



Badanie rozszerzalności cieplnej różnych ciał w różnych warunkach

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



Badanie rozszerzalności cieplnej różnych ciał w różnych warunkach

Źródło: dostępny w internecie: <https://www.istockphoto.com/pl/zdj%C4%99cie/gaz-gm111891833-15442879> [dostęp 5.04.2023].

Czy to nie ciekawe?

Pominięcie zjawiska rozszerzalności cieplnej podczas projektowania takich konstrukcji, jak budynki mieszkalne, tory kolejowe, linie wysokiego napięcia i in. może prowadzić do awarii, a nawet katastrofy. Na przykład, gdyby inżynierowie nie zaprojektowali szczelin dylatacyjnych w konstrukcji szyn (Fot. a.), to w upalne dni mogłyby one, na skutek zwiększenia długości, ulec wygięciu, co z kolei mogłoby spowodować wykolejenie pociągu. Podobnie, nieuwzględnienie rozszerzalności cieplnej paliwa lub użycie do budowy jego zbiorników materiałów o nieodpowiedniej rozszerzalności cieplnej mogłoby doprowadzić do katastrofy ekologicznej.



Fot. a. Szczelina dylatacyjna między szynami kolejowymi zapobiegająca zniszczeniu torów podczas dużych zmian temperatury.

Źródło: dostępny w internecie: <https://pixabay.com/photos/railroad-track-railroad-rails-3936874/> [dostęp 5.04.2023].

W tym e-materiale zbadasz zjawisko rozszerzalności cieplnej w naszym wirtualnym laboratorium.

Twoje cele

- dowiesz się, na czym polega zjawisko rozszerzalności cieplnej,
- zdefiniujesz pojęcie współczynnika rozszerzalności liniowej i objętościowej,
- zaprojektujesz i przeprowadzisz badanie zjawiska rozszerzalności cieplnej w wirtualnym laboratorium.

Przeczytaj

Warto przeczytać

Rozszerzalność cieplna to zjawisko polegające na zmianie rozmiarów ciała wraz z temperaturą.

Ciała stałe, ciecze i gazy zbudowane są z cząsteczek, których ruch nigdy nie ustaje. **Temperatura** jest miarą średniej energii kinetycznej tego ruchu. Gdy temperatura zwiększa się, cząsteczki poruszają się coraz szybciej. To powoduje, że zwiększają się odległości między nimi i wzrastają rozmiary ciała.

Ważne!

Rozszerzalność cieplną **ciał stałych** można opisać podając wartość **współczynnika rozszerzalności liniowej**. Współczynnik rozszerzalności liniowej jest równy względnemu przyrostowi długości ciała $\frac{\Delta l}{l_0}$ przy zwiększeniu temperatury o jeden kelwin: $\Delta T = 1 \text{ K}$:

$$\lambda = \frac{\Delta l}{l_0 \Delta T},$$

gdzie l_0 jest początkową długością ciała. (zob. e-materiał pt. „Na czym polega zjawisko rozszerzalności cieplnej ciał stałych?”).

Jednostką współczynnika rozszerzalności liniowej jest odwrotność jednostki temperatury w układzie SI, czyli $1/\text{K}$. Zmiana temperatury o jeden kelwin równa jest zmianie temperatury o jeden stopień Celsjusza, więc wartość tego współczynnika może być także wyrażana w jednostce $1/^\circ\text{C}$.

Przyrost długości ciała o długości początkowej l_0 wyraża się zatem wzorem:

$$\Delta l = \lambda l_0 \Delta T.$$

Jeśli przedstawimy Δl jako różnicę między długością końcową l i początkową l_0 :

$$\Delta l = l - l_0,$$

to otrzymamy związek:

$$l - l_0 = \lambda l_0 \Delta T.$$

Długość końcową ciała będziemy mogli zatem zapisać jako:

$$l = l_0(1 + \lambda \Delta T).$$

Ciekawostka



Rys. 1. Prąd płynący w przewodach linii energetycznej powoduje ich rozgrzanie. Przewody rozszerzają się i wydłużają zwisając coraz niżej między słupami. W pewnym momencie może nastąpić kontakt przewodu z pobliskim obiektem, np. drzewem powodując zwarcie i gwałtowny wzrost prądu. Automatyczne przekaźniki zabezpieczające wykrywają zbyt wysoki prąd i szybko odłączają linię, przy czym obciążenie wcześniej przenoszone przez linię jest przenoszone na inne linie. Jeśli inne linie nie mają wystarczającej ilości wolnej pojemności, aby pomieścić dodatkowy prąd, zadziała również ich ochrona przed przeciążeniem, powodując kaskadową awarię całej sieci energetycznej. W taki właśnie sposób w jeden z upalnych dni sierpnia 2003 roku doszło do największej awarii sieci energetycznej na świecie. Wysoka temperatura zwiększyła zapotrzebowanie na energię, ponieważ ludzie w całym regionie włączyli wentylatory i klimatyzację. Spowodowało to nadmierne rozgrzanie linii energetycznych, zwarcie przewodu z drzewem i w konsekwencji wyłączenie prądu, które dotknęło ponad 50 milionów ludzi w północnych Stanach Zjednoczonych i w Kanadzie. Straty tym spowodowane oszacowano na około 10 miliardów dolarów. Źródło: dostępny w internecie: <https://pixabay.com/photos/power-lines-energy-power-line-804880/> [dostęp 5.04.2023].

Ważne!

Opisując rozszerzalność cieplną **cieczy i gazów**, wygodniej jest rozważać zmiany objętości tych substancji, podając **wartość współczynnika rozszerzalności objętościowej**. Jest on zdefiniowany jako względna zmiana objętości ciała $\frac{\Delta V}{V_0}$ podczas zmiany temperatury o $\Delta T = 1^\circ\text{C} = 1\text{ K}$:

$$\alpha = \frac{\Delta V}{V_0 \Delta T},$$

gdzie V_0 to objętość początkowa, a ΔV jest zmianą objętości. (zob. e-materiały pt. „Na czym polega zjawisko rozszerzalności objętościowej gazów?”, i „Na czym polega zjawisko rozszerzalności objętościowej cieczy?”.)

Objętość końcowa V wyraża się wzorem:

$$V = V_0(1 + \alpha\Delta T).$$

Jednostką współczynnika rozszerzalności objętościowej jest $1/\text{K}$ lub $1/^\circ\text{C}$.

Oczywiście, rozszerzalność cieplną ciał stałych również można rozpatrywać używając współczynnika rozszerzalności objętościowej. Rozszerzalność liniowa [ciał izotropowych](#) w każdym wymiarze jest taka sama. Jeśli więc współczynnik rozszerzalności liniowej ciała wynosi λ , a ciało ma kształt sześcianu o krawędzi a_0 , to jego objętość wynosi a_0^3 . Po zwiększeniu temperatury o ΔT długość krawędzi wzrośnie do $a = a_0(1 + \lambda\Delta T)$, a objętość do $a^3 = a_0^3(1 + \lambda\Delta T)^3$. Wartości współczynników rozszerzalności liniowej są znacznie mniejsze od jedności, możemy więc po podniesieniu do [trzeciej potęgi](#), pominąć wyższe potęgi λ , jako bardzo małe. W ten sposób otrzymamy przybliżony wzór:

$$V = V_0(1 + 3\lambda\Delta T).$$

Możemy zatem przyjąć, że dla ciała izotropowego współczynnik rozszerzalności objętościowej jest trzy razy większy od współczynnika rozszerzalności liniowej, tzn. $\alpha = 3\lambda$.

Wartości współczynników rozszerzalności objętościowej cieczy są większe niż dla ciał stałych, ale mniejsze niż dla gazów (zob. Tabela 1.).

Tabela 1. Wartości współczynników rozszerzalności objętościowej.

Substancja	Współczynniki rozszerzalności objętościowej α [K^{-1}]
powietrze	0,0034
wodór	0,00366
hel	0,00366
rtęć	$180 \cdot 10^{-6}$
woda (dla $t=20^\circ\text{C}$)	$210 \cdot 10^{-6}$
gliceryna	$500 \cdot 10^{-6}$
benzyna	$950 \cdot 10^{-6}$
alkohol	$1100 \cdot 10^{-6}$
aluminium	$25 \cdot 10^{-6}$

złoto	$14,3 \cdot 10^{-6}$
żelazo	$12 \cdot 10^{-6}$
beton	$1,2 \cdot 10^{-5}$
szkło kwarcowe	$0,2 \cdot 10^{-6}$

Ważne!

Podsumowując, wraz ze zmianą temperatury (jej wzrostem lub spadkiem), największe zmiany objętości obserwujemy w przypadku gazów, mniejsze w przypadku cieczy i najmniejsze w ciałach stałych.

Nieznajomość zjawiska rozszerzalności cieplnej może sprawiać kłopoty w życiu codziennym. Poniższy przykład ukazuje sytuację, w której nieznajomość zjawiska rozszerzalności cieplnej ma niezbyt miłe konsekwencje finansowe.

Przykład

Wyobraź sobie, że jesteś przedsiębiorcą, który sprzedaje odbiorcy cysterne benzyny. Cysternę o pojemności 30 m^3 , czyli 30000 litrów, napełniono benzyną o temperaturze 15°C . Gdy cysterna dojechała do odbiorcy, temperatura wynosiła już -15°C . Oblicz, jaka była objętość benzyny w tej niższej temperaturze? Przyjmij, że współczynnik rozszerzalności objętościowej benzyny wynosi $0,00095 \text{ K}^{-1}$.

Zastosujemy wzór na objętość końcową:

$$V = V_0(1 + \alpha\Delta T),$$

gdzie $V_0 = 30 \text{ m}^3$, $\Delta T = -30 \text{ K}$ (temperatura zmalała od 15 do -15°C). Po wstawieniu wartości liczbowych otrzymujemy objętość benzyny, którą przelano do zbiorników odbiorcy: $V = 29,145 \text{ m}^3$, czyli o $0,855 \text{ m}^3$ (855 litrów) mniej niż nalano do cysterny. Czy odbiorca powinien zapłacić za 29145 litrów, czy za 30000 litrów (Rys. 2.)? Jeśli nie uwzględni się rozszerzalności cieplnej benzyny, ktoś straci na takiej transakcji. Z tego powodu w rozliczeniach za paliwa stosuje się temperaturę referencyjną (temperaturę odniesienia), która wynosi 15°C . Oznacza to, że płaci się za objętość, jaką paliwo ma w temperaturze 15°C .



Rys. 2. Czy wiesz, że największe tankowce mogą przewozić nawet 500000 m³ paliwa.

Źródło: dostępny w internecie: <https://pixabay.com/photos/ship-freighter-tanker-oil-5562741/> [dostęp 5.04.2023].

Słowniczek

ciało izotropowe

(ang.: *isotropic body*) – ciało, którego własności nie zależą od kierunku.

sześcian sumy

(ang.: *cube of sum*) – wyraża się wzorem: $(a + b)^3 = a^3 + 3a^2b + 3ab^2 + b^3$.

temperatura

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

Wirtualne laboratorium WL-S

Badanie rozszerzalności cieplnej benzyny

W Wirtualnym Laboratorium przyjmujesz rolę stażysty w rafinerii ropy naftowej. Przełożony prosi Cię o dokładne i precyzyjne zmierzenie współczynnika rozszerzalności objętościowej benzyny.

Zapoznaj się z wyposażeniem laboratorium, zaplanuj i wykonaj wstępne obserwacje i wreszcie przeprowadź zasadnicze pomiary, dzięki którym zrealizujesz to zadanie.

Doświadczenie 1

Obserwacja rozszerzalności cieplnej benzyny.

Problem badawczy

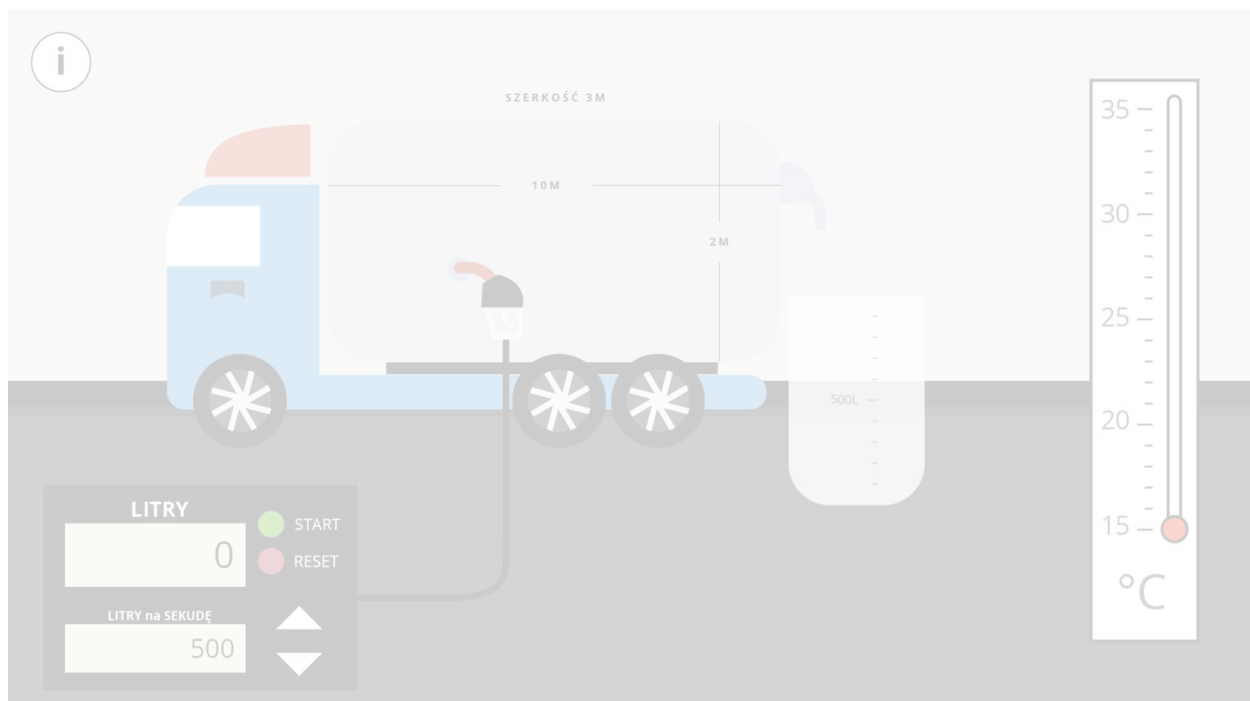
Celem obserwacji jest stwierdzenie występowania zjawiska rozszerzalności cieplnej oraz wstępne zbadanie, czy przyrost objętości benzyny jest proporcjonalny do przyrostu temperatury.

Hipoteza

1. W miarę wzrostu temperatury objętość benzyny rośnie.
2. Jednakowym przyrostom temperatury odpowiadają, z dokładnością do skali dostępnych przyrządów pomiarowych, jednakowe przyrosty objętości benzyny.

Co będzie potrzebne

Zapoznaj się z wyposażeniem laboratorium oraz z działaniem poszczególnych jego elementów.



Zasób interaktywny dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/D4i814eBT>

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

Instrukcja

Polecenie 1

Opracuj we własnym zakresie plan postępowania, obejmujący kolejność wykonywania czynności w laboratorium, zgodnie z postawionym celem. Wyróżnij w swoim planie fragmenty prowadzące do rozstrzygnięcia każdej z części (a) oraz (b) postawionej hipotezy. Sporządzony plan pracy wpisz do Dziennika badań.

Badanie rozszerzalności cieplnej benzyny

Dziennik badań

Data: DD-MM-RRRR

Plan pracy

Rozstrzygnięcie hipotezy (a)

Rozstrzygnięcie hipotezy (b)

Konkluzje, spostrzeżenia

Polecenie 2

Przeprowadź zaplanowane obserwacje w wirtualnym laboratorium.

Wpisz rozstrzygnięcia każdej z części hipotezy w odpowiednie sekcje Dziennika badań.

Podsumowanie

W laboratorium zaproponowano zbieranie ulewającej się z cysterny benzyny w beczce z podziałką. Z opisu nie wynika to wprost, ale można domniemywać, że beczka jest otwarta. Zdrowy rozsądek oraz elementarna wiedza z lekcji chemii podpowiadają, że przy eksperymentach z benzyną trzeba bardzo uważać - jest ona cieczą lotną i łatwopalną, a nawet wybuchową.

Ćwiczenie 1

Zaproponuj modyfikację tej części wyposażenia laboratorium, by Twój eksperyment przebiegał w zgodzie z zasadami BHP.

Zapisz swój pomysł w sekcji „Konkluzje, spostrzeżenia” w Dzienniku badań.

Doświadczenie 2

Współczynnik objętościowej rozszerzalności cieplnej benzyny.

Problem badawczy

Celem eksperymentu jest pomiar współczynnika rozszerzalności objętościowej benzyny.

Hipoteza

Współczynnik rozszerzalności objętościowej benzyny jest zbliżony, co do rzędu wielkości, do analogicznego współczynnika dla wody i innych cieczy.

Co będzie potrzebne

Wykorzystaj wyposażenie wirtualnego laboratorium.

Instrukcja

W części Przeczytaj podano wyrażenie łączące współczynnik rozszerzalności objętościowej cieczy α z początkową objętością V_0 tej cieczy oraz ze zmianą tej objętości ΔV , wywołaną zmianą temperatury ΔT .

$$\alpha = \frac{\Delta V}{V_0} \cdot \frac{1}{\Delta T}$$

Oznacza to, że współczynnik α mierzysz pośrednio, na podstawie bezpośredniego pomiaru V_0 , ΔV oraz ΔT .

W razie potrzeby przypomnij sobie pojęcia pomiaru bezpośredniego, pośredniego i sposobu wyznaczania niepewności pomiarowych tak mierzonych wielkości w e-materiałach „Niepewność wielkości mierzonej pośrednio” oraz „Wynik serii pomiarów powtarzalnych i jego niepewność standardowa”.

Zwróć uwagę na różnicę w sposobie pomiaru V_0 w porównaniu z ΔV oraz ΔT . Te dwie ostatnie wielkości mierzysz za pomocą przyrządów podobnych do linijek. Niepewność graniczna pojedynczego pomiaru każdej z tych wielkości jest jednoznacznie powiązana z dokładnością i rozdzielczością przyrządu.

Początkową objętość mierzysz w inny sposób, korzystając z procedury zbliżonej do stosowanej przy użyciu innych przyrządów.

Polecenie 3

1. Podaj przykład takiego przyrządu.
2. Zaproponuj procedurę korzystania z oprzyrządowania dostępnego w laboratorium do pomiaru V_0 .
3. Zaproponuj metodę wyznaczenia niepewności standardowej $u(V_0)$.
4. Opracuj we własnym zakresie kolejność wykonywania czynności w laboratorium, niezbędnych by osiągnąć postawiony cel.
5. Uwzględnij w planie procedurę zaproponowaną w punkcie 3.

Plan pracy wpisz do Dziennika pomiarów.

Ćwiczenie 2

Zaproponuj inne urządzenie, które pozwoliłoby mierzyć objętość benzyny w cysternie w sposób zbliżony do pomiaru przyrostu objętości benzyny. Postaraj się uniknąć założenia, że ściany cysterny są przezroczyste.

Współczynnik rozszerzalności objętościowej β

Dziennik pomiarów

Data: DD-MM-RRRF

Plan pracy

Pomiar początkowej objętości benzyny

Przyjęta metoda, wyniki pojedynczych pomiarów

Wyniki końcowe:

V_0

$u(V_0)$

Współczynnik rozszerzalności cieplnej benzyny.

Pomiar nr

Przyrost temperatury $\Delta T =$

Niepewność standardowa $u(\Delta T) =$

Przyrost objętości $\Delta V =$

Niepewność standardowa $u(\Delta V) =$

Współczynnik rozszerzalności $\alpha =$

Udział niepewności wyniku związany:

- z objętością, $u_{V_0}(\alpha) =$

- ze zmianą objętości, $u_{\Delta V}(\alpha) =$

- ze zmianą temperatury, $u_{\Delta T}(\alpha) =$

Niepewność standardowa $u(\alpha) =$

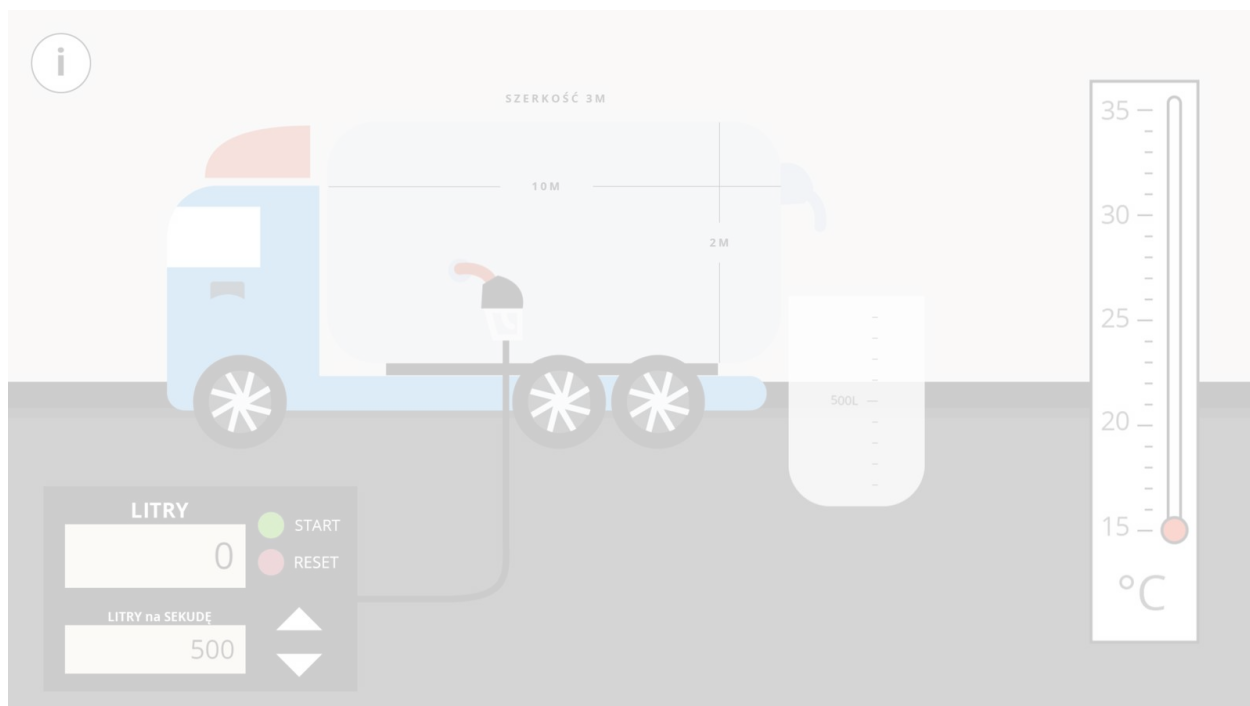
Wynik pomiaru: $\alpha =$

Rozstrzygnięcia, pomysły, spostrzeżenia, konkluzje

Polecenie 4

Wykonaj pomiary zgodnie ze swoim planem. Oblicz standardowe niepewności pomiarowe wielkości, które mierzysz bezpośrednio. Wyniki wpisz do Dziennika pomiarów.

Rozważ celowość wykonania kilku pomiarów ΔV dla różnych wartości ΔT .



Zasób interaktywny dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/D4i814eBT>

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

Uzupełnij Dziennik pomiarów o wyniki obliczeń związanych z ustaleniem wartości oraz niepewności pomiarowej współczynnika rozszerzalności objętościowej benzyny.

Twoi mocodawcy w rafinerii prosili o wynik precyzyjny i dokładny. Przypomnij sobie, co znaczą te dwie cechy w odniesieniu do wyniku pomiaru. Skorzystaj z e-materiału „Dokładność i precyzja podczas dokonywania pomiarów”.

Dokonaj oceny swojego pomiaru pod tym kątem precyzji i dokładności. Możesz przy tym wykorzystać wątki i pomysły zawarte w poleceniu 5.

Swoje oceny, przekonania oraz ich uzasadnienia wpisz w ostatnią sekcję Dziennika pomiarów.

Polecenie 5

1. Dokładność wyniku.

- Porównaj swój wynik z wartością tablicową podaną w części Przeczytaj. Oceń jakościowo, czy odstępstwo wyniku od wartości tablicowej jest wytłumaczalne jego niepewnością pomiarową.
- Zapoznaj się z wartościami współczynnika rozszerzalności objętościowej benzyny, podawanymi w kilku różnych źródłach. Oszacuj rozrzut tych wartości i porównaj z niepewnością pomiarową Twojego wyniku. Na tej podstawie oceń jakościowo, czy Twój wynik powinien zostać uznany za precyzyjny przez Twoich zleceniodawców.

2. Precyzja wyniku.

- Porównaj udziały niepewności pochodzące od poszczególnych wielkości mierzonych bezpośrednio. Czy któraś z nich przewyższa o rząd wielkości (lub więcej) pozostałe?
- Czy warto modyfikować którykolwiek z przyrządów pomiarowych, by znacząco zwiększyć dokładność wyniku?
- Czy warto zastosować Twój pomysł z ćwiczenia 2, by zwiększyć dokładność pomiaru V_0 ?
- Podaj argumenty, za pomocą których przekonasz zleceniodawców, że Twój wynik jest dokładny.

3. Rozstrzygnięcie hipotezy badawczej

Skorzystaj z tablic współczynników rozszerzalności objętościowej, wyszukaj odpowiednie dane i rozstrzygnij postawioną w tym doświadczeniu hipotezę.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Uzupełnij zdanie:

Współczynnik rozszerzalności cieplnej dla ciał stałych jest z reguły / niż dla cieczy, co oznacza, że taka sama zmiana temperatury powoduje większe zmiany objętości / niż / .

Ćwiczenie 2



Wskaż poprawny fragment zdania:

Zwiększenie objętości ciała wraz ze wzrostem temperatury, spowodowane jest tym, że zwiększa się / / .

Ćwiczenie 3



Zaznacz prawdziwe stwierdzenie:



Współczynnik rozszerzalności objętościowej izotropowego ciała stałego jest w przybliżeniu trzy razy większy od współczynnika rozszerzalności liniowej.



Współczynnik rozszerzalności objętościowej izotropowego ciała stałego jest w przybliżeniu równy współczynnikowi rozszerzalności liniowej podniesionej do trzeciej potęgi.

Ćwiczenie 4



Wybierz prawdziwe stwierdzenie:

- ☐ Zmiana długości ciała jest wprost proporcjonalna do długości początkowej i odwrotnie proporcjonalna do różnicy między temperaturą końcową i początkową.
- ☐ Zmiana długości ciała jest wprost proporcjonalna do długości początkowej i do różnicy między temperaturą końcową i początkową.
- ☐ Zmiana długości ciała jest odwrotnie proporcjonalna do długości początkowej i wprost proporcjonalna do różnicy między temperaturą końcową i początkową.

Ćwiczenie 5



W temperaturze 0°C wykonany z żelaza pręt ma długość 1,5 m. Po ogrzaniu go do pewnej temperatury jego długość wzrosła o 2,5 mm. Oblicz temperaturę końcową pręta. Załóż, że współczynnik rozszerzalności liniowej żelaza wynosi $1,19 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$. Wynik podaj z dokładnością do dwóch cyfr znaczących.

Odpowiedź: $t_k =$ $^{\circ}\text{C}$.

Ćwiczenie 6



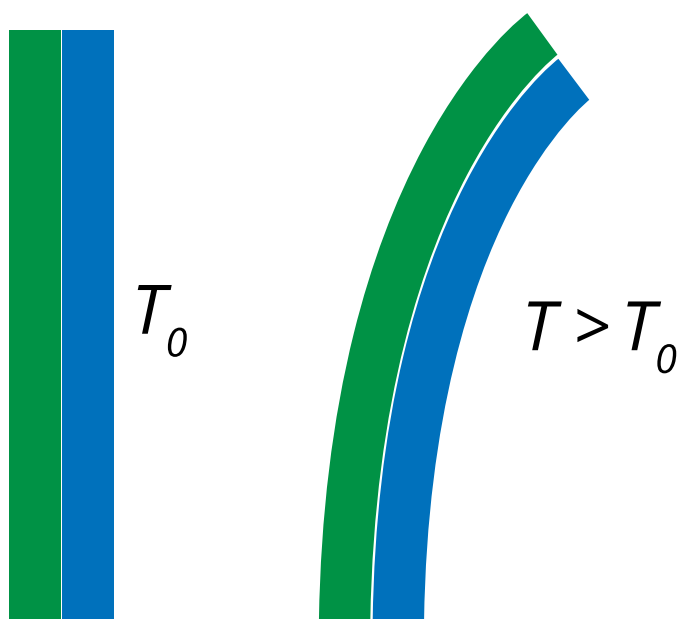
Szklankę o pojemności 200 ml napełniono po brzegi spirytusem o temperaturze 5°C . Gdy spirytus został ogrzany do 55°C , ze szklanki wylało się 11 ml cieczy. Oblicz współczynnik rozszerzalności cieplnej spirytusu. Pomiń rozszerzalność cieplną szkła.

Odpowiedź: $\alpha =$ $\cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$.

Ćwiczenie 7



W żelazku z termoregulatorem stosuje się bimetal, czyli układ składający się z dwóch połączonych ze sobą elementów metalowych różniących się wartością współczynnika rozszerzalności cieplnej. Na rysunku pokazany jest bimetal w temperaturze T_0 i w temperaturze większej od T_0 ($T > T_0$). Odpowiedz, który element metalowy: zaznaczony na zielono, czy niebiesko, ma większą wartość współczynnika rozszerzalności liniowej? W którą stronę wygnie się bimetal, gdy jego temperatura będzie niższa od T_0 ?



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

Ćwiczenie 8



Aluminiowe naczynie o pojemności $V_0 = 5$ litrów napełniono po brzegi gliceryną. Po zwiększeniu temperatury o $\Delta T = 30$ K wylało się z niego trochę gliceryny. Oblicz objętość rozlanej gliceryny, jeśli jej współczynnik rozszerzalności objętościowej wynosi $\alpha = 500 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, a współczynnik rozszerzalności liniowej aluminium $\lambda = 25 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$. Przyjmij, że pojemność naczynia zwiększa się wraz z temperaturą tak samo, jak objętość pełnej aluminiowej bryły. Wynik podaj z dokładnością do dwóch cyfr znaczących.

Odp.: $\Delta V = V_0 \cdot \Delta T \cdot (\alpha - 3\lambda) =$ $\text{ l} =$ $\text{ ml}.$

Dla nauczyciela

Scenariusz lekcji

Imię i nazwisko autora:	Krystyna Wosińska, Krzysztof Lorek
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	Badanie rozszerzalności cieplnej różnych ciał w różnych warunkach
Grupa docelowa:	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres podstawowy i rozszerzony

**Podstawa
programowa:**

Cele kształcenia – wymagania ogólne

II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.

III. Planowanie i przeprowadzanie obserwacji lub doświadczeń oraz wnioskowanie na podstawie ich wyników

Zakres podstawowy

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

I. Wymagania przekrojowe. Uczeń:

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;

13) posługuje się pojęciem niepewności pomiaru wielkości prostych; zapisuje wynik pomiaru wraz z jego jednostką oraz z uwzględnieniem informacji o niepewności.

V. Termodynamika. Uczeń:

18 b) demonstruje rozszerzalność cieplną wybranych ciał.

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;

15) posługuje się pojęciem niepewności pomiaru wielkości prostych i złożonych; zapisuje wynik pomiaru wraz z jego jednostką oraz z uwzględnieniem informacji o niepewności; uwzględnia niepewności przy sporządzaniu wykresów.

VI. Termodynamika. Uczeń:

19 a.) demonstruje rozszerzalność cieplną wybranych ciał.

Kształtowane kompetencje kluczowe:	Zalecenia 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: 1. wyjaśnia, na czym polega zjawisko rozszerzalności cieplnej, 2. definiuje pojęcie współczynnika rozszerzalności liniowej i objętościowej, 3. analizuje i wyjaśnia wzory opisujące rozszerzalność cieplną, 4. planuje i przeprowadza doświadczenie w wirtualnym laboratorium polegające na wyznaczeniu współczynnika rozszerzalności cieplnej benzyny.
Strategie nauczania:	strategia eksperymentalno-obserwacyjna (dostrzeganie i definiowanie problemów)
Metody nauczania:	– wykład informacyjny, – pokaz multimedialny.
Formy zajęć:	– praca w grupach, – praca w parach, – praca indywidualna.
Środki dydaktyczne:	komputer z rzutnikiem lub tablety do dyspozycji każdego ucznia
Materiały pomocnicze:	e-materiały: „Na czym polega zjawisko rozszerzalności objętościowej ciał stałych?”, „Na czym polega zjawisko rozszerzalności objętościowej cieczy?” „Na czym polega zjawisko rozszerzalności objętościowej gazów?”
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	
• Wprowadzenie zgodnie z treścią w części pierwszej „Czy to nie ciekawe?”. • Odwołanie do codziennej wiedzy uczniów o skutkach rozszerzalności cieplnej.	
Faza realizacyjna:	

Nauczyciel opowiada o mikroskopowej budowie ciał i tłumaczy przyczyny zjawiska rozszerzalności cieplnej. Następnie podaje definicje współczynnika rozszerzalności liniowej oraz objętościowej i ich jednostki.

Uczniowie ze wzoru na współczynnik rozszerzalności objętościowej wyprowadzają wzory na przyrost objętości i objętość końcową.

Uczniowie w parach wykonują doświadczenie w wirtualnym laboratorium polegające na wyznaczeniu współczynnika rozszerzalności objętościowej benzyny.

Następnie poszczególne zespoły wyjaśniają, jak przeprowadzili pomiary i uczniowie oceniają, który z zespołów był najlepszy.

Faza podsumowująca:

Uczniowie w grupach czteroosobowych rozwiązują z pomocą nauczyciela zadanie 8 z zestawu zadań powiązane z przeprowadzonym doświadczeniem. Uczniowie odnoszą się do postawionych sobie celów lekcji, ustalają które osiągnęli, a które wymagają jeszcze pracy, jakiej i kiedy. W razie potrzeby nauczyciel dostarcza im informację zwrotną kształtującą.

Praca domowa:

Zadania 1 – 4 z zestawu ćwiczeń obowiązkowo, jedno z pozostałych zadań do wyboru w celu utrwalenia wiadomości.

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania danego multimedium:

Multimedium bazowe może też być wykorzystane przez uczniów po lekcji w celu powtórzenia i utrwalenia wiadomości o rozszerzalności cieplnej.