



Czym jest przemiana izotermiczna gazów?

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



Czym jest przemiana izotermiczna gazów?

Czy to nie ciekawe?

Stan gazu doskonałego w zamkniętym pojemniku opisujemy trzema parametrami: objętością, ciśnieniem i temperaturą. Parametry te mogą zmieniać się w różny sposób – gaz możemy rozprężać, sprężać, podgrzewać, oziębiać na wiele sposobów. Szczególnie interesujące są takie przemiany, w których jeden z parametrów pozostaje stały. Badanie takich prostych przemian ułatwia znalezienie praw rządzących przemianami gazu doskonałego. Tutaj zajmiemy się przemianą izotermiczną, w której temperatura pozostaje stała. Jak w takich warunkach zmieniają się objętość i ciśnienie?

Twoje cele

- dowiesz się, czym jest przemiana izotermiczna, opiszysz sposób przeprowadzenia przemiany izotermicznej,
- wyjaśnisz, jak zmienia się ciśnienie gazu wraz ze zmianami objętości w tej przemianie,
- sformułujesz prawo Boyle’a–Mariotte’a,
- zapiszesz prawo Boyle’a–Mariotte’a równaniem,
- przeanalizujesz i zinterpretujesz zmiany wielkości użytych w tym równaniu,
- zrozumiesz przyczynę zmian ciśnienia w przemianie izotermicznej,

- konstruujesz wykres zależności ciśnienia od objętości $p(V)$ dla przemiany izotermicznej.

Przeczytaj

Warto przeczytać

Na początek zastanów się, jak można zrealizować przemianę, w której temperatura gazu będzie stała. W tej przemianie zmienia się objętość gazu, więc naczynie, w którym zawarty jest gaz musi to umożliwić. Może to być na przykład pojemnik z ruchomym tłokiem. Jak zapewnić stałą temperaturę? Ścianki pojemnika powinny dobrze przewodzić ciepło, a zmiany objętości musimy wykonywać bardzo powoli, aby temperatura gazu zdążyła wyrównać się z temperaturą otoczenia.

Gaz doskonały składa się z ogromnej liczby cząsteczek poruszających się chaotycznie we wszystkich kierunkach. Gdy cząsteczki zderzają się ze ściankami naczynia, wywierają na ścianki pewną siłę. Całkowita siła wywierana przez cząsteczki gazu przypadająca na jednostkę powierzchni to właśnie ciśnienie gazu. Kiedy gaz sprężamy, czyli zmniejszamy objętość, **gęstość** cząsteczek rośnie. Powoduje to wzrost liczby zderzeń na jednostkę powierzchni i ciśnienie ulega zwiększeniu. I odwrotnie, rozprężanie gazu powoduje, że liczba zderzeń cząsteczek ze ściankami naczynia zmniejsza się i ciśnienie maleje. Można postawić więc hipotezę, że:

Ciśnienie w przemianie izotermicznej jest odwrotnie proporcjonalne do objętości. Tę hipotezę możesz zweryfikować poprzez eksperyment.

Doświadczalnie wyznaczone wartości ciśnienia i objętości gazu w przemianie izotermicznej spełniają zależność: iloczyn ciśnienia i objętości gazu, $p \cdot V$, zmierzonych w dowolnym momencie przemiany, są jednakowe. Jeśli gaz przed przemianą izotermiczną miał objętość V_1 i ciśnienie p_1 , a po zakończeniu przemiany objętość V_2 i ciśnienie p_2 , to możemy zapisać:

$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2 \quad \text{lub} \quad \frac{p_1}{p_2} = \frac{V_2}{V_1}$$

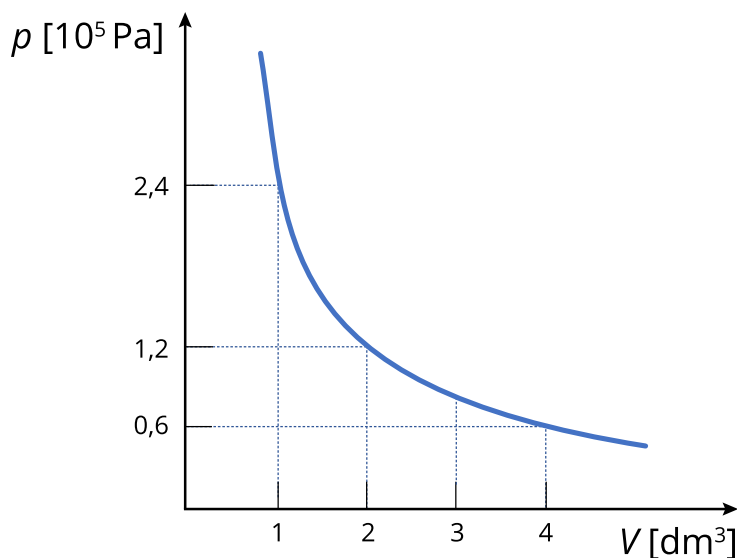
Prawo to po raz pierwszy sformułowali niezależnie od siebie Robert Boyle i Edme Mariotte w XVII w. Nosi ono nazwę **prawa Boyle’a–Mariotte’a**.

Odwrotna proporcjonalność oznacza, że jeśli objętość gazu wzrośnie dwukrotnie, to ciśnienie będzie po przemianie dwa razy mniejsze niż na początku. I odwrotnie, jeśli gaz sprężymy tak, że objętość zmaleje dziesięciokrotnie, ciśnienie gazu zwiększy się 10 razy.

Zależność ciśnienia od objętości w przemianie izotermicznej można przedstawić na wykresie o współrzędnych p i V . Jeśli początkowe ciśnienie i objętość wynoszą p_0 i V_0 , to

ciśnienie p i objętość V w dowolnym momencie podczas przemiany spełniają warunek:
 $p_0 \cdot V_0 = p \cdot V$, stąd mamy: $p = \frac{p_0 \cdot V_0}{V}$

Wykresem zależności ciśnienia od objętości w przemianie izotermicznej, zwanym izotermą, jest hiperbola (Rys. 1.).



Rys.1. Wykres zależności ciśnienia od objętości w przemianie izotermicznej

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

Słowniczek

ciśnienie hydrostatyczne

ciśnienie wywierane przez słup cieczy. Jeśli wysokość słupa cieczy wynosi h , a gęstość cieczy ρ , to ciśnienie hydrostatyczne $p_h = \rho \cdot g \cdot h$, gdzie g to przyspieszenie ziemskie. Jednostką ciśnienia w układzie SI jest paskal (Pa).

gęstość

masa zawarta w jednostce objętości. Gęstość wyraża się wzorem $\rho = \frac{m}{V}$, gdzie m – masa, V – objętość. Jednostką gęstości w układzie SI jest kg/m^3 .

Film (standardowy)

Przemiana izotermiczna - badanie doświadczalne

Polecenie 1

Obejrzyj film przedstawiający doświadczalne badanie przemiany izotermicznej. Zwróć uwagę na sposób wyznaczania poszczególnych parametrów gazu.

Polecenie 2

Wskaż właściwy sposób pomiaru poszczególnych parametrów gazu w doświadczeniu przedstawionym w filmie.

Ilość gazu jest w tym doświadczeniu ☐ nieznana i niemożliwa do ustalenia ☐
☐ nieznana, ale możliwa do ustalenia ☐ ☐ znana i mierzona bezpośrednio ☐
☐ znana i mierzona pośrednio ☐.

Temperatura gazu jest w tym doświadczeniu ☐ nieznana, ale ważne jest, by była stała ☐
☐ nieznana, ale jej wartość nie ma znaczenia dla analizy wyników ☐
☐ nieznana, ale jej wartość musi rosnać wraz z ciśnieniem gazu ☐
☐ znana i mierzona bezpośrednio ☐.

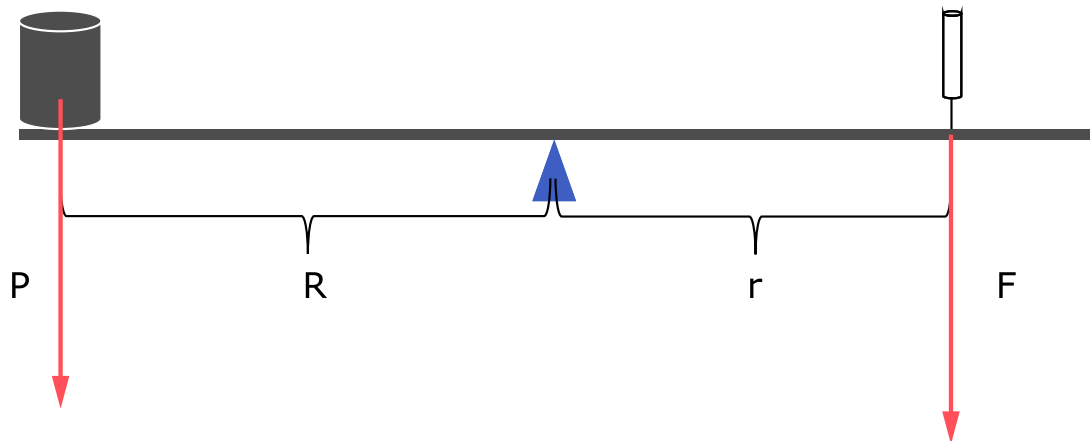
Ciśnienie gazu jest w tym doświadczeniu ☐ nieznane i niemożliwe do ustalenia ☐
☐ nieznane, możliwe do ustalenia, ale niepotrzebne ☐ ☐ mierzone bezpośrednio ☐
☐ znane i mierzone pośrednio ☐.

Objętość gazu jest w tym doświadczeniu ☐ nieznana, ale stała ☐
☐ nieznana, ale jej wartość nie ma znaczenia dla analizy wyników ☐
☐ znana i ustalona przez parametry strzykawki ☐
☐ mierzona przy każdej zmianie ciśnienia ☐

Polecenie 3

Wykorzystaj informacje zawarte w filmie i oblicz ciśnienie powietrza w strzykawce, gdy odległości r oraz R , o których mowa w filmie, są sobie równe.

Zapisz odczytane z filmu dane, wykorzystywane wzory oraz wynik w przygotowanym polu a następnie porównaj z rozwiązaniem wzorcowym.



Rys. 1. Zestaw doświadczalny do badania przemiany izotermicznej

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl>.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Wskaż wszystkie poprawne stwierdzenia spośród poniższych:

- ☐ W przemianie izotermicznej ciśnienie rośnie wraz ze wzrostem objętości
- ☐ W przemianie izotermicznej ciśnienie zmalało 2 razy, a objętość wzrosła 4 razy
- ☐ W przemianie izotermicznej objętość zmalała 3 razy, a ciśnienie wzrosło 3 razy
- ☐ W przemianie izotermicznej ciśnienie maleje wraz ze wzrostem objętości
- ☐ W przemianie izotermicznej temperatura zależy od objętości

Ćwiczenie 2



Gaz doskonały poddano przemianie izotermicznej i wyniki pomiarów objętości i ciśnienia zapisano w tabeli. Uzupełnij brakujące wartości.

Lp.	1	2	3	4	5
$V \text{ [m}^3\text{]}$	0,1	0,2	0,6		
$p \text{ [Pa]}$		$7,5 \cdot 10^5$		$1,5 \cdot 10^5$	$1,25 \cdot 10^5$

2,4

$2,5 \cdot 10^4$

1,5

0,8

$2,5 \cdot 10^5$

1

2

$1,5 \cdot 10^4$

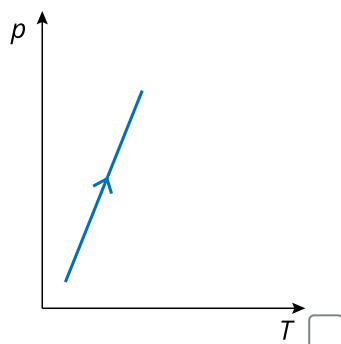
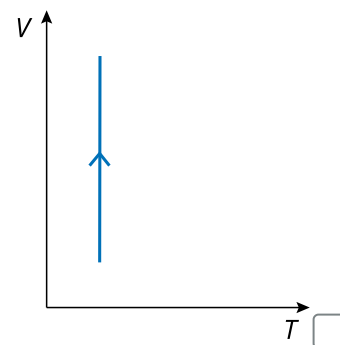
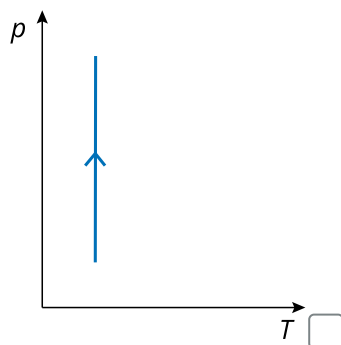
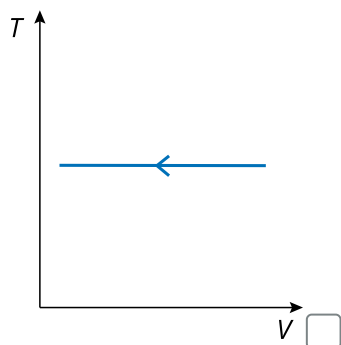
1,2

$1,5 \cdot 10^6$

Ćwiczenie 3



Przeanalizuj wykresy i wybierz te, które ilustrują izotermiczne sprężanie gazu doskonałego.



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

Ćwiczenie 4



Gaz doskonały poddano dwóm kolejnym przemianom izotermicznym. W pierwszej objętość wzrosła trzykrotnie, a drugiej objętość zmalała dwukrotnie.

a) Rozstrzygnij, czy ciśnienie w rezultacie tych przemian wzrosło, zmalało, czy pozostało takie samo.

☐ ciśnienie wzrosło

☐ ciśnienie pozostało takie samo

☐ ciśnienie zmalało

b) Oblicz stosunek ciśnienia końcowego po obu przemianach do ciśnienia początkowego.

☐ $\frac{p_2}{p_1} = \frac{2}{3}$

☐ $\frac{p_2}{p_1} = \frac{3}{2}$

☐ $\frac{p_2}{p_1} = \frac{1}{3}$

☐ $\frac{p_2}{p_1} = \frac{3}{4}$

Ćwiczenie 5



Gaz doskonały poddano dwóm kolejnym przemianom izotermicznym. W pierwszej objętość wzrosła o 30%, w drugiej – objętość zmalała o 30%.

a) Rozstrzygnij, czy ciśnienie w rezultacie tych przemian wzrosło, zmalało, czy pozostało takie samo.

☐ ciśnienie zmalało

☐ ciśnienie pozostało takie samo

☐ ciśnienie wzrosło

b) Oblicz ciśnienie końcowe, jeśli ciśnienie początkowe wynosiło $p_0 = 1000$ hPa.

☐ ciśnienie końcowe wynosi 1011,1 hPa

☐ ciśnienie końcowe wynosi 1000 hPa

☐ ciśnienie końcowe wynosi 1098,9 hPa

Ćwiczenie 6



W pionowo ustawionym cylindrze ze swobodnie poruszającym się tłokiem zamknięto gaz. Przed zamknięciem ciśnienie w cylindrze było równe ciśnieniu atmosferycznemu 1050 hPa. Następnie cylinder umieszczono w komorze o obniżonym ciśnieniu i tej samej temperaturze. Wskutek tego objętość gazu zwiększyła się o 20%. Oblicz ciśnienie p_x w komorze, jeśli ciśnienie atmosferyczne miało wartość $p_{\text{atm}} = 1050$ hPa, masa tłoka wynosiła $m = 1$ kg, a jego pole powierzchni $S = 10 \text{ cm}^2$. Przyjmij wartość przyspieszenia ziemskiego $g = 9,81 \text{ m/s}^2$.

Odpowiedź: hPa

353,85

535,85

585,35

383,55

838,65

858,65

Ćwiczenie 7



Wodór o masie m , ciśnieniu p_0 i objętości V_0 poddano izotermicznemu sprężaniu.

a) Sformułuj wzór, jakim wyraża się zależność gęstości ρ od ciśnienia p w dowolnym momencie podczas tej przemiany.

b) Określ, jaki charakter ma ta zależność.

☐ a) $\rho = \left(\frac{p \cdot V_0}{p_0} \right) \cdot m$

b) Gęstość jest odwrotnie proporcjonalna do ciśnienia.

☐ a) $\rho = \left(\frac{m}{p_0 \cdot V_0} \right) \cdot p$

b) Gęstość jest wprost proporcjonalna do ciśnienia.

☐ a) $\rho = \left(\frac{p \cdot V_0}{p_0} \right) \cdot m$

b) Gęstość jest wprost proporcjonalna do ciśnienia.

☐ a) $\rho = \left(\frac{m}{p_0 \cdot V_0} \right) \cdot p$

b) Gęstość jest odwrotnie proporcjonalna do ciśnienia.

Ćwiczenie 8



Pęcherzyk powietrza o średnicy $d = 1$ mm wydzielił się na dnie basenu o głębokości $h = 5$ m. Oblicz średnicę pęcherzyka, gdy dotrze on do powierzchni wody. Zakładamy, że temperatura wody w całej objętości basenu jest stała. Ciśnienie atmosferyczne wynosi $p_{\text{atm}} = 1000$ hPa, gęstość wody przyjmujemy $\rho = 1$ g/cm³, przyspieszenie ziemskie $g = 10$ m/s².

Odpowiedź: Średnica pęcherzyka zwiększy się do mm.

1,41

4,11

1,14

Dla nauczyciela

Imię i nazwisko autora:	Krystyna Wosińska
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	Czym jest przemiana izotermiczna gazów?
Grupa docelowa:	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres rozszerzony
Podstawa programowa:	Cele kształcenia - wymagania ogólne II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych. III. Planowanie i przeprowadzanie obserwacji lub doświadczeń oraz wnioskowanie na podstawie ich wyników. Zakres rozszerzony Treści nauczania - wymagania szczegółowe I. Wymagania przekrojowe. Uczeń: 6) tworzy teksty, tabele, diagramy lub wykresy, rysunki schematyczne lub blokowe dla zilustrowania zjawisk bądź problemu; właściwie skaluje, oznacza i dobiera zakresy osi; 7) wyodrębnia z tekstów, tabel, diagramów lub wykresów, rysunków schematycznych lub blokowych informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu; przedstawia te informacje w różnych postaciach; VI. Termodynamika. Uczeń: 9) stosuje pierwszą zasadę termodynamiki do analizy przemian gazowych; rozróżnia przemiany: izotermiczną, izobaryczną, izochoryczną i adiabatyczną gazów.
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 osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się. • kompetencje cyfrowe.

Cele operacyjne:	Uczeń: 1. zdefiniuje przemianę izotermiczną. 2. opíše sposób przeprowadzenia przemiany izotermicznej. 3. objaśni, jak zmienia się ciśnienie gazu wraz ze zmianami objętości w tej przemianie. 4. sformułuje prawo Boyle’a – Mariotte’a słowami. 5. sformułuje prawo Boyle’a – Mariotte’a równaniem. 6. zanalizuje i zinterpretuje zmiany wielkości użytych w powyższym równaniu. 7. objaśni jakościowo przyczynę zmian ciśnienia w przemianie izotermicznej. 8. skonstruuje wykres w układzie p-V dla przemiany izotermicznej.
Strategie nauczania:	strategia eksperymentalno-obszewacyjna
Metody nauczania:	Film edukacyjny lub przeprowadzenie doświadczenia, , burza mózgów, analiza pomysłów.
Formy zajęć:	praca w grupach
Środki dydaktyczne:	strzykawka lekarska o pojemności 10 – 20 cm ³ (zakorkowana), sztywna listwa z podpórką, odważnik 1 – 2 kg, linijka lub komputer z rzutnikiem lub tablety do dyspozycji każdego ucznia
Materiały pomocnicze:	e-materiały: „Ciśnienie hydrostatyczne w obliczeniach”, „Jaki jest związek pomiędzy temperaturą w skali Kelwina, a średnią energią ruchu cząsteczek gazu doskonałego”, „Jak wyznaczyć parametry gazu?”
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	
• Wprowadzenie zgodnie z treścią w części pierwszej „Czy to nie ciekawe?”. • Odwołanie do wiedzy uczniów o parametrach opisujących gaz.	
Faza realizacyjna:	

Nauczyciel opisuje gaz jako zbiór chaotycznie poruszających się cząsteczek.

Następnie stawia pytania:

1. Dlaczego gaz wywiera ciśnienie na ścianki naczynia?
2. Jak zmienia się liczba zderzeń cząsteczek ze ściankami, gdy sprężamy gaz?

Szukając odpowiedzi na te pytania uczniowie wraz z nauczycielem dochodzą do postawienia hipotezy o odwrotnej proporcjonalności ciśnienia i objętości gazu.

Uczniowie sprawdzają postawioną hipotezę, przeprowadzając doświadczenie opisane w części IV lub oglądając film przedstawiający doświadczenie badania przemiany izotermicznej. Na podstawie doświadczalnych zależności między ciśnieniem i objętością uczniowie formułują prawo rządzące przemianą izotermiczną i następnie konstruują wykres p - V dla tej przemiany.

Faza podsumowująca:

Uczniowie rozwiązują zadania 1, 3, 4 i 8 z multimedium II.

Uczniowie odpowiadają, w jakim stopniu osiągnęli postawione cele.

Praca domowa:

Zadania 2, 5, 6 i 7 z multimedium II.

**Wskazówki
metodyczne
opisujące różne
zastosowania
danego
multimedium:**

Jeśli nie ma możliwości wykonania doświadczenia podczas lekcji, należy wykorzystać na początku lekcji film edukacyjny. Zadania z multimedium II można potraktować jako zadania domowe lub niektóre z nich rozwiązać na lekcji.