

# TEMAT: BADANIE ZJAWISKA TOPNIENIA I KRZEPNIĘCIA WODY

Autor: Tomasz Kocur

## Podstawa programowa, III etap edukacyjny

### Cele kształcenia – wymagania ogólne

II. Przeprowadzanie doświadczeń i wyciąganie wniosków z otrzymanych wyników.

### Treści nauczania – wymagania szczegółowe

#### 2. Energia.

9) Uczeń opisuje zjawiska topnienia, krzepnięcia, parowania, skraplania, sublimacji i resublimacji.

#### 8. Wymagania przekrojowe.

12) Uczeń planuje doświadczenie lub pomiar, wybiera właściwe narzędzia pomiaru; mierzy temperaturę.

## Cele

### Cele ogólne

1. Poznanie sposobu pracy z autonomicznym rejestratorem danych (datalogger).
2. Wykorzystanie aplikacji komputerowej współdziałającej z rejestratorem danych.
3. Poznanie i opisanie zjawiska topnienia i krzepnięcia wody.

### Cele operacyjne

*Uczeń nabywa umiejętności:*

- zaplanowania i przeprowadzenia doświadczenia z topnieniem i krzepnięciem wody,
- uzyskania wyników pomiaru temperatury topnienia i krzepnięcia,
- sporządzenia wykresu zależności temperatury od czasu  $T(t)$ ,
- porównania otrzymanych wyników z danymi teoretycznymi.

## Metoda pracy

Praktyczne ćwiczenia laboratoryjne wspomagane komputerowo, demonstracja nauczyciela.

## Forma pracy

Praca z całą klasą lub w grupach pod kierunkiem nauczyciela.

## Środki dydaktyczne i materiały

Autonomiczny rejestrator danych, zestaw doświadczalny (opis w dalszej części opracowania), instrukcja do ćwiczeń.

# Przebieg doświadczenia i rejestracja pomiarów

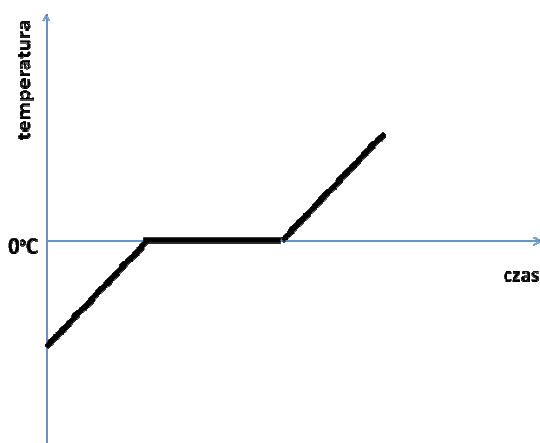
## Wprowadzenie teoretyczne

Woda, jak wiele innych związków chemicznych, występuje w trzech stanach skupienia. W warunkach normalnych występuje w stanie ciekłym. W stanie stałym wodę określa się jako lód, a gazowym – parę wodną. Różnica między trzema stanami skupienia wiąże się z położeniem cząsteczek wody ( $H_2O$ ) względem siebie. W stanie stałym cząsteczki wody posiadają na tyle małą energię kinetyczną ruchu postępowego, że ustalają swoje położenie tworząc lód. W stanie ciekłym cząsteczki wody są blisko siebie, zatem siły oddziaływania między nimi są wystarczające do tego, aby ciecz zajmowała określoną objętość. Natomiast, cząsteczki wody w stanie gazowym poruszają się swobodnie i niezależnie od siebie wypełniając całą objętość pomieszczenia, w którym się znajdują.

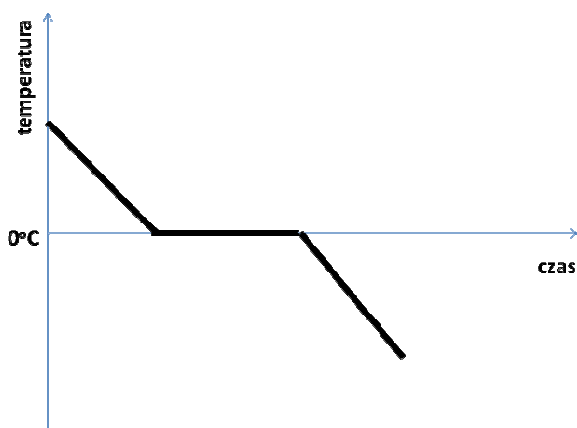
Lód jest ciałem krystalicznym, zatem cząsteczki wody tworzą w tym stanie sieć krystaliczną. Po dostarczeniu do takiego ciała energii na sposób ciepła, wzrasta energia kinetyczna ruchu postępowego cząsteczek wody, a tym samym temperatura lodu. Po pewnym czasie struktura krystaliczna (lodu) ulega zburzeniu przechodząc w ciecz (wodę). Temperaturę, w której zachodzi przemiana ciała stałego w ciecz nazywamy **temperaturą topnienia**. Każda substancja charakteryzuje się inną temperaturą topnienia.

Zjawiskiem odwrotnym jest krzepnięcie, czyli przejście cieczy w ciało stałe. Temperatura, przy której następuje to zjawisko nazywamy **temperaturą krzepnięcia**.

Teoretycznie zjawisko topnienia powinno przebiegać zgodnie z Rys. 1.



Rys. 1. Teoretyczny przebieg zjawiska topnienia lodu.



Rys. 2. Teoretyczny przebieg zjawiska krzepnięcia wody.

Jeśli lód o temperaturze kilku stopni poniżej zera pozostawimy w naczyniu w temperaturze pokojowej, to zacznie on „ogrzewać się”, aż do osiągnięcia temperatury topnienia ( $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

W momencie uzyskania takiej temperatury, w naczyniu znajdzie się jednocześnie lód i woda. Dopiero po stopieniu ostatniego kryształka lodu, możliwy jest dalszy wzrost temperatury wody. Podobnie w zjawisku krzepnięcia wody (Rys. 2.), ciecz pod wpływem oddawania energii cieplnej do otoczenia (stygnięcie) uzyskuje temperaturę  $0^{\circ}\text{C}$ . W tym momencie następuje przechodzenie cieczy w ciało stałe. Dopiero, gdy cała woda zamieni się w lód możliwe jest dalsze obniżenie temperatury lodu.

Najistotniejszy moment w obu zjawiskach następuje w temperaturze  $0^{\circ}\text{C}$ , gdzie współistnieją ze sobą dwa stany skupienia: stały i ciekły. Różnią się tylko tym, że w jednym przypadku następuje oddanie „ciepła”, a w drugim pobranie energii na sposób ciepła z otoczenia.

Wnioskując, możemy stwierdzić, że temperatury topnienia i krzepnięcia ciała krystalicznego są sobie równe.

## Część doświadczalna

### a) Zaplanowanie i przygotowanie zestawu pomiarowego

W skład zestawu wchodzi następujące elementy:

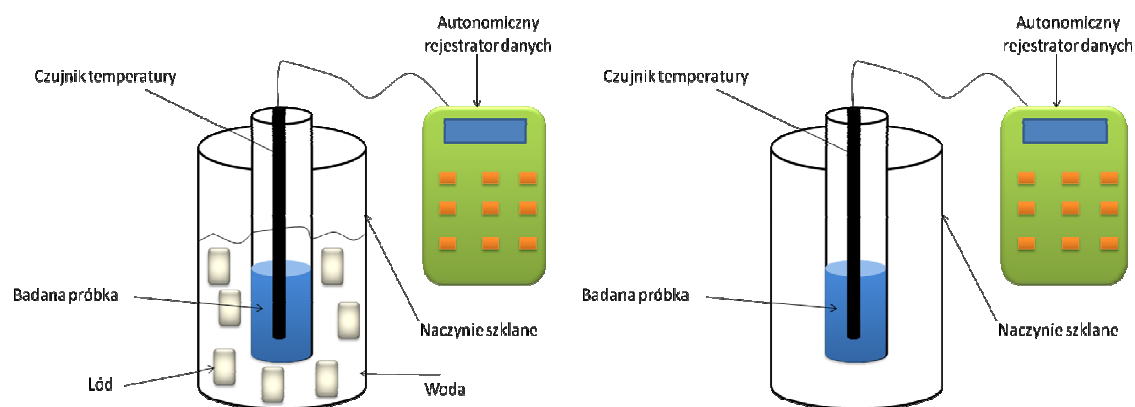
- autonomiczny rejestrator danych (datalogger),
- czujnik temperatury (od  $-30^{\circ}\text{C}$  do  $110^{\circ}\text{C}$ ),
- dwa naczynia szklane o pojemności 250 ml,
- cylinder miarowy 10 ml lub strzykawka 20 ml,
- mieszanina chłodząca (lód, woda, sól kuchenna),
- komputer typu PC, oprogramowanie współdziałające z datalogger'em.

### b) Wykonanie doświadczenia

- Zestaw układ doświadczalny zgodnie z Rys. 3.

Krzepnięcie

Topnienie

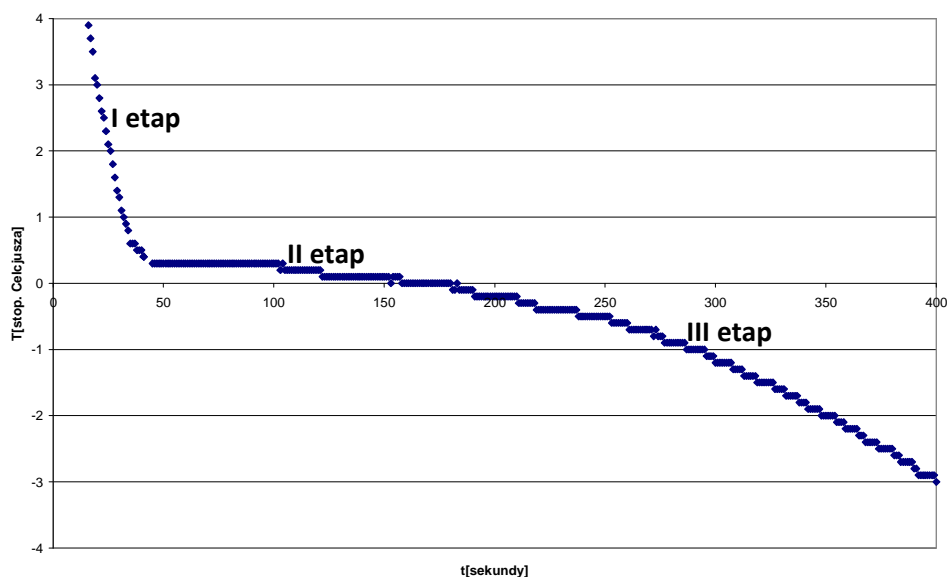


Rys. 3. Układy pomiarowe.

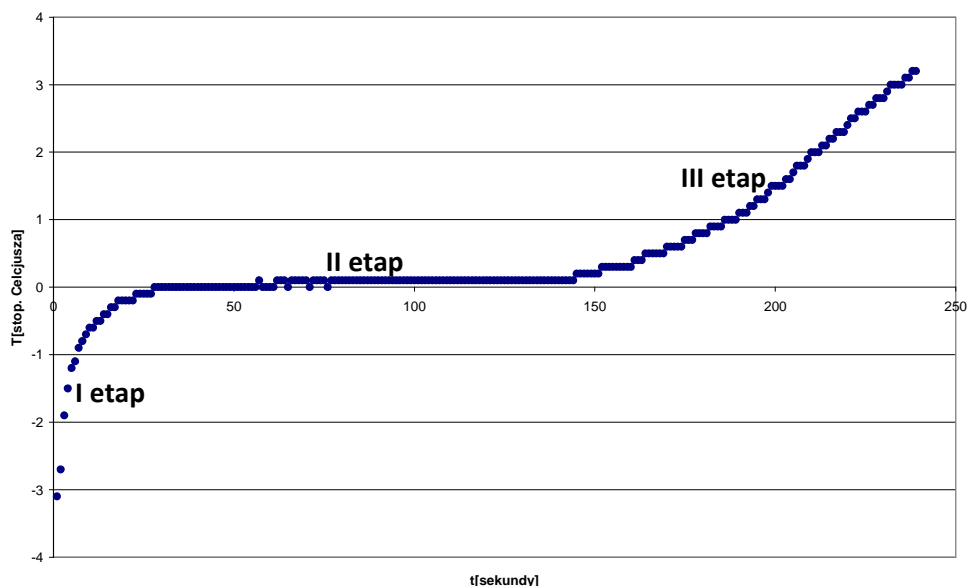
- Do cylindra miarowego wlej 4 ml ciepłej wody. Umieść czujnik w cylindrze tak, żeby był całkowicie zanurzony w wodzie.
- Przygotuj mieszaninę chłodzącą. W naczyniu szklanym do objętości  $\frac{2}{3}$  umieść rozkruszony lód, dodaj niewielką ilość wody, a następnie dodaj 2 łyżki stołowe soli kuchennej.
- Włącz rejestrator danych, wybierz przycisk *pomiary*, ustaw odpowiedni kanał z czujnikiem temperatury, wybierz czas próbkowania 1 s, przyciskiem *start* rozpocznij pomiar.
- Umieść próbkę wody (4 ml) w naczyniu z mieszaniną chłodzącą lekko mieszając cylindrem miarowym (w celu uzyskania równomiernego efektu chłodzenia).
- Schładzaj próbkę do temperatury ok.  $-4\text{ }^{\circ}\text{C} \div -6\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- Zakończ pomiar i przygotuj się do pomiaru temperatury topnienia.
- Umieść szybko próbkę w kolbie stożkowej i pozostaw ją w temperaturze pokojowej w celu zbadania zjawiska topnienia.
- Zakończ pomiar przy temperaturze ok.  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

## Opracowanie wyników. Wnioski.

- Wyeksportuj otrzymane dane do aplikacji umożliwiającej sporządzenie wykresu zależności temperatury od czasu dla procesu krzepnięcia i topnienia.
- Porównaj otrzymane wykresy z wykresami teoretycznymi.



Rys. 4. Zjawisko krzepnięcia wody.



Rys. 5. Zjawisko topnienia lodu.

## Wnioski

1. Na Rys. 4. możemy wyodrębnić trzy etapy procesu krzepnięcia. Etap I to stygnięcie wody, której temperatura początkowa wynosiła ok.  $4^{\circ}\text{C}$ . Pod wpływem mieszaniny chłodzącej woda w ciągu 40 s uzyskuje temperaturę ok.  $0^{\circ}\text{C}$ . Od tego momentu w cylindrze miarowym pojawiają się pierwsze kryształki lodu i rozpoczyna się II etap - krzepnięcie. Zjawisko krzepnięcia wody następuje w temperaturze  $0^{\circ}\text{C}$  i trwa do ok. 200 sekundy pomiaru. Po tym czasie rozpoczyna się III etap procesu - chłodzenie lodu. Po 400 s pomiaru lód uzyskuje temperaturę ok.  $-3^{\circ}\text{C}$ . Wszystkie trzy etapy procesu krzepnięcia odpowiadają wynikom teoretycznym. Możemy zauważyć, że etap chłodzenia lodu nie jest tak gwałtowny jak stygnięcia, ale zjawiska te zależne są od zdolności chłodzenia przygotowanej mieszaniny lodu, wody i soli kuchennej oraz warunków otoczenia.
2. Na podstawie Rys. 5. również możemy wyodrębnić trzy etapy procesu. W pierwszym etapie lód pozostawiony w temperaturze pokojowej pobiera z otoczenia energię na sposób ciepła. Zjawisko „ogrzewania” lodu trwa ok. 25 s. Po tym czasie w cylindrze miarowym pierwsze kryształki lodu przemieniają się w wodę - II etap procesu. Zjawisko topnienia następuje w temperaturze  $0^{\circ}\text{C}$  i trwa do 150 sekundy pomiaru. W tym czasie wszystkie kryształki lodu zamieniają się w ciecz. Dopiero po tym czasie woda może zwiększyć swoją temperaturę i dążyć do wyrównania temperatury z otoczeniem - III etap.
3. Ostatecznie wnioskujemy, że temperatura krzepnięcia wody jest równa temperaturze topnienia lodu i wynosi  $0^{\circ}\text{C}$ .
4. Warto zauważyć, że jeżeli do lodu dodajemy soli kuchennej, to temperatura topnienia tej mieszaniny jest mniejsza od  $0^{\circ}\text{C}$ .

## Zadanie dodatkowe

*Dlaczego zimą posypujemy drogi solą?*

Jak pokazuje powyższe doświadczenie woda krzepnie w temperaturze 0 °C. Zatem w zimie, gdy temperatura powietrza spada poniżej 0 °C na drodze robi się przysłowiowa „szklanka”. Aby tego uniknąć należałoby obniżyć temperaturę krzepnięcia wody np. do –10 °C. W tym celu posypujemy drogi solą, która powoduje oczekiwane obniżenie temperatury „zamarzania” wody.

Żeby zbadać powyższą zależność możemy wykonać krótkie doświadczenie. Przygotujmy czujnik temperatury, lód i sól kuchenną oraz szklane naczynie o pojemności 250 ml. Do naczynia wsypujemy rozkruszony lód i mierzymy jego temperaturę. Następnie wsypujemy dwie łyżki stołowe soli kuchennej. Pomiar wykonujemy do czasu, gdy mieszanina osiągnie temperaturę –10 °C. Wyniki pomiaru przedstawiamy na wykresie zależności temperatury od czasu.

## Literatura

- [1]. Szydłowski H., *Fizyczne Laboratorium Mikrokomputerowe*, Poznań 1994.
- [2]. Turło J., Karbowski A., Służewski K., Osiński G., Turło Z., *Przykłady wykorzystania technologii informacyjnej w edukacji przyrodniczej*, PME F IF UMK, Toruń 2008.
- [3]. Turło J., Firszt F., Karbowski A., Osiński G., Służewski K., *Laboratorium fizyczne dla nauczyciela przyrody*, Praca zbiorowa pod redakcją Józefiny Turło, PDF IF UMK, Toruń 2003.
- [4]. Roger Frost, *The IT In Science book of Datalogging and control*, IT in Science 1997.
- [5]. Rozporządzenie Ministra Edukacji Narodowej z dnia 23 grudnia 2008 r. w sprawie podstawy programowej wychowania przedszkolnego oraz kształcenia ogólnego w poszczególnych typach szkół.