



Beryl i jego ciekawe zastosowania

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



Beryl i jego ciekawe zastosowania

Czy wiesz, że beryl jest wykorzystywany do budowy statków kosmicznych?

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

Czy wiesz, że w dawnych czasach badacze opisywali również smak pierwiastków? Ta nieprawidłowa praktyka nie wyszła wielu z nich na zdrowie, gdyż niejednokrotnie spotykali się oni z silnie toksycznymi substancjami. Glukin, od greckiego słowa „γλυκός” (*glykós*) oznaczającego „słodki” to nazwa nadana pierwiastkowi, którego dziś nazywamy berylem. Beryl to pierwiastek silnie toksyczny, który posiada liczne zastosowania m.in. przy budowie statków kosmicznych i okienek rentgenowskich. Czy znasz inne zastosowania tego pierwiastka? A może wiesz z jakich właściwości one wynikają? Czy znasz cenny kamień jubilerski, który go zawiera?

Twoje cele

- Poznasz ciekawe zastosowania berylu.
- Skorelujesz właściwości berylu z jego zastosowaniami.
- Wyjaśnisz działanie okienek berylowych w obrazowaniu rentgenowskim.

Przeczytaj

Beryl – ogólna charakterystyka pierwiastka

Beryl to pierwiastek stanowiący jeden z 20 kluczowych surowców Unii Europejskiej, klasyfikowany przez Departament Obrony USA jako materiał strategiczny i krytyczny, ze względu na występowanie w produktach niezbędnych dla bezpieczeństwa narodowego.

Beryl (Be, łac. *beryllium*) jest metalem, który leży w bloku s układu okresowego pierwiastków chemicznych (druga grupa i drugi okres), a jego liczba atomowa wynosi 4 . Stanowi niewielką zawartość skorupy ziemskiej ($6 \cdot 10^{-4}\%$). Występuje w minerale-berylu o wzorze sumarycznym $\text{Be}_3\text{Al}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$. Mineral ten posiada kilka bardzo cennych w jubilerstwie i kolekcjonerstwie form, mowa tu o szmaragdzie, morganicie i akwamarynie.

Właściwości fizyczne	
Ciepło parowania	$292,40 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$
Ciepło topnienia	$12,20 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$
Ciśnienie pary nasyconej	4180 Pa
Konduktywność	$31,3 \cdot 10^{-6} \frac{\text{S}}{\text{m}}$
Ciepło właściwe	$1825 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$
Przewodność cieplna	$201 \frac{\text{W}}{\text{m}\cdot\text{K}}$
Układ krystalograficzny	heksagonalny
Twardość w skali Mohsa	5,5
Prędkość dźwięku	$13000 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
Objętość molowa	$4,85 \cdot 10^{-6} \frac{\text{m}^3}{\text{mol}}$

Ciekawostka

Starożytne kopalnie szmaragdów



Szmaragdy z Doliny Pandžszer w Afganistanie

Źródło: Paweł Maliszczak, dostępny w internecie: www.wikipedia.org, licencja: CC BY-SA 4.0.



Szmaragdy wykorzystywane są w jubilerstwie.

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

Wydobywanie szmaragdów sięga zamierzchłych czasów historii (ok. 4000 lat p.n.e.). Uznaje się, że pierwsze kopalnie tego kruszcu odkryto w Egipcie, czego

dowodzą liczne kamienie odnalezione w grobowcach faraonów i słynne **Kopalnie Kleopatry**. Podobno Królowa Kleopatra miała do nich wyjątkową słabość i wykorzystywała je jako biżuterię oraz zdobienia w swoim pałacu. Właśnie z tego powodu te kopalnie zwane są do dziś Kopalniami Kleopatry. Z innych źródeł historycznych wynika, że szmaragdowy klejnot, wydobyty z egipskiej kopalni, był nieodłącznym atrybutem Nerona, używany przez cesarza w celu oglądania walk gladiatorów.

Zastosowanie berylu

W postaci czystej jest metalem o barwie srebrzystej, kruchym w temperaturze pokojowej, ciągliwym i kowalnym – w temperaturze ciemnego żaru.

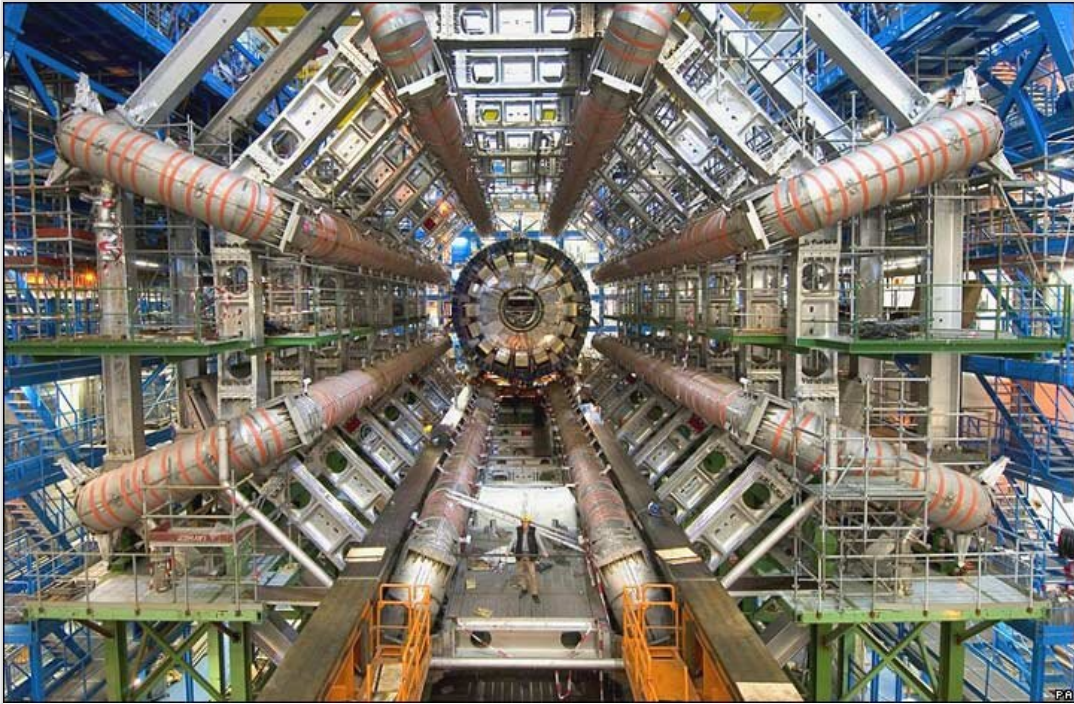


Statek kosmiczny

Licencja: Domena publiczna, [online], dostępny w internecie: www.pixabay.com/pl/

Budowa statków kosmicznych

Mała gęstość i duża wytrzymałość sprawia, że beryl jest stosowany do konstruowania statków kosmicznych.



Zderzacz hadronów

Licencja: Domena publiczna, [online], dostępny w internecie: www.pexels.com/pl/

Wielki zderzacz hadronów w CERN

Przezroczysta folia berylowa, która przepuszcza cząstki wysoko naładowane elektrycznie, pozwala na zastosowanie jej do budowy detektorów w akceleratorach cząstek elementarnych, np. w Wielkim Zderzaczu Hadronów.



Reaktor jądrowy

Reaktory jądrowe

Beryl silnie pochłania neutrony (ze względu na mały przekrój czynny wychwyty neutronów), przez co wykazuje wysoką temperaturę topnienia (1287°C). Właściwości te sprawiają, że stosuje się go do tworzenia moderatorów w reaktorach jądrowych (spowalnia neutrony), osłon na pręty paliwowe oraz reflektorów (osłon) ładunków jądrowych (co zmniejsza ich masę krytyczną).



Roentgen

Licencja: Domena publiczna, [online], dostępny w internecie: www.pexels.com/pl/

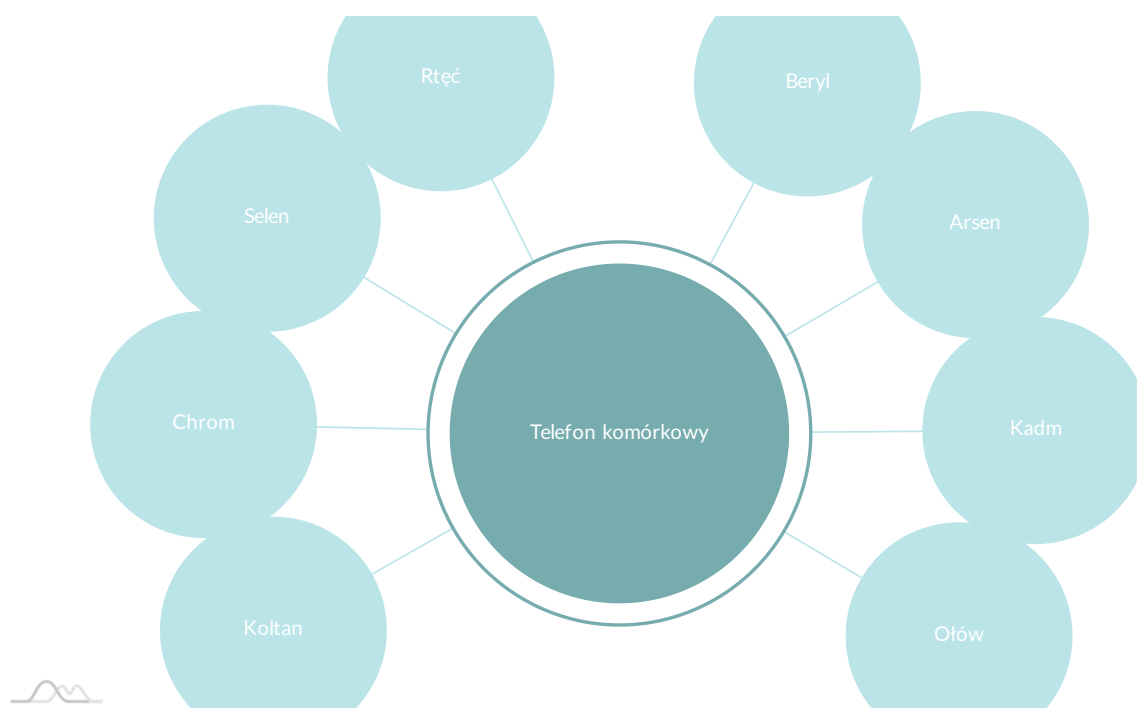
Rentgen

Mała liczba atomowa sprawia, że słabo pochłania promieniowanie rentgenowskie, dlatego dobrze sprawuje się w okienkach do lamp rentgenowskich, mikroskopach i detektorach promieniowania X.

Zastosowanie stopów berylu

Na uwagę zasługują również stopy berylu z innymi pierwiastkami, jak np. z miedzią, ponieważ odznaczają się dużą wytrzymałością, twardością (jak brąz berylowy) oraz odpornością na korozję. Brąz berylowy jest wykorzystywany m.in. do produkcji narzędzi nieiskrzących, aparatury chemicznej, elementów żaroodpornych, [żyroskopów](#), sprężyn, styków elektrycznych czy też elektrod do zgrzewania punktowego. Z kolei stop niklu z berylem stosuje się do produkcji narzędzi chirurgicznych. Łączenie miedzi i niklu z berylem zwiększa ich przewodność elektryczną i cieplną. Ze względu na jego małą sprężystość ([moduł Younga](#) 287 GPa) oraz niską gęstość, może być stosowany do wytwarzania membran głośników wysokotonowych. Niewiele jednak firm to stosuje, ponieważ pierwiastek ten jest drogi i toksyczny – udowodniono wpływ rakotwórczy. Ponadto beryl stosowany jest w telefonach komórkowych, a także innych urządzeniach przenośnych i aparatach.

Propagowanie odpowiedzialności społecznej wśród uczniów



Mapa przedstawia metale, które można znaleźć w telefonie komórkowym.

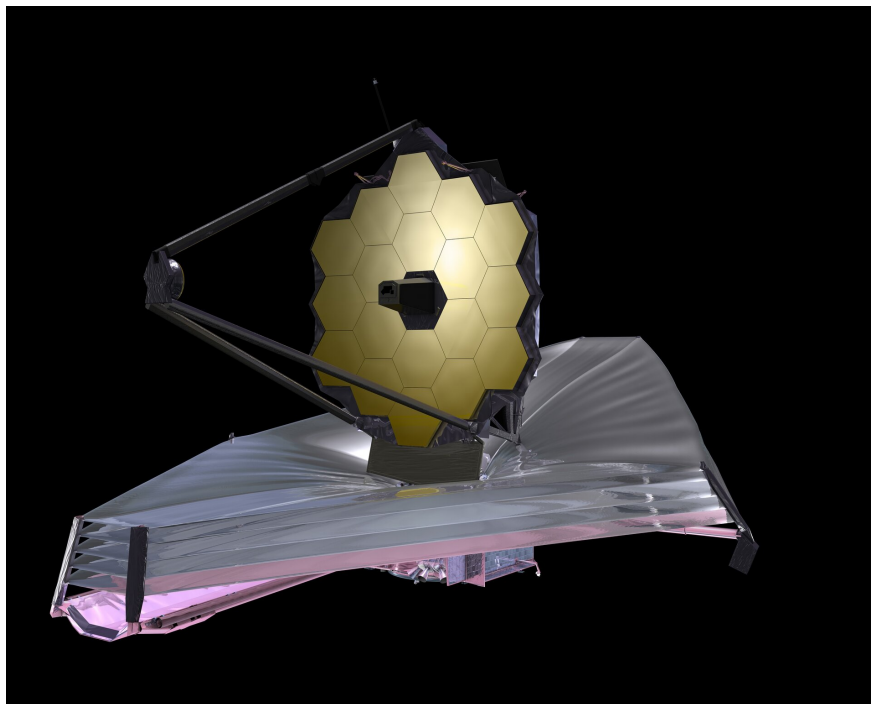
Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Obwody w telefonach komórkowych są wykonywane ze stopów różnych metali, wśród których jest beryl – wyjątkowo ważny w przemyśle i nauce, ale niestety

o dużej toksyczności. Dlatego tak istotny jest odpowiedni recykling.

Ciekawostka

Czy wiesz, że beryl wykorzystuje się w badaniach kosmosu?



Kosmiczny Teleskop Jamesa Webba

Źródło: NASA, dostępny w internecie: www.wikipedia.org, domena publiczna.

Beryl stosowany jest przy budowie zwierciadeł w **Kosmicznym Teleskopie Jamesa Webba**. Powodem takiego wykorzystania jest mała gęstość tego metalu i dobre parametry termiczne oraz mechaniczne. Wspominany teleskop to niezwykle interesujące urządzenie, którego budowa trwa już od 1996 r., a planowana gotowość do startu w kosmos szacuje się na lipiec 2021 r. To urządzenie jest najdroższym i najbardziej skomplikowanym teleskopem kosmicznym, jaki wybudowano w historii. Składa się z 18 sześciokątnych luster, wykonanych z berylu i dodatkowo pokrytych złotem. Średnica tego zwierciadła zostanie rozłożona dopiero na orbicie i będzie mieć aż 6,5 m. Teleskop będzie kosmicznym obserwatorium, ponieważ na swoim pokładzie będzie mieć zainstalowane cztery instrumenty naukowe, które pozwolą na analizę m.in. pierwszych gwiazd po Wielkim Wybuchu, odległych systemów planetarnych i galaktyk powstałych we wszechświecie 13,5 mld lat temu. Zgodnie z wypowiedzią Aki Roberge (astronom z Goddard Space Flight Center i naukowiec

w projekcie LUVOIR), sukces teleskopu może spowodować powstanie nowej dziedziny nauki – astrobiologii porównawczej. Projekt budowy jest nadzorowany i finansowany głównie przez NASA, jednak na uwagę zasługuje to, że w tym celu NASA współpracuje z Europejską Agencją Kosmiczną (ESA) i Kanadyjską Agencją Kosmiczną (CSA).

Słownik

moduł Younga

wielkość, która określa sprężystość dla danego materiału przy ściskaniu i rozciąganiu

żyroskop

urządzenie służące do pomiaru lub utrzymywania położenia kąтового (działa na zasadzie zachowania momentu pędu)

mikroskopowy przekrój czynny na absorpcję neutronu

miara prawdopodobieństwa absorpcji neutronu przez jądro

promieniowanie X (rentgenowskie)

rodzaj promieniowania elektromagnetycznego, generowane na skutek wyhamowywania elektronów; jego długość fali zawiera się w zakresie od ok. 10 pm do 10 nm

Bibliografia

Encyklopedia PWN

Bielański A., *Podstawy chemii nieorganicznej*, Warszawa 1994.

Hanusa T. P., *Beryllium*, online: <https://www.britannica.com/science/beryllium>, dostęp: 09. 02. 2021.

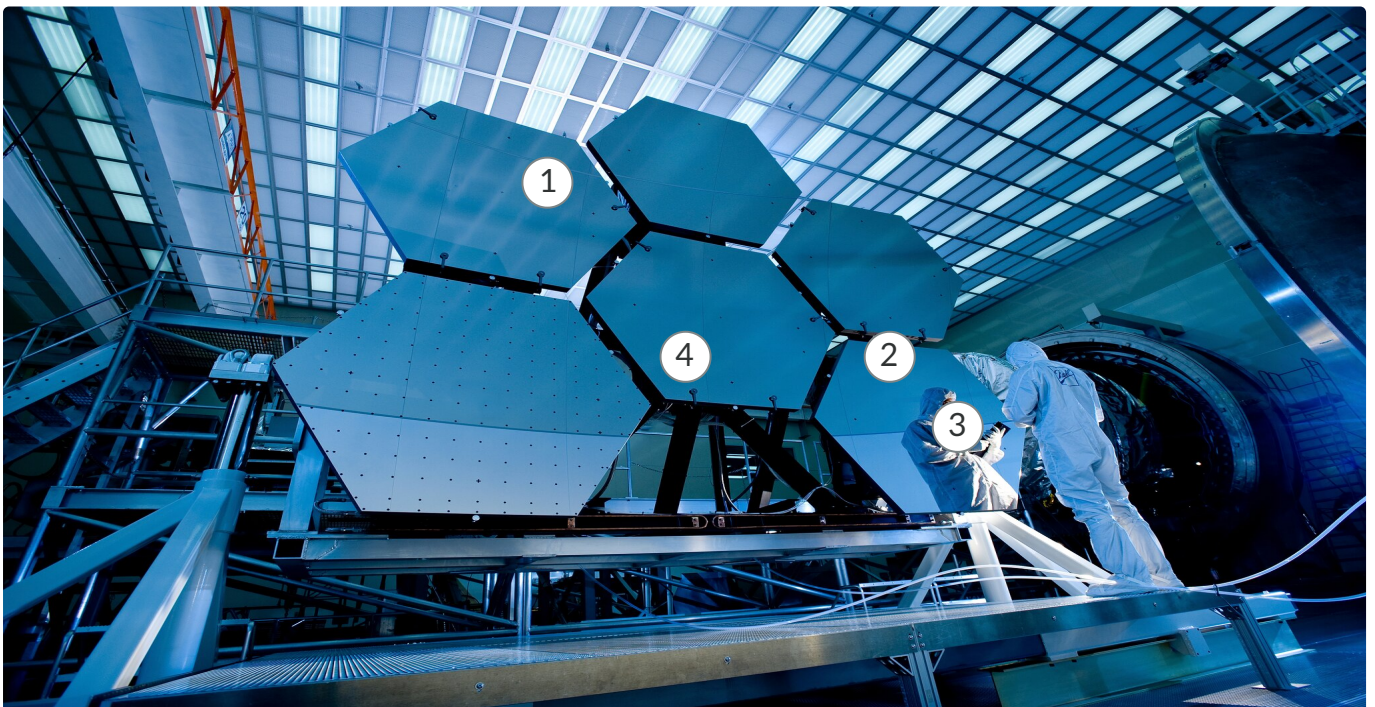
Hejwowska S., Marcinkowski R., *Równowagi i procesy jonowe*, Gdynia 2005.

Madej M., *Beryl i jego związki - występowanie, zastosowanie i ocena narzażenia*, 1999, 5, s. 26—28, online: <http://archiwum.ciop.pl/31165>, dostęp: 09. 02. 2021.

Grafika interaktywna

Polecenie 1

Czy znasz zastosowanie luster berylowych? Co Kosmiczny Teleskop Jamesa Webba ma wspólnego z berylem? Zapoznaj się z grafiką interaktywną przedstawiającą tematykę luster berylowych, a następnie przejdź do odpowiedzi na pytania.



1

Lustra berylowe wielkopowierzchniowe



Rysunek satelity metrologicznego GOES 8. Autor: NOAA Photo Library; Źródło: wikipedia.org; Licencja: domena publiczna;

Są to lustra wielkopowierzchniowe, posiadające budowę wsporczą, o strukturze plastra miodu. Ze względu na ich małą wagę i ich długoterminową stabilność wymiarową są używane np. w satelitach meteorologicznych.

2

Mniejsze lustra berylowe

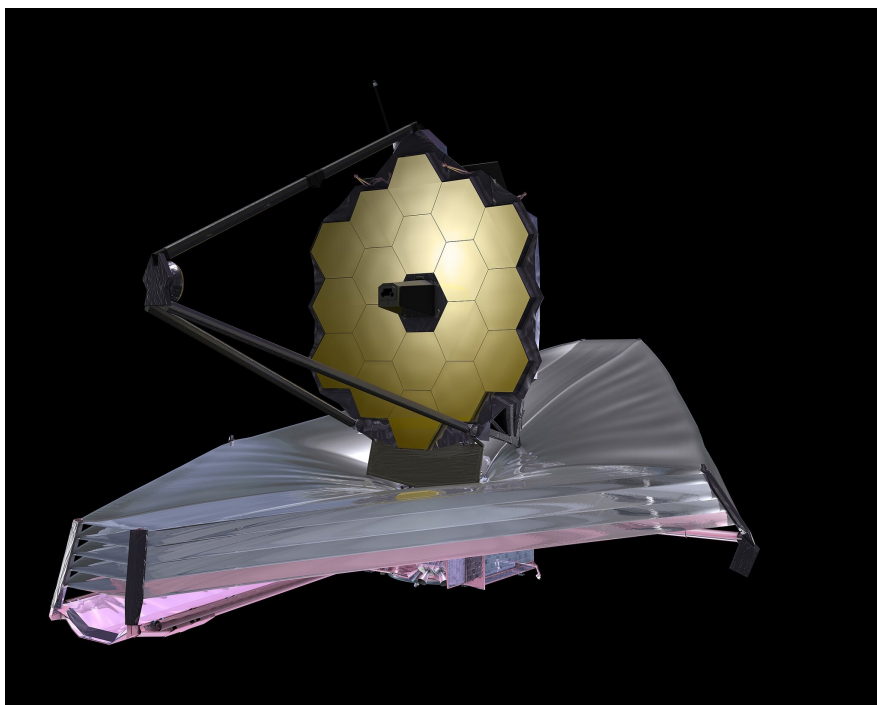


Czołg. Źródło: wikipedia.org; Autor: Darkone; Licencja: CC BY-SA 2.5;

W optycznych systemach naprowadzania oraz w systemach kierowania ogniem znalazły zastosowanie zwierciadła berylowe o mniejszych rozmiarach. Przykładem są niemieckie czołgi Leopard 1 i Leopard 2, gdzie istotny jest bardzo szybki ruch zwierciadła, co z kolei decyduje o małej masie i dużej sztywności.

Lepsze wykończenie optyczne uzyskuje się poprzez pokrywanie lustra berylowego twardą powłoką niklową bezprądową, co ułatwia polerowanie. W operacjach kriogenicznych półfabrykat berylowy jest polerowany bez zastosowania żadnej warstwy, ponieważ niedopasowanie rozszerzalności cieplnej może prowadzić do wybrzuszenia powłoki.

Co to jest Kosmiczny Teleskop Jamesa Webba?



Kosmiczny teleskop JWST. Autor: NASA; Źródło: wikipedia.org; Licencja: domena publiczna;

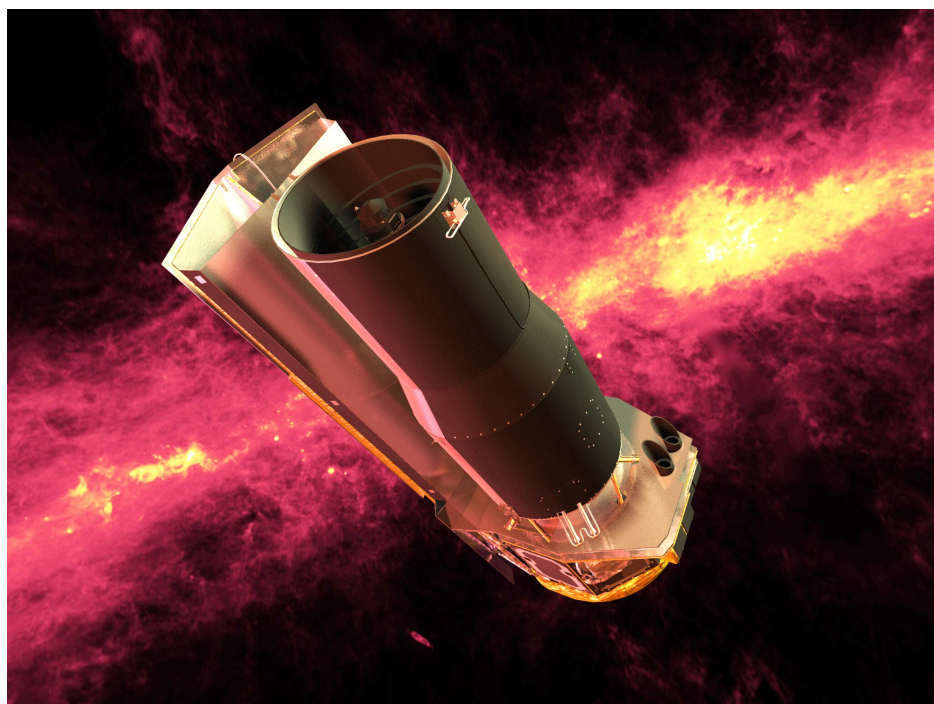
Kosmiczny Teleskop Jamesa Webba (ang. James Webb Space Telescope, JWST) to aktualnie konstruowany teleskop kosmiczny, który ma mieć na celu obserwacje w podczerwieni:

- pierwszych gwiazd powstałych po Wielkim Wybuchu;
- badanie formowania się i ewolucji galaktyk;
- badanie tworzenia gwiazd i systemów planetarnych.

Konstrukcja generuje się przez współpracę ESA oraz CSA i jest monitorowana oraz

w znacznej części finansowana przez NASA. Teleskop nazwano na cześć Jamesa Webba, drugiego administratora NASA.

Zwierciadła berylowe w JWST



Kosmiczny Teleskop Spitzera NASA. Autor: NASA/JPL-Caltech; Źródło: wikipedia.org; Licencja: domena publiczna;

W Kosmicznym Teleskopie Jamesa Webba (JWST) zwierciadło główne teleskopu ma być zbudowane z 18 sześciokątnych luster berylowych. Ponieważ JWST jest narażony na temperaturę 33 K, lustro jest wykonane z połączanego berylu, który lepiej znosi ekstremalne zimno niż szkło. Beryl kurczy się i odkształca mniej niż szkło i pozostaje bardziej jednorodny w takich temperaturach. Z tego samego powodu optyka Kosmicznego Teleskopu Spitzera jest w całości zbudowana z berylu.

Grafika interaktywna pt. „Lustra berylowe”

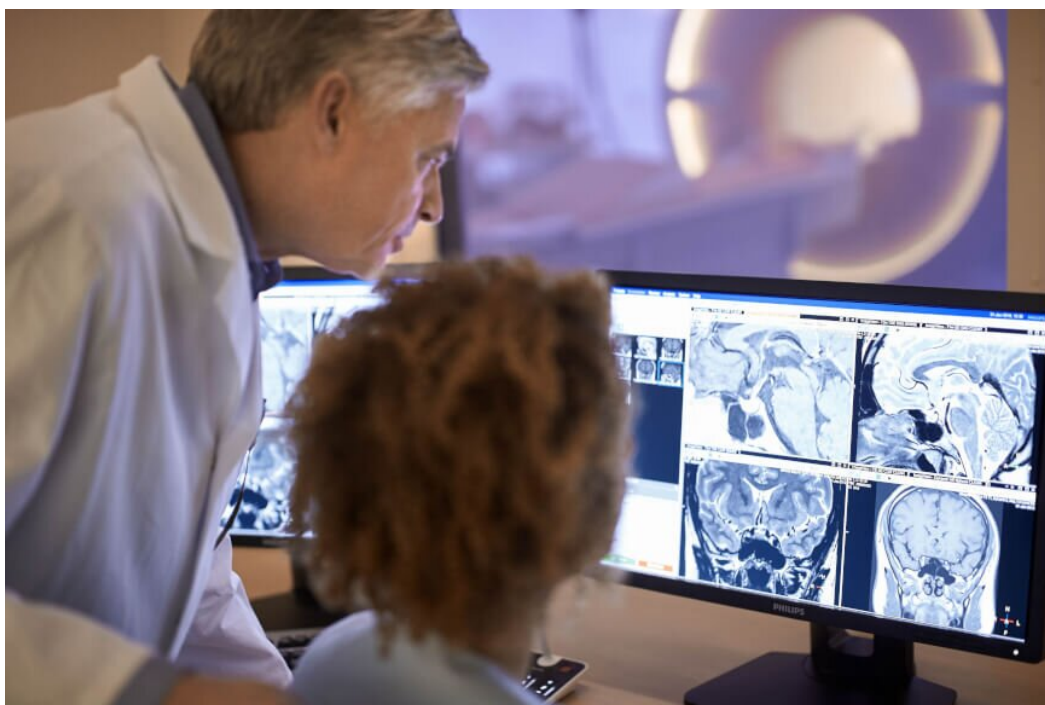
Źródło: Autor: NASA/MSFC/David Higginbotham/Emmett Given; Źródło: wikipedia.org; Licencja: domena publiczna;,
Behrens, V. (2003). "11 Beryllium". In Beiss, P. (ed.). *Landolt-Börnstein – Group VIII Advanced Materials and Technologies: Powder Metallurgy Data. Refractory, Hard and Intermetallic Materials*. Landolt-Börnstein - Group VIII Advanced Materials and Technologies. 2A1. Berlin: Springer. pp. 667–677. "Beryllium related details from NASA". NASA. Archived from the original on 29 May 2008. Retrieved 18 September 2008.

Polecenie 2

Czy beryl jest stosowany w medycynie? Zapoznaj się z grafiką interaktywną przedstawiającą użycie berylu w naukach medycznych, a następnie odpowiedz na pytania.



1



Obrazowanie metodą rezonansu magnetycznego. Źródło: wikipedia.org; Autor: The Medical Futurist editors; Licencja: CC BY 4.0;

Ta sama technologia, która sprawia, że prześwietlenia rentgenowskie na lotniskach są tak skuteczne, ratuje życie w inny sposób.

W rzeczywistości beryl jest integralnym materiałem wielu urządzeń, na których lekarze polegają przy dokładnej diagnozie i leczeniu pacjentów. Metal jest używany w **skanerach CT (tomografii komputerowej)** i **aparatach rentgenowskich**.

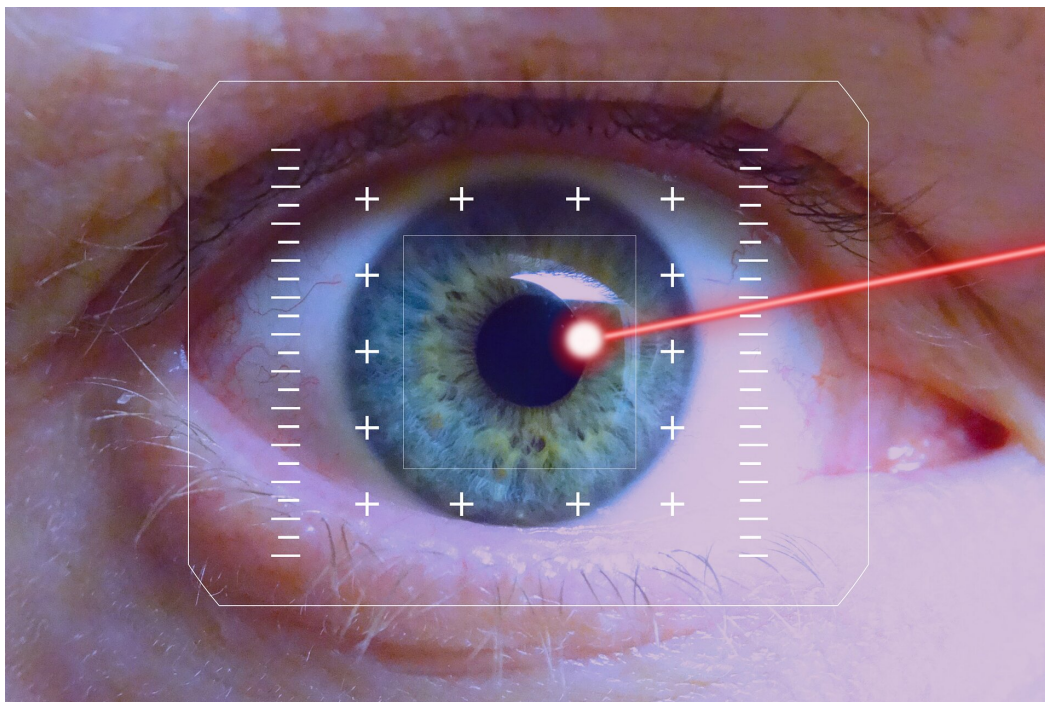
2



Mammografia. Źródło: pixabay.com; Licencja: domena publiczna;

W szczególności beryl jest kluczowym składnikiem aparatów rentgenowskich nowej generacji, stworzonych do **mammografii**, umożliwiających skany TK (tomografii komputerowej) przy niższej dawce promieniowania, ze znacznie lepszą rozdzielczością guza, dzięki czemu rak piersi jest łatwiejszy do wykrycia we wczesnych, najbardziej uleczalnych stadiach.

3



Laserna korekcja wzroku. Źródło: pixabay.com; Licencja: domena publiczna;

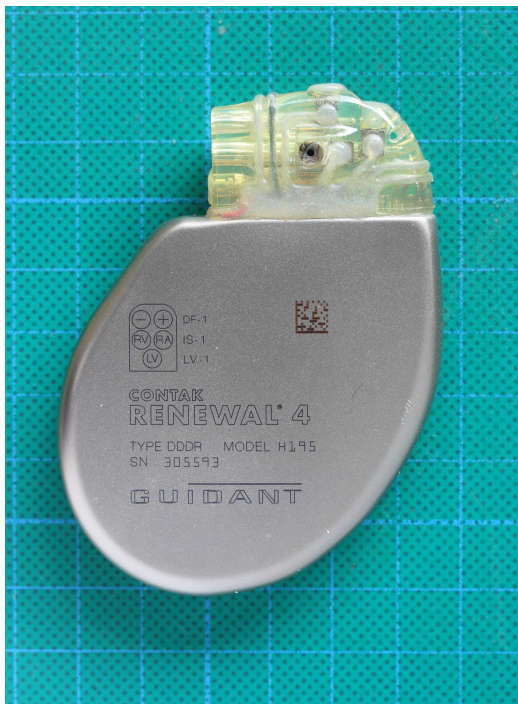
Lasery medyczne wykonane z ceramiki berylowej zapewniają milionom ludzi na całym świecie dar przywrócenia lub poprawy wzroku.

4



Narzędzia chirurgiczne. Źródło: pixabay.com; Licencja: domena publiczna;

Lekarze polegają na działaniu narzędzi chirurgicznych zbudowanych z miedziano-berylowych złączy, które zapewniają niezawodną **transmisję sygnałów elektrycznych i elektronicznych**.



Rozrusznik serca. Źródło: pixabay.com; Licencja: domena publiczna;

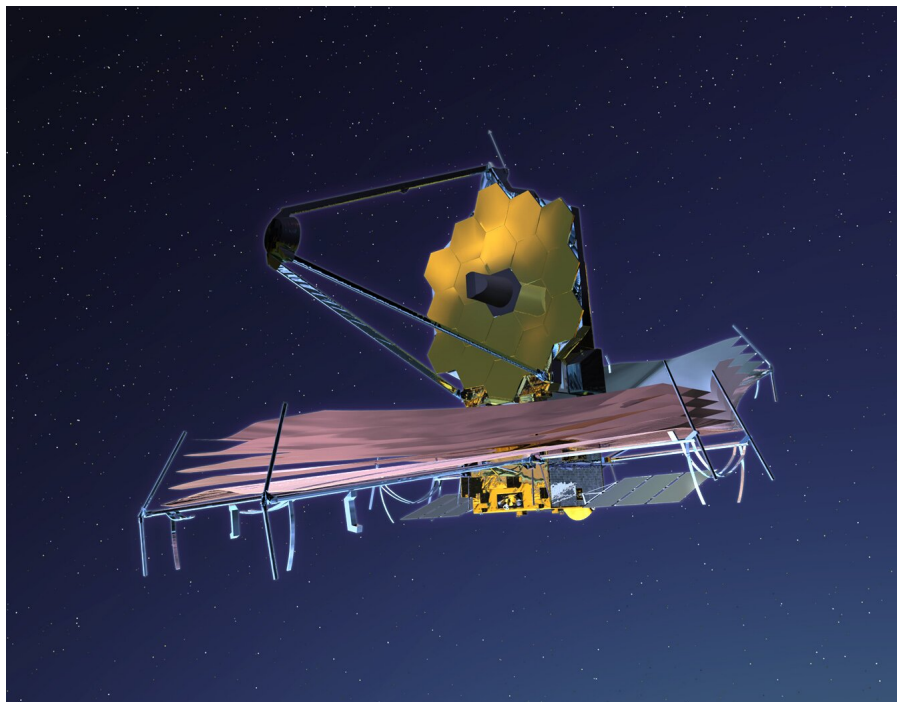
Drut miedziano-berylowy jest używany w elastycznych elektrodach rozruszników serca, aby zapewnić im długą żywotność odporną na zmęczenie, a sam beryl jest stosowany w sprzęcie analitycznym, służącym do analizy krwi w kierunku HIV i innych chorób.

Grafika interaktywna pt. „Tomografia komputerowa”

Źródło: pixabay.com; Licencja: domena publiczna; „Bell, T. *"Beryllium Applications."* ThoughtCo, 2020;.

Ćwiczenie 1

Wymień trzy funkcje, jakie ma pełnić Kosmiczny Teleskop Jamesa Webba.



Teleskop kosmiczny Jamesa Webba

Źródło: dostępny w internecie: Autor: Bricktop; Źródło: wikipedia.org; Licencja: domena publiczna;.

Ćwiczenie 2

Jakie jest zastosowanie berylu w medycynie? Zaznacz poprawne odpowiedzi.

- ☐ składnik aparatów rentgenowskich
- ☐ składnik laserów medycznych do korekcji wzroku
- ☐ składnik rozruszników serca
- ☐ składnik tomografów komputerowych

Ćwiczenie 3

Dlaczego w Kosmicznym Teleskopie Jamesa Webba zastosowano połączane zwierciadła berylowe?

Odpowiedź:

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Uzupełnij luki w tekście wyrazami w odpowiedniej formie.

Beryl jest , występującym w bloku układu okresowego pierwiastków chemicznych. W postaci czystej jest ciałem stałym, w temperaturze pokojowej, a ciągliwym i kowalnym w temperaturze . Stopy z miedzią i niklem charakteryzują się trwałością, przewodnością elektryczną i . Występuje głównie w postaci minerału $\text{Be}_3\text{Al}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$, który posiada kilka drogocennych w jubilerstwie i kolekcjonerstwie form, jak szmaragd, i akwamaryn.

f

pokojowej

s

d

kruchym

mniejszą

ciemnego żaru

niemetałem

twardym

cieplną

fizyczną

większą

morganit

metałem

p

srebrzystym

Ćwiczenie 2



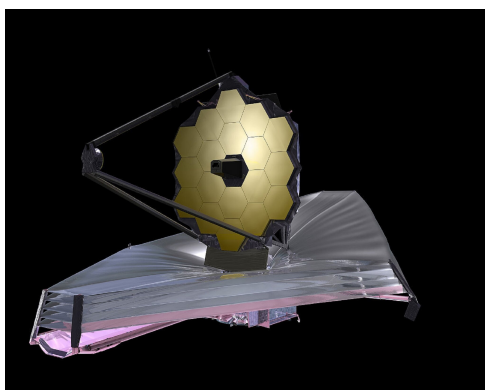
Zdecyduj czy poniższe zdania dotyczące berylu są prawdziwe, czy fałszywe.

Zdanie do weryfikacji	Prawda	Fałsz
Jest srebrzysty i twardy.	☐	☐
Beryl stosuje się w postaci stopu z chromem.	☐	☐
Twardość berylu to 5,5 w skali Mohsa.	☐	☐
Najpopularniejszy stopem jest brąz berylowy.	☐	☐
Dodatek berylu do innych metali zwiększa ich twardość.	☐	☐
Beryl wykazuje dużą przewodność cieplną.	☐	☐
Beryl posiada niski moduł Younga.	☐	☐
Berylu chętnie używa się w jubilerstwie, do konstruowania statków kosmicznych i w lampach rentgenowskich.	☐	☐

Ćwiczenie 3



Wskaż ilustracje przedstawiające zastosowanie berylu.

☐☐☐☐

Źródło: dostępny w internecie: www.wikipedia.org oraz www.pixabay.com/pl/, domena publiczna.

Ćwiczenie 4



Która z odpowiedzi przedstawia zastosowanie brązu berylowego? Wskaż prawidłową odpowiedź.

- ☐ Produkcja okien rentgenowskich.
- ☐ Produkcja żyroskopów.
- ☐ Produkcja biżuterii.
- ☐ Produkcja membran wysokotonowych.

Ćwiczenie 5



Znanych jest 12 izotopów berylu, jednak najbardziej trwałym z nich jest ^9Be . Ile wynosi liczba neutronów, elektronów i protonów dla tego izotopu?

Odpowiedź:

Ćwiczenie 6



Beryl $\text{Be}_3\text{Al}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$ to minerał będący głównym źródłem berylu na Ziemi. Oblicz stosunek masowy pierwiastków, które wchodzą w skład berylu.

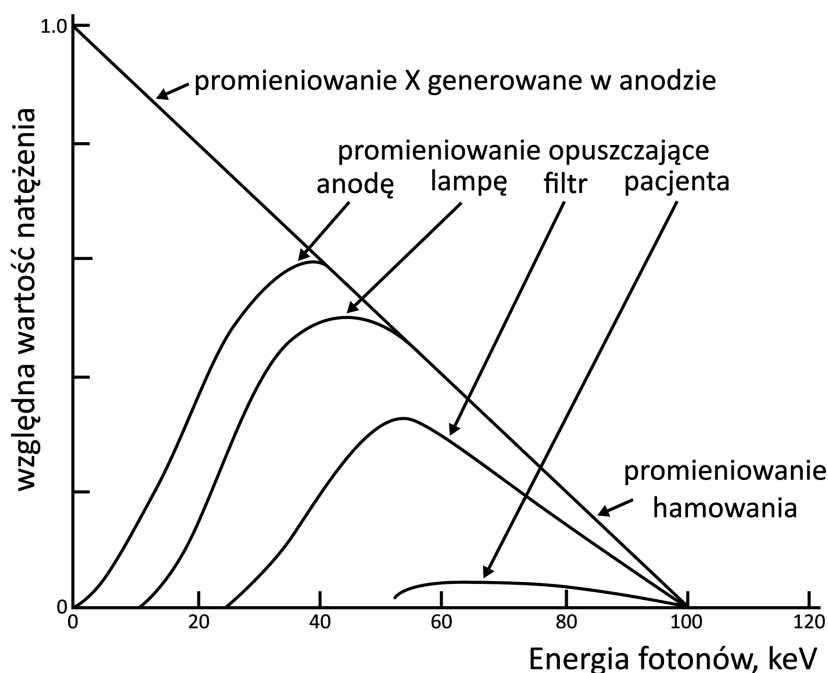
Rozwiązanie oraz odpowiedź zapisz w zeszytcie do lekcji chemii, zrób zdjęcie, a następnie umieść je w wyznaczonym polu.

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

Ćwiczenie 7



Beryl stosowany jest w obrazowaniu rentgenowskim. Okienka wykonane z berylu umieszczone są na zewnątrz lampy rentgenowskiej. Dzięki nim następuje filtracja promieniowania rentgenowskiego. W oparciu o poniższy schemat odpowiedz na pytania.



Informacja do ćwiczenia nr 7

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

1. Czy okienka berylowe całkowicie pochłaniają promieniowanie rentgenowskie?
2. Co sprawia, że folia berylowa jest stosowna do wyrobu okienek berylowych w lampach rentgenowskich?
3. W wyniku oddziaływania promieniowania X z różnymi elementami (schemat) następuje jego filtracja. Jakie fotony są głównie z niego usuwane?
4. Dla jakiego elementu zmniejszenie natężenia promieniowania X jest obserwowane najsilniej?

Odpowiedzi zapisz w zeszycie do lekcji chemii, zrób zdjęcie, a następnie umieść je w wyznaczonym polu.

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

Ćwiczenie 8



Beryl jest lekkim metalem stosowanym w produkcji przezroczystych okien rentgenowskich do medycznych instrumentów obrazowania. Ile moli Be znajduje się w okienku z cienkiej folii o masie 2,79 g (dwa miejsca znaczące)?

Rozwiązanie oraz odpowiedź zapisz w zeszycie do lekcji chemii, zrób zdjęcie, a następnie umieść je w wyznaczonym polu.

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

Dla nauczyciela

Scenariusz zajęć

Autor: Aleksandra Marszałek-Harych, Krzysztof Błaszczak

Przedmiot: chemia

Temat: Beryl i jego ciekawe zastosowania

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

X. Metale, niemetale i ich związki. Uczeń:

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

Zakres rozszerzony

X. Metale, niemetale i ich związki. Uczeń:

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

3) analizuje i porównuje właściwości fizyczne i chemiczne metali grup 1. i 2.

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:

- omawia zastosowania berylu;
- koreluje właściwości berylu z jego zastosowaniami;
- wyjaśnia działanie okienek berylowych w obrazowaniu rentgenowskim.

Strategie nauczania:

- asocjacyjna.

Metody i techniki nauczania:

- dyskusja dydaktyczna;
- analiza materiału źródłowego;
- pogadanka;
- ćwiczenia uczniowskie;
- technika termometr;
- grafika interaktywna;
- prezentacja multimedialna;
- technika zdań podsumowujących.

Formy pracy:

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

Środki dydaktyczne:

- komputery z głośnikami, słuchawkami/smartfony, tablety z dostępem do Internetu;
- podręczniki tradycyjne;
- zasoby multimedialne zawarte w e-materiale;
- rzutnik multimedialny;
- tablica interaktywna/tablica, kreda/pisak;
- układ okresowy pierwiastków chemicznych.

Przebieg zajęć

Faza wstępna:

1. Zaciekawienie i dyskusja. Nauczyciel wykorzystuje treści zawarte we wprowadzeniu do e-materiału.
2. Rozpoznawanie wiedzy wyjściowej uczniów. Uczniowie starają się odpowiedzieć na pytanie: Gdzie beryl znalazł zastosowanie?
3. Ustalenie celów lekcji. Nauczyciel podaje temat zajęć i wspólnie z uczniami ustala cele lekcji, które uczniowie zapisują w portfolio.

Faza realizacyjna:

1. Uczniowie zapoznają się z fragmentem tekstu w e-materiale w sekcji „Przeczytaj” dotyczącego właściwości berylu, po czym uczniowie na forum omawiają je

z wykorzystaniem układu okresowego pierwiastków chemicznych. Zaistniałe niezrozumiałe kwestie wyjaśnia nauczyciel.

2. Uczniowie zostają podzieleni losowo na cztery grupy zadaniowe. Ich zadaniem jest opracowanie prezentacji multimedialnej (kryteria oceny patrz w materiałach pomocniczych) na tematy:

- kosmiczny teleskop Webba;
- akcelerator cząstek elementarnych;
- lampy rentgenowskie;
- stopy berylu.

We wskazanych tematach uczniowie mają skoncentrować się na roli berylu. Mogą korzystać z różnych dostępnych źródeł informacji. Po wyznaczonym czasie chętni uczniowie z poszczególnych grup prezentują efekty pracy na forum klasy.

3. Uczniowie mają za zadanie zdefiniować pojęcie elektroodpadu. Następnie ich zadaniem będzie poszukanie informacji w dostępnych źródłach na temat pierwiastków, jakie znajdują się w telefonach komórkowych/tabletach i które z nich można poddać recyklingowi. Po przeprowadzeniu takiego wyszukiwania trwa pogadanka na temat recyklingu sprzętu elektronicznego zawierającego m. in. beryl.

4. Nauczyciel odsyła uczniów do grafiki interaktywnej, gdzie zapoznają się z poleceniem i wykonują zawarte tam ćwiczenia w parach.

5. Uczniowie samodzielnie sprawdzają swoją wiedzę wykonując ćwiczenia zawarte w e-materiale w sekcji „sprawdź się”.

Faza podsumowująca:

1. Na zakończenie nauczyciel stosuje narzędzie do oceny stopnia opanowania wiadomości i umiejętności z zastosowaniem termometru przez uczniów.

Uczniowie na skali temperatury zaznaczają cenkami, w jakim stopniu opanowali zagadnienia wynikające z zamierzonych do osiągnięcia celów lekcji. Jeżeli ze skali będzie wynikał niski poziom temperatury, uczniowie zastanawiają się, w jaki sposób podnieść swój poziom posiadanej wiedzy?

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 nauczyłam/łem się...
- Co sprawiało mi trudność...

Praca domowa:

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

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania multimedium:

Grafika interaktywna może być wykorzystana przez uczniów jako pomoc w stworzeniu notatki, jako narzędzie podczas przygotowania się do lekcji, czy nadrobienia luk kompetencyjnych przez uczniów nieobecnych na lekcji.

Materiały pomocnicze:

1. Nauczyciel przygotowuje arkusz papieru z narysowanym termometrem ze skalą oraz cenki dla uczniów. 2. Kryteria oceny prezentacji multimedialnej:

- poprawność merytoryczna (zgodność z tematem; dostosowana do możliwości odbiorców, wyczerpanie tematu);
- język prezentacji (specjalistyczna terminologia, poprawność językowa);
- konkretność (zdania krótkie - równoważnikowe, hasła);
- atrakcyjność (wielkość czcionki, układ treści na slajdzie, tempo wyświetlania, przejścia slajdu, wzorce slajdów);
- estetyka (animacje, grafika, kolor, dźwięk);
- prezentacja każdej z grup powinna mieć max. cztery slajdy;

- czas prezentacji (wykorzystanie zaplanowanego czasu – 2 min.).