

Zmiana parametrów gazu

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



Zmiana parametrów gazu

Czy to nie ciekawe?

Ustaloną ilość gazu charakteryzują trzy parametry: ciśnienie, objętość i temperatura. Co powoduje zmiany tych parametrów? Czy możliwe jest, aby temperatura gazu malała, gdy do gazu dostarczane jest ciepło? Na te i inne pytania znajdziesz odpowiedź w tym e-materiale.

Twoje cele

- dowiesz się, czym jest temperatura,
- dowiesz się, czym jest energia wewnętrzna,
- poznasz sposoby zmiany parametrów gazu,
- zrozumiesz, jaki jest związek między temperaturą a energią wewnętrzną,
- przeanalizujesz równanie Clapeyrona i ocenisz wzajemny wpływ zmian poszczególnych parametrów gazu.

Przeczytaj

Warto przeczytać

Parametry gazu, ciśnienie, objętość i temperatura, mogą zmienić się na skutek:

1. Zmiany energii wewnętrznej gazu;
2. Zmiany ciśnienia zewnętrznego;
3. Zmiany ilości gazu.

Przyjrzyjmy się bliżej procesom, które mogą wywołać te zmiany.

1. Zmiana energii wewnętrznej gazu.

Energia wewnętrzna gazu doskonałego to całkowita energia kinetyczna wszystkich cząsteczek oraz energia potencjalną ich oddziaływań.

Gaz składa się z ogromnej liczby cząsteczek poruszających się chaotycznie we wszystkie strony, zderzających się ze sobą i zmieniających wskutek zderzeń kierunki i wartości swoich prędkości. Średnia energia kinetyczna przypadająca na jedną cząsteczkę określa temperaturę gazu – mówimy, że temperatura T jest miarą średniej energii kinetycznej cząsteczek $\langle E_k \rangle$. Dla gazu doskonałego między tymi wielkościami zachodzi związek

$$\langle E_k \rangle = \frac{3}{2} k_B T,$$

gdzie k_B to stała Boltzmanna, wynosząca $1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{J}}{\text{K}}$. Od temperatury zależna jest energia wewnętrzna gazu doskonałego. Cząsteczki gazu doskonałego - pomijając zderzenia - nie oddziałują ze sobą, ich energia potencjalna jest stała i może być przyrównana do zera. Energia wewnętrzna gazu U jest więc równa sumie energii kinetycznych wszystkich cząsteczek. Dla gazu doskonałego jednoatomowego wystarczy uwzględnić tylko ruch postępowy i pomnożyć średnią energię kinetyczną jednej cząsteczki przez liczbę cząsteczek N :

$$U = \frac{3}{2} N k_B T.$$

Uwaga: w przypadku cząsteczek z wewnętrzną strukturą (np. dwuatomowych, jak duża część pierwiastków występujących w warunkach normalnych w postaci gazowej) istotne jest też uwzględnienie energii kinetycznej wynikającej z możliwości obrotu tych cząsteczek. Wtedy zamiast „3” w liczniku powyższego wzoru pojawia się w najprostszym przypadku cząsteczki liniowej, np. wodoru (H_2), liczba 5. Jest ona równa liczbie *stopni swobody* cząsteczek; o tym dość trudnym na pierwszy rzut oka pojęciu przeczytasz w e-materiale *Jaka jest różnica między punktem materialnym a bryłą sztywną?*. Od tej chwili zajmujemy się gazami jednoatomowymi, np. szlachetnymi i używamy współczynnika 3/2.

Dla jednego mola gazu liczba cząsteczek to liczba Avogadra $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$. Iloczyn liczby Avogadra i stałej Boltzmanna równy jest z definicji tzw. uniwersalnej stałej gazowej $N_A \cdot k = R = 8,31 \text{ J/K} \cdot \text{mol}$. Dla 1 mola gazu **energia wewnętrzna** wynosi wobec tego

$$U = \frac{3}{2}RT,$$

A dla n moli gazu n razy większa:

$$U = \frac{3}{2}nRT.$$

Ze zmianą energii wewnętrznej jest więc związana zmiana temperatury,

$$\Delta U = \frac{3}{2}nR\Delta T.$$

Energię wewnętrzną można zmienić na dwa sposoby:

- a) Przez dostarczanie lub odbieranie **ciepła**, czyli przekazywanie energii na poziomie mikroskopowym.
- b) Przez wykonywanie pracy nad układem przez siły zewnętrzne, czyli przekazywanie energii na poziomie makroskopowym.

Siła zewnętrzna wykonuje pracę zmieniając objętość gazu. Gdy objętość maleje, praca sił zewnętrznych jest dodatnia i powoduje zwiększenie energii wewnętrznej gazu. I na odwrót, podczas zwiększania objętości gazu, praca sił zewnętrznych jest ujemna, **energia wewnętrzna** maleje, a wraz z nią temperatura. Możemy też powiedzieć, że siły parcia gazu wykonują w takim przypadku dodatnią pracę kosztem energii wewnętrznej gazu.

Zgodnie z I zasadą termodynamiki całkowita zmiana energii wewnętrznej równa jest sumie pobranego przez układ **ciepła** i pracy wykonanej przez siły zewnętrzne:

$$\Delta U = Q + W.$$

Parametry opisujące gaz, ciśnienie p , objętość V i temperatura T , powiązane są ze sobą równaniem Clapeyrona $\frac{pV}{T} = nR$, gdzie n to liczba moli gazu, R - uniwersalna stała gazowa, o której już wspomnieliśmy. Zmiana temperatury i objętości pociąga za sobą zmianę ciśnienia, o ile trzymamy ustalone n .

Możemy teraz rozwiązać zagadkę postawioną we wprowadzeniu. Jak spowodować, aby dostarczaniu **ciepła** do gazu towarzyszył spadek temperatury. Wyobraźmy sobie naczynie z ruchomym tłokiem, zawierające 1 mol gazu i ustawione na palniku. Jeśli gaz pobierze **ciepło** $Q = 800 \text{ J}$, a w tym samym czasie tłok zostanie pociągnięty gwałtownie do góry i nad gazem zostanie wykonana praca $W = -1200 \text{ J}$, to zmiana energii wewnętrznej wyniesie

$$\Delta U = 800 \text{ J} - 1200 \text{ J} = -400 \text{ J}.$$

Energia wewnętrzna zmalała, a więc zmalała też temperatura. Zmianę temperatury można wyznaczyć ze wzoru

$$\Delta U = \frac{3}{2} R \Delta T,$$

skąd

$$\Delta T = \frac{2}{3} \frac{\Delta U}{R} = -32 \text{ K}.$$

Gaz pomimo podgrzewania za pomocą palnika ma temperaturę niższą o 32 K lub 32° C.

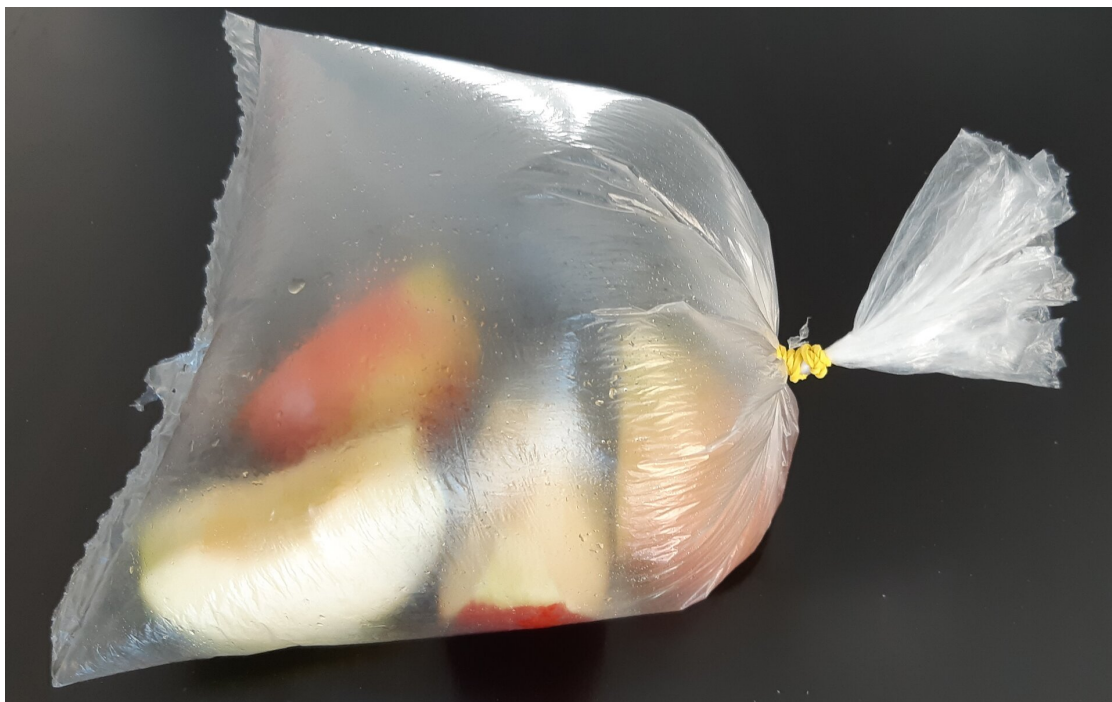
2. Zmiana ciśnienia zewnętrznego.

Gdy pojemnik z gazem, który może zmieniać objętość, znajdzie się w otoczeniu o niższym albo wyższym ciśnieniu niż początkowe ciśnienie gazu, to objętość gazu zmieni się tak, aby ciśnienie wewnątrz i na zewnątrz pojemnika wyrównały się.

Na przykład, gdy zabierzemy na pokład samolotu owoce zapakowane w foliową torebkę zamkniętą gumką, to podczas lotu ujrzymy, że powietrze w naszej torebce powiększyło objętość i torebka wygląda jak nadmuchany balonik (Rys. 1.). Powodem jest niższe ciśnienie powietrza w samolocie niż przy powierzchni Ziemi. Ciśnienie powietrza w torebce, większe niż na zewnątrz, powoduje rozpychanie ścianek torebki, aż ciśnienia wewnątrz i na zewnątrz wyrównają się.



Rys. 1. a) Szczelnie zamknięta foliowa torebka przy powierzchni Ziemi.



Rys 1. b) Ta sama torebka w samolocie na wysokości 10000 m n. p. m.

3. Zmiana ilości gazu.

Przyczyna zmiany parametrów gazu może być też inna niż dostarczenie do układu energii lub zmiana ciśnienia zewnętrznego. Przyjrzyjmy się równaniu Clapeyrona

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

Widzimy, że oprócz parametrów gazu p , V i T , występuje w równaniu jeszcze jedna wielkość, która może się zmieniać. To n – liczba moli gazu. W przemianach izotermicznej, izobarycznej i izochorycznej masa gazu, a więc i liczba moli jest stała. Ale gaz może też podlegać innym przemianom, w których masa gazu się zmienia. Przykładem może być pompowanie balonu lub działanie zaworu, otwierającego się przy określonym ciśnieniu i wypuszczającego z naczynia część gazu. Jeśli znamy trzy z wielkości występujących w równaniu Clapeyrona, p , V , T i n , możemy wyznaczyć czwartą wielkość.

Dla przykładu rozwiążemy następujące zadanie:

Pojemnik posiada zawór otwierający się przy ciśnieniu gazu $p = 1200$ kPa. W pojemniku zamknięto gaz o temperaturze $t_1 = 17^\circ \text{C}$ i ciśnieniu $p_1 = 1030$ hPa, a następnie podgrzano do temperatury $t_2 = 120^\circ \text{C}$. Oblicz, jaka część masy gazu wyleciała przez zawór z pojemnika.

Do rozwiązania tego zadania zastosujemy równanie stanu gazu

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

Ciśnienie w stanie końcowym wynosi p , bo przy takim ciśnieniu zawór się otwiera i ciśnienie nie może osiągnąć wyższej wartości. Końcowa liczba moli $n_2 = n_1 - x \cdot n_1$,

gdzie n_1 to początkowa liczba moli w naczyniu, x – część masy gazu, która opuściła pojemnik. Wypiszmy równanie stanu gazu przed podgrzaniem,

$$p_1 V = n_1 R T_1,$$

i po podgrzaniu układu

$$p V = n_2 R T_2.$$

Po podzieleniu stronami tych równań otrzymujemy

$$\frac{p}{p_1} = \frac{n_2}{n_1} \cdot \frac{T_2}{T_1},$$

czyli

$$\frac{p}{p_1} = \frac{n_1(1-x)}{n_1} \cdot \frac{T_2}{T_1},$$

skąd

$$x = 1 - \frac{p T_1}{p_1 T_2}.$$

Po wstawieniu wartości liczbowych otrzymamy

$$x = 1 - \frac{1200 \text{ kPa} \cdot 290 \text{ K}}{1030 \text{ kPa} \cdot 393 \text{ K}} = 0,14.$$

Odpowiedź: Pojemnik opuściło 14% masy gazu.

Słowniczek

Temperatura w skali Kelvina (bezwzględnej) (ang. absolute temperature)

miara średniej energii kinetycznej przypadająca na jedną cząsteczkę.

Energia wewnętrzna układu (ang. internal energy)

suma energii kinetycznych i potencjalnych oddziaływań między cząsteczkami oraz wewnątrzcząsteczkowych.

Ciepło (ang. heat)

forma spontanicznego przekazywania energii od ciała o wyższej temperaturze do ciała o niższej temperaturze.

Pa (paskal) (ang. pascal)

jednostka ciśnienia, 1 Pa to ciśnienie wywierane przez siłę 1 N na powierzchnię 1 m².

Symulacja interaktywna

Zmiana parametrów gazu (Ilustracja równania Clapeyrona)

Dla każdej izoprzemiany gazu doskonałego oddzielnie pokazano przebieg wykresu współzależności dwóch wielkości zmieniających się w tej przemianie. Masz możliwość zbadania wpływu pozostałych dwóch wielkości - parametrów przemiany - na przebieg tego wykresu.

We wszystkich trzech symulacjach operujesz typowymi wielkościami charakteryzującymi gaz:

- temperaturą T w skali Kelvina,
- ciśnieniem p wyrażonym w paskalach,
- objętością V wyrażoną w metrach sześciennych,
- ilością n wyrażoną w molach.

I. Przemiana izochoryczna i wykres $p(T)$

Zapoznaj się z symulacją i z możliwościami zmiany parametrów - objętości i ilości gazu - determinujących przebieg wykresu zależności ciśnienia od temperatury. Zwróć przy tym uwagę na dziedzinę funkcji. Jest ona ograniczona, by uniknąć wyjścia poza zakres stosowalności modelu gazu doskonałego dla typowych gazów.



Zasób interaktywny dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/DKHWhwyqW>

Zależność ciśnienia od temperatury w przemianie izochorycznej

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

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

Polecenie 1

Wykorzystaj symulację, by wskazać właściwe uzupełnienia w poniższej wypowiedzi.

Zależność ciśnienia gazu p od jego temperatury T , przy ustalonej jego objętości V oraz ilości n , ma postać funkcji .

Gdyby dziedzina funkcja obejmowała $T = 0$, to jej wykres przechodzić przez punkt $(0; 0)$ układu współrzędnych $(T; p)$.

Nachylenie wykresu w tych współrzędnych jest tym większe, im ta objętość jest oraz, , im gazu podlega przemianie.

mógłby, ale nie musiałby

kwadratowej

nie mógłby

większa

mniejsza

większa ilość

mniejsza ilość

w związku z tym

liniowej

niezależnie od tego

musiałby

II. Przemiana izobaryczna i wykres $V(T)$

Zapoznaj się z symulacją i z możliwościami zmiany parametrów - ciśnienia i ilości gazu - determinujących przebieg wykresu zależności objętości od temperatury. Zwróć przy tym uwagę na dziedzinę funkcji. Jest ona ograniczona, by uniknąć wyjścia poza zakres stosowalności modelu gazu doskonałego dla typowych gazów.



Zasób interaktywny dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/DKHWhwyqW>

Zależność objętości od temperatury w przemianie izobarycznej

Polecenie 2

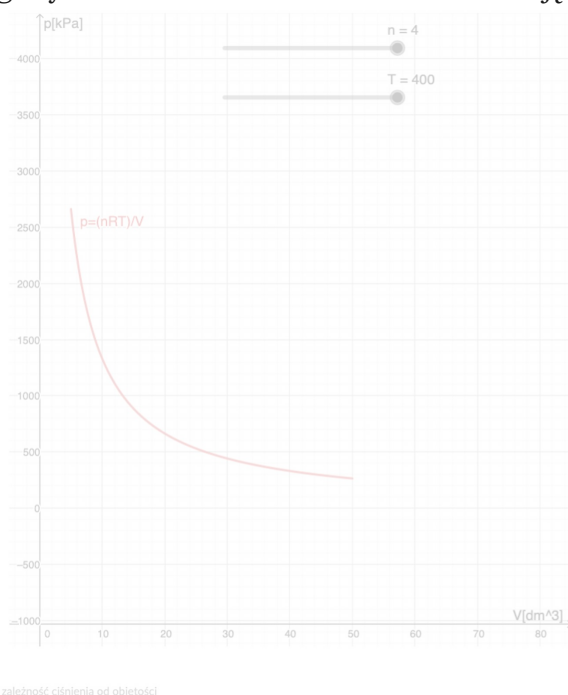
Stawiamy hipotezę, że wykres zależności objętości gazu V od jego temperatury T , przy ustalonym jego ciśnieniu p oraz ilości n , ma te same właściwości co wykres opisany w poprzednim poleceniu, pod warunkiem że rolę ciśnienia przejmie objętość i odwrotnie. Zaplanuj wykorzystanie symulacji, by zweryfikować trafność tej hipotezy.

Wskaż, w konwencji testu „Prawda / Fałsz”, wynik weryfikacji postawionej hipotezy. Przyjmij, że wykres przemiany izobarycznej jest przedstawiony we współrzędnych $(T; V)$.

- Wykresem zależności $V(T)$ jest linia prosta. ☐ P / ☐ F
- Wykres zależności $V(T)$, w odpowiednio poszerzonej dziedzinie, musi przechodzić przez punkt $(0; 0)$. ☐ P / ☐ F
- Nachylenie wykresu maleje wraz ze wzrostem ciśnienia, w którym przeprowadzana jest przemiana. ☐ P / ☐ F
- Nachylenie wykresu rośnie wraz ze wzrostem ilości gazu poddawanego przemianie. ☐ P / ☐ F

III. Przemiana izotermiczna i wykres $p(V)$

Zapoznaj się z symulacją i z możliwościami zmiany parametrów – temperatury i ilości gazu – determinujących przebieg wykresu zależności ciśnienia od objętości.



Zasób interaktywny dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/DKHWhwyqW>

Zależność ciśnienia od objętości w przemianie izotermicznej

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

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

Polecenie 3

Zależność $p(V)$ ciśnienia gazu p od jego objętości V w przemianie izotermicznej najczęściej przedstawiamy we współrzędnych $(V; p)$. Przebieg tej zależności zależy od wartości parametrów: temperatury bezwzględnej gazu T oraz jego ilości n .

Ustaw w symulacji wartości T_0 oraz n_0 tych parametrów w okolicach środka zakresu dostępnego dla każdego z nich. Zapisz lub zapamiętaj przebieg wykresu przez dwa-trzy wybrane punkty. Zmień wartość jednego z parametrów (na przykład temperatury do wartości T_1) – spowoduje to zmianę przebiegu wykresu. Zmień następnie wartość drugiego parametru (w tym przykładzie: ilości gazu) do takiej wartości n_1 , by spowodować powrót wykresu do jego pierwotnego przebiegu.

Wskaż prawidłowe wnioski, które można wyciągnąć z opisanego postępowania.

☐ Jeśli $T_1 > T_0$, to n_1 też musi być większe od n_0 .

☐ Jeśli $T_1 > T_0$, to n_1 musi być mniejsze od n_0 .

☐ Suma $T_1 + n_1$ musi być równa $T_0 + n_0$.

☐ Różnica $T_1 - n_1$ musi być równa $T_0 - n_0$.

☐ Iloczyn $T_1 \cdot n_1$ musi być równy $T_0 \cdot n_0$.

☐ Iloraz $\frac{T_1}{n_1}$ musi być równy $\frac{T_0}{n_0}$.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Prawda czy fałsz?

Temperatura jest miarą całkowitej energii kinetycznej wszystkich cząsteczek gazu:

Prawda ☐ / Fałsz ☐

Temperatura jest miarą średniej energii kinetycznej przypadającej na jedną cząsteczkę gazu:

Prawda ☐ / Fałsz ☐

Praca sił zewnętrznych jest dodatnia, gdy objętość gazu się zwiększa: Prawda ☐ /

Fałsz ☐

Ciepło jest dodatnie, gdy jest dostarczane do układu, a ujemne, gdy jest odbierane:

Prawda ☐ / Fałsz ☐

Ćwiczenie 2



Pogrupuj fragmenty zdań, aby otrzymać prawdziwe stwierdzenia.

Temperaturę gazu można zmniejszyć przez

zmniejszenie objętości.

zwiększenie objętości.

dostarczenie ciepła.

Temperaturę gazu można zwiększyć przez

odebranie ciepła.

Ćwiczenie 3



Pogrupuj fragmenty zdań, aby otrzymać prawdziwe stwierdzenia.

Ciśnienie gazu można zmniejszyć przez

zmniejszenie objętości.

zwiększenie temperatury.

zmniejszenie temperatury.

Ciśnienie gazu można zwiększyć przez

zwiększenie objętości.

Ćwiczenie 4



Połącz fragmenty zdań, aby otrzymać prawdziwe stwierdzenia.

Praca wykonana przez siłę zewnętrzną jest ujemna i powoduje zmniejszenie energii wewnętrznej

zmniejszenie temperatury.

Praca wykonana przez siłę zewnętrzną jest dodatnia i powoduje zwiększenie energii wewnętrznej

zwiększenie temperatury.

Zwiększenie energii wewnętrznej powoduje

podczas sprężania gazu.

Zmniejszenie energii wewnętrznej powoduje

podczas rozprężania gazu.

Ćwiczenie 5



1 mol gazu poddano kolejnym przemianom od stanu a do stanu b, a następnie od stanu b do stanu c. Parametry gazu w stanach a, b i c zapisano w tabeli. Stała gazowa wynosi $R = 8,31 \text{ J/mol K}$. Uzupełnij tabelę.

Stan:	$p \text{ [Pa]}$	$V \text{ [m}^3\text{]}$	$T \text{ [K]}$
a		0,02	260
b	141270		340
c	41550	0,1	

Ćwiczenie 6



W pojemniku o stałej objętości gaz poddano przemianie, w której ciśnienie zmalało o 40%, a temperatura bezwzględna wzrosła dwukrotnie. Ile razy zmalała masa gazu w pojemniku?

- ☐ Na podstawie treści zadania nie można tego obliczyć.
- ☐ 0,6 razy.
- ☐ Stosunek końcowej masy gazu do początkowej jest równy 0,3.
- ☐ Masa gazu w przemianach nie może się zmieniać.

Ćwiczenie 7



Połączono dwa zbiorniki zawierające ten sam gaz o tej samej temperaturze. Pierwszy zbiornik miał objętość V_1 i początkowo panowało w nim ciśnienie p_1 . Drugi zbiornik: objętość V_2 , ciśnienie p_2 . Wyraż ciśnienie gazu p_k po połączeniu zbiorników przez podane ciśnienia i objętości początkowe.

Ćwiczenie 8



Ciśnienie powietrza w oponie przed pompowaniem wynosiło 2100 hPa. Po napompowaniu ciśnienie zwiększyło się do 3500 hPa, a objętość opony powiększyła się o 10%. Temperatura wynosiła początkowo $t_1 = 20^\circ \text{C}$, a podczas pompowania wzrosła o 15°C . Oblicz, ile razy zwiększyła się masa powietrza w oponie na skutek pompowania.

Odpowiedź: .

Dla nauczyciela

Imię i nazwisko autora:	Krystyna Wosińska
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	Zmiana parametrów gazu
Grupa docelowa:	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres rozszerzony
Podstawa programowa	Cele kształcenia - wymagania ogólne I. 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; VI. Termodynamika. Uczeń: 13) stosuje równanie gazu doskonałego (równanie Clapeyrona) do wyznaczenia parametrów gazu;
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. wyjaśnia, czym jest temperatura. 2. wyjaśnia, czym jest energia wewnętrzna. 3. zna sposoby zmiany parametrów gazu. 4. objaśnia związek między temperaturą a energią wewnętrzną. 5. analizuje równanie Clapeyrona i ocenia, zmiana których parametrów gazu może być przyczyną zmiany pozostałych parametrów.
Strategie nauczania:	strategia eksperymentalno-obserwacyjna (dostrzeganie i definiowanie problemów)
Metody nauczania:	wykład informacyjny, pokaz multimedialny, burza mózgów, analiza pomysłów

Formy zajęć:	- praca indywidualna, - praca w grupach
Środki dydaktyczne:	komputer z rzutnikiem lub tablety do dyspozycji każdego ucznia.
Materiały pomocnicze:	e-materiały: „Równanie stanu gazu doskonałego”, „I zasada termodynamiki jako zasada zachowania energii.”
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	
- Wprowadzenie zgodnie z treścią we wstępie. - Odwołanie do wiedzy uczniów o parametrach gazu poprzez zadanie pytania: jakie parametry opisują stan gazu?	
Faza realizacyjna:	
Nauczyciel w krótkim wykładzie definiuje pojęcia temperatury i energii wewnętrznej gazu i wprowadza wzory określające ich zależność. Następnie stawia uczniom pytanie, jak można zmienić energię wewnętrzną, a więc i temperaturę gazu. W dyskusji uczniowie pod kierunkiem nauczyciela formułują I zasadę termodynamiki. Uczniowie zgłaszają pomysły, jak zrealizować przemianę, w której gaz pobiera ciepło, a temperatura maleje. Następny problem postawiony uczniom to pytanie, jakie mogą być inne przyczyny, oprócz zmiany temperatury, aby parametry gazu zmieniły się. W tym celu uczniowie w grupach analizują równanie Clapeyrona i zgłaszają swoje pomysły.	
Faza podsumowująca:	
Uczniowie referują wnioski z dyskusji w grupach, a następnie pracują z symulacją interaktywną, sprawdzając 1. Jak zmienia się ciśnienie wraz ze zmianą objętości, temperatury i liczbą moli? 2. Jak zmienia się objętość wraz ze zmianą ciśnienia, temperatury i liczbą moli? 3. Jak zmienia się temperatura wraz ze zmianą objętości, ciśnienia i liczbą moli? Następnie uczniowie dyskutują przyczyny tych zmian. Uczniowie pod kierunkiem nauczyciela oceniają stopień przyswojonej wiedzy.	
Praca domowa:	
W celu powtórzenia i utrwalenia materiału uczniowie rozwiązują zadania 1 - 4 obowiązkowo, do wyboru 1 zadanie spośród zadań 5 - 8.	

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

Symulację można wykorzystać jako podsumowanie lekcji, może też być wykorzystane przez uczniów po lekcji jako praca domowa, jeśli nauczyciel postawi problem: „Jakie są przyczyny na poziomie mikroskopowym zmian wykresów podczas zmian parametrów gazu?”