



Definicja gazu doskonałego

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

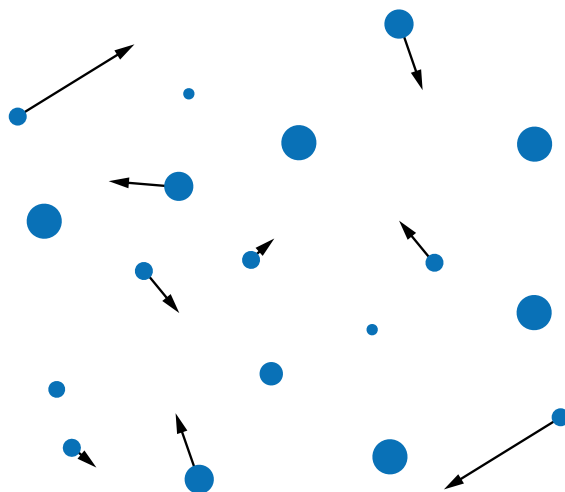


Definicja gazu doskonałego

Źródło: dostępny w internecie: <https://www.istockphoto.com/pl/zdjęcie/gaz-gm111891833-15442879> [dostęp 11.06.2022], iStockphoto, tylko do użytku edukacyjnego na zpe.gov.pl.

Czy to nie ciekawe ?

Fizyka opisuje otaczający nas (rzeczywisty) świat. Wiele zjawisk jest jednak tak skomplikowanych, że ścisły ich opis jest bardzo trudny, a często wręcz niemożliwy. Fizycy rozwiązyali ten problem tworząc modele różnych zjawisk. Model fizyczny uwzględnia wszystkie podstawowe prawa fizyki rządzące danym zjawiskiem, lecz pomija nieistotne szczegóły, ułatwiając w ten sposób opis zjawiska. Oczywiście, modele fizyczne zwykle dobrze opisują rzeczywistość, jednak trzeba znać zakres ich zastosowań. Na przykład Ziemię można traktować jako punkt materialny, gdy opisujemy jej ruch wokół Słońca, ale nie miałoby to sensu przy opisie jej obrotów wokół własnej osi.



Rys. a. Gaz składa się z ogromnej liczby cząstek poruszających się chaotycznie z różnymi prędkościami. Usiłowanie rozwiązania równań ruchu dla wszystkich zdaje się być ambitne, ale na pewno jest niewykonalne. "Skazani" jesteśmy na statystykę, która daje wyniki nieźle zgodne z doświadczalnymi.

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0. Licencja:
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl>.

Model gazu doskonałego jest przykładem takiego modelu, który umożliwia nam opis i zrozumienie zachowania rzeczywistych gazów. W tym e-materiale dowiesz się, jak zdefiniowany jest gaz doskonały, w jakich warunkach można ten model stosować do opisu gazów rzeczywistych, a w jakich jego przewidywania nie zgadzają się z rzeczywistością.

Twoje cele

- Dowiesz się, jak jest zdefiniowany model gazu doskonałego,
- Zrozumiesz, dlaczego założenia modelu są z dobrym przybliżeniem spełnione w warunkach normalnych,
- Dowiesz się, jakie są ograniczenia stosowalności modelu gazu doskonałego,
- Poznasz uśredniony opis ruchu cząsteczek gazu,
- Poznasz pojęcie średniej drogi swobodnej,
- Zrozumiesz, dlaczego gaz wywiera ciśnienie na ściany naczynia,
- Przeanalizujesz jakościowo związek średniej prędkości cząsteczek z temperaturą.

Przeczytaj

Warto przeczytać

Model gazu doskonałego opiera się na następujących założeniach:

1. **Gaz składa się ogromnej liczby cząsteczek poruszających się chaotycznie.** Wszystkie kierunki ruchu cząsteczek są jednakowo prawdopodobne, zaś ich zderzenia wzajemne lub zderzenia ze ściankami naczynia możemy opisywać stosując równania Newtona.
2. **Cząsteczki gazu traktujemy jak identyczne punkty materialne.** Rozmiary cząsteczek są tak małe w porównaniu ze średnimi odległościami między cząsteczkami, że można je pominąć.
3. **Zderzenia cząsteczek są sprężyste i natychmiastowe.** W zderzeniach spełnione są zasady zachowania energii kinetycznej i pędu.
4. **Poza zderzeniami cząsteczki nie oddziałują wzajemnie.**

Sprawdźmy, jak te założenia mają się do własności rzeczywistych gazów. Weźmy pod uwagę cząsteczki gazów wchodzących w skład powietrza (w większości są to azot N_2 i tlen O_2). Mają one średnice około $3 \cdot 10^{-10}$ m. Obliczmy, jaka jest średnia odległość między cząsteczkami powietrza w **warunkach normalnych**, czyli przy temperaturze $0^\circ C$ i ciśnieniu 1013,25 hPa. 1 mol gazu zawierający $6,02 \cdot 10^{23}$ cząsteczek, w **warunkach normalnych** zajmuje objętość równą $22,4 \text{ dm}^3$ ($2,24 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3$). Oszacujmy, jaka objętość przypada na jedną cząsteczkę. Aby to obliczyć, należy objętość równą $22,4 \text{ dm}^3$ podzielić przez liczbę cząsteczek:

$$\frac{2,24 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3}{6,02 \cdot 10^{23}} = 3,72 \cdot 10^{-26} \text{ m}^3.$$

Aby oszacować średnią odległość między cząsteczkami, należy wyciągnąć pierwiastek trzeciego stopnia z objętości przypadającej na jedną cząsteczkę,

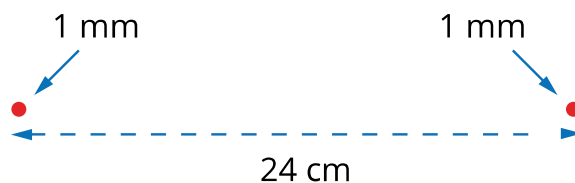
$$\sqrt[3]{3,72 \cdot 10^{-26} \text{ m}^3} = \sqrt[3]{372 \cdot 10^{-24} \text{ m}^3} = 7,2 \cdot 10^{-8} \text{ m}.$$

Stosunek odległości między cząsteczkami do średnicy cząsteczki wynosi

$$\frac{7,2 \cdot 10^{-8}}{3 \cdot 10^{-10}} = 2,4 \cdot 10^2 = 240.$$

Oznacza to, że gdyby średnice cząsteczek powietrza powiększyć do 1 mm, średnia odległość między nimi będzie wynosić 24 cm (Rys. 1.).

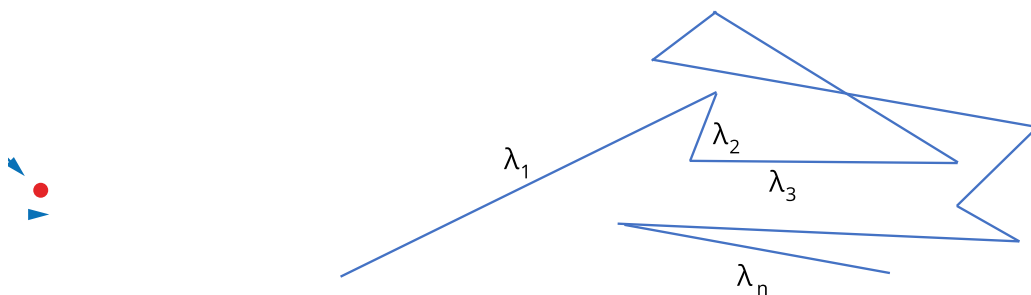
Nic dziwnego, że tak odległe cząsteczki przez większość czasu nie oddziałują ze sobą.



Rys. 1. Gdyby średnice cząsteczek powietrza w warunkach normalnych powiększyć do 1 mm, średnia odległość między nimi będzie wynosić 24 cm.

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0. Licencja:
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl>.

Cząsteczki są w ciągłym ruchu i zderzają się ze sobą i ściankami naczynia. Oczywiście podczas zderzenia działają na siebie siłami odpychającymi, zachowana jest przy tym całkowita energia kinetyczna i pęd, a zmieniają się kierunki ruchu cząsteczek. Między zderzeniami ruch cząsteczek jest jednostajny i prostoliniowy, więc tor ruchu jednej wybranej cząsteczki jest linią łamaną (Rys. 2.).



Rys. 2. Cząsteczka gazu porusza się po linii łamanej. Drogi przebyte między kolejnymi zderzeniami są przypadkowe. Średnia droga swobodna to $\bar{\lambda} = \frac{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \dots + \lambda_n}{n}$

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0. Licencja:
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl>.

Średnia odległość, jaką przebywa cząsteczka między kolejnymi zderzeniami, zwana średnią drogą swobodną, równa jest dla cząsteczek azotu w **warunkach normalnych** około $7 \cdot 10^{-8}$ m.

Prędkości cząsteczek gazu są ogromne w porównaniu z prędkościami spotykanymi w życiu codziennym. Średnia prędkość cząsteczek azotu w **warunkach normalnych** wynosi około 454 m/s czyli 1635 km/h. Jest to prędkość większa niż prędkość pocisku wystrzelonego z pistoletu.

Cząsteczki gazu doskonałego zderzając się ze ściankami naczynia, działają na nie pewną siłą, tym większą, im większa jest prędkość cząsteczki. Sumę wszystkich sił działających na ściankę $F = F_1 + F_2 + \dots + F_n$ nazywamy **siłą parcia** gazu. Siła przypadająca na jednostkę powierzchni ścianki to **ciśnienie gazu** $p = \frac{F}{S}$, gdzie S jest polem powierzchni ścianki. Dla większości gazów w warunkach zbliżonych do **normalnych** założenia modelu gazu doskonałego są dobrze uzasadnione. Jednak, gdy silnie sprężymy gaz, zwiększając ciśnienie, odległości między cząsteczkami zmniejszą się na tyle, że nie można już zaniedbać rozmiarów cząsteczek w porównaniu z odległościami między nimi. W bardzo niskich temperaturach i przy wysokim ciśnieniu gaz ulega skropleniu. Przy temperaturach zbliżających się do temperatury skraplania nie można zaniedbać oddziaływań między cząsteczkami.

Gaz doskonały, jeśli ograniczymy się do podstawowego opisu zjawisk, jest modelem dającym zgodne z rzeczywistością przewidywania jedynie dla rozrzedzonych gazów o niezbyt niskiej temperaturze.

Należy dodać, że również w skrajnie wysokich temperaturach, rzędu dziesiątek tysięcy kelwinów, model ten nie sprawdza się, ponieważ zderzenia cząsteczek nie są już idealnie sprężyste. Podczas zderzeń może dochodzić do jonizacji cząsteczek i atomów, czyli wybijania z atomów elektronów i gaz przechodzi w stan plazmy, w którym znaczna część cząstek jest naładowana elektrycznie. Powstałe jony oddziałują na siebie siłami elektrostatycznymi o długim zasięgu, więc nie jest spełnione założenie o braku oddziaływań między cząsteczkami.

Słowniczek

warunki normalne

(*ang.: normal conditions*) – warunki, w których ciśnienie jest równe 101 325 Pa = 1013,25 hPa, a temperatura równa 273,15K, czyli 0°C.

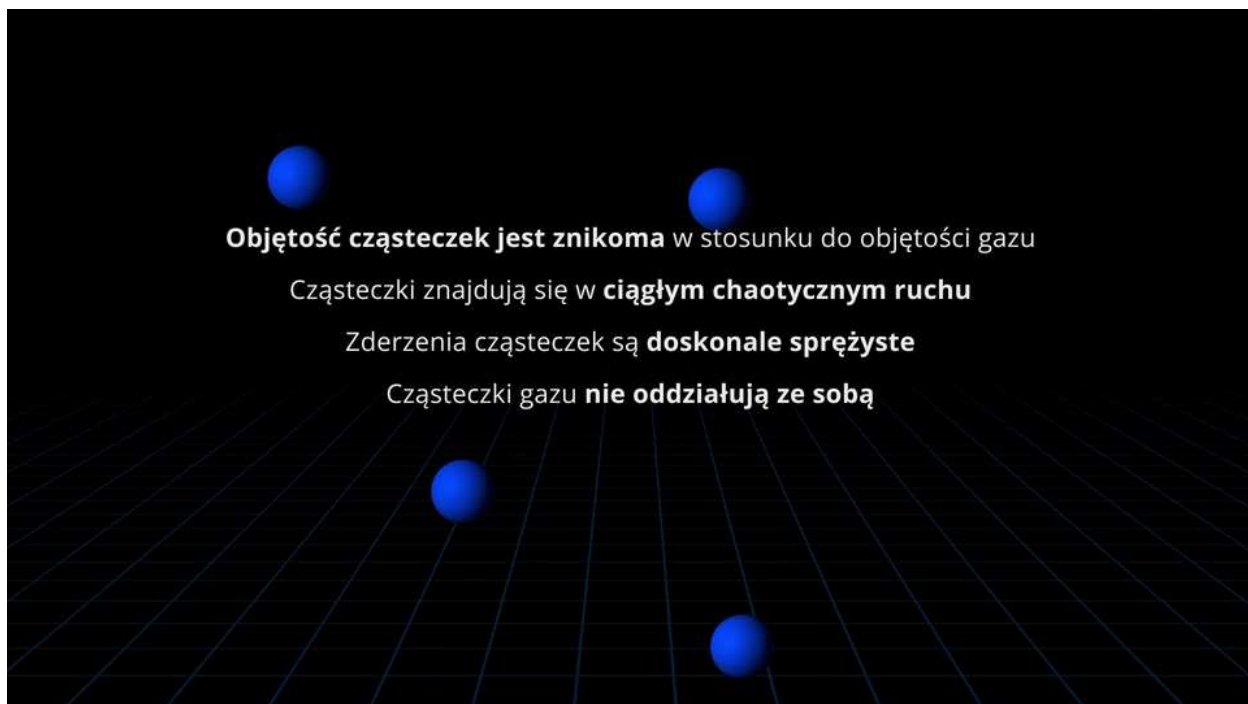
punkt materialny

(*ang.: point mass*) – ciało posiadające masę i zerowe rozmiary. Pojęcie to stosujemy do opisu ruchu postępowego, gdy rozmiary poruszającego się ciała są małe w porównaniu z rozmiarami toru.

Animacja

Gaz doskonały

Animacja przedstawia cząsteczki gazu doskonałego poruszające się chaotycznie w naczyniu, zderzające się ze sobą i ścianami naczynia.



Film dostępny pod adresem </preview/resource/RilQaRJliPPG>

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0. Licencja:
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl>.

Wysłuchaj alternatywnej ścieżki lektorskiej.

Polecenie 1

Wymień podstawowe założenia modelu gazu doskonałego.

Polecenie 2

Model gazu doskonałego jest dobrym przybliżeniem dla:

- ☐ gazów pod wysokim ciśnieniem
- ☐ gazów w wysokich temperaturach
- ☐ bardzo rozrzedzonych gazów jednoatomowych

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Uzupełnij zdania:

- Na ruch cząsteczki gazu doskonałego między zderzeniami

mają wpływ inne sąsiednie cząsteczki ☐ /

nie mają wpływu inne sąsiednie cząsteczki ☐ .

- Podczas zderzeń cząsteczek gazu doskonałego całkowita energia kinetyczna cząsteczek

nie zmienia się ☐ /

maleje, bo część energii kinetycznej zamienia się na inne jej formy ☐ .

- Między zderzeniami cząsteczki gazu doskonałego poruszają się ruchem

jednostajnym prostoliniowym ☐ / przyspieszonym lub opóźnionym ☐ .

- Średnica cząsteczki gazu doskonałego zależy od składu chemicznego ☐ /

jest równa zero ☐ .

Ćwiczenie 2



Połącz fragmenty zdań, aby otrzymać prawdziwe stwierdzenia.

1. Zwiększenie temperatury powoduje

B. zwiększenie średniej prędkości cząsteczek.

2. Zmniejszenie temperatury powoduje

A. zmniejszenie średniej prędkości cząsteczek.

Ćwiczenie 3



Wybierz fragmenty zdań, aby otrzymać prawdziwe stwierdzenie.

Powietrza w temperaturze 20 000 K nie można traktować jako gazu doskonałego ☐ /

Powietrze w temperaturze 20 000 K można traktować jako gaz doskonały ☐

ponieważ średnia energia kinetyczna cząsteczek gwarantuje zderzenia sprężyste. ☐ /

ponieważ zachodzi jonizacja i zderzenia cząsteczek nie są sprężyste ☐

Ćwiczenie 4



Powietrze sprężono w butli tak, że jego gęstość zwiększyła się 250 razy. Uzasadnij, że sprężonego powietrza nie można traktować jako gazu doskonały. Wymień, które z założeń definiujących gaz doskonały nie są spełnione.

Nie są spełnione założenia:

1. można traktować cząsteczki jako punkty materialne o zerowych rozmiarach ☐ /
nie można traktować cząsteczek jako punktów materialnych o zerowych rozmiarach ☐ ,
2. można zaniedbać oddziaływania między cząsteczkami ☐ /
nie można zaniedbać oddziaływań między cząsteczkami ☐ .

Ćwiczenie 5



Cząsteczka gazu znajduje się w pewnej chwili w punkcie A. Średnia droga swobodna w tym gazie wynosi $\bar{\lambda}$. Czy można wywnioskować, że po 5 zderzeniach cząsteczka na pewno będzie wewnątrz kuli o środku w punkcie A i o promieniu $5\bar{\lambda}$? Wybierz właściwą odpowiedź

TAK ☐ / NIE ☐

Ćwiczenie 6



Średnia prędkość cząsteczek azotu w warunkach normalnych wynosi 454 m/s. Wiedząc, że średnia droga swobodna wynosi $7 \cdot 10^{-8}$ m, oblicz ile zderzeń doznaje średnio cząsteczka w czasie 1s.

Cząsteczka doznaje w ciągu 1s x 10 () zderzeń.

Ćwiczenie 7



Cząsteczki azotu mają średnicę około $3 \cdot 10^{-10}$ m, a średnia odległość między cząsteczkami w warunkach normalnych wynosi około $7,2 \cdot 10^{-8}$ m. Oblicz, jaka byłaby średnia odległość między cząsteczkami, gdyby powiększyć gaz tak, aby rozmiary cząsteczek miały średnicę 4 cm (średnicę piłeczek pingpongowych).

Średnia odległość między cząsteczkami wynosi m.

Ćwiczenie 8



Oblicz, jaką objętość zająłby 1 mol azotu w warunkach normalnych, gdyby powiększyć go tak, że jego cząsteczki o średnicy około $3 \cdot 10^{-10}$ m miałyby średnicę piłeczek pingpongowych, czyli 4 cm. Porównaj tę objętość z objętością Ziemi, której promień wynosi 6371 km.

Dla nauczyciela

Imię i nazwisko autora:	Krystyna Wosińska
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	Definicja gazu doskonałego
Grupa docelowa:	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres rozszerzony
Podstawa programowa:	Cele kształcenia - wymagania ogólne I. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości. II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych. Zakres rozszerzony Treści nauczania - wymagania szczegółowe I. Wymagania przekrojowe. Uczeń: 4) przeprowadza obliczenia liczbowe posługując się kalkulatorem; 19) wyodrębnia zjawisko z kontekstu, nazywa je oraz wskazuje czynniki istotne i nieistotne dla jego przebiegu; VI. Termodynamika. Uczeń: 10) posługuje się założeniami teorii kinetyczno-molekularnej gazu doskonałego.
Kształtowane kompetencje kluczowe:	Zalecenie Parlamentu Europejskiego i Rady UE z 2018 r.: • kompetencje w zakresie rozumienia i tworzenia informacji, • kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii, • kompetencje cyfrowe, • kompetencje w zakresie umiejętności uczenia się.

Cele operacyjne:	Uczeń: 1. definiuje model gazu doskonałego. 2. wyjaśnia, dlaczego założenia modelu są dobrze uzasadnione w warunkach normalnych. 3. podaje ograniczenia stosowalności modelu gazu doskonałego. 4. jakościowo opisuje ruch cząsteczek gazu. 5. definiuje pojęcie średniej drogi swobodnej. 6. objaśnia, dlaczego gaz wywiera ciśnienie na ściany naczynia. 7. analizuje jakościowo związek średniej prędkości cząsteczek z temperaturą.
Strategie nauczania:	strategia eksperymentalno-obszewacyjna (dostrzeganie i definiowanie problemów)
Metody nauczania:	- wykład informacyjny, - pokaz multimedialny, - animacja.
Formy zajęć:	praca w grupach
Środki dydaktyczne:	komputer z rzutnikiem lub tablety do dyspozycji każdego ucznia.
Materiały pomocnicze:	e-materiały: „Równanie stanu gazu doskonałego”, „Co to są warunki normalne”
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	
- Wprowadzenie zgodnie z treścią w części pierwszej „Czy to nie ciekawe?”. - Odwołanie do wiedzy uczniów o znanych im modelach fizycznych.	
Faza realizacyjna:	

Nauczyciel przedstawia definicję gazu doskonałego, następnie uczniowie pod kierunkiem nauczyciela obliczają stosunek odległości między cząsteczkami do średnicy cząsteczki dla azotu w warunkach normalnych i oceniają, czy założenia modelu gazu doskonałego są uzasadnione w tych warunkach.

Uczniowie oglądają animację i formułują wniosek o związku temperatury ze średnią prędkością cząsteczek.

Po obejrzeniu animacji o ciśnieniu gazu uczniowie wyjaśniają, czym spowodowane jest ciśnienie gazu na ścianki naczynia i od czego zależy.

Nauczyciel wprowadza pojęcie średniej drogi swobodnej.

Uczniowie pod kierunkiem nauczyciela dyskutują zakres stosowalności modelu gazu doskonałego.

Faza podsumowująca:

Uczniowie wykonują zadania 7 i 8 z zestawu ćwiczeń, a następnie dyskutują wyniki.

Praca domowa:

Zadania 1 – 6 z zestawu ćwiczeń

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania danego multimedium:

Animację można obejrzeć i przedyskutować na lekcji, jak również wykorzystać później dla utrwalenia wiadomości, ewentualnie przed lekcją w celu zaciekawienia tematem.