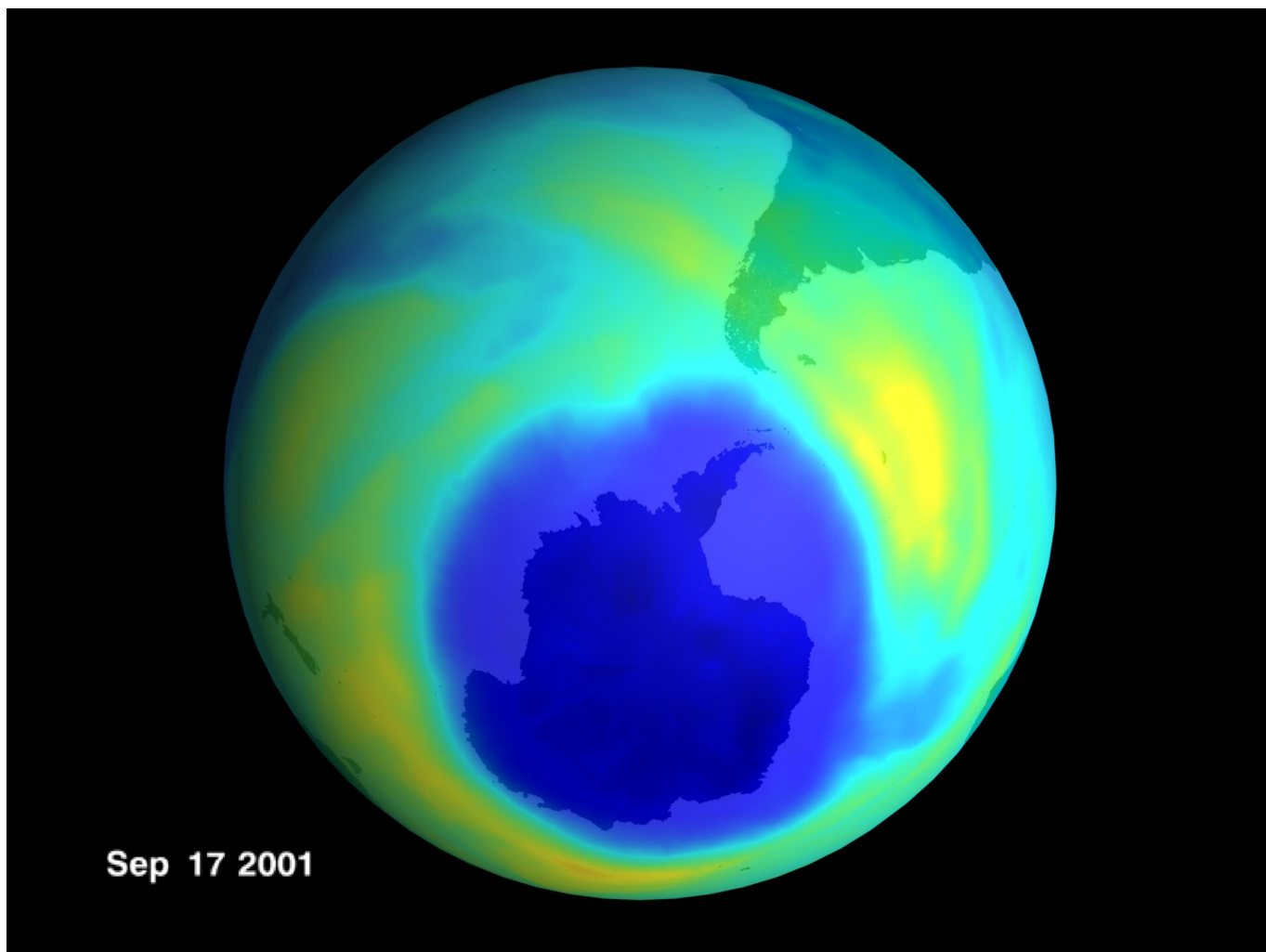




Freony a warstwa ozonowa

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



Freony, warstwa ozonowa, dziura ozonowa to ciąg logiczny złożony z haseł, które każdy w swoim życiu słyszał pewnie niejedną raz. Czy wiesz, jaka korelacja występuje między nimi? A może wiesz, czym są freony? Do czego niegdyś mogły służyć? Jaki wpływ mają na ozonosferę? Na te i wiele innych pytań znajdziesz odpowiedzi w poniższym rozdziale.

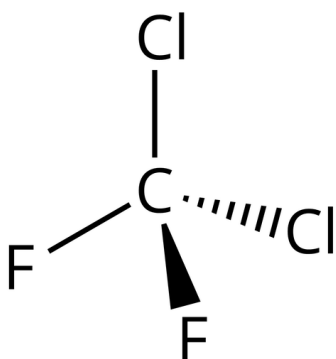
Twoje cele

- Zdefiniujesz, czym są freony i do czego były kiedyś stosowane.
- Przeanalizujesz przebieg katalitycznego rozkładu ozonu przez freony.
- Wyjaśnisz negatywny wpływ freonów na ozonosferę.
- Wymienisz przykłady freonów.

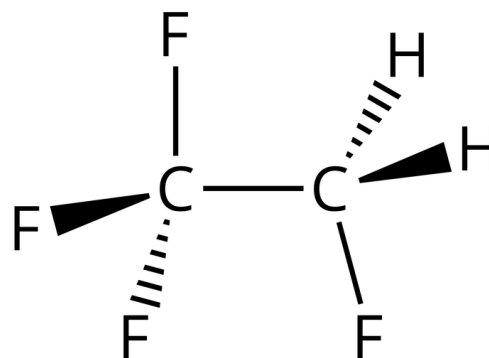
Przeczytaj

Freony (CFC)

Freony to powszechna nazwa chloro- i fluoropochodnych węglowodorów alifatycznych. Właściwą nazwą jest skrót CFC, pochodzący od angielskiego chlorofluorocarbons.



dichlorodifluorometan



1,1,1,2-tetrafluoroetan

Grafika przedstawia wzory strukturalne przykładowych freonów.

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

Ciekawostka

Słowo „freon” jest opatentowaną nazwą handlową produktu odkrytego przez Thomasa Midgley ok. 1920 roku i zastrzeżoną przez amerykański koncern chemiczny DuPont, który stworzył także produkty, tj. teflon, kevlar i nylon.

CFC zaczęto z powodzeniem stosować w przemyśle już pod koniec lat 40. XX w. Bardzo szybko znalazły zastosowanie jako środki chłodnicze w lodówkach, chłodniach i klimatyzacjach. Były prawdziwą rewolucją, więc rozszerzono wykorzystywanie CFC do produkcji lakierów, kosmetyków, leków, środków czyszczących i wielu innych.

Są masowo stosowane jako czynniki chłodzące (np. w lodówkach, klimatyzatorach), nośniki gazów w aerozolach, środki przeciwpożarowe, środki miejscowo znieczulające, środki spieniające do pianek, półprodukty chemiczne, nośniki ciepła, rozpuszczalniki oraz odtłuszczacze metalowych powierzchni.



Aerozol w puszcze

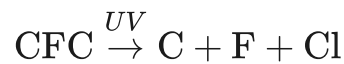
Źródło: PiccoloNamek, Wikimedia Commons, licencja: CC BY-SA 3.0.

Ze względu na swoją małą aktywność chemiczną, wydawały się idealne do wielu zastosowań i trudno im odmówić wielu atrakcyjnych dla przemysłu cech, np.:

- nie powodują utleniania substancji, z którymi się stykają;
- nie są rozpuszczalne w wodzie;
- są bardzo lotne, dzięki czemu nie gromadzą się na obszarach zamieszkiwanych przez organizmy żywe.

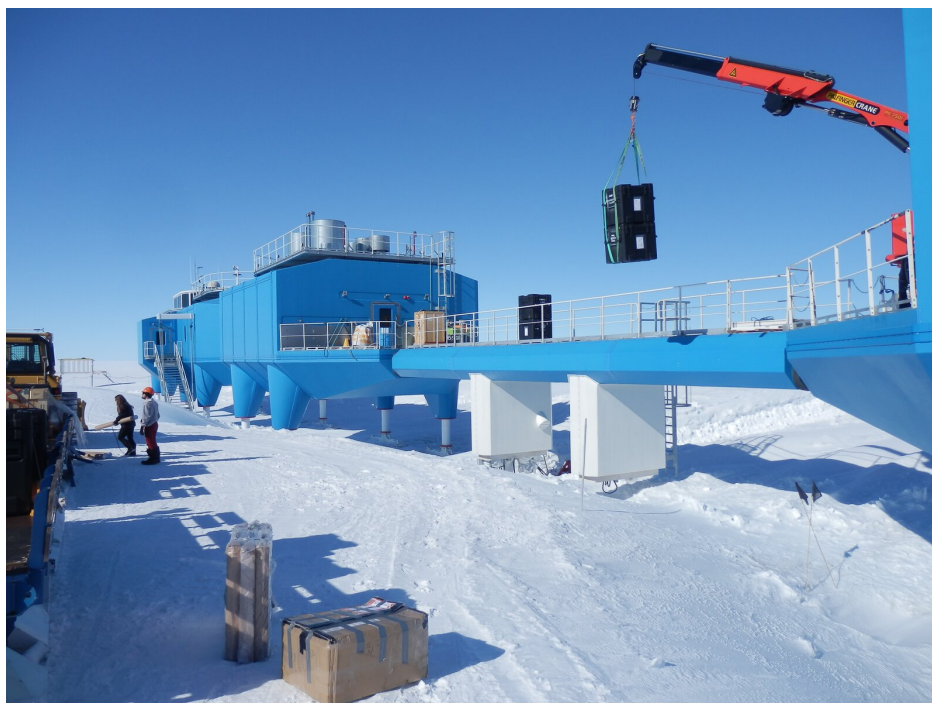
Ostatecznie okazało się, że teoretycznie najlepsze cechy freonów, jak właśnie trwałość, obojętność i lotność, są dużym zagrożeniem dla środowiska, a co za tym idzie – również dla naszego życia. Uwolnione [freony](#) nie gromadzą się tylko w dolnych warstwach atmosfery, ale przemieszczają się w jej wyższe partie, czyli do stratosfery. To, co ceniliśmy z punktu widzenia naszych potrzeb, a więc ta trwałość i mała

reaktywność, sprawia, że związki te mogą pozostawać w ziemi przez setki lat, działając tym samym destrukcyjnie. Mimo to, pod wpływem światła ultrafioletowego freony rozpadają się na wolne pierwiastki:



Węgiel, powstały w rozpadzie, ulega spalaniu, jednak fluor i chlor wchodzi w reakcję z cząsteczkami ozonu O_3 , powodując ich rozpad i powstanie tlenków fluoru i chloru oraz cząsteczek O_2 . Zjawisko rozpadu freonów i ich niszczącego wpływu na [warstwę ozonową](#) odkryli w 1971 roku dwaj chemicy: Amerykanin Sherwood Rowland i Meksykanin Mario Molina.

W 1976 r. na wniosek ONZ freony trafiły na listę związków stanowiących zagrożenie dla środowiska, ale nie zostały wycofane z użycia. Fakt, iż były bardzo tanie oraz wręcz niezastąpione w wielu zastosowaniach powodował, iż koncerny przemysłowe niechętnie z niego rezygnowały. W roku 1982 podczas rutynowych badań warstwy ozonowej nad Antarktydą, prowadzonych przez brytyjską stację naukową „Halley Bay”, naukowcy odkryli, że spora część warstwy ozonowej zniknęła.



Balony stratosferyczne przeładowywane na stacji Halley VI

Źródło: NASA Goddard Space Flight Center, Wikimedia Commons, licencja: CC BY-SA 2.0.

Kolejne badania potwierdziły, iż warstwa ozonowa nad biegunem zaczęła w szybkim tempie znikać. W październiku 1987 roku warstwa ta była o połowę mniejsza niż w roku 1982, a w 1989 zniknęło prawie 95% początkowej ilości ozonu.

Naukowcy zaczęli szczegółowo badać zjawisko powstawania tzw. [dziury ozonowej](#). Doszli oni do wniosku, iż przyczyną tego była wciąż rosnąca koncentracja freonów w górnych warstwach atmosfery.

Warstwa ozonowa rozciąga się między 15 a 50 kilometrami n.p.m. To otaczająca Ziemię otoczka wewnątrz stratosfery o grubości kilkunastu kilometrów, w której luźno poruszają się cząsteczki ozonu i pozostałe gazy tworzące atmosferę. Na tych wysokościach ozon jest jedynym gazem w atmosferze, mogącym absorbować promieniowanie ultrafioletowe oraz zamieniać zaabsorbowane promieniowanie na energię cieplną, dzięki czemu pełni rolę atmosferycznego termoregulatora.

Czy zastanawialiście się kiedyś, ile ozonu znajduje się w warstwie ozonowej? 5%? 30%? A może 70%?

W rzeczywistości jest go znacznie mniej! Jego masa stanowi zaledwie 5/100 000 masy całej atmosfery, a po nadaniu mu gęstości i temperatury takiej, jaka panuje przy powierzchni Ziemi, stworzyłby warstwę o grubości zaledwie 3mm!

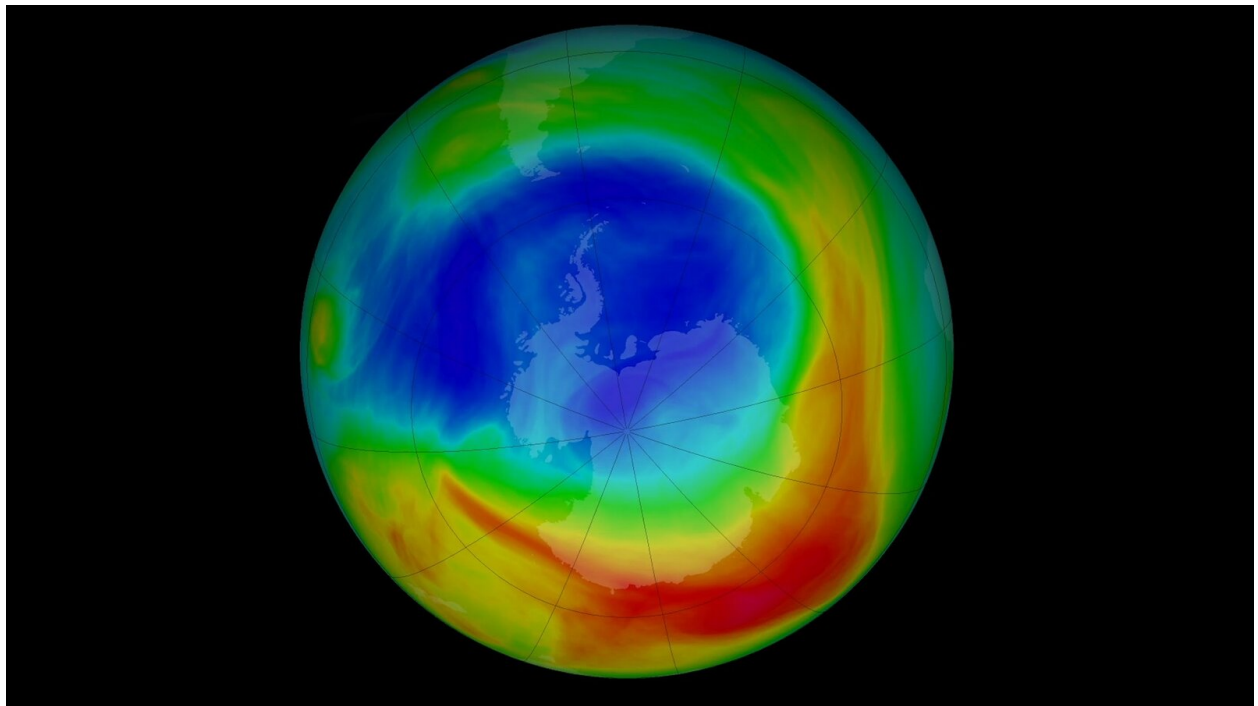
Ciekawostka

Naukowcy, podając ilość ozonu, posługują się parametrem, który pokazuje, jak grubą warstwę utworzyłby O_3 , gdyby wyciągnąć go z atmosfery i umieścić na powierzchni Ziemi. Jednostka ta nosi nazwę dobson (ang. Dobson Unit, DU), nazwana na cześć jednego z pierwszych badaczy warstwy ozonowej, G.M.B. Dobsona.

Średnia grubość warstwy ozonowej to zaledwie 300 dobsonów (3 mm), obszar, w którym spadnie ona poniżej 220 DU, nazywamy dziurą ozonową. Należy pamiętać, że jest to próg umowny. Nawet jeśli nie zostaje on osiągnięty, to ryzyko chorób związanych ze zwiększoną ekspozycją na UV i tak rośnie wraz z obniżeniem koncentracji ozonu.

Dziura ozonowa

Dziura ozonowa to zjawisko obniżenia stężenia ozonu (O_3) w stratosferze atmosfery ziemskiej. Występuje głównie w obszarach podbiegunowych (co jest wynikiem globalnej cyrkulacji powietrza).



Dziura ozonowa nad Antarktydą 8 września 2019 roku.

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

Nawet kilka procent ozonu mniej powoduje, iż natężenie promieniowania UV na Ziemi znacznie wzrasta, co może prowadzi do zatrzymywania fotosyntezy (uszkodzenie chlorofilu), do zmian klimatycznych oraz przyczynia się do zwiększenia ilości przypadków raka skóry oraz chorób oczu. Naukowcy szacują, że w atmosferze znajduje się ponad 20 mln ton CFC. Jedna cząsteczka chloru z CFC może zniszczyć do 100 tysięcy cząsteczek ozonu. Właśnie z tego powodu modyfikowane są światowe standardy dotyczące urządzeń klimatyzacyjnych. Zamiast CFC stosuje się nową substancję o nazwie HFC (wodorofluorowęglowodory).

ODP, czyli [Potencjał niszczenia warstwy ozonowej](#) (ang. Ozone Depletion Potential), to wskaźnik utworzony w celu ilościowej oceny wpływu poszczególnych substancji na warstwę ozonową.

Największe zagrożenie dla grubości warstwy ozonowej stanowią substancje, które możemy podzielić na dwie grupy:

- zawierające atomy chloru lub bromu, czyli CFC, tj. R11, R12, R113 i R115 oraz ich mieszaniny,
- [halony](#), np. 1211, 1301 czy 2402.

Oznaczenie według PN-90/M-04611 (ISO 817:1974)	Wzór chemiczny	Substancja	Potencjał niszczenia ozonu
Grupa I			
R11	CFCl_3	CFC-11	1,0
R12	CF_2Cl_2	CFC-12	1,0
R113	$\text{C}_2\text{F}_3\text{Cl}_3$	CFC-113	0,8
R114	$\text{C}_2\text{F}_4\text{Cl}_2$	CFC-114	1,0
R115	$\text{C}_2\text{F}_5\text{Cl}$	CFC-115	0,6
Grupa II			
R12B1	CF_2BrCl	Halon-1211	3,0
R13B1	CF_3Br	Halon-1301	10,0
R114B2	$\text{C}_2\text{F}_4\text{Br}_2$	Halon-2402	6,0

Jedna cząsteczka chloru z CFC może zniszczyć do 100 tysięcy cząsteczek ozonu. Właśnie z tego powodu modyfikowane są światowe standardy dotyczące urządzeń klimatyzacyjnych. Zamiast CFC stosuje się nową substancję o nazwie HFC (wodorofluorowęglowodory) - czynniki te uznawane są za substancje o zerowym wskaźniku ODP.

W roku 1987 w celu przeciwdziałania niszczeniu warstwy ozonowej społeczność międzynarodowa ustanowiła Protokół montrealski w sprawie substancji zubożających warstwę ozonową. Był to pierwszy traktat międzynarodowy podpisany przez wszystkie kraje świata. Jest uznawany za największy sukces w zakresie ochrony środowiska w historii ONZ. Celem Protokołu montrealskiego jest obniżenie produkcji i zużycia substancji zubożających warstwę ozonową, aby ograniczyć ich obecność w atmosferze i w ten sposób chronić warstwę ozonową Ziemi.

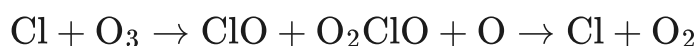
Od czasu podjęcia przez kraje działań na mocy protokołu montrealskiego, globalne zużycie, m.in. CFC i halonów, zmniejszyło się o około 98%. W efekcie, także ich stężenie w atmosferze spada, a warstwa ozonowa wykazuje pierwsze oznaki regeneracji.

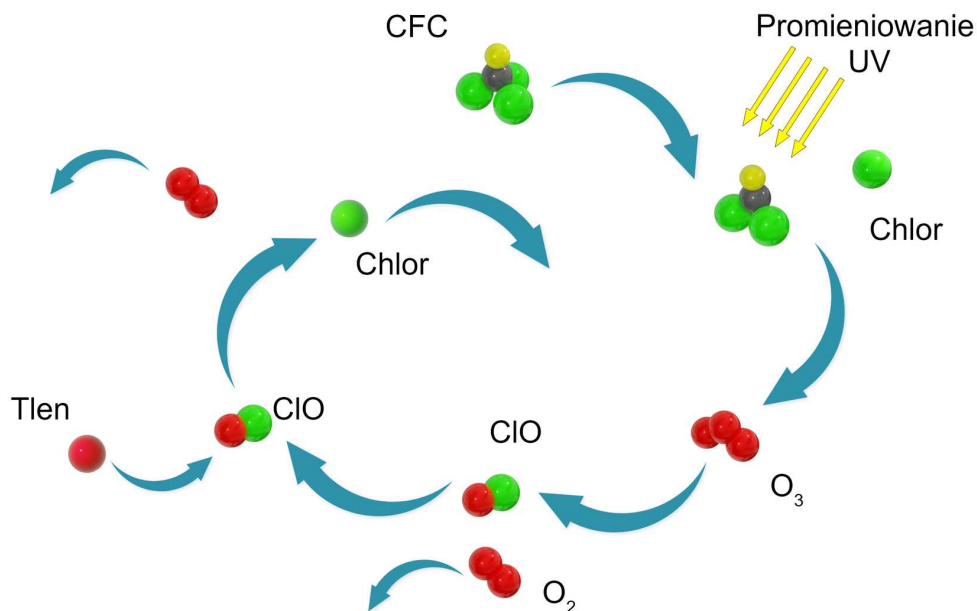
W jaki sposób freony powodują rozpad cząsteczek ozonu?

Obecne w stratosferze freony, pod wpływem światła ultrafioletowego (o długości fali 175 nm-220 nm) ulegają rozkładowi, uwalniając chlor atomowy.



Rozpad cząsteczek ozonu pod wpływem chloru zachodzi na drodze reakcji katalitycznych, w wyniku których pojedynczy atom chloru może spowodować rozpad tysięcy cząsteczek ozonu. Na szczęście większość chloru atmosferycznego istnieje w postaci nieaktywnych katalitycznie form, tj. Cl_2 i ClONO_2 .





Schemat ilustrujący rozkład cząsteczek ozonu przez atom chloru. Czerwona kulka – atom tlenu, szara kulka – atom węgla, zielona kulka – atom chloru.

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

W jaki sposób tworzone były specyficzne nazwy freonów?

Ciekawostka

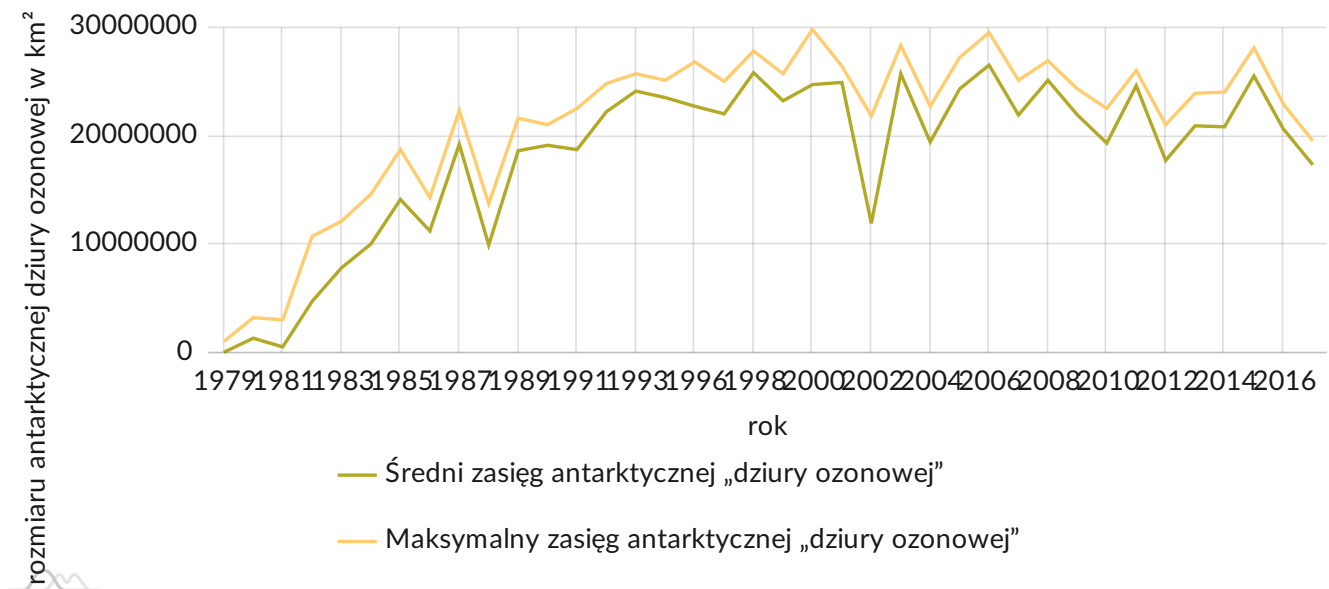
Komercyjnie znane krótkie nazwy freonów, np. Freon-12, były powszechnie stosowane, ponieważ były łatwiejsze i prostsze niż systematyczne nazwy tych związków. Sposób przyporządkowania numeru danemu freonowi został zobrazowany w poniższej tabeli.

Wzór	C-1	H+1	F	Nazwa
CFCl_3	$1-1=0$	$0+1=1$	1	Freon-11
CF_2Cl_2	$1-1=0$	$0+1=1$	2	Freon-12
$\text{C}_2\text{F}_2\text{Cl}_4$	$2-1=1$	$0+1=1$	2	Freon-112
$\text{C}_2\text{F}_3\text{Cl}_3$	$2-1=1$	$0+1=1$	3	Freon-113

Zmiana rozmiaru antarktycznej dziury ozonowej



Zmiana rozmiaru antarktycznej dziury ozonowej w km² w latach 1979–2016



Zmiana rozmiaru antarktycznej dziury ozonowej w km² w latach 1979–2016.

Źródło: na podstawie NASA Ozone Watch.

Polecenie 1

Przeanalizuj wykres i sprawdź, jak zmieniał się zasięg dziury ozonowej w poszczególnych latach. Kiedy zaczęła się ona gwałtownie powiększać? Jaki trend zauważasz w ostatnich dziesięciu latach?

Polecenie 2

Wyjaśnij, dlaczego dziura ozonowa występuje nad Antarktydą.

Słownik

warstwa ozonowa (ozonosfera)

to 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

jest to niekorzystne zjawisko spadku stężenia ozonu (O_3) w stratosferze. Występuje głównie nad obszarami podbiegunowymi. Spowodowana jest przede wszystkim czynnikami antropogenicznymi, szczególnie niekorzystnym wpływem freonów

freony

to chlorowcopochodne węglowodorów alifatycznych, tj. metan i etan (skrót CFC), zawierające głównie fluor i chlor. Są to bezwonne, nietoksyczne i niepalne związki organiczne. Przed odkryciem niszczącego wpływu na warstwę ozonową były stosowane masowo jako gazy nośne w aerozolach, substancje chłodzące w lodówkach i klimatyzatorach. Są nimi m.in.: dichlorodifluorometan (CCl_2F_2) oraz trichlorofluorometan (CCl_3F)

halony

to chlorowcopochodne węglowodorów alifatycznych (metanu i etanu), zawierające atomy fluoru, bromu i/lub chloru. Stosowane jako środki gaśnicze. Są

nimi m.in. trifluorobromometan (CF_3Br), difluorochlorobromometan (CF_2ClBr) oraz tetrafluorodibromoetan ($\text{C}_2\text{F}_4\text{Br}_2$)

potencjał niszczenia warstwy ozonowej

ODP (ang. *Ozone Depletion Potential*) to wskaźnik utworzony w celu ilościowej oceny wpływu poszczególnych substancji na warstwę ozonową.

Bibliografia

Encyklopedia PWN

<http://kosmos.icm.edu.pl/PDF/1993/79.pdf>

<https://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-7599369/Hole-ozone-smallest-discovery-1982-NASA-confirms.html>

<https://www.sciencedirect.com/topics/chemical-engineering/chlorofluorocarbon>

<https://openstax.org/books/chemistry-atoms-first-2e/pages/17-7-catalysis>

<https://www.acs.org/content/acs/en/education/whatischemistry/landmarks/cfcs-ozone.html>

Film edukacyjny

Polecenie 1

W jaki sposób freony wpływają na warstwę ozonową Ziemi? Dlaczego powstała dziura ozonowa?

FREONY A WARSTWA OZONOWA

opowiada dr hab. Elżbieta Grządka

Film dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/DzLyZ6Xl8>

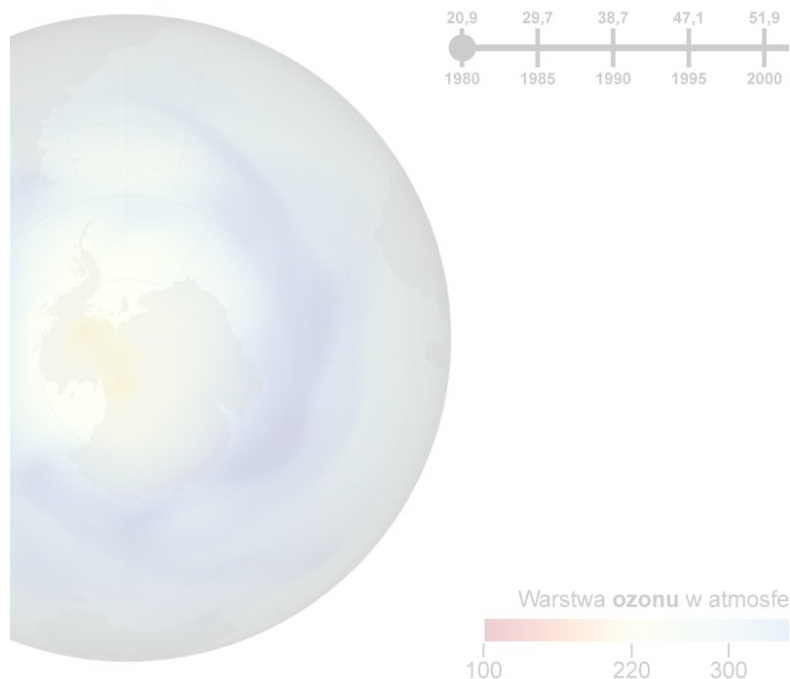
Film edukacyjny pt. „Freony a warstwa ozonowa”

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

Film nawiązujący do treści materiału – dotyczy wpływu freonów na powstanie dziury ozonowej.

Polecenie 2

Przeanalizuj zmianę grubości warstwy ozonowej w latach 1990-2015.



Zasób interaktywny dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/DzLyZ6Xl8>

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

Ćwiczenie 1

Czym są freony?

Ćwiczenie 2

Wymień właściwości fizyko-chemiczne freonów.

1.

2.

3.

4.

5.

Ćwiczenie 3

Dlaczego dziura ozonowa występuje głównie w obszarach podbiegunowych?

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Ozon stratosferyczny powstaje i ulega rozkładowi w wyniku działania promieniowania UV o długości fali

Wybierz prawidłową odpowiedź.

☐ $\geq 242 \text{ nm}$

☐ $> 242 \text{ nm}$

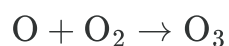
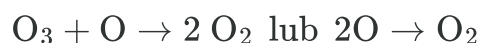
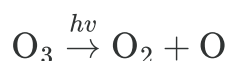
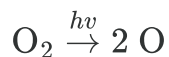
☐ $= 242 \text{ nm}$

☐ $< 242 \text{ nm}$

Ćwiczenie 2



Uszereguj poniższe reakcje tak, aby poprawnie ilustrowały cykl ozonowy zachodzący w stratosferze.



Ćwiczenie 3



Spośród podanych poniżej indywidualiów chemicznych wybierz to, które powoduje największą degradację ozonosfery.

☐ Cl_2

☐ ClONO_2

☐ CF_2Cl_2

☐ Cl

Ćwiczenie 4



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

Ćwiczenie 5



Uzupełnij tabelę, wpisując odpowiednie nazwy i wzory freonów.

Wzór sumaryczny	Nazwa systematyczna	Nazwa komercyjna
CCl_2F_2		
	trichlorofluorometan	
		Freon-113

Freon-12

Freon-11

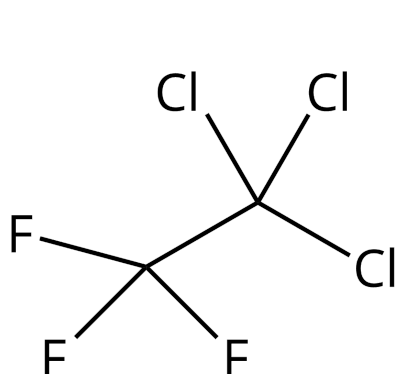
CCl_3F

dichlorodifluorometan

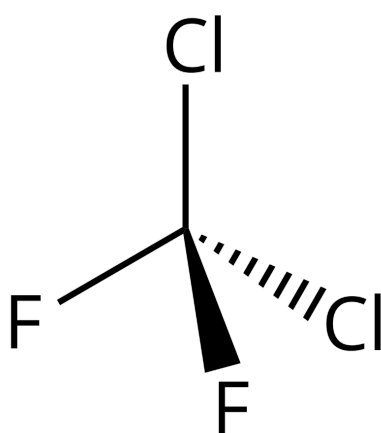
$\text{C}_2\text{Cl}_3\text{F}_3$

trichlorotrifluoroetan

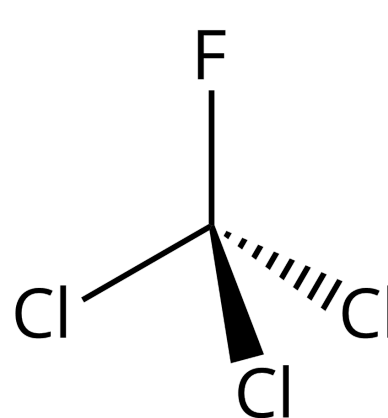
Połącz w pary tekst z ilustracjami.



Freon-11



Freon-113

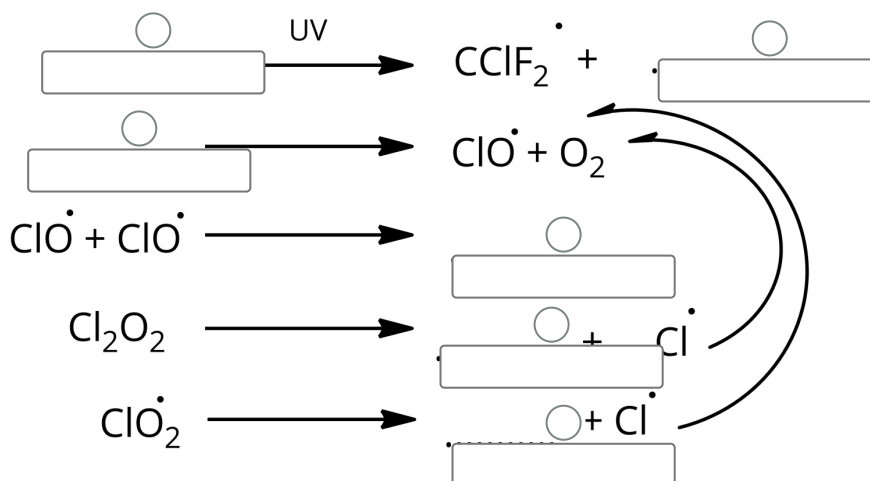


Freon-12

Ćwiczenie 6



Freony powodują niszczenie warstwy ozonowej atmosfery ziemskiej w wyniku uwolnienia atomu chloru ze swoich cząsteczek. Uzupełnij ciąg reakcji chemicznych w oparciu o niszczący wpływ freonu-12 na ozonosferę.



$\text{Cl}^\cdot$

O_3

O_2

$\text{ClO}^\cdot$

CCl_2F_2

Cl_2O_2

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

Ćwiczenie 7



Oblicz zawartość procentową dla freonu-113, freonu-11 i freonu-12. Wynik podaj z dokładnością do dwóch miejsc po przecinku.

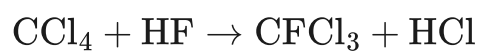
Rozwiązanie oraz odpowiedź zapisz w zeszycie do lekcji chemii, zrób zdjęcie, a następnie umieść je w wyznaczonym polu.

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

Ćwiczenie 8



Freony kiedyś stosowane były jako gazy nośne w aerozolach i substancje chłodzące w lodówkach, klimatyzatorach. Freon-11 produkowany był w wyniku reakcji:



Oblicz, ile freonu powstało w trakcie reakcji, jeśli do jej przeprowadzenia użyto 14,5 g czterochlorku węgla i nadmiar fluorowodoru? Wynik podaj z dokładnością do dwóch miejsc po przecinku.

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: Freony a warstwa ozonowa

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

Podstawa programowa:

Poziom podstawowy i rozszerzony

Wymagania ogólne

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:

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;

- 3) reaguje w przypadku wystąpienia zagrożenia dla środowiska;
- 4) wskazuje na związek między właściwościami substancji a ich budową chemiczną.

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:

- wyjaśnia czym są freony i do czego były kiedyś stosowane;
- analizuje przebieg katalitycznego rozkładu ozonu przez freony;
- wyjaśnia negatywny wpływ freonów na ozonosferę;
- wymienia przykłady freonów.

Strategie nauczania:

- asocjacyjna.

Metody i techniki nauczania:

- dyskusja dydaktyczna;
- analiza materiału źródłowego;
- ćwiczenia uczniowskie;
- film edukacyjny;

- okienko informacyjne.

Formy pracy:

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

Środki dydaktyczne:

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

Przebieg zajęć

Faza wstępna:

1. Zainteresowanie i dyskusja. Nauczyciel pyta uczniów: Czym jest warstwa ozonowa i jaką rolę odgrywa?
2. Ustalenie celów lekcji. Nauczyciel podaje temat zajęć i wspólnie z uczniami ustala cele lekcji, które uczniowie zapisują na kartkach i gromadzą w portfolio.
3. Rozpoznawanie wiedzy wyjściowej uczniów. Uczniowie odpowiadają na zadane pytanie: Czy freony są pożyteczne czy nie? Jaki wpływ mają na ozonosferę?

Faza realizacyjna:

1. Nauczyciel w celu wyjaśnienia niezrozumiałych kwestii i wprowadzenia do tematu wyświetla uczniom film edukacyjny zawarty w e-materiale.

2. Na podstawie filmu uczniowie mają odpowiedzieć na pytania dołączone do medium oraz na zaproponowane inne pytania (uczniowie udzielają odpowiedzi na forum, pozostali uczniowie weryfikują poprawność merytoryczną wypowiedzi kolegów): Czym są freony? W jaki sposób dostały się do atmosfery ziemskiej? Czy są to związki nadal stosowane? Jaki wpływ mają one na ozonosferę? Jak powstaje dziura ozonowa? Jak zmieniła się wielkość dziury ozonowej od protokołu Montrealskiego? Czy dziura ozonowa nam zagraża? Jaka cząstka/atom/ion/związek powoduje najbardziej efektywny rozkład cząsteczek ozonu? Czy obecnie należy spodziewać się wzrostu dziury ozonowej czy może jej zmniejszenia? Czy po protokole Montrealskim freony nadal są obecne w atmosferze, jak długo mogą tam przebywać? W jakiej warstwie atmosfery stężenie ozonu jest największe? Jakie promieniowanie UV pochłania całkowicie ozonosfera?
3. Nauczyciel wraz z uczniami analizuje schemat ukazujący, w jaki sposób freony degradują cząsteczki ozonu zawarty w e-materiale w sekcji :przeczytaj”. Następnie uczniowie proszeni są o rozwiązanie w parach ćwiczenia 6 zawartego w e-materiale w sekcji „sprawdź się”. Na jego podstawie dla wybranego przykładu freonu mają za zadanie rozpisać analogiczny cykl. Chętny uczeń prezentują swój przykład na forum klasy. Nauczyciel weryfikuje poprawność pod względem merytorycznym.
4. Nauczyciel dzieli losowo uczniów na grupy, rozdaje arkusze papieru A4, mazaki. Uczniowie, z wykorzystaniem dostępnych źródeł informacji, w tym e-materiału (tabela, wykres kołowy), mają za zadanie wypisać zastosowania do jakich stosowane były przykłady freonów oraz uwzględnić freon, który był najczęściej stosowany, a jaki najrzadziej oraz wytłumaczyć dlaczego freony były stosowane przez człowieka na tak szeroką skalę. Nauczyciel monitoruje przebieg pracy uczniów. Po wyznaczonym czasie liderzy grup prezentują efekty pracy na forum klasy. Pozostali uczniowie weryfikują poprawność merytoryczną wypowiedzi uczniów.
5. 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 4 części (poziom, pion lub po przekątnej). W pierwsze okienko uczniowie wpisują hasło, które ich interesuje. W drugim okienku podają definicję danego terminu (z różnych źródeł). W trzecim okienku wpisują metaforyczne znaczenie wyrazu, żart językowy, rebus itp. Ostatnie może mieć formę scenki komiksowej, dialogu, karykatury z zastosowaniem interesującego uczniów terminu.

Praca domowa:

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

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania multimedium:

Film edukacyjny ułatwi uczniom zrozumienie jak niekorzystny wpływ na ozonosferę, a co za tym idzie życie na Ziemi mają freony. Po za tym będzie to użyteczne medium do zaprezentowania dla uczniów w czasie zajęć i sprawdzenia ich wiedzy po jego obejrzeniu. Uczniowie nieobecni na lekcji mogą wykorzystać film do uzupełnienia luk kompetencyjnych.

Materiały pomocnicze:

1. Nauczyciel przygotowuje arkusze papieru A4, mazaki.