

Temperatura i jej związek z energią kinetyczną cząsteczek

Wstęp do tematu: Temperatura i jej związek z energią kinetyczną cząsteczek. Zasób zawiera: ogólny wstęp do tematu, fotografię, odwołanie do wcześniejszej wiedzy ucznia oraz cele lekcji sformułowane w języku ucznia.

Zasób zawiera sześć sformułowań podsumowujących temat: Temperatura i jej związek z energią kinetyczną cząsteczek.

Zasób zawiera słowa: termometr i zero bezwzględne (absolutne).

Zasób zawiera cztery polecenia w postaci zadań obliczeniowych.

Temperatura i jej związek z energią kinetyczną cząsteczek

Często używasz pojęć: ciepło, zimno. Na przykład po wyjściu z wody mówisz: „Jest mi zimno”. A wtedy twój sąsiad na plaży mówi: „Przecież jest bardzo gorąco! Na termometrze jest pewnie z 50 stopni”. Patrzysz na niego ze zdziwieniem, ale po chwili, gdy twoja skóra jest już sucha, przyznajesz mu rację. Co znaczą pojęcia ciepło i temperatura? Czy ciepło to wrażenie (odczucie), czy wielkość fizyczna? Jeśli chcesz poznać odpowiedzi na te pytania, czytaj dalej.



Podczas podgrzewania wody w czajniku dostarczasz jej energię. W wyniku tego woda staje się coraz cieplejsza, następnie gorąca, aż w końcu zaczyna wrzeć. Podobnie, gdy pocierasz o siebie dwa kawałki drewna, jesteś w stanie doprowadzić do ich zapalenia. Związek temperatury ciała z dostarczaną mu energią zdradza jedną z najciekawszych tajemnic budowy materii: pojedyncze cząsteczki też mają swoją energię.

Źródło: Vélocia, dostępny w internecie: flickr.com, licencja: CC BY-NC-ND 2.0.

Aby zrozumieć poruszane w tym materiale zagadnienia, przypomnij sobie:

- z czego zbudowana jest materia;
- jaki rodzaj energii jest związany z ruchem i jak się ją oblicza;
- co służy do pomiaru temperatury.

Nauczysz się

- odróżniać temperaturę od ciepła;
- opisywać związek temperatury ciała ze średnią energią kinetyczną cząsteczek, z których jest zbudowane;
- podawać definicję bezwzględnej skali temperatury;
- przeliczać wartości temperatury w różnych skalach.

Wspomniana wyżej sytuacja na plaży może cię zachęcić do analizowania sposobu odczuwania ciepła lub zimna. Czy w kwestii percepcji temperatury i oceniania jej wartości możesz ufać swoim zmysłom?

Wykonaj doświadczenie:

Doświadczenie 1

Sprawdzenie zdolności zmysłu dotyku do oceny stopnia nagrzania ciała.

Co będzie potrzebne

- trzy miski na wodę;
- źródło wody zimnej;
- źródło bardzo ciepłej wody (około 40 ° C).

Instrukcja

1. Do jednej z misek nalej wody zimnej; najzimniejszej, jaką dysponujesz.
2. Do drugiej nalej wody bardzo ciepłej, ale nie gorącej, żeby się nie oparzyć.
3. W trzeciej misce sporządź mieszaninę wody ciepłej i zimnej, tak aby otrzymać wodę letnią.
4. Miski ustaw blisko siebie, tak aby trzecia z nich stała pomiędzy pierwszą i drugą.
5. Zanurz jedną rękę w wodzie zimnej, a drugą w ciepłej i potrzymaj około 2 – 3 minuty.
6. Teraz zanurz obie ręce w misce z wodą letnią.

Podsumowanie

1. Odpowiedz na pytanie: czy woda w środkowej misce była ciepła, czy zimna?

Miałeś okazję przekonać się, że w tej sytuacji nie ma jednoznacznej odpowiedzi. Jedną ręką odczuwasz, że woda w środkowej misce jest ciepła, a druga ręka dostarcza wprost

przeciwnych wrażeń.

Woda o tej samej temperaturze będzie wydawała ci się cieplejsza albo chłodniejsza w zależności od tego, którą rękę do niej włożyłeś. To znaczy, że nie można polegać na własnych zmysłach, chcąc stwierdzić, czy temperatura wody jest niska czy wysoka.

Wiemy, że aby otrzymać wodę, którą nazwiemy gorącą, musimy ją podgrzać, czyli dostarczyć jej energii. Wiemy też, że cząsteczki ciała znajdują się w nieustannym ruchu i uderzają w ścianki naczynia, wywierając ciśnienie. Jeżeli na przykład podgrzejemy powietrze zawarte w baloniku lub oponie samochodu, to ciśnienie wzrośnie. Oznacza to, że cząsteczki poruszają się szybciej. Pojęcie temperatury jest związane z prędkościami poruszających się cząsteczek, a zatem z ich energią kinetyczną.

Mówimy, że temperatura jest miarą energii kinetycznej cząsteczek, dokładniej – miarą średniej energii kinetycznej cząsteczek ciała.

Nie bez powodu mówimy o średniej energii kinetycznej. Zderzające się ze sobą cząsteczki lub atomy mają różne energie, w dodatku zmieniające się w wyniku zderzeń. Cząsteczka uderzywszy w inną, o mniejszej prędkości, powoduje wzrost jej prędkości, a zatem i energii. Sama zaś energię traci i porusza się wolniej. Nie zmienia to jednak całkowitej sumy oraz wartości średniej energii.

Nie możemy bezpośrednio zmierzyć energii kinetycznej cząsteczek i wyznaczyć wartości średniej. Jednak, jak zapewne wiesz, istnieją przyrządy pozwalające zmierzyć rzeczywistą wartość temperatury. „Sercem” każdego **termometru** jest substancja, której właściwości w czytelny sposób zmieniają się wraz z temperaturą.

W termometrach cieczowych wykorzystuje się zależność objętości cieczy od temperatury – właściwość tę nazywamy rozszerzalnością termiczną cieczy. **Używane są też często termometry bimetaliczne, w których od temperatury zależy długość jakiegoś ciała.**

W Polsce stosuje się skalę w stopniach Celsjusza oraz obowiązującą w Międzynarodowym Układzie Jednostek SI – kelwiny. W skali Celsjusza punktem zerowym jest temperatura zamrażania wody, a drugim punktem odniesienia jest temperatura wrzenia wody wynosząca 100°C – w obu przypadkach przy normalnym ciśnieniu atmosferycznym, czyli 1013,25 hPa.

W Międzynarodowym Układzie Jednostek używamy skali zdefiniowanej przez Williama Thomsona (lorda Kelvina). Skala ta nazywana jest też **bezwzględną skalą temperatur**.

Zero w skali Kelvina, zwane też **zerem bezwzględnym lub absolutnym**, jest najniższą możliwą temperaturą w przyrodzie i odpowiada sytuacji, gdy ustaje wszelki ruch atomów i cząsteczek, z których zbudowana jest materia. Cząsteczki mają wtedy zerową energię

kinetyczną. W rzeczywistości osiągnięcie temperatury zera kelwinów jest niemożliwe. W każdej innej sytuacji **temperatura w skali Kelvina jest wielkością wprost proporcjonalną do średniej energii kinetycznej atomów lub cząsteczek**. Oznacza to, że jeśli średnia energia kinetyczna cząsteczek wzrośnie na przykład dwa razy, to temperatura w skali Kelvina też wzrośnie dwa razy.

W tej skali temperatura zamarzania wody ma wartość około 273 K. Wartość temperatury w skali bezwzględnej jest o około 273 większa od jej wartości w skali Celsjusza.

Przypomnijmy:

$$T_{\text{Kelvina}} = t_{\text{Celsjusza}} + 273.$$

Skoro istnieje zależność pomiędzy temperaturą, a średnią energią kinetyczną cząsteczek to możemy ją zapisać w postaci wzoru:

$$E_{k, \text{śr}} = c \cdot T$$

Gdzie:

$E_{k, \text{śr}}$ – średnia energia kinetyczna cząsteczki,

T – temperatura w kelwinach,

c – współczynnik zależny od danej substancji, którego jednostka to $\frac{\text{J}}{\text{K}}$.

Przykład 1

$$25^{\circ} \text{C} = (25 + 273) \text{K} = 298 \text{K}$$

$$t_{\text{Celsjusza}} = T_{\text{Kelvina}} - 273.$$

Przykład 2

$$400 \text{K} = (400 - 273)^{\circ} \text{C} = 127^{\circ} \text{C}.$$

Ważne!

Dokładne przeliczanie stopni Celsjusza na kelwiny (i odwrotnie) jest niezbędne tylko wówczas, gdy chcemy przeliczyć konkretną temperaturę, np. wskazania termometru. Gdy mówimy o różnicy temperatur, np. w mieszkaniu i na zewnątrz domu, to przeliczanie jest zbędne! Jest tak, ponieważ jedyna różnica pomiędzy skalami temperatur Celsjusza i Kelvina polega na odmiennie zdefiniowanej wartości zerowej.

Przykład 3

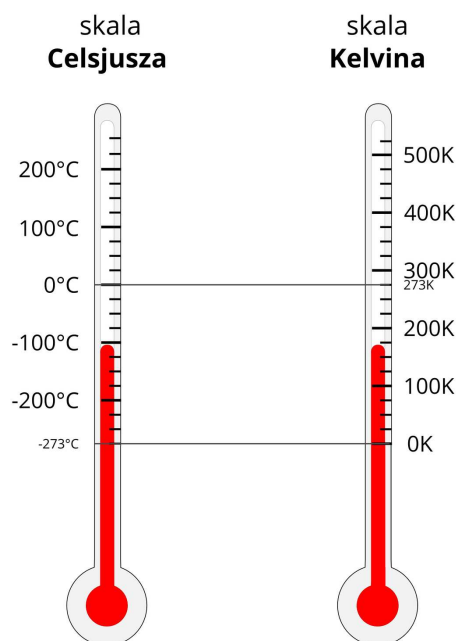
Temperatura na zewnątrz budynku wynosi -5°C , a w pokoju 22°C .

Różnica temperatur to $22^{\circ}\text{C} - (-5^{\circ}\text{C}) = 27^{\circ}\text{C}$.

Ile to kelwinów? Przeprowadźmy obliczenia:

$$(22 + 273)\text{K} - (-5 + 273)\text{K} = (22 + 273 + 5 - 273)\text{K} = 27\text{K}.$$

Widzimy, że jeden stopień na skali temperatur Celsjusza jest zawsze równy jednemu kelwinowi. Skala Kelvina jest oparta na skali Celsjusza i jedyna różnica między nimi polega na przesunięciu wartości liczbowych w obydwu skalach względem siebie o stałą wartość.



Skale temperatury

Źródło: Krzysztof Jaworski, GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Wskazanie temperatury 0 K i niższej jest niemożliwe. Należy jeszcze podkreślić, że każdy **termometr mierzy zawsze własną temperaturę**. Jeśli chcemy nim zmierzyć temperaturę na przykład wody w wannie, należy zanurzyć termometr w wodzie i poczekać, aż **średnie** energie kinetyczne cząsteczek wody i cząsteczek cieczy termometrycznej wyrównają się. Wtedy temperatura wody będzie taka sama, jak temperatura termometru – mówimy wówczas, że woda i termometr są w **równowadze termicznej** i wskazanie termometru jest jednocześnie temperaturą termometru i temperaturą wody.

Przy wykonywaniu takiego pomiaru należy zadbać, aby objętość cieczy termometrycznej nie była zbyt duża. Gdybyśmy włożyli typowy laboratoryjny termometr rtęciowy do wody w próbówce, to wskazanie termometru miałyby znacząco inną wartość niż pierwotna temperatura wody w próbówce.

Przykład 4

Powietrze w atmosferze ziemskiej jest mieszaniną różnych gazów. Głównymi jego składnikami są azot i tlen. Oba te gazy mają jednakowe temperatury (wszak tworzą jedno powietrze). Czy to oznacza, że cząsteczki tych gazów poruszają się tak samo szybko?

Odpowiedź:

Jednakowe temperatury oznaczają taką samą średnią energię kinetyczną.

Cząsteczki gazów tworzących powietrze różnią się jednak masą: azot jest lżejszy niż tlen, dlatego aby osiągnąć tę samą wartość energii kinetycznej, cząsteczki azotu muszą poruszać się szybciej.

Ćwiczenie 1



Temperatura powietrza wzrosła od 200 K do 400 K. Jak i ile razy zmieniła się średnia energia kinetyczna cząsteczek tego powietrza? Zaznacz poprawną odpowiedź.

Zmaląła dwa razy

Wzrosła od 200 do 200 J

Nie zmieniła się

Nie można policzyć zmiany energii cząsteczek

Wzrosła dwa razy

Podsumowanie

- Wielkość fizyczna zwana temperaturą związana jest ze średnią energią kinetyczną atomów i cząsteczek – dwa ciała mają taką samą temperaturę, jeśli średnia energia kinetyczna ich atomów lub cząsteczek jest taka sama. Ciała o wyższej temperaturze mają większą wartość średniej energii kinetycznej atomów i cząsteczek.
- W skali Kelvina (zwanej też bezwzględną skalą temperatur) temperatura jest wprost proporcjonalna do średniej energii kinetycznej atomów lub cząsteczek.
- W skali Celsjusza punktem zerowym jest temperatura, w której woda zamarza, a 100 stopni oznacza temperaturę, w której woda wrze przy normalnym ciśnieniu atmosferycznym (1013,25 hPa).
- Zero kelwinów (inaczej zero bezwzględne) jest najniższą możliwą temperaturą w przyrodzie, w tej temperaturze średnia energia kinetyczna atomów i cząsteczek jest

równa zero (atomy i cząsteczki są w bezruchu).

- Temperaturę odczytaną w stopniach Celsjusza przeliczamy na kelwiny poprzez dodanie liczby 273. $T_{\text{Kelvina}} = t_{\text{Celsjusza}} + 273$.
- **Różnica** temperatur ma taką samą wartość zarówno skali Celsjusza, jak i w skali bezwzględnej.

Zadania podsumowujące lekcję

Ćwiczenie 2

Na pustyni temperatura w ciągu doby zmienia się od minus 10 do plus 50 stopni Celsjusza. Jaką wartość ma dobową różnicę temperatur na pustyni, wyrażoną w kelwinach? Zaznacz poprawną odpowiedź.

Różnica temperaturowa wynosi 10 K.

Różnica temperaturowa wynosi 40 K.

Różnica temperaturowa wynosi 50 K.

Różnica temperaturowa wynosi 60 K.

Ćwiczenie 3

Temperatura materii w jądrze gwiazdy sięga 15000000 K, natomiast powierzchnia gwiazdy ma temperaturę 10000 K. Oblicz, ile razy mniejszą średnią energię kinetyczną mają atomy na powierzchni gwiazdy niż w jej jądrze?

Uzupełnij lukę w odpowiedzi, wpisując poprawną wartość.

Odpowiedź: Średnia energia kinetyczna zmniejszy się razy.

Ćwiczenie 4

Podaj w skali Kelvina temperaturę zamarzania i wrzenia wody pod ciśnieniem normalnym. Uzupełnij luki w odpowiedzi, wpisując poprawne liczby.

Odpowiedź: Woda zamarza w temperaturze K, natomiast wrze w temperaturze K.

Ćwiczenie 5

Balonik wypełniono mieszaniną helu i argonu. Gazy zamknięte w baloniku mają temperaturę 20°C . Czy to oznacza, że atomy obydwu gazów mają takie same prędkości średnie?

Odpowiedź wpisz w polu poniżej.

Wskazówka

Atomy helu mają masę około dziesięć razy mniejszą od masy atomów argonu.

Słownik

termometr

przyrząd do pomiaru temperatury. Wykorzystuje zależność np. objętości cieczy lub długości ciał od temperatury.

zero bezwzględne (absolutne)

zero w skali Kelvina, zwane też zerem bezwzględnym lub absolutnym; jest najniższą możliwą temperaturą w przyrodzie i odpowiada sytuacji, gdy ustaje wszelki ruch atomów i cząsteczek, z których zbudowana jest materia.