



Czy jony glinu są korzystne dla naszego zdrowia?

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



Czy jony glinu są korzystne dla naszego zdrowia?

Herbata to napar przyrządzany z rośliny rodzaju *Camellia*. Jony glinu kumulują się w tej roślinie, stąd jednym ze źródeł kationów glinu w diecie człowieka jest herbata.

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

Glin jest jednym z najbardziej rozpowszechnionych pierwiastków na Ziemi. Wchodzi w skład wielu minerałów, m.in. boksytów, skaleni, mik, kriolitów, rubinów czy szafirów. Jego rozpuszczalne związki mogą być przyswajane przez rośliny, które są uprawiane na glebach o odczynie kwasowym. Czy wiesz, że do takich roślin należy chociażby czarny pieprz, kminek, tymianek oraz majeranek? Czy wiesz, że jony glinu mogą dostać się do naszego organizmu różnymi sposobami – drogą pokarmową lub przez skórę? Myślisz, że są korzystne dla naszego zdrowia? Czy chcesz poznać odpowiedzi na te pytania?

Twoje cele

- Wymienisz i opiszysz działanie jonów/związków glinu w organizmie człowieka.
- Wyjaśnisz, dlaczego jony/związki glin wykazuje działanie toksyczne względem organizmu ludzkiego.
- Skorelujesz konkretne działanie jonów/związków glinu z chorobą, którą może wywoływać.
- Na podstawie obowiązującej dawki i normy obliczysz i ocenisz, czy dany produkt spożywczy lub woda pitna nadaje się do spożycia przez człowieka.

Występowanie jonów lub związków glinu

Zawartość kationów glinu w glebie zależy od jej zakwaszenia. Im niższe pH roztworu glebowego, tym więcej kationów glinu się przedostaje. Rośliny rosnące na glebach o odczynie kwasowym przyswajają jony glinu, które następnie mogą trafiać do organizmów zwierząt i ludzi.



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

Niektóre leki zawierają rozpuszczalne sole glinu, jak leki przeciw nadkwasocie żołądka, przeciwzapalne, przeciwbólowe, przeciwwymiotne oraz szczepionki. Związki glinu są składnikami wielu kosmetyków, m.in. antyperspirantów, matujących kremów, toników czy fluidów. Rozpuszczalne w wodzie sole glinu znajdują się również w wyrobach spożywczych, gdzie pełnią rolę barwników, emulgatorów lub wybielaczy, używanych do kawy bądź środków przeciwzbrylających. Duże ilości jonów glinu mogą także zawierać liście herbaty.

Ciekawostka



Sole glinu są wykorzystywane do oczyszczania wody pitnej. W 1988 r., w angielskim miasteczku Camelford, 20 t siarczanu(VI) glinu przedostało się do zbiornika z wodą pitną. Mieszkańcy uskarżali się na pieczenie przełyku oraz inne dolegliwości ze strony układu pokarmowego, a także bóle stawów, wysypki skórne oraz utratę pamięci. Ryby, które miały styczność ze skażoną wodą, wyginęły.

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

Przygotowywanie posiłków i przechowywanie produktów spożywczych w opakowaniach aluminiowych zwiększa w nich zawartość jonów glinu. Amerykańscy badacze dowiedli, że przetworzone posiłki zawierają większe ilości jonów glinu niż posiłki nieprzetworzone.

Według Światowej Organizacji Zdrowia (WHO) dopuszczalną dzienną dawką glinu jest 1 mg na 1 kg masy ciała.

Występowanie Al^{3+} w organizmie człowieka

W organizmie zdrowego dorosłego człowieka zawartość kationów glinu może wynosić 50-150 mg.

Narządy, które zawierają jony lub związki glinu

Źródło: J. Zuziak, M. Jakubowska, *Glin w otoczeniu i jego wpływ na organizmy żywe*, Analit 2, 2016, 110- 120

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

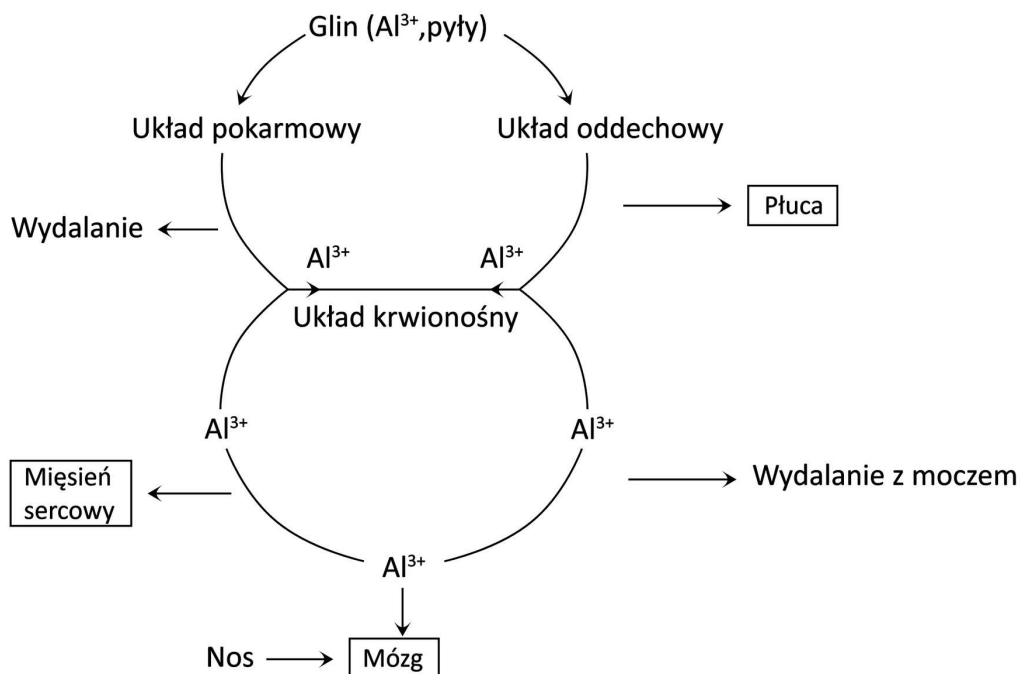
Zawartość jonów glinu, w poszczególnych narządach u człowieka o masie 70 kg, przedstawia powyższa grafika interaktywna.

Wraz z wiekiem zawartość jonów glinu wzrasta:

- niemowlęta: $0,2 \frac{\text{mg Al}^{3+}}{\text{kg masy ciała}}$;
- osoby starsze: $0,6-0,7 \frac{\text{mg Al}^{3+}}{\text{kg masy ciała}}$.

Działanie Al^{3+} w organizmie człowieka

Jony glinu, pochłonięte drogą pokarmową, mogą być wydalone przez zdrowe osoby. Kationy glinu mogą być przyswojone z jelita dzięki cytrynianom i mleczanom, z którymi Al^{3+} , dostając się do krwi, tworzy [związki kompleksowe](#) z innymi substancjami, spełniającymi rolę [chelatorów](#). Dla przykładu: 80-94% Al^{3+} łączy się z transferryną (białko odpowiedzialne za transport żelaza). Kompleks transferryny z Al^{3+} trafia do komórek. Kationy glinu zastępują jony wapnia i magnezu w kompleksach.



Schemat przedstawiający obieg Al^{3+} w organizmie człowieka

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

Działanie Al^{3+} w poszczególnych układach organizmu

w komórcie

- łączy się z cytrynianami (aniony kwasu cytrynowego) i innymi czynnikami chelatującymi w cytozolu (cytoplazma);
- może łączyć się z ferrytyną (białko, które wiąże się z Fe^{3+}) i w ten sposób przenika do mitochondriów (organelle, w których zachodzą procesy utleniania wewnątrzkomórkowego);
- hamuje wymianę jonów Na^+ i Ca^{2+} w mitochondriach;
- wywołuje znaczące zmiany w retikulum endoplazmatycznym (ER; siateczka śródplazmatyczna - sieć wewnątrzkomórkowych błon);
- może wiązać się z chromatyną (kompleks DNA i białek);
- hamuje heksokinazę – enzym niezbędny w procesie oddychania komórkowego;
- przyłącza się do ATP (adenozynotrifosforan; główny nośnik energii w komórkach) i hamuje aktywność enzymów;
- indukuje stres oksydacyjny, w którym powstają wolne rodniki (atomy lub cząsteczki zawierające niesparowane elektrony) mogące uszkadzać np. DNA;
- aktywuje dysmutazę ponadtlenkową (SOD; enzym, który neutralizuje anionorodnik ponadtlenkowy), a hamuje katalazy (enzymy zaangażowane w utrzymanie równowagi redoks w komórkach).

w układzie kostnym

- zakłóca proces mineralizacji matrycy kostnej;
- hamuje tworzenie oraz wzrost hydroksyapatytu (uwodniony fosforan wapnia, występujący w tkance kostnej) ;
- zaburza gospodarkę wapniową.

Przyczynia się do rozwoju osteomalacji, która charakteryzuje się demineralizacją kości oraz skłonnością do złamań.

w układzie nerwowym

- indukuje apoptozę (rodzaj zaprogramowanej śmierci komórki), co przyczynia się do kurczenia komórek, kondensacji i fragmentacji chromatyny;
- indukuje apoptozę w astrocytach (jeden z typów komórek glejowych), co prowadzi do śmierci neuronów;
- powoduje depolaryzację błony komórkowej neuronów;
- blokuje neurotransmitery (związki, które przekazują bodźce nerwowe);
- zwiększa przepuszczalność bariery krew-mózg, co prowadzi do zmian biochemicznych;
- zmienia metabolizm wapnia i hamuje kanały wapniowe;
- obniża poziom serotoniny (neuroprzekaźnik) i noradrenaliny (neuroprzekaźnik i hormon wydzielany przez rdzeń nadnerczy) m.in. w hipokampie (część mózgowia, odpowiadająca za pamięć).

Przyczynia się do rozwoju wielu chorób, takich jak Alzheimer, Parkinsona, demencji

starczej, encefalopatii czy stwardnienia bocznego zanikowego.

Badacze udowodnili, że w tkance mózgowej osób zmarłych w wyniku choroby Alzheimera, zawartość glinu jest większa (1-11,5 mg/kg suchej masy) niż u osób zmarłych z innych przyczyn (0,23 – 2,7 mg/kg suchej masy). Wyższy poziom stwierdzono w miejscach objętych zmianami.

w układzie oddechowym

- w pęcherzykach płucnych wywołuje odczyn komórkowy w przegrodach międzykomórkowych;
- tworzy kompleksy, które powodują przerost tkanki łącznej oraz zgrubienie ścian pęcherzyków płucnych.

Przyczynia się do rozwoju takich chorób, jak pylica płuc, zapalenie pęcherzyków płucnych, zapalenie oskrzeli, przewlekłe śródmiąższowe zapalenie płuc, ziarniniaki płuc czy proteinozę pęcherzyków płucnych.

w układzie krwiotwórczym

- wpływa na procesy biosyntezy hemu (niebiałkowy składnik hemoglobiny);
- wpływa na metabolizm żelaza;
- uszkadza i zmienia wrażliwość szpiku na erytropoetynę (hormon, stymulujący wytwarzanie krwinek czerwonych; wydzielany głównie przez nerki).

Przyczynia się do rozwoju niedokrwistości mikrocytarnej.

metaloestrogen

Badania wykazały, że jony glinu wypierają 17 β -estradiol z receptorów estrogenowych. Istnieją badania, które sugerują zależność między aplikacją antyperspirantów zawierających związki glinu a nowotworami piersi.

Jony glinu nie są korzystne dla naszego zdrowia, ponieważ przyczyniają się do rozwoju chorób:

- układu nerwowego, m.in. Parkinsona, Alzheimera czy demencji starczej;
- układu kostnego, m.in. osteomalacji;
- układu oddechowego, m.in. zapalenia pęcherzyków płucnych;
- układu krwiotwórczego, np.: niedokrwistości mikrocytarnej.

Istnieją również przesłanki, że jony glinu przyczyniają się do rozwoju nowotworu piersi.

Słownik

| związek kompleksowy

(łac. *complexio* „połączenie”, „związek”) kompleks, związek koordynacyjny, związek chelatujący; związek chemiczny, którego cząsteczka składa się atomu/ionu tzw. centralnego, połączonego za pomocą wiązań koordynacyjnych z ligandami

czynnik chelatujący

(gr. *chele* „kleszcze”, „szczypce kraba”) ligand; jon lub cząsteczka obojętna, która łączy się bezpośrednio z atomem centralnym za pomocą wiązania koordynacyjnego, tworząc związek kompleksowy

encefalopatia

(gr. *enképhalos* „mózg”; gr. *pathos* „choroba”) ogólny termin określający uszkodzenie mózgu

Bibliografia

Bárta M., *Pierwiastki chemiczne wokół nas*, Warszawa 2013.

Ehgartner B., *Die Akte of Aluminium*, Komplet Medi, Langbein & Partner Meedia, Germany, Austria 2014.

Forma E., Szymczyk A., Krześlak A., *Wybrane ksenoestrogeny i ich wpływ na zdrowie człowieka*, „Folia Medica Lodziensia” 2013, 40, 1, s. 79-97.

Kijak E., *Chemizm toksyczności glinu i jego rola w rozwoju choroby Alzheimera*, „Wszechświat” 2010, t. 111, 10-12, s. 277-280.

Sapota A., Nasiadek M., *Glin metaliczny, glin proszek (niestabilizowany). Dokumentacja dopuszczalnych wielkości narażenia zawodowego*, „Podstawy i Metody Oceny Środowiska Pracy” 2006, 3, 49, s. 77-99.

Widłak M., *Toksyczność glinu wyzwaniem środowiskowym (przegląd literatury)*, „Rocznik Świętokrzyski. Seria B – Nauki Przyrodnicze” 2011, 32, s. 131-140.

Zuziak J., Jakubowska M., *Glin w otoczeniu i jego wpływ na organizmy żywe*, „Analit 2” 2016, s. 110- 120.

Grafika interaktywna

Polecenie 1

Czy glin jest szkodliwy? Organizm osoby dorosłej kumuluje od 50 do 150 mg glinu, z czego 50% można znaleźć w płucach, 25% w kościach i stawach, a pozostałe 25% w tkankach miękkich. Glin gromadzi się w tkankach, ponieważ jony Al^{3+} mają bardzo zbliżoną wielkość do jonów żelaza Fe^{3+} , dzięki czemu mogą podstawiać się zamiast żelaza w różnego rodzaju białkach czy enzymach. Przeanalizuj grafikę, która przedstawia wpływ kumulacji i działania Al^{3+} w organizmie człowieka.

Grafika interaktywna

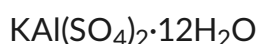
Źródło: dostępny w internecie: www.pixabay.com, domena publiczna.

Polecenie 2

Czy wiesz, że jony lub związki glinu są również stosowane jako dodatki do żywności? Poniżej przedstawione są dopuszczone do stosowania w żywności dodatki, które zawierają związki lub jony aluminium. Zagraj w grę memory i dopasuj wzory sumaryczne do ich opisów.



E 520 – siarczan glinu, substancja wiążąca



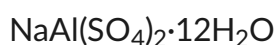
E 556 – glinokrzemian wapnia, substancja przeciwzbrylająca

E 554 – glinokrzemian sodu, substancja przeciwzbrylająca

E 521 – siarczan sodowo – glinowy, regulator kwasowości, substancja wiążąca



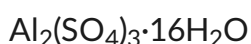
E 522 – siarczan potasowo – glinowy, regulator kwasowości, substancja wiążąca



E 541 (I, II) – fosforany sodowo – glinowe (kwasowe i zasadowe), substancja spulchniająca



E 523 – siarczan amonowo – glinowy, regulator kwasowości



E 559 – krzemian glinu, substancja przeciwzbrylająca, nośnik

Ćwiczenie 1

Zaznacz działanie glinu, które może być przyczyną niedokrwistości mikrocytarnej, wywołanej kumulacją kationów glinu w organizmie człowieka.

- ☐ Wpływ na procesy biosyntezy hemu.
- ☐ Zwiększenie przepuszczalności bariery krew-mózg.
- ☐ Zakłócenie procesu mineralizacji tkanki kostnej.

Ćwiczenie 2

Zaznacz prawidłową odpowiedź. Czym jest osteomalacja?

- ☐ Choroba polegająca na demineralizacji kości.
- ☐ Choroba polegająca na zmianach neurodegeneracyjnych w obrębie OUN.
- ☐ Choroba polegająca na stanach zapalnych w obrębie pęcherzyków płucnych.

Ćwiczenie 3

Jaką rolę pełni $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ (E556) dodawany do żywności?

- ☐ Stosowany jest jako substancja spulchniająca.
- ☐ Stosowany jest jako substancja przeciwzbrylająca.
- ☐ Stosowany jest jako regulator kwasowości.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Wskaż prawdziwe zdanie.

- ☐ Wszystkie przetworzone produkty spożywcze nie zawierają kationów glinu.
- ☐ Leki przeciwko nadkwasocie żołądka zawierają rozpuszczalne sole glinu.
- ☐ Rośliny, które rosną na glebach o odczynie zasadowym, przyswajają znaczne ilości kationów glinu.

Ćwiczenie 2



Dopasuj działania jonu Al^{3+} w organizmie do odpowiedniego układu.

komórka

hamuje tworzenie oraz wzrost hydroksyapatytu (uwodniony fosforan wapnia, występujący w tkance kostnej).

układ nerwowy

uszkadza i zmienia wrażliwość szpiku na erytropoetynę

układ oddechowy

tworzy kompleksy, które powodują przerost tkanki łącznej oraz zgrubienie ścian pęcherzyków płucnych.

układ kostny

łączy się z cytrynianami (aniony kwasu cytrynowego) i innymi czynnikami chelatującymi w cytozolu (cytoplazma)

układ krwionośny

blokuje neurotransmitery

Ćwiczenie 3



Zaznacz zdania fałszywe:

- ☐ Wraz z wiekiem zawartość kationów glinu maleje w organizmie.
- ☐ Większość kationów glinu łączy się z transferryną we krwi, tworząc związki.
- ☐ Kationy glinu nie indukują stresu oksydacyjnego w komórkach organizmu człowieka.
- ☐ Dopuszczalną dzienną dawką glinu jest 1 mg na 1 kg masy ciała.

Ćwiczenie 4



Oceń, czy człowiek o masie 72 kg mógłby przyjąć 142 mg kationów glinu bez szkodliwego wpływu na zdrowie w ciągu dwóch dni?

Odpowiedź:

Ćwiczenie 5



Poniższa tabela przedstawia średnią zawartość Al^{3+} w wybranych produktach spożywczych.

Produkty	Średnie stężenie Al^{3+} [mg/kg]
ogórki	1,00
czarna porzeczka	18,00
truskawki	1,56
mleko krowie	1,00
mięso drobiowe	2,00
mięso wołowe	4,50
ser edamski	1,50
przyprawa papryka	526,00

Produkty	Średnie stężenie Al^{3+} [mg/kg]
pieprz czarny	603,00
kawa	27,00
kakao	171,00

I. Czy 1 kg czarnej porzeczki zawiera większą ilość kationów glinu niż 1 kg mięsa wołowego?

☐ Nie

☐ Tak

II. Czy 1 kg sera edamskiego zawiera mniejszą ilość kationów glinu niż 1 kg mięsa wołowego?

☐ Tak

☐ Nie

Ćwiczenie 6



Czy człowiek o masie 60 kg, spożywając 1 kg kakao w ciągu trzech dni, przekroczy dopuszczalną dzienną dawkę glinu? Przyjmij, że 1 kg spożytego kakao zawiera 171 mg kationów glinu.

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

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

Ćwiczenie 7



Oceń, czy człowiek o masie 54 kg, spożywając 1 kg pieprzu czarnego w ciągu tygodnia, przekroczy dopuszczalną dzienną dawkę glinu? Przyjmij, że 1 kg spożytego czarnego pieprzu zawiera 603 mg kationów glinu.

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

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

Ćwiczenie 8



Siarczan(VI) glinu jest wykorzystywany do oczyszczania wody pitnej. W laboratorium przygotowano roztwór soli glinu – w tym celu rozpuszczono 11,1 g siarczanu(VI) glinu i uzupełniono wodą destylowaną do objętości 2000 cm^3 . Oblicz stężenie molowe kationów glinu w otrzymanym roztworze.

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: Anna Daniewicz, Krzysztof Błaszczak

Przedmiot: Chemia

Temat: Czy jony glinu są korzystne dla naszego zdrowia?

Grupa docelowa: III etap edukacyjny, 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:

3) opisuje właściwości fizyczne i chemiczne glinu; wyjaśnia, na czym polega pasywacja glinu; tłumaczy znaczenie tego zjawiska w zastosowaniu glinu w technice.

Zakres rozszerzony

X. Metale, niemetale i ich związki. Uczeń:

4) opisuje właściwości fizyczne i chemiczne glinu; wyjaśnia, na czym polega pasywacja glinu; tłumaczy znaczenie tego zjawiska w zastosowaniu glinu w technice.

Kształtowane kompetencje kluczowe:

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

Cele operacyjne:

Uczeń:

- wymienia i opisuje działanie glinu w organizmie człowieka;
- wyjaśnia, dlaczego glin wykazuje działanie toksyczne względem organizmu ludzkiego;
- koreluje konkretne działanie glinu z chorobą, którą może wywoływać;

- na podstawie obowiązującej dawki i normy oblicza i ocenia, czy dany produkt spożywczy lub woda pitna nadaje się do spożycia przez człowieka.

Strategia nauczania:

- asocjacyjna.

Metody i techniki nauczania:

- dyskusja dydaktyczna;
- prezentacja multimedialna;
- analiza materiału źródłowego;
- burza mózgów;
- ćwiczenia uczniowskie;
- technika zdań podsumowujących.

Formy zajęć:

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

Środki dydaktyczne:

- komputery z głośnikami, słuchawkami i dostępem do Internetu;
- zasoby multimedialne zawarte w e-podręczniku;
- rzutnik multimedialny;
- tablica interaktywna/tablica, pisak/kreda;
- podręczniki.

Przebieg zajęć

Faza wstępna:

1. Zaciekawienie i dyskusja. Nauczyciel zadaje uczniom pytania, zaciekawiając tematem.
Przykładowe pytania:

- W skład jakich minerałów wchodzi glin?
- Czy związki glinu mogą być przyswajane przez rośliny uprawiane na glebie o odczynie kwasowym?
- Jakie rośliny przyswajają glin na glebie o odczynie kwasowym?
- Jakimi drogami dostają się jony glinu do organizmu człowieka?
- Czy jony glinu są korzystne dla naszego zdrowia?
- Czy garnki aluminiowe są szkodliwe?
- Czy folia aluminiowa jest zdrowa?

2. Rozpoznawanie wiedzy wyjściowej uczniów. Burza mózgów na temat działania glinu i jego skutków na organizm człowieka.
3. Ustalenie celów lekcji. Nauczyciel podaje temat zajęć i wspólnie z uczniami ustala cele lekcji, które uczniowie zapisują w portfolio.

Faza realizacyjna:

1. Nauczyciel dzieli losowo uczniów na grupy, a Ci wybierają spośród siebie lidera a następnie wyjaśnia, że będą tworzyli prezentację multimedialną (kryteria oceny w materiałach pomocniczych) z podaniem przykładów działania glinu i jego skutków względem organizmu człowieka. W tym celu uczniowie korzystają z wszelkich dostępnych źródeł informacji, w tym z e-materiału. Wykorzystują również grafikę interaktywną. Nauczyciel monitoruje pracę uczniów. Po wykonanym zadaniu liderzy prezentują wyniki pracy grupy na forum. Nauczyciel weryfikuje poprawność merytoryczną wypowiedzi uczniów.
2. Uczniowie w parach wykonują polecenia zawarte w medium bazowym. Chętni uczniowie podają na forum odpowiedzi do zadań.
3. Uczniowie samodzielnie sprawdzają swoją wiedzę, wykonując ćwiczenia zawarte w e-materiale – „Sprawdź się”.

Faza podsumowująca:

1. Nauczyciel sprawdza wiedzę uczniów. Przykładowe pytanie skierowane do uczniów:
 - Jakie działanie na organizm człowieka mają jony glinu?
 - Jakie rośliny przyswajają jony glinu?
 - Jakie choroby w organizmie człowieka może wywoływać glin?
2. Jako podsumowanie lekcji nauczyciel może wykorzystać zdania do uzupełnienia, które uczniowie również zamieszczają w swoim portfolio:
 - Przypomniałem/łam sobie, że...
 - Czego dziś się nauczyłem/łam...
 - Co było dla mnie łatwe ...
 - Co sprawiło mi trudność ...

Praca domowa:

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

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania multimedium:

Grafika interaktywna może być wykorzystana przez uczniów podczas samodzielnej pracy na lekcji lub przed wykonaniem ćwiczeń dołączonych do medium. Medium może być

również wykorzystane podczas wykonywania zadania domowego. Uczniowie nieobecni na lekcji mogą wykorzystać grafikę do uzupełnienia luk kompetencyjnych.

Materiały pomocnicze:

1. Polecenia podsumowujące (nauczyciel przed lekcją zapisuje je na niewielkich kartkach):

- Jakie działanie na organizm człowieka mają jony glinu?
- Jakie rośliny przyswajają jony glinu?
- Jakie choroby w organizmie człowieka może wywoływać glin?

2. Dodatkowa literatura:

- Justyna Zuziak, Małgorzata Jakubowska: <http://analit.agh.edu.pl/> „*Glin w otoczeniu i jego wpływ na organizmy żywe*” (Aluminum in the environment and its influence on living organisms), dostępność 18.12.2019.

3. Kryteria oceny prezentacji:

- poprawność merytoryczna (zgodność z tematem; dostosowana do możliwości odbiorców i potencjału tematu);
- język prezentacji (fachowa terminologia, poprawność językowa);
- zwięzłość (krótkie zdania, równoważniki zdań, hasła);
- czytelność (wielkość czcionki, układ, tempo wyświetlania);
- estetyka (kolor, animacje, dźwięk, grafika);
- czas prezentacji (wykorzystanie zaplanowanego czasu – 3 min.).