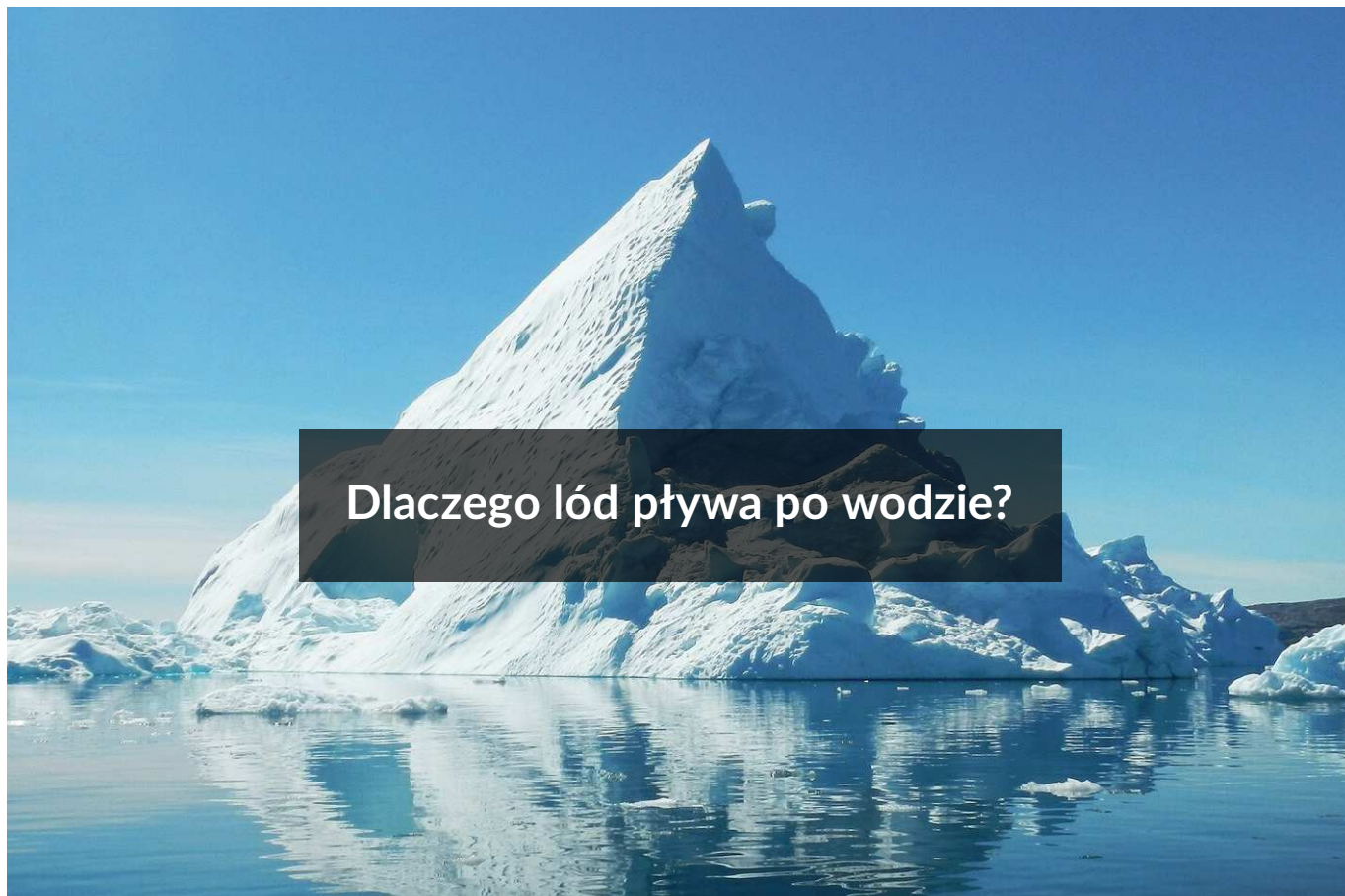




Dlaczego lód pływa po wodzie?

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



Dlaczego lód pływa po wodzie?

Źródło: dostępny w internecie: <https://pixabay.com/photos/greenland-iceberg-fjord-sermilik-3926927/> [dostęp 23.06.2022 r.].

Czy to nie ciekawe?

Większość substancji podczas krzepnięcia zmniejsza swoją objętość, a zwiększa gęstość. Gdy następuje krzepnięcie, powstałe kawałki ciała stałego toną w cieczy, bo ich gęstość jest większa niż gęstość cieczy.

Na szczęście woda zachowuje się inaczej! Jak wyglądałby świat, gdyby woda miała takie same własności, jak pozostałe substancje? Gdyby gęstość wody wzrastała podczas krzepnięcia, powstałe kawałki lodu opadałyby na dno jezior i mórz. Latem promienie słoneczne nie mogłyby roztopić warstwy lodu utworzonej na dnie. Warstwa lodu zwiększałaby się z roku na rok i w końcu prawdopodobnie większość zbiorników wodnych zamarzłaby na stałe. Życie na Ziemi byłoby niemożliwe.

Przyczynę, zbawiennej dla nas, anomalnej rozszerzalności wody omawiamy w tym e-materiale.



Rys. a. Pingwiny pływające na krze lodowej w pobliżu Antarktydy.

Źródło: dostępny w internecie: <https://pixabay.com/photos/antarctic-animal-life-wildlife-3032601/> [dostęp 23.06.2022 r.].

Twoje cele

Dzięki temu materiałowi:

- poznasz budowę cząsteczki wody,
- zrozumiesz, czym są wiązania wodorowe,
- dowiesz się, dlaczego podczas krzepnięcia wody jej objętość zwiększa się,
- przeanalizujesz procesy zachodzące w wodzie podczas zmiany temperatury,
- przeanalizujesz siły działające na lód, pływający na powierzchni wody.

Przeczytaj

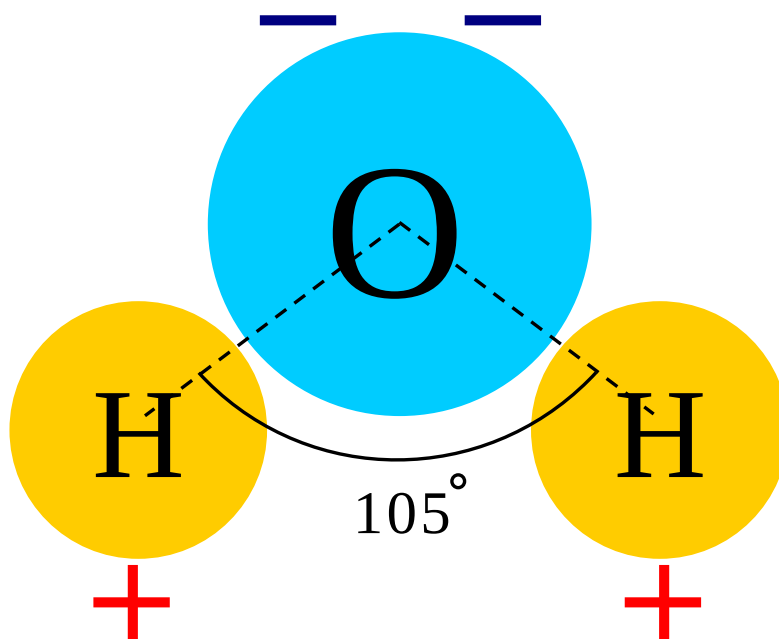
Warto przeczytać

Jak zbudowana jest cząsteczka wody?

Cząsteczka wody składa się z dwóch atomów wodoru i jednego atomu tlenu. Każde z dwóch wiązań wodoru z tlenem jest **spolaryzowane**, co wynika ze specyficznej budowy tych atomów. Specyfikę tę odzwierciedla różnica **elektroujemności** pomiędzy tymi pierwiastkami. W efekcie ładunek ujemny w cząsteczce wody jest przesunięty w stronę atomu tlenu.

Obojętna elektrycznie cząsteczka wody przypomina więc swoją strukturą **dipol elektryczny**. Jego biegun dodatni znajduje się po stronie atomów wodoru, a ujemny od strony atomu tlenu.

Jednak budowa cząsteczki wody różni się nieco od modelowego dipola - atomy nie są w niej ułożone wzdłuż linii prostej. Cząsteczka ma więc symetrię lustrzaną, a kąt między wiązaniami atomów wodoru z atomem tlenu wynosi około 105° (Rys. 1.).



Rys. 1. Schemat budowy cząsteczki wody z symbolicznie zaznaczonym nierównomiernym rozkładem ładunku elektrycznego w jej wnętrzu.

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

Ilość ładunku ujemnego w okolicach atomu tlenu jest około dwa razy większa od ilości ładunku dodatniego w okolicach każdego z atomów wodoru, co na rysunku zaznaczono schematycznie za pomocą dwóch minusów.

Ciekawostka

Wartość kąta między wiązaniami O-H w cząsteczce H_2O zależy nie tylko od wewnętrznych właściwości cząsteczki. Gdy wiele takich cząsteczek tworzy lód, to ich wzajemne oddziaływanie powoduje zwiększenie tego kąta do wartości ok. 108° .

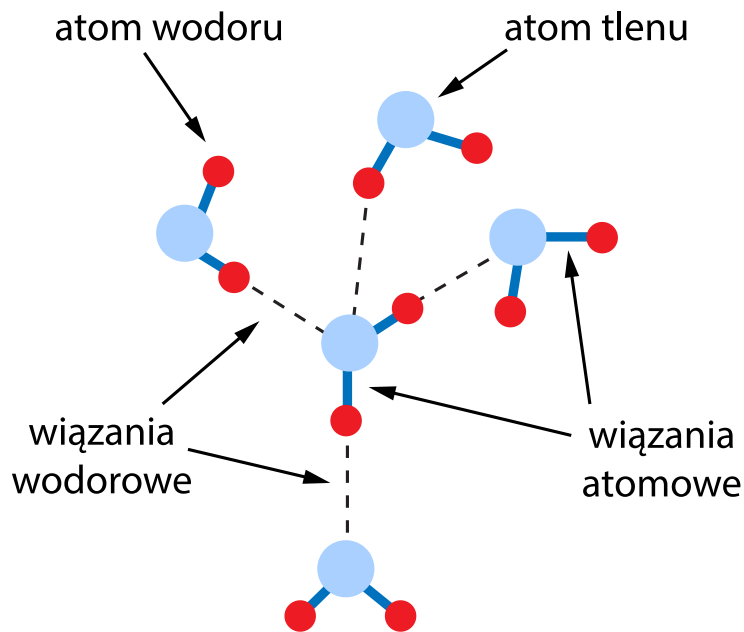
Taka budowa sprawia, że gdy wiele cząsteczek wody znajdzie się blisko siebie, atomy tlenu z jednych cząsteczek przyciągają atomy wodoru z sąsiednich cząsteczek. W ten sposób między cząsteczkami wody tworzą się tzw. **wiązania wodorowe**.

Dla zainteresowanych

Wiele ciekawych szczegółów o wiązańach wodorowych znajdziesz w e-materiale do nauki chemii [Wiązania wodorowe](#), dostępnym na Zintegrowanej Platformie Edukacyjnej MEiN.

Jaką strukturę ma lód?

Kryształ lodu ma, dzięki wiązanom wodorowym, luźną strukturę, która zawiera dużo pustych przestrzeni. Popatrzmy na Rys. 2. Każdy atom tlenu połączony jest wiązaniami z dwoma „własnymi” atomami wodoru (tak samo, jak na Rys. 1.). Oprócz tego część atomów tlenu tworzy jedno lub dwa wiązania wodorowe z atomami wodoru sąsiednich cząsteczek wody. Atomy wodoru starają się ustawić jak najbliżej atomu tlenu, przez który są przyciągane, a jednocześnie jak najdalej od innych atomów wodoru, przez które są odpychane. Gdy woda jest w fazie ciekłej, wiązania wodorowe nieustannie się zmieniają: jedne pękają, inne są tworzone. W fazie stałej wiązania wodorowe mają większą trwałość i jest ich znacznie więcej. W efekcie powstaje sieć krystaliczna o luźnej strukturze zawierająca połączone ze sobą puste tunele. Ta pusta przestrzeń między uwięzionymi w strukturze krystalicznej cząsteczkami lodu powoduje, że **podczas zamarzania gęstość wody zmniejsza się w sposób skokowy**. W temperaturze 0°C gęstość wody wynosi $0,9998\text{ g/cm}^3$, a lodu $0,9167\text{ g/cm}^3$. To dlatego lód pływa po wodzie i zbiorniki wodne zamarzają od góry.



Rys. 2. W sieci krystalicznej lodu cząsteczki wody połączone są stabilnymi wiązaniami wodorowymi.

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

Co się dzieje ze strukturą lodu, gdy wzrasta temperatura?

Ogrzewanie lodu i jego topnienie

W każdej substancji, w miarę wzrostu temperatury, zarówno atomy, jak i całe cząsteczki drgają coraz szybciej wokół swoich położen równowagi. To samo obserwujemy, gdy ogrzewamy lód. Gdy lód osiągnie temperaturę topnienia 0°C , energia tych drgań jest tak duża, że coraz więcej wiązań wodorowych między cząsteczkami traci stabilność i zostaje zerwana. Lód stopniowo zamienia się w ciekłą wodę. Uwolnione cząsteczki wody zapełniają puste przestrzenie, wskutek czego objętość substancji maleje, a zatem jej gęstość rośnie.

Ogrzewanie wody

Prawdą jest jednak, że w temperaturze bliskiej 0°C woda wciąż zawiera pewną liczbę zespołów cząsteczek połączonych dość stabilnymi wiązaniami wodorowymi. Na zmianę objętości wody ogrzewanej powyżej 0°C mają wpływ dwa konkurencyjne procesy:

1. Wskutek wzrostu energii kinetycznej cząsteczek zwiększają się odległości między nimi, co skutkuje zwiększeniem **średnich odległości międzycząsteczkowych** i **zwiększeniem objętości** wody.
2. Zmniejszają się liczebność i rozmiary połączonych grup cząsteczek, co uwolnionym cząsteczkom umożliwia zapełnienie pustych przestrzeni, wskutek czego **objętość maleje**.

Początkowo drugi z powyższych procesów jest dominujący, co skutkuje zmniejszaniem się objętości wody i wzrostem jej gęstości. Dzieje się tak do osiągnięcia przez temperaturę wartości ok. 4°C . Wtedy dominującym staje się pierwszy z wymienionych procesów i dalsze ogrzewanie wody powoduje zwiększanie się jej objętości i zmniejszanie gęstości tak, jak to ma miejsce w większości innych substancji. **Największą gęstość ma woda o temperaturze 4°C .**

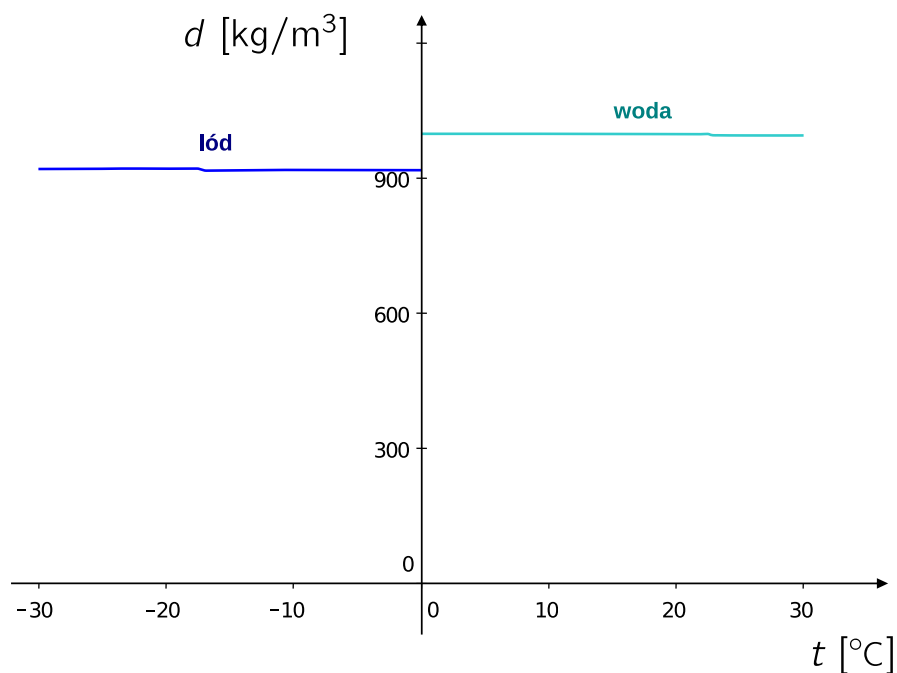
Prezentacja graficzna

Przeanalizuj trzy wykresy przedstawiające zależność gęstości H_2O od temperatury w stanie stałym i ciekłym oraz podczas topnienia. Wszystkie przedstawiają ten sam proces: podgrzewanie lodu, jego topnienie i podgrzewanie wody w zakresie temperatur od -30°C do $+30^{\circ}\text{C}$. Różnią się one skalą na osi rzędnych, co pozwala uchwycić wybrane charakterystyczne cechy tego procesu.

skala pełna

W tej skali widoczny jest kilkuprocentowy, skokowy wzrost gęstości lodu w trakcie topnienia. Jest to zmiana anomalna – gęstość większości substancji maleje w trakcie topnienia.

Zmiany gęstości podgrzewanego lodu i podgrzewanej wody są praktycznie niewidoczne.

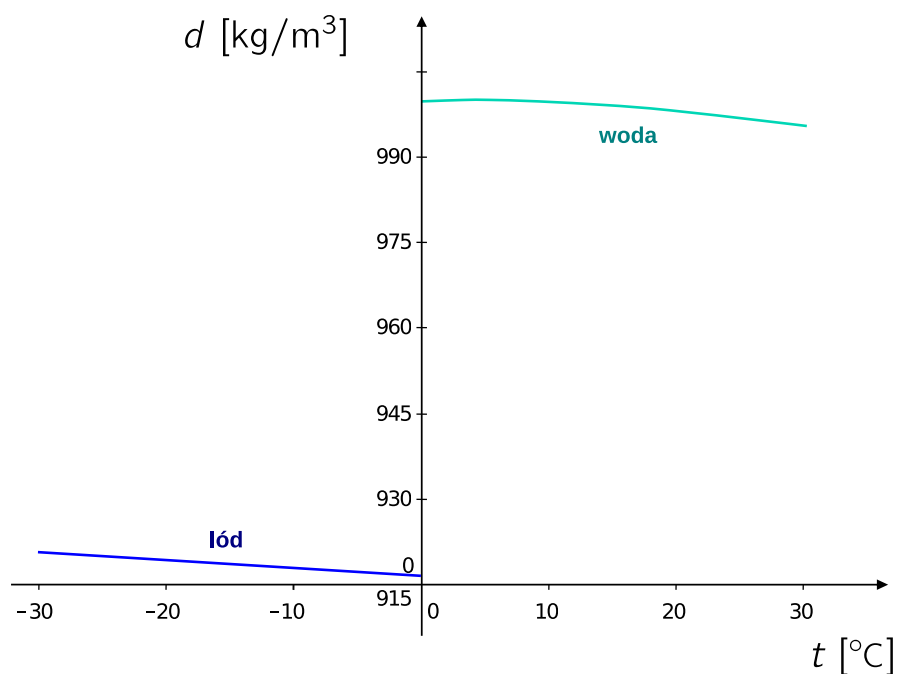


skala wspólna dla lodu i wody

Skok gęstości topniejącego lodu jest w tej skali wyolbrzymiony.

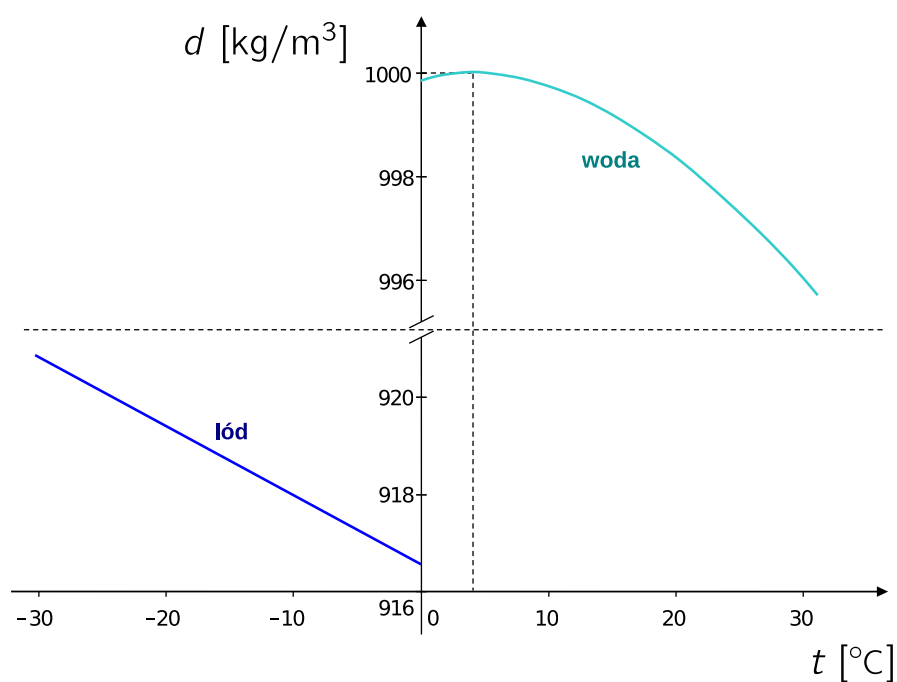
Widoczna jest zmiana gęstości lodu i wody - w obu stanach skupienia gęstość maleje ze wzrostem temperatury.

Anomalna rozszerzalność wody jest praktycznie niewidoczna.



skala indywidualna

Zależności dla lodu i wody zostały przedstawione w tej samej skali, ale w różnych zakresach, charakterystycznych dla każdego ze stanów skupienia. Gęstość lodu maleje wraz ze wzrostem temperatury, natomiast gęstość wody wpierw wzrasta, osiąga maksimum i dopiero wtedy zaczyna maleć.



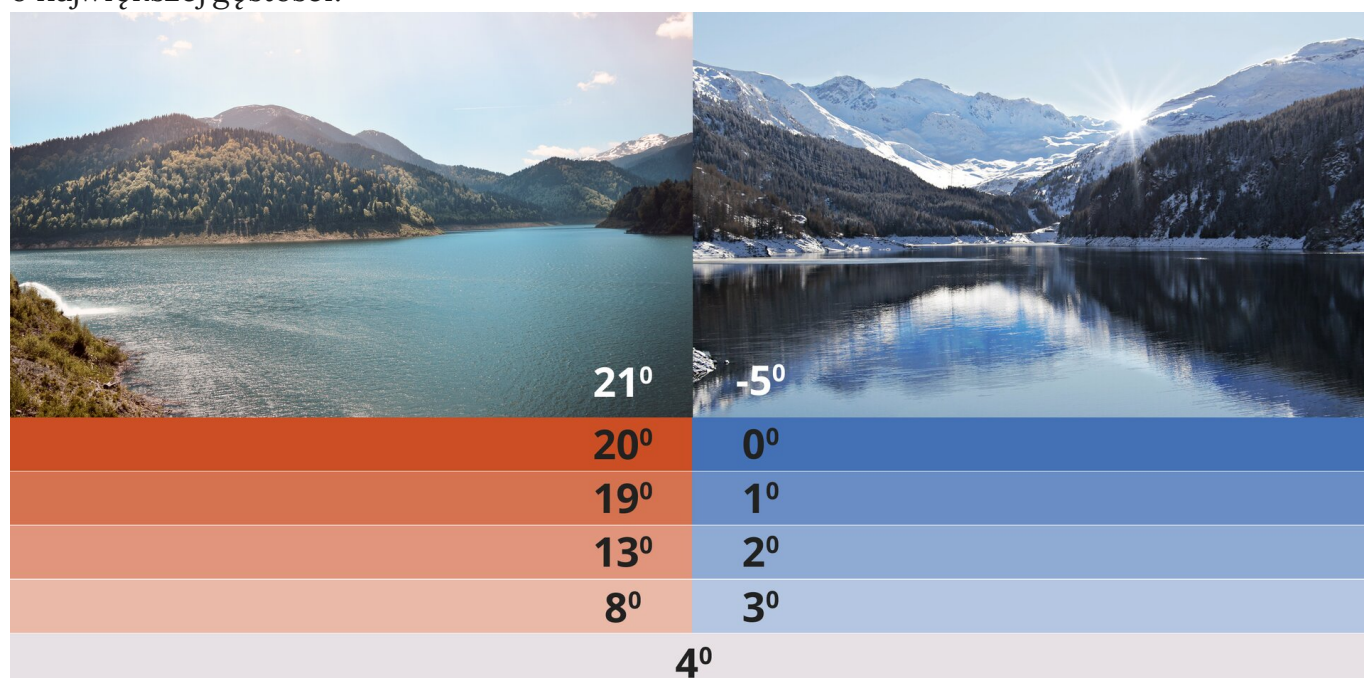
Graficzna ilustracja zależności gęstości lodu i wody od temperatury.

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

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

Jak zmienia się temperatura wody w jeziorze?

Latem, w głębokich zbiornikach wodnych, najniższą temperaturę ma woda w pobliżu dna. Dzieje się tak, ponieważ zimna woda ma większą gęstość i opada na dno. Ogrzana promieniami Słońca woda powierzchniowa nie miesza się z zimną wodą z dna, bo **konwekcja** występuje tylko wtedy, gdy na dole ciecz ma mniejszą gęstość niż ciecz na górze (o konwekcji możesz przeczytać więcej w e-materiale *Na czym polega transport ciepła przez konwekcję?*). Zimą woda zamarza od góry, a na dnie zbiornika znajduje się woda największej gęstości, tj. o temperaturze ok. 4°C (Rys. 3.). Dodatkowo: pływający po powierzchni lżejszy lód działa jak izolator, ponieważ charakteryzuje się niskim przewodnictwem cieplnym i „zabezpiecza” głębsze warstwy wody przed zamarzaniem. Fakt ten umożliwia wielu organizmom przetrwanie zimy. Latem woda na powierzchni ma znacznie wyższą temperaturę, ale na dnie głębokich zbiorników również zbiera się woda o największej gęstości.



Rys. 3. Zarówno latem, jak i zimą na dnie głębokich zbiorników gromadzi się woda o największej gęstości, o temperaturze 4°C .

Źródło: dostępny w internecie: <https://pxhere.com/en/photo/1438603> [dostęp 23.06.2022], <https://pixabay.com/photos/july-pass-reservoir-3042793/> [dostęp 23.06.2022].

O przysłowiowym „wierzchołku góry lodowej”...

Obliczmy, jaka część objętości lodu pływającego po powierzchni wody wystaje ponad jej powierzchnię. Warunkiem pozostawania lodu w równowadze (lód pływa na powierzchni

wody i nie tonie) jest równoważenie się działających na niego sił: siły ciężkości i siły wyporu (Rys. 4.). Siła ciężkości, która jest skierowana do dołu, ma wartość

$$F_g = dgV,$$

gdzie d jest gęstością lodu, g – przyspieszeniem ziemskim, V – objętością całej bryły lodu. Natomiast wartość siły wyporu (skierowanej do góry) wynosi

$$F_w = d_w g V_{zan},$$

gdzie d_w to gęstość wody, V_{zan} – objętość zanurzonej części bryły lodu, która jest równa objętości wody wypartej przez tę bryłę.

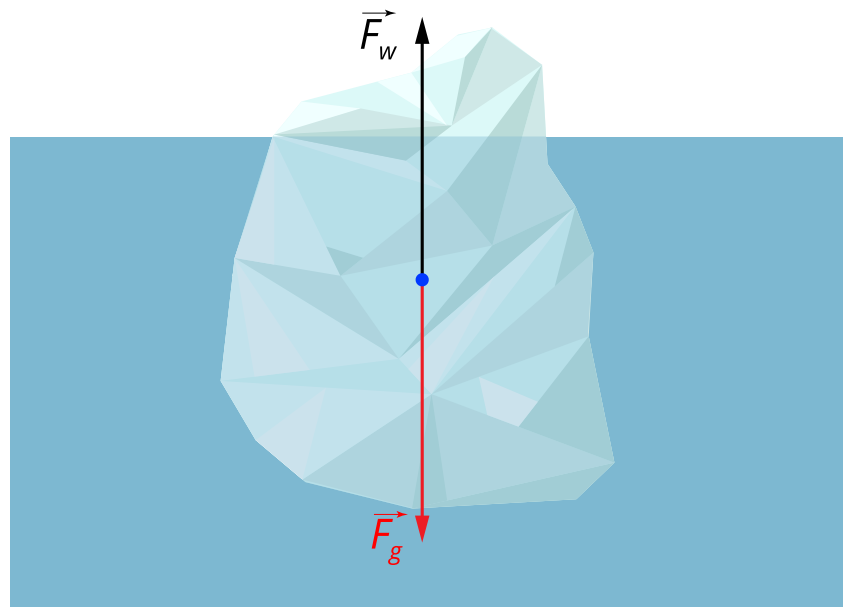
W równowadze siły te są przeciwne. Porównując ich wartości, dostajemy

$$dVg = d_w V_{zan}g,$$

co po przekształceniu daje

$$\frac{V_{zan}}{V} = \frac{d}{d_w} = \frac{0,9167 \text{ g/cm}^3}{0,9998 \text{ g/cm}^3} \approx 0,92.$$

Otrzymany wynik oznacza, że ok. 92% objętości bryły lodu znajduje się pod powierzchnią wody – nad jej powierzchnię wystaje więc zaledwie 8% jej objętości.



Rys. 4. Warunkiem równowagi pływającego lodu w wodzie jest równoważenie się siły ciężkości $\vec{F}_g$ i siły wyporu $\vec{F}_w$.

Ciekawostka

Czy wiesz, że góra lodowa, z którą w kwietniu 1912 zderzył się „Titanic” była *co najmniej* dwa i pół razy cięższa od okrętu? Rachunki prowadzące do tego wyniku możesz wykonać samodzielnie, rozwiązując polecenia umieszczone pod Animacją 3D w dalszej części tego e-materiału.

Słowniczek

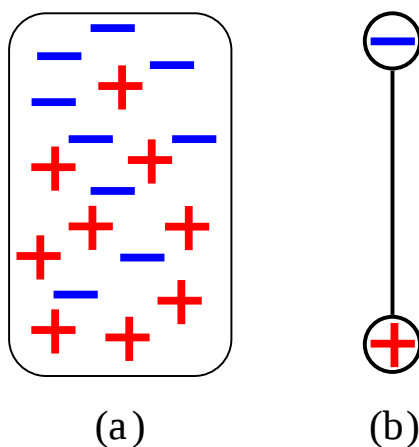
elektroujemność

(*ang. electronegativity*) „Miara zdolności przyciągania elektronów przez atom danego pierwiastka chemicznego, kiedy tworzy on wiązanie chemiczne”.

Cytat za definicją podaną w e-materiale do nauki chemii [O czym nam mówi elektroujemność?](#), dostępnym na Zintegrowanej Platformie Edukacyjnej MEiN.

dipol

(*ang. dipole*) układ ładunków elektrycznych [spolaryzowanych](#). Modelowo: układ dwóch różnoimiennych ładunków elektrycznych, dodatniego i ujemnego, o jednakowych wartościach. Z j. greckiego: *di-* 'podwójny', *-polos* 'biegun'.



(a) Elektrycznie obojętny układ ze spolaryzowanym ładunkiem.

(b) Schematyczne oznaczenie modelowego dipola elektrycznego z dwoma punktowymi biegunami.

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

polaryzacja ładunków elektrycznych

(*ang. electric charge polarization*) rozdzielenie ładunków elektrycznych wewnątrz układu. Skutkiem polaryzacji jest powstawanie struktur takich jak dipol elektryczny.

jądro atomowe

(*ang. atomic nucleus*) centralna część atomu składająca się z protonów i neutronów. Jądro ma ładunek dodatni i stanowi niewielką część objętości całego atomu, ale skupia prawie całą jego masę.

konwekcja

(*ang. convection*) proces przekazywania ciepła związany z makroskopowym ruchem materii w gazie lub cieczy. Konwekcja zachodzi, gdy płyn znajdujący się niżej (np. w naczyniu, w zbiorniku wodnym czy w atmosferze) ma mniejszą gęstość niż płyn znajdujący się wyżej.

siła wyporu

(*ang. buoyant force*) siła działająca na zanurzone ciało (lub jego część) w płynie, czyli w cieczy lub w gazie. Siła wyporu ma zwrot przeciwny do zwrotu siły ciężkości, a jej wartość jest równa ciężarowi płynu wypartego przez zanurzone ciało (lub jego część).

Animacja

Dlaczego lód pływa po wodzie?

Obejrzyj zamieszczoną poniżej animację, w którym znajdziesz odpowiedź na pytanie postawione w tytule tego materiału.

\ **W animacji zwróć uwagę na siły, które działają na zamarzający fragment wody.**

Te siły to: siła ciężkości $\vec{F}_g$ i siła wyporu $\vec{F}_w$. Początkowo są równe co do wartości. W temperaturze bliskiej 0°C cząsteczki wody łączą się wiązaniami wodorowymi w struktury zawierające dużo pustej przestrzeni, co powoduje zmniejszenie się jej gęstości i wzrost objętości. Zmiana objętości zamarzającego fragmentu wody powoduje zwiększenie się siły wyporu, której wartość staje się większa od wartości siły grawitacji. Pojawia się, skierowana ku górze, siła wypadkowa będąca różnicą tych dwóch sił. Zamarzający fragment zaczyna się poruszać do góry, w kierunku powierzchni wody. Ruch ten ustaje dopiero, gdy lód częściowo wystaje ponad powierzchnię. Działające na niego siły są wtedy znowu równe co do wartości.



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

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

Zapoznaj się z audiodeskrypcją animacji.

Polecenie 1

Jak wielka była góra lodowa, w którą uderzył Titanic?

Czy wiesz, że znane są, wykonane kilka dni po katastrofie, fotografie gór lodowych dryfujących w pobliżu miejsca, w którym zatonął Titanic? Na podstawie tych fotografii szacuje się, że część góry lodowej, która wystawała ponad powierzchnię wody, mogła mieć od 15 do 30 metrów wysokości oraz od 60 do ponad 120 metrów długości.

Korzystając z powyższych danych oszacuj, jaką minimalną masę mogła mieć góra lodowa, z którą zderzył się Titanic. Załóż, że wystający ponad powierzchnię wody, kawałek tej góry miał kształt stożka i stanowił ok. 10% jej całej objętości. Przyjmij, że gęstość lodu jest równa 900 kg/m^3 .



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

Polecenie 2

Ile razy masa góry lodowej, w którą uderzył Titanic, była większa od masy tego statku? Przyjmij, że masa Titanica wynosiła 52310 ton. Wynik podaj z dokładnością do dwóch cyfr znaczących.

Masa góry lodowej, z którą zderzył się Titanic była co najmniej razy większa od masy tego statku.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Uzupełnij zdanie:

Uzupełnij zdanie: Podczas zimowych mrozów, na dnie jeziora gromadzi się woda o (wyższej ☐ / niższej ☐) temperaturze niż na powierzchni. Latem, przy upalnej pogodzie, sytuacja jest (odwrotna ☐ / taka sama ☐). Woda przy dnie ma temperaturę (wyższą ☐ / niższą ☐) niż przy powierzchni.

Ćwiczenie 2



Wybierz poprawne stwierdzenie:

☐ Lód pływa po wodzie, bo jego gęstość jest mniejsza niż gęstość wody.

☐ Lód pływa po wodzie, bo jest od niej lżejszy.

Ćwiczenie 3



Na zmianę objętości ogrzewanej wody, powstałej z roztopionego lodu, mają wpływ dwa konkurencyjne procesy:

1. Na skutek wzrostu energii kinetycznej cząsteczek, zwiększają się średnie odległości między nimi, co skutkuje zwiększeniem się objętości wody.
2. Zmniejsza się liczebność i rozmiary połączonych grup cząsteczek, co umożliwia uwolnionym cząsteczkom zapełnianie pustych przestrzeni, wskutek czego objętość maleje.

Uzupełnij zdanie: W zakresie temperatur od 0°C do 4°C dominuje (pierwszy ☐ / drugi ☐) z tych procesów, a powyżej 4°C (pierwszy ☐ / drugi ☐) z nich.

Ćwiczenie 4



Lód w temperaturze 0°C miał objętość 1 dm^3 . Lód stopił się. Jaka była objętość wody o temperaturze 0°C powstałej z lodu? W temperaturze 0°C gęstość wody wynosi $0,9998\text{ g/cm}^3$, a lodu – $0,9167\text{ g/cm}^3$. Odpowiedź podaj z dokładnością do dwóch cyfr znaczących.

Odp. $V =$ dm^3 .

Ćwiczenie 5



Zimą w asfaltowych drogach często powstają dziury. Wyjaśnij przyczynę ich powstawania.



Źródło: dostępny w internecie: <https://pixabay.com/photos/road-damage-repair-danger-broken-414462/> [dostęp 23.06.2022 r.].

Ćwiczenie 6



Oblicz, ile razy większa jest masa tej części góry lodowej, która jest zanurzona pod powierzchnią wody, od masy tej jej części, która jest widoczna ponad powierzchnią wody. Przyjmij, że gęstość wody wynosi 1000 kg/m^3 , a gęstość lodu 900 kg/m^3 . Wyjaśnij, dlaczego spotkanie z górą lodową jest niebezpieczne dla statków.

Ćwiczenie 7



Jaką minimalną grubość x powinna mieć krawędź lodowa o powierzchni $S = 20 \text{ m}^2$, aby utrzymała niedźwiedzia polarnego o masie $m = 650 \text{ kg}$? Gęstość lodu wynosi $d_k = 917 \text{ kg/m}^3$ a gęstość wody morskiej to $d_w = 1027 \text{ kg/m}^3$.



Źródło: dostępny w internecie: <https://pxhere.com/en/photo/553288> [dostęp 23.06.2022 r.].

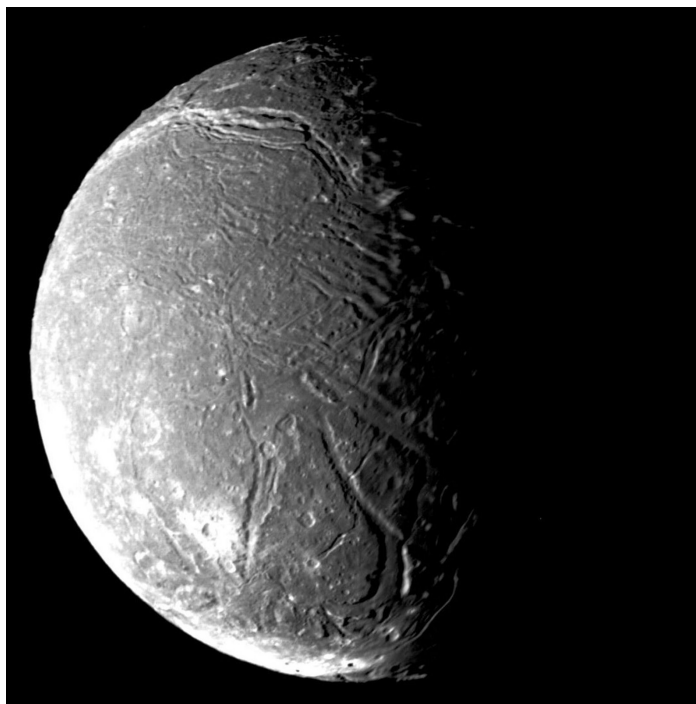
Wpisz wynik z dokładnością do trzech cyfr znaczących:

Minimalna grubość kry $x =$ cm

Ćwiczenie 8



Ariel – księżyc Saturna składa się w 70% z lodu. W momencie powstania był kulą wody, potem powierzchnia zamarzała. Teraz powierzchnię Ariela pokrywa siatka spękań, które są wązozami głębokimi na 10 km, o długości setek kilometrów. Zastanów się i spróbuj wyjaśnić, w jaki sposób mogły powstać te spękania.



Źródło: NASA, dostępny w internecie: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ariel_\(moon\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ariel_(moon).jpg) [dostęp 23.06.2022 r.], domena publiczna.

Dla nauczyciela

Scenariusz lekcji

Imię i nazwisko autora:	Krystyna Wosińska
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	Dlaczego lód pływa po wodzie?
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; 15) wyodrębnia zjawisko z kontekstu, nazywa je oraz wskazuje czynniki istotne i nieistotne dla jego przebiegu. V. Termodynamika. Uczeń: 6) wymienia szczególne własności wody i ich konsekwencje dla życia na Ziemi. Zakres rozszerzony Treści nauczania – wymagania szczegółowe I. Wymagania przekrojowe. Uczeń: 4) przeprowadza obliczenia liczbowe posługując się kalkulatorem; 19) wyodrębnia zjawisko z kontekstu, nazywa je oraz wskazuje czynniki istotne i nieistotne dla jego przebiegu. VI. Termodynamika. Uczeń: 8) wymienia szczególne własności wody i ich konsekwencje dla życia na Ziemi.
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. opisuje budowę cząsteczki wody, 2. wyjaśnia, w jaki sposób w wodzie powstają wiązania wodorowe i jaka jest ich rola w procesie zamarzania wody, 3. charakteryzuje procesy, które zachodzą w wodzie podczas topnienia lodu, 4. stosuje warunek równowagi siły ciężkości i siły wyporu do wyjaśnienia, dlaczego lód pływa po wodzie, 5. określa wartości siły wyporu i ciężkości, 6. rozwiązuje zadania problemowe i liczbowe z wykorzystaniem zdobytej wiedzy.
Strategie nauczania:	strategia eksperymentalno-obszewacyjna (dostrzeganie i definiowanie problemów)
Metody nauczania:	- wykład informacyjny, - pokaz multimedialny, - analiza pomysłów.
Formy zajęć:	- praca w parach, - praca indywidualna.
Środki dydaktyczne:	komputer z rzutnikiem lub tablety do dyspozycji każdego ucznia
Materiały pomocnicze:	e-materiały: „Woda z punktu widzenia mikroświata”, „Jakie konsekwencje dla życia na Ziemi ma woda?”, „Przemiany fazowe wody”, „Szczególne własności wody”.
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	
- Wprowadzenie zgodnie z treścią w części pierwszej „Czy to nie ciekawe?”. - Odwołanie do wiedzy uczniów o anomalnej rozszerzalności wody i dyskusja, jak wyglądałby świat, gdyby lód tonął w wodzie.	
Faza realizacyjna:	

Nauczyciel wyjaśnia budowę cząsteczki wody, podkreślając jej polarny charakter. Tłumaczy, jak cząsteczki wody połączone są w lodzie wiązaniami wodorowymi, wymuszającymi pozostawienie pustych przestrzeni w kryształach lodu, co powoduje zwiększenie objętości podczas krzepnięcia wody. Następnie informuje, że podczas topnienia nie wszystkie struktury cząsteczek zostają rozerwane. Uczniowie dyskutują, jakie procesy wpływają na zmianę objętości wody podczas zwiększania temperatury od 0°C do 4°C i powyżej 4°C. Uczniowie w grupach przygotowują rysunki obrazujące rozkład temperatur wody w głębokim jeziorze zimą i latem, a następnie z pomocą nauczyciela obliczają, jaka część objętości lodu pływającego po wodzie wystaje nad jej powierzchnię. Uczniowie oglądają animację zwracając uwagę na siły, które działają na zamarzający fragment wody.

Faza podsumowująca:

Uczniowie w grupach rozwiązują zadanie 6, związane z animacją, oraz dyskutują nad odpowiedzią do zadania 8 z zestawu ćwiczeń.

Praca domowa:

Zadania z zestawu ćwiczeń: obowiązkowo: 1 – 3, do wyboru jedno z pozostałych zadań.

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania danego multimedium:

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