



W jaki sposób i w jakim celu prowadzi się pirolizę węgla kamiennego?

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Film edukacyjny](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)



W jaki sposób i w jakim celu prowadzi się pirolizę węgla kamiennego?

Piroliza węgla to proces polegający na ogrzewaniu węgla w temperaturze 900–1200°C.

Źródło: dostępny w internecie: www.pixabay.com, domena publiczna.

Termochemiczne przetwarzanie surowców pochodzenia organicznego na drodze pirolizy zalicza się do najstarszych przemysłowych procesów termicznych znanych człowiekowi. Sucha destylacja, np. drewna, w wyniku której otrzymywany jest węgiel drzewny, znana jest od ok. 8 tys lat. Przemianom tym można poddawać praktycznie każdy organiczny związek. Zazwyczaj do tego celu wykorzystuje się paliwa stałe o dużej zawartości części lotnych, tj. węgiel i biomasę (drewno, wysuszone osady ściekowe, roślinne odpady rolnicze itp.). Po co poddawać węgiel procesowi pirolizy? Jakie są z tego korzyści?

Twoje cele

- Zdefiniujesz pirolizę oraz omówisz cel jej przeprowadzania.
- Omówisz i scharakteryzujesz produkty pirolizy.
- Przeanalizujesz schemat pracy koksowni.

Przeczytaj

Piroliza

Piroliza to proces prowadzący od rozkładu cząsteczek złożonych związków chemicznych do związków o mniejszej masie cząsteczkowej, pod wpływem podwyższonej temperatury i bez obecności tlenu lub innego czynnika utleniającego.

Podział pirolizy ze względu na temperaturę procesu:

Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Piroliza substancji organicznych prowadzi do otrzymania stałej pozostałości, tzw. karbonizatu i wydzielenia części lotnych w postaci smoły pirolitycznej i gazu pirolitycznego. W skali przemysłowej celem procesu pirolizy materiałów organicznych jest przetwarzanie surowców (węgla, biomasy) do użytecznych form energii, recykling surowcowy (polimery odpadowe) oraz wytwarzanie półproduktów będących surowcami do dalszego ich wykorzystania.



Karbonizat - rozżarzony koks, czekający na schłodzenie. Koksownia Prosper w Niemczech

Źródło: NatiSythen, Wikimedia Commons, licencja: CC BY-SA 3.0.

Przebieg pirolizy węgla

Możesz spotkać się też z nazwami: sucha destylacja węgla, koksowanie węgla czy odgazowanie węgla - każde z tych określeń opisuje proces polegający na ogrzewaniu węgla w temperaturze 900 – 1200°C, bez dostępu powietrza. Proces przeprowadza się w zakładach przemysłowych - koksowniach.



Koksownia Częstochowa Nowa – panorama zakładu

Źródło: Cezary Miłoś, Wikimedia Commons, licencja: CC BY-SA 3.0.

Proces technologiczny produkcji koksu składa się z trzech etapów:

Przygotowanie mieszanki węglowej jako wsadu do baterii koksowniczej

Wymagana jest mieszanka skomponowana z różnych gatunków drobno zmielonego węgla (preferowane są konkretne typy węgla: 33, 34, 35, 36, 37) oraz wody (minimum 7%).

Produkcji koksu

Produkcja odbywa się w piecach koksowniczych, w których znajduje się szereg komór koksowniczych (od kilkunastu do kilkudziesięciu). Do komór koksowniczych wsuwa się ubitą mieszankę węglową lub wsypuje się ją od góry. Wzrost temperatury powoduje rozpad najmniej trwałych wiązań i zwiększanie się ilości wolnych rodników, które mogą reagować na wiele różnych sposobów. W czasie ogrzewania w warunkach beztlenowych następuje zrywanie wiązań $C - C$, $C - H$, $C - O$. Ważną rolę w przebiegu reakcji pirolizy odgrywają grupy funkcyjne i obecność wodoru, który stabilizuje wolne rodniki.

W procesie tym można wydzielić trzy zasadnicze etapy:

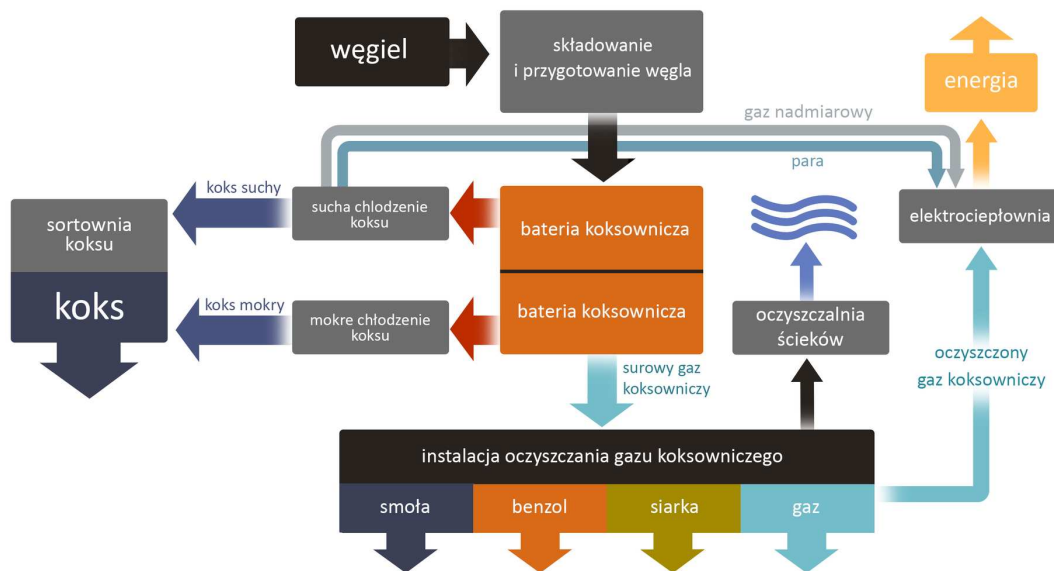
1. Wstępne odgazowywanie węgla (temperatura około 350°C) - węgiel traci wilgoć i zaczynają wydzielać się z niego części lotne (im szybsze ogrzewanie, tym większe są ilości wydzielających się gazów).
2. Okres plastyczności węgla (temperatury od 350 do 520°C) - węgiel przechodzi w stan plastyczny i następuje intensywne wydzielanie się gazów, związane ze zjawiskiem wydymania (największe wydymanie charakteryzuje węgiel typu 35 i 36). W tym etapie odgazowuje się około połowy zawartych w węglu części lotnych. Przebieg uplastycznienia węgla zależy od stosunku bituminów (substancji topiących się) do huminów (nietopliwych substancji masy węglowej).
3. Okres końcowy (temperatury od 520 do powyżej 1000°C) - przy temp. ok. 500°C uplastyczniona masa węglowa przechodzi w stan stały, następuje dalszy rozkład cieplny oraz skurcz wsadu węglowego. Nadal intensywnie zachodzi proces odgazowywania.

Przy temperaturze powyżej 700°C zawartość części lotnych zmniejsza się do około 1-2%, tworzy się koks.

3

Gaszenia i segregowania gotowego koksu

Gorący koks jest kierowany do natychmiastowego ugaszenia strumieniem wody w wieży gaszenia koksu. W wyniku tego procesu nad kominem unoszą się charakterystyczne, ogromne kłęby pary, będące efektem gwałtownego schłodzenia gorącego koksu, często mylnie interpretowane jako dym lub unoszące się pyły.



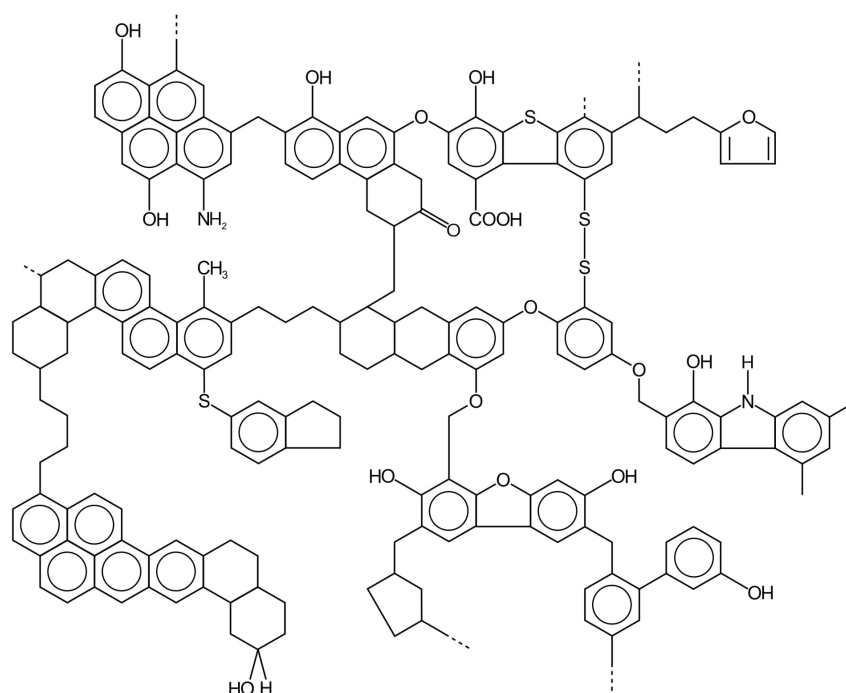
Schemat technologiczny koksowni

Źródło: GroMar Sp. z o.o. oprac. na podst. DocPlayer.pl Inteligentna Koksownia Przyjaźń Sp. z o.o, licencja: CC BY-SA 3.0.



Koksownia Częstochowa Nowa z pracującą wieżą gaszenia koksu

Źródło: Wikimedia Commons, licencja: CC BY-SA 3.0.



Uproszczony schemat fragmentu struktury chemicznej węgla kamiennego. Szybkość ogrzewania węgla kamiennego ma decydujący wpływ na przebieg reakcji, a co za tym idzie na rodzaj produktów rozkładu. Im szybciej wsad jest ogrzewany i chłodzone są produkty rozkładu termicznego, tym mniej reakcji wtórnych w nim zachodzi.

Źródło: Karol Głąb, Wikimedia Commons, licencja: CC BY-SA 3.0.

Ciekawostka

Proces koksowania przy systemach zasypowych trwa od 14 – 16 godzin, zaś przy systemach ubijanych od 18 - 24 godzin.

Parametry jakościowe węgla kamiennych - wyróżnik według normy PN-82-G-97002.

Typ węgla - nazwa	Wyróżnik
węgiel płomienny	31
węgiel gazowo-płomienny	32
węgiel gazowy	33
węgiel gazowo-koksowy	34
węgiel ortokoksowy	35
węgiel metakoksowy	36
węgiel semikoksowy	37
węgiel chudy	38
węgiel antracytowy	41
antracyt	42

Ciekawostka

Do przemiany węgla kamiennego w koks może dojść także bez ingerencji człowieka, a w wyniku działania procesów geologicznych, np. plutonizmu lub wulkanizmu.

Przykładem takiej formacji, utworzonej w wyniku aktywności wulkanicznej, jest część pokładów czeskiego zagłębia węglowego, gdzie doszło do miejscowego utworzenia się koksu w warstwach, między którymi przemieszczał się rozżarzony materiał skalny.

Pokłady te można odnaleźć w kopalni Ostrawa i Odra oraz w szybach wiertniczych we Frenštácie.

Produkty pirolizy i ich zastosowanie

Piroliza węgla prowadzi do powstawania

- koksu;
- smoły;
- wody pogazowej;
- gazu koksowniczego;
- dodatkowo odzyskuje się benzol i amoniak.

Szkielet materiału organicznego w wyniku podwyższania temperatury ulega termicznej dekompozycji z wydzieleniem związków o mniejszej masie cząsteczkowej.

Wydajność procesów koksowania w przeliczeniu na suchą masę węgla wynosi:

Produkt	Zawartość %
Koks	70-80
Gaz koksowniczy	3-5
Woda pogazowa	3-5
Smoła	2,5-4,5
Benzol	0,8-1,4
Amoniak	0,2-0,4

Koks

Jest szaro-czarnym, porowatym ciałem stałym o charakterystycznym zapachu gazów koksowniczych. Jest to paliwo o wyższej wartości opałowej od zwykłego węgla kopalnego (zawartości węgla pierwiastkowego w koksie może wynosić nawet 90–95%), co jest wynikiem usunięcia z węgla, podczas pirolizy gazów, cieczy i innych substancji zanieczyszczających.

Koks wykorzystywany jest przede wszystkim w wytopie żelaza w wielkich piecach w hutach (spełnia trzy podstawowe zadania: jest paliwem, reduktorem oraz pełni funkcję „rusztowania”, pozwalającego na przepuszczanie gazów powstających podczas procesu). Stosuje się go także jako wysokiej jakości paliwo do opalania kotłów grzewczych oraz w odlewniach metali. Wyróżnia się następujące rodzaje koksu: koks wielkopiecowy, koks metalurgiczny, koks odlewniczy, koks opałowy.

Zastosowanie koksu:

- koks wielkopiecowy - paliwo bezdymne o wysokiej wartości opałowej $30-33 \frac{\text{Mj}}{\text{kg}}$;
- reduktor, czynnik zapewniający gazoprzepuszczalność wsadu;
- do produkcji żelazostopów (Fe+Si, Mn, Cr);
- koks odlewniczy (paliwo, czynnik zapewniający gazoprzepuszczalność wsadu);
- do wytopu metali nieżelaznych Zn, Pb, Cu (paliwo, reduktor, czynnik zapewniający gazoprzepuszczalność wsadu);
- materiał opałowy w kotłowniach, warsztatach oraz gospodarstwach indywidualnych;
- do produkcji karbidu;
- do produkcji wapna palonego.

Smoła pirolityczna

Powstająca podczas pirolizy węgla kamiennego, jest ciemnobrunatną cieczą o ostrym, drażniącym zapachu. Stanowi bardzo złożoną mieszaninę związków organicznych, głównie

węglowodorów aromatycznych i związków heterocyklicznych, a także związków zawierających azot (pirydyna, akrydyna), tlen (głównie fenole) czy siarkę (siarkowodór, tiofeny, tiofenole).

- Smoła węglowa
 - Destylacja
 - Olej lekki
 - benzen i homologi
 - Olej karbolowy
 - fenole
 - zasady pirydynowe
 - inden
 - kumaron
 - żywice
 - Olej naftalenowy
 - naftalen
 - Olej płuczkowy
 - acetanaften
 - fluoren
 - difenyl
 - Olej antracenowy
 - antracen
 - fenantern
 - karbazol
 - chryzen
 - piren
 - Pak
 - koks pakowy

Schemat otrzymywania produktów destylacji smoły koksowniczej

Źródło: Lorenc-Grabowska E., *Technologia Chemiczna-surowce i procesy przemysłu organicznego*, dostępny w internecie:
http://www.polymer-carbon.ch.pwr.edu.pl/instrukcje/SPO_koksowanie.pdf.

Klasycznym sposobem przerobu smoły jest proces destylacji smoły węglowej, w jej wyniku można uzyskać szereg cennych produktów, między innymi: benzen i jego pochodne, zasady pirydynowe, naftalen, antracen, oleje smołowe, smoły preparowane czy koks pakowy.

Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Gaz koksowniczy/gaz świetlny/gaz pirolityczny

W niższych temperaturach rozkładu wydzielają się znaczne ilości dwutlenku węgla i tlenku węgla, podczas gdy w wyższych temperaturach rośnie wydzielanie wodoru i metanu.

W zależności od składu różna jest wartość opałowa gazu ($7\text{--}30 \frac{\text{Mj}}{\text{m}^3}$). Stosuje się go do otrzymania amoniaku oraz w hutnictwie.

Woda pogazowa

Stanowi mieszaninę zawierającą amoniak (NH_3), sole amonowe ($(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$, NH_4Cl , $(\text{NH}_4)_2\text{S}$, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_3$, NH_4SCN), pirydynę, fenole i inne związki. Jest surowcem do otrzymywania amoniaku i siarczanu(VI) amonu.

Polecenie 1

Przeprowadź poniższe doświadczenie zgodnie z poniższą instrukcją. W celu przeprowadzenia eksperymentu przygotuj: węgiel kamienny, probówkę, gumowy korek z rurką, palnik, drewnianą łapę, łuczywko.

Instrukcja doświadczenia:

1. Umieść rozdrobniony węgiel kamienny w probówce.
2. Zatkaj ją korkiem z rurką odprowadzającą.
3. Intensywnie ogrzewaj w płomieniu palnika.
4. Po kilku minutach zbliż palące się łuczywko do wylotu.
5. Przerwij ogrzewania probówki. Przelej ciecz OSTROŻNIE do innej probówki.

Obserwacje:

Wnioski:

Słownik

destylacja frakcyjna

inaczej rektyfikacja, z punktu widzenia inżynierii procesowej jest procesem, w którym mieszanina ciekła jest rozdzielana na frakcje o różnej (zwykle zbliżonej) lotności

kraking

procesy polegające na przeróbce węglowodorów o długich łańcuchach węglowych – np. zawartych w nafcie (powyżej 12 at. C) w cząsteczce na mieszaninę węglowodorów o łańcuchach krótszych, takich które występują w benzynie. Następuje rozerwanie wiązań typu C – C w cząsteczce węglowodoru, a produktami procesu są alkanany i alkeny

wysokocząsteczkowe związki chemiczne

zgodnie z umownym podziałem związków chemicznych ze względu na liczbę atomów wchodzących w skład pojedynczych cząsteczek, są to związki liczące powyżej 1000 atomów

kaloryczność węgla (wartość opałowa)

to ilość energii cieplnej, która wytwarza się podczas jego spalania; najczęściej węgiel odznacza się kalorycznością rzędu $25\text{--}30 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}}$, natomiast minimalna kaloryczność koksu opałowego wynosi $28 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}}$

wyróżnik typu węgla kamiennego

liczba dwucyfrowa, w której pierwsza cyfra oznacza rodzaj paliwa, zaś druga stopień uwęglenia zależny od zawartości części lotnych i zdolności spiekania (najczęściej stosowane są węgle typów: 31, 32, 34, 35)

Źródło: stat.gov.pl

Bibliografia

Dudek H. *Magnez. Pierwiastek energii*, Warszawa 1999.

Papierkowski A., *Znaczenie magnezu w praktyce lekarskiej. Część I. Przyczyny i objawy zaburzeń gospodarki magnezowej*, „Medycyna Rodzinna” 2002, 1, s. 31–34.

Szymczyk H., *Magnez – pierwiastek niezbędny do prawidłowego funkcjonowania organizmu*, „Farmacja Współczesna” 2016, 9, s. 217–223.

Film edukacyjny

Polecenie 1

Węgiel to istotny element polskiej gospodarki. Czym jest piroliza węgla i dlaczego jest ważnym procesem?



Film dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/D2fXDd2hS>

Film edukacyjny pt. „Piroliza węgla kamiennego”

Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Film nawiązujący do treści materiału - dotyczy pirolizy, czyli suchej destylacji węgla.

Ćwiczenie 1

Wytlumacz, na czym polega proces pirolizy?

Odpowiedź:

Ćwiczenie 2

Odpowiedz, dlaczego węgiel kamienny poddaje się procesowi pirolizy?

Odpowiedź:

Ćwiczenie 3

Wyjaśnij, jakie procesy zachodzą podczas koksowania?

Odpowiedź:

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Zaznacz poprawną odpowiedź. W jakich temperaturach węgiel ulega uplastycznieniu?

☐ 350-520°C

☐ 120-250°C

☐ 250-320°C

Ćwiczenie 2



Uzupełnij poniższe zdania.

Ze względu na temperaturę procesu pirolizę można podzielić na niskotemperaturową (zachodzącą w granicach temperatur - °C), wykorzystywaną do rozkładu , oraz wysokotemperaturową (zachodzącą w granicach temperatur - °C), zwaną też , wykorzystywaną do rozkładu węgla.

Ćwiczenie 3



Jaki etap koksowania jest widoczny na zamieszczonej fotografii? Uzasadnij swoją odpowiedź nawiązując do procesu zachodzącego podczas tego etapu.



Źródło: Wikimedia Commons, licencja: CC BY-SA 3.0.

Odpowiedź:

Ćwiczenie 4



Z podanych zastosowań wybierz te, które dotyczą smoły pirolitycznej:

- ☐ składnik nawozów sztucznych
- ☐ wytwarzanie barwników
- ☐ składnik oleju impregnacyjnego do drewna
- ☐ wytwarzanie rozpuszczalników
- ☐ istotny składnik w przemyśle farmaceutycznym

Ćwiczenie 5



koksowanie węgla

związki liczące powyżej 1000 atomów

wysokocząsteczkowe związki chemiczne

proces, w którym mieszanina ciekła jest rozdzielana na frakcje o różnej (zwykle zbliżonej) lotności

destylacja frakcyjna

proces polegający na ogrzewaniu węgla w temperaturze 900 – 1200°C bez dostępu powietrza

kraking

procesy polegające na przeróbce węglowodorów o długich łańcuchach węglowych na mieszaninę węglowodorów o łańcuchach krótszych

Ćwiczenie 6



Wybierz właściwą wersję, tak aby zdania były prawdziwe.

Koks jest brunatnym/szaro-czarnym, porowatym ciałem stałym o charakterystycznym zapachu siarki/gazów koksowniczych. To paliwo o wyższej/nniższej wartości opałowej od węgla kopalnego. Wykorzystywany jest przede wszystkim w wytopie żelaza w wielkich piecach w hutach (spełnia trzy podstawowe zadania: jest filtrem/paliwem, reduktorem oraz pełni funkcję „rusztowania”, uniemożliwiającego/pozwalającego na przepuszczanie gazów powstających podczas procesu). Wyróżnia się następujące rodzaje koksu: koks wielkopiecowy/koks metalurgiczny/ koks odlewniczy/koks opałowy.

Ćwiczenie 7



Określ, czy podane zdania są prawdziwe, czy fałszywe.

Zdanie	Prawda	Fałsz
Bateria koksownicza to zespół pieców koksowniczych.	☐	☐
Smoła pirolityczna stanowi bardzo złożoną mieszaninę związków organicznych, głównie węglowodorów aromatycznych i związków heterocyklicznych.	☐	☐
W wyższych temperaturach rozkładu pirolitycznego wydzielają się znaczne ilości dwutlenku węgla i tlenu węgla, podczas gdy w niższych temperaturach rośnie wydzielanie wodoru i metanu.	☐	☐
Woda pogazowa ma czystość wody destylowanej.	☐	☐

Ćwiczenie 8



Jednym z produktów gazowych pirogenizacji węgla kamiennego jest tzw. gaz koksowniczy. Zaplanuj doświadczenie, w którym wytwarza się gaz koksowniczy. Napisz, jakie zastosowanie ma gaz koksowniczy.

Instrukcja:

Obserwacje:

Wnioski:

Dla nauczyciela

Scenariusz zajęć

Autor: Amanda Gałkowska, Krzysztof Błaszczak

Przedmiot: chemia

Temat: W jaki sposób i w jakim celu prowadzi się pirolizę węgla kamiennego?

Grupa docelowa: uczniowie III etapu edukacyjnego, liceum, technikum, zakres podstawowy i rozszerzony; uczniowie III etapu edukacyjnego – kształcenie w zakresie podstawowym i rozszerzonym

Podstawa programowa:

Zakres podstawowy

XIII. Węglowodory. Uczeń:

8) opisuje przebieg destylacji ropy naftowej i pirolizy węgla kamiennego; wymienia nazwy produktów tych procesów i ich zastosowania.

Zakres rozszerzony

XIII. Węglowodory. Uczeń:

13) opisuje przebieg destylacji ropy naftowej i pirolizy węgla kamiennego; wymienia nazwy produktów tych procesów i ich zastosowania.

Kształtowane kompetencje kluczowe:

- kompetencje w zakresie rozumienia i tworzenia informacji;
- kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii;
- kompetencje cyfrowe;
- kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się.

Cele operacyjne

Uczeń:

- definiuje pirolizę oraz wskazuje na cel jej przeprowadzania;
- omawia i charakteryzuje produkty pirolizy;
- poznaje schemat koksowni.

Strategie nauczania:

- asocjacyjna;
- problemowa.

Metody i techniki nauczania:

- dyskusja dydaktyczna;
- eksperyment chemiczny;
- burza mózgów;
- ćwiczenia uczniowskie;
- analiza materiału źródłowego;
- film edukacyjny;
- technika baterii.

Formy pracy:

- praca zbiorowa;
- praca indywidualna;
- praca w grupach.

Środki dydaktyczne:

- komputery z głośnikami, słuchawkami i dostępem do Internetu/smartfony, tablety;
- zasoby multimedialne zawarte w e-materiale;
- tablica interaktywna/tablica, pisak/kreda;
- rzutnik multimedialny;
- aplikacja Mentimeter, Kahoot!, Quizizz.

Przebieg zajęć

Faza wstępna:

1. Zaciekawienie i dyskusja. Przeprowadzenie eksperymentu chemicznego „Badanie wpływu wysokiej temperatury na węgiel kamienny” wg polecenia 1 zawartego w e-materiale w sekcji „przeczytaj”. Nauczyciel wybiera ucznia do roli asystenta, który w jego obecności przeprowadzi eksperyment, rozdaje uczniom karty pracy. Nauczyciel przygotowuje odpowiednie szkło, sprzęt laboratoryjny oraz odczynniki chemiczne. Uczniowie samodzielnie formułują pytanie badawcze i hipotezę. Uczeń asystent przeprowadza eksperyment. Uczniowie obserwują zmiany podczas eksperymentu, wyciągają wnioski (wszystko zapisują w kartach pracy). Na forum całej klasy następuje weryfikacja pod względem merytorycznym zaprezentowanych efektów pracy przez chętnych uczniów.
2. Rozpoznawanie wiedzy wyjściowej uczniów. Burza mózgów wokół znaczenia paliw kopalnych oraz wiedzy uczniów na temat możliwości ich przetwarzania

i wykorzystania produktów. Nauczyciel może wykorzystać aplikację Mentimeter z użyciem smartfonów/tabletów.

3. Ustalenie celów lekcji. Nauczyciel podaje temat zajęć i wspólnie z uczniami ustala cele lekcji, które uczniowie zapisują w portfolio.
4. Zasady BHP. Nauczyciel zapoznaje uczniów z kartami charakterystyk substancji, które będą używane na lekcjach.

Faza realizacyjna:

1. Nauczyciel wprowadza metodę JIGSAW. Dzieli uczniów losowo na pięć grup liczących taką samą liczbę uczniów i rozdaje arkusze papieru A4 i mazaki. Są to tzw. grupy eksperckie. Każdy uczestnik powinien zostać ekspertem, który w istotny sposób przyczyni się do sukcesu całej grupy. Każdy uczeń występuje w roli uczącego się i nauczającego.
2. Każdej grupie nauczyciel przydziela inne zagadnienie do opracowania w oparciu o e-materiał oraz inne dostępne źródła informacji:
 - I grupa – definiuje pirolizę, jej rodzaje i wymienia produkty;
 - II grupa – proces technologiczny produkcji koksu – etap przygotowania wsadu węglowego oraz gaszenia i segregacji koksu;
 - III grupa – proces technologiczny produkcji koksu – produkcja koksu w bateriach koksowniczych (3 etapy);
 - IV grupa – produkty pirolizy – koks i woda pogazowa;
 - V grupa – produkty pirolizy – smoła i gaz koksowniczy.
3. Na umówiony znak uczniowie tworzą nowe grupy tak, aby w każdej nowej grupie znaleźli się eksperci z wszystkich pozostałych grup.
4. Eksperti kolejno relacjonują to, czego nauczyli się w swoich pierwotnych grupach, czyli ekspert I grupy uczy pozostałych tego, czego się nauczył sam przed chwilą, po czym do głosu przechodzi ekspert grupy II, ekspert grupy III, IV, V. Uczący uczniowie przekazują wiedzę pozostałym uczniom, aż do wyczerpania materiału. Każda z grup w ten sposób zapoznaje się z całym materiałem przewidzianym do realizacji na danej jednostce lekcyjnej.
5. Uczniowie samodzielnie sprawdzają swoją wiedzę, wykonując ćwiczenia zawarte w e-materiale – „Sprawdź się”.

Faza podsumowująca:

1. Uczniowie na planszy z narysowaną baterią i zaznaczonymi poziomami jej naładowania, np. co 5-10% zaznaczają cenkami w jakim stopniu opanowali zagadnienia wynikające z zamierzonych do osiągnięcia celów lekcji. W przypadku, gdy bateria nie jest

naładowana w 100%, zastanawiają się, w jaki sposób podnieść swój poziom posiadanej wiedzy?

2. Nauczyciel sprawdza wiedzę uczniów zadając pytania. Nauczyciel może również przygotować quiz z wykorzystaniem aplikacji Kahoot! lub Quizizz z zastosowaniem smartfonów/tabletów. Przykładowe pytania w materiałach pomocniczych.

Praca domowa:

Uczniowie wykonują pozostałe ćwiczenia w e-materiale – „Sprawdź się”, których nie zdążyli wykonać na lekcji.

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania multimedium:

Film edukacyjny nauczyciel może wykorzystać w ramach metody lekcji odwróconej. Uczniowie film mogą wykorzystać przygotowując się do zajęć lub mogą jej użyć podczas lekcji powtórzeniowej. Uczniowie nieobecni na lekcji mogą wykorzystać to medium celem uzupełnienia luk kompetencyjnych.

Materiały pomocnicze:

1. Polecenie podsumowujące (nauczyciel przed lekcją zapisuje je na niewielkich kartkach): Jakie znaczenie mają paliwa kopalne? Na czym polega piroliza węgla? Na czym polega destylacja ropy naftowej? Jakie są produkty destylacji ropy naftowej?
2. Nauczyciel przygotowuje planszę z narysowaną baterią i zaznaczonymi poziomami jej naładowania, np. co 5-10% do oceny stopnia opanowania zagadnień oraz cenki dla uczniów.
3. Doświadczenie chemiczne: „Badanie wpływu wysokiej temperatury na węgiel kamienny”.

Szkło i sprzęt laboratoryjny, odczynniki chemiczne oraz instrukcja wykonania są opisane w e-materiale w sekcji „Przeczytaj” – polecenie 1.

4. Karta pracy ucznia:

Plik o rozmiarze 73.28 KB w języku polskim