



Czym jest przemiana izobaryczna gazów?

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

Czym jest przemiana izobaryczna gazów?

Czy to nie ciekawe?

Spośród wielu możliwych przemian gazu doskonałego szczególne znaczenie mają takie przemiany, w których jeden z parametrów jest stały. W tym materiale sprawdzisz, jak zmieniają się temperatura i objętość, gdy stałe jest ciśnienie gazu.

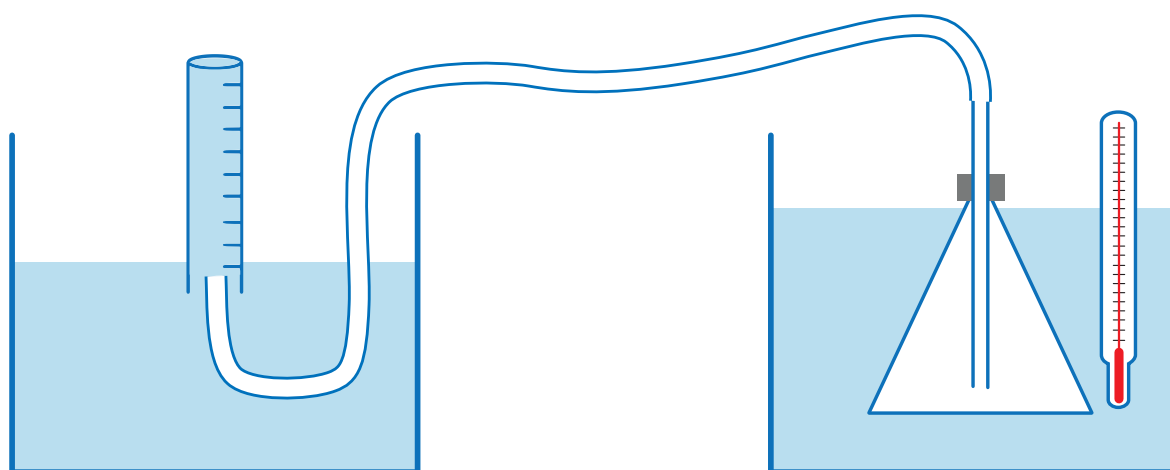
Twoje cele

- dowiesz się, czym jest przemiana izobaryczna,
- poznasz sposób przeprowadzenia przemiany izobarycznej,
- zrozumiesz, jak zmienia się objętość gazu wraz z temperaturą w tej przemianie,
- zrozumiesz różnicę między równaniem wyrażającym prawo Gay-Lussaca z temperaturą zapisaną w skali Celsjusza, a równaniem z temperaturą zapisaną w skali Kelvina,
- przeanalizujesz i zinterpretujesz zmiany wielkości użytych w tym równaniu,
- przeanalizujesz wykresy ilustrujące przemianę izobaryczną.

Przeczytaj

Warto przeczytać

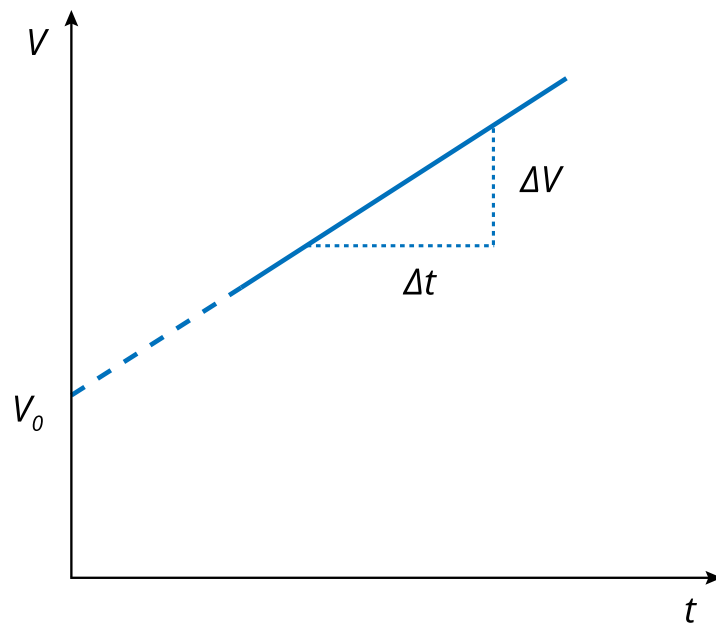
Przemiana izobaryczna to taka przemiana, w której ciśnienie gazu nie zmienia się. Stała jest również masa gazu, czyli gaz zamknięty jest w szczelnym pojemniku. W przemianie tej zmienia się temperatura i objętość gazu. Jak taką przemianę zrealizować? Gaz należy podgrzewać lub oziębiać przy zapewnieniu stałego ciśnienia. Może to być na przykład powietrze zamknięte w cienkiej rurce kropłą rtęci (tzw. rurka Meldego). Ciśnienie powietrza w rurce będzie zawsze równe sumie ciśnienia atmosferycznego i ciśnienia słupka rtęci. Inny sposób przeprowadzenia przemiany izobarycznej pokazano w filmie edukacyjnym. Zestaw doświadczalny przedstawia Rys. 1.



Rys. 1. Zestaw doświadczalny do badania przemiany izobarycznej

Menzurka została napełniona po brzegi wodą, a następnie odwrócona do góry dnem i zanurzona w zlewce z wodą. W drugiej zlewce z wodą umieszczono kolbę wypełnioną powietrzem i zamkniętą gumowym korkiem ze szklaną rurką w środku. Gaz zamknięty w kolbie rozszerza się, gdy zostaje ogrzany przez dolewanie do zlewki gorącej wody. Znajduje on ujście przez szklaną i plastikową rurkę do menzurki. Ciśnienie powietrza w kolbie jest stale równe ciśnieniu atmosferycznemu, jeśli tylko koniec plastikowej rurki będzie na poziomie powierzchni wody w drugiej zlewce. Przyrost objętości gazu spowodowany wzrostem temperatury jest równy objętości wody wypchniętej z menzurki. Celem doświadczenia jest zmierzenie zmian objętości dla kolejnych temperatur.

Interpretację przykładowych wyników doświadczalnych można przedstawić na wykresie zależności objętości od temperatury $V(t)$, (Rys. 2.).



Rys. 2. Pomiar objętości gazu przy zmiennej temperaturze pod stałym ciśnieniem. Do wyników, jak się okazuje, dobrze pasuje linia prosta.

Okazuje się, że punkty pomiarowe układają się wzdłuż linii prostej, więc szukamy równania prostej typu $y = ax + b$, gdzie zmiennej x odpowiada temperatura t , a zmiennej y – objętość V . Parametr b – określający punkt przecięcia wykresu z osią V – to w naszym przypadku objętość gazu w temperaturze 0°C , V_0 . Współczynnik kierunkowy oraz wyraz wolny równania prostej a obliczamy przez dopasowanie tzw. prostej najmniejszych kwadratów. Stąd mamy, dla dowolnego przyrostu temperatury, odpowiadający mu przyrost objętości ΔV (Rys. 2.). Równanie naszej prostej ma postać:

$$V = \frac{\Delta V}{\Delta t} t + V_0 \quad (1)$$

V_0 jest objętością gazu w temperaturze 0°C , przyrost objętości podczas ogrzewania gazu od 0°C do temperatury t wynosi $\Delta V = V - V_0$, a przyrost temperatury (w skali Celsjusza!), $\Delta t = t - 0^\circ \text{C} = t$.

Zauważmy, że przemiana izobaryczna polega na rozszerzaniu się gazu pod wpływem wzrostu temperatury. Można więc spróbować uzyskany w (1) iloraz przyrostów powiązać ze [współczynnikiem rozszerzalności objętościowej](#). Jest on oznaczany przez α i zdefiniowany jako

$$\alpha = \frac{\Delta V}{V_0 \Delta t}. \quad (3)$$

Wynik doświadczenia możemy więc zinterpretować jako

$$\Delta V = V_0 \alpha \Delta t. \quad (3)$$

i sformułować prawo przemiany izobarycznej:

W izobarycznej przemianie gazu przyrost objętości jest wprost proporcjonalny do przyrostu temperatury.

Prawo to, zwane prawem *Gay-Lussaca*, zostało sformułowane w 1802 r. na podstawie danych doświadczalnych opublikowanych przez francuskiego chemika i fizyka Gay-Lussaca.

Ale czy powiedzieliśmy cokolwiek o tym, *jaki gaz badamy?* Nie. Okazuje się, że dla gazów spełniających założenia modelu gazu doskonałego wartość współczynnika α jest w tym sensie uniwersalna, że nie zależy od badanego gazu.

Pozostaje problem drugiego parametru prostej przedstawionej na Rys. 2. – jej wyrazu wolnego. Jeśli spojrzymy na Rys. 2., zauważymy, że przedłużając prostą w kierunku malejących temperatur w końcu dotrzemy do miejsca, w którym objętość wynosi zero. Oczywiście stosowalność tego modelu kończy się wcześniej – np. kiedy gaz skropli się – niemniej, owo przedłużenie (zwane ekstrapolacją) jest uprawnione przynajmniej jako podstawa do zadawania dalszych pytań.

Znalezienie miejsca zerowego funkcji $V(t)$ ma swój sens: zobaczmy, że przesuwając t i pisząc

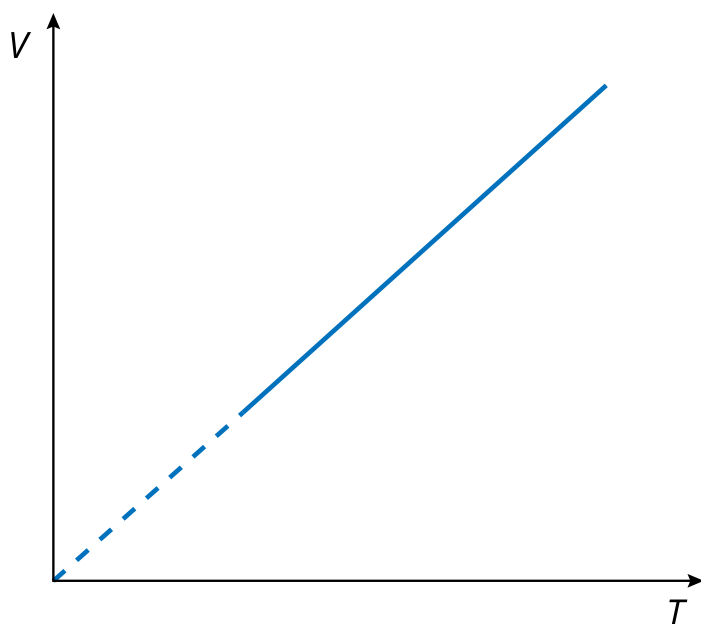
$$V(t + 1/\alpha) = V_0(t + 1/\alpha)$$

znajdujemy pewną nową skalę temperatur, $T = t + 1/\alpha$, dla której **objętość jest wprost proporcjonalna do temperatury**.

Okazuje się, że z pomocą tego przesunięcia trafiamy w miarę dokładnie z $T = 0$ w zero bezwzględne skali Kelvina! Innymi słowy, zarówno z doświadczenia, jak i z [równania Clapeyrona](#) da się pokazać, że $1/\alpha = 273,15\text{K}$. Tak więc

W przemianie izobarycznej objętość gazu jest wprost proporcjonalna do temperatury w skali Kelvina.

Wykres tej zależności przedstawia Rys. 3.



Rys. 3. Proces izobaryczny we współrzędnych (V, T)

Słowniczek

temperatura w skali Kelvina

(*ang.: absolute temperature*) - miara średniej energii kinetycznej cząsteczek.

Teoretycznie najniższa możliwa temperatura to 0 K, czyli $-273,15^{\circ}\text{C}$. Temperaturę w skali Kelvina T otrzymujemy dodając 273,15 K do temperatury w skali Celsjusza, tj.

$$T = (273,15 + t/^{\circ}\text{C})\text{K}.$$

współczynnik rozszerzalności objętościowej

(*ang.: thermal expansion coefficient*) - jest równy stosunkowi względnego przyrostu objętości $\frac{\Delta V}{V_0}$ do przyrostu temperatury Δt ,

$$\alpha = \frac{\Delta V}{V_0 \cdot \Delta t}.$$

przemiana izotermiczna

(*ang.: isothermal process*) - przemiana gazu, w której stała jest temperatura.

W przypadku gazu doskonałego jego objętość i ciśnienie są do siebie odwrotnie proporcjonalne $p \cdot V = \text{const}$.

równanie Clapeyrona

(*ang.: ideal gas law*) - równanie stanu opisujące związek pomiędzy temperaturą T , ciśnieniem p i objętością V gazu doskonałego,

$$\frac{p \cdot V}{T} = n \cdot R,$$

gdzie $R = 8,31 \text{ J}/(\text{K} \cdot \text{mol})$ nazywamy uniwersalną stałą gazową, n to liczba moli gazu.

Film (standardowy)

Badanie przemiany izobarycznej

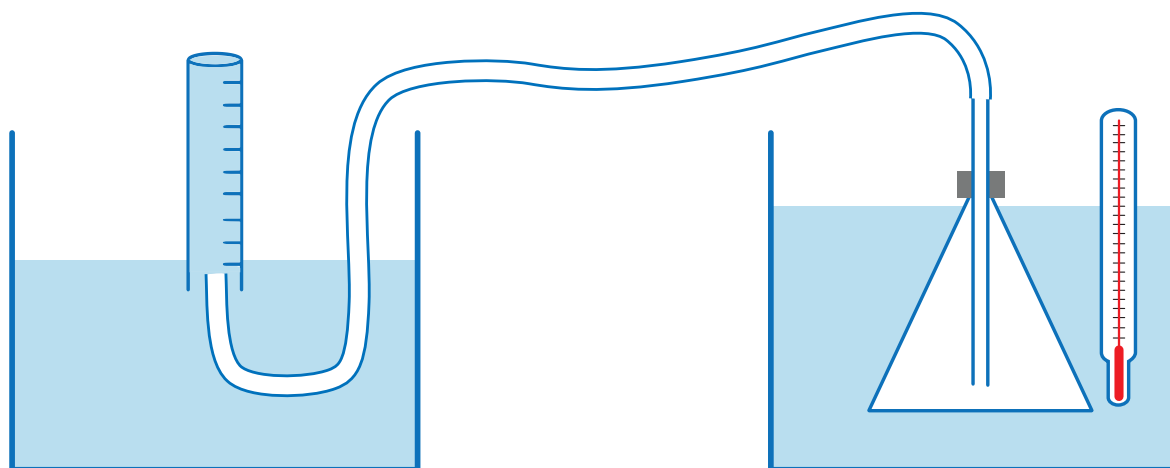
Obejrzyj film przedstawiający doświadczalne badanie przemiany izobarycznej, a jeśli to możliwe wykonaj doświadczenie (Polecenie 2.).

Polecenie 1

W doświadczeniu badano zależność między temperaturą a objętością powietrza przy stałym ciśnieniu. Pomiary obarczone są niepewnościami. Jakie są tego przyczyny?

Polecenie 2

Doświadczenie ma na celu ustalić zależność między temperaturą i objętością w przemianie izobarycznej. Przyrządy: menzurka o pojemności 25 cm^3 , dwie duże zlewki, kolba o pojemności $250 - 300\text{ cm}^3$ zamknięta gumowym korkiem ze szklaną rurką w środku, 30 cm przezroczystej plastikowej rurki, termometr. Układ doświadczalny przedstawia poniższy rysunek.



Do menzurki nalej do pełna wody i odwróconą do góry dnem zanurz w zlewce z wodą (po lewej stronie). Zwróć uwagę, aby w menzurce nad powierzchnią wody nie pozostało powietrze. Gaz zamknięty w kolbie będzie się rozszerzał, gdy zostanie ogrzany przez dolewanie gorącej wody do zlewki po prawej stronie. Znajdzie on ujście przez szklaną i plastikową rurkę do menzurki. Temperaturę zmień 6 – 7 razy w granicach 20 – 45 °C. Przyrost objętości gazu jest równy objętości wody wypchniętej z menzurki. Celem doświadczenia jest zmierzenie zmian objętości dla kolejnych temperatur.

Korzystając z wyników doświadczenia wykonaj wykres zależności objętości od temperatury $V(t)$.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Wskaż wszystkie prawdziwe stwierdzenia spośród poniższych:

☐

W przemianie izobarycznej temperatura w skali Kelvina T wzrosła 4 razy i objętość wzrosła 4 razy.

☐

W przemianie izobarycznej objętość maleje wraz ze zmniejszaniem się temperatury.

☐

W przemianie izobarycznej objętość zależy od temperatury.

☐

W przemianie izobarycznej objętość V jest wprost proporcjonalna do temperatury w skali Celsjusza t .

☐

W przemianie izobarycznej temperatura w skali Kelvina T zmalała 2 razy a objętość wzrosła 2 razy.

Ćwiczenie 2



Gaz doskonały poddano przemianie izobarycznej, następnie wyniki pomiarów objętości i temperatury zapisano w tabeli. Uzupełnij brakujące wartości.

V [cm³], T [K], 270, 55, 60, 300, 68, 70, 390

V [cm ³]			55
60	68		70
T [K]	270		
300			
390			

Ćwiczenie 3



Gaz o temperaturze $t = 15^\circ \text{C}$ i objętości $V = 0,1 \text{ m}^3$ poddano przemianie izobarycznej, w wyniku której temperatura wzrosła o 60°C . Oblicz końcową objętość gazu.

Odpowiedź: Końcowa objętość gazu wynosi m³.

Ćwiczenie 4



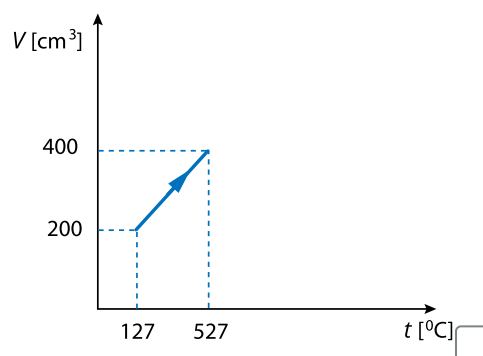
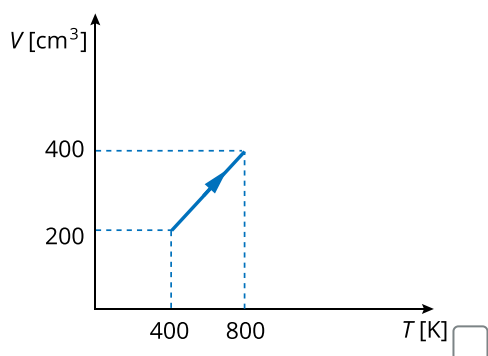
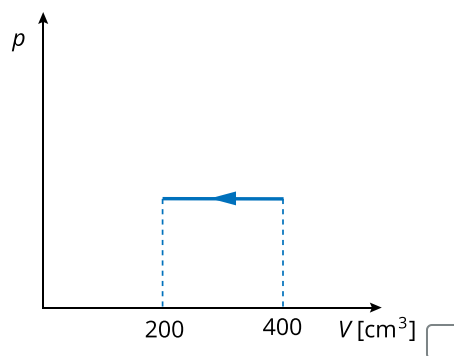
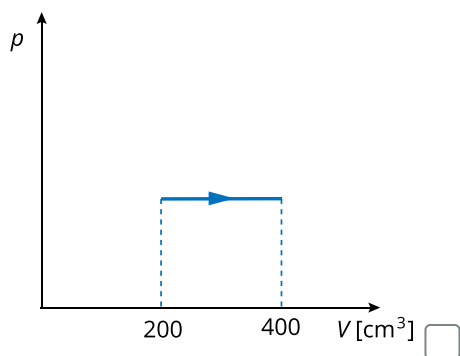
Gaz o początkowej temperaturze $T = 350$ K w przemianie izobarycznej zmniejszył swoją objętość o 25%. Oblicz temperaturę końcową.

Odpowiedź: Końcowa temperatura gazu wynosi K.

Ćwiczenie 5



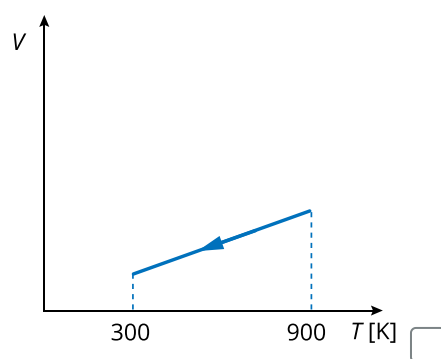
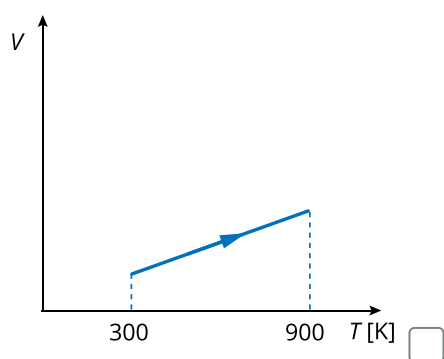
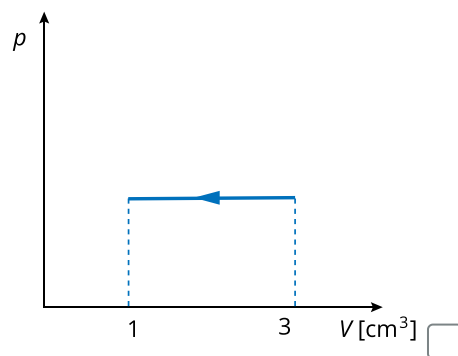
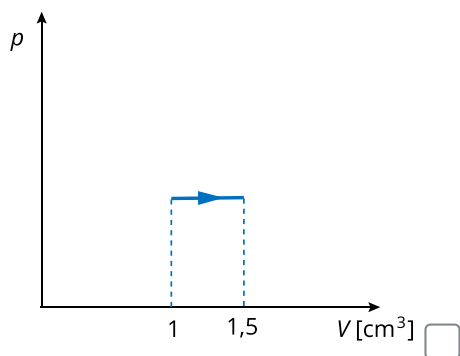
Gaz poddano przemianie izobarycznej, w której objętość wzrosła od 200 cm^3 do 400 cm^3 . Wybierz wykresy, które ilustrują taką przemianę.

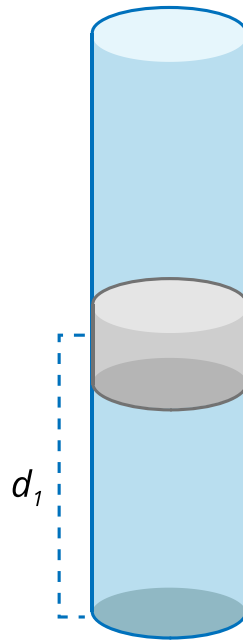


Ćwiczenie 6



Gaz poddano przemianie izobarycznej, w której temperatura zmalała od 627°C do 27°C . Wybierz wykresy, które ilustrują tę przemianę.





W cienkiej szklanej rurce zamknięto kroplą rtęci słupkę powietrza. Rurkę ustawiono pionowo, jak na rysunku. Przy temperaturze otoczenia $t_1 = -20\text{ }^{\circ}\text{C}$ długość słupka powietrza wynosiła $d_1 = 12\text{ cm}$. Gdy temperatura wzrosła do $t_2 = 45\text{ }^{\circ}\text{C}$, kropla rtęci zmieniła swoje położenie. Ciśnienie atmosferyczne pozostało stałe.

- a) Odpowiedz, jaka zaszła przemiana i uzasadnij swoją tezę.
- b) Oblicz długość słupka powietrza przy temperaturze t_2 .

Odpowiedź:

b) $t_2 =$ cm

Dla nauczyciela

Imię i nazwisko autora:	Krystyna Wosińska
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	Czym jest przemiana izobaryczna gazów?
Grupa docelowa:	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres rozszerzony
Podstawa programowa:	Cele kształcenia - wymagania ogólne III. Planowanie i przeprowadzanie obserwacji lub doświadczeń oraz wnioskowanie na podstawie ich wyników. Zakres rozszerzony Treści nauczania wymagania szczegółowe I. Wymagania przekrojowe. Uczeń: 10) przeprowadza wybrane obserwacje, pomiary i doświadczenia korzystając z ich opisów; planuje i modyfikuje ich przebieg; formułuje hipotezę i prezentuje kroki niezbędne do jej weryfikacji; 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 cyfrowe, • kompetencje w zakresie umiejętności uczenia się.

Cele operacyjne:	Uczeń: 1. definiuje przemianę izobaryczną. 2. prezentuje sposób przeprowadzenia przemiany izobarycznej. 3. podaje, jak zmienia się objętość gazu wraz ze zmianami temperatury w tej przemianie. 4. wskazuje różnicę między równaniem wyrażającym prawo Gay-Lussaca z temperaturą zapisaną w skali Celsjusza, a równaniem z temperaturą zapisaną w skali Kelvina. 5. analizuje i interpretuje zmiany wielkości użytych w tym równaniu. 6. analizuje wykresy ilustrujące przemianę izobaryczną.
Strategie nauczania:	Strategia eksperymentalno-obszernyjna (dostrzeganie i definiowanie problemów).
Metody nauczania:	Film edukacyjny lub przeprowadzenie doświadczenia, wykład informacyjny.
Formy zajęć:	Praca w grupach.
Środki dydaktyczne:	Menzurka o pojemności 25 cm ³ , dwie duże zlewki, kolba o pojemności 250 – 300 cm ³ zamknięta gumowym korkiem ze szklaną rurką w środku, 30 cm przezroczystej, plastikowej rurki, termometr lub komputer z rzutnikiem lub tablety do dyspozycji każdego ucznia.
Materiały pomocnicze:	e-materiał „Jak wyznaczyć parametry gazu?”
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	
- Wprowadzenie zgodnie z treścią we wstępie, - Odwołanie do wiedzy uczniów o parametrach opisujących gaz.	
Faza realizacyjna:	
Nauczyciel definiuje przemianę izobaryczną i przedstawia sposoby jej przeprowadzenia. Uczniowie wraz z nauczycielem przeprowadzają doświadczenie opisane w filmie albo poprzestają na obejrzeniu filmu. Uczniowie pod kierunkiem nauczyciela ustalają równanie opisujące doświadczalną zależność objętości od temperatury w skali Celsjusza. Nauczyciel wprowadza pojęcie współczynnika rozszerzalności cieplnej gazu, a następnie uczniowie przekształcają otrzymane równanie, aby temperaturę wyrazić w skali Kelvina. Uczniowie analizują otrzymane równanie i dochodzą do wniosku, że w przemianie izobarycznej objętość gazu jest wprost proporcjonalna do temperatury w skali Kelvina.	

Faza podsumowująca:	
Uczniowie formułują prawo Gay-Lussaca. Uczniowie rozwiązują zadania 1, 3, 5 i 7 z zestawu ćwiczeń. Uczniowie oceniają, w jakim stopniu osiągnęli postawione cele.	
Praca domowa:	
Zadania 2, 4, 6 i 8 z zestawu ćwiczeń.	
Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania danego multimedium:	Jeśli nie ma możliwości wykonania doświadczenia podczas lekcji, należy wykorzystać na początku lekcji film edukacyjny.