



Na czym polega zjawisko rozszerzalności objętościowej cieczy?

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

Na czym polega zjawisko rozszerzalności objętościowej cieczy?

Źródło: dostępny w internecie: <https://www.istockphoto.com/pl/zdjęcie/termometr-rtęciowy-wyizolowany-na-białym-tle-gm1143546621-307140787> [dostęp 1.06.2022 r.].

Czy to nie ciekawe?

Termometry pokazujące temperaturę powietrza są w powszechnym użyciu. Na jakiej zasadzie działa taki termometr? Możemy z niego korzystać dzięki zjawisku rozszerzalności cieplnej cieczy. Z tego e-materiału dowiesz się, jak działa termometr cieczowy, ale także o innych zjawiskach, w których rozszerzalność cieplna cieczy odgrywa istotną rolę.

Rys. a. Termometr cieczowy

Źródło: dostępny w internecie: <https://pixabay.com/pl/photos/celsjusz-stustopniowy-miernik-szkło-2125/> [dostęp 1.06.2022 r.].

Twoje cele

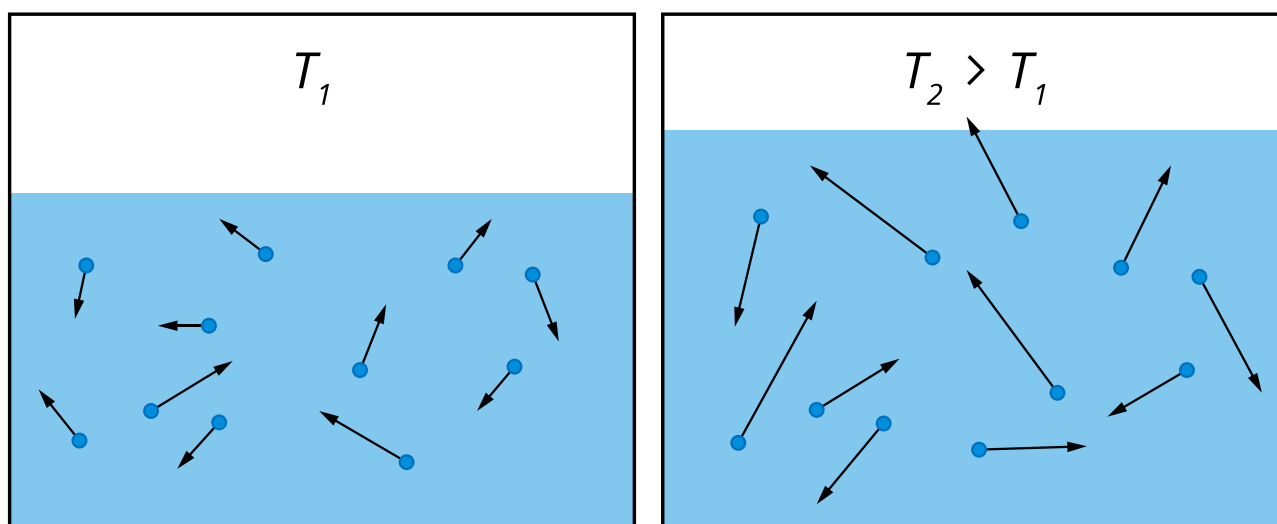
- Dowiesz się, na czym polega zjawisko rozszerzalności cieplnej cieczy,
- Poznasz pojęcie współczynnika rozszerzalności objętościowej,
- Poznasz wzory opisujące rozszerzalność cieplną cieczy,
- Zrozumiesz zasadę działania termometru cieczowego,
- Dowiesz się, na czym polega anomalna rozszerzalność wody,

- Zastosujesz zdobytą wiedzę do rozwiązywania zadań problemowych i rachunkowych.

Przeczytaj

Warto przeczytać

Ciecze składają się z cząsteczek pozostających w ciągłym ruchu. Cząsteczki cieczy oddziałują na siebie siłami przyciągającymi, ale mogą swobodnie przemieszczać się w obrębie cieczy. Ciecz łatwo zmienia kształt, przyjmuje kształt naczynia. Trudno natomiast zmienić jej objętość przez ściskanie. Jednak objętość cieczy zmienia się sama, gdy zmienia się jej **temperatura**. Temperatura jest miarą średniej energii kinetycznej cząsteczek. Gdy temperatura zwiększa się, cząsteczki poruszają się coraz szybciej (Rys. 1.). To powoduje, że zwiększają się odległości między nimi i wzrasta objętość cieczy.



Rys. 1. Gdy temperatura zwiększa się, cząsteczki poruszają się coraz szybciej. To powoduje, że zwiększają się odległości między nimi i wzrasta objętość cieczy.

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

Można to porównać do grupy dzieci w przedszkolu. Gdy dzieci siedzą spokojnie na dywanie, zajmują niewielką część sali. Ale gdy zaczną biegać, nie zmieszczą się już na starym miejscu, będą zajmować znacznie większą przestrzeń.

Zależność objętości cieczy od temperatury nazywamy **rozszerzalnością cieplną** cieczy. Rozszerzalność każdej cieczy charakteryzuje współczynnik rozszerzalności objętościowej. Jest on zdefiniowany jako względna zmiana objętości cieczy $\frac{\Delta V}{V_0}$ podczas zmiany temperatury o 1 K:

$$\alpha = \frac{\Delta V}{V_0 \Delta t}$$

gdzie V_0 to objętość początkowa, ΔV – zmiana objętości, Δt – zmiana temperatury.

Jeśli przedstawimy ΔV jako różnicę między objętością końcową i początkową:

$$\Delta V = V - V_0$$

otrzymamy związek:

$$V - V_0 = \alpha V_0 \Delta t$$

Objętość końcowa wyraża się wzorem:

$$V = V_0(1 + \alpha \Delta t)$$

Jednostką współczynnika rozszerzalności objętościowej jest odwrotność jednostki temperatury w układzie SI, czyli K^{-1} . Wartości współczynników rozszerzalności objętościowej cieczy są większe niż dla ciał stałych, ale mniejsze niż dla gazów. Tabela 1 pokazuje kilka przykładowych wartości współczynników rozszerzalności objętościowej cieczy.

Tabela 1. Wartości współczynników rozszerzalności objętościowej

Ciecz	Współczynnik rozszerzalności objętościowej α [K^{-1}]
alkohol	$1100 \cdot 10^{-6}$
rtęć	$180 \cdot 10^{-6}$
gliceryna	$500 \cdot 10^{-6}$
woda (w temperaturze $20^\circ C$)	$210 \cdot 10^{-6}$
benzyna	$950 \cdot 10^{-6}$

Gęstość jest równa stosunkowi masy do objętości:

$$d = \frac{m}{V}$$

Skoro wraz z **temperaturą** zmienia się objętość cieczy, to zmianie ulega także gęstość. Oznaczmy przez d_0 początkową gęstość cieczy, a początkową objętość przez V_0 :

$$d_0 = \frac{m}{V_0}$$

Gdy temperatura wzrośnie o Δt , gęstość cieczy będzie równa:

$$d = \frac{m}{V} = \frac{m}{V_0(1+\alpha\Delta t)} = \frac{d_0}{(1+\alpha\Delta t)}$$

Gęstość maleje ze wzrostem temperatury.

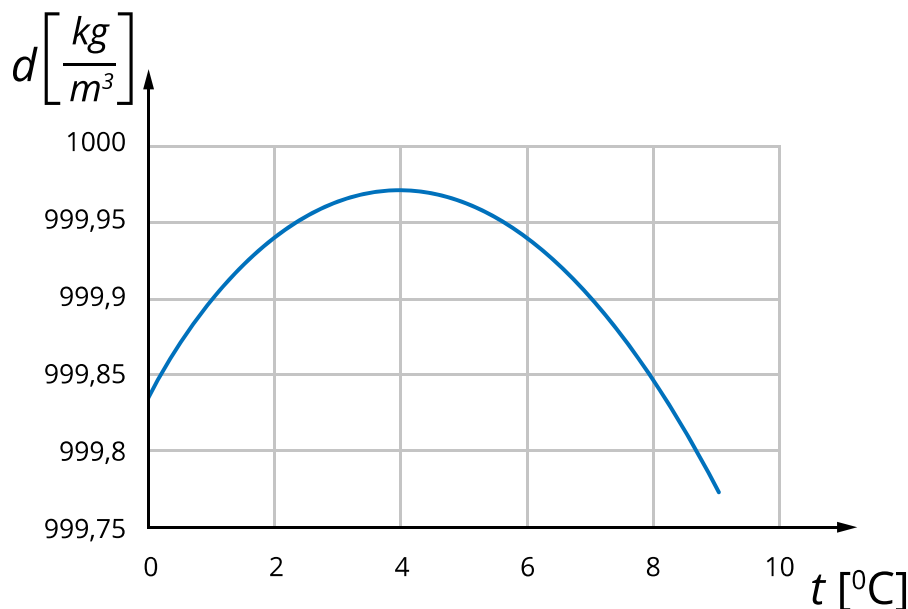
Zależność gęstości cieczy od temperatury jest powodem występowania tak zwanych prądów konwekcyjnych. Na przykład, gdy podgrzewamy wodę w garnku, najpierw wzrasta temperatura warstw wody znajdujących się blisko dna. Zwiększa się objętość ogrzanej wody,

a zmniejsza gęstość, co powoduje wypływanie gorącej wody z dna na powierzchnię. Na jej miejsce napływa chłodna woda z góry. Powstają prądy ciepłej wody skierowane do góry i chłodnej wody skierowane w dół. Nazywamy je prądami konwekcyjnymi. Zjawisko **konwekcji** przyczynia się do wyrównywania temperatur w całej objętości płynu.

Anomalna rozszerzalność wody.

Dla większości cieczy objętość rośnie, a gęstość maleje ze wzrostem temperatury.

Jednak woda stanowi wyjątek. Gdy temperatura wody zmniejsza się od 100°C do 4°C, objętość maleje, a gęstość zwiększa się tak, jak innych substancji. Poniżej temperatury 4°C cząsteczki wody tworzą struktury zajmujące więcej miejsca niż pojedyncze cząsteczki. W rezultacie, gdy temperatura zmniejsza się poniżej 4°C, objętość wody zwiększa się. Najmniejszą objętość i największą gęstość ma woda o temperaturze 4°C (Rys. 2.).

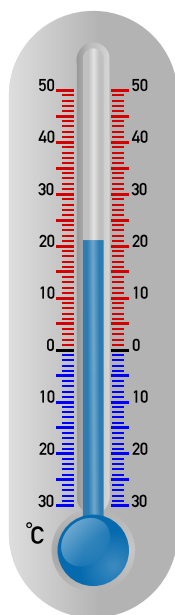


Rys. 2. Zależność gęstości wody od temperatury

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

Termometr cieczowy.

Rozszerzalność cieplna cieczy znalazła zastosowanie w konstrukcji termometru cieczowego. Składa się on z pojemniczka z cieczą połączonego z bardzo wąską rurką, tak zwaną kapilarą, za którą znajduje się podziałka (Rys. 3.). Cieczą jest zwykle zabarwiony alkohol lub rtęć (rtęć jest w tej chwili bardzo rzadko stosowana ze względu na toksyczność jej pary). Gdy ciecz rozszerza się pod wpływem wzrostu temperatury słupek cieczy podnosi się, wskazując na skali temperaturę.



Rys. 3. Termometr cieczowy.

Źródło: Fornax, dostępny w internecie: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Thermometer1.svg> [dostęp 1.06.2022 r.], licencja: CC BY-SA 3.0.

Średnica kapilary zależy od tego, jak dokładny ma być termometr. Im cieńsza rurka, tym większa zmiana wysokości słupka cieczy przy tej samej zmianie objętości. Na przykład, dla termometru zaokiennego wystarczy, aby dokładność termometru wynosiła 1°C . Łatwo odczytamy temperaturę, gdy przy wzroście temperatury o 1°C słupek podniesie się o 1 mm.

Obliczmy, jaka powinna być średnica kapilary dla termometru z alkoholem o takiej dokładności. Skorzystamy ze wzoru na przyrost objętości:

$$\Delta V = \alpha V_0 \Delta t$$

Z drugiej strony przyrost objętości ΔV jest równy iloczynowi pola przekroju poprzecznego rurki S i przyrostu wysokości słupka cieczy Δh :

$$\Delta V = S \Delta h$$

Przyrównując prawe strony obu równań, otrzymamy:

$$S \Delta h = \alpha V_0 \Delta t$$

Skąd

$$S = \frac{\alpha V_0 \Delta t}{\Delta h}$$

Założmy, że objętość alkoholu w zbiorniczku wynosi 1 cm^3 . Współczynnik rozszerzalności objętościowej alkoholu wynosi $0,0011 \text{ K}^{-1}$. Zmiana wysokości słupka cieczy ma wynosić 1 mm

przy zmianie temperatury o 1 K, czyli $\Delta h = 0,1 \text{ cm}$, $\Delta t = 1 \text{ K}$. Wstawiając dane liczbowe otrzymujemy wartość pola przekroju poprzecznego kapilary:

$$S = \frac{0,0011 \text{ K}^{-1} \cdot 1 \text{ cm}^3 \cdot 1 \text{ K}}{0,1 \text{ cm}} = 0,011 \text{ cm}^2$$

Promień kapilary obliczamy ze wzoru:

$$S = \pi r^2 \quad \rightarrow \quad r = \sqrt{\frac{S}{\pi}} = \sqrt{\frac{0,011 \text{ cm}^2}{3,14}} = 0,06 \text{ cm}$$

Średnica wynosi $2r = 0,12 \text{ cm} = 1,2 \text{ mm}$.

Uwaga. Zaniedbaliśmy w tych rachunkach rozszerzalność cieplną szkła, ponieważ współczynnik rozszerzalności objętościowej szkła jest około 1800 razy mniejszy niż współczynnik rozszerzalności alkoholu.

Słowniczek

Konwekcja

(ang.: *convection*) – proces przekazywania ciepła związany z makroskopowym ruchem materii w płynach, czyli w gazach lub cieczach. Ruch ten pojawia się wtedy, gdy temperatura dolnych warstw płynu jest wyższa niż warstw górnych. Różnica temperatur powoduje różnicę gęstości płynu. Na skutek siły wyporu gorący płyn o mniejszej gęstości wznosi się ku górze, natomiast chłodny płyn o większej gęstości opada na dół za sprawą siły grawitacji. Prąd gazu lub cieczy o wysokiej temperaturze unosi ze sobą energię cieplną, którą przekazuje otoczeniu na większych wysokościach.

Temperatura

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

Animacja

Na czym polega zjawisko rozszerzalności cieplnej cieczy?

Animacja ilustruje, na czym polega zjawisko rozszerzalności cieplnej cieczy.

Film dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/D1GBhqnyI>

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

Zapoznaj się z alternatywną ścieżką animacji.

Polecenie 1

Oblicz, o ile wzrośnie objętość benzyny, gdy temperatura wzrośnie od $0^{\circ}C$ do $40^{\circ}C$. Początkowo w zbiorniku było 60 litrów. Współczynnik rozszerzalności benzyny wynosi $0,00095\ K^{-1}$. Zaniedbaj rozszerzalność cieplną zbiornika.

Polecenie 2

Jak zmieni się gęstość benzyny przy wzroście temperatury od $0^{\circ}C$ do $40^{\circ}C$? Wykorzystaj dane i wynik Polecenia 1.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Wskaż element tekstu, aby otrzymać poprawne zdanie.

Objętość cieczy zmniejsza się, gdy maleje temperatura, ponieważ (cząsteczki zmniejszają swoje rozmiary / zmniejszają się odległości między cząsteczkami / zmniejsza się liczba cząsteczek).

Ćwiczenie 2



Wybierz prawdziwe stwierdzenie:

- ☐ Gęstość wszystkich cieczy maleje wraz ze wzrostem temperatury.
- ☐ Gęstość większości cieczy maleje wraz ze wzrostem temperatury, ale gęstość wody rośnie wraz ze wzrostem temperatury w zakresie temperatur 0°C – 4°C .
- ☐ Gęstość wszystkich cieczy rośnie wraz ze wzrostem temperatury.

Ćwiczenie 3



Wybierz prawdziwe stwierdzenie:

- ☐ Zmiana objętości cieczy jest odwrotnie proporcjonalna do objętości początkowej i wprost proporcjonalna do zmiany temperatury.
- ☐ Zmiana objętości cieczy jest wprost proporcjonalna do objętości początkowej i odwrotnie proporcjonalna do zmiany temperatury.
- ☐ Zmiana objętości cieczy jest wprost proporcjonalna do objętości początkowej i do zmiany temperatury.

Ćwiczenie 4



Objętość gliceryny w temperaturze $t_1 = 10^\circ\text{C}$ wynosiła $V_0 = 100\text{ ml}$. Oblicz temperaturę końcową wiedząc, że objętość gliceryny wzrosła o $1,75\text{ ml}$. Współczynnik rozszerzalności objętościowej gliceryny $\alpha = 0,0005\text{ K}^{-1}$.

Odpowiedź: $t_1 =$ $^\circ\text{C}$

Ćwiczenie 5



Oblicz średnicę kapilary termometru, którego zbiornik z rtęcią ma objętość 1 cm^3 , aby przy wzroście temperatury o $0,1^\circ\text{C}$ słupek rtęci podniósł się o 1 mm . Pomiń rozszerzalność cieplną szkła. Współczynnik rozszerzalności rtęci wynosi $0,00018\text{ K}^{-1}$.

Odpowiedź: Średnica kapilary: $2r =$ mm

Ćwiczenie 6



Do cysterny nalano 30 m^3 benzyny o temperaturze 10°C . Gdy cysterna dojechała do odbiorców, temperatura wynosiła -10°C . Okazało się, że do zbiorników odbiorców przelano 29430 litrów, czyli o 570 litrów mniej niż nalano do cysterny. Oceń, czy mniejsza ilość benzyny jest wynikiem kradzieży lub nieszczelności, czy też ma przyczyny naturalne. Współczynnik rozszerzalności benzyny wynosi $0,00095\text{ K}^{-1}$.

Ćwiczenie 7



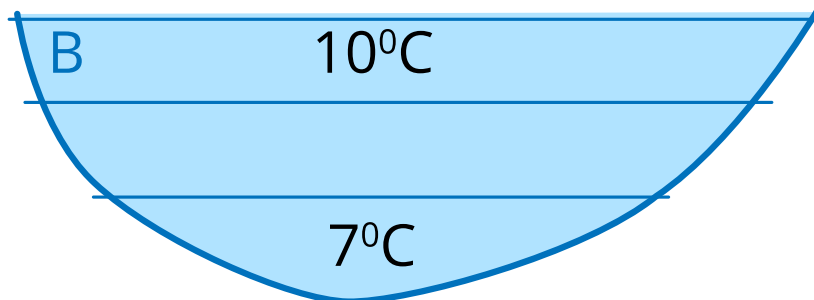
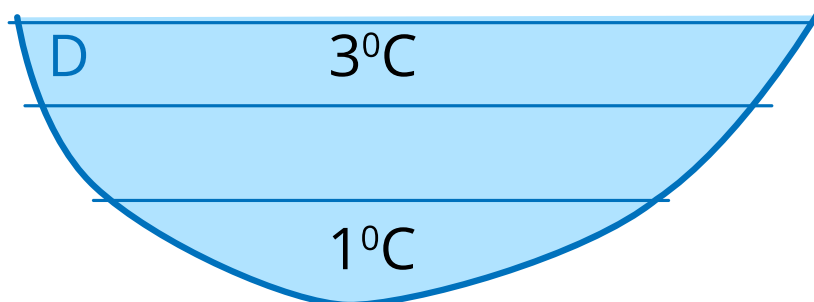
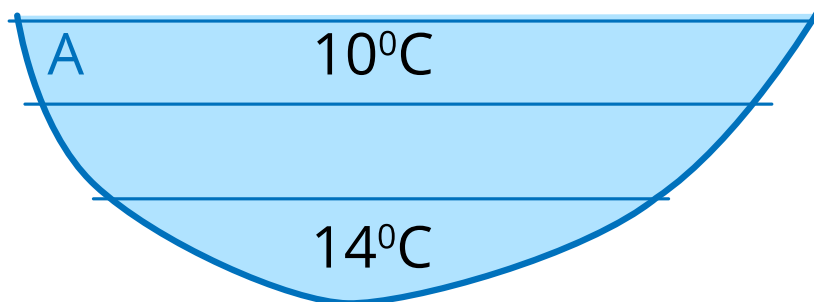
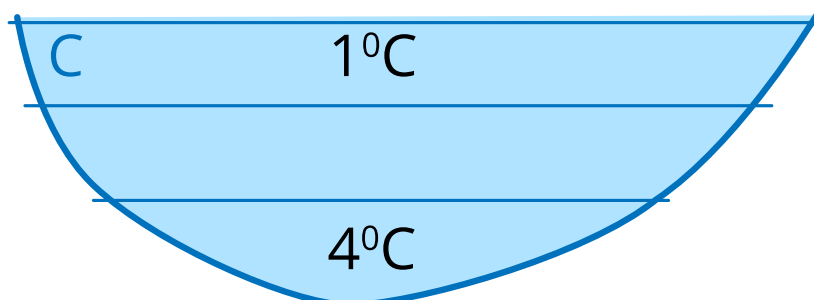
Bak samochodu ma pojemność $V = 60$ litrów. Bak został całkowicie napełniony, gdy temperatura wynosiła $t_1 = 0^\circ\text{C}$. Ile benzyny wypłynie z tego baku, jeżeli temperatura podniesie się do $t_2 = 40^\circ\text{C}$? Pomiń rozszerzalność cieplną baku. Współczynnik rozszerzalności objętościowej benzyny $\alpha = 9,5 \cdot 10^{-4}\text{ K}^{-1}$.

Odpowiedź: Z baku wypłynie litrów benzyny.

Ćwiczenie 8



Które rysunki pokazują **nieprawdziwy** rozkład temperatur w stawie?

☐☐☐☐

Dla nauczyciela

Imię i nazwisko autora:	Krystyna Wosińska
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	Na czym polega zjawisko rozszerzalności cieplnej cieczy?
Grupa docelowa:	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres podstawowy i rozszerzony

**Podstawa
programowa:**

Cele kształcenia – wymagania ogólne

I. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości.

II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.

Zakres podstawowy

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

I. Wymagania przekrojowe. Uczeń:

4) przeprowadza obliczenia liczbowe posługując się kalkulatorem;

7) wyodrębnia z tekstów, tabel, diagramów lub wykresów, rysunków schematycznych lub blokowych informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu; przedstawia te informacje w różnych postaciach;

15) wyodrębnia zjawisko z kontekstu, nazywa je oraz wskazuje czynniki istotne i nieistotne dla jego przebiegu.

V. Termodynamika. Uczeń:

1) opisuje zjawisko rozszerzalności cieplnej: liniowej ciał stałych oraz objętościowej gazów i cieczy.

Zakres rozszerzony

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

I. Wymagania przekrojowe. Uczeń:

4) przeprowadza obliczenia liczbowe posługując się kalkulatorem;

7) wyodrębnia z tekstów, tabel, diagramów lub wykresów, rysunków schematycznych lub blokowych informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu; przedstawia te informacje w różnych postaciach;

19) wyodrębnia zjawisko z kontekstu, nazywa je oraz wskazuje czynniki istotne i nieistotne dla jego przebiegu;

VI. Termodynamika. Uczeń:

1) opisuje zjawisko rozszerzalności cieplnej: liniowej ciał stałych oraz objętościowej gazów i cieczy.

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 osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się.
Cele operacyjne:	Uczeń: 1. dowie się, na czym polega zjawisko rozszerzalności cieplnej cieczy. 2. pozna pojęcie współczynnika rozszerzalności objętościowej. 3. pozna wzory opisujące rozszerzalność cieplną cieczy. 4. wyjaśni zasadę działania termometru cieczowego. 5. dowie się, na czym polega anomalna rozszerzalność wody.
Strategie nauczania:	strategia eksperymentalno-obserwacyjna (dostrzeganie i definiowanie problemów)
Metody nauczania:	- wykład informacyjny, - pokaz multimedialny.
Formy zajęć:	- praca w grupach, - 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 gazów?”
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	
- Wprowadzenie zgodnie z treścią w części „Czy to nie ciekawe?”. - Odwołanie do wiedzy uczniów o działaniu termometru cieczowego.	
Faza realizacyjna:	

Nauczyciel opowiada o mikroskopowej budowie cieczy i tłumaczy przyczyny zjawiska rozszerzalności cieplnej. Następnie podaje definicję współczynnika rozszerzalności objętościowej i jej jednostkę. Uczniowie ze wzoru na współczynnik rozszerzalności objętościowej wyprowadzają wzory na przyrost objętości i objętość końcową. Nauczyciel odwołuje się do wiedzy uczniów o anomalnej rozszerzalności wody. Omawia wykresy gęstości wody i alkoholu w zależności od temperatury. Uczniowie w grupach rozwiązują zadanie 8 z części „Sprawdź się”. Nauczyciel omawia budowę termometru cieczowego. Uczniowie w grupach obliczają średnicę kapilary termometru zaokiennego. Uczniowie oglądają animację.

Faza podsumowująca:

Uczniowie w grupach rozwiązują zadanie 7 z części „Sprawdź się” powiązane z animacją.

Praca domowa:

Zadania 1 – 3 z zestawu ćwiczeń obowiązkowo. Jedno z pozostałych zadań do wyboru.

**Wskazówki
metodyczne
opisujące różne
zastosowania danego
multimedium:**

Multimedium bazowe może też być wykorzystane przez uczniów po lekcji do powtórzenia i utrwalenia materiału.