



Czy tytan wykazuje podobne cechy jak mitologiczny siłacz?

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



Czy tytan wykazuje podobne cechy jak mitologiczny siłacz?

Tytan znajduje zastosowanie w produkcji statków kosmicznych.
Źródło: EliasSch, dostępny w internecie: www.pixabay.com, domena publiczna.

Czy wiesz, że odkrywcą tytanu był angielski pastor William Gregor? W 1791 r., w pobliżu swojej parafii, zauważył on czarny piasek, który poddał wielu analizom chemicznym. Doszedł do wniosku, że zawiera on nowy pierwiastek. Naukowcy, poszukując nazwy dla tego pierwiastka, zainspirowali się mitologią grecką i potężnymi bogami. W mitologii greckiej bowiem słowo tytan oznacza „siłacz”.

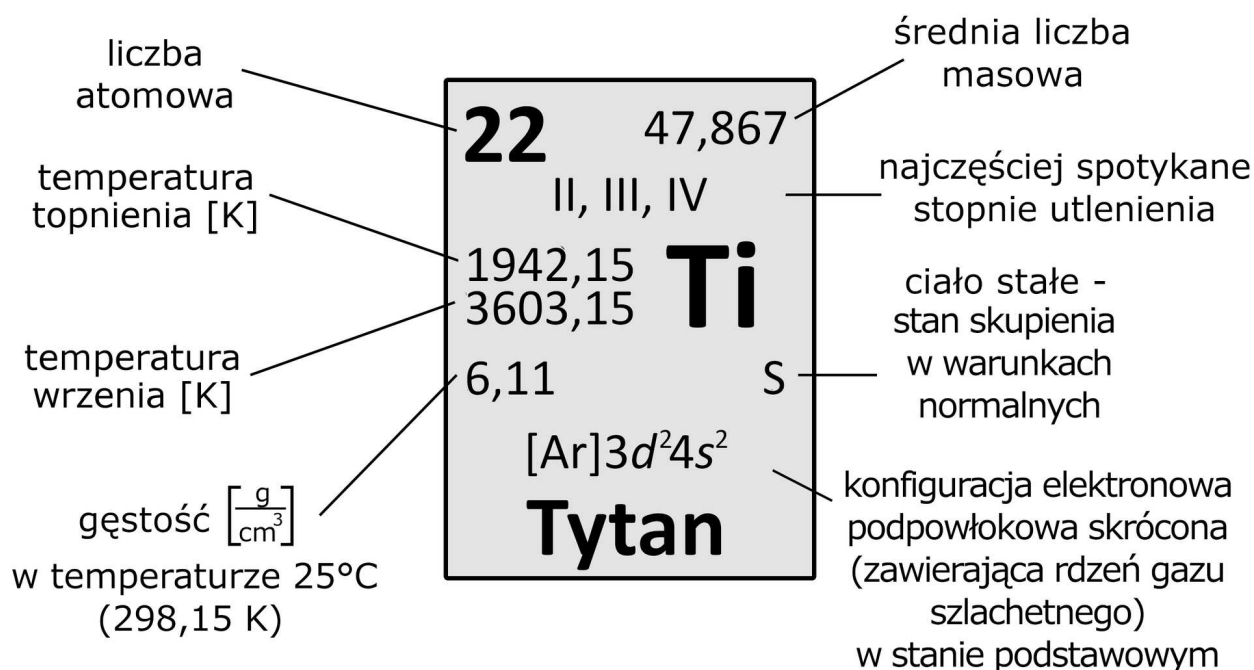
Tytan występuje głównie w skałach i w rudach innych metali. Czy wiesz, że niewielkie ilości związków tytanu znajdują się w roślinach, głównie w skrzypie polnym i pokrzywie? Tytan jest wytrzymały i odporny, a jednocześnie lekki, co wykorzystują głównie przemysły: lotniczy, zbrojeniowy oraz motoryzacyjny. Czy wiesz, że jeden z najtwardszych i najbardziej wytrzymałych superstopów na świecie to mieszanina niklu, glinu i właśnie tytanu? Tytan wykorzystywany jest również w przemyśle morskim, ponieważ jest odporny na korozję. Co ciekawe, pierwiastek ten wykazuje biologiczną kompatybilność z tkankami ludzkimi i nawet w dużych dawkach nie stanowi zagrożenia dla naszego organizmu. Każdego dnia człowiek pochłania wraz z pożywieniem około 0,8 mg tytanu, który na bieżąco wydala.

Twoje cele

- Wymienisz metody otrzymywania tytanu.
- Opiszysz właściwości tytanu.
- Wymienisz zastosowania tytanu.

- Uzasadnisz, jakie właściwości tytanu odpowiadają za jego stosowanie w medycynie.

Właściwości fizyczne tytanu



Tytan.

Źródło: GroMar Sp. z o. o. na podstawie Mizerski W., *Tablice chemiczne*, Wydawnictwo Adamantan, Warszawa 2008, licencja: CC BY-SA 3.0.

Barwa czystego tytanu jest srebrzysta i błyszcząca. **Właściwości tytanu zależą od temperatury**, w której jest badany, oraz od stopnia zanieczyszczenia metalu.

Tytan występuje **w dwóch odmianach alotropowych** – niskotemperaturowej alfa (α) i wysokotemperaturowej beta (β). W temperaturze 882°C następuje przemiana niskotemperaturowej odmiany w odmianę wysokotemperaturową – trwałą do temperatury topnienia tytanu (1689°C). Tytan jest lekkim metalem, a jego gęstość wynosi $4,5 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ (w temperaturze 25°C).

Metal ten charakteryzuje się następującymi **właścwościami mechanicznymi**:

- przy wysokiej czystości jest **ciągliwy**;
- posiada dużą **wytrzymałość** mechaniczną – najwyższy stosunek wytrzymałości mechanicznej do jego ciężaru spośród biomateriałów metalowych;
- posiada wysoką **twardość**, ale niższą od hartowanej stali;
- posiada niski **moduł sprężystości Younga**.

Inne właściwości fizyczne (magnetyczne, termiczne i elektryczne), którymi charakteryzuje się tytan, to:

- niskie **przewodnictwo elektryczne i ciepłe** – ma mały współczynnik przewodności cieplnej (λ), który zmienia się nieznacznie w zależności od zmiany temperatury;
- charakteryzuje się dużą **rezystywnością** właściwą – opór właściwy tytanu wynosi $425 \cdot 10^{-9} \Omega \cdot m$ i jest czterokrotnie większy od rezystywności żelaza;
- w temperaturach normalnych nie wykazuje właściwości magnetycznych.

Właściwości chemiczne tytanu

Aktywność chemiczna tytanu rośnie wraz ze wzrostem temperatury. Jest odporny na działanie rozcieńczonych kwasów: siarkowego(VI), solnego oraz większości kwasów organicznych, chloru, siarczków, siarczanów(VI), chlorków, amoniaku, siarkowodoru, nadtlenu wodoru, zasad oraz wody morskiej. Tytan **roztwarza się w stężonych kwasach**. Wykazuje wysokie powinowactwo do tlenu, wodoru, azotu, węgla i siarki, nawet w temperaturze pokojowej.

Tytan wykazuje doskonałą **odporność na korozję miejscową oraz chemiczną** (porównywalną do platyny) – jest odporny na działanie większości gazów, kwasu azotowego(V), ciekłego chloru i wodnych roztworów chlorków. Ulega jednak korozji w roztworach silnych kwasów i zasad. Korozję tytanu powoduje m.in. działanie kwasu chlorowodorowego i siarkowego(VI), szczególnie w podwyższonych temperaturach, kwasu fluorowodorowego i fluorków, kwasów redukujących (szczawowy i mrówkowy) oraz stopionych soli.

Tytan wykazuje **odporność na degradację elektrochemiczną**.

Właściwości biologiczne

Rzadko występują oddziaływania alergiczne na ten pierwiastek. Jest on także **biozgodny** z żywymi tkankami.



Tytan to biomateriał wykorzystywany m.in. w protezach czy w stabilizacji złamań

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

Właściwości a zastosowania

Duża odporność tytanu na korozję i jego dobra biokompatybilność są w rzeczywistości wynikiem podatności na działanie tlenu. Silne powinowactwo tytanu do tlenu powoduje, że tytan w temperaturze pokojowej zarówno w wodzie, jak i na powietrzu samorzutnie pokrywa się bowiem trwałą i szczelną warstwą tlenków, składającą się z: TiO , TiO_2 (rutyl) i Ti_2O_3 . Warstwa ta jest nie tylko odporna na korozję, ale także, będąc w kontakcie z tkankami, jest nierozpuszczalna w środowisku płynów ustrojowych. Nie dochodzi zatem do uwalniania z tytanu jonów, które mogłyby wchodzić w reakcję z molekułami żywych tkanek organizmu, co sprawia, że tytan jest materiałem stosowanym w wykonawstwie implantów zębowych oraz kostnych.



Implant zębowy wykonany z tytanu

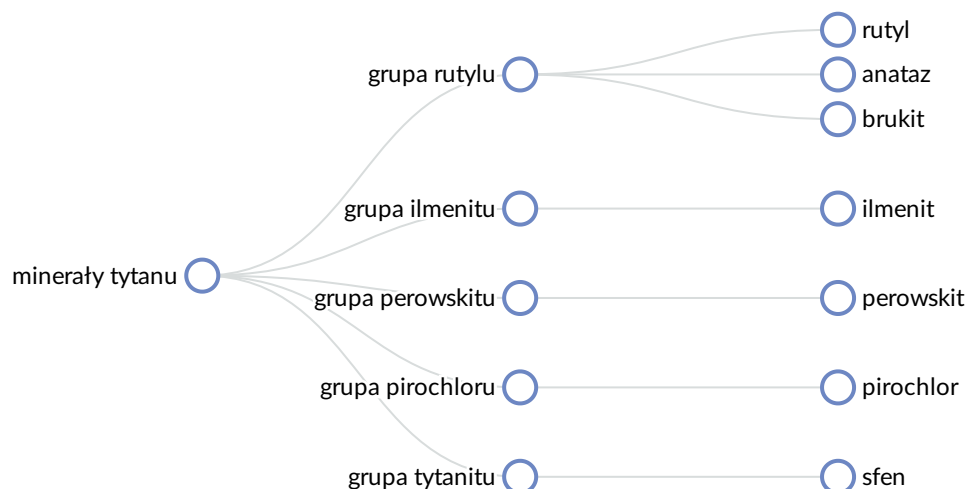
Źródło: Logicwhatelse, dostępny w internecie: commons.wikimedia.org, licencja: CC BY-SA 4.0.

Istotnym kryterium przydatności tytanu, jako biomateriału, z którego wykonany jest implant, jest niski moduł sprężystości w porównaniu z innymi biomateriałami metalicznymi. Wysoki moduł Younga jest niekorzystny, gdyż im bardziej odbiega on od modułu sprężystości kości, tym bardziej zmienia naturalny rozkład naprężeń w tkance kostnej. W celu uniknięcia przeciążenia i zniszczenia implantu czy obluzowania kości wokół wszczepu, należy dobierać sztywność implantu do sztywności kości. Takie kryterium spełnia tytan i jego stopy.

Minerały tytanu

Minerały tytanu można podzielić na pięć grup:

1. **Grupa rutylu** to tlenki tytanu(IV) (TiO_2), np. rutyl, anataz i brukit.
2. Złożone tlenki tytanu o różnej zawartości żelaza(II), manganu(II) czy glinu należą do grupy ilmenitu (np. ilmenit, FeTiO_3).
3. Minerały, w których występuje wapń, to **grupa perowskitu** (np. perowskit, CaTiO_3).
4. Kolejną grupą jest **grupa pirochloru**, która charakteryzuje się najbardziej złożoną budową (np. pirochlor).
5. Ostatnia grupa to **grupa tytanitu** (grupa tytanokrzemianów), do której zaliczane są krzemiany tytanu i wapnia (np. sfen, $\text{CaTi}(\text{SO}_4)\text{O}$).



Otrzymywanie tytanu

Do najważniejszych **metod otrzymywania tytanu metalicznego** zalicza się:

- redukcja chlorku tytanu(IV) magnezem;
- redukcja chlorku tytanu(IV) sodem;
- redukcja tlenku tytanu(IV) magnezem, glinem bądź wapnem;
- metody elektrolityczne;
- metalurgia proszków.

Ciekawostka

Po raz pierwszy czystą postać tytanu udało się otrzymać **Matthewowi Hunterowi** w 1910 r. po ogrzaniu TiCl_4 z sodem w temp. 700–800°C.

Najczęściej jednak stosowaną w przemyśle metodą jest redukcja chlorku tytanu(IV) ciekłym magnezem, którą przeprowadza się w temperaturze 850–900°C.

W tym procesie metaliczny tytan pozyskiwany jest w kilku etapach:



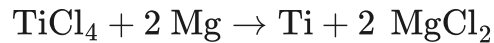
Etapy pozyskiwania metalicznego tytanu

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

- Otrzymywanie chlorku tytanu(IV) - ogrzewa się minerały, takie jak rutyl i ilmenit (lub ich mieszaniny) z węglem oraz chlorem w temperaturze 1200 K:



- Reakcja par chlorku tytanu(IV) z ciekłym magnezem:



Słownik

rezystywność

oporność właściwa, opór właściwy; wielkość charakteryzująca materiały pod względem przewodnictwa elektrycznego; jednostką rezystywności w układzie SI jest om·metr ($\Omega \cdot \text{m}$)

nadprzewodnictwo

stan materiału polegający na zerowej rezystancji, jest osiągany przez niektóre materiały w niskiej temperaturze

moduł sprężystości

współczynnik sprężystości; iloraz wartości naprężenia do odkształcenia sprężystego, spowodowanego przez to naprężenie; jednostka to MPa

powinowactwo chemiczne

zdolność pierwiastków do wchodzenia ze sobą w reakcje

biozgodność

cecha substancji lub materiału, warunkująca jego prawidłowe działanie w żywym organizmie; materiał o dużej biozgodności powinien charakteryzować się następującymi cechami: brak toksyczności, brak wpływu na układ odpornościowy organizmu, niewywoływanie hemolizy

degradacja elektrochemiczna

korozja elektrochemiczna; korozja metali spowodowana procesami elektrochemicznymi, zachodząca wskutek występowania różnych potencjałów na powierzchni korodującego obiektu znajdującego się w środowisku elektrolitu; w takiej sytuacji powstają ogniwa korozyjne, w których fragmenty powierzchni metalu o niższym potencjale są anodami – zachodzi na nich utlenianie metalu, przechodzącego do roztworu; na katodach ogniwa korozyjnych zachodzą reakcje redukcji tak zwanego depolaryzatora, którym jest często cząsteczkowy tlen z powietrza (depolaryzacja tlenowa) lub jony wodoru (depolaryzacja wodorowa) ulegające redukcji do wodoru gazowego

Bibliografia

Bieleński A., *Podstawy Chemii nieorganicznej*, t. 1-2, Warszawa 2010.

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

Litwin M., Styka-Wlazło Sz., Szymońska J., *To jest chemia 1*, Warszawa 2013.

Melechow R., Tubielewicz K., Błaszczuk W., *Tytan i jego stopy: gatunki, właściwości, zastosowanie, technologia obróbki, degradacja*, Częstochowa 2004.

Polecenie 1

Czy znasz właściwości i zastosowania tytanu? Aby poznać odpowiedzi na to pytanie, zapoznaj się z poniższym audiobookiem.

Audiobook można wysłuchać pod adresem: <https://zpe.gov.pl/b/PyVjKt1vq>

Niezwykły metal

Tytan (Ti) to pierwiastek metaliczny o białą-szarej barwie. Jego odkrywcą był angielski pastor Wiliam Gregor. W 1791 roku, w pobliżu swojej parafii, zauważył on czarny piasek. Po wielu analizach chemicznych doszedł do wniosku, że w drobinach piasku zawierał się nieznany dotąd pierwiastek – tytan. Jego nazwa została zaczerpnięta przez Martina Heinricha Klaprothowa od nazwy bogów w mitologii greckiej. Obecnie jedną z metod otrzymywania metalicznego tytanu jest redukcja chlorku tytanu(IV) magnezem, którą przeprowadza się w temperaturze od 850 do 900°C.

Najogólniej rzecz biorąc, tytan jest metalem, tak jak żelazo, glin, czy ołów. Przez wzgląd na budowę wewnętrzną, typową dla metali, czyli znaczącą dominację wiązania metalicznego, na pierwszy rzut oka nie różni się on od swoich braci z grupy metali. Zachowanie elektronów walencyjnych, czyli ujemnie naładowanych cząstek elementarnych, znajdujących się najdalej od jądra, jest niezwykle istotne ze względu na same właściwości każdego materiału, nie tylko metalu. W przypadku tytanu powstają pasma elektronów, które mogą się swobodnie przemieszczać pod wpływem przyłożonego napięcia elektrycznego, dzięki czemu materiał przewodzi prąd elektryczny. Co więcej, występują w nim trójwymiarowe sieci silnych wiązań. To warunkuje dużą wytrzymałość mechaniczną, wysoką temperaturę topnienia, kowalność oraz duży współczynnik rozszerzalności cieplnej. Jednak, wśród metali, tytan jest wyjątkowy. Pomimo gęstości, która plasuje go między glinem i stalą, jest wyjątkowo wytrzymały. Różne zabiegi technologiczne są w stanie go przekształcić w materiał konstrukcyjny, cechujący się szerokim wachlarzem unikalnych cech – od super-twardości, przez wysoką odporność na zmęczenie materiału, do możliwości stosowania w agresywnym środowisku w wysokiej temperaturze. Tytan jest też bardzo odporny na szereg typów korozji. Wyróżnia go alotropia, czyli występowanie więcej niż jednej odmiany materiału w obrębie tego samego stanu skupienia. Do temperatury

882°C istnieje odmiana, która przejawia się dobrą spawalnością oraz odpornością na korozję i utlenianie. Natomiast powyżej 882°C występuje odmiana o jeszcze większej gęstości, ciągliwości, wytrzymałości oraz o zdolności do odkształcania na zimno. Ilość jednej odmiany względem drugiej uzależniona jest od zawartości dodatków stopowych – pierwiastków wprowadzonych celowo do składu chemicznego, by zmienić właściwości materiału.

Wielość cech tytanu sprawia, że jest on stosowany w różnych materiałach. Jednak większość elementów, oznaczonych jako „*made of titanium*”, jest właściwie jego stopem. Co więcej, najczęściej jest to stop z glinu i wanadem, ponieważ ten układ stanowi znaczną większość wykorzystywanych przemysłowo stopów tytanu. Na pewno wiesz o wykorzystywaniu tytanu w medycynie. Często mówi się o tytanowych kościach czy implantach tytanowych. Otóż silne powinowactwo tego pierwiastka do tlenu powoduje utworzenie na powierzchni metalu trwałej i szczelnej warstwy tlenków, składającej się głównie z rutylu (tlenku tytanu(IV)), wytwarzanej w sposób samorzutny. Ta warstwa powoduje, że tytan nie tylko jest odporny na działanie korozji, ale także jest biokompatybilny. Dlatego elementy tytanowe wykorzystuje się w stomatologii – tytanowe zęby – czy implantologii – tytanowe kości. Biologiczna obojętność warstwy tlenków sprawia, że na powierzchni części tytanowego wszczepu, umieszczonego w kości, mogą zachodzić komórkowe i tkankowe reakcje gojenia, jakie wystąpiłyby, gdyby nie było tam ciała obcego. Poza tym niskie przewodnictwo elektryczne i cieplne, lekkość, rzadkie oddziaływania alergiczne oraz duża wytrzymałość mechaniczna to właściwości, dzięki którym wypełnienia tytanowe są coraz częściej wykonywane przez stomatologów. Niskie przewodnictwo cieplne tytanu sprawia, że pacjenci nie odczuwają bólu i dyskomfortu podczas spożywania gorących i zimnych pokarmów. Mało tego – tytan nie wykazuje właściwości magnetycznych, dzięki czemu pacjenci mogą być bezpiecznie obrazowani w badaniu z zastosowaniem rezonansu magnetycznego.

Tytan posiada szerokie spektrum zastosowań – powstają z niego ramy rowerowe, elementy silników samochodowych, odrzutowych, implanty, ozdoby, długopisy, noże i wiele jeszcze innych rzeczy. Skoro tak się dzieje, to dlaczego wszędzie obecne są stal i glin? Odpowiedź jest prosta – wysoki koszt otrzymania. Naukowcy badają różne możliwości i najnowsze osiągnięcia pozwalają już na znaczną oszczędność energii i drogich reagentów. Potrzeba jednak czasu zanim technologia z laboratoriów przejdzie do zwykłych przedsiębiorstw.

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

Litwin M., Styka –Wlazło Sz., Szymońska J., *Chemia ogólna i nieorganiczna*, Warszawa 2002.

Melechow R., Tubielewicz K., Błaszczuk W., *Tytan i jego stopy: gatunki, właściwości, zastosowanie, technologia obróbki, degradacja*, Częstochowa 2004.

Ćwiczenie 1

Zaznacz, ile odmian alotropowych posiada tytan.

☐ 2

☐ 4

☐ 1

☐ 3

Ćwiczenie 2

Wybierz, co jest bardziej twarde niż tytan.

☐ hartowana stal

☐ żelazo

☐ złoto

☐ srebro

Ćwiczenie 3

Wskaż zdania prawdziwe wśród poniższych.

☐

Tytan łatwo tworzy tlenki.

☐

Tytan ulega pasywacji.

☐

Tytan wykazuje właściwości magnetyczne.

☐

Tytan wykazuje bardzo duże przewodnictwo cieplne.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Wybierz poprawne dokończenie poniższego zdania.

Jedną z metod otrzymywania tytanu jest:

- ☐ redukcja chlorku tytanu(IV) cezem
- ☐ redukcja chlorku tytanu(IV) magnezem
- ☐ redukcja chlorku tytanu(IV) żelazem(II)
- ☐ redukcja chlorku tytanu(IV) żelazem(III)

Ćwiczenie 2



Wskaż zdania prawdziwe.

- ☐ Tytan posiada dobre przewodnictwo elektryczne.
- ☐ Tytan jest odporny na korozję.
- ☐ Tytan posiada właściwości magnetyczne.
- ☐ Tytan posiada dobre przewodnictwo cieplne.

Ćwiczenie 3



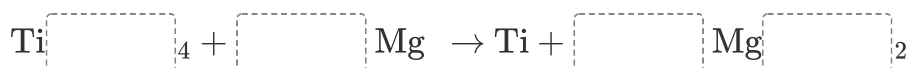
Zaznacz prawdziwe właściwości tytanu.

- ☐ Tytan posiada właściwości magnetyczne.
- ☐ Tytan rozтворя się w stężonych kwasach.
- ☐ Tytan wykazuje niski moduł sprężystości.
- ☐ Tytan reaguje z tlenem w temperaturze pokojowej.

Ćwiczenie 4



Uzupełnij poniższe równanie reakcji chemicznej współczynnikami i symbolami pierwiastków.



2 3 2 2 Cl Mg 4 5 Mg 5 Ti Cl Ti 5 Cl 3 4
3

Ćwiczenie 5



Uzupełnij poniższe zdanie, wybierając właściwe określenia.

Tytan to pierwiastek o barwie . Jego właściwości zależą od , w której jest badany. Tytan wykazuje przewodnictwo elektryczne i . Występuje w dwóch odmianach alotropowych – alfa i beta. W temperaturze 882°C następuje przemiana odmiany alfa, czyli , w odmianę beta – . Aktywność chemiczna tytanu rośnie wraz ze temperatury. Tytan jest . Rozтворя się w kwasach.

wzrostem przewodnikiem wysokie biogodny cieplne srebrzystej
ciśnienia niskie spadkiem stężonych rozcieńczonych niskotemperaturowej
temperatury wysokotemperaturową

Ćwiczenie 6



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

	Prawda	Fałsz
Istotnym kryterium przydatności tytanu, jako biomateriału, z którego wykonany jest implant, jest niski moduł sprężystości w porównaniu z innymi biomateriałami metalicznymi.	☐	☐
Wysoki moduł Younga jest korzystny, gdyż im bardziej odbiega on od modułu sprężystości kości, tym mniej zmienia naturalny rozkład naprężeń w tkance kostnej.	☐	☐
W celu uniknięcia przeciążenia i zniszczenia implantu czy obluzowania kości wokół wszczepu, należy dobrać sztywność implantu do sztywności kości.	☐	☐

Ćwiczenie 7



Wyjaśnij, z czego wynika wysoka odporność tytanu na korozję.

Odpowiedź



Ćwiczenie 8



Jakie właściwości tytanu powodują, że jest on stosowany w medycynie, zwłaszcza w stomatologii? Odpowiedz i uzasadnij.

Odpowiedź



Dla nauczyciela

Scenariusz zajęć

Autor: Marcin Maćkiewicz, Krzysztof Błaszczak

Przedmiot: chemia

Temat: Czy tytan wykazuje podobne cechy jak mitologiczny siłacz?

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;
- 4) wskazuje na związek między właściwościami substancji a ich budową chemiczną.

Poziom podstawowy

X. Metale, niemetale i ich związki. Uczeń:

- 2) opisuje podstawowe właściwości fizyczne metali i wyjaśnia je na podstawie znajomości natury wiązania metalicznego.

Poziom rozszerzony

X. Metale, niemetale i ich związki. Uczeń:

- 2) opisuje podstawowe właściwości fizyczne metali i wyjaśnia je na podstawie znajomości natury wiązania metalicznego.

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 metody otrzymywania tytanu;
- omawia właściwości fizykochemiczne tytanu;
- omawia zastosowania tytanu;
- określa, jakie właściwości tytanu odpowiadają za jego stosowanie w medycynie.

Strategie nauczania:

- asocjacyjna;
- praktyczna.

Metody i techniki nauczania:

- dyskusja dydaktyczna;
- analiza materiału źródłowego;
- burza mózgów;
- technika gadająca ściana;
- ćwiczenia uczniowskie;
- technika zdań podsumowujących.

Formy pracy:

- praca indywidualna;
- praca w grupach;
- praca całego zespołu klasowego.

Środki dydaktyczne:

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

Przebieg zajęć

Faza wstępna:

1. Zaciekawienie i dyskusja. Nauczyciel wykorzystuje informacje i pytania zawarte we wprowadzeniu do e-materiału. Uczniowie wraz z nauczycielem tworzą interaktywną (lub statyczną) mapę myśli wokół pojęcia TYTAN. Na jej pierwszym poziomie powinny znaleźć się pojęcia:

- Tytan – księżyc Saturna;
- Tytan – każdy z sześciu olbrzymów, synów Uranosa i Gai;
- Człowiek potężny i silny fizycznie lub wielki duchem;
- Pierwiastek chemiczny. Uczniowie przypominają mitologię (Tytan – każdy z sześciu olbrzymów, synów Uranosa i Gai) i w tym kontekście omawiają popularne powiedzenie (Człowiek potężny i silny fizycznie lub wielki duchem).

2. Rozpoznanie wiedzy wyjściowej uczniów. Burza mózgów wokół pytania: Jakie powinien mieć właściwości metal, by zasługiwał na tę nazwę? Efektem burzy mózgów ma być charakterystyka tytanu pod kątem jego właściwości fizykochemicznych. Uczniowie w fazie realizacyjnej uzupełniają swoje wypowiedzi na podstawie e-materiału.

3. Ustalenie celów lekcji. Nauczyciel podaje temat zajęć i wspólnie z uczniami ustala cele lekcji, które uczniowie zapisują w portfolio.

Faza realizacyjna:

1. Uczniowie samodzielnie analizują treści zawarte w e-materiale dotyczące właściwości tytanu, po czym uzupełniają gałąź mapy odnośnie do tytanu jako pierwiastka.

Nauczyciel i pozostali uczniowie weryfikują poprawność merytoryczną wypowiedzi.

2. Nauczyciel dzieli uczniów losowo na cztery grupy. Rozdaje im arkusze papieru A3, mazaki. Uczniowie mogą korzystać z dostępnych źródeł informacji, w tym z e-materiału. Zadaniem jednej grupy będzie opisanie metod otrzymywania tytanu, a trzech następnych wymienienie właściwości tytanu i powiązanie ich z jego zastosowaniem:

- grupa I: otrzymywanie tytanu;
- grupa II: stomatologia (wysoka wytrzymałość, nietoksyczność i niski moduł sprężystości);
- grupa III: budownictwo (stabilny szary metaliczny kolor; szerokie spektrum kolorów można uzyskać przez anodowanie tytanu – elektrolityczne wytworzenie warstwy tlenku; długotrwała stabilność w warunkach atmosferycznych).
- grupa IV: zegarki i biżuteria (typowy szary metal; eliminacja alergicznych reakcji skórnych; wysoka stabilność – przedłużona żywotność; mocny i twardy (w porównaniu do złota i srebra)).

3. Po zakończonej pracy, liderzy grup omawiają efekty pracy na forum klasy z wykorzystaniem techniki gadająca ściana. Nauczyciel weryfikuje poprawność merytoryczną wypowiedzi uczniów.

4. Uczniowie samodzielnie sprawdzają swoją wiedzę, wykonując ćwiczenia zawarte w e-materiale – „Sprawdź się”.

Faza podsumowująca:

1. Nauczyciel sprawdza wiedzę uczniów poprzez zadawanie przykładowych pytań lub może przygotować quiz z wykorzystaniem aplikacji Kahoot!, Quizizz z zastosowaniem smartfonów/tabletów. Uczniowie odpowiadają na pytania: Jakimi metodami można otrzymać tytan? Gdzie może być stosowany tytan? Jakimi właściwościami chemicznymi charakteryzuje się tytan? Jakie właściwości tytanu zdecydowały o jego zastosowaniu w medycynie? Z uwagi na jakie właściwości może być tytan zastosowany w jubilerstwie?
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...
 - Dziś nauczyłem/łam się...
 - Co sprawiało mi trudności...

Praca domowa:

1. Uczniowie wykonują pozostałe ćwiczenia w e-materiale – „Sprawdź się”.
2. Uczniowie zapoznają się z treścią audiobooka.

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania multimedium:

Multimedium może być wykorzystane przez ucznia w fazie przygotowania do lekcji w ramach metody lekcji odwróconej. Natomiast uczniowie nieobecni na lekcji mogą medium wykorzystać jako uzupełnienie wiadomości.

Materiały pomocnicze:

1. Polecenia podsumowujące (nauczyciel przed lekcją zapisuje je na niewielkich kartkach):
 - Jakimi metodami można otrzymać tytan?
 - Gdzie może być stosowany tytan?
 - Jakimi właściwościami chemicznymi charakteryzuje się tytan?
 - Jakie właściwości tytanu zdecydowały o jego zastosowaniu w medycynie?
 - Z uwagi na jakie właściwości może być tytan zastosowany w jubilerstwie?
2. Nauczyciel przygotowuje: arkusze papieru A3, mazaki, glutaki.
3. Źródła informacji:

- Ł. Dudek, T. Hryniewicz, K. Rokosz, *Zastosowanie tytanu i wybranych stopów tytanu w lotnictwie*; (file:///C:/Users/Krzysztof/Downloads/14+Dudek+i+in+Zastosowanie+tytanu.pdf).
- Bylica A., Sieniawski J., *Tytan i jego stopy*, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 1985.