

## Županijsko natjecanje iz fizike, 27. veljače 2024. g.

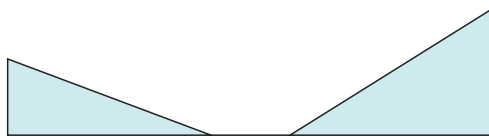
### Osnovne škole – zadatci

1. Na stolu se nalazi četvrtasta staklena vaza, čija je baza kvadrat površine  $25 \text{ cm}^2$ , a visina  $25 \text{ cm}$  (obje su vanjske dimenzije). Debljina svih stijenki, uključujući i dno, iznosi  $1 \text{ cm}$ . U tu se vazuu najprije ulije voda, tako da joj je visina unutar vaze  $7 \text{ cm}$ . Kada u tu istu vazuu polagano dolijemo ulje, tlak na podlogu postane  $4842 \text{ Pa}$ . Koliko je visok doliveni stupac ulja? Prilikom dolijevanja ulja u vazuu ne dolazi do miješanja vode i ulja. Gustoća vode iznosi  $1000 \text{ kg/m}^3$ , ulja  $950 \text{ kg/m}^3$ , a stakla  $2500 \text{ kg/m}^3$ .

2. Luka i Ivan utrivali su se na kružnoj stazi školskoga igrališta. Luka je bio brži te je utrku istrčao  $2.5$  minute prije Ivana, kojemu su trebale  $25$  minute da završi utrku. Luka je trčao prosječnom brzinom od  $8 \text{ km/h}$ . Ako je svaki otrčao točno  $12.5$  jednakih krugova, odredi nakon koliko je minuta Luka prvi puta prestigao Ivana. Može li Luka prestići Ivana i drugi puta za vrijeme ove utrke?

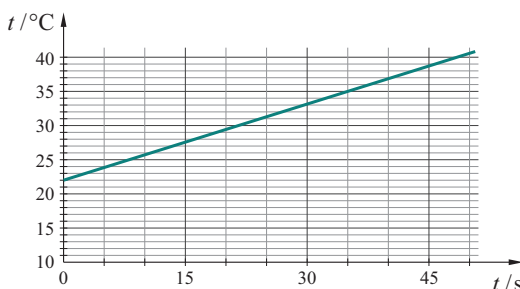
3. Karla spaja strujne krugove koristeći se četirima međusobno jednakim žaruljicama, otpora  $18 \Omega$ , na idealnu bateriju napona  $9 \text{ V}$ . Spaja ih tako da jedna žaruljica (oznake A) svijetli najvećim sjajem. Druga žaruljica (oznake B) sja slabije od žaruljice A, ali jače od preostalih dviju žaruljica (oznaka C i D), koje sjaje međusobno jednakim sjajem. Kada odvrne žaruljicu C, žaruljicom A teče struja manje jakosti. Skiciraj strujni krug kojega je Karla složila sa sve četiri žaruljice koje svijetle te odredi napon na krajevima žaruljice B u tom slučaju.

4. U skateparku, u kojemu Toni (mase 60 kg) voli provoditi svoje slobodno vrijeme, postavljena je nova atrakcija, koja se sastoji od dviju kosina različitih visina, kao što je prikazano na slici (koja nije u mjerilu).



Lijeva je kosina visoka 1.5 i duga 4 metra, dok je desna kosina visoka 2.5 metara i jednako je duga kao i lijeva kosina. Između njih nalazi se ravni dio dug 2 metra. Kad se Toni spusti s vrha lijeve kosine iz mirovanja, i pri gibanju se ni jednom ne odrazi nogom o tlo, na drugoj se kosini popne na visinu od 1 metar. S kolikom bi se početnom kinetičkom energijom Toni trebao početi gibati s vrha lijeve kosine kako bi stigao na vrh desne kosine i tamo se zaustavio, ako bi se od podloge odgurnuo samo na početku gibanja? Pretpostavimo da na Tonijev skateboard cijelim putem djeluje ista srednja sila trenja.

5. Električnim kuhalom snage 2000 W učenici su od početne sobne temperature zagrijavali 1.5 kilogram neke tekućine 1.5 minutu te su odredili konačnu temperaturu tekućine od  $47^{\circ}\text{C}$ . Pričekali su da se kuhalo i tekućina ohladi na početnu sobnu temperaturu pa su iz njega odlili 0.5 kg tekućine. Zatim su u preostalu tekućinu u potpunosti uronili metalni uteg, mase 0.5 kg, pažeći da ne dodirnu grijač, te ponovili proces grijanja. Svoja su mjerenja prikazali u dijagramu. (Zanemarite gubitke topline na posudu i okolinu.)



Odredi specifični toplinski kapacitet metala spomenutoga u zadatku.

*Napomena.* U svim zadacima, gdje je potrebno, uzmi  $g = 10 \text{ N/kg}$ .

## Osnovne škole – eksperimentalni zadatci

1. Odredi kako se mijenja napon na krajevima baterije od 4.5 V u ovisnosti o jakosti struje koja teče kroz nju.

a) Shemama prikaži sve strujne krugove kojima ćeš se koristiti. Pripazi da u svakome strujnom krugu baterijom teče struja različite jakosti.

b) Navedi svoju pretpostavku o tome što će se dogoditi s naponom baterije ako njome teku struje različite jakosti.

c) Provedi četiri mjerenja struje kroz bateriju i napona na krajevima baterije. Svoja mjerenja prikaži tablično.

- d) Izmjerene podatke prikaži grafički.  
 e) Napiši svoj zaključak o odnosu napona na bateriji i jakosti struje kroz bateriju.

2. Kovanice od 50 centa složi u valjak te ih umotaj u aluminijsku foliju. Taj će valjak biti tvoj uteg. Poveži uteg koncem kako bi se uteg mogao objesiti na dinamometar. Koristeći se dinamometrom i utegom odredi gustoću vode!

- a) Jasno opiši svoj postupak i navedi mjerene veličine.  
 b) Provedi postupak te odredi gustoću vode iz svojega mjerenja. Rezultat mjerenja prikaži tablično.  
 c) Usporedi svoje mjerenje s tabličnom vrijednosti gustoće vode koja iznosi  $1000 \text{ kg/m}^3$ . Razlikuje li se eksperimentalno dobivena vrijednost gustoće vode od tablične vrijednosti? Zašto?

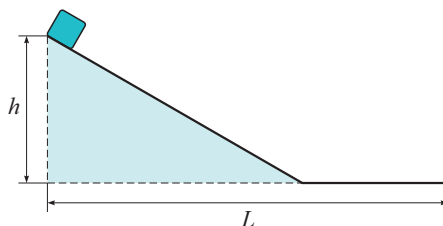
## Srednje škole – zadatci

### 1. skupina

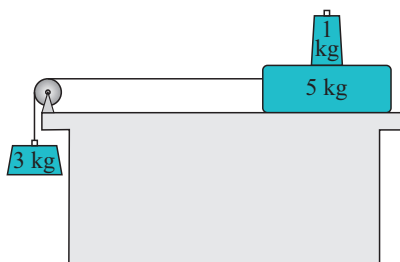
1. Automobil vozi po cesti stalnom brzinom  $45 \text{ km/h}$ . Pored ceste miruje motocikl i uključuje se u promet 1 minutu nakon što je automobil prošao pored njega. Motocikl se giba jednoliko ubrzano u istom smjeru kao i automobil.

- a) Izračunaj ubrzanje motocikla tako da sustigne automobil nakon  $3 \text{ km}$  vožnje.  
 b) Izračunaj brzinu motocikla u trenutku kada sustigne automobil.  
 c) Nacrtajte graf ovisnosti položaja automobila i motocikla o vremenu. Početni trenutak je trenutak prolaska automobila pored motocikla, a konačni trenutak je trenutak u kojem motocikl sustigne automobil.

2. U početnom trenutku malo tijelo se nalazi na vrhu kosine visine  $h = 0.9 \text{ m}$ . Tijelo je zatim pušteno da se giba bez početne brzine. Horizontalna udaljenost od početnog do konačnog položaja tijela je  $L = 4.2 \text{ m}$ . Trenje na kosini i na horizontalnom dijelu puta je zanemarivo. Koliki treba biti omjer duljine kosine i duljine horizontalnog dijela puta tako da gibanje tijela po pojedinom dijelu jednako traje?



3. U sustavu prikazanom na slici jedan kraj užeta pričvršćen je za kvadar duljine  $1.5 \text{ m}$  i mase  $5 \text{ kg}$ , a drugi kraj užeta za uteg mase  $3 \text{ kg}$ . Na sredini kvadra nalazi se uteg mase  $1 \text{ kg}$ . Stol, na kojem se nalazi opisani sustav, je nepomičan. U početnom trenutku sustav se počinje gibati iz mirovanja. Koeficijent trenja između daske i stola je  $0.3$ , a trenje između daske i utega je zanemarivo. Masa užeta i kolature je zanemariva. Gravitacijsko ubrzanje je  $10 \text{ m/s}^2$ . Zanemari dimenzije utega mase  $1 \text{ kg}$ . Izračunaj udaljenost koju prijeđe uteg mase  $3 \text{ kg}$  u prvih  $1.8 \text{ s}$  gibanja.

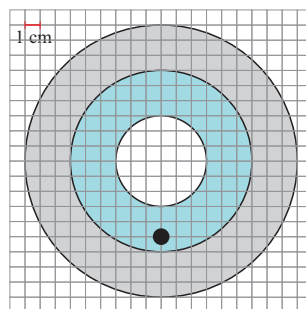


4. Zec miruje na livadi na određenoj udaljenosti od zečje rupe. Jastreb leti stalnom brzinom od  $61.2 \text{ km/h}$  prema lijevo na stalnoj visini od  $60 \text{ m}$  iznad tla. U trenutku, kada se jastreb približi zecu na horizontalnu udaljenost od  $39 \text{ m}$ , jastreb i zec se međusobno spaze. U tom trenutku zec počinje trčati prema zečjoj rupi, a jastreb mijenja smjer gibanja. Smjer brzine jastreba sada je prema zečjoj rupi, a iznos brzine je nepromijenjen. Zec trči jednoliko ubrzano dok ne postigne brzinu  $12 \text{ m/s}$ , a zatim trči stalnom brzinom. Vrijeme potrebno da zec dotrči do zečje rupe je  $7 \text{ s}$ . Jastreb ne uspijeva uloviti zeca i u trenutku, kada zec stiže u zečju rupu, nalazi se na udaljenosti  $8.5 \text{ m}$  od zeca.



- Izračunaj početnu udaljenost zeca od zečje rupe.
- Izračunaj vrijeme ubrzanja zeca.

5. Vertikalno postavljena meta sastoji se od tri koncentrična kruga čiji su promjeri redom jednaki  $6 \text{ cm}$ ,  $12 \text{ cm}$  i  $18 \text{ cm}$ . Čovjek iz puške ispaljuje metak promjera  $1 \text{ cm}$  u horizontalnom smjeru. Brzina metka neposredno nakon ispaljivanja okomita je na ravninu mete. Čovjek nišani točno u središte mete. Na slici je crnim kružićem prikazano gdje je metak pogodio metu. Brzina metka je  $239 \text{ m/s}$ . Gravitacijsko ubrzanje je  $10 \text{ m/s}^2$ .



- Izračunaj udaljenost čovjeka od mete.
- Za koju se najmanju udaljenost čovjek mora približiti meti tako da cijeli metak pogodi najmanji (bijeli) krug?
- Čovjek ostaje na udaljenosti od mete kao u zadatku b). Vjetar puše slijeva nadesno brzinom  $6.1 \text{ km/h}$ . Zanimajte utjecaj zraka na gibanje metka u svim ostalim smjerovima. Čovjek ispaljuje metak u horizontalnom smjeru i pogađa u središte mete. Brzina metka neposredno nakon ispaljivanja okomita je na ravninu mete. Odredi koordinate točke u koju je nišano. Pravokutni koordinatni sustav postavljen je tako da je ishodište u središtu mete, pozitivan smjer  $x$ -osi prema desno, a pozitivan smjer  $y$ -osi prema gore.

## 2. skupina

1. Mali mjehurić počinje se s dubine  $75 \text{ cm}$  vrlo polako uzdizati u visokoj čaši ispunjenoj idealnim fluidom gustoće  $3102 \text{ kg/m}^3$  i konstantne temperature  $-200 \text{ }^\circ\text{C}$ . Ako je mjehurić sastavljen od  $0.05$  mola molekula mase  $4.982 \cdot 10^{-25} \text{ kg}$ , odredi na kojoj se dubini volumen mjehurića poveća za jednu osminu. Dodatno, odredi i ukupnu silu na mjehurić na toj dubini. Pretpostavi da se plin u mjehuriću može opisati jednadžbom stanja idealnoga plina te da se mjehurić ne razdvaja pri uzdizanju.

2. Dane su tri posude, prva je ispunjena s jednim kilogramom leda temperature  $-10 \text{ }^\circ\text{C}$ , druga s dva kilograma vode temperature  $10 \text{ }^\circ\text{C}$ , a treća sa šest petina kilograma vode temperature  $95 \text{ }^\circ\text{C}$ . Ako smiješ više puta po dvije posude staviti u termalni kontakt i razdvojiti ih kad želiš te ako je to jedini način prijenosa topline u tom sustavu (dakle, posuda koja nije u kontaktu ni s jednom drugom posudom ne prima niti gubi toplinu), odredi koja je najveća temperatura na koju se može podići posuda s ledom. Specifični toplinski kapacitet leda je  $2.1 \text{ kJ/kgK}$ , vode  $4.19 \text{ kJ/kgK}$ , specifična toplina taljenja leda  $330 \text{ kJ/kg}$ , dok se kapaciteti materijala od kojih su napravljene posude mogu zanemariti.

3. Posuda volumena 7 l ispunjena se s 2 mola idealnoga plina i zabrtvi tako da je u njoj konačni tlak trostruko veći od atmosferskoga. Na posudu se zatim s pomoću jednosmjernog ventila spoji druga, vakuumirana, posuda dvostruko manjega volumena. Ventil propušta čestice iz veće u manju posudu dokle god je tlak u većoj posudi za najmanje 5 kPa veći od tlaka u manjoj posudi. Primijećeno je da je nakon toga u manjoj posudi 2 puta više čestica nego u većoj posudi. Kolike su konačne temperature plina u svakoj posudi? Cijeli je sustav termički izoliran od okoline. Zanimari toplinske kapacitete materijala od kojih su napravljene posude i ventil.

4. Između dvaju konačno velikih toplinskih spremnika postavljena su dva identična Carnotova stroja. Jedan radi kao toplinski stroj, uzimajući 1 kJ topline iz toplijega spremnika svake sekunde te predaje 40 % svjega izlaznog rada drugom stroju koji se time pogoni kao hladnjak. Ako djelovanjem trećih, vanjskih strojeva održavamo temperature spremnika konstantnima na 500 K i 100 K, odredi koliko topline u jedinici vremena svaki od Carnotovih strojeva predaje ili uzima od spremnika te koliko, povrhu toga, topline u jedinici vremena vanjski strojevi trebaju dovoditi ili odvoditi od svakoga spremnika kako bi se oni održali na stalnoj temperaturi.

5. Kružni proces kroz koji prolazi jedan mol jednoatomnoga idealnog plina sastoji se redom (dva procesa koji su spomenuti jedan za drugim spojeni su, kao i posljednji s prvim), od adijabatske ekspanzije, izohornoga hlađenja, izobarnoga hlađenja te ekspanzije opisane pravcem  $p = aV$ , pri čemu je  $a$  nepoznata, pozitivna konstanta. Tlak i volumen plina na krajnjim točkama adijabate jednaki su:  $p_1 = 3 \text{ MPa}$ ,  $V_1 = 1 \text{ m}^3$ ,  $p_2 = 944.9408 \text{ kPa}$ ,  $V_2 = 2 \text{ m}^3$ . Skiciraj, ne nužno u mjerilu, taj proces u  $p$ - $V$  dijagramu i naznači smjer u kojemu se odvija. Odredi koliko topline plin prima ili predaje u svakome dijelu kružnoga procesa ako je tlak u točki u kojoj se sijeku izobara i pravac  $p = aV$  jednak  $p_4 = 1 \text{ kPa}$ .

*Fizikalne konstante:*  $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ ,  $P_{\text{atm}} = 101\,300 \text{ Pa}$ ,  $T_0 = -273.15 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  
 $R = 8.314 \text{ J/Kmol}$ ,  $N_a = 6.022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ .

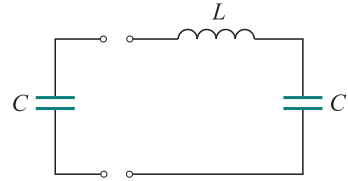
### 3. skupina

1. Tanki bakreni prsten promjera  $D$  nabijen je linearnom gustoćom naboja (elektrona)  $\lambda$ . Zbog njegovog oscilatornog gibanja u sredini prstena stvara se magnetsko polje okomito na ravninu prstena. Ako je vrijednost toga magnetskog polja jednaka  $B(t) = B_0 \sin \omega t$ , odredi izraz za pomak od ravnoteže jednog elektrona  $x(t)$  i brzinu  $v(t)$  preko  $B_0$ ,  $\omega$ ,  $\lambda$  i  $D$ . Zanimari elektromagnetske efekte zbog akceleriranog naboja.

2. Metalna petlja oblika romba stranice  $a = 5 \text{ mm}$ , jednog kuta  $\alpha = 30^\circ$  i otpora  $R = 0.2 \text{ } \Omega$  nalazi se unutar zavojnice promjera  $D = 10 \text{ mm}$ , gustoće namotaja  $n = 20 \text{ mm}^{-1}$ , kojom teče istosmjerna struja  $I = 10 \text{ A}$ . Petlja je postavljena tako da kroz nju prolazi pola maksimalnoga toka magnetskoga polja. U jednome trenutku ugasimo struju. Koliko je pritom naboja proteklo petljom?

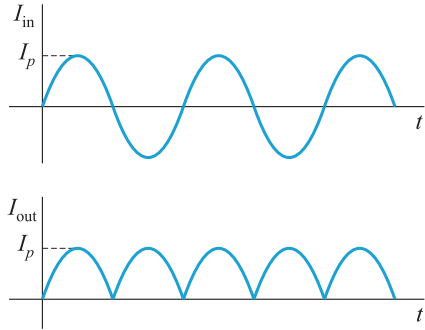
3. Na izvor izmjeničnoga napona efektivne vrijednosti  $U_0 = 220 \text{ V}$ , unutarnjeg otpora  $r$  i frekvencije  $f = 50 \text{ Hz}$  spojimo zavojnicu induktiviteta  $L = 100 \text{ mH}$  i otpora  $R = 50 \text{ } \Omega$ . Odredi unutarnji otpor izvora  $r$  ako je struja u strujnom krugu  $I = 1.5 \text{ A}$ . Odredi kut koji zatvara struja s naponom.

4. Na slici je prikazan idealni krug koji se sastoji od dvaju identičnih kondenzatora  $C = 10 \mu\text{F}$  i zavojnice indukcije  $L = 2.7 \text{ mH}$ . Lijevi kondenzator spojimo prvo na bateriju napona  $U = 24 \text{ V}$ , a potom vratimo u strujni krug u trenutku  $t = 0$ . Nadi:



- frekvenciju titranja strujnog kruga;
- vrijeme u kojemu energija magnetskoga polja zavojnice dostiže maksimum i vrijednost te energije;
- vrijeme u kojemu je naboj na desnome kondenzatoru maksimalan i vrijednost toga naboja.

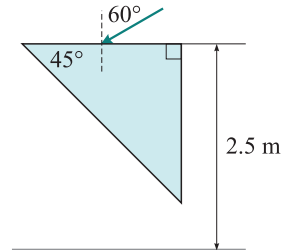
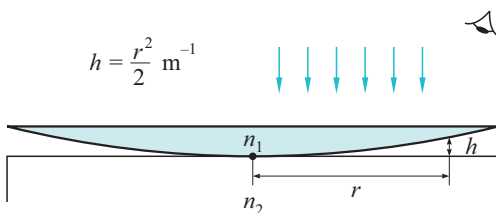
5. Istosmjerni izvor struje  $I_{DC}$  napuni bateriju za  $t = 1 \text{ h}$ . Punimo li bateriju preko izvora izmjenične struje frekvencije  $f = 50 \text{ Hz}$  i efektivne vrijednosti  $I_{\text{eff}} = I_{DC}$ , tako da je spojimo preko punovalnoga ispravljača, koliko će tada vremena trebati da se napuni baterija? Pretpostavimo da se baterija stalno puni jednakom strujom i predstavlja čisti omski otpor. Punovalni ispravljač propušta pozitivni dio struje, a negativni pretvara u pozitivni.



Koristan podatak za zadatak: površina ispod krivulje poluperioda sinusa amplitude 1 ( $y = \sin x$ ) iznosi  $A = 2$ .

#### 4. skupina

1. Monokromatsko zračenje upada na plankonveksnu ploču koja se nalazi na planparalelnoj ploči, kao na slici 1. Donji je rub plankonveksne ploče paraboličan. Za indekse loma vrijedi  $n_1 > n_2 > n_{\text{zrak}} \approx 1$ . Opažać uočava interferencijsku sliku (središnji krug + koncentrični prstenovi). Uranjanjem u tekućinu nepoznatoga indeksa loma radijus prvoga svijetlog prstena poveća se za  $0.125 \text{ mm}$ , a desetoga svijetlog prstena smanji za  $0.283 \text{ mm}$ . Odredi valnu duljinu zračenja i indeks loma tekućine. Središnji krug uzima se kao multi tamni/svijetli prsten.



Slika 1. Plankonveksna ploča na planparalelnoj ploči. Slika 2. Upad bijele svjetlosti na prizmu.

2. Tanki snop bijele svjetlosti upada na prizmu kao što je prikazano na slici 2. Na udaljenosti  $2.5 \text{ m}$  od prizme nalazi se zastor na kojemu uočavamo spektar vidljive svjetlosti. Za materijal od kojega je prizma napravljena indeksi loma za rubne dijelove vidljivoga spektra su  $n_1 = 1.615$  (crvena svjetlost) i  $n_2 = 1.643$  (ljubičasta svjetlost).

- Odredi širinu spektra na zastoru. Dimenzije prizme zanemarive su u odnosu na udaljenosti prizme od zastora.

b) Za koje bi upadne kutove bijele svjetlosti zastor bio potpuno taman. Razmotri samo zrake koje dolaze zdesna.

3. Promatrač sa Zemlje uočava dva svemirska broda koji se kreću po istome pravcu i primjećuje da je jedan od njih dvostruko kraći od drugoga (iako bi imali jednake duljine u mirovanju). Promatrač iz jednoga broda, nazovimo ga brod 1, uočava da promatrač na Zemlji i brod 2 imaju jednak iznos brzine u odnosu na njega.

a) Objasni gibaju li se brodovi u istom ili suprotnim smjerovima za promatrača na Zemlji.

b) Koji se brod, 1 ili 2, čini kraći promatraču na Zemlji? Objasni!

c) Odredi brzine brodova za promatrača na Zemlji.

*Uputa:* Ako se dobije kubna jednadžba jedno je rješenje  $v = c$ , što znači da se kubna jednadžba može faktorizirati kao  $(v - c)P_2(v) = 0$ , pri čemu je  $P_2(v)$  polinom drugoga stupnja.

4. Zvijezda čije zračenje možemo aproksimirati zračenjem crnog tijela zrači jednakom snagom oko valnih duljina  $\lambda_1$  i  $\lambda_2 = 2\lambda_1$ . Valna je duljina na kojoj maksimalno zrači 160 nm veća od  $\lambda_1$ .

a) Odredi valnu duljinu na kojoj zvijezda maksimalno zrači i temperaturu njezine površine.

b) Koliko zvijezda gubi mase po jedinici vremena ako je njezin radijus  $2.38 \cdot 10^9$  m?

5. Uređaj za mjerenje brzine vozila emitira radiovalove frekvencije  $f = 20$  GHz. Radiovalovi se reflektiraju od vozila koje se kreće brzinom  $v$  prema radaru i uređaj detektira reflektirano zračenje koje se pretvara u naponski signal.

a) Odredi frekvencijski pomak  $\Delta f$  između emitiranog i detektiranog zračenja.

b) Detektiranom signalu dodaje se signal iste amplitude, ali frekvencije emitiranoga zračenja te se zatim ukupni signal (tj. njegova apsolutna vrijednost) usrednjuje tako da za vrijeme usrednjavanja  $\tau$  vrijedi  $(\Delta f)^{-1} \gg \tau \gg f^{-1}$ . Odredi brzinu vozila  $v$  ako uređaj izbroji 5000 maksimuma po sekundi u usrednjenom signalu.

*Vrijednosti potrebnih fizikalnih konstanti:* brzina svjetlosti  $c = 2.99792 \cdot 10^8$  ms<sup>-1</sup>, Wienova konstanta  $b = 2.89777 \cdot 10^{-3}$  mK, Planckova konstanta  $h = 6.62607 \cdot 10^{-34}$  Js, Boltzmannova konstanta  $k_B = 1.38065 \cdot 10^{-23}$  JK<sup>-1</sup>, Stefan-Boltzmannova konstanta  $\sigma = 5.67037 \cdot 10^{-8}$  Wm<sup>-2</sup>K<sup>-4</sup>.

*Nikola Poljak*