



Czym jest przemiana adiabatyczna gazów?

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



Czym jest przemiana adiabatyczna gazów?

Czy to nie ciekawe?

Przemiana adiabatyczna to taka przemiana, w której układ nie wymienia ciepła z otoczeniem. O takich układach mówimy, że są izolowane cieplnie i często spotykamy je w życiu codziennym. Być może zauważyliście, że podczas pompowania dętki rowerowej pompka nagrzewa się. Gdy zaś otwieramy ciepły napój gazowany, jego temperatura wyraźnie się obniża. Zjawiska te można łatwo wyjaśnić korzystając z pojęć: „przemiany adiabatycznej” i „układu izolowanego”. Warto jednak zaznaczyć, że chociaż same w sobie pojęcia te są proste do zdefiniowania, a fizycy chętnie się do nich odwołują, tworząc i testując różne modele teoretyczne, to prawdą jest, że zaplanowanie i przeprowadzenie doświadczenia, w którym można byłoby np. zmierzyć, jak zmieniają się parametry gazu podczas przemiany adiabatycznej, do najłatwiejszych nie należy. O tym wszystkim opowiemy w tym e-materiale.



Rys. a. Butelkowana woda gazowana ochładza się, gdy uwalniamy gaz. [źr.: pixabay.com]

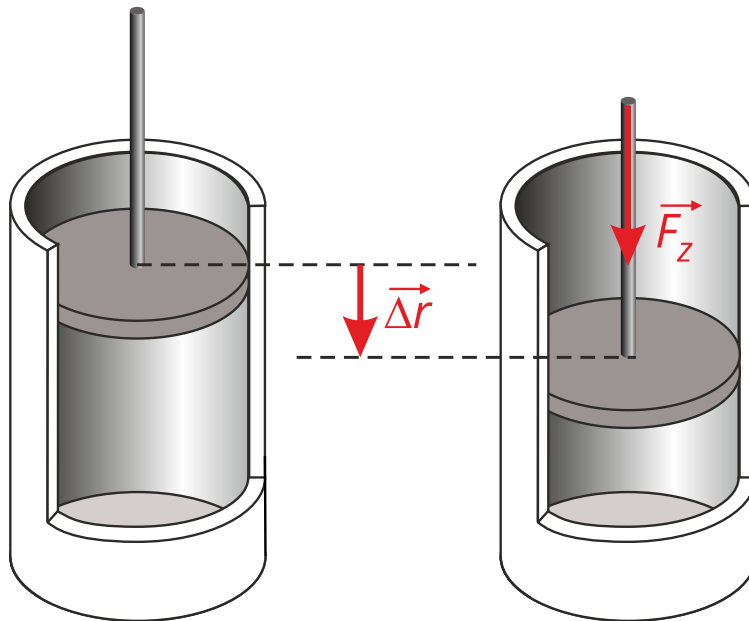
Twoje cele

- dowiesz się, czym jest przemiana adiabatyczna,
- zaproponujesz sposoby jej realizacji,
- wyjaśnisz, dlaczego temperatura i ciśnienie gazu zależą od jego objętości,
- wyjaśnisz, dlaczego ciśnienie w przemianie adiabatycznej zmienia się szybciej niż w przemianie izotermicznej,
- przeanalizujesz i zinterpretujesz wykresy przemian gazowych: adiabatycznej i izotermicznej.

Przeczytaj

Warto przeczytać

Wyobraźmy sobie **gaz doskonały** zamknięty w pojemniku z ruchomym tłokiem i o ściankach nieprzewodzących ciepła (Rys. 1.). W jaki sposób zmienia się temperatura i ciśnienie gazu, gdy w procesie adiabatycznym (bez wymiany ciepła z otoczeniem) zmniejszymy jego objętość?



Rys 1. Adiabatyczne sprężanie gazu. Siła zewnętrzna $\vec{F}_z$ przesuując tłok o $\vec{\Delta r}$ wykonuje pracę o wartości $W = F_z \cdot \Delta r$. Ponieważ gaz nie wymienia ciepła z otoczeniem ($Q = 0$), praca ta powoduje zwiększenie energii wewnętrznej gazu o $\Delta U = W$.

Aby sprężyć gaz musimy do tłoka przyłożyć pewną siłę zewnętrzną $\vec{F}_z$, która przesunie tłok o $\vec{\Delta r}$. Podczas sprężania gazu siła ta wykona pracę $W = \vec{F}_z \cdot \vec{\Delta r} = F_z \Delta r \cos \alpha = F_z \Delta r$ (gdzie $\alpha = 0^\circ$ jest kątem między wektorami $\vec{F}_z$ i $\vec{\Delta r}$), która zgodnie z **pierwszą zasadą termodynamiki** spowoduje przyrost energii wewnętrznej gazu: $\Delta U = W$.

Zastanówmy się teraz, jakie zmiany nastąpią w gazie podczas adiabatycznego sprężania na poziomie mikroskopowym. Gdybyśmy wystarczająco dobrze powiększyli obszar w pobliżu tłoka zaobserwowalibyśmy, że przesuwany się tłok uderza cząsteczki gazu, nadając im dodatkową energię kinetyczną. Wynika stąd, że praca siły zewnętrznej wykonana na poziomie makroskopowym, powoduje zwiększenie średniej energii kinetycznej cząsteczek gazu na poziomie mikroskopowym. Wiedząc o tym, że średnia energia kinetyczna jest miarą temperatury T w skali bezwzględnej (zob. materiał pt. *Jaki jest związek między temperaturą w skali Kelvina a średnią energią ruchu cząsteczek gazu doskonałego i jego energią wewnętrzną?*):

$$\overline{E_k} = \frac{3}{2} k_B T, \quad (1)$$

gdzie współczynnik $k_B = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{J}}{\text{K}}$ jest stałą Boltzmanna, dochodzimy do wniosku, że **adiabaticznemu sprężaniu gazu doskonałego towarzyszy wzrost temperatury**.

W podobny sposób można wywnioskować, w jaki sposób, podczas adiabaticznego sprężania, zmienia się ciśnienie gazu. Ciśnienie to siła, z jaką cząsteczki gazu uderzają w jednostkową powierzchnię ścianek naczynia. Podczas zmniejszania objętości gazu liczba jego cząsteczek nie zmienia się, ale wzrasta ich energia kinetyczna i maleje powierzchnia ścianek. Ponieważ coraz więcej, coraz szybszych cząsteczek w jednostce czasu uderza w ścianki naczynia, **ciśnienie gazu podczas sprężania adiabaticznego wzrasta**.

Podczas **sprężania izotermicznego** gazu doskonałego ciśnienie również rośnie ze zmniejszaniem objętości. Zależność tę opisuje **równanie izotermy** (równoważne **równaniu Clapeyrona**):

$$pV = \text{const}. \quad (2)$$

Jednak w **przemianie izotermicznej** temperatura, a więc i średnia energia kinetyczna cząsteczek, pozostają stałe, przez co **podczas sprężania izotermicznego ciśnienie zmienia się wolniej z objętością niż podczas sprężania adiabaticznego** (Rys. 2.).

Dla zainteresowanych

Równanie opisujące zależność ciśnienia od objętości w przemianie adiabaticznej, zwane **równaniem adiabaty**, ma postać:

$$pV^\kappa = \text{const}, \quad (3)$$

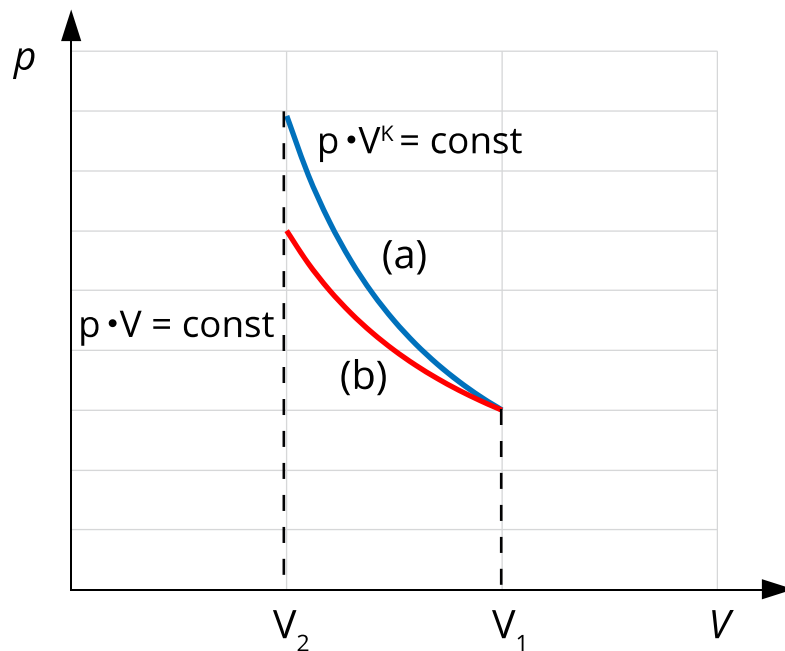
gdzie współczynnik $\kappa > 1$. Wartość współczynnika κ , zwanego współczynnikiem adiabaty, zależy od budowy cząsteczki gazu. Dla gazu o cząsteczkach jednoatomowych (np. He) $\kappa = 1,66$, dla gazów dwuatomowych (np. O₂) $\kappa = 1,4$, dla gazów o cząsteczkach zbudowanych z 3 i większej liczby atomów $\kappa = 1,33$.

Jeśli przed przemianą adiabaticzną ciśnienie gazu wynosiło p_1 , a objętość była równa V_1 , a po przemianie p_2 i V_2 , to spełnione będzie równanie:

$$p_1 V_1^\kappa = p_2 V_2^\kappa. \quad (4)$$

Zależność ciśnienia od objętości w przemianach adiabaticznej i izotermicznej zilustrowano na Rys. 2. We współrzędnych (V,p) nachylenie **adiabaty** jest bardziej strome niż nachylenie

izotermi. Oznacza to, że w przemianie adiabatycznej ciśnienie szybciej się zmienia wraz ze zmianą objętości niż w przemianie izotermicznej.



Rys. 2. Wykres przedstawia sprężanie gazu od objętości V_1 do objętości V_2 w przemianie adiabatycznej (a) oraz izotermicznej (b).

W przypadku, gdy gaz rozpręża się i objętość rośnie, pracę rozprężania wykonuje gaz kosztem swojej energii wewnętrznej. Energia wewnętrzna maleje, a wraz z nią maleje temperatura. Maleje też ciśnienie. Zmniejszanie się ciśnienia jest szybsze niż podczas rozprężania izotermicznego. Do spadku ciśnienia przyczynia się zarówno zmniejszenie liczby cząsteczek uderzających w jednostkową powierzchnię ścianek naczynia, jak i zmniejszenie średniej energii kinetycznej tych cząsteczek.

Ciekawostka

A co wspólnego z przemianą adiabatyczną mają wspomniane we wstępie: **nagrzewająca się pompka rowerowa i ochładzający się, podczas otwierania butelki, napój gazowany?**

Ponieważ obydwa procesy - pompowanie dętki roweru i otwieranie butelki z gazowaną wodą - przebiegają bardzo szybko, można uznać, że zachodzą bez wymiany ciepła z otoczeniem.

Pompując dętkę, sprężamy gwałtownie powietrze w pompce, zwiększając w ten sposób jego energię wewnętrzną i temperaturę.

Z ciepłego napoju gazowanego wydziela się sporo dwutlenku węgla. Gaz w zamkniętej butelce ma ciśnienie znacznie większe od atmosferycznego (doskonale wiedzą to dowcipnisie, którzy potrząsają butelką po to, by zwiększyć ciśnienie wypełniającego ją gazu). Po otwarciu butelki gaz gwałtownie (adiabatycznie) rozpręża się, wykonując przy tym pracę kosztem swojej energii wewnętrznej. Jego temperatura obniża się, powodując obniżenie temperatury napoju.

Słowniczek

gaz doskonały

(ang.: *ideal gas*) fizyczny model gazu spełniający warunki: 1. Cząsteczki gazu mają zanedbywalnie małe rozmiary i poruszają się chaotycznie, 2. zderzenia cząsteczek są idealnie sprężyste i poza zderzeniami cząsteczki nie oddziałują ze sobą.

pierwsza zasada termodynamiki

(ang.: *first law of thermodynamics*) zmiana energii wewnętrznej układu ΔU równa jest sumie ciepła przekazanego do układu Q i pracy W wykonanej nad układem przez siłę zewnętrzną: $Q + W = \Delta U$.

przemiana izotermiczna

(ang.: *isothermal process*) przemiana, w której temperatura jest stała - nie zmienia się. W przemianach izotermicznych gazu doskonałego ciśnienie p jest odwrotnie proporcjonalne do objętości V gazu, czyli $pV = \text{const}$.

równanie Clapeyrona

(ang.: *ideal gas law*) zwane również **równaniem stanu gazu doskonałego** - równanie opisujące związek pomiędzy temperaturą, ciśnieniem i objętością gazu doskonałego: $pV = nRT$, gdzie p - ciśnienie gazu, T - temperatura w skali Kelwina, V - objętość, n - liczba moli, R - stała gazowa.

Film (standardowy)

Czym jest przemiana adiabatyczna gazów?

Obejrzyj film, na którym pokazujemy proste doświadczenie z użyciem gazowej przemiany adiabatycznej. Podobne doświadczenie możesz przeprowadzić samodzielnie. Do jego wykonania potrzebujesz jedynie pojemnika ze sprężonym powietrzem (np. takiego, jakiego którego używasz, by wyczyścić klawiaturę swojego komputera).

Po obejrzeniu filmu wykonaj umieszczone poniżej polecenia, które pomogą Ci zapamiętać zdobyte wiadomości.

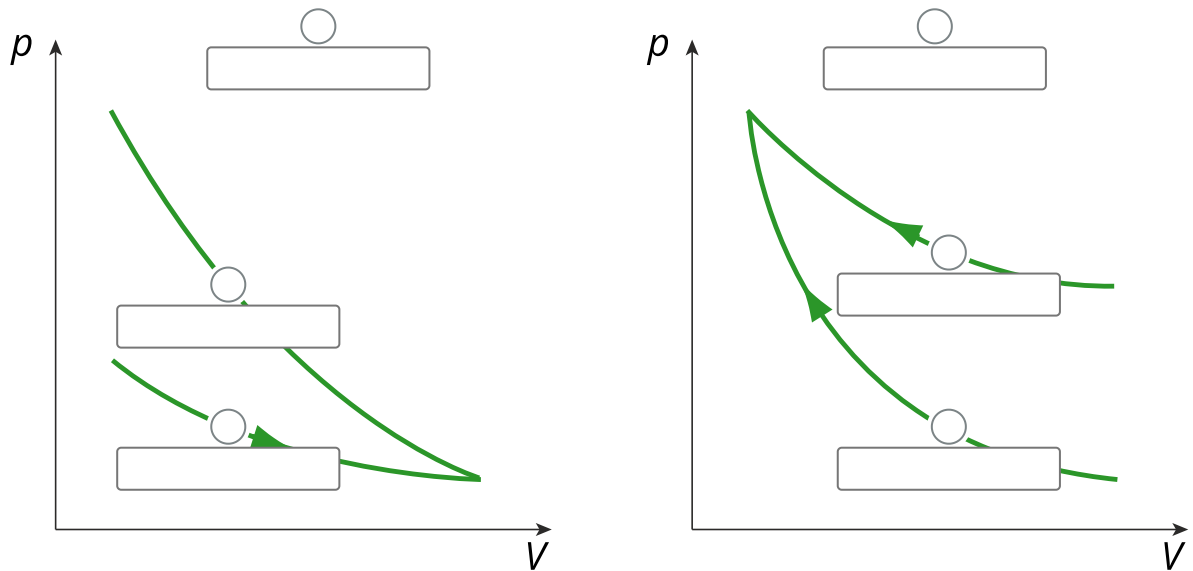
Polecenie 1

Na filmie pokazano, że podczas uwalniania powietrza z pojemnika ze sprężonym powietrzem, temperatura gazu znacząco maleje. Zakładając, że proces ten można traktować jak przemianę adiabatyczną, tzn. taką, która zachodzi bez wymiany ciepła z otoczeniem, wyjaśnij, co się dzieje z energią wewnętrzną gazu podczas tego procesu.

Polecenie 2

Wstaw właściwy tekst w odpowiednie miejsce na poniższym rysunku. W szczególności:

- 1) Odgadnij, który z wykresów reprezentuje sprężanie, a który rozprężanie gazu.
- 2) Zaznacz, które z przemian odpowiadają procesom izotermicznym, a które adiabatycznym.



izotermiczne

izotermiczne

adiabatyczne

sprężanie gazu

adiabatyczne

rozprężanie gazu

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Uzupełnij zdania:

Podczas adiabatycznego sprężania gazu jego temperatura (maleje / pozostaje stała / rośnie), ponieważ (maleje / nie zmienia się / rośnie) średnia energia kinetyczna jego cząsteczek.

To samo / Co innego obserwujemy, gdy sprężanie gazu ma charakter przemiany izotermicznej.

Podczas izotermicznego sprężania gazu jego temperatura (maleje / pozostaje stała / rośnie), ponieważ (maleje / nie zmienia się / rośnie) średnia energia kinetyczna cząsteczek gazu.

Ćwiczenie 2



Uzupełnij poniższe zdania:

Podczas adiabatycznego sprężania gazu jego ciśnienie rośnie (wolniej ☐ / szybciej ☐) niż podczas sprężania izotermicznego. Dzieje się tak z dwóch powodów:

1. W wyniku sprężania (zmniejsza się ☐ / zwiększa się ☐) całkowita (☐ / ☐)
liczba cząsteczek. ☐ / ☐
powierzchnia ścianek naczynia, na które gaz wywiera ciśnienie. ☐)

2. Podczas sprężania adiabatycznego (maleje ☐ / rośnie ☐) średnia energia kinetyczna cząsteczek gazu, a zatem również ich (masa ☐ / wartość pędu ☐). Wraz ze zmianą masy ☐ / pędu ☐ cząsteczek zmienia się też siła, z jaką gaz działa na ścianki naczynia.

Ćwiczenie 3



Dokończ poniższe zdania:

W przemianie adiabatycznej objętość zmalała 2 razy, a ciśnienie

☐ zwiększyło się ponad 2 razy.

☐ zwiększyło się 2 razy.

☐ zwiększyło się mniej niż 2 razy.

W przemianie adiabatycznej objętość zwiększyła się 3 razy, a ciśnienie

☐ zmniejszyło się mniej niż 3razy.

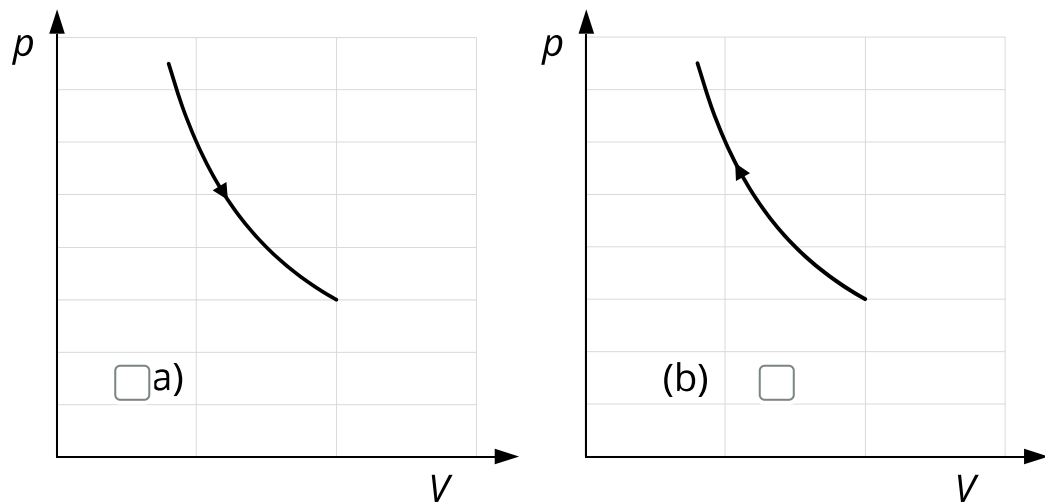
☐ zmniejszyło się ponad 3 razy.

☐ zmniejszyło się 3 razy.

Ćwiczenie 4



Na rysunku pokazano wykresy dwóch przemian adiabatycznych (strzałki umieszczone na wykresach informują o kierunku zmian parametrów gazu). Zaznacz, w której z tych przemian temperatura maleje.



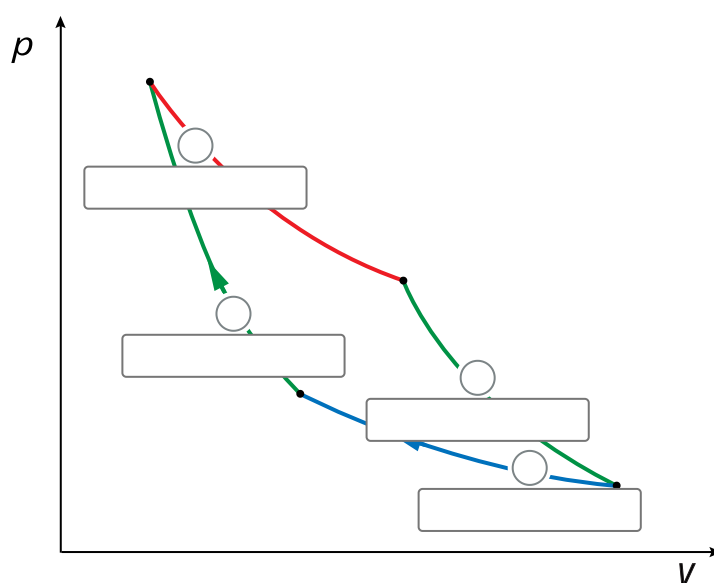
Ćwiczenie 5



Gaz doskonały poddano cyklicznemu procesowi termodynamicznemu, złożonemu z dwóch procesów izotermicznych i dwóch adiabatycznych. Zamieszczony rysunek ilustruje przebieg tego procesu - strzałki reprezentują kierunek zmian parametrów gazu.

Wstaw właściwy tekst w odpowiednie miejsce na tym rysunku. W szczególności:

- 1) Odgadnij, które z przemian reprezentują sprężanie, a które rozprężanie gazu.
- 2) Zaznacz, które z przemian są izotermami, a które adiabatami.



sprężanie adiabatyczne

rozprężanie izotermiczne

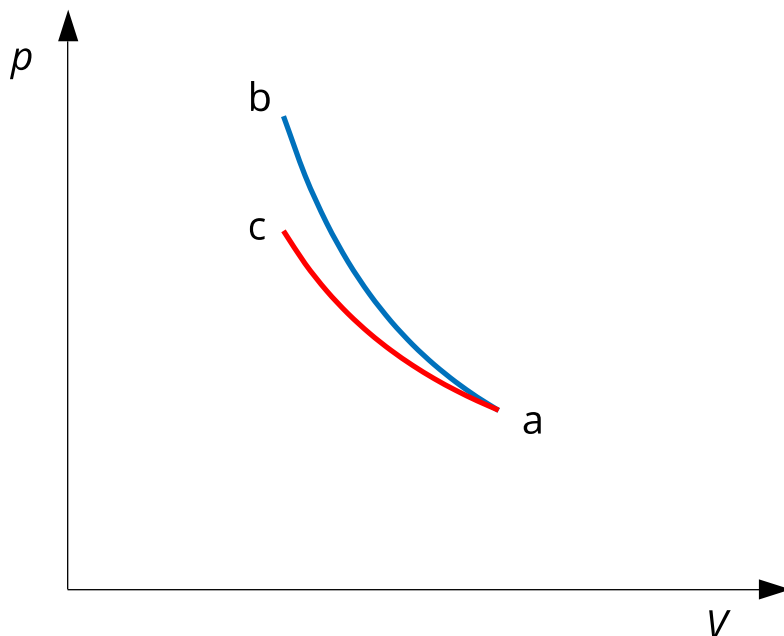
rozprężanie adiabatyczne

sprężanie izotermiczne

Ćwiczenie 6



Gaz doskonały można poddać przemianie adiabatycznej od stanu a do stanu b lub przemianie izotermicznej od stanu a do stanu c . Przeanalizuj wykresy przemian i odpowiedz, w którym stanie, a czy b , temperatura gazu będzie wyższa.



Ćwiczenie 7



Oblicz pracę wykonaną przez siłę zewnętrzną W podczas adiabatycznego sprężania 2 moli gazu doskonałego, w wyniku którego temperatura wzrosła od 15°C do 70°C . Zmiana energii wewnętrznej gazu doskonałego ΔU związana jest ze zmianą temperatury ΔT wzorem $\Delta U = \frac{3}{2}nR\Delta T$, gdzie n – liczba moli gazu, $R = 8,31 \frac{\text{J}}{\text{mol}\cdot\text{K}}$ – stała gazowa. Wynik podaj z dokładnością do dwóch cyfr znaczących.

Odpowiedź: $W =$ kJ.

Ćwiczenie 8



Wyznacz zależność między objętością i temperaturą w przemianie adiabatycznej.

Skorzystaj z równania adiabaty $p \cdot V^\kappa = \text{const}$ i równania Clapeyrona $\frac{p \cdot V}{T} = nR$.

Dla nauczyciela

Scenariusz lekcji

Imię i nazwisko autora:	Krystyna Wosińska
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	Czym jest przemiana adiabatyczna 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. Zakres rozszerzony Treści nauczania – wymagania szczegółowe I. Wymagania przekrojowe. Uczeń: 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; 12) analizuje wykresy przemian gazu doskonałego;
Kształtowane kompetencje kluczowe:	Zalecenia 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 osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się.

Cele operacyjne:	Uczeń: 1. definiuje przemianę adiabatyczną, 2. wyjaśnia, dlaczego temperatura i ciśnienie gazu zależą od jego objętości. 3. wyjaśnia, dlaczego ciśnienie w przemianie adiabatycznej zmienia się szybciej niż w przemianie izotermicznej, 4. analizuje i interpretuje wykresy przemiany adiabatycznej i izotermicznej.
Strategie nauczania:	strategia eksperymentalno-obserwacyjna (dostrzeganie i definiowanie problemów)
Metody nauczania:	- wykład informacyjny, - pokaz multimedialny, - analiza pomysłów.
Formy zajęć:	- praca w parach, - praca indywidualna.
Środki dydaktyczne:	komputer z rzutnikiem lub tablety do dyspozycji każdego ucznia
Materiały pomocnicze:	„Zastosowanie I zasady termodynamiki do analizy przemian gazowych”, „I zasada termodynamiki a szczególne przemiany gazu doskonałego”.
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	
- Wprowadzenie zgodnie z treścią w części pierwszej „Czy to nie ciekawe?”. - Odwołanie do wiedzy uczniów o I zasadzie termodynamiki.	
Faza realizacyjna:	
Nauczyciel definiuje przemianę adiabatyczną, a następnie inicjuje dyskusję nt. tego, w jaki sposób w przemianie adiabatycznej i izotermicznej zmieniają się: energia wewnętrzna, temperatura i ciśnienie gazu. Nauczyciel stawia pytania: Czym jest ciśnienie? Czym jest temperatura? Od czego zależy siła wywierana na ścianki naczynia przez cząsteczki gazu? Odpowiadając na te pytania uczniowie, konstruują wiedzę o zależności ciśnienia od objętości w przemianie adiabatycznej. Nauczyciel podaje równanie adiabaty oraz przedstawia wykres adiabaty, następnie uczniowie porównują wykres adiabaty z wykresem izotermii. Uczniowie oglądają film edukacyjny.	
Faza podsumowująca:	

Uczniowie w parach rozwiązują zadania: 1, 2 i 5 z zestawu ćwiczeń, omawiając wyniki z całą klasą. Poprzez analizę wypowiedzi uczniów nauczyciel określa, w jakim stopniu osiągnięte zostały wyznaczone cele. W razie potrzeby nauczyciel wyjaśnia to, czego uczniowie nie zrozumieli.

Praca domowa:

Rozwiązanie zadań z zestawu ćwiczeń: 3 i 4 obowiązkowo, a pozostałe zadania do wyboru dla chętnych uczniów.

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

Multimedium można wykorzystać jako podsumowanie lekcji, może też być wykorzystane przez uczniów po lekcji do powtórzenia i utrwalenia wiadomości.