

XXXII OLIMPIADA FIZYCZNA ETAP I

Zadanie teoretyczne

ZADANIE T3

Nazwa zadania: „Zamarzające jezioro”

Na jeziorze utworzyła się tafla o grubości 5 cm. Zakładając, że temperatura powietrza wynosi 253 K (-20°C) i że taką samą temperaturę ma powierzchnia lodu, oblicz w przybliżeniu (z dokładnością do około 10%) czas potrzebny na podwojenie się grubości lodu. Przyjmujemy, że na jeziorze nie występują prądy wody, a jego głębokość znacznie przekracza 1 m.

Dane są:

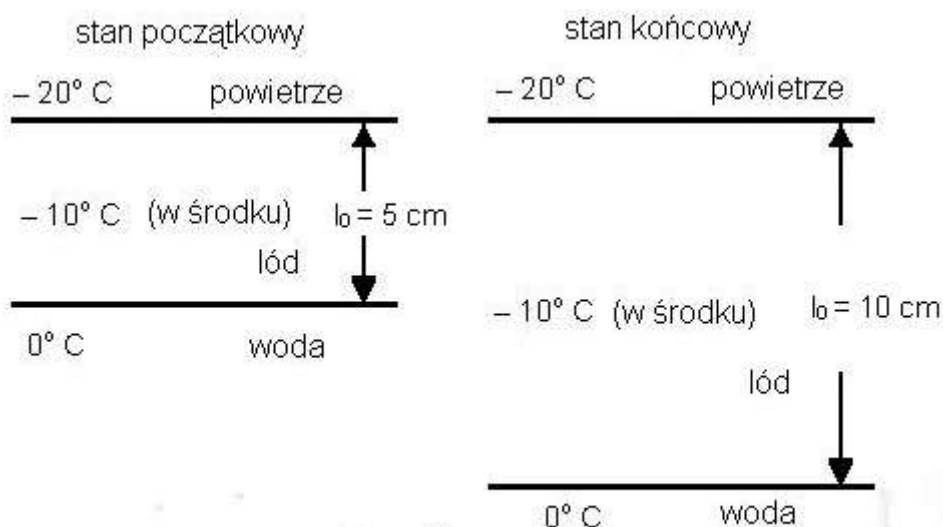
- ciepło właściwe wody $4,2 \cdot 10^3 \text{ J/kg K}$,
- ciepło właściwe lodu $2,1 \cdot 10^3 \text{ J/kg K}$,
- ciepło topnienia lodu $3,3 \cdot 10^5 \text{ J/kg}$,
- przewodnictwo cieplne wody $0,56 \text{ W/m K}$,
- przewodnictwo cieplne lodu $2,2 \text{ W/m K}$,
- gęstość lodu 920 kg/m^3 .

ROZWIĄZANIE ZADANIA T3

Pomocniczy szkic ilustrujący treść zadania przedstawia ryc.5. Przepływ ciepła od wody do powietrza w jednostce czasu na jednostkę powierzchni wynosi

$$\frac{dQ}{dt} = \lambda_l \Delta T \frac{1}{l},$$

gdzie: $\Delta T = 20 \text{ K} = \text{const}$, λ_l – przewodnictwo cieplne lodu, l – grubość tafli lodu.



Ryc. 5

Ciepło oddane przez wodę przy zamrażaniu warstwy wody o grubości dl liczone na jednostkę powierzchni warstwy lodu wynosi

$$dQ = c_t \rho dl,$$

gdzie ρ oznacza gęstość a c_t – ciepło topnienia lodu.

Zatem

$$\frac{dl}{dt} = \frac{\lambda_l \Delta T}{c_t \rho l}$$

Obliczamy teraz czas zamrażania warstwy lodu od grubości l_0 do grubości l :

$$\Delta t = \int_{t_0}^t dt = \int_{l_0}^l \frac{dt}{dl} dl = \frac{c_t \rho}{\lambda_l \Delta T} \int_{l_0}^l l dl.$$

Wobec tego

$$\Delta t = \frac{c_t \rho}{2 \lambda_l \Delta T} (l^2 - l_0^2).$$

Liczbowo

$$\Delta t \approx 7,5h.$$

Źródło:
Zadanie pochodzi z czasopisma „Fizyka w Szkole” maj-czerwiec 83r.

Komitet Okręgowy Olimpiady Fizycznej w Szczecinie
www.of.szc.pl