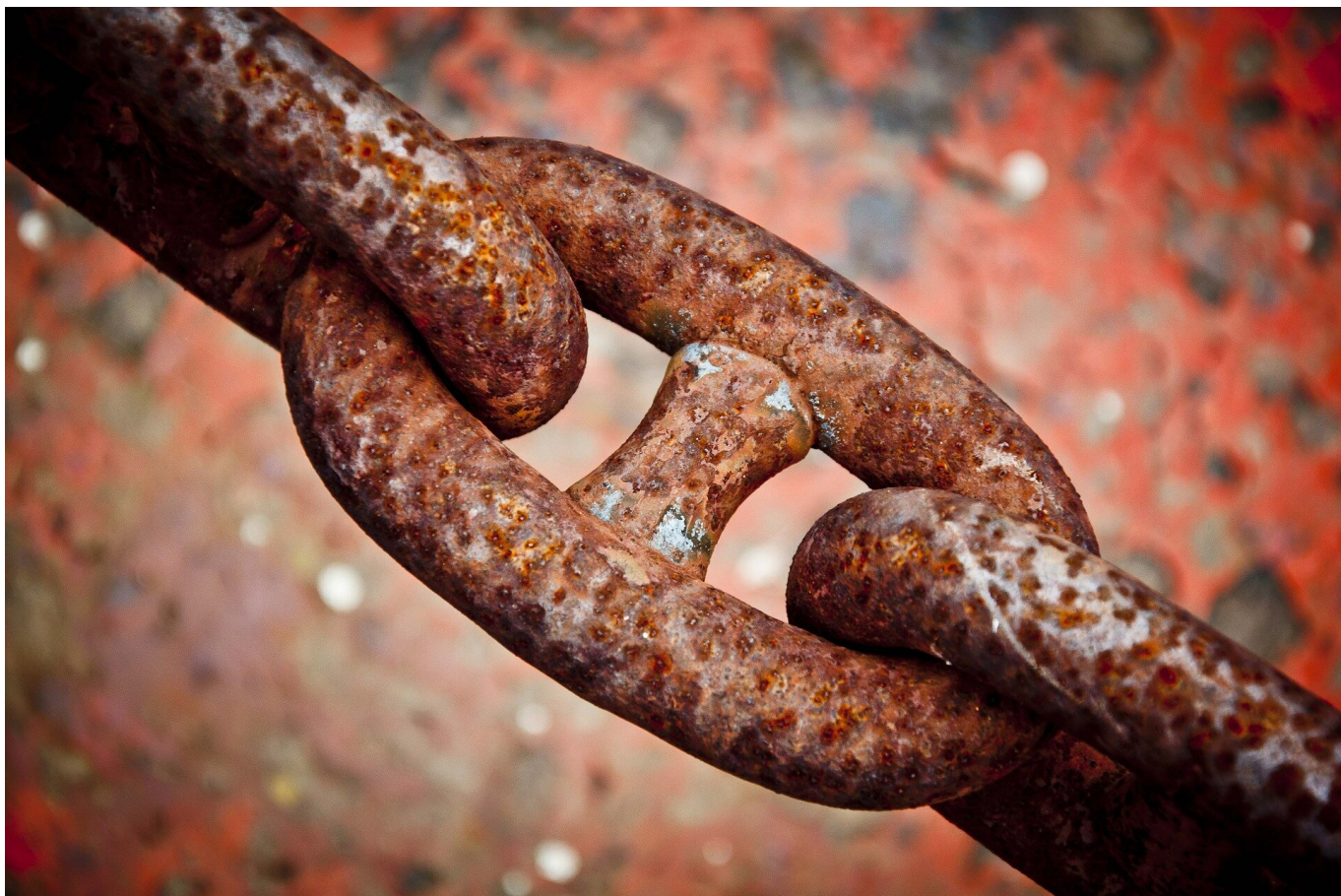




Żelazo dawniej i dziś

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



Żelazo dawniej i dziś

Łańcuch z żelaza pokryty rdzą

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

Czy wiesz, że pierwsze grudki żelaza, jakie człowiek zaczął wykorzystywać, spadły na ziemię w postaci meteorytów? Później odkryto całe rudy żelaza.

Ten pierwiastek odegrał tak ważną rolę w życiu ludzkości, że od niego nazwano całą epokę w rozwoju ludzkości. Epoka żelaza rozpoczęła się w połowie II tys. p.n.e. i trwała do XIII w. n.e. Jednymi z najstarszych ośrodków rozwoju hutnictwa żelaza był Daleki Wschód: Indie, Chiny i Japonia. Dawni rzemieślnicy otrzymywali żelazo z jego rudy, występującej płytko pod ziemią. Wytapiali go w piecach nazywanych dymarkami, a jako rozpałki używali węgla drzewnego. Na polskich ziemiach dymarki były znane już w I w. n.e.

Czy wiesz, że aby powstał kloc żużla o masie ok. 100 kg, należało przetopić ok. 200 kg rudy i spalić 250–300 kg węgla drzewnego? Cały proces trwał prawie dobę. Pierwsze ślady wytopu żelaza stwierdzono w Egipcie ok. 3000 roku p.n.e. Czy wiesz, że w rejonie Brwinowa odsłonięto pozostałości tysięcy dymarek? Śladem po wytopach są odsłaniane bryły żużla, zastygniętego w kotlinkach dymarek.

Twoje cele

- Wymienisz znane rudy żelaza.
- Napiszesz równania reakcji zachodzących w czasie wytopu żelaza.
- Określisz różnice między wytopem żelaza w dymarce a wielkim piecu.

Przeczytaj

Człowiek pierwotny trudnił się zbieractwem i odnajdywał kawałki czystego metalu, które nazywają się samorodkami. Potem odkryto, że metale występują w przyrodzie w postaci rud, czyli metalu zmieszanego z innymi pierwiastkami.

Rudy żelaza

Do rud żelaza zaliczamy:

- magnetyt - Fe_3O_4 ;
- hematyt - Fe_2O_3 ;
- limonit (żelaziak brunatny) - $\text{FeO}(\text{OH})$;
- piryt - FeS_2 ;
- syderyt - FeCO_3 .



Magnetyt – tlenek żelaza(II,III)

Źródło: dostępny w internecie: pl.wikipedia.org, licencja: CC BY-SA 3.0.

Proces redukcji związków żelaza przeprowadza się w wielkim piecu. Przez górny otwór – gardziel – podawane są, oprócz rud żelaza, **topniki** i koks. Ten ostatni jest reduktorem

związków żelaza i dostarcza energię. Topniki przyspieszają i ułatwiają proces przetopu złoża rudy, a łącząc się ze skałą płonną, tworzą **żużel** wielkopiecowy. W dolnej części wielkiego pieca (gara) znajdują się otwory, przez które okresowo spuszcza się ciekłą surówkę i żużel. Górną częścią pieca wydostaje się gaz wielkopiecowy, zawierający składniki palne.

Początkowo stopy żelaza otrzymywano w otwartych ogniskach, a później w specjalnych piecach – dymarkach – przez ogrzewanie rud żelaza węglem drzewnym. Otrzymany produkt, czasem mocno zanieczyszczony, przekuwano i poddawano dalszej obróbce. Aby udoskonalić pracę dymarek, zaczęto budować piece nad ziemią, stosując nadmuch powietrza do ogrzewania za pomocą koła wodnego. Dymarki zaczęły się rozrastać i z czasem nazwano je wielkimi piecami. Uzyskiwano w nich temperaturę 1600–1900°C.

Dawna technologia wytopu żelaza

W średniowieczu wytopu żelaza dokonywano w dymarkach. Wydobyte bryły rudy darniowej suszono i wypalano w ognisku, a następnie w dymarce.

Dymarka składała się z jamy wykopanej w ziemi oraz postawionego nad nią komina, w którego dolnej części umieszczone były otwory doprowadzające powietrze. Na dnie pieca tworzone **ruszt z węgla drzewnego lub drewna**. Następnie sypano rozżarzony węgiel drzewny, aby rozgrzać wnętrze pieca. Gdy był rozgrzany, wsypywano na przemian **warstwy węgla drzewnego i rudy żelaza**. Na wysokości wlotu powietrza utrzymywano temperaturę 1100–1200°C. Żelazo topi się w temperaturze powyżej 1530°C. W celu osiągnięcia tak wysokiej temperatury, w dymarce wypalano **kamień wapienny** (CaCO_3), który pod wpływem temperatury (900°–1200°C) rozkładał się na CaO i CO_2 . **Tlenek wapnia** (wapno palone) pełnił rolę **topnika** (związku odsiarczającego rudę i obniżającego temperaturę topnienia skały płonnej, a szczególnie SiO_2) i dodawany był do **rudy darniowej** przy wytopie stali. W wysokiej temperaturze zachodziły procesy utleniania i redukcji.

Schematyczny przekrój pieca dymarskiego

Źródło: GroMar Sp. z o. o. opracowano na podstawie: <http://dymarki.com/pl/strona-glowna/badania/tajniki-starozytnego-wytopu,,26.html>, licencja: CC BY-SA 3.0.

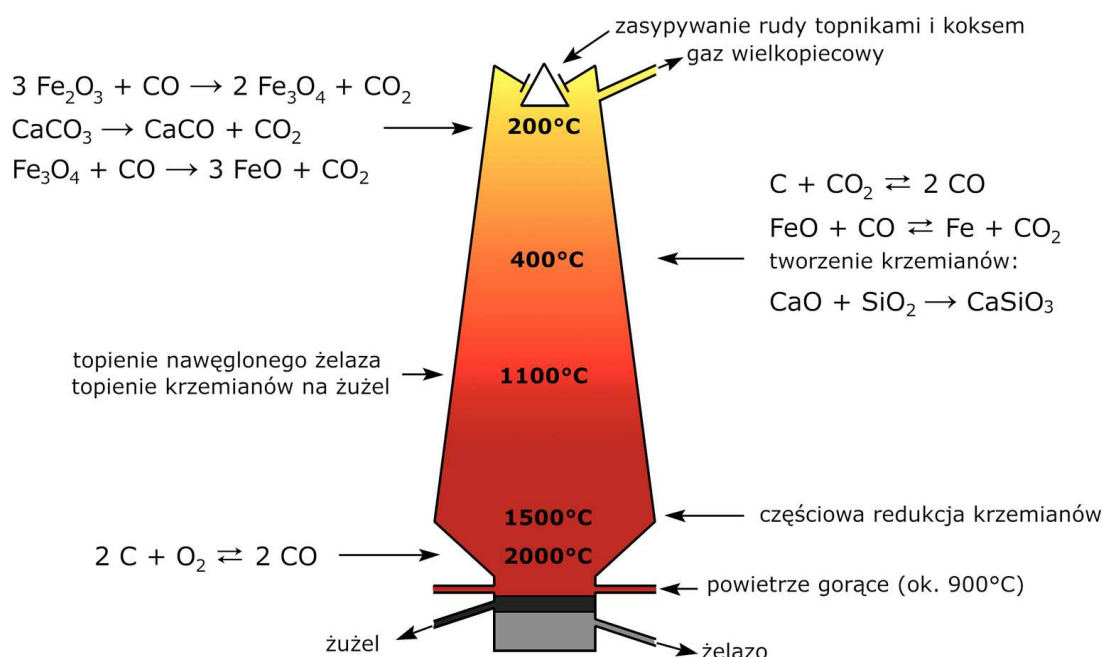
Po kilkunastu godzinach pracy, dymarkę wygaszano wodą, a piec rozbijano i wydobywano z dna łupkę. Było to miękkie **żelazo z żużlem**, otrzymywane w postaci ciastowatej bryły, w której stal poprzerastana była węglem drzewnym i żużlem. Jej masa dochodziła do 20 kg.

Łupka dymarkowa

Łupka była rozgrzewana, zbijana w mniejsze bryły i oczyszczana z węgla. Otrzymywano w ten sposób stal węglową do otrzymywania narzędzi i broni. Piec dymarkowy był wykorzystywany jednorazowo. Pozostawały po nim tylko wgłębienia w ziemi wypełnione żużlem.

Współczesna technologia wytopu żelaza

Obecnie wytop żelaza odbywa się w dużo większym piecu zwanym **wielkim piecem**, wyłożonym od środka materiałem ogniotrwałym. Do pieca od góry ładuje się na przemian rudę i koks oraz dodaje się topniki. Od dołu wdmuchiwane jest do pieca powietrze, potrzebne do spalania koksu. W piecu powstaje płynna surówka i pływający po niej żużel. Ze spalania koksu powstają gazy bogate w tlenek węgla(II) (do 25% CO). CO jest reduktorem powstających w trakcie procesu tlenków żelaza.



Schemat wielkiego pieca

Źródło: GroMar Sp. z o. o. na podstawie Bielański A., Chemia ogólna i nieorganiczna, Warszawa 1977., licencja: CC BY-SA 3.0.

Zachodzące w piecu procesy zależą od temperatury

- 100-200°C (górna część pieca) – odwodnienie i osuszenie wkładu;
- 400°C (niższa część pieca) – redukcja Fe_2O_3 do Fe_3O_4 , a następnie Fe_3O_4 do FeO ;

- $> 1100^{\circ}\text{C}$ (dolna część pieca) – żelazo zaczyna się topić i spływa do dolnej części pieca, zwanej garem. Uzyskuje się płynne żelazo pokryte warstwą żużla, określane surówką.

Wielki piec pracuje w sposób ciągły. Jest opróżniany i załadowywany w regularnych odstępach czasu. Surówka otrzymana w wielkim piecu zawiera ok. 4% węgla, 3% krzemu, 6% manganu, 2% fosforu oraz 0,05% siarki.

W zależności od sposobu chłodzenia, otrzymuje się różne rodzaje surówki:

- białą – szybkie chłodzenie, surówka w postaci cementytu Fe_3C ;
- szarą – chłodzenie powolne, surówka w postaci krystalicznych ziaren czystego żelaza, ferrytu oraz płatków grafitu.

Czyste żelazo jest kruche i nie ma odpowiednich właściwości mechanicznych. W celu ich poprawienia, wytwarza się stopy żelaza z węglem lub innymi metalami, otrzymując różne rodzaje stali. W trakcie przerobu surówki na stal wypalane są niepożądane pierwiastki (węgiel, siarka, fosfor) oraz wprowadzane dodatkowe, pożądane składniki.

Słownik

ruda darniowa, rudawiec

wytrącenia uwodnionych tlenków żelaza, które, wraz z domieszką koloidalnej krzemionki, frakcji ilastej czy fosforanów, spajają okruchy mineralne i szczątki organiczne, tworząc w profilu glebowym różnej wielkości czarnobrunatne bryły lub trudne do przebicia warstwy; rudy darniowe tworzą się w obniżeniach terenu, co jest związane z wahaniami zwierciadła wody gruntowej, zasobnej w rozpuszczalne związki żelaza; w rudzie darniowej występuje limonit

żużel

szklista masa, zbita lub perforowana, gąbczasta, powstająca w trakcie wytopu metali z rud lub jako produkt uboczny spalania węgla

topniki

dodatek topników ma na celu utworzyć z rudą mieszaninę łatwotopliwą, a także usunąć zanieczyszczenia towarzyszące rudzie żelaza; jeżeli zanieczyszczenia mają charakter kwasowy (są bogate w SiO_2), dodawane są topniki zasadowe (np. wapno palone), zaś jeżeli zanieczyszczenia mają charakter zasadowy (wapień, dolomit), dodawane są topniki kwaśne (gлина, skalenie)

koks

paliwo uzyskiwane poprzez przemysłowe wygrzewanie węgla kamiennego bez dostępu powietrza (piroliza węgla) w temperaturze 600-1200°C w specjalnie w tym celu skonstruowanym piecu koksowniczym za pomocą gazów spalinowych (bez dostępu tlenu); paliwo o wyższej kaloryczności od zwykłego węgla kopalnego, ponieważ zawiera co najmniej 90-95% czystego pierwiastka węgla

Bibliografia

Bieleński A., *Chemia ogólna i nieorganiczna*, Warszawa 1977.

Bogdańska Zarembina A., Matusiewicz E. I., Matusiewicz J., *Chemia dla szkół średnich*, Warszawa 1995.

Kaczyński J., Czaplicki A., *Chemia ogólna*, Warszawa 1974.

Jaworski M., Jaworska M. M., *Wytop żelaza dawniej i dziś*, t. 2, Warszawa 2010.

Łabecki L., Łabecka M., *Jak to działa? Podręcznik z ćwiczeniami do zajęć praktycznych*, Warszawa 2011.

Rutkowski M., *Żelazne łąki*, „Wiedza i Życie” 2001, nr 5.

Film edukacyjny

Polecenie 1

Jak wyglądały zastosowania żelaza na przestrzeni lat? Jakie cechy wpłynęły na aktualne zastosowania tego pierwiastka?

Odpowiedź:

ŻELAZO DAWNIEJ I DZIŚ

opowiada dr hab. Elżbieta Grządka

Film dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/D1H22lcYD>

Film edukacyjny pt. „Żelazo dawniej i dziś”

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

Film edukacyjny jest poświęcony właściwościom żelaza oraz wykorzystywaniu tego pierwiastka dawniej i dziś.

Ćwiczenie 1

Oceń prawdziwość zdań, zaznaczając odpowiednie pola w kolumnie „Prawda” – gdy zdanie jest prawdziwe lub w kolumnie „Fałsz” – gdy zdanie jest fałszywe.

Twierdzenie	Prawda	Fałsz
Żelazo dawniej pozyskiwało się przy użyciu dymarskiego pieca szybowego.	☐	☐
Obecnie do produkcji żelaza wykorzystuje się dymarki.	☐	☐
Dawniej, do produkcji żelaza, wykorzystywano metodę spalinową.	☐	☐
Obecnie żelazo produkuje się metodą wielkopieczową	☐	☐

Ćwiczenie 2

W jaki sposób żelazo pozyskiwano dawniej, a w jaki sposób pozyskuje się je obecnie?

Dawniej

Obecnie

Ćwiczenie 3

Do czego wykorzystuje się żelazo? Zaznacz poprawne odpowiedzi.

☐ pokrycia dachowe

☐ naczynia kuchenne

☐ konstrukcje budowlane

☐ produkcja farb

☐ produkcja stali

☐ produkcja brązu

Ćwiczenie 4

Jakie są zastosowania żelaza?

Ćwiczenie 5

Jakie właściwości żelaza sprawiły, że zaczęto zastępować nim brąz?

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Zaznacz prawidłowe zakończenie zdania.

Dymarka to...

☐ rodzaj koksu.

☐ rodzaj dawnego pieca.

☐ rodzaj topnika.

☐ rodzaj rudy żelaza.

Ćwiczenie 2



Poniższy rysunek przedstawia łupkę żelazną. Nazwij oznaczone elementy.

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

Ćwiczenie 3



Zaznacz prawidłową odpowiedź.

Topnikiem nie jest...

- ☐ związek odsiarczający rudę.
- ☐ związek zmniejszający temperaturę topnienia rudy.
- ☐ związek zwiększający temperaturę topnienia rudy.
- ☐ związek dodawany do wielkiego pieca w czasie wytopu żelaza.

Ćwiczenie 4



Wybierz zdania fałszywe:

- ☐ Żużel to materiał zawierający zanieczyszczenia rud, topniki, tlenki metali itp.
- ☐ Żużel to rodzaj rudy żelaza.
- ☐ Żużel to produkt odpadowy procesów hutniczych metali.
- ☐ Żużel to topnik.

Ćwiczenie 5



Uzupełnij poniższe zdanie, wybierając właściwe określenia.

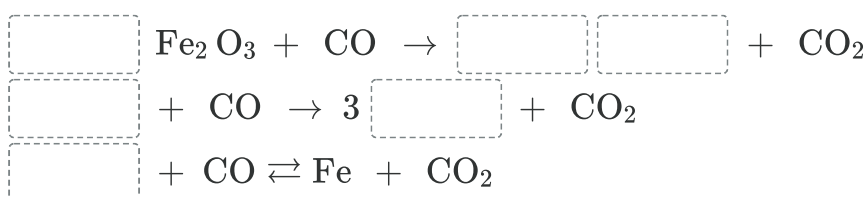
W średniowieczu wytopu żelaza dokonywano w . Wydobyte bryły rudy darniowej suszono i wypalano w ognisku, a następnie w dymarce. Dymarka składała się z jamy wykopanej w ziemi oraz postawionego nad nią komina, w którego dolnej części umieszczone były otwory doprowadzające . Na dnie pieca tworzone ruszt z . Następnie sypano rozżarzony węgiel drzewny, aby rozgrzać wnętrze pieca. Gdy był rozgrzany, wsypywano na przemian warstwy węgla drzewnego i . Na wysokości wlotu powietrza utrzymywano temperaturę 1100–1200°C. Żelazo topi się w temperaturze powyżej °C. W celu osiągnięcia tak wysokiej temperatury, w dymarce wypalano , który pod wpływem temperatury (900°-1200°C) rozkładał się na . Tlenek wapnia pełnił rolę , czyli związku i obniżającego skały płonnej. Obecnie wytop żelaza odbywa się w dużo większym piecu, zwanym , wyłożonym od środka materiałem ogniotrwałym. Do pieca od góry ładuje się na przemian rudę i koks oraz dodaje się topniki. Od dołu wdmuchiwane jest powietrze, potrzebne do spalania koksu. W piecu powstaje i pływający po niej żużel. Ze spalania koksu powstają gazy bogate w tlenek węgla (do 25% CO). CO jest powstających w trakcie procesu tlenków żelaza.

topnika CaO i CO₂ powietrze dymarkach kamień wapienny (CaCO₃)
reduktorem wapno palone temperaturę topnienia 1530 rudy żelaza
odsiarczającego rudę surówka węgla drzewnego wielkim piecem

Ćwiczenie 6



Uzupełnij poniższe równania reakcji:



Fe₃O₄ FeO Fe₂O₃ 3 FeO Fe₃O₄ 2

Ćwiczenie 7



Odpowiedz na pytanie.

Czym różni się surówka biała od surówki szarej?

Ćwiczenie 8



Odpowiedz na pytanie.

Jakie główne różnice widzisz w wytopie żelaza kiedyś a dziś?

Dla nauczyciela

Scenariusz zajęć

Autor: Marcin Maćkiewicz, Krzysztof Błaszczak

Przedmiot: chemia

Temat: Żelazo dawniej i dziś

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

Podstawa programowa:

Poziom podstawowy i rozszerzony

Wymagania ogólne

II. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów. Uczeń:

- 1) opisuje właściwości substancji i wyjaśnia przebieg procesów chemicznych;
- 2) wskazuje na związek właściwości różnorodnych substancji z ich zastosowaniami i ich wpływem na środowisko naturalne.

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:

- wymienia znane rudy żelaza;
- pisze reakcje zachodzące w czasie wytopu żelaza;
- określa różnice między wytopem żelaza w dymarce, a wielkim piecu.

Strategie nauczania:

- asocjacyjna.

Metody i techniki nauczania:

- burza mózgów;
- analiza materiału źródłowego;
- ćwiczenia uczniowskie;
- dyskusja dydaktyczna;
- technika zdań podsumowujących;
- film edukacyjny.

Formy pracy:

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

Środki dydaktyczne:

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

Przebieg zajęć

Faza wstępna:

1. Zaciekawienie i dyskusja. Nauczyciel wykorzystuje informacje zawarte we wprowadzeniu w e-materiale.
2. Rozpoznanie wiedzy wyjściowej uczniów. Nauczyciel inicjuje pogadankę zadając przykładowe pytania: z czego otrzymuje się żelazo? Jakie występują rudy żelaza? Czy jest możliwe wytopienie żelaza z rudy w ognisku?
3. Ustalenie celów lekcji. Nauczyciel podaje temat zajęć i wspólnie z uczniami ustala cele lekcji, które uczniowie zapisują w portfolio.

Faza realizacyjna:

1. Nauczyciel losowo dzieli uczniów na trzy grupy zadaniowe, rozdaje arkusze papieru A3, mazaki. Uczniowie mogą korzystać z dostępnych źródeł informacji, w tym z e-materiału. Mogą również skorzystać z filmu edukacyjnego. Zadania dla grup:
 - grupa I – znane rudy żelaza oraz ich skład;
 - grupa II – budowa i funkcjonowanie dymarki;
 - grupa III – funkcjonowanie wielkiego pieca, reakcje zachodzące, procesy zachodzące w zależności od wysokości temperatury, rodzaje surówek.

Nauczyciel monitoruje pracę uczniów. Po wyznaczonym czasie przedstawiciele poszczególnych grup prezentują efekty pracy na forum klasy. Po prezentacji pozostali uczniowie mogą zadawać pytania do dyskusji. Nauczyciel ewentualnie wyjaśnia niezrozumiałe kwestie.

2. Uczniowie pracują w parach z częścią „Sprawdź się”. Uczniowie wykonują zadania od najprostszych do najtrudniejszych. Wybrana osoba czyta po kolei polecenia. Po każdym przeczytanym poleceniu nauczyciel daje uczniom określony czas na zastanowienie się, a następnie ochotnik z danej pary udziela odpowiedzi. Reszta uczniów ustosunkowuje się do niej, proponując swoje pomysły. Nauczyciel w razie potrzeby koryguje odpowiedzi, dopowiada istotne informacje, udziela uczniom informacji zwrotnej.

Faza podsumowująca:

1. Nauczyciel sprawdza wiedzę uczniów poprzez zadawanie pytań lub nauczyciel może przygotować quiz z wykorzystaniem aplikacji Kahoot!, Quizizz lub LearningApps.org z zastosowaniem smartfonów/tabletów. Uczniowie odpowiadają na przykładowe pytania: Jakiego rodzaju rudy żelaza? Zapisz reakcje zachodzące w wielkim piecu. Od czego zależą procesy zachodzące w wielkim piecu? Jakiego rodzaju surowce otrzymuje się w zależności od sposobu chłodzenia? Co to są topniki? Czym jest żużel?
2. Jako podsumowanie lekcji nauczyciel może wykorzystać zdania do uzupełnienia, które uczniowie zamieszczają w swoim portfolio:
 - Przypomniałem/łam sobie, że...
 - Co było dla mnie łatwe...
 - Czego się nauczyłam/łem...
 - Co sprawiało mi trudność...

Praca domowa:

Uczniowie wykonują pozostałe ćwiczenia w e-materiale – „Sprawdź się”.

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania multimedialne:

Film edukacyjny może być wykorzystany przez ucznia w fazie przygotowania do lekcji lub dla uzupełnienia wiadomości przez uczniów nieobecnych na lekcji.

Materiały pomocnicze:

1. Polecenia podsumowujące (nauczyciel przed lekcją zapisuje je na niewielkich kartkach):
 - Jakiego rodzaju rudy żelaza?
 - Zapisz reakcje zachodzące w wielkim piecu.
 - Od czego zależą procesy zachodzące w wielkim piecu?

- Jakie rodzaje surówki otrzymuje się w zależności od sposobu chłodzenia?
- Co to są topniki?
- Czym jest żużel?