



## Jak zinterpretować II zasadę termodynamiki?

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



## Jak zinterpretować II zasadę termodynamiki?

### Czy to nie ciekawe?

Na co dzień spotykamy się ze zjawiskami nieodwracalnymi. Rozbite jajko nie wróci do poprzedniej postaci (Fot. a.), a ugotowane na twardo już nigdy nie będzie płynne. Rozlana na podłozie woda nie powróci do naczynia. Takie procesy możemy oglądać tylko na filmach wyświetlanych w przeciwną stronę. Nieodwracalność zjawisk wynika bezpośrednio z II zasady termodynamiki. Wnioski z II zasady termodynamiki dotyczą zarówno spraw bardzo praktycznych, np. działania silników cieplnych, jak i filozoficznych aspektów pojęcia czasu.



Fot. a. Rozbite jajko nie wróci do poprzedniej postaci

### Twoje cele

- dowiesz się, czym jest entropia,
- zrozumiesz, dlaczego w procesach spontanicznych entropia rośnie,
- zrozumiesz związek nieodwracalności zjawisk z kierunkiem upływu czasu,
- zrozumiesz, dlaczego ciepło nigdy nie przepływa od ciała zimnego do gorącego,
- dowiesz się, czym jest silnik cieplny i jak obliczyć jego sprawność,
- poznasz warunki, w jakich (zgodnie z II zasadą termodynamiki) silnik cieplny może działać,
- zastosujesz zdobytą wiedzę do rozwiązywania zadań rachunkowych i problemowych.

# Przeczytaj

---

## Warto przeczytać

Nieodwracalność wielu otaczających nas zjawisk wynika z prawa wzrostu entropii. Entropia – miara nieuporządkowania układu, w procesach spontanicznych zawsze rośnie.

**W układach izolowanych entropia nie może maleć.**

To najogólniejsza postać II zasady termodynamiki. Wzrost entropii oznacza, że stopień uporządkowania układu maleje. Porządek samorzutnie zamienia się w chaos, nigdy odwrotnie. Dzieje się tak, ponieważ **prawdopodobieństwo** stanów nieuporządkowanych jest znacznie większe niż prawdopodobieństwo stanów uporządkowanych. Układy dążą do stanów bardziej prawdopodobnych.

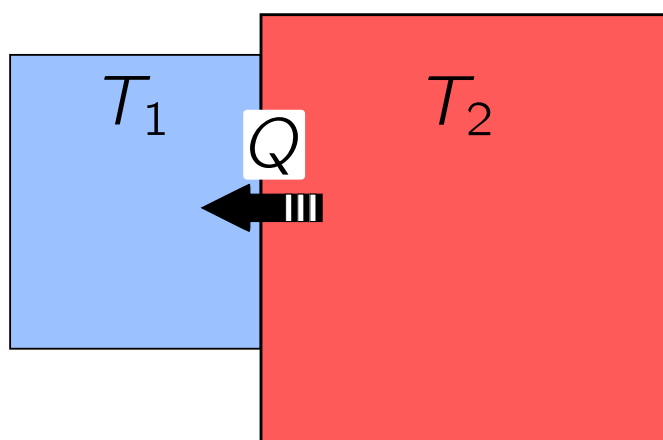
Nieodwracalność zjawisk wyznacza kierunek upływu czasu. Czas upływa zawsze w kierunku od przeszłości do przyszłości, a nigdy odwrotnie, jest jednokierunkowy, asymetryczny i nieodwracalny. Tym różni się czas od przestrzeni, w której możemy poruszać się w dowolnym kierunku. W czasie możemy się poruszać tylko od przeszłości do przyszłości (Rys. 1.).



Rys. 1. Czas jest jednokierunkowy, asymetryczny i nieodwracalny.

Z prawa wzrostu entropii wynika wyrównywanie się temperatur. Temperatura jest miarą średniej energii kinetycznej cząsteczek. Jeśli w różnych częściach układu występują różne temperatury, to oznacza to, że cząsteczki o średnio większych energiach kinetycznych są oddzielone od cząsteczek o średnio mniejszych energiach kinetycznych. Jest to stan bardziej uporządkowany niż stan o wyrównanych średnich energiach kinetycznych. Tak więc wyrównywanie się temperatur oznacza wzrost entropii układu.

Wnioskiem z najogólniejszej postaci II zasady termodynamiki – prawa wzrostu entropii – jest niemożność spontanicznego powstania różnic temperatur między częściami układu. Oznacza to, że energia cieplna nigdy nie płynie od ciała chłodniejszego do cieplejszego. Przepływ ciepła możliwy jest tylko od ciała o wyższej temperaturze do ciała o niższej temperaturze. Dlatego nie możemy czerpać energii cieplnej z jednego zbiornika i zamieniać ją w całości na pracę. Temperatura takiego zbiornika wciąż by się obniżała i ciepło musiało by płynąć od ciała o niższej temperaturze do ciała o wyższej temperaturze, a tego zabrania II zasada termodynamiki. Tak więc działać mogą tylko takie silniki cieplne, które pobierają ciepło ze zbiornika ciepła o wyższej temperaturze, przekształcają jego część w użyteczną pracę, a resztę oddają do chłodnicy – zbiornika ciepła o niższej temperaturze.



$$T_1 < T_2$$

Rys. 2. Energia cieplna przepływa zawsze od ciała o wyższej temperaturze do ciała o niższej temperaturze, powodując wyrównywanie się temperatur. Uwaga: wielkość ciał nie ma tu znaczenia.

Konieczność istnienia dwóch zbiorników ciepła o różnych temperaturach powoduje, że praca uzyskana w jednym cyklu silnika jest zawsze mniejsza od pobranego ciepła. Część ciepła w każdym cyklu pracy silnika oddawana jest do chłodnicy. Bilans energetyczny wygląda następująco: ciepło pobrane z grzejnika  $Q_p$  równe jest sumie wykonanej pracy  $W$  i ciepła oddanego do chłodnicy  $Q_{od}$ :

$$Q_p = W + Q_{od} .$$

Praca wykonana w jednym cyklu wynosi

$$W = Q_p - Q_{od} .$$

Sprawność silnika definiujemy jako stosunek pracy  $W$  do pobranego ciepła  $Q_p$ :

$$\eta = \frac{W}{Q_p},$$

przy czym obie wielkości odpowiadają jednemu cyklowi pracy silnika.

Praca jest mniejsza od ciepła pobranego o ciepło oddane do chłodnicy, co oznacza, że zawsze sprawność silnika jest mniejsza od jedności. Silnik zamieniający w całości ciepło na pracę, zwany perpetuum mobile drugiego rodzaju, nie może działać, bo byłoby to sprzeczne z II zasadą termodynamiki.

**Sprawność silnika cieplnego zawsze jest mniejsza od jedności.**

## Słowniczek

### Moc

(*ang.: power*) - praca wykonana w jednostce czasu  $P = \frac{W}{t}$ . Jednostką mocy jest wat  
 $1 \text{ W} = \frac{1 \text{ J}}{1 \text{ s}}$ .

### Temperatura

(*ang.: temperature*) - miara średniej energii kinetycznej cząsteczek, z których składa się ciało.

### Prawdopodobieństwo

(*ang.: probability*) - w znaczeniu potocznym: szansa na wystąpienie jakiegoś zdarzenia; w matematycznej teorii prawdopodobieństwa: miara częstości tego zdarzenia – im większe prawdopodobieństwo, tym częściej występuje dane zdarzenie.

# Film samouczek

---

## Jak zinterpretować II zasadę termodynamiki?

### Polecenie 1

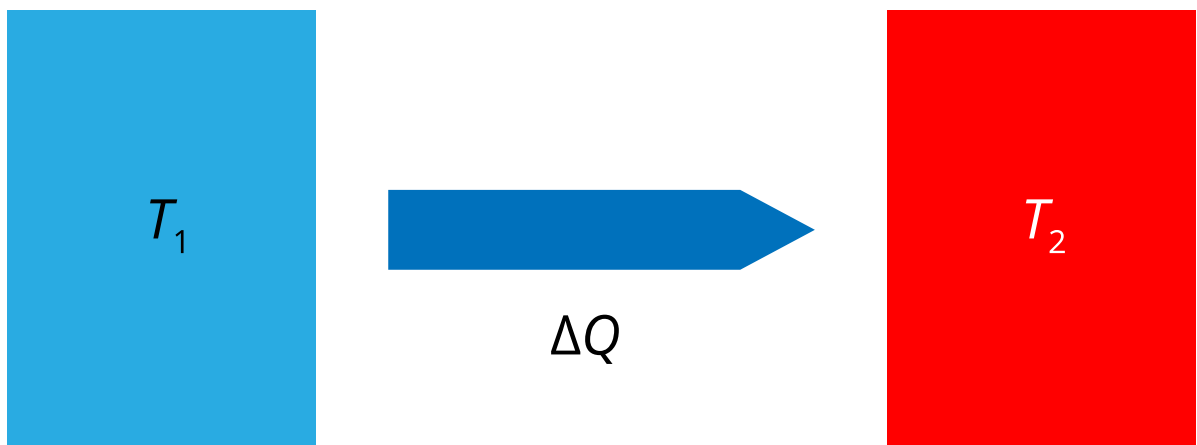
Obejrzyj film samouczek, w którym wykażemy, że nie istnieje perpetuum mobile drugiego rodzaju, czyli silnik zamieniający pobrane ciepło w całości na pracę. Zwróć uwagę, w jaki sposób obliczona została zmiana entropii całego układu.

Film dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/DJepA1sbT>

---

### Polecenie 2

Wykaż, że przekazywanie ciepła od ciała o niższej temperaturze do ciała o wyższej temperaturze jest niezgodne z II zasadą termodynamiki. W tym celu oblicz zmianę entropii podczas przekazania ciepła  $\Delta Q$ , tak małego, że nie spowoduje to zmiany temperatur obu ciał, od ciała o temperaturze  $T_1$  do ciała o temperaturze  $T_2$ , gdzie  $T_1 < T_2$ .





# Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

## Ćwiczenie 1



Uzupełnij zdanie:

Zgodnie z II zasadą termodynamiki entropia układu izolowanego rośnie lub maleje, zależnie od procesu / nigdy nie maleje / nigdy nie rośnie.

## Ćwiczenie 2



Uzupełnij zdanie:

Nie można zbudować silnika cieplnego o sprawności równej 1, ponieważ {#przepływ ciepła bez różnicy temperatur jest niemożliwy} / {zabrania tego zasada zachowania energii}.

## Ćwiczenie 3



W którym procesie entropia rośnie?



Udekorowanie kremem tortu w skomplikowane wzory.

Wymieszanie składników podczas przygotowania kremu: bitej śmietany, cukru i czekolady.

## Ćwiczenie 4



Silnik cieplny podczas jednego cyklu pobrał z grzejnika ciepło  $Q_p = 45$  kJ i oddał do chłodnicy ciepło  $Q_{od} = 30$  kJ. Jaką pracę wykonał silnik w jednym cyklu?

Odpowiedź:  $W =$   kJ



### Ćwiczenie 5



Oblicz sprawność silnika cieplnego, który podczas jednego cyklu wykonał pracę 3,6 kJ i równocześnie przekazał do chłodnicy energię 14,4 kJ.



Odpowiedź: Sprawność wynosi  %

### Ćwiczenie 6



Oblicz sprawność silnika cieplnego, który oddał do chłodnicy 1,5 razy mniej energii, niż pobierał z grzejnika.

Odpowiedź: Sprawność wynosi

### Ćwiczenie 7



Sprawność silnika cieplnego wynosi  $\eta = 25\%$ , a jego moc  $P = 150$  kW. Oblicz ciepło pobrane i oddane do chłodnicy w czasie 1 s.

Odpowiedź: Ciepło pobrane  kJ, ciepło oddane  kJ.

### Ćwiczenie 8



Wyjaśnij, dlaczego nie zdarza się, żeby cząsteczki powietrza w pokoju, w swoim chaotycznym ruchu, zebrały się w jednej części pokoju, a w drugiej pozostała próżnia.

# Dla nauczyciela

---

<b>Imię i nazwisko autora:</b>	Krystyna Wosińska
<b>Przedmiot:</b>	Fizyka
<b>Temat zajęć:</b>	<b>Jak zinterpretować II zasadę termodynamiki?</b>
<b>Grupa docelowa:</b>	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres rozszerzony
<b>Podstawa programowa</b>	<p><b>Cele kształcenia – wymagania ogólne</b></p> <p>II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.</p> <p><b>Zakres rozszerzony</b></p> <p><b>Treści nauczania – wymagania szczegółowe</b></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>17) interpretuje drugą zasadę termodynamiki, podaje przykłady zjawisk odwracalnych i nieodwracalnych.</p>
<b>Kształtowane kompetencje kluczowe:</b>	<p><b>Zalecenie Parlamentu Europejskiego i Rady UE z 2018 r.</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• kompetencje w zakresie rozumienia i tworzenia informacji,</li><li>• kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii,</li><li>• kompetencje cyfrowe,</li><li>• kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się.</li></ul>

<b>Cele operacyjne:</b>	<p>Uczeń:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. objaśnia, czym jest entropia,</li> <li>2. objaśnia, dlaczego w procesach spontanicznych entropia nie maleje,</li> <li>3. wyjaśnia związek nieodwracalności zjawisk z kierunkiem upływu czasu,</li> <li>4. wyjaśnia, dlaczego ciepło nigdy nie przepływa od ciała zimnego do gorącego,</li> <li>5. określa, czym jest silnik cieplny i podaje sposób obliczenia jego sprawności,</li> <li>6. podaje warunki, w jakich - zgodnie z II zasadą termodynamiki - silnik cieplny może działać.</li> </ol>
<b>Strategie nauczania</b>	strategia eksperymentalno-obszawacyjna (dostrzeganie i definiowanie problemów)
<b>Metody nauczania</b>	wykład informacyjny, pokaz multimedialny, analiza pomysłów
<b>Formy zajęć:</b>	praca w grupach, praca indywidualna
<b>Środki dydaktyczne:</b>	komputer z rzutnikiem lub tablety do dyspozycji każdego ucznia
<b>Materiały pomocnicze:</b>	e-materiały „Jak brzmi II zasada termodynamiki?”, „Na czym polegają zjawiska odwracalne i nieodwracalne?”, „Entropia”, „Co to jest silnik cieplny?”
<b>PRZEBIEG LEKCJI</b>	
<b>Faza wprowadzająca:</b>	
Wprowadzenie zgodnie ze wstępem. Odwołanie do wiedzy uczniów o zjawiskach nieodwracalnych.	
<b>Faza realizacyjna:</b>	

Uczniowie podają przykłady z życia procesów nieodwracalnych. Nauczyciel wprowadza pojęcie entropii jako miary nieuporządkowania układu. Uczniowie w grupach dyskutują, jak zmienia się entropia w przykładowych procesach spontanicznych i z pomocą nauczyciela dochodzą do prawa wzrostu entropii. Nauczyciel wyjaśnia, że jest to najogólniejsza postać II zasady termodynamiki, zwracając przy tym uwagę, że nieodwracalność zjawisk wyznacza kierunek upływu czasu. Następnie nauczyciel tłumaczy, jak z prawa wzrostu entropii wynika niemożność przepływu ciepła od ciała zimnego do gorącego, a także dlaczego silnik cieplny nie może działać bez różnicy temperatur między grzejnikiem a chłodnicą. Uczniowie w grupach znajdują związek między ciepłem pobranym, oddanym i pracą wykonaną w 1 cyklu, oraz odpowiadają na pytanie, czy sprawność silnika może być równa 1. Uczniowie oglądają film-samouczek.

**Faza podsumowująca:**

Uczniowie rozwiązują zadanie 8 powiązane z filmem.

**Praca domowa:**

Obowiązkowo zadania 1-4 i do wyboru 1 z pozostałych zadań z zestawu ćwiczeń.

**Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania danego multimedium**

Film samouczek może być wykorzystany przez uczniów po lekcji do powtórzenia i utrwalenia materiału.