



Energia wewnętrzna. Ciepło. Zmiany energii wewnętrznej spowodowane wykonywaniem pracy i przepływem ciepła

Wstęp do tematu: Energia wewnętrzna. Ciepło. Zmiany energii wewnętrznej spowodowane wykonywaniem pracy i przepływem ciepła. Zasób zawiera: ogólny wstęp do tematu, fotografię, odwołanie do wcześniejszej wiedzy ucznia oraz cele lekcji sformułowane w języku ucznia.

Zasób zawiera: przypomnienie związku między temperaturą a średnią energią kinetyczną cząsteczek; określenie energii wewnętrznej ciała; podanie parametrów, od których zależy energia wewnętrzna; podanie trzech przykładów na energię wewnętrzną; dyskusję na temat: jak można zmienić energię wewnętrzną ciała; wyjaśnienie mechanizmu przekazywania energii cieplnej; określenie cieplnego przepływu energii; zadanie interaktywne typu prawda/fałsz; podanie i wyjaśnienie sposobów zmiany energii wewnętrznej ciała; film pt. Rozprężanie gazu; sformułowanie pierwszej zasady termodynamiki.

Zasób zawiera: cztery sformułowania podsumowujące temat; cztery polecenia dla ucznia wraz ze wskazówką.

Zasób zawiera jedno zadanie interaktywne wyboru odpowiedzi.

Energia wewnętrzna. Ciepło. Zmiany energii wewnętrznej spowodowane wykonywaniem pracy i przepływem ciepła

Cząsteczki i atomy każdego ciała są w bezustannym ruchu. Każda taka cząstka posiada energię kinetyczną. Miarą średniej energii kinetycznej jest temperatura. Czym jest zaś suma energii wszystkich cząsteczek lub atomów? W jaki sposób możemy ją zmieniać?



Wartość energii wewnętrznej danego ciała lub układu jest trudna do ustalenia ze względu na jej złożony charakter. Łatwiejsze natomiast do określenia, a przy tym istotniejsze są zmiany owej energii na skutek rozmaitych zjawisk, takich jak na przykład rozprężenie gazu pod ciśnieniem.

Źródło: Jesse! S?, dostępny w internecie: <https://www.flickr.com/>, licencja: CC BY 2.0.

Przed przystąpieniem do zapoznania się z tematem, należy znać poniższe zagadnienia

- [cząsteczkowa budowa materii](#);
- [energia kinetyczna. Rozwiązywanie zadań](#);
- [temperatura i jej związek z energią kinetyczną cząsteczek](#).

Nauczysz się

- czym jest energia wewnętrzna ciała;
- opisywać zmiany energii wewnętrznej jako skutek wymiany ciepła lub wykonania pracy.

Jak wiesz, temperatura jest związana ze średnią energią kinetyczną cząsteczek ciała. Czym jednak różnią się dwa ciała o jednakowej temperaturze, ale mające różne masy, a tym samym różne liczby cząsteczek? Jest oczywiste, że suma energii cząsteczek będzie większa

w przypadku ciała o większej masie. Energię związaną z ruchem i wzajemnym położeniem cząsteczek nazywać będziemy **energią wewnętrzną**.

Wynika z tego, że wartość energii wewnętrznej zależy od trzech czynników:

- liczby atomów i cząsteczek tworzących to ciało – więcej cząsteczek to więcej składników sumy;
- temperatury ciała – wyższa temperatura to większa wartość średniej energii kinetycznej cząsteczek, zatem całkowita energia układu będzie większa;
- rodzaju substancji i stanu jej skupienia – wielkość energii potencjalnej pochodzącej od oddziaływań międzycząsteczkowych zmienia się wraz ze stanem skupienia i jest różna w przypadku różnych substancji. Wyjaśnimy to dokładniej w materiale **Energia wewnętrzna i zmiany stanów skupienia**.

Przykład 1

W takiej samej ustalonej temperaturze wiadro wody ma większą energię wewnętrzną niż szklanka wody, gdyż w wiadrze jest znacznie więcej cząsteczek.

Przykład 2

Szklanka gorącej herbaty ma większą energię wewnętrzną niż ta sama ilość zimnej herbaty, ponieważ cząsteczki gorącego płynu mają większą średnią energię kinetyczną, a w obu szklankach jest ich tyle samo.

Przykład 3

Szklanka wody o temperaturze 0°C ma większą energię wewnętrzną niż powstała z niej bryła lodu o tej samej temperaturze.

Zastanówmy się, **jak można zmienić energię wewnętrzną ciała?**

Warto wspomnieć o kilku zjawiskach:

- Jeśli potrzemy dłonie jedną o drugą, to poczujemy, że robią się one cieplejsze. Wzrost temperatury świadczy o wzroście energii wewnętrznej.
- Innym dość często występującym zjawiskiem jest ogrzewanie się ciał szlifowanych pilnikiem lub papierem ściernym. Taką pracę bez trudu można wykonać i zobaczyć efekt w domu lub podczas lekcji. Uwaga: nieostrożne wykonanie tej czynności może się nawet skończyć poparzeniem.
- Powszechnym zjawiskiem jest ogrzewanie się powietrza zawartego w oponach samochodów. Opona odkształca się w miejscu styku z podłożem, obrót koła powoduje odkształcanie się kolejnych jej fragmentów, a także ściskanie znajdującego się w niej powietrza. Praca wykonywana przez układ droga – samochód w momencie odkształcania opony i ściskania powietrza powoduje wzrost energii wewnętrznej cząsteczek gazu wewnątrz opony.
- Możesz spróbować (jeżeli masz dostęp do odpowiednich narzędzi) wykonać doświadczenie, w którym będziesz uderzać młotkiem w metalowy pręt położony na

twardym podłożu. Okazuje się, że uderzany pręt ogrzewa się.

Powyższe przykłady udowadniają, że temperatura ciała może wzrosnąć dzięki wykonaniu nad nim pracy. Wzrost temperatury jest dowodem na zwiększenie się energii wewnętrznej ciał.

Wzrost temperatury można osiągnąć nie tylko przez wykonanie pracy. Możesz zanurzyć dłonie w ciepłej wodzie i też osiągniesz efekt wzrostu energii wewnętrznej.

Mechanizm procesu przekazywania energii wewnętrznej z ciepłej wody do skóry rąk można opisać następująco:

1. Temperatura wody jest wyższa od temperatury skóry naszych rąk, a to oznacza, że cząsteczki wody mają większą średnią energię kinetyczną.
2. Przylegające do skóry cząsteczki wody zderzają się z cząsteczkami skóry. Podczas tych zderzeń cząsteczki wody tracą energię, a cząsteczki skóry ją zyskują.
3. Energia jest przekazywana z wody do skóry rąk.

Ten sposób przekazywania energii nazywa się **cieplnym przepływem energii** lub **przekazywaniem energii w formie ciepła** lub w skrócie **przepływem ciepła**, a tę część energii wewnętrznej, która została przekazana w opisanym wyżej mechanizmie, nazywamy **ciepłem**.

Cieplny przepływ energii jest możliwy tylko pomiędzy ciałami o różnej temperaturze, odbywa się zawsze od ciała o temperaturze wyższej do ciała o temperaturze niższej i ustaje po wyrównaniu się temperatur.

Jeśli więc włożysz ręce do zimnej wody, to proces przekazywania energii odbywa się w przeciwną stronę. Cząsteczki skóry, które mają większą energię kinetyczną, w zderzeniach z cząsteczkami wody tracą ją, a cząsteczki wody – zyskują, czyli energia jest przekazywana od skóry do wody. Niepoprawne jest stwierdzenie, że to zimno przepływa z wody do rąk. Tym, co przepływa, jest część energii wewnętrznej, zwana ciepłem. To, czy w opisanej powyżej sytuacji odczuwa się wzrost, czy spadek temperatury, zależy od tego, w którą stronę odbywa się ten przepływ.

Co się dzieje, gdy temperatury, a zatem i średnie energie kinetyczne cząsteczek dwóch stykających się ciał, **wyrównają się** ?

Zapamiętaj!

Ciepło to ta część energii wewnętrznej, którą przekazuje ciało o wyższej temperaturze ciału zimniejszemu. Mechanizm przekazywania energii wewnętrznej na skutek różnicy temperatur to cieplny przepływ energii. Jednostką ciepła, tak jak każdego rodzaju energii, jest dżul.

Ćwiczenie 1



Oceń prawdziwość poniższych zdań. Przy każdym zdaniu w tabeli zaznacz „Prawda” albo „Fałsz”.

Zdanie	Prawda	Fałsz
W mroźny dzień zimno wpływa do mieszkania z zewnątrz.	☐	☐
W mroźny dzień ciepło przepływa z mieszkania na zewnątrz.	☐	☐
Miedzy ciałami o tej samej temperaturze nie zachodzi przekazywanie energii.	☐	☐
Ciało o wyższej temperaturze ma więcej ciepła.	☐	☐
Cieplny przepływ energii prowadzi do wyrównania temperatur.	☐	☐
Ciało cieplejsze przekazuje temperaturę ciału zimniejszemu.	☐	☐
Ciało cieplejsze przekazuje energię wewnętrzną ciału zimniejszemu.	☐	☐

Z dotychczasowych rozważań na temat sposobów zmiany energii wewnętrznej ciała wynika, że zmienia ją:

1. praca mechaniczna sił zewnętrznych,
2. cieplny przepływ energii.

Oba te sposoby są niezależne i mogą zachodzić zarówno oddzielnie, jak i jednocześnie. Całkowita zmiana energii wewnętrznej jest sumą zmian wywołanych pracą sił zewnętrznych i ciepła wymienionego z innymi ciałami.

Przykład 4

Podczas wiercenia otworów w stalowej płycie miejsce wiercenia polewane jest cieczą chłodzącą. Dzięki temu płyta i wiertło nie nagrzewają się nadmiernie.

Proces ten, analizowany z perspektywy zmian energii wewnętrznej przedstawia się następująco: kosztem pracy rośnie energia wewnętrzna wiertła i płyty, ale część tej energii jest przekazywana cieczy chłodzącej w formie ciepła. W rezultacie energia wewnętrzna może pozostać niezmienną – stanie się tak wtedy, gdy jej wzrost spowodowany pracą będzie równy ciepłu przekazanemu cieczy. Jeśli ciepło oddawane cieczy będzie mniejsze od pracy sił tarcia – energia wewnętrzna wzrośnie, ale o mniejszą wartość niż przy braku chłodzenia. Jeśli ciepło przekazane cieczy będzie większe od wykonanej pracy – energia wewnętrzna wiertła i płyty zmniejszy się.

Przykład 5

Aby plastelina stała się bardziej plastyczna, należy ją ogrzać. Możesz to zrobić, trzymając ją w dłoniach, ale skutek osiągniesz znacznie szybciej, gdy dodatkowo będziesz tę plastelinę ugniatać.

Plastelina pobiera ciepło z naszych dłoni i w efekcie jej energia wewnętrzna rośnie. Ugniatając plastelinę, wykonujemy pracę, która też zwiększa jej energię wewnętrzną. Oba te działania sumują się i dlatego plastelina nagrzewa się szybciej.

Przykład 6

Temperatura gazu wylatującego z pojemnika ciśnieniowego (na przykład z dezodorantu) jest wyraźnie niższa niż temperatura otoczenia.



Film dostępny pod adresem </preview/resource/R1GNuxeOG3OcP>

Rozprężanie gazu powoduje spadek temperatury

Źródło: Tomorrow Sp.z o.o., licencja: CC BY 3.0.

Film pokazujący spadek temperatury przy rozprężaniu gazu.

Gaz wylatujący z pojemnika wykonuje pracę (rozsuwa cząsteczki powietrza, aby zrobić sobie miejsce). Ponieważ nie dostarczamy mu energii z zewnątrz, praca ta jest wykonywana kosztem energii wewnętrznej. W efekcie energia wewnętrzna maleje o wartość pracy wykonanej przez gaz. Zmniejszenie się energii wewnętrznej przejawia się spadkiem temperatury gazu.

Zapamiętaj!

Zmiany energii wewnętrznej ciała wywoływane są pracą oraz cieplnym przepływem energii. Oba te czynniki mogą prowadzić zarówno do wzrostu, jak i spadku energii

wewnętrznej ciała.

Całkowita zmiana energii wewnętrznej jest sumą zmian wywołanych pracą i wymianą ciepła z otoczeniem.

Jeśli pracę wykonują siły zewnętrzne, to energia wewnętrzna ciała rośnie. Jeśli zaś to gaz wykonuje pracę – jego energia wewnętrzna maleje.

Jeśli ciepło przepływa do ciała – to jego energia wewnętrzna rośnie; jeśli ciepło jest oddawane – maleje.

Powyższe twierdzenie nazywamy **pierwszą zasadą termodynamiki**.

* Pierwszą zasadę termodynamiki możemy zapisać w postaci równania.

Podsumowanie

- Energia wewnętrzna ciała to suma energii kinetycznych i potencjalnych wszystkich atomów lub cząsteczek tworzących to ciało.
- Wartość energii wewnętrznej zależy od:
 - liczby atomów lub cząsteczek tworzących to ciało – więcej cząsteczek to więcej składników sumy;
 - temperatury ciała – wyższa temperatura to większa wartość średniej energii kinetycznej cząsteczek;
 - rodzaju substancji i stanu jej skupienia – wielkość energii potencjalnej pochodzącej od oddziaływań międzycząsteczkowych zmienia się wraz ze stanem skupienia i jest różna w przypadku różnych substancji.
- Pierwsza zasada termodynamiki głosi, że zmiany energii wewnętrznej ciała wywoływane są pracą oraz cieplnym przepływem energii. Całkowita zmiana energii wewnętrznej jest sumą zmian wywołanych pracą i wymianą ciepła z otoczeniem.
- Praca wykonana przez ciało przeciwko sile tarcia może spowodować wzrost jego energii wewnętrznej. Przykładem takiej sytuacji może być pocieranie rąk lub rozniecanie ognia metodą pocierania o siebie dwóch odpowiednio przygotowanych suchych drewniaków.

Zadania podsumowujące lekcję

Ćwiczenie 2



Kierowca samochodu o masie 1500 kg jadącego z prędkością $90 \frac{\text{km}}{\text{h}}$, zatrzymał go przy użyciu hamulców. Co stało się z energią kinetyczną tego samochodu? Wybierz prawidłową odpowiedź.

- ☐ Energia kinetyczna samochodu poprzez siłę tarcia klocków hamulcowych, została przekazana do jezdni.
- ☐ Energia kinetyczna samochodu poprzez siłę tarcia klocków hamulcowych, została przekazana do powietrza.
- ☐ Energia kinetyczna samochodu poprzez siłę tarcia klocków hamulcowych, została przemieniona w energię cieplną.

Ćwiczenie 3



Uzupełnij lukę, przeciągając kafelek lub wybierając odpowiednie sformułowanie z listy rozwijalnej.

Duża piłka znajdująca się wysoko nad powierzchnią Ziemi ma energię potencjalną 1000 J. Spadając, tuż nad powierzchnią Ziemi, ma energię kinetyczną o wartości 700 J. Brakujące 300 J energii zostało zużyte na .

ogrzanie powietrza wokół piłki

usunięcie z drogi piłki cząsteczek powietrza

ogrzanie piłki

Ćwiczenie 4



Uzupełnij luki, przeciągając kafelek lub wybierając odpowiednie sformułowanie z listy rozwijalnej.

Marynarz szorujący pokład polał go zimną wodą, a następnie trąc szczotką, wykonał pracę o wartości 10000 J. Podłoga oddała zimnej wodzie 12000 J ciepła. Energia wewnętrzna podłogi . Możemy to poznać, ponieważ różnica między energią wewnętrzną podłogi a energią wewnętrzną wody jest .

nie zmieniła się

stała

dodatnia

ujemna

zmałała

wzrosła

Ćwiczenie 5



Uzupełnij luki, przeciągając kafelek lub wybierając odpowiednie sformułowanie z listy rozwijalnej.

Dwie butelki z wodą (jedna z gazowaną, a druga z pozbawioną gazu) stoją przez dłuższy czas w jednym pomieszczeniu obok siebie. Intuicja podpowiada, że temperatura wody w obu butelkach powinna być równa. Kiedy jednak nalejemy wodę z tych butelek do szklanek, to zorientujemy się, że woda jest chłodniejsza. Dzieje się tak z dwóch powodów. Po pierwsze po odkręceniu wody gazowanej, gaz znajdujący się w niej ulega rozprężeniu co powoduje temperatury cieczy. Po drugie bąbelki gazu ulatniające się ze sobą część energii co także powoduje temperatury cieczy.

zmniejszenie

zwiększenie

gazowana

przynoszą

zabierają

zmniejszanie

zwiększenie

niegazowana

Ćwiczenie 6



Dlaczego sztuczny satelita, który obniżył swój lot i wszedł w atmosferę ziemską, ulega zniszczeniu? Zaznacz poprawną odpowiedź.

- ☐ W kosmosie jest zimno, a bliżej Ziemi jest cieplej – zbliżając się do Ziemi, satelita nagrzewa się.
- ☐ W wyniku działania oporu powietrza jego energia mechaniczna zamienia się na energię wewnętrzną, a temperatura znacznie wzrasta.
- ☐ Celowo został tak skonstruowany, gdyż w przeciwnym razie mógłby spaść na ludzi.
- ☐ Ściśle mówiąc, satelita tylko rozpada się na mniejsze kawałki, ponieważ napotyka na duży opór powietrza stawiany przez atmosferę ziemską.
- ☐ Spowodowane jest to nagrzewaniem się satelity od Słońca.

Słownik

ciepło właściwe

to ilość energii potrzebna do ogrzania 1 kilograma substancji o jeden stopień Celsjusza (o jeden kelwin). Jest to wielkość charakteryzująca daną substancję. Jednostką ciepła właściwego w układzie SI jest $\left| \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \right|$.

energia potencjalna oddziaływań międzycząsteczkowych

energia wynikająca z elektrycznych i magnetycznych właściwości cząsteczek materii, wiążących te cząsteczki ze sobą.

energia wewnętrzna

suma energii kinetycznych i potencjalnych wszystkich atomów oraz cząsteczek tworzących dane ciało.

pierwsza zasada termodynamiki

podstawowe prawo termodynamiki, zgodnie z którym całkowita zmiana energii wewnętrznej jest sumą zmian wywołanych pracą i wymianą ciepła z otoczeniem.

praca

praca W to zdefiniowana wielkość, będąca iloczynem siły F i przemieszczenia s , jeśli kierunki siły i przemieszczenia są takie same; w takiej sytuacji możemy ją wyrazić

wzorem:

$$W = F \cdot s.$$

temperatura

jest wielkością opisującą stan cieplny ciała i jest miarą stopnia jego nagrzania. Mierzymy ją w stopniach Celsjusza lub kelwinach.

termodynamika

nauka o zjawiskach cieplnych.