أتحقَّقُ:** أقارنُ بينَ طريقتَيْ BOD و COD منْ حيثُ الموادُّ المَقيسةُ وآليةُ عملِها.



حل سؤال الشكل (6):

من خلال ترشيح عينة المياه في وعاء، وتجفيف البقايا المترشحة على درجة حرارة عالية، ثم إيجاد كتلتها.

✓ **أتحقَّقُ:**

	طريقة BOD	طريقة COD
المواد التي يجري قياسها بواسطتها	المواد العضوية القابلة للتحلل الحيوي.	المواد العضوية غير القابلةِ للتحللِ الحيوي أوْ تتحللُ ببطء شديد.
آلية القياس	يتم قياس كمية الاكسجين المستهلك بواسطة البكتيريا الهوائية، التي تستخدمها بأكسدة المواد العضوية.	تتم عن طريق إضافة مواد كيميائية مؤكسدة قوية مثل دايكرومات البوتاسيوم وحمض الكبريتيك إلى عينة المياه، وتسخينها إلى درجة حرارة 150 درجة مئوية مدة ساعتين.

يمكنُ تعرفُ بعضِ القيمِ الناتجةِ منْ قياسِ الملوثاتِ في بعضِ محطاتِ المياهِ العادمةِ؛ منْ خلالِ تنفيذِ النشاطِ الآتي:

نشاطٌ

قياسُ بعضِ الملوثاتِ في إحدى محطاتِ معالجةِ المياهِ العادمةِ

الجدولُ الآتي يمثلُ قيمَ BOD وCOD وTSS في محطةِ الخربةِ السمرا لتنقيةِ المياهِ العادمةِ في الأردنِّ، والتي قيستْ في الثامنِ منْ شهرِ حزيرانِ لعامِ 2020، حيثُ جرى فحصِ المياهِ عندَ مدخلِ المحطةِ والمياهِ عندَ مخرجِ المحطةِ في اليومِ نفسهِ، أدرسُ الجدولَ الآتيَ، ثمَّ أجيبُ عنِ الأسئلةِ التي تليهِ:

المحطةُ	BOD (mg/l)	COD (mg/l)	TSS (mg/l)
مدخلُ المحطةِ	498	959	340
مخرجُ المحطةِ	3.0	87	40

التحليلُ والاستنتاجُ:

1 – أحددُ مواصفاتِ المياهِ عندَ مدخلِ المحطةِ ومخرجِها.

2 – **أقارنُ** بينَ كميةِ كلٍّ منْ BOD، وCOD، وTSS عندَ مدخلِ المحطةِ ومخرجِها.

3 – **أفسرُ** سببَ ارتفاعِ قيمةِ COD مقارنةً بقيمةِ BOD عندَ مدخلِ المحطةِ.

يتبينُ مما سبقَ أنَّ معالجةَ المياهِ العادمةِ في محطةِ الخربةِ السمرا تعملُ على خفضِ كميةِ كلٍّ منَ: الموادِّ العضويةِ، والموادِّ الصلبةِ العالقةِ في الماءِ.

الآثارُ السلبيةُ للمياهِ العادمةِ Negative Effects of Wastewater

للمياهِ العادمةِ آثارٌ سلبيةٌ عديدةٌ على البيئةِ؛ منْها ما يتعلقُ بصحةِ الإنسانِ، ومنْها ما يتعلقُ بالمياهِ السطحيةِ والجوفيةِ.

آثارُ المياهِ العادمةِ على صحةِ الإنسانِ

Effects of Wastewater on Human Health

تحتوي المياهُ العادمةُ على كثيرٍ منْ مسبباتِ الأمراضِ كالبكتيريا والفيروساتِ، إذْ تعدُّ بيئةً مناسبةً لتكاثرِها وانتشارِها؛ ما يزيدُ منْ خطورةِ انتشارِ الأمراضِ كالكوليرا والتيفوئيدِ، ولتعرُّفِ مسبباتِ الأمراضِ والأمراضِ التي تسببُها للإنسانِ، أنظرُ إلى الجدولِ (1).

أعملُ فلمًا قصيرًا باستخدامِ برنامجِ صانعِ الأفلامِ (movie maker) يوضحُ الآثارَ السلبيةَ للمياهِ العادمةِ على الإنسانِ والبيئةِ، وأحرصُ على أنْ يشملَ الفلمُ صورًا توضيحيةً، ثمَّ أشاركهُ معلمي وزملائي في الصفِّ.

نشاط:

قياس بعض الملوثات في إحدى محطات معالجة المياه العادمة.

زمن التنفيذ: 20 دقيقة.

الهدف: المقارنة بين قيم بعض الملوثات في إحدى محطات معالجة المياه العادمة عند مدخل المحطة ومخرجها.

المهارات العلمية: المقارنة، التفسير، الملاحظة، التواصل.

الإجراءات والتوجيهات:

- وجِّه الطلبة إلى تنفيذ نشاط (قياس بعض الملوثات في إحدى محطات معالجة المياه العادمة) الوارد في كتاب الأنشطة والتجارب العملية.
- وزع الطلبة إلى مجموعات، واطلب إلى أفراد المجموعات دراسة البيانات التي يحتويها الجدول، ثم إجابة الأسئلة التي تلي الشكل.
- استمع إلى إجابات الطلبة، ثم ناقشهم فيها؛ لاستنتاج أن معالجة المياه العادمة في محطة الخربة السمرا تعمل على خفض كمية كل من: المواد العضوية، والمواد الصلبة العالقة في المياه العادمة.

النتائج المتوقعة:

1. تحديد مواصفات المياه عند مدخل المحطة ومخرجها.
2. تفسير سبب ارتفاع قيم COD مقارنة بقيم BOD.

التحليل والاستنتاج:

1. تتميز المياه العادمة عند مدخل المحطة بأنها تحتوي على كميات كبيرة من المواد العضوية مقارنة بمخرجها.
2. كمية كل من BOD و COD و TSS، عند مدخل المحطة أكبر بكثير من قيمها عند مخرج المحطة.
3. قيمة COD عند مدخل المحطة كبير لأنها تمثل أكسدة المواد العضوية القابلة للتأكسد وغير القابلة للتأكسد مقارنة بطريقة BOD التي تمثل أكسدة المواد العضوية القابلة للتأكسد.

استراتيجية التقويم: التقويم المعتمد على الأداء. **أداة التقويم:** سُلَّم تقدير.

الرقم	معيار الأداء	التقدير 1	2	3	4
1	يحدد مواصفات المياه عند مدخل المحطة ومخرجها.				
2	يقارن بين كمية كل من BOD، وCOD، و TSS عند مدخل المحطة ومخرجها.				
3	يفسر سبب ارتفاع قيمة COD مقارنةً بقيمةِ BOD عند مدخل المحطة.				
4	يعمل بروح الفريق الواحد.				

المناقشة:

الآثارُ السلبيةُ للمياهِ العادمةِ.

- اعرض صورة لمسطحات مائية تعرضت إلى تلوث بالمياه العادمة، ثم اطرح السؤال:

– ما تأثير المياه العادمة على المسطحات المائية، وعلى صحة الإنسان؟

قد تتعدد وتتنوع إجابات الطلبة، استمع إلى إجاباتهم، وأخبرهم أن المياه العادمة تؤثر سلبًا على البيئة وعلى صحة الإنسان، حيث تسبب كثيرًا من الأمراض للإنسان، أيضًا تلوث المياه السطحية والجوفية.

التدريس المدمج: الآثار السلبية للمياه العادمة

- قسم الطلبة في مجموعات ووضِّح لهم المطلوب من النشاط، وبين للطلبة أن عليهم الحصول على صور تتعلق بالآثار السلبية للمياه العادمة أو مقاطع يوتيوب وتصميم فلم منها يوضح الآثار السلبية للمياه العادمة، وبعد الانتهاء من صنع الفلم اطلب إليهم عرضه أمام زملائهم. تأكد قبل البدء بالنشاط أنهم يعرفون كيفية استخدام برنامج صانع الأفلام (Movie Maker)، ويمكنك الاستعانة بمعلم الحاسوب للمساعدة في توضيح آلية عمل البرنامج.

◄ تفسير الجدول:

مسببات الامراض.

● وجِّه الطلبة إلى دراسة الجدول (1)، ثم أخبرهم أنَّه يمثل مسببات الأمراضِ، والأمراضِ التي تسببها للإنسان، ثم اطرح عليهم الأسئلة الآتية:

– ما مسببات الأمراض الموجودة في المياه العادمة؟

البكتيريا، البروتوزوا، الفيروسات، الديدان.

– ما الأمراض التي تسببها مسببات الأمراض الموجودة في المياه العادمة؟

البكتيريا: التيفوئيد، الكوليرا. الفيروسات: التهاب الكبد الفيروسي، التهاب الجهاز الهضمي. البروتوزوا: الديزنتاريا الأميبية. الديدان: والقيء، والإسهال.

– لماذا تنتشر مسببات الأمراض في المياه العادمة؟

لأن المياه العادمة تعد بيئة مناسبة لتكاثرها وانتشارها.

الربط مع الجغرافيا

ذكِّر الطلبة بمفهوم البحار المفتوحة، والبحار المغلقة، والفرق بينهما.

البحار المغلقة هي البحار التي تحيط بها اليابسة من جميع الجهات، وهي منفصلة عن باقي المحيطات، أما البحار المفتوحة فهي البحار المتصلة بالمحيطات، وأما البحار شبه المفتوحة فهي التي تحيطها اليابسة من ثلاثة جهات، وتتصل بالمحيطات من الجهة الرابعة عبر مضيق.

◄ استخدام الأشكال والصور:

آثارُ المياهِ العادمةِ على المياهِ السطحيةِ والمياه الجوفيةِ.

● وجه الطلبة إلى دراسة الشكل (8) الذي يمثل ظاهرة الإثراء الغذائي، ثم اسألهم:

– ماذا تشاهد في الشكل؟

أشاهد طحالب.

– ما علاقة المياه العادمة بنمو الطحالب في المسطحات المائية؟

وجودُ المغذياتِ في المياهِ العادمةِ يؤدي إلى نمو الطحالبِ بشكلٍ كبيرٍ بفعلِ وجودِ المغذياتِ.

– كيف يؤثر نمو الطحالب على الكائنات الحية البحرية؟

عندَ موتِ الطحالبِ تتراكمُ أسفلَ المسطحِ المائيِّ فتتحللُ بواسطةِ البكتيريا الهوائيةِ؛ ما يؤدي إلى استنزافِ الأكسجينِ، وموتِ عددٍ كبيرٍ منَ الكائناتِ المائيةِ، ثمَّ تنشطُ الكائناتُ اللاهوائيةُ في تحليلِ الموادِّ العضويةِ.

● ناقش الطلبة في إجاباتهم، واخبرهم أن المياه العادمة تعملُ على تلوثِ المسطحات المائية وتغييرِ خصائصِها الفيزيائيةِ والكيميائيةِ والحيويةِ، ومن الآثار السلبية للمياه العادمة تشكل ظاهرة الإثراء الغذائي.

الجدولُ (1): مسبباتُ الأمراضِ الموجودةُ في المياهِ العادمةِ

مسبباتُ الأمراضِ	الأمراضُ التي تسبّبُها للإنسانِ
البكتيريا	التيفونيدُ، الكوليرا
الفيروساتُ	التهابُ الكبدِ الفيروسيُّ، التهابُ الجهازِ الهضميِّ
البروتوزوا	الديزنتاريا الأميبيةُ
الديدانُ (ديدانُ الإسكارسِ، الديدانُ الشعريةُ، الدودةُ الشريطيةُ)	الغثيانُ والقيءُ، والإسهالُ

الربطُ معَ الجغرافيا

تؤدي المياهُ العادمةُ إلى تلوثِ البحارِ المغلقةِ بصورةٍ أكبرَ منْ تلوثِ المحيطاتِ والبحارِ المفتوحةِ، حيثُ يساعدُ المدُّ والجزرُ والتياراتُ البحريةُ في المحيطاتِ على انتشارِ الملوثاتِ وتقليلِ تركيزِها؛ لذلكَ فإنَّ قدرةَ البحارِ شبهِ المغلقةِ مثلِ البحرِ الأبيضِ المتوسطِ على استيعابِ الملوثاتِ محدودةٌ.

آثارُ المياهِ العادمةِ على المياهِ السطحيةِ والجوفيةِ

Effects of Wastewater on Surface Water and Groundwater

عندَ وصولِ المياهِ العادمةِ إلى المسطحاتِ المائيةِ منْ بحارٍ وبحيراتٍ وأنهارٍ، تعملُ على تلوثِها وتغييرِ خصائصِها الفيزيائيةِ والكيميائيةِ والحيويةِ، فمثلًا وجودُ المغذياتِ في المياهِ العادمةِ يؤدي إلى حدوثِ ظاهرةِ الإثراءِ الغذائيِّ Eutrophication، في المسطحاتِ المائيةِ التي تصلُ إليْها، حيثُ تنمو الطحالبُ بشكلٍ كبيرٍ بفعلِ وجودِ المغذياتِ، أنظرُ الشكلَ (8)، وعندَ موتِ الطحالبِ تتراكمُ أسفلَ المسطحِ المائيِّ فتتحللُ بواسطةِ البكتيريا الهوائيةِ؛ ما يؤدي إلى استنزافِ الأكسجينِ، وموتِ عددٍ كبيرٍ منَ الكائناتِ المائيةِ، ثمَّ تنشطُ البكتيريا اللاهوائيةُ في تحللِ الموادِّ العضويةِ.

الشكلُ (8): نموُّ الطحالبِ في المسطحاتِ المائيةِ بفعلِ موادِّ الإثراءِ الغذائيِّ.

نشاط سريع مسببات الأمراض.

● وجِّه الطلبة – ضمن مجموعات– إلى البحث في مصادر المعرفة المناسبة عن أحد الأمراض الناتجة عن مسببات الأمراض، وأعراض هذا المرض، ثم وجِّههم إلى إعداد عرض تقديمي حول ذلك، ثم اعرضه أمام الزملاء.

معلومة إضافية

يتم إزالة مسببات الأمراض من خلال عملية تطهير المياه العادمة، وذلك بإحدى الطرائق الاتية: التطهير بالكلور ، وذلك بإضافة الكلور إلى المياه السائلة، أو من خلال التطهير بالأوزون، أو باستخدام الأشعة فوق البنفسجية.

إضاءة للمُعلِّم

من أشكال التلوث الصناعي استعمال المياه في عمليات التبريد الذي يؤدي إلى ارتفاع في درجة حرارة مياه البحار والأنهار إذا تم تدفق المياه الصناعية إليها؛ ما يؤثر سلبًا على التفاعلات البيوكيميائية، وأيضًا يؤثر على الأحياء المائية، حيث يؤدي ارتفاع درجة حرارة المياه إلى تغير في الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمياه، ومنها نقص كمية الاكسجين الذائب في المياه.

أيضًا تحتوي المياهُ العادمةُ على الفلزاتِ الثقيلةِ، وفي حالِ وصولِها إلى البحارِ والمحيطاتِ قدْ تتراكمُ في أجسامِ الكائناتِ الحيةِ، وتنتقلُ منْ كائنٍ حيٍّ إلى آخرَ عبرَ السلسلةِ الغذائيةِ؛ الأمرُ الذي يؤثرُ في التوازنِ البيئيِّ داخلَ البحارِ والمحيطاتِ، وتعملُ الملوثاتُ على تدميرِ الشعابِ المرجانيةِ، وموتِ كثيرٍ منَ الكائناتِ الحيةِ التي تتخذُ المرجانَ مأوًى لَها.

كذلكَ يؤدي وصولُ المياهِ العادمةِ إلى الأحواضِ المائيةِ الجوفيةِ إلى تلوثِها وتصبحُ غيرَ صالحةٍ للشربِ؛ مما يقللُ منْ كميةِ الموارِدِ المائيةِ المتاحةِ، أنظرُ الشكلَ (9).

✓ **أتحقَّقُ:** أناقشُ الآثارَ السلبيةَ للمياهِ العادمةِ على صحةِ الإنسانِ.

أعملُ فلمًا قصيرًا باستخدامِ برنامجِ صانعِ الأفلامِ (movie maker) يوضحُ تأثيرَ المياهِ العادمةِ على السلاسلِ الغذائيةِ المائيةِ، وأحرصُ على أنْ يشملَ الفلمُ صورًا توضيحيةً، ثمَّ أشاركُهُ معلمي وزملائي في الصفِّ.

الشكلُ (9): تلوثُ المياهِ الجوفيةِ بسببِ تسربِ المياهِ العادمةِ.

أوضح: كيفَ تتلوثُ المياهُ الجوفيةُ منَ المياهِ العادمةِ؟

حل سؤال الشكل (9):

تتلوث المياه الجوفية نتيجة تسرب المياه العادمة من الحفر الامتصاصية المنزلية والمزارع ومن البحيرات والمياه السطحية التي تحتوي على مياه عادمة إلى باطن الأرض، وتصل إلى المياه الجوفية وتغير من خصائصها.

التدريس المدمج: تأثير المياه العادمة على السلاسل الغذائية:

- قسم الطلبة إلى مجموعات، ووضِّح لهم المطلوب من النشاط، وبيِّن للطلبة أن عليهم الحصول على صور تتعلق بتأثير المياه العادمة على السلاسل الغذائية، أو مقاطع يوتيوب وتصميم فلم منها يوضح تأثير المياه العادمة على السلاسل الغذائية، وبعد الانتهاء من صنع الفلم اطلب إليهم عرضه أمام زملائهم. تأكد قبل البدء بالنشاط أنهم يعرفون كيفية استخدام برنامج صانع الأفلام (Movie Maker)، ويمكنك الاستعانة بمعلم الحاسوب؛ للمساعدة في توضيح آلية عمل البرنامج.

◄ المناقشة:

استراتيجية الطاولة المستديرة، تأثير المياه العادمة على الكائنات الحية.

- ارسم سلسلة غذائية في رأس ورقة فارغة، واكتب السؤال الآتي: كيف تؤثر المياه العادمة التي تحتوي على الفلزات الثقيلة على الكائنات الحية؟
- وزِّع الطلبة إلى مجموعات، ثم أعطِ كل مجموعة ورقة تحوي السؤال المذكور آنفًا.
- اطلب إلى كل فرد في المجموعة الاطِّلاع على السؤال، ثم إضافة جزء من إجابة السؤال.
- بعد أنْ ينتهي أفراد المجموعة من ذلك، اطلب إليهم التوقُّف، ثم وجِّه أفراد كل مجموعة إلى مناقشة إجابتهم في ما بينهم.
- اطلب إلى أفراد كل مجموعة عرض نتائجهم أمام أفراد المجموعات الأُخرى، ثم مناقشتهم فيها؛ للتوصُّل إلى ما يأتي:

تتراكم الفلزات الثقيلة في أجسام الكائنات الحية، وتنتقل من كائن حي إلى آخر عبر السلسلة الغذائية؛ الأمر الذي يؤثر في التوازن البيئيّ داخل البحار والمحيطات، وتعمل الملوثات على تدمير الشعاب المرجانية، وموت كثير من الكائنات الحية التي تتخذ المرجان مأوًى لَها.

◄ استخدام الصور والأشكال:

تأثير المياه العادمة على المياه الجوفية.

- وجه الطلبة إلى دراسة الشكل (9) الذي يمثل تلوث المياه الجوفية بسبب تسرب المياه العادمة ، ثم اسألهم:

– ماذا تشاهد في الشكل؟

أشاهد مياهًا عادمة منزلية، ومياهًا عادمة صناعية، ومياهًا عادمة زراعية جرى طرحها داخل المسطحات المائية السطحية.

– كيف أثر هذا التلوث على المياه الجوفية؟

تسربت المياه الملوثة إلى المياه الجوفية.

ناقش الطلبة في إجاباتهم، وأخبرهم أن وصول المياهِ العادمةِ إلى المياه الجوفيةِ يؤدي إلى تلوثِها وتصبح غير صالحة للشرب؛ الأمر الذي يقلل من كمية الموارد المائية المتاحة.

✓ **أتحقَّقُ:**

تحتوي المياه العادمة على كثير من مسببات الأمراض للإنسان، كالبكتيريا والفيروسات، إذ تعد بيئة مناسبة لتكاثرِها وانتشارِها؛ ما يزيد من خطورة انتشار الأمراض كالكوليرا والتيفوئيد.

مراجعة الدرس

1 المواد العضوية في المياه العادمة المنزلية يمكن أن تتحلل عن طريق العمليات البيولوجية المختلفة، أما المواد العضوية في المياه العادمة الصناعية فمعظمها غير قابل للتحلِل الحيوي.

2 تحتوي المياه العادمة على كثير من مسببات الأمراض كالبكتيريا والفيروسات والديدان، إذ تعدُّ بيئة مناسبة لتكاثرِها وانتشارِها؛ ما يزيد من خطورة انتشار الأمراض كالكوليرا والتيفوئيد.

3 تحتوي المياه العادمة على الفلزات الثقيلة التي تتراكم في أجسام الكائنات الحية المائية، وتنتقل من كائن حيٍّ إلى آخر عبر السلسلة الغذائية المائية.

4 تعمل المغذيات التي توجد في المياه العادمة على زيادة نمو الطحالب على سطح المياه في المسطحات المائية، ومنها: البحيرات والأنهار، وعندما تموت هذه الطحالب تتحلل وتستهلك الأكسجين المذاب في المياه.

5 وجود المواد العضوية القابلة للتحللِ الحيويِّ داخل المياه يؤدي إلى استنزاف الأكسجين الذائب فيها عن طريق التحلل الحيويِّ، وينتج عن تحلل المواد العضوية غازات متعددة، بخاصة عندَما تمكث المياه العادمة فترة طويلة دون معالجة، ومن هذه الغازات كبريتيد الهيدروجين، والأمونيا، والميثان .

6 **مواد عضوية:** كربوهيدرات ، دهون.
مواد غير عضوية: ، أملاح، عناصر معدنية.

7 – كمية المواد الصلبة الذائبة (TDS).
– كمية المواد الصلبة العالقة (TSS).
– كمية الأكسجين المستهلك كيميائيًّا (COD).
– كمية الأكسجين المستهلك حيويًّا (BOD).

مراجعةُ الدرسِ

1. **أقارنُ** بينَ الملوثاتِ العضويةِ المنزليةِ والملوثاتِ العضويةِ الصناعيةِ، منْ حيثُ قابليتُها للتحللِ.
2. أوضحُ كيفَ تؤثرُ المياهُ العادمةُ على صحةِ الإنسانِ.
3. أوضحُ تأثيرَ المياهِ العادمةِ على السلاسلِ الغذائيةِ المائيةِ.
4. **أصفُ** آليةَ حدوثِ ظاهرةِ الإثراءِ الغذائيِّ.
5. **أصفُ** العلاقةَ بينَ وجودِ الموادِّ العضويةِ القابلةِ للتحللِ الحيويِّ ووجودِ الغازاتِ في المياهِ العادمةِ.
6. **أصنفُ** الملوثاتِ الآتيةَ إلى موادَّ عضويةٍ وموادَّ غيرِ عضويةٍ:
كربوهيدراتٌ، أملاحٌ، عناصرُ معدنيةٌ، دهونٌ.
7. أذكرُ الطريقةَ التي يجري منْ خلالِها قياسُ كلٍّ ممّا يأتي:
– الموادُّ العضويةُ والموادُّ غيرُ العضويةِ والأيوناتُ الذائبةُ في الماءِ.
– الموادُّ العضويةُ والموادُّ غيرُ العضويةِ العالقةُ في الماءِ.
– الموادُّ العضويةُ غيرُ القابلةِ للتحلُّلِ الحيويِّ.
– الموادُّ العضويةُ القابلةُ للتحلُّلِ الحيويِّ.

الفكرةُ الرئيسة:
تحدثُ معالجةُ المياهِ العادمةِ في محطاتٍ خاصةٍ لتنقيتِها، والاستفادةِ منَ المياهِ الناتجةِ عنْها بعدَ المعالجةِ في مجالاتٍ عدَّةٍ.

نتاجاتُ التعلُّم:
- أصممُ تخطيطًا انسيابيًّا لمحطةِ معالجةِ المياهِ العادمةِ.
- أشرحُ الأفكارَ العلميةَ والتكنولوجيةَ التي تُبنى عليْها محطاتُ التنقيةِ.
- أصفُ بدقةٍ إمكانيةَ الاستفادةِ منَ المياهِ العادمةِ المنقّاةِ في بيئتي.
- أعطي أمثلةً على أنَّ المياهَ العادمةَ مصدرٌ مهمٌّ منْ مصادرِ المياهِ.
- أبينُ منْ خلالِ بياناتٍ حقيقيةٍ كميةَ المياهِ العادمةِ في مدينتي.

المفاهيمُ والمصطلحاتُ:
معالجةُ المياهِ العادمةِ
Wastewater Treatment
المعالجةُ الفيزيائيةُ
Physical Treatment
المعالجةُ الكيميائيةُ
Chemical Treatment
المعالجةُ البيولوجيةُ
Biological Treatment
الحمأةُ Sludge

محطاتُ معالجةِ المياهِ العادمةِ
Wastewater Treatment Plants

تعرفتُ سابقًا الأضرارَ التي تسببُها المياهُ العادمةُ في صحةِ الإنسانِ والمياهِ السطحيةِ والمياهِ الجوفيةِ، ولتفادي هذهِ الأضرارِ وحفاظًا على صحةِ الإنسانِ والبيئةِ يجري معالجتُها في محطاتٍ خاصةٍ، وتُعرَّفُ معالجةُ المياهِ العادمةِ Wastewater Treatment بأنَّها مجموعةٌ منَ العملياتِ الفيزيائيةِ والكيميائيةِ والبيولوجيةِ التي تهدفُ إلى إزالةِ الملوثاتِ العضويةِ وغيرِ العضويةِ منَ المياهِ العادمةِ، والتخلصِ منْ أكبرِ نسبةٍ ممكنةٍ منْ تلكَ الملوثاتِ، ويمكنُ الاستفادةُ منَ المياهِ العادمةِ المعالجةِ بصفتِها موردًا مهمًّا منْ مواردِ المياهِ غيرِ التقليديةِ، وتتمُّ معالجةُ المياهِ العادمةِ في محطاتٍ خاصةٍ تُسمّى محطاتِ معالجةِ المياهِ العادمةِ، أنظرُ الشكلَ (10) الذي يوضحُ إحدى محطاتِ معالجةِ المياهِ العادمةِ.

الشكل (10): إحدى محطات معالجة المياه العادمة

استخدام الصور والأشكال:
محطات معالجة المياه العادمة.

- وجِّه الطلبة إلى دراسة الشكل (10) الذي يمثل إحدى محطات معالجة المياه العادمة، ثم اسألهم:
  - ماذا تشاهد في الشكل؟

  مجموعة من الأحواض موصولة مع بعضها، وتمثل محطة لمعالجة المياه العادمة.
- أخبر الطلبة أنه تجري معالجة المياه العادمة من خلال مراحل متتابعة تُستخدم فيها أنواع متعددة من المعالجة.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

*** التوازن البيئي**

أخبر الطلبة أثناء مناقشة مفهوم معالجة المياه العادمة أنه من خلال محطات المعالجة يمكن الحد من التلوث الذي قد يلحق بالبيئة بسبب وجود المياه العادمة، ويؤدي إلى الإخلال بالتوازن البيئي، حيث إن التلوث من القضايا البيئية التي تشغل العالم؛ وذلك لما له من آثار سلبية على التوازن البيئي، والتأثير على أنظمة البيئة جميعها.

معالجة المياه العادمة
Wastewater Treatment

1 تقديم الدرس

الفكرة الرئيسة:
محطات معالجة المياه العادمة.

- اعرض أمام الطلبة صورتين لمحطتين مختلفتين لمعالجة المياه العادمة، ثم اسألهم:
  - ماذا يمثل الشكل؟

  محطات معالجة المياه العادمة.
  - هل تمر معالجة المياه العادمة بالمراحل نفسها في جميع المحطات؟

  ستتنوَّع إجابات الطلبة، وتتعدَّد.
- أَدِرْ نقاشًا مع الطلبة لاستنتاج أنَّ محطات معالجة المياه العادمة جميعها تمر بالمراحل نفسها، وأخبرهم أنهم سيتعلمونها خلال هذا الدرس.

الربط بالمعرفة السابقة:
- ذكِّر الطلبة بما تعلموه عن تأثير المياه العادمة على البيئة، وعلى صحة الإنسان، وعن مخاطر المياه العادمة لو تركت دون معالجة.

2 التدريس

بناء المفهوم:
معالجة المياه العادمة.

- اعرض على الطلبة صورتين، إحداها لمياه عادمة، والأخرى لمياه عادمة معالجة، ثم اطرح عليهم الأسئلة الآتية:
  - بماذا تختلف المياه في الصورة الأولى عن الصورة الثانية؟

  ستتنوع إجابات الطلبة وتتعدد، وبعد الاستماع إلى إجابات الطلبة أخبرهم أن الصورة الثانية تمثل المياه العادمة بعد معالجتها.
  - أين يتم معالجة المياه العادمة؟

  في محطات خاصة لمعالجة المياه العادمة.
  - ماذا تعني معالجة المياه العادمة؟

  ستتعدد إجابات الطلبة، وبعد الاستماع إلى إجابات الطلبة توصل معهم إلى أن معالجة المياه العادمة تعني مجموعة من العمليات الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية التي تهدف إلى إزالة الملوثات العضوية وغير العضوية من المياه العادمة، والتخلص من أكبر نسبة ممكنة من تلك الملوثات.

نشاط:

أنواع المعالجة الفيزيائية والكيميائية والحيوية للمياه العادمة.

زمن التنفيذ: 20 دقيقة.

الهدف: تعرف أنواع المعالجة الفيزيائية والكيميائية والحيوية للمياه العادمة.

المهارات العلمية: التنبؤ، التواصل.

الإجراءات والتوجيهات:

- وجِّه الطلبة إلى تنفيذ نشاط (أنواع المعالجة الفيزيائية والكيميائية والحيوية للمياه العادمة) الوارد في كتاب الأنشطة والتجارب العملية.
- وزِّع الطلبة إلى مجموعات، واطلب إلى أفراد المجموعات دراسة الجدول الذي يوضحُ أنواعَ المعالجةِ الفيزيائيةِ والكيميائيةِ والحيويةِ للمياهِ العادمةِ، ثمَّ الإجابة عنِ الأسئلةِ التي تلي الشكل.
- استمع إلى إجابات الطلبة، ثم ناقِشهم بالعمليات في كل مرحلة.

النتائج المتوقعة: يتوقع من الطالب أن:

1. يذكر عمليات المعالجة المصاحبة لكل نوع من أنواع المعالجة.
2. يحدد العامل الذي يعتمد عليه كل نوع من أنواع المعالجة.

التحليلُ والاستنتاجُ:

1. المعالجة الفيزيائية: الطفو، الترسيب الطبيعيُّ بفعل الجاذبية، الترسيب عبر وسط حُبَيبيٍّ.

المعالجة الكيميائية: الترويب الكيميائيّ، التطهير، الادمصاص بالكربون، الاسموزية المعاكسة.

المعالجة البيولوجية: عملياتُ الحمأةَ المنشطة، بحيرات الأكسدة.

2. تعتمد المعالجةُ الفيزيائيةُ على الخواصِّ الطبيعية للمواد والسوائل، أما المعالجةُ الكيميائيةُ فتعتمد على التفاعلات الكيميائية، وتعتمد المعالجة البيولوجية على النشاط البيولوجيّ للكائنات الحية الدقيقة في تحلل المواد العضوية وقابليتها للتحلل بيولوجيًّا.
3. المعالجة الفيزيائية: ملوثات كبيرة الحجم التي يمكن تصفيتها أو ترسيبها، أو المواد ذات الكثافة القليلة التي يمكن أن تطفو على سطح الماء.

المعالجة الكيميائية: الملوثات التي تكون عالقة بالماء ويصعب ترسيبُها بالطرائق الطبيعية، والمواد الذائبة في الماء.

المعالجة البيولوجية: مواد عضوية قابلة للتحلل الحيوي.

◄ الربط بالمعرفة السابقة

الخصائص الفيزيائية للمواد.

- ذكِّر الطلبة بما درسوه سابقًا عن الخصائص الفيزيائية للمواد، مثل: الطفو والترسيب.

أنواعُ معالجةِ المياهِ العادمةِ Types of Wastewater Treatment

تجري معالجةُ المياهِ العادمةِ منْ خلالِ مراحلَ متتابعةٍ تُستخدَمُ فيها أنواعٌ متعددةٌ منَ المعالجةِ، وهيَ المعالجةُ الفيزيائيةُ Physical Treatment، والمعالجةُ الكيميائيةُ Chemical Treatment، والمعالجةُ البيولوجيةُ Biological Treatment، ويمكنُ تعرفُ أنواعِ معالجةِ المياهِ العادمةِ بتنفيذِ النشاطِ الآتي:

نشاطٌ

أنواعُ المعالجةِ الفيزيائيةِ والكيميائيةِ والحيويةِ للمياهِ العادمةِ

أدرسُ الجدولَ الآتيَ الذي يوضحُ أنواعَ المعالجةِ الفيزيائيةِ والكيميائيةِ والحيويةِ للمياهِ العادمةِ، ثمَّ أجيبُ عنِ الأسئلةِ التي تليهِ:

نوعُ المعالجةِ	الوصفُ	عملياتُ المعالجةِ
المعالجةُ الفيزيائيةُ	تعتمدُ المعالجةُ الفيزيائيةُ على الخواصِّ الطبيعيةِ للموادِّ والسوائلِ، مثلَ الطفوِ والترسيبِ، ويجري فيها إزالةُ كميةٍ كبيرةٍ منَ الملوثاتِ كبيرةِ الحجمِ.	- الطفوُ. - الترسيبُ الطبيعيُّ بفعلِ الجاذبيةِ. - الترسيبُ عبرَ وسطٍ حُبَيبيٍّ.
المعالجةُ الكيميائيةُ	تعتمدُ المعالجةُ الكيميائيةُ على التفاعلاتِ الكيميائيةِ، ويتمُّ منْ خلالِها إزالةُ أنواعٍ معينةٍ منَ الملوثاتِ التي تصعبُ إزالتُها بالطرائقِ الأخرى.	- الترويبُ الكيميائيُّ. - التطهيرُ. - الادمصاصُ بالكربونِ. - الأسموزيةُ العكسيةُ.
المعالجةُ البيولوجيةُ	تعتمدُ المعالجةُ البيولوجيةُ على النشاطِ البيولوجيِّ للكائناتِ الحيةِ الدقيقةِ في تحلُّلِ الموادِّ العضويةِ القابلةِ للتحلُّلِ بيولوجيًّا.	- عملياتُ الحمأةِ المنشطةِ. - بحيراتُ الأكسدةِ.

التحليلُ والاستنتاجُ:

1 – أذكرُ عملياتِ المعالجةِ المصاحبةِ لكلٍّ منَ: المعالجةِ الفيزيائيةِ، والمعالجةِ الكيميائيةِ، والمعالجةِ البيولوجيةِ.

2 –أحددُ العاملَ الذي تعتمدُ عليهِ كلٌّ منَ: المعالجةِ الفيزيائيةِ، والمعالجةِ الكيميائيةِ، والمعالجةِ البيولوجيةِ.

3 –أتنبأُ: ما طبيعةُ الملوثاتِ التي يجري التخلصُ منْها في كلٍّ منَ: المعالجةِ الفيزيائيةِ، والكيميائيةِ، والبيولوجيةِ.

معلومة إضافية

عمليات معالجة المياه العادمة

ثمة عمليات عدة لمعالجة المياه العادمة، ويتم تحديد نوع المعالجة المستخدمة في معالجة المياه من خلال عدة أسس، منها: معدل صرف المخلفات الصناعية في شبكة المياه العادمة، ومدى الحاجة إلى إعادة استخدام المياه المعالجة، ونوعية المياه المعالجة المراد الحصول عليها، وخصائصها ، وكمية المياه العادمة الموجودة ونوعيتها.

استراتيجية التقويم: التقويم المعتمد على الملاحظة. **أداة التقويم:** قائمة رصد.

الرقم	معيار الأداء	التقدير	
		نعم	لا
1	يذكر عمليات المعالجة المصاحبة لكل نوع من أنواع المعالجة.		
2	يحدد العامل الذي تعتمد عليه كل نوع من أنواع المعالجة.		
3	يتنبأ بطبيعة الملوثات التي يتم التخلص منها في كل نوع من أنواع المعالجة.		
4	يعمل بروح الفريق الواحد.		

تعتمدُ المعالجةُ الفيزيائيةُ على الخواصِّ الطبيعيةِ للموادِّ، مثلَ عملياتِ ترسيبِ الموادِّ بفعلِ الجاذبيةِ، وإزالةِ الموادِّ الطافيةِ على سطحِ السائلِ بسببِ اختلافِ الكثافةِ، أما بالنسبةِ إلى المعالجةِ الكيميائيةِ فتعتمدُ على التفاعلاتِ الكيميائيةِ، ويتمُّ التخلصُ منَ الملوثاتِ التي يصعبُ التخلصُ منْها بالمعالجةِ الفيزيائيةِ والبيولوجيةِ، مثلَ الموادِّ العالقةِ بالماءِ التي يصعبُ ترسيبُها- بالطرائقِ الطبيعيةِ.

أما المعالجةُ البيولوجيةُ فتعتمدُ على النشاطِ البيولوجيِّ للكائناتِ الحيةِ في تحللِ الموادِّ العضويةِ، مثلَ عملياتِ المعالجةِ بحيراتِ الأكسدةِ التي تعدُّ أبسطَ عملياتِ المعالجةِ البيولوجيةِ، حيثُ يحدثُ تحللُ الموادِّ العضويةِ بواسطةِ البكتيريا الهوائيةِ.

✓ **أتحقَّقُ:** أفسرُ دورَ العملياتِ البيولوجيةِ في تنقيةِ المياهِ العادمةِ.

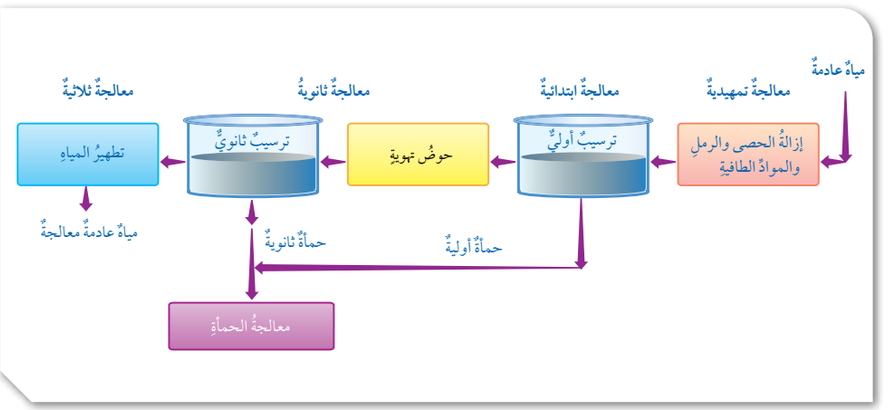
مراحلُ معالجةِ المياهِ العادمةِ

Stages of Wastewater Treatment

تمرُّ معالجةُ المياهِ العادمةِ بعددٍ منَ المراحلِ، وفي كلِّ مرحلةٍ يتمُّ إزالةُ نوعٍ معينٍ منَ الملوثاتِ، أنظرُ الشكلَ (11).

الشكلُ (11): مراحلُ معالجةِ المياهِ العادمةِ.

أحددُ مراحلَ المعالجةِ التي تنتجُ منْ خلالِها الحمأةُ.



حل سؤال الشكل (11):

معالجة ابتدائية (ترسيب أولي) ومعالجة ثانوية (ترسيب ثانوي).

✓ **أتحقَّقُ:**

تعتمد العمليات البيولوجية على تحليل المواد العضوية القابلة للتحلل الحيوي بوجود كائنات حية هوائية مثل البكتيريا؛ حيث تحتوي المياه العادمة على كميات كبيرة من المواد العضوية.

◄ استخدام الصور والأشكال:

مراحلُ معالجةِ المياهِ العادمةِ.

- وجه الطلبة إلى دراسة الشكل (11) الذي يمثل مراحل معالجة المياه العادمة، ثم اسألهم:

– ماذا تشاهد في الشكل؟

المراحل التي تمر فيها معالجة المياه العادمة.

– اذكر مراحل معالجة المياه العادمة.

معالجة تمهيدية، معالجة ابتدائية، معالجة ثانوية، معالجة ثلاثية.

- ناقش الطلبة في إجاباتهم، وأخبرهم أنهم سيدرسون هذه المراحل بالتفصيل في هذا الدرس.

– ما أنواع المعالجة المستخدمة في المحطة؟

تشمل أنواع المعالجة الثلاثة: المعالجة الفيزيائية، والمعالجة البيولوجية، والمعالجة الكيميائية.

– حدد المراحل التي يُستخدم فيها كل نوع من أنواع المعالجة.

في المرحلة التمهيدية والابتدائية تعتمد على المعالجة الفيزيائية، وتعتمد المرحلة الثانوية على المعالجة البيولوجية، وتعتمد المرحلة المتقدمة على المعالجة الكيميائية.

مراحل معالجة المياه العادمة.

- بواسطة استراتيجية جدول التعلُّم،

(What I already Know/ What I Want to Learn / What I Learned)

- اطلب إلى الطلبة تصميم جدول التعلُّم، ماذا أريد أنْ أتعلَّم؟ ماذا تعلَّمْتُ؟
- اطلب إليهم تدوين إجابة السؤالين الآتيين:

– ماذا أعرف عن مراحل معالجة المياه العادمة؟

– ماذا أريد أنْ أتعلَّم عن مراحل معالجة المياه العادمة؟

- وجِّه الطلبة إلى تدوين ما تعلَّموه في عمود: (ماذا تعلمت؟ (بعد الانتهاء من شرح موضوع مراحل معالجة المياه العادمة).

◄ المناقشة:

المعالجة التمهيدية.

● اطرح على الطلبة الأسئلة الآتية:

– كيف تحدث معالجة المياه العادمة في مرحلة المعالجة التمهيدية؟

يتم تصفية المياه العادمة بواسطة استخدام مصافٍ كبيرة؛ لإزالة الرمل والحصى، وتجري إزالة المواد خفيفة الوزن والتي تطفو على سطح الماء.

– ما أهمية هذه المرحلة؟

حماية أجهزة المحطة، ومنع انسداد الأنابيب فيها.

◄ استخدام الصور والأشكال:

المعالجة الإبتدائية والحمأة.

● وجه الطلبة إلى دراسة الشكل (12) الذي يمثل الحمأة، ثم اسألهم:

– ماذا تشاهد في الشكل؟

ستتعدد إجابات الطلبة، ومنها: الأجسام الصلبة العضوية، وغير العضوية، التي تترسب أثناء معالجة المياه العادمة.

– ما نوع المعالجة التي تنتج عنها هذه المواد؟

معالجة فيزيائية بواسطة الترسيب.

● ناقش الطلبة في إجاباتهم، وأخبرهم أن هذه المواد التي تترسب في هذه المرحلة تسمى بالحمأة، وأن هذه المرحلة إحدى مراحل معالجة المياه العادمة وهي المعالجة الإبتدائية.

◄ استخدام الصور والأشكال:

المعالجة الثانوية.

● وجِّه الطلبة إلى تأمل الشكل (11) في كتاب الطالب، ثم اطرح الأسئلة الآتية:

– ما فائدة وجود حوض التهوية في المعالجة الثانوية؟

تجري فيه إزالة نسبة كبيرة من المواد العضوية القابلة للتحلل بيولوجيا، وذلك بوجود البكتيريا الهوائية التي تعمل على تحلل المواد العضوية.

– ماذا يحدث للمواد التي لم تترسب في المرحلة الابتدائية؟

تترسب على شكل حمأة ثانوية.

◄ المناقشة

المعالجة المتقدمة أو الثلاثية.

● وجه الأسئلة الآتية إلى الطلبة:

– لماذا سميت هذه المرحلة بالمعالجة المتقدمة؟

لأنه من خلالها نحصل على ماء نقي بدرجة عالية.

– ما أنواع الملوثات التي تتم إزالتها في هذه المرحلة؟

المغذيات، والمواد العالقة صغيرة الحجم، وإزالة مسببات الأمراض.

الشكلُ (12): الحمأةُ في المياهِ العادمةِ أثناءَ معالجتِها.

أفكّرُ تنتجُ منْ معالجةِ المياهِ العادمةِ كميةٌ كبيرةٌ من الحمأةِ التي تجري معالجتُها، أفكرُ بمخاطرِ استخدامِ الحمأةِ غيرِ المعالَجةِ.

المعالجةُ التمهيديةُ Preliminary Wastewater Treatment

تضمُّ مرحلةُ المعالجةِ التمهيديةِ عملياتِ المعالجةِ الفيزيائيةِ مثلَ: التصفيةِ بواسطةِ استخدامِ مصافٍ كبيرةٍ لإزالةِ الرملِ والحصى، وعمليةِ الطفوِ لإزالةِ الدهونِ والزيوتِ وبعضِ الموادِّ خفيفةِ الوزنِ، كذلكَ يتمُّ التخلصُ في هذهِ المرحلةِ منْ نسبةٍ قليلةٍ منَ الموادِّ العضويةِ القابلةِ للتحللِ والموادِّ العالقةِ، وتنقيةِ المياهِ بهذهِ المرحلةِ يعملُ على حمايةِ أجهزةِ المحطةِ، ومنعِ انسدادِ الأنابيبِ فيها.

المعالجةُ الابتدائيةُ Primary Wastewater Treatment

تحدثُ في هذهِ المرحلةِ إزالةُ جزءٍ منَ الأجسامِ الصلبةِ العضويةِ وغيرِ العضويةِ، والموادِّ العالقةِ عنْ طريقِ عملياتِ المعالجةِ الفيزيائيةِ مثلَ: التصفيةِ والترسيبِ، وفي هذهِ المرحلةِ يجري فصلُ الأجسامِ الصلبةِ على شكلِ حمأةٍ Sludge، وهيَ الموادُّ الصلبةُ العضويةُ وغيرُ العضويةِ التي ترسبتْ أثناءَ معالجةِ المياهِ العادمةِ، أنظرُ الشكلَ (12).

المعالجةُ الثانويةُ Secondary Wastewater Treatment

تضمُّ مرحلةُ المعالجةِ الثانويةِ عملياتِ المعالجةِ البيولوجيةِ بوجودِ الأكسجينِ، وذلكَ باستخدامِ البكتيريا الهوائيةِ التي تعملُ على تحللِ الموادِّ العضويةِ في المياهِ العادمةِ، حيثُ تجري إزالةُ نسبةٍ كبيرةٍ منَ الموادِّ العضويةِ القابلةِ للتحللِ بيولوجيًّا، والموادِّ العالقةِ التي لمْ تترسبْ في مرحلةِ المعالجةِ الابتدائيةِ.

المعالجةُ الثلاثيةُ أوِ المتقدمةُ Tertiary Wastewater Treatment

يتمُّ تطبيقُ مرحلةِ المعالجةِ الثلاثيةِ عندَما يكونُ هناكَ حاجةٌ إلى ماءٍ نقيٍّ بدرجةٍ عاليةٍ، حيثُ تجري إزالةُ الملوثاتِ مثلَ المغذياتِ والموادِّ السامةِ والموادِّ العالقةِ صغيرةِ الحجمِ، ومسبباتِ الأمراضِ، وذلكَ منْ خلالِ عدةِ طرائقَ منْها: الترويبُ الكيميائيّ، والادمصاصُ بالكربونِ، و الإسموزيةُ العكسيةُ، و تطهيرُ المياهِ العادمةِ.

إضاءة للمُعلِّم

تعد الإسموزية العكسية إحدى مراحل المعالجة المتقدمة، حيث يتم إزالة الأملاح الموجودة بتراكيز عالية بطريقة الاسموزية العكسية، حيث ينتقل فيها الماء من التركيز الأعلى إلى التركيز الأقل عبر غشاء شبه منفذ؛ بتأثير الضغط على الماء المالح، وذلك بعكس الخاصية الأسموزية، وتعطي معالجة المياه العادمة بواسطة الاسموزية العكسية مياهًا معالجة ذات نقاوة عالية تستخدم في الري والزراعة.

أفكّرُ تسبب الحمأة غير المعالجة العديد من المشكلات في حال استخدامها، مثل: الروائح الكريهة المنبعثة من الحمأة، والمخاطر الصحية التي يمكن أن تسببها للأشخاص الذين يستخدمون الحمأة، ومن الممكن أن تتراكم مسببات الأمراض في التربة، وتنتقل إلى المياه الجوفية.

الربطُ بالكيمياءِ الادمصاصُ بالكربونِ **Carbon Adsorption**

يعدُّ الادمصاصُ بالكربونِ أحدَ طرائقِ مرحلةِ المعالجةِ المتقدمةِ للمياهِ العادمةِ، وذلكَ باستخدامِ الكربونِ المنشطِ، الذي يُصنَّعُ منْ موادَّ كربونيةٍ مختلفةٍ أهمُّها الفحمُ بعدَ معالجتِهِ بطرائقَ كيميائيةٍ وفيزيائيةٍ، تجعلهُ يمتلكُ مساحةً سطحيةً عاليةً وسطحًا مساميًّا، يساعدُ على التصاقِ الملوثاتِ بسطحِهِ وترسبِها في مساماتِ حبيباتِ الكربونِ؛ حيثُ تُمرَّرُ المياهُ العادمةُ على خزاناتٍ تحتوي على حبيباتِ الكربونِ المنشطِ، وذلكَ للتخلصِ منَ الروائحِ الكريهةِ وبعضِ المركباتِ العضويةِ السامةِ، والملوثاتِ المقاومةِ للمعالجةِ البيولوجيةِ.

أبحثُ:

مستعينًا بمصادرِ المعرفةِ المتوافرةِ لديَّ، أبحثُ عنْ عمليةِ الترويبِ الكيميائيِّ Chemical Coagulation، وكيفَ يتمُّ التخلصُ منْ خلالِها منَ الأجسامِ الصلبةِ العالقةِ في الماءِ، وأصممُ عرضًا تقديميًّا وأعرضهُ أمامَ زملائي.

محطاتُ معالجةِ المياهِ العادمةِ في الأردنِّ
Wastewater Treatment Plants in Jordan

تمَّ إنشاءُ حوالي اثنتينِ وثلاثينَ محطةَ معالجةِ مياهٍ عادمةٍ تخدمُ المدنَ والقرى والتجمعاتِ السكنيةِ في مختلفِ محافظاتِ المملكةِ. للتخلصِ منَ المياهِ العادمةِ وتقليلِ آثارِها السلبيةِ على البيئةِ وعلى صحةِ الإنسانِ، أنظرُ الشكلَ (13) الذي يوضحُ محطةَ الخربةِ السمرا.

وقدْ حققَ الأردنُّ إنجازاتٍ مهمةً في قطاعِ الصرفِ الصحيِّ، حيثُ أصبحتْ محطاتُ معالجةِ المياهِ العادمةِ تعملُ بطرائقَ ووسائلَ علميةٍ حديثةٍ، وفقَ المعاييرِ العلميةِ العالميةِ التي تحافظُ على الصحةِ والبيئةِ، وتتمُّ الاستفادةُ منَ المياهِ المعالجةِ في أغراضِ الزراعةِ، ففي عامِ 2018 قامتِ المحطاتُ باستقبالِ 173.93 مليونَ مترٍ مكعبٍ، ونتجَ عنْها 166.63 مليونَ مترٍ مكعبٍ، واستُثمِرَتْ 149.5 مليونَ مترٍ مكعبٍ في أغراضٍ عدةٍ؛ إذْ إنَّها تُستخدَمُ بعدَ خلطِها بمياهِ الفيضاناتِ ومياهِ الجريانِ منَ الأوديةِ لأغراضٍ زراعيةٍ وصناعيةٍ، ويمكنُ تعرُّفُ بعضِ محطاتِ معالجةِ المياهِ العادمةِ بعدَ تنفيذِ النشاطِ الآتي:

الشكلُ (13): محطةُ الخربةِ السمرا التي تقعُ في محافظةِ الزرقاءِ.

أبحثُ:

من النتائجِ التي سيتوصلُ إليها الطلبةُ:

تتم طريقة الترويب الكيميائي بإضافة مركبات كيميائية إلى المياه العادمة، وتعمل تلك المركبات على تلاصق الجسيمات العالقة في المياه العادمة، وتكوِّن كتلاً صلبة كبيرة الحجم تترسب بسهولة.

ثم وجِّه الطلبة إلى عرض ما توصلوا إليه من خلال تصميم العرض التقديمي، ومناقشة باقي أعضاء المجموعات.

نشاط سريع محطة الخربة السمراء

- وجِّه الطلبة إلى البحث في شبكة الإنترنت عن محطة الخربة السمرا، وسبب تسميتها بهذا الاسم، وأهمية هذه المحطة، والمناطق التي تخدمها المحطة، ثم أَدِرْ نقاشًا مع الطلبة حول ذلك.

الربطُ بالكيمياءِ الادمصاص بالكربون

- راجِع الطلبة في مفهوم المسامية، عند الحديث عن ترسب الملوثات في مسامات حبيبات الكربون، والفرق بين الامتصاص والإدمصاص.

المسامية هي نسبة الفراغات في الصخر إلى نسبة الحجم الكلي للصخر، وهنا بالنسبة إلى الكربون: كلما زادت المسامات فيه زادت قدرته على ترسيب الملوثات داخل هذه المسامات.

- استعمل **استراتيجية التعلُّم التعاوني** (Collaborative Learning) بتوزيع الطلبة إلى مجموعات، ثم اطلب إلى أفراد كل مجموعة الإجابة عن السؤال الآتي:

– كيف يساعد الإدمصاص بالكربون على التخلص من الروائح الكريهة وبعض المواد السامة؟

◄ استخدام الصور والأشكال:

محطاتُ معالجةِ المياهِ العادمةِ في الأردنِّ.

- وزِّع الطلبة إلى مجموعات، ثم اطرح عليهم الأسئلة الآتية:

– ماذا تشاهد في الشكل (13)؟

محطة الخربة السمرا.

– لماذا أُنشئت محطة الخربة السمرا؟

لمعالجة المياه العادمة الناتجة من محافظة الزرقاء، ومحافظة العاصمة، وإنتاج مياه صالحة للزراعة والري.

- أخبر الطلبة أنه تم إنشاء حوالي اثنتين وثلاثين محطة معالجة مياه عادمة تخدم المدن والقرى والتجمعات السكنية في مختلف محافظات المملكة، ثم ناقش الطلبة كيف حصلت الاستفادة من المياه العادمة المعالجة في الأردن.

◄ الربط بالمعرفة السابقة:

- ذكِّر الطلبة بما درسوه سابقًا عن المصادر غير التقليدية للمياه، وهي المياه العادمة المعالجة؛ حيث تعد من الموارد المائية الرافدة للمياه السطحية بعد معالجتها.

نشاط:

بعض محطات معالجة المياه العادمة في الأردن.

زمن التنفيذ: 20 دقيقة.

الهدف: المقارنةُ بينَ كمية المياه العادمة التي تجري معالجتُها في بعض محطات معالجة المياه العادمة في الأردن.

المهارات العلمية: التنبؤ، التواصل.

الإجراءات والتوجيهات:

- وجِّه الطلبة إلى تنفيذ نشاط (بعض محطات معالجة المياه العادمة في الأردن) الوارد في كتاب الأنشطة والتجارب العملية.
- وزِّع الطلبة إلى مجموعات، واطلب إلى أفراد المجموعات دراسة الجدول الذي يمثل محطات تنقية مياه الصرف الصحي في الأردن، ويمثل بيانات لعام (2018)، ثم أجيب عن الأسئلة التي تلي الجدول.
- استمع إلى إجابات الطلبة، ثم ناقِشهم فيها؛ لاستنتاج أن كمية المياه الداخلة إلى المحطات المختلفة تختلف وتتباين من محطة إلى أخرى، حيث تعتمد الكمية على عوامل عدة.

النتائج المتوقعة: يتوقع من الطالب أن:

1. يقارن بين كمية المياه العادمة التي يتم معالجتها في المحطات المختلفة.
2. يحدد العوامل التي تعتمد عليها كمية المياه العادمة التي تصل محطات المعالجة.

التحليل والاستنتاج:

1. محطة تنقية الخربة السمرا تحتوي على أكبر كمية مياه عادمة تتم تنقيتها، ومحطة تنقية الكرك تحتوي على أقل كمية تتم تنقيتها.
2. تعتمد كمية المياه العادمة الداخلة إلى محطة المعالجة على عوامل عدة، منْها عدد سكان المنطقة، وطبيعة الأنشطة المنزلية والتجارية.
3. يعتمد ذلك على مرحلة معالجة المياه العادمة، وهذا يؤثر على الاستعمالات المختلفة لمياه السد، فقد تتأثر المياه بالمغذيات الموجودة في المياه العادمة؛ ما يفضي إلى حدوث ظاهرة الإثراء الغذائي في السد، كما قد تنتقل مسببات الأمراض إلى مياه السد؛ فتحدّ بذلك من استخدامها في بعض المزروعات، ويُكتَفى باستخدامها في الزراعة المقيدة.

نشاطٌ

بعضُ محطاتِ معالجةِ المياهِ العادمةِ في الأردنِّ

أدرسُ الجدولَ الآتيَ الذي يمثلُ بعضَ محطاتِ معالجةِ المياهِ العادمةِ في الأردنِّ، ويمثلُ بياناتٍ لعامِ (2018)، ثمَّ أجيبُ عنِ الأسئلةِ التي تليهِ:

الرقم	اسمُ المحطةِ	كميةُ المياهِ الداخلةِ (مليونَ مترٍ مكعبٍ في السنةِ)	كميةُ المياهِ الخارجةِ (مليونَ مترٍ مكعبٍ في السنةِ)	كميةُ المياهِ المستغلةِ (مليونَ مترٍ مكعبٍ في السنةِ)
1	محطةُ تنقيةِ الخربةِ السمرا	120.72	117.10	117.10
2	محطةُ تنقيةِ السلطِ	3.59	3.19	3.183
3	محطةُ تنقيةِ كفرنجةَ	1.30	1.25	1.249
4	محطةُ تنقيةِ عينِ الباشا	5.39	5.12	5.119
5	محطةُ تنقيةِ الكركِ	0.55	0.54	0.536
6	محطةُ تنقيةِ معانَ	0.95	0.92	0.651
7	محطةُ تنقيةِ العقبةِ الميكانيكيةِ	4.51	3.90	3.90

التحليلُ والاستنتاجُ:

1 – أحددُ: أيُّ المحطاتِ تحتوي على أكبرِ كميةِ مياهٍ عادمةٍ يتمُّ تنقيتُها؟ وأيُّها تحتوي على أقلِّ كميةٍ؟

2 –أتنبأُ: ما العواملُ المؤثرةُ في كميةِ المياهِ الداخلةِ إلى المحطةِ؟

3 – أستقصي أثرَ المياهِ العادمةِ الخارجةِ منْ هذهِ المحطاتِ على السدودِ التي تصبُّ فيها.

يتبينُ مما سبقَ أنَّ كميةَ المياهِ الداخلةِ إلى المحطاتِ المختلفةِ تختلفُ وتتباينُ منْ محطةٍ إلى أخرى، حيثُ تعتمدُ الكميةُ على عواملَ عدةٍ، منْها: عددُ سكانِ المنطقةِ، وطبيعةُ الأنشطةِ المنزليةِ والتجاريةِ.

أبحثُ: مستعينًا بمصادرِ المعرفةِ المتوافرةِ لديَّ- أبحثُ عنْ إحدى محطاتِ معالجةِ المياهِ العادمةِ في الأردنِّ، وأبينُ كيفَ تجري الاستفادةُ منَ المياهِ المعالجةِ فيها، ثمَّ أعدُّ عرضًا تقديميًّا عنهُ، وأعرضهُ أمامَ زملائي.

أبحث:

تتنوع إجابات الطلبة وتتعدد؛ حسب المحطة التي يختارها الطالب لجمع البيانات حولها، ومن الإجابات التي قد يجمعها الطلبة: استخدام المياه في تبريد الماكينات في الصناعة، واستخدامها في الزراعة المقيدة.

توظيف التكنولوجيا

ابحث في المواقع الإلكترونية المناسبة عن مقاطع فيديو تعليمية، أو عروض تقديمية جاهزة عن موضوع محطات معالجة المياه في الأردن علما بأنَّه يُمكِنك إعداد عروض تقديمية تتعلَّق بموضوع الدرس.

شارِك الطلبة في هذه المواد التعليمية عن طريق الصفحة الإلكترونية للمدرسة، أو تطبيق التواصل الاجتماعي (الواتس آب)، أو إنشاء مجموعة على تطبيق (Microsoft teams)، أو استعمِل أيَّة وسيلة تكنولوجية مناسبة بمشاركة الطلبة وذويهم.

استخداماتُ المياهِ المعالجةِ Uses of Wastewater

لقد أدى شحُّ الموارد المائيةِ إلى البحثِ عنْ مصادرَ مائيةٍ غيرِ تقليديةٍ، منْها إعادةُ استخدامِ المياهِ المعالجةِ، ويعتمدُ استخدامُ المياهِ المعالجةِ على درجةِ المعالجةِ؛ فبعضُ الاستخداماتِ يحتاجُ معالجةً ثانويةً، وبعضها الآخرُ يحتاجُ معالجةً متقدمةً.

ومنَ استخداماتِ المياهِ العادمةِ المعالجةِ في الصناعةِ تبريدُ الماكيناتِ، وغسلُ بعضِ المعداتِ والماكيناتِ، أما استخدامُها في الزراعةِ فيختلفُ حسبَ درجةِ معالجةِ المياهِ العادمةِ؛ فمثلًا يمكنُ الاستفادةُ منَ المياهِ المعالجةِ ثانويًّا في ريِّ المزروعاتِ التي تكونُ ثمارُها بعيدةً عنِ الأرضِ، بحيثُ يمكنُ حمايتُها منَ التلوثِ، وريِّ الخضراواتِ التي تُطهى ولا تؤكلُ طازجةً، وتكون سيقانُ نباتاتِها بعيدةً عنْ سطحِ الأرضِ، أما إذا جرتْ معالجةُ المياهِ بطريقةٍ متقدمةٍ فيمكنُ استعمالُها لريِّ النباتاتِ التي تؤكلُ نيئةً وجميعِ أنواعِ المحاصيلِ، ويمكنُ استخدامُ المياهِ العادمةِ المعالجةِ في استصلاحِ مساحاتٍ واسعةٍ منَ المناطقِ الصحراويةِ، وزراعةِ الغاباتِ، وريِّ الحدائقِ والمسطحاتِ الخضراءِ.

ومنَ المشاريعِ الريادية في قطاعِ الصرفِ الصحيِّ في الأردنِّ مشروعُ زراعةِ الأعلافِ في أراضي جنوبِ عمانَ التي افتتحتْها وزارةُ المياهِ والريِّ في شهرِ تشرينَ الأولِ منْ عامِ 2015، وذلكَ بعدَ إنشاءِ محطةِ صرفٍ صحيٍّ (تنقيةِ جنوبِ عمانَ)، وهيَ منَ المحطاتِ الصديقةِ للبيئةِ حيثُ تعملُ بأحدثِ أنظمةِ المعالجةِ، ويتمُّ الاستفادةُ منَ المياهِ المعالجةِ في زراعةِ الشعيرِ والذرةِ العلفيةِ، أنظرُ الشكلَ (14) الذي يمثلُ زراعةَ الذرةِ العلفيةِ في جنوبِ عمانَ.

أمثلُ بيانيًّا باستخدامِ برمجيةِ إكسل، كميةَ المياهِ الداخلةِ لمحطاتِ معالجةِ المياهِ العادمةِ، وكميةَ المياهِ الخارجةِ منْها، وكميةَ المياهِ المستغلةِ بعدَ المعالجةِ، في النشاطِ السابقِ صفحةَ (78)، يمكنُني اختيارُ(4) محطاتٍ منْها على الأقلِّ، ثمَّ أشاركهُ معلمي وزملائي في الصفِّ.

الشكلُ (14): زراعةُ الذرةِ العلفيةِ في جنوبِ عمانَ.

77

التدريس المدمج: بعض محطات معالجة المياه العادمة في الأردن:

- قسم الطلبة إلى مجموعات، ووضِّح لهم المطلوب من النشاط، وبيِّن لطلبتك أن عليهم اختيار أربع محطات على الأقل من المحطات الموجودة في النشاط في صفحة (76)، ثم اطلب إليهم تمثيلها بيانيًّا باستخدام برمجية (إكسل)، تأكد قبل البدء بالنشاط أنهم يعرفون كيفية استخدام برنامج (الإكسل)، ويمكنك الاستعانة بمعلم الحاسوب؛ للمساعدة في توضيح آلية عمل البرنامج.

المناقشة:

استخدامات المياه المعالجة.

- أدر جلسة نقاشية مع الطلبة حول استخدامات المياه المعالجة في الزراعة والصناعة، ثم ناقشهم في ما طُرِح في الجلسة النقاشية؛ بحيث يتبادل أفراد المجموعة الأدوار بالتحدُّث عن استخدامات المياه المعالجة في الزراعة والصناعة، والاستماع إلى بعضهم مدَّة من الوقت.

طريقة أخرى للتدريس — **استراتيجية الطاولة المستديرة**

استخدامات المياه المعالجة.

- استراتيجية **الطاولة المستديرة**، اكتب السؤال الآتي في رأس ورقة فارغة: ما استخدامات المياه العادمة المعالجة في كل من: الزراعة والصناعة؟
- وزِّع الطلبة إلى مجموعات، ثم أعطِ كل مجموعة ورقة تحوي السؤال المذكور آنفًا.
- اطلب إلى كل فرد في المجموعة الاطِّلاع على السؤال، ثم إضافة جزء من إجابة السؤال.
- بعد أنْ ينتهي أفراد المجموعة من ذلك- اطلب إليهم التوقُّف، ثم وجِّه أفراد كل مجموعة إلى مناقشة إجابتهم في ما بينهم.
- اطلب إلى أفراد كل مجموعة عرض نتائجهم أمام أفراد المجموعات الأُخرى، ثم مناقشتهم فيها؛ للتوصُّل إلى استخدامات المياه العادمة المعالجة.

استخدام الصور والأشكال:

المشاريع الريادية.

- وجِّه الطلبة إلى تأمل الشكل (14) في الكتاب المدرسي، والذي يمثل أحد المشاريع الريادية في قطاع الصرف الصحي في الأردن، ثم اطرح السؤال الآتي:

- ما المزروعات التي تُروى بالمياه الخارجة من محطة تنقية جنوب عمان؟

- ناقش الطلبة في إجاباتهم؛ للتوصُّل معهم إلى أنه من المشاريع الريادية في قطاع الصرف الصحي في الأردن مشروع زراعة الأعلاف في أراضي جنوب عمان.

مراجعة الدرس

1 معالجة تمهيدية، معالجة ابتدائية، معالجة ثانوية، معالجة متقدمة أو ثلاثية.

2 **الحمأة**: المواد الصلبةُ العضوية وغير العضوية التي ترسبت أثناء معالجة المياه العادمة.

معالجة المياه العادمة: مجموعةٌ منَ العمليات الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية التي تهدف إلى إزالة الملوثات العضوية وغير العضوية من المياه العادمة، وإلى التخلص من أكبر نسبة ممكنة من تلك الملوثات.

المعالجة الفيزيائة: هي المعالجة التي تعتمد على الخواصِّ الطبيعية للمواد والسوائل، مثل: الطفوِ والترسيب، ويتم فيها إزالة كمية كبيرة من الملوثات كبيرة الحجم.

3 يعتمد استخدام المياه المعالجة على درجة المعالجة؛ فبعض الاستخدامات يحتاج معالجة ثانوية، وبعضها الآخر يحتاج معالجة متقدمة، ومن استخدامات المياه العادمة المعالجة في الصناعة تبريد الماكينات، وغسل بعض المعدات والماكينات، أما استخدامُها في الزراعة فيختلف حسب درجة معالجة المياه العادمة؛ فمثلا يمكن الاستفادة من المياه المعالجة ثانويًّا في ريِّ المزروعات التي تكون ثمارُها بعيدة عنِ الأرض، بحيث يمكن حمايتُها من التلوث، وريّ الخضراوات التي تُطهى ولا تؤكل طازجة، وتكون سيقان نباتاتِها بعيدة عنْ سطح الأرض، أما إذا جرت معالجة المياه بطريقة متقدمة فيمكنُ استعمالُها لريِّ النباتات التي تؤكل نيئةً ولجميع أنواع المحاصيل، ويمكن استخدام المياه العادمة المعالجة في استصلاحِ مساحات واسعة من المناطق الصحراوية، وزراعة الغابات، وريِّ الحدائق والمسطحات الخضراء.

4

من حيث	المعالجة الإبتدائية	المعالجة الثانوية
العمليات المتضمنة داخل المرحلة	المعالجة الفيزيائية	المعالجة البيولوجية
الملوثات التي تجري إزالتها	إزالة جزء من الأجسام الصلبة العضوية وغيرِ العضوية، والمواد العالقة.	إزالة المواد العضوية القابلة للتحلل بيولوجيًّا، والمواد العالقة التي لم تترسب في مرحلة المعالجة الابتدائية.

مراجعةُ الدرسِ

1. **أتتبعُ** المراحلَ الرئيسةَ في معالجةِ المياهِ العادمةِ في محطاتِ معالجةِ المياهِ العادمةِ.
2. أوضحُ المقصودَ بالمصطلحاتِ الآتيةِ:
   الحمأةُ، معالجةُ المياهِ العادمةِ، المعالجةُ الفيزيائيةُ.
3. **أصفُ** استخداماتِ المياهِ العادمةِ بعدَ معالجتِها.
4. **أقارنُ** بينَ المعالجةِ الابتدائيةِ والمعالجةِ الثانويةِ منْ حيثُ: العملياتُ المتضمنةُ داخلَ كلِّ مرحلةٍ، والملوثاتُ التي تجري إزالتُها.
5. أحددُ مرحلةَ معالجةِ المياهِ العادمةِ التي يجري فيها ما يأتي:
   - إزالةُ نسبةٍ كبيرةٍ منَ الموادِّ العضويةِ القابلةِ للتحلُّلِ بيولوجيًّا.
   - إزالةُ المغذياتِ مثلَ: النتروجينِ والفسفورِ.
   - تطهيرُ المياهِ منْ مسبباتِ الأمراضِ.
   - إزالةُ الموادِّ الصلبةِ الكبيرةِ.

78

5 – إزالة نسبة كبيرة من المواد العضوية القابلة للتحلل بيولوجيا: المعالجة الثانوية.
– إزالة المغذيات مثل: النيتروجين والفسفور: المعالجة المتقدمة.
– تطهير المياه من مسببات الأمراض: المعالجة المتقدمة.
– إزالة المواد الصلبة الكبيرة: المعالجة التمهيدية.

تنتجُ منْ معالجةِ المياهِ العادمةِ كمياتٌ كبيرةٌ منَ الحمأةِ التي تترسبُ في أحواضِ الترسيبِ الابتدائيةِ والثانويةِ، وتتميزُ الحمأةُ في أحواضِ الترسيبِ الابتدائيةِ برائحتِها الكريهةِ؛ بسببِ احتوائِها على الأمونيا، أما الحمأةُ المترسبةُ في أحواضِ الترسيبِ الثانويةِ فلا رائحةَ لَها بسببِ تعريضِها إلى عملياتِ تهويةٍ شديدةٍ، ويتمُّ معالجةُ الحمأةِ قبلَ استخدامِها للتأكدِ منْ إزالةِ الملوثاتِ الضارةِ منْها، والتخلصِ منَ الماءِ الموجودِ فيها وتخزينِها.

وهناكَ عدةُ استخداماتٍ للحمأةِ، منْها: استخدامُها في الزراعةِ بعدَ معالجتِها بيولوجيًّا وكيميائيًّا وحراريًّا، حيثُ تخضعُ الحمأةُ قبلَ استخدامِها إلى فحصِ نسبةِ المادةِ العضويةِ، والرقمِ الهيدروجينيِّ، وكميةِ النيتروجينِ والأمونيا والفسفورِ؛ لتعرُّفِ خصائصِها قبلَ استخدامِها، ومن ثَمَّ تُستخدَمُ الحمأةُ المجففةُ سمادًا للمزروعاتِ، حيثُ تزودُ المحاصيلَ الزراعيةَ بكثيرٍ منَ العناصرِ الغذائيةِ التي تحتاجُها، مثلَ: النيتروجينِ والفسفورِ، فضلاً عنْ أنَّها تُستخدَمُ في صناعةِ الزجاجِ، و باعتبارِها مادةً مالئةً في صناعةِ الطوبِ و الأسمنتِ ؛إذْ تزيدُ منْ محتوى المادةِ الصلبةِ فيها.

الكتابةُ في الجيولوجيا

تُستخدَمُ الحمأةُ في تصنيعِ الكمبوستِ، أبحثُ في مصادرِ المعرفةِ المتاحةِ عنْ مفهومِ الكمبوستِ واستخداماتِه، ثمَّ أكتبُ مقالةً عنْ ذلكَ.

إضاءة للمُعلِّم

أسباب معالجة الحمأة.

تنتج الحمأة من معالجة المياه العادمة؛ حيث تُنتج كميات كبيرة منها، وتحتوي على أعداد هائلة من مسببات الأمراض، وبعض العناصر الثقيلة؛ لذلك تمثل خطرًا على صحة الإنسان وعلى البيئة، لذا يلزم معالجتها قبل استخدامها، وقد تكون درجة ملوحتها عالية، فيتم تخفيف الحمأة بخلطها بالرمال بنسبة معينة، أو بخلطها بالتربة، وأيضًا قد تحتوي الحمأة على مستويات عالية من بعض المواد التي قد تؤدي إلى الإضرار بالنبات.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

* **القضايا البيئية: سلامة البيئة**

أخبر الطلبة – في أثناء الحديث عن استخدامات الحمأة وأسباب معالجتها– أن سلامة البيئة تعني الحفاظ على البيئة بجميع عناصرها وتحقيق التوازن، وذلك من أجل الحفاظ على البيئة وجميع مواردها الطبيعية؛ لتلبي حاجات الحاضر والمستقبل.

فوائد الحمأة

The Benefits of the Sludge

الهدف:

التعرف إلى فوائد الحماة، واستخداماتها في المجالات المختلفة.

الكتابةُ في الجيولوجيا:

الإجراءات والتوجيهات

- وزِّع الطلبة إلى مجموعات، ثم وجِّه أعضاء كل مجموعة للبحث في شبكة الإنترنت، أو مصادر المعرفة المتوافرة الأُخرى، عن مفهوم الكمبوست واستخداماته.
- وجِّه الطلبة إلى كتابة مقالة عن مفهوم الكمبوست واستخداماته، من المتوقع أن تتضمن المقالات ما يأتي:

– الكمبوست هو السماد الذي يجري الحصول عليه من تخمير المواد العضوية، مثل: بقايا النباتات، مخلفات الحيوانات، والحمأة الناتجة من معالجة المياه العادمة؛ حيث تُجمع المواد العضوية، وتوضع في الأرض وتُقلَّب مع باقي المكونات من المخلفات الحيوانية ونشارة الخشب بواسطة معدات، إلى أن تصل درجة الحرارة المنبعثة من الأنشطة الحيوية الهوائية إلى مستوى ترتفع معه درجة الحرارة إلى أكثر من 50 درجة مئوية.

ويستخدم الكمبوست في تسميد التربة؛ حيث تعد سمادًا آمنًا للتربة والنبات.

مراجعة الوحدة

السؤال الأول:

1. المياه العادمة.
2. معالجة المياه العادمة.
3. الحمأة.
4. مسببات الأمراض.

السؤال الثاني:

1. أ – غاز كبريتيد الهيدروجين.
2. ب– محطة تنقية الخربة السمرا.
3. أ – النيتروجين.
4. أ – الديزنتاريا الأميبية.

السؤال الثالث:

1– عند وصول المياه العادمة إلى المسطحات المائية من بحار وبحيرات وأنهار، تعمل على تلوثها وتغيير خصائصها الفيزيائية والكيميائية والحيوية، مما يؤثر على الكائنات البحرية، ويؤثر في السلسة الغذائية، أيضًا يؤثر على مصادر المياه المتاحة، مما يؤدي إلى الاخلال بالتوازن البيئي.

2– تتراكم الفلزات الثقيلة في أجسام الكائنات الحية، وتنتقل من كائن حيّ إلى آخر عبر السلسلة الغذائية؛ مما يؤثر في النهاية على صحة الإنسان.

3– يعتمد ذلك على طبيعة الملوثات الموجودة في المياه العادمة، فلون المياه التي تحتوي على ملوثات منزلية يختلف عن لونها عندما تحتوي على ملوثات صناعية، كما أن المياه العادمة الصناعية يختلف لونها بناء على طبيعة الملوثات الموجودة فيها.

السؤال الرابع:

تعتمد على عوامل عدة، منْها عدد سكان المنطقة، وطبيعة الأنشطة المنزلية والتجارية.

السؤال الخامس:

تعد أبسط عَمليات المعالجة البيولوجية، حيث يحدث تحلل المواد العضوية بواسطة البكتيريا الهوائيةِ.

السؤال السادس:

عمليات فيزيائية: الترسيب عبر وسط حبيبي، الطفو.

عمليات كيميائية: التطهير.

عمليات بيولوجية: عمليات الحمأة المنشطة، بحيرات الأكسدة.

السؤالُ الأول:

أملأُ الفراغ في ما يأتي بما هوَ مناسبٌ منَ المصطلحاتِ:

1. ..... المياهُ التي تطرحُها المنازلُ والمصانعُ والمزارعُ والمحلاتُ التجاريةُ في شبكةِ الصرفِ الصحيِّ أوِ الحفرُ الامتصاصيةُ بعدَ حدوثِ تغيرٍ في خصائصِها الفيزيائيةِ والكيميائيةِ والبيولوجيةِ.
2. ..... مجموعةٌ منَ العملياتِ الفيزيائيةِ والكيميائيةِ والبيولوجيةِ التي تهدفُ إلى إزالةِ الملوثاتِ العضويةِ وغيرِ العضويةِ منَ المياهِ العادمةِ والتخلصِ منْ أكبرِ نسبةٍ ممكنةٍ منْ تلكَ الملوثاتِ.
3. ..... الموادُّ الصلبةُ العضويةُ وغيرُ العضويةِ التي ترسبتْ أثناءَ معالجةِ المياهِ العادمةِ.
4. ..... الكائناتُ الحيةُ الدقيقةُ وغيرُ الدقيقةِ التي يؤدي وجودُها في المياهِ العادمةِ إلى الإصابةِ بالأمراضِ سواءٌ للإنسانِ، أمِ النباتِ، أمِ الحيوانِ.

السؤالُ الثاني:

أضعُ دائرةً حولَ رمزِ الإجابةِ الصحيحةِ في ما يأتي:

1. سببُ الرائحةِ الكريهةِ في المياهِ العادمةِ يعودُ إلى:
   - أ - غازُ كبريتيدِ الهيدروجينِ.
   - ب- غازُ ثاني أكسيدِ الكربونِ.
   - ج- غازُ النيتروجينِ.
   - د- غازُ الميثانِ.

2. أكبرُ كميةِ مياهٍ عادمةٍ تجري معالجتُها في:
   - أ - محطةِ تنقيةِ عينِ الباشا.
   - ب- محطةِ تنقيةِ الخربةِ السمرا.
   - ج- محطةِ تنقيةِ السلطِ.
   - د- محطةِ تنقيةِ الكركِ.

3. منَ الأمثلةِ على المغذياتِ الموجودةِ في المياهِ العادمةِ التي تسببُ ظاهرةَ الإثراءِ الغذائيِّ:
   - أ - النيتروجينُ.
   - ب- الكلوريداتُ.
   - ج- السليكاتُ.
   - د- الكربوناتُ.

4. منَ الأمراضِ التي تسببُها البروتوزوا:
   - أ - الديزنتاريا الأميبيةُ.
   - ب- التهابُ الكبدِ الفيروسيُّ.
   - ج- الكوليرا.
   - د- الحمى التيفيةُ.

السؤالُ الثالثُ:

أفسرُ العباراتِ الآتيةَ تفسيرًا علميًّا دقيقًا:

1 - يؤدي التلوثُ بالمياهِ العادمةِ إلى الإخلالِ بالتوازنِ البيئيِّ.

2 - وجودُ الفلزاتِ الثقيلةِ في المياهِ منْ أخطرِ الملوثاتِ.

3 - يتراوحُ لونُ المياهِ العادمةِ بينَ اللونِ الرماديِّ واللونِ الأسودِ.

السؤالُ الرابعُ:

أوضحُ العواملَ التي تعتمدُ عليْها كميةُ المياهِ الداخلةِ إلى محطاتِ تنقيةِ المياهِ العادمةِ.

السؤالُ الخامسُ:

أوضحُ كيفَ يتمُّ التخلصُ منَ الملوثاتِ العضويةِ بطريقةِ بحيراتِ الأكسدةِ.

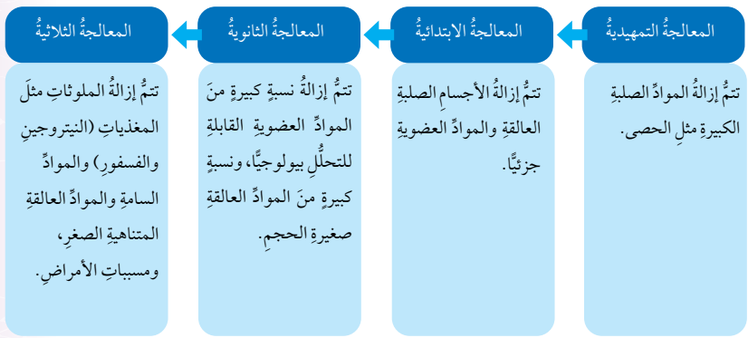
السؤالُ السادسُ:

أصنفُ العملياتِ الآتيةَ إلى: عملياتٍ فيزيائيةٍ، وأخرى كيميائيةٍ، وثالثةٍ بيولوجيةٍ:

التطهيرُ، الترسيبُ عبرَ وسطٍ حُبيبيٍّ، عملياتُ الحمأةِ المنشطةِ، الطفوُ، بحيراتُ الأكسدةِ.

السؤال السابع:

أدرسُ المخططَ الآتيَ الذي يبينُ مراحلَ معالجةِ المياهِ العادمةِ ثمَّ أجيبُ عنِ الأسئلةِ التي تليهِ:



1 - **أفسرُ:** لماذا تعدُّ المرحلةُ التمهيديةُ أساسيةً لمعالجةِ المياهِ العادمةِ؟

2 - أحددُ طبيعةَ الموادِّ التي تجري إزالتُها في مرحلتَيْ المعالجةِ الابتدائيةِ والثانويةِ.

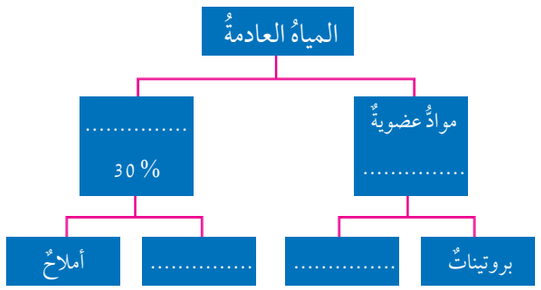
3 - **أستنتجُ** أهميةَ مرحلةِ المعالجةِ الثلاثيةِ في تنقيةِ المياهِ العادمةِ.

السؤال الثامنُ:

أوضحُ كيفَ يمكنُ التخلصُ منَ الملوثاتِ غيرِ القابلةِ للتحللِ بيولوجيًّا في المياهِ العادمةِ؟

السؤال التاسعُ:

أكملُ المخططَ المفاهيميَّ الآتيَ بالإجابةِ الصحيحةِ:



السؤالُ السابعُ:

1 – تعمل على حماية أجهزة المحطة، ومنع انسداد الأنابيب فيها.

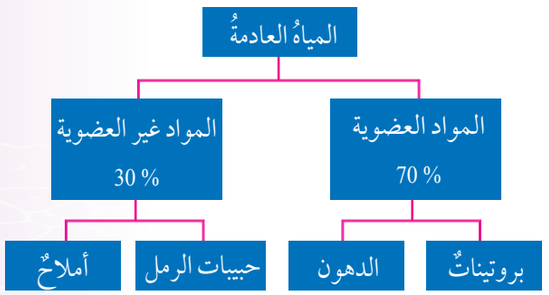
2 – **المعالجة الإبتدائية:** يتم إزالة الأجسام الصلبة العالقة والمواد العضوية جزئيًّا.
المعالجة الثانوية: نسبة كبيرة من المواد العضوية القابلة للتحلل بيولوجيًّا، ونسبة كبيرة من المواد العالقة صغيرة الحجمِ.

3 – يتم إزالة المغذيات، والفلزات الثقيلة ومسببات الأمراض؛ما يفضي إلى الحصول على مياه ذات درجة نقاوة عالية.

السؤال الثامن:

من خلال المعالجة المتقدمة للمياه، مثل الادمصاص بالكربون، ذلك باستخدام الكربون المنشط، الذي يصنع من مواد كربونية مختلفة أهمها الفحم بعد معالجته بطرائق كيميائية وفيزيائية، تجعله يمتلك مساحة سطحية عالية وسطحا مساميا، يساعده على التصاق الملوثات بسطحه وترسبها في مسامات حبيبات الكربون.

السؤال التاسع:



ملحق إجابات

كتاب الأنشطة والتجارب العملية

الصفحة 9 من كتاب الأنشطة والتجارب العملية. زمن التنفيذ: 15 دقيقة.

تجربة إثرائية

نمذجة تشكل الغيوم

الهدف: نمذجة تشكل الغيوم.

المهارات العلمية: الملاحظة ، التواصل.

إرشادات السلامة:

- اطلب إلى الطلبة توخي الحذر في أثناء استعمالهم الماء الساخن خشية انسكابه على الجسم، وغسل الأيدي جيدًا بالماء والصابون بعد استخدام الأصباغ، وإستعمال الوعاءين الزجاجيين بحذر؛ خشية الإصابة بجروح في حال كسر أحدهما أو كليهما.

الإجراءات والتوجيهات:

- وجِّه الطلبة للرجوع إلى كتاب الأنشطة والتجارب العملية في أثناء تنفيذ التجربة.
- وفِّر لمجموعات الطلبة الأدوات اللازمة لتنفيذ التجربة.
- استعمل استراتيجية التعلُّم التعاوني (Collaborative Learning) وذلك بتوزيع الطلبة إلى مجموعات؛ لمساعدة بعضهم في أثناء تنفيذ خطوات التجربة؛ على أنْ يُظهِر كل طالب في المجموعة مسؤولية في التعلم.
- تابع الطلبة في أثناء تنفيذ التجربة باستعمال استراتيجية أكواب إشارة المرور (Traffic Light Cups)، وذلك باستعمال أكواب متعددة الألوان (أحمر، أصفر، أخضر)؛ بحيث يشير اللون الأخضر إلى عدم حاجة الطلبة إلى المساعدة، ويشير اللون الأصفر إلى حاجتهم إليها، أو إلى وجود سؤال يريدون طرحه من دون أن يمنعهم ذلك من الاستمرار في أداء المهام المنوطة بهم. أمّا اللون الأحمر فيشير إلى حاجة الطلبة الشديدة إلى المساعدة، وعدم قدرتهم على إتمام مهامهم.

النتائج المتوقعة:

يتوقع من الطلبة التوصل إلى الشروط اللازمة لحدوث التكاثف ، وكيفية تشكل الغيوم.

التحليل والاستنتاج:

1. يوفر مثبت الشعر الأسطح اللازمة لتكاثف بخار الماء في البرطمان.
2. لتقليل درجة الحرارة داخل البرطمان.
3. الماء الساخن يوفر بخار الماء في البرطمان الذي سيتكاثف ويحاكي تكون الغيوم، واستبداله بماء بارد يعني عدم وجود بخار ماء داخل البرطمان، ومن ثمَّ لن تحدث عمليتا التكاثف ونمذجة تشكل الغيوم.
4. يتشابه تشكل الغيوم في الطبيعة و ما حدث داخل البرطمان؛ حيث إن الغيوم تتشكل عندما يتكاثف بخار الماء على أسطح التكاثف في الطبقات العليا للغلاف الجوي.
5. عندما تلتقي الكتل الهوائية المختلفة في الكثافة ترتفع الكتلة الأقل كثافة إلى الأعلى (الكتلة الهوائية الدافئة)، وفي أثناء ارتفاعها تقل درجة حرارتها؛ ما يزيد من احتمالية وصول الهواء إلى حالة الإشباع، وعند توفر أسطح التكاثف يتكاثف بخار الماء على شكل غيوم.

استراتيجية التقويم: التقويم المعتمد على الأداء.

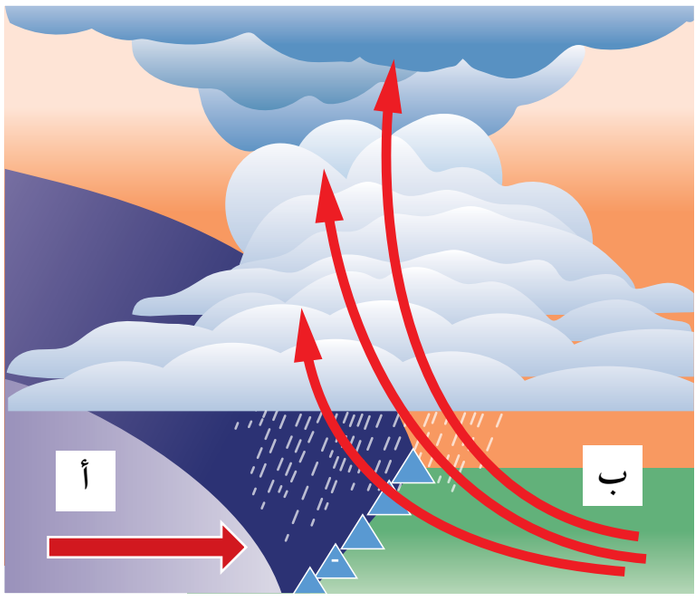
أداة التقويم: سُلَّم تقدير.

الرقم	المعيار	التقدير			
		1	2	3	4
1	يراعي إجراءات السلامة في أثناء تنفيذ التجربة.				
2	يفسر سبب رش كمية قليلة من مثبت الشعر داخل البرطمان.				
3	يفسر سبب وضع مكعبات من الثلج فوق الغطاء في التجربة.				
4	يصف كيفية تشكل الغيوم.				

السؤال الأول:

1. المنطقة الفاصلة بين كتلتين هوائيتين مختلفتين في خصائصها عند التقائهما.
2. تشكل الغيوم ، هطول الأمطار والثلوج، عواصف رعدية.
3. أ : كتلة هوائية باردة

ب : كتلة هوائية دافئة



السرعة = المسافة / الزمن

= 3500 /5

700 Km / day

السؤال الثاني:

أ) كثافة الهيليوم أقل من كثافة الهواء.

السؤال الثالث:

ج) ثبات قيم الضغط الجوي فترات زمنية طويلة.

تجربة إثرائية

الصفحة 22 من كتاب الأنشطة والتجارب العملية. زمن التنفيذ: 40 دقيقة.

تشكل الأمواج البحرية وتكسرها.

الهدف: محاكاة كيفية تشكل الأمواج البحرية وتكسرها.

المهارات العلمية: الملاحظة، المقارنة، التفسير، الإستنتاج.

إرشادات السلامة:

- حذِّر الطلبة في أثناء استعمال المروحة الكهربائية إبعاد أيديهم عن شفراتها، وكذلك حذِّرهم من انسكاب الماء من الحوض في أثناء تنفيذ التجربة.

الإجراءات والتوجيهات:

- وفِّر للطلبة المواد اللازمة وتجوَّل بين الطلبة في تنفيذ التجربة، وتأكد من: مناسبة أبعاد قطعة القصدير وسمكها لتنفيذ التجربة.
- تأكد من أن الطلبة نفذوا التجربة باستخدام سرعتين: منخفضة ومرتفعة، وأنهم سجلوا الملاحظات.

النتائج المتوقعة:

سيتوصل الطلبة إلى أنه بزيادة سرعة المروحة ستزداد سرعة الأمواج، وأن الطول الموجي للموجات في مناطق المحيط العميقة يكون أكبر من المناطق القريبة من الشاطئ، وكلما اقتربت الموجة من الشاطئ سيقل طولها الموجي وسرعتها ويزداد ارتفاعها.

التحليل والاستنتاج:

1. سرعة الأمواج البحرية المتشكلة في النقطة 6 أكبر من سرعة الأمواج المتشكلة في النقطة 5 بسبب استخدام سرعة مرتفعة للمروحة في النقطة 6، واستخدام سرعة منخفضة للمروحة في النقطة 5.
2. في وسط الحوض يكون الطول الموجي للموجة أكبر، وارتفاعها أقل من المناطق القريبة من الشاطئ.
3. كلما زادت سرعة الرياح زادت الطاقة المؤثرة في المياه؛ فتزيد سرعة الأمواج البحرية.
4. يؤدي تقليل عمق المحيط بالقرب من الشاطئ إلى احتكاك قاعدة الموجة بالقاع؛ فتقل سرعة الموجات وتتقارب فيقل الطول الموجي لها، ويزداد ارتفاعها كلما اتجهنا إلى الشاطئ.

محاكاة لأسئلة اختبارات دولية

السؤال الأول:

1. عندما ينصهر الجليد تقل ملوحة المياه السطحية؛ ما يفضي إلى انخفاض كثافة المياه السطحية فتصبح أقل كثافة من المياه التي تقع أسفل منها؛ فلا يحدث للمياه السطحية هبوط الى الأسفل على شكل تيارات هابطة وتتوقف التيارات الهابطة، وهذا يقلل من سرعة تحرك الحزام الناقل العالمي.
2. يؤدي توقف الحزام الناقل عن الحركة إلى توقف التيارات الصاعدة التي تحمل معها المغذيات ومنها الفسفور والنترات إلى المياه السطحية؛ لذلك لا تجد الكائنات الحية التي تعيش في تلك المناطق غذاء كافيًا؛ فتقل أعدادها.
3. سوف يؤدي توقفه إلى توقف التيارات السطحية الدافئة التابعة له عن الوصول إلى المناطق الشمالية ومنها شمال أوروبا وجزيرة غرينلاند؛ ما يفضي إلى عدم تدفئة الهواء الواقع في تلك المناطق؛ فتزداد برودة تلك المناطق والحالات الجوية الشديدة البرودة.

السؤال الثاني:

1. أعلى قيمة ملوحة هي 35.5 ‰ على عمق صفر، وأقل قيمة تقريبًا 34.3 ‰ على عمق 750 m.
2. بسبب عمليات التبخر التي تحدث على السطح.
3. يحدث في تلك المنطقة تغير سريع في قيم الملوحة مع العمق.
4. في الأعماق الأكبر من 2000 m التغير في الملوحة قليل وقيمة الملوحة ثابتة تقريبًا، أما في الأعماق الأقل من 700 m فالملوحة تتناقص بشكل كبير مع العمق.
5. في نطاق الخلط تتناقص الملوحة مع العمق، وفي النطاق الانتقالي تتناقص الملوحة بشكل كبير مع العمق، أما في الطبقة العميقة فتكون قيمة الملوحة تقريبًا ثابتة.

السؤال الثالث:

1. تيارات سطحية دافئة.
2. كتلة هوائية دافئة.
3. عندما تتحرك الكتلة الهوائية الدافئة المتشكلة نحو قارة أمريكا الجنوبية، وتلتقي بكتلة هوائية باردة هناك فإنها ترتفع إلى أعلى، وتتكاثف وتشكل الغيوم، وتسقط الأمطار على شكل عواصف وأعاصير.

إجابات أسئلة التجربة الإثرائية والأسئلة التي تحاكي أسئلة الاختبارات الدولية في كتاب الأنشطة والتجارب العملية.

الصفحة 35 من كتاب الأنشطة والتجارب العملية. زمن التنفيذ: 30 دقيقة.

تجربة إثرائية

نمذجة مبدأ عمل محطات معالجة المياه العادمة.

الهدف: تعرُّف آلية عمل محطة معالجة المياه العادمة.

المهارات العلمية: الاستنتاج، التنبؤ، التفسير.

إرشادات السلامة:

- اطلب إلى الطلبة توخي الحذر في التعاملِ معَ الموادِّ والأدواتِ عندَ إنشاءِ نموذجٍ لمحطةِ معالجةِ المياهِ العادمةِ، وغسل الأيدي جيدًا بالماء والصابون بعد الإنتهاء من التجربة.

الإجراءات والتوجيهات:

- وجِّه الطلبة إلى الرجوع إلى كتاب الأنشطة والتجارب العملية في أثناء تنفيذ التجربة.
- وفِّر لمجموعات الطلبة الأدوات اللازمة لتنفيذ التجربة.
- استعمل استراتيجية التعلُّم التعاوني (Collaborative Learning) وذلك بتوزيع الطلبة إلى مجموعات؛ لمساعدة بعضهم في أثناء تنفيذ خطوات التجربة؛ على أنْ يُظهِر كل طالب في المجموعة مسؤوليته في التعلُّم.
- تابع الطلبة في أثناء تنفيذ التجربة باستعمال استراتيجية أكواب إشارة المرور (Traffic Light Cups)، وذلك باستعمال أكواب متعددة الألوان: (بالألوان: أحمر، أصفر، أخضر)، بحيث يشير اللون الأخضر إلى عدم حاجة الطلبة إلى المساعدة، ويشير اللون الأصفر إلى حاجتهم إليها، أو إلى وجود سؤال يريدون طرحه من دون أنْ يمنعهم ذلك من الاستمرار في أداء المهام المنوطة بهم. أمّا اللون الأحمر فيشير إلى حاجة الطلبة الشديدة إلى المساعدة، وعدم قدرتهم على إتمام مهامهم.

التحليل والاستنتاج:

1. ستتعدد إجابات الطلبة ورسوماتهم.
2. يتم وضع المصفاة؛ لتنقية المياه من الملوثات كبيرة الحجم.
3. في حوض الترسيب الأولي والثانوي يحدث ترسيب معظم المواد العضوية وغير العضوية الصلبة، التي تكوِّن الحمأة.
4. في المرحلة التمهيدية تُزال الملوثات كبيرة الحجم، أما المعالجة الابتدائية فيتم إزالة الأجسام الصلبة العضوية وغير العضوية والمواد العالقة، وفي مرحلة المعالجة الثانوية تُزال نسبة كبيرة من المواد العضوية القابلة للتحلل بيولوجيًّا ونسبة كبيرة من المواد العالقة، أما في مرحلة المعالجة الثلاثية فتُزال المغذيات والمواد السامة ومسببات الأمراض.

النتائج المتوقعة:

يتوقع من الطالب أن:

1- يرسم مخططًا يوضح مراحل معالجة المياه العادمة.

2- يستنتج العلاقة بين مرحلة الترسيب الأولي والثانوي، وتكون الحمأة.

3- يتنبأ بالملوثات التي يجري التخلص منها في كل مرحلة.

استراتيجية التقويم: التقويم المعتمد على الملاحظة.

أداة التقويم: قائمة رصد.

الرقم	معيار الأداء	نعم	لا
1	يرسم مخططًا يوضح مراحل معالجة المياه العادمة.		
2	يستنتج العلاقة بين مرحلة الترسيب الأولي والثانوي وتكون الحمأة.		
3	يتنبأ بالملوثات التي يجري التخلص منها في كل مرحلة.		

محاكاة لأسئلة اختبارات دولية

السؤال الاول:

1- من المياه العادمة أثناء تسربها إلى البحار والمحيطات.

2- استفادت الطحالب من وجود الفسفور والنيتروجين في المياه؛ فازداد نموها بشكل كبير.

3- قيمة BOD عن عمق (أ) أقل من قيمته عند عمق (ب).

4- تنمو الطحالب بشكل كبير؛ ما يشكل طبقة كبيرة على سطح المياه؛ الأمر الذي يمنع وصول الأشعة الشمسية إلى الأعماق.

السؤال الثاني

1- يمكن استخدام المياه العادمة المعالجة من المحطات (1) و (2) في ري كل من: الأشجار المثمرة وجوانب الطرق الخارجية، والمسطحات الخضراء، وكذلك المحاصيل الحقلية والمحاصيل الصناعية والأشجار الحرجية، أما المحطة (3) فيمكن ري الخضار المطبوخة والمتنزهات والملاعب بالإضافة إلى الأشجار المثمرة، وجوانب الطرق الخارجية والمسطحات الخضراء والمحاصيل الحقلية والصناعية والاشجار الحرجية.

2- يلاحَظ من الجدول أنه كلما زادت درجة المعالجة ونقاوة المياه ازداد التوسع في استخدام المياه في ري المزروعات وتنوعت المزروعات، وذلك لعدة أسباب، منها: ما يعود إلى اختلاف قدرة المحاصيل على تحمل الملوحة؛ فبعضها يستطيع تحمل ملوحة عالية، وبعضها الآخر لا يستطيع، كما أن درجة المعالجة للمياه تحدد طبيعة المحاصيل التي يمكن ريها بالمياه المعالجة، من حيث كون سيقانها قريبة من سطح الأرض أم بعيدة عنه، وإذا كانت ثمارها تؤكل نيئة أم مطبوخة؛ وذلك للحماية من التلوث.

3- يمكن تفعيل المعالجة الثلاثية لإزالة المواد العضوية وغير العضوية العالقة في الماء بطرائق منها: الإدمصاص بالكربون، والترويب الكيميائي.

أولًا- المراجعُ العربيةُ:

1. زيد الهويدي، **أساليب تدريس العلوم في المرحلة الأساسية**، ط 2 ، دار الكتاب الجامعي، العين، دولة الإمارات العربية المتحدة، 0102 م.
2. عايش زيتون، **أساليب تدريس العلوم**، ط7، دار الشروق للنشر والتوزيع، عمان، 3102 م.
3. عايش زيتون، **النظرية البنائية واستراتيجيات تدريس العلوم**، ط1، دار الشروق للنشر والتوزيع، عمان، 9102 م.
4. محمد محمود الحيلة، **طرائق التدريس واستراتيجياته**، ط 4، العين، دار الكتاب، الامارات، 2102 م.
5. الفريق الوطني للتقويم/ مديرية الاختبارات، **استراتيجيات التقويم وأدواته (الاطار النظري)**كانون الأول 4002م.
6. عبد القادر عابد، **جيولوجية الأردن وبيئته ومياهه**، دار وائل للطباعة والنشر والتوزيع، 2016م.
7. محمد عبد الغني عثمان مشرف، **أسس علم الرسوبيات**، جامعة الملك سعود، الرياض، 1997م.
8. حسن بن محمد باصرة، **الاستدلال بالنجوم**، مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية،2013م.

ثانيًا- المراجعُ الأجنبيةُ:

1. Lutgens, K. and Tarbuck, **Foundations of Earth Science**,Pearson; 7th Edition, 2014
2. Myron G. Best,**Igneous and Metamorphic Petrology**,Wiley-Blackwell; 2 edition, 2002
3. Earle, S. **Physical Geology**. Victoria, B.C.: BCcampus. 2015. Retrieved from https://opentextbc.ca/geology/
4. Prentice Hall Science Explorer, **Astronomy**, Astronomy Resourse Material, Boston, Massachusetts; Glenview, Illinois; Shoreview, Minnesota; Upper Saddle River, New Jersey, pearson. Available at the following Url: (https://1.cdn.edl.io/dzeXRtsWp1sOFxpMa1eBJyqHUzsb0yDAMUaxqaesfJpyrMZm.pdf).
5. Scott., W., J., (2010). **Introduction to Astronomy from Darkness to Blazing Glory**, Astronomy Textbook, part 1; 2nd Edition, JAS Educational Publications, Printing by Minuteman Press, Berkley, California.

6. KachelrieB, M., (2011). **A Concise Introduction to Astrophysics**, Lecture Notes for FY 2450, 2nd Edition, Institute for Fysikk, NTNU, Trondheim, Norway. Available at the following URL: (http://web.phys.ntnu.no/~mika/skript_astro.pdf).

7. Basu, B.; Chattopadhyay, T., &Biswas, S., N., (2010). **An Introduction to Astrophysics**, 2nd Edition, PHI Learning Private Limited, New Delhi. Available at the following URL: (https://books.google.jo/books?id=WG-HkqCXhKgC&printsec=frontcover&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false).

8. Tran, H.; Russo, P., and Russell, T., (2005). **Black Hole Activities– aquick reference guide**. Leiden University, University of Amsterdam ,Pearson Education Inc., publishing as Addison-Wesley.

9. Hawking, S., (2001). **A Brief History of Time**, available at the following URL: (https://www.fisica.net/relatividade/stephen_hawking_a_brief_history_of_time.pdf).

10. Liddle, A., (2003). **An Introduction to Modern Cosmology**, 2nd Edition, John Wiley & Sons Ltd, The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex, England.

11. Vidana, I., (2014). **A three Hours Walk through the Physics of Neutron Star**s, 26th Indian- Summer School & SPHERE School of Physics Low Energy Hadron Physics, September 3-7, 2014, Prague, Czech Republic.

12. National Science Foundation, (2005).**Astrobiology** -An Integrated Science Approach, TERC, 2067 Massachusetts Avenue, Ambit Press, Cambridge, Center, available at the following URL: (https://www.lpi.usra.edu/education/step2012/participant/TERC.pdf).

13. Johnston, H., (2018). **Modern Astronomy: An Introduction to Astronomy**, School of Physics , The University of Sydney, available at the following URL: (http://www.physics.usyd.edu.au/~helenj/IAST/IA1-intro.pdf).

14. Fraknoi, A.; Morrison, D.; and Wolff, S., (2017). **Astronomy**, OpenStax, Rice Univeristy, Houston, Texas.

ثالثًا- المواقعُ الإلكترونيةُ:

1. www.starrynight.com
2. http://nightsky.jpl.nasa.gov
3. http://www.seasky.org/astronomy/astronomy.html
4. http://eclipse.gsfc.nasa.gov/SKYCAL/SKYCAL.html
5. https://hubblesite.org/science
6. https://chandra.harvard.edu/edu/formal/stellar_ev/
7. http://www.jwst.nasa.gov/
8. https://astroedu.iau.org/en/activities/1304/model-of-a-black-hole/
9. https://medium.com/@iauastroedu/black-hole-classroom-activities-quick-reference-guide-chapter-2-56f4513cf92
10. http://www.minsocam.org/