



## Przemiany gazu doskonałego – powtórzenie

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Film \(standardowy\)](#)
- [Grafika interaktywna](#)
- [Dla nauczyciela](#)

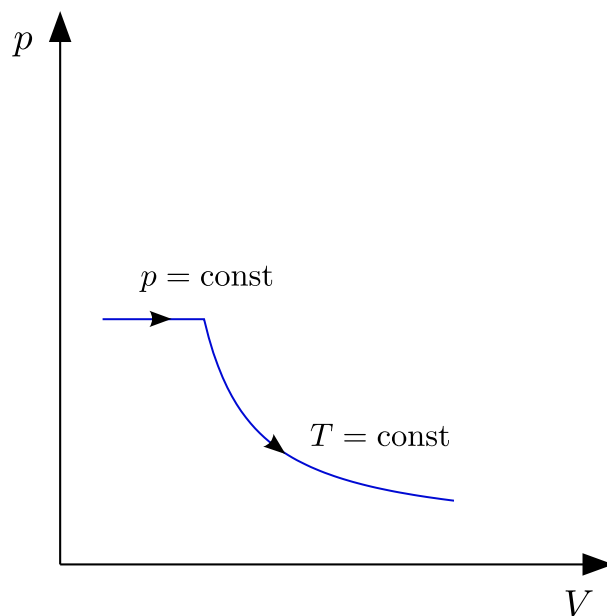


## Przemiany gazu doskonałego – powtórzenie

Źródło: dostępny w internecie: <https://www.istockphoto.com/pl/zdj%C4%99cie/gaz-gm111891833-15442879> [dostęp 3.07.2019].

### Czy to nie ciekawe?

Stan gazu określają trzy parametry: temperatura, ciśnienie i objętość. W przemianach gazowych te parametry mogą zmieniać się. Wyróżnione są takie przemiany, w których jeden z parametrów jest stały, czyli przemiany: izotermiczna, izobaryczna i izochoryczna. Gdy podczas przemiany gaz nie wymienia ciepła z otoczeniem, mówimy o przemianie adiabatycznej. W tym materiale zbierzemy najważniejsze informacje dotyczące tych przemian.



Rys. a. Zmiany parametrów gazu podczas kolejnych przemian: izobarycznej i izotermicznej.

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

### Twoje cele

Pracując z tym e-materiałem:

- przypomnisz sobie równanie Clapeyrona opisujące stan gazu doskonałego,
- korzystając z równania Clapeyrona, wyprowadzisz równania opisujących przemiany gazowe: izotermiczną, izobaryczną i izochoryczną,
- przeanalizujesz przyczynę zmian parametrów gazu w tych przemianach,
- rozpoznasz przyczynę zmian parametrów gazu w przemianie adiabatycznej.

# Przeczytaj

---

## Warto przeczytać

Stan gazu doskonałego opisuje jedno równanie zwane równaniem stanu gazu lub równaniem Clapeyrona:

$$\frac{pV}{T} = nR .$$

gdzie  $p$  to ciśnienie gazu,  $V$  - jego objętość,  $T$  - temperatura w skali bezwzględnej,  $n$  - liczba moli gazu, a  $R = 8,31 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$  nazywamy stałą gazową. Liczbę moli to iloraz masy gazu  $m$  i masy molowej  $M$ :

$$n = \frac{m}{M} .$$

Jeśli dana jest masa gazu, równanie Clapeyrona przybiera postać:

$$\frac{pV}{T} = \frac{mR}{M} .$$

Z równania Clapeyrona możemy wyprowadzić prawa rządzące przemianami, w których jeden z parametrów gazu jest stały. We wszystkich przypadkach będziemy zakładać, że nie zmienia się ilość gazu.

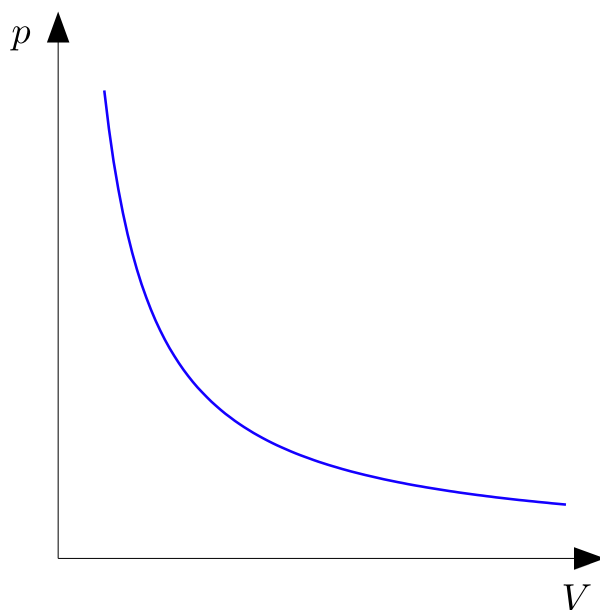
W **przemianie izotermicznej** temperatura jest stała. Wobec tego

$$pV = nRT = \text{const} ,$$

czyli otrzymujemy prawo Boyle'a-Mariotte'a, które mówi, że ciśnienie i objętość są do siebie odwrotnie proporcjonalne:

$$p \sim 1/V .$$

Wykresem zależności ciśnienia od objętości w przemianie izotermicznej jest więc hiperbola (Rys. 1.).



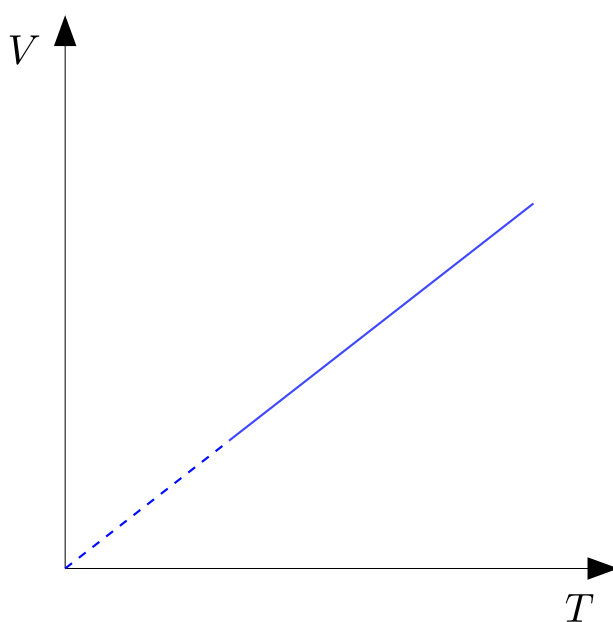
Rys. 1. Wykres zależności ciśnienia od objętości w przemianie izotermicznej.

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

W **przemianie izobarycznej** stałe jest ciśnienie. Przekształcając równanie Clapeyrona, otrzymujemy:

$$\frac{V}{T} = \frac{nR}{p} = \text{const.},$$

czyli prawo Gay-Lussaca mówiące, że objętość jest wprost proporcjonalna do temperatury w skali bezwzględnej. Wykres zależności objętości od temperatury to linia prosta, której przedłużenie przechodzi przez punkt przecięcia osi (Rys. 2.).



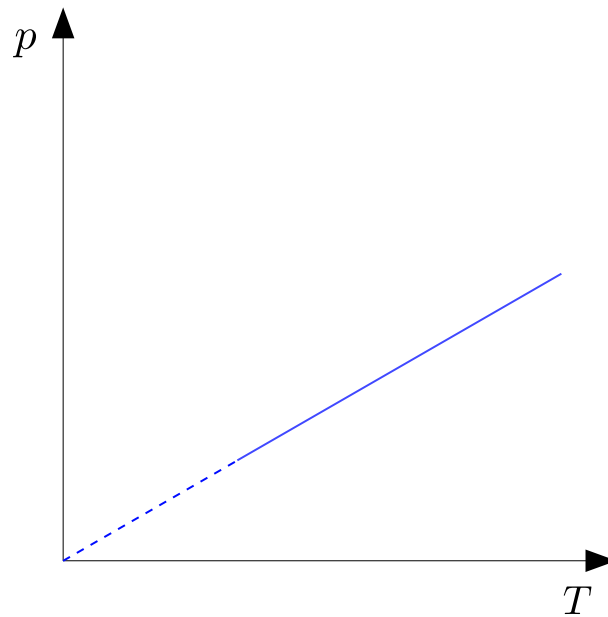
Rys. 2. Zależność objętości gazu od temperatury w skali bezwzględnej w przemianie izobarycznej.

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

W **przemianie izochorycznej** stała jest objętość gazu. Z równania Clapeyrona otrzymujemy zatem

$$\frac{p}{T} = \frac{nR}{V} = \text{const.}$$

Ciśnienie jest tu więc wprost proporcjonalne do temperatury w skali bezwzględnej; jest to treść prawa Charles'a. Wykresem zależności ciśnienia od temperatury w skali bezwzględnej w przemianie izochorycznej jest linia prosta (Rys. 3.).



Rys. 3. Zależność ciśnienia gazu od temperatury w skali bezwzględnej w przemianie izochorycznej.

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

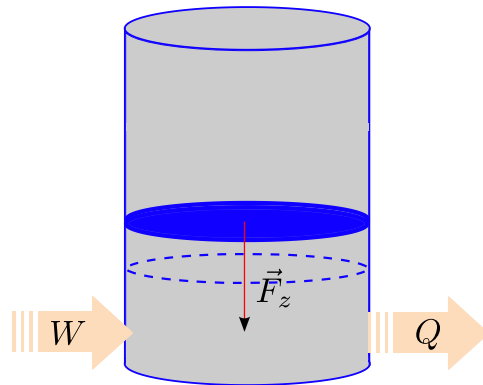
Jak widać, z równania Clapeyrona można w prosty sposób otrzymać równania opisujące przemiany, w których masa gazu oraz jeden z parametrów stanu jest stały. Jednak znajomość równań nie wystarczy, by zrozumieć dane zjawisko. Dobrze wiesz, że zapomniane równanie można bardzo szybko znaleźć w Internecie. Jednak bez zrozumienia znaczenia tego równania nie na wiele się ono przyda. Przeanalizujmy więc przyczyny zmian parametrów w poszczególnych przemianach.

Zacznijmy od przypomnienia, czym jest temperatura i ciśnienie gazu.

**Temperatura** jest miarą średniej energii kinetycznej cząsteczek. Wzrost temperatury oznacza, że cząsteczki poruszają się coraz szybciej i zwiększa się przy tym energia wewnętrzna, która jest sumą energii kinetycznych i potencjalnych wszystkich cząsteczek układu.

**Ciśnienie** to średnia siła, jaką działają cząsteczki gazu podczas zderzeń ze ściankami naczynia, podzielona przez powierzchnię tych ścianek.

Aby poddać gaz **przemianie izotermicznej**, należy przy stałej temperaturze zmienić objętość gazu, na przykład sprężyć gaz, przesuując tłok w dół (Rys. 4a.). Siła popychająca tłok wykonuje pracę, przekazując energię cząsteczkom gazu. Tyle samo energii gaz musi oddawać otoczeniu w postaci ciepła, aby **energia wewnętrzna** gazu (a zatem i temperatura) pozostała niezmienna.

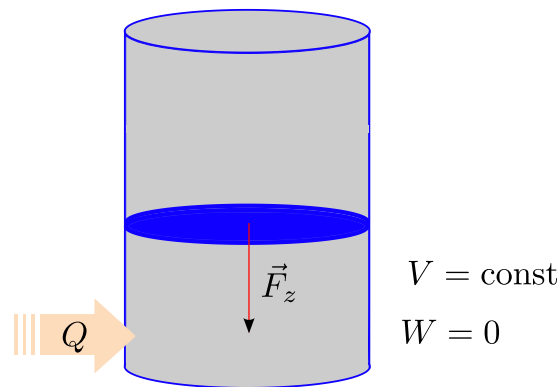


Rys. 4a. Izotermiczne sprężanie gazu doskonałego. Siła zewnętrzna  $\vec{F}_z$  wykonuje pracę, a ciepło jest oddawane przez układ. Energia wewnętrzna nie zmienia się.

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

Jak wyjaśnić zwiększanie się ciśnienia, gdy maleje objętość gazu? Podczas sprężania cząsteczki uderzają w ścianki średnio z taką samą siłą, bo średnia energia kinetyczna cząsteczek nie zmienia się. Zmniejsza się jednak pole powierzchni ścianek. Na jednostkę powierzchni ścianek przypada więc coraz więcej uderzeń cząsteczek w miarę sprężania gazu i dlatego ciśnienie rośnie.

Z **przemianą izochoryczną** mamy do czynienia, gdy gaz zamknięty jest w naczyniu o stałej objętości. Praca w tej przemianie równa jest zeru. Aby zrealizować przemianę izochoryczną, należy zmienić temperaturę gazu, na przykład go podgrzać.

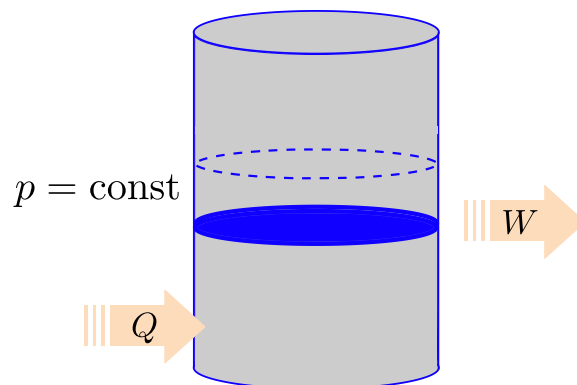


Rys. 4b. Izochoryczne ogrzewanie gazu. Siła zewnętrzna  $\vec{F}_z$  nie wykonuje pracy ( $V = \text{const}$ ). Dostarczona energia cieplna jest równa przyrostowi energii wewnętrznej gazu.

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

Dostarczamy wtedy energię cieplną, która w całości zamieniana jest na zwiększanie się energii wewnętrznej gazu, a więc i temperatury. Cząsteczki poruszające się z większą średnią energią kinetyczną uderzają z większą siłą podczas zderzeń ze ściankami, co skutkuje zwiększeniem ciśnienia gazu.

Aby zrealizować **przemianę izobaryczną**, należy gaz podgrzewać lub oziębiać przy zapewnieniu stałego ciśnienia.



Rys. 4c. Izobaryczne ogrzewanie gazu. Energia cieplna przekazana do gazu podczas ogrzewania zamienia się na wzrost energii wewnętrznej gazu oraz na pracę wykonaną przez gaz podczas rozszerzania się.

Może to być na przykład gaz w naczyniu z ruchomą pokrywą (Rys. 4c.) lub powietrze zamknięte w cienkiej rurce kroplą rtęci (tzw. rurka Meldego). Ciśnienie powietrza w rurce będzie zawsze równe sumie ciśnienia atmosferycznego i ciśnienia wywieranego przez słupek rtęci. Energia cieplna przekazana do gazu podczas ogrzewania zamienia się na wzrost energii wewnętrznej gazu, a więc i temperatury, oraz na pracę wykonaną przez gaz podczas rozszerzania się. Podgrzewany gaz rozszerza się, ponieważ cząsteczki poruszające się coraz szybciej wypychają rtęć i zajmują coraz więcej przestrzeni.

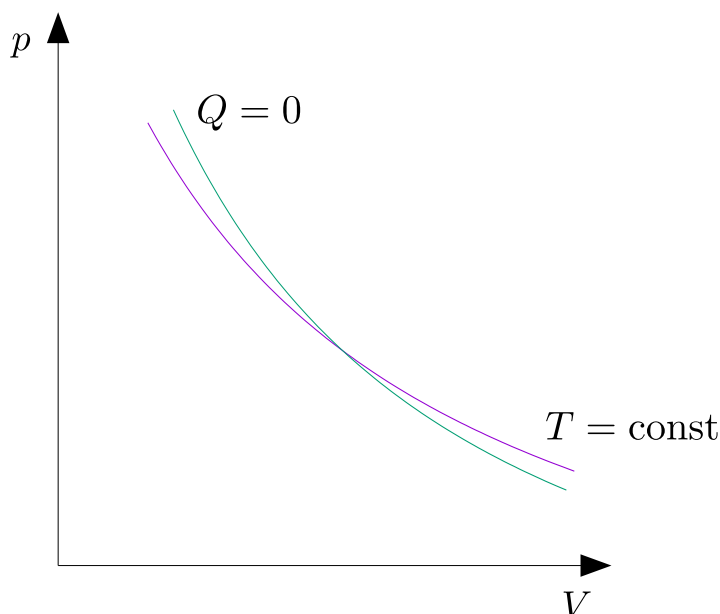
W przemianie **adiabaticznej**, zachodzącej **bez wymiany ciepła z otoczeniem**, zmieniają się wszystkie trzy parametry stanu: objętość, temperatura i ciśnienie. Rozważmy rozprężanie gazu izolowanego cieplnie od otoczenia. Gaz zwiększający swoją objętość, na przykład przez popychanie tłoka, wykonuje pracę kosztem swojej energii wewnętrznej. **Energia wewnętrzna**, a wraz z nią temperatura zmniejsza się. Maleje też ciśnienie. Zmniejszanie się ciśnienia jest szybsze niż podczas rozprężania izotermicznego.

Do spadku ciśnienia przyczyniają się bowiem dwa czynniki:

1. Zmniejsza się liczba cząsteczek uderzających jednostkową powierzchnię ścianek.
2. Zmniejsza się średnia energia kinetyczna cząsteczek, a więc i średnia siła, z jaką oddziałują ze ściankami podczas zderzeń.

Podczas adiabaticznego sprężania gazu praca wykonywana przez siłę zewnętrzną w całości zamieniana jest na wzrost energii wewnętrznej gazu. Zwiększa się wtedy zarówno temperatura, jak i ciśnienie gazu.

W przemianie adiabaticznej ciśnienie zmienia się szybciej wraz ze zmianą objętości niż w przemianie izotermicznej (Rys. 5.).



Rys. 5. Wykres przedstawia zależność ciśnienia od objętości w przemianie adiabatycznej ( $Q = 0$ ) oraz izotermicznej ( $T = \text{const}$ ).

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

## Słowniczek

### Energia wewnętrzna

(*ang.: internal energy*) – suma energii kinetycznych i potencjalnych wszystkich cząsteczek ciała. Energia wewnętrzna gazu jest wprost proporcjonalna do temperatury w skali bezwzględnej.

## Film (standardowy)

---

### Przemiany gazu doskonałego – powtórzenie

Obejrzyj 4 filmy, przedstawiające przemiany: izotermiczną, izobaryczną, izochoryczną i adiabatyczną i wykonaj polecenia.

Trwa wczytywanie danych ..

Film dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/D13kL9ZP2>

Przemiana izotermiczna

Zapoznaj się z audiodeskrypcją filmu.

---

Trwa wczytywanie danych ..

Film dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/D13kL9ZP2>

Przemiana adiabatyczna

Zapoznaj się z audiodeskrypcją filmu.

---

# Trwa wczytywanie danych ..

Film dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/D13kL9ZP2>

Przemiana izobaryczna

Zapoznaj się z audiodeskrypcją filmu.

---

# Trwa wczytywanie danych ..

Film dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/D13kL9ZP2>

Przemiana izochoryczna

Zapoznaj się z audiodeskrypcją filmu.

---

## Polecenie 1

## Polecenie 2

Podczas izobarycznego rozprężania gaz pobiera ciepło. Wyjaśnij i zapisz, na jakie formy energii zamienia się to ciepło.

## Polecenie 3

# Grafika interaktywna

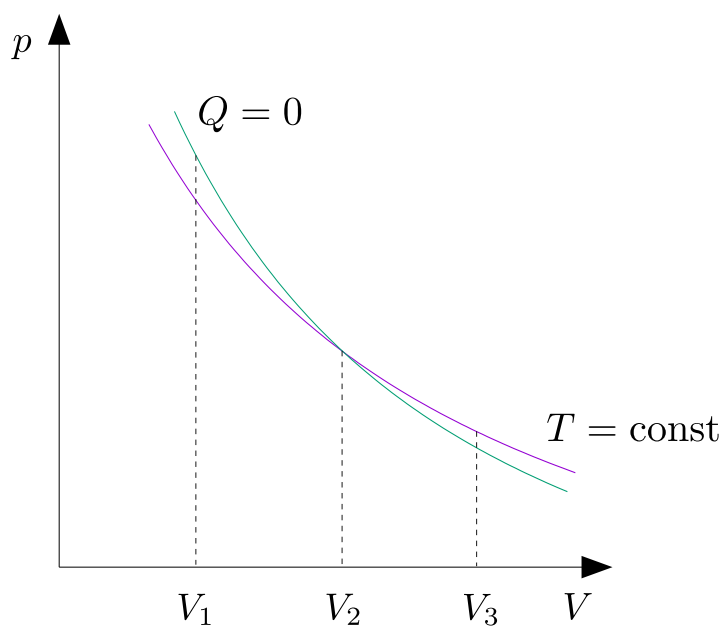
## Przemiany gazu doskonałego – powtórzenie

Grafika interaktywna ilustruje, jak obliczyć pracę wykonaną przez gaz podczas zmiany objętości. Obejrzyj grafikę interaktywną i wykonaj ćwiczenia.

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

### Ćwiczenie 1

Przeanalizuj wykresy przedstawiające przemianę izotermiczną i adiabatyczną i wybierz wszystkie prawdziwe stwierdzenia:



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

## Ćwiczenie 2

Siła zewnętrzna wykonuje pracę sprężając gaz od objętości  $V_1$  do objętości  $V_2$ . Na jaką formę energii zamienia się ta praca w przemianie:

- a) izotermicznej,
- b) adiabatycznej.

# Dla nauczyciela

<b>Imię i nazwisko autora:</b>	Krystyna Wosińska
<b>Przedmiot:</b>	Fizyka
<b>Temat zajęć:</b>	<b>Przemiany gazu doskonałego – powtórzenie</b>
<b>Grupa docelowa:</b>	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres rozszerzony
<b>Podstawa programowa:</b>	<b>Cele kształcenia – wymagania ogólne</b> <b>Zakres rozszerzony</b> <b>Treści nauczania – wymagania szczegółowe</b> VI. Termodynamika. Uczeń: 9) stosuje pierwszą zasadę termodynamiki do analizy przemian gazowych; rozróżnia przemiany: izotermiczną, izobaryczną, izochoryczną i adiabatyczną gazów.
<b>Kształtowane kompetencje kluczowe:</b>	<b>Zalecenia Parlamentu Europejskiego i Rady UE z 2018 r.:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• kompetencje w zakresie rozumienia i tworzenia informacji,</li><li>• kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii,</li><li>• kompetencje cyfrowe,</li><li>• kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się.</li></ul>
<b>Cele operacyjne:</b>	Uczeń: <ol style="list-style-type: none"><li>1. przypomni równanie Clapeyrona opisujące stan gazu doskonałego;</li><li>2. korzystając z równania Clapeyrona, wyprowadzi równania opisujące przemiany gazowe: izotermiczną, izobaryczną i izochoryczną;</li><li>3. przeanalizuje przyczynę zmian parametrów gazu w tych przemianach;</li><li>4. przeanalizuje przyczynę zmian parametrów gazu w przemianie adiabatycznej.</li></ol>
<b>Strategie nauczania:</b>	strategia eksperymentalno-obszernyjna (dostrzeganie i definiowanie problemów)
<b>Metody nauczania:</b>	wykład informacyjny, pokaz multimedialny, analiza pomysłów

<b>Formy zajęć:</b>	praca w grupach, praca indywidualna
<b>Środki dydaktyczne:</b>	komputer z rzutnikiem lub tablety do dyspozycji każdego ucznia
<b>Materiały pomocnicze:</b>	„Czym jest przemiana izotermiczna gazów?”, „Czym jest przemiana izobaryczna gazów?”, „Czym jest przemiana izochoryczna gazów?”, „Czym jest przemiana adiabatyczna gazów?”
<b>PRZEBIEG LEKCJI</b>	
<b>Faza wprowadzająca:</b>	
Wprowadzenie zgodnie z treścią w części pierwszej „Czy to nie ciekawe?”. Uczniowie przypominają postać i sens równania Clapeyrona.	
<b>Faza realizacyjna:</b>	
Uczniowie z równania Clapeyrona wyprowadzają równania opisujące przemiany, w których jeden z parametrów jest stały. Otrzymane równania i odpowiednie wykresy zależności parametrów gazu w tych przemianach zapisują na tablicy. Uczniowie dyskutują o przyczynach zmian parametrów oraz o bilansie energii w poszczególnych przemianach. Na koniec uczniowie z pomocą nauczyciela omawiają przebieg przemiany adiabatycznej, rozważając przyczyny zmian temperatury i ciśnienia podczas zmian objętości gazu. Uczniowie oglądają 4 filmy, przedstawiające przemiany: izotermiczną, izobaryczną, izochoryczną i adiabatyczną oraz grafikę interaktywną.	
<b>Faza podsumowująca:</b>	
Uczniowie w grupach rozwiązują zadania związane z multimediami i dyskutują odpowiedzi na forum klasy.	
<b>Praca domowa:</b>	
Uczniowie rozwiązują zadania, których nie udało się rozwiązać na lekcji.	
<b>Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania danego multimedium</b>	Multimedia można wykorzystać na lekcji i połączyć z wykonaniem zadań tam zawartych oraz przedyskutowaniem wyników. Mogą też być wykorzystane przez uczniów poza lekcjami do powtórzenia i utrwalenia wiadomości.