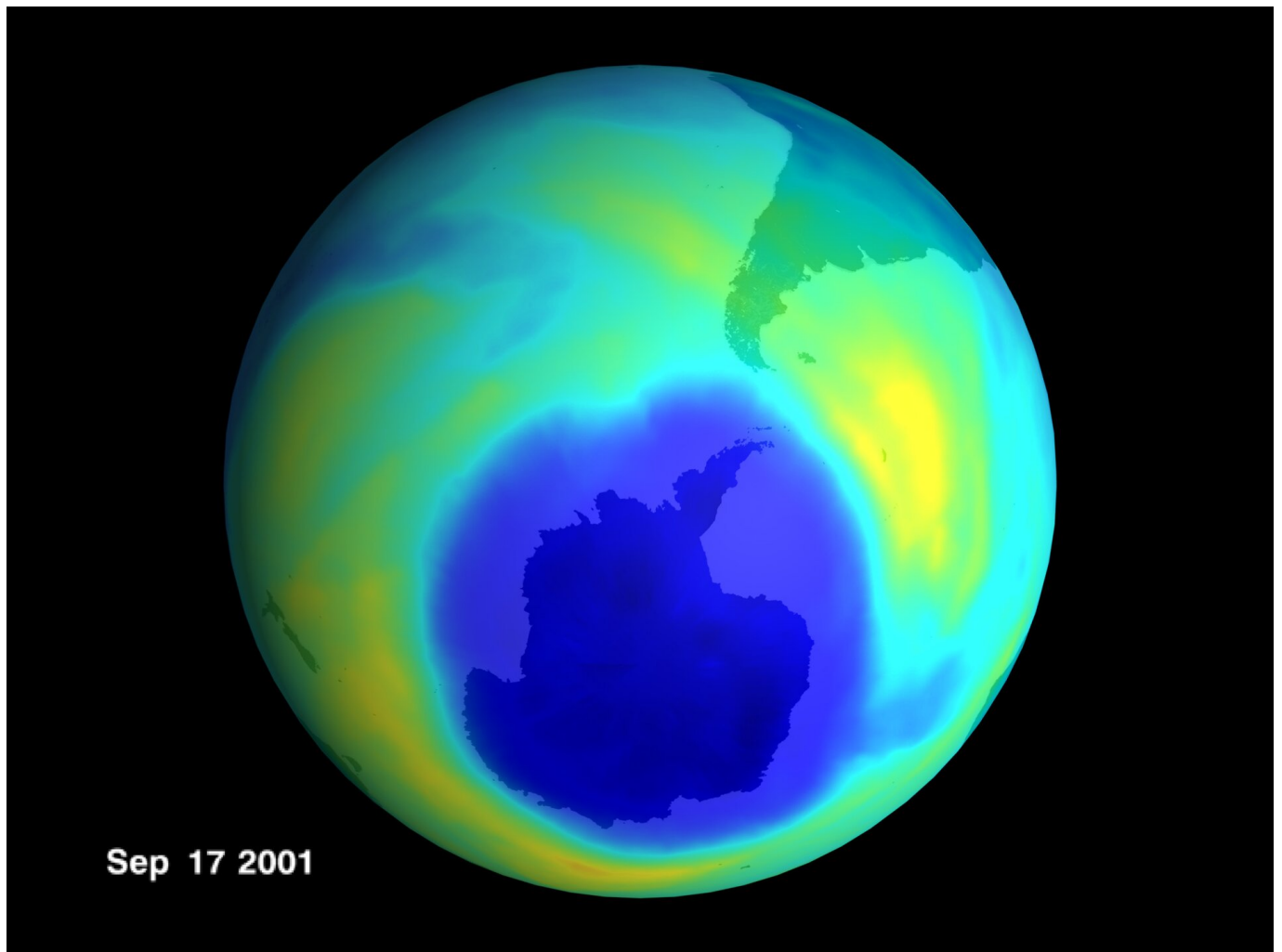




Jakie czynniki wpływają na grubość warstwy ozonowej?

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



Jakie czynniki wpływają na grubość warstwy ozonowej?

Sep 17 2001

Grubość warstwy ozonowej różni się na poszczególnych szerokościach geograficznych.

Źródło: dostępny w internecie: commons.wikimedia.org, domena publiczna.

Ozon jest alotropową odmianą tlenu i występuje w przyrodzie w sposób naturalny. Cząsteczki tlenu, którym oddychamy i który jest podstawowym składnikiem powietrza, są zbudowane z dwóch atomów tlenu (O_2). W skład cząsteczki ozonu wchodzi z kolei trzy atomy tlenu (O_3). Dodatkowy atom tlenu sprawia, że ozon, w przeciwieństwie do dwuatomowej cząsteczki tlenu, jest bardzo silnym utleniaczem fotochemicznym. Absorbuje prawie całkowicie niezwykle szkodliwe dla organizmów żywych promieniowanie nadfioletowe o długości fali poniżej 295 nm i dlatego do powierzchni Ziemi dociera tylko kilka procent biologicznie czynnego promieniowania UV.

Twoje cele

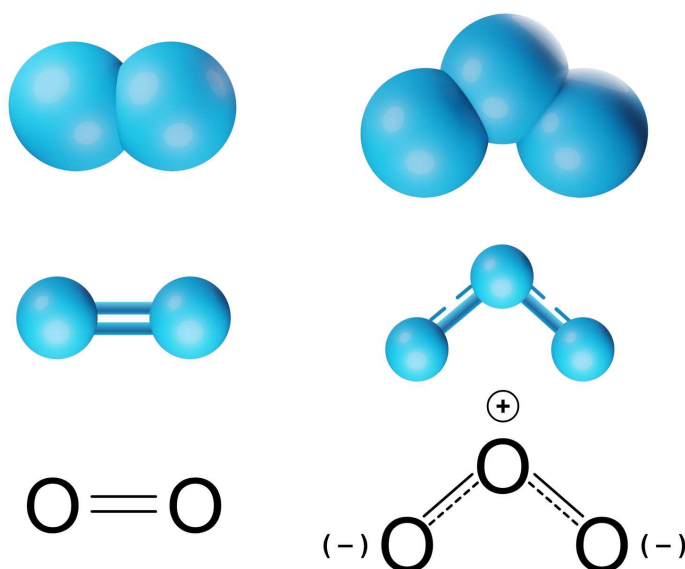
- Dowiesz się, jakie instytucje zajmują się monitorowaniem poziomu ozonu troposferycznego i stratosferycznego.
- Dowiesz się, czym są CFC.
- Opisziesz mechanizmy powstawania dziury ozonowej.

Przeczytaj

Ozon

Ozon, który powstaje przy powierzchni Ziemi, jest zanieczyszczeniem wtórnym i powstaje w wyniku reakcji fotochemicznych tlenków azotu i lotnych związków organicznych z tlenem w atmosferze. Reakcje te przyspiesza wysoka temperatura powietrza. Taki ozon nazywany jest troposferycznym lub przyziemnym.

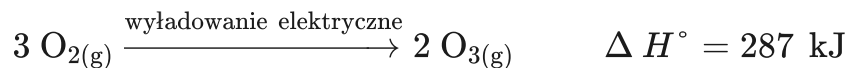
Z kolei ozon w stratosferze powstaje w wyniku oddziaływania promieniowania słonecznego na cząsteczki tlenu (O_2), które w wyniku tego rozpadają się na dwa atomy tlenu (O). Te następnie reagują z kolejnymi cząsteczkami O_2 i tworzą ostatecznie cząsteczki ozonu O_3 . Ozon ten nazywany jest stratosferycznym lub warstwą ozonową.



Modele cząsteczki tlenu oraz cząsteczki ozonu

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

Ozon (O_3) to zbudowana z trzech atomów tlenu jedna z odmian alotropowych tlenu. Charakteryzuje się charakterystycznym zapachem (podobnym do woni powietrza po burzy) i niebieskawą barwą w stanie gazowym. Tworzony jest w wyniku reakcji endoenergetycznych (energia dostarczona w postaci ciepła, wyładowania elektrycznego lub promieniowania UV), np. w warunkach laboratoryjnych na skutek przepływu suchego tlenu między dwiema elektrycznie naładowanymi płytkami.



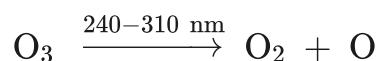
W sposób naturalny ozon



Stratosfera to warstwa atmosfery, rozciągająca się od ok. 8 do 50 km nad powierzchnią Ziemi

Źródło: NASA Earth Observatory, domena publiczna.

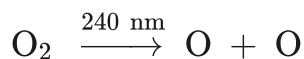
Znacząca większość ozonu w atmosferze zlokalizowana jest w jej warstwie zwanej stratosferą, rozciągającej się od ok. 8 do 50 km nad powierzchnią Ziemi. Ta część stratosfery, która charakteryzuje się zwiększoną koncentracją azotu, nosi nazwę ozonosfery i pełni rolę bariery, chroniącej przed szkodliwym słonecznym promieniowaniem UV. Ozon w stratosferze jest zatem niewidzialną zaporą, która chroni człowieka, zmniejszając częstotliwość występowania raka skóry, zaćmy i innych szkodliwych skutków promieniowania ultrafioletowego. Ochronna rola ozonu wiąże się z jego przemianą w ditlen. Promieniowanie UV rozbija cząsteczkę ozonu:



Atom tlenu reaguje z inną cząsteczką ozonu lub z drugim atomem tlenu:



Przy udziale promieniowania możliwe są również przemiany przeciwne:



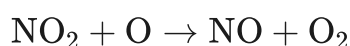
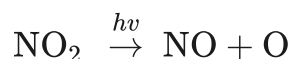
Ozonosfera stanowi niezwykle ważną osłonę dla organizmów żywych na Ziemi, chroniąc je przed szkodliwym promieniowaniem UV. Promieniowanie to dzieli się na UV-C (100–280 nm), UV-B (280–315 nm) oraz UV-A (315–380 nm). Warstwa ozonowa pochłania całkowicie promieniowanie UV-C, niecałkowicie promieniowanie UV-B oraz w bardzo niewielkim stopniu promieniowanie UV-A. Dzięki niej do powierzchni Ziemi dociera głównie jedynie promieniowanie UV-A.

Monitorowanie ilości ozonu

Dla zainteresowanych

Pomiary ozonu w stratosferze i troposferze są prowadzone w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska. Pomiary ozonu troposferycznego wykonywane są przez Wojewódzkie Inspektoraty Ochrony Środowiska (WIOŚ). W Polsce funkcjonuje ok. stu stanowisk do pomiaru ozonu przyziemnego. Zlokalizowane są one na terenie całego kraju. Pomiary ozonu stratosferycznego są natomiast wykonywane przez stacje należące do Światowego Systemu Obserwacji Ozonu. W Polsce na zlecenie Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska wykonują je: Instytut Geofizyki PAN oraz Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej. GIOŚ udostępnia wyniki pomiarów stężeń ozonu przyziemnego w trybie on-line poprzez portal „Jakość Powietrza” oraz aplikację mobilną. Dane są aktualizowane co godzinę i są dostępne wraz z informacją o potencjalnym wpływie stężeń ozonu w powietrzu na zdrowie ludzi. Wyniki pomiarów ozonu stratosferycznego są też dostępne w postaci raportów na stronie internetowej GIOŚ.

W trakcie badań zwrócono uwagę na inne niż tlen związki, współistniejące z nim w atmosferze ziemskiej. Łatwiej niż cząsteczka tlenu ulegają one rozkładowi z uwolnieniem rodnika tlenowego. Ponadto mogą one również oddziaływać z tymi rodnikami, zmniejszając w ten sposób prawdopodobieństwo powstania ozonu, przyczyniając się do wzrostu powstawania dziury ozonowej. Oto przykładowe konkurencyjne reakcje chemiczne, będące konsekwencją emisji NO_x do atmosfery:



Ozon jest niszczony nie tylko wskutek fotolizy, ale także wskutek reakcji z udziałem składnika $\text{X}\cdot$, którym może być tlenek azotu NO , rodnik hydroksylowy $\text{OH}\cdot$ albo rodnik halogenowy, jak $\text{Cl}\cdot$ czy $\text{Br}\cdot$.

Za główną przyczynę zaniku ozonu w atmosferze, czyli powstawanie **dziury ozonowej**, uważa się zanieczyszczenie atmosfery chlorem pochodzącym z tzw. freonów.

Ciekawostka

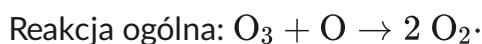
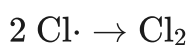
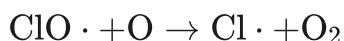
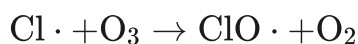
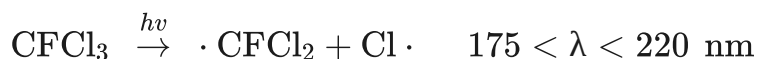
Ze względu na produkowane masowo (1 mln ton w skali roku) w latach 70. XX w. freony, część ozonosfery uległa zniszczeniu. Doprowadziło to do powstania dziur ozonowych, obserwowanych głównie w obszarach podbiegunowych (nad Antarktyką oraz Arktyką). Obszary ze zmniejszoną zawartością ozonu (dziury ozonowe) powstały w wyniku degradacji cząsteczek ozonu przez dostarczone do atmosfery związki, tj. tlenki azotu, halony oraz freony. Te ostatnie to chlorofluorowęglowodory (CFC, freony) – przezroczyste, bezbarwne, bezwonne, nietoksyczne i niepalne ciecze lub gazy, które są syntetycznymi związkami organicznymi i które zawierają atomy chloru i fluoru. Otrzymuje się je w wyniku wymiany atomu wodoru na atomy odpowiednich fluorowców.

Według danych NASA, dziura ozonowa od stanu z 1982 r. uległa znacznemu zmniejszeniu. Niewątpliwie ma to związek z zakazem stosowania środków zubożających warstwę ozonową, stanowiącym bardzo ważny punkt, zawartego w 1987 r., protokołu montrealskiego.



Obecne w stratosferze freony, pod wpływem światła ultrafioletowego (o długości fali 175 nm-220 nm), ulegają rozkładowi, uwalniając chlor atomowy. Swobodne atomy chloru niszczą cząsteczki ozonu (po lewej), w wyniku czego powstają cząsteczki tlenu oraz jony ClO^- . Z kolei jony ClO^- oddziałują z pojedynczymi atomami tlenu (pojawiającymi się w atmosferze, np. w czasie tworzenia O_3 z O_2), jednocześnie utrudniając powstawanie ozonu i uwalniając ponownie swobodny atom chloru (po prawej). Atomy chloru nie muszą się połączyć i mogą rozpocząć kolejne cykle rozbijania cząsteczek O_3 .

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



Jakie czynniki wpływają na grubość warstwy ozonowej?

Czynniki wpływające na wzrost grubości warstwy ozonowej:

Czynniki wpływające na zmniejszenie grubości warstwy ozonowej:

- wdrożenie międzynarodowych ograniczeń (przede wszystkim Protokołu Montrealskiego) dotyczących substancji, które niszczą warstwę ozonową (m.in. freony i halony), co doprowadziło do redukcji ich stosowania na całym świecie;
 - zapewnienie ekologicznego utylizowania istniejących zapasów i urządzeń (np. starych lodówek) zawierających substancje zubożające warstwę ozonową oraz zastąpienie ich bezpiecznymi odpowiednikami;
 - testowanie nowych substancji lub technologii pod kątem ich wpływu na warstwę ozonową – rezygnacja z tych, które mogą zagrażać warstwie ozonowej;
 - stały monitoring i możliwość szybkiej reakcji na zachodzące negatywne zmiany.
-
- używanie substancji niszczących warstwę ozonową (np. freony, halony) – sporadycznie pojawiają się sygnały o wzroście emisji substancji zubożających warstwę ozonową, wskazujących na działanie wbrew ustaleniom Protokołu montrealskiego;
 - naturalne czynniki, np. wybuchy wulkanów – duże erupcje wulkaniczne powodują wydostanie się do atmosfery Ziemi znacznych ilości związków siarki; w połączeniu z wodą przy bardzo niskich temperaturach w górnych warstwach atmosfery tworzą one tzw. chmury stratosferyczne; przemieszczające się chmury kwasu siarkowego przyczyniają się do niszczenia warstwy ozonowej nad biegunami;
 - wzrost efektu cieplarnianego: „Czas naprawy warstwy ozonu może ulegać wydłużeniu ze względu na ochłodzenie stratosfery spowodowane przez gazy cieplarniane (efekt cieplarniany powoduje wzrost temperatury w troposferze i spadek w stratosferze). Toteż przy sprzyjających warunkach meteorologicznych znaczne niedobory ozonu mogą wystąpić jeszcze przez wiele lat.” – Raport GIOŚ, Bonawentura Rajewska-Więch IGF PAN.

Słownik

warstwa ozonowa (ozonosfera)

warstwa atmosfery ziemskiej o zwiększonej zawartości ozonu; znajduje się w stratosferze na wysokości od 15-50 km od powierzchni Ziemi; ozonosfera chroni organizmy żywe, pochłaniając bardzo szkodliwe promieniowanie nadfioletowe o dł. fali 200-300 nm

dziura ozonowa

niekorzystne zjawisko spadku stężenia ozonu (O_3) w stratosferze; występuje głównie nad obszarami podbiegunowymi; spowodowana jest przede wszystkim czynnikami antropogenicznymi, szczególnie niekorzystnym wpływem freonów

cykl ozonowo-tlenowy (cykl Chapmana)

zespół powiązanych reakcji chemicznych, które przedstawiają przemiany, jakim podlega ozon stratosferyczny, a z czym związana jest przemiana promieniowania ultrafioletowego w energię ciepłą

absorpcja

(łac. *absorptio* „wchłanianie”) wchłanianie substancji (zw. absorbentem), zwykle gazu, przez ciecz lub ciało stałe (zw. absorbentem) i równomierne zatrzymywanie absorbentu w całej masie absorbentu

Bibliografia

Nauka o Klimacie dla Sceptycznych, online: <https://naukaoklimacie.pl/> (dostęp: 16.02.2021).

Naukowcy: warstwa ozonowa znów się zmniejsza, online: <http://naukawpolsce.pap.pl/aktualnosci/news%2C394805%2Cnaukowcy-warstwa-ozonowa-znow-sie-zmniejsza.html> (dostęp: 16.02.2021).

Niebezpieczne freony, online: http://ozonosfera.eprace.edu.pl/412,Niebezpieczne_freony.html (dostęp: 16.02.2021).

Ozonowy parasol Ziemi, online: http://ozonosfera.eprace.edu.pl/410,Ozonowy_parasol_Ziemi.html (dostęp: 16.02.2021).

Stan arstwy ozonowej, online: http://www.gios.gov.pl/images/dokumenty/pms/monitoring_jakosci_powietrza/stan_w_arstwy_ozonowej_brw.pdf (dostęp: 16.02.2021).

Film edukacyjny

Polecenie 1

Jakie czynniki wpływają na grubość warstwy ozonowej? W jaki sposób możemy zadbać o odpowiednią grubość warstwy ozonowej? Zapoznaj się z filmem edukacyjnym, który pozwoli Ci odpowiedzieć na te i inne pytania, a następnie rozwiąż ćwiczenia sprawdzające zdobytą wiedzę.

Film dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/Da669XUdf>

Film edukacyjny pt. *Jakie czynniki wpływają na grubość warstwy ozonowej?*

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

Film opowiadający o czynnikach wpływających na grubość warstwy ozonowej.

Ćwiczenie 1

W której warstwie atmosfery znajduje się warstwa ozonowa?

☐ mezosfera

☐ stratosfera

☐ jonosfera

☐ troposfera

Ćwiczenie 2

Jakie grupy związków chemicznych mają wpływ na zmniejszanie grubości warstwy ozonowej?

☐ tlenki azotu

☐ tlenki węgla

☐ gazy szlachetne

☐ freony

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Uzupełnij luki w tekście tak, aby powstały zdania prawdziwe.

to gaz, który tworzy warstwę ozonową. Warstwa ta pochłania , będące szkodliwe dla życia na Ziemi.

Dziura ozonowa to i występuje nad . Do zaniku warstwy ozonowej przyczyniają się .

zanieczyszczenia

freony

kołami podbiegunowymi

promieniowanie ultrafioletowe

neon

Tlen

równikiem

zjawisko wzrostu stężenia ozonu w stratosferze atmosfery ziemskiej

zjawisko spadku stężenia ozonu w stratosferze atmosfery ziemskiej

Ozon

Ćwiczenie 2



Wymień co najmniej trzy źródła freonów.

Odpowiedź:

Ćwiczenie 3



Oceń prawdziwość zdań. Zaznacz „Prawda”, jeśli zdanie jest prawdziwe, lub „Fałsz”, jeśli jest fałszywe.

Zdanie	Prawda	Fałsz
Największe zagrożenie dla grubości warstwy ozonowej stanowią CO ₂ oraz SO ₂ .	☐	☐
Cykl Chapmana opisuje proces rozpadania ozonu pod wpływem CFC.	☐	☐
Pomiary ozonu w stratosferze i troposferze są prowadzone w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska.	☐	☐
Masa ozonu stanowi 0,5% masy całej atmosfery.	☐	☐
Jedna cząsteczka chloru z CFC może zniszczyć do 100 tys. cząsteczek ozonu.	☐	☐

Ćwiczenie 4



Wybierz poprawną odpowiedź.

Wiązanie podwójne między atomami występuje w cząsteczkach:

☐ azotu

☐ ozonu

☐ wodoru

☐ tlenu

Ćwiczenie 5



Dziura ozonowa to zjawisko zmniejszenia się grubości warstwy ozonu w stratosferze. Spowodowane jest zmniejszaniem się liczby cząsteczek ozonu w wyniku zanieczyszczenia atmosfery związkami chemicznymi, które reagują z tym gazem.

Wśród wymienionych związków zaznacz te, które przyczyniają się do niszczenia ozonosfery.

☐ CF_3Br

☐ metan

☐ CFC

☐ NO_x

☐ CO_2

☐ SO_2

Ćwiczenie 6



Uzupełnij poniższy rysunek przedstawiający warstwy atmosfery, przeciągając hasła w ramkach.

Źródło: Kelvinsong, licencja: CC BY-SA 3.0.

Ćwiczenie 7



Wyjaśnij, dlaczego zmniejszenie grubości warstwy ozonowej jest zagrożeniem dla organizmu człowieka.

Odpowiedź:

Ćwiczenie 8



Połącz nazwę instytucji z opisem zakresu ich kompetencji w zakresie badań nad ozonem.

Pomiary ozonu stratosferycznego

Wojewódzkie Inspektoraty
Ochrony Środowiska

Instytut Meteorologii
i Gospodarki Wodnej

Pomiary ozonu troposferycznego

Główny Inspektorat Ochrony
Środowiska

Instytut Geofizyki PAN

Udostępnianie społeczeństwu wyników pomiarów
ozonu

Dla nauczyciela

Scenariusz zajęć

Autor: Marta Wróbel, Krzysztof Błaszczak

Przedmiot: chemia

Temat: Jakie czynniki wpływają na grubość warstwy ozonowej?/Niezwykła misja ozonu

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

Podstawa programowa:

Poziom podstawowy i rozszerzony

Wymagania ogólne

I. Pozyskiwanie, przetwarzanie i tworzenie informacji. Uczeń:

1) pozyskuje i przetwarza informacje z różnorodnych źródeł z wykorzystaniem technologii informacyjno-komunikacyjnych.

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

2) wskazuje na związek właściwości różnorodnych substancji z ich zastosowaniami i ich wpływem na środowisko naturalne;

3) reaguje w przypadku wystąpienia zagrożenia dla środowiska.

Wymagania szczegółowe

Poziom podstawowy i rozszerzony

XXII. Elementy ochrony środowiska. Uczeń:

2) wymienia podstawowe rodzaje zanieczyszczeń powietrza, wody i gleby (np. metale ciężkie, węglowodory, produkty spalania paliw, freony, pyły, azotany(V), fosforany(V) (ortofosforany(V)), ich źródła oraz wpływ na stan środowiska naturalnego; opisuje rodzaje smogu oraz mechanizmy jego powstawania;

3) proponuje sposoby ochrony środowiska naturalnego przed zanieczyszczeniem i degradacją zgodnie z zasadami zrównoważonego rozwoju;

4) wskazuje potrzebę rozwoju gałęzi przemysłu chemicznego (leki, źródła energii, materiały); wskazuje problemy i zagrożenia wynikające z niewłaściwego planowania i prowadzenia procesów chemicznych; uzasadnia konieczność projektowania i wdrażania procesów chemicznych umożliwiających ograniczenie lub wyeliminowanie używania albo wytwarzania niebezpiecznych substancji; wyjaśnia zasady tzw. zielonej chemii.

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, jakie instytucje zajmują się monitorowaniem poziomu ozonu troposferycznego i stratosferycznego;
- wyjaśnia czym jest CFC;
- charakteryzuje mechanizmy powstawania dziury ozonowej;
- omawia czynniki wpływające na grubość warstwy ozonowej.

Strategie nauczania:

- asocjacyjna.

Metody i techniki nauczania:

- metoda lekcji odwróconej;
- dyskusja dydaktyczna;
- prezentacja multimedialna;
- film edukacyjny;
- burza mózgów;
- analiza materiału źródłowego;
- ćwiczenia uczniowskie;
- technika zdań podsumowujących.

Formy pracy:

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

Środki dydaktyczne:

- komputery z głośnikami, słuchawkami i dostępem do internetu/smartfony, tablety;
- zasoby multimedialne zawarte w e-materiale;
- tablica multimedialna/tablica, kreda/pisak;
- rzutnik multimedialny;
- aplikacja Mentimeter oraz aplikacja Kahoot! lub Quizizz;
- darmowa platforma, np. <https://docs.google.com/presentation> lub <https://prezi.com/pricing/> (dla edukacyjnych działań można pobrać darmowy 14-dniowy trial).

Przed lekcją:

Uczniowie oglądają film edukacyjny dotyczący freonów.

Przebieg lekcji

Faza wstępna:

1. Zaciekawienie i dyskusja. Nauczyciel wykorzystuje informacje zawarte we wprowadzeniu do tematu w e-materiale.
2. Rozpoznawanie wiedzy wyjściowej uczniów. Burza mózgów wokół czynników wpływających na grubość warstwy ozonowej. Nauczyciel może wykorzystać aplikację Mentimeter z zastosowaniem smartfonów/tabletów.
3. Ustalenie celów lekcji. Nauczyciel podaje temat zajęć i wspólnie z uczniami ustala cele lekcji, które uczniowie zapisują w portfolio.

Faza realizacyjna:

1. Uczniowie korzystając z darmowej platformy (patrz środki dydaktyczne) przygotowują prezentacje multimedialne na zadany temat (tematy poniżej), korzystając z dostępnych źródeł informacji, w tym z e-materiału. Nauczyciel dzieli losowo uczniów na sześć grup.
2. Przedstawiciel każdej z grup losuje temat dla swojego zespołu:
 - I grupa – cechy i właściwości warstwy ozonowej, lokalizacja warstwy ozonowej;
 - II grupa – rola i znaczenie ozonu dla organizmów żywych;
 - III grupa – właściwości CFC i halonów, oddziaływanie ich na ozon, reakcje z O_3 ;
 - IV grupa – monitorowanie poziomu ozonu na poziomie krajowym i światowym – kto bada, jakimi metodami, gdzie na świecie, gdzie i kto w Polsce;
 - V grupa – polityka międzynarodowa przeciw zubożeniu warstwy ozonowej – jakie przepisy prawne regulują działania zmierzające ku ochronie warstwy ozonowej, kto uchwalił, gdzie, czy i kiedy Polska podpisała uchwały;
 - VI grupa – perspektywy na przyszłość i aktualny poziom O_3 : czy możemy czuć się bezpiecznie, jak wygląda aktualny stan warstwy ozonowej, czy jego stężenie jest stałe i każdego roku wzrasta, jak wyglądają prognozy na przyszłość.

4. Nauczyciel wyświetla na tablicy multimedialnej kilka przykładów CFC – ich nazwy i wzory.

Plik o rozmiarze 135.67 KB w języku polskim

5. Uczniowie korzystają z komputerów z dostępem do internetu. Cała grupa wspólnie przygotowuje prezentację multimedialną wg ustalonych kryteriów (patrz materiały pomocnicze) na wylosowany temat – zaproponowane programy do tworzenia prezentacji online umożliwiają pracę kilku osób nad jednym dokumentem. Nauczyciel wyznacza czas realizacji zadania i monitoruje jego przebieg, wspiera uczniów. Po minionym czasie prezenterzy z poszczególnych grup przedstawiają efekty pracy na forum klasy. Nauczyciel weryfikuje poprawność merytoryczną wypowiedzi uczniów.
6. Uczniowie samodzielnie sprawdzają swoją wiedzę, wykonując ćwiczenia zawarte w zakładce „Sprawdź się”.

Faza podsumowująca:

1. Uczniowie mogą samodzielnie konstruować pytania, zadawać je sobie nawzajem i jednocześnie udzielać odpowiedzi. Pozostali uczniowie weryfikują poprawność merytoryczną wypowiedzi kolegów.
2. Nauczyciel sprawdza wiedzę uczniów zadając przykładowe pytania lub może stworzyć quiz z wykorzystaniem aplikacji Kahoot! lub Quizizz z zastosowaniem smartfonów/tabletów: Jak powstaje ozon w atmosferze? Jakie instytucje dokonują pomiarów ozonu troposferycznego i stratosferycznego? Na czym polega cykl ozonowo-tlenowy w stratosferze? Co oznacza potencjał niszczenia warstwy ozonowej? Jakie czynniki wpływają na grubość warstwy ozonowej w atmosferze?
3. Jako podsumowanie lekcji nauczyciel może wykorzystać zdania do uzupełnienia, które uczniowie również zamieszczają w swoim portfolio:
 - Przypomniałem/łam.. sobie, że...
 - Nauczyłem/łam się...
 - Zrozumiałem/łam, że...
 - Zaskoczyło mnie...
 - Dowiedziałem/łam się...
 - Łatwe było dla mnie...
 - Trudne było dla mnie...

Praca domowa:

1. Uczniowie wykonują pozostałe ćwiczenia zawarte w zestawie ćwiczeń. 2. Uczniowie na podstawie prezentacji mogą stworzyć poster naukowy, który po akceptacji nauczyciela, co do poprawności merytorycznej przedstawionych informacji, można wydrukować i powiesić w szkolnej pracowni, sali lekcyjnej, czy w gablocie na korytarzu.

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania multimedium:

Film edukacyjny uczniowie powinni wykorzystać przygotowując się i/lub podczas zajęć oraz mogą go użyć podczas lekcji powtórzeniowej. Z medium mogą skorzystać uczniowie nieobecni na lekcji celem nadrobienia luk kompetencyjnych.

Materiały pomocnicze:

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

- Jak powstaje ozon w atmosferze?
- Jakie instytucje dokonują pomiarów ozonu troposferycznego i stratosferycznego?
- Na czym polega cykl ozonowo-tlenowy w stratosferze?
- Co oznacza potencjał niszczenia warstwy ozonowej?
- Jakie czynniki wpływają na grubość warstwy ozonowej w atmosferze?

2. Nauczyciel przygotowuje:

- karteczki z tematami prezentacji dla uczniów (tematy wyszczególnione w fazie realizacyjnej).
- 3. 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. pięć slajdów;
 - czas prezentacji (wykorzystanie zaplanowanego czasu – 2,5 min).