



Badanie przewodnictwa cieplnego wybranych ciał stałych

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Wirtualne laboratorium WL-S](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)



0404 Badanie przewodnictwa cieplnego wybranych ciał stałych

Czy to nie ciekawe?

Dobrze wiemy, że dotknięcie na mrozie gołą ręką metalowej poręczy jest bardzo nieprzyjemne – odczuwamy wtedy dotkliwie zimno. Gdy poręcz jest drewniana, odczucia są zupełnie inne – drewniana poręcz wydaje się cieplejsza (Rys. a.). Jak to możliwe? Przecież obydwie poręcze mają taką samą temperaturę – temperaturę otoczenia.

Dzieje się tak dlatego, ponieważ metal i drewno różnią się szybkością przewodzenia ciepła. Metal jest lepszym przewodnikiem ciepła niż drewno i ciepło z ręki szybciej przez niego przepływa. To dlatego ręka oziębia się szybciej, gdy dotkniemy zimnego metalu, niż wtedy gdy dotykamy zimnego kawałka drewna.

W tym e-materiale samodzielnie zbadasz w wirtualnym laboratorium przewodnictwo cieplne kilku materiałów.



Rys. a. W jednej z zimowych scen kultowej komedii "Głupi i głupszy" (1995) z udziałem Jima Carrey'a i Jeffa Danielsa główni bohaterowie ... liżą metalowe rurki. Choć scena jest bardzo śmieszna - nie naśladuj ich - finał takiej zabawy może być nieprzyjemny. [źr.: pixabay.com]

Twoje cele

Dzięki lekturze tego materiału:

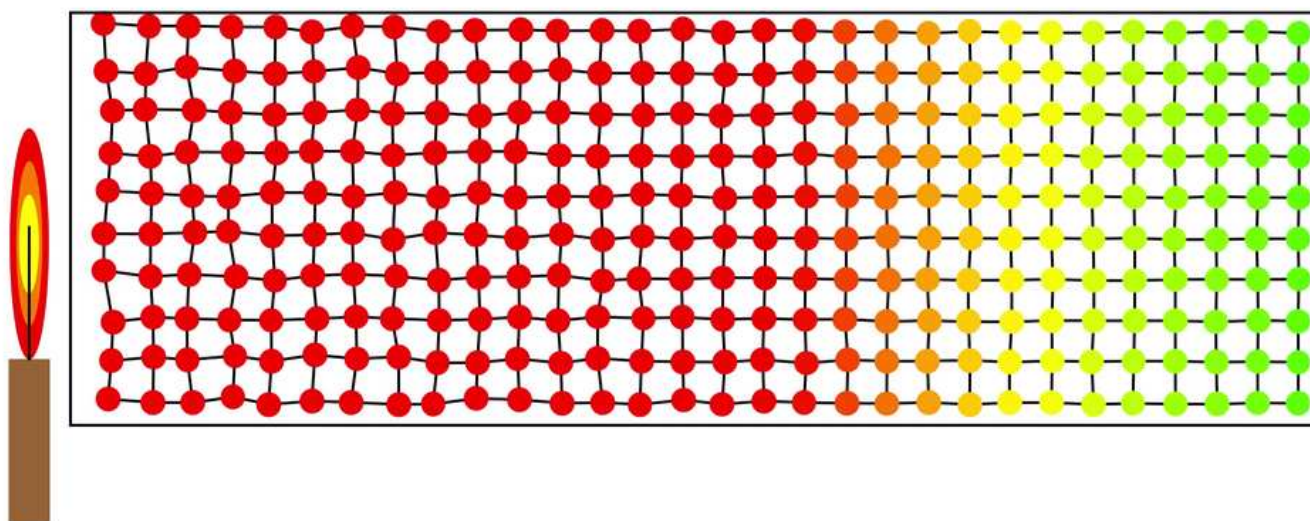
- przypomnisz sobie mechanizm przewodzenia ciepła przez ciała,
- zdefiniujesz przewodnictwo cieplne (właściwe) materiałów,
- przeprowadzisz wirtualny eksperyment, w którym porównasz przewodnictwo cieplne kilku materiałów,
- zaplanujesz doświadczenie mające na celu zbadanie przewodnictwa cieplnego, które można wykonać w domu.

Przeczytaj

Warto przeczytać

Energia cieplna zawsze przepływa od ciała o wyższej temperaturze do ciała o niższej temperaturze i jest przenoszona przez zderzenia między cząsteczkami.

Temperatura jest miarą średniej energii kinetycznej cząsteczek. Cząsteczki ciała o wysokiej temperaturze poruszają się z większą średnią energią kinetyczną, niż cząsteczki ciała chłodniejszego. W zderzeniach cząsteczek energia kinetyczna jest przekazywana od cząsteczek o większej energii do cząstek o mniejszej energii (Rys. 1). Podczas zetknięcia ciał cieplejszego i zimniejszego, w pierwszej kolejności, energię zmieniają cząsteczki na powierzchni ich styku. Potem, w wyniku kolejnych zderzeń międzycząsteczkowych, ciepło, w postaci energii kinetycznej cząsteczek, jest przekazywane coraz dalej, w głąb chłodniejszego ciała, natomiast ciało, które przed zetknięciem było cieplejsze, ochładza się, bo jego cząsteczki tracą energię kinetyczną. W ten sposób następuje **przewodzenie ciepła**.



Film dostępny pod adresem </preview/resource/RVkj9GS3WB9v>

Rys. 1. Wraz ze wzrostem temperatury zwiększa się średnia energia kinetyczna ruchu drgającego cząsteczek ciała stałego. Ogrzewanie ciała stałego z jednej strony powoduje, że zlokalizowane tam cząsteczki zaczynają silniej drgać wokół swoich położenia równowagi. W wyniku oddziaływań międzycząsteczkowych, energia ruchu drgającego jest przekazywana dalej położonym cząsteczkom.

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0. Licencja: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl>.

Rys. 1. Ilustracja przedstawia animację, w której po lewej stronie widoczna jest brązowa świeca w postaci pionowego walca z palącym się knotem. Płomień widoczny jest w postaci pionowego, eliptycznego kształtu o żółtym środku i czerwonej części zewnętrznej. Żółty środek sugeruje, że temperatura płomienia maleje wraz ze wzrostem odległości od knotu. Obok świecy po prawej stronie widoczna jest struktura cząsteczek, w postaci poziomego

prostokąta złożonego z drobnej siatki podzielonej na kwadraty, w wierzchołkach których znajdują się początkowo niebieskie punkty. Kolor niebieski sugeruje niską temperaturę cząsteczek. Wraz z upływem czasu cząsteczki znajdujące się blisko płomienia zmieniają kolor na początkowo zielony, później żółty a następnie czerwony. Początkowo tylko cząsteczki blisko płomienia zwiększa swoją temperaturę, ale wraz z upływem czasu również molekuly oddalone bardziej zaczynają się ogrzewać. Wraz z czasem coraz więcej cząsteczek jest ogrzewanych co widać w postaci zmiany koloru cząsteczek coraz bardziej oddalonych od płomienia świecy.

Szybkość przewodzenia ciepła, to ilość ciepła, która przepłynęła przez ciało w jednostce czasu.

Jeśli w czasie t przez ciało przepłynęła energia cieplna Q , to szybkość przewodzenia ciepła wynosi $\frac{Q}{t}$. Jednostką energii cieplnej Q jest dżul (J), jednostką czasu sekunda. Zatem jednostką szybkości przewodzenia ciepła $\frac{Q}{t}$ jest $\frac{J}{s} = W$ (wat), czyli jednostka **mocy**.

Wyobraźmy sobie przewodzenie ciepła przez ciało mające kształt pręta o długości l i polu powierzchni przekroju poprzecznego S . Ponieważ energia cieplna przekazywana jest w bezpośrednich zderzeniach cząsteczek domyślamy się, że szybkość przepływu energii w postaci ciepła jest wprost proporcjonalna do powierzchni przekroju pręta. Im większa powierzchnia przekroju, tym więcej cząsteczek ulega zderzeniom i tym szybszy jest przepływ ciepła. Szybkość przepływu ciepła zależy też od różnicy temperatur na końcach pręta. Im większa różnica temperatur ΔT , tym szybciej przepływa energia. Natomiast im dłuższy jest pręt, tym dłużej będziemy musieli czekać na wyrównanie się temperatur na jego końcach, ponieważ transport energii cieplnej na większe odległości wymaga więcej czasu.

Szybkość przepływu energii cieplnej możemy zatem wyrazić wzorem:

$$\frac{Q}{t} = k \frac{S \Delta T}{l},$$

gdzie:

Q – ilość ciepła przepływającego przez ciało,

t – czas przepływu,

k – współczynnik proporcjonalności zwany **przewodnictwem cieplnym** (właściwym),

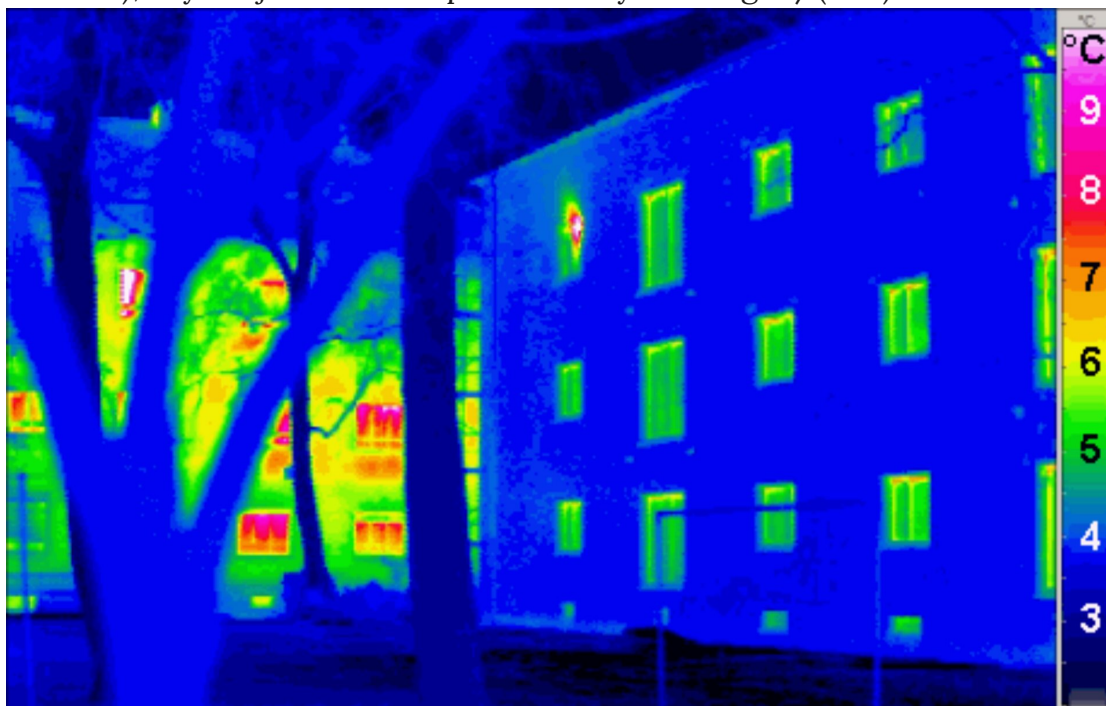
S – pole przekroju poprzecznego pręta, przez który przepływa ciepło,

l – długość pręta,

ΔT – różnica temperatur między końcami pręta.

Przewodnictwo cieplne (właściwe) k (zwane też przewodnością cieplną lub współczynnikiem przewodzenia ciepła) to wielkość określająca, jak dana substancja przewodzi ciepło. Duża wartość przewodnictwa właściwego oznacza, że ciało jest dobrym przewodnikiem ciepła. Ciała słabo przewodzące ciepło, zwane izolatorami cieplnymi, mają małą wartość przewodnictwa właściwego.

W **układzie SI** jednostką współczynnika przewodzenia ciepła jest $\text{J}/(\text{m}\cdot\text{s}\cdot\text{K}) = \text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ (wat na metr i kelwin), czyli w jednostkach podstawowych SI: $\text{kg}\cdot\text{m}/(\text{s}^3\cdot\text{K})$.



Rys. 2. Obraz z kamery termowizyjnej pokazuje temperaturę obiektów. Kolor czerwony oznacza najwyższą temperaturę, granatowy – najniższą.

Źródło: dostępny w internecie: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Passivhaus_thermogram_gedaemmt_ungedaemmt.png [dostęp 16.03.2022], licencja: CC BY-SA 3.0.

W doświadczeniu w naszym wirtualnym laboratorium (lub w rzeczywistym laboratorium) używamy **kamery termowizyjnej**. Termowizja jest rodzajem termometru, działającego na odległość. Na jakiej zasadzie działa kamera termowizyjna? Wszystkie ciała wysyłają **promieniowanie cieplne** (zob. materiał pt. *Co to jest promieniowanie termiczne ciał?*). Natężenie i energia tego promieniowania zależy od temperatury. Gdy obiekt jest bardzo gorący, ma temperaturę powyżej 600°C , promieniowanie to jest widzialne dla naszych oczu. To dlatego w ciemności widzimy płonąca zapałkę. Ciała o niższej temperaturze, które nie świecą widzialnym światłem, również emitują promieniowanie, zwane promieniowaniem podczerwonym. Kamera termowizyjna rejestruje promieniowanie podczerwone wypromieniowane z obiektów, na które jest skierowana. Zarejestrowane promieniowanie jest przetwarzane i powstaje obraz temperaturowy obiektów. Rozkład temperatury na badanych obiektach przedstawiany jest w postaci barwnych obszarów, gdzie jeden kolor odpowiada punktom o tej samej temperaturze (Rys. 1.).

Słowniczek

ciepło właściwe

(ang.: *specific heat*) ciepło potrzebne do ogrzania 1 kilograma substancji o 1 K.

kamera termowizyjna

(ang.: *thermal imaging camera*) – optoelektroniczne urządzenie obrazowe analizujące tzw. temperaturowe promieniowanie podczerwieni (**promieniowanie cieplne**).

Występuje w wersjach obserwacyjnych oraz pomiarowych.

moc

(ang.: *power*) praca wykonana w jednostce czasu: $P = \frac{W}{t}$ lub energia cieplna wydzielona w jednostce czasu $P = \frac{Q}{t}$.

promieniowanie cieplne

(ang.: *thermal radiation*) promieniowanie elektromagnetyczne emitowane przez cząstki naładowane elektrycznie podczas ich chaotycznego ruchu termicznego w materii.

układ SI

(ang.: *the SI system*) – Międzynarodowy Układ Jednostek Miar. Skrót SI pochodzi od francuskiej nazwy: *Système international d'unités*. Układ ten został zatwierdzony w 1960 przez Generalną Konferencję Miar. Zawiera 7 jednostek podstawowych (metr – długość, kilogram – masa, sekunda – czas, amper – prąd elektryczny, kelwin – temperatura, kandela – światłość, mol – liczność materii). W oparciu o te jednostki definiuje się jednostki pochodne. Układ SI oficjalnie obowiązuje we wszystkich krajach z wyjątkiem Stanów Zjednoczonych, Liberii i Mjanmy.

Wirtualne laboratorium WL-S

Przewodnictwo cieplne ciał stałych

Doświadczenie 1

Badanie przewodnictwa cieplnego wybranych materiałów

Problem badawczy

Który materiał najlepiej przewodzi ciepło: grafit, miedź, czy marmur?

Hipoteza

Ćwiczenie 1

Posługując się dotychczasową wiedzą lub intuicją uszereguj podane niżej materiały w kolejności od największego do najmniejszego przewodnictwa cieplnego.

grafit



marmur



miedź



Sprawdź w doświadczeniu, czy postawiona wyżej hipoteza jest trafna.

Co będzie potrzebne

Ćwiczenie 2

Posegreguj elementy wyposażenia laboratoryjnego na potrzebne i niepotrzebne do przeprowadzenia doświadczenia, w którym będziemy jakościowo weryfikować hipotezę badawczą, czyli oceniać, w którym materiale ciepło rozchodzi się szybciej.

Wyposażenie potrzebne do doświadczenia

Wyposażenie niepotrzebne

Pręt marmurowy o polu przekroju 3 cm^2

Pręt marmurowy o polu przekroju 1 cm^2

Palnik turystyczny

Kamera przemysłowa

Piec do wypalania ceramiki

Pręt grafitowy o polu przekroju 1 cm^2

Kamera termowizyjna

Pręt miedziany o polu przekroju 1 cm^2

Termometr laboratoryjny

Pręt miedziany o polu przekroju 2 cm^2

Pręt grafitowy o polu przekroju 2 cm^2

Instrukcja

1. Zapoznaj się z instrukcją i obsługą wirtualnego laboratorium.
2. Zaplanuj doświadczenie, które pozwoli na zweryfikowanie hipotezy badawczej. Plan zapisz w dzienniku poniżej.
3. Wykonaj doświadczenie według swojego planu. Obserwacje zapisuj w dzienniku.

Dziennik doświadczenia 1.

Plan pracy

Obserwacje



Zasób interaktywny dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/D1DuKRtf1>

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl>.

Podsumowanie

Ćwiczenie 3

Napisz poniżej zwięzły raport z przeprowadzonego doświadczenia. Zawrzyj w nim informację, czy Twoja hipoteza badawcza potwierdziła się oraz które elementy eksperymentu były najtrudniejsze i jak sobie z tymi trudnościami poradziłaś/-eś. Czy potrafisz wyjaśnić teoretycznie przyczyny różnic w przewodnictwie cieplnym badanych materiałów?

Doświadczenie 2

Wyznaczenie względnych wartości współczynników przewodnictwa cieplnego miedzi, grafitu i marmuru

Problem badawczy

Ile razy większy jest współczynnik przewodnictwa cieplnego dla miedzi od współczynnika dla grafitu, a ile od współczynnika dla marmuru?

Hipoteza

Ćwiczenie 4

Współczynnik przewodnictwa cieplnego dla miedzi jest razy większy niż współczynnik dla grafitu i razy większy niż współczynnik dla marmuru.

Co będzie potrzebne

Ćwiczenie 5

Przeanalizuj wszystkie etapy wykonanego poprzednio doświadczenia i zaproponuj metodę pomiaru współczynników przewodnictwa cieplnego badanych materiałów z wykorzystaniem naszego wirtualnego laboratorium.

Nie jest ono wyposażone w żadne przyrządy pomiarowe, więc nie możesz zmierzyć bezwzględnych wartości tych współczynników. Wyznaczenie względnych wartości też nie jest możliwe, ale jeśli wykorzystasz to, że niektórych pomiarów możesz dokonać na podstawie obrazu na ekranie swojego komputera, zadanie staje się wykonalne.

Zaproponuj sposób przeprowadzenia doświadczenia i wpisz go do formularza poniżej, a w ćwiczeniu wskaż, jaki własny przyrząd musisz dołączyć do wyposażenia laboratorium.

Czujnik światła rozróżniający barwy

Linijkę

Stoper

Opis sposobu wykonania doświadczenia.

Instrukcja

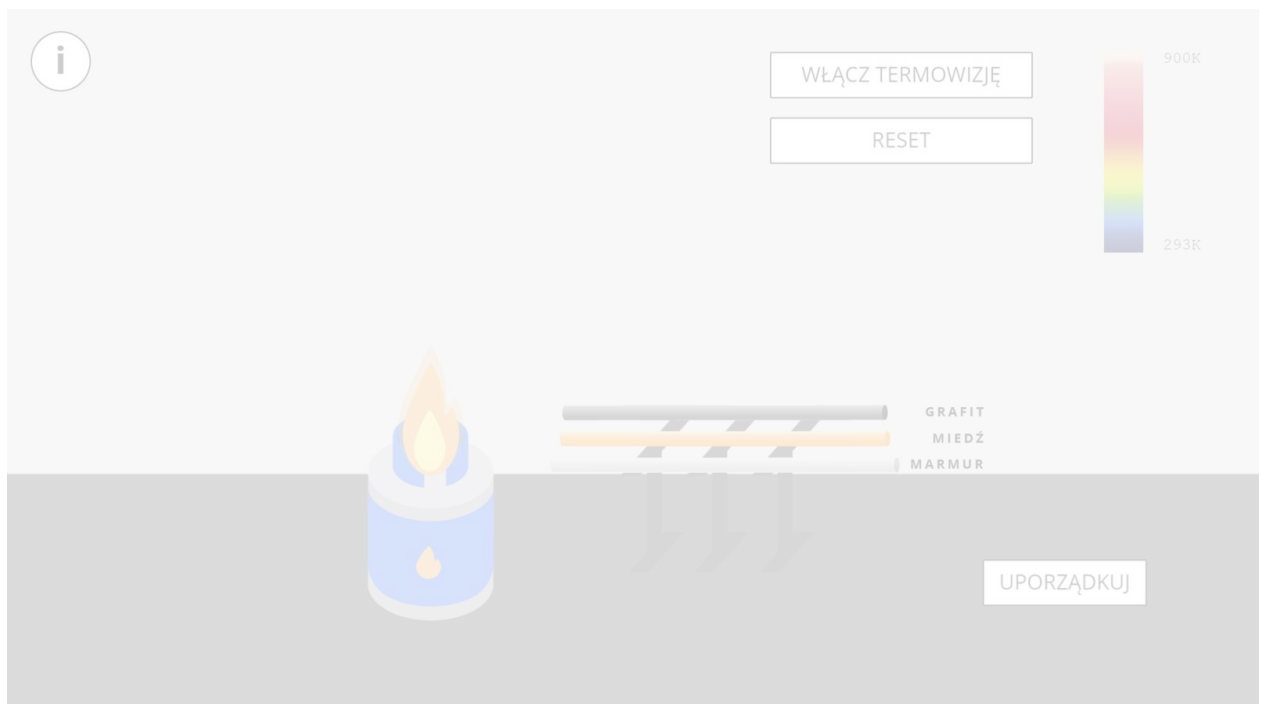
W oparciu o swój pomysł przeprowadzenia doświadczenia, zapisz w dzienniku plan pracy wykonywanego eksperymentu.

W dzienniku tym znajdują się także tabele do zapisywania wyników. Przygotuj je wpisując nagłówki kolumn. Pamiętaj o podaniu jednostek wielkości fizycznych. Nie musisz wykorzystać wszystkich kolumn.

Dziennik doświadczenia 2.

Plan pracy

Wyniki pomiarów



Zasób interaktywny dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/D1DuKRtf1>

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl>.

Podsumowanie

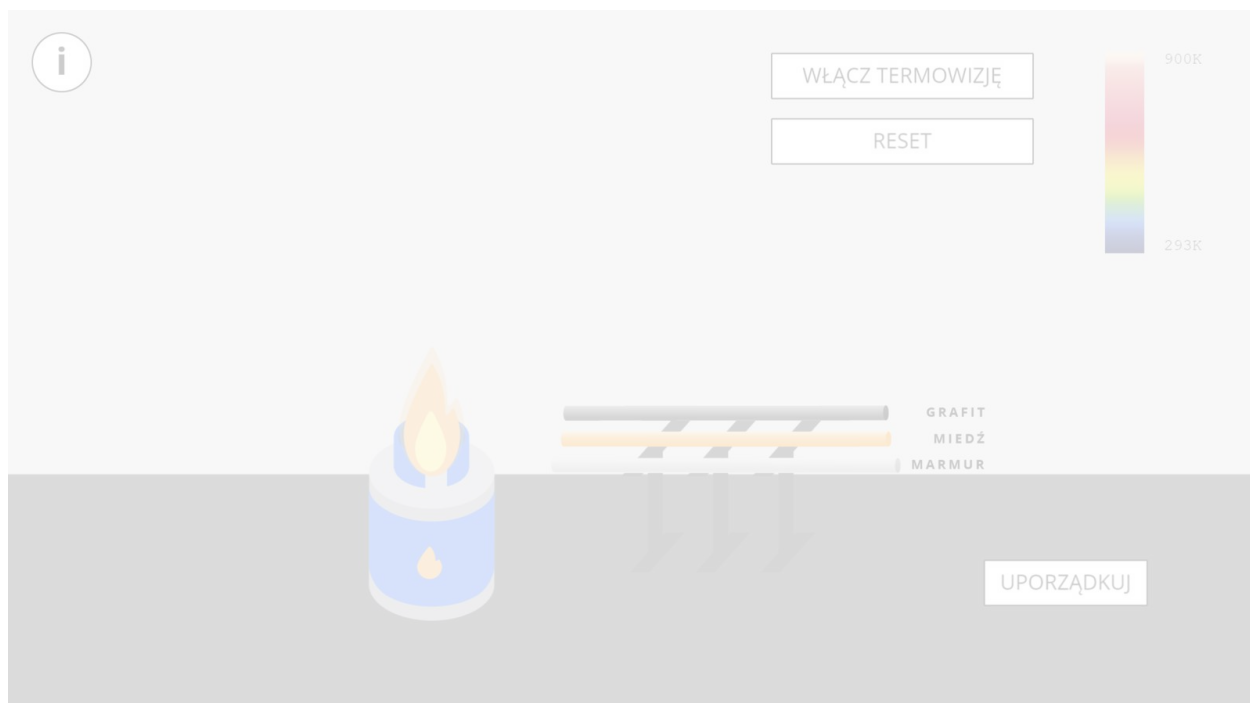
Polecenie 1

Do formularza wpisz sprawozdanie z przeprowadzonego eksperymentu. Zawrzyj w nim między innymi:

1. Wyniki, czyli względne wartości współczynników przewodnictwa cieplnego (na przykład w takiej formie, jak zapisano to w hipotezie).
2. Informację, czy Twoja hipoteza badawcza potwierdziła się (a jeśli nie, to dlaczego?).
3. Opis trudności do pokonania i sposób poradzenia sobie z nimi.
4. Porównanie uzyskanych wyników z wartościami tablicowymi, które podajemy w odpowiedzi.
5. Oszacowanie niepewności pomiarowych w Twoim doświadczeniu.

Polecenie 2

Przeprowadź doświadczenie, którego celem jest zbadanie przewodnictwa cieplnego kilku materiałów. Skorzystaj z dołączonej instrukcji. Notuj poczynione obserwacje i wyciągaj wnioski.



Zasób interaktywny dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/D1DuKRtf1>

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl>.

Polecenie 3

Spisz obserwacje poczynione podczas doświadczenia wykonanego w Wirtualnym Laboratorium. Rozstrzygnij przy tym, który ze zbadanych materiałów (grafit, miedź, czy marmur) jest najlepszym przewodnikiem ciepła, a który najgorszym.

Polecenie 4

Proste doświadczenie, bez użycia kamery termowizyjnej, mające na celu zbadanie przewodnictwa cieplnego różnych materiałów, możecie przeprowadzić samodzielnie (w klasie, a przy zachowaniu odpowiednich środków ostrożności - nawet w domu).

Do wykonania doświadczenia potrzebujecie:

- palnika turystycznego,
- wazeliny,
- kilkunastu spinaczy biurowych,
- kilku prętów wykonanych z różnych materiałów (np. miedzi, żelaza, stali, marmuru, szkła itp.).

Co i jak można z tym zrobić?

1. Wybierzcie jeden z prętów i przy pomocy wazeliny, w równych odstępach (np. co 2 cm), przyklejcie do niego spinacze biurowe.
2. Jeden z końców pręta wsuńcie do płomienia. Obserwujecie, co się dzieje ze spinaczami. Możecie nagrać swoje doświadczenie na telefonie. Po pewnym czasie spinacze zaczną po kolei odpadać od pręta. Zmierzcie ten czas, dla kolejnych spinaczy.
3. Zmieńcie pręt. Powtórzcie obserwacje i pomiary.

Odpowiedzcie na pytania:

1. Dlaczego spinacze odpadają od prętów?
2. Czy tempo odpadania spinaczy jest taki same dla wszystkich prętów?

Opracowanie wyników pomiarów:

1. Jeśli zmierzycie czas odpadania spinaczy od kolejnych prętów możecie wykonać wykresy tych czasów dla różnych prętów.

2. Jeśli dysponujecie prętami wykonanymi z tego samego materiału, ale o różnych powierzchniach przekroju poprzecznego, porównajcie, jak pole przekroju wpływa na szybkość przepływu ciepła.



Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Uzupełnij zdanie:

Mała wartość przewodnictwa ciepłego (właściwego) k oznacza, że ciało jest / przewodnikiem ciepła.

Ćwiczenie 2



Uzupełnij zdania:

Grubszy pręt / przewodzi ciepło niż cieńszy pręt o tej samej długości i wykonany z tego samego materiału.

Po zetknięciu z ciałem cieplejszym / pobiera od niego ciepło, a po zetknięciu z ciałem chłodniejszym / oddaje mu ciepło.

Ćwiczenie 3



Uzupełnij poniższy wzór, by poprawnie opisywał szybkość Q/t przepływu ciepła w ciałach mających kształt pręta. Podane niżej symbole oznaczają:

k - przewodnictwo cieplne (właściwe),

V - objętość pręta,

S_b - pole powierzchni bocznej pręta,

S - pole przekroju poprzecznego,

l - długość pręta,

T - temperatura,

p - ciśnienie,

c_w - ciepło właściwe pręta.

Poprawny wzór ma postać:

$$Q \cdot t^{-1} = k \cdot \boxed{} \cdot \Delta \boxed{} \cdot \boxed{}^{-1}$$

T V c_w l p S S_b

Ćwiczenie 4



Zaznacz właściwą odpowiedź: W jednostkach podstawowych układu SI, jednostką przewodnictwa cieplnego k jest:

W / (m · K)

J / (m · s · K)

kg · m · / (s³ · K)

Ćwiczenie 5



Która patelnia nagrzewa się szybciej: miedziana, czy stalowa? Przewodnictwo cieplne (właściwe) miedzi wynosi $370 \frac{\text{W}}{\text{m}\cdot\text{K}}$, a stali $58 \frac{\text{W}}{\text{m}\cdot\text{K}}$. Odpowiedź uzasadnij.

Ćwiczenie 6



Kuba chce ocieplić psią budę i zastanawia się, czy do tego celu lepszy będzie styropian, czy słoma. Odnajdź w Internecie wartości współczynników przewodzenia ciepła obydwu materiałów i odpowiedz na pytanie, który z nich lepiej spełni swoje zadanie?



Źródło: dostępny w internecie: <https://unsplash.com/photos/KnzXzvRqTFE> [dostęp 16.03.2022 r.].

Ćwiczenie 7



Dwa jednakowe stalowe gwoździe rozgrzano do temperatur 400°C i 200°C i pozostawiono do ostygnięcia w temperaturze otoczenia równej 20°C. Który z gwoździ przekazuje do otoczenia w ciągu sekundy większą ilość ciepła, ten o wyższej temperaturze, czy niższej temperaturze.

Ćwiczenie 8



Monetę ogrzano w palniku do temperatury 320°C i wrzucono do wody o temperaturze 15°C. Czy szybkość przekazywania ciepła od monety do wody jest stała w czasie, zmniejsza się, czy zwiększa? Odpowiedź uzasadnij.

Ćwiczenie 9



Termos został zatkany korkiem o powierzchni przekroju poprzecznego 10 cm². Jaka powinna być grubość korka, aby herbata o masie $m = 0,5$ kg i temperaturze 88°C w ciągu 5 godzin ostygła co najwyżej o 1°C przy temperaturze otoczenia 18°C. Przewodnictwo właściwe korka wynosi $k = 0,05$ W/(m · K), a ciepło właściwe wody $c_w = 4200$ J/(kg · K). Pomiń utratę ciepła przez ścianki termosu.

Odpowiedź:

Minimalna grubość korka wynosi: cm.

Dla nauczyciela

Scenariusz lekcji

Imię i nazwisko autora:	Krystyna Wosińska
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	Badanie przewodnictwa cieplnego wybranych ciał stałych
Grupa docelowa:	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres podstawowy i rozszerzony

<p>Podstawa programowa:</p>	<p>Cele kształcenia – wymagania ogólne</p> <p>II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.</p> <p>III. Planowanie i przeprowadzanie obserwacji lub doświadczeń oraz wnioskowanie na podstawie ich wyników.</p> <p>Zakres podstawowy</p> <p>Treści nauczania – wymagania szczegółowe</p> <p>I. Wymagania przekrojowe. Uczeń:</p> <p>10) przeprowadza wybrane obserwacje, pomiary i doświadczenia korzystając z ich opisów; wyróżnia kluczowe kroki i sposób postępowania oraz wskazuje rolę użytych przyrządów i uwzględnia ich rozdzielczość;</p> <p>15) wyodrębnia zjawisko z kontekstu, nazywa je oraz wskazuje czynniki istotne i nieistotne dla jego przebiegu.</p> <p>V. Termodynamika. Uczeń:</p> <p>2) odróżnia przekaz energii w postaci ciepła między układami o różnych temperaturach od przekazu energii w formie pracy.</p> <p>Zakres rozszerzony</p> <p>Treści nauczania – wymagania szczegółowe</p> <p>I. Wymagania przekrojowe. Uczeń:</p> <p>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;</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>2) odróżnia przekaz energii w postaci ciepła między układami o różnych temperaturach od przekazu energii w formie pracy.</p>
<p>Kształtowane kompetencje kluczowe:</p>	<p>Zalecenie Parlamentu Europejskiego i Rady UE z 2018 r.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • kompetencje w zakresie rozumienia i tworzenia informacji, • kompetencje cyfrowe, • kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii, • kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się.

Cele operacyjne:	<p>Uczeń:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. opíše mechanizm przewodzenia ciepła przez ciała stałe, 2. wyjaśni, od czego zależy szybkość przepływu energii cieplnej, 3. zdefiniuje przewodnictwo cieplne (właściwe), 4. zbada w wirtualnym laboratorium (WL) przewodnictwo cieplne kilku materiałów, 5. zaplanuje i przeprowadzi rzeczywiste doświadczenie, w którym zbada przewodnictwo cieplne wybranych materiałów.
Strategie nauczania:	strategia eksperymentalno-obszewacyjna (dostrzeganie i definiowanie problemów)
Metody nauczania	praca uczniów pod kierunkiem nauczyciela, wykonanie doświadczenia w wirtualnym laboratorium, wykonanie rzeczywistego doświadczenia
Formy zajęć:	wykład informacyjny, praca z aplikacją komputerową (WL), pomiary i wspólna analiza wyników.
Środki dydaktyczne:	do wykonania rzeczywistego doświadczenia: palnik turystyczny, wazelina, kilkanaście spinaczy biurowych, kilka prętów wykonanych z różnych materiałów o różnych powierzchniach przekroju poprzecznego, stopery;
Materiały pomocnicze:	e-materiały: „Jak definiuje się przewodnictwo właściwe”, „Badanie przewodnictwa cieplnego wybranych cieczy”, „Jak odróżnić przekaz energii w formie pracy mechanicznej od przekazu energii w postaci ciepła?”
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	

Na poprzedniej lekcji nauczyciel zapowiedział, że tematem kolejnej będzie „Badanie przewodnictwa cieplnego wybranych ciał stałych” i poprosił uczniów o zapoznanie się z częścią „Warto przeczytać” materiału o tym samym tytule oraz o zapoznanie się z dołączonym do materiału wirtualnym laboratorium (WL) i przeprowadzenie najprostszych, sugerowanych w instrukcji, obserwacji.

Na początku lekcji nauczyciel prosi uczniów o zapisanie na tablicy wzoru na szybkość przenoszenia ciepła wzdłuż pręta o zadanym polu przekroju poprzecznego i zadanej długości ($\frac{Q}{t} = k \frac{S\Delta T}{l}$). Uczniowie omawiają poszczególne zmienne występujące w tym wzorze. Nauczyciel podsumowuje dyskusję uczniów, wprowadzając pojęcie przewodnictwa cieplnego, jako parametru charakteryzującego zdolność określonego materiału do przewodzenia ciepła i prosi uczniów o zdanie relacji z obserwacji, które poczynili podczas domowych eksperymentów z WL. Uczniowie odpowiadają na pytanie: Który z badanych materiałów (grafit, miedź, czy marmur) jest lepszym przewodnikiem ciepła i dlaczego?

Faza realizacyjna:

Nauczyciel, przy asyście uczniów, przeprowadza rzeczywiste doświadczenie opisane w Poleceniu 2. w części pt. Wirtualne-Laboratorium WL-I. Jeśli jest wystarczająca ilość zestawów doświadczalnych, uczniów można podzielić na kilka grup i wykonywać doświadczenie równolegle, na kilku stanowiskach. W tym drugim przypadku, wyniki, zamiast na tablicy, mogą być zapisywane we współdzielonym pliku (np. w dowolnym arkuszu kalkulacyjnym online), który powinien być wcześniej przygotowany przez nauczyciela i powinien umożliwiać konstrukcję wykresów i porównanie różnych serii pomiarowych, dla różnych materiałów. Po zakończeniu obserwacji i pomiarów nauczyciel pokazuje uczniom, w jaki sposób można porównać wyniki dla różnych materiałów i/lub uzyskane na różnych stanowiskach pomiarowych.

Faza podsumowująca:

Uczniowie dyskutują, w jaki sposób na podstawie wykonanych pomiarów można wnioskować o przewodnictwie cieplnym materiałów.

Praca domowa:

Uczniowie zostają poproszeni o sporządzenie notatki podsumowującej obserwacje i wnioski z wykonanego eksperymentu.

<p>Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania danego multimedium:</p>	<p>Multimedium bazowe może być wykorzystane jako przygotowanie do przeprowadzenia rzeczywistego eksperymentu mającego na celu zbadanie przewodnictwa cieplnego ciał stałych.</p> <p>Z uwagi na wykorzystanie w aplikacji WL kamery termowizyjnej, MB może być również wykorzystane podczas lekcji nt. promieniowania cieplnego.</p>
---	---