

# O TEMPERATURI LEDU NA VODI

JOŽE RAKOVEC

Fakulteta za matematiko in fiziko

Univerza v Ljubljani

PACS: 05.70.Np, 44, 92.10 Rw

Opisana je temperatura površine ledu na vodi, kot sledi iz izmenjave toplote med vodo, ledom in zrakom nad njim: prevajanje iz vode skozi led in naprej v zrak nad njim, infrardeče sevanje s površine ledu navzgor in infrardeče sevanje iz ozračja navzdol in poraba toplote ob sublimaciji vodne pare s površine ledu v nenasičen zrak nad njim. Vertikalna konvekcija, horizontalna advekcija ter turbulentno mešanje zraka nad ledom so obravnavani samo kvalitativno, sončno obsevanje ledu pa je zaradi beline ledu zanemarjeno.

## ON TEMPERATURE OF ICE ON THE WATER

The temperature of the surface of ice on the water is described as follows from heat exchanges between water, ice and air: the heat conduction from the water through the ice and further into the air above it, the upwards infrared radiation from the surface of the ice and the downwards infrared radiation from the atmosphere and the latent heat needed for the sublimation of water vapor from the ice surface into the non-saturated air above it. Vertical convection, horizontal advection and turbulent mixing in the air above the ice are considered only qualitatively, while solar irradiation of the ice is neglected due to ice's whiteness.

## Uvod

Jožef Stefan je seveda najbolj poznan po svojem zakonu o sevanju črnega telesa. Ukvarjal pa se je še z marsičim, npr. tudi z debeljenjem ledu na vodni površini [3]. Gre za nalogo o t. i. premični meji, ki se pogosto imenuje kar po njem (npr. Stefanova naloga na Wikipediji). Stefan je debeljenje ledu opisal z enačbo, ki pove, da se toplota, ki se ob nastanku nove plasti ledu debeline  $dh$  v času  $dt$  ob zmrzovanju vode v led sprosti na spodnji strani ledu (latentna toplota zmrzovanja/taljenja  $q_t$ ), prevaja skozi led proti površini ledu. Zato mora biti temperatura ob površini ledu za  $\Delta T$  nižja od tiste na meji z vodo. Skoraj vse oznake za količine, ki opisujejo dogajanje, so danes standardno drugačne od Stefanovih – on v tej objavi npr. označi latentno toploto zmrzovanja vode s  $\sigma$  – dandanes je  $\sigma$  skoraj izključno »rezervirana« za njegovo in Boltzmannovo konstanto. Stefanova izhodiščna enačba, prepisana z danes običajnimi oznakami, je  $q_t \rho_l dh = \lambda_l \Delta T / h dt$  ( $\rho_l$  in  $\lambda_l$  sta