

mr. sc. Erim Bešić
prof. dr. sc. Janko Herak

ZBIRKA ZADATAKA IZ FIZIKE

**Farmaceutsko-biokemijski fakultet
Sveučilišta u Zagrebu**

Zagreb, 2002.

Recenzent:

doc. dr. sc. Krešimir Sanković

Tisak:

LASERplus, Zagreb

Objavljivanje ove zbirke zadataka pomogle su

Ljekarne Draženović, Metković

CIP – Kategorizacija u publikaciji
Nacionalna i sveučilišna knjižnica - Zagreb

UDK 53 (075.8) (076)

BEŠIĆ, Erim

Zbirka zadataka iz fizike / Erim Bešić, Janko Herak -
Zagreb: Farmaceutsko-biokemijski fakultet, 2002.

ISBN 953-6256-38-x

1. Herak, Janko

I. Fizika - - Zbirka zadataka

421105134

Sva prava pridržana. Nijedan dio ove knjige nije dopušteno reproducirati ili prenositi bilo kojim sredstvima bez prethodne suglasnosti izdavača i autora.

SADRŽAJ

1. GIBANJE I UZROCI GIBANJA	6
1.1 Jednoliko gibanje duž pravca.	
Jednoliko ubrzano gibanje duž pravca	6
1.2 Jednoliko kružno gibanje	8
1.3 Harmonijsko titranje	9
1.4 Newtonovi zakoni. Zakon očuvanja količine gibanja	10
1.5 Opći zakon gravitacije. Gibanje tijela u gravitacijskom polju Zemlje	13
1.6 Elektrostatika sila, električno polje i potencijal.	
Gibanje nabijene čestice u homogenom električnom polju	16
1.7 Gibanje nabijene čestice u homogenom magnetskom polju.	
Spektrograf malih masa	20
1.8 Rad, energija i snaga. Spektrograf masa makromolekula	21
2. OSNOVE FIZIKE ATOMA I JEZGRE	25
2.1 Kvantne pojave	25
2.2 Ekvivalentnost mase i energije	26
2.3 Vodikov atom	26
2.4 Nuklearne reakcije. Energija vezanja jezgre	28
2.5 Radioaktivni raspad	29
3. PLINOV I TEKUĆINE	32
3.1 Kinetička teorija i jednačba stanja idealnog plina	32
3.2 Tlak u fluidima	35
3.3 Uzgon	37
3.4 Napetost površine tekućina. Kapilarnost	38
3.5 Ravnotežna sedimentacija čestica u otopini	40
4. TOPLINA	41
4.1 Termičko rastezanje tvari	41
4.2 Toplinsko ponašanje plina	43
4.3 Toplinsko ponašanje kondenzirane tvari	45
4.4 Toplina i fazni prijelazi	46
5. PRIJENOS TVARI	49
5.1 Tečenje idealnih fluida	49
5.2 Tečenje realnih fluida. Viskoznost fluida	50
5.3 Difuzija i osmoza	52
5.4 Protok naboja	53

6. ELEKTRIČNE I MAGNETSKE POJAVE	55
6.1 Pohrana naboja. Kondenzator	55
6.2 Elektromagnetske pojave	57
6.3 Krugovi istosmjerne struje	60
6.4 Krugovi izmjenične struje	65
7. ELEKTROMAGNETSKI VALOVI. OPTIKA	70
7.1 Valno gibanje	70
7.2 Ogib i interferencija svjetlosnih valova	73
7.3 Međudjelovanje valova i tvari	75
7.4 Refleksija i lom svjetlosti	77
7.5 Leće. Mikroskop	81
<i>Rješenja</i>	85
<i>Fizičke konstante</i>	91
<i>SI prefiksi</i>	86

PREDGOVOR

Visokoškolska nastava opće fizike gotovo je redovito popraćena rješavanjem stvarnih ili hipotetičkih problema vezanih uz nastavno gradivo. Na hrvatskom jeziku postoji nekoliko opsežnih i vrijednih zbirki zadataka iz fizike koje se tiču visokoškolske nastave. Stoga se može postaviti pitanje namjere izdavanja ove zbirke, koja očito nije tako opširna i općenita. Postojeće zbirke nastale su za potrebe nastave fizike na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu ili za potrebe nastave fizike na tehničkim fakultetima. Na tim su fakultetima programi opće fizike mnogo opširniji, pa su im prilagođene i zbirke zadataka. Nasuprot tome, nastava opće fizike za studente farmacije, kemije i biokemije prilično je ograničena po izboru nastavnih sadržaja i po mogućnostima prezentacije gradiva. Na ovim se studijima cjelokupna nastava fizike održava u prvoj nastavnoj godini, pa je u opću fiziku uključen i izbor iz gradiva koje bi prirodno bilo obraditi u kasnijim godinama studija. Stoga je za potrebe ovih studija nastao udžbenik *Osnove kemijske fizike* (autor Janko Herak), a ova je zbirka zadataka usko vezana uz sadržaje i prezentaciju gradiva u tom udžbeniku.

Namjera nam je bila ponuditi studentima zbirku zadataka kojom će se moći sami služiti. Zato su prije svake skupine srodnih zadataka navedeni izrazi koji se koriste pri rješavanju navedene skupine zadataka. Osim toga, na kraju su zbirke ponuđena i rješenja svih zadataka. Izbor zadataka po svojem sadržaju možda i nije toliko prilagođen potrebama kemijskih studija koliko bismo sami to željeli, no vjerujemo da će ova zbirka zadataka biti mnogo prihvatljivija studentima kojima je namijenjena nego općenite i opsežne zbirke zadataka drugih autora.

Autori

1. GIBANJE I UZROCI GIBANJA

1.1 JEDNOLIKO GIBANJE DUŽ PRAVCA. JEDNOLIKO UBRZANO GIBANJE DUŽ PRAVCA

$$\text{Srednja brzina: } \bar{v} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} \quad \text{Trenutna brzina: } \vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt}$$

$$\text{Srednje ubrzanje: } \bar{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} \quad \text{Trenutno ubrzanje: } \vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$$

JEDNOLIKO GIBANJE DUŽ PRAVCA

$$\text{Brzina: } v = \text{konst.} \quad \text{Prijeđeni put: } s = v t$$

JEDNOLIKO UBRZANO GIBANJE DUŽ PRAVCA

a) BEZ POČETNE BRZINE

$$\text{Ubrzanje: } a = \text{konst.} \quad \text{Brzina: } v = a t, \quad v^2 = 2 a s \quad \text{Prijeđeni put: } s = \frac{1}{2} a t^2$$

b) S POČETNOM BRZINOM

$$\text{Ubrzanje: } a = \text{konst.} \quad \text{Brzina: } v = v_0 + a t, \quad v^2 = v_0^2 + 2 a s$$

$$\text{Prijeđeni put: } s = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$$

Zadatak 1.1

Autobus, koji vozi od Zagreba do Splita, prijeđe prvu trećinu puta srednjom brzinom 80 km/h, drugu trećinu puta srednjom brzinom 55 km/h, a treću trećinu puta srednjom brzinom 60 km/h. Kolika je srednja brzina gibanja autobusa na putu od Zagreba do Splita?

Zadatak 1.2

U robnoj kući pomične stepenice podignu kupca koji stoji na njima za jednu minutu. Ako su stepenice nepomične, kupac prijeđe jednaku udaljenost za tri minute. Za koje će vrijeme kupac prijeći ovu udaljenost ako se on penje pomičnim stepenicama?

Zadatak 1.3

S obale je istovremeno odaslan zvučni signal kroz vodu i kroz zrak. Na mirnom brodu ovi su signali primljeni u vremenskom razmaku od 20 s. Koliko je brod udaljen od obale? Brzina zvuka u zraku je 340 m/s, a u vodi 1450 m/s.

Zadatak 1.4

Rijekom, koja teče brzinom 1 m/s, plovi brod brzinom 2 m/s u odnosu na rijeku. Kolika je brzina broda u odnosu na obalu ako on plovi:

- a) nizvodno;
- b) uzvodno;
- c) okomito na smjer toka rijeke?

Zadatak 1.5

Avion leti od juga prema sjeveru brzinom 360 km/h u odnosu na zrak. Vjetar puše brzinom 72 km/h od istoka prema zapadu.

- a) Kolika je rezultantna brzina aviona prema tlu i koji je njen smjer?
- b) Koliko je vremena potrebno da avion stigne u grad udaljen 200 km?

Zadatak 1.6

Automobil se giba duž pravca tako da mu prijeđeni put ovisi o vremenu po izrazu

$$s(t) = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2, \quad v_0 = 10 \text{ m/s}, \quad a = 10 \text{ m/s}^2. \text{ Kolika je srednja brzina gibanja}$$

automobila:

- a) tijekom šeste sekunde;
- b) između 5 s i 5,1 s;
- c) između 5 s i 5,001 s?
- d) Kolika je trenutna brzina automobila nakon 5 s gibanja?

Zadatak 1.7

Atletičar, trkač na 100 m, poslije starta jednoliko povećava svoju brzinu. Nakon pretrčanih 50 m utrke on ima brzinu 51,48 km/h.

- a) Koliko će daleko od starta utrke atletičar biti nakon sljedeće dvije sekunde?
- b) Koliki put pretrči atletičar u petoj sekundi utrke?
- c) Hoće li atletičar postići svjetski rekord koji iznosi 9,78 s?

Zadatak 1.8

Automobil, koji se giba jednoliko ubrzano duž pravca, prijeđe dio puta od 400 m za 24 s. Na tom dijelu puta brzina mu se poveća četiri puta. Kolika je brzina automobila na kraju tog puta?

Zadatak 1.9

Autobus, koji se giba jednoliko duž pravca brzinom 54 km/h, iznenada počne kočiti ispred semafora. Za koje će se vrijeme autobus zaustaviti ispred semafora ako je put kočenja 15 m?

Zadatak 1.10

Vlak, koji se giba jednoliko duž pravca brzinom 35 m/s, pri ulasku u stanicu počne kočiti. Kočenjem se brzina vlaka smanji za 20 m/s na putu dugom 500 m.

- Koliko je usporavanje vlaka?
- Koliki put vlak prijeđe od početka kočenja do potpunog zaustavljanja?

Zadatak 1.11

U 17 h 37 min brzi vlak iz Slavenskog Broda krene prema Zagrebu, a u 18 h drugi brzi vlak krene iz Zagreba prema Slavenskom Brodu. Prvi se vlak giba srednjom brzinom 100 km/h, a drugi vlak srednjom brzinom 92 km/h. Na kojoj udaljenosti od Zagreba i u koliko će se sati vlakovi susresti? Udaljenost Zagreba i Slavenskog Broda je 193 km.

1.2 JEDNOLIKO KRUŽNO GIBANJE

Kutna brzina (kružna frekvencija): $\omega = \frac{\varphi}{t} = 2\pi\nu$ Obodna brzina: $v = \omega r$

Frekvencija: $\nu = \frac{1}{T}$ Centripetalno ubrzanje: $a_{cp} = r\omega^2$

Zadatak 1.12

Brzina točke na rubu gramofonske ploče promjera 28,9 cm je 50 cm/s. Koliko se puta gramofonska ploča okrene u minuti?

Zadatak 1.13

Minutna kazaljka nekog sata tri puta je dulja od sekundne kazaljke. Koliki je omjer obodnih brzina vrhova kazaljki?

Zadatak 1.14

Atletičar, koji jednoliko okreće kladivo na užetu dugom 2 m, okrene se jedanput u $\frac{2}{3}$ s.

- Koliko je centripetalno ubrzanje kladiva?
- Kolikom će brzinom atletičar izbaciti kladivo?

Zadatak 1.15

Koliki put prijeđe automobil za 30 minuta jednolikog gibanja ako točka na obodu gume opsega 1,8 m ima ubrzanje 30 m/s^2 ?

Zadatak 1.16

Rotor centrifuge okrene se 15000 puta u minuti. U rotoru, na dnu epruvete, na udaljenosti 8 cm od osi vrtnje, nalazi se uzorak. Koliko je puta centrifugalna sila na uzorak veća od sile gravitacijskog privlačenja uzorka i Zemlje?

Zadatak 1.17

Rotor centrifuge okrene se 12000 puta u minuti. Kolika je udaljenost uzorka od osi vrtnje ako je centrifugalna sila na uzorak $9 \cdot 10^3$ puta veća od težine uzorka?

Zadatak 1.18

Kolika je kutna i obodna brzina te centripetalno ubrzanje za gibanje:

a) Zemlje oko Sunca;

b) Mjeseca oko Zemlje?

c) Kolika je kutna brzina vrtnje Zemlje oko vlastite osi?

Udaljenost Zemlje i Sunca je $1,49 \cdot 10^{11}$ m, a udaljenost Zemlje i Mjeseca je $3,84 \cdot 10^8$ m. Period kruženja Zemlje oko Sunca je 365,65 dana, a period kruženja Mjeseca oko Zemlje je 27,32 dana.

1.3 HARMONIJSKO TITRANJE

JEDNADŽBE HARMONIJSKOG TITRANJA:

$$x(t) = A \sin(\omega t + \varphi) \quad x(t) = A \cos(\omega t + \varphi)$$

$$\text{Kružna frekvencija: } \omega = 2\pi\nu \quad \text{Frekvencija: } \nu = \frac{1}{T}$$

Zadatak 1.19

Harmonijsko titranje tijela opisano je jednadžbom $x(t) = A \sin \omega t$, $\omega = 1,745 \text{ s}^{-1}$. Koliko je vremena potrebno da se tijelo od ravnotežnog položaja udalji za polovinu vrijednosti maksimalne elongacije?

Zadatak 1.20

Harmonijsko titranje tijela opisano je jednadžbom $x(t) = A \sin \omega t$, $A = 21,4 \text{ cm}$, $\omega = 1,6 \pi \text{ s}^{-1}$. Kolika je elongacija, brzina i ubrzanje tijela 5 s nakon početka titranja?

Zadatak 1.21

Harmonijsko titranje tijela opisano je jednadžbom $x(t) = A \cos(\omega t + \varphi)$, $A = 12 \text{ m}$, $\omega = 2\pi/3 \text{ s}^{-1}$, $\varphi = \pi/4$. Kolika je elongacija, brzina i ubrzanje tijela 1,5 s nakon početka titranja?

Zadatak 1.22

Harmonijsko titranje tijela opisano je jednadžbom $x(t) = A \cos(\omega t + \varphi)$, $A = 5 \text{ m}$, $\omega = \pi/2 \text{ s}^{-1}$, $\varphi = \pi/3$.

a) Koliki je period titranja tijela?

b) Kolika je početna faza titranja tijela?

c) Kolika je elongacija, brzina i ubrzanje tijela dvije sekunde nakon početka titranja?

Zadatak 1.23

Harmonijsko titranje tijela opisano je jednadžbom $x(t) = A \sin \omega t$. Kada je tijelo udaljeno 5 cm od položaja ravnoteže ono ima brzinu 17,3 cm/s i ubrzanje 20 cm/s².

a) Kolika je amplituda titranja tijela?

b) Koliki je period titranja tijela?

Tijelo je počelo titrati iz položaja ravnoteže.

Zadatak 1.24

Tijelo, koje harmonijski titra frekvencijom 5 Hz, prolazi kroz položaj ravnoteže brzinom 2,5 m/s. Kolika je amplituda titranja tijela? Tijelo je počelo titrati iz položaja ravnoteže.

Zadatak 1.25

Materijalna točka istovremeno izvodi dva međusobno okomita harmonijska gibanja opisana jednadžbama: $x(t) = \cos \pi t$, $y(t) = 2 \cos (\pi t / 2)$. Odredite jednadžbu i nacrtajte sliku putanje materijalne točke (ovisnost $y-x$).

1.4 NEWTONOVI ZAKONI. ZAKON OČUVANJA KOLIČINE GIBANJA

2. Newtonov zakon (temeljna jednadžba gibanja): $F = ma = \frac{dp}{dt}$

Elastična sila opruge: $F = -kx$

Centripetalna sila: $F = m\omega^2 r = \frac{mv^2}{r}$

Količina gibanja: $p = mv$

Zakon očuvanja količine gibanja: $\sum_i p_i = \text{konst.}$

Elastični sudar dva tijela: $m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v'_1 + m_2 v'_2$

Neelastični sudar dva tijela: $m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2) v$

Zadatak 1.26

Tijelo mase 50 g pod djelovanjem sile F prijeđe put od 30 m za 2 s. Koliki je iznos sile F ako se tijelo prije početka njenog djelovanja gibalo jednoliko brzinom 1,5 m/s u smjeru djelovanja sile?

Zadatak 1.27

Na mirno tijelo mase 2,5 kg počnu djelovati dvije sile, jedna iznosa 3 N, a druga iznosa 4 N. Koliku će udaljenost tijelo prijeći za tri sekunde gibanja ako sile:

- leže na istom pravcu i istog su smjera;
- leže na istom pravcu, a suprotnog su smjera;
- međusobno tvore pravi kut?

Zadatak 1.28

Dvije sile, $\vec{F}_1 = F_{1x} \vec{i} + F_{1y} \vec{j}$ i $\vec{F}_2 = F_{2x} \vec{i} + F_{2y} \vec{j}$, $F_{1x} = 55 \text{ N}$, $F_{1y} = 60 \text{ N}$, $F_{2x} = 30 \text{ N}$, $F_{2y} = 75 \text{ N}$, djeluju na tijelo mase 100 kg.

- Kolika je ubrzanje tijela?
- Koji je smjer ukupne sile na tijelo?

Zadatak 1.29

Sila iznosa 60 N pokrene tijelo koje u pet sekundi nakon početka gibanja prijeđe put od 120 m.

- Kolika je masa tijela?
- Ako je sila prestala djelovati nakon 5 s, koliku je udaljenost tijelo prešlo tijekom 12 s gibanja?

Zadatak 1.30

Tijelo mase 2 kg giba se jednoliko ubrzano duž pravca tako da mu prijedeni put ovisi o vremenu po izrazu $s(t) = 4,8 t^2 + 3,2 t$.

- Kolika je početna brzina tijela?
- Kolika je sila koja uzrokuje jednoliko ubrzano gibanje tijela?

Zadatak 1.31

Na tijelo mase 1 kg djeluje sila $F(t) = F_0 \left[1 - \left(\frac{2t-T}{T} \right)^2 \right]$, $F_0 = 2 \text{ N}$, u vremenskom

intervalu $0 \leq t \leq T$, $T = 3 \text{ s}$. Kolika je brzina tijela na kraju intervala? Tijelo je prije početka djelovanja sile mirovalo.

Zadatak 1.32

Kada se na elastičnu oprugu objesi uteg, opruga se produlji za 5,4 cm. Koliko će titraja načiniti uteg u jednoj minuti ako se opterećena opruga pusti titrati?

Zadatak 1.33

Kuglica mase 200 g, privezana tankom nerastezljivom niti duljine 70 cm, jednoliko kruži u vertikalnoj ravnini, u gravitacijskom polju Zemlje. Najveća napetost koju nit može izdržati, a da ne pukne je 10 N. Kolika je najveća frekvencija kojom kuglica može kružiti, a da nit pritom ne pukne?

Zadatak 1.34

Uteg privezan tankim užetom duljine 80 cm jednoliko kruži u vertikalnoj ravnini, u gravitacijskom polju Zemlje. Kolika je frekvencija kruženja utega ako je sila koja nateže užu tri puta manja kad je uteg na vrhu nego kad je na dnu svoje putanje?

Zadatak 1.35

Ledolamac mase 5000 t, koji se giba s isključenim motorom brzinom 10 m/s, nalijeće na mirnu santu leda koju gura dalje ispred sebe brzinom 2 m/s. Kolika je masa sante leda? Otpor vode se zanemaruje.

Zadatak 1.36

Kada se proton sudari s neutronom, te se dvije čestice mogu sjediniti u novu česticu (deuteron). Kolikom se brzinom giba deuteron ako se proton prije sudara gibao brzinom $7 \cdot 10^6$ m/s, a neutron $3 \cdot 10^6$ m/s u suprotnom smjeru? Masa neutrona 1,0012 puta je veća od mase protona. Defekt mase se zanemaruje.

Zadatak 1.37

Mirno tijelo mase 5 kg raspadne se na tri dijela. Prvi dio mase 1 kg ima brzinu 5 m/s, a drugi dio mase 2 kg ima brzinu 10 m/s u suprotnom smjeru. Kolika je brzina gibanja trećeg dijela? Pretpostavlja se da je gibanje svih dijelova tijela na istom pravcu.

Zadatak 1.38

Mirna jezgra radija $^{226}_{88}\text{Ra}$ raspadne se α -raspadom. Koliko se puta brže giba emitirana α -čestica od raspadom nastale jezgre? Defekt mase se zanemaruje.

Zadatak 1.39

Neutron brzine 10^7 m/s udara o mirnu jezgru urana $^{235}_{92}\text{U}$. Nakon neelastičnog sudara, neutron i uranova jezgra dalje se gibaju kao nova jezgra.

a) Kolika je brzina gibanja novonastale jezgre?

b) Dok se giba, novonastala se jezgra fisijom raspadne na dva dijela masa $59,48 m_u$ i $178,44 m_u$. Koliki je iznos i smjer brzine manjeg dijela ako se veći dio giba brzinom $7,5 \cdot 10^6$ m/s u smjeru suprotnom od smjera brzine upadnog neutrona? Mase protona i neutrona izražene u atomskim jedinicama mase iznose 1,00728 m_u , odnosno 1,00866 m_u . Defekt mase se zanemaruje.

1.5 OPĆI ZAKON GRAVITACIJE. GIBANJE TIJELA U GRAVITACIJSKOM POLJU ZEMLJE

Opći zakon gravitacije: $F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$ Jakost gravitacijskog polja: $g = G \frac{m}{r^2}$

Privlačenje tijela mase m i Zemlje (sila teža): $F = m g$

GIBANJE TIJELA U GRAVITACIJSKOM POLJU ZEMLJE

a) OPĆENITI SLUČAJ (KOSI HITAC)

$$x = x_0 + v_0 \cos \theta \cdot t \quad v_x = v_0 \cos \theta$$

$$y = x_0 + v_0 \sin \theta \cdot t - \frac{1}{2} g t^2 \quad v_y = v_0 \sin \theta - g t$$

b) SLOBODNI PAD $h = \frac{1}{2} g t^2 \quad v = g t$

c) HORIZONTALNI HITAC $x = v_0 t \quad v_x = v_0 \quad y = \frac{1}{2} g t^2 \quad v_y = g t$

d) VERTIKALNI HITAC PREMA GORE $y = v_0 t - \frac{1}{2} g t^2 \quad v_y = v_0 - g t$

e) VERTIKALNI HITAC PREMA DOLJE $y = v_0 t + \frac{1}{2} g t^2 \quad v_y = v_0 + g t$

Zadatak 1.40

Kolika je privlačna sila između dviju jednakih željeznih kugli, obje mase 100 kg, kada se one dodiruju? Gustoća željeza je $7,8 \text{ g/cm}^3$.

Zadatak 1.41

Na koju visinu iznad površine Zemlje treba podignuti tijelo da bi se njegova težina smanjila dva puta? Prosječni polumjer Zemlje je $6,37 \cdot 10^6 \text{ m}$.

Zadatak 1.42

Koliko bi dugo trebao trajati dan na Zemlji da tijela na ekvatoru budu u bestežinskom stanju? Polumjer Zemlje na ekvatoru je 6377 km, a masa Zemlje je $5,96 \cdot 10^{24} \text{ kg}$.

Zadatak 1.43

U satelitu, koji jednoliko kruži oko Zemlje na udaljenosti 251 km od površine Zemlje, potrebno je načiniti biokemijski pokus u bestežinskom stanju.

a) Kolika je brzina kruženja satelita oko Zemlje?

b) Koliki je period kruženja satelita oko Zemlje?

Prosječni polumjer Zemlje je $6,37 \cdot 10^6$ m, a masa Zemlje je $5,96 \cdot 10^{24}$ kg.

Zadatak 1.44

Polumjer Marsa je 0,53 polumjera Zemlje, a masa Marsa je 0,11 mase Zemlje. Koliko je puta jakost gravitacijskog polja na površini Marsa manja od jakosti gravitacijskog polja na površini Zemlje?

Zadatak 1.45

Tijekom posljednje sekunde slobodnog pada kamen prijeđe polovinu ukupne duljine puta. S koje visine i koliko je dugo kamen padao? Otpor zraka se zanemaruje.

Zadatak 1.46

Lopta, koja slobodno pada, prijeđe posljednjih 15 m svog puta za 0,4 s. S koje je visine lopta počela padati? Otpor zraka se zanemaruje.

Zadatak 1.47

Koliko je dubok bunar ako od trenutka kada se u njega ispusti kamen, pa do trenutka kada se čuje udarac kamena o vodu prođe 7,5 s? Brzina zvuka u zraku je 340 m/s. Otpor zraka se zanemaruje.

Zadatak 1.48

Kolikom brzinom treba baciti kamen vertikalno prema dolje da bi on pao s visine 25 m na tlo sekundu prije nego kad bi slobodno padao s jednake visine? Otpor zraka se zanemaruje.

Zadatak 1.49

Koliko će visoko uvis skočiti košarkaš koji se od Zemlje odrazi brzinom 3 m/s? Otpor zraka se zanemaruje.

Zadatak 1.50

Astronaut Neil Armstrong je s cjelokupnom astronautskom opremom na Zemlji mogao skočiti uvis 40 cm visoko. Koliko je visoko s istim odrazom i istom opremom mogao skočiti uvis na Mjesecu? Jakost gravitacijskog polja Zemlje šest je puta veća od jakosti gravitacijskog polja Mjeseca. Otpor zraka se zanemaruje.

Zadatak 1.51

Lopta je izbačena sa zgrade visoke 10 m vertikalno prema gore brzinom 12 m/s. Kolika je najveća visina na koju se lopta popne u odnosu na tlo? Otpor zraka se zanemaruje.

Zadatak 1.52

Dječak iz pračke izbacuje kamen brzinom 5 m/s horizontalno s ruba zgrade visoke 30 m.

- a) Na kojoj će udaljenosti od ruba zgrade kamen pasti na tlo?
- b) Kolikom će brzinom kamen udariti o tlo?

Otpor zraka se zanemaruje.

Zadatak 1.53

Jan Zelezny, svjetski rekorder u bacanju koplja, izbacuje koplje brzinom 30,5 m/s pod kutom 35° u odnosu na površinu Zemlje.

- a) Koliki je dolet hica?
- b) Pod kojim bi kutom Zelezny trebao izbaciti koplje da ono ima najveći dolet?
- c) Ako bi Zelezny izbacio koplje pod kutom kao u slučaju b), gore navedenom brzinom, bi li oborio vlastiti svjetski rekord koji iznosi 96,96 m?

Visina izbačaja koplja i otpor zraka se zanemaruju.

Zadatak 1.54

Tijelo izbačeno brzinom v_0 pod kutom α u odnosu na površinu Zemlje padne na tlo nakon 4 s. Koliku je najveću visinu tijelo postiglo tijekom gibanja? Otpor zraka se zanemaruje.

Zadatak 1.55

Pod kojim je minimalnim kutom potrebno izbaciti topovsko zrno početne brzine 500 m/s da bi ono bilo prebačeno preko brda visokog 100 m na udaljenosti 2 km od mjesta izbačaja? Otpor zraka se zanemaruje.

Zadatak 1.56

Tijelo je izbačeno s ruba zgrade visoke 24,5 m brzinom 39,2 m/s pod kutom 30° u odnosu na površinu Zemlje.

- a) Nakon koliko će vremena tijelo udariti o tlo?
- b) Na kojoj će udaljenosti od ruba zgrade tijelo pasti na tlo?
- c) Kolikom će brzinom tijelo udariti o tlo?
- d) Kolika je najveća visina na koju se tijelo popne u odnosu na tlo?

Otpor zraka se zanemaruje.

Zadatak 1.57

Za vrijeme treninga tenisačica reketom odbaci loptu brzinom 158,4 km/h na visini 40 cm iznad tla. Hoće li lopta, koja je odbačena pod kutom 5° u odnosu na površinu Zemlje, biti prebačena preko mreže visoke 1 m, koja se nalazi na udaljenosti 10 m od mjesta udarca lopte? Otpor zraka se zanemaruje.

1.6 ELEKTROSTATIČKA SILA, ELEKTRIČNO POLJE I POTENCIJAL. GIBANJE NABIJENE ČESTICE U HOMOGENOM ELEKTRIČNOM POLJU

Coulombov zakon: $F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2}$ Jakost električnog polja: $E = \frac{F}{q}$

Električno polje točkastog naboja: $E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2}$ Električni potencijal: $V = \frac{U}{q}$

Električni potencijal točkastog naboja: $V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r}$

Napon (razlika potencijala): $V_{AB} = V_A - V_B$

Rad što ga obavi nabijena čestica koja se giba kroz razliku potencijala: $W = qV$

GIBANJE NABIJENE ČESTICE U HOMOGENOM ELEKTRIČNOM POLJU

a) OPĆENITI SLUČAJ

$$x = x_0 + v_0 \cos \theta \cdot t \quad v_x = v_0 \cos \theta$$

$$y = x_0 + v_0 \sin \theta \cdot t + \frac{1}{2} \frac{qE}{m} t^2 \quad v_y = v_0 \sin \theta + \frac{qE}{m} t$$

b) ČESTICA ULIJEĆE OKOMITO NA SMJER ELEKTRIČNOG POLJA

$$x = v_0 t \quad v_x = v_0 \quad y = \frac{1}{2} \frac{qE}{m} t^2 \quad v_y = \frac{qE}{m} t$$

c) ČESTICA ULIJEĆE U SMJERU ELEKTRIČNOG POLJA

$$y = v_0 t + \frac{1}{2} \frac{qE}{m} t^2 \quad v_y = v_0 + \frac{qE}{m} t$$

d) ČESTICA ULIJEĆE NASUPROT SMJERA ELEKTRIČNOG POLJA

$$y = v_0 t - \frac{1}{2} \frac{qE}{m} t^2 \quad v_y = v_0 - \frac{qE}{m} t$$

Zadatak 1.58

Koliko je puta odbojna sila između dva elektrona u vakuumu veća od njihovog gravitacijskog privlačenja na jednakoj udaljenosti?

Zadatak 1.59

- a) Kolika je masa skupine protona ukupnog naboja 1 C?
- b) Koliki je ukupni naboj 1 kg protona?

Zadatak 1.60

Kuglica naboja q_1 , mase 1 g, lebdi u vakuumu, u gravitacijskom polju Zemlje, na udaljenosti 5 cm ispod kuglice naboja $q_2 = +70$ nC. Koliki je iznos i koji je predznak naboja q_1 ?

Zadatak 1.61

Središta dviju jednakih metalnih kugli, jedne naboja $+7 \cdot 10^{-8}$ C, a druge naboja $-3 \cdot 10^{-8}$ C, međusobno su udaljena 2 m u vakuumu. Kolika će biti odbojna sila između kugli nakon što se one dovedu u dodir, a zatim ponovno vrate u početni položaj?

Zadatak 1.62

Dvije kuglice, svaka mase 100 g, pričvršćene su na svilene niti zanemarive mase i obješene su u zajedničkoj točki u vakuumu. Kada se kuglice nabiju pozitivnim nabojem iznosa $1 \mu\text{C}$, niti se otklone tako da međusobno tvore kut od 10° . Kolika je međusobna udaljenost kuglica nakon otklona?

Zadatak 1.63

Dva jednaka točkasta naboja, $q_1 = q_2 = +10^{-9}$ C, nalaze se u vakuumu, u dva vrha jednakokraničnog trokuta duljine stranice 50 cm, dok je treći točkasti naboj, $q_3 = +2 \cdot 10^{-9}$ C, u trećem vrhu trokuta. Odredite iznos i smjer rezultantne sile na naboj q_3 .

Zadatak 1.64

Četiri jednaka pozitivna točkasta naboja, svaki iznosa 1 nC, nalaze se u vakuumu, u vrhovima kvadrata duljine stranice 10 cm.

- a) Kolika je jakost električnog polja u središtu kvadrata?
- b) Koliki je električni potencijal u središtu kvadrata?

Zadatak 1.65

Pozitivni točkasti naboj iznosa 1 nC nalazi se u vakuumu, u točki A (2,3) m.

- a) Kolika je jakost električnog polja i koliki je električni potencijal u točki B (−3,6) m?
- b) Kolika je sila koja djeluje na elektron smješten u točki B?

Zadatak 1.66

Kapljica ulja oblika kugle, naboja $+2e$, lebdi u vakuumu, u gravitacijskom polju Zemlje, između horizontalno postavljenih ploča kondenzatora međusobno razmaknutih 2 mm. Koliki je promjer kapljice ulja ako je razlika potencijala između ploča 100 V? Gustoća ulja je $0,9 \text{ g/cm}^3$.

Zadatak 1.67

α -čestica ($+2e$) i proton ($+e$) međusobno su udaljeni 1 m u vakuumu. Na kojoj se udaljenosti od α -čestice, na spojnici α -čestice i protona, nalazi točka u kojoj je jakost električnog polja što ga stvaraju ove dvije čestice jednaka ničiti?

Zadatak 1.68

Razlika potencijala između dvije paralelne ploče smještene u vakuumu je 2,5 kV. Kolikom će brzinom pozitivno nabijeni ion H^+ (proton) udariti o negativno nabijenu ploču ako se on zanemarivo malom brzinom odvoji od pozitivno nabijene ploče? Pretpostavlja se da je električno polje između ploča homogeno.

Zadatak 1.69

Koliki je rad potreban za prijenos pozitivnog naboja iznosa 20 nC iz beskonačnosti u točku koja je 1 cm udaljena od površine kugle polumjera 2 cm i površinske gustoće naboja 10^{-5} C/m^2 .

(Naputak: Površinska gustoća naboja definirana je izrazom $\sigma = \frac{dq}{dS}$)

Zadatak 1.70

Elektron se giba od negativno do pozitivno nabijene ploče pločastog kondenzatora koje su međusobno razmaknute 5,3 mm u vakuumu. Kolika je jakost homogenog električnog polja u kojem se elektron giba ako on udara o pozitivno nabijenu ploču brzinom 10^6 m/s ?

Zadatak 1.71

Iz točke električnog polja potencijala 6 kV izlijeće elektron brzinom $3 \cdot 10^7 \text{ m/s}$ i giba se u smjeru električnog polja. Koliki je potencijal točke električnog polja u kojoj je brzina elektrona jednaka ničiti?

Zadatak 1.72

Elektron ulijeće brzinom $2 \cdot 10^7 \text{ m/s}$ u homogeno električno polje jakosti 30 V/cm, u smjeru električnog polja. Kolika je brzina elektrona nakon prijeđenog puta od 10 cm u električnom polju?

Zadatak 1.73

Elektron ulijeće brzinom $4 \cdot 10^6 \text{ m/s}$ u homogeno električno polje, suprotno smjeru električnog polja. Kolika je jakost električnog polja u kojem se elektron giba ako je brzina elektrona nakon prijeđenog puta od 2 cm u električnom polju $6,089 \cdot 10^6 \text{ m/s}$?

Zadatak 1.74

Negativno nabijeni ion, naboja $-2e$ i mase $1,37 \cdot 10^{-30}$ kg, ubrzan je razlikom potencijala homogenog električnog polja od 2 kV. Nakon toga ion ulijeće u drugo homogeno električno polje, suprotno smjeru električnog polja. Kolika je jakost električnog polja u koje je ion uletio ako je nakon prijeđenog puta od 10 cm u električnom polju brzina iona $5,8 \cdot 10^7$ m/s?

Zadatak 1.75

Elektron ulijeće brzinom $2 \cdot 10^7$ m/s u homogeno električno polje horizontalnih otklonskih pločica katodne cijevi. Do trenutka ulaska u polje elektron se gibao duž osi cijevi koja je okomita na smjer polja i jednako je udaljena od obje pločice. Pločice su međusobno razmaknute 2 cm, duge su 10 cm, a razlika potencijala između njih je 100 V. Koliki je kut otklona vektora brzine elektrona pri prolasku kroz električno polje?

Zadatak 1.76

Elektron ulijeće brzinom $3 \cdot 10^7$ m/s u homogeno električno polje horizontalnih otklonskih pločica katodne cijevi. Do trenutka ulaska u polje elektron se gibao duž osi cijevi koja je okomita na smjer polja i jednako je udaljena od obje pločice. Pločice su duge 4 cm, međusobno su razmaknute 1 cm, a razlika potencijala između njih je 320 V. Koliki je specifični naboj (omjer e/m) ako elektron udara točno u rub jedne otklonske pločice?

Zadatak 1.77

Elektron, ubrzan razlikom potencijala od 600 V između katode i anode katodne cijevi, prolazi kroz homogeno električno polje horizontalnih otklonskih pločica i udara o zaslon udaljen 30 cm od otklonskih pločica. Pločice su međusobno razmaknute 1,1 cm, duge su 5 cm, a razlika potencijala između njih je 20 V. Koliki je otklon elektrona na zaslonu s obzirom na njegov prvotni smjer gibanja?

1.7 GIBANJE NABIJENE ČESTICE U HOMOGENOM MAGNETSKOM POLJU. SPEKTROGRAFI MALIH MASA

Lorentzova sila: $\vec{F} = q \vec{v} \times \vec{B}$ $F = q v B \sin \theta$

GIBANJE NABIJENE ČESTICE U HOMOGENOM MAGNETSKOM POLJU

Polumjer kružnice: $r = \frac{mv}{qB}$ Frekvencija kruženja: $\omega = \frac{qB}{m}$

Zadatak 1.78

Ioni izotopa klora, ^{35}Cl i ^{37}Cl , svaki naboja $+e$, ulijeću brzinom $5 \cdot 10^4$ m/s u homogeno magnetsko polje spektrografa masa okomito na smjer magnetskog polja. Kolika je udaljenost mjesta na koja ioni udaraju ako je primijenjeno magnetsko polje u spektrografu indukcije 0,2 T? Relativne atomske mase iona ^{35}Cl i ^{37}Cl su 34,969 i 36,966.

Zadatak 1.79

Dva iona različitih izotopa dušika, svaki naboja $+e$, jedan količine gibanja $6,42 \cdot 10^{-21}$ N·s, a drugi količine gibanja $6,73 \cdot 10^{-21}$ N·s, ulijeću u homogeno magnetsko polje spektrografa masa okomito na smjer magnetskog polja. Kolika je udaljenost između mjesta na koja ioni udaraju ako je primijenjeno magnetsko polje u spektrografu indukcije 0,25 T?

Zadatak 1.80

Dva iona različitih izotopa dušika, svaki naboja $+e$, jedan količine gibanja $4,32 \cdot 10^{-20}$ N·s, a drugi količine gibanja $4,65 \cdot 10^{-20}$ N·s, ulijeću u homogeno magnetsko polje spektrografa masa okomito na smjer magnetskog polja. Kolika je udaljenost između mjesta na koja ioni udaraju ako teži izotop udara na udaljenosti 40 cm od mjesta ulaska u spektrograf?

Zadatak 1.81

Ioni ugljika, kisika i nepoznatog elementa, svaki naboja $+e$, ulijeću u homogeno magnetsko polje spektrografa masa okomito na smjer magnetskog polja. Udaljenost mjesta na koja udaraju ioni ugljika i kisika je 2,25 cm. Ioni nepoznatog elementa udaraju između njih na udaljenosti 1,16 cm od mjesta na koje udaraju ioni ugljika. Kolika je masa iona nepoznatog elementa ako je masa iona ugljika $12 m_u$, a kisika $16 m_u$?

Zadatak 1.82

Kolika je brzina elektrona koji se giba jednoliko duž pravca kroz međusobno okomito homogeno magnetsko polje indukcije 0,1 T i homogeno električno polje jakosti 350 V/m?

Zadatak 1.83

Ion naboja $+e$, ubrzan razlikom potencijala od 7000 V, ulijeće u homogeno magnetsko polje indukcije 2 T okomito na smjer magnetskog polja. Kolika je masa iona ako se on u magnetskom polju giba po kružnici polumjera 150 cm?

Zadatak 1.84

Ion mase $1,25 \cdot 10^{-25}$ kg, naboja $+e$, ubrzan razlikom potencijala od 7 kV ulijeće u homogeno magnetsko polje okomito na smjer magnetskog polja. Kolika je indukcija magnetskog polja ako se ion u njemu giba po kružnici polumjera 25 cm?

Zadatak 1.85

Proton ulijeće brzinom v u homogeno magnetsko polje indukcije 0,1 T okomito na smjer magnetskog polja.

- Koliko je vremena potrebno protonu da načini jedan krug u magnetskom polju?
- Kolika je masa iona klora, naboja $+e$, kojemu je potrebno 35,2 puta više vremena da načini jedan krug u istom magnetskom polju?

1.8 RAD, ENERGIJA I SNAGA. SPEKTROGRAF MASA MAKROMOLEKULA

$$\text{Rad: } W_{AB} = \int_A^B \vec{F} \cdot d\vec{r} \quad \text{Rad stalne sile: } W = \vec{F} \cdot \vec{s} = F s \cos \theta$$

$$\text{Kinetička energija: } E = \frac{1}{2} m v^2$$

$$\text{Potencijalna energija tijela u gravitacijskom polju Zemlje: } U = m g h$$

$$\text{Potencijalna energija elektrostatike sile: } U = \frac{1}{4 \pi \epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r}$$

$$\text{Potencijalna energija elastične sile: } U = \frac{1}{2} k x^2$$

$$\text{Zakon očuvanja mehaničke energije: } E_{uk} = \frac{1}{2} m v^2 + m g h = \text{konst.}$$

$$\text{Snaga: } P = \frac{dW}{dt} = \vec{F} \cdot \vec{v}$$

$$\text{Odnos jedinica elektronvolt i džul: } 1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

SPEKTROGRAF MASA MAKROMOLEKULA:

$$\text{Ubrzavanje makromolekula: } \frac{1}{2} m v^2 = Z e V \quad \text{Vrijeme preleta: } t = \frac{L}{v}$$

Zadatak 1.86

Pod kojim kutom u odnosu na površinu Zemlje majka gura dječja kolica silom od 8 N, ako ona pritom na putu dugom 20 m obavi rad od 123 J? Trenje između kotača kolica i tla se zanemaruje.

Zadatak 1.87

Na mirno tijelo počne djelovati sila F u smjeru gibanja tijela. Pod njenim djelovanjem tijelo prijeđe put od 4 m. Koliki je rad sile:

- a) ako je ona stalna na danom putu, $F = F_0 = 2$ N;
- b) ako ona ovisi o putu na način $F(x) = A \cdot x$, $A = 3,2$ N/m?

Zadatak 1.88

Automobil, koji u početku miruje, pod utjecajem pogonske sile motora iznosa 30 N, nakon 4 s gibanja ima kinetičku energiju 720 J. Kolika je tada brzina automobila?

Zadatak 1.89

Kolika je kinetička energija satelita mase 10^3 kg koji kruži oko Zemlje na udaljenosti 248 km od površine Zemlje? Prosječni polumjer Zemlje je $6,37 \cdot 10^6$ km, a masa Zemlje je $5,96 \cdot 10^{24}$ kg.

Zadatak 1.90

Kamen mase 200 g slobodno padne sa zgrade za 1,44 s. Kolika je bila kinetička energija kamena na polovini puta? Otpor zraka se zanemaruje.

Zadatak 1.91

Uteg privezan tankim užetom kruži jednolikom brzinom u horizontalnoj ravnini u gravitacijskom polju Zemlje. Pritom je kinetička energija utega 8 J.

- a) Kolika je duljina užeta ako je napetost užeta 20 N?
- b) Kolika je masa utega ako je period njegovog kruženja 1,5 s?

Zadatak 1.92

Brzina leta tenisne loptice prema reketu je 25 m/s. Odbačena reketom ona leti brzinom 30 m/s u suprotnom smjeru. Kolika je promjena količine gibanja loptice ako se kinetička energija loptice promijenila za 6,75 J?

Zadatak 1.93

Sa zgrade visoke 20 m izbačen je vertikalno prema gore kamen mase 650 g. Kolikom je brzinom kamen izbačen ako nakon 2 s gibanja gravitacijska potencijalna energija kamena u odnosu na tlo iznosi 220 J? Otpor zraka se zanemaruje.

Zadatak 1.94

Žena mase 50 kg potroši 4 kcal energije sadržane u hrani za svaku kcal obavljenog rada. Koliko energije sadržane u hrani ona treba potrošiti da bi se popela na brdo visoko 1,5 km? (Naputak: 1 cal = 4,186 J)

Zadatak 1.95

Čovjek mase 80 kg laganim se hodom popne iz Zagreba (nadmorska visina 135 m) na Sljeme (nadmorska visina 1035 m). Koliko pritom grama više on izgubi na svojoj masi nego kad bi propješačio jednaku udaljenost lagano hodajući Zagrebom? Jedan kilogram masnoga tkiva može dati oko 6000 kcal energije upotrebljive ljudskom organizmu. (Naputak: 1 cal = 4,186 J)

Zadatak 1.96

Kolika je potencijalna energija dvaju jednovalentnih iona suprotnih predznaka koji su međusobno udaljeni 0,6 nm u vakuumu? Rezultat izrazite u elektronvoltima.

Zadatak 1.97

Na kojoj se međusobnoj udaljenosti u vakuumu nalaze dva dvovalentna iona istih predznaka ako je njihova potencijalna energija 5,75 eV?

Zadatak 1.98

Kada na elastičnu oprugu djeluje sila iznosa 19,6 N, opruga se stegne za 1 cm. Koliki rad treba obaviti da se opruga stegne za 20 cm?

Zadatak 1.99

Harmonijsko titranje tijela mase 100 g opisano je jednadžbom $x(t) = A \sin \omega t$, $A = 5$ cm, $\omega = 0,2$ s⁻¹. Kolika je kinetička energija tijela 4,5 s nakon početka titranja?

Zadatak 1.100

Kolika je ukupna energija tijela koje harmonijski titra amplitudom 15 cm na elastičnoj oprugi konstante 50 N/m? Tijelo je počelo titrati iz položaja ravnoteže.

Zadatak 1.101

Kuglica padne na tlo s visine 20 m. Udarivši o tlo, ona odskoči vertikalno uvis dva puta manjom brzinom od brzine kojom je pala. Na koju će se visinu popeti kuglica nakon odskoka? Otpor zraka se zanemaruje.

Zadatak 1.102

Kuglica načinjena od plastelina, mase 300 g, giba se brzinom 4 m/s i udari o drugu, mirnu kuglicu jednake mase, također načinjenu od plastelina. Koliki se dio energije prilikom njihovog sudara pretvorio u toplinu ako je sudar kuglica bio centralan i neelastičan?

Zadatak 1.103

Kuglica, koja se giba brzinom 4 m/s od zapada prema istoku, sudari se s kuglicom načinjenom od istog materijala, dva puta manjeg polumjera, koja se giba brzinom 2 m/s od juga prema sjeveru. Kolika je brzina kuglica nakon sudara ako je on bio centralan i neelastičan?

Zadatak 1.104

Kolika je snaga čovjeka mase 70 kg kojemu je potrebno dvije minute da se popne stepenicama u ured koji se nalazi na visini 50 m od prizemlja?

Zadatak 1.105

Prilikom teškog fizičkog rada ljudsko se srce stegne 150 puta u minuti. Kolika je snaga srca ako pri svakom stezaju ono obavi rad jednak radu potrebnom da se uteg mase 500 g digne 40 cm visoko?

Zadatak 1.106

Kolika je brzina jednolikog uspinjanja helikoptera mase 10 t ako pritom njegov motor razvija snagu od 2943 kW? Trenje propelera helikoptera sa zrakom se zanemaruje.

Zadatak 1.107

Vrijeme preleta dvostruko ionizirane biološke molekule kroz komoru masenog spektrometra duljine 75 cm je 150 μs . Kolika je masa molekule ako je ona ubrzavana razlikom potencijala od 1,5 kV?

Zadatak 1.108

Uparene molekule nekog proteina, koje imaju tri stupnja ionizacije ($+e$, $+2e$, $+3e$), ubrzane su razlikom potencijala od 1,5 kV i puštene su kroz komoru masenog spektrometra duljine 50 cm. Kolika je relativna molekulska masa proteina ako su izmjerena vremena preleta bila 131,5 μs , 93,0 μs i 76,0 μs ?

Zadatak 1.109

U masenom spektrografu duljine komore 50 cm opažena su četiri vremena preleta ionizirane biološke molekule: 105 μs , 74 μs , 61 μs i 52 μs . Kolike stupnjeve ionizacije ima biološka molekula ako je ona bila ubrzana razlikom potencijala od 2 kV? Relativna molekulska masa biološke molekule je 17000.

2. OSNOVE FIZIKE ATOMA I JEZGRE

2.1 KVANTNE POJAVE

Energija kvanta emitirane (apsorbirane) elektromagnetske energije: $E = h \nu$

Brzina širenja elektromagnetskog vala: $c = \lambda \nu$

De Broglieva relacija: $m v = \frac{h}{\lambda}$

Zadatak 2.1

Kolika je valna duljina elektromagnetskog vala energije 2,24 keV?

Zadatak 2.2

Kolika je energija elektromagnetskog vala valne duljine 9 nm? Rezultat izrazite u elektronvoltima.

Zadatak 2.3

Kolika je valna duljina rendgenskih zraka dobivenih u rendgenskoj cijevi ako je razlika potencijala između katode i anode 50 kV?

Zadatak 2.4

Podaci o kristalnoj strukturi čvrstih tijela mogu se dobiti ogibom elektrona na kristalu. Valna duljina elektrona koji se pritom primijenjuju je 0,1 nm.

- Kolikom se brzinom gibaju elektroni ove valne duljine?
- Kolika je njihova kinetička energija? Rezultat izrazite u elektronvoltima.

Zadatak 2.5

Za određivanje strukture kristala koriste se elektroni energije 150,6 eV. Kolika je valna duljina tih elektrona?

Zadatak 2.6

Elektronski mikroskop može razlučiti strukture koje su deset ili više puta veće od valne duljine upotrijebljenih elektrona. Kolika je najmanja veličina strukture koja se može razlučiti elektronskim mikroskopom koji koristi elektrone kinetičke energije 10 keV?

Zadatak 2.7

Koliku valnu duljinu imaju elektroni u elektronskom mikroskopu ako je razlika potencijala između katode i anode mikroskopa 60 kV?

Zadatak 2.8

U van der Graaffovom elektrostatičkom akceleratoru ubrzavaju se α -čestice naponom od 5 MV. Kolika je valna duljina α -čestica ako je njihova masa $4 m_u$, a naboj $+2e$?

2.2 EKVIVALENTNOST MASE I ENERGIJE

Ekvivalentnost mase i energije: $E = mc^2$ Relativistička masa: $m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$

Zadatak 2.9

Kolika je relativistička masa elektrona ubrzanog razlikom potencijala od 1 MV?

Zadatak 2.10

Kolikom se brzinom giba elektron ako mu je masa dva puta veća od mase mirovanja? Kolika je kinetička energija elektrona?

Zadatak 2.11

Koliko je fotona crvene svjetlosti valne duljine 680 nm po energiji ekvivalentno masi jednog grama?

Zadatak 2.12

Koliko je fotona žute svjetlosti valne duljine 550 nm po energiji ekvivalentno masi jednog protona?

2.3 VODIKOV ATOM

Valna duljina emitiranog (apsorbiranog) elektromagnetskog zračenja pri prijelazu iz višeg u niže (iz nižeg u više) energijsko stanje vodikovog atoma:

$$\frac{1}{\lambda} = R_{\infty} \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right), \quad n_2 > n_1$$

Lymanov niz linija: $n_1 = 1, n_2 = 2, 3, 4, \dots$

Balmerov niz linija: $n_1 = 2, n_2 = 3, 4, 5, \dots$

Paschenov niz linija: $n_1 = 3, n_2 = 4, 5, 6, \dots$

Zadatak 2.13

Kolike su valne duljine i kolike su pripadne frekvencije prvih četiriju spektralnih linija Lymanovog niza u spektru vodikovog atoma?

Zadatak 2.14

Spektar vodikovog atoma sadrži četiri linije čije se valne duljine nalaze u vidljivom dijelu spektra. Koji prijelazi uzrokuju ove linije i kolike su njihove valne duljine?

Zadatak 2.15

Kolika je najveća i najmanja valna duljina emitiranog zračenja u Paschenovom nizu spektra vodikovog atoma?

Zadatak 2.16

Kolika je frekvencija svjetlosti koju emitira elektron vodikovog atoma pri prijelazu iz pete u drugu energijsku razinu? Kolika je energija danog prijelaza izražena u elektronvoltima?

Zadatak 2.17

Kolika je valna duljina druge linije Lymanovog niza u spektru vodikovog atoma? Kolika je energija danog prijelaza izražena u elektronvoltima?

Zadatak 2.18

Vodikov atom emitira foton frekvencije $2,3402 \cdot 10^{14}$ Hz (Paschenov niz linija), a nakon toga apsorbira foton frekvencije $1,5998 \cdot 10^{14}$ Hz. Na kojoj je energijskoj razini elektron u vodikovom atomu bio prije emisije, a na kojoj je nakon apsorpcije?

Zadatak 2.19

U Bohrovom modelu atoma vodika elektron se giba po strogo određenim kružnicama oko jezgre. Kolika je frekvencija kruženja elektrona oko jezgre ako je polumjer kruženja 52,9 pm (Bohrov polumjer)?

(Naputak: Danas se zna da je Bohrov model vodikovog atoma, u kojemu se elektron giba oko jezgre po strogo određenim kružnicama, netočan.)

2.4 NUKLEARNE REAKCIJE. ENERGIJA VEZANJA JEZGRE

Označivanje jezgri: A_ZX Z – redni broj, A – maseni broj

Defekt mase: $\Delta m = Z m_p + N m_n - m_{Z,A}$

Prosječna energija vezanja po jednom nukleonu: $E_v = \frac{\Delta m c^2}{A}$

α -raspad: ${}^A_ZX \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}Y + {}^4_2\text{He}$ Negativni β -raspad: ${}^A_ZX \rightarrow {}^A_{Z+1}Y + {}^0_{-1}e$

Energijski ekvivalent atomske jedinice mase: $E = m_u c^2 = 931,48 \text{ MeV}$

Zadatak 2.20

Kolika je prosječna energija vezanja jezgre ${}^{14}_7\text{N}$ po jednom nukleonu? Rezultat izrazite u megaelektronvoltima. Mase elektrona, protona i neutrona izražene u atomskim jedinicama mase iznose redom $0,00055 m_u$, $1,00728 m_u$ i $1,00866 m_u$. Relativna atomska masa dušika je 14,00307.

Zadatak 2.21

Kolika je prosječna energija vezanja jezgre ${}^{27}_{13}\text{Al}$ po jednom nukleonu? Rezultat izrazite u megaelektronvoltima. Mase elektrona, protona i neutrona izražene u atomskim jedinicama mase iznose redom $0,00055 m_u$, $1,00728 m_u$ i $1,00866 m_u$. Relativna atomska masa aluminija je 26,98146.

Zadatak 2.22

Koliko se energije oslobodi u nuklearnoj reakciji sporog (gotovo mirnog) neutrona s jezgrom urana: ${}_0^1n + {}^{235}_{92}\text{U} \rightarrow {}^{90}_{38}\text{Sr} + {}^{144}_{54}\text{Xe} + 2{}_0^1n$? Mase urana, stroncija, ksenona, neutrona i elektrona izražene u atomskim jedinicama mase iznose redom $235,03938 m_u$, $89,90774 m_u$, $143,90827 m_u$, $1,00866 m_u$ i $0,00055 m_u$.

Zadatak 2.23

Kolika se minimalna energija treba utrošiti za nuklearnu reakciju ${}^{12}_6\text{C} + {}^1_0n \rightarrow {}^9_4\text{Be} + {}^4_2\text{He}$? Mase ugljika, berilija, helija, neutrona i elektrona izražene u atomskim jedinicama mase iznose redom $12,00000 m_u$, $9,01219 m_u$, $4,00260 m_u$, $1,00866 m_u$ i $0,00055 m_u$.

Zadatak 2.24

Eksplוזija H-bombe termonuklearna je reakcija pri kojoj iz deuterija i tricija nastaje helij: ${}^3_1\text{H} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$. Koliko se energije oslobodi pri potpunom cijepanju 1 g tricija? Mase tricija, deuterija, helija, neutrona i elektrona izražene u atomskim jedinicama mase iznose redom $3,01615 m_u$, $2,01410 m_u$, $4,00260 m_u$, $1,00866 m_u$ i $0,00055 m_u$.

Zadatak 2.25

Radioaktivna jezgra urana ${}^{238}_{92}\text{U}$ raspadne se tri puta α -raspadom i dva puta β -raspadom. Koliki je redni i maseni broj jezgre nastale navedenim raspadima?

2.5 RADIOAKTIVNI RASPAD

Zakon radioaktivnog raspada: $\Delta N = -\lambda N \Delta t$ $N = N_0 e^{-\lambda t}$

Vrijeme poluraspada: $\tau = \frac{\ln 2}{\lambda}$ *Aktivnost:* $A = -\frac{dN}{dt} = \lambda N$ $A = A_0 e^{-\lambda t}$

Zadatak 2.26

Vrijeme poluraspada nekog radioaktivnog izotopa je 20 dana. Nakon koliko će se vremena raspasti 75% početnog broja radioaktivnih jezgara?

Zadatak 2.27

Nakon koliko će se godina količina radioaktivnog izotopa ugljika ${}^{14}\text{C}$ smanjiti na 10% svoje početne vrijednosti? Vrijeme poluraspada izotopa ${}^{14}\text{C}$ je 5730 godina.

Zadatak 2.28

Koliko je vrijeme poluraspada izotopa natrija ${}^{24}\text{Na}$ ako se intenzitet radioaktivnog zračenja smanji za 12% tijekom prva dva sata?

Zadatak 2.29

Nekom se radioaktivnom izotopu nakon dva dana aktivnost smanji tri puta. Koliko će mu se puta aktivnost smanjiti nakon deset dana?

Zadatak 2.30

Vrijeme poluraspada izotopa natrija ${}^{24}\text{Na}$ je 15 sati. Nakon koliko će se vremena aktivnost nekog uzorka tog izotopa smanjiti četiri puta?

Zadatak 2.31

U nekom prehrambenom proizvodu nalazi se primjesa radioaktivne tvari koja ima vrijeme poluraspada 20 dana. Proizvod se može korisno upotrijebiti nakon što se aktivnost primjese smanji na 28% od početne aktivnosti. Nakon koliko se dana proizvod može upotrijebiti?

Zadatak 2.32

U nekom prehrambenom proizvodu izmjerena je povećana aktivnost neke radioaktivne tvari. Proizvod se može korisno upotrijebiti nakon 36 dana i 16 sati, kada se aktivnost radioaktivne tvari smanji za 72% od izmjerene početne aktivnosti.

- Koliko je vrijeme poluraspada radioaktivne tvari?
- Nakon koliko će se dana aktivnost radioaktivne tvari smanjiti na 5% od početne aktivnosti?

Zadatak 2.33

Uzorak radona volumena 0,1 mL nalazi se pri temperaturi 27°C i tlaku 2026,5 hPa. Koliko je vrijeme poluraspada radona ako uzorak u jednom danu emitira $8,12 \cdot 10^{17}$ α -čestica?

Zadatak 2.34

Koliko α -čestica u jednom danu emitira uzorak radona volumena 0,2 mL koji se nalazi pri temperaturi 30°C i tlaku 3040 hPa? Vrijeme poluraspada radona je 3,82 dana.

Zadatak 2.35

Koliko je vrijeme poluraspada radioaktivnog uzorka kojemu je 365 dana nakon što je pripravljen Geiger-Mjellerovim brojačem izmjereno 4500 raspada u minuti, a 30 dana kasnije 4220 raspada u minuti?

Zadatak 2.36

Mjerene vrijednosti aktivnosti nekog radioaktivnog uzorka u različitim vremenima prikazane su tablicom.

- Koliko je vrijeme poluraspada uzorka?
- Kolika je aktivnost danog uzorka nakon 20 h?

t/h	0	4	8
$A/10^{11} \text{ Bq}$	A_0	28,94	8,93

Zadatak 2.37

Kolika je masa uzorka izotopa joda ^{131}I aktivnosti $3,7 \cdot 10^9 \text{ Bq}$? Vrijeme poluraspada izotopa ^{131}I je 8,4 dana.

Zadatak 2.38

Aktivnost uzorka nukleotida označenog izotopom ugljika ^{14}C je 10^5 Bq. Kolika je masa izotopa ugljika ^{14}C u uzorku? Vrijeme poluraspada ^{14}C je 5730 godina.

Zadatak 2.39

Kolika je aktivnost 10^{-6} g uzorka nekog radioaktivnog izotopa molarne mase 99 g/mol? Vrijeme poluraspada radioaktivnog izotopa je 6 sati.

Zadatak 2.40

Kolika je masa uzorka izotopa kalcija ^{45}Ca koji ima aktivnost $8,12 \cdot 10^{11}$ Bq? Vrijeme poluraspada izotopa ^{45}Ca je 113,68 dana.

Zadatak 2.41

Koliko se jezgara radioaktivnog izotopa radija ^{226}Ra prosječno raspadne svake sekunde u uzorku mase 1 mg? Vrijeme poluraspada izotopa ^{226}Ra je 1620 godina.

Zadatak 2.42

Koliko je vrijeme poluraspada radioaktivnog izotopa joda ^{131}I ako se svake sekunde prosječno raspadne $8,78 \cdot 10^{12}$ jezgara u uzorku mase 2 mg?

Zadatak 2.43

Koliki je prosječni vremenski razmak između dva raspada atoma aktinija u uzorku koji sadrži 10^7 atoma? Vrijeme poluraspada aktinija je 13,5 godina.

Zadatak 2.44

Kolika je starost drvenog sanduka ako je izmjerena aktivnost izotopa ugljika ^{14}C živoga drveta 1,2 puta veća od izmjerene aktivnosti drveta od kojeg je sanduk načinjen? Vrijeme poluraspada izotopa ^{14}C je 5730 godina.

Zadatak 2.45

Izmjerena aktivnost izotopa ^{14}C u uzorku od 16 g ugljika, uzetog od drvene oplata starog broda, iznosi 30 raspada u minuti. Kolika je starost drveta od kojega je brod načinjen? Vrijeme poluraspada izotopa ^{14}C je 5730 godina.
(Naputak: Aktivnost izotopa ugljika ^{14}C u živom uzorku je 2,7 Bq/mol.)

Zadatak 2.46

Pacijent u svrhu liječenja tiroidne žlijezde uzima preparat koji sadrži radioaktivni izotop joda ^{131}I . U trenutku davanja lijeka aktivnost preparata bila je $1,5 \cdot 10^9$ Bq. Koliki se postotak joda ugradio u organizam pacijenta ako je dva dana nakon davanja lijeka izmjerena aktivnost ukupno izlučenog urina i fekalija bila $2 \cdot 10^8$ Bq? Vrijeme poluraspada izotopa ^{131}I je 8,4 dana.

Zadatak 2.47

Pacijent u svrhu liječenja dobiva u hrani preparat koji sadrži radioaktivni izotop. U trenutku davanja lijeka aktivnost preparata bila je $3,7 \cdot 10^6$ Bq. Poslije 60 sati izmjerena aktivnost ukupno izlučenog urina i fekalija bila je $9,25 \cdot 10^5$ Bq. Koliko je vrijeme poluraspada radioaktivnog izotopa ako se u organizam pacijenta za 60 sati ugradilo 72% radioaktivnih izotopa?

Zadatak 2.48

Aktivnost živoga tkiva u kojemu se nalazi radioaktivni izotop joda ^{131}I za 48 sati padne na 40% početne vrijednosti. Koliki je postotak joda za 48 sati izlučen iz tkiva? Vrijeme poluraspada izotopa ^{131}I je 8,4 dana.

3. PLINOV I TEKUĆINE

3.1 KINETIČKA TEORIJA I JEDNADŽBA STANJA IDEALNOG PLINA

Temeljna jednadžba kinetičke teorije plinova: $p = \frac{2}{3} \frac{N}{V} \bar{E}_k$

Prosječna kinetička energija molekule idealnog plina: $\bar{E}_k = \frac{3}{2} k T = \frac{1}{2} m \bar{v}^2$

Najvjerojatnija brzina molekula idealnog plina: $\hat{v} = \sqrt{\frac{2 k T}{m}}$

Prosječna brzina molekula idealnog plina: $\bar{v} = \sqrt{\frac{8 k T}{\pi m}}$

Srednja kvadratična brzina molekula idealnog plina: $\left(\overline{v^2} \right)^{1/2} = \sqrt{\frac{3 k T}{m}}$

Jednadžba stanja idealnog plina: $pV = N k T = n R T$

Izotermna promjena stanja: $T = \text{konst.}$ $p_1 V_1 = p_2 V_2$ (Boyle-Mariotteov zakon)

Izobarna promjena stanja: $p = \text{konst.}$ $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$ (Gay-Lussacov zakon)

Izohorna promjena stanja: $V = \text{konst.}$ $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$ (Charlesov zakon)

Daltonov zakon plinske smjese: $p_{uk} = \sum_i p_i$

Normalni atmosferski tlak: $p_{atm} = 101325 \text{ Pa}$

Odnos jedinica Kelvin i stupanj Celsiusov: $T(K) = T(^{\circ}\text{C}) + 273,16$

Zadatak 3.1

Srednja kvadratična brzina molekula idealnog plina je 400 m/s. Kolika je gustoća plina ako on tlači stijenke posude u kojoj se nalazi tlakom od 933 hPa?

Zadatak 3.2

Volumen vakuumskog sistema koji se nalazi pri sobnoj temperaturi (20°C) je 30 L, a tlak unutar sistema je 10^{-10} bara.

- Koliko je molekula u vakuumskom sistemu?
- Uz pretpostavku da je plin u sistemu dušik, izračunajte prosječni kvadrat brzine molekula. Relativna molekulska masa dušika je 28.

Zadatak 3.3

Pri kojoj je temperaturi srednja kinetička energija molekula idealnog plina jednaka energiji elektrona ubrzanog razlikom potencijala od 0,5 V?

Zadatak 3.4

Koliko je puta srednja kvadratična brzina molekula vodika veća od iste brzine molekula dušika pri jednakoj temperaturi? Relativna molekulska masa vodika je 2, a dušika 28. Pretpostavka je da se vodik i dušik ponašaju kao idealni plinovi.

Zadatak 3.5

Pri kojoj je temperaturi srednja kvadratična brzina molekula ugljičnog dioksida (CO_2) jednaka srednjoj kvadratičnoj brzini molekula dušika (N_2) pri 0°C? Relativna molekulska masa CO_2 je 44, a N_2 28. Pretpostavka je da se CO_2 i N_2 ponašaju kao idealni plinovi.

Zadatak 3.6

Pri kojoj temperaturi molekule kisika imaju jednaku prosječnu kinetičku energiju kao molekule vodika pri temperaturi -50°C? Relativna molekulska masa vodika je 2, a kisika 32. Pretpostavka je da se vodik i kisik ponašaju kao idealni plinovi.

Zadatak 3.7

Kolika je srednja kvadratična brzina, prosječna brzina i najvjerojatnija brzina molekula helija pri temperaturi -70°C? Relativna atomska masa helija je 4. Pretpostavka je da se helij ponaša kao idealni plin.

Zadatak 3.8

Koliko je molekula idealnog plina u 1 cm^3 pri temperaturi 50°C i tlaku 958 hPa ?

Zadatak 3.9

Gustoća idealnog plina pri temperaturi 10°C i tlaku 2000 hPa je $0,34\text{ kg/m}^3$. Kolika je masa množine 1 kmol plina?

Zadatak 3.10

Kolika je gustoća zraka pri temperaturi 37°C i tlaku 1000 hPa ? Udio dušika u zraku je 78% , a kisika 22% . Molarna masa molekula dušika je 28 g/mol , a kisika 32 g/mol . Pretpostavka je da se zrak ponaša kao idealni plin.

Zadatak 3.11

Kolika je gustoća smjese 4 g vodika i 32 g kisika pri temperaturi 27°C i tlaku 10^5 Pa ? Pretpostavka je da se vodik i kisik ponašaju kao idealni plinovi.

Zadatak 3.12

Plinska smjesa $3,5\text{ g}$ kisika i $2,5\text{ g}$ vodika zauzima volumen od 3 L pri temperaturi 25°C .

a) Koliki su parcijalni tlakovi kisika i helija u plinskoj smjesi?

b) Kolika je gustoća smjese ovih plinova?

Molarna masa vodika je 2 g/mol , a kisika 32 g/mol . Pretpostavka je da se vodik i kisik ponašaju kao idealni plinovi.

Zadatak 3.13

Pri propuhivanju reakcijske smjese kisikom plin se dovodi iz spremnika volumena 50 L . Pritom se vrijednost tlaka u spremniku smanji s $21 \cdot 10^5\text{ Pa}$ na $7 \cdot 10^5\text{ Pa}$, a temperatura s -73°C na -93°C . Koliko je kisika utrošeno za propuhivanje reakcijske smjese? Molarna masa kisika je 32 g/mol . Pretpostavka je da se kisik ponaša kao idealni plin.

Zadatak 3.14

U punionici plina čelična boca se napuni kisikom pri temperaturi -20°C do tlaka od 200 hPa . Koliko je tlak kisika u boci kada se ona prenese u laboratorij u kojemu je temperatura 22°C ? Pretpostavka je da se kisik ponaša kao idealni plin.

Zadatak 3.15

Za koliko se postotaka smanji temperatura idealnog plina ako se on u nekom procesu prevede u stanje u kojem ima 10% veći volumen, a 20% manji tlak?

Zadatak 3.16

Za koliko stupnjeva Celsiusovih treba povećati temperaturu idealnog plina da bi se njegov volumen u izobarnom procesu povećao za 1% ? Početna temperatura idealnog plina je 30°C .

Zadatak 3.17

Koliki je početni tlak idealnog plina ako se pri izohornom povećanju temperature za 1% tlak plina poveća za 10 hPa?

Zadatak 3.18

Jedan mol idealnog plina pri normalnim uvjetima (101325 Pa, 273,16 K) izobarno se zagrije na temperaturu koja je tri puta veća od početne. Zatim se plin, uz stalni volumen, ohladi na temperaturu koja je devet puta manja od početne. Koliki je konačni tlak i volumen plina?

Zadatak 3.19

U zatvorenoj posudi volumena 3 L nalazi se vodik pod tlakom 1100 hPa, a u drugoj posudi volumena 2 L nalazi se kisik pod tlakom 900 hPa. Temperature su u obje posude jednake. Uz pretpostavku da se temperatura ne mijenja, oba se plina prenesu u treću posudu volumena 6 L. Koliki je ukupni tlak smjese plinova? Pretpostavka je da se vodik i kisik ponašaju kao idealni plinovi.

3.2 TLAK U FLUIDIMA

Hidrostatički tlak: $p = \rho g h$ *Hidraulički tlak:* $p = \frac{F}{S}$ *Daltonov zakon:* $\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2}$

Barometarska formula: $p_2 = p_1 e^{-mg(h_2 - h_1)/kT}$

Zadatak 3.20

Gumeni balon beskonačno tankih stijenki pri temperaturi 20°C i normalnom atmosferskom tlaku sadrži 2 L zraka. Koliki će volumen poprimiti zrak u balonu ako se ona spusti 10 m duboko u vodu temperature 4°C? Gustoća vode je 1 g/cm³.

Zadatak 3.21

U dvije spojene otvorene posude različitih presjeka ulije se živa, a zatim se u širu posudu, površine presjeka 5 cm², dolije 300 g vode. Kolika je razlika razina žive u posudama? Pretpostavka je da se tekućine međusobno ne miješaju. Gustoća žive je 13,6 g/cm³.

Zadatak 3.22

U U-cijev jednakih otvorenih krakova kružnog presjeka ulije se živa, a zatim se u jedan krak cijevi dolije 60 g ulja. Koliki je promjer krakova U-cijevi ako je razlika razina žive u kracima cijevi 1,4 cm? Pretpostavka je da se tekućine međusobno ne miješaju. Gustoća žive je 13,6 g/cm³.

Zadatak 3.23

U U-cijev jednakih otvorenih krakova kružnog presjeka, polumjera 1 cm, ulije se živa, a zatim se u jedan krak cijevi dolije 60 g alkohola. Kolika je razlika razina žive u kracima cijevi? Pretpostavka je da se tekućine međusobno ne miješaju. Gustoća žive je $13,6 \text{ g/cm}^3$.

Zadatak 3.24

Pretpostavimo da astronaut na Mjesecu treba transfuziju krvi. Na koliku najmanju visinu iznad astronauta treba postaviti vrećicu s krvnom plazmom da bi se ona kroz cjevčicu ubrizgala u njegovu venu u kojoj je krvni tlak $1,5 \cdot 10^4 \text{ Pa}$? Masa Mjeseca je 0,012 mase Zemlje, a polumjer Mjeseca je 0,273 polumjera Zemlje. Gustoća krvne plazme je $1,05 \text{ g/cm}^3$, a njezina se viskoznost zanemaruje.

Zadatak 3.25

Injekcijska se šprica sastoji od spremnika s pokretnim klipom oblika valjka unutarnjeg promjera 1,5 cm i igle unutarnjeg promjera 0,8 mm. U spremniku šprice nalazi se otopina penicilina.

a) Ako se na pomični klip primijeni sila iznosa 4 N, kolika se minimalna sila treba primijeniti na kraju igle da bi se spriječilo istjecanje penicilina iz injekcijske šprice?

b) Kolika se minimalna sila treba primijeniti na klip injekcijske šprice da bi se otopina penicilina ubrizgala u venu pacijenta u kojoj je krvni tlak 12 mmHg?

(Naputak: $760 \text{ mmHg} = 101325 \text{ Pa}$)

Zadatak 3.26

Koliki je tlak zraka na vrhu planine, na nadmorskoj visini 1000 m, ako tlak zraka u podnožju planine, na nadmorskoj visini 300 m, iznosi 1010 hPa? Pretpostavka je da se temperatura ne mijenja s visinom i da iznosi 0°C . Relativna molekulska masa zraka je 29.

Zadatak 3.27

Kolika je relativna molekulska masa plina u Zemljinoj atmosferi koji pri temperaturi 10°C ima dvostruko manji parcijalni tlak na Sljemenu, nadmorske visine 1035 m, nego na Griču, nadmorske visine 125 m? Pretpostavka je da se temperatura ne mijenja s visinom.

Zadatak 3.28

Tlak zraka na vrhu planine pri temperaturi 30°C 1,7 puta je manji nego tlak zraka pri jednakoj temperaturi na morskoj razini. Kolika je nadmorska visina planine? Relativna molekulska masa zraka je 29.

3.3 UZGON

Uzgon: $F_u = \rho g V_{\text{udt}}$ (V_{udt} - volumen uronjenog dijela tijela)

Zadatak 3.29

Koliku silu treba primijeniti spasilac na davljenika mase 60 kg da bi njegova glava bila iznad vode? Pretpostavka je da masa glave iznosi 10% tjelesne mase čovjeka. Prosječna gustoća ljudskog tijela je $0,97 \text{ g/cm}^3$, a gustoća vode je 1 g/cm^3 .

Zadatak 3.30

Koliku energiju treba utrošiti ronilac mase 70 kg da bi zaronio u vodu na dubinu 15 m? Prosječna gustoća ljudskog tijela je $0,97 \text{ g/cm}^3$, a gustoća vode je 1 g/cm^3 .

Zadatak 3.31

Homogeni štap oblika valjka mase 320 g, duljine 20 cm i promjera 4 cm, pliva u tekućini tako da mu komad duljine od 4 cm viri iznad površine. Kolika je gustoća tekućine?

Zadatak 3.32

Homogena olovna kocka duljine brida 10 cm pliva u živi. Koliko je duboko kocka uronjena u živu? Gustoća olova je $11,3 \text{ g/cm}^3$, a žive $13,6 \text{ g/cm}^3$.

Zadatak 3.33

Staklena šuplja kugla mase 1 g, u koju je uliveno 32,5 g žive, lebdi u vodi. Koliki je polumjer kugle? Gustoća vode je 1 g/cm^3 .

Zadatak 3.34

Koliki je volumen sante leda koja pliva u moru tako da 195 m^3 njenog volumena viri iznad površine mora? Gustoća mora je $1,03 \text{ g/cm}^3$, a leda $0,9 \text{ g/cm}^3$.

Zadatak 3.35

Homogena kugla pliva u tekućini tako da je napola uronjena u nju. Ako se kugla uroni u tekućinu tri puta veće gustoće, koliki će postotak njenog volumena biti izvan tekućine?

Zadatak 3.36

Koliki je omjer volumena lipida i proteina u česticama lipoproteina ako one slobodno lebde u krvnoj plazmi gustoće $1,006 \text{ g/cm}^3$? Gustoća lipida je $0,92 \text{ g/cm}^3$, a proteina $1,35 \text{ g/cm}^3$.

Zadatak 3.37

Tijelo u potpunosti uronjeno u etanol 1,1 puta je teže nego kad je ono u potpunosti uronjeno u vodu. Kolika je gustoća tijela? Gustoća vode je 1 g/cm^3 , a etanola $0,79 \text{ g/cm}^3$.

Zadatak 3.38

Kada se tijelo u potpunosti uroni u tekućinu A, njegova je težina 75 N, kada se u potpunosti uroni u tekućinu B, ono teži 62,5 N, a kada se u potpunosti uroni u smjesu tekućina A i B, težina mu je 70 N. Koliki je omjer volumena tekućina A i B u njihovoj smjesi?

Zadatak 3.39

Prsten načinjen od legure bakra i zlata u zraku teži 0,49 N, a uronjen u alkohol teži 0,46 N. Kolika je masa zlata u prstenu? Gustoće bakra, zlata i alkohola su 8,9 g/cm³, 19,3 g/cm³ i 0,79 g/cm³. Uzgon u zraku se zanemaruje.

Zadatak 3.40

Koliki je volumen balona napunjenog helijem ako on lebdi u zraku temperature 20°C i gustoće 1,191 kg/m³? Masa balona i opreme u njemu je 390 kg, a volumen praznog balona i opreme je zanemarivo malen. Molarna masa helija je 4 g/mol, a tlak zraka je 101325 Pa.

Zadatak 3.41

Komad pluta mase 100 g, omotan srebrenom žicom kružnog presjeka, lebdi u vodi. Koliki je promjer žice ako je ona duga 250 cm? Gustoće srebra, pluta i vode su 10,5 g/cm³, 0,25 g/cm³ i 1 g/cm³.

Zadatak 3.42

Loptica za stolni tenis, polumjera 1,5 cm i mase 5 g, uroni se u vodu na dubinu 30 cm. Kolikom će brzinom loptica iskočiti iz vode kada se ona ispusti? Otpor vode se zanemaruje. Gustoća vode je 1 g/cm³.

3.4 NAPETOST POVRŠINE TEKUĆINA. KAPILARNOST

Površinska napetost: $\gamma = \frac{F}{l} = \frac{\Delta W}{\Delta S}$

Kapilarna elevacija (depresija): $h = \frac{2\gamma \cos \theta}{\rho g r}$

Zadatak 3.43

Koliki rad treba učiniti protiv sile površinske napetosti da bi se kapljica žive oblika kugle polumjera 3 mm razbila na dvije manje, jednake kapljice? Površinska napetost žive je 0,465 N/m.

Zadatak 3.44

Mjehur od sapunice promjera 6 cm napuše se u mjehur promjera 12 cm. Kolika je površinska napetost sapunice ako je pritom utrošen rad od 0,85 mJ?

Zadatak 3.45

Stalagmometar je naprava za određivanje površinske napetosti tekućina, a sastoji se od spremnika i uske kapilare kružnog presjeka. Ako se gumenim nastavkom u stalagmometar usiše 2 mL vode, koliko se kapljica treba otrgnuti s ruba kapilare da bi iz spremnika i kapilare stalagmometra iscurila usisana voda? Promjer kapilare stalagmometra je 0,9 mm, a površinska napetost vode je 0,075 N/m.

Zadatak 3.46

Kada se uska staklena kapilara uroni u vodu, razina vode u njoj se digne na visinu 2,5 cm, a kut kvašenja stijenke kapilare je 15° . Kada se ta ista kapilara uroni u aceton gustoće $0,792 \text{ g/cm}^3$, razina acetona u kapilari se digne na visinu 1,4 cm, a kut kvašenja stijenke kapilare je 13° . Kolika je površinska napetost acetona? Površinska napetost vode je 0,075 N/m, a gustoća vode je 1 g/cm^3 .

Zadatak 3.47

Kada se dvije uske staklene kapilare različitih promjera urone u vodu, razlika razina vode u njima je 20,4 mm. Koliki su promjeri kapilara ako je promjer šire kapilare tri puta veći od promjera uže kapilare? Površinska napetost vode je 0,075 N/m, a kut kvašenja stijenke kapilare zanemarivo je malen.

Zadatak 3.48

Kada se uska staklena kapilara uroni u živu, zbog pojave kapilarne depresije razina se žive u kapilari spusti za 1,5 cm. Koliko će centimetara niže biti razina žive u kapilari tri puta manjeg promjera?

Zadatak 3.49

U U-cijev otvorenih krakova, jedan promjera 8 mm, a drugi promjera 1,2 mm, ulije se voda. Kolika je razlika razina vode u kracima cijevi kao posljedica djelovanja sile površinske napetosti? Kut kvašenja stijenki krakova cijevi zanemarivo je malen. Površinska napetost vode je 0,075 N/m, a gustoća vode je 1 g/cm^3 .

Zadatak 3.50

Kolika se pogreška čini pri očitavanju tlaka određenog visinom stupca žive od 760 mm u živinom barometru ako se pritom zanemari pojava kapilarne depresije? Promjer kapilare barometra je 10 mm, a kut kvašenja stijenke kapilare je 150° . Površinska napetost žive je 0,465 N/m, a gustoća žive je $13,6 \text{ g/cm}^3$.

3.5 RAVNOTEŽNA SEDIMENTACIJA ČESTICA U OTOPINI

Ravnotežna sedimentacija čestica u gravitacijskom polju: $\frac{N_2}{N_1} = e^{-g V \Delta h (\rho - \rho_0) / kT}$

Ravnotežna sedimentacija čestica u centrifugi: $\frac{N_2}{N_1} = e^{m (1 - \frac{\rho_0}{\rho}) (r_2^2 - r_1^2) \omega^2 / 2kT}$

Zadatak 3.51

U menzuri visine 50 cm nalazi se vodena emulzija čestica gline pri temperaturi 25°C. Kolika je masa čestica gline ako je u ravnoteži koncentracija čestica na dnu menzure dva puta veća nego na vrhu menzure? Gustoća čestica gline je 2,5 g/cm³, a gustoća vode je 1 g/cm³.

Zadatak 3.52

Pripravljene su dvije emulzije fino mljevenog farmaceutskog preparata, jedna u vodi, a druga u alkoholu, obje pri temperaturi 25°C, te su ulivene svaka u svoju uspravno postavljenu kolonu do visine 100 cm. Nakon uravnoteženja omjer koncentracija čestica na vrhu i na dnu kolone dva puta je veći u emulziji s vodenom otopinom nego u emulziji s alkoholnom otopinom. Kolika je masa čestica farmaceutskog preparata? Gustoće čestica preparata, vode i alkohola su 1,9 g/cm³, 1 g/cm³ i 0,79 g/cm³.

Zadatak 3.53

Zrnce pijeska, gustoće 2,5 g/cm³ i volumena 5 mm³, nalazi se u epruveti s vodom. Kolikom silom zrnce djeluje na dno epruvete ako se ona u centrifugi vrti frekvencijom 1500 Hz? Dno epruvete udaljeno je 10 cm od osi vrtnje. Gustoća vode je 1 g/cm³.

Zadatak 3.54

Na dnu epruvete, u rotoru centrifuge, na udaljenosti 10 cm od osi rotacije, nalazi se vodena otopina proteina. Koliko se puta u minuti okrene rotor centrifuge ako na proteine djeluje sila koja je 5·10⁴ puta veća od njihove težine? Gustoća proteina je 1,3 g/cm³, a vode 1 g/cm³.

Zadatak 3.55

Kolika je relativna molekulska masa hidratiziranih molekula proteina ako je u centrifugi, koja se vrti kutnom brzinom 1500 s⁻¹, pri temperaturi 37°C koncentracija molekula proteina na dnu epruvete 10⁴ puta veća nego na vrhu epruvete? Dno epruvete udaljeno je 12 cm, a vrh 6 cm od osi vrtnje. Gustoća proteina je 1,3 g/cm³, a vode 1 g/cm³.

Zadatak 3.56

Koliko se puta u minuti okrene rotor centrifuge ako je koncentracija molekula hemoglobina ($M_r = 6800$), u vodenoj otopini pri temperaturi 37°C , 10^{12} puta veća na dnu epruvete nego na njenom vrhu? Dno epruvete je udaljeno 15 cm, a vrh 5 cm od osi vrtnje. Gustoća hemoglobina je $1,3 \text{ g/cm}^3$, a vode 1 g/cm^3 .

4. TOPLINA

4.1 TERMIČKO RASTEZANJE TVARI

Linearno rastezanje tvari: $L_2 = L_1 [1 + \alpha (T_2 - T_1)]$

Volumno rastezanje tvari: $V_2 = V_1 [1 + \beta (T_2 - T_1)]$

Odnos volumnog i linearnog koeficijenta rastezanja: $\beta = 3\alpha$

Zadatak 4.1

Čelična šipka je pri temperaturi 0°C duga 99,93 cm. Kada se šipka zagrije na temperaturu 100°C , njena duljina je 100,04 cm. Pri kojoj će temperaturi šipka biti duga 1 m?

Zadatak 4.2

Dva štapa, jedan načinjen od cinka, a drugi od željeza, pri temperaturi 0°C imaju jednaku duljinu koja iznosi 2 m. Kolika je razlika njihovih duljina pri temperaturi 70°C ? Koeficijent linearnog rastezanja cinka je $2,9 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$, a željeza $1,2 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$.

Zadatak 4.3

Visina Eiffelovog tornja u Parizu pri temperaturi 15°C je 300 m. Koliki je koeficijent volumnog rastezanja čelika od kojeg je toranj izgrađen ako je pri temperaturi -10°C visina tornja manja za 30 cm?

Zadatak 4.4

Drveni kotač promjera 100 cm potrebno je stegnuti željeznim obručem koji pri temperaturi 0°C ima unutarnji promjer 5 mm manji od promjera kotača. Na koju je temperaturu potrebno zagrijati obruč da bi se on mogao nataknuti na kotač? Koeficijent linearnog rastezanja željeza je $1,2 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$.

Zadatak 4.5

Polumjer željeznog kotača lokomotive pri temperaturi 0°C je 80 cm. Koliko okretaja manje načini kotač lokomotive na putu dugom 200 km ljeti pri temperaturi 20°C nego zimi pri temperaturi -20°C ? Koeficijent linearnog rastezanja željeza je $1,2 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$.

Zadatak 4.6

Kolika je gustoća žive pri temperaturi 60°C ako njena gustoća pri temperaturi 0°C iznosi $13,6\text{ g/cm}^3$? Koeficijent volumnog rastezanja žive je $1,8 \cdot 10^{-4}\text{ K}^{-1}$.

Zadatak 4.7

Gustoća žive pri temperaturi 10°C je $13,57\text{ g/cm}^3$, a pri temperaturi 60°C njena je gustoća $13,45\text{ g/cm}^3$. Koliki je koeficijent volumnog rastezanja žive?

Zadatak 4.8

Željezni spremnik volumena 200 L do vrha je napunjen naftom pri temperaturi 18°C . Koliko će se nafte izliti iz spremnika ako se temperatura poveća na 30°C ? Koeficijent volumnog rastezanja nafte je $1,1 \cdot 10^{-3}\text{ K}^{-1}$, a koeficijent linearnog rastezanja željeza je $1,2 \cdot 10^{-5}\text{ K}^{-1}$.

Zadatak 4.9

U željeznoj bačvi oblika valjka, promjera 8 m i visine 6 m , nalazi se petrolej. Pri temperaturi -10°C površina petroleja nalazi se 10 cm ispod gornjeg ruba bačve. Kada se temperatura poveća na 35°C , iz bačve se izlije $7,73\text{ m}^3$ petroleja. Koliki je koeficijent volumnog rastezanja željeza od kojeg je bačva načinjena? Koeficijent volumnog rastezanja petroleja je 10^{-3} K^{-1} .

Zadatak 4.10

Termometar se sastoji od staklene kapilare unutarnjeg polumjera 1 mm i spremnika oblika kugle unutarnjeg promjera 2 cm . Pri temperaturi 15°C spremnik je u potpunosti ispunjen živom. Pri kojoj će temperaturi razina žive u kapilari biti na visini $2,4\text{ mm}$? Termičko rastezanje stakla je zanemarivo maleno, a koeficijent volumnog rastezanja žive je $1,8 \cdot 10^{-4}\text{ K}^{-1}$.

Zadatak 4.11

Termometar se sastoji od staklene kapilare i spremnika oblika kugle unutarnjeg polumjera 2 cm . Pri temperaturi 15°C spremnik je u potpunosti ispunjen živom. Ako se termometar uravnoteži na temperaturi 25°C , razina žive u kapilari se podigne na visinu $7,68\text{ cm}$. Koliki je unutarnji polumjer staklene kapilare termometra? Termičko rastezanje stakla je zanemarivo maleno, a koeficijent volumnog rastezanja žive je $1,8 \cdot 10^{-4}\text{ K}^{-1}$.

Zadatak 4.12

Termometar se sastoji od staklene kapilare unutarnjeg promjera $0,02\text{ mm}$ i spremnika oblika kugle unutarnjeg promjera $0,85\text{ cm}$. Pri temperaturi 0°C spremnik je u potpunosti ispunjen živom. Kolika je duljina ljestvice termometra od 0°C do 100°C ? Termičko rastezanje stakla je zanemarivo maleno, a koeficijent volumnog rastezanja žive je $1,8 \cdot 10^{-4}\text{ K}^{-1}$.

4.2 TOPLINSKO PONAŠANJE PLINA

1. zakon termodinamike: $\Delta Q = \Delta U + \Delta W$

Unutarnja energija molekula idealnog plina: $U = N \bar{E}_k$

Rad plina: $W_{12} = \int_1^2 p dV$ Rad plina pri izobarnoj promjeni stanja: $\Delta W = p \Delta V$

Molarni toplinski kapacitet za prijelaz topline pri stalnom volumenu: $C_V = \frac{1}{n} \left(\frac{dQ}{dT} \right)_V$

Molarni toplinski kapacitet za prijelaz topline pri stalnom tlaku: $C_p = \frac{1}{n} \left(\frac{dQ}{dT} \right)_p$

Mayerova relacija: $C_p - C_V = R$

Molarni toplinski kapaciteti za:

a) plinove s nelinearnim molekulama: $C_V = 3R$

b) plinove s linearnim molekulama (dvoatomni plin): $C_V = \frac{5}{2}R$

c) jednoatomne plinove: $C_V = \frac{3}{2}R$

Zadatak 4.13

Pri temperaturi 17°C i tlaku 2000 hPa idealni plin zauzima volumen od 5 L. Plin se izobarnim zagrijavanjem širi i time obavi rad od 0,2 kJ. Koliko se pritom poveća temperatura plina?

Zadatak 4.14

Tri grama vodika nalazi se pri temperaturi 0°C i tlaku $5,07 \cdot 10^5$ Pa. Nakon širenja pri stalnom tlaku plin poprimi volumen od 10 L.

a) Koliki je rad obavio plin pri širenju?

b) Kolika je promjena unutarnje energije plina ako je on u navedenom procesu primio 14,7 kJ topline?

Molarna masa molekula vodika je 2 g/mol. Pretpostavka je da se vodik ponaša kao idealni plin.

Zadatak 4.15

Koliki je obavljeni rad, izmijenjena toplina i promjena unutarnje energije kada se jedan mol vodika zagrije od 20°C do 100°C :

- a) pri stalnom tlaku;
- b) pri stalnom volumenu?

Pretpostavka je da se vodik ponaša kao dvoatomni idealni plin.

Zadatak 4.16

U uspravno postavljenoj posudi oblika valjka polumjera 8,37 cm nalazi se zrak pri temperaturi 17°C . Na visini 50 cm iznad dna posude nalazi se klip mase 1,2 kg koji bez trenja može kliziti duž posude. Kolika je masa utega koji se nalazi na klipu ako zrak u posudi obavi rad od 1,213 kJ kada se on izobarno zagrije na temperaturu 100°C ? Posuda se nalazi pri normalnom atmosferskom tlaku. Pretpostavka je da se zrak u posudi ponaša kao idealni plin.

Zadatak 4.17

Koliki je omjer toplinskih kapaciteta idealnog plina (C_p/C_v) ako on pri izobarnom zagrijavanju primi 84 kJ topline i pritom poveća svoju unutarnju energiju za 60 kJ?

Zadatak 4.18

Iz početnog stanja s tlakom 25 kPa i volumenom 200 dm^3 idealni plin izotermno poveća tlak na 30 kPa. Koliki je rad kojeg vanjske sile obave na plinu u navedenom procesu?

Zadatak 4.19

Jedan mol jednoatomnog plina A i jednaka množina dvoatomnog plina B nalaze se pri jednakoj temperaturi T_1 i pod jednakim tlakom. Jednoatomni plin se zagrijava izohorno, a dvoatomni izobarno, oba do temperature T_2 .

- a) Koliko je puta utrošak topline za zagrijavanje plina B veći od utroška topline za zagrijavanje plina A?
- b) Koliko je puta promjena unutarnje energije plina B veća od promjene unutarnje energije plina A?

Zadatak 4.20

Jedan mol plina A i jednaka množina dvoatomnog plina B nalaze se pri jednakoj temperaturi T_1 i pod jednakim tlakom. Plin A se zagrijava izobarno, a plin B izovolumno, oba do temperature T_2 . Kakve je vrste plin A (jednoatomni ili dvoatomni) ako je promjena unutarnje energije plina B u navedenim procesima $5/3$ puta veća od promjene unutarnje energije plina A?

4.3 TOPLINSKO PONAŠANJE KONDENZIRANE TVARI

Izmijenjena toplota: $Q = m c \Delta T$

Izmijenjena toplota između dva tijela različitih temperatura u termičkom dodiru:

$$m_1 c_1 (T_1 - T) = m_2 c_2 (T - T_2)$$

Zadatak 4.21

Staklena boca mase 80 g sadrži 250 g vode temperature 18°C. Koliko se poveća temperatura vode ako se u nju uroni komad srebra mase 60 g i temperature 55°C? Specifični toplinski kapaciteti vode, stakla i srebra su 4186 J/kg·K, 840 J/kg·K i 250 J/kg·K. Izmjena topline s okolinom je zanemarivo malena.

Zadatak 4.22

U kalorimetrijskoj posudi mase 50 g, načinjenoj od bakra, nalazi se 300 g vode temperature 20°C. Kada se u kalorimetrijsku posudu ubaci 75 g neke tvari temperature 80°C, ravnotežna temperatura smjese je 23°C. Koliki je specifični toplinski kapacitet tvari? Specifični toplinski kapacitet bakra je 385 J/kg·K, a vode 4186 J/kg·K. Izmjena topline s okolinom je zanemarivo malena.

Zadatak 4.23

Koliko litara vode sadrži topla kupka temperature 37°C ako se za njenu pripremu pomiješa 341 L hladne vode temperature 12°C s vrućom vodom temperature 70°C?

Zadatak 4.24

U kotlovnici za centralno grijanje kotao vode volumena 800 L zagrijava se grijačem snage 10 kW. Kolika je bila početna temperatura vode ako se nakon dva sata njena temperatura poveća na 40°C? Specifični toplinski kapacitet vode je 4186 J/kg·K, a gustoća vode je 1 g/cm³. Izmjena topline s okolinom je zanemarivo malena.

Zadatak 4.25

Voda temperature 15°C ulivena je u kotlić za zagrijavanje vode (bojler) u kojem se njena temperatura poveća na 60°C. Procijenite utrošak energije za zagrijavanje 1000 L vode u bojleru ako je cijena kilovatsata električne energije 0,6 kn. Specifični toplinski kapacitet vode je 4186 J/kg·K, a gustoća vode je 1 g/cm³. Izmjena topline s okolinom je zanemarivo malena.

Zadatak 4.26

Električna žarulja snage 200 W u potpunosti je uronjena u jednu litru vode temperature 10°C, koja se nalazi u bakrenom kalorimetru mase 500 g. Nakon koliko će se vremena temperatura vode povećati na 50°C? Specifični toplinski kapacitet vode je 4186 J/kg·K, a bakra 385 J/kg·K. Gustoća vode je 1 g/cm³. Izmjena topline s okolinom je zanemarivo malena.

Zadatak 4.27

Početne temperature tekućine A, mase m , tekućine B, mase $2m$ i tekućine C, mase $3m$, iznose redom 30°C , 20°C i 10°C . Kada se pomiješaju tekućine A i B, ravnotežna temperatura smjese je 25°C , a kada se pomiješaju tekućine B i C, ravnotežna temperatura smjese je $14,5^\circ\text{C}$. Kolika će biti ravnotežna temperatura smjese dobivene miješanjem tekućina A i C?

Zadatak 4.28

Kapljice magle kroz atmosferu padaju malom, jednolikom brzinom. Za koliku se visinu kapljice trebaju spustiti da bi im se temperatura promijenila za $0,1^\circ\text{C}$? Pretpostavka je da tijekom spuštanja ne dolazi ni do isparivanja niti do kondenzacije kapljica magle. Specifični toplinski kapacitet vode je $4186 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$.

Zadatak 4.29

Olovna kuglica padne na vodoravnu površinu stola s visine 25 cm . Odbivši se od stola ona odskoči na visinu 19 cm . Uz pretpostavku da se dio energije prilikom udarca kuglice o stol pretvorio u toplinu, izračunajte promjenu temperature kuglice. Specifični toplinski kapacitet olova je $130 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$.

Zadatak 4.30

Koliko će se povećati volumen željezne kocke ako joj se dovede $296,4 \text{ kJ}$ topline? Specifični toplinski kapacitet, koeficijent volumnog rastezanja i gustoća željeza su $460 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$, $1,2\cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ i $7,8 \text{ g/cm}^3$.

4.4 TOPLINA I FAZNI PRIJELAZI

$$\text{Specifična toplina taljenja: } L_t = \frac{Q_t}{m} \quad \text{Specifična toplina isparivanja: } L_i = \frac{Q_i}{m}$$

Zadatak 4.31

Kolika je snaga električne grijalice koja za 23 minute može rastaliti led mase 212 g i temperature -8°C , a zatim dobivenu vodu prevesti u paru temperature 100°C ? Specifični toplinski kapaciteti vode i leda su $4186 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$ i $2093 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$, specifična toplina taljenja leda je $334,8 \text{ kJ/kg}$, a specifična toplina isparivanja vode je 2256 kJ/kg .

Zadatak 4.32

Kada se tekućini mase 20 g i specifičnog toplinskog kapaciteta $3558 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$ električnom grijalicom preda energija od 32 kJ , ona se za 16 s zagrije od 26°C do 112°C i tada počne vreti. Nakon 4 minute i 40 sekundi tekućina u potpunosti ispari.

- Kolika je specifična toplina isparivanja tekućine?
- Kolika je snaga grijalice ako nema gubitka topline?

Zadatak 4.33

U Dewarovu posudu (termos boca), u kojoj se nalazi tekući dušik temperature 77 K, ubaci se komad željeza mase 300 g i temperature 24°C. Kolika je specifična toplina isparivanja dušika ako ubacivanjem željeza ishlapi 0,152 kg dušika? Specifični toplinski kapacitet željeza je 460 J/kg·K.

Zadatak 4.34

Kada 50 g kloroforma (CHCl_3) ispari iz kalorimetra zanemarivo malenog toplinskog kapaciteta, temperatura 1,6 L vode koja okružuje kalorimetar smanji se za 1,9°C. Kolika je specifična toplina isparivanja kloroforma? Specifični toplinski kapacitet vode je 4186 J/kg·K, a gustoća vode je 1 g/cm³.

Zadatak 4.35

Kocka leda, temperature -4°C i mase 20 g, ubačena je u posudu koja sadrži 250 mL vode temperature 18°C. Kolika je ravnotežna temperatura smjese nastale nakon otapanja leda? Specifični toplinski kapaciteti vode i leda su 4186 J/kg·K i 2093 J/kg·K, specifična toplina taljenja leda je 334,8 kJ/kg, a gustoća vode je 1 g/cm³. Izmjena topline s okolinom je zanemarivo malena.

Zadatak 4.36

U kalorimetar načinjen od aluminijske, mase 250 g, koji sadrži 0,8 L vode temperature 30°C, ubačeno je 0,1 kg leda temperature 0°C. Pri kojoj će se temperaturi uspostaviti termička ravnoteža danog sistema? Gustoća vode je 1 g/cm³, specifični toplinski kapacitet vode je 4186 J/kg·K, specifični toplinski kapacitet aluminijske je 920 J/kg·K, a specifična toplina taljenja leda je 334,8 kJ/kg. Izmjena topline s okolinom je zanemarivo malena.

Zadatak 4.37

Pri spaljivanju 80 t smeća na zagrebačkom odlagalištu smeća oslobodi se u prosjeku $1,2 \cdot 10^{10}$ J/kg energije. Koliko bi se kilograma leda temperature 0 °C tom energijom moglo prevesti u vodu, dobivenu vodu zagrijati do vrenja, zatim ju u potpunosti ispariti? Specifični toplinski kapacitet vode je 4186 J/kg·K, specifična toplina taljenja leda je 334,8 kJ/kg, a specifična toplina isparavanja vode je 2256 kJ/kg.

Zadatak 4.38

Za održavanje fizioloških procesa ljudskom je organizmu dnevno potrebno $1,2 \cdot 10^7$ J energije. Kolika se masa leda temperature 0°C tom energijom može prevesti u vodu, te dobivenu vodu zagrijati do tjelesne temperature (37°C)? Specifični toplinski kapacitet vode je 4186 J/kg·K, a specifična toplina taljenja leda je 334,8 kJ/kg.

Zadatak 4.39

Isparivanjem znoja s površine kože čovjek mase 80 kg izgubi 0,5 kg vode.

a) Kolika je energija utrošena na znojenje?

b) Kolika je visina brda na koje bi se čovjek mogao popeti ako bi ovu energiju u potpunosti iskoristio za penjanje?

Specifični toplinski kapacitet vode je 4186 J/kg·K, a specifična toplota isparivanja vode je 2256 kJ/kg. Tjelesna temperatura čovjeka je 37°C.

Zadatak 4.40

Povećana temperatura ljudskog tijela može se smanjiti oblaganjem tijela oblozima natopljenim alkoholom, pri čemu tijelo gubi toplinu isparivanjem alkohola. Koliko je mililitara alkohola potrebno ispariti s površine čovjeka mase 75 kg da bi mu se time temperatura smanjila za 1,5°C? Specifična toplota isparivanja alkohola je 859 kJ/kg, prosječni specifični toplinski kapacitet ljudskog tijela je 3474 J/kg·K, a gustoća alkohola je 0,79 g/cm³.

Zadatak 4.41

Kada se vodi temperature 23°C oduzme 3,53 kJ topline, smrzavanjem se dobije pravilna kocka leda temperature –15°C. Koliki je brid kocke leda? Specifični toplinski kapaciteti vode i leda su 4186 J/kg·K i 2093 J/kg·K, gustoća leda je 0,916 g/cm³, a specifična toplota taljenja leda je 334,8 kJ/kg.

Zadatak 4.42

Pri udaru munje najčešće se pojavljuju naponi od 100 MV. U jednom se pražnjenju prenese naboj od 30 C. Koliko bi se litara vode temperature 20°C moglo ispariti ako bi se iskoristila sva energija oslobođena pri jednom udaru munje? Specifični toplinski kapacitet vode je 4186 J/kg·K, specifična toplota isparivanja vode je 2256 kJ/kg, a gustoća vode je 1 g/cm³.

Zadatak 4.43

Koliko se litara vode temperature 27°C može ispariti ako bi se iskoristila sva energija oslobođena nuklearnom reakcijom ${}^3_1\text{H} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$ pri potpunom cijepanju 1,5 g tricija? Mase tricija, deuterija, helija, neutrona i elektrona izražene u atomskim jedinicama mase iznose redom 3,01615 m_u , 2,01410 m_u , 4,00260 m_u , 1,00866 m_u i 0,00055 m_u . Specifični toplinski kapacitet vode je 4186 J/kg·K, gustoća vode je 1 g/cm³, a specifična toplota isparivanja vode je 2256 kJ/kg.

Zadatak 4.44

Koliko se kilograma leda temperature –7°C može prevesti u vodu ako bi se iskoristila sva energija oslobođena nuklearnom reakcijom ${}_0^1\text{n} + {}_{92}^{235}\text{U} \rightarrow {}_{38}^{90}\text{Sr} + {}_{54}^{144}\text{Xe} + 2{}_0^1\text{n}$ pri potpunoj fisiji 2 g urana? Mase urana, stroncija, ksenona, neutrona i elektrona izražene u atomskim jedinicama mase iznose redom 235,03938 m_u , 89,90774 m_u , 143,90827 m_u , 1,00866 m_u i 0,00055 m_u . Specifični toplinski kapacitet leda je 2093 J/kg·K, a specifična toplota taljenja leda je 334,8 kJ/kg.

5. PRIJENOS TVARI

5.1 TEČENJE IDEALNIH FLUIDA

Jednadžba kontinuiteta: $\rho_1 S_1 v_1 = \rho_2 S_2 v_2$ Hidrodinamički tlak: $p = \frac{1}{2} \rho v^2$

Bernoullijeva jednadžba: $p_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g h_1 = p_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g h_2$

Zadatak 5.1

Šira cijev vodovoda unutarnjeg promjera 25 cm spojena je s užom cijevi promjera 18 cm. Brzina protoka vode u široj cijevi je 1,8 m/s, a hidrostatski tlak je 51 kPa.

- a) Kolika je brzina vode u užoj cijevi?
 - b) Koliki je protok vode u široj cijevi izražen u jedinicama volumena (V/t)?
 - c) Koliki je protok vode u užoj cijevi izražen u jedinicama mase (m/t)?
 - d) Koliki je hidrostatski tlak u užoj cijevi?
- Gustoća vode je 1 g/cm^3 .

Zadatak 5.2

Upravno postavljeni spremnik oblika šupljeg valjka promjera 1,5 m u potpunosti je ispunjen vodom. Sa strane spremnika, 2,5 m ispod razine vode u spremniku, nalazi se kružni otvor promjera 15 mm. Kolika je brzina istjecanja vode iz spremnika?

Zadatak 5.3

U spremištu vodotornja razina vode se nalazi na visini 8 m iznad površine Zemlje, a odvodni cjevovod se nalazi na visini 2 m ispod površine Zemlje. Kolika treba biti brzina istjecanja vode kroz cjevovod da bi hidrostatski tlak u njemu bio jednak ništici?

Zadatak 5.4

U posudu se ulijeva voda brzinom 0,2 L/s. Koliki je promjer kružnog otvora na dnu posude ako razina vode, na visini 83 cm od dna posude, ostaje stalna?

Zadatak 5.5

Kolika je minimalna snaga i koliki je minimalni tlak u crpki vatrogasnih kola ako ona podiže vodu brzinom 10 m/s kroz cijev polumjera 5 cm do vrha zgrade visoke 30 m? Gustoća vode je 1 g/cm^3 , a atmosferski tlak je 101325 Pa.

Zadatak 5.6

S unutarnje strane sobnog prozora ploštine 5 m^2 nalazi se mirni zrak. Kolika sila djeluje na prozor kada u vanjsku stranu prozora puše vjetar brzinom 15 m/s? Pretpostavlja se da je gibanje vjetra stacionarno.

5.2 TEČENJE REALNIH FLUIDA. VISKOZNOST FLUIDA

Poiseuilleov zakon: $Q = \frac{V}{t} = \frac{\pi R^4}{8\eta} \frac{\Delta p}{L}$

Raspodjela brzine tečenja viskozne tekućine u kapilari: $v = \frac{\Delta p}{4\eta L} (R^2 - r^2)$

Stokesova formula: $F_o = 6\pi\eta Rv$

Gibanje tijela oblika kugle u viskoznom mediju: $mg \left(1 - \frac{\rho_o}{\rho}\right) = 6\pi\eta Rv$

Zadatak 5.7

Osovina nekog stroja podmazuje se uljem gustoće $0,765 \text{ g/cm}^3$ kroz cjevčicu promjera $0,843 \text{ mm}$ i duljine 10 mm . Koliki će volumen ulja stroj potrošiti tijekom jednog sata ako je razlika tlakova na krajevima cjevčice $0,305 \text{ mPa}$? Koeficijent viskoznosti ulja je $2,5 \cdot 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$.

Zadatak 5.8

Kroz uspravno postavljenu kapilaru određen volumen vode istekne za 32 s . Nakon toga kroz istu kapilaru istekne jednaki volumen etanola gustoće $0,8 \text{ g/cm}^3$.

- Koliki je koeficijent viskoznosti etanola ako on kroz kapilaru istekne za 48 s ?
- Koliko je puta brzina istjecanja vode veća od brzine istjecanja etanola u središtu kapilare?

Koeficijent viskoznosti vode je $10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$, a gustoća vode je 1 g/cm^3 .

Zadatak 5.9

Na strani posude, u kojoj se nalazi glicerol gustoće $1,3 \text{ g/cm}^3$, vodoravno je utaknuta kapilarna cjevčica duljine $1,5 \text{ cm}$ i polumjera 1 mm . Dolijevanjem se razina glicerola u posudi održava na visini 18 cm iznad kapilare.

- Koliko je vremena potrebno da kroz cjevčicu istekne 5 dm^3 glicerola?
- Koliko bi dugo kroz istu cjevčicu istjecala voda jednakog volumena?
- Koliko je puta brži protok vode u odnosu na protok glicerola u središtu cjevčice?

Koeficijent viskoznosti glicerola je $1,5 \text{ Pa}\cdot\text{s}$, a vode $10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$. Gustoća vode je 1 g/cm^3 .

Zadatak 5.10

Koliko se puta smanji protok krvi u aorti ako se:

- razlika tlakova na krajevima aorte smanji dva puta;
- viskoznost krvi poveća dva puta;
- polumjer aorte smanji dva puta?

Pretpostavka je da se za protok krvi kroz aortu može primijeniti Poiseuilleov zakon.

Zadatak 5.11

Suženje arterije može uzrokovati pojavu povišenog krvnog tlaka (hipertenziju) jer srce treba brže ubrizgavati krv da bi se održao jednak protok krvi kao i u zdravoj arteriji. Koliko će se puta povećati krvni tlak čovjeka kojemu je polumjer aorte smanjen tri puta? Pretpostavka je da se za protok krvi kroz aortu može primijeniti Poiseuilleov zakon.

Zadatak 5.12

Koliki je protok krvi kroz kapilaru polumjera $2 \cdot 10^{-4}$ cm ako je brzina krvi u njenom središtu 0,66 cm/s? Pretpostavka je da se za protok krvi kroz kapilaru može primijeniti Poiseuilleov zakon.

Zadatak 5.13

Kolika je brzina krvi u središtu aorte promjera 1,5 cm ako srce u nju ubrizgava krv brzinom od 5 L po minuti? Pretpostavka je da se za protok krvi kroz aortu može primijeniti Poiseuilleov zakon.

Zadatak 5.14

U cilindričnu staklenu posudu promjera 12 cm ulije se 1,5 L etanola, a zatim se po površini alkohola u posudi posipa fino mljeveni farmaceutski preparat, netopiv u alkoholu. Nakon 4,5 h prve se čestice preparata počinju taložiti na dnu posude. Koliki je promjer najvećih čestica ako su one oblika kugle i ako je njihova gustoća $1,9 \text{ g/cm}^3$? Koeficijent viskoznosti etanola je $1,2 \cdot 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$, a gustoća etanola je $0,79 \text{ g/cm}^3$.

Zadatak 5.15

Kolikom brzinom pada kroz atmosferu kapljica kiše oblika kugle promjera 0,3 mm? Koeficijent viskoznosti zraka je $1,8 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}\cdot\text{s}$, a gustoća vode je 1 g/cm^3 .

Zadatak 5.16

Koliki je promjer kapljica kiše oblika kugle ako one kroz atmosferu padaju brzinom 18 km/h? Koeficijent viskoznosti zraka je $1,8 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}\cdot\text{s}$, a gustoća vode je 1 g/cm^3 .

Zadatak 5.17

Zrnce pijeska oblika kugle promjera 3 mm padne na površinu jezera dubokog 25 m. Koliko će dugo zrnce tonuti do dna jezera? Koeficijent viskoznosti vode je $10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$. Gustoća pijeska je $1,9 \text{ g/cm}^3$, a vode 1 g/cm^3 .

5.3 DIFUZIJA I OSMOZA

Konstanta difuzije: $D = \frac{1}{4} \bar{u} \xi$ Prosječna brzina molekula: $\bar{u} = \sqrt{\frac{8kT}{\pi m}}$

Srednji slobodni put: $\xi = \frac{1}{\sqrt{2} d^2 \pi \frac{N}{V}}$ Stokes-Einstenova relacija: $D = \frac{kT}{6\pi\eta a}$

Udaljenost koju difuzijom prijeđe makroskopsko mnoštvo atoma: $|\bar{x}| = \sqrt{2Dt}$

Osmotski tlak: $\pi = \frac{nRT}{V}$

Zadatak 5.18

Koliki je koeficijent difuzije molekula vode u zraku pri temperaturi 27°C i tlaku 1013,25 hPa? Efektivni promjer molekule vode je 0,34 nm, a relativna molekulska masa vode je 18.

Zadatak 5.19

Koliki je efektivni promjer molekule saharoze u vodi pri temperaturi 15°C i tlaku 1013,25 hPa? Koeficijent difuzije saharoze u vodi je $5,2 \cdot 10^{-6} \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$, a relativna molekulska masa saharoze je 183.

Zadatak 5.20

Koliko je vremena u prosjeku potrebno da molekula joda difuzijom u benzenu pri temperaturi 25°C prijeđe udaljenost od jednog svog promjera? Koeficijent difuzije joda u benzenu je $2,13 \cdot 10^{-5} \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$, a koeficijent viskoznosti benzena je $6 \cdot 10^{-4} \text{ Pa} \cdot \text{s}$.

Zadatak 5.21

Koliko je vremena u prosjeku potrebno da molekula saharoze difuzijom u vodi pri temperaturi 25°C prijeđe udaljenost od 1 cm? Koeficijent difuzije saharoze u vodi je $5,2 \cdot 10^{-6} \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$, a koeficijent viskoznosti vode je $10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}$.

Zadatak 5.22

Kolika je razlika tlakova duž polupropusne membrane ako je na lijevoj strani membrane otopljen 1 g biljnog virusa ($M_r = 1,07 \cdot 10^7$) u 100 cm^3 otopine, a na desnoj je strani otopljena jednaka masa hemoglobina ($M_r = 66500$) u jednakom volumenu otopine? Obje se otopine nalaze pri temperaturi 25°C.

Zadatak 5.23

Otopina je priređena otapanjem 5 g šećera ($M_r = 360$) u 400 mL vode. Za koliko će se povećati osmotski tlak otopine ako se njena temperatura poveća s 5°C na 50°C?

Zadatak 5.24

U otopini enzima laktat-dehidrogenaze u puferskom otapalu pri temperaturi 25°C izmjerena je linearna ovisnost osmotskog tlaka o količini otopljene tvari. Kolika je molekulska masa enzima ako je izmjeren omjer $\pi / c = 0,183 \text{ Pa}\cdot\text{L/g}$?

5.4 PROTOK NABOJA

$$\text{Jakost električne struje: } I = \frac{dq}{dt} = S \bar{v} e n \quad \text{Gustoća broja nositelja: } n = \frac{N}{V}$$

$$\text{Tok naboja (gustoća električne struje): } J_q = \frac{1}{S} \frac{dq}{dt} = \frac{I}{S} = \bar{v} e n$$

$$\text{Ohmov zakon: } I = \frac{V}{R} \quad \text{Električni otpor: } R = \rho \frac{L}{S}$$

$$\text{Električna vodljivost: } G = \frac{1}{R} = \frac{S}{\rho L} \quad \text{Električna otpornost: } \rho = \frac{1}{\gamma} = \frac{RS}{L}$$

$$\text{Električna provodnost: } \gamma = \frac{1}{\rho} = \frac{L}{RS}$$

$$\text{Ovisnost električnog otpora vodiča o temperaturi: } R_2 = R_1 [1 + \alpha(T_2 - T_1)]$$

Zadatak 5.25

Kolika je srednja brzina usmjerenog gibanja elektrona kada kroz bakrenu žicu polumjera 1 mm teče struja jakosti 1 A? Pretpostavka je da svaki atom bakra u metalnoj vezi daje jedan slobodni elektron. Molarna masa bakra je 63,5 g/mol, a gustoća bakra je 8,9 g/cm³.

Zadatak 5.26

Koliki je promjer bakrenog vodiča duljine 10 m kojim teče struja jakosti 2,3 A ako je razlika potencijala između krajeva vodiča 0,5 V? Električna otpornost bakra je $1,72 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$.

Zadatak 5.27

Da bi se uštedio bakar, bakreni vodiči promjera 4 mm zamjenjuju se aluminijskim vodičima. Koliki treba biti promjer aluminijskog vodiča da bi on imao jednaki otpor kao i bakreni vodič? Električna otpornost aluminija je $2,8 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$, a električna otpornost bakra je $1,72 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$.

Zadatak 5.28

Žica duljine 5 m ima masu 52,5 g i otpor 0,08 Ω . Koliki je otpor žice načinjene od istog materijala, duge 7 m i mase 147 g?

Zadatak 5.29

Dvije žice, jedna načinjena od aluminija, a druga od bakra, jednake su duljine i imaju jednaki otpor. Kolika je masa bakrene žice ako je masa aluminijske žice 150 g? Gustoća i električna otpornost aluminija su $2,7 \text{ g/cm}^3$ i $2,8 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$, a bakra $8,9 \text{ g/cm}^3$ i $1,72 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$.

Zadatak 5.30

Bakreni i aluminijski ravni vodiči kružnog presjeka jednake su duljine i imaju jednaki otpor. Koliki je omjer njihovih:

- a) polumjera;
- b) masa?

Gustoća i električna otpornost bakra su $8,9 \text{ g/cm}^3$ i $1,72 \cdot 10^{-6} \Omega \cdot \text{cm}$, a aluminija $2,7 \text{ g/cm}^3$ i $2,8 \cdot 10^{-6} \Omega \cdot \text{cm}$.

Zadatak 5.31

Ravnim vodičem duljine 5 m teče stalna struja gustoće $2 \cdot 10^7 \text{ A/m}^2$. Kolika je električna otpornost materijala od kojeg je vodič načinjen ako je razlika potencijala između krajeva vodiča 12 V?

Zadatak 5.32

Željezna žica ima otpor 4Ω pri temperaturi 100°C . Pri kojoj će temperaturi otpor žice biti 3Ω ? Temperaturni koeficijent otpora željeza je $6,08 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$.

Zadatak 5.33

Bakrena žica duljine 2 m i promjera 0,1 mm nalazi se pri temperaturi 20°C . Kolika je vodljivost žice pri temperaturi 60°C ? Električna provodnost bakra pri temperaturi 20°C je $5,82 \cdot 10^6 \text{ S/m}$, a temperaturni koeficijent otpora bakra je $4,3 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$.

Zadatak 5.34

a) Koliki je promjer bakrene žice kružnog presjeka, duljine 2 m, ako je njena vodljivost 25 mS?

b) Uz pretpostavku da se žica nalazila pri temperaturi 20°C , izračunajte njenu vodljivost pri temperaturi 55°C .

Električna provodnost bakra je $5,82 \cdot 10^6 \text{ S/m}$, a temperaturni koeficijent otpora bakra je $4,3 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$.

Zadatak 5.35

Ravnim bakrenim vodičem duljine 8,7 m teče stalna struja gustoće 100 A/mm^2 .

a) Kolika je električna provodnost bakra ako je razlika potencijala između krajeva vodiča 15 V?

b) Uz pretpostavku da se vodič nalazio pri temperaturi 20°C , izračunajte za koliko će se postotaka smanjiti električna provodnost bakra ako se vodič zagrije na temperaturu 30°C . Temperaturni koeficijent otpora bakra je $4,3 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$, a termičko rastezanje žice je zanemarivo maleno.

Zadatak 5.36

Ravni bakreni vodič kružnog presjeka nalazi se pri temperaturi 15°C. Koliki je temperaturni koeficijent otpora bakra ako se električna provodnost bakra smanji za 4,12% kada se vodič zagrije na temperaturu 25°C?

6. ELEKTRIČNE I MAGNETSKE POJAVE

6.1 POHRANA NABOJA. KONDENZATOR

Električni kapacitet: $C = \frac{q}{V}$

Električni kapacitet pločastog kondenzatora: $C = \varepsilon_0 \varepsilon_r \frac{S}{d}$

Energija nabijenog kondenzatora: $E = \frac{1}{2} q U = \frac{q^2}{2C} = \frac{1}{2} C U^2$

Spajanje kondenzatora: a) *serijsko:* $\frac{1}{C} = \sum_i \frac{1}{C_i}$ b) *paralelno:* $C = \sum_i C_i$

Punjenje kondenzatora: $q = q_0 (1 - e^{-t/\tau})$, $q_0 = C V_0$

Pražnjenje kondenzatora: $q = q_0 e^{-t/\tau}$

Vremenska konstanta: $\tau = RC$

Zadatak 6.1

Koliko je naboja pohranjeno na membrani neurona duljine 10 cm i promjera 0,1 mm ako je razlika potencijala između dviju strana membrane 70 mV? Kapacitet membrane neurona je $1 \mu\text{F}/\text{cm}^2$, a njena relativna permitivnost je 5.

Zadatak 6.2

Po površini koloidne čestice oblika kugle promjera 40 nm jednoliko je raspodijeljen naboj od +500 e. Koliku potencijalnu energiju ima ion magnezija, naboja +2e, koji se nalazi na udaljenosti 15 nm od površine koloidne čestice? Koloidna čestica i ion se nalaze u vodenom mediju. Relativna permitivnost vode je 81.

Zadatak 6.3

Koliko se različitih vrijednosti kapaciteta može dobiti spajanjem kondenzatora kapaciteta $2 \mu\text{F}$, $4 \mu\text{F}$ i $6 \mu\text{F}$ na sve moguće načine? Koliki je ukupni kapacitet pojedinih spojeva? Nacrtajte sheme spojeva.

Zadatak 6.4

Tri kondenzatora kapaciteta $1\ \mu\text{F}$, $2\ \mu\text{F}$ i $4\ \mu\text{F}$ spojena su:

- a) serijski;
- b) paralelno

na izvor istosmjernog napona od $28\ \text{V}$. Koliki je naboj i napon na svakom kondenzatoru?

Zadatak 6.5

Da bi se uspostavio normalan rad srca osobe koja je imala srčani udar koristi se terapija elektrošokovima. Uređaj koji proizvodi elektrošokove sadrži tri kondenzatora kapaciteta $2\ \text{pF}$, $3\ \text{pF}$ i $6\ \text{pF}$. Koliki je napon i kolika je energija pohranjena u svakom kondenzatoru ako su oni spojeni:

- a) serijski;
- b) paralelno

na izvor istosmjernog napona od $7,5\ \text{kV}$?

Zadatak 6.6

Dva kondenzatora, jedan kapaciteta $2\ \mu\text{F}$, a drugi kapaciteta $3\ \mu\text{F}$, spojena su:

- a) serijski;
- b) paralelno

na izvor istosmjernog napona od $100\ \text{V}$. Kolika je energija pohranjena u kondenzatoru kapaciteta $2\ \mu\text{F}$ u oba slučaja?

Zadatak 6.7

Kondenzatori kapaciteta $2\ \mu\text{F}$, $3\ \mu\text{F}$ i $6\ \mu\text{F}$ serijski su spojeni na izvor istosmjernog napona od $120\ \text{V}$.

- a) Kolika je razlika potencijala između krajeva svakog kondenzatora?
- b) Kolika je energija pohranjena u kondenzatoru kapaciteta $3\ \mu\text{F}$?

Zadatak 6.8

Jakost električnog polja između ploča kondenzatora oblika kvadrata je $25\ \text{kV/m}$.

- a) Kolika je duljina stranice ploče kondenzatora ako je na pločama naboj iznosa $1,1\ \text{nC}$?
- b) Koliki je razmak između ploča kondenzatora ako je u kondenzatoru pohranjena energija od $2,75 \cdot 10^{-8}\ \text{J}$?

Između ploča kondenzatora nalazi se vakuum.

Zadatak 6.9

Pločasti kondenzator s pločama oblika kvadrata stranice $7\ \text{cm}$, međusobno razmaknutim $2\ \text{mm}$ u vakuumu, spojen je na izvor istosmjernog napona od $50\ \text{V}$.

- a) Koliki je naboj pohranjen na pločama kondenzatora?
- b) Kolika je promjena energije pohranjene u kondenzatoru ako se nabijeni kondenzator isključi s izvora, a između njegovih se ploča umetne petrolej relativne permitivnosti 2?

Zadatak 6.10

Pločasti kondenzator s pločama površine 10 m^2 , međusobno razmaknutim $0,1 \text{ mm}$ u vakuumu, nabijen je na napon od $1,2 \text{ kV}$. Koliko je vremena potrebno da se napon na kondenzatoru smanji za 400 V ako se kondenzator prazni kroz otpornik otpora $2 \text{ M}\Omega$?

Zadatak 6.11

Pločasti kondenzator s pločama oblika kruga promjera 120 cm , međusobno razmaknutim $0,2 \text{ mm}$ u vakuumu, nabijen je na napon od 850 V . Koliki je otpor otpornika kroz koji se kondenzator prazni ako se tijekom 45 ms napon na kondenzatoru smanji na 650 V ?

Zadatak 6.12

Nenabijeni kondenzator kapaciteta $50 \mu\text{F}$ serijski je spojen s otpornikom otpora 300Ω na izvor istosmjernog napona. Nakon koliko će vremena naboj na kondenzatoru doseći četvrtinu maksimalne vrijednosti?

6.2 ELEKTROMAGNETSKE POJAVE

Lorentzova sila: $\vec{F} = q \vec{v} \times \vec{B}$ $F = q v B \sin \theta$

Magnetsko polje ravnog vodiča: $B = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{I}{a}$

Magnetsko polje u središtu zavojnice: $B = N \frac{\mu_0 \mu_r I}{2r} \approx N \frac{\mu_0 \mu_r I}{l}$

Ampèreova sila: $\vec{F} = I \vec{l} \times \vec{B}$ $F = I l B \sin \theta$

Sila između dva paralelna ravna vodiča kojim teku struje: $F = \mu_0 \frac{I_1 I_2}{2\pi r} l$

Magnetski moment na strujnu petlju: $\vec{M} = N I \vec{S} \times \vec{B}$ $M = N I S B \sin \theta$

Magnetski tok: $\Phi_m = \vec{B} \cdot \vec{S} = B S \cos \theta$

Faradayev zakon indukcije: $U_i = -N \frac{d\Phi_m}{dt}$ $U_i = -L \frac{dI}{dt}$

Induktivnost zavojnice: $L = \mu_0 \mu_r \frac{N^2 S}{l}$

Zadatak 6.13

Elektron ubrzan naponom od 300 V giba se u vakuumu paralelno beskonačno dugom ravnom vodiču na udaljenosti 4 mm od njega. Kolika će sila djelovati na elektron ako vodičem trenutačno poteče struja jakosti 5 A?

Zadatak 6.14

Indukcija homogenog magnetskog polja u točki koja se nalazi na udaljenosti 8 cm od beskonačno dugog ravnog vodiča je 0,03 mT.

a) Kolika je jakost struje koja teče vodičem?

b) Kolika je indukcija magnetskog polja u točki na udaljenosti 24 cm od vodiča?

Vodič se nalazi u vakuumu.

Zadatak 6.15

Kroz zavojnicu promjera 40 cm teče struja jakosti 250 mA. Koliko zavoja ima zavojnica ako je indukcija magnetskog polja u njenom središtu 0,4 mT?

Zadatak 6.16

Oko željeznog valjka, promjera 1,26 cm i duljine 50 cm, namotano je 400 zavoja žice. Kolika je jakost struje koja teče ovako dobivenom zavojnicom ako je magnetski tok kroz zavojnicu 0,5 mWb? Relativna permeabilnost željeza je 500.

Zadatak 6.17

Dva paralelna beskonačno duga ravna vodiča međusobno su udaljena 50 cm u vakuumu. Prvim vodičem teče struja jakosti 2 A, a u drugim 2,4 A u suprotnom smjeru. Kolika je gustoća magnetskog toka u točki koja je 40 cm udaljena od prvog vodiča i 30 cm od drugog vodiča?

Zadatak 6.18

Dva paralelna beskonačno duga ravna vodiča, međusobno udaljena 5 mm u vakuumu, odbijaju se silom od 0,01 N po metru duljine kada kroz njih teku struje jednake jakosti, a suprotnog smjera. Kolike su jakosti struja koje teku vodičima?

Zadatak 6.19

U homogenom magnetskom polju indukcije 0,16 mT nalaze se u vakuumu dva paralelna, beskonačno duga ravna vodiča, međusobno udaljena 5 cm, u ravnini okomitoj na smjer magnetskog polja. Kolika je sila koja djeluje na dijelove vodiča duljine 1,5 cm ako kroz vodiče teku struje jakosti 20 A u istom smjeru?

Zadatak 6.20

Ravni vodič duljine 20 cm, kojim teče struja jakosti 2 A, nalazi se u homogenom magnetskom polju indukcije 0,15 T tako da je smjer struje u vodiču okomit na smjer magnetskog polja. Koliki je rad potreban da se vodič pomakne 15 cm u smjeru okomitom na smjer struje i smjer magnetskog polja?

Zadatak 6.21

U homogenom magnetskom polju indukcije 0,1 T nalazi se ravni bakreni vodič promjera 1,2 mm pod kutom 45° u odnosu na smjer magnetskog polja. Kolika je jakost struje koja teče vodičem ako je sila koja djeluje na vodič jednaka težini vodiča? Gustoća bakra je $8,9 \text{ g/cm}^3$.

Zadatak 6.22

Strujnom petljom oblika kvadrata duljine stranice 8 cm teče struja jakosti 5 A. Koliki je moment sile na petlju ako se ona nalazi u homogenom magnetskom polju indukcije 1 T tako da vektor površine petlje tvori kut od 45° sa smjerom magnetskog polja?

Zadatak 6.23

Zavojnica s 200 zavoja, polumjera 10 cm, nalazi se u homogenom magnetskom polju indukcije 0,1 T tako da uzdužna os zavojnice tvori kut od 30° sa smjerom magnetskog polja. Kolika je jakost struje koja teče zavojnicom ako na nju djeluje moment sile iznosa 0,5 N·m?

Zadatak 6.24

Koliki je magnetski tok kroz kružnu petlju promjera 60 cm ako vektor površine petlje tvori kut od:

- a) 90° ;
- b) 0° ;
- c) 60°

sa smjerom magnetskog polja indukcije 1 mT?

Zadatak 6.25

Zavojnica s 50 zavoja, promjera 20 cm, nalazi se u promjenljivom magnetskom polju. Kolika je brzina promjene magnetske indukcije ($\Delta B/\Delta t$) u trenutku kad je inducirani napon između krajeva zavojnice 100 V?

Zadatak 6.26

Duž zavojnice s 500 zavoja, promjera 10 cm i duljine 50 cm, tijekom 0,1 s mijenja se jakost struje od 2 A do 12 A.

- a) Kolika je promjena magnetskog toka u zavojnici?
- b) Koliki je iznos inducirano napona između krajeva zavojnice?

Zadatak 6.27

Kolika je induktivnost zavojnice ako brzina promjene jakosti struje kroz zavojnicu od 2 A/s inducira napon od 1 mV između njenih krajeva?

Zadatak 6.28

U zavojnici s 200 zavoja, promjera 10 cm, indukcija magnetskog polja se poveća od 0,1 T do 0,5 T tijekom 20 ms. Koliki je iznos inducirano napona između krajeva zavojnice?

Zadatak 6.29

Na valjku visine 20 cm i polumjera 2 cm namotana je primarna zavojnica koja ima 1000 zavoja, a iznad nje sekundarna zavojnica koja ima 500 zavoja. Koliki se napon inducira između krajeva sekundarne zavojnice ako se tijekom 0,1 s jakost struje u primarnoj zavojnici jednoliko poveća od 0 A do 1 A?

Zadatak 6.30

Pravokutna strujna petlja sa stranicama duljine 5 cm i 7 cm jednoliko se vrti frekvencijom 7050 Hz u homogenom magnetskom polju indukcije 0,1 T. Koliki je napon induciran između krajeva petlje u trenutku kad vektor površine petlje tvori kut od 45° sa smjerom magnetskog polja?

Zadatak 6.31

Strujna petlja površine 100 cm² vrti se kutnom brzinom 1880 s⁻¹ u homogenom magnetskom polju. U trenutku kad vektor površine petlje tvori kut od 30° sa smjerom magnetskog polja, napon induciran između krajeva petlje je 12 V. Kolika je indukcija magnetskog polja u kojem se vrti petlja?

6.3 KRUGOVI ISTOSMJERNE STRUJE

Ohmov zakon: $I = \frac{V}{R}$ Pad napona: $V = IR$

Ukupni otpor serijski spojenih otpornika: $R = \sum_i R_i$

Ukupni otpor paralelno spojenih otpornika: $\frac{1}{R} = \sum_i \frac{1}{R_i}$

Elektromotorna sila: $\varepsilon = \frac{dW}{dq}$ Poopćeni Ohmov zakon: $I = \frac{\varepsilon}{R_u + R_v}$

Rad električne struje: $W = UI t = I^2 R t = \frac{U^2}{R} t$

Snaga električne struje: $P = UI = I^2 R = \frac{U^2}{R}$

Napomena:

U ovom su odjeljku navedeni zadaci u kojima je izvor napona gradska mreža. Napon gradske mreže nije stalan, nego je vremenski promjenljiv (sinusoidan), što uzrokuje i sinusoidnu vremensku ovisnost jakosti struje u strujnom krugu. Ovdje navedene jednadžbe primjenjive su i na takve strujne krugove ako se u njima nalaze standardni, "omski" otpori, te ako se za jakost struje i napon uzmu njihove efektivne vrijednosti. Krugovi izmjenične struje u kojima se pojavljuju i drugi, "neomski" otpori, razmotreni su u odjeljku 6.4.

Zadatak 6.32

Galvanometar unutarnjeg otpora $1,2 \Omega$ i otpornik otpora $0,04 \Omega$ (shunt) spojeni su paralelno. Koliku jakost struje pokazuje galvanometar ako strujnim krugom teče struja jakosti 5 A ?

Zadatak 6.33

Galvanometar unutarnjeg otpora 8Ω ima najveći otklon kazaljke kada njime teče struja jakosti $0,01 \text{ A}$. Nacrtajte sheme spojeva galvanometra s dodatnim otpornicima i izračunajte vrijednosti njihovih otpora da bi tako sklopljeni uređaji mogli mjeriti:

a) jakost struje do 100 mA ;

b) napon do 20 V .

Zadatak 6.34

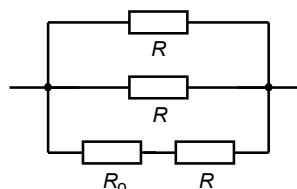
Žica kružnog presjeka, načinjena od nikelina, duljine 25 m i promjera $1,01 \text{ mm}$, razreže se na jednake dijelove koji se spoje paralelno. Na koliko je dijelova razrezana žica ako je ukupni otpor paralelno spojenih dijelova $0,5 \Omega$? Električna otpornost nikelina je $4 \cdot 10^{-5} \Omega \cdot \text{cm}$.

Zadatak 6.35

Kako treba spojiti otpornike otpora 5Ω , 10Ω i 20Ω da bi ukupni otpor spoja bio 14Ω ? Nacrtajte shemu spoja.

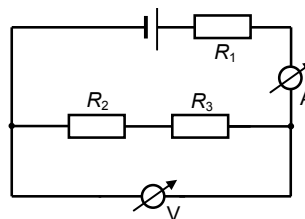
Zadatak 6.36

Koliki je otpor otpornika R ako je ukupni otpor strujnog kruga prikazanog shemom R_0 ?



Zadatak 6.37

U strujnom krugu prikazanom shemom napon izvora je 45 V , a otpori pojedinih otpornika su $R_1 = 20 \Omega$, $R_2 = 25 \Omega$, $R_3 = 50 \Omega$. Koliki je unutarnji otpor voltmetra ako ampermetar pokazuje vrijednost 500 mA ? Unutarnji otpori izvora i ampermetra zanemarivo su maleni.



Zadatak 6.38

Šest jednakih žaruljica za kićenje božićnog drvca spojeno je paralelno, kao što je to prikazano shemom. Na svakoj se žaruljici troši snaga od 10 W kada su one priključene na izvor stalnog napona od 120 V .

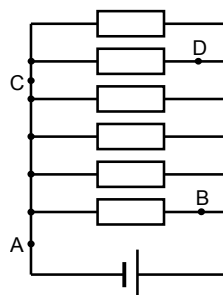
a) Koliki je otpor svake žaruljice?

b) Koliki je ukupni otpor svih šest paralelno spojenih žaruljica?

c) Kolika se snaga troši u danom strujnom krugu?

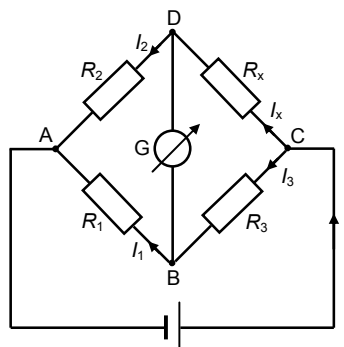
d) Kolike su jakosti struja u točkama A, B, C i D?

Unutarnji otpor izvora zanemarivo je malen.



Zadatak 6.39

Wheatstoneov most je spoj koji se sastoji od četiri otpornika spojena u strujni krug kao što je to prikazano shemom. Otpor nepoznatog otpornika R_x može se odrediti ako je poznat otpor jednog otpornika i omjer otpora druga dva, pod uvjetom da je most u ravnoteži, tj. da je jakost struje kroz galvanometar jednaka ničtici. U zadanoj shemi odredite otpor otpornika R_x ako otpor otpornika R_3 iznosi $10\ \Omega$, a omjer otpora R_2/R_1 je 5.



Zadatak 6.40

U strujnom krugu kratko spojene baterije teče struja jakosti 6 A. Kada se baterija serijski spoji s otpornikom otpora $2\ \Omega$, jakost struje u strujnom krugu je 4 A. Kolika je elektromotorna sila baterije i koliki je njen unutarnji otpor?

Zadatak 6.41

Kada se na izvor struje elektromotorne sile 1,5 V spoji otpornik otpora $10\ \Omega$, strujnim krugom teče struja jakosti 130 mA. Kolika će biti jakost struje u strujnom krugu u kojemu je na isti izvor spojen otpornik otpora $15\ \Omega$?

Comment [n1]:

Zadatak 6.42

Jakost struje u strujnom krugu u kojem je na izvor struje spojen otpornik otpora $8\ \Omega$ je 2 A. Ako se na isti izvor spoji otpornik otpora $2\ \Omega$, jakost struje u strujnom krugu je 4 A. Kolika je elektromotorna sila izvora i koliki je njegov unutarnji otpor?

Zadatak 6.43

Jakost struje kroz žarulju priključenu na izvor struje je 0,2 A, a razlika potencijala između krajeva žarulje je 1,8 V. Ako se s tom žaruljom paralelno spoji druga žarulja, jakost struje u strujnom krugu je 0,4 A, a razlika potencijala između krajeva druge žarulje je 1,6 V. Kolika je elektromotorna sila izvora struje?

Zadatak 6.44

Na bateriju s dva serijski spojena galvanska članka, jedan elektromotorne sile 1,5 V i unutarnjeg otpora $3\ \Omega$, a drugi elektromotorne sile 1,8 V i unutarnjeg otpora $3,5\ \Omega$, spojen je potrošač otpora $4\ \Omega$.

- Kolika je jakost struje koja teče strujnim krugom?
- Koliki je napon na stezaljkama baterije?
- Koliki je napon na svakom članku baterije?
- Koliki bi trebao biti otpor potrošača spojenog na bateriju da napon na prvom članku baterije bude jednak ničtici?

Zadatak 6.45

Na izvor struje elektromotorne sile 12,5 V i unutarnjeg otpora $0,2\ \Omega$ priključeni su otpornici otpora $5\ \Omega$ i $10\ \Omega$, najprije serijski, a zatim paralelno. Koliki bi trebao biti otpor trećeg otpornika, serijski spojenog u strujni krug, da i pri serijskom i pri paralelnom spoju pad napona na otporniku otpora $10\ \Omega$ bude jednak?

Zadatak 6.46

Koliko košta javna rasvjeta koju daje žarulja snage 100 W tijekom 8 h ako je cijena kilovatsata električne energije 0,6 kn?

Zadatak 6.47

Tijekom mjesec dana električni hladnjak priključen je na gradsku mrežu (220 V) 720 sati.

- Koliku energiju mjesečno troši hladnjak ako njime teče struja jakosti 3,2 A? Rezultat izrazite u kilovatsatima.
- Koliko godišnje košta rad hladnjaka ako je cijena kilovatsata električne energije 0,6 kn?
- Koliko su puta manji troškovi za rad televizora tijekom godine ako je on na gradsku mrežu priključen 120 sati mjesečno? Jakost struje koja teče televizorom je 2,4 A.

Zadatak 6.48

Tri električne žarulje, na kojima su naznačene snage $P_1 = P_2 = 25\ \text{W}$, $P_3 = 50\ \text{W}$, predviđene su za napon od 110 V.

- Kako treba spojiti žarulje na napon gradske mreže (220 V) da bi se na njima trošila naznačena snaga? Nacrtajte shemu.
- Kolike su jakosti struja kroz pojedine žarulje?

Zadatak 6.49

Električna žarulja duljine žarne niti 500 mm troši snagu od 25 W kada je ona priključena na izvor napona od 120 V. Kolika treba biti duljina žarne niti, načinjene od istog materijala, da žarulja troši snagu od 50 W kada je ona priključena na izvor napona od 220 V? Unutarnji otpor izvora zanemarivo je malen.

Zadatak 6.50

Električni motor snage 3,7 kW priključen je aluminijskim vodičima duljine 500 m na izvor napona od 380 V. Koliki je promjer vodiča ako je pad napona na njima 10,5 V? Električna otpornost aluminija je $2,8 \cdot 10^{-8}\ \Omega \cdot \text{m}$. Unutarnji otpor izvora zanemarivo je malen.

Zadatak 6.51

Električna žarulja snage 100 W dugim je priključnim kabelom spojena na izvor napona od 220 V. Koliki je otpor žice u kabelu ako je pad napona na žarulji 218 V? Unutarnji otpor izvora zanemarivo je malen.

Zadatak 6.52

Na udaljenosti 125 m od izvora napona (220 V) nalazi se električna peć snage 1 kW. Koliki je otpor električne peći ako je ona s izvorom spojena bakrenim žicama površine poprečnog presjeka $2,5 \text{ mm}^2$? Električna otpornost bakra je $1,72 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$.

Zadatak 6.53

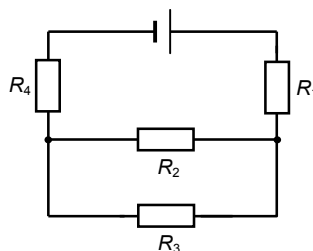
Na izvor struje najprije se priključi otpornik otpora $0,64 \Omega$, a zatim otpornik otpora $2,25 \Omega$. Koliki je unutarnji otpor izvora ako je u oba slučaja snaga koja se troši na otpornicima jednaka?

Zadatak 6.54

Koliki je otpor vanjskog otpornika R_v , priključenog na izvor struje elektromotorne sile \mathcal{E} i unutarnjeg otpora R_u , ako je snaga koja se na njemu troši maksimalna?

Zadatak 6.55

U strujnom krugu prikazanom shemom napon izvora je 4 V, jakost ukupne struje u strujnom krugu je 800 mA, a otpornici imaju otpore $R_1 = R_4 = 2 \Omega$, $R_2 = 5 \Omega$. Kolika se snaga troši na otporniku otpora R_3 ? Unutarnji otpor izvora zanemarivo je malen.



Zadatak 6.56

Električna grijalica priključena na napon gradske mreže (220 V) može za 4 minute i 56 sekundi ispariti tekućinu mase 1 kg i temperature 26°C . Koliki je specifični toplinski kapacitet tekućine ako je otpor grijalice $8,95 \Omega$? Specifična toplina isparivanja tekućine je 1294 kJ/kg , a temperatura njenog vrelišta je 112°C .

Zadatak 6.57

Električna grijalica u potpunosti je uronjena u 0,2 L vode koja se nalazi u bakrenom kalorimetru mase 100 g. Kada kroz zavojnicu grijalice teče struja jakosti 2 A, za tri se minute temperatura vode poveća za 20°C . Koliki je otpor grijalice? Specifični toplinski kapacitet vode je $4186 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$, a bakra $381 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$.

Zadatak 6.58

Električna grijalica, priključena na izvor napona od 20 V, u potpunosti je uronjena u tekućinu. Pri temperaturi vrelišta za pet minuta ispari 13,2 g tekućine. Kolika je specifična toplina isparivanja tekućine ako grijalicom teče struja jakosti 2,5 A? Pretpostavka je da se 75% električne energije grijalice iskoristi za zagrijavanje tekućine.

6.4 KRUGOVI IZMJENIČNE STRUJE

Izmjenična struja: $i(t) = I_0 \sin \omega t$ Izmjenični napon: $v(t) = V_0 \sin \omega t$

Efektivne vrijednosti izmjenične struje i napona: $I = \frac{I_0}{\sqrt{2}}$ $V = \frac{V_0}{\sqrt{2}}$

Kapacitivni otpor (kapacitancija): $X_C = \frac{1}{C \omega}$

Induktivni otpor (induktancija): $X_L = L \omega$

Impedancija: $Z = \sqrt{R^2 + \left(L \omega - \frac{1}{C \omega}\right)^2}$ Ohmov zakon: $I = \frac{U}{Z}$

Snaga izmjenične struje: $P = IV \cos \varphi$ $\cos \varphi$ - faktor snage

Razlika u fazi između napona i jakosti struje: $\tan \varphi = \frac{L \omega - 1 / C \omega}{R}$

TRANSFORMATOR

Jednadžba transformatora: $\frac{V_1}{V_2} = \frac{I_2}{I_1} = \frac{N_1}{N_2}$

ELEKTRIČNI TITRAJNI KRUG (RLC KRUG)

Period oscilacija (Thomsonova formula): $T = 2\pi \sqrt{LC}$

ELEKTRIČNA REZONANCIJA

Uvjet: $X_L = X_C$ Rezonantna frekvencija: $\nu_0 = \frac{1}{2\pi} \frac{1}{\sqrt{LC}}$

Zadatak 6.59

Električno kuhalo otpora $55\ \Omega$ priključeno je napon gradske mreže (220 V, 50 Hz). Napišite izraze koji opisuju vremensku ovisnost napona i jakosti struje na potrošaču.

Zadatak 6.60

Izmjenična struja, čija se jakost u vremenu mijenja po izrazu $i(t) = I_0 \sin \omega t$, $I_0 = 40\text{ A}$, $\omega = 314\text{ s}^{-1}$, teče zavojnicom omskog otpora $8\ \Omega$. Koliki je faktor snage ako je efektivna vrijednost napona između krajeva zavojnice 350 V?

Zadatak 6.61

Otpornik otpora $22\ \Omega$ i zavojnica induktivnosti $0,1\text{ H}$, zanemarivog omskog otpora, serijski su spojeni na izvor izmjeničnog napona.

- Kolika je frekvencija izmjenične struje koja teče strujnim krugom ako je njegova impedancija $47\ \Omega$?
- Koliki je faktor snage izmjenične struje?

Zadatak 6.62

Kroz zavojnicu, spojenu na izvor istosmjernog napona od 120 V, teče struja jakosti 3,8 A. Kada se ta ista zavojnica spoji na izvor izmjeničnog napona, efektivne vrijednosti 120 V i frekvencije 60 Hz, zavojnicom teče struja jakosti 450 mA. Kolika je induktivnost zavojnice?

Zadatak 6.63

Razlika potencijala između krajeva zavojnice spojene na izvor istosmjernog napona je 48 V, a jakost struje kroz zavojnicu je 266 mA. Kada se ta ista zavojnica spoji na izvor izmjeničnog napona frekvencije 50 Hz, razlika potencijala između krajeva zavojnice je 220 V, a jakost struje kroz zavojnicu je 880 mA. Kolika je induktivnost zavojnice?

Zadatak 6.64

Koliku se energija troši na zavojnici induktivnosti 100 mH, omskog otpora $35\ \Omega$, ako je ona pola sata priključena na napon gradske mreže (220 V, 50 Hz)?

Zadatak 6.65

Kolika je induktivnost primara transformatora, omskog otpora $7\ \Omega$, ako se na njemu troši snaga od 15 W kada je on priključen na napon gradske mreže (220 V, 50 Hz)?

Zadatak 6.66

Kolika je induktivnost grijača oblika zavojnice, snage 1,8 kW, kojim teče struja jakosti 10 A kada je on priključen na napon gradske mreže (220 V, 50 Hz)?

Zadatak 6.67

Kolika je jakost struje koja teče grijačem oblika zavojnice induktivnosti 60 mH i omskog otpora 20 Ω ako je on priključen na napon gradske mreže (220 V, 50 Hz)?

Zadatak 6.68

Otpornik otpora 100 Ω , zavojnica induktivnosti 0,5 H, zanemarivog omskog otpora, i kondenzator kapaciteta 15 μF spojeni su serijski na napon gradske mreže (220 V, 50 Hz).

- Kolika je impedancija strujnog kruga?
- Kolika je jakost struje u strujnom krugu?
- Koliki su padovi napona na otporniku, zavojnici i kondenzatoru?
- Koliki je faktor snage izmjenične struje?

Zadatak 6.69

Zavojnica omskog otpora 15 Ω priključena je na napon gradske mreže (220 V, 50 Hz). Kolika je induktivnost zavojnice ako u danom strujnom krugu teče struja jednake jakosti kao i u strujnom krugu u kojem je na isti izvor umjesto zavojnice priključen otpornik otpora 20 Ω ?

Zadatak 6.70

Kondenzator kapaciteta 10 μF i zavojnica induktivnosti 0,2 H, načinjena od bakrene žice promjera 0,1 mm i duljine 7,5 m, serijski su spojeni na napon gradske mreže (220 V, 50 Hz). Kolika se snaga troši u danom strujnom krugu? Električna otpornost bakra je $1,72 \cdot 10^{-6} \Omega \cdot \text{cm}$.

Zadatak 6.71

Dva otpornika, jedan otpora 12 Ω , a drugi otpora 14 Ω , paralelno su spojeni na napon gradske mreže (220 V, 50 Hz). Koliki je pad napona na zavojnici induktivnosti 10 mH, zanemarivog omskog otpora, koja je s otpornicima serijski spojena u strujni krug?

Zadatak 6.72

Električna žarulja i pločasti kondenzator kružnih ploča, međusobno razmaknutih 0,1 mm, serijski su spojeni na napon gradske mreže (220 V, 50 Hz). Strujnim krugom teče struja jakosti 1 A, a pad napona na žarulji je 50 V. Koliki je promjer ploča kondenzatora ako se između njih nalazi sredstvo relativne permitivnosti 7?

Zadatak 6.73

Električna žarulja i pločasti kondenzator kružnih ploča promjera 10 cm, međusobno razmaknutih 0,1 mm u vakuumu, serijski su spojeni na izvor izmjeničnog napona efektivne vrijednosti 400 V. Strujnim krugom teče struja jakosti 2 A, a pad napona na žarulji je 50 V.

- Kolika je frekvencija napona izvora?
- Koliki je pad napona na kondenzatoru?

Zadatak 6.74

Električnu žarulju otpora $300\ \Omega$, predviđenu za napon 110 V , potrebno je priključiti na napon gradske mreže (220 V , 50 Hz).

- Kolika treba biti induktivnost zavojnice, serijske spojene sa žaruljom, da žarulja ne bi pregorila?
- Kolika je snaga izmjenične struje koja teče danim strujnim krugom?

Zadatak 6.75

Zavojnica induktivnosti 20 mH , omskog otpora $5\ \Omega$, i kondenzator kapaciteta $50\ \mu\text{F}$ serijski su spojeni na izvor izmjeničnog napona. Kolika je frekvencija izmjenične struje u strujnom krugu ako su napon i jakost struje međusobno pomaknuti u fazi za 58° ?

Zadatak 6.76

Struja, čija se jakost u vremenu mijenja po izrazu $i(t) = I_0 \sin \omega t$, $I_0 = 5,3\text{ A}$, $\omega = 314\text{ s}^{-1}$, teče strujnim krugom u kojem su serijski spojeni žarulja, zavojnica induktivnosti 40 mH i kondenzator kapaciteta $420\ \mu\text{F}$.

- Kolika je snaga izmjenične struje u strujnom krugu ako je napon na žarulji $42,4\text{ V}$?
- Napišite izraz koji opisuje vremensku ovisnost napona na stezaljkama izvora. Omski otpor zavojnice zanemarivo je malen.

Zadatak 6.77

Primar transformatora priključen je na izvor izmjeničnog napona efektivne vrijednosti 100 V . Broj zavoja primara pedeset je puta manji od broja zavoja sekundara transformatora.

- Koliki je napon na sekundaru transformatora?
- Kolika je jakost struje koja teče primarom ako sekundarom teče struja jakosti 100 mA ?

Zadatak 6.78

Primar transformatora priključen je na napon gradske mreže (220 V , 50 Hz). Broj zavoja primara deset je puta manji od broja zavoja sekundara transformatora. Kolika je jakost struje koja teče strujnim krugom sekundara ako su u njemu serijski spojeni otpornik otpora $0,2\text{ k}\Omega$ i kondenzator kapaciteta $100\ \mu\text{F}$?

Zadatak 6.79

Primar transformatora priključen je na napon gradske mreže (220 V , 50 Hz). Broj zavoja sekundara dvadeset je puta veći od broja zavoja primara transformatora. U strujnom krugu sekundara serijski su spojeni otpornik otpora $40\ \Omega$ i zavojnica nepoznate induktivnosti.

- Kolika je induktivnost zavojnice ako strujnim krugom sekundara teče struja jakosti 10 A ?
- Kolika je snaga izmjenične struje koja teče strujnim krugom sekundara?

Zadatak 6.80

Kondenzator promjenljivog kapaciteta i zavojnica induktivnosti 20 mH serijski su spojeni u električni titrajni krug. Koliki je kapacitet kondenzatora ako električni titrajni krug emitira elektromagnetske valove valne duljine 2 km?

Zadatak 6.81

Zavojnica nepoznate induktivnosti i kondenzator kapaciteta 0,88 pF serijski su spojeni u električni titrajni krug. Kolika je induktivnost zavojnice ako električni titrajni krug emitira elektromagnetske valove valne duljine 250 m?

Zadatak 6.82

Električni titrajni krug sastoji se od zavojnice induktivnosti 15 mH i pločastog kondenzatora kružnih ploča promjera 8,5 cm, međusobno razmaknutih 2 mm, između kojih je sredstvo relativne permitivnosti 2. Kolika je frekvencija elektromagnetskih valova koje emitira dani električni titrajni krug?

Zadatak 6.83

Serijski RLC krug ($R=100\ \Omega$), priključen na izvor izmjeničnog napona efektivne vrijednosti 5 mV, podešen je da rezonira pri frekvenciji 20 kHz. Koliki je kapacitet kondenzatora ako je pad napona na njemu 1 V?

Zadatak 6.84

Serijski RLC krug ($R=50\ \Omega$, $C=2\ \text{nF}$), priključen na izmjenični napon efektivne vrijednosti 1 mV, podešen je da rezonira pri frekvenciji 15,625 kHz.

- a) Koliki je pad napona na zavojnici, a koliki na kondenzatoru?
- b) Za koliko se postotaka promijeni rezonantna frekvencija ako se kapacitet kondenzatora poveća za 100 pF?

7. ELEKTROMAGNETSKI VALOVI. OPTIKA

7.1 VALNO GIBANJE

Valna duljina: $\lambda = v T$ Valni broj: $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ Brzina širenja vala: $v = \lambda \nu$

Jednadžba ravnog vala: $\xi(x, t) = A \sin(kx - \omega t)$

ELEKTROMAGNETSKI VALOVI

Jednadžba električne komponente vala: $E(x, t) = E_0 \sin(kx - \omega t)$

Jednadžba magnetske komponente vala: $B(x, t) = B_0 \sin(kx - \omega t)$

Brzina širenja elektromagnetskog vala: $c = \lambda \nu$

Energija elektromagnetskog vala: $E = h \nu$

INTERFERENCIJA VALOVA

Uvjet konstruktivne interferencije valova: $\delta = n \lambda$, $n = 0, 1, 2, 3, \dots$

Uvjet destruktivne interferencije valova: $\delta = (2n + 1) \frac{\lambda}{2}$, $n = 0, 1, 2, 3, \dots$

Razlika u hodu: $\delta = n \Delta x$ Razlika u fazi dviju točaka vala: $\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta x$

STOJNI VALOVI

Valna duljina i frekvencija stojnog vala: $\lambda_n = \frac{2L}{n}$, $\nu_n = n \nu_1 = n \frac{v}{2L}$, $n = 1, 2, 3, \dots$

Položaji trbuha stojnog vala: $x_t = \left(n + \frac{1}{2}\right) \frac{\lambda}{2}$, $n = 0, 1, 2, \dots$

Položaji čvorova stojnog vala: $x_{\text{č}} = n \frac{\lambda}{2}$, $n = 0, 1, 2, \dots$

Zadatak 7.1

Dva susjedna brijega vala koji se širi površinom jezera međusobno su udaljena 15 m. Kolika je brzina vala ako on usidreni čamac zaljulja svake 4 s?

Zadatak 7.2

Kolika je frekvencija elektromagnetskog vala koji se širi u vakuumu, a ima jednaku valnu duljinu kao i ultrazvučni val frekvencije 10^5 Hz ? Brzina ultrazvuka je 340 m/s .

Zadatak 7.3

Val frekvencije 6 Hz širi se nekim sredstvom brzinom $3,6 \text{ m/s}$. Kolika je razlika u fazi titranja dviju čestica vala koje su međusobno udaljene 30 cm ?

Zadatak 7.4

Razlika u fazi titranja dviju čestica vala međusobno udaljenih 50 cm je $3\pi/2$. Kolika je frekvencija titranja čestica vala ako se val danim sredstvom širi brzinom 5 m/s ?

Zadatak 7.5

Transverzalni val se širi nekim sredstvom brzinom 300 m/s . Kolika je razlika u fazi titranja dviju čestica vala udaljenih 2 m , odnosno 8 m , od izvora vala ako je period titranja čestica $0,02 \text{ s}$?

Zadatak 7.6

Električna komponenta elektromagnetskog vala koji se širi u vakuumu opisana je izrazom $E(x, t) = E_0 \sin \left[\pi (1,2 \cdot 10^{15} \text{ s}^{-1} t - 4 \cdot 10^6 \text{ m}^{-1} x) \right]$. Kolika je frekvencija, valna duljina, period i valni broj električne komponente elektromagnetskog vala?

Zadatak 7.7

Magnetska indukcija elektromagnetskog vala koji se širi u vakuumu opisana je izrazom $B(x, t) = B_0 \sin \left[\omega \left(t - \frac{x}{c} \right) \right]$, $\omega = \pi \cdot 10^5 \text{ s}^{-1}$. Kolika je frekvencija, valna duljina i valni broj magnetske komponente elektromagnetskog vala?

Zadatak 7.8

Površinom vode širi se transversalni ravni val amplitude 10 mm i valne duljine 2 cm brzinom 1 m/s . Kolika je elongacija čestice vala na mjestu gdje je $0,5 \text{ s}$ ranije bio brijeg vala?

Zadatak 7.9

Harmonijsko titranje čestice u izvoru vala opisano je jednadžbom $x(t) = A \sin \omega t$, $A = 2 \text{ cm}$, $\omega = \pi \text{ s}^{-1}$.

- a) Odredite jednadžbu vala ako je brzina širenja vala 200 m/s .
- b) Odredite jednadžbu koja opisuje harmonijsko titranje čestice udaljene 100 m od izvora vala. Grafički prikažite vremensku ovisnost elongacije titranja te čestice.
- c) Odredite jednadžbu i grafički prikažite položaj čestica vala u trenutku $t = 2 \text{ s}$.

Zadatak 7.10

Dva vala jednakih valnih duljina, $\lambda = 45$ cm, i jednakih amplituda, $A = 4$ cm, šire se danim sredstvom u istom smjeru jednakim brzinama s razlikom u fazi $2\pi/3$. Kolika je amplituda vala nastalog interferencijom ova dva vala?

Zadatak 7.11

Točka C leži na pravcu između točaka A i B. Udaljenost točaka A i C je 12 m, a udaljenost točaka B i C je 15 m. Iz točaka A i B istodobno i s jednakim fazama polaze prema točki C valovi frekvencije 550 Hz brzinom 330 m/s. Hoće li u točki C interferencija ovih dvaju valova biti konstruktivna?

Zadatak 7.12

Snop svjetlosti valne duljine 640 nm pada okomito na ravno zrcalo. Interferencijom upadne svjetlosti i svjetlosti reflektirane na zrcalu nastaje stojni val koji ima čvor u ravnini zrcala.

a) Na kojoj se udaljenosti od zrcala nalazi prvi trbuh stojnog vala?

b) Koliki je broj čvorova stojnog vala između zrcala i točke udaljene 1 mm od zrcala?

Zadatak 7.13

Kolika je udaljenost između paralelnih zrcala ako je između njih uspostavljen stojni val osnovne frekvencije $3 \cdot 10^8$ kHz? Kolike su valne duljine prva tri stojna vala koji se mogu uspostaviti u prostoru između zrcala?

Zadatak 7.14

Frekvencija trećeg harmonika stojnog vala na žici gitare je 1220 Hz. Kolika je osnovna frekvencija i frekvencija petog harmonika stojnog vala?

7.2 OGIB I INTERFERENCIJA SVJETLOSNIH VALOVA

OGIB SVJETLOSTI NA PUKOTINI

Uvjet nastajanja tamnih pruga: $a \sin \theta_k = k \lambda$, $k = 1, 2, 3, \dots$

OGIB SVJETLOSTI NA OPTIČKOJ MREŽICI

Uvjet nastajanja svijetlih pruga: $d \sin \theta_k = k \lambda$, $k = 1, 2, 3, \dots$ k – red spektra

INTERFERENCIJA SVJETLOSTI

Položaj svijetlih pruga na zastoru: $x_n^s = n \lambda \frac{D}{d}$

Položaj tamnih pruga na zastoru: $x_n^t = (2n + 1) \frac{\lambda}{2} \frac{D}{d}$

Razmak između dvije susjedne svijetle (tamne) pruge: $x_{n+1}^{s,t} - x_n^{s,t} = \lambda \frac{D}{d}$

Zadatak 7.15

Snop monokromatske svjetlosti valne duljine 520 nm prolaskom kroz usku pukotinu širine 0,02 mm stvara ogibnu sliku na zastoru udaljenom 100 cm od pukotine. Koliki je razmak između središnjeg maksimuma i prve tamne pruge?

Zadatak 7.16

Snop žute svjetlosti valne duljine 550 nm prolaskom kroz usku pukotinu stvara ogibnu sliku na zastoru udaljenom 1,5 m od pukotine. Kolika je širina pukotine ako je širina središnjeg maksimuma (razmak između prve lijeve i prve desne tamne pruge) 3 cm?

Zadatak 7.17

Snop monokromatske svjetlosti pada okomito na optičku mrežicu. Koliki je kut ogiba svjetlosti u spektru prvog reda ako je kut ogiba u spektru drugog reda $20,3^\circ$?

Zadatak 7.18

Snop monokromatske svjetlosti valne duljine 500 nm pada okomito na optičku mrežicu koja ima 2000 pukotina po centimetru duljine. Koliki je red spektra u kojem se ogibni maksimumi vide pod kutom 30° ?

Zadatak 7.19

Snop žute svjetlosti valne duljine 560 nm pada okomito na optičku mrežicu. Koliko pukotina po centimetru duljine ima optička mrežica ako je kut ogiba svjetlosti u spektru prvog reda $8,05^\circ$?

Zadatak 7.20

Vidljivi dio spektra elektromagnetskih valova približno je u području valnih duljina između 400 nm i 700 nm. Kolika je kutna širina vidljivog dijela spektra prvog reda dobivenog ogibom na optičkoj mrežici koja ima 600 pukotina po milimetru duljine?

Zadatak 7.21

Laserski snop svjetlosti frekvencije $4,48 \cdot 10^{14}$ Hz pada okomito na optičku mrežicu koja ima 5000 pukotina po centimetru duljine. Koliki su kutovi ogiba pod kojima se vide svijetle pruge nakon prolaska svjetlosti kroz mrežicu?

Zadatak 7.22

Snop polikromatske svjetlosti, koji sadrži dvije boje valnih duljina 400 nm i 410 nm, pada okomito na optičku mrežicu koja ima 500 pukotina po milimetru duljine. Koliki je kutni razmak između maksimuma dviju navedenih boja u ogibnom spektru:

- a) prvog reda;
- b) drugog reda?

Zadatak 7.23

Snop natrijeve svjetlosti pada okomito na optičku mrežicu koja ima 5000 pukotina po centimetru duljine. Koliki je kutni razmak u ogibnom spektru drugog reda između natrijevih D_1 i D_2 linija valnih duljina 589,6 nm, odnosno 589 nm?

Zadatak 7.24

Snop Sunčeve svjetlosti pada okomito na optičku mrežicu konstante $1,25 \cdot 10^{-3}$ mm i stvara spektar prvog reda na zastoru udaljenom 100 cm od optičke mrežice. Kolika je udaljenost između C i F Fraunhoferovih linija valnih duljina 656,3 nm, odnosno 486,1 nm?

Zadatak 7.25

Kolika je kutna disperzija ($d\theta / d\lambda$) monokromatske svjetlosti valne duljine 600 nm nakon prolaska kroz optičku mrežicu koja ima 2500 pukotina po centimetru duljine?

Zadatak 7.26

Paralelni snop svjetlosti pada okomito na zastor s dvije uske paralelne pukotine. Na drugom paralelnom zastoru, udaljenom 200 cm od zastora s pukotinama, opažaju se pruge interferencije. Razmak između središnje svijetle i druge tamne pruge je 0,7 cm. Za koliko će se milimetara povećati taj razmak ako se drugi zastor udalji za 50 cm?

Zadatak 7.27

Paralelni snop svjetlosti valne duljine 620 nm pada okomito na zastor s dvije uske paralelne pukotine. Na drugom paralelnom zastoru, udaljenom 2 m od zastora s pukotinama, opažaju se pruge interferencije. Koliki je razmak između pukotina ako je razmak između treće tamne i pete svijetle pruge 2,5 cm?

Zadatak 7.28

Paralelni snop svjetlosti valne duljine 615 nm pada okomito na zastor s dvije uske paralelne pukotine. Na drugom paralelnom zastoru, udaljenom 150 cm od zastora s pukotinama, opažaju se pruge interferencije. Razmak između druge svijetle i četvrte tamne pruge je 7,5 mm.

- a) Koliki je razmak između pukotina?
- b) Koliko treba udaljiti drugi zastor da bi razmak između druge svijetle i četvrte tamne pruge bio 9,6 mm?

Zadatak 7.29

Paralelni snop svjetlosti valne duljine 590 nm pada okomito na zastor s dvije uske paralelne pukotine. Na drugom paralelnom zastoru, koji se nalazi iza zastora s pukotinama, opažaju se pruge interferencije. Pritom je razmak između susjednih svijetlih pruga 0,58 cm. Kolika bi trebala biti valna duljina svjetlosti da razmak između susjednih svijetlih pruga bude 0,64 cm?

Zadatak 7.30

Paralelni snop svjetlosti valne duljine λ pada okomito na zastor s dvije uske paralelne pukotine. Na drugom paralelnom zastoru, koji se nalazi iza zastora s pukotinama, opažaju se pruge interferencije. Pritom je razmak između susjednih svijetlih pruga 0,53 cm. Ako na isti zastor s pukotinama okomito pada svjetlost manje valne duljine, razmak između susjednih svijetlih pruga smanji se za 0,7 mm. Za koliko je postotaka manja valna duljina ove svjetlosti?

7.3 MEĐUDJELOVANJE VALOVA I TVARI

APSORPCIJA SVJETLOSTI (ZRAČENJA)

Lambertov zakon apsorpcije: $I = I_0 e^{-kx}$

Beer-Lambertov zakon apsorpcije: $I = I_0 e^{-\varepsilon Cx}$

FOTOELEKTRIČNI UČINAK

Einsteinova jednadžba: $h\nu = W_i + \frac{1}{2}mv_{\max}^2$

Napon zaustavljanja: $V_{\max} = \frac{mv_{\max}^2}{2e}$

Zadatak 7.31

Prolaskom kroz mutno staklo debljine 3 mm intenzitet upadne svjetlosti smanji se za 25%. Za koliko će se postotaka smanjiti intenzitet iste svjetlosti prolaskom kroz staklo iste vrste, debljine 5 mm?

Zadatak 7.32

Prolaskom kroz mutnu otopinu na putu od 10 mm intenzitet upadne svjetlosti smanji se za 75%. Za koliko se postotaka smanji intenzitet upadne svjetlosti prolaskom kroz prva tri milimetra otopine?

Zadatak 7.33

Olovna ploča debljine 15 mm apsorbira 60% upadnog γ -zračenja. Koliki se postotak upadnog γ -zračenja apsorbira prolaskom kroz prva dva milimetra olovne ploče?

Zadatak 7.34

Okomito na olovnu ploču debljine 12 mm pada γ -zračenje. Koliki se postotak upadnog γ -zračenja apsorbira na prvom milimetru puta kroz olovnu ploču ako kroz ploču prođe 22% zračenja?

Zadatak 7.35

Pripravljene su otopine jednomolarnih koncentracija tvari A i B. Intenzitet svjetlosti prolaskom kroz 1 cm otopine tvari A smanji se za 90%, a prolaskom kroz jednaku debljinu sloja otopine tvari B njen se intenzitet smanji za 10%. Koliko je puta molarni koeficijent apsorpcije tvari A veći od molarnog koeficijenta apsorpcije tvari B?

Zadatak 7.36

Metalna ploča obasjana svjetlošću valne duljine 435 nm emitira fotoelektrone maksimalne kinetičke energije 2,6 eV. Koliki je izlazni rad metala?

Zadatak 7.37

Kolika je maksimalna brzina fotoelektrona izbačenih iz magnezijeve ploče elektromagnetskim zračenjem valne duljine 350 nm? Fotoelektrični prag magnezija je 370 nm.

Zadatak 7.38

Fotokatoda obasjana svjetlošću valne duljine 436 nm emitira fotoelektrone maksimalne brzine $4,4 \cdot 10^5$ m/s.

- Kolika je najveća valna duljina svjetlosti potrebne za nastanak fotoelektričnog učinka na metalu od kojeg je fotokatoda načinjena?
- Koliki je izlazni rad metala od kojeg je fotokatoda načinjena?

Zadatak 7.39

Površina nekog metala obasjana svjetlošću frekvencije $4,57 \cdot 10^{11}$ kHz emitira fotoelektrone maksimalne kinetičke energije 0,94 eV. Kolika treba biti minimalna frekvencija upadne svjetlosti da ona prouzroči fotoelektrični učinak na metalu?

Zadatak 7.40

Maksimalna brzina fotoelektrona izbijenih iz metalne ploče dva puta je veća kada je ploča obasjana svjetlošću valne duljine 400 nm nego kada je ona obasjana svjetlošću valne duljine 600 nm. Koliki je izlazni rad metala od kojeg je ploča načinjena?

Zadatak 7.41

Najveća valna duljina zračenja koje uzrokuje fotoelektrični učinak na natrijevoj ploči je 545 nm. Koliki je napon zaustavljanja potreban za zaustavljanje fotoelektrona izbijenih iz natrijeve ploče ozračenog zračenjem valne duljine 200 nm?

Zadatak 7.42

Negativni napon iznosa 1,7 V zaustavlja fotoelektrone iz volframa ozračenog elektromagnetskim valovima valne duljine 200 nm. Za koliko postotaka treba povećati iznos napona zaustavljanja ako se valna duljina upadnih elektromagnetskih valova smanji za 3%?

7.4 REFLEKSIJA I LOM SVJETLOSTI

REFLEKSIJA SVJETLOSTI Zakon refleksije svjetlosti: $\alpha = \alpha'$

SFERNO ZRCALO

Žarišna duljina: $f = \frac{R}{2}$ Jednadžba sfernog zrcala: $\frac{1}{x_p} + \frac{1}{x_s} = \frac{1}{f}$

Linearno povećanje zrcala: $\gamma = \frac{x_s}{x_p} = \frac{y_s}{y_p}$

LOM SVJETLOSTI Snellov zakon loma: $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1}$

Indeks loma: $n = \frac{c}{v}$ Totalna refleksija: $\alpha_{gr} = \arcsin \frac{n_2}{n_1}$

PLANPARALELNA PLOČA Pomak zrake svjetlosti: $\delta = d \frac{\sin(\alpha - \beta)}{\cos \beta}$

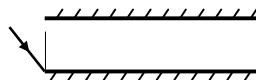
PRIZMA

Vršni kut prizme: $\theta = \alpha' + \beta$ Kut devijacije zrake: $\delta = (\alpha - \beta) + (\beta' - \alpha')$

$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1}$ $\frac{\sin \alpha'}{\sin \beta'} = \frac{n_1}{n_2}$

Zadatak 7.43

Dva paralelna ravna zrcala, svako duljine 160 cm, međusobno su razmaknuta 20 cm. Zraka svjetlosti pada pod kutom 30° na sami rub donjeg zrcala (vidi sliku). Koliko će puta zraka svjetlosti biti reflektirana prije nego ona dođe do drugog ruba donjeg zrcala?



Zadatak 7.44

Čovjek na palubi broda vidi sliku svjetionika visokog 60 m pod kutom 30° u odnosu na površinu mora. Koliko je čovjek udaljen od svjetionika ako se njegove oči nalaze na visini 10 m iznad površine mora?

Zadatak 7.45

Kolika je visina ravnog zrcala obješenog na zidu i na kojoj je visini iznad poda donji rub zrcala ako ono zrcali cjelokupnu sliku osobe visoke 160 cm? Oči osobe nalaze se na visini 150 cm iznad poda.

Zadatak 7.46

Ispred konveksnog sfernog zrcala polumjera zakrivljenosti 35 cm nalazi se predmet visine 5 cm na udaljenosti 50 cm od tjemena zrcala. Na kojoj se udaljenosti od tjemena zrcala nalazi slika predmeta koju stvara zrcalo?

Zadatak 7.47

Ispred konveksnog sfernog zrcala nalazi se predmet visine 5 cm na udaljenosti 35 cm od tjemena zrcala. Koliki je polumjer zakrivljenosti zrcala ako se virtualna slika predmeta nalazi na udaljenosti 15,4 cm od tjemena zrcala prema središtu zakrivljenosti? Kolika je visina slike?

Zadatak 7.48

Konkavno sferno zrcalo polumjera zakrivljenosti 30 cm stvara tri puta veću virtualnu sliku predmeta.

- Kolika je udaljenost predmeta i zrcala?
- Kolika je udaljenost slike i predmeta?

Zadatak 7.49

Predmet se nalazi ispred konkavnog sfernog zrcala polumjera zakrivljenosti 40 cm. Kolika je udaljenost predmeta i zrcala ako je slika predmeta realna, obrnuta i deset puta veća od predmeta?

Zadatak 7.50

Valna duljina žute svjetlosti u vakuumu je 589 nm. Kolika je valna duljina, frekvencija i brzina te svjetlosti u vodi? Indeks loma vode je 1,33.

Zadatak 7.51

Snop svjetlosti pada iz zraka na staklo. Kolika je brzina širenja svjetlosti u staklu ako je kut upada svjetlosti na staklo $45,7^\circ$, a kut loma $28,5^\circ$?

Zadatak 7.52

Pod kojim kutom s obzirom na površinu mora ronilac pod vodom vidi Sunce koje je:

- a) u zenitu;
- b) 45° nad horizontom;
- c) na zalazu?

Indeks loma vode je 1,33.

Zadatak 7.53

Neprozirna posuda oblika kocke duljine brida 15 cm ispunjena je do vrha vodom. Hoće li zraka svjetlosti, koja pada na vodu pod kutom upada 70° uz sami gornji rub stijenke posude, bez refleksije pasti na dno posude? Indeks loma vode je 1,33.

Zadatak 7.54

Na dnu jezera okomito je zaboden štap duljine 4 m tako da je dio štapa duljine 1 m iznad površine vode. Kolika je duljina sjene štapa na dnu jezera ako je kut upada zraka svjetlosti na površinu jezera 40° ? Indeks loma vode je 1,33.

Zadatak 7.55

Na staklenu ploču indeksa loma 1,5 pada zraka svjetlosti. Koliki je kut upada ako reflektirana i lomljena zraka tvore pravi kut?

Zadatak 7.56

Na tekućinu indeksa loma 1,25 pada zraka svjetlosti. Koliki je kut upada ako reflektirana i lomljena zraka tvore kut od 120° ?

Zadatak 7.57

Zraka svjetlosti prelazi iz glicerina u zrak. Kolika je brzina svjetlosti u glicerinu ako je granični kut pri kojem dolazi do totalne refleksije zrake $42,38^\circ$?

Zadatak 7.58

Granični kut totalne refleksije pri prijelazu zrake svjetlosti iz optički gušćeg u optički rjeđe sredstvo je 60° . Koliki su indeksi lomova sredstava ako je brzina svjetlosti u optički gušćem sredstvu 20% manja od brzine svjetlosti u vakuumu?

Zadatak 7.59

Točkasti izvor svjetlosti nalazi se na dnu bazena dubokog 300 cm, u potpunosti ispunjenog vodom. Koliki je promjer kruga na površini vode kroz koji zrake svjetlosti prelaze iz vode u zrak? Indeks loma vode je 1,33.

Zadatak 7.60

Zraka svjetlosti pada na jedan kraj ravnog optičkog vlakna duljine 2 m i promjera 0,02 mm pod kutom upada 40° . Koliko se puta zraka svjetlosti reflektira prolaskom kroz optičko vlakno? Indeks loma sredstva od kojeg je vlakno načinjeno je 1,3.

Zadatak 7.61

Koliki je pomak zrake svjetlosti pri prolasku kroz staklenu planparalelnu ploču indeksa loma 1,5 i debljine 2 mm ako je kut upada zrake na ploču 35° ?

Zadatak 7.62

Pomak zrake svjetlosti pri prolasku kroz staklenu planparalelnu ploču indeksa loma 1,5 je 0,8 mm. Kolika je debljina planparalelne ploče ako je kut upada zrake svjetlosti na ploču 45° ?

Zadatak 7.63

Zraka svjetlosti prolazi kroz dvije tijesno prislone planparalelne ploče, obje debljine 1,5 mm, jedne načinjene od krunskog, a druge od flintskog stakla. Koliki je pomak zrake svjetlosti pri prolasku kroz obje ploče ako je kut upada zrake svjetlosti na planparalelnu ploču načinjenu od krunskog stakla 40° ? Indeks loma krunskog stakla je 1,5, a flintskog 1,75.

Zadatak 7.64

Na staklenu prizmu indeksa loma 1,6 pada zraka svjetlosti okomito na jednu bočnu plohu, blizu njenog vrha. Koliki je vršni kut prizme ako je kut devijacije zrake $35,1^\circ$?

Zadatak 7.65

Na bočnu plohu, blizu vrha staklene prizme indeksa loma 1,5 i vršnog kuta 55° pada zraka svjetlosti pod kutom upada od 60° . Koliki je kut devijacije zrake?

Zadatak 7.66

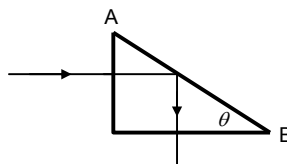
Indeks loma staklene prizme vršnog kuta 60° je 1,6. Koliki treba biti najmanji kut upada zrake svjetlosti na jednu bočnu plohu prizme da bi ona mogla izaći iz prizme kroz drugu bočnu plohu?

Zadatak 7.67

Staklena posuda tankih stijenki oblika trostrane prizme ispunjena je glicerinom. Zraka svjetlosti, koja pada okomito na jednu bočnu plohu prizme, blizu njenog vrha, nakon izlaska iz prizme otklonjena je za $31,5^\circ$. Koliki je vršni kut prizme? Indeks loma glicerina je 1,54. Lom zrake svjetlosti na staklu se zanemaruje.

Zadatak 7.68

Zraka svjetlosti pada okomito na jednu plohu staklene prizme indeksa loma 1,52, kao što je to prikazano slikom. Kolika je granična vrijednost kuta θ da zraka svjetlosti bude totalno reflektirana od površine AB?



Zadatak 7.69

Snop zraka bijele svjetlosti pada na prizmu vršnog kuta 30° okomito na bočnu plovu, blizu njenog vrha. Koliki je kut između zraka ljubičaste i crvene svjetlosti nakon rasapa bijele svjetlosti na prizmi? Indeks loma crvene svjetlosti je 1,37, a ljubičaste 1,42.

Zadatak 7.70

Snop zraka bijele svjetlosti pada na prizmu vršnog kuta 40° okomito na bočnu plovu, blizu njenog vrha. Nakon rasapa bijele svjetlosti na prizmi, kut između zraka plave i žute svjetlosti je $1,64^\circ$. Koliki je indeks loma žute svjetlosti ako je indeks loma plave svjetlosti 1,4?

7.5 LEĆE. MIKROSKOP

LEĆE

$$\text{Jednadžba tanke leće: } -\frac{1}{x_p} + \frac{1}{x_s} = \frac{1}{f} \quad \text{Jakost leće: } \varphi = \frac{1}{f}$$

$$\text{Linearno povećanje leće: } \gamma = \frac{x_s}{x_p} = \frac{y_s}{y_p} \quad \text{Jakost sustava leća: } \varphi = \sum_i \varphi_i$$

MIKROSKOP

$$\text{Linearno povećanje objektiv: } \gamma_1 = \frac{x_s}{x_p} = \frac{y_s}{y_p} \quad \text{Kutno povećanje okulara: } \beta_2 = \frac{0,25\text{m}}{f_{ok}}$$

$$\text{Povećanje mikroskopa: } M = \gamma_1 \beta_2 \quad \text{Razlučivanje mikroskopa: } d_{\min} = \frac{\lambda}{2a}$$

$$\text{Numerička apertura mikroskopa: } a = n \sin \alpha$$

Zadatak 7.71

Ispred tanke konvergentne leće žarišne duljine $f=50$ cm na udaljenosti $2f$ od tjemena leće nalazi se predmet visine 3 cm.

- Na kojoj se udaljenosti od leće nalazi slika predmeta?
- Kolika je visina slike?

Zadatak 7.72

Na zastoru udaljenom 120 cm od predmeta tanka konvergentna leća stvara dva puta veću sliku.

- Kolika je udaljenost predmeta i leće?
- Kolika je udaljenost slike predmeta i leće?
- Kolika je žarišna duljina leće?

Zadatak 7.73

Zgrada je snimljena fotografskim aparatom jakosti objektiva $+5$ dpt s udaljenosti 60 m. Kolika je visina zgrade ako je visina njene slike na filmu 5 cm?

Zadatak 7.74

Predmet visine 3 m snimljen je fotografskim aparatom žarišne duljine objektiva 12 cm. Kolika je bila udaljenost fotografskog aparata i predmeta u trenutku snimanja ako je visina slike predmeta na filmu 6 mm?

Zadatak 7.75

Dijete visine 120 cm snimljeno je fotografskim aparatom jakosti objektiva $+20$ dpt s udaljenosti 3 m.

- a) Koliki je bio razmak između filma i objektiva u trenutku snimanja ako je na filmu dobivena oštra slika djeteta?
- b) Koliko je povećanje slike djeteta?
- c) Kolika je visina slike djeteta na filmu?

Zadatak 7.76

Udaljenost filma i platna u kino dvorani je 40 m. Na kojoj je udaljenosti od objektiva projektor jakosti $+5$ dpt postavljen film ako je slika na platnu oštra i povećana?

Zadatak 7.77

Pukotina s izvorom svjetlosti udaljena je 2 m od zastora. Na kojoj je udaljenosti od pukotine postavljena tanka konvergentna leća jakosti $+10$ dpt ako je slika koju ona stvara na zastoru oštra i povećana?

Zadatak 7.78

Na kojoj se udaljenosti od tanke divergentne leće jakosti -5 dpt nalazi virtualna slika predmeta visine 3 cm ako se predmet nalazi ispred leće na udaljenosti 40 cm? Koliko je povećanje slike?

Zadatak 7.79

Predmet se nalazi ispred dvije tijesno prslonjene tanke leće, jedne jakosti $+5$ dpt, a druge jakosti -1 dpt. Kolika je udaljenost predmeta i sustava leća ako je slika predmeta dva puta povećana?

Zadatak 7.80

Dvije tanke konvergentne leće, svaka jakosti $+5$ dpt, međusobno su razmaknute 50 cm. Kolika je udaljenost predmeta i njegove slike nastale nakon prolaska zraka svjetlosti kroz obje leće ako se predmet nalazi na udaljenosti 40 cm ispred prve leće?

Zadatak 7.81

Predmet se nalazi na udaljenosti 3 cm ispred tanke konvergentne leće žarišne duljine 2 cm. Na udaljenosti 14 cm iza te leće nalazi se druga tanka konvergentna leća žarišne duljine 5 cm.

- a) Na kojoj se udaljenosti od druge leće nalazi slika predmeta nastala prolaskom zraka svjetlosti kroz obje leće?
- b) Koliko je povećanje slike predmeta?

Zadatak 7.82

Predmet se nalazi na udaljenosti 80 cm ispred tanke konvergentne leće jakosti + 2,5 dpt. Na udaljenosti 30 cm iza konvergentne leće nalazi se tanka divergentna leća jakosti -1 dpt. Na kojoj se udaljenosti od divergentne leće nalazi slika predmeta nastala prolaskom zraka svjetlosti kroz obje leće?

Zadatak 7.83

Realna slika predmeta smještenog ispred tanke konvergentne leće nalazi se na udaljenosti 36 cm iza leće. Kada se uz konvergentnu leću tijesno prisloni tanka divergentna leća, slika predmeta se udalji za 80 cm od prvotnog položaja. Kolika je jakost divergentne leće?

Zadatak 7.84

Oštra slika predmeta smještenog ispred tanke konvergentne leće nalazi se na zastoru smještenom iza leće i povećana je 1,59 puta. Ako se zastor pomakne 7,6 cm prema leći, predmet ispred leće potrebno je premjestiti tako da njegova slika na zastoru opet bude oštra. Kolika je jakost leće ako je nakon premještanja predmeta i zastora povećanje slike 1,2?

Zadatak 7.85

Dalekovidno oko ne vidi oštro predmete koji se nalaze na udaljenosti manjoj od 45 cm od oka. Kolika treba biti jakost kontaktnih leća koje bi omogućile da oko oštro vidi predmete udaljene 25 cm?

Zadatak 7.86

Kratkovidno oko ne vidi oštro predmete koji se nalaze na udaljenosti većoj od 50 cm od oka. Kolika treba biti jakost kontaktnih leća koje bi omogućile da oko oštro vidi predmete do najveće udaljenosti?

Zadatak 7.87

Kratkovidno oko ne vidi oštro predmete koji se nalaze na udaljenosti većoj od 101,5 cm od oka. Kolika treba biti jakost leća naočala, smještenih 1,5 cm ispred oka, da oko oštro vidi predmete do najveće udaljenosti?

Zadatak 7.88

Dalekovidno oko ne vidi oštro predmete koji se nalaze na udaljenosti manjoj od 120 cm. Kolika treba biti jakost leća naočala, smještenih 2 cm ispred oka, da oko oštro vidi predmete udaljene 25 cm?

Zadatak 7.89

Čovjek star četrdeset godina treba naočale jakosti $+2$ dpt da bi čitao novine na udaljenosti 25 cm. Pet godina kasnije, noseći iste naočale, on treba držati novine na udaljenosti 40 cm da bi jasno vidio. Kolika bi trebala biti jakost leća naočala da čovjek ponovno može čitati novine na udaljenosti 25 cm?

Zadatak 7.90

Žarišna duljina objektiva mikroskopa je 10 mm, a okulara 2 cm. Kolika je duljina tubusa mikroskopa (udaljenost objektiva i okulara) ako se mikroskopom promatra preparat na udaljenosti 1,2 cm od objektiva? Daljina jasnog vida je 25 cm.

Zadatak 7.91

Kolika je udaljenost preparata od objektiva mikroskopa ako se on promatra mikroskopom duljine tubusa 15 cm? Jakost objektiva mikroskopa je $+100$ dpt, a okulara $+20$ dpt. Daljina jasnog vida je 25 cm.

Zadatak 7.92

Na kojoj se udaljenosti od objektiva nalazi realna slika preparata koju on stvara ako okular stvara virtualnu sliku istog preparata na udaljenosti 25 cm od njega? Koliko je ukupno povećanje mikroskopa? Žarišna duljina objektiva je 0,3 cm, a okulara 2 cm. Udaljenost objektiva i okulara je 15 cm.

Zadatak 7.93

Koliki je najmanji razmak između dviju točaka preparata obasjanog svjetlošću valne duljine 550 nm koje se još mogu razlučiti svjetlosnim mikroskopom otvornog kuta objektiva 90° ?

Zadatak 7.94

Koliki je otvorni kut objektiva svjetlosnog mikroskopa koji još može razlučiti dvije točke preparata međusobno razmaknute $0,5 \mu\text{m}$ ako je preparat obasjan svjetlošću valne duljine 550 nm? Između preparata i objektiva mikroskopa je imerzijsko ulje indeksa loma 1,4.

RJEŠENJA

- 1.1** 63,36 km/h
1.2 45 s
1.3 8883 m
1.4 a) 3 m/s; b) 1 m/s; c) 2,24 m/s
1.5 a) 102 m/s, $11,3^\circ$ prema zapadu;
 b) 32,68 min
1.6 a) 65 m/s; b) 60,5 m/s; c) 60,005 m/s;
 d) 60 m/s
1.7 a) 82,69 m; b) 9,2 m; c) Neće, utrku će
 istrčati za 9,89 s.
1.8 26,67 m/s
1.9 2 s
1.10 a) -1 m/s^2 ; b) 612,5 m
1.11 74 km, 18 h 48 min
1.12 33 min^{-1}
1.13 20
1.14 a) $177,65 \text{ m/s}^2$; b) 18,85 m/s
1.15 5276,9 m
1.16 $2,012 \cdot 10^4$
1.17 5,59 cm
1.18 a) $1,99 \cdot 10^{-7} \text{ s}^{-1}$, 29651 m/s, $5,9 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}^2$;
 b) $2,66 \cdot 10^{-6} \text{ s}^{-1}$, 1021,4 m/s, $2,72 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}^2$;
 c) $7,27 \cdot 10^{-6} \text{ s}^{-1}$
1.19 0,3 s
1.20 0 m, 1,08 m/s, 0 m/s^2
1.21 -8,5 m, 17,8 m/s, $37,2 \text{ m/s}^2$
1.22 a) 4 s; b) $\pi/3$; c) -2,5 m, 6,8 m/s, $6,17 \text{ m/s}^2$
1.23 a) 10 cm; b) 3,14 s
1.24 8 cm
1.25 Jednadžba putanje je parabola $y^2 = 2x + 2$.
1.26 0,68 N
1.27 a) 12,6 m; b) 1,8 m; c) 9 m
1.28 a) $1,6 \text{ m/s}^2$; b) $57,8^\circ$ od smjera osi x
1.29 a) 6,25 kg; b) 456 m
1.30 a) 3,2 m/s; b) 19,2 N
1.31 4 m/s
1.32 129 min^{-1}
1.33 1,206 Hz
1.34 0,788 Hz
1.35 $2 \cdot 10^7 \text{ kg}$
1.36 $2 \cdot 10^6 \text{ m/s}$
1.37 7,5 m/s
1.38 55,5
1.39 a) $4,24 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$; b) $2,25 \cdot 10^7 \text{ m/s}$, u smjeru
 upadnog neutrona
1.40 $7,91 \cdot 10^{-6} \text{ N}$
1.41 $0,41 R_z$
1.42 1,4 h
1.43 a) 7,75 km/s; b) 89,46 min
1.44 2,55
1.45 58 m, 3,44 s
1.46 79,37 m
1.47 228,65 m
1.48 13,71 m/s
1.49 45,9 cm
1.50 2,4 m
1.51 17,34 m
1.52 a) 12,37 m; b) 24,26 m/s
1.53 a) 89,11 m; b) 45° ; c) Ne bi.
 Domet hica bi bio 94,83 m.
1.54 19,62 m
1.55 $5,1^\circ$
1.56 a) 5 s; b) 169,61 m;
 c) 44,92 m/s; d) 44,1 m
1.57 $y = 1,02 \text{ m}$, $y > H$, lopta će biti
 prebačena preko mreže
1.58 $4,16 \cdot 10^{42}$
1.59 a) $1,05 \cdot 10^{-8} \text{ kg}$; b) $9,56 \cdot 10^7 \text{ C}$
1.60 $-3,89 \cdot 10^{-8} \text{ C}$
1.61 $9 \cdot 10^{-7} \text{ N}$
1.62 32,37 cm
1.63 $1,25 \cdot 10^{-7} \text{ N}$
1.64 a) 7193,4 V/m; b) 508,7 V
1.65 a) 0,25 V/m, 1,5 V; b) $4 \cdot 10^{-20} \text{ N}$
1.66 1,51 μm
1.67 0,59 m
1.68 $6,92 \cdot 10^5 \text{ m/s}$
1.69 $3 \cdot 10^{-4} \text{ J}$
1.70 537 V/m
1.71 3,44 kV
1.72 $1,72 \cdot 10^7 \text{ m/s}$, $-5,72 \cdot 10^7 \text{ m/s}$
1.73 3000 V/m
1.74 $2 \cdot 10^4 \text{ V/m}$
1.75 $12,4^\circ$
1.76 $1,758 \cdot 10^{11} \text{ C/kg}$
1.77 13,25 mm
1.78 1,04 cm
1.79 1,55 cm
1.80 2,84 cm
1.81 14 m_u (ioni dušika)
1.82 3500 m/s
1.83 $1,029 \cdot 10^{-22} \text{ kg}$
1.84 0,42 T
1.85 a) $6,57 \cdot 10^{-7} \text{ s}$; b) $5,89 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$

- 1.86** 39,8°
1.87 a) 8 J; b) 25,6 J
1.88 12 m/s
1.89 $3 \cdot 10^{10}$ J
1.90 9,98 J
1.91 a) 0,8 m; b) 1,43 kg
1.92 2,7 N·s
1.93 17,1 m/s
1.94 703 kcal
1.95 28,1 g
1.96 -2,4 eV
1.97 1 nm
1.98 39,2 J
1.99 $5 \cdot 10^{-6}$ J
1.100 0,56 J
1.101 5 m
1.102 12 J
1.103 3,33 m/s
1.104 283,1 W
1.105 4,9 W
1.106 30 m/s
1.107 $3,84 \cdot 10^{-23}$ kg
1.108 $2 \cdot 10^4$
1.109 1, 2, 3 i 4

2.1 0,56 nm
2.2 138,1 eV
2.3 25 pm
2.4 a) $7,273 \cdot 10^6$ m/s; b) 150,6 eV
2.5 0,1 nm
2.6 0,123 nm
2.7 5 pm
2.8 $4,55 \cdot 10^{-15}$ m
2.9 $3,77 \cdot 10^{-30}$ kg
2.10 $2,6 \cdot 10^8$ m/s, 384,3 keV
2.11 $3,08 \cdot 10^{32}$
2.12 $4,17 \cdot 10^8$
2.13 122 nm, 103 nm, 97 nm, 95 nm
2.14 657 nm, 486 nm, 435 nm, 410 nm
2.15 $1,88 \cdot 10^{-6}$ m, $8,2 \cdot 10^{-7}$ m
2.16 $6,91 \cdot 10^{14}$ Hz, 2,86 eV
2.17 $1,22 \cdot 10^{-7}$ m, 10,23 eV
2.18 Prije emisije bio je na 5. energijskoj razini, a poslije apsorpcije je na 4. energijskoj razini.
2.19 $6,6 \cdot 10^{15}$ Hz
2.20 7,48 MeV
2.21 8,33 MeV
2.22 200 MeV
2.23 5,71 MeV
2.24 $3,532 \cdot 10^{24}$ MeV

2.25 226, 88 (radij)
2.26 40 dana
2.27 19034,7 godina
2.28 10,84 h
2.29 243
2.30 30 h
2.31 36,73 dana
2.32 a) 19,97 dana; b) 86,31 dana
2.33 3,82 dana
2.34 $2,412 \cdot 10^{18}$
2.35 323,69 dana
2.36 a) 2,36 h; b) $2,62 \cdot 10^{10}$ Bq
2.37 0,84 µg
2.38 0,61 µg
2.39 $1,95 \cdot 10^{11}$ Bq
2.40 0,86 mg
2.41 $3,615 \cdot 10^7$
2.42 8,4 dana
2.43 61,4 s
2.44 1507,2 godina
2.45 15044,7 godina
2.46 84,27%
2.47 15,3 dana
2.48 52,43%

3.1 1,75 kg/m³
3.2 a) $7,42 \cdot 10^{13}$; b) $2,61 \cdot 10^5$ m²/s²
3.3 3864 K
3.4 3,74
3.5 156,1°C
3.6 3297,3°C
3.7 1125,5 m/s, 1036,9 m/s, 918,9 m/s
3.8 $2,15 \cdot 10^{19}$
3.9 4 kg
3.10 1,125 kg/m³
3.11 0,481 kg/m³
3.12 a) 90374 Pa, 516421 Pa; b) 2 kg/m³
3.13 1,27 kg
3.14 233,2 Pa
3.15 12%
3.16 3°C
3.17 10⁵ Pa
3.18 3752,8 Pa, 67,2 dm³
3.19 850 hPa
3.20 0,96 L
3.21 4,4 cm
3.22 2 cm
3.23 1,4 cm
3.24 9,04 m
3.25 a) 11,4 mN; b) 1,13 N
3.26 925,2 hPa

- 3.27** 182,8
3.28 4704,1 m
3.29 42,5 N
3.30 318,6 J
3.31 1591,5 kg/m³
3.32 8,3 cm
3.33 2 cm
3.34 1545 m³
3.35 83,33%
3.36 4
3.37 3100 kg/m³
3.38 1,5
3.39 28,8 g
3.40 380,6 m³
3.41 4 mm
3.42 3,28 m/s
3.43 $1,36 \cdot 10^{-5}$ J
3.44 0,025 N/m
3.45 92
3.46 0,033 N/m
3.47 1 mm, 3 mm
3.48 3 cm
3.49 2,17 cm
3.50 0,16%
3.51 $9,69 \cdot 10^{-22}$ kg
3.52 $2,63 \cdot 10^{-21}$ kg
3.53 66,62 N
3.54 44025
3.55 8470
3.56 20347

4.1 63,7°C
4.2 2,38 mm
4.3 $1,2 \cdot 10^{-4}$ K⁻¹
4.4 418,8°C
4.5 19
4.6 13,45 g/cm³
4.7 $1,78 \cdot 10^{-4}$ K⁻¹
4.8 2,55 L
4.9 $4,42 \cdot 10^{-5}$ K⁻¹
4.10 25°C
4.11 0,5 mm
4.12 18,4 cm
4.13 58°C
4.14 a) 1,66 kJ; b) 13,04 kJ
4.15 a) 665 J, 2328 J, 1663 J;
b) 0 J, 1663 J, 1663 J
4.16 636 kg
4.17 1,4
4.18 -912 J
4.19 a) 2,33; b) 1,67

4.20 Jednoatomni plin ($C_p = 5/2 R$)
4.21 0,49°C
4.22 894,8 J/kg·K
4.23 599,3 L
4.24 18,5°C
4.25 31,4 kn
4.26 14,6 min
4.27 19°C
4.28 42,67 m
4.29 0,45°C
4.30 0,991 mm³
4.31 464,9 W
4.32 a) 1294 kJ/kg; b) 108,1 W
4.33 199,87 kJ/kg
4.34 254,5 kJ/kg
4.35 10,6°C
4.36 18,5°C
4.37 3987,5 kg
4.38 24,5 kg
4.39 a) $1,26 \cdot 10^6$ J; b) 1605,3 m
4.40 576 mL
4.41 2,04 cm
4.42 1158 L
4.43 $3,31 \cdot 10^5$ L
4.44 $4,69 \cdot 10^5$ kg

5.1 a) 3,47 m/s; b) 0,0884 m³/s;
c) 88,3 kg/s; d) 46,6 kPa
5.2 7 m/s
5.3 14 m/s
5.4 7,9 mm
5.5 23,1 kW, $3,46 \cdot 10^5$ Pa
5.6 727,3 N
5.7 0,54 mm³
5.8 a) $1,2 \cdot 10^{-3}$ Pa·s; b) 1,5
5.9 a) 34,67 h; b) 108,2 s; c) 1153,8
5.10 a) 2; b) 2; c) 16
5.11 9
5.12 $4,15 \cdot 10^{-14}$ m³/s
5.13 0,94 m/s
5.14 4,24 μm
5.15 9,81 km/h
5.16 0,41 mm
5.17 5,66 s
5.18 0,12 cm²/s
5.19 27,8 nm
5.20 $2,1 \cdot 10^{-11}$ s
5.21 $9,62 \cdot 10^4$ s
5.22 373 Pa
5.23 $1,3 \cdot 10^4$ Pa

- 5.24** $1,355 \cdot 10^5 \text{ g/mol}$
5.25 $2,4 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$
5.26 1 mm
5.27 5,1 mm
5.28 0,056 Ω
5.29 303,7 g
5.30 a) 1,276; b) 2,025
5.31 $1,2 \cdot 10^{-7} \Omega \cdot \text{m}$
5.32 58,9°C
5.33 19,5 mS
5.34 a) 0,1 mm; b) 21,73 mS
5.35 a) $5,8 \cdot 10^7 \text{ S/m}$; b) 4,12%
5.36 $4,3 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$
- 6.1** $2,2 \cdot 10^{-8} \text{ C}$
6.2 0,51 eV
6.3 1,1 μF , 1,67 μF , 2,67 μF , 3 μF , 4,4 μF , 5,5 μF , 7,33 μF , 12 μF
6.4 a) $1,6 \cdot 10^{-8} \text{ C}$, $1,6 \cdot 10^{-8} \text{ C}$, $1,6 \cdot 10^{-8} \text{ C}$, 16 V, 8 V, 4 V; b) $2,8 \cdot 10^{-8} \text{ C}$, $5,6 \cdot 10^{-8} \text{ C}$, $1,12 \cdot 10^{-8} \text{ C}$, 28 V, 28 V, 28 V
6.5 a) 3750 V, 2500 V, 1250 V, $1,41 \cdot 10^{-5} \text{ J}$, $9,38 \cdot 10^{-6} \text{ J}$, $4,69 \cdot 10^{-6} \text{ J}$; b) 7500 V, 7500 V, 7500 V, $5,63 \cdot 10^{-5} \text{ J}$, $8,44 \cdot 10^{-5} \text{ J}$, $1,69 \cdot 10^{-4} \text{ J}$
6.6 a) $3,6 \cdot 10^{-3} \text{ J}$; b) 10^{-2} J
6.7 a) 60 V, 40 V, 20 V; b) $4,8 \cdot 10^{-3} \text{ J}$
6.8 a) 5 cm; b) 2 mm
6.9 a) 1,08 nC; b) $1,38 \cdot 10^{-8} \text{ J}$
6.10 0,72 s
6.11 3,35 M Ω
6.12 4,3 ms
6.13 $4,11 \cdot 10^{-16} \text{ N}$
6.14 a) 12 A; b) 0,01 mT
6.15 509
6.16 7,98 A
6.17 $1,89 \cdot 10^{-6} \text{ T}$
6.18 15,8 A
6.19 $2,4 \cdot 10^{-5} \text{ N}$
6.20 9 mJ
6.21 1,4 A
6.22 0,023 N·m
6.23 1,59 A
6.24 a) 0 Wb; b) $2,83 \cdot 10^{-4} \text{ Wb}$; c) $1,41 \cdot 10^{-4} \text{ Wb}$
6.25 63,6 T/s
6.26 a) $9,87 \cdot 10^{-5} \text{ Wb}$; b) 0,05 V
6.27 0,5 mH
6.28 31,4 V
6.29 39 mV
6.30 11 V
- 6.31** 1,28 T
6.32 161 mA
6.33 a) 0,88 Ω ; b) 1,992 k Ω
6.34 5
6.35 Otpornike otpora 5 Ω i 20 Ω treba spojiti paralelno, a otpornik otpora 10 Ω serijski s njima.
6.36 $(1 + \sqrt{3}) R_0$
6.37 1050 Ω
6.38 a) 1440 Ω ; b) 240 Ω ; c) 60 W; d) 0,5 A, 0,083 A, 0,167 A, 0,083 A
6.39 50 Ω
6.40 24 V, 4 Ω
6.41 91 mA
6.42 24 V, 4 Ω
6.43 2 V
6.44 a) 0,31 A; b) 1,26 V; c) 0,57 V, 0,7 V; d) 0,1 Ω
6.45 2,31 Ω
6.46 0,48 kn
6.47 a) 506,9 kWh; b) 3649,5 kn; c) 8
6.48 a) Žarulje snaga 25 W treba spojiti paralelno, a žarulju snage 50 W serijski s njima; b) 0,23 A, 0,23 A, 0,46 A
6.49 840,3 mm
6.50 5,66 mm
6.51 4,4 Ω
6.52 48,4 Ω , 0,06 Ω
6.53 1,2 Ω
6.54 $R_v = R_u$
6.55 0,51 W
6.56 3560 J/kg·K
6.57 24,3 Ω
6.58 852,3 kJ/kg
6.59 $v(t) = V_0 \sin \omega t$, $V_0 = 310 \text{ V}$,
 $i(t) = I_0 \sin \omega t$, $I_0 = 5,64 \text{ A}$,
 $\omega = 314 \text{ s}^{-1}$
6.60 0,102
6.61 a) 66,1 Hz; b) 0,468
6.62 702 mH
6.63 551 mH
6.64 766,2 W
6.65 478 mH
6.66 40 mH
6.67 8 A
6.68 a) 157,1 Ω ; b) 1,75 A; c) 175 V, 274,9 V, 371,3 V; d) 0,876
6.69 42 mH
6.70 12,1 W

- 6.71** 0,31 V
6.72 5,53 m
6.73 a) 115,4 Hz; b) 396,9 V
6.74 a) 1,655 H; b) 40,3 W
6.75 194,1 Hz
6.76 a) 159 W; b) $v(t) = V_0 \sin(\omega t + \varphi)$
 $V_0 = 65,53 \text{ V}$, $\omega = 314 \text{ s}^{-1}$, $\varphi = 0,41$
6.77 a) 5 kV; b) 5 A
6.78 10,86 A
6.79 a) 689 mH; b) 4 kW
6.80 56,3 pF
6.81 20 mH
6.82 183,4 kHz
6.83 0,4 nF
6.84 a) 100 mV, 100 mV; b) 2,5%
7.1 3,8 m/s
7.2 $8,82 \cdot 10^{10} \text{ Hz}$
7.3 π
7.4 7,5 Hz
7.5 2π
7.6 $6 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$, $5 \cdot 10^{-7} \text{ m}$, $1,67 \cdot 10^{-15} \text{ s}$, $1,26 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$
7.7 $5 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$, $6 \cdot 10^{-7} \text{ m}$, $1,1 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$
7.8 10 mm
7.9 a) $\xi(x, t) = A \sin(kx - \omega t)$,
 $A = 2 \text{ cm}$, $k = \pi / 200 \text{ m}^{-1}$, $\omega = \pi \text{ s}^{-1}$;
b) $\xi(t) = A \sin(\omega t + \varphi)$, $A = 2 \text{ cm}$, $\omega = \pi \text{ s}^{-1}$;
c) $\xi(x, 2 \text{ s}) = A \sin(2\pi - \pi x / 200 \text{ m})$, $A = 2 \text{ cm}$
7.10 4 cm
7.11 $k = 5$, interferencija će biti konstruktivna
7.12 a) 160 nm; b) 3126
7.13 0,5 mm; 1 mm, 0,5 mm, 0,33 mm
7.14 407 Hz, 2035 Hz
7.15 2,6 cm
7.16 0,055 mm
7.17 10°
7.18 5
7.19 2500
7.20 $10,94^\circ$
7.21 $19,56^\circ$, $42,04^\circ$
7.22 a) $0,29^\circ$; b) $0,63^\circ$
7.23 $0,04^\circ$
7.24 19,5 cm
7.25 $2,53 \cdot 10^6 \text{ m}^{-1}$
7.26 1,75 mm
7.27 74,4 μm
7.28 a) 0,3 mm; b) 37,6 cm
7.29 651 nm
7.30 13,2%
7.31 38,1%
7.32 34%
7.33 11,5%
7.34 12%
7.35 21,88
7.36 0,256 eV
7.37 $2,6 \cdot 10^5 \text{ m/s}$
7.38 a) 540 nm; b) 2,3 eV
7.39 $2,3 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$
7.40 1,73 eV
7.41 -3,93 V
7.42 11,3%
7.43 14
7.44 121,2 m
7.45 80 cm, 75 cm
7.46 12,96 cm
7.47 55 cm, 2,2 cm
7.48 a) 10 cm; b) 30 cm
7.49 22 cm
7.50 443 nm, $5,1 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$, $2,26 \cdot 10^8 \text{ m/s}$
7.51 $2 \cdot 10^8 \text{ m/s}$
7.52 a) 90° ; b) $57,9^\circ$; c) $41,2^\circ$
7.53 $x = 14,98 \text{ cm}$, hoće
7.54 2,4 m
7.55 $56,3^\circ$
7.56 $26,3^\circ$
7.57 $2,02 \cdot 10^8 \text{ m/s}$
7.58 1,25, 1,083
7.59 6,84 m
7.60 56885
7.61 0,47 mm
7.62 2,4 mm
7.63 0,93 mm
7.64 $36,3^\circ$
7.65 $35,4^\circ$
7.66 $35,6^\circ$
7.67 $37,2^\circ$
7.68 $41,1^\circ$
7.69 2°
7.70 1,38
7.71 a) 1 m; b) 0,03 m
7.72 a) 0,4 m; b) 0,8 m; c) 0,27 m
7.73 14,95 m
7.74 60 m
7.75 a) 5,1 cm; b) 0,017; c) 2 cm
7.76 20,1 cm
7.77 10,56 cm
7.78 13,3 cm, 0,33
7.79 37,5 cm
7.80 70 cm
7.81 a) 13,3 cm; b) 3,325
7.82 1 m

- 7.83** -1,92 dpt
7.84 +5,13 dpt
7.85 +1,78 dpt
7.86 -2 dpt
7.87 -1 dpt
7.88 +3,5 dpt
7.89 +3,5 dpt
7.90 7,85 cm
7.91 1,08 cm
7.92 13,15 cm, 578,2
7.93 388,9 nm
7.94 15,8°

FIZIČKE KONSTANTE

NAZIV	OZNAKA	IZNOS
Jakost gravitacijskog polja Zemlje	g	$9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$
Gravitacijska konstanta	G	$6,67\cdot 10^{-11} \text{ m}^3\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{s}^{-2}$
Elementarni naboj	e	$1,602\cdot 10^{-19} \text{ C}$
Permitivnost vakuumu	ε_0	$8,85\cdot 10^{-12} \text{ F}\cdot\text{m}^{-1}$
Masa mirovanja elektrona	m_e	$9,11\cdot 10^{-31} \text{ kg}$
Masa mirovanja protona	m_p	$1,673\cdot 10^{-27} \text{ kg}$
Masa mirovanja neutrona	m_n	$1,675\cdot 10^{-27} \text{ kg}$
Atomska jedinica mase	m_u	$1,66\cdot 10^{-27} \text{ kg}$
Avogadrova konstanta	N_A	$6,022\cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
Planckova konstanta	h	$6,626\cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$
Brzina svjetlosti	c	$2,998\cdot 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$
Rydbergova konstanta	R_∞	$1,097\cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$
Boltzmannova konstanta	k	$1,38\cdot 10^{-23} \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}$
Plinska konstanta	R	$8,314 \text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
Permeabilnost vakuumu	μ_0	$12,57\cdot 10^{-7} \text{ N}\cdot\text{A}^{-2}$

PREFIKSI SI JEDINICA

PREFIKS	OZNAKA	IZNOS
femto	f	10^{-15}
piko	p	10^{-12}
nano	n	10^{-9}
mikro	μ	10^{-6}
mili	m	10^{-3}
centi	c	10^{-2}
deci	d	10^{-1}
deka	da	10^1
hekto	h	10^2
kilo	k	10^3
mega	M	10^6
giga	G	10^9
tera	T	10^{12}
peta	P	10^{15}

