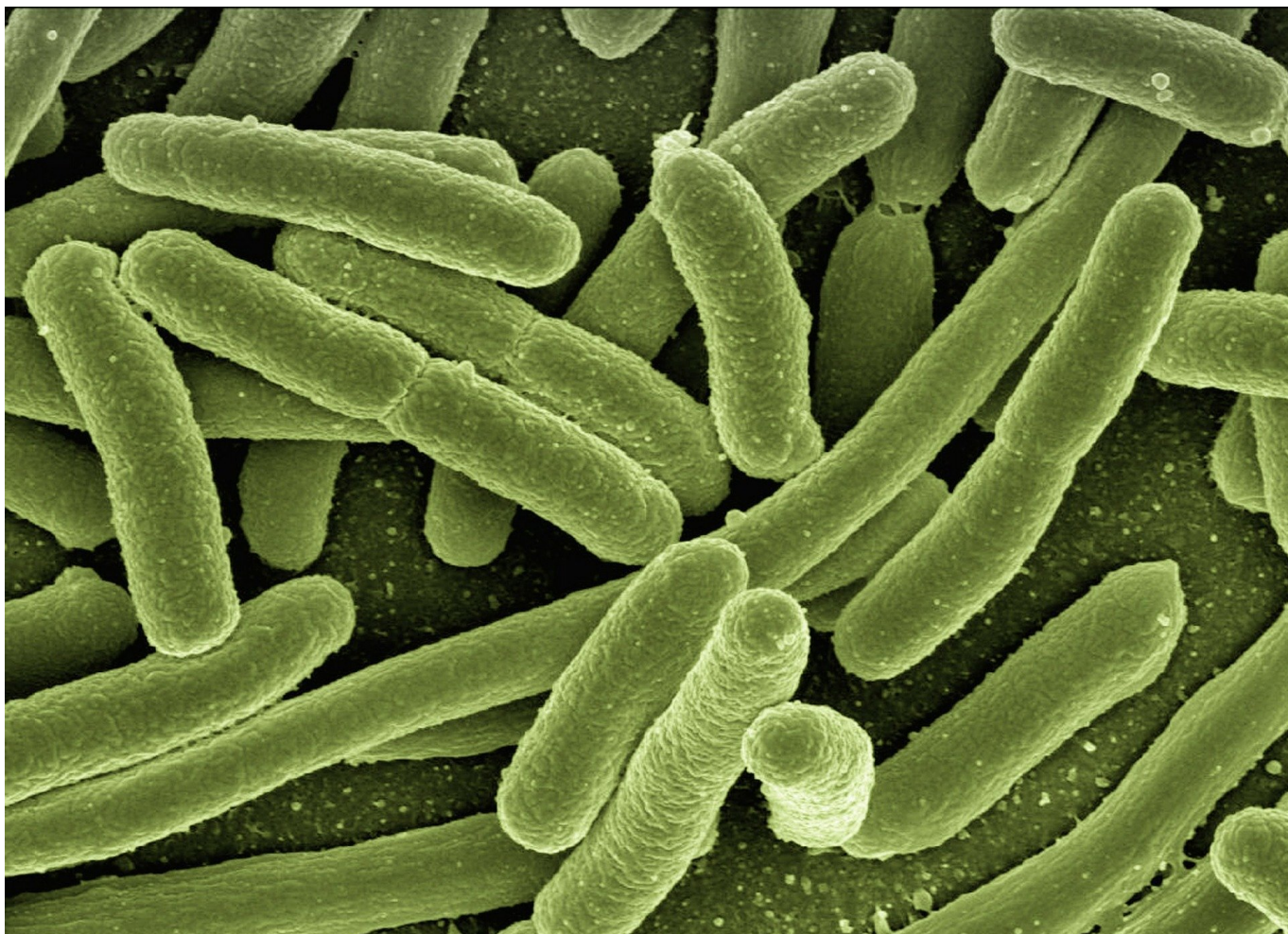




Bakteriobójcze właściwości srebra i jego związków

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



Bakteriobójcze właściwości srebra i jego związków

Nanocząstki srebra hamują wzrost i przeżywalność bakterii.
Źródło: dostępny w internecie: www.pixabay.com, domena publiczna.

Właściwości antybakteryjne srebra i jego związków są znane od dawna. Czy wiesz, że już w XIX wieku sole srebra i jego koloidy były powszechnie stosowane w leczeniu i zapobieganiu infekcji wywołanych przez drobnoustroje, które towarzyszą m.in. owrzodzeniom, oparzeniom czy przewlekłym ranom? Czy wiesz, że stosowano je nawet w przypadku sepsy, ostrego zapalenia najądrza, migdałków, a u niemowląt również zapalenia spojówek?

Czy wiesz, że nanocząstki srebra hamują wzrost i przeżywalność bakterii, w tym patogenów człowieka i zwierząt, a także grzybów, pierwotniaków i stawonogów? Działają także antywirusowo i przeciwnowotworowo.

Obecnie są najbardziej skomercjalizowanymi nanocząstkami metali i wchodzą w skład takich produktów, jak antybakteryjne opatrunki, urządzenia medyczne (np. cewniki, implanty czy protezy), materiały stosowane w stomatologii, przydomowe oczyszczalnie wody, tekstylia, kosmetyki, farby i artykuły gospodarstwa domowego.

Twoje cele

- Opiszysz mechanizm działania przeciwbakteryjnego cząstek srebra.
- Wyjaśnisz różnicę między jonami srebra a nanocząstkami srebra.
- Wymienisz przykłady zastosowań właściwości antybakteryjnych srebra.

- Określisz, od czego zależy efektywność przeciwbakteryjna nanocząstek srebra.
- Otrzymasz nanocząsteczki srebra.

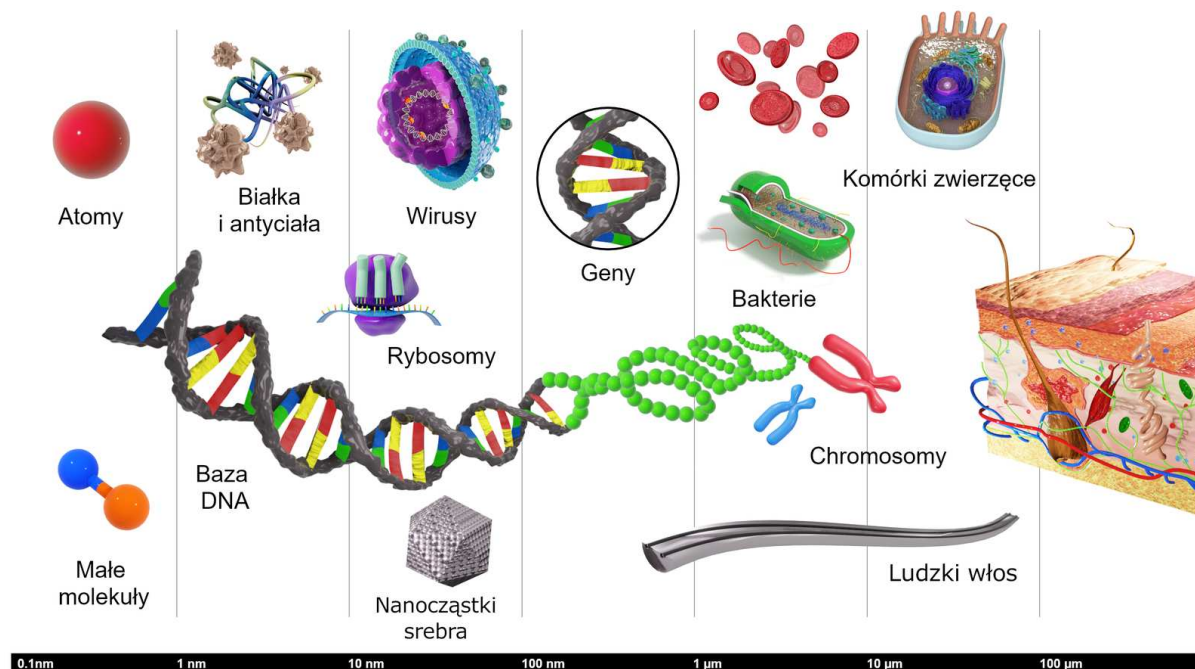
Przeczytaj

Jakie działanie mają związki srebra?

Związki srebra – nieorganiczne, jak i organiczne – działają przeciwbakteryjnie, odkażająco oraz ściągająco, a w większych stężeniach keratolitycznie i **nekrotyzująco**. Szczególnie nanocząstki srebra (AgNPs, ang. *Ag nanoparticles*) wykazują znaczące działanie przeciwbakteryjne, ponieważ charakteryzują się wysokim stosunkiem powierzchni do objętości, rosnącym w miarę zmniejszania ich rozmiaru (średnicy). Mniejsze nanocząstki mają większą aktywność antybakteryjną. Co więcej – przez dobór odpowiednich warunków reakcji, można kontrolować ich kształt. Te o kształcie trójkątnym działają silniej niż te wydłużone lub sferyczne.

Ważne!

Nanocząsteczki srebra są srebrem na 0 stopniu utlenienia.



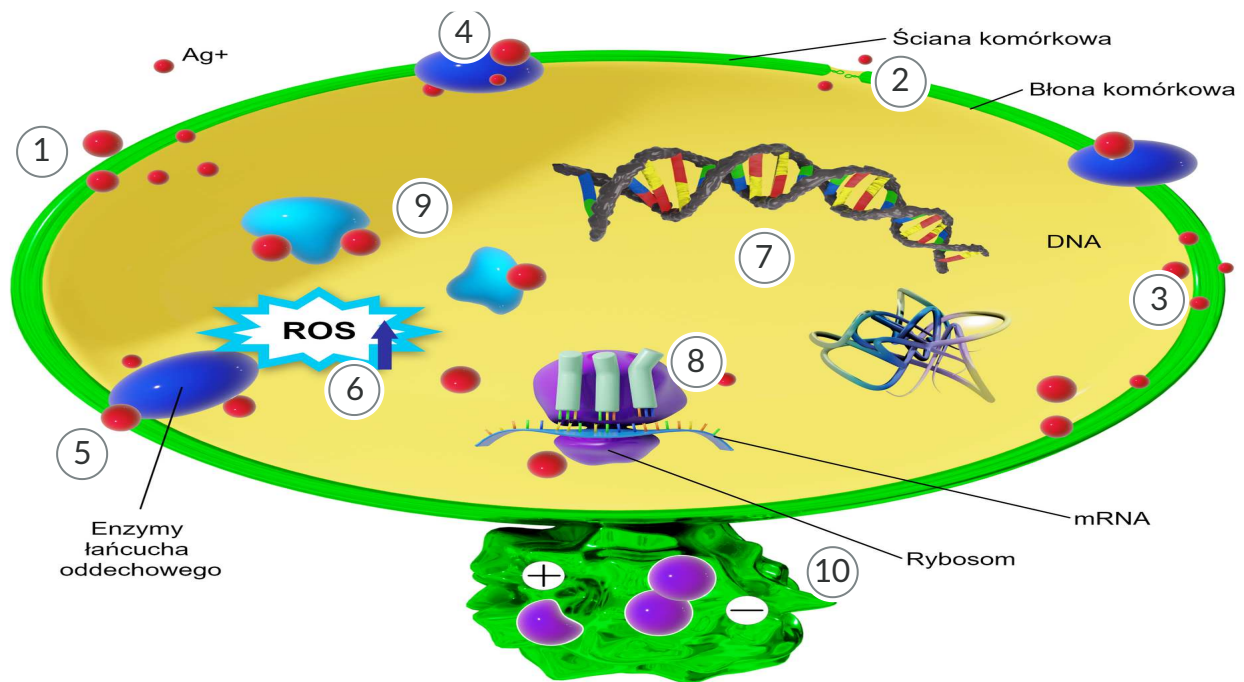
Rysunek przedstawia, jak rozmiar nanocząstek ma się do rozmiarów różnych biologicznych indywiduali.

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

Działania nanocząstek srebra na komórki bakteryjne

- Nanocząstki srebra (AgNPs) niszczą błonę komórkową bakterii.

- Powodują tworzenie się reaktywnych form tlenu (ang. reactive oxygen species, ROS), prowadząc do stresu oksydacyjnego.
- Uszkadzają DNA wskutek oddziaływań z resztami fosforanowymi w szkieletie fosfocukrowym. Wpływają na procesy replikacji i transkrypcji, a w wyższych stężeniach prowadzą do degradacji DNA i RNA.
- Upośledzają funkcjonowanie łańcucha oddechowego, podziały komórkowe, systemy przekazywania sygnałów i funkcje licznych enzymów, zwłaszcza tych bogatych w aminokwasy, zawierających siarkę.
- Zaburzają produkcję trifosforanu adenozynowego (ATP).
- Zwiększają podatność białek na denaturację.
- Jony Ag^+ oddziałują z cytochromami, hamując transport elektronów oraz zaburzając funkcjonowanie łańcucha oddechowego.
- Ze względu na zdolność do wiązania się z kwasami nukleinowymi, skutecznie podnoszą efektywność działania obecnych na rynku chemioterapeutyków.



1

Wiązanie do warstwy fosfolipidowej błony komórkowej

2

Tworzenie porów w osłonach zewnętrznych bakterii, ich destabilizacja i wzrost przepuszczalności

3

4

Wiązanie srebra do grup funkcyjnych oraz centrum aktywnego enzymów i białek ściany komórkowej

5

Powinowactwo do grup sulfhydrylowych cytochromu b

6

Wzmożona produkcja reaktywnych form tlenu (ROS)

7

Oddziaływanie srebra z DNA

8

Interakcja srebra z rybosomem

9

Denaturacja białek komórkowych

10

Niekontrolowany transport jonów, wyciek metabolitów i protonów z wnętrza komórki bakterii

Mechanizm działania jonów srebra na komórkę bakterii na przykładzie bakterii Gram-dodatniej

Źródło: GroMar Sp. z o.o. opracowano na podstawie: Kędziora A., Sobik K. 2013. Oporność bakterii na nanosrebro – problem stary czy nowy? Kosmos, 301, 62: 557-570., licencja: CC BY-SA 3.0.

Jakie są zastosowania nanosrebra?

Polecenie 1

Kliknij na zagadnienia, aby dowiedzieć się jakie są zastosowania nanosrebra w poszczególnych dziedzinach życia.

Srebro w medycynie

Antybakteryjne właściwości srebra znajdują zastosowanie w leczeniu przewlekłych ran, które są źródłem bakterii oraz w środkach higieny osobistej.

- Sól srebrowa sulfadiazyny (Dermazin) – maść o działaniu odkażającym i przyspieszającym gojenie się ran.
- Sól srebrowa sufatazolu (Argosulfan) – stosowana w oparzeniach wszystkich stopni, odleżynach, przewlekłych owrzodzeniach.
- Pasta do zębów zawierająca jony srebra.

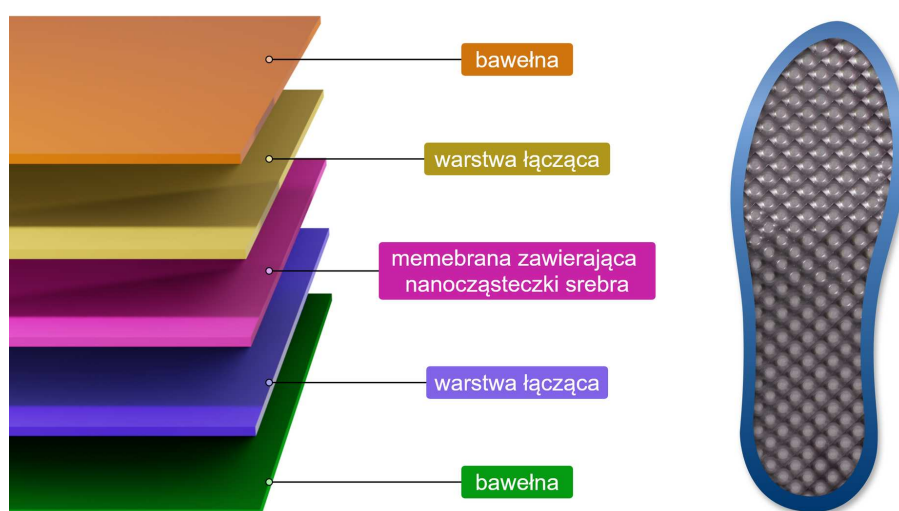
Srebro w przemyśle spożywczym i gastronomii

Opakowania produktów żywnościowych oraz powierzchnie do obróbki i przygotowania żywności. Stosując nanocząsteczki srebra do modyfikacji polimerów, będących podstawowym surowcem do produkcji opakowań, przedłużamy ich żywotność oraz bezpieczeństwo przechowywania. Nanocząstki srebra wypełniają całą masę plastikowego opakowania, stale niszcząc wszelką pojawiającą się florę bakteryjną, pleśń i inne rodzaje grzybów.

Srebro w przemyśle skórzanym i obuwniczym

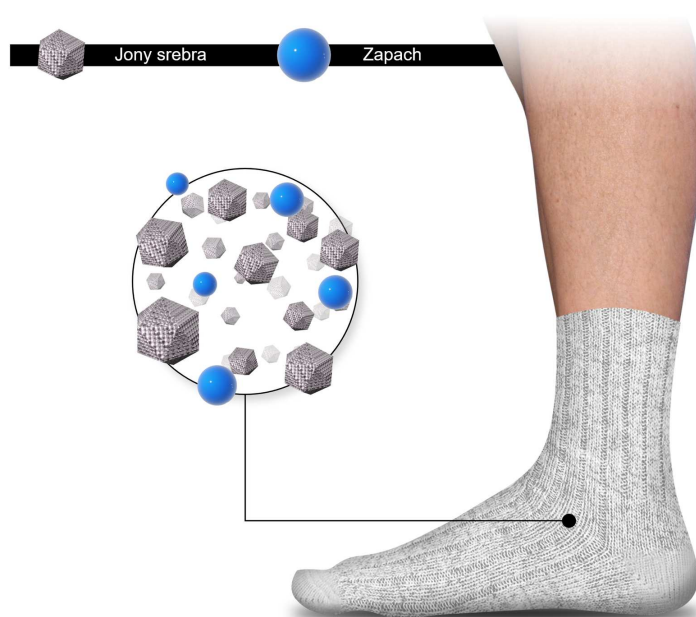
Wprowadzając nanocząsteczki srebra w materiały do produkcji obuwia czy do procesów przygotowania skór – garbarnie (zakłady, w których wyprawia się surowe skóry), uzyskuje się permanentną ochronę grzybo- i bakterio-bójczą.

Budowa wkładki do butów zawierającej nanocząsteczki srebra



Srebro w przemyśle włókienniczym

Odzież wykonana z materiałów zaimpregnowanych nanosrebrem przestaje być siedliskiem bakterii, zapobiega to rozkładowi potu i redukuje nieprzyjemny zapach. Ta metoda, w przypadku materacy oraz pościeli, ogranicza rozwój bakterii i grzybów, jednocześnie zmniejszając ilość przebywających w niej roztoczy, co ułatwia życie ludziom, którzy cierpią na astmę lub alergie.



Srebro w przemyśle meblarskim i drzewnym

Nanosrebrem można także modyfikować materiały tapicerskie, podłogowe i elementy wyposażenia i wykończenia wnętrz, okna drzwi czy klamki, chroniąc je przed bakteriami. Można tu wymienić miejsca szczególnie narażone, takie jak: podłogi antybakteryjne specjalnego przeznaczenia dla szpitali i przychodni leczniczych, żłobków, w pomieszczeniach produkcyjno-magazynowych przy produkcji leków, w halach magazynujących produkowaną żywność.

Srebro w przemyśle elektronicznym i AGD

Przeciwbakteryjne właściwości srebra wykorzystywane są do modyfikacji sprzętów kuchennych, które mają kontakt z żywnością. Poddawane temu procesowi są te urządzenia, będące ogromnym źródłem rozwoju i zakażeń coraz bardziej zmutowanymi i odpornymi na dotychczasowe metody bakteriami i grzybami – klawiatury i myszki komputerowe, przełączniki elektryczne, kontakty, klimatyzatory i nawilżacze. Poza tym cząstki srebra mogą wchodzić w skład preparatów do czyszczenia i pielęgnacji sprzętów.

Srebro w rolnictwie

Stosowanie nanosrebra przynosi rezultaty w wielu dziedzinach rolnictwa – w odkażaniu zwierząt, kopyt, racic, instalacji do dojenja, ścian obiektów hodowlanych, pojemników do przechowywania paszy i ściółki, ubrań roboczych, sterylizacji narzędzi, sprzętów i wyposażenia. W ten sposób zapobiega się epidemiom i chorobom w hodowlach zwierząt.

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

Słownik

keratolityczny

rozpuszczający zrogowaciałą warstwę naskórka

grupa tiolowa

inaczej sulfohydrylowa; grupa — SH

nekrotyzujący

powodujący śmierć komórki – całkowite i nieodwracalne ustanie czynności biochemicznych, które zachodzą w danej komórce

stres oksydacyjny

stan braku równowagi pomiędzy działaniem reaktywnych form tlenu a biologiczną zdolnością do szybkiej detoksykacji reaktywnych produktów pośrednich lub naprawy wyrządzonych szkód; wszystkie formy życia utrzymują w komórkach środowisko redukujące, które jest zachowywane przez aktywność enzymów podtrzymujących stan redukcji poprzez ciągły dopływ energii metabolicznej; zaburzenia w prawidłowym stanie redukcji mogą wywołać toksyczne działanie poprzez produkcję nadtlenków i wolnych rodników, powodujących oksydacyjne uszkodzenia wszystkich składników komórki – szczególnie dotkliwe dla komórki są uszkodzenia białek, lipidów i DNA

cytochromy

grupa białek uczestniczących w transporcie elektronów w procesie fosforylacji oksydacyjnej. Niektóre białka cytochromowe są końcowymi przenośnikami elektronów w łańcuchu oddechowym i bardzo łatwo ulegają zablokowaniu przez takie substancje trujące, jak tlenek węgla czy cyjanek potasu

nanocząstki srebra (srebro koloidalne)

cząstki srebra o rozmiarze między 1 a 100 nm; zazwyczaj zawieszone są w roztworze wodnym, który może przyjmować różną barwę (barwa zależna od kształtu i rozmiaru nanocząstek); otrzymuje się je np. poprzez redukcję jonów srebra (np. AgNO_3) do metalicznego srebra; na drodze różnych metod syntezy, można otrzymać nanocząstki o różnych kształtach: sfery, gwiazdki, sześciiany, rurki; ze względu na swoje właściwości, nanocząstki srebra są ważnym materiałem do zastosowań w różnych dziedzinach nauki, m.in. w biomedycynie

Bibliografia

Bielański A., *Podstawy chemii nieorganicznej*, Warszawa 1987.

Kędziora A., Sobik K., *Oporność bakterii na nanosrebro – problem stary czy nowy?* „Kosmos” 2013, t. 301, nr 62, s. 557-570.

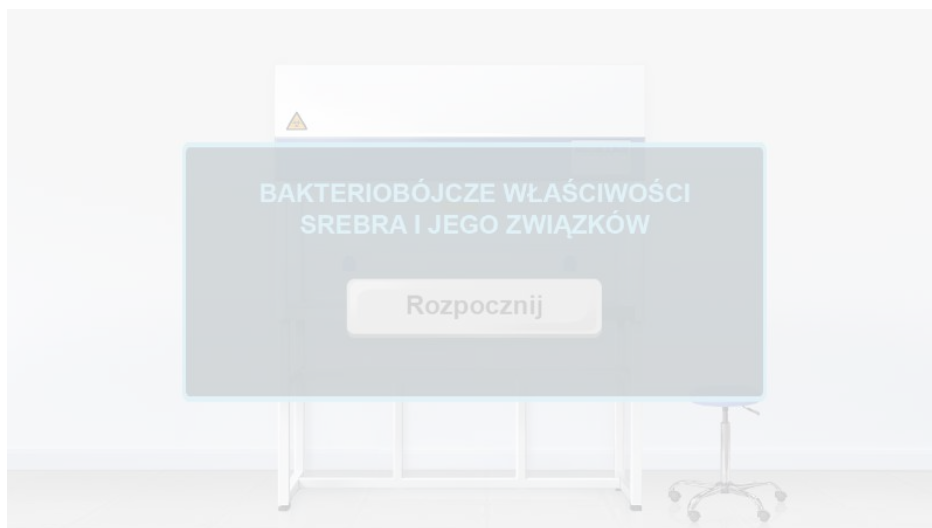
Kaczyński J., Czaplicki A., *Chemia ogólna*, Warszawa 1974.

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

Symulacja interaktywna

Symulacja 1

Zbadaj oporność bakterii na bakteriobójcze właściwości nanosrebra. Następnie rozwiąż poniższe ćwiczenia.



Zasób interaktywny dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/D16wemmz4>

Symulacja interaktywna pt. „Badanie bakteriobójczych właściwości nanosrebra”

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

Ćwiczenie 1

Do poniższej tabeli wpisz liczbę kolonii bakteryjnych, które wyrosły na podłożu z odpowiednim stężeniem nanosrebra.

Stężenie nanosrebra [ppm]	Ilość kolonii
5	
10	
15	
30	
60	
125	

23

15

7

3

8

33

Ćwiczenie 2

Przy pomocy dostępnych Ci źródeł, wypisz trzy zastosowania bakteriobójczych właściwości srebra.

Odpowiedź:

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Zaznacz, które formy nanocząstek srebra wykazują największą efektywność przeciwbakteryjną?

☐ Duże i sferyczne.

☐ Mniejsze i sferyczne.

☐ Trójkątne i duże.

☐ Trójkątne i małe.

Ćwiczenie 2



Zaznacz, z czym związane jest działanie przeciwbakteryjne cząstek srebra.

☐ Wytwarzaniem ROS.

☐ Oddziaływaniem srebra z zasadami azotowymi nici DNA lub RNA.

☐ Niszczeniem DNA.

☐ Oddziaływaniem srebra z aminokwasami zawierającymi atomy siarki, np. cysteiną.

Ćwiczenie 3



Które zdania dotyczące nanocząstek srebra są prawdziwe?

Zdanie	Prawda	Fałsz
Powinny być przechowywane w ciemnych miejscach.	☐	☐
Powinny być przechowywane w lodówce.	☐	☐
Mają skłonność do agregacji.	☐	☐
Pod wpływem światła ich rozmiar maleje.	☐	☐

Ćwiczenie 4



Uzupełnij poniższe zdanie, wybierając właściwe określenia.

AgNPs przedostają się do komórki przez fosfolipidową . Dzięki powstaniu porów w błonie komórkowej powodują komórek. AgNPs przyłączają się do grup funkcyjnych komórkowych i białek. Wykazują szczególnie powinowactwo do . Jeśli dostaną się do komórki, wywołują produkcję i zniszczą DNA. Ponadto w obecności AgNPs wykazują większą efektywność.

destabilizację

enzymów

leki przeciwnowotworowe

błone komórkową

grup sulfhydrylowych

reaktywnych form tlenu

Ćwiczenie 5



Zaznacz odpowiednie słowo tak, aby powstało poprawne zdanie.

Stosunek powierzchni do objętości nanocząstek srebra wzrasta ☐ maleje ☐ wraz ze zmniejszaniem rozmiaru nanocząstek srebra.

Ćwiczenie 6



Zaznacz zastosowania właściwości przeciwbakteryjnych nanocząstek srebra.

☐ Ochrona grzybo- i bakteriobójcza obuwia.

☐ Modyfikacja opakowań na żywność.

☐ Klamki od drzwi.

☐ Impregnowanie odzieży nanosrebrem.

☐ Dezynfekcja narzędzi chirurgicznych.

☐ Modyfikacja materacy.

Ćwiczenie 7



Ułóż etapy mechanizmu działania jonów srebra na komórkę bakterii.

Niekontrolowany transport jonów, wyciek metabolitów i protonów z wnętrza komórki bakterii. 

Denaturacja białek komórkowych. 

Wiązanie srebra do DNA bakterii. 

Wiązanie srebra do grup funkcyjnych oraz centrum aktywnego enzymów i białek ściany komórkowej. 

Interkalacja srebra z rybosomem. 

Wzmoczona produkcja reaktywnych form tlenu (ROS). 

Ćwiczenie 8



Oceń i wyjaśnij, czy nadużywanie związków srebra oraz materiałów zawierających srebro może wpłynąć negatywnie na zdrowie i życie człowieka.

Dla nauczyciela

Scenariusz zajęć

Autor: Marcin Maćkiewicz, Krzysztof Błaszczak

Przedmiot: chemia

Temat: Bakteriobójcze właściwości srebra i jego związków

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

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.

III. Opanowanie czynności praktycznych. Uczeń:

- 1) bezpiecznie posługuje się sprzętem laboratoryjnym i odczynnikami chemicznymi;
- 2) projektuje i przeprowadza doświadczenia chemiczne, rejestruje ich wyniki w różnej formie, formułuje obserwacje, wnioski oraz wyjaśnienia;
- 3) stawia hipotezy oraz proponuje sposoby ich weryfikacji;
- 4) przestrzega zasad bezpieczeństwa i higieny pracy.

Wymagania szczegółowe

X. Metale, niemetale i ich związki. Uczeń:

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

Poziom 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.

III. Opanowanie czynności praktycznych. Uczeń:

- 1) bezpiecznie posługuje się sprzętem laboratoryjnym i odczynnikami chemicznymi;
- 2) projektuje i przeprowadza doświadczenia chemiczne, rejestruje ich wyniki w różnej formie, formułuje obserwacje, wnioski oraz wyjaśnienia;
- 3) stosuje elementy metodologii badawczej (określa problem badawczy, formułuje hipotezy oraz proponuje sposoby ich weryfikacji);
- 4) przestrzega zasad bezpieczeństwa i higieny pracy.

Wymagania szczegółowe

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:

- omawia mechanizm działania przeciwbakteryjnego cząstek srebra;
- wyjaśnia różnicę między jonami srebra a nanocząstkami srebra;
- wymienia przykłady zastosowań właściwości antybakteryjnych srebra;
- określa, od czego zależy efektywność przeciwbakteryjna nanocząstek srebra;

- przeprowadzi doświadczenia otrzymywania nanocząstek srebra.

Strategie nauczania:

- asocjacyjna;
- problemowa.

Metody i techniki nauczania:

- pogadanka;
- prezentacja multimedialna
- symulacja interaktywna;
- eksperyment chemiczny;
- dyskusja dydaktyczna;
- analiza materiału źródłowego;
- ćwiczenia uczniowskie;
- okienko informacyjne;
- technika zdań podsumowujących.

Formy pracy:

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

Środki dydaktyczne:

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

Przebieg zajęć

Faza wstępna:

1. Zaciekawienie i dyskusja. Nauczyciel wykorzystuje informacje zawarte we wprowadzeniu do e-materiału i zawarte tam pytania: „Właściwości antybakteryjne srebra i jego związków są znane od dawna. Czy wiesz, że już w XIX w. sole srebra i jego koloidy były powszechnie stosowane w leczeniu i zapobieganiu infekcji wywołanych przez drobnoustroje, które towarzyszą m.in. owrzodzeniom, oparzeniom czy przewlekłym ranom? Czy wiesz, że stosowano je nawet w przypadku sepsy, ostrego zapalenia najądrza, migdałków, a u niemowląt również zapalenia spojówek? Czy wiesz, że nanocząstki srebra hamują wzrost i przeżywalność bakterii, w tym patogenów człowieka i zwierząt, a także grzybów, pierwotniaków i stawonogów? Działają także

antywirusowo i przeciwnowotworowo. Obecnie są najbardziej skomercjalizowanymi nanocząstkami metali i wchodzi w skład takich produktów, jak antybakteryjne opatrunki, urządzenia medyczne (np. cewniki, implanty czy protezy), materiały stosowane w stomatologii, przydomowe oczyszczalnie wody, tekstylia, kosmetyki, farby i artykuły gospodarstwa domowego.”

2. Rozpoznanie wiedzy wyjściowej uczniów. Uczniowie starają się udzielić odpowiedzi na pytanie: Gdzie można wykorzystać właściwości przeciwbakteryjne srebra w życiu codziennym?
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 dzieli uczniów na dwie grupy zadaniowe (grup roboczych może być więcej):
 - grupa I – na czym polega działanie nanocząstek srebra na komórki bakteryjne z uwzględnieniem mechanizmu działania jonów srebra na komórkę bakterii?;
 - grupa II – jakie są zastosowania nanosrebra?

Zadaniem uczniów jest przygotowanie prezentacji multimedialnej – nauczyciel zapoznaje uczniów z kryteriami (patrz materiały pomocnicze). Uczniowie mogą korzystać z dostępnych źródeł informacji, w tym z e-materiału; mogą wykorzystać informacje z fazy wstępnej lekcji (grupa II). Po wyznaczonym czasie chętni liderzy grup (dwie grupy zadaniowe) prezentują na forum klasy efekty pracy. Pozostali uczniowie mogą włączać się do dyskusji i zadawać pytania.

2. Eksperyment chemiczny – „Otrzymywanie nanocząsteczek srebra w reakcji azotanu(V) srebra(I) z cytrynianem trisodowym”. Nauczyciel wybiera uczniów do roli asystenta przeprowadzających w obecności nauczyciela eksperyment. Nauczyciel przygotowuje odpowiednie szkło i sprzęt laboratoryjny oraz odczynniki chemiczne, rozdaje uczniom karty pracy. Uczniowie montują odpowiedni zestaw do przeprowadzenia eksperymentu i wykonują kolejno czynności podane w instrukcji – otrzymują AgNP (patrz materiały pomocnicze). Uczniowie samodzielnie formułują pytanie badawcze i hipotezę, rysują schemat doświadczenia, obserwują zmiany podczas eksperymentu, wyciągają wnioski (wszystko zapisują w kartach pracy). Następnie na forum całej klasy następuje weryfikacja pod względem merytorycznym zaprezentowanych przez chętnych uczniów efektów pracy. Równanie reakcji chemicznej uczeń zapisuje na tablicy celem sprawdzenia poprawności zapisu. Nauczyciel wyjaśnia zaistniałe ewentualne niezrozumiałe kwestie.

3. Uczniowie pracują parami z symulacją interaktywną. Zapoznają się z zawartym tam poleceniem i wykonują ćwiczenia.
4. Uczniowie samodzielnie sprawdzają swoją wiedzę, wykonując ćwiczenia zawarte w e-materiale w sekcji „Sprawdź się”.

Faza podsumowująca:

1. Okienko informacyjne – forma indywidualnej twórczej notatki. Kartkę papieru w zeszyte uczniowie dzielą na cztery części (poziom, pion lub po przekątnej). W pierwsze okienko uczniowie wpisują hasło, które ich interesuje. W drugim podają definicję danego terminu (z różnych źródeł). W trzecie zaś wpisują metaforyczne znaczenie wyrazu, żart językowy, rebus itp. Ostatnie okienko może mieć formę scenki komiksowej, dialogu, karykatury z zastosowaniem interesującego uczniów terminu.
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:

Multimedium może być wykorzystane przez ucznia w fazie przygotowania do lekcji.

Materiały pomocnicze:

1. Doświadczenie chemiczne: „Badanie reakcji azotanu(V) srebra(I) z cytrynianem trisodowym”.

Szkło i sprzęt laboratoryjny: zlewki, szalki Petriego, łyżeczka, sprzęt do podgrzewania (kuchenka elektryczna i zlewka z wodą lub czajnik elektryczny), pipeta lub wkraplacz, termometr, waga elektroniczna.

Odczynniki chemiczne: AgNO_3 , woda destylowana, 1% roztwór cytrynianu trisodowego

Instrukcja wykonania:

- Rozpuść 0,09 g AgNO_3 w 500 ml wody.
- Zawartość zlewki ogrzewaj w zakresie temperatur 95–98°C;

- Dodawaj 1% roztwór cytrynianu trisodowego (0,1 g rozpuszczony w 10 ml woda) kroplami (jedna kropla na sekundę). (Jony cytrynianowe działają jednocześnie jako reduktor oraz czynnik stabilizujący (zapobiegający agregacji, ułatwiający tworzenie NP). Cząstki srebra koloidalne mają ładunek ujemny z powodu zaadsorbowanych na nich anionów cytrynianowych; działa odpychająca siła cząsteczek, zapobiegająca agregacji.)
- Kontynuuj ogrzewanie w zakresie temperatur 95–98°C przez 20 min.
- Obserwuj zachodzące zmiany (kolor żółty wskazuje na tworzenie się NP).

2. Karty charakterystyk substancji.

3. Karta pracy ucznia:

Plik o rozmiarze 62.61 KB w języku polskim

4. Literatura:

- T. Snopczyński, K. Góralczyk, K. Czaja, P. Struciński, A. Hernik, W. Korcz, J. K. Ludwicki, *Nanotechnologia – możliwości i zagrożenia*, „Państwowy zakład higieny pracy” 2009, nr 2, s. 101-111.
- Z. Wzorek, M. Konopka, *Nanosrebro – nowy środek bakteriobójczy*, Czasopismo techniczne Wydawnictwa Politechniki Krakowskiej 2007, s.175-181.
- D. Malina, A. Sobczak- Kupiec, Z. Kowalski, *Nanocząstki srebra. Przegląd chemicznych metod syntezy*, Czasopismo techniczne Wydawnictwa Politechniki Krakowskiej 2010, s. 183-192.
- I. Maliszewska, Z. Sadowski, A. Skłodowska, A. Leoekiewicz-Laudy, *Wykorzystanie metod biotechnologicznych do otrzymywania nanocząstek metali*, „Polimery” 2011, nr 2, s. 140-145.
- M. Banach, J. Pulit, L. Tymczyna, A. Chmielowiec-Korzeniowska, *Otrzymywanie nanosrebra na drodze jednoetapowej redukcji chemicznej w środowisku wodnym w warunkach podwyższonego ciśnienia*, „Chemik 2014”, 68, 2, s. 111-116.
- K. Wolny-Koładka, D. Malina, A. Sobczak-Kupiec, Z. Wzorek, *Synteza i charakterystyka fizykochemiczna nanocząstek srebra oraz ocena ich toksyczności w stosunku do grzybów z gatunku „Fusarium culmorum” izolowanych z pszenicy ozimej*, „Polish Journal of Agronomy” 2013, nr 15, s. 69-74.

5. Kryteria oceny prezentacji:

- 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. 6 slajdów

- czas prezentacji (wykorzystanie zaplanowanego czasu - 4 min.)