



Badanie przewodnictwa cieplnego wybranych cieczy

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

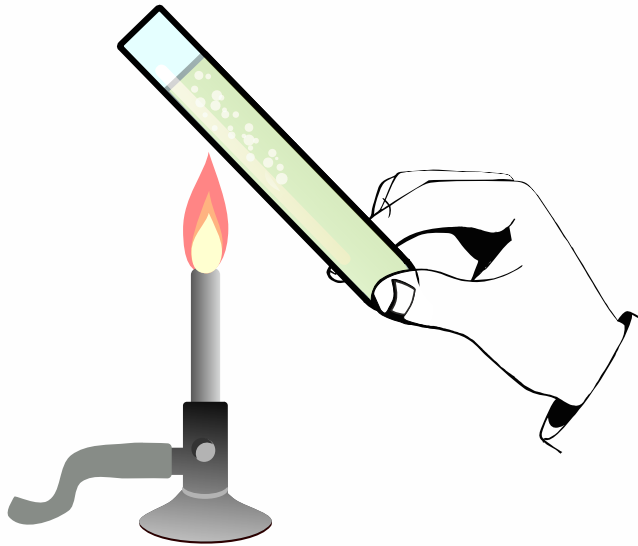
A close-up photograph of a white radiator. The radiator has a series of horizontal fins. Below the fins, there is a white control knob with a textured, ribbed surface. The knob has some markings, including the word "overheat" and a small arrow. The background is dark and out of focus.

Badanie przewodnictwa cieplnego wybranych cieczy

Źródło: dostępny w internecie: <https://pxhere.com/en/photo/994596> [dostęp 1.06.2022].

Czy to nie ciekawe?

Jeśli górną część probówki z wodą będziemy ogrzewać płomieniem palnika, to zagotuje się tylko woda w górnej części probówki. Woda na dole pozostanie chłodna, dlatego, podczas takiego ogrzewania, probówkę można cały czas trzymać ręką, bez obawy oparzenia (Rys. a.). Dzieje się tak, ponieważ woda słabo przewodzi ciepło. A jak przewodzą ciepło inne ciecze? Czy wszystkie są równie złymi przewodnikami ciepła? Zbadamy to w tym e-materiale.



Rys. a. Jeśli będziemy ogrzewać górną części wypełnionej wodą probówki, doprowadzając wodę w tej części do wrzenia, to z powodu słabego przewodnictwa cieplnego wody, woda w dolnej części probówki pozostanie chłodna.

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

Twoje cele

- zrozumiesz, jaki jest mechanizm przewodzenia ciepła przez ciecze,
- dowiesz się, od czego zależy szybkość przepływu energii cieplnej,
- poznasz definicję współczynnika przewodnictwa cieplnego,
- przeprowadzisz eksperyment w wirtualnym laboratorium, w którym samodzielnie zbadasz zjawisko przewodnictwa cieplnego wybranych cieczy.

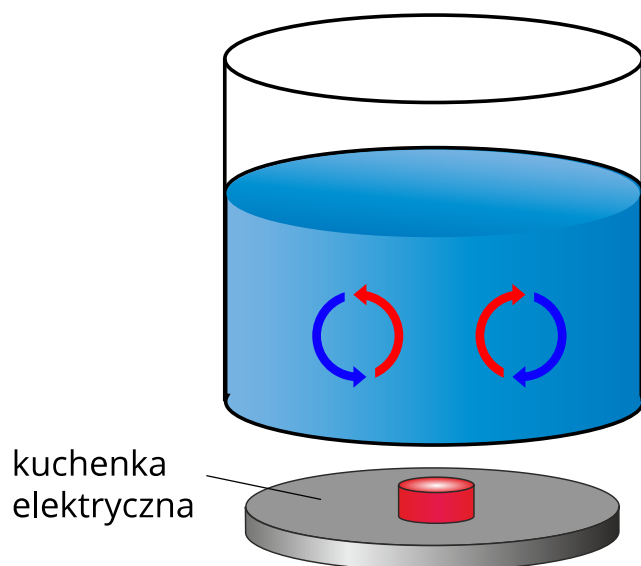
Przeczytaj

Warto przeczytać

Przewodzenie ciepła polega na przekazywaniu energii cieplnej od ciała o wyższej temperaturze do ciała o niższej **temperaturze**. Chociaż zjawisko to obserwujemy na poziomie makroskopowym, to jest ono spowodowane procesami, które dzieją się na poziomie mikroskopowym, czyli cząsteczkowym. Jaki jest mikroskopowy mechanizm tego zjawiska?

Energia jest przenoszona przez zderzenia między cząsteczkami. Temperatura jest miarą średniej energii kinetycznej cząsteczek. Cząsteczki ciała o wysokiej temperaturze poruszają się z dużą średnią energią kinetyczną, a cząsteczki ciała chłodniejszego mają mniejszą średnią energię kinetyczną. W zderzeniach cząsteczek energia kinetyczna jest przekazywana od cząsteczek o większej energii do cząsteczek o mniejszej energii. W wyniku takich wielokrotnych mikro-przekazów energii, energia w postaci ciepła jest przekazywana coraz dalej w stronę obszaru o niższej temperaturze. W ten sposób następuje **przewodzenie ciepła**.

Badanie przewodnictwa cieplnego cieczy należy przeprowadzić w przemyślany sposób. Jeśli ciecz podgrzejemy od dołu, to energia cieplna będzie rozprawdzana w całej objętości cieczy w procesie **konwekcji** (Rys. 1.). To dlatego wypełnionej wodą probówki, o której pisaliśmy we wprowadzeniu do tego e-materiału, nie należy podgrzewać od dołu, trzymając ją równocześnie niezabezpieczoną dłońią za górną część.

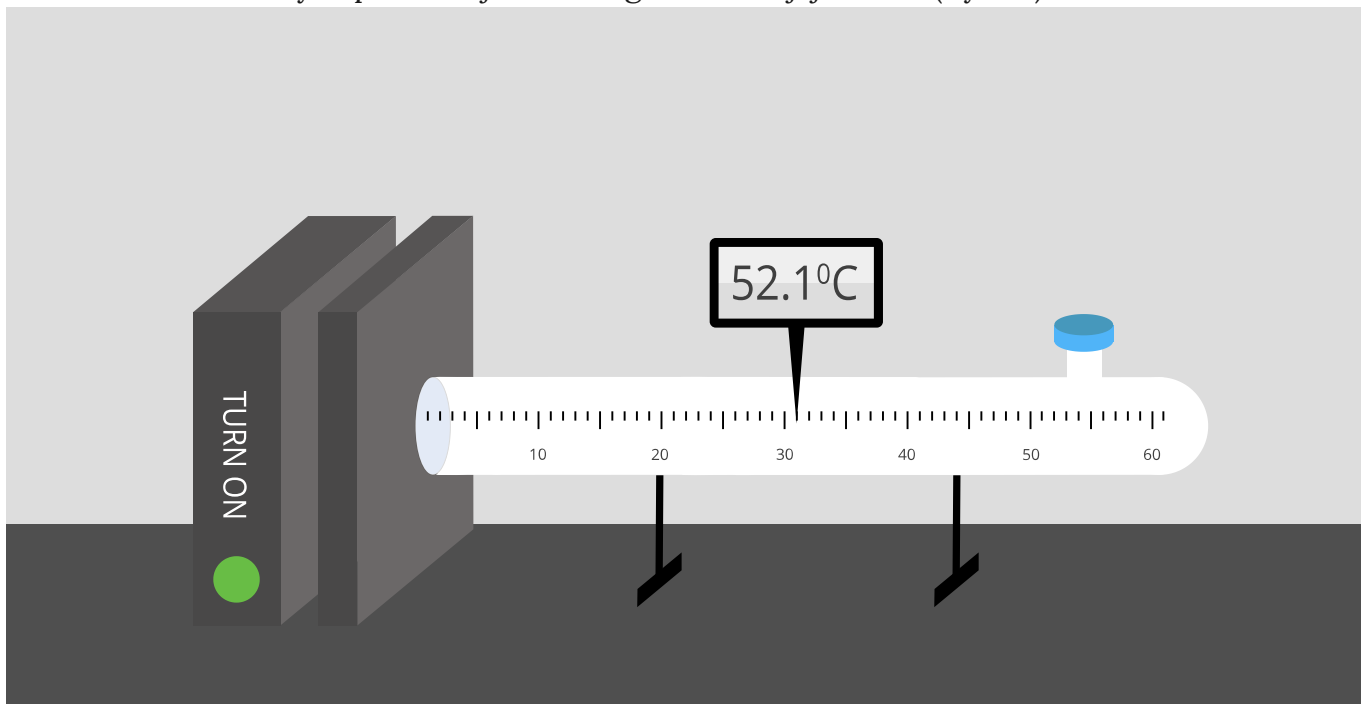


Rys. 1. W podgrzewanej od dołu cieczy ciepło z dolnych warstw przekazywane jest do górnych w procesie konwekcji.

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

Konwekcja pojawia się, gdy temperatura dolnych warstw cieczy jest wyższa niż warstw górnych. Różnica temperatur powoduje różnicę gęstości płynu. Na skutek siły wyporu gorący płyn o mniejszej gęstości wznosi się ku górze, a chłodny płyn o większej gęstości, za sprawą siły grawitacji, opada na dół. Konwekcja jest bardzo wydajnym procesem przekazywania ciepła. Pomimo, że równolegle z konwekcją występuje też przewodzenie ciepła, w sytuacji przedstawionej na Rys. 1. **nie sposób odróżnić i oddzielić ciepła przekazanego przez przewodzenie od tego, które zostało przekazane przez konwekcję.**

Dlatego, chcąc zbadać przewodnictwo cieplne cieczy, należy w taki sposób dostarczać ciepło do cieczy, by nie wystąpiło zjawisko konwekcji. Rozwiązaniem może być umieszczenie cieczy w poziomej rurce i ogrzewanie jej z boku (Rys. 2.).



Rys. 2. Schemat zestawu pomiarowego do badania przewodnictwa cieplnego cieczy. Umieszczenie cieczy w poziomej rurce i ogrzewanie jej z boku pozwala na badanie przewodnictwa cieplnego, niezakłóconego zjawiskiem konwekcji.

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

Od czego zależy szybkość przewodzenia ciepła, czyli ilość ciepła, która przepłynęła w jednostce czasu przez ciecz znajdującą się w rurce?

Jeśli w czasie t przez ciecz przepłynęła energia Q , to szybkość przewodzenia ciepła wynosi $\frac{Q}{t}$. Szybkość przepływu ciepła jest wprost proporcjonalna do pola powierzchni przekroju poprzecznego rurki. Energia cieplna przekazywana jest w bezpośrednich zderzeniach cząsteczek. Im większa powierzchnia przekroju poprzecznego rurki, tym więcej cząsteczek cieczy się zderza i tym szybciej będzie przepływać energia. Szybkość przepływu energii zależy też od różnicy temperatur na końcach rurki z cieczą – im większa różnica temperatur ΔT , tym szybciej przepływa energia. Natomiast im dłuższa jest rurka z cieczą, tym wolniej ciepło przez nią przepływa, bo transport energii cieplnej na większe odległości wymaga więcej czasu.

Możemy zatem wyrazić szybkość przepływu energii cieplnej wzorem:

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

gdzie:

Q – ilość ciepła przepływającego przez ciecz,

t – czas przepływu,

k – współczynnik proporcjonalności, zwany współczynnikiem przewodnictwa cieplnego lub przewodnictwem cieplnym właściwym,

S – pole przekroju poprzecznego, przez który przepływa ciepło,

ΔT – różnica temperatur między końcami ciała,

d – długość rurki (lub grubość przegrody, jeśli mamy do czynienia z pewną objętością cieczy, np. ścianą wody o grubości d).

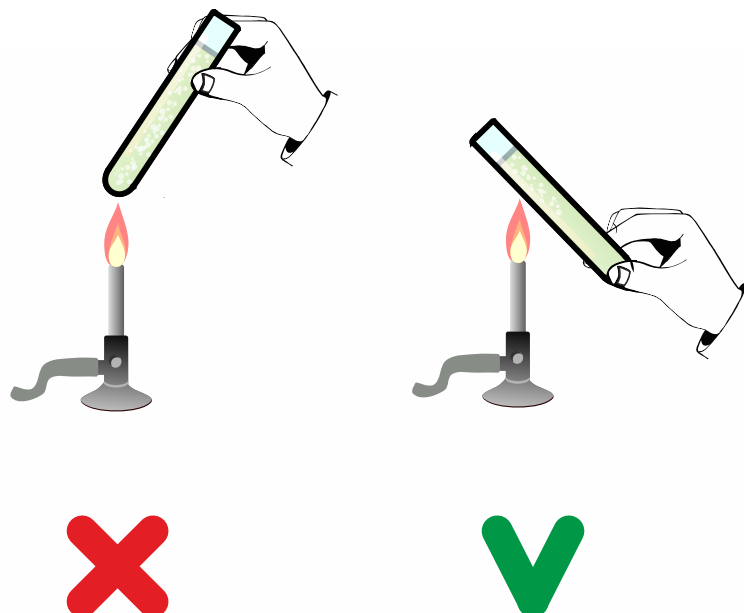
Współczynnik przewodnictwa cieplnego

(ang.: *thermal conductivity*) zwany też **przewodnictwem lub przewodnością cieplną** k , to wielkość określająca, jak dana substancja przewodzi ciepło. Duża wartość przewodnictwa właściwego oznacza, że substancja jest dobrym przewodnikiem ciepła. Ciała słabo przewodzące ciepło, zwane izolatorami cieplnymi, mają małą wartość przewodnictwa właściwego. Przewodnictwo właściwe wyraża się wzorem:

$$k = \frac{Qd}{tS\Delta T}.$$

Jednostką przewodnictwa właściwego jest $\frac{\text{J} \cdot \text{m}}{\text{s} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{K}} = \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}$ (wat na metr i kelwin).

Woda jest słabym przewodnikiem ciepła. Jej współczynnik przewodnictwa cieplnego wynosi 0,609 W/(m·K). To dlatego można bezpiecznie trzymać ręką probówkę za jej dolną część, gdy w górnej części woda wrze (Rys. 3.).



Rys. 3. a) Ogrzewanej od dołu probówki z wodą nie trzymaj w dłoni, bo możesz się oparzyć.

b) Probówkę, w której w górnej części wrze woda, można bezpiecznie trzymać ręką, ponieważ woda jest słabym przewodnikiem ciepła.

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

Przykład 1.

Obliczmy, ile energii cieplnej przepływa do dolnego końca probówki w czasie 2 minut, jeśli probówka ma 10 cm długości i średnicę 1,6 cm. Temperatura wody na górnym końcu probówki wynosi 100°C, a na dolnym 20°C. Przekształcając wzór na szybkość przepływu energii cieplnej, otrzymujemy wzór na przekazane ciepło:

$$Q = k \cdot \frac{S}{d} \cdot \Delta T \cdot t.$$

Po wstawieniu wartości liczbowych: $t = 120$ s, $d = 0,1$ m, $\Delta T = 80$ K, $S = \pi r^2 = 0,0002$ m², $k = 0,609$ W/(m·K), otrzymujemy wynik $Q = 11,7$ J.

Jaką masę wody może to ciepło ogrzać o 1°C? Skorzystamy ze wzoru na ciepło potrzebne do ogrzania masy m substancji przy zwiększeniu temperatury o ΔT :

$$Q = m \cdot c_w \cdot \Delta T$$

gdzie $c_w = 4190$ J/(kg · K) to **ciepło właściwe** wody. Masa wody ogrzanej o 1°C wynosi zaledwie $m = 0,003$ kg = 3 g, czyli mniej niż zawartość łyżeczki od herbaty. Nic dziwnego, że probówka jest chłodna na dole, a woda na dnie nigdy się nie zagotuje, bo zanim dopłynie

tam odpowiednia ilość ciepła, to woda w górnej części wygotuje się i proces podgrzewania cieczy ustanie.

Słowniczek

ciepło właściwe

(ang.: *specific heat*) – ilość ciepła, jaką należy dostarczyć ciału by temperaturę jego jednostkowej masy zwiększyć o jeden stopień. Ciepło właściwe jest parametrem określającym skłonność ciała do (łatwiejszej lub trudniejszej) zmiany temperatury pod wpływem dostarczonej energii.

gęstość

(ang.: *density*) – masa ciał o jednostkowej objętości. Gęstość d wyraża się wzorem $d=m/V$, gdzie m – masa ciała, a V – jego objętość.

temperatura

(ang.: *temperature*) – miara średniej energii kinetycznej cząsteczek ciała.

Wirtualne laboratorium WL-I

Badanie przewodnictwa cieplnego wybranych cieczy

Przeprowadź dwuczęściowy eksperyment w wirtualnym laboratorium. Wykonaj ćwiczenia i polecenia związane z wyposażeniem laboratorium oraz przeprowadzeniem pomiarów.

Doświadczenie 1

Badanie zależności temperatury ogrzewanej cieczy od czasu

Problem badawczy

Jaki jest charakter zależności temperatury ogrzewanej cieczy od czasu?

Hipoteza

Postaw swoją hipotezę badawczą – wybierz jedną z możliwości przedstawionych poniżej.

Ćwiczenie 1

Temperatura ogrzewanej cieczy w funkcji czasu $T(t)$

☐ rośnie jednostajnie

☐ rośnie coraz szybciej

☐ rośnie coraz wolniej

☐ maleje jednostajnie

☐ maleje coraz szybciej

☐ maleje coraz wolniej

Co będzie potrzebne

Zapoznaj się z instrukcją załączoną do wirtualnego laboratorium i wykonaj poniższe polecenia.

Ćwiczenie 2

Zaznacz, co będzie potrzebne do przeprowadzenia eksperymentu:

☐

termometry do mierzenia temperatury cieczy w rurce

☐

termometr do zmierzenia temperatury powietrza w laboratorium

☐

waga

☐

stoper

☐

rurka doświadczalna

☐

płyta grzewcza

Ćwiczenie 3

Jakie cechy musi posiadać rurka doświadczalna do badania cieczy w naszym eksperymencie?

Uwaga – dnem nazywamy tę część rurki, która przylega do płyty grzewczej.

Cechy rurki doświadczalnej

posiada otwory do
umieszczenia w nich
termometrów

Inne określenia (cechy zbędne)

zbudowana z bardzo dobrego
izolatora

z podziałką

ściany z bardzo dobrego
izolatora termicznego

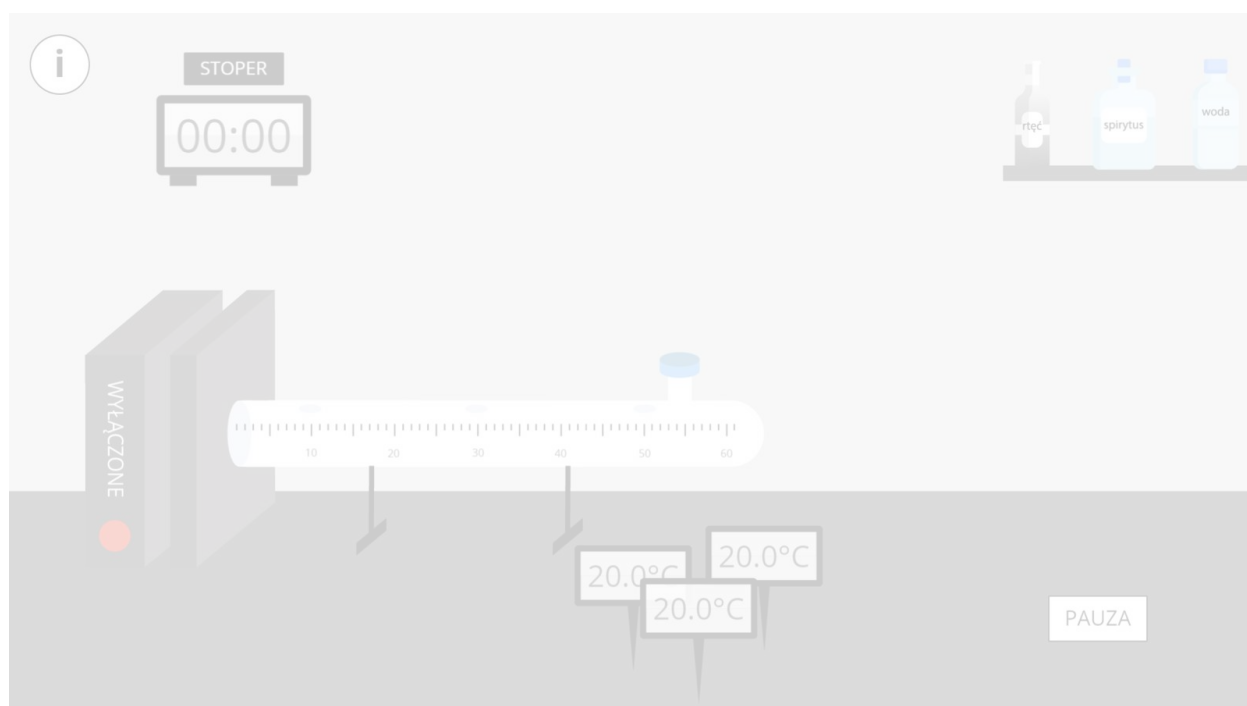
chropowata powierzchnia
wewnętrzna

dno z substancji bardzo
dobrze przewodzącej ciepło

Ćwiczenie 4

W instrukcji laboratorium zapisano, że w skład wyposażenia wchodzi przycisk „Pauza”, który w magiczny sposób powoduje zatrzymanie czasu w laboratorium. Wiadomo, że w realnych warunkach jest to niemożliwe. Jak można przeprowadzić eksperyment w rzeczywistości? Podaj swoje propozycje.

1. Wykonaj kilka próbnych eksperymentów, by zapoznać się z obsługą wirtualnego laboratorium. Klikając na zbiornik z wybraną cieczą napełnij nią rurkę. Przy pomocy myszki umieść termometry w wyznaczonych miejscach pomiaru temperatury (nie musisz używać wszystkich termometrów). Włącz płytę grzewczą i obserwuj, w jaki sposób zmienia się temperatura cieczy w rurce. Przetestuj działanie przycisku „Pauza”.
2. Umieść wszystkie termometry w otworach i napełnij rurkę wodą. Poprzednie pomiary zostaną zresetowane.
3. Przygotuj się do zapisywania wyników pomiaru w tabeli znajdującej się pod wirtualnym laboratorium. Sprawdź, jakie dane będą Ci potrzebne. Jeśli pracujesz w widoku pełnoekranowym, możesz zapisywać dane na kartce lub w osobnym arkuszu kalkulacyjnym.
4. Włącz płytę grzewczą i dokonaj pomiarów: po czasie nie krótszym niż 30 sekund od chwili włączenia płyty lub od poprzedniego pomiaru naciskaj przycisk PAUZA i zapisuj wyniki. Cały eksperyment powinien trwać nie więcej niż 5 minut.



Zasób interaktywny dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/D145OpbEA>

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

Nazwa cieczy:

Czas [s]	Temperatura w odległości 10 cm [°C]	Temperatura w odległości 30 cm [°C]	Temperatura w odległości 50 cm [°C]
----------	---	---	---

--	--	--	--

Podsumowanie

1. Wykonaj wykres zależności temperatury wody od czasu dla termometru w odległości 10 cm od płyty grzewczej.
2. Nanieś na wykres dane dla pozostałych dwóch termometrów.
3. Przeanalizuj wyniki eksperymentu wykonując poniższe ćwiczenie.
4. Czy Twoja hipoteza badawcza potwierdziła się?

Ćwiczenie 5

Jaki jest charakter zależności temperatury od czasu? Dla każdej cechy wykresów funkcji $T(t)$ wybierz jedno prawidłowe określenie.

Zagadnienia oznaczone gwiazdką obejmują zakres rozszerzony z matematyki.

Cecha	Twoja odpowiedź
Monotoniczność funkcji	
Tempo zmian	
*Pochodne funkcji $T(t)$	
Do jakiej wartości dąży temperatura cieczy?	
*Czy funkcje $T(t)$ posiadają asymptoty?	

malejące

< 70 °C

poziome

coraz mniejsze

> 70 °C

pionowe

ukośne

70 °C

coraz większe

rosnące

nie

stałe

Doświadczenie 2

Porównanie przewodnictwa cieplnego różnych cieczy

Problem badawczy

Jak zbadać, która z cieczy jest najlepszym przewodnikiem ciepła?

Hipoteza

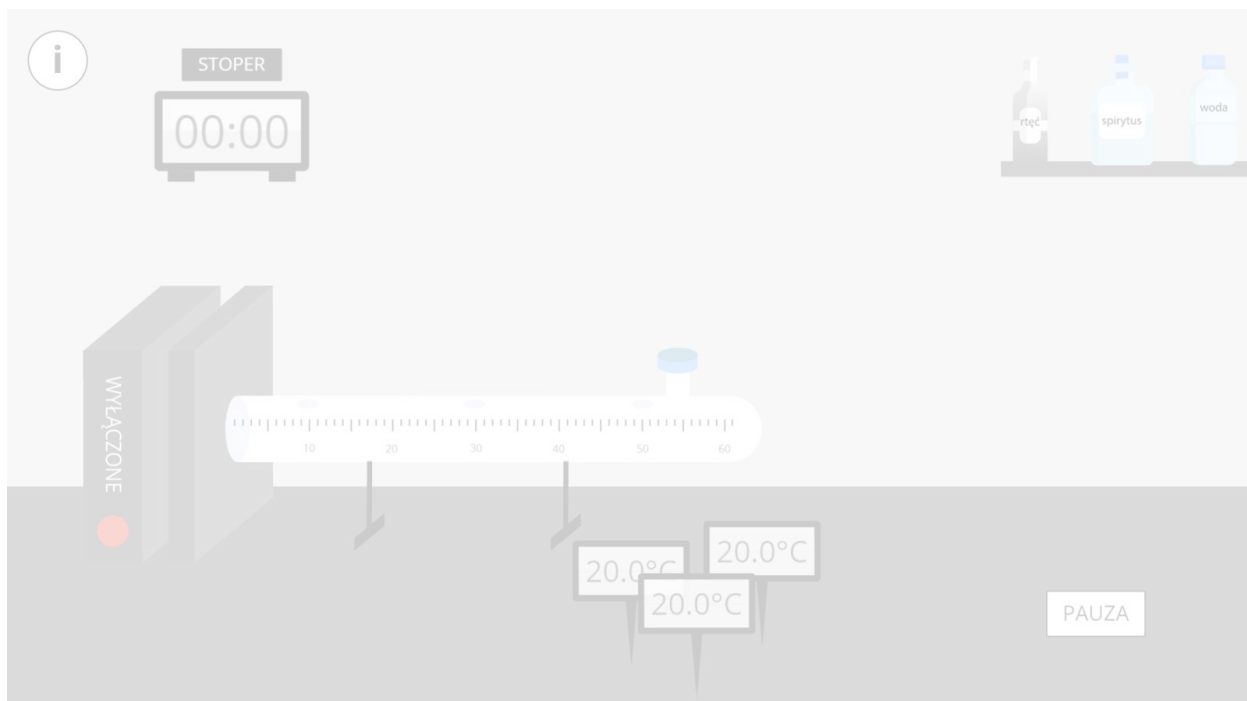
Problem badawczy można rozstrzygnąć analizując przebieg zmienności wykresów temperatury od czasu dla poszczególnych cieczy, w takich samych warunkach doświadczalnych.

Co będzie potrzebne

Wykorzystaj te same przyrządy, co w poprzednim doświadczeniu. Do badania użyjesz tym razem nie tylko wodę, ale także rtęć i spirytus.

Instrukcja

1. Wykonaj doświadczenie dla rtęci i spirytusu w taki sam sposób, jak poprzednio. Jeśli pomiarów temperatury dokonasz w tych samych chwilach, co dla wody – nie trzeba będzie powtarzać dla niej doświadczenia, a wyniki dla wszystkich trzech cieczy łatwo będzie porównać.
2. Wyniki pomiarów zapisuj w tabeli umieszczonej pod laboratorium (także i tym razem możesz je najpierw zanotować na kartce lub w arkuszu kalkulacyjnym).



Zasób interaktywny dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/D145OpbEA>

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl>.

Nazwa cieczy:

Czas [s]

Temperatura

Temperatura

Temperatura

w odległości 10 cm

w odległości 30 cm

w odległości 50 cm

[°C]

[°C]

[°C]

=====

Nazwa cieczy:

Czas [s]	Temperatura w odległości 10 cm [°C]	Temperatura w odległości 30 cm [°C]	Temperatura w odległości 50 cm [°C]

=====

Nazwa cieczy:

Czas [s]	Temperatura w odległości 10 cm [°C]	Temperatura w odległości 30 cm [°C]	Temperatura w odległości 50 cm [°C]

Podsumowanie

1. Przedstaw na jednym wykresie zależności $T(t)$ w odległości 10 cm od płyty grzewczej dla wszystkich badanych cieczy.
2. Odpowiedz na pytania: Na którym z wykresów temperatura najszybciej osiąga graniczną wartość 70 °C, a na którym najwolniej? W jaki sposób szybkość zmian temperatury przekłada się na przewodnictwo cieplne badanych cieczy? Czy analiza tych wykresów pozwala odpowiedzieć na pytanie, która z cieczy jest najlepszym przewodnikiem ciepła, a która najgorszym?
3. Wykonaj analogiczne wykresy dla dwóch pozostałych termometrów, oddalonych 30 cm i 50 cm od płyty grzewczej.

4. Zauważ, że charakter wykresów $T(t)$ dla spirytusu (w szczególności dla większych odległości od płyty grzewczej) jest inny niż dla wody i rtęci. Z czego to wynika?
5. Czy Twoja hipoteza badawcza potwierdziła się?

Polecenie 1

W formularzu wpisz odpowiedzi na zadane wyżej pytania.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Uzupełnij zdanie:

Przewodzenie ciepła przez ciecze polega na przekazywaniu energii

w zderzeniach cząsteczek ☐ / na skutek powstawania prądów ogrzanej cieczy ☐ ,

a zjawisko konwekcji to przekazywanie energii w zderzeniach cząsteczek ☐ /

na skutek powstawania prądów ogrzanej cieczy ☐ .

Ćwiczenie 2



Uzupełnij zdanie:

Mała wartość przewodnictwa właściwego oznacza, że ciało jest dobrym

przewodnikiem ☐ / izolatorem ☐ ciepła.

Ćwiczenie 3



Które stwierdzenie jest prawdziwe?



Szybkość przewodzenia ciepła jest tym większa, im większa jest długość przewodzącego ciała.



Szybkość przewodzenia ciepła jest tym większa, im większa jest różnica temperatur i pole przekroju przewodzącego ciała.

Ćwiczenie 4

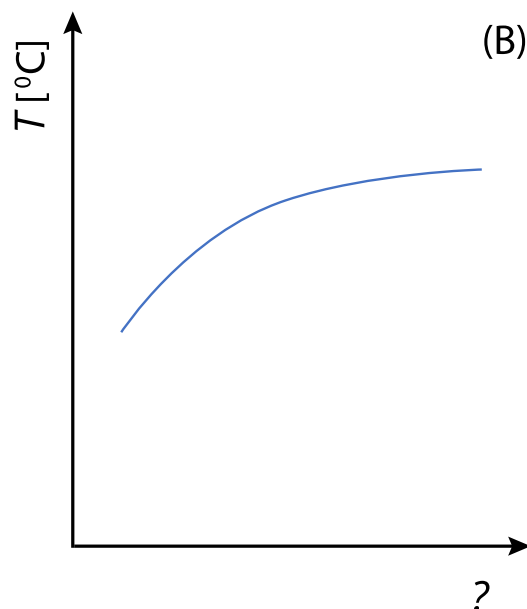
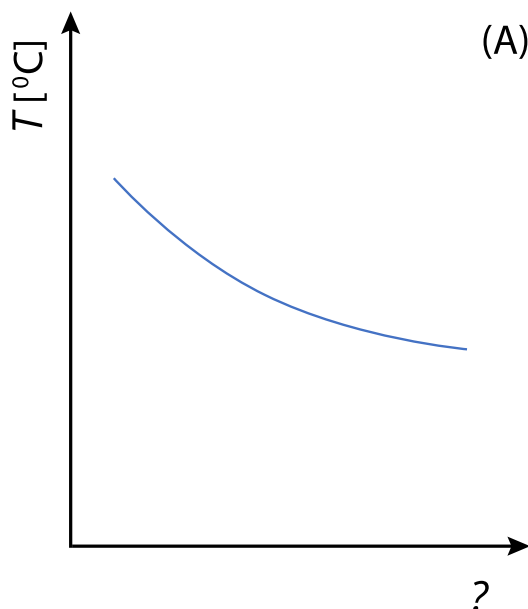


Rozstrzygnij, czy przewodnictwo cieplne cieczy można badać, umieszczając źródło ciepła na dole, na górze, czy z boku naczynia z cieczą. Odpowiedź uzasadnij.

Ćwiczenie 5



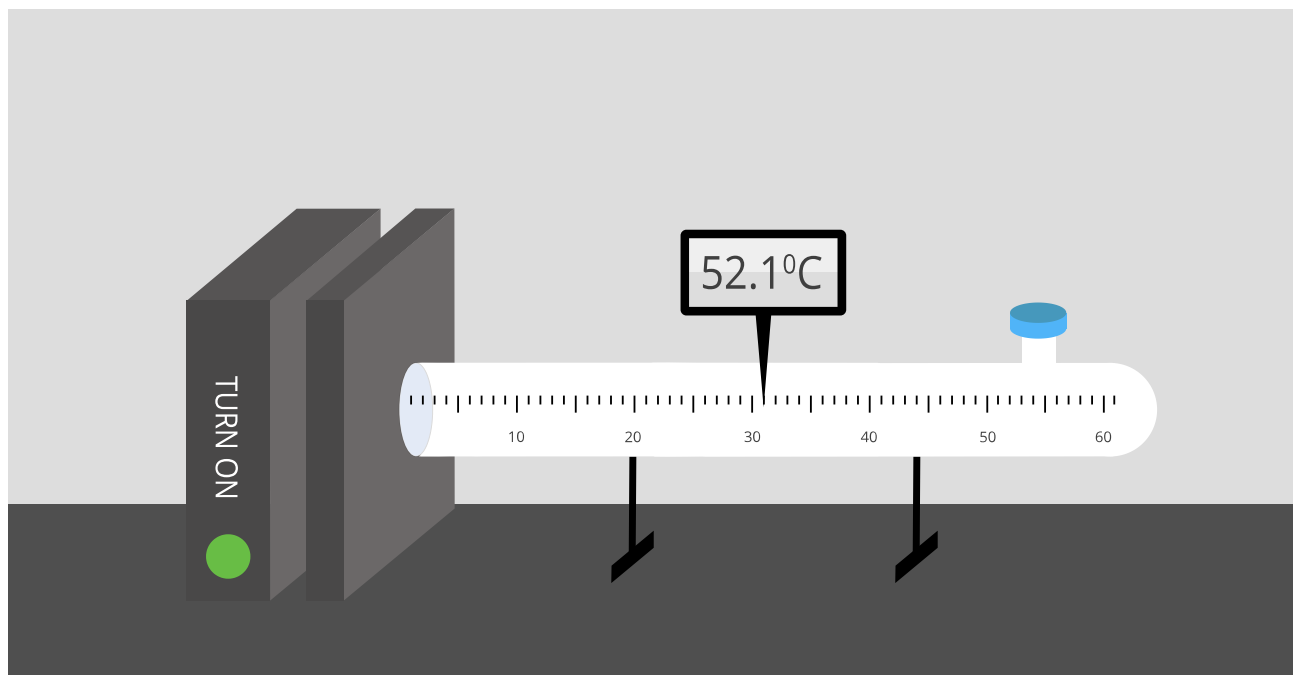
Witek przeprowadził eksperyment w wirtualnym laboratorium „Badanie przewodnictwa cieplnego wybranych cieczy”, w którym ciecz umieszczona jest w poziomej rurce i podgrzewana z jednej strony płytą grzewczą. Zmierzył temperaturę cieczy w różnych odległościach od płyty grzewczej w tym samym momencie, a potem temperaturę cieczy w jednym punkcie w równych odstępach czasu. Na podstawie wyników pomiarów Witek sporządził wykresy A i B, ale zapomniał podpisać poziome osie wykresów. Odpowiedz, jaka wielkość odłożona jest na poziomej osi na wykresie A, a jaka na wykresie B. Odpowiedź uzasadnij.



odległość od płyty grzewczej

czas pomiaru

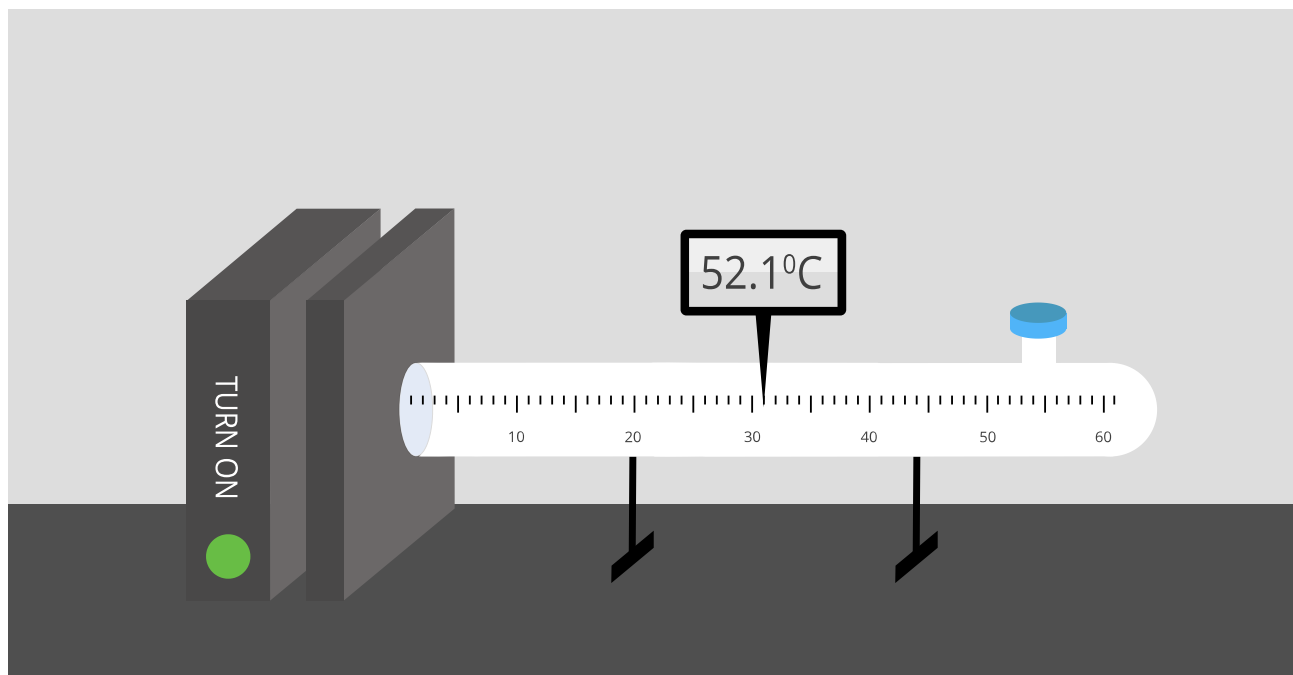
Ćwiczenie 6



Pozioma rura wypełniona spirytusem styka się z jednej strony z płytą grzewczą, która nagrzewa się do temperatury 70°C (rysunek). Początkowa temperatura spirytusu wynosiła 20°C . Oblicz ilość ciepła, które dotarło na koniec rury w czasie $t = 180\text{ s}$ od momentu włączenia ogrzewania. Długość rury wynosi $d = 0,5\text{ m}$, pole jej przekroju poprzecznego jest równe $S = 70\text{ cm}^2$, a współczynnik przewodnictwa cieplnego spirytusu ma wartość $k = 0,171\text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$. Załóż, że rura jest wykonana z idealnego izolatora termicznego. Wynik podaj z dokładnością do trzech cyfr znaczących.

Odpowiedź: $Q =$ J.

Ćwiczenie 7



Pozioma rurka wypełniona wodą styka się z jednej strony z płytą grzewczą, która nagrzana jest do temperatury 90°C (rysunek). Początkowa temperatura wody wynosiła 20°C . Oblicz, ile minut trzeba czekać od momentu włączenia ogrzewania, aby temperatura wody o masie $m = 5\text{ g}$, przylegającej do przeciwległej ścianki rurki zwiększyła się do 25°C . Długość rurki wynosi $d = 0,5\text{ m}$, pole przekroju poprzecznego rurki jest równe $S = 12\text{ cm}^2$, współczynnik przewodnictwa cieplnego wody ma wartość $k = 0,609\text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$, a jej ciepło właściwe wynosi $c_w = 4190\text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$. Zakładamy, że rurka wykonana jest z idealnego izolatora termicznego. Wynik podaj w zaokrągleniu do pełnych minut.

Odpowiedź: $t =$ minut.

Ćwiczenie 8



W tabelce podano wartości ciepła właściwego, współczynnika przewodnictwa cieplnego oraz gęstości dla wody i spirytusu:

rodzaj cieczy	ciepło właściwe, c_w	przewodnictwo cieplne, k	gęstość, d
woda	$4190 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$	$0,609 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}$	$1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
spirytus	$2380 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$	$0,171 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}$	$800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

Obie ciecze o temperaturze początkowej 20°C umieszczono w jednakowych poziomych rurkach, stykających się z jednej strony z płytą grzewczą o temperaturze 80°C . Korzystając z podanych wartości odpowiedz na pytania:

- a) Przez którą ciecz ciepło przepływa szybciej: przez wodę, czy przez spirytus? Oblicz stosunek szybkości przepływu ciepła przez wodę do szybkości przepływu ciepła przez spirytus.
- b) W której cieczy temperatura na końcu rurki rośnie szybciej? Oblicz, jaki jest stosunek przyrostu temperatury wody o objętości 1 cm^3 , znajdującej się przy przeciwległym końcu rurki, do przyrostu temperatury spirytusu o takiej samej objętości i w tym samym położeniu.

Dla nauczyciela

Scenariusz lekcji

Imię i nazwisko autora:	Krystyna Wosińska
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	Badanie przewodnictwa cieplnego wybranych cieczy
Grupa docelowa:	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres podstawowy i rozszerzony
Podstawa programowa:	Cele kształcenia – wymagania ogólne III. Planowanie i przeprowadzanie obserwacji lub doświadczeń oraz wnioskowanie na podstawie ich wyników. Zakres podstawowy Treści nauczania – wymagania szczegółowe I. Wymagania przekrojowe. Uczeń: 6) tworzy teksty, tabele, diagramy lub wykresy, rysunki schematyczne lub blokowe dla zilustrowania zjawisk bądź problemu; właściwie skaluje, oznacza i dobiera zakresy osi; 15) wyodrębnia zjawisko z kontekstu, nazywa je oraz wskazuje czynniki istotne i nieistotne dla jego przebiegu. V. Termodynamika. Uczeń: 2) odróżnia przekaz energii w postaci ciepła między układami o różnych temperaturach od przekazu energii w formie pracy. Zakres rozszerzony Treści nauczania – wymagania szczegółowe I. Wymagania przekrojowe. Uczeń: 6) tworzy teksty, tabele, diagramy lub wykresy, rysunki schematyczne lub blokowe dla zilustrowania zjawisk bądź problemu; właściwie skaluje, oznacza i dobiera zakresy osi; 19) wyodrębnia zjawisko z kontekstu, nazywa je oraz wskazuje czynniki istotne i nieistotne dla jego przebiegu. VI. Termodynamika. Uczeń: 2) odróżnia przekaz energii w postaci ciepła między układami o różnych temperaturach od przekazu energii w formie pracy.

Kształtowane kompetencje kluczowe:	Zalecenie Parlamentu Europejskiego i Rady UE z 2018 r.: - 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:	Uczeń: - opisuje mechanizm przewodzenia ciepła przez ciała, - wyjaśnia, od czego zależy szybkość przepływu energii cieplnej, - definiuje współczynnik przewodnictwa cieplnego i interpretuje jego wartości dla różnych substancji. - przeprowadza doświadczenia, w którym porównuje przewodnictwo cieplne wybranych cieczy.
Strategie nauczania:	strategia eksperymentalno-obszewacyjna (dostrzeganie i definiowanie problemów)
Metody nauczania:	wykład informacyjny, eksperyment w wirtualnym laboratorium, analiza pomysłów
Formy zajęć:	praca w parach, praca w grupach, praca indywidualna
Środki dydaktyczne:	komputer z rzutnikiem lub tablety do dyspozycji każdego ucznia
Materiały pomocnicze:	e-materiały: „Badanie przewodnictwa cieplnego wybranych ciał stałych”, „Jak definiuje się przewodnictwo właściwe”
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	
Wprowadzenie zgodnie z treścią w części pierwszej „Czy to nie ciekawe?”. Odwołanie do codziennej wiedzy uczniów o przewodzeniu ciepła przez różne ciała.	
Faza realizacyjna:	

Nauczyciel w krótkim wykładzie wyjaśnia mechanizm przewodzenia energii cieplnej przez zderzenia cząsteczek. Następnie wprowadza pojęcie przewodnictwa właściwego. Uczniowie w dyskusji z pomocą nauczyciela ustalają od czego zależna jest szybkość przekazywania energii i wspólnie konstruują wzór: $\frac{Q}{t} = k \frac{S \Delta t}{d}$. Uczniowie zgłaszają pomysły, jak zaplanować badanie przewodnictwa cieplnego cieczy, aby zjawisko nie było zakłócone występowaniem konwekcji. Uczniowie w parach wykonują doświadczenie w wirtualnym laboratorium i wykonują wykresy zależności temperatury cieczy od odległości od źródła ciepła dla różnych czasów od rozpoczęcia nagrzewania. Następnie uczniowie na forum klasy dyskutują nad odpowiedziami na pytania: Czy otrzymane na wykresie krzywe są rosnące czy malejące? Co to oznacza fizycznie? Jak zachowują się krzywe wraz ze wzrostem czasu? Co to oznacza fizycznie? Na koniec uczniowie dokonują uporządkowania trzech cieczy od najgorszego do najlepszego przewodnika ciepła.

Faza podsumowująca:

W celu sprawdzenia zrozumienia wyników doświadczenia uczniowie w grupach rozwiązują zadanie 5 z zestawu ćwiczeń.

Praca domowa:

Zadania z zestawu ćwiczeń, obowiązkowo zadania 1- 3, do wyboru jedno pozostałych z zadań.

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania danego multimedium:

Multimedium bazowe może też być wykorzystane przez uczniów poza lekcjami w celu samodzielnego wykonania doświadczenia.