

الاهداف

البحث العلمي Scientific Research

المفكرة الرئيسة بعض البحوث العلمية تؤدي إلى تطوير تقنيات يمكن أن تحسّن حياتنا والعالم من حولنا.

الربط مع الحياة كثير من المعلومات التي حصل عليها العلماء من خلال البحث النظري تستعمل لحل مشكلة، أو تلبية حاجة محددة. فقد اكتشفت الأشعة السينية (X-rays) مثلاً عندما كان العلماء يجرون بحثاً نظرياً (أساسياً) على أنابيب التفريغ الكهربائي، ثم اكتشفوا أن هذه الأشعة يمكن أن تستعمل في التشخيص الطبي.

أنواع الدراسات والأبحاث العلمية

Types of Scientific Investigations

يطلع الناس كل يوم - من خلال وسائل الإعلام، ومنها التلفزيون والصحف والمجلات والإنترنت - على نتائج الأبحاث العلمية، التي تتعلق كثير منها بالبيئة أو الدواء أو الصحة. كيف يستعمل العلماء البيانات الكمية والنوعية لحل الأنواع المختلفة من المشكلات العلمية؟ يجري العلماء بحثاً نظرياً للحصول على المعرفة من أجل المعرفة نفسها. فقد كان مولينا ورولاندر مدفوعين بحب الاستطلاع، فقاما بإجراء بحوث نظرية على CFCs وتفاعلاتها مع غاز الأوزون، ولم يكن هناك أي دليل بيئي في ذلك الوقت على وجود علاقة بين نموذجيهما وطبقة الستراتوسفير. وقد بين بحثهما أن مركبات CFCs يمكن أن تسرع تفكك غاز الأوزون تحت ظروف معينة في المختبر.

وبمرور الوقت أُشير إلى وجود ثقب في طبقة الأوزون عام 1985م، وأجرى العلماء قياسات عن كميات CFCs في الستراتوسفير دعمت فرضية احتمال مسؤولية CFCs عن تفكك غاز الأوزون. وهكذا تحول البحث النظري الذي أجري من أجل المعرفة إلى بحث تطبيقي. والبحث التطبيقي بحث يجري لحل مشكلة محددة. فما زال العلماء يراقبون كميات CFCs في الجو والتغيرات السنوية في كمية غاز الأوزون في الستراتوسفير، انظر الشكل 15-1. كما تجرى أبحاث تطبيقية من أجل الحصول على بدائل لمركبات CFCs التي أصبحت ممنوعة.

- تضارون بين البحث النظري، والبحث التطبيقي، والتقنية.
- تُطبّق تعليمات السلامة في المختبر.

مراجعة المفردات

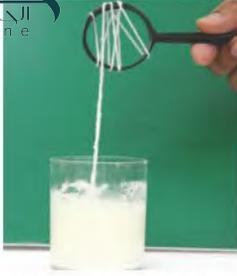
اصطناعي: شيء من صنع الإنسان وقد لا يوجد في الطبيعة.

المفردات الجديدة

- البحث النظري
- البحث التطبيقي



الشكل 15-1 جهاز مطياف الأشعة فوق البنفسجية والمرئية يستعمل لقياس كمية غاز الأوزون والغازات الأخرى الموجودة في الستراتوسفير في أثناء أشهر الشتاء المعتمة في القارة المتجمدة الجنوبية.



خيوط النايلون يمكن سحبها من سطح المحلول.



تستعمل ألياف النايلون في صناعة أشرطة التثبيت.

الشكل 16-1 تستعمل خيوط النايلون في كثير من المنتجات، وكان قبل الحرب العالمية الثانية يستعمل في الأغراض العسكرية.

اكتشافات غير مقصودة لم تشهد الصناعة حقبة كهذه من قبل. فمن الممكن أن تساهم المواد وأساليب التصنيع المتكررة في فتح آفاق جديدة مستقبلاً؛ وليس هناك مكان أفضل من مشروع «نيوم NEOM»؛ والذي يُعدّ بيئة لتمكين نخبة العقول وأمهر الكفاءات من تجسيد الأفكار الرائدة في عالم يصنعه الخيال. * المصدر: كتيب مشروع نيوم NEOM؛ من: 12. وسيوفر مشروع نيوم NEOM بيئة مثالية للعلماء، فكثيراً ما يُجري العلماء تجاربهم، ثم يتوصلوا إلى نتائج مختلفة عما كانوا يتوقعون. وهناك الكثير من الاكتشافات العلمية التي لم تكن متوقعة. ولعلك تعرف المثالين الآتيين من هذه الاكتشافات.

الربط مع علم الأحياء يعد ألكسندر فلمنج من المشهورين في القيام باكتشافات غير متوقعة. وفي بعض هذه الاكتشافات وجد فلمنج أن أحد الأطباق المحتوية على بكتيريا ستافيلوكوكس تلوث بعفن (فطر) أخضر، عُرف فيما بعد بفطر البنسلين، فقام بمراقبته بحرص واهتمام، ولاحظ وجود منطقة خالية حوله ماتت فيها البكتيريا. في هذه الحالة علم أن مادة كيميائية من الفطر (البنسلين) سببت قتل البكتيريا. وبعد اكتشاف النايلون مثلاً آخر على الاكتشافات غير المقصودة. ففي عام 1931م قام موظف يدعى جوليان هيل بغمس قضيب زجاجي ساخن في مخلوط من المحاليل، وبشكل غير متوقع سحب أليافاً طويلة كتلك المبنية في الشكل 16-1. تابع هيل وزملاؤه تطوير هذه الألياف إلى حرير اصطناعي يتحمل درجات الحرارة العالية، حتى تم تطوير النايلون في عام 1934م. وخلال الحرب العالمية الثانية كان النايلون يستعمل بديلاً للحرير في المطلات. أما اليوم فيستعمل بكثرة في صناعة الأنسجة وبعض أنواع البلاستيك وأشرطة التثبيت، كما في الشكل 16-1.

الطلاب في المختبر Students in the Laboratory

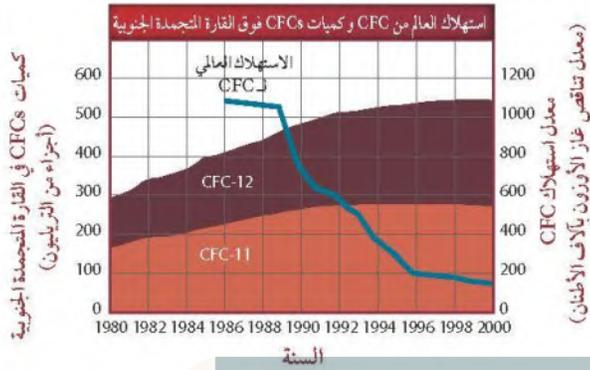
سوف تتعلم حقائق كثيرة عن المواد في أثناء دراستك للكيمياء. كما ستقوم بإجراء بحوث وتجارب تستطيع من خلالها وضع فرضيات واختبارها، وجمع البيانات وتحليلها، واستخلاص النتائج. عندما تعمل في مختبر الكيمياء تكون مسؤولاً عن سلامتك وسلامة من يعملون معك؛ ففي المختبر قد يعمل عدة أشخاص معاً في مكان صغير، لذا يكون من المهم أن يبارس كل منهم أساليب عمل آمنة. ويضم الجدول 2-1 قائمة بتعليمات السلامة التي يجب أن تتبناها في كل مرة تدخل فيها إلى المختبر، وهي تعليمات يستعملها الكيميائيون وغيرهم من العلماء.

السلامة في المختبر

الجدول 1-2

1. ادرس التجربة العلمية (المختبرية) المحددة لك قبل أن تأتي إلى المختبر، وإذا كان لديك أسئلة فاطلب مساعدة المعلم.
2. لا تُجر التجارب دون إذن معلمك، ولا تعمل بمفردك أبدًا. تعلم كيف تطلب المساعدة عند الضرورة.
3. تفهم رموز السلامة. اقرأ جميع علامات التحذير وتقيدها.
4. البس النظارة الواقية ومعطف المختبر في أثناء العمل. والبس قفازات عندما تستعمل المواد الكيميائية التي تسبب التهيج أو يمكن امتصاص الجلد لها. اربط الشعر إلى الخلف (للطالبات).
5. لا تلبس عدسات لاصقة في المختبر، حتى تحت النظارات؛ لأنها قد تلتصق بالأبخرة، وقد يصعب إزالتها.
6. تجنب لبس الملابس الفضفاضة أو الأشياء المتدلية مثل الشماغ والبس الأحذية المغلقة على أصابع القدم.
7. لا تدخل الطعام والشراب إلى المختبر ولا تأكل في المختبر أبدًا.
8. اعرف مكان وكيفية استعمال طفاية الحريق والماء، وبطانية الحريق، والإسعافات الأولية، وقواطع الغاز والكهرباء.
9. نظف الأشياء التي تنسكب على الأرض والممرات والأدوات، وأخبر معلمك عن أي حادث أو جرح أو إجراء عملي خاطئ أو عطل في الأدوات.
10. إذا لامست مادة كيميائية عينيك أو جلدك فاغسلها بكميات كبيرة من الماء، وأخبر معلمك عن طبيعة المادة.
11. تعامل مع المواد الكيميائية بحرص، وتفحص بطاقات عبوات المواد قبل استخدامها في التجربة. اقرأ البطاقة ثلاث مرات قبل حملها، وفي أثنائه وبعد إرجاعها إلى مكانها الأصلي.
12. لا تأخذ العبوات إلى مكان عملك ما لم يطلب إليك ذلك. استعمل أنابيب اختبار أو أوراقًا أو كؤوسًا للحصول على المواد الكيميائية. خذ كميات قليلة؛ لأن الحصول على كمية إضافية لاحقًا أسهل من التخلص من الفائض.
13. لا تُعدِّد المواد الكيميائية غير المستعملة إلى العبوة الأصلية.
14. لا تدخل القطارة في عبوات المواد الكيميائية، بل اسكب قليلاً من المادة الكيميائية في كأس، ثم استعمل القطارة.
15. لا تتذوق أبدًا أي مادة كيميائية أو تسحبها بضمك، بل بالمصاصة.





الشكل 1-17 هذا الرسم البياني يبين تركيز اثنين من مركبات CFCs في الجو فوق القارة المتجمدة الجنوبية، والاستهلاك العالمي لمركبات CFCs من 1980 - 2000 م.

وتستمر القصة The Story Continues

لنعد الآن إلى المادتين اللتين سبق الحديث عنهما، لقد حدث الكثير منذ أن وضع مولينا ورولاندر فرضيتهما في سبعينيات القرن الماضي عن دور مركبات CFCs في تفكيك الأوزون الجوي. ومن خلال البحوث التطبيقية وجد العلماء أن مركبات CFCs ليست وحدها التي تتفاعل مع غاز الأوزون، وإنما هناك بعض المواد الأخرى التي تتفاعل معه أيضاً، فرباع كلوريد الكربون، CCl_4 وميثيل الكلوروفورم $C_2H_3ClO_2$ وبعض المواد التي تحتوي على البروم كلها تفكك غاز الأوزون.

ميثاق مونتريال لأن تناقص الأوزون أصبح موضع اهتمام العالم فقد تصدت دول كثيرة لهذه المشكلة. وقد اجتمع لهذه الغاية زعماء من عدة دول في مونتريال بكندا عام 1987م كان من بينها المملكة العربية السعودية، ووقعوا على ميثاق مونتريال، الذي يقضي بموافقة الدول التي وقعت هذه الاتفاقية على إنهاء استعمال هذه المركبات، ووضع قيود على كيفية استعمالها، كما شاركت ووافقت على النظام الموحد بشأن المواد المستنفذة لطبقة الأوزون لدول مجلس التعاون لدول الخليج العربية المعدل عام 2012، والذي أحد أهدافه التخلص التام من استهلاك المواد المستنفذة لطبقة الأوزون وإحلال البدائل الآمنة؛ وبما يتوافق مع المصالح الوطنية لدول المجلس وفقاً لبروتوكول مونتريال. وكما ترى في الشكل 1-17 فإن الاستعمال العالمي لمركبات CFCs بدأ يتراجع بعد ميثاق مونتريال. وعلى أي حال فإن الشكل يبين أن كمية CFCs فوق القارة المتجمدة الجنوبية لم تنقص مباشرة.



المطويات

ضمن مطوياتك معلومات من هذا القسم.

✓ اختبار الرسم البياني حدد متى بدأت كمية مركبات CFCs تستقر بعد توقيع

ميثاق مونتريال؟ ١٩٨٩ تقريباً

ثقب الأوزون حالياً عرف العلماء أيضاً أن ثقب الأوزون يتكون سنوياً فوق القارة المتجمدة الجنوبية في فصل الربيع. وتتكون غيوم جليدية في طبقة الستراتوسفير فوق هذه القارة عندما تنخفض درجات الحرارة هناك إلى -78°C وهذه الغيوم تحدث تغييرات تساعد على إنتاج كلور وبروم نشطين كيميائياً. وعندما تبدأ درجة الحرارة في الارتفاع في الربيع يبدأ هذان العنصران النشطان في التفاعل مع غاز الأوزون مسببين تناقصه، الأمر الذي يؤدي إلى حدوث ثقب في الأوزون فوق القارة المتجمدة الجنوبية. كما يحدث تناقص لغاز الأوزون فوق القطب الشمالي، لكن درجة الحرارة لا تبقى منخفضة مدة كافية هناك، مما يعني تناقصاً أقل في غاز الأوزون عند القطب الشمالي.

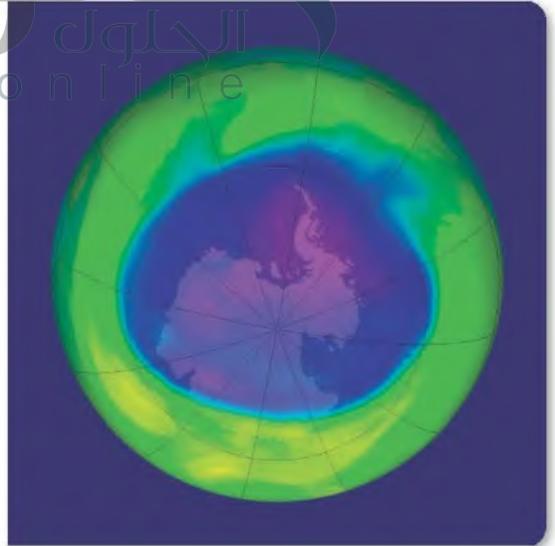
✓ **ماذا قرأت؟** بين العوامل التي تستثير تكوّن ثقب الأوزون فوق القارة القطبية الجنوبية.

يبين الشكل 18-1 ثقب الأوزون فوق القارة المتجمدة الجنوبية في سبتمبر من عام 2005م. وقد بلغ سمك طبقة الأوزون حده الأدنى في ذلك الشهر من السنة. وإذا قارنت بين الألوان في الصورة ومفتاح اللون فستدرك أن مستوى غاز الأوزون يقع بين 110 DU و 200 DU. لاحظ أن مستوى غاز الأوزون في معظم المنطقة المحيطة بثقب الأوزون حوالي 300 DU، وهو مستوى طبيعي.

الشكل 18-1 وصل سمك طبقة الأوزون فوق القارة المتجمدة الجنوبية إلى أقل سمك له في سبتمبر 2005 م، يبين مفتاح الألوان أدناه ما يمثله كل لون في هذه الصورة المتخذة بالقمر الاصطناعي. قارن كيف تختلف مستويات غاز الأوزون هذه عن المستوى الطبيعي له ؟

المعدل الطبيعي هو 300 DU، لذا فإن - 110 DU أقل من المعدل الطبيعي

كمية غاز الأوزون الكلية (بوحدة الدوبسون) DU
110 220 330 440 550



ومن الجدير بالذكر أن العلماء لا يزالون غير متأكدين من تحديد الوقت الذي تعود فيه طبقة الأوزون إلى ما كانت عليه. فقد توقعوا أنها سوف تعود إلى وضعها عام 2050م، إلا أن النماذج الحاسوبية الحديثة تتوقع أنها لن تبدأ في استعادة وضعها قبل عام 2068م. على أن تحديد موعد دقيق لذلك ليس مهماً، باستمرار الجهود الدولية للحد من مشكلة تآكل طبقة الأوزون.

فوائد الكيمياء The Benefits of Chemistry

يُعد الكيميائيون جزءاً من العلماء الذين يحلون الكثير من المشكلات أو القضايا التي تواجهها هذه الأيام. وهم لا يشاركون فقط في حل مشكلة تآكل الأوزون، بل إنهم يشاركون في التوصل إلى اكتشاف بعض الأدوية ولقاحات الأمراض، ومنها الإنديز والأنتلوزا. وغالباً ما يرتبط الكيميائي مع كل موقف يمكن أن تتخيله؛ لأن كل شيء في الكون مكون من مادة.

الاستعمال الفعال
لموقد بلزن

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عن

اجربة
معملية

تتناقص درجات الحرارة من يناير إلى يوليو، غري أن مستويات الأوزون تبقى ثابتة تقريباً. وفي يوليو تبدأ درجات الحرارة في الارتفاع حتى يناير

يظل مستوى الأوزون ثابت تقريباً من شهر يوليو حتى نهاية شهر أغسطس، حيث يأخذ هذا المستوى في الانخفاض بسرعة حتى نهاية سبتمبر. وتستمر مستويات الأوزون في الإزدياد من سبتمبر حتى يناير

تظهر بيانات عامي ٢٠٠٤ و ٢٠٠٥ م تشابهاً.

سبتمبر

نعم، تسمح درجات الحرارة المنخفضة للكlor والبروم النشطين بالتكوّن. وعندما تبدأ درجات الحرارة في الارتفاع يتفاعل الكلور والبروم مع الأوزون حتى نفاذهما

مختبر تحليل البيانات

فسر الرسوم البيانية

كيف تختلف مستويات غاز الأوزون في أثناء السنة في القارة المتجمدة الجنوبية؟

تستمر بعض مراكز الأبحاث في مراقبة تركيز غاز الأوزون في طبقة الستراتوسفير فوق القارة المتجمدة الجنوبية.

التفكير الناقد

1. صف نمط تغير الكمية الكلية لغاز الأوزون ودرجة الحرارة على ارتفاع 20-24 km عن سطح الأرض.
2. قوّم كيف تختلف بيانات عام 2004م عن بيانات 2005م؟
3. حدد الشهر الذي كانت كمية الأوزون فيه أقل ما يمكن.
4. قوّم هل تؤيد هذه البيانات ما درسته سابقاً في هذا الفصل عن تفكك غاز الأوزون؟ فسر إجابتك.



احم يديك من الأجسام الساخنة أو الباردة؛ وصن نفسك من ح الجلد والأغشية الأبخرة الضارة؛ ومن المواد التي قد تقر المخاطية والمجاري التنفسية، ومن المواد القابلة للاشتعال، لا تترك لها مفتوحاً في المختبر

(a) قد تصل المواد الضارة إلى عينيك أو ملابسك عند تنفيذك التجربة أو مشاهدتها

(b) يمكن أن تكون المواد الكيميائية ملوثة، ولا تريد أن تلوث عبوة المصدر.

(c) يمكن أن تمتص العدسات اللاصقة غازات المواد الكيميائية وتؤذي عينيك، كما أنه يصعب إزالتها في الحالات الطارئة

(d) يسهل أن تعلق هذه الأشياء بالمواد الكيميائية أو باللهب، الأمر الذي قد يؤدي إلى وضع خطير.

حاسوب، آلة الاحتراق الداخلي، المطاعيم

20. الفكرة الرئيسة اسم ثلاثة منتجات تقنية حسنت من حياتنا أو العالم من حولنا.

21. قارن بين البحث النظري والبحث التطبيقي.

22. صنف التقنية، هل هي ناتجة عن البحوث النظرية أو التطبيقية؟ اشرح وجهة نظرك.

23. لخص السبب وراء كل من:

a. لبس المعطف والنظارة في المختبر.

b. عدم إعادة المواد الكيميائية غير المستعملة إلى العبوة الأصلية.

c. عدم لبس عدسات لاصقة في المختبر.

d. عدم لبس ملابس فضفاضة أو أشياء متدللية مثل الشماغ في المختبر.

24. فسر الأشكال العلمية ما احتياطات السلامة التي ستخذها عند رؤية رموز السلامة الآتية؟



البحث النظري يجري من أجل المعرفة. أما البحث التطبيقي فيجري لحل مشكلة معينة.

يمكن أن تكون التقنية ناتجة عن أي منهما؛ إذ يمكن أن تكون ناتجة عن بحث نظري عندما يميز العلماء أن اكتشافاتهم قد تستغل في تطبيقات عملية. كما يمكن أن تكون ناتجة عن بحث تطبيقي عندما يجري العلماء بحثاً لحل مشكلة معينة.

في الميدان

مهن: مرّم اللوحات الفنية

ترميم اللوحات الفنية

تأثير الأكسجين: لأن الأكسجين الذري يؤثر فيما يلامسه فقط فإن طبقات الرسم التي تحت السناج لا تتأثر. إذا قارنت الصورة الموجودة عن اليمين في الشكل 1 بالصورة التي عن اليسار فسوف تلاحظ أن السناج قد أزيل دون أن تتأثر اللوحة، وهذا بخلاف معظم المعالجات التقليدية التي تستعمل فيها مذيبات عضوية لإزالة السناج؛ حيث تتفاعل هذه المذيبات غالبًا مع السناج ومع الألوان.

لا تبقى اللوحات الفنية على حالها إلى الأبد؛ فهي تتلف بفعل العديد من المؤثرات، ومنها اللمس، أو الدخان الناتج عن الحرائق. وترميم هذه اللوحات هي مهمة مرّم اللوحات الفنية، وهي عملية ليست سهلة؛ لأن المواد المستعملة في الترميم قد تتلف اللوحات الفنية.

الأكسجين في الجو: يشكل الأكسجين 21% من الغلاف الجوي، وهو غالبًا في صورة غاز (O_2) الموجود بالقرب من سطح الأرض. أما في طبقات الجو العليا فتقوم الأشعة فوق البنفسجية الآتية من الشمس بتفكيك غاز الأكسجين إلى ذرات (O). ورغم أن غاز الأكسجين نشط كيميائيًا، إلا أن الأكسجين الذري أنشط؛ فهو يستطيع إتلاف مركبات الفضاء في مداراتها. وهذا سبب قيام وكالة الفضاء الأمريكية NASA بدراسة تفاعل الأكسجين الذري مع غيره من المواد. الأكسجين والفرن التشكيلي: الأكسجين الذري نشط وخصوصًا في التفاعل مع عنصر الكربون (المادة الأساسية الموجودة في السناج؛ والسناج هو: دقائق من الكربون تتخلف من نقص في حريق الوقود). وعندما عالج علماء NASA الرسوم التي يعلوها السناج، كما في الشكل 1 بالأكسجين الذري، تفاعل الكربون الموجود في السناج مع الأكسجين الذري، وتحول إلى غازات.

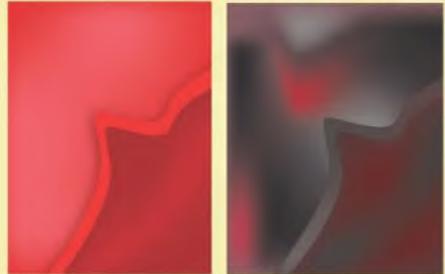


الشكل 2 هذه البقعة الحمراء لم يكن من الممكن إزالتها بالطواشق التقليدية، لكن الأكسجين الذري أزالها دون إتلاف اللوحة.

اللوحة من الأمثلة الناجحة الأخرى على إزالة البقع ما حدث لإحدى اللوحات حين تلوّثت بصبغة حمراء، كما في الشكل 2. معظم الأساليب التقليدية لإصلاح اللوحة تؤدي إلى امتزاج الصبغة الحمراء بالقماش. أما عندما استعمل الأكسجين الذري فقد زال اللون الأحمر عن اللوحة.

الكتابة في الكيمياء

اكتب مقالة جريده توضح فيها كيف يستعمل الأكسجين الذري في إصلاح اللوحات الفنية.



الشكل 1 الصورة اليميني تبين تلف اللوحة الزيتية الناتج عن السناج. أما الصورة اليسرى فتظهر اللوحة بعد معالجتها بالأكسجين الذري، ولم يحدث تلف إلا ما حدث للإطار اللامع للوحة.

مختبر الكيمياء

تصنيف مقدار عسر الماء

الخلفية تتنوع مكونات ماء الصنبور من منطقة إلى أخرى. ويصنف الماء إلى ماء عسر أو ماء يسر بحسب كمية الكالسيوم أو الماغنسيوم الموجودة في الماء، والتي تقاس بوحدة mg/L . افترض وجود عينتين من الماء في مختبر تحليل الماء، إحداها ماء يسر أخذ من المنطقة A والأخرى ماء عسر أخذ من المنطقة B. **سؤال** من أي منطقة أخذت العينتان؟

المواد والأدوات اللازمة

أنابيب اختبار مع سدادات عدد 3	دورق 250 mL
حامل أنابيب اختبار	عينة ماء 1
قلم تلوين	عينة ماء 2
مخبار مدرج 25 mL	سائل تنظيف الأواني
ماء مقطر	مسطرة
قطارة	

إجراءات السلامة

خطوات العمل

1. املاً بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية على منصة عين.
2. ارسم جدول بيانات كالموضح أدناه، ثم عنون أنابيب الاختبار الثلاثة: D (للماء المقطر)، 1 (للعينة A)، 2 (للعينة B).
3. قس 20 mL من الماء المقطر بالمخبار المدرج، واسكب في أنبوب الاختبار D. ضع علامة على الأنبوب لتمثل ارتفاع الماء.
4. كرر الخطوة 3 لكل من العينة B، A.
5. أضف قطرة من سائل تنظيف الأواني إلى كل أنبوب، وأغلق الأنابيب بإحكام باستخدام السدادات، ثم رج كل عينة مدة 30 s لتكون رغوة، ثم قس ارتفاع الرغوة باستخدام المسطرة.

جدول البيانات

العينة	ارتفاع الرغوة
D	
A	
B	

6. **التنظيف والتخلص من النفايات** تخلص من النفايات بآداب في المغسلة، واشطفها بماء الصنبور. ثم أعد أدوات المختبر جميعها إلى أماكنها.

حلل واستنتج

1. **قارن** أي العينتين أنتجت رغوة أكثر A أم B؟
2. **استنتج** ينتج الماء اليسر رغوة أكثر من الماء العسر. استعن بالجدول أدناه لتحديد المنطقة التي أخذت منها كل عينة.
3. **احسب** إذا كان حجم عينة الماء العسر الذي حصلت عليه من معلمك 50 mL وتحتوي على 7.3 mg من الماغنسيوم فما مقدار عسر الماء في هذه العينة وفقاً للجدول أدناه؟
(50 mL = 0.5 L)

تصنيف مقدار عسر الماء	
التصنيف	كتلة الكالسيوم أو الماغنسيوم mg/L
يسر	0 – 60
متوسط	61 – 120
عسر	121 – 180
عسر جداً	> 180

4. **تطبيق الطرائق العلمية** حدد المتغيرات المستقلة والمتغيرات التابعة في هذه التجربة، وهل كان هناك عينة ضابطة في التجربة؟ فسر ذلك. هل توصل زملاؤك إلى النتيجة نفسها؟ لماذا؟
5. **تحليل الخطأ** هل يمكن تغيير خطوات العمل لجعل النتائج أكثر دقة؟ فسر ذلك.

التوسع في الاستقصاء

استقصاء هناك الكثير من المنتجات يُدعى أنها تجعل الماء يسراً. قم بزيارة محال بيع المستلزمات المنزلية أو المحال التجارية لإحضار بعض هذه المنتجات، ثم صمم تجربة للبحث في صحة الادعاء.