



Jaki jest związek pomiędzy temperaturą w skali Kelvina a średnią energią ruchu cząsteczek gazu doskonałego i jego energią wewnętrzną?

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

Jaki jest związek pomiędzy temperaturą w skali Kelvina a średnią energią ruchu cząsteczek gazu doskonałego i jego energią wewnętrzną?

Czy to nie ciekawe ?

W Polsce na co dzień używamy skali temperatur Celsjusza. W innych krajach, np. w USA, w użyciu jest inna skala – Fahrenheita (który z urodzenia był Gdańszczaninem!). Te skale mają umownie przyjęte pewne wartości jako punkty charakterystyczne np. w skali Celsjusza są nimi temperatury zamarzania i wrzenia wody. Istnieje też inna skala zwana skalą bezwzględną lub skalą Kelwina, która odnosi się do wielkości opisujących ruch cząsteczek, będących składnikami ciał stałych, cieczy i gazów. We wszystkich równaniach termodynamiki temperatura występuje w skali Kelwina, bo tylko ta skala ma naukowe uzasadnienie i (co najważniejsze) nie jest zależna od przyjętej umowy. O niej właśnie dowiesz się więcej w tym materiale.

Fot. a. Kule na stole bilardowym, jako makroskopowa i dwuwymiarowa wizualizacja jednoatomowego gazu doskonałego. Porównanie kul bilardowych do cząsteczek gazu jest o tyle cenne, że jeśli stosunek odległości między środkami kul do ich średnicy wynosi ok. 1:10, to w trzech wymiarach przekłada się to na stosunek gęstość kul równy 1:1000, a tyle właśnie wynosi stosunek gęstości gazu i cieczy (lub ciała stałego), pod warunkiem, że w cieczy cząsteczki są gęsto upakowane, tzn. przylegają jedna do drugiej.

- dowiesz się, jak można opisać ruch i zderzenia cząsteczek gazu doskonałego,
- poznasz definicje średniej energii kinetycznej i średniego kwadratu prędkości,
- poznasz związek temperatury ze średnią energią kinetyczną cząsteczek,
- dowiesz się, czym jest energia wewnętrzna gazu doskonałego,
- zastosujesz związek między średnią energią kinetyczną i temperaturą do obliczenia średniej energii kinetycznej i prędkości średniej kwadratowej cząsteczek gazu,
- poznasz związek temperatury z energią wewnętrzną gazu doskonałego dla gazów o cząsteczkach jedno, dwu i trzyatomowych,
- zastosujesz związek między energią wewnętrzną i temperaturą do obliczenia energii wewnętrznej gazu,
- uzasadnisz pogląd, że energia wewnętrzna gazu doskonałego zależy tylko od temperatury i liczby moli.

Przeczytaj

Warto przeczytać

Kinetyczno-molekularna teoria gazu doskonałego

Wyjaśnienie, czym jest temperatura zawdzięczamy kinetyczno-molekularnej teorii gazu doskonałego, która opisuje [gaz doskonały](#) na poziomie mikroskopowym, tzn. cząsteczkowym. Cząsteczki gazu doskonałego nieustannie się poruszają, zderzając się ze sobą i ze ściankami naczynia. W zderzeniach cząsteczki przekazują sobie energię, jedne zwalniają, inne przyspieszają, jednak w każdym zderzeniu energia kinetyczna jest zachowana, ponieważ zderzenia cząsteczek są [sprężyste](#). W zderzeniach sprężystych suma energii kinetycznych cząsteczek przed zderzeniem równa jest sumie energii kinetycznych po zderzeniu.

Można wykazać, analizując ruch cząsteczek zgodnie z zasadami dynamiki Newtona, że średnia energia kinetyczna ruchu postępowego cząsteczek jest wprost proporcjonalna do temperatury gazu w skali Kelwina, T :

$$(E_k)_{\acute{s}r} = \frac{3}{2} k_B T, \quad (1)$$

gdzie $k_B = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{J}{K}$ jest stałą Boltzmana. Stała ta jest uniwersalną stałą fizyczną. Za jej pomocą oraz za pomocą [liczby Avogadra](#) N_A wyrażamy tzw. [stałą gazową](#) $R = k_B \cdot N_A$, która jest równa $R \approx 8,31 \frac{J}{mol \cdot K}$. Wyprowadzenie wzoru (1) znajduje się w e-materiale pt. *Teoria kinetyczno-molekularna gazu doskonałego*.

Wzór (1) łączący średnią energię kinetyczną ruchu postępowego cząsteczek z temperaturą jest jednym z najważniejszych wzorów termodynamiki. Pozwala nam zrozumieć, czym w istocie jest temperatura – to miara średniej energii kinetycznej cząsteczek. Możemy wyobrazić sobie cząsteczki gazu, które poruszają się coraz szybciej w miarę wzrostu temperatury. Rozumiemy też, dlaczego najniższą możliwą temperaturą jest zero, bo przecież energia kinetyczna nie może być mniejsza od zera. Dlatego skalę temperatur Kelwina nazywamy też **skalą bezwzględną**.

Zauważmy, że średnia energia kinetyczna ruchu postępowego cząsteczek $(E_k)_{\acute{s}r}$ nie zależy od masy cząsteczek. Oznacza to, że w mieszaninie różnych gazów cząsteczki każdego gazu mają taką samą średnią energię kinetyczną w ruchu postępowym bez względu na masę cząsteczek. A czy prędkości różnych cząsteczek również są takie same? Średnią energię kinetyczną cząsteczek można wyrazić wzorem:

$$(E_k)_{\acute{s}r} = \frac{m}{2} \cdot \frac{(v_1^2 + v_2^2 + \dots + v_N^2)}{N} = \frac{m(v^2)_{\acute{s}r}}{2}. \quad (2)$$

gdzie m jest masą cząsteczki, a $(v^2)_{\acute{s}r}$ to średni kwadrat prędkości:

$$(v^2)_{\acute{s}r} = \frac{v_1^2 + v_2^2 + \dots + v_N^2}{N}. \quad (3)$$

Pierwiastek z $(v^2)_{\acute{s}r}$ nazywamy **prędkością średnią kwadratową** i oznaczamy $v_{\acute{s}r kw}$,

$$v_{\acute{s}r kw} = \sqrt{(v^2)_{\acute{s}r}} = \sqrt{\frac{v_1^2 + v_2^2 + \dots + v_N^2}{N}}. \quad (4)$$

Prędkość średnią kwadratową obliczymy ze wzoru:

$$v_{\acute{s}r kw} = \sqrt{(v^2)_{\acute{s}r}} = \sqrt{\frac{3kT}{m}}. \quad (5)$$

Jeśli zmieszamy gazy o różnych masach cząsteczek, to średnie energie kinetyczne cząsteczek będą równe, ale prędkości średnie kwadratowe będą się różnić. Im większa masa cząsteczek, tym mniejsza jest ich prędkość średnia kwadratowa.

Energia wewnętrzna gazu doskonałego

Energią wewnętrzną gazu, U , nazywamy sumę wszystkich rodzajów energii cząsteczek tego gazu. Możemy ją przedstawić za pomocą trzech składników, które odpowiadają:

1. sumie energii kinetycznych w ruchu postępowym cząsteczek, w układzie odniesienia, w którym średni ich pęd jest równy zero,
2. sumie energii potencjalnych oddziaływań między cząsteczkami,
3. sumie energii wewnętrznych cząsteczek.

Pierwszy składnik wyraża się za pomocą wzorów (2) i (3). Zgodnie ze wzorem (1), suma ta jest proporcjonalna do temperatury.

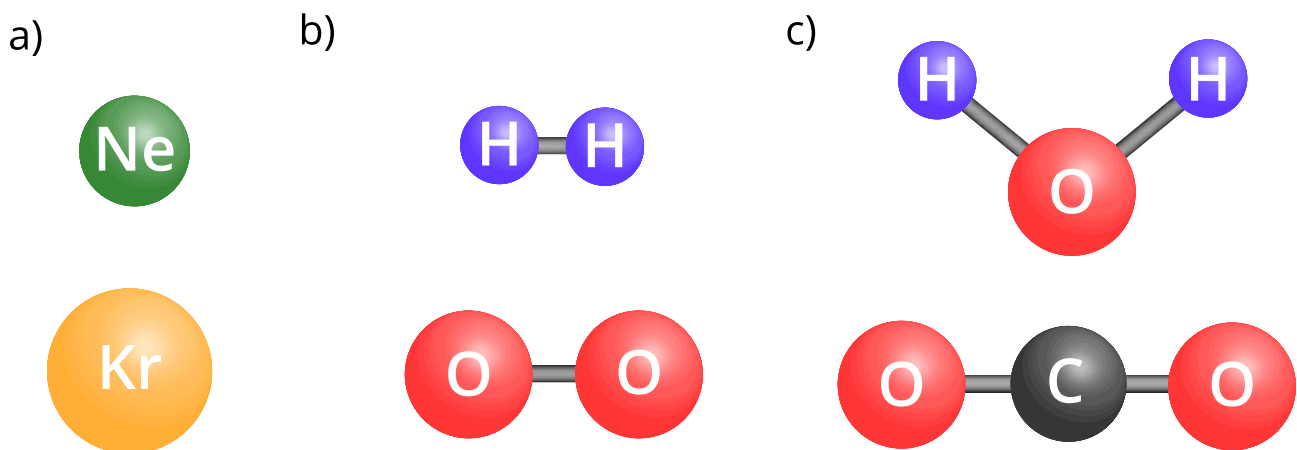
W odniesieniu do drugiego składnika, z definicji gazu doskonałego wynika, że jego cząsteczki nie oddziałują ze sobą. Drugi składnik energii wewnętrznej gazu doskonałego jest zatem równy zero.

Zastanówmy się teraz nad trzecim składnikiem. Gdybyśmy trzymali się sztywno założenia, że cząsteczki gazu nie mają wewnętrznej struktury, że są punktami materialnymi, to składnik ten także byłby równy zero. Jednak wtedy model gazu doskonałego stosowałby się wyłącznie do gazów jednoatomowych, takich jak hel, neon i inne gazy szlachetne. Nie stosowałby się za to do powietrza, którego głównymi składnikami są dwuatomowe cząsteczki azotu i tlenu, oraz do wielu innych, na co dzień spotykanych gazów.

Rozszerzenie zakresu obowiązywania modelu gazu doskonałego

W ruchu postępowym cząsteczki wieloatomowe zachowują się podobnie do cząsteczek jednoatomowych. Zderzają się sprężysto między sobą i ze ściankami naczynia. Przy niezbyt niskich temperaturach i niezbyt dużych gęstościach energia potencjalna ich oddziaływań jest pomijalna wobec ich energii kinetycznej. Nie można jednak pominąć, w żadnych warunkach, **wewnętrznej energii kinetycznej** samych cząsteczek. Składają się na nią energia kinetyczna w ruchu obrotowym dookoła środka masy cząsteczki oraz energia ruchu drgającego atomów wewnątrz cząsteczki. Z kolei w niezbyt wysokich temperaturach możemy pominąć takie składniki **wewnętrznej energii cząsteczek**, jak energia wiązań chemicznych, energia elektronów, czy energia protonów i neutronów w jądrach atomów.

Można wykazać, że **wewnętrzna energia kinetyczna** cząsteczek jest proporcjonalna do temperatury, podobnie jak średnia energia kinetyczna w ich ruchu postępowym. Jednak wartość współczynnika proporcjonalności zależy od składu i struktury cząsteczki. Jest on inny dla cząsteczek dwuatomowych, inny dla trójatomowych, itd. Więcej szczegółów na ten temat dowiesz się w encyklopedii lub Wikipedii pod hasłami “zasada ekwipartycji energii” lub “stopnie swobody ruchu cząsteczek”.



Rys. 1. Przykłady cząsteczek różnych gazów: a) jednoatomowych, b) dwuatomowych i c) trójatomowych.

Różne, choć bardzo podobne wyrażenia na energię wewnętrzną gazu

Wyrażając energię wewnętrzną U gazu doskonałego musimy uwzględnić, z jakich cząsteczek się on składa. Gdy jest to gaz jednoatomowy, jego energia wewnętrzna zawiera wyłącznie energię kinetyczną ruchu postępowego:

$$U = \frac{mv_1^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2} + \dots + \frac{mv_N^2}{2} = N \cdot (E_k)_{\text{śr}} = N \cdot \frac{3}{2} k_B T. \quad (6)$$

Gdy opisujemy gaz o cząsteczkach dwuatomowych, energia wewnętrzna także jest proporcjonalna do temperatury, więc wyraża się wzorem bardzo podobnym. Różnica jest związana z energią zmagazynowaną **wewnątrz cząsteczki**, w postaci energii obrotu cząsteczki względem jej osi symetrii:

$$U = N \cdot \frac{5}{2} k_B T.$$

Cząsteczki trójatomowe liniowe (np. tlenek węgla (IV), CO₂) magazynują w swym wnętrzu nieco więcej energii niż cząsteczki dwuatomowe (przy tej samej temperaturze). Dlatego w ich przypadku obowiązuje wzór:

$$U = N \cdot \frac{6}{2} k_B T.$$

Gdy chcemy zapisać ogólne wyrażenie dla energii wewnętrznej gazu doskonałego, często ujmujemy to w postaci:

$$U = \frac{i}{2} N k_B T = \frac{i}{2} n N_A k_B T = \frac{i}{2} n R T.$$

W powyższych wyrażeniach wykorzystano fakt, że liczbę cząsteczek N można wyrazić przez liczbę moli n i **liczbę Avogadra** N_A , tj. $N = n \cdot N_A$, oraz że stała gazowa $R = k_B \cdot N_A$.

Wszystkie powyższe wzory pokazują, że energia wewnętrzna gazu doskonałego zależy tylko od temperatury i ilości gazu. W zależności tej należy uwzględnić atomową strukturę cząsteczek gazu.

Zmiana energii wewnętrznej ΔU gazu, którego ilość się nie zmienia, wynosi:

$$\Delta U = \frac{i}{2} N k_B \Delta T = \frac{i}{2} n N_A k_B \Delta T = \frac{i}{2} n R \Delta T.$$

Wyrażenia te pokazują, że zmiana energii wewnętrznej określonej porcji gazu zawsze jest związana ze zmianą temperatury.

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.

Ciepło molowe przy stałej objętości, C_V

(ang.: *molar heat at constant volume*) ciepło potrzebne do ogrzania 1 mola gazu o 1°C.

Liczba Avogadra

(ang.: *Avogadro number*) liczba molekuł (atomów lub cząsteczek) w 1 molu dowolnej substancji $N_A \approx 6,022 \cdot 10^{23}$.

Stała gazowa, R

(*ang.: gas constant*) stała fizyczna pojawiająca się m.in. w równaniu stanu gazu doskonałego (tzw. równaniu Clapeyrona): $pV=nRT$. Jest ona równa: $R\approx 8,31 \text{ J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$.

Zderzenie sprężyste

(*ang.: elastic collision*) W zderzeniach sprężystych spełniona jest zasada zachowania pędu i zasada zachowania energii.

Film samouczek

Jaki jest związek pomiędzy temperaturą w skali Kelvina, a średnią energią ruchu cząsteczek gazu doskonałego i jego energią wewnętrzną?

Obejrzyj film samouczek i wykonaj poniższe polecenia.

Film dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/DdP1RY5qG>

Polecenie 1

W pojemniku znajduje się 1 mol dwutlenku węgla CO_2 o temperaturze 57°C . Oblicz energię wewnętrzną tego gazu, średnią energię kinetyczną jego cząsteczek oraz ich średnią prędkość kwadratową. Masa molowa dwutlenku węgla jest równa $M_{\text{CO}_2} = 44$ g/mol.

Polecenie 2

Wyjaśnij, skąd biorą się różnice we wzorach na energię wewnętrzną gazów rozważanych w poprzednim poleceniu. Jakiego wzoru należałoby użyć podczas wyznaczania energii wewnętrznej neonu, który jest gazem szlachetnym.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Uzupełnij zdania:

1. Energia wewnętrzna gazu doskonałego zależy od / / gazu.
2. Gdy zmniejsza się temperatura gazu, jego cząsteczki poruszają się / / .
3. Miarą średniej energii kinetycznej cząsteczek gazu jest / / .

Ćwiczenie 2



W pojemniku znajduje się mieszanina 3 gazów o jednakowej temperaturze: neonu Ne, kryptonu Kr i radonu Rn. Porównaj:

1. średnie energie kinetyczne $(E_k)_{\acute{s}r}$ ruchu postępowego atomów tych gazów,
2. średnie kwadratowe prędkości $v_{\acute{s}r kw}$ atomów tych gazów.

Masy molowe wynoszą: dla neonu 20 g/mol, dla kryptonu 84 g/mol, dla radonu 222 g/mol.

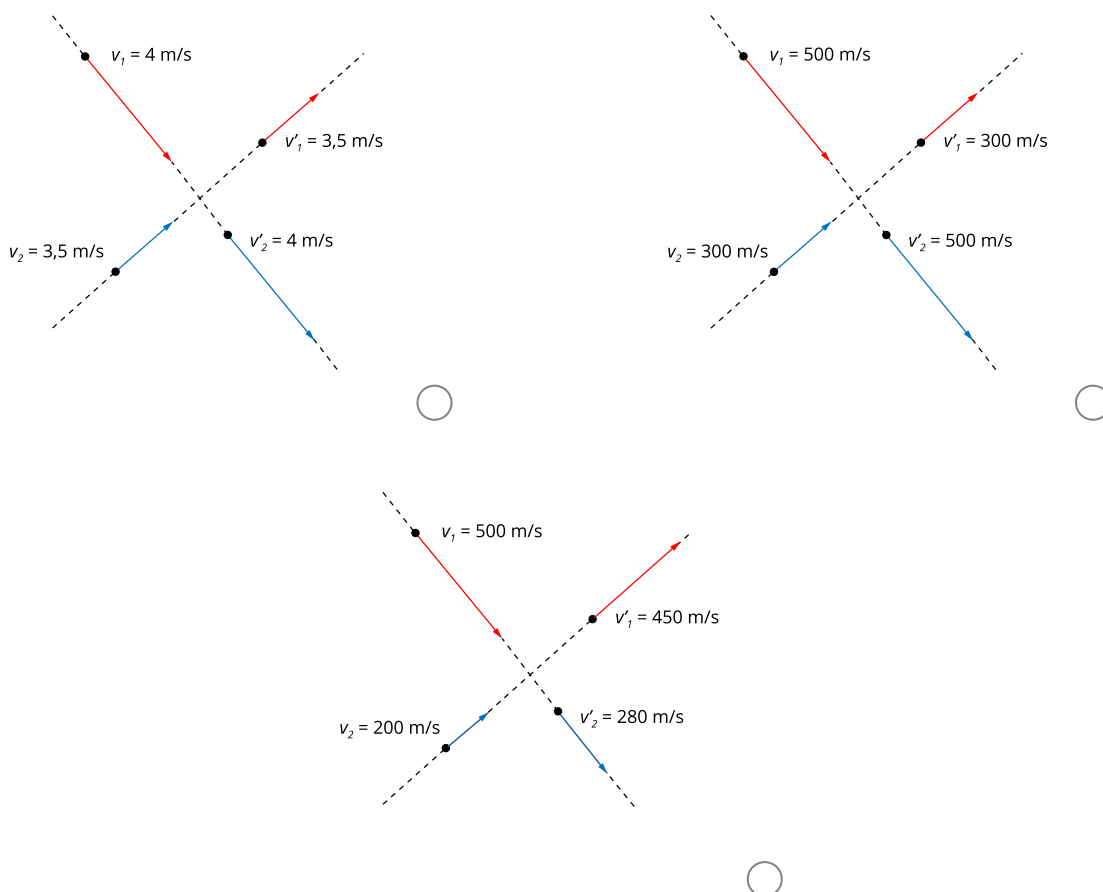
Wstaw w odpowiednie miejsca znaki: =, <, >.

$(E_k)_{\acute{s}r}$ (Ne)	<input type="text"/>	$(E_k)_{\acute{s}r}$ (Rn)
$(E_k)_{\acute{s}r}$ (Ne)	<input type="text"/>	$(E_k)_{\acute{s}r}$ (Kr)
$(E_k)_{\acute{s}r}$ (Rn)	<input type="text"/>	$(E_k)_{\acute{s}r}$ (Kr)
$v_{\acute{s}r kw}$ (Ne)	<input type="text"/>	$v_{\acute{s}r kw}$ (Rn)
$v_{\acute{s}r kw}$ (Rn)	<input type="text"/>	$v_{\acute{s}r kw}$ (Kr)
$v_{\acute{s}r kw}$ (Ne)	<input type="text"/>	$v_{\acute{s}r kw}$ (Kr)

Ćwiczenie 3



Na rysunkach pokazano tory, wektory prędkości i wartości prędkości zderzających się ciał, przed i po zderzeniu. Niebieskie strzałki oznaczają prędkości jednego ciała, czerwone drugiego. Wskaż rysunek, który ilustruje zderzenie dwóch jednakowych cząsteczek gazu doskonałego w typowych warunkach.



Ćwiczenie 4



Oblicz prędkość średnią kwadratową cząsteczek helu (He) w temperaturze 100°C i w temperaturze 20°C . Masa molowa helu, który jest jednoatomowym gazem szlachetnym, wynosi $M = 4 \text{ g/mol}$, stała Boltzmanna $k_B = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$, liczba Avogadra $N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.

Prędkość średnia kwadratowa atomów helu, zaokrąglona do trzech cyfr znaczących, wynosi:

w 100°C m/s,

20°C m/s.

Ćwiczenie 5



Oblicz zmianę energii wewnętrznej tlenu O_2 o masie $m = 0,4$ kg, którego temperatura wzrosła od 290 K do 460 K. Masa molowa tlenu wynosi $M = 32$ g/mol. Stała gazowa jest równa $R = 8,31$ J/(mol·K).

Podaj wynik z dokładnością do trzech cyfr znaczących:

$$\Delta U = \text{[input box]} \text{ J}$$

Ćwiczenie 6



Wskaż właściwe wyrażenie na średnią energię kinetyczną ruchu postępowego cząsteczek gazu doskonałego dwuatomowego.

N_A - liczba Avogadra, R - stała gazowa, T - temperatura gazu.

$(E_k)_{\acute{s}r} = \frac{5}{2} \frac{R}{N_A} T$

$(E_k)_{\acute{s}r} = \frac{5}{2} \frac{N_A}{R} T$

$(E_k)_{\acute{s}r} = \frac{3}{2} \frac{R}{N_A} T$

$(E_k)_{\acute{s}r} = \frac{3}{2} \frac{N_A}{R} T$

Ćwiczenie 7



W butli znajduje się 1 mol wodoru H_2 o temperaturze 27 °C. Oblicz:

- średnią energię kinetyczną pojedynczej cząsteczki gazu,
- energię wewnętrzną wodoru w butli,
- prędkość średnią kwadratową cząsteczek.

Masa molowa wodoru wynosi $M = 2$ g/mol, stała gazowa $R = 8,31$ J/(mol·K), stała Boltzmanna $k_B = 1,38 \cdot 10^{-23}$ J/K, liczba Avogadra $N_A = 6,022 \cdot 10^{23}$ mol⁻¹.

Wyniki podaj z dokładnością do trzech cyfr znaczących:

1. $(E_k)_{\acute{s}r} = \text{[input box]} \cdot 10^{-23}$ J,

2. $U = \text{[input box]}$ J,

3. $v_{\acute{s}r kw} = \text{[input box]}$ m/s.

Ćwiczenie 8



Wyraż ciepło molowe przy stałym ciśnieniu gazu doskonałego jednoatomowego za pomocą stałej gazowej R . Oblicz na tej podstawie wartość C_V . Porównaj swoje wyniki z proponowaną odpowiedzią.

Dla nauczyciela

Imię i nazwisko autora:	Krystyna Wosińska
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	Jaki jest związek pomiędzy temperaturą w skali Kelvina a średnią energią ruchu cząsteczek gazu doskonałego i jego energią wewnętrzną?
Grupa docelowa:	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres rozszerzony
Podstawa programowa:	<p>Cele kształcenia - wymagania ogólne</p> <p>II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.</p> <p>Zakres rozszerzony</p> <p>Treści nauczania - wymagania szczegółowe</p> <p>I. Wymagania przekrojowe. Uczeń:</p> <p>4) przeprowadza obliczenia liczbowe posługując się kalkulatorem;</p> <p>VI. Termodynamika. Uczeń:</p> <p>11) opisuje związek pomiędzy temperaturą w skali Kelvina a średnią energią ruchu cząsteczek i jego energią wewnętrzną gazu doskonałego.</p>
Kształtowane kompetencje kluczowe:	<p>Zalecenie Parlamentu Europejskiego i Rady UE z 2018 r.:</p> <ul style="list-style-type: none">• 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:	<p>Uczeń:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. wyjaśnia podstawowe założenia teorii kinetyczno-molekularnej gazu doskonałego. 2. definiuje średnią energię kinetyczną i średni kwadrat prędkości cząsteczek gazu jednoatomowego, 3. wyjaśnia związek temperatury ze średnią energią kinetyczną cząsteczek, 4. wykorzystuje związek między średnią energią kinetyczną i temperaturą do obliczenia średniej energii kinetycznej i prędkości średniej kwadratowej cząsteczek gazu. 5. wyjaśnia związek temperatury z energią wewnętrzną gazu doskonałego. 6. stosuje związek między energią wewnętrzną i temperaturą do obliczenia energii wewnętrznej gazu. 7. uzasadnia pogląd, że energia wewnętrzna gazu doskonałego zależy tylko od temperatury i liczby moli. 8. wyjaśnia różnice w opisie gazów jedno, dwu i trzy-atomowych.
Strategie nauczania:	Strategia eksperymentalno-obszernacyjna (dostrzeganie i definiowanie problemów).
Metody nauczania:	<ul style="list-style-type: none"> - wykład informacyjny, - pokaz multimedialny, - analiza pomysłów.
Formy zajęć:	<ul style="list-style-type: none"> - praca w grupach, - praca indywidualna.
Środki dydaktyczne:	Komputer z rzutnikiem lub tablety do dyspozycji każdego ucznia.
Materiały pomocnicze:	<p>e-materiały:</p> <ul style="list-style-type: none"> - „Równanie stanu gazu doskonałego”. - „Teoria kinetyczno-molekularna gazu doskonałego”. - „Definicja gazu doskonałego”.
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	
<ul style="list-style-type: none"> - Wprowadzenie zgodnie z treścią w części pierwszej „Czy to nie ciekawe?”. - Odwołanie do wiedzy uczniów o modelu gazu doskonałego jednoatomowego. 	
Faza realizacyjna:	

Nauczyciel uzasadnia, dlaczego suma energii kinetycznych ruchu postępowego wszystkich cząsteczek gazu pozostaje stała i wprowadza pojęcie średniego kwadratu prędkości. Następnie podaje związek średniej energii kinetycznej oraz średniego kwadratu prędkości z temperaturą. Uczniowie dyskutują, czy te wielkości zależą od rodzaju gazu. Nauczyciel ukierunkowuje dyskusję tak, by uczniowie samodzielnie wychycili różnicę między energią ruchu postępowego cząsteczek gazu i energią wewnętrzną gazu. Podaje przykłady gazów dwuatomowych i trójatomowych. Nauczyciel wprowadza pojęcie całkowitej energii wewnętrznej i tłumaczy w jaki sposób struktura wewnętrzna cząsteczek wpływa na energię wewnętrzną gazu. Uczniowie w grupach 3-4 osobowych rozwiązują zadania 2 i 4. Następnie cała klasa ogląda wspólnie film-samouczek dyskutując różnice między opisem gazu jedno- i dwuatomowego. Uczniowie rozwiązują zadania 5-7, które są związane z filmem.

Faza podsumowująca:

Uczniowie dyskutują wyniki rozwiązanych zadań. Gdy wystarczy czasu, nauczyciel i uczniowie oceniają stopień przyswojonej wiedzy. W tym celu, przed lekcją, nauczyciel może przygotować karteczki z pytaniami nawiązującymi do celów operacyjnych. Każda z grup uczniów losuje jedno pytanie i wspólnie przygotowuje krótką wypowiedź na zadany temat. Niepoprawne lub niepełne wypowiedzi są na bieżąco korygowane lub uzupełniane przez nauczyciela, bądź chętnych uczniów z innych grup.

Praca domowa:

W celu powtórzenia i utrwalenia materiału uczniowie rozwiązują zadania, których nie udało się rozwiązać podczas zajęć.

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania danego multimedium:

Multimedium bazowe można wykorzystać na lekcji i połączyć z wykonaniem zadań 5-7 oraz przedyskutowaniem wyników. Może też być wykorzystane przez uczniów po lekcji do powtórzenia i utrwalenia materiału.