



I zasada termodynamiki jako zasada zachowania energii

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



I zasada termodynamiki jako zasada zachowania energii

Czy to nie ciekawe?

Zgodnie z zasadą zachowania energii energia nie może zniknąć, ani pojawiać się, a tylko zmienia się z jednej postaci w inną. Wszystkie znane obserwacje i doświadczenia potwierdzają tę zasadę. I zasada termodynamiki formułuje zasadę zachowania energii w języku termodynamiki. Pozwala obliczyć zmianę energii wewnętrznej ciała lub układu ciał w procesach, w których ta energia się zmienia.



Fot. a. Herbata w filiżance stygnie oddając ciepło otoczeniu.

Twoje cele

- Poznasz definicję energii wewnętrznej,
- Dowiesz się, jakie są sposoby zmiany energii wewnętrznej,
- Zrozumiesz, na czym polega przekazywanie energii przez wymianę ciepła,
- Zrozumiesz, na czym polega przekazywanie energii przez wykonanie pracy,
- Przeanalizujesz różne przypadki wykonywania pracy nad układem, aby wyjaśnić w jakich procesach praca zwiększa, a w jakich zmniejsza energię wewnętrzną układu,
- Zastosujesz I zasadę termodynamiki do obliczania zmiany energii wewnętrznej w różnych procesach termodynamicznych.

Przeczytaj

Warto przeczytać

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

Energię kinetyczną większą od zera mają cząsteczki wszystkich ciał o **temperaturze** wyższej niż 0K. Cząsteczki ciał stałych, związane w siatkę krystaliczną, mogą tylko wykonywać drgania wokół swoich położeń równowagi. Cząsteczki cieczy mają większą swobodę, mogą poruszać się w obrębie całej objętości cieczy, ale siły przyciągania międzycząsteczkowego nie pozwalają im opuszczać cieczy. Cząsteczki gazu poruszają się chaotycznie we wszystkie strony, zderzają się ze sobą, zmieniając wskutek zderzeń kierunki i wartości swoich prędkości. Cząsteczki gazu są tak od siebie oddalone, że z dobrym przybliżeniem można przyjąć, że nie oddziałują na siebie, a między zderzeniami poruszają się ruchem jednostajnym, prostoliniowym. Energia potencjalna cząsteczek gazu jest równa zero, zaś cząsteczki cieczy i ciał stałych, które oddziałują na siebie siłami przyciągającymi, mają energię potencjalną różną od zera.

Średnia energia kinetyczna cząsteczek określa **temperaturę** substancji – mówimy, że temperatura T jest miarą średniej energii kinetycznej cząsteczek.

Zmiana energii wewnętrznej może być związana ze zmianą całkowitej energii kinetycznej cząsteczek, a co za tym idzie, i średniej energii kinetycznej przypadającej na cząsteczkę. Prowadzi to do zmiany **temperatury** ciała. Podczas **przemian fazowych** takich, jak topnienie, wrzenie, krzepnięcie, które zachodzą w stałej temperaturze, zmienia się również całkowita energia potencjalna cząsteczek, podczas ich całkowita energia kinetyczna pozostaje stała.

I zasada termodynamiki mówi, że zmiana energii wewnętrznej układu zamkniętego ΔU jest równa sumie ciepła Q przekazanego do układu z otoczenia (lub w przeciwnym kierunku - z układu do otoczenia) i pracy W wykonanej nad układem przez siłę zewnętrzną (lub pracy, jaką układ wykonuje nad otoczeniem):

$$\Delta U = Q + W$$

Układ zamknięty to układ, który nie wymienia materii z otoczeniem, którego masa jest stała.

I zasada termodynamiki traktuje ciepło i pracę jako równoważne formy przekazywania energii.

Energię wewnętrzną ciała lub układu ciał można zmienić na dwa sposoby:

1. Przez dostarczanie lub odbieranie ciepła.

Gdy stykają się ze sobą dwa ciała o różnych temperaturach, ich cząsteczki zderzają się i w takich zderzeniach energia przekazywana jest od cząsteczki o wyższej energii do cząsteczki o niższej energii kinetycznej. W ten sposób energia jest przekazywana od ciała o wyższej temperaturze do ciała o niższej temperaturze. Przekaz energii w postaci ciepła odbywa się bezpośrednio między cząsteczkami, na poziomie mikroskopowym. Dostarczanie ciepła do układu zwiększa jego energię wewnętrzną, zaś odbieranie ciepła powoduje zmniejszenie energii wewnętrznej.

2. Przez wykonywanie pracy nad układem przez siły zewnętrzne lub gdy układ wykonuje pracę nad swoim otoczeniem.

W fizyce pracę definiujemy jako iloczyn wartości siły F wartości przesunięcia Δr jakie ta siła powoduje, oraz cosinusa kąta α między kierunkiem siły i kierunkiem przesunięcia:

$$W = F \cdot \Delta r \cdot \cos \alpha$$

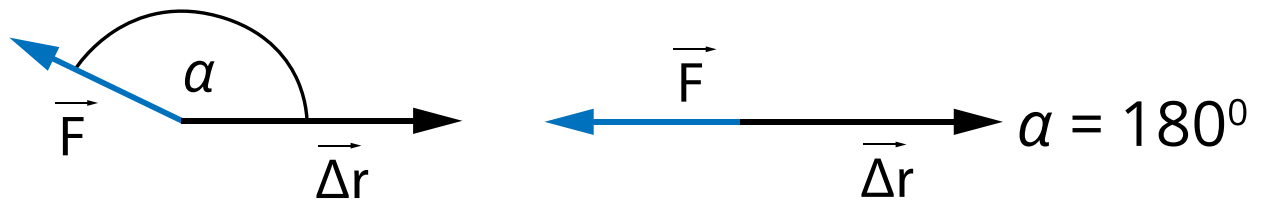
Praca jest formą przekazu energii. Jeśli siła zewnętrzna wykonuje nad układem dodatnią pracę, to energia układu zwiększa się. Praca jest dodatnia, gdy kąt α między kierunkiem siły i kierunkiem przesunięcia zawiera się w przedziale $0^\circ - 90^\circ$ (zob. Rys. 1.).



Rys. 1. Przykłady sił wykonujących dodatnią pracę, która zwiększa energię układu. Kąt między wektorem siły i wektorem przesunięcia: $\alpha \in (0^\circ - 90^\circ)$

Gdy kąt między kierunkiem siły i przesunięcia zawarty jest w przedziale $90^\circ - 180^\circ$, praca jest mniejsza od zera (Rys. 2.). Ujemna praca powoduje zmniejszenie energii układu.

Przykładem siły, która wykonuje ujemną pracę jest siła tarcia, która jest zawsze skierowana przeciwnie do kierunku ruchu i powoduje hamowanie, czyli zmniejszanie energii kinetycznej.



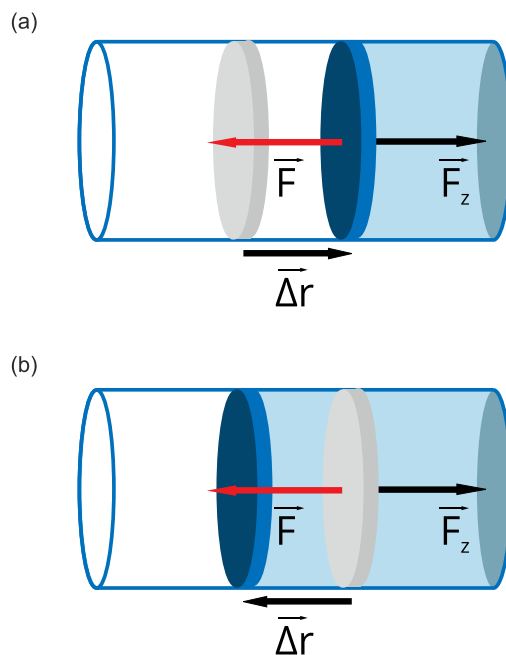
Rys. 2. Przykłady sił wykonujących ujemną pracę, która zmniejsza energię układu. Kąt $\alpha \in (90^\circ - 180^\circ)$

Aby praca została wykonana, nie wystarczy samo działanie siły. Siła ta musi spowodować przesunięcie. Gdy rozważamy zmianę energii wewnętrznej ciała na skutek wykonanej pracy, wtedy przesunięcie może odpowiadać zmianie objętości ciała. Przykładem może być zmiana kształtu rozgrzanej sztaby żelaza uderzonej kowalskim młotem.



Szczególnie łatwo można zmienić objętość gazu. Rozważmy gaz zamknięty w naczyniu z ruchomym tłokiem. Podczas sprężania gazu, na tłok działa siła zewnętrzna \vec{F}_z , która równoważy siłę parcia gazu \vec{F} (Rys. 3. a).

Siły muszą się równoważyć, aby tłok poruszał się ruchem jednostajnym. Przykładem sytuacji nierównoważenia sił jest wystrzelenie korka od шамpana. Praca wykonana w tym przypadku powoduje nie tylko na zmniejszenie energii wewnętrznej шамpana, ale i nadanie znacznej energii kinetycznej korkowi.



Rys. 3. (a) Sprężanie gazu. (b) Rozprężanie gazu. W przypadku sprężania gazu siła zewnętrzna \vec{F}_z sprężająca gaz ma zwrot zgodny ze zwrotem przesunięcia tłoka $\vec{\Delta r}$. Inaczej jest podczas rozprężania gazu - wektory \vec{F}_z i $\vec{\Delta r}$ mają przeciwne zwroty.

Podczas sprężania gazu, pokazanego na Rys. 3. a., siła zewnętrzna \vec{F}_z wykonuje pracę dodatnią, powodując zwiększenie energii wewnętrznej gazu. Jednocześnie siła parcia gazu \vec{F} , jaką gaz działa na tłok, ma zwrot przeciwny do przesunięcia i wykonuje ujemną pracę nad otoczeniem. Dzięki temu, energia otoczenia zmniejsza się. Zasada zachowania energii jest spełniona, ponieważ energia układu wzrosła o tyle, o ile zmalała energia otoczenia.

Gdy objętość gazu maleje, praca sił zewnętrznych jest dodatnia i powoduje ona zwiększenie energii wewnętrznej gazu.

Zastanówmy się, jaki jest mechanizm zwiększania energii wewnętrznej gazu podczas sprężania. Poruszający się tłok uderza napotkane cząsteczki gazu, nadając im dodatkową energię kinetyczną. W rezultacie zwiększa się całkowita energia kinetyczna cząsteczek gazu i odpowiednio zwiększa się jego energia wewnętrzna.

Rys. 3. b. ilustruje proces rozprężania gazu. Teraz siła zewnętrzna \vec{F}_z ma zwrot przeciwny do zwrotu przesunięcia $\vec{\Delta r}$, dlatego praca tej siły jest ujemna i powoduje zmniejszenie energii wewnętrznej gazu. Natomiast praca siły \vec{F} , z jaką gaz działa na tłok, jest dodatnia. Możemy powiedzieć, że w tej sytuacji gaz wykonuje dodatnią pracę i wykonuje ją kosztem swojej energii wewnętrznej. Tłok popychany jest przez zderzające się z nim cząsteczki gazu. Cząsteczki gazu w zderzeniach przekazują tłokowi część swojej energii kinetycznej. Po odbiciu od tłoka mają one nieco mniejsze energie kinetyczne, niż przed uderzeniem

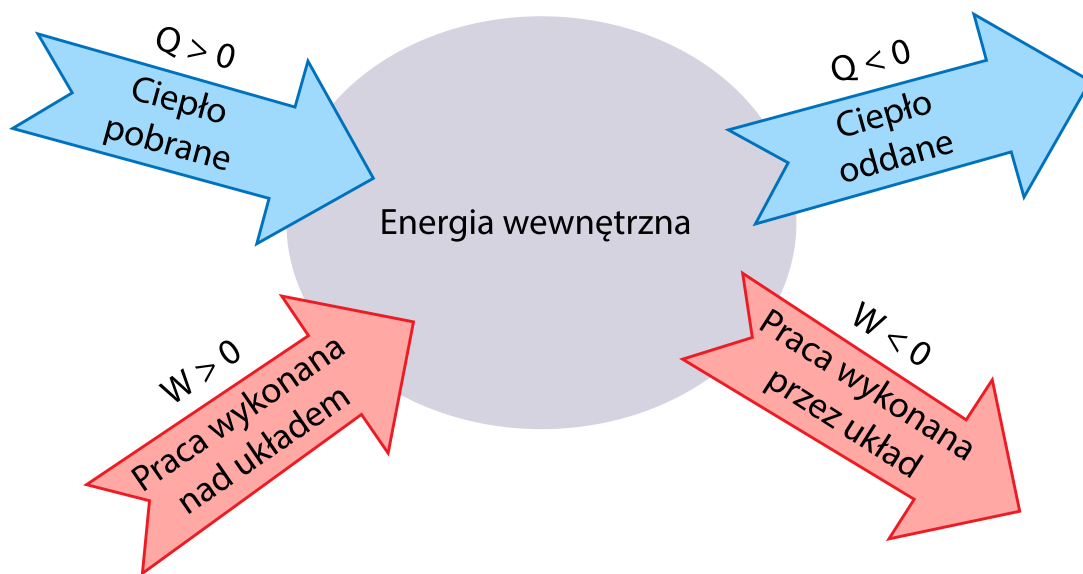
w tłok. Całkowita energia kinetyczna cząsteczek gazu maleje, czyli zmniejsza się jego energia wewnętrzna.

Podczas zwiększania objętości gazu, praca sił zewnętrznych jest ujemna, zaś energia wewnętrzna gazu maleje.

W jaki sposób interpretujemy równanie I zasady termodynamiki $\Delta U = Q + W$?

Trzeba pamiętać, że w powyższym równaniu W jest **pracą siły zewnętrznej**. Gdy objętość maleje, praca ta jest dodatnia i powoduje zwiększenie energii wewnętrznej. Podczas zwiększania objętości praca siły zewnętrznej jest ujemna i przyczynia się do zmniejszenia energii wewnętrznej.

Ciepło Q dostarczone do układu jest dodatnie i powoduje zwiększenie energii wewnętrznej. Jeśli ciepło jest odbierane od układu, to Q jest ujemne i powoduje zmniejszenie energii wewnętrznej. I zasadę termodynamiki ilustruje Rys. 4.



Rys. 4. Graficzne przedstawienie tego, w jaki sposób można zmienić energię wewnętrzną układu.

Obliczmy zmianę energii wewnętrznej gazu, który został sprężony i siła zewnętrzna wykonała przy tym pracę $W = 2500 \text{ J}$, jeśli wiadomo, że jednocześnie gaz oddał do otoczenia ciepło $Q = -700 \text{ J}$. Po wstawieniu wartości liczbowych do wzoru $\Delta U = Q + W$ otrzymujemy:

$$\Delta U = Q + W = -700 \text{ J} + 2500 \text{ J} = 1800 \text{ J}$$

Energia wewnętrzna gazu wzrosła o 1800 J.

Słowniczek

Temperatura w skali Kelwina (skali bezwzględnej)

(ang.: *absolute thermodynamic temperature scale*) miara średniej energii kinetycznej cząsteczek. Teoretycznie najniższa możliwa temperatura to 0 K, czyli $-273,15^{\circ}\text{C}$.

Temperaturę w skali Kelwina T otrzymujemy dodając 273,15 do temperatury w skali Celsjusza t , tzn. $T=t+273,15$. Wynika stąd, że różnica temperatur w skali Kelwina jest równa różnicy temperatur w skali Celsjusza, $\Delta T=\Delta t$.

Przemiana fazowa pierwszego rodzaju

(ang.: *first order phase transition*) zmiana stanu skupienia przebiegająca z pobraniem lub oddaniem ciepła. Podczas zmiany ciała stałego w ciecz (topnienie) i podczas zmiany cieczy w stan gazowy (wrzenie) ciepło jest pobierane. Natomiast podczas przemian odwrotnych: krzepnięcia i skraplania, ciepło jest oddawane. Wymienione przemiany zachodzą w stałej temperaturze, zwanej temperaturą topnienia i temperaturą wrzenia.

Film samouczek

I zasada termodynamiki jako zasada zachowania energii

Obejrzyj film samouczek, w którym dowiesz się, jak obliczyć zmianę energii wewnętrznej gazu rozprężanego przy stałym ciśnieniu. Wykonaj samodzielnie polecane w nim obliczenia.

Polecenie 1

A teraz spróbuj samodzielnie obliczyć zmianę energii wewnętrznej powietrza pod tłokiem, gdy przy stałym ciśnieniu powietrze odda do otoczenia ciepło o wartości 290 J, na skutek czego temperatura zmniejszy się i objętość powietrza zmaleje o $0,74 \text{ dm}^3$.

Polecenie 2

Zastanów się i odpowiedz: Czy w wyniku doświadczenia, którego schemat omówiono w filmie samouczku, temperatura gazu wzrosła, czy zmalała? Swoją odpowiedź uzasadnij zakładając, że rozważany gaz jest gazem doskonałym.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Ćwiczenie 2



Ćwiczenie 3



Ćwiczenie 4



Ćwiczenie 5



Wartość bezwzględna pracy wykonanej przez siłę zewnętrzną podczas rozprężania gazu wynosi 55 J, jednocześnie gaz oddał do otoczenia ciepło o wartości bezwzględnej 90 J. Oblicz zmianę energii wewnętrznej. Odpowiedz, jak zmieniła się temperatura gazu, wzrosła czy zmalała? Odpowiedź uzasadnij.

Ćwiczenie 6



Ćwiczenie 7



Ćwiczenie 8



Dla nauczyciela

Imię i nazwisko autora:	Krystyna Wosińska
Przedmiot:	fizyka
Temat zajęć:	I zasada termodynamiki jako zasada zachowania energii
Grupa docelowa:	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres podstawowy i rozszerzony
Podstawa programowa:	<p>Cele kształcenia – wymagania ogólne</p> <p>II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.</p> <p>II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.</p> <p>Zakres podstawowy</p> <p>Treści nauczania – wymagania szczegółowe</p> <p>I. Wymagania przekrojowe. Uczeń:</p> <p>4) przeprowadza obliczenia liczbowe posługując się kalkulatorem;</p> <p>15) wyodrębnia zjawisko z kontekstu, nazywa je oraz wskazuje czynniki istotne i nieistotne dla jego przebiegu.</p> <p>V. Termodynamika. Uczeń:</p> <p>3) posługuje się pojęciem energii wewnętrznej; analizuje pierwszą zasadę termodynamiki jako zasadę zachowania energii.</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>19) wyodrębnia zjawisko z kontekstu, nazywa je oraz wskazuje czynniki istotne i nieistotne dla jego przebiegu.</p> <p>VI. Termodynamika. Uczeń:</p> <p>3) posługuje się pojęciem energii wewnętrznej; analizuje pierwszą zasadę termodynamiki jako zasadę zachowania energii.</p>

Kształtowane kompetencje kluczowe:	Zalecenie Parlamentu Europejskiego i Rady UE z 2018 r. <ul style="list-style-type: none"> • kompetencje w zakresie rozumienia i tworzenia informacji, • kompetencje cyfrowe, • kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii, • kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się.
Cele operacyjne:	<p>Uczeń:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. wyjaśnia definicję energii wewnętrznej, 2. rozróżnia sposoby zmiany energii wewnętrznej, 3. wyjaśnia, na czym polega przekazywanie energii przez wymianę ciepła, 4. wyjaśnia, na czym polega przekazywanie energii przez wykonanie pracy, 5. analizuje różne przypadki wykonywania pracy nad układem, aby wyjaśnić w jakich procesach praca zwiększa, a w jakich zmniejsza energię wewnętrzną układu, stosuje I zasadę termodynamiki do obliczania zmiany energii wewnętrznej w różnych procesach termodynamicznych.
Strategie nauczania:	strategia eksperymentalno-obszernyjna (dostrzeganie i definiowanie problemów)
Metody nauczania:	wykład informacyjny, pokaz multimedialny, analiza pomysłów
Formy zajęć:	praca indywidualna, praca w grupach
Środki dydaktyczne:	komputer z rzutnikiem lub tablety do dyspozycji każdego ucznia
Materiały pomocnicze:	e-materiały: „Jak odróżnić przekaz energii w formie pracy od przekazu energii w formie ciepła”, „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 dotyczącej zasady zachowania energii.	
Faza realizacyjna	

Nauczyciel wprowadza definicję energii wewnętrznej i wyjaśnia pojęcia energii kinetycznej i potencjalnej cząsteczek, a także pojęcie temperatury, jako średniej energii kinetycznej cząsteczek. Następnie wyjaśnia dwa sposoby zmiany energii wewnętrznej (przekazanie ciepła i wykonanie pracy).

Uczniowie w grupach maksymalnie 4-osobowych dyskutują o następujących problemach:

1. Jak zmienia się energia cząsteczek podczas zderzeń dwóch cząsteczek o różnych energiach?
2. Jaki będzie skutek zetknięcia dwóch ciał o różnych temperaturach?

Uczniowie podają wnioski z dyskusji i z pomocą nauczyciela wyjaśniają, na czym polega przekaz ciepła na poziomie mikroskopowym.

Kolejnym problemem do dyskusji w grupach jest pytanie: W jaki sposób przesuwanie tłoka sprężającego gaz wpływa na energie kinetyczne cząsteczek gazu, z którymi tłok się zderza? Uczniowie w dyskusji, z pomocą nauczyciela, wyjaśniają, na czym polega przekaz energii przez wykonanie pracy.

Następnie nauczyciel podaje I zasadę termodynamiki. Uczniowie przypominają, jak zdefiniowana jest praca i w dyskusji, z pomocą nauczyciela, analizują różne przypadki pracy - zwiększającej lub zmniejszającej energię wewnętrzną układu.

Pracując indywidualnie uczniowie obliczają, jak zmieni się energia wewnętrzna gazu, który został sprężony i siła zewnętrzna wykonała przy tym pracę $W = 2500 \text{ J}$, a jednocześnie gaz oddał do otoczenia ciepło $Q = -700 \text{ J}$. Uczniowie oglądają multimedialne bazowe: film samouczek.

Faza podsumowująca

Uczniowie oceniają stopień przyswojonej wiedzy, rozwiązując zadanie 8 z zestawu ćwiczeń związane z multimedialnym bazowym.

Praca domowa

Zadania 1-3 z zestawu ćwiczeń obowiązkowo, do wyboru jedno z ćwiczeń 4-7.

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania danego multimedialnego

Multimedialne bazowe może też być wykorzystane przez uczniów po lekcji do powtórzenia i utrwalenia materiału. Zadania z zestawu ćwiczeń można potraktować jako zadania domowe lub niektóre z nich rozwiązać na lekcji.