



Energia wewnętrzna jako funkcja stanu

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



Energia wewnętrzna jako funkcja stanu

Czy to nie ciekawe ?



Rys. a. Woda w szklance

Energia wewnętrzna wody w szklance (Rys. a.) to suma wszystkich rodzajów energii cząsteczek, z których składa się woda. Czy wartość tej energii zależy od przemian, jakim

woda ulegała w przeszłości? Czy energia wewnętrzna wody uzyskanej z roztopienia lodu i ogrzanej do 20°C różni się od energii wewnętrznej takiej samej ilości wody uzyskanej ze skroplonej pary i oziębionej do 20°C ? Ten problem wyjaśnimy w tym e-materiale.

Twoje cele:

- dowiesz się, jakie rodzaje energii mogą mieć cząsteczki tworzące materię,
- poznasz definicję energii wewnętrznej,
- zrozumiesz, co to znaczy, że energia wewnętrzna jest funkcją stanu,
- zrozumiesz, że zmiana energii wewnętrznej zależy tylko od stanu początkowego i końcowego układu,
- zrozumiesz, dlaczego zmiana energii wewnętrznej w cyklu zamkniętym, w którym układ wraca do stanu początkowego, zawsze jest równa zero,
- przeanalizujesz zmiany energii wewnętrznej w różnych przemianach termodynamicznych.

Przeczytaj

Warto przeczytać

Energia wewnętrzną ciała nazywamy sumę energii kinetycznych cząsteczek oraz energii potencjalnych oddziaływań międzycząsteczkowych i wewnątrzcząsteczkowych.

Cząsteczki mają energię kinetyczną, bo są w ciągłym ruchu: postępowym, obrotowym lub drgającym. Cząsteczki ciał stałych i cieczy mają też energię potencjalną, bo działają na siebie przyciągającymi siłami o krótkim zasięgu, które wiążą cząsteczki w strukturę krystaliczną lub w ciecz. Wszystkie cząsteczki chemiczne mają energię potencjalną oddziaływań elektromagnetycznych wiążących atomy w cząsteczkę zwaną energią wiązania.

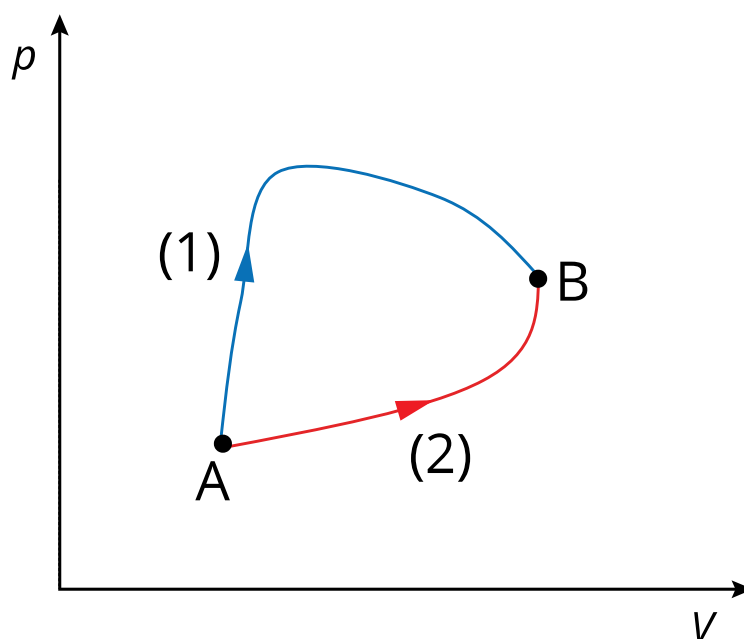
Mówimy, że energia wewnętrzna jest funkcją stanu. Co to właściwie znaczy? W matematyce funkcją nazywamy takie przyporządkowanie elementów dwóch zbiorów X i Y , że każdemu elementowi ze zbioru X odpowiada **tylko jeden** element ze zbioru Y . Jeśli więc energia wewnętrzna jest funkcją stanu, to oznacza, że w określonym stanie ma zawsze taką samą wartość – każdemu stanowi przyporządkowana jest tylko jedna wartość energii wewnętrznej. Stan układu określają jego parametry: masa, temperatura, ciśnienie, a także objętość. Wartość energii wewnętrznej nie zależy od historii układu, czyli tego, co działo się z nim wcześniej. Zmiana energii wewnętrznej podczas dowolnego procesu zależy tylko od stanu początkowego i końcowego układu, a nie zależy od procesu, który spowodował zmianę stanu.



Rys. 1. Dwa szklane kufle z wodą.

Przyjrzyjmy się dwóm szklankom z wodą (Rys. 1.). W każdej jest 200 g wody o temperaturze 20°C. Woda w jednej szklance powstała na skutek stopienia lodu, a następnie została ogrzana do 20°C. Woda w drugiej szklance występowała w przeszłości w postaci pary wodnej, która została skroplona i oziębiona do temperatury 20°C. Woda w obu szklankach jest w takim samym stanie, a więc ma taką samą energię wewnętrzną. Nie ma znaczenia, że woda w pierwszej szklance, aby dojść do obecnego stanu pobrała ciepło na stopienie lodu i zwiększenie temperatury, a woda z drugiej szklanki oddała o wiele większe ciepło podczas skraplania pary i zmniejszania temperatury.

Innymi przykładami procesów, które powodują zmianę stanu są **przemiany gazowe**. Gaz o określonej masie opisują trzy parametry: temperatura, ciśnienie i objętość. Stan gazu możemy przedstawić na wykresie zależności ciśnienia p od objętości V (Rys. 2.).

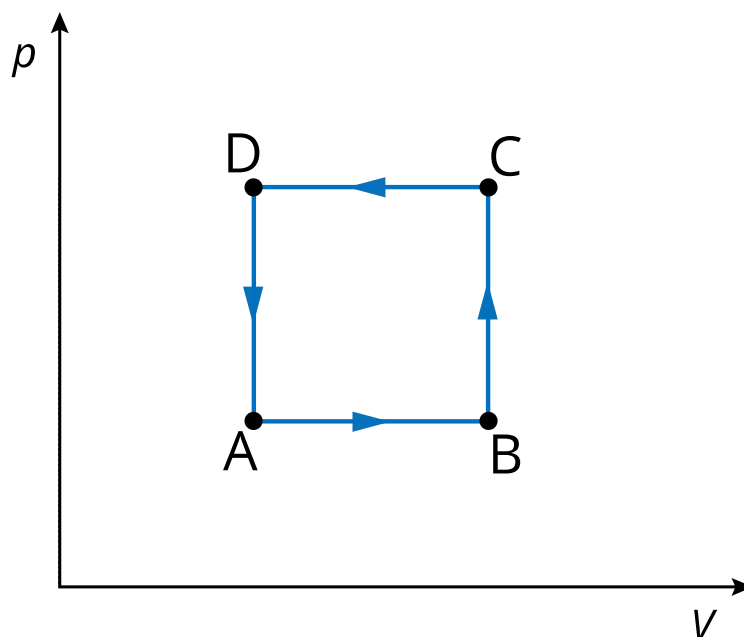


Rys. 2. Zmiana energii wewnętrznej podczas przejścia gazu ze stanu A do stanu B jest zawsze jednakowa, bez względu na sposób przejścia.

Każdy punkt na wykresie to określony stan gazu: położenie punktu wyznacza wartość ciśnienia i objętości, a temperaturę T można obliczyć z **równania stanu gazu** $\frac{pV}{T} = nR$, gdzie n to liczba moli, a $R = 8,31 \text{ J/K}$ – stała gazowa. Na wykresie pokazane są dwa stany gazu A i B. Gaz może przejść od stanu A do stanu B na różne sposoby. Pokazane tu dwie krzywe AB, (1) i (2), ilustrują dwie spośród wszystkich możliwych przemian. Punkty na tych krzywych przedstawiają kolejne stany, w których znajduje się gaz podczas przemiany. W każdej z możliwych przemian gaz może pobrać lub oddać inną ilość ciepła i wykonać inną pracę. Jednak zmiana energii wewnętrznej podczas każdej przemiany od stanu A do stanu B jest zawsze jednakowa, bo zależy tylko od stanu początkowego i końcowego gazu.

A jaka będzie zmiana energii wewnętrznej, gdy gaz po kolejnych przemianach powróci do stanu początkowego (Rys. 3.)? Na wykresie pokazano cztery kolejne przemiany AB, BC, CD i DA, w wyniku których gaz powrócił do stanu początkowego. Oczywiście, gdy gaz po

przemianach znajdzie się ponownie w stanie A, jego energia wewnętrzna będzie taka sama, jak przed przemianami, bo energia wewnętrzna jest funkcją stanu. **Zmiana energii wewnętrznej w cyklu zamkniętym zawsze jest równa zero.** Dotyczy to nie tylko przemian gazowych, ale wszystkich przemian termodynamicznych.



Rys. 3. Gaz poddano cyklowi przemian AB, BC, CD i DA. Zmiana energii wewnętrznej gazu równa jest zero, ponieważ gaz powrócił do stanu początkowego.

Słowniczek

Równanie stanu gazu doskonałego

(ang.: *ideal gas law*) równanie opisujące związek pomiędzy temperaturą, ciśnieniem i objętością gazu doskonałego: $\frac{pV}{T} = nR$, gdzie p to ciśnienie, V - objętość, T - temperatura w skali Kelwina, n - liczba moli, a $R = 8,31 \text{ J/K}$ - stała gazowa.

Przemiana gazowa

(ang.: *gas process*) przejście między różnymi stanami gazu, któremu towarzyszą zmiany jego parametrów fizycznych.

Przemiana fazowa

(ang.: *phase transition*) przejście między fazami, czyli stanami skupienia materii. Przykładami przemian fazowych są:

- topnienie i krzepnięcie, czyli przejście między stanem ciekłym i stałym,
- wrzenie i skraplanie, czyli przejście między stanem gazowym i ciekłym,
- sublimacja i resublimacja, czyli przejście między stanem gazowym i stałym.

Ciepło właściwe

(*ang.: specific heat*) energia pobrana podczas zwiększenia temperatury 1 kg substancji o 1 K.

Ciepło topnienia

(*ang.: heat of fusion*) energia pobrana przez ciało stałe o masie 1 kg w procesie topnienia. Taką samą energię oddaje ciecz o masie 1 kg podczas krzepnięcia.

Ciepło parowania

(*ang.: heat of vaporisation*) energia pobrana przez ciecz o masie 1 kg w procesie wrzenia lub parowania. Taką samą energię oddaje para o masie 1 kg podczas skraplania.

Film samouczek

Energia wewnętrzna jako funkcja stanu

Obejrzyj film samouczek, w który sprawdzisz, jak w zamkniętym cyklu przemian zmienia się energia wewnętrzna wody i odpowiedz na zadane w nim pytanie.

Polecenie 1

Odpowiedz, czy energia wewnętrzna wody byłaby taka sama, gdyby woda ostygła do 10°C ? Czy Twoja odpowiedź jest potwierdzeniem, czy zaprzeczeniem faktu, że energia wewnętrzna jest funkcją stanu?

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Uzupełnij zdanie:

Stwierdzenie, że energia wewnętrzna jest funkcją stanu oznacza, że

energia wewnętrzna w każdym stanie układu jest jednakowa ☐ /

każdemu stanowi układu odpowiada tylko jedna wartość energii wewnętrznej ☐ .

Ćwiczenie 2



Połącz fragmenty zdań, aby otrzymać prawdziwe stwierdzenia.

Energia wewnętrzna układu zależy

Zmiana energii wewnętrznej układu zależy

tylko od stanu początkowego układu i od procesu, jakiemu został poddany układ.

tylko od stanu układu.

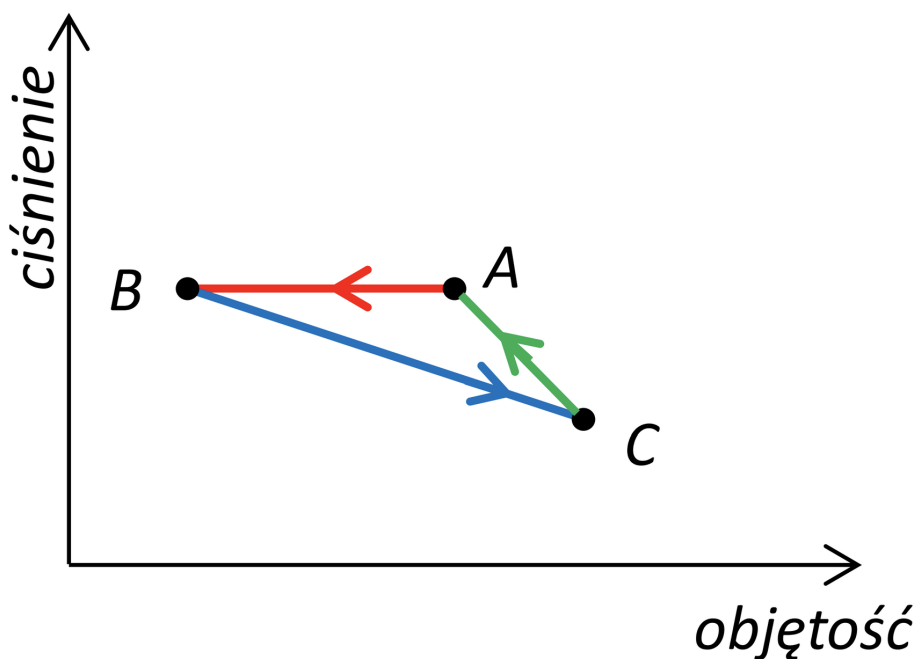
od tego, co działo się z układem wcześniej.

tylko od stanu początkowego i końcowego układu.

Ćwiczenie 3

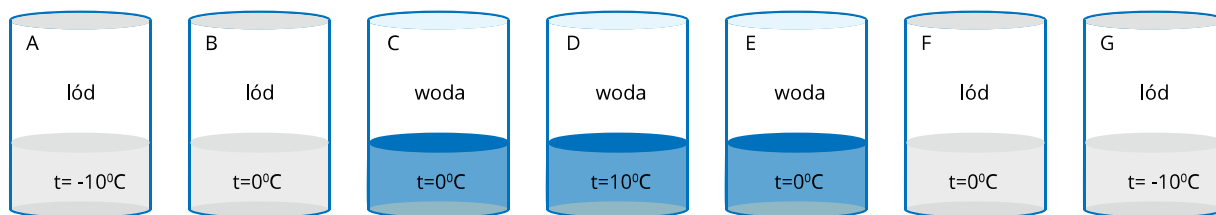


Gaz znajdujący się w stanie A sprężono i gaz przeszedł do stanu B (rysunek). Następnie gaz poddano przemianie BC i na koniec przemianie CA. Uzupełnij zdania.



Energia wewnętrzna gazu w stanie A jest ☐ równa ☐ / ☐ różna od ☐ energii wewnętrznej w stanie B. Energia wewnętrzna gazu w stanie B jest ☐ równa ☐ / ☐ różna od ☐ energii wewnętrznej w stanie C. Zmiana energii wewnętrznej gazu równa jest zeru w kolejnych przemianach ☐ AB i BC ☐ / ☐ BC i CA ☐ / ☐ AB, BC i CA ☐.

Ćwiczenie 4



Lód znajdujący się w naczyniu poddano kolejnym procesom termodynamicznym, w wyniku których znajdował się on kolejno w stanach A, B, C, D, E, F, G. Wskaż, w których stanach energia wewnętrzna układu jest jednakowa.

Energia wewnętrzna układu jest jednakowa w stanach: A i , B i , C i

Ćwiczenie 5

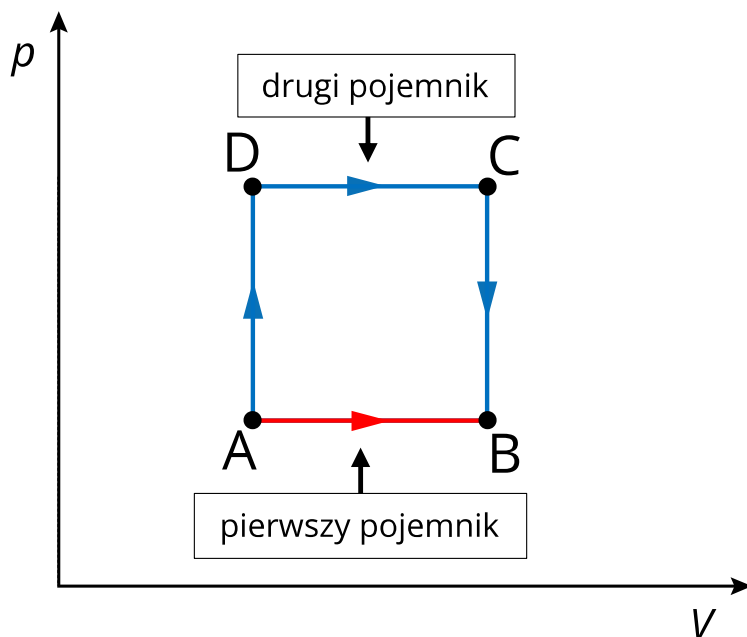


Do szklanki z wodą o temperaturze 22°C wrzucono kostki lodu o temperaturze -5°C . Po pewnym czasie lód całkowicie się roztopił. Wodę oziębiano do chwili, aż powstał lód dokładnie o takiej samej masie, jak masa wrzuconych kostek lodu. Odpowiedz, czy energia wewnętrzna w stanie końcowym była równa energii wewnętrznej w stanie początkowym. Odpowiedź uzasadnij.

Ćwiczenie 6



W dwóch pojemnikach znajduje się 1 mol gazu. Początkowo gaz w obu pojemnikach znajduje się w stanie A, a następnie przeprowadzono go do stanu B różnymi sposobami, pokazanymi na wykresie w układzie $p - V$. Gaz w pierwszym pojemniku poddano przemianie AB, podczas której gaz wykonał pracę W kosztem swojej energii wewnętrznej. Gaz w drugim pojemniku poddano kolejnym przemianom AD, DC i CB. W tych przemianach gaz wykonał pracę kosztem swojej energii wewnętrznej o wartości $2W$. Które z poniższych stwierdzeń jest prawdziwe?



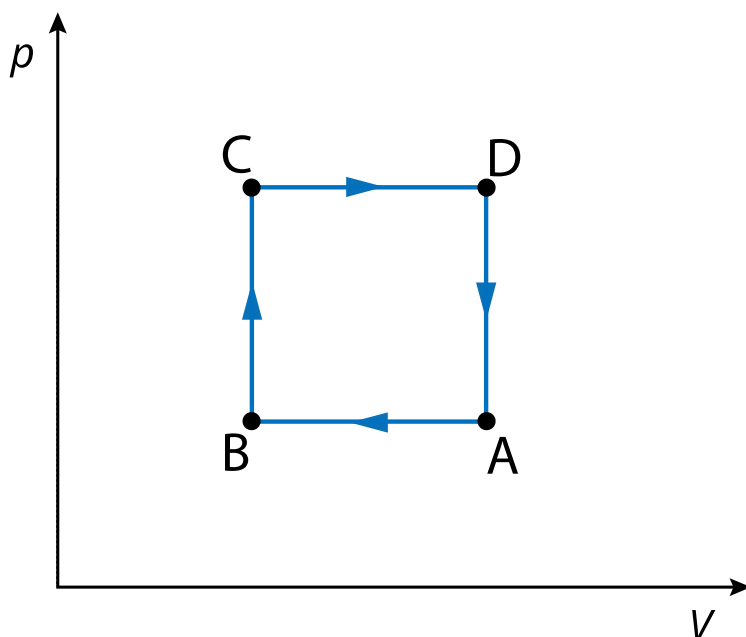
- ☐ Końcowa energia wewnętrzna gazu w pierwszym pojemniku jest większa niż gazu w drugim pojemniku, bo gaz w pierwszym pojemniku wykonał mniejszą pracę kosztem swojej energii wewnętrznej.
- ☐ Końcowa energia wewnętrzna gazu w pierwszym pojemniku jest taka sama, jak końcowa energia wewnętrzna gazu w drugim pojemniku, bo zmiana energii wewnętrznej zależy tylko od stanu początkowego i końcowego gazu.
- ☐ Końcowa energia wewnętrzna gazu w drugim pojemniku jest większa niż gazu w pierwszym pojemniku, bo gaz w drugim pojemniku wykonał większą pracę.

Ćwiczenie 7



Gaz został poddany przemianom AB, BC, CD, i DA. W trakcie tych przemian gaz pobrał ciepło $Q = 650 \text{ J}$. Zgodnie z I zasadą termodynamiki, zmiana energii wewnętrznej ΔU gazu równa jest sumie ciepła Q pobranego przez gaz i pracy W wykonanej nad układem: $\Delta U = Q + W$. Oblicz pracę wykonaną nad układem w cyklu przemian ABCDA.

Praca wykonana nad układem w cyklu przemian ABCDA wynosi $W =$ J.



Ćwiczenie 8



Woda o masie 1 kg i o temperaturze wrzenia 100°C musi pobrać ciepło Q , aby przejść w stan pary wodnej o temperaturze 100°C . Jeśli ta para odda takie samo ciepło Q , skropli się i powstanie woda o temperaturze 100°C . Oznacza to, że ciepło parowania i ciepło skraplania są równe. Uzasadnij, że równość ciepła parowania i ciepła skraplania wynika bezpośrednio z faktu, że energia wewnętrzna jest funkcją stanu.

Dla nauczyciela

Imię i nazwisko autora:	Krystyna Wosińska
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	Definicja energii wewnętrznej
Grupa docelowa:	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres podstawowy i rozszerzony
Podstawa programowa:	Cele kształcenia – wymagania ogólne: I. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości. II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych Zakres podstawowy 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. V. Termodynamika. Uczeń: 3) posługuje się pojęciem energii wewnętrznej; analizuje pierwszą zasadę termodynamiki jako zasadę zachowania energii. 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: 3) posługuje się pojęciem energii wewnętrznej; analizuje pierwszą zasadę termodynamiki jako zasadę zachowania energii.

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 osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się.
Cele operacyjne:	Uczeń: 1. wymieni, jakie rodzaje energii mogą mieć cząsteczki tworzące materię. 2. poda definicję energii wewnętrznej. 3. wyjaśni, co to znaczy, że energia wewnętrzna jest funkcją stanu. 4. wyjaśni, że zmiana energii wewnętrznej zależy tylko od stanu początkowego i końcowego układu. 5. wyjaśni, dlaczego zmiana energii wewnętrznej w cyklu zamkniętym zawsze jest równa zero. 6. przeanalizuje zmiany energii wewnętrznej w różnych przemianach termodynamicznych.
Strategie nauczania:	strategia eksperymentalno-obszernyjna (dostrzeganie i definiowanie problemów)
Metody nauczania:	- wykład informacyjny, - pokaz multimedialny, - analiza pomysłów.
Formy zajęć:	praca indywidualna
Środki dydaktyczne:	komputer z rzutnikiem lub tablety do dyspozycji każdego ucznia
Materiały pomocnicze:	e-materiały: „Definicja energii wewnętrznej”, „O czym mówi I zasada termodynamiki?”, „Analizujemy zmiany energii wewnętrznej w przemianach fazowych”.
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca	
• Wprowadzenie zgodnie z treścią w części pierwszej „Czy to nie ciekawe?”. • Odwołanie do wiedzy uczniów o cząsteczkowej budowie materii.	
Faza realizacyjna	

Uczniowie w dyskusji pod kierunkiem nauczyciela ustalają, jakie rodzaje energii mają cząsteczki materii. Nauczyciel podaje definicję energii wewnętrznej. Następnie uczniowie, z ewentualną pomocą nauczyciela, przypominają definicję funkcji w matematyce. Uczniowie wspólnie z nauczycielem ustalają, co to znaczy, że energia wewnętrzna jest funkcją stanu. Następnie nauczyciel tłumaczy, jak za pomocą wykresu w układzie $p(V)$ można przedstawiać przemiany gazowe. Na przykładach pokazanych na wykresie wyjaśnia, jak z tego, że energia wewnętrzna jest funkcją stanu, wynika, że zmiana energii wewnętrznej nie zależy od rodzaju przemiany, a tylko od stanu początkowego i końcowego. Uczniowie odpowiadają na pytanie, jaka jest zmiana energii wewnętrznej w cyklu przemian. Uczniowie oglądają film samouczek i w grupach 4-osobowych dyskutują odpowiedź na zadane w nim pytanie.

Faza podsumowująca

Uczniowie oceniają stopień przyswojonej wiedzy, rozwiązując zadania 4 i 5 z części „Sprawdź się”.

Praca domowa

Do wyboru dwa zadania z części „Sprawdź się”.

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania danego multimedium:

Film samouczek można wykorzystać na lekcji. Może też być wykorzystany przez uczniów po lekcji do powtórzenia i utrwalenia materiału.