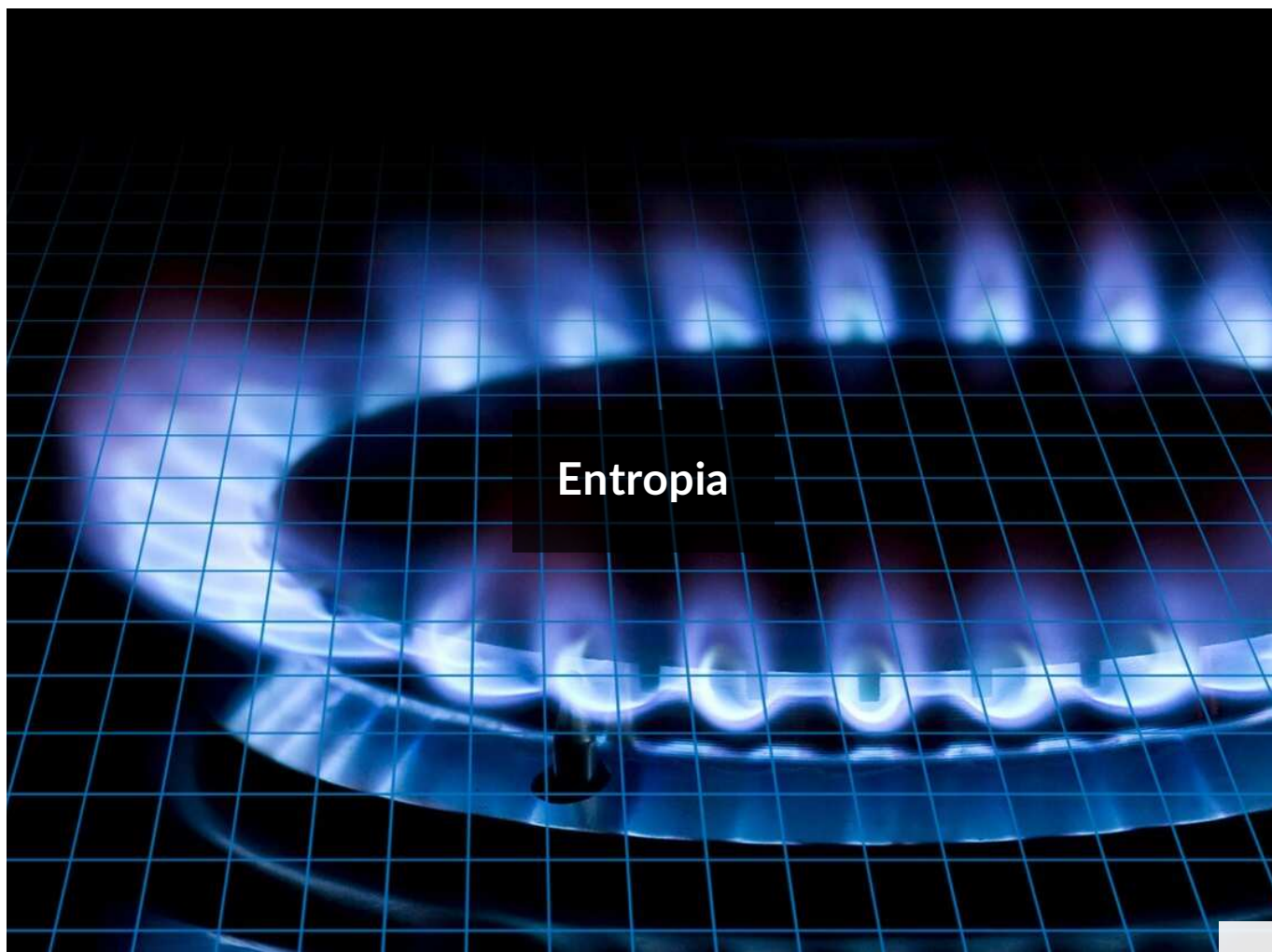




Entropia

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



Czy to nie ciekawe?

Nikogo nie dziwi, że energia przepływa z ciała o wyższej temperaturze do ciała o niższej temperaturze. Jest to zgodne z zasadą zachowania energii, bo zawsze energia oddana przez jedno ciało równa jest energii pobranej przez inne ciało. Ale przecież przepływ ciepła w przeciwną stronę, od ciała chłodnego do gorącego, też byłby zgodny z tą podstawową zasadą zachowania! Dlaczego więc nigdy nie obserwujemy takiej sytuacji? Jest wiele innych zjawisk, które przebiegają zawsze w jednym kierunku. Ocet zmieszany z wodą nigdy, bez zewnętrznej ingerencji, nie oddzieli się od wody. Jajecznicą nie zamieni się w surowe jajka, a kawałki rozbitego wazonu same nie powrócą do poprzedniej formy (Rys. a.). Jakie prawo fizyczne określa kierunek zachodzenia procesów w przyrodzie? Pojęcie entropii przybliży nas do wyjaśnienia przyczyn takiego stanu rzeczy.



Rys. a. Kawałki rozbitego wazonu same nie powrócą do poprzedniej formy

Twoje cele

- poznasz procesy nieodwracalne,
- zrozumiesz, że stany uporządkowane są mniej prawdopodobne niż nieuporządkowane,
- dowiesz się, czym jest entropia,
- poznasz prawo wzrostu entropii,
- przeanalizujesz zmiany entropii w różnych procesach.

Przeczytaj

Warto przeczytać

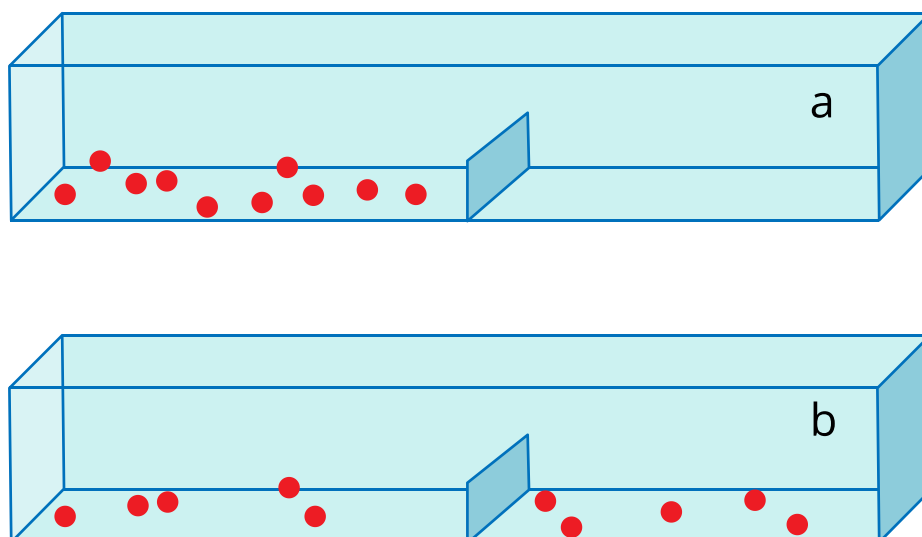
Wiele procesów w przyrodzie przebiega w jednym kierunku. Herbata w kubku, która ostygła, przekazawszy ciepło do otoczenia, nie robi się znów gorąca, pobierając samoistnie ciepło z otaczającego powietrza. Sprężony gaz wypuszczany z butli wypełnia całe pomieszczenie i nie powraca już z powrotem do butli. Takie procesy, które przebiegają w jednym kierunku nazywamy **nieodwracalnymi**. Aby zrozumieć dlaczego procesy termodynamiczne są nieodwracalne, trzeba wziąć pod uwagę, że wszystkie układy termodynamiczne składają się z ogromnej liczby molekuł, czyli atomów lub cząsteczek chemicznych. Molekuły poruszają się chaotycznie, zderzają ze sobą i wciąż zmieniają kierunki i wartości swoich prędkości. Kiedy ciało makroskopowe – na przykład popchnięty samochód-zabawka – porusza się, wszystkie cząsteczki, z których się składa, przesuwały się średnio w tym samym kierunku. Gdy samochód zatrzyma się pod wpływem siły tarcia, jego energia kinetyczna zostanie przekazana cząsteczkom otoczenia – podłoża i powietrza, które nieznacznie się ogrzeją – a więc rozproszy się w energię kinetyczną wielkiej liczby molekuł, które poruszają się bezładnie.

Przekazywanie ciepła od gorącego do chłodnego ciała również jest rozpraszaniem energii. Wyższa [temperatura](#) to większa średnia energia kinetyczna cząsteczek. Wymiana ciepła w takim przypadku oznacza wyrównanie średnich energii kinetycznych molekuł.

Zauważmy, że w obu przykładach proces przebiega od stanu bardziej uporządkowanego do mniej uporządkowanego. Ruch cząsteczek w jednym kierunku w jadącym samochodziku to stan bardziej uporządkowany niż chaotyczny ruch cząsteczek otoczenia po tym, jak zabawka się zatrzyma. Podobnie: rozdzielenie cząsteczek o średnio większych energiach kinetycznych od cząsteczek o średnio mniejszych energiach kinetycznych to stan bardziej uporządkowany niż wyrównanie średnich energii kinetycznych.

Dlaczego układy dążą do stanu mniej uporządkowanego? Po prostu taki stan jest bardziej prawdopodobny. Wyobraźmy sobie pudełko z przegrodą dzielącą je na pół (Rys. 1.). Gdy wrzucimy do niego 10 kulek i potrząśniemy, to częściej kulki wpadną do obu części (b), niż wszystkie do jednej (a). Jeśli zwiększymy liczbę kulek do 1000, to trzeba by powtarzać doświadczenie bardzo dużo razy, aby uzyskać taki rezultat jak na Rys. 1. (a).

[Prawdopodobieństwo](#) zgromadzenia się kulek w jednej połowie naczynia maleje wraz ze wzrostem liczby kulek. A jeśli tych kulek będzie 10^{20} (w przybliżeniu tyle cząsteczek powietrza mieści się w niewielkim pudełku), to prawdopodobieństwo tego, że kulki wypełnią tylko jedną połowę pudełka, jest praktycznie równe zeru. To dlatego nie zdarza się, żeby cząsteczki powietrza w pokoju, w swoim chaotycznym ruchu, zebrały się w jednej części pokoju, a w drugiej pozostała próżnia.



Rys. 1. Beźladnie poruszające się kulki częściej wpadają równomiernie do obu części naczynia (b), niż do jednej części (a). Prawdopodobieństwo zdarzenia (b) jest większe niż zdarzenia (a)

Podsumowując, stany mniej uporządkowane (kulki rozmieszczone równomiernie w obu częściach pudełka) są bardziej prawdopodobne niż stany o większym stopniu uporządkowania (kulki w jednej połowie pudełka). Procesy w przyrodzie przebiegają w ten sposób, że układy termodynamiczne samorzutnie przechodzą od stanów mniej prawdopodobnych do stanów bardziej prawdopodobnych, a więc od stanów bardziej uporządkowanych do mniej uporządkowanych. Istnieje wielkość charakteryzująca stan układu, która określa stopień uporządkowania. Jest to **entropia**.

Entropia jest miarą nieuporządkowania. Stan o większej entropii jest bardziej prawdopodobny.

Wynika stąd prawo wzrostu entropii:

W procesach spontanicznych entropia rośnie.

Można to wyrazić inaczej - mniej naukowo, a bardziej intuicyjnie: w procesach spontanicznych nieporządek rośnie, bo jest bardziej prawdopodobny.

Oczywiście istnieją procesy, w których entropia maleje. Najbliższy nam przykład to zjawisko życia. Żywe organizmy zamieniają proste związki chemiczne na skomplikowane organy. Rośliny przerabiają proste cząsteczki dwutlenku węgla i wody na złożone cząsteczki węglowodanów. W tych procesach zwiększa się uporządkowanie materii i entropia maleje. Ale nie byłoby to możliwe bez dopływu energii.

Inny przykład to sprzątanie. Porządkując pokój, zmniejszamy entropię (Rys. 2.), ale musimy włożyć w tę czynność pracę. Natomiast bałagan, jak dobrze wiemy, robi się sam - entropia

wzrasta spontanicznie.



Rys. 2. Porządkując pokój, zmniejszamy entropię, ale musimy włożyć w tę czynność pracę

Prawo wzrostu entropii dotyczy układów izolowanych, które nie wymieniają energii z otoczeniem. Takim układem jest Wszechświat – choćby dlatego, że ciężko sensownie zdefiniować jego otoczenie! Istnieje hipoteza cieplnej śmierci Wszechświata, zakładająca kres Wszechświata w wyniku osiągnięcia stanu równowagi termicznej, czyli całkowitego wyrównania [temperatur](#), w wyniku ciągłego wzrostu entropii.

Słowniczek

Zasada zachowania energii

(*ang.: energy conservation principle*) – energia nie może być ani utworzona, ani nie może zniknąć, mogą jedynie zachodzić przemiany jednych form energii w inne.

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.

Fotosynteza

(*ang.: photosynthesis*) - proces wytwarzania związków organicznych z materii nieorganicznej, zachodzący w komórkach roślin, zawierających chlorofil, przy udziale światła.

Film samouczek

Entropia

Polecenie 1

Obejrzyj film samouczek, z którego dowiesz się, dlaczego entropia wzrasta w procesach spontanicznych. Zwróć uwagę na sposób wyjaśnienia, że stany mniej uporządkowane są bardziej prawdopodobne niż stany o większym stopniu uporządkowania.

Polecenie 2

Wyjaśnij zdanie „Bałagan można zrealizować na więcej sposobów niż porządek” na przykładzie żołnierzy ustawionych według wzrostu.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Uzupełnij zdanie:

Entropia jest miarą / układu.

Ćwiczenie 2



Uzupełnij zdanie:

Rozpraszanie energii między cząsteczkami poruszającymi się bezładnie jest procesem / .

Ćwiczenie 3



Wskaż wszystkie poprawne stwierdzenia:

☐ Prawo wzrostu entropii mówi, że entropia wzrasta w każdym układzie.

☐ Prawo wzrostu entropii mówi, że entropia wzrasta w układzie izolowanym.

☐ W układzie, do którego dostarczana jest energia, entropia może zwiększać się.

☐ W układzie, do którego dostarczana jest energia, entropia może zmniejszać się.

Ćwiczenie 4



Podaj trzy przykłady zdarzeń w kuchni, w trakcie których **zwiększa się** entropia. Wyjaśnij, czy te zdarzenia są odwracalne.

Ćwiczenie 5



Podaj dwa przykłady zdarzeń w kuchni, w trakcie których **zmniejsza się** entropia. Wyjaśnij, czy te zdarzenia mogą zajść bez dostarczania energii z zewnątrz.

Ćwiczenie 6



Rozwiąż krzyżówkę, a poznasz inną nazwę prawa wzrostu entropii.

1.																			
3.																			
5.																			

1. Procesy, które przebiegają w jednym kierunku.
2. Wielkość fizyczna, która jest miarą nieuporządkowania.
3. Jest miarą średniej energii kinetycznej cząsteczek ciała.
4. Inaczej nieporządek.
5. Dział fizyki zajmujący się m. in. zasadą działania silników cieplnych.

Ćwiczenie 7



W jednym zbiorniku znajdował się azot, a w drugim tlen. Po połączeniu zbiorników gazy wymieszały się. Odpowiedz na pytania:

- a) Jak zmieniła się entropia układu?
- b) Czy proces zmieszania gazów jest odwracalny?

Ćwiczenie 8



Wyjaśnij na przykładzie zjawiska fotosyntezy, że entropia może zmniejszać się tylko wtedy, gdy układ pobiera energię.

Ćwiczenie 9



Bałagan można zrealizować na więcej sposobów niż porządek. Wyjaśnij to na przykładzie półki z książkami ułożonymi alfabetycznie według nazwisk autorów.

Dla nauczyciela

Imię i nazwisko autora:	Krystyna Wosińska
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	Entropia.
Grupa docelowa:	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres rozszerzony
Podstawa programowa	Cele kształcenia – wymagania ogólne I. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości. Zakres rozszerzony Treści nauczania – wymagania szczegółowe I. Wymagania przekrojowe. Uczeń: 10) przeprowadza wybrane obserwacje, pomiary i doświadczenia korzystając z ich opisów; planuje i modyfikuje ich przebieg; formułuje hipotezę i prezentuje kroki niezbędne do jej weryfikacji; VI. Termodynamika. Uczeń: 17) interpretuje drugą zasadę termodynamiki, podaje przykłady zjawisk odwracalnych i nieodwracalnych;
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 - wymienia przykłady procesów nieodwracalnych; - wyjaśnia, że stany uporządkowane są mniej prawdopodobne niż nieuporządkowane; - opisuje, czym jest entropia; - formułuje prawo wzrostu entropii; - analizuje zmiany entropii w różnych procesach.
Strategie nauczania	strategia eksperymentalno-obszernyjna (dostrzeganie i definiowanie problem6w)
Metody nauczania	wykład informacyjny, pokaz multimedialny, analiza pomysłów
Formy zajęć:	praca w grupach; praca indywidualna.
Środki dydaktyczne:	komputer z rzutnikiem lub tablety do dyspozycji każdego ucznia, zestaw składający się z przezroczystego pudełka z narysowaną linią w połowie podstawy i 20 kulek (co najmniej 1 zestaw dla każdej 4-osobowej grupy)
Materiały pomocnicze:	e-materiały: „Na czym polegają zjawiska odwracalne i nieodwracalne?”, „Jak brzmi II zasada termodynamiki?”, „Jak zinterpretować II zasadę termodynamiki?”
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	
- Wprowadzenie zgodnie z treścią w części pierwszej „Czy to nie ciekawe?”. - Odwołanie do wiedzy uczniów o procesach nieodwracalnych.	
Faza realizacyjna:	
Uczniowie podają przykłady procesów nieodwracalnych. Nauczyciel wyjaśnia, że nieodwracalność procesów termodynamicznych związana jest z korpuskularną budową materii. Uczniowie doświadczalnie badają prawdopodobieństwo występowania stanów bardziej i mniej uporządkowanych, używając w tym celu przezroczystego pudełka z narysowaną linią w połowie podstawy. Do pudełka wrzucają kulki, początkowo 2, potem 4, 6, itd. i potrząsając pudełkiem, zliczają stany, gdy kulki znajdują się w jednej połowie i w obu połowach. Następnie w grupach uczniowie dyskutują, jaki stan jest bardziej prawdopodobny i jak prawdopodobieństwo zależy od liczby kulek. Nauczyciel wprowadza pojęcie entropii jako miary stanu uporządkowania oraz prawo wzrostu entropii w procesach spontanicznych. Uczniowie oglądają film-samouczek, a następnie dyskutują rozwiązanie powiązanego z filmem polecenia.	
Faza podsumowująca:	

Uczniowie oceniają stopień przyswojonej wiedzy, rozwiązując zadania 4 i 5 z zestawu ćwiczeń

Praca domowa:

Zadania z zestawu ćwiczeń, do wyboru trzy zadania.

**Wskazówki
metodyczne
opisujące
różne
zastosowania
danego
multimedium**

Film samouczek można wykorzystać na lekcji i połączyć z wykonaniem połączonego z nim polecenia oraz przedyskutowaniem wyników. Może też być wykorzystane przez uczniów po lekcji do powtórzenia i utrwalenia materiału. Celowe może też być polecenie, aby uczniowie obejrzeli go przed lekcją, co może pomóc w zrozumieniu zagadnień omawianych na lekcji. Jednak w tym wypadku należy film powtórnie obejrzeć na lekcji po wprowadzeniu pojęcie entropii i prawa wzrostu entropii, co pozwoli uczniom w pełni zrozumieć film.