

ODREĐIVANJE SOLARNE KONSTANTE

Realizirali: Dubravko Jakovljević, Roman Divjak, Nino Špoljar, Kristina Rojnica, Goran Macut, Martina Auguštanec, Luka Božić i Marina Paić

Opis vježbe

mjerenjem promjene topline vode u dvije izolirane posude u određeno doba dana, dobivamo snagu zračenja koja stiže sa Sunca do površine Zemlje.

Oprema

koristili smo dvije stiroporom izolirane čaše od jogurta napunjene vodom, aluminijsku foliju, voltmetar, drveni štap, električni sklop s termočlancima, svijeću i dva termometra.

Prvi dio: Mjerenje topline dobivene Sunčevim zračenjem

Pripremili smo dvije jednake posude izolirane sa stiroporom (npr. plastične čaše od jogurta) i od aluminijske folije pripremili poklopce za posude. Jednu foliju obojili smo mat crnom bojom, ili začađili pomoću svijeće. Od stiropora pripremili smo oblogu za izoliranje posuda od okoline i to takvu da su Sunčevom svjetlu izloženi samo aluminijski poklopci. Zatim smo napunili posude vodom. Za mjerenje temperature u ovoj vježbi napravili smo električni sklop na čijem su se jednom kraju nalazila dva termočlanaka, a na drugom voltmetar na kojem smo odmah mogli očitavati razliku temperature na termočlancima. Ovakvo mjerenje temperature pokazalo se boljim nego sa običnim živinim termometrima, zbog veće preciznosti i jednostavnosti mjerenja (slika 1.).



Slika 1. Mjerenje solarne konstante: vidimo dvije kutije od stiropora u kojima se nalaze čaše napunjene vodom.

Kutija koja se nalazi na Suncu ima obojan poklopac mat crnom bojom. Razliku temperature očitavamo na voltmetru.

OPAŽAČ: _____
 MJESTO OPAŽANJA: _____
 NADNEVAK: _____
 Mjerenje broj: _____

Vrijeme t (h:min:s)	$\Delta T = T_c - T_b$ (°C ili K)	$h_{\text{štapa}}$ (m)	h_{sjene} (m)	Visina Sunca (kutni stupanj) $h = \arctg(h_{\text{štapa}}/h_{\text{sjene}})$

Površina poklopca: $A = r^2 p = 0,098 \text{ (m}^2\text{)}$

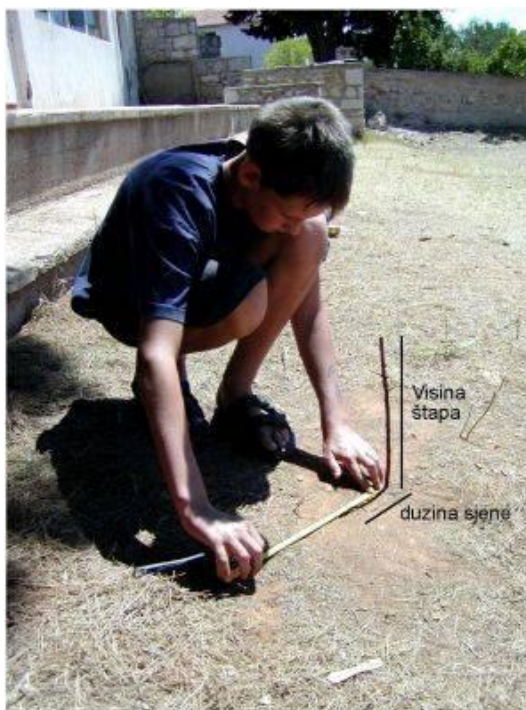
$A' = A \sin \alpha = \text{_____ (m}^2\text{)}$

Masa vode: $m \text{ (H}_2\text{O)} = \text{_____ (kg)}$

Specifični toplinski kapacitet: $c_v = 4186 \text{ J/kg}$

Slika 2. Primjer obrasca za upisivanja vrijednosti mjerenja Solarne konstante

Mjerenje smo izvodili tako da smo bilježili razliku temperaturu vode (ΔT) u obje posude i trenutak mjerenja (t) svakih nekoliko minuta. Mjerenje smo prekinuli kada se razlika temperatura vode više nije mijenjala. Postupak smo ponovili nekoliko puta u različita doba dana, tj. pri različitim visinama Sunca nad obzorom. Pri svakom mjerenju uz pomoć običnog uspravnog drvenog štapa, mjereći mu visinu $h_{\text{štapa}}$ i dužinu njegove sjene h_{sjene} izmjerili smo visinu Sunca.

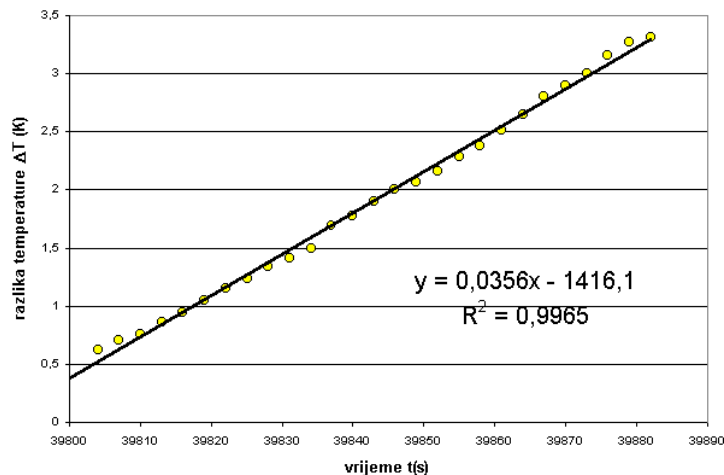


Slika 3. Primjer mjerenja visine Sunca

Na naše mjerenje znatno je utjecao vjetar koji je u pojedinim trenucima jako puhao mijenjajući temperaturu u posudama ili sprječavajući zagrijavanje vode u izoliranim posudama. Vidan je bio utjecaj oblaka i slučajnog pomicanja posuda.

Drugi dio: Određivanje Sunčeve konstante

Dakle, mjerene su razlike temperatura vode u dvije posude ($\Delta T = T_a - T_r$, gdje su T_a i T_r temperature vode u posudi s crnim, odnosno bijelim poklopcem) u ovisnosti o vremenu t . Iz mjerenih vrijednosti nacrtali smo graf $\Delta T(t)$ i na linearnom dijelu odredili nagib pravca $k = \Delta T / \Delta t = 0,0356$.



Graf 1. Ovisnost razlike temperature o vremenu

Toplina koju je primila voda u posudi s crnim poklopcem iznosi $Q_a = c_v m \Delta T_a$, a voda u posudi sa sjajnim poklopcem $Q_r = c_v m \Delta T_r$ (s obzirom da sjajni poklopac reflektira većinu zračenja, smatrati ćemo da je toplina Q_r dobivena grijanjem iz okoline te da je ta toplina jednaka za obje posude). Razlika u primljenim energijama je dakle energija dobivena direktnim Sunčevim zračenjem:

$$\Delta Q = Q_a - Q_r = c_v m \Delta T \quad (\text{tablica 2.}),$$

gdje je $c_v = 4186 \text{ J/kgK}$ specifični toplinski kapacitet vode, a m je masa vode.

Tablica 2.

ΔT (K)	ΔQ (J)	ΔT (K)	ΔQ (J)	ΔT (K)	ΔQ (J)
0,07	58,604	0,86	719,992	2,07	1733,004
0,1	83,72	0,94	786,968	2,16	1808,352
0,14	117,208	1,05	879,06	2,28	1908,816
0,18	150,696	1,15	962,78	2,38	1992,536
0,25	209,3	1,24	1038,128	2,51	2101,372
0,3	251,16	1,34	1121,848	2,65	2218,58
0,37	309,764	1,41	1180,452	2,8	2344,16
0,44	368,368	1,5	1255,8	2,9	2427,88
0,53	443,716	1,69	1414,868	3	2511,6
0,62	519,064	1,78	1490,216	3,16	2645,552
0,71	594,412	1,9	1590,68	3,27	2737,644
0,76	636,272	2	1674,4	3,31	2771,132

Količina energije dobivena Sunčevim zračenjem u jedinici vremena (snaga) je:

$$P = \Delta Q / \Delta t = c_v m \Delta T / \Delta t = c_v m k = 30,56 \text{ J/s.}$$

Visina štapa iznosila je $h = 0,2 \text{ m}$, a u vrijeme mjerenja srednja duljina sjene štapa bila je $h' = 0,09 \text{ m}$. Tada je Sunčevo zračenje padalo pod kutom $\alpha = 65,6^\circ$ na površinu poklopca. Površina poklopca je $A = 0,314 \text{ m}^2$, pa je njegova efektivna površina:

$$A' = A \sin \alpha = 0,124 \text{ m}^2.$$

Količina energije koja padne u jedinici vremena na jediničnu površinu postavljenu okomito na smjer Sunčevih zraka je:

$$s' = P / A' = c_v m k / A' = 245 \text{ W/m}^2.$$

Nakon što smo odredili s' , procijenili smo približnu vrijednost Sunčeve konstante s . Pretpostavili smo da do Zemljine površine doprije svega 1/4 zračenja dok se ostalo ili reflektira od atmosfere, ili biva u atmosferi apsorbirano. Tako je:

$$s = 4s' = 980 \text{ W/m}^2$$

Dobivena vrijednost usporediva je sa stvarnom vrijednošću solarne konstante čiji je točan iznos $s = 1370 \text{ W/m}^2$. Razlika u vrijednosti koju smo mi dobili možemo pripisati netočnosti naših mjerenja i nedovoljno preciznoj opremi koju smo koristili za mjerenje, kao i utjecaju vjetara, prolaza oblaka ispred Sunca.