

# Materiał na zajęcia z fizyki

## 08.05.2021

**Temat:** Przekaz energii w postaci ciepła.

### 1. Cele:

- wskazuje kierunek przepływu energii cieplnej
- określa rodzaje temperatur
- omawia mikroskopowa interpretacja - zderzenia cząsteczek
- interpretuje mikroskopowo temperaturę

### 2. Materiał do przeanalizowania

#### Temperatura - wstęp

Podstawową wielkością charakteryzującą zjawiska cieplne jest **temperatura**. Wielkość tę odczytujemy z termometru, dzięki czemu dowiadujemy się czy jest ciepło, czy zimno. Ale od odczucia ciepła i zimna, do poprawnego określenia wielkości fizycznej droga nie jest prosta.



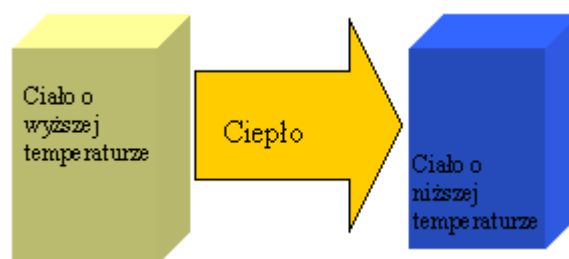
Jeszcze w XIX wieku uważano, że zjawiska cieplne wiążą się z przepływem specjalnego fluidu zwanego *cieplikiem*. Dzisiaj wiemy, że żaden cieplik nie istnieje, chociaż obserwacja takich zjawisk jak ogrzewanie, czy oziębianie dość wyraźnie sugeruje, że jest „coś”, co przepływając od ciał ciepłych do zimnych, powoduje ogrzanie tych ostatnich. Co to jest owo tajemnicze „coś”?

Od razu pospieszę z częściową odpowiedzią, że to **nie temperatura przepływa** od rozgrzanej płyty kuchenki do postawionego na niej garnka. Przepływającym medium jest **energia**, (a ta przepływająca energia nazywana jest po prostu ciepłem). Za to:

#### Temperatura wskazuje kierunek przepływu energii cieplnej.

Gorące ciało (czyli ciało o wyższej temperaturze) ma energię „na wyższym poziomie”, niż ciało chłodne. A ponieważ poziomy energetyczne dążą do wyrównywania się, to:

samorzutny przepływ energii zachodzi zawsze od ciała o wyższej temperaturze do ciała o niższej temperaturze.



To wydaje się oczywiste, bo przecież nikt nigdy nie zauważył by zimny lód ogrzał cieplejszego niż on człowieka, jednak warto mieć świadomość, że fakt ten jest podstawą dla pojęcia temperatury. W ten sposób temperatura szereguje wszystkie ciała w zależności od ich możliwości samorzutnego oddawania, lub przyjmowania ciepła.

## Kelwin - jednostka temperatury w układzie SI

Jednostką temperatury w układzie SI jest **kelwin**.

Definicja tej jednostki jest dość skomplikowana i dlatego w tym rozdziale nie będzie omawiana. Ważne jest tu jednak, że kelwin wywodzi się z innej jednostki, częściej używanej na co dzień - stopnia Celsjusza ( $^{\circ}\text{C}$ ).

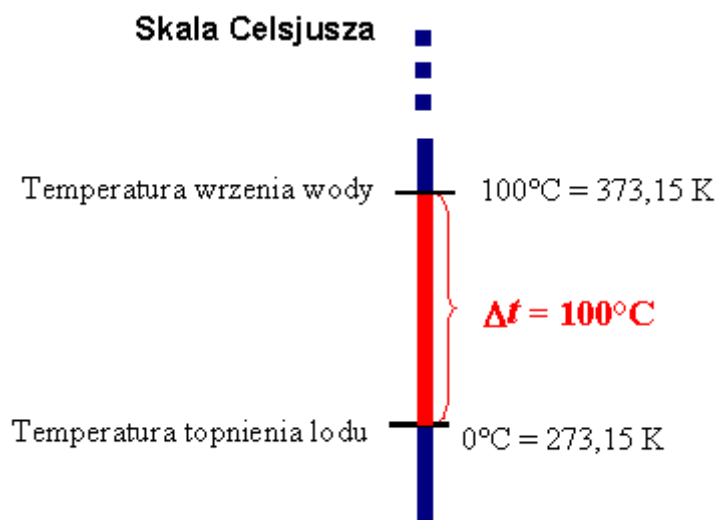
## Stopień Celsjusza

Stopień Celsjusza jest jednostką powstałą z podzielenia pewnego uzgodnionego zakresu temperatur na 100 równych części.

temperatura początkowa (dolna) wspomnianego zakresu temperatur jest równa jest temperaturze **topnienia lodu** pod ciśnieniem normalnym. Jest to  $0^{\circ}\text{C}$ .

temperatura końcowa (górną) wspomnianego zakresu temperatur jest równa jest temperaturze **wrzenia wody** pod ciśnieniem normalnym. Jest to  $100^{\circ}\text{C}$ .

Po podzieleniu zakresu na 100 równych odcinków, każdy z nich będzie wyznaczał różnicę temperatur równą  $1^{\circ}\text{C}$ .



## Skala Celsjusza, a skala bezwzględna (Kelwina)

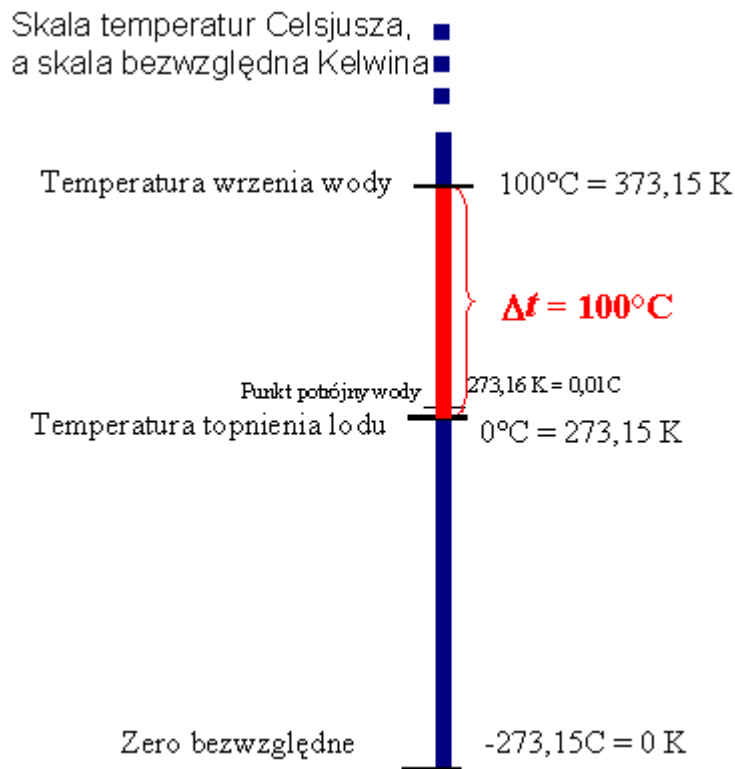
Pomiędzy skalą Celsjusza, a skalą Kelwina zachodzi podobieństwo.

Bo **różnica temperatur** jest w obu skalach identyczna, czyli jeśli pomiędzy dwoma punktami temperaturowymi jest różnica temperatur  $15^{\circ}\text{C}$ , to znaczy że w tym przypadku mamy też różnicę 15 K (kelwinów).

Odmienność obu skal temperaturowych polega na wybraniu innych punktów stanowiących "zero" - równych 0.

0 stopni Celsjusza odpowiada temperaturze topnienia lodu, podczas gdy w skali Kelwina jest to już 273,15 K.

0 kelwinów to tzw. **zero bezwzględne** (także "zero absolutne"), czyli najniższa w ogóle możliwa do osiągnięcia temperatura. W skali Celsjusza jest - 273,15°C.



### Interpretacja mikroskopowa temperatury

To, czym jest temperatura najlepiej wyjaśnia się w oparciu o teorię kinetyczno molekularną. Wynika z niej, że temperatura jest tym wyższa, im **szybciej poruszają się** cząsteczki/ atomy danego ciała. W temperaturze zera bezwzględnego cząsteczki nie poruszają się wcale.

**Temperatura jest wprost proporcjonalna do średniej energii kinetycznej cząsteczek ciała.**

Ważnym pojęciem ściśle powiązanim z temperaturą jest energia wewnętrzna. Jednak pomiędzy tymi pojęciami występują istotne różnice. W szczególności energia wewnętrzna rośnie wraz z ilością substancji, a temperatura jest wyznaczana jest wielkością lokalną - wyznaczaną prawie w punkcie, a przynajmniej w niewielkim obszarze zawierającym próbkę materii. Temperatura nie zależy więc od ilości cząsteczek, tylko od "średniego" zachowania się w danym obszarze.

### Praca w termodynamice, czyli energia przekazywana makroskopowo

Jak to zostało omówione w rozdziale poświęconym ciepłu, zmiana energii wewnętrznej ciała może odbywać się przez podgrzanie, czyli drogą mikroskopową, niewidoczną dla oka.

Jednak ciepło nie jest jedynym sposobem zmiany energii wewnętrznej ciała. Istnieje sposób konkurencyjny, a nazywany jest **pracą**.

Praca tym różni się od ciepła, że można ją najczęściej zobaczyć gołym okiem – związana jest z nią siła i ruch (przesunięcie) jakiegoś większego obiektu (obiektu makroskopowego).

Przykłady:

W hamującym samochodzie rozgrzewają się opony - praca hamowania jest zamieniana na - energię cieplną - energię wewnętrzną.

Gwóźdź uderzony młotkiem ze sporą siłą też staje się wyraźnie cieplejszy od otoczenia - praca powoduje przyrost jego energii wewnętrznej.

Podczas pompowania powietrza w pompce rowerowej tłok spręża (i jednocześnie rozgrzewa) powietrze.

Podczas wiercenia otworów wiertarką, wiertło silnie się nagrzewa - tutaj praca wiertarki jest zamieniana na energię wewnętrzną wiertła i materiału w którym wiercimy otwór.

W słynnym doświadczeniu Joule'a energia poruszających się łopatek była zamieniana na ciepło mieszanej przez te łopatki rtęci.

Pracę w mechanice określamy jako iloczyn siły i przesunięcia, i definicja ta ma oczywiście też zastosowanie w termodynamice. Jednak w tym dziale najczęściej interesujący jest wpływ pracy na energię wewnętrzną ciał, czyli zwykle **skutek cieplny** pracy.

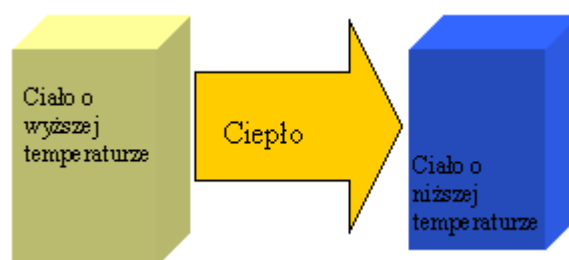
## Ciepło - energia przekazywana mikroskopowo

Pojęcia **ciepła** jest przez fizyków rozumiane w sposób szczególny:

**Ciepło jest to ta część energii wewnętrznej przekazywana od ciała cieplejszego do ciała chłodniejszego, która odbywa się w oparciu o mikroskopowy mechanizm zderzeń między cząsteczkami/atomami.**

**Przekazu ciepła nie widać gołym okiem.** Zazwyczaj nie obserwujemy żadnego dostrzegalnego ruchu, czy innych prostych objawów (wyjątkiem byłyby sytuacje, w których ktoś skonstruowałby jakieś specjalne urządzenie do wskazywania przepływu energii cieplnej).

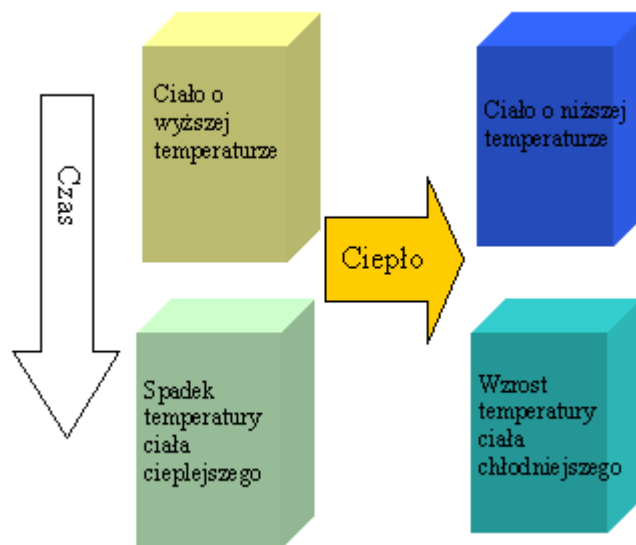
**Ciepło zawsze przepływa od ciała o wyższej temperaturze, do ciała o niższej temperaturze.**



## Mikroskopowa interpretacja - zderzenia cząsteczek

Przekaz ciepła wiąże się z faktem, że zetknięcie cząsteczek ciała cieplejszego (szybciej się poruszających) z cząsteczkami ciała chłodniejszego (wolniejszych), powoduje zderzenie się ich i pobudzenie tych ostatnich do szybszego ruchu, przy spowalnianiu cząsteczek oddających swoją energię kinetyczną.

Mechanizm przekazywania ciepła działa zarówno w przypadku ciał stałych, cieczy, jak i gazów. Różnica jest tylko taka, że ciała stałe mają cząsteczki dość mocno „umocowane” w węzłach sieci krystalicznej, dzięki czemu nie mogą odlecieć, choć nieraz dość intensywnie drgają w swoich położeniach równowagi. Cząsteczki gazów i cieczy nie są przywiązane do jednego miejsca, dzięki czemu mogą się ze sobą mieszać. Jednak bez względu na to, czy ruch odbywa się na względnie duże odległości (jak w przypadku gazów) czy też cząsteczki mogą wykonywać wyłącznie ruchy drgające wokół położenia równowagi, to faktem jest, że po pewnym czasie energia szybszych cząstek jest przekazywana wolniejszym – dochodzi do **przewodzenia ciepła**.



W wyniku przekazu ciepła dochodzi najczęściej do **wyrównywania temperatur** - ciało cieplejsze (oddające ciepło) ochładza się, a ciało chłodniejsze ogrzewa.

## Oznaczenie ciepła

W większości przypadków ciepło oznacza się za pomocą litery Q (duże Q).

## Jednostka ciepła

Jednostką ciepła jest dżul (J), co wynika z faktu, że ciepło jest formą energii, a dżul jest jednostką wszystkich rodzajów energii.

$$[Q] = J$$

**Uwaga - na trudny element pojęcia ciepła!**

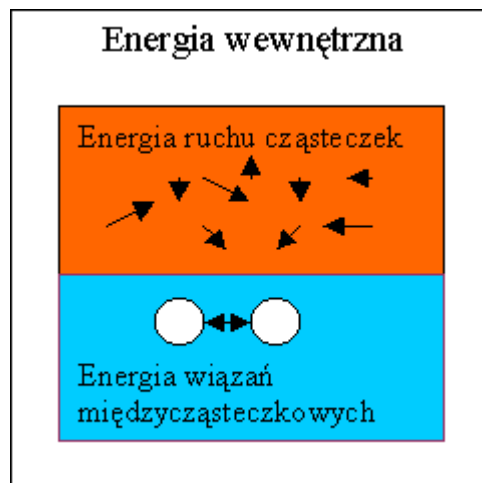
Pojęcie ciepła nie jest wcale łatwe do zrozumienia. W szczególności warto zapamiętać, że żadne ciało **ciepła nie "posiada"**. Ciepło może być tylko **przekazywane**.

## Temat: I zasada termodynamiki.

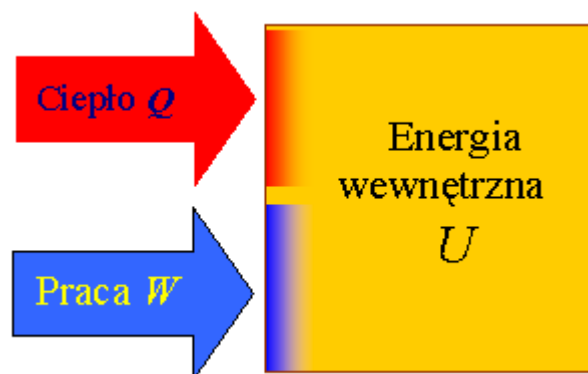
### 1. Cele:

- Przedstawia I zasadę termodynamiki
- Omawia podgrzewanie ciała, bez wykonywania pracy
- Omawia oziębianie ciała, bez wykonywania pracy
- Przedstawia podgrzewanie ciała z wykonywaniem pracy przez siły zewnętrzne

### 2. Materiał do przeanalizowania



Pierwsza zasada termodynamiki precyzuje zależność zmiany energii wewnętrznej od dostarczonego ciepła i pracy.



## Wzór I zasady termodynamiki

**Pierwsza zasada termodynamiki** wyraża się następującym wzorem:

$$\Delta U = Q + W$$

$\Delta U$  - zmiana energii wewnętrznej ciała/układu - jednostka w układzie SI: džul J

$Q$  - ciepło dostarczone do ciała/układu - jednostka w układzie SI: džul J

$W$  - praca wykonana nad ciałem/układem - jednostka w układzie SI: džul J

Treść tego wzoru (a więc i I zasady termodynamiki) można przedstawić w postaci sformułowania:

**Zmiana energii wewnętrznej ciała, lub układu ciał jest równa sumie dostarczonego ciepła i pracy wykonanej nad ciałem /układem ciał.**

### Umowa dotycząca znaku

Aby prawidłowo obliczać zmianę energii wewnętrznej należy trzymać się następującej konwencji dotyczącej znaku pracy, lub ciepła:

Jeśli praca lub ciepło są **dostarczane** do ciała (układu ciał), to są one liczone ze znakiem plus - są  **dodatnie**.

Jeżeli są odbierane od ciała (układu ciał), czyli jeśli to ciało/układ wykonuje jakąś pracę, to odpowiednie wartości będą ujemne.

Przykłady:

Proste zastosowanie wzoru

Podczas prasowania żelazko podgrzało tkaninę energią 200 J, a w wyniku tarcia została do niego dodatkowo dostarczona energia 10 J (zakładamy, że nie było ubytków ciepła). W rezultacie energia wewnętrzna tkaniny wzrosła o:

$$\Delta U = Q + W = 200 \text{ J} + 10 \text{ J} = 210 \text{ J}$$

### 2. Podgrzewanie ciała, bez wykonywania pracy

Podczas podgrzewania ciała bez wykonywania pracy (np. podczas podgrzewania wody na herbatę) mamy:

$Q > 0$  (bo ciepło jest dostarczane do ciała / układu)

$W = 0$  (bo praca nie jest wykonywana ani przez siły zewnętrzne, ani przez układ)

$\Delta U = Q + 0 = Q > 0$  - energia wewnętrzna układu wzrasta (czyli najczęściej także wzrasta temperatura).

### 3. Oziębianie ciała, bez wykonywania pracy

Podczas oziębiania ciała bez wykonywania pracy (np. podczas chłodzenia masła w lodówce) mamy:

$Q < 0$  (bo ciepło jest odbierane od ciała / układu)

$W = 0$  (bo praca nie jest wykonywana ani przez siły zewnętrzne, ani przez układ)

$\Delta U = Q + 0 = Q < 0$  - energia wewnętrzna układu maleje (czyli najczęściej także maleje temperatura).

### 4. Podgrzewanie ciała z wykonywaniem pracy przez siły zewnętrzne

Podczas podgrzewania ciała wraz z wykonywaniem pracy (np. podczas uderzania młotem kowalskim w kawał żelaza ogrzewany w palenisku w kuźni) mamy:

$Q > 0$  (bo ciepło jest dostarczane do ciała / układu)

$W > 0$  (praca jest wykonywana siły zewnętrzne - kowala)

$\Delta U = Q + W > 0$  - energia wewnętrzna układu rośnie (w opisanym przykładzie rośnie temperatura żelaza).

## Zadania do wykonania.

Energia wewnętrzna i jej zmiana przez wykonanie pracy.

1. Energia wewnętrzna ciała to suma energii wszystkich jego cząsteczek. Można ją zmienić przez wykonanie pracy np. przy pokonywaniu siły tarcia.

2. Jeśli wzrasta temperatura ciała, to ..... jego energia wewnętrzna.

3. Jeśli maleje temperatura ciała, to ..... jego energia wewnętrzna.

4. Przykłady ciał, których energia wewnętrzna wzrasta:

-.....  
-.....  
-.....

5. Przykłady ciał, których energia wewnętrzna maleje:

-.....  
-.....  
-.....

Zadanie.

Określ, czy energia wewnętrzna ciała maleje, czy wzrasta:

-napój, który wystawiliśmy z lodówki-.....

-gorąca herbata, którą zostawimy na stole-.....

-mleko, które wstawimy do lodówki-.....

-zupa, którą podgrzewamy-.....

-ciasto, które wstawiamy do gorącego piekarnika-.....

-lody, które wyjmujemy z zamrażarki-.....

-ręce, które ogrzewamy w ciepłej wodzie-.....

Ciepły przepływ energii.

1. Innym sposobem zmiany energii wewnętrznej ciała, poza wykonaniem pracy, jest przekazywanie ciepła  $Q$  ciału o niższej temperaturze przez ciało o wyższej temperaturze do



chwili  
wyrównania się temperatur.

2. Ciała można podzielić na takie, które dobrze przekazują ciepło (przewodniki cieplne) i takie, które źle przewodzą ciepło lub inaczej zatrzymują je (izolatory cieplne).

Zadanie 1.

Zapewne zauważyłeś, że ludzie na zimę przykrywają niektóre krzaki gałęzmi z choinek. Jak myślisz w jakim celu?

Zadanie 2.

Wymienione substancje podziel na przewodniki i izolatory:

drewno, papier, miedź, złoto, srebro, próżnia, słoma, styropian, wełna, śnieg, wata szklana, guma, woda, szkło, plastik, aluminium, nieruchome powietrze

Przewodniki Izolatory

3. Treść I zasady termodynamiki: Energię wewnętrzną ciała można zmienić przez wykonanie pracy lub przez przekazanie ciepła.

$$E_w = Q + W$$

$E_w$  - zmiana energii wewnętrznej

$Q$  - przekazane ciepło

$W$  - wykonana praca

4. W puste miejsce wpisz czy energia wewnętrzna ciała zmienia się przez wykonanie pracy czy przez przekazanie ciepła:

Zjawisko fizyczne	Zmiana energii przez wykonanie pracy $W$ / przepływ ciepła $Q$
wiercimy wiertarką otwór w ścianie	
pocieramy o siebie zmarznięte dłonie	
dotykamy zmarzniętymi dłońmi do kaloryfera	
umieszczamy napój w lodówce	
pieczemy ciasto w piekarniku	
pieczemy ciasto w piekarniku	
piłujemy piłą drewno	
pieczemy ziemniaki w ognisku	
podgrzewamy zupę na kuchence gazowej	

W trakcie zderzenia dwa samochody uległy częściowemu zniszczeniu. Oznacza to, że  
A. energia kinetyczna pojazdów po zderzeniu jest mniejsza niż przed zderzeniem, bo energia wewnętrzna samochodów zmalała.

B. energia kinetyczna pojazdów jest mniejsza niż przed zderzeniem, a energia wewnętrzna samochodów wzrosła.

C. energia kinetyczna pojazdów jest większa niż przed zderzeniem, bo energia wewnętrzna samochodów wzrosła.

D. energia kinetyczna pojazdów jest większa niż przed zderzeniem, a energia wewnętrzna samochodów zmalała.

