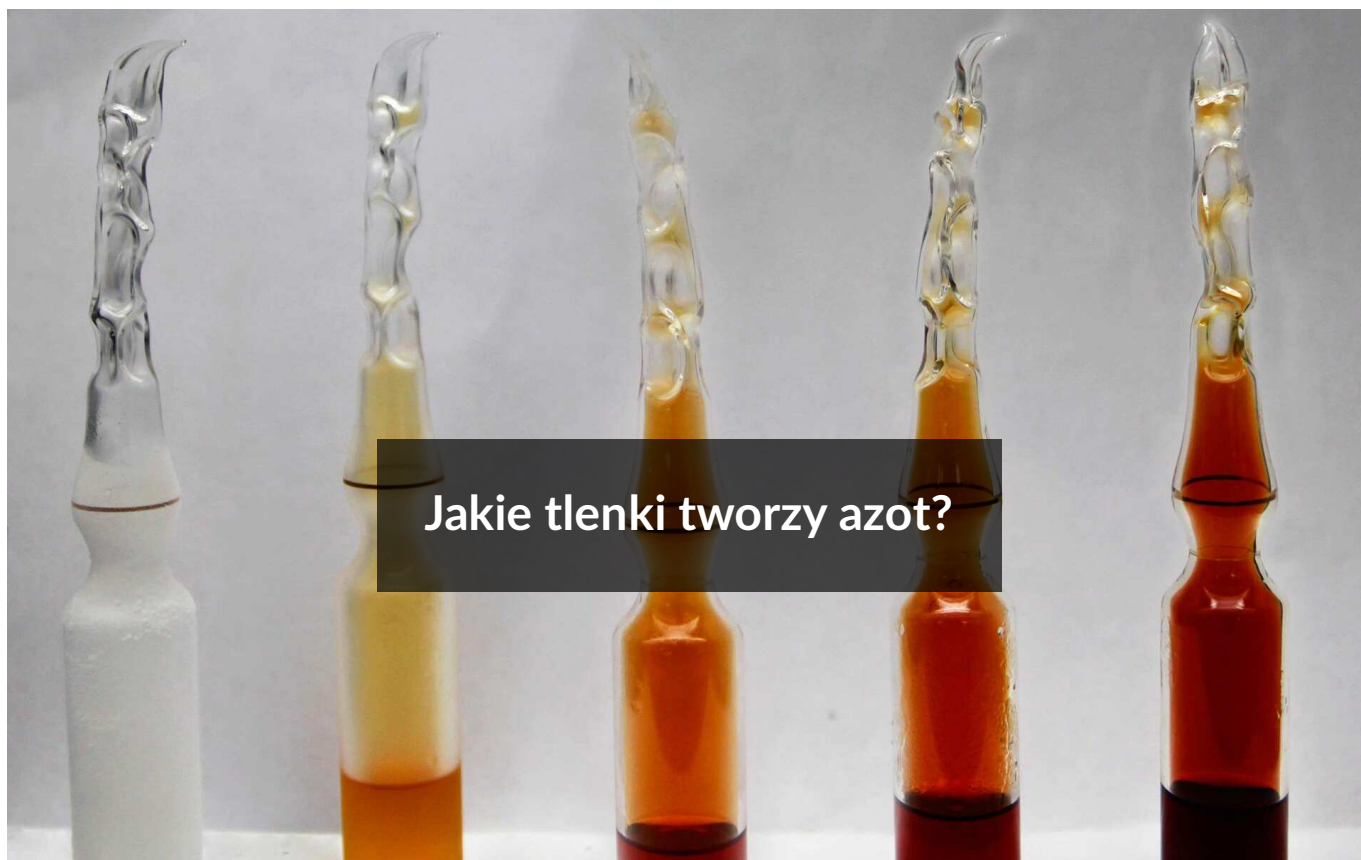




Jakie tlenki tworzy azot?

- Wprowadzenie
- Przeczytaj
- Grafika interaktywna
- Sprawdź się
- Dla nauczyciela



Na fotografii przedstawiony został tlenek azotu(IV) w różnych temperaturach. Od lewej  $-196^{\circ}\text{C}$ ,  $0^{\circ}\text{C}$ ,  $23^{\circ}\text{C}$ ,  $35^{\circ}\text{C}$  i  $50^{\circ}\text{C}$ .

Źródło: Eframgoldberg, licencja: CC BY 3.0.

Azot jest pierwiastkiem, który w stanie wolnym stanowi główny składnik atmosfery ziemskiej, a w formie związanej występuje w postaci licznych minerałów. Jest także ważnym biopierwiastkiem, występującym w organizmach żywych. Azot tworzy z tlenem szereg tlenków, a niektóre z nich, przedostając się do atmosfery (spalanie paliw, procesy technologiczne), stanowią poważne zanieczyszczenie i są jedną z przyczyn kwaśnych opadów i smogu. Czy wiesz, jakie tlenki tworzy azot i w jaki sposób je otrzymać?

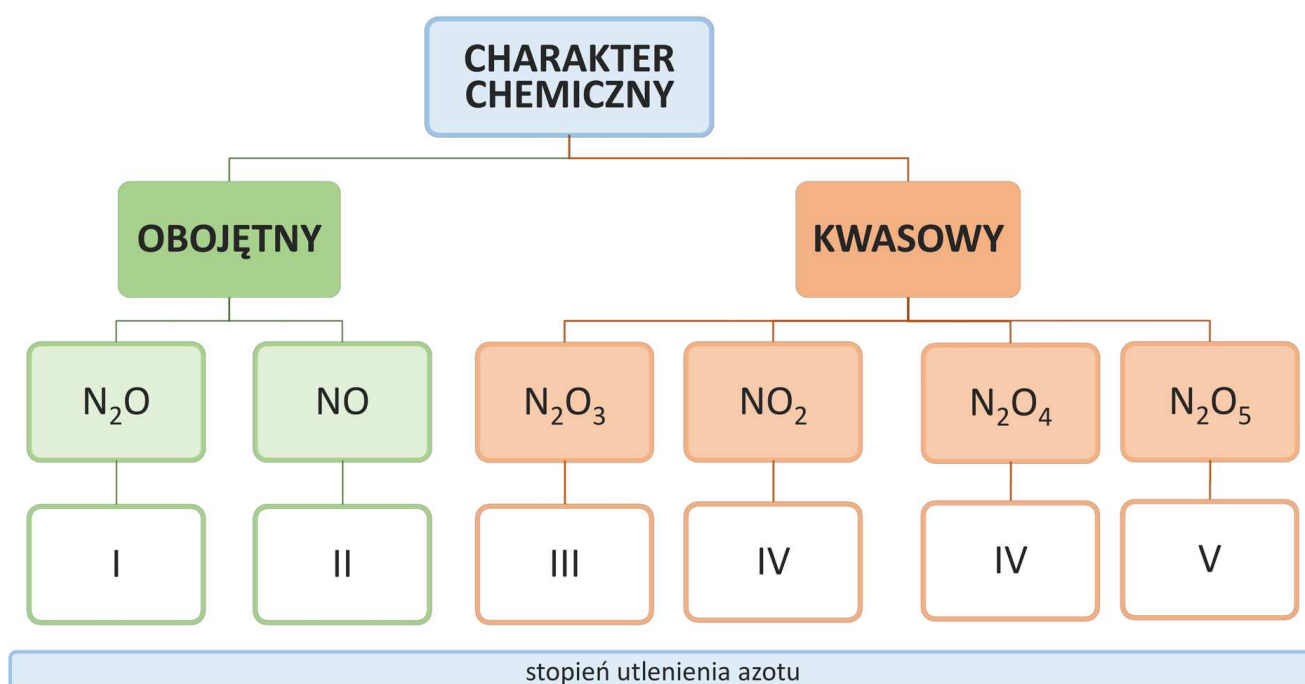
### Twoje cele

- Przeanalizujesz reakcje powstawania tlenków azotu.
- Określisz charakter chemiczny tlenków azotu oraz ich budowę.
- Scharakteryzujesz właściwości fizyczne i chemiczne tlenków azotu.

# Przeczytaj

## Podział tlenków azotu

Azot tworzy z tlenem kilka tlenków, w których występuje na kilku różnych **stopniach utlenienia**. Tlenki azotu mają charakter kwasowy albo obojętny, w zależności od stopnia utlenienia azotu w związku, co prezentuje poniższy schemat.

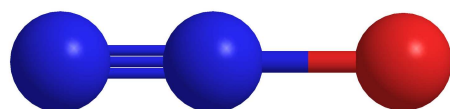


Podział tlenków azotu ze względu na charakter chemiczny

Źródło: GroMar Sp. z o.o. na podstawie M. Krzeczowska, J. Loch, A. Mizera, *Repetitorium chemia : Liceum - poziom podstawowy i rozszerzony*, Wydawnictwo Szkolne PWN, Warszawa - Bielsko-Biała 2010., licencja: CC BY-SA 3.0.

## Tlenek azotu(I) (tlenek diazotu), $N_2O$

W temperaturze pokojowej jest to **bezbarwny gaz** o słodkawym zapachu i smaku, kiedyś stosowany jako środek znieczulający (gaz rozweselający) w zabiegach dentystycznych.



Model cząsteczki tlenku azotu(I). Kolorem niebieskim przedstawiono atomy azotu, czerwonym – atom tlenu.

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

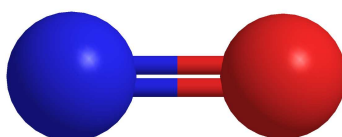
Otrzymywany w wyniku łagodnego ogrzewania azotanu(V) amonu ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ):



Rozkłada się z wydzieleniem tlenu, dzięki czemu podtrzymuje palenie.  $\text{N}_2\text{O}$  nie reaguje z wodą, ale się w niej rozpuszcza, tworząc roztwór obojętny. Tlenek diazotu należy do głównych gazów cieplarnianych. Będąc trzecim najważniejszym długotrwałym gazem cieplarnianym przyczynia się do powstawania dziury ozonowej i efektu cieplarnianego.

## Tlenek azotu(II) (monotlenek azotu), NO

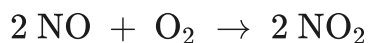
Jest to **bezbarwny gaz**, trudny do skroplenia (temperatura wrzenia  $-151^\circ\text{C}$ ). Łatwo utlenia się do  $\text{NO}_2$ , wraz z którym stanowi produkt przejściowy w produkcji kwasu azotowego(V). Z uwagi na jeden niesparowany elektron na atomie azotu jest **rodnikiem** niestabilnym i bardzo reaktywnym.



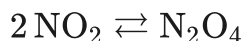
Model cząsteczki tlenku azotu(II). Kolorem niebieskim oznaczono atom azotu, czerwonym – tlenu.

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

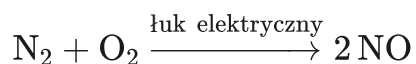
W powietrzu samorzutnie reaguje z tlenem, tworząc trujący tlenek azotu(IV).



W stanie ciekłym i stałym tlenek ten tworzy **dimery**, co zmniejsza jego reaktywność.



Tlenek azotu(II) można otrzymać na drodze bezpośredniej syntezy z pierwiastków w wysokiej temperaturze, możliwej do osiągnięcia podczas wytworzenia łuku elektrycznego.



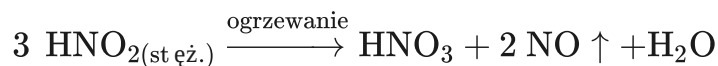
Tlenek azotu(II) powstaje podczas wyładowań atmosferycznych. Bardzo wysoka temperatura w pobliżu pioruna powoduje, że cząsteczki tlenu i azotu w powietrzu reagują ze sobą, tworząc tlenek azotu(II).

Źródło: dostępny w internecie: [www.pixabay.com](http://www.pixabay.com), domena publiczna.

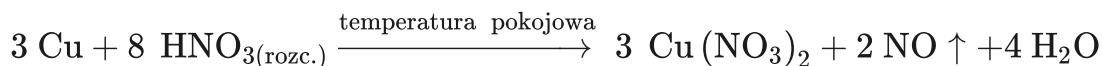
Na skalę przemysłową można otrzymać NO metodą katalitycznego spalania amoniaku (tzw. metoda Ostwalda).



W warunkach laboratoryjnych NO otrzymywany jest z kwasu azotowego(III). Kwas ten jest stabilny w roztworach rozcieńczonych. W miarę wzrostu jego stężenia lub na skutek ogrzewania, rozkłada się na kwas azotowy(V), tlenek azotu(II) oraz wodę.



Tlenek azotu(II) można również otrzymać, działając rozcieńczonym kwasem azotowym(V) na wiórki miedzi.



### Ciekawostka

Tlenek azotu(II) NO odgrywa ważną rolę w organizmach żywych. Zbadano, że jest produktem przemiany materii w komórkach bakterii. W wyniku jego działania dochodzi do rozkurczu mięśni gładkich naczyń krwionośnych; ponadto NO hamuje zlepianie się płytek krwi, ma wpływ na funkcje ośrodkowego układu nerwowego (m.in. na procesy uczenia, pamięci, mechanizm drgawek, procesy neurodegeneracyjne). Leki, będące donorami NO, stosowane w walce z chorobami serca, jak dusznica bolesna, niewydolność mięśnia sercowego, wpływają rozkurczająco na naczynia krwionośne, obniżają ciśnienie tętnicze krwi. Za wyjaśnienie roli NO w układzie sercowo-naczyniowym w 1998 r. Nagrodę Nobla otrzymali: R. Furchgott, L.J. Ignarro i F. Murad.

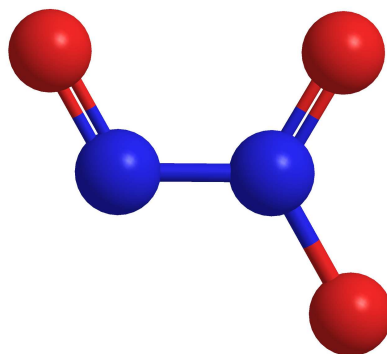


Medal noblowski

Źródło: dostępny w internecie: [en.wikipedia.org](https://en.wikipedia.org), domena publiczna.

## Tlenek azotu(III) (tritenek diazotu), $\text{N}_2\text{O}_3$

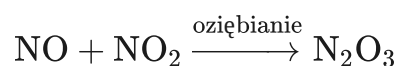
Należy do tlenków bardzo nietrwałych, z tego powodu w postaci czystej nie znajduje żadnych praktycznych zastosowań.



Model cząsteczki tlenku azotu(III)

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

Można go otrzymać w postaci intensywnie niebieskiej cieczy, w temperaturze niższej niż  $-13,5^{\circ}\text{C}$ , w reakcji:

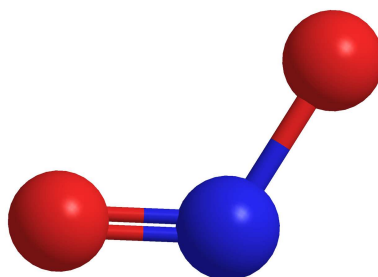


W temperaturze wyższej niż  $-13,5^{\circ}\text{C}$  tlenek azotu(III) częściowo się rozkłada na NO i  $\text{NO}_2$ , przez co barwa zmienia się na jasnożółtą.

Jest bezwodnikiem kwasu azotowego(III).

## Tlenek azotu(IV) (ditlenek azotu) – $\text{NO}_2$

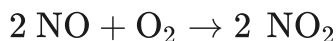
Jest to **brunatny gaz** o charakterystycznym zapachu. Jest dobrze rozpuszczalny w wodzie.



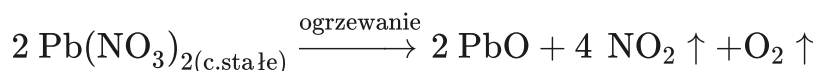
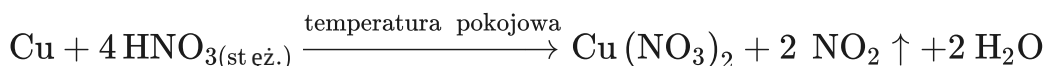
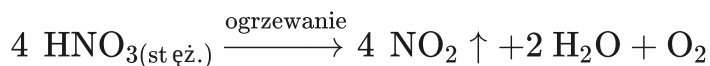
Model cząsteczki tlenku azotu(IV). Kolorem niebieskim oznaczono atom azotu, kolorem czerwonym atomy tlenu.

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

Na skalę techniczną otrzymuje się go po zmieszaniu tlenku azotu(II) i tlenu, zgodnie z równaniem reakcji:

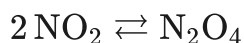


Innymi sposobami tlenek ten można otrzymać w wyniku rozkładu stężonego kwasu azotowego(V), redukcji miedzi za pomocą stężonego kwasu azotowego(V) albo w wyniku rozkładu termicznego azotanu(V) ołowiu(II), zgodnie z przedstawionymi równaniami reakcji:



Tlenek azotu(IV) jest tlenkiem kwasowym i w reakcji z wodą tworzy równomolową mieszaninę kwasu azotowego(III) i kwasu azotowego(V).

Tlenek azotu(IV) w temperaturze poniżej 147°C spontanicznie dimeryzuje, tworząc dimer  $\text{N}_2\text{O}_4$  – gaz o słomkowej barwie:



Ze spadkiem temperatury stopień dimeryzacji rośnie.



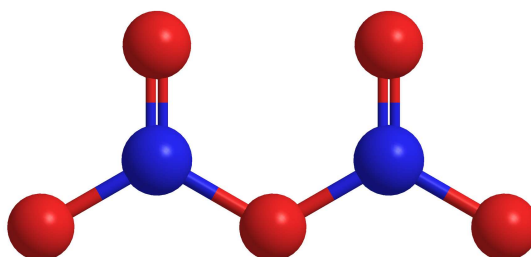
Butelka po lewej stronie zawiera tlenek azotu(IV), a butelka po prawej stronie zawiera dimer.

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

Tlenek azotu(IV) powoduje podrażnienie układu oddechowego, oczu i kaszel. Ze względu na właściwości utleniające, powoduje utlenienie  $\text{Fe}^{2+}$  zawartego w hemoglobinie do  $\text{Fe}^{3+}$ , w efekcie czego hemoglobina traci zdolność do przenoszenia tlenu. Odpowiada on także za barwę smogu.

## Tlenek azotu(V) (pentatlenek diazotu) - $\text{N}_2\text{O}_5$

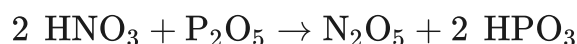
W temperaturze pokojowej przyjmuje formę białych kryształków rozpuszczalnych w wodzie.



Model cząsteczki tlenku azotu(V)

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

Powstaje przez odwodnienie kwasu azotowego(V) za pomocą tlenku fosforu(V) w temperaturze pokojowej. Równanie reakcji otrzymywania tlenku azotu(V):

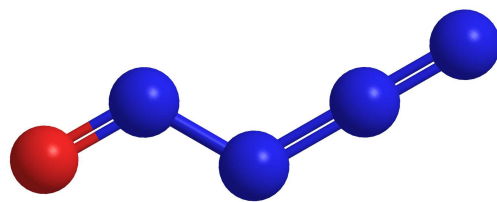


Jest związkiem nietrwałym, rozkładającym się spontanicznie w temperaturze pokojowej do dwutlenku azotu i tlenu. Związek ten reaguje gwałtownie z wodą, jest bezwodnikiem kwasu azotowego. Ze względu na jego nietrwałość nie znajduje on w formie czystej praktycznych zastosowań.

### Dla zainteresowanych

Oprócz tlenków, opisanych w tekście, w pewnych warunkach można otrzymać:

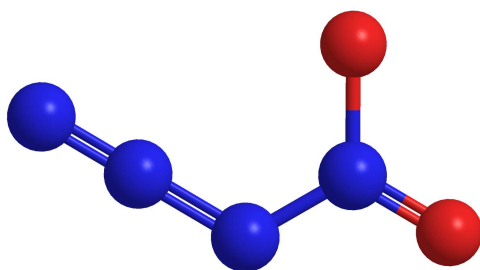
1. **Azydek nitrozyłu**  $\text{N}_4\text{O}$  – trwały w temperaturze poniżej  $-33^\circ\text{C}$ . Po raz pierwszy syntezę nitrozyladyzu opisano w 1958 r. Otrzymano go w reakcji azydku sodu z chlorkiem nitrozyłu, w temperaturze poniżej  $-50^\circ\text{C}$ .



Model cząsteczki azydku nitrozylu

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

## 2. Azydek nitroilu $N_4O_2$ - trwały w temperaturze poniżej $-10^\circ C$ .



Model cząsteczki azydku nitroilu

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

## Słownik

### stopień utlenienia

pojęcie umowne, określające liczbę dodatnich lub ujemnych ładunków elementarnych, które można by przypisać atomowi pierwiastka chemicznego, wchodzącego w skład określonego związku, gdyby cząsteczki tego związku miały budowę jonową

### dimer

cząsteczka utworzona w wyniku połączenia się dwóch takich samych cząsteczek prostych (monomerów)

### rodnik

atom, cząsteczka lub jon, zawierający co najmniej jeden niesparowany elektron

## Bibliografia

Bielański A., *Podstawy Chemii nieorganicznej*, Tom 2, Warszawa 2010.

Klapötke T.M., Schulz A., Tornieporth-Oetting C., *Studies of the Reaction Behavior of Nitril Compounds Towards Azides: Evidence for Tetranitrogen Dioxide, N<sub>4</sub>O<sub>2</sub>*, Chem. Ber. 127 (1994) 2181–2185.

Krzeczkowska M., Loch J., Mizera A., *Repetytorium chemia. Liceum - poziom podstawowy i rozszerzony*, Warszawa – Bielsko-Biała 2010.

# Grafika interaktywna

---

## Polecenie 1

Czy wiesz, jaki jest obieg azotu w przyrodzie? Jakie związki azotu biorą w nim udział? Gdzie występują tlenki azotu w atmosferze i jak powstają? Zapoznaj się z poniższą grafiką interaktywną przedstawiającą ważną rolę związków azotu w chemii naszej atmosfery, a następnie rozwiąż ćwiczenia.

Grafika interaktywna pt. „Obieg azotu w przyrodzie”

Źródło: , GroMar Sp. z o.o., Na podstawie informacji dostępnych pod adresami: <http://klimat.czn.uj.edu.pl/>;

<http://www.wodr.poznan.pl/component/k2/item/3377-emisja-amoniaku-z-produkcji-zwierz%C4%99cej>, licencja: CC BY-SA 3.0.

## Ćwiczenie 1



## Ćwiczenie 2



## Ćwiczenie 3



# Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

## Ćwiczenie 1



Dokonaj podziału tlenków azotu ze względu na ich charakter chemiczny.

Obojętne

$N_2O_5$

$NO_2$

$N_2O$

$N_2O_4$

$N_2O_3$

$NO$

Kwasowe

## Ćwiczenie 2



Jaką drogą otrzymuje się  $NO$  w przemyśle? Podaj równania reakcji. Jak myślisz, czym powinny charakteryzować się reakcje wykorzystywane w przemyśle?

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

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

## Ćwiczenie 3



Jak w naturalny sposób powstaje tlenek azotu(II)?

Odpowiedź:

## Ćwiczenie 4



W oparciu o podane poniżej informacje zidentyfikuj związek oraz zapisz równania opisanych reakcji chemicznych.

*Związek ten jest gazem powstającym w reakcji metalu szlachetnego ze stężonym kwasem azotowym(V). Jego brunatna barwa zmienia się w trakcie dimeryzacji na słomkową.*

Odpowiedź zapisz w zeszyte do lekcji chemii, zrób zdjęcie, a następnie umieść je w wyznaczonym polu.

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

## Ćwiczenie 5



Przyporządkuj właściwości i opisy do odpowiednich tlenków azotu.

NO

gaz barwy brunatnej

powstaje w trakcie spalania azotu w temperaturze łuku elektrycznego

NO<sub>2</sub>

powstaje w trakcie reakcji miedzi z rozcieńczonym kwasem azotowym(V)

dimer

gaz barwy słomkowej

N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>

powstaje w trakcie reakcji miedzi ze stężonym kwasem azotowym(V)

bezbarwny gaz

ma charakter obojętny

ma charakter kwasowy

## Ćwiczenie 6



Określ charakter chemiczny tlenku azotu(V), zapisując równania odpowiednich reakcji chemicznych.

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

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

## Ćwiczenie 7



Reakcja rozkładu tlenku azotu(V) na tlenek azotu(IV) i tlen jest reakcją pierwszego rzędu względem substratu. Napisz równanie tej reakcji.

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

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

## Ćwiczenie 8



Podaj sposoby, którymi można otrzymać tlenek azotu(IV). Zapisz równania tych reakcji.

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

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

# Dla nauczyciela

---

**Autor:** Gabriela Iwińska

**Przedmiot:** Chemia

**Temat:** Jakie tlenki tworzy azot?

**Grupa docelowa:**

Szkoła ponadpodstawowa, liceum ogólnokształcące, technikum, zakres podstawowy i rozszerzony

**Podstawa programowa:**

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.

Zakres podstawowy

VII. Systematyka związków nieorganicznych. Uczeń:

- 4) opisuje typowe właściwości chemiczne tlenków pierwiastków o liczbach atomowych od 1 do 20, w tym zachowanie wobec wody, kwasów i zasad; pisze odpowiednie równania reakcji w formie cząsteczkowej i jonowej;
- 5) klasyfikuje tlenki pierwiastków o liczbach atomowych od 1 do 20 ze względu na ich charakter chemiczny (kwasowy, zasadowy, amfoteryczny i obojętny); wnioskuje o charakterze chemicznym tlenku na podstawie wyników doświadczenia.

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.

Zakres rozszerzony

VII. Systematyka związków nieorganicznych. Uczeń:

4) opisuje typowe właściwości chemiczne tlenków pierwiastków o liczbach atomowych od 1 do 20 oraz Cr, Cu, Zn, Mn i Fe, w tym zachowanie wobec wody, kwasów i zasad; pisze odpowiednie równania reakcji w formie cząsteczkowej i jonowej;

5) klasyfikuje tlenki ze względu na ich charakter chemiczny (kwasowy, zasadowy, amfoteryczny i obojętny); projektuje i przeprowadza doświadczenie, którego przebieg pozwoli wykazać charakter chemiczny tlenku; wnioskuje o charakterze chemicznym tlenku na podstawie wyników doświadczenia.

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; wymienia działania (indywidualne/kompleksowe), jakie powinny być wprowadzane w celu ograniczania tych zjawisk; opisuje rodzaje smogu oraz mechanizmy jego powstawania;

### **Kształowane kompetencje kluczowe:**

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

### **Cele operacyjne**

**Uczeń:**

- analizuje reakcje powstawania tlenków azotu;
- określa charakter chemiczny tlenków azotu oraz ich budowę;
- charakteryzuje właściwości fizyczne i chemiczne tlenków azotu.

### **Strategie nauczania:**

- strategia asocjacyjna.

### **Metody i techniki nauczania:**

- analiza materiału źródłowego oraz ćwiczenia uczniowskie;
- dyskusja;
- technika zdań podsumowujących;
- burza mózgów;
- metoda JIGSAW;
- grafika interaktywna.

## Formy pracy:

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

## Środki dydaktyczne:

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

## Przebieg lekcji

### Faza wstępna:

1. Zaciekawienie i dyskusja. Nauczyciel zadaje uczniom pytania, zaciekawiając tematem. Przykładowe pytania: gdzie występuje azot w stanie wolnym, a gdzie w formie związanej? Skąd biorą się kwaśne deszcze oraz smog?
2. Prowadzący lekcję określa cel zajęć i informuje uczniów o ich planowanym przebiegu. Przedstawia kryteria sukcesu oraz podaje temat lekcji: „Jakie tlenki tworzy azot?”
3. Rozpoznawanie wiedzy wyjściowej uczniów. Uczniowie na forum klasy wymieniają się posiadanymi informacjami tego, jakie tlenki tworzy azot.

### Faza realizacyjna:

1. Praca metodą JIGSAW. Nauczyciel dzieli losowo uczniów na grupy. Są to tzw. grupy eksperckie. Każdy uczestnik zostaje ekspertem, który w istotny sposób przyczyni się do sukcesu całej grupy. Każdy uczeń występuje w roli uczącego się i nauczającego. Zespoły otrzymują arkusze papieru i mazaki. Nauczyciel przydziela im różne zagadnienia do opracowania:
  - I grupa: tlenek azotu(I)  $N_2O$ ;
  - II grupa: tlenek azotu(II)  $NO$ ;
  - III grupa: tlenek azotu(III)  $N_2O_3$ ;
  - IV grupa: tlenek azotu(IV)  $NO_2$ ;
  - V grupa: tlenek azotu(V)  $N_2O_5$ .
2. Każda grupa zapoznaje się z informacjami w ramach swojego zagadnienia, korzystając z dostępnych źródeł informacji, w tym z e-materiałów. W opracowaniach grupy zwracają uwagę na budowę wewnętrzną, właściwości i zastosowanie podanych materiałów lub pierwiastków. Efektem pracy powinno być wspólne opracowanie na podstawie dyskusji oraz uczenia się nawzajem.

3. Na umówiony znak uczniowie tworzą nowe grupy tak, aby w każdej nowej grupie znaleźli się eksperci z wszystkich pozostałych grup.
4. Eksperti kolejno relacjonują to, czego nauczyli się w swoich pierwotnych grupach, czyli ekspert grupy I uczy pozostałych tego, czego się nauczył sam przed chwilą itd. Uczący uczestnicy przekazują wiedzę pozostałym uczniom. Każda z grup w ten sposób zapoznaje się z całym materiałem przewidzianym do realizacji na danej jednostce lekcyjnej.
5. Eksperti wracają do swoich pierwotnych grup, konfrontują zdobytą wiedzę, uzupełniają, sprawdzają, czy wszyscy posiadają zbieżne informacje w omawianych kwestiach.
6. Uczniowie samodzielnie analizują medium bazowe – grafikę interaktywną pt. "Obieg azotu w przyrodzie". W ramach sprawdzenia zdobytej wiedzy, rozwiązują ćwiczenia załączone do medium.
7. Uczniowie samodzielnie sprawdzają swoją wiedzę wykonując ćwiczenia zawarte w e-materiale „Sprawdź się”.

#### **Faza podsumowująca:**

1. Uczniowie, pracując w parach, tworzą krzyżówkę podsumowującą zajęcia. Pary siedzące obok siebie wymieniają się krzyżówkami i rozwiązują je.
2. Podsumowanie – uczniowie, wykorzystując technikę świateł, podsumowują, czy osiągnęli kryteria sukcesu.

#### **Praca domowa:**

1. Uczniowie wykonują pozostałe zadania z e-materiału – zestaw ćwiczeń.

#### **Materiały pomocnicze:**

- arkusze papieru A4/A3;
- mazaki.

#### **Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania multimediu:**

- Multimedia może być wykorzystane przez ucznia w fazie przygotowania do lekcji lub przygotowywania się do pracy kontrolnej.