الدرس الثاني:
تفاعلات الاحتراق والتلوث البيئي

الصف الثالث الإعدادي - الكيمياء

مثلث الاحتراق (مثلث النار)

لحدوث الاحتراق يشترط اكتمال العناصر الثلاثة:

1. المادة القابلة للاشتعال (الوقود)
2. الأكسجين
3. طاقة حرارية (مصدر اشتعال)

إعداد مستر سعيد الشيخ

01098395003

نشاط 1: جرب واستنتج - درجة الاشتعال وقابلية الاشتعال

المواد والأدوات المستخدمة

كوبان ورقيان صغيران

حاملان ثلاثي القوائم

ماء

شمعتان

الخطوات

1. 1- اسكب كمية من الماء في أحد الكوبين، واترك الأخر فارغاً.
2. 2- ضع كل كوب على حامل.
3. 3- أشعل لهب الشمعة أسفل كل كوب.

? ماذا تلاحظ؟ .....

? ماذا تستنتج؟ .....

التفسير العلمى لنشاط 1

يبدأ الكوب الخالي من الماء في الاشتعال بشكل أسرع من الكوب المملوء بالماء، ويحترق أولاً. لا يبدأ الاحتراق إلا عند وصول المادة إلى درجة الاشتعال الخاصة بها؛ فنجد أن الكوب الخالي من الماء يصل إلى درجة اشتعاله أولاً، بينما تظل درجة حرارة الكوب المملوء بالماء أقل من درجة اشتعاله بسبب خصائص الماء الماصة للحرارة.

درجة الاشتعال: هي أقل درجة حرارة يجب أن تصل إليها المادة لتبدأ في الاشتعال، وتستمر في الاحتراق تلقائياً.

قابلية الاشتعال: تعبر عن مدى سهولة وسرعة اشتعال المادة عند درجات الحرارة المحيطة بها.

المواد القابلة للاشتعال (مثل البنزين والكحول) تُصنف بأنها "مواد ملتهبة"، وتوضع على الخزانات التي تحتويها علامات تحذيرية للدلالة على خطورتها.

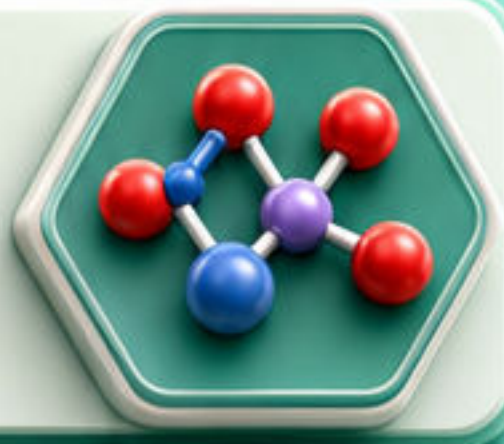
احتياطات الأمن والسلامة

1. ارتداء معدات الوقاية (نظارات واقية، قفازات)

2. إبعاد المواد القابلة للاشتعال عن منطقة العمل

3. تجهيز أدوات الإطفاء لحالات الطوارئ

تطبيق حياتي: إشعال أعواد الثقاب



تحتوي رأس عود الثقاب على .عدة مركبات كيميائية، من أهمها عامل مؤكسد مثل كلورات البوتاسيوم ($KClO_3$) ومواد سريعة الاشتعال، بالإضافة إلى مواد لاصقة ومسحوق الزجاج أو الرمل.

عند إشعال عود الثقاب، تتسبب الحرارة الناتجة عن الاحتكاك في تحويل كمية ضئيلة من الفوسفور الأحمر إلى فوسفور أبيض، الذي يشتعل تلقائياً في الهواء، مؤدياً إلى انحلال كلورات البوتاسيوم ($KClO_3$) فينتج كلوريد البوتاسيوم (KCl) والأكسجين (O_2) ليشتعل رأس العود والخشب بشدة أكبر وأسرع.

تفاعلات الاحتراق
- نشاط 2: احتراق الفلزات

الاحتراق هو تفاعل كيميائي بين مادة والأكسجين ينتج عنه حرارة أو ضوء أو كليهما، وتتتج مواد جديدة تختلف حسب نوع المادة المحترقة.

المواد والأدوات المستخدمة

الخطـــوات

1. أمسك شريط الماغنسيوم بحذر باستخدام الملقط الحراري.
2. سخن الشريط في اللهب حتى يشتعل.
3. كرر الخطوات السابقة مع قطعة الفحم.

ماذا تلاحظ؟ .....

ماذا تستنتج؟ .....

التفسير العلمي لنشاط 2

يحترق الماغنسيوم (Mg) بضوء أبيض ساطع، ويتكون مسحوق أبيض من أكسيد الماغنسيوم (MgO).

$$2Mg_{(s)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2MgO_{(s)}$$

تحترق معظم الفلزات، وتُنتج أكاسيد فلزية قاعدية.

بعض هذه الأكاسيد يذوب في الماء مكوناً محاليل قلوية، تحول لون صبغة دوار الشمس إلى **الأزرق**.

احتياطات الأمن والسلامة - تجنب إطالة النظر للوهج:

عند احتراق الماغنسيوم يتتج ضوءاً عالي الشدة، ويكون مصحوباً بأشعة فوق بنفسجية قد تؤذي شبكية العين، لذا يجب ارتداء نظارات واقية.

احتراق اللافلزات

يتوهج الفحم (الكربون) (C)، ويتصاعد غاز ثاني أكسيد الكربون (CO_2).

$$C_{(s)} + O_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} CO_{2(g)}$$

تحترق معظم اللافلزات، وتنتج أكاسيد لافلزية حامضية.

معظم هذه الأكاسيد تذوب في الماء مكونة أحماضاً، تحول لون صبغة دوار الشمس إلى **الأحمر**.

الاحتراق التام والاحتراق غير التام

- نشاط 3: جرب واستنتج

المواد والأدوات المستخدمة

موقد بنزن

أنبوبة اختبار

كمية من الماء

ماسك

الخطوات

1 ضع كمية من الماء في أنبوبة الاختبار.

2 اشعل موقد بنزن مع فتح صمام الهواء تماماً حتى يصبح اللهب أزرق
(فتحة الهواء مفتوحة مما يسمح بدخول كمية أكبر من الأكسجين لحرق الغاز تماماً).

3 استعن بالماسك لتعريض الأنبوبة للهب لمدة دقيقة.

4 أغلق صمام الهواء في الموقد جزئياً حتى يتحول اللهب إلى اللون الأصفر
(فتحة الهواء ضيقة مما يعني وجود كمية أقل من الأكسجين لحرق الغاز).

5 عرض أنبوبة الاختبار للهب الأصفر لمدة دقيقة.

احتراق غير تام

لهب أصفر

تكون سناج أسود على قاعدة الأنبوبة

احتراق تام

لهب أزرق

قاعدة الأنبوبة نظيفة تماماً

ماذا تلاحظ؟

.....

ماذا تستنتج؟

.....

التفسير العلمي لنشاط 3

في حالة اللهب الأزرق، تبقى قاعدة أنبوبة الاختبار نظيفة تماماً. أما في حالة اللهب أصفر، يتكون مسحوق أسود من الكربون غير المحترق (السناج) على قاعدة أنبوبة الاختبار.

تراكم معرفي

تنتمي الغازات المستخدمة في موقد بنزن ومواقد الغاز المنزلي إلي مجموعة من المركبات الكيميائية تُعرف بـ **الهيدروكربونات**. تتركب هذه المركبات أساساً من عنصري الهيدروجين والكربون. فالغاز الطبيعي يتكون أساساً من **الميثان**، وغاز البوتاجاز يتكون في معظمه من غازي **البروبان والبيوتان**.

معادلات الاحتراق التام وغير التام للهيدروكربونات

1 أولاً: الاحتراق التام للغازات الهيدروكربونية

يتم الاحتراق التام للغازات الهيدروكربونية مثل غاز الميثان (CH_4) في وجود وفرة من غاز الأكسجين (O_2) وينتج غاز ثاني أكسيد الكربون (CO_2) وبخار الماء (H_2O) وكمية كبيرة من الطاقة الحرارية.

$$CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} CO_{2(g)} + 2H_2O_{(v)} + heat \longrightarrow ①$$

2 ثانياً: الاحتراق غير التام للغازات الهيدروكربونية

يحدث في حالة عدم توافر كمية كافية من الأكسجين، وتعتمد نواتج الاحتراق غير التام على كمية الأكسجين المتوفرة للتفاعل. ففي حالة الميثان (CH_4) قد ينتج غاز أول أكسيد الكربون (CO) وبخار ماء (H_2O)، أو السناج (أحد صور الكربون) (C) وبخار الماء (H_2O).

$$2CH_{4(g)} + 3O_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} 2CO_{(g)} + 4H_2O_{(v)} + heat \longrightarrow ②$$

$$CH_{4(g)} + O_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} C_{(s)} + 2H_2O_{(v)} + heat \longrightarrow ③$$

ملحوظة

- يُطلق الاحتراق غير التام لكتلة معيئة من وقود هيدروكربوني كمية من الطاقة الحرارية أقل من الكمية التي يطلقها الاحتراق التام لنفس الكتلة من ذلك الوقود.

قيم فهمك

استنتج عدد جزيئات الأكسجين اللازمة لاحتراق جزيئين من غاز الميثان في كل تفاعل من التفاعلات المعبر عنها بالمعادلات السابقة:

التفاعل 1 : .....

التفاعل 2 : .....

التفاعل 3 : .....

تطبيق حياتي:
لون اللهب وكفاءة التسخين

يدل لون اللهب في موقد الغاز المنزلي على نوع الاحتراق:

1 اللهب الأزرق

يظهر عند توافر كمية من الأكسجين تكفي لحدوث احتراق تام للغاز، وينتج عنه غاز ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء، بالإضافة إلى كمية كبيرة من الحرارة تساعد على طهي أسرع واستهلاك أقل للغاز.

CO_2

كفاءة أعلى
واستهلاك أقل

2 اللهب الأصفر أو البرتقالي

يدل على حدوث احتراق غير تام لنقص الأكسجين، وينتج عنه غاز أول أكسيد الكربون السام، ويتكون سناج أسود يترسب على الأواني، وتقل كفاءة عملية التسخين.

CO

في حالة اللهب الأصفر، يجب تنظيف فتحات اللهب أو ضبط دخول الهواء لضمان السلامة وكفاءة الاستخدام.

نواتج عملية الاحتراق - نشاط 4: جرب واستنتج (الكشف عن نواتج الاحتراق)

تعرفنا كيفية حدوث تفاعل الاحتراق وشروطه، فما نواتج هذا التفاعل؟

المواد والأدوات المستخدمة

- أنبوبة اختبار بها كمية من ماء الجير الرائق
- أنبوبة ذات شعبتين بها ورقة كلوريد الكوبالت اللاماني ($CoCl_2$) الأزرق الباهت
- حوض به ثلج
- قمع
- أنابيب توصيل
- موقد بنزن
- حامل
- مضخة

الخطوات

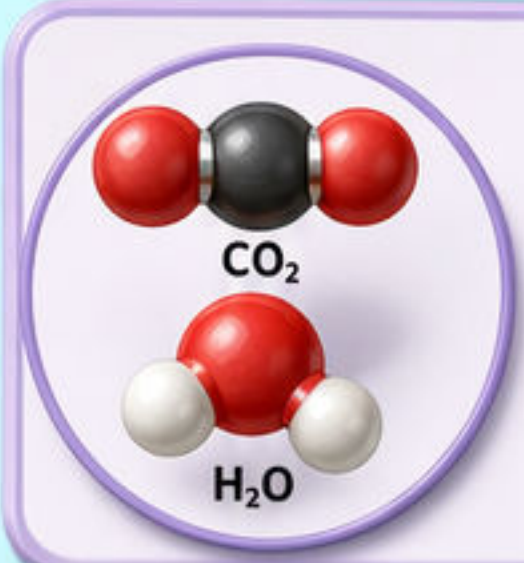
1 - استخدم الأدوات لإعداد جهاز الكشف عن نواتج الاحتراق.

2 - أشعل موقد بنزن لفترة قصيرة (دقيقتين مثلا).

ماذا تلاحظ؟ .....

ماذا تستنتج؟ .....

التفسير العلمي لنشاط 4



1 - تنتج الغازات الهيدروكربونية، مثل الغاز الطبيعي، عند احتراقه التام غاز ثاني أكسيد الكربون (CO_2) وبخار الماء (H_2O).

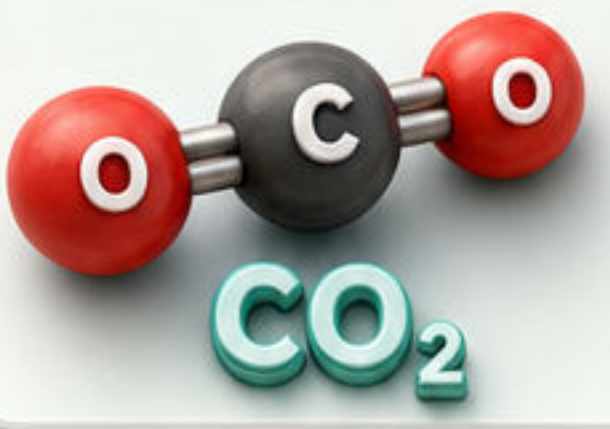
2 - يساعد الثلج حول الأنبوبة ذات الشعبتين على تكثف بخار الماء الناتج عن الاحتراق إلى ماء، والذي يحول لون ورقة كلوريد الكوبالت اللاماني من اللون الأزرق الباهت إلى اللون الوردي.

3 - يتعكر ماء الجير الرائق لتفاعله مع غاز ثاني أكسيد الكربون.

خواص نواتج الاحتراق

تختلف نواتج الاحتراق تبعاً لعدة عوامل منها التركيب الكيميائي للمادة المحترقة، وكمية الأكسجين المتوفرة لعملية الاحتراق. ومن هذه النواتج:

1 غاز ثاني أكسيد الكربون (CO_2):



ينتج عن الاحتراق التام للمواد التي تحتوي الكربون مثل المواد العضوية، وهو غاز عديم اللون والرائحة، لا يشتعل ولا يساعد على الاشتعال، كما أنه أثقل من الهواء ويذوب في الماء مكوناً حمض الكربونيك (H_2CO_3).

2 غاز أول أكسيد الكربون (CO):

يتكون عند الاحتراق غير التام نتيجة نقص الأكسجين، وهو غاز سام عديم اللون والرائحة.

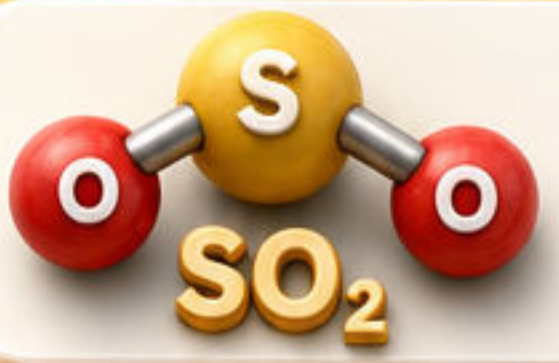
3 بخار الماء (H_2O):

ينتج عن احتراق الهيدروجين والمواد التي تحتوي عليه مثل الهيدروكربونات، ويتكثف إلى قطرات ماء عند التبريد.

4 الكربون (السناج) (C):

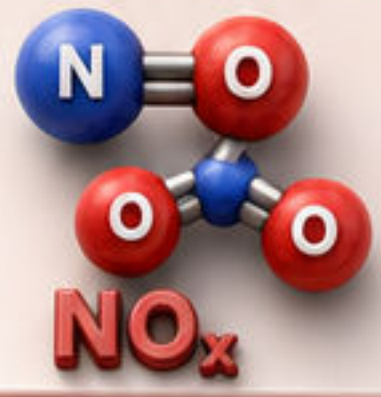
يتكون في حالة الاحتراق غير التام للهيدروكربونات على هيئة جسيمات دقيقة صلبة سوداء تترسب على الأسطح.

5 غاز ثاني أكسيد الكبريت (SO_2):



ينتج عند احتراق الوقود الذي يحتوي على الكبريت، وهو غاز عديم اللون ذو رائحة خانقة يذوب في الماء مكوناً حمض الكبريتوز (H_2SO_3).

6 أكاسيد النيتروجين (NO_x):



تنتج أكاسيد النيتروجين بشكل رئيسي عن احتراق المركبات النيتروجينية الموجودة في الوقود الحفري. وتشمل هذه الأكاسيد أكسيد النيتريك (NO) وهو غاز عديم اللون يتفاعل بسرعة مع أكسجين الهواء الجوي ليتحول إلى غاز ثاني أكسيد النيتروجين (NO_2)، وهو غاز بني محمر ذو رائحة نفاذة وخانقة يذوب في الماء مكوناً حمض النيتروز (HNO_2) وحمض النيتريك (HNO_3).

قيم فهمك - اختر الإجابة الصحيحة

1- 1- ما نواتج الاحتراق التام للمركبات العضوية مثل الميثان؟

(أ) ☐ أول أكسيد الكربون - الهيدروجين

(ب) ☐ ثاني أكسيد الكبريت - بخار الماء

(جـ) ☐ ثاني أكسيد الكربون - بخار الماء

(د) ☐ ثاني أكسيد النيتروجين - الهيدروجين

2- 2- ينتج عن احتراق وقود به شوائب من الكبريت غاز ذو رائحة خانقة يذوب في الماء مكونًا أحد الأحماض. ما الغاز؟ وما اسم الحمض الذي يكونه؟

(أ) ☐ ثاني أكسيد الكربون - حمض الكربونيك

(ب) ☐ ثاني أكسيد الكبريت - حمض الكبريتوز

(جـ) ☐ ثاني أكسيد النيتروجين - حمض النيتريك

(د) ☐ أول أكسيد الكربون - حمض الكبريتيك

المفاهيم المتقاطعة: الاستقرار والتغيير

في تفاعلات الاحتراق يتغير تركيب المتفاعلات لكن الكتلة الكلية للنواتج تساوي الكتلة الكلية للمتفاعلات (قانون بقاء المادة).

ويمكن لتفاعلات الاحتراق أيضا أن تغير بعض عوامل البيئة وحتى صحة الإنسان بمرور الوقت.

تفاعلات الاحتراق والتلوث البيئي

تنتج عن تفاعلات الاحتراق، خاصةً الاحتراق غير التام، مجموعة من الغازات والمواد التي تسبب تلوثاً للبيئة.
ومن عمليات الاحتراق الملوثة للبيئة:

1- حرق المخلفات الزراعيــة

1. يلجأ بعض المزارعين إلى حرق "قش الأرز" في الحقول للتخلص منه في نهاية موسم الحصاد (عادة في شهري أكتوبر ونوفمبر من كل عام)؛ وذلك لسرعة تجهيز الأرض لزراعة المحصول التالي.

2. يحدث غالباً احتراق غير تام للقش بسبب تكدس كوماته، وعدم توفر كمية مناسبة من الأكسجين خلالها.

3. تتصاعد كميات كبيرة من أول أكسيد الكربون، وثاني أكسيد الكربون، وجسيمات الكربون (السناج) المعلقة التي تؤدي إلى دخان كثيف، يشكل ما يُعرف بـ "السحابة السوداء".

4. تسبب السحابة السوداء انخفاضاً لمدى الرؤية، وصعوبة في التنفس، وتزايد حالات الربو والحساسية الصدرية.

نشاط بحثي

ابحث عبر الإنترنت عن بدائل أخرى للاستفادة من قش الأرز بدلاً من حرقه.

.....

2- الاحتراق في محركات السيارات

1. ينتج عن حرق الوقود داخل محرك السيارة طاقة حرارية تستخدم في توليد الطاقة الميكانيكية اللازمة لحركة السيارة.

2. ينتج عن هذا الاحتراق خليط من الانبعاثات يُعرف بـ العادم.

3. يتكون عادم السيارة من غازات ومواد ضارة، مثل أول أكسيد الكربون، وثاني أكسيد الكربون، والكربون (السناج)، بالإضافة إلى أكاسيد النيتروجين، وتعد عوادم السيارات من أهم أسباب تلوث الهواء في المدن.

4. في بعض الحالات، يكون احتراق الوقود في المحرك غير تام، إما بسبب نقص كمية الهواء التي تضخ إليه، أو انخفاض كفاءة المحرك، مما يؤدي إلى زيادة نسبة الانبعاثات الضارة والملوثة للبيئة.

طرق تقليل التلوث الناتج عن عوادم السيارات

1. صيانة محركات السيارات بانتظام لرفع كفاءتها.

2. استخدام وقود سيارات أقل تلويثاً للبيئة كالغاز الطبيعي، أو التحول إلى السيارات الكهربائية.

3. الاعتماد على وسائل النقل الجماعية صديقة البيئة.

تطبيق تكنولوجي: المحول الحفزي في السيارات (علبة البيئة)

يعد المحول الحفزي تطبيقاً للحد من التلوث البيئي الناتج عن احتراق الوقود في محرك السيارة.

فكرة عمله: تعتمد على وجود عوامل حفازة (مواد تزيد من سرعة التفاعل الكيميائي دون أن تتغير) لزيادة سرعة تفاعلات أكسدة واختزال داخل نظام خروج العادم.

الوظيفة: يقوم بتحويل الغازات السامة كأول أكسيد الكربون وأكاسيد النيتروجين إلى مواد أمنة مثل ثاني أكسيد الكربون والنيتروجين.

تفاعلات الاحتراق في الصناعة

تفاعلات الاحتراق مصدر أساسي للطاقة في كثير من الصناعات الثقيلة، مثل صهر المعادن، وإنتاج السيراميك، وصناعة الأسمنت والزجاج، وعمليات تقطير البترول.

2 تعتمد الكثير من محطات توليد الكهرباء على حرق الوقود الحفري مثل الفحم والغاز الطبيعي لإنتاج البخار الذي يدير التوربينات ومن ثم المولدات الكهربية.

طرق تقليل التلوث الناتج عن الاحتراق في الصناعة

1 الاعتماد على الغاز الطبيعي كوقود أقل تلويثاً للبيئة.

2 تركيب فلاتر لتنقية الغازات قبل خروجها من مداخن المصانع.

3 الاستعانة بمصادر الطاقة المتجددة لتوليد الكهرباء، مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح.

لماذا يفضل الغاز الطبيعي عن الفحم كمصدر للطاقة الحرارية؟

1

احتراق الغاز الطبيعي:

أقل إضراراً بالبيئة؛ فمقارنة باحتراق أنواع الوقود الحفري الأخرى، فإن انبعاثات ثاني أكسيد الكربون منه قليلة، وانبعاثات أكاسيد الكبريت ودقائق الكربون منخفضة جداً.

2

احتراق الفحم الحجري:

ينتج نسبة مرتفعة جداً من ثاني أكسيد الكربون، وكميات أكبر من أكاسيد الكبريت ودقائق الكربون.

تطبيق تكنولوجي: أجهزة غسل الغازات الحمضية

1 تعد تطبيقاً للحد من التلوث الصناعي الناتج عن الاحتراق.

2 **فكرة عملها:**

تعتمد على تمرير الغازات الحمضية السامة، كثاني أكسيد الكبريت، خلال مسارها في مداخن المصانع عبر رذاذ من محاليل قلوية، لتحدث تفاعلات "تعادل" وتترسب كأملاح آمنة، مما يقلل من تكون الأمطار الحمضية والضباب الدخاني.

المفاهيم المتقاطعة: السبب والنتيجة

زيادة عمليات الاحتراق (السبب) تؤدي الانبعاثات الناتجة عنها إلى اختلال التوازن البيئي (النتيجة).

كن مهندساً بيئياً: صمم مستقبلاً أنظف

تخيل أنك عضو في فريق لحماية البيئة، اختر إحدى المشكلات البيئية (السحابة السوداء - عوادم السيارات - حرق المخلفات).

اقترح حلولاً عملية للحد منها مثل:

1 تقنيات لتقليل انبعاثات نواتج الاحتراق الضارة.

2 تصميم فلتر لتحويل الغازات الضارة الناتجة عن الاحتراق غير التام إلى غازات أقل ضرراً.

.....

.....

.....

.....