

Odhad sluneční konstanty jednoduchým bolometrem

Laboratorní práce z astrofyziky č. 3

Pomůcky: kovová destička ze známého materiálu, černá barva (saze nebo matný autolak ve spreji), infračervený teploměr, držák

Teorie:

Sluneční (solární) konstanta představuje průměrný příkon slunečního záření dopadající na plochu jednoho čtverečného metru postavenou kolmo na směr příchodu paprsků na horní hranici atmosféry Země. Označení *konstanta* je mírně zavádějící. Eliptická oběžná dráha Země kolem Slunce způsobuje změnu dopadajícího příkonu o přibližně 7 % mezi prvním lednem, kdy je Země ke Slunci nejbližší, a 3. srpnem, kdy je vzdálenost těles největší. Jako solární konstanta se označuje průměrná roční hodnota $1\,367\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$. Atmosféra Země záření částečně odráží (podle stavu až 10 %), částečně pohlcuje (zejm. vodní pára, molekuly kyslíku a ozónu) a částečně. Všechny výše uvedené ztráty energie vedou k odhadu, že energie dostupná při povrchu Země je podle okamžité situace pouze 83 – 33 % energie na horní hranici atmosféry.

K odhadu sluneční konstanty je možné použít jednoduchý bolometr tvořený hliníkovou destičkou je svým povrchem pokrytým tenkou vrstvou sazí, který je vystaven slunečnímu záření a je měřena závislost teploty na čase. Pokud předpokládáme, že se veškerá dopadající energie projeví nárůstem teploty bolometru, platí

$$\Delta E = mc\Delta T,$$

kde m je hmotnost a c měrná tepelná kapacita použitého materiálu a ΔT změna teploty. Protože solární konstanta má rozměr $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$, dělíme rovnici (1) plochou bolometru S a časem měření Δt :

$$I_{SC} = \frac{\Delta E}{S\Delta t} = \frac{mc\Delta T}{S\Delta t}$$

Aby nebylo nutné zvlášť určovat tepelnou kapacitu bolometru a teploměru, je teplota měřena bezdotykově infračerveným teploměrem.

Provedení:

- 1) Určete hmotnost a rozměry destičky
- 2) Bolometr nastavte plochou kolmo na směr příchodu slunečních paprsků a každých 15 sekund infračerveným teploměrem změřte jeho teplotu. Měření necht' probíhá krátce po místním polední, kdy je dráha paprsku atmosférou předpokládána nejkratší a v době kdy byla obloha zcela jasná.
- 3) Výsledky zaznamenejte do grafu
- 4) Naměřenými body proložte křivku lineární závislosti, jejíž směrnice má význam členu $\Delta T/\Delta t$ v rovnici pro I_{SC} . Vypočítejte hodnotu solární konstanty při povrchu Země.
- 5) Solární konstantu při povrchu Země lze z naměřených dat určit i jiným způsobem: Určete z grafu teplotu, při které se nárůst zastavil. Lze říci, že při této teplotě byla energie dodaná slunečním záření rovna tepelné energii vyzářené tělesem tepelnými

ztrátami. Pokud bychom považovali bolometr za dokonale černé těleso, platil by pro obě energie vztažené na jeden čtverečný metr plochy Stefan-Boltzmannův zákon

$$I_{SC} = \sigma T^4$$

kde $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$ je Stefan-Boltzmannova konstanta a T termodynamická teplota bolometru v tepelné rovnováze s okolím. Vypočtete hodnotu solární konstanty ze Stefan-Boltzmannova zákona.

