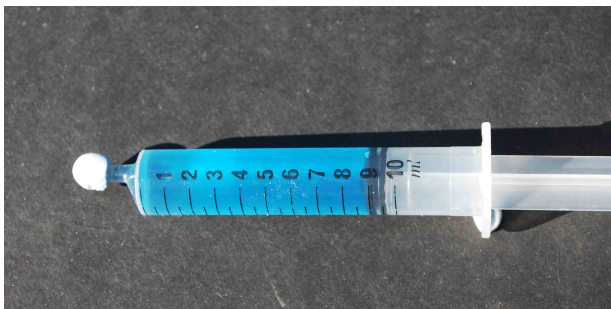


## Potęga lodu

### Zamarznięta woda w strzykawce – mierzenie zwiększenia objętości

Większość uczniów jest świadoma, że woda zwiększa swoją objętość, kiedy zamrznie, ale w jakim stopniu? Zademonstruj poniższe doświadczenie.

Napełnij zimną wodą 10 lub 20 ml strzykawkę i zaklej końcówkę (plastyczną masą klejącą Blue Tack™ lub zwykłą plasteliną). Efekt jest bardziej widoczny, gdy lekko zabarwimy wodę farbką do żywności (jak przedstawiono na ilustracji). Odczytaj z miarki na strzykawce długość kolumny wody w milimetrach, a następnie umieść to w zamrażarce i poczekaj aż woda zamieni się w stały stan skupienia. Odczytaj z miarki długość kolumny lodu w milimetrach i oblicz procentowe zwiększenie objętości po zamianie wody w lód (długość kolumny lodu/długość kolumny wody) $\times 100\%$ .



Strzykawka napełniona wodą do 9 ml.



Strzykawka z wodą po mrożeniu.  
(Fot: Peter Kennett)

Pokaż uczniom fotografie ukazujące działalność niszczącą lodu, ale zwróć uwagę na fakt, że to sukcesywne zamarzanie i odmarzanie najbardziej niszczy skałę, a nie pojedynczy epizod zamarznięcia.



Efekt sukcesywnego wietrzenia mrozowego ukazany na porowatej skale wapiennej.  
(Fot: Peter Kennett)



Bloki skalne powstałe w wyniku wietrzenia mrozowego, Glycer Fawr, Walia  
(Fot: P007204, BGS. Contains public sector information licensed under the Open Government Licence v2.0)

Spytaj uczniów, gdzie wietrzenie mrozowe prawdopodobnie jest najaktywniejsze na kuli ziemskiej:

- pod polarnymi pokrywami lodowymi;
- na szczytach gór;
- na zimnych jałowych pustyniach;
- na gorących jałowych pustyniach.

*A. Na szczytach gór, gdzie następuje częste zamarzanie i topnienie.*

*Pod polarnymi pokrywami lodowymi podłoże jest zamarznięte przez większość czasu; na zimnych jałowych pustyniach nie ma wystarczającej ilości wody; a na gorących jałowych pustyniach nie jest wystarczająco zimno.*

#### Informacje pomocnicze

**Tytuł:** Potęga lodu

**Podtytuł:** Zamarznięta woda w strzykawce – mierzenie zwiększenia objętości.

**Temat:** Prosta demonstracja - z użyciem 10 lub 20 ml strzykawki - potęgi wody, która zwiększa swoją objętość po zamarznięciu.

**Wiek uczniów:** 10 – 16 lat

**Czas potrzebny na wykonanie doświadczenia:** Kilka minut na przygotowanie doświadczenia na jednej lekcji oraz kilka minut na omówienie wyników na następnej lekcji.

**Korzyści dla uczniów:** Uczniowie mogą:

- dokonać dokładnych procentowych obliczeń zwiększenia objętości wody po jej zamrożeniu;
- dopasować ich obserwacje z doświadczenia do naturalnych skutków wietrzenia mrozowego występujących na powierzchni ziemi.

**Kontekst:** Powyższe ćwiczenie może być użyte na lekcjach przyrody lub geografii na temat wietrzenia. Może być również użyte w dyskusjach na temat teorii cząsteczek i zmian stanów skupienia. W celu uzyskania najdokładniejszych pomiarów zaleca się użycie czystej (destylowanej lub dejonizowanej) wody o temperaturze zbliżonej do 4°C.

**Czynności dodatkowe do wykonania po przeprowadzonym ćwiczeniu:** uczniowie mogą:

- odszukać dowody na wietrzenie mrozowe po kilku mroźnych nocach w okolicy ich domów;
- zmierzyć gęstość lodu i porównać ją do gęstości wody: waga pustej strzykawki oraz strzykawki z wodą pokaże masę samej wody; następnie porównanie z wagą strzykawki z lodem (waga powinna być taka sama). Gęstość = masa/objętość. Zapis wyniku w g/ml(cm<sup>3</sup>). Objętość (a więc i gęstość) wody zmieni się po zamianie w lód.
- obliczyć jaki odsetek góry lodowej leży pod powierzchnią wody przyjmując, że średnia gęstość wody morskiej wynosi 1,025 g/cm<sup>3</sup>. (Patrz: podstawowe zasady do wykonania obliczeń)



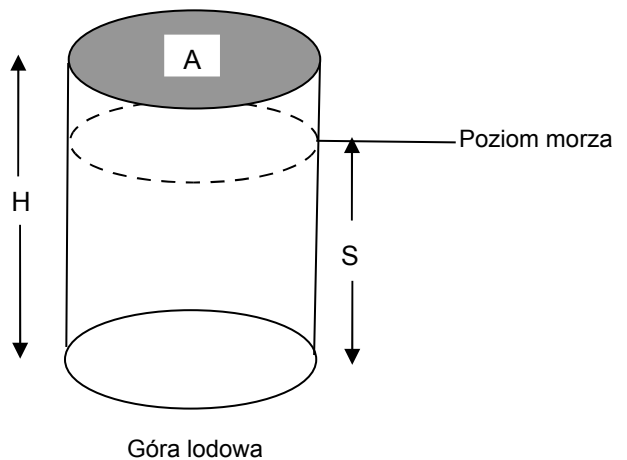
Góry lodowe w okolicy Półwyspu Antarktycznego (Fot: Peter Kennett)

**Podstawowe zasady:**

- Woda jest jednym z niewielu płynów, które po zamrożeniu zwiększają swoją objętość zamiast kurczyć się.
- Dzięki użyciu opisanej wyżej prostej metody, uczniowie przekonają się, że woda zwiększy swoją objętość o ok. 9% po zamianie w lód.
- Woda jest jedyną niemetaliczną substancją na Ziemi, której gęstość w stałym stanie skupienia jest mniejsza niż jej gęstość w stanie ciekłym (*Wikipedia*).
- Lód z czystej wody o temp. 0°C ma gęstość względną 0,917 g/cm<sup>3</sup>. Jest to mniejsza

gęstość niż wody w stanie ciekłym, która maksymalną gęstość przyjmuje w temp. 4°C i posiada wtedy gęstość względną 1,000 g/cm<sup>3</sup>. Dlatego też woda o temperaturze między 0°C a 4°C jest o około 8,3% gęstsza niż lód.

- Objętość wody równa jest powierzchni wnętrza cylindra strzykawki (A) x długość kolumny wody ( $A = \pi r^2$ , gdzie r jest promieniem, tj. połową średnicy). Objętość lodu równa jest A x długość kolumny lodu. Przyrost równy jest różnicy między tymi obliczeniami, a współczynnik przyrostu to przyrost podzielony przez pierwotną długość.
- Jeśli woda jest mierzona w temperaturze wyższej lub niższej niż 4°C to przyrost objętości związany ze zmianą stanu skupienia będzie nieznacznie niedoszacowany.
- Problem góry lodowej – obliczamy to wykorzystując schemat pionowego cylindra.



Ogólna masa góry lodowej to efekt równania: wysokość (H) x powierzchnia (A) x gęstość = = H x A x 0.917

Wg Prawa Archimedesasa masa wody morskiej przytłoczona zatopioną częścią góry lodowej równa jest masie góry lodowej.

Masa wody morskiej przytłoczona zatopionym lodem równa się zatopionej długości (S) x powierzchnia (A) x gęstość = S x A x 1,025  
 $H \times A \times 0.917 = S \times A \times 1.025$  przyjmując  $S/H = 0.917/1.025 = 0.898$ : tj. 89.8% góry lodowej jest zatopiona.

**Rozwijanie umiejętności myślenia:**

Obserwacja rezultatów tego ćwiczenia wywołuje procesy konstruktywnego myślenia. Kształtuje umiejętność wyciągania wniosków z obserwacji i przenoszenie ich do realnego świata.

**Lista potrzebnych rzeczy:**

- Strzykawka 10 lub 20 ml
- Plastyczna masa klejąca Blu Tack™, plastelina lub podobne substancje do zablokowania końcówki strzykawki
- czysta (destylowana lub dejonizowana) woda (opcjonalnie)
- dostęp do zamrażarki

**Przydatny link:**

[http://www.earthlearningidea.com/PDF/46\\_Weathering\\_final\\_2.pdf](http://www.earthlearningidea.com/PDF/46_Weathering_final_2.pdf)

**Źródło:** Napisane przez Petera Kennetta z zespołu Earthlearningidea, z podziękowaniami dla Martina Devona za pomoc w opracowaniu obliczeń objętości gór lodowych. Pomysł na ćwiczenie autorstwa P. Williams został opublikowany w *Geology Teaching* 9.1, March 1984.

**Earthlearningidea team.** The Earthlearningidea team seeks to produce a teaching idea regularly, at minimal cost, with minimal resources, for teacher educators and teachers of Earth science through school-level geography or science, with an online discussion around every idea in order to develop a global support network. 'Earthlearningidea' has little funding and is produced largely by voluntary effort. Copyright is waived for original material contained in this activity if it is required for use within the laboratory or classroom. Copyright material contained herein from other publishers rests with them. Any organisation wishing to use this material should contact the Earthlearningidea team. Every effort has been made to locate and contact copyright holders of materials included in this activity in order to obtain their permission. Please contact us if, however, you believe your copyright is being infringed: we welcome any information that will help us to update our records. If you have any difficulty with the readability of these documents, please contact the Earthlearningidea team for further help. Contact the Earthlearningidea team at: [info@earthlearningidea.com](mailto:info@earthlearningidea.com)  
Tłumaczenie na język polski zostało wykonane przez Annę Odachowską.

