

dr. Andreja Šarlah

# Fizika (BF, Biologija)

gradivo za vaje 2010/11

## Vsebina

1. vaje: Newtonovi zakoni gibanja: kinematika, sile, navori, energija	2
2. vaje: Coulombov zakon, električno polje	4
3. vaje: Kondenzatorji	5
4. vaje: Računanje tokov v električnih krogih	6
5. vaje: Magnetno polje in primeri indukcije	8
6. vaje: Odziv snovi na obremenitev ter električno in magnetno polje	9
7. vaje: Valovanje in valovna optika	10
8. vaje: Uporaba lomnega in odbojnega zakona	11
9. vaje: Lečja in goriščne razdalje, dioptrijska	12

## 1. vaje: Newtonovi zakoni gibanja: kinematika, sile, navori, energija

- V ZDA merijo temperaturo v stopinjah Fahrenheita. Med stopinjami Fahrenheita in Celzija velja linearna odvisnost, pri čemer je ledišče ( $0^{\circ}\text{C}$ ) pri  $32^{\circ}\text{F}$ , vrelišče vode ( $100^{\circ}\text{C}$ ) pa pri  $212^{\circ}\text{F}$ . Koliko stopinj Fahrenheita ustreza  $37^{\circ}\text{C}$  in  $40^{\circ}\text{C}$ ?  
( $T_F(T_C) = 1,8^{\circ}\text{F}/^{\circ} \times T_C + 32^{\circ}\text{F}$ ;  $98,6^{\circ}\text{F}$ ;  $104^{\circ}\text{F}$ )
- Podvojitveni čas za celice v celični kulturi je 1,5 dni. V kolikšnem času se število celic v kulturi podeseteri, postoteri, potisočeri?  
( $N(t) = N_0 \times 2^{(t/t_2)}$ ; 5 dni; 10 dni; 15 dni)
- Plavamo čez 5 metrov široko reko, ki teče s hitrostjo 2 m/s. Hitrost našega plavanja je 1 m/s. (a) Pod katerim kotom glede na tok reke moramo plavati, da bomo čim manj časa v vodi? Za koliko nas pri tem reka odnese s tokom? (b) Pod katerim kotom glede na tok reke moramo plavati, da nas bo reka čim manj odnesla?  
( $90^{\circ}$ ; 10 m;  $120^{\circ}$ )
- Ko v skrčeni roki (pravi kot) držimo utež, si v prvem približku lahko predstavljamo, da vso težo držimo le z nadlaktnim bicepsom. Masa uteži je 10 kilogramov, maso roke pa lahko zanemarimo. Razdalja med komolcem in ramo ( $r_R$ ) je 30 cm, razdalja med komolcem in dlanjo ( $r_D$ ) pa 40 cm. Mišica prijemlje na razdalji ( $r_M$ ) 5 cm od komolca. S kolikšno silo je napeta mišica? Kako pa je, če masa roke ni zanemarljiva?  
(811 N)
- Kako visoko lahko največ brizgne kri iz predrte arterije, v kateri je tlak 80 mmHg? Gostota krvi je  $1060 \text{ kg/m}^3$ , njena hitrost v arteriji pa  $0,05 \text{ m/s}$ . Gostota živega srebra je  $13550 \text{ kg/m}^3$ .  
(1 m)
- Tipična ptica selivka leti s hitrostjo  $50 \text{ km/h}$  in pri tem v 1 uri porabi zalogo maščobe, ki ustreza  $0,5 \%$  njene mase. Ocenite, s kolikšnim izkoristkom leti ptica, če predpostavite, da je delo, ki ga opravi za 1 km poleta, enako delu za dvig za 100 m. Pri izgorevanju maščobe se sprosti  $37 \text{ kJ/g}$  energije.  
(27 %)
- Neki tekač v 1,7 s iz mirovanja enakomerno pospeši do največje hitrosti, nato pa ohranja to hitrost. Kolikšna mora biti največja hitrost, če naj izenači svetovni rekord na 200 m, to je 19,19 s? Kolikšen je njegov pospešek?  
( $10,9 \text{ m/s}$ ;  $6,4 \text{ m/s}^2$ )
- Pri skoku v daljino se po zaletu atlet odrine od tal s hitrostjo  $10,5 \text{ m/s}$  v vodoravni smeri in s hitrostjo  $4,85 \text{ m/s}$  v navpični smeri. Kako dolg bi bil njegov skok, če bi bil zračni upor zanemarljiv, atlet pa med skokom ne bi

spreminjal oblike? Svetovni rekord znaša 8,95 m.  
(10,5 m)

9. Mišična masa organizmov in s tem sila, ki jo mišice lahko nudijo, je sorazmerna z  $L^2$ , kjer je  $L$  tipična dimenzija organizma. Celotna masa organizma je sorazmerna  $L^3$ . Ocenite, kako se s tipično dimenzijo organizma spreminja višina, do katere lahko organizem skoči iz pokrčenega položaja! Največja višina, do katere iz počepa (približno 30 cm) skoči človek z maso 70 kg, je 60 cm. Kolikšna je pri tem sila nog? Kolikšna pa je moč mišic, če pri skoku delujejo 0,25 s?

(2,1 kN; 2,5 kW)

## 2. vaje: Coulombov zakon, električno polje

1. Enaki kroglici z maso 8 g in polmerom 10 mm visita na vrvicah z dolžino 20 cm. Vrvici sta na prostem koncu pritrjeni v skupni točki. Kroglici naelektrimo in staknemo, da se naboja izenačita, nato ju spustimo, da se razmakneta. Kolikšen je naboj na kroglicah, če sta v ravnovesju razmaknjeni za 10 cm?  
(0,20  $\mu\text{As}$ )
2. Kroglici iz prejšnje naloge potopimo v alkohol z gostoto 800 kg/m<sup>3</sup>. Razdalja med kroglicama se zmanjša na 4 cm. Kolikšna je dielektričnost alkohola?  
(14,2)
3. Izračunajte polje na simetrali električnega dipola (nasprotno predznačena naboja  $e$  na razdalji  $2a$ )!  
( $E_y(x) = 2ea/[4\pi\epsilon_0(a^2 + x^2)^{3/2}]$ )
4. Izračunajte polje na simetrali med dvema točkastima kroglicama, ki nosita enak (po velikosti in predznaku) naboj  $e$  na razdalji  $2a$ ! Kje je polje največje?  
( $E_x(x) = 2ea/[4\pi\epsilon_0(a^2 + x^2)^{3/2}]$ ;  $x(E_{max}) = \pm a/\sqrt{2}$ )
5. Točkasta naboja  $e_1 = 10^{-10}$  As in  $e_2 = -2 \times 10^{-10}$  As sta razmaknjena za 6 cm. Kje na njuni zveznici je električna poljska jakost enaka 0?  
(17,5 cm)
6. V oglišča enakostraničnega trikotnika s stranico 2 cm postavimo tri enake kroglice z nabojem 5  $\mu\text{As}$  in z maso 5 g. Kolikšna je njihova hitrost v neskončnosti, če jih spustimo?  
(67 m/s)
7. Izračunajte električno potencialno energijo enodimenzionalne verige pozitivnih in negativnih ionov v razmiku  $2,38 \times 10^{-10}$  m!  
(-4,2 eV  $\times N$ )
8. Dve kovinski kroglici s polmerom 5 cm in 10 cm staknemo. Kolikšna sta naboja na kroglicah, če sta bili kroglici na začetku enako nabiti, z nabojem 0,1 mAs?  
(0,067 mAs; 0,133 mAs)
9. V nevihtnem oblaku se nabere negativni naboj, tako da je napetost med njim in površjem Zemlje  $10^9$  V. Oblak je na višini 500 m. Narišite potek silnic električnega polja in ekvipotencialnih črt med oblakom in Zemljo! Kolikšna je jakost električnega polja med oblakom in Zemljo? Na Zemlji je napetost 0 V. Kolikšna je napetost 125 m nad njo? Kolikšen naboj mora imeti prašen delec z maso 0,1 g, da bo lebdel v zraku nad Zemljo?  
( $2 \times 10^6$  V/m;  $2,5 \times 10^8$  V;  $5 \times 10^{-10}$  As)
10. Kroglica z maso 10 g je z lahko vrvico pritrjena na navpično steno. Stena je enakomerno naelektrena s površinsko gostoto naboja 0,1  $\mu\text{As}/\text{m}^2$ . Kolikšen kot oklepa vrvica s steno, če je na kroglici naboj 11  $\mu\text{As}$ ?  
(32°)

### 3. vaje: Kondenzatorji

1. Srčni defibrilator ima kapaciteto  $14 \mu\text{F}$  in shrani do  $250 \text{ J}$  električne energije. Kolikšna je največja napetost na defibrilatorju? Ali bo ta defibrilator uspešno defibriliral srce, če je efektivna upornost telesa  $10 \text{ k}\Omega$ ? (Če po telesu teče tok  $1 \text{ mA}$ , ga ravno še čutimo, tok  $10 \text{ mA}$  povzroči resno krčenje mišic,  $70 \text{ mA}$  fibrilacijo, za defibrilacijo pa so potrebni tokovi večji od  $0,5 \text{ A}$ .)  
( $6 \text{ kV}$ ; da)
2. Med zunanostjo in notranostjo neke celice, ki jo omejuje membrana s kapacitivnostjo  $7,7 \text{ mF/m}^2$ , je napetostna razlika  $73 \text{ mV}$ . Kolikšna gostota naboja na površini membrane povzroči tako razliko v potencialu? Kolikšna električna sila deluje na ion natrija, ki se znajde v ionskem kanalu v tej membrani? Kolikšno delo opravi Na/K črpalka v enem ciklu, ko skozi to membrano iz notranjosti celice v zunanost prečrpa 3 ione  $\text{Na}^+$ , iz zunanosti v notranost pa 2 iona  $\text{K}^+$ ? Osnovni naboj znaša  $1,6 \times 10^{-19} \text{ As}$ . Debelina membrane je  $7,6 \text{ nm}$ .  
( $0,56 \mu\text{As/m}^2$ ;  $1,5 \text{ pN}$ ;  $1,2 \times 10^{-20} \text{ J}$ )
3. Kolikšna je nadomestna kapaciteta vezja, v katerem sta vzporedno vezana kondenzatorja s kapaciteto  $8 \mu\text{F}$  in  $7 \mu\text{F}$  zaporedno vezana na kondenzator s kapaciteto  $10 \mu\text{F}$ . Kolikšna je napetost na vsakem od kondenzatorjev? Kolikšen pa je naboj? Kondenzatorji so vezani na vir z napetostjo  $1000 \text{ V}$ .  
( $400 \text{ V}$ ;  $400 \text{ V}$ ;  $600 \text{ V}$ ;  $3,2 \text{ mAs}$ ;  $2,8 \text{ mAs}$ ;  $6 \text{ mAs}$ )
4. Izračunajte kapacitivnost na površinsko enoto membrane! Kolikšna je efektivna dielektričnost? Kako se vzdolž membrane spreminjata napetost in električno polje? Membrana je sestavljena iz več plasti; vode z debelino  $0,55 \text{ nm}$  in dielektričnostjo  $80$ , polarnega dela z debelino  $2,2 \text{ nm}$  in dielektričnostjo  $50$ , lipidne plasti z debelino  $2,1 \text{ nm}$  in dielektričnostjo  $2$ , nato pa ponovno polarnega dela in še ene plasti vode (podatki za slednji dve plasti sta enaki ustreznim podatkom za prvi).  
( $7,7 \text{ mF/m}^2$ ;  $6,6$ ;  $U_i(x) = U_{i-1,0} + \frac{e}{\epsilon_i \epsilon_0 S} x$ ,  $U_{0,0}(0) = 0$ ,  $U_{i,0} = U_i(d_1 + d_2 + \dots + d_i)$ ;  
 $E_i = \frac{e}{\epsilon_i \epsilon_0 S}$ )
5. Dva ploščata kondenzatorja s kapacitetama  $1 \text{ pF}$  in  $4 \text{ pF}$  sta vezana vzporedno. Nabijemo ju na napetost  $1000 \text{ V}$  in odstranimo vir napetosti. V drugi kondenzator vtaknemo dielektrik z dielektričnostjo  $6$ . Koliko naboja preteče pri tem med kondenzatorjema? Za koliko se zmanjša električna energija sistema kondenzatorjev?  
( $8 \times 10^{-10} \text{ As}$ ;  $-2 \times 10^{-6} \text{ J}$ )
6. Ploščati kondenzator s kvadratnima ploščama s stranico  $a$  in medsebojnim razmikom  $d$  priključimo na konstantno napetost  $U$ . V prostor med ploščama vtaknemo ploščico iz dielektrične snovi z debelino enako razmiku med ploščama kondenzatorja. S kolikšno silo vleče kondenzator ploščico noter? Dielektričnost snovi je  $\epsilon$ .  
( $F = (\epsilon - 1) \epsilon_0 a U^2 / 2d$ )

#### 4. vaje: Računanje tokov v električnih krogih

- Električar je prijel za žico, priključeno na napetost 380 V. Kako debel PVC podplat mora imeti, da skozenj ne bo tekel tok, večji od 3 mA? Upor med roko in stopali je  $5000 \Omega$ , specifični upor PVC je  $5 \times 10^{12} \Omega \text{mm}^2/\text{m}$ . Površina stopal znaša  $2 \times 200 \text{ cm}^2$ .

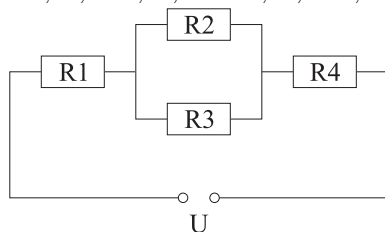
(1 mm)

- Dihanje lahko opazujemo z 90 cm dolgo prožno cevko, ki jo, napolnjeno z nestisljivo prevodno mastjo, napnemo okrog prsnega koša. Za koliko se poveča padec napetosti na tej cevi, če se ob vdihu raztegne na 100 cm? Neraztegnjena cev ima upor  $1000 \Omega$ , prostornina cevi se ne spreminja, skozi njo pa teče ves čas enak tok 5 mA.

(1,17 V)

- Upori  $R_1 = 50 \Omega$ ,  $R_2 = 100 \Omega$ ,  $R_3 = 150 \Omega$ ,  $R_4 = 30 \Omega$  ter baterija z napetostjo 20 V so povezani v električni krog, kot kaže slika. Izračunajte tokove in padce napetosti na posameznih upornikih! Kolikšna je napetost med točkama A in B?

(0,143 A; 7,1 V; 0,086 A; 8,6 V; 0,057 A; 8,6 V; 0,143 A; 4,3 V; 15,7 V)



- Jegulja ima poseben sistem za omrtvičenje plena z električnim tokom. V telesu jegulje je 200 vzporednih trakov, na vsakem od njih pa je 5000 zaporedno vezanih električnih celic. Vsaka od njih daje napetost 0,15 V in ima notranji upor  $0,25 \Omega$ . Kolikšen tok steče pri razelektritvi jegulje, če je upor vmesne vode  $800 \Omega$ ? Kolikšen tok teče tedaj skozi posamezne električne celice jegulje?

(0,93 A; 4,7 mA)

- Ko nas strese elektrika iz vtičnice, steče skozi telo tok 16 mA, pri čemer imamo obute čevlje z električno upornostjo  $13 \text{ k}\Omega$ . Kolikšen tok pa bi stekel skozi nas, če bi bosni stali na mokrih tleh?

(0,29 A)

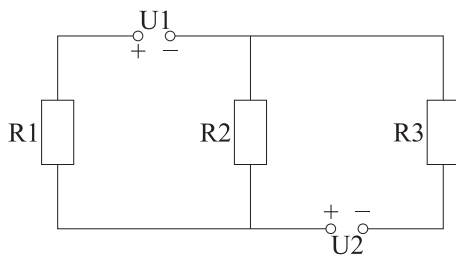
- Brivnik je grajen za napetost 110 V in troši moč 40 W. Kolikšen predupornik potrebujemo, če želimo brivnik priključiti na napetost 220 V?

(302,5  $\Omega$ )

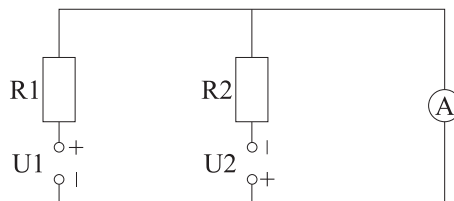
- Ko strela udari v hrast, steče po njem tok 10000 A. Koliko toplote se pri tem sprosti v hrastu? Hrast je visok 7 m in ima premer 1 m. Specifična upornost lesa je  $2 \Omega/\text{m}$ . Strela traja približno desetstisočinko sekunde.

(178 kJ)

8. Upornike z uporom  $R_1 = 10 \Omega$ ,  $R_2 = 20 \Omega$  in  $R_3 = 60 \Omega$  vežemo z baterijami z gonilno napetostjo  $U_1 = 10 \text{ V}$  in  $U_2 = 25 \text{ V}$ , kot kaže slika. Notranja upora baterij zanemarimo. Kolikšni so tokovi skozi posamezne upornike?  
(0,15 A; 0,425 A; 0,275 A)

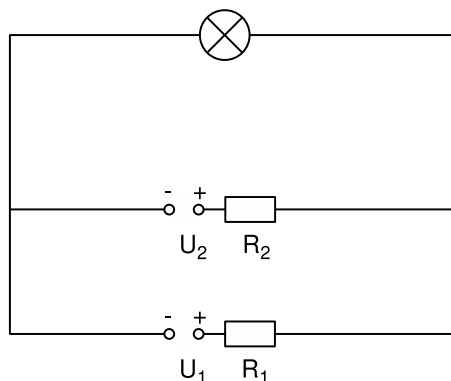


naloga 8



naloga 9

9. Baterijo z gonilno napetostjo  $U_1 = 9 \text{ V}$  in z notranjim uporom  $R_{n,1} = 3 \Omega$  ter baterijo z gonilno napetostjo  $U_2 = 3 \text{ V}$  in z notranjim uporom  $R_{n,2} = 2 \Omega$  zvežemo z ampermetrom z uporom  $1 \Omega$ , kot kaže slika. Kolikšen tok kaže ampermeter? Kolikšni tokovi tečejo skozi bateriji?  
(0,82 A; 2,73 A; 1,91 A)
10. Žarnica z uporom  $1 \Omega$  je priklopljena na vzporedno vezani bateriji z napetostjo  $U_1 = 9 \text{ V}$  in notranjim uporom  $R_1 = 6 \Omega$  ter  $U_2 = 3 \text{ V}$  in  $R_2 = 3 \Omega$ , kot kaže slika. Kolikšna ohmska moč se porablja na žarnici?  
(2,8 W)



11. V valilnici vzdržujejo primerno temperaturo za novoizvaljene piščančke s pomočjo ohmske toplote, ki jo oddajajo žarnice. Koliko toplote oddata v eni uri dve žarnici, ki sta vezani (a) vzporedno ali (b) zaporedno v krog z izvorom napetosti  $220 \text{ V}$ ? Deklarirana moč žarnic pri napetosti  $220 \text{ V}$  je  $100 \text{ W}$ .  
( $7,2 \times 10^5 \text{ J}$ ;  $1,8 \times 10^5 \text{ J}$ )
12. Atlantski električni skat (*Torpedo nobiliana*) omrtviči svoj plen z električnim sunkom z napetostjo  $200 \text{ V}$ . Kolikšen tok steče pri tem skozi plen, katerega upor znaša  $1 \text{ k}\Omega$ ? Kolikšna pa je v plenu sproščena toplota, če traja sunek desetinko sekunde?  
(0,2 A; 4 J)

## 5. vaje: Magnetno polje in primeri indukcije

1. Pri nekaterih algah so celice zelo dolge in imajo presek  $1 \text{ mm}^2$ . Intercelularni tok doseže gostoto do  $1 \text{ }\mu\text{A}/\text{mm}^2$ . Ocenite velikost gostote magnetnega polja, ki jo izmerimo z detektorjem na razdalji 5 cm od celice! Kolikšna je sila na dolžinsko enoto med dvema vzporednima celicama, oddaljenima 2 mm? Je sila privlačna ali odbojna, če teče tok v njiju v isto smer?  
( $4 \times 10^{-12} \text{ T}$ ;  $10^{-16} \text{ N/m}$ )
2. Izračunajte gostoto magnetnega polja dolge tuljave, po kateri teče tok 2 A! Tuljava ima 1000 ovojev in je dolga 10 cm.  
(0,025 T)
3. Elektron pospešimo v električnem polju z jakostjo 10 kV/m na razdalji 55 cm. Izračunajte končno hitrost elektrona! Elektron nato vstopi v homogeno magnetno polje z gostoto 0,02 T, tako da so silnice pravokotne na smer elektrona. Izračunajte polmer kroga, po katerem se giblje elektron v magnetnem polju! Koliko časa potrebuje za en krog? Masa elektrona je  $9,1 \times 10^{-31} \text{ kg}$ , njegov naboj pa  $1,6 \times 10^{-19} \text{ As}$ .  
( $4,4 \times 10^7 \text{ m/s}$ ; 12,5 mm; 1,8 ns)
4. Aluminijska palica z debelino 1 cm leti vodoravno v homogenem magnetnem polju z gostoto 1 T. Silnice magnetnega polja potekajo vodoravno in so pravokotne na dolgo os palice. Kolikšen mora biti tok skozi palico, da palica lebdi v magnetnem polju? Gostota aluminija je  $2,7 \text{ g/cm}^3$ .  
(2,1 A)
5. Bakreno žico s presekom  $2 \text{ mm}^2$  prepognemo v tri stranice kvadrata. Kvadrat položimo v homogeno magnetno polje z gostoto 1 T, tako da se lahko vrtil okrog vodoravne osi, ki nadomešča četrto stranico. Silnice magnetnega polja so v vodoravni smeri. Kolikšen tok mora teči skozi žico, da stoji žični okvir vodoravno? Gostota bakra je  $8,9 \text{ g/cm}^3$ .  
(0,35 A)
6. Reaktivno letalo leti s hitrostjo 1080 km/h v vodoravni smeri. Kolikšna napetost se inducira med koncema kril z razponom 15 m, če je navpična komponenta gostote magnetnega polja  $5 \times 10^{-5} \text{ T}$ ?  
(0,22 V)
7. Pravokotno tokovno zanko postavimo v homogeno magnetno polje z gostoto 0,4 T. Silnice magnetnega polja so vodoravne, zanka pa je nanje pravokotna. Na zanki je natakljena vodoravna bakrena prečka z gostoto  $8,9 \text{ g/cm}^3$  in s specifičnim uporom  $1,8 \times 10^{-8} \text{ }\Omega\text{m}$ . S kolikšno stalno hitrostjo pada prečka? Trenja pri gibanju zanke po prečki ne upoštevamo, električni upor zanke pa je zanemarljiv v primerjavi z uporom prečke.  
(1 cm/s)



## 6. vaje: Odziv snovi na obremenitev ter električno in magnetno polje

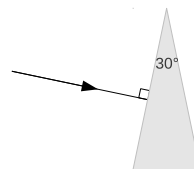
- Med nepremični steni v razmiku 1 meter damo dve po 0,5 m dolgi palici z enakim presekom in s temperaturo 20°C. Kolikšna je napetost v palicah, če ju segrejemo do 30°C? Prva palica je iz jekla z linearnim koeficientom temperaturnega raztezka  $1,1 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$  in prožnostnim modulom  $2,1 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$ , druga pa iz bakra s koeficientom  $1,7 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$  in modulom  $9 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$ .  
( $1,76 \times 10^7 \text{ N/m}^2$ )
- Posoda z debelimi jeklenimi stenami je napolnjena z alkoholom. Za koliko stopinj moramo povečati temperaturo, da bo tlak narasel za  $6 \times 10^5 \text{ Pa}$ ? Stisljivost alkohola je  $1,15 \times 10^{-9} \text{ Pa}^{-1}$ , temperaturni koeficient prostorninskega raztezka pa  $7,5 \times 10^{-4} \text{ K}^{-1}$ . Temperaturni koeficient dolžinskega raztezka jekla je  $1,2 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ .  
(0,97 K)
- Spodnji del noge obremenimo z utežjo z maso 10 kg. Kolikšen je relativni raztezek goleni, če je njen presek tipično  $3 \text{ cm}^2$ , prožnostni modul pri natezanju pa  $2,24 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$ ? Pri kolikšni obremenitvi bi prišlo do zloma, če je meja natezne trdnosti goleni  $9,8 \times 10^7 \text{ N/m}^2$ ?  
( $1,5 \times 10^{-5}$ ;  $2,9 \times 10^4 \text{ N}$ )
- Izračunajte kapacitivnost na površinsko enoto membrane! Kolikšna je efektivna dielektričnost? Kako se vzdolž membrane spreminjata napetost in električno polje? Membrana je sestavljena iz več plasti; vode z debelino 0,55 nm in dielektričnostjo 80, polarnega dela z debelino 2,2 nm in dielektričnostjo 50, lipidne plasti z debelino 2,1 nm in dielektričnostjo 2, nato pa ponovno polarnega dela in še ene plasti vode (podatki za slednji dve plasti sta enaki ustreznim podatkom za prvi).  
( $7,7 \text{ mF/m}^2$ ; 6,6;  $U_i(x) = U_{i-1,0} + \frac{e}{\epsilon_i \epsilon_0 S} x$ ,  $U_{0,0}(0) = 0$ ,  $U_{i,0} = U_i(d_1 + d_2 + \dots + d_i)$ ;  
 $E_i = \frac{e}{\epsilon_i \epsilon_0 S}$ )
- Dva ploščata kondenzatorja s kapacitetama 1 pF in 4 pF sta vezana vzporedno. Nabijemo ju na napetost 1000 V in odstranimo vir napetosti. V drugi kondenzator vtaknemo dielektrik z dielektričnostjo 6. Koliko naboja preteče pri tem med kondenzatorjema? Za koliko se zmanjša električna energija sistema kondenzatorjev?  
( $8 \times 10^{-10} \text{ As}$ ;  $-2 \times 10^{-6} \text{ J}$ )
- Ploščati kondenzator s kvadratnima ploščama s stranico  $a$  in medsebojnim razmikom  $d$  priključimo na konstantno napetost  $U$ . V prostor med ploščama vtaknemo ploščico iz dielektrične snovi z debelino enako razmiku med ploščama kondenzatorja. S kolikšno silo vleče kondenzator ploščico noter? Dielektričnost snovi je  $\epsilon$ .  
( $F = (\epsilon - 1) \epsilon_0 a U^2 / 2d$ )

## 7. vaje: Valovanje in valovna optika

- V Ljubljani smo dočakali stoletni potres. Širi se v taki smeri, da potresni val potuje po črti Golovec – Ljubljanski grad – Biotehniška fakulteta. Ljubljanski grad je od Golovca oddaljen 1,7 km, Biotehniška fakulteta pa 4,6 km. Transverzalni valovi s frekvenco 2 Hz potujejo s hitrostjo 4,2 km/s in nihajo tla z amplitudo 5 cm. Kolikšen je odmik tal na Ljubljanskem gradu v trenutku, ko na observatoriju na Golovcu zabeležijo amplitudni odmik? Čez koliko časa bo sledil maksimum na Biotehniški fakulteti?  
(1,8 cm; 0,095 s)
- Ultrazvočno slikanje temelji na zaznavi ultrazvočnih sunkov, ki se odbijejo od organov v telesu. Izračunajte, kako globoko v telesu se nahaja organ, če zaznamo od njega odbiti sunek po 100  $\mu$ s! Frekvenca ultrazvočnega valovanja je 4 MHz, njegova valovna dolžina pa je v obravnavanem tkivu 375  $\mu$ m.  
(7,5 cm)
- Struna z maso 10 g in z dolžino 1 m je na obeh koncih vpeta s silo 100 N. Določite osnovno frekvenco in višje harmonične frekvence te strune! Kolikšen je odmik strune od ravnovesne lege 10 cm od krajišča pri drugi harmonični frekvenci z amplitudo 12 mm?  
(50 Hz;  $\nu_n = \nu_0(n + 1)$ ; 9,7 mm)
- Določite kote, pri katerih dobimo ojačitve pri interferenci valovanja, ki izhaja iz dveh drobnih odprtin v ravni steni! Razmik med odprtinama je 18 cm, valovna dolžina ravnega valovanja, ki vpada na steno pa 5 cm. Pri katerih kotih pa se valovanje oslabi?  
( $\sin \alpha_N = N\lambda/d$ ;  $\sin \alpha_N = (N + 1/2)\lambda/d$ )
- Pravokotno na uklonsko mrežico posvetimo z žarkom enobarvne svetlobe z valovno dolžino 480 nm. Prvo ojačitev opazimo pod kotom 22° glede na vpadno smer. Pod katerimi koti opazimo ojačitve, če na isto mrežico posvetimo s svetlobo z valovno dolžino 620 nm?  
(0°;  $\pm 28,9^\circ$ ;  $\pm 75,4^\circ$ )
- Na uklonsko mrežico, ki ima 450 rež na milimeter, pada pravokotno svetloba z valovno dolžino 600 nm. V kolikšnih razdaljah od neodklonjenega curka se pojavijo svetle lise na 3 m oddaljenem zaslonu? Koliko je vseh uklonskih maksimumov?  
(0 cm; 84 cm; 192 cm; 414 cm; 7)
- Kolikšna je največja valovna dolžina svetlobe, ki jo še opazimo v spektru četrtega reda pri pravokotnem vpadu bele svetlobe na mrežico s 5000 zarezami na cm?  
(500 nm)

## 8. vaje: Uporaba lomnega in odbojnega zakona

1. Bazen poln vode je navidezno globok 1,5 m, če gledamo vanj skoraj v navpični smeri. Kolikšna je njegova prava globina? Lomni količnik vode je 1,33.  
(2 m)
2. Vrh 2,5 m dolgega, navpično stoječega droga, sega 1 m nad vodno gladino. Kako dolga je senca na dnu bazena z ravnim dnom, kadar sije sonce pod kotom  $45^\circ$  glede na navpičnico? Lomni količnik vode je 1,33.  
(1,94 m)
3. Kolikšen je kot totalnega odboja za prehod svetlobe iz stekla ( $n = 1,5$ ) v zrak?  
( $42^\circ$ )
4. Na vodi z lomnim količnikom 1,3 imamo  $0,5 \mu\text{m}$  debelo plast olja z lomnim količnikom 1,2. Plast osvetljujemo v pravokotni smeri. Kolikšna je valovna dolžina/barva svetlobe, ki se z odbojem ojačuje?  
(600 nm/oranžna; 400 nm/vijolična)
5. V prazno valjasto posodo z višino 15 cm in polmerom 15 cm gledamo pod takšnim kotom, da ravno še vidimo rob med dnom in steno. Koliko vode moramo natočiti v posodo, da bomo videli kovanec, ki je na sredi dna posode?  
(13,7 cm)
6. Za koliko se pri prehodu skozi 2 cm debelo stekleno ploščo premakne žarek, ki vpada pod kotom  $60^\circ$ ? Lomni količnik stekla je 1,5. Ploščo obdaja zrak.  
(1,02 cm)
7. Svetlobni žarek pada pod kotom  $35^\circ$  na zunanjo površino 1 cm debele steklene stene akvarija. Pod kolikšnim kotom glede na vpadnico se širi žarek po vodi? Koliko sta medsebojno oddaljeni vstopna in izstopna točka žarka na stekleni steni? Lomni količnik stekla je 1,5, lomni količnik vode pa 1,33.  
( $25,5^\circ$ ; 1,08 cm)
8. Snop svetlobe pada pravokotno na enega od krakov enakokrake steklene prizme. Kot v vrhu je  $30^\circ$ . Narišite pot žarka skozi prizmo! Na skici označite vstopni in izstopni kot! Pod kolikšnim kotom glede na pravokotnico na izstopno stranico izstopa snop iz prizme? Kolikšna je debelina izstopnega snopa, če je debelina vstopnega 1 cm? Lomni količnik stekla je 1,5.  
( $48,6^\circ$ ; 7,6 mm)



9. Svetlobni žarek vpada pod kotom  $30^\circ$  na eno od ploskev enakostranične steklene prizme. Za kolikšen kot glede na prvotno smer je odklonjen žarek po prehodu skozi prizmo?  
( $53^\circ$ )

## 9. vaje: Lečja in goriščne razdalje, dioptrijska

1. Kam preslika zbiralna leča z goriščno razdaljo 10 cm 5 cm visok predmet, ki ga postavimo 5 cm, 15 cm in 25 cm stran od leče? Kako velika je slika predmeta? Določite grafično in računsko!  
(-10 cm, 10 cm; 30 cm, 10 cm; 16,7 cm, 3,3 cm)
2. Z lupo opazujemo mravljo, ki je od našega očesa oddaljena 25 cm. Na kolikšni oddaljenosti od mravlje je lupa, če je goriščna razdalja leče 5 cm. Kolikšna je pri tem povečava?  
(5 cm; 5 $\times$ )
3. Izračunajte povečavo daljnogleda, ki je sestavljen iz leč z goriščnima razdaljama 100 cm in 15 cm! Narišite potek žarkov pri opazovanju 20 m visoke smreke na razdalji 600 m ter izračunajte višino slike, ki jo tvori objektiv!  
(6,7; 3,3 cm)
4. Goriščna razdalja objektiva nekega mikroskopa je 0,5 cm, goriščna razdalja okularja pa je 3 cm. Razdalja med lečama je 8 cm. Kam moramo postaviti predmet, da dobimo sliko v neskončnosti? Kolikšna je povečava mikroskopa?  
(0,55 cm; 25,9 $\times$ )
5. Objektiv in okular mikroskopa sta oddaljena za 20 cm. Goriščna razdalja objektiva je 4 mm, okularja pa 12,5 mm. Kolikšna je oddaljenost predmeta od objektiva in kolikšna je povečava mikroskopa?  
(4,1 mm; 749 $\times$ )
6. Kratkovidna oseba ne vidi ostro predmetov, ki so od nje oddaljeni več kot 50 cm. Kolikšna je lomnost (dioptrijska) leč očal, ki odpravijo težave?  
(-2)
7. Oko ne vidi jasno predmetov, ki so oddaljeni manj kot 60 cm. Ocenite lomnost leč očal, ki jih potrebuje to oko, da vidi jasno tudi do razdalje 25 cm!  
(2,3)
8. S prostim očesom lahko na 2 m oddaljeni sliki ravno še ločimo detajle, ki so veliki 3 mm. Kako majhne detajle lahko ločimo na sliki, ki je od nas oddaljena za normalno zorno razdaljo (25 cm)?  
(0,375 mm)
9. Zorni kot Sonca je 0,54°. Kako veliko sliko Sonca dobimo z lečo, ki ima goriščno razdaljo 50 cm in premer 10 cm?  
(0,47 cm)
10. Predmet se nahaja na razdalji 18 cm od zaslona. Koliko stran od zaslona moramo postaviti zbiralno lečo z goriščno razdaljo 4 cm, da bo slika na zaslonu ostra? Narišite potek žarkov!  
(6 cm; 12 cm)