

# Zbirka rešenih nalog s kolokvijev in izpitov iz fizike

Naravoslovnotehniška fakulteta, šolsko leto 2004/05

Avtorja: S. Fratina in J. Kotar

Prosim, da kakršnekoli vsebinske ali pravopisne napake sporočite na elektronski naslov [sasa.fratina@ijs.si](mailto:sasa.fratina@ijs.si). Za obvestila se vnaprej zahvaljujem.

## Kazalo

<b>1</b>	<b>Kolokviji in izpiti iz fizike na NTF, šolsko leto 2004/05</b>	<b>1</b>
1.1	1. kolokvij iz fizike . . . . .	1
1.2	2. kolokvij iz fizike . . . . .	2
1.3	3. kolokvij iz fizike . . . . .	3
1.4	4. kolokvij iz fizike . . . . .	3
1.5	Pisni izpit iz fizike (zimski rok) . . . . .	4
1.6	1. izpit iz fizike . . . . .	4
1.7	2. izpit iz fizike . . . . .	5
<b>2</b>	<b>Rešitve kolokvijev in izpitov iz fizike na NTF, šolsko leto 2004/05</b>	<b>5</b>
2.1	Rešitve 1. kolokvija . . . . .	5
2.2	Rešitve 2. kolokvija . . . . .	6
2.3	Rešitve 3. kolokvija . . . . .	8
2.4	Rešitve 4. kolokvija . . . . .	10
2.5	Rešitve pisnega izpita iz fizike (zimski rok) . . . . .	12
2.6	Rešitve 1. izpita iz fizike . . . . .	14
2.7	Rešitve 2. izpita iz fizike . . . . .	15

## 1 Kolokviji in izpiti iz fizike na NTF, šolsko leto 2004/05

### 1.1 1. kolokvij iz fizike

1. Iz Ljubljane proti Jesenicam ob 10:08 odpelje brzi vlak, 5 minut za njim pa še tovorni vlak. Brzi vlak pospešuje s pospeškom  $0,3 \text{ m/s}^2$ , dokler ne doseže hitrosti  $80 \text{ km/h}$ . Tovorni vlak pa na začetku svoje vožnje pospešuje s pospeškom  $0,2 \text{ m/s}^2$ , dokler ne doseže hitrosti  $60 \text{ km/h}$ .

Kolikšna je razdalja med vlakoma po 4-ih, 6-ih in 10-ih minutah od začetka vožnje prvega vlaka? Narišite graf odvisnosti razdalje med vlakoma od časa!

2. Na klancu, ki je nagnjen pod kotom  $30^\circ$  glede na podlago, sta postavljeni dve kladi, ki sta med sabo povezani z vrvico. Spodnja klada ima maso  $1 \text{ kg}$ , koeficient trenja

med njo in podlago pa je 0,1. Druga klada ima maso 2 kg in koeficient trenja 0,4. S kolikšnim pospeškom se začneta gibati kladi, ko ju spustimo?

3. Pištolo na vzmet napnemo tako, da vzmet skrčimo za 5,0 cm. Koliko dela pri tem opravimo? S pištolo izstrelimo izstrelek z maso 50 g. Pri tem držimo pištolo 1,5 m nad tlemi pod kotom 30 stopinj glede na vodoravnico.

S kolikšno hitrostjo izstrelek pade na tla?

Koeficient vzmeti je 2,0 N/cm. Zračni upor lahko zanemarite.

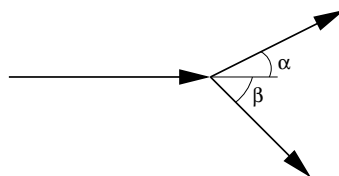
4. V roki držimo 1 m dolgo vrvico, na koncu katere je privezan kamen z maso 0,1 kg. Kamen vrtimo v navpični ravnini.

Vsaj kolikšna mora biti obodna hitrost kamna v najvišji točki kroženja, da bo vrvica stalno napeta?

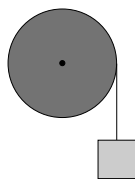
Kolikšna je v tem primeru sila v vrvici, ko je kamen v najnižji točki kroženja, če se mehanska energija ohranja?

## 1.2 2. kolokvij iz fizike

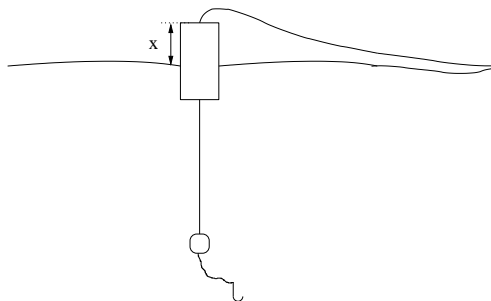
1. Izstrelek z maso  $m = 3$  kg in hitrostjo  $v_0 = 200$  m/s v zraku razpade na dva enaka kosa, od katerih odleti prvi pod kotom  $\alpha = 30^\circ$  glede na prvotno smer gibanja, drugi pa pod kotom  $\beta = 40^\circ$  glede na prvotno smer gibanja. Kolikšni sta velikosti hitrosti posameznih kosov?



2. Na valj mase 3 kg, ki je vrtljiv brez trenja okoli svoje osi, je navita 5 m dolga nitka, na kateri visi utež z maso 1,2 kg. Kolikšna je hitrost uteži, ko se vsa nitka odvije, če na začetku utež in valj mirujeta?



3. Matematično nihalo niha z nihajnim časom 1 s. Kolikšna je dolžina vrvice? Za koliko odstotkov se spremeni nihanji čas nihala, če ga dvignemo 20 km nad površje Zemlje? Polmer Zemlje je 6400 km.
4. Ribič na mirnem jezeru lovi ribe. V vodo vrže trnek, ki ima svinčeno utež z maso 12 g in valjast plovec iz stiroporja. Plovec je valjaste oblike s površino osnovne ploskve  $3$  cm<sup>2</sup> in višino 4 cm. Koliko plovca je nad vodo? Privzemi, da lahko maso stiroporja zanemariš. Gostota svinca je  $11 \times 10^3$  kg/m<sup>3</sup>.



### 1.3 3. kolokvij iz fizike

1. Aluminijska palica s presekom  $10 \text{ cm}^2$  in dolžino  $20 \text{ cm}$  ima na enem koncu pritrjen električni grelec, na drugem koncu pa jo obliva tekoča voda s stalno temperaturo  $15^\circ\text{C}$ . Moč grelca je  $30 \text{ W}$ . Kolikšna je temperatura palice pri grelcu? Za koliko se spremeni ta temperatura, če povečamo moč grelca na  $60 \text{ W}$ ? ( $\lambda = 209 \text{ W/mK}$ )
2.  $2 \text{ kg}$  ledu pri temperaturi  $-10^\circ\text{C}$  vržemo v  $3 \text{ kg}$  vrele vode. Kolikšna bo temperatura zmesi? ( $c_{\text{voda}} = 4200 \text{ J/kgK}$ ,  $c_{\text{led}} = 2100 \text{ J/kgK}$ ,  $q_t = 336000 \text{ J/kg}$ )
3. Tri kroglice z naboji po  $0,6 \times 10^{-6} \text{ As}$  in maso po  $2 \text{ g}$  so pritrjene v ogliščih enakokraničnega trikotnika s stranico  $2 \text{ cm}$ . S kolikšnim pospeškom in v kateri smeri se bo pričela gibati ena izmed kroglic, ko jo sprostimo?
4. Maso  $7 \text{ g}$  zraka, ki na začetku zavzema prostornino  $10 \text{ l}$  in ima tlak  $2 \text{ bara}$  stisnemo najprej pri konstantnem tlaku na polovično prostornino in ga nato adiabatno stisnemo na prostornino  $2 \text{ l}$ . Koliko dela smo pri tem procesu opravili? Koliko toplote je oddal plin? Kolikšna je sprememba notranje energije? ( $M = 29 \text{ kg}$ ,  $c_v = 720 \text{ J/kgK}$ ,  $\kappa = 1.4$ )

### 1.4 4. kolokvij iz fizike

1. Tri  $60 \text{ W}$  žarnice so vezane v električno napeljavo tako, kot kaže skica. S kolikšno močjo sveti vsaka od njih?  
Nazivna moč žarnice ( $60 \text{ W}$ ) je moč, s katero sveti žarnica, če je (sama) priklopljena na vir napetosti.
2. Magnetna igla se nahaja na sredini  $0,5 \text{ m}$  dolge tuljave s  $300$  ovoji, po kateri teče enosmerni električni tok  $0,01 \text{ A}$  v smeri, ki je označena na skici. Os tuljave leži v smeri vzhod-zahod. V katero smer je zasukana magnetnica, če je vodoravna komponenta gostote zemeljskega magnetnega polja  $2 \cdot 10^{-5} \text{ T}$  in kaže proti severu?
3. Ribji orel kroži nad jezerom in ugleda ribo, ki plava v globini  $30 \text{ cm}$ . Z namenom, da bi jo ujel, se začne spuščati v smeri  $30^\circ$  glede na navpičnico. Kolikšno napako (v vodoravni smeri) naredi pri oceni mesta ribe, če ne upošteva loma svetlobe na površini jezera? Lomni količnik vode je  $1,33$ .

4. Ploščati kondenzator, ki ga sestavljata dve kovinski plošči s površino  $100 \text{ cm}^2$  na medsebojni razdalji  $2 \text{ mm}$ , nabijemo na napetost  $100 \text{ V}$  in odklopimo vir napetosti. Nato kondenzatorju vzporedno vežemo drug kondenzator s pol manjšo površino plošč. Kolikšen je naboj na vsakem od kondenzatorjev? Kolikšna je sprememba energije vsakega od njih?

Enaki vprašanji, če vira napetosti ne odklopimo.

## 1.5 Pisni izpit iz fizike (zimski rok)

1. Vsaj kolikšna mora biti varnostna razdalja tovornjaka, ki vozi v koloni s hitrostjo  $70 \text{ km/h}$ ? Predpostavi, da je reakcijski čas voznika  $1 \text{ sekunda}$ , največji pojemek tovornjaka  $0,6 \text{ m/s}^2$ , največji pojemek avtomobila pred njim pa  $1,0 \text{ m/s}^2$ .
2. Na uklonsko mrežico z  $200$  režami na milimeter posvetimo v pravokotni smeri z modro in rumeno svetilko. Koliko sta razmaknjena uklonska maksimuma prvega reda na  $2 \text{ m}$  oddaljenem zaslonu? Valovna dolžina modre svetlobe je  $450 \text{ nm}$ , rumene pa  $620 \text{ nm}$ .
3. V električni grelec za vodo natočimo  $1 \text{ liter}$  vode iz pipe, ki ima temperaturo  $12^\circ\text{C}$ . Grelec segreje vodo do vrelišča v treh minutah. Kolikšna je njegova moč? Kolikšen je upor grelne plošče, če je notranji upor vtičnice  $0,5 \Omega$ ? Privzameš lahko, da je izkoristek takega grelca  $100\%$ . Efektivna napetost na vtičnici je  $220\text{V}$ . Iz varnostnih razlogov je v grelcu vgrajena  $30 \text{ A}$  varovalka. Specifična toplota vode je  $4200 \text{ J/kgK}$ .
4. Idealni plin segrejemo pri konstantni prostornini. Pri tem se mu tlak poveča na dvakratno vrednost. Nato ga adiabatno razpnemo tako, da se mu tlak zniža na začetno vrednost. Nazadnje ga pri konstantnem tlaku stisnemo na začetno prostornino. Kolikšen je toplotni izkoristek takega stroja? Specifična toplota idealnega plina pri konstantnem volumnu je  $c_v = \frac{3R}{2M}$ , pri konstantnem tlaku pa  $c_p = \frac{5R}{2M}$ .

## 1.6 1. izpit iz fizike

1. Letalo leti s hitostjo  $v = 150 \text{ km/h}$  v vodoravni smeri. V trenutku, ko preleti neko hišo, odvrže bombo, ki pade na tla  $700 \text{ m}$  od hiše. S katere višine je letalo odvrгло bombo? S kolikšno hitrostjo pade bomba na tla?
2. Led pri temperaturi  $T_z = 0^\circ\text{C}$  začnemo segrevati z električnim grelcem moči  $P = 1 \text{ kW}$ . V času desetih minut se led stali in nastala voda se segreje do temperature  $T_k = 5^\circ\text{C}$ . Kolikšna je bila masa ledu na začetku? Specifična talilna toplota ledu je  $q_t = 336 \text{ kJ/kg}$ , specifična toplota vode pa  $c_p = 4200 \text{ J/kgK}$ .
3. Na ploščati kondenzator, ki ima plošči s površino  $S = 5 \text{ cm}^2$  razmaknjeni za  $d = 1 \text{ mm}$ , ter med njima dielektrik z dielektrično konstanto  $\varepsilon = 10$ , priklopimo napetostni izvir z napetostjo  $U = 25 \text{ V}$ . Kondenzator se nabije, nakar izvir odklopimo. Kolikšno

delo opravimo, ko izvlečemo dielektrik? Izračunaj električno polje med ploščama kondenzatorja na začetku in na koncu.

4. Uklonska mrežica je zgrajena iz vzporednih rež, ki so razmaknjene za  $a = 2 \mu\text{m}$ . Mrežico v pravokotni smeri osvetljujemo z svetlobo valovne dolžine  $\lambda = 650 \text{ nm}$ . V katerih smereh opazimo uklonske maksimume? Koliko maksimumov dobimo?

## 1.7 2. izpit iz fizike

1. Na vodoravno podlago s spremenljivim naklonom položimo leseno klado z maso  $1,0 \text{ kg}$ . Koeficient lepenja med klado in podlago je  $0,3$ ; koeficient trenja pa  $0,2$ . Nato začnemo počasi povečevati naklon podlage. Pri katerem kotu (med smerjo podlage in vodoravnico) klada zdrsne? S kakšnim pospeškom se tedaj začne gibati? Kolikšna je njena kinetična energija, ko prepotuje razdaljo  $40 \text{ cm}$ ?
2. Gostoto neznane snovi izmerimo tako, da jo najprej obesimo na prožnostno vzmet in pri tem ugotovimo, da se je vzmet raztegnila za  $5,0 \text{ cm}$ . Nato to snov v celoti potopimo v vodo in odčitamo raztezek vzmeti  $3,2 \text{ cm}$ . Kolišna je gostota neznane snovi?  
Gostota vode je  $1000 \text{ kg/m}^3$ , gostoto zraka lahko zanemariš.
3. Električno napravo z notranjim uporom  $10 \Omega$  in nazivno napetostjo  $4,0 \text{ V}$  želimo priključiti na napetost  $12 \text{ V}$ . Kolikšen predupor moramo vezati v skupni električni krog? Kolikšen električni tok bo tekel skozi napravo in kolikšna bo njena moč?
4. Idealni plin segrejemo pri konstantni prostornini. Pri tem se mu tlak poveča na trikratno vrednost. Nato ga izotermno razpenjamo, dokler ni njegov tlak enak začetnemu. Nazadnje ga pri konstantnem tlaku stisnemo na začetno prostornino. Kolikšen je toplotni izkoristek takega stroja? Specifična toplota idealnega plina pri konstantnem volumnu je  $c_v = \frac{3R}{2M}$ , pri konstantnem tlaku pa  $c_p = \frac{5R}{2M}$ .

## 2 Rešitve kolokvijev in izpitov iz fizike na NTF, šolsko leto 2004/05

### 2.1 Rešitve 1. kolokvija

1. Razdalja med vlakoma je enaka razliki prepotovanih poti obeh vlakov. Za vsakega od njiju velja enačba  $s = at^2/2$  za  $t < t' = v/a$  (dokler pospešujeta) in  $s = at'^2/2 + v(t - t')$  za gibanje z enakomerno hitrostjo, če čas šteje od začetka gibanja posameznega vlaka.

$$t'_1 = 74 \text{ s in } t'_2 = 83 \text{ s.}$$

Po 4 minutah torej prvi vlak prepotuje  $4510 \text{ m}$ , drugi še miruje na postaji, torej je razdalja med njima  $\Delta s(4 \text{ min}) = 4510 \text{ m}$ .

Po 6 minutah prvi vlak prepotuje 7180m, drugi se še pospešeno giblje, zato uporabimo prvo formulo in ugotovimo, da je  $\Delta s(6min) = 7180m - 360m = 6820m$ .

Po 10-ih minutah je razdalja med njima  $\Delta s(6min) = 12510m - 4310m = 8200m$ .

2. Rezultanta vseh zunanjih sil na sistem dveh klad je enaka

$F = m_1 g \sin \alpha - k_{t1} m_1 g \cos \alpha + m_2 g \sin \alpha - k_{t2} m_2 g \cos \alpha = (m_1 + m_2) a$ . Pospešek sistema je torej enak

$$a = g \sin \alpha - g \cos \alpha \left( \frac{k_{t1} m_1 + k_{t2} m_2}{m_1 + m_2} \right) = 2.35 m/s^2$$

3.  $A = \Delta W_{pr} = kx^2/2 = 0,25J$ .

$\Delta W_{pr} + \Delta W_p + \Delta W_k = 0$ ,  $kx^2/2 + mgh = mv^2/2$ , sledi  $v = 6.3 m/s$ .

4. Vrvica v najvišji točki kroženja bo napeta, dokler bo centripetalna sila večja od sile teže. Mejno hitrost dobimo, ko sta ravno enaki:  $mv^2/R = mg$ , sledi  $v = \sqrt{gR} = 3,1 m/s$ .

V drugem delu naloge moramo najprej izračunati hitrost kamna v najnižji točki iz ohranitve kinetične in potencialne energije in nato zapisati enačbo za vsoto vseh sil na kamen, iz katere izračunamo tudi silo vrvice.

$$v_1 = \sqrt{v^2 + 2gh} = \sqrt{v^2 + 2g(2R)} = \sqrt{5gR} = 7.0 m/s.$$

$F_v - F_g = F_c$ , sledi  $F_v = F_g + F_c = mg + mv^2/R = 6mgR = 5,9 N$ .

## 2.2 Rešitve 2. kolokvija

1. Gibalna količina se ohranja, ker izstrelek razpade zaradi notranjih sil.

$$\vec{G}_z = \vec{G}_k.$$

Če si izberemo kartezični koordinatni sistem in orientiramo os  $x$  v smeri začetne hitrosti ter os  $y$  pravokotno na začetno hitrost, lahko zapišemo ohranitev gibalne količine za  $x$  in  $y$  komponenti:

$$x : \quad mv_0 = \frac{m}{2} v_1 \cos \alpha + \frac{m}{2} v_2 \cos \beta,$$

$$y : \quad 0 = \frac{m}{2} v_1 \sin \alpha - \frac{m}{2} v_2 \sin \beta,$$

kjer sta  $v_1$  in  $v_2$  hitrosti posameznih kosov potem ko izstrelek razpade. Enačbi rešimo za  $v_1$  in  $v_2$  ter dobimo:

$$v_1 = \frac{2v_0}{\cos \alpha + \sin \alpha \operatorname{ctg} \beta} = 274 \frac{m}{s},$$

$$v_2 = \frac{2v_0}{\cos \beta + \sin \beta \operatorname{ctg} \alpha} = 213 \frac{m}{s}.$$

2. V začetnem stanju imamo le potencialno energijo uteži

$$W_p = m_u gl,$$

ko pa se nitka odvijje, se ta energija pretvori v kinetično energijo uteži

$$W_k = \frac{1}{2} m_u v^2,$$

ter rotacijsko energijo valja

$$W_r = \frac{1}{2} J \omega^2.$$

Če upoštevamo enačbo za vztrajnostni moment valja  $J = \frac{1}{2} m_v r^2$  ter povezavo med kotno in obodno hitrostijo (ki je enaka hitrosti uteži)  $v = \omega r$ , lahko rotacijsko energijo zapišemo kot

$$W_r = \frac{1}{4} m_v v^2.$$

Ker se energija ohranja, velja:

$$W_p = W_k + W_r,$$

$$m_u gl = \frac{1}{2} m_u v^2 + \frac{1}{4} m_v v^2.$$

Ko iz enačbe izračunamo hitrost, dobimo:

$$v = \sqrt{\frac{m_u gl}{m_u/2 + m_v/4}} = 6.6 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

3. Kotno frekvenco matematičnega nihala izračunamo po enačbi

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{l}}.$$

Ker je  $\omega = 2\pi/t_0$ , dobimo dolžino vrvice

$$l = \frac{gt_0^2}{4\pi^2} = 0.25 \text{ m}.$$

Ko se dvignemo nad zemeljsko površino, se gravitacijski pospešek izračuna po enačbi

$$g(r) = g_0 \frac{r_0^2}{r^2},$$

kjer je  $g_0$  težnostni pospešek na površini Zemlje,  $r_0$  polmer Zemlje ter  $r$  oddaljenost od središča Zemlje, v našem primeru 6420 km. Če s tem pospeškom izračunamo nihajni čas, vidimo, da je za 0.3% večji kot na zemeljski površini.

$$\frac{dt_0}{t_0} = \frac{dr}{r} = \frac{20 \text{ km}}{6400 \text{ km}} = 0.3\%.$$

4. Plovec in utež mirujeta, zato je vsota vseh zunanjih sil na sistem enaka nič.

$$F_{gu} = F_{vu} + F_{vp}.$$

Navzdol deluje sila teže uteži

$$F_{gu} = mg,$$

navzgor pa delujeta sila vzgona uteži

$$F_{vu} = \frac{m}{\rho} \rho_v g$$

in sila vzgona plovca

$$F_{vp} = S(h - x) \rho_v g,$$

kjer je  $\rho_v$  gostota vode. Iz enačbe ravnovesja sil

$$mg = \frac{m}{\rho} \rho_v g + S(h - x) \rho_v g$$

izračunamo  $x$  ter dobimo

$$x = \frac{m}{S} \left( \frac{1}{\rho} - \frac{1}{\rho_v} \right) + h = 3.6 \text{ mm}.$$

## 2.3 Rešitve 3. kolokvija

1. Po palici teče toplotni tok

$$P = \lambda S \frac{\Delta T}{l},$$

kjer je  $S$  presek,  $l$  dolžina palice in  $\Delta T$  temperaturna razlika med koncema palice. Pri moči gretja  $P_1 = 30 \text{ W}$  je tako temperaturna razlika

$$\Delta T_1 = \frac{P_1 l}{\lambda S} = 28.7 \text{ K},$$

iz česar sledi temperatura palice pri grelcu

$$T_1 = T_0 + \Delta T_1 = 43.7^\circ \text{C}.$$

Pri moči gretja  $P_1 = 60 \text{ W}$  je temperaturna razlika med koncema palice dvakrat večja, torej se palica dodatno segreje za

$$\Delta T = \Delta T_2 - \Delta T_1 = 2\Delta T_1 - \Delta T_1 = \Delta T_1 = 28.7 \text{ K}.$$

2. Če bi vso tekočo vodo ohladili na  $0^\circ \text{C}$  bi morali odvesti toploto

$$Q_v = m_{voda} c_{voda} \Delta T_1 = 1260 \text{ kJ},$$

kjer je  $\Delta T_1 = 100 \text{ K}$ . Za segrevanje ledu do tališča potrebujemo toploto

$$Q_l = m_{led} c_{led} \Delta T_2 = 42 \text{ kJ},$$



kjer je  $\Delta T_2 = 10 \text{ K}$ . za taljenje ledu pa

$$Q_t = m_{led}q_t = 672 \text{ kJ}.$$

Ker za segrevanje ledu in njegovo taljenje potrebujemo manj toplote, kot jo lahko odda ohlajanje vode, bo končno stanje tekoča voda pri temperaturi  $T_k$ . Energijska bilanca nam da enačbo

$$m_{voda}c_{voda}(T_v - T_k) = m_{led}c_{led}(T_0 - T_l) + m_{led}q_t + m_{led}c_{voda}(T_k - T_0),$$

kjer je  $T_v$  temperatura vrelišča,  $T_0$  temperatura ledišča in  $T_l$  temperatura ledu. Končna temperatura je torej

$$T_k = \frac{1}{c_{voda}(m_{voda} + m_{led})} [m_{voda}c_{voda}T_v + m_{led}c_{voda}T_0 - m_{led}q_t - m_{led}c_{led}(T_0 - T_l)]$$

$$T_k = 299 \text{ K} = 26^\circ \text{C}.$$

3. Električno polje dveh kroglic na mestu tretje kroglice je enako

$$E = \frac{2e}{4\pi\epsilon_0 l^2} \cos \alpha$$

kjer je  $e$  naboj posamezne kroglice,  $l$  razdalja med dvema kroglicama in  $\alpha = 30^\circ$ . Smer polja je vzporedna s simetralo med kroglicama, ki povzročata polje. Sila na tretjo kroglico v takem polju je odbojna in enaka

$$F = Ee = ma,$$

kjer je  $m$  masa posamezne kroglice in  $a$  njen pospešek, ko kroglico sprostimo, ki je enak

$$a = \frac{2e^2 \cos \alpha}{4\pi\epsilon_0 l^2 m} = 6969 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$$

4. V začetnem stanju ima zrak tlak  $p_1$ , prostornino  $V_1$  in temperaturo

$$T_1 = \frac{p_1 V_1 M}{mR} = 998 \text{ K}.$$

Ker zrak izobarno stisnemo ima v vmesnem stanju tlak  $p_1$ , prostornino  $V_1/2$  in temperaturo

$$T_2 = \frac{V_2}{V_1} T_1 = \frac{T_1}{2} = 499 \text{ K}.$$

Po adiabatnem stiskanu ima prostornino  $V_3$ , tlak

$$p_3 = \left(\frac{V_2}{V_3}\right)^\kappa p_2 = 7.2 \text{ bar}$$

in temperaturo

$$T_3 = \left(\frac{V_2}{V_3}\right)^{\kappa-1} T_2 = 720 \text{ K}.$$

Sedaj lahko izračunamo spremembo notranje energije, delo in toploto za posamezno spremembo. Pri prvi spremembi je to velja

$$\Delta W_{n1} = A_1 + Q_1$$

$$A_1 = -p_1(V_2 - V_1) = \frac{p_1 V_1}{2} = 1000 \text{ J},$$

$$Q_1 = mc_p(T_2 - T_1) = m\kappa c_v(T_2 - T_1) = -m\kappa c_v \frac{T_1}{2} = -3500 \text{ J},$$

$$\Delta W_{n1} = mc_v(T_2 - T_1) = -mc_v \frac{T_1}{2} = -2515 \text{ J}.$$

Pri drugi spremembi pa velja

$$\Delta W_{n2} = A_2 = mc_v(T_3 - T_2) = 1114 \text{ J}.$$

Plin je torej oddal toploto

$$Q = -3500 \text{ J},$$

opravili smo delo

$$A = 2114 \text{ J},$$

sprememba njegove notranje energije pa je bila

$$\Delta W_n = -1401 \text{ J}.$$

## 2.4 Rešitve 4. kolokvija

1. Če bi bila le ena od žarnic vezana v napeljavo, bi svetila z nazivno močjo

$$P_0 = UI = \frac{U^2}{R} = 60 \text{ W},$$

kjer je  $R$  upor žarnice in  $U$  napetost v vezju.

Pri vezavi treh žarnic je skupni upor dveh vzporedno vezanih enak

$$\frac{1}{R_2} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R},$$

sledi  $R_2 = R/2$ . Tretja žarnica je vezana zaporedno, torej je skupni upor vseh treh enak

$$R_3 = R + R_2 = 3R/2.$$

Moč, s katero sveti vsaka od treh žarnic je različna od  $P_0$ , ker je napetost na vsaki od njih različna od  $U$ :

$$P_i = U_i I_i = \frac{U_i^2}{R} = I_i^2 R$$

Tok skozi vezje je enak

$$I = \frac{U}{R_3} = \frac{2U}{3R}$$

Tok skozi tretjo, zaporedno vezano žarnico je enak  $I_3 = I$ , tok skozi vsako od dveh vzporedno vezanih žarnic pa je  $I_1 = I_2 = I/2$ , ker so upori enaki. Sledi

$$P_3 = I_3^2 R = \frac{4U^2}{9R} = \frac{4}{9}P_0 = 26,7 \text{ W}$$

$$P_1 = P_2 = I_2^2 R = \frac{1U^2}{9R} = \frac{1}{9}P_0 = 6,7 \text{ W}.$$

2. Magnetno polje tuljave je

$$B_t = \frac{\mu_0 NI}{l} = 0,754 \cdot 10^{-5} \text{ T}$$

in kaže v smeri proti zahodu. Magnetna igla se bo postavila v smer vsote magnetnega polja zemlje in tuljave, kot med severom in smerjo magnetne igle je

$$\tan \varphi = \frac{B_t}{B_z} = \frac{0,754 \cdot 10^{-5} \text{ T}}{2 \cdot 10^{-5} \text{ T}} = 0,377 ;$$

sledi  $\varphi = 20,7^\circ$ . Magnetna igla je obrnjena v smeri S-SZ.

3. Svetlobni žarek, ki potuje od ribe do orljega očesa, se na meji voda-zrak lomi po lomnem zakonu:

$$\sin \beta = \sin \alpha / n ,$$

kjer je  $\alpha = 30^\circ$  kot, pod katerim se orel spušča in  $\beta = 22^\circ$  smer žarka glede na navpičnico v vodi. Napaka, ki jo naredi orel, je horizontalna razdalja med mestom, kjer je riba, in mestom, skozi katerega bi potoval žarek, če se na vodni gladini ne bi lomil.

$$x = d_1 - d_2 = h(\tan \alpha - \tan \beta) = 5,1 \text{ cm}$$

4. Kapaciteta ploščatega kondenzatorja je

$$C_1 = \frac{\epsilon_0 S}{d} = 44,3 \text{ pF}.$$

Drugi kondenzator ima pol manjšo površino, torej je  $C_2 = C_1/2$ . Naboj, ki se nabere na prvem kondenzatorju, ko je ta priklopljen na napetost 100 V, je  $e = C_1 U = 4,43 \cdot 10^{-9} \text{ As}$ . Ko vir napetosti odklopimo in k prvemu kondenzatorju vežemo drugega, se ta naboj razdeli na oba, pri čemer upoštevamo, da je napetost na obeh kondenzatorjih enaka.  $U_1 = U_2$ , sledi  $e_1/C_1 = e_2/C_2 = e_2/(C_1/2)$  in  $e_1 = 2e_2$ . Ker se skupni naboj ohranja je  $e_1 + e_2 = e$ ,  $e_1 = 2e/3 = 2,95 \cdot 10^{-9} \text{ As}$  in  $e_2 = e/3 = 1,48 \cdot 10^{-9} \text{ As}$ .

Začetna električna energija prvega kondenzatorja je

$$W_e = \frac{1}{2} C_1 U^2 = \frac{e^2}{2C_1} = 2,2 \cdot 10^{-7} \text{ J},$$

sledi

$$\Delta W_1 = \frac{e_1^2}{2C_1} - \frac{e^2}{2C_1} = \frac{e^2}{2C_1} \left( \left( \frac{2}{3} \right)^2 - 1 \right) = -\frac{5}{9} W_e = -1,23 \cdot 10^{-7} \text{ J} \quad \text{in}$$
$$\Delta W_2 = \frac{e_2^2}{2C_2} - 0 = \frac{2}{9} W_e = 0,49 \cdot 10^{-7} \text{ J}.$$

Sprememba energije prvega kondenzatorja je negativna, ker je njegova končna energija manjša od začetne.

V drugem delu naloge, kjer vira napetosti ne odklopimo, je napetost na vsakem od kondenzatorjev enaka  $U$ . Napetost na prvem je torej enaka, kot je bila preden smo zraven vezali drugi kondenzator, zato ostaneta naboj in njegova energija nespremenjeni:  $e'_1 = e = 4,43 \cdot 10^{-9} \text{ As}$  in  $\Delta W'_1 = 0$ . Na drugem kondenzatorju se nabere naboj  $e'_2 = C_2 U = e/2 = 2,2 \cdot 10^{-9} \text{ As}$ , sprememba njegove električne energije pa je  $\Delta W'_2 = C_2 U^2/2 - 0 = 1,1 \cdot 10^{-7} \text{ J}$ .

## 2.5 Rešitve pisnega izpita iz fizike (zimski rok)

1. Od trenutka, ko bo voznik tovornjaka zagledal rdeče zavorne luči na vozilu pred njim, pa do tedaj, ko bo ustavil tovornjak, bo najprej prevozil razdaljo  $v\Delta t = 19,4 \text{ m}$  ( $\Delta t$  je reakcijski čas voznika) z enakomerno hitrostjo, nato pa bo začel zavirati. Pot med zaviranjem izračunamo iz enačbe za enakomerno pospešeno gibanje,  $s = v^2/(2a_1) = 315 \text{ m}$ . Celotna pot tovornjaka je torej  $s_1 = 334 \text{ m}$ .

Medtem se je avto prav tako ustavljal s pospeškom  $a_2$ . Pot, ki jo je pri tem prevozil je  $s_2 = v^2/(2a_2) = 189 \text{ m}$ .

Zavorna razdalja mora biti enaka vsaj toliko, kolikor daljšo pot potrebuje tovornjak zato, da se ustavi:  $\Delta s = s_1 - s_2 = 145 \text{ m}$ .

2. Pri uklonu svetlobe na uklonski mrežici izmerimo prvi maksimum pri kotu

$$\sin \varphi = \frac{\lambda}{d},$$

kjer je  $d$  razdalja med dvema režama uklonske mrežice:  $d = 1 \text{ mm}/200 = 5 \mu\text{m}$ . Mesto maksimuma na zaslonu pa je pri  $x = l \tan(\varphi)$ , kjer je  $l$  oddaljenost zaslona. Pri danih podatkih je  $x_1 = 18,1 \text{ cm}$  za modro in  $x_2 = 25,0$  za rdečo svetlobo. Maksimuma sta med sabo razmaknjena za  $\Delta x = x_2 - x_1 = 6,9 \text{ cm}$ .

3. Zato, da segrejemo 1l vode do vrelišča, moramo vodi dovesti

$$Q = mc_p \Delta T = 1 \text{ kg} \cdot 4200 \text{ J/kgK} \cdot 88 \text{ K} = 370 \text{ kJ}$$

toplote. Moč grelca je torej

$$P = \frac{Q}{t} = \frac{370 \text{ kJ}}{180 \text{ s}} = 2,05 \text{ kW}$$

$P$  mora biti enaka električni moči, ki se troši na grelcu,  $P = UI = I^2R$ , kjer je  $I = U/(R + R_n)$  tok, ki teče skozi grelec in  $R_n$  notranji upor vtičnice, ki je vezan zaporedno s priključenim grelcem. Dobimo kvadratno enačbo

$$R^2 + (2R_n - U^2/P)R + R_n^2 = 0,$$

ki ima rešitvi  $R_1 = 22,6\Omega$  in  $R_2 = 0,011\Omega$ . Tok, ki teče skozi grelec, je enak  $I = U/(R + R_n)$  in v drugem primeru presega dovoljeno vrednost 30 A, zato je rešitev naloge  $R = 22,6\Omega$

4. Za plin v vsakem trenutku velja plinska enačba:

$$pV = \frac{mRT}{M}$$

Pri adiabatni spremembi velja tudi  $pV^\kappa = \text{konst}$ , kjer je  $\kappa = c_p/c_v = 5/3$ .

Naj ima na začetku plin temperaturo  $T_1$ , volumen  $V_1$  in tlak  $p_1$ . Nato ga pri konstantni prostornini segrejemo na dvakratno temperaturo, torej je  $T_2 = 2T_1$  in  $V_2 = V_1$ . Iz plinske enačbe  $p_1V_1/T_1 = p_2V_2/T_2$  sledi  $p_2 = 2p_1$ . Pri adiabatnem segrevanju uporabimo enačbo  $p_2V_2^\kappa = p_3V_3^\kappa$ . Ker je  $p_3 = p_1$  sledi  $V_3 = 2^{1/\kappa}V_2$  in nato iz plinske enačbe  $T_3 = 2^{1/\kappa-1}T_2$ .

Pri adiabatnem razpenjanju plin opravi delo, ki je po velikosti enako spremembi notranje energije

$$A_1 = mc_v(T_3 - T_2) = m\frac{3R}{2M}(2^{1/\kappa-1} - 1)2T_1 = \frac{mRT_1}{M}3(2^{1/\kappa-1} - 1)$$

Pri izobarnem stiskanju moramo opraviti delo

$$A_2 = -p\Delta V = p_1(V_3 - V_1) = p_1(2^{1/\kappa} - 1)V_1 = \frac{mRT_1}{M}(2^{1/\kappa} - 1)$$

V zadnjem koraku smo spet uporabili plinsko enačbo.

Pri prvi spremembi plinu dovedemo toploto

$$Q = mc_v(T_2 - T_1) = mc_vT_1 = m\frac{3R}{2M}T_1 = \frac{mRT_1}{M}\frac{3}{2}$$

Izkoristek je definiran kot

$$\begin{aligned}\eta &= \frac{|A_1| - A_2}{Q} = \frac{3(1 - 2^{1/\kappa-1}) - (2^{1/\kappa} - 1)}{3/2} \\ &= \frac{8 - 5 \cdot 2^{1/\kappa}}{3} = 0,14\end{aligned}$$

Faktor  $\frac{mRT_1}{M}$  je enak v vseh treh členih in se pokrajša.

## 2.6 Rešitve 1. izpita iz fizike

1. Bomba v času, ko preleti razdaljo v vodoravni smeri

$$l = vt,$$

pade na tla z višine

$$h = \frac{gt^2}{2}.$$

Če iz teh dveh enačb izrazimo višino, dobimo

$$h = \frac{g l^2}{2 v^2} = 1383 \text{ m}.$$

Z upoštevanjem energijskega zakona

$$\frac{mv_k^2}{2} = mgh + \frac{mv^2}{2}$$

dobimo končno hitrost

$$v_k = \sqrt{2gh + v^2} = 170 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

2. Delo električnega grelca se porabi za taljenje ledu in segrevanje vode

$$Pt = mq_t + mc_p \Delta T,$$

kjer je  $\Delta T = 5 \text{ K}$  in  $m$  masa ledu. Od tod izračunamo maso ledu

$$m = \frac{Pt}{q_t + c_p \Delta T} = 1.68 \text{ kg}.$$

3. Naboj na kondenzatorju se ohranja

$$e = C_1 U_1 = C_2 U_2.$$

Delo je enako spremembi električne potencialne energije

$$A = \frac{C_2 U_2^2}{2} - \frac{C_1 U_1^2}{2}.$$

Z upoštevanjem enačbe za kapaciteto kondenzatorja tako dobimo

$$A = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 S U_1^2}{2d} (\varepsilon - 1) = 1.3 \times 10^{-7} \text{ J}.$$

Električno polje na začetku je

$$E_1 = \frac{U_1}{d} = 25 \times 10^3 \frac{\text{V}}{\text{m}},$$

na koncu pa

$$E_2 = \frac{U_2}{d} = \frac{U_1}{\varepsilon d} = 2.5 \times 10^3 \frac{\text{V}}{\text{m}}.$$

4. Uklonski maksimumi se bodo pojavili pri kotih

$$\sin \beta = \frac{N\lambda}{a};$$

$\beta_0 = 0^\circ$ ,  $\beta_{\pm 1} = \pm 19^\circ$ ,  $\beta_{\pm 2} = \pm 41^\circ$ ,  $\beta_{\pm 3} = \pm 77^\circ$ . Vseh maksimumov je torej 7.

## 2.7 Rešitve 2. izpita iz fizike

1. Lesena klada zdrsne, ko je dinamična komponenta sile teže  $mg \sin \alpha$  večja od maksimalne sile lepenja  $k_l mg \cos \alpha$ . V mejnem primeru sta sili enaki, sledi

$$\begin{aligned} mg \sin \alpha &= k_l mg \cos \alpha \\ \alpha &= \text{atan } k_l = 16,7^\circ. \end{aligned}$$

Ko se klada začne gibati, deluje v smeri gibanja dinamična komponenta sile teže in v naprotni smeri sila trenja. Njuna rezultanta pospešuje gibanje klade s pospeškom

$$\begin{aligned} a &= \frac{F_d - F_{tr}}{m} = \frac{mg \sin \alpha - k_{tr} mg \cos \alpha}{m} = \\ &= g (\sin \alpha - k_{tr} \cos \alpha) = 0,94 \text{ m/s}^2. \end{aligned}$$

Kinetična energija klade je enaka delu, ki ga opravi rezultanta sil (lahko pa se jo izračuna tudi iz hitrosti klade  $v = \sqrt{2as}$ ):

$$W_k = A = Fs = mas = 0,38 \text{ J}.$$

2. Ko snov neznane gostote obesimo na prožnostno vzmet, nanjo delujeta nasprotno enaki sila teže in sila vzmeti,  $mg = kx_1$ . Ko snov potopimo v vodo, deluje nanjo tudi sila vzgona (v nasprotni smeri, kot sila teže):  $mg = kx_2 + F_{vzg}$ . Upoštevamo, da je  $F_{vzg} = \rho_o Vg$  in  $\rho = m/V$ .

$$\begin{aligned} \rho Vg &= kx_1 \\ \rho Vg &= kx_2 + \rho_o Vg \\ \rho &= \frac{\rho_o}{1 - x_2/x_1} = 2780 \text{ kg/m}^3. \end{aligned}$$

3. Napetost na napravi  $U_n$  je enaka

$$U_n = IR = \frac{U}{R_s} R = 4V,$$

kjer je  $R_s$  skupni upor vezja,  $I$  tok skozi vezje in  $U = 12V$ . Sledi  $R_s = 30\Omega$ , torej moramo v vezje vezati predupor velikosti  $R_s - R = 20\Omega$ . Tok, ki teče skozi vezje, je  $I = U/R_s = U_n/R = 0,4 \text{ A}$ , moč, ki se troši na napravi pa je  $P = I^2 R = 1,6 \text{ W}$ .

4. Za plin v vsakem trenutku velja plinska enačba:

$$pV = \frac{mRT}{M}.$$

Naj ima na začetku plin temperaturo  $T_1$ , volumen  $V_1$  in tlak  $p_1$ . Nato ga pri konstantni prostornini segrejemo tako, da se mu tlak poveča na trikratno vrednost, torej je  $p_2 = 3p_1$  in  $V_2 = V_1$ . Iz plinske enačbe  $p_1V_1/T_1 = p_2V_2/T_2$  sledi  $T_2 = 3T_1$ . Pri izotermnem razpenjanju ostane temperatura konstantna, torej je  $T_3 = T_2 = 3T_1$ . Iz podatkov in plinske enačbe sledi  $p_3 = p_1$  in  $V_3 = 3V_1$ .

Pri prvi spremembi plinu dovedemo toploto

$$Q = mc_v(T_2 - T_1) = mc_v 2T_1 = m \frac{3R}{2M} 2T_1 = 3p_1V_1$$

Pri izotermnem razpenjanju plin opravi delo, ki je po velikosti enako dovedeni toploti pri tej spremembi

$$A_1 = -p_2V_2 \ln(V_3/V_2) = -3p_1V_1 \ln 3$$

Pri izobarnem stiskanju moramo opraviti delo

$$A_2 = -p\Delta V = p_1(V_3 - V_1) = 2p_1V_1$$

Izkoristek je definiran kot

$$\eta = \frac{|A_1| - A_2}{Q_{do}} = \frac{3 \ln 3 - 2}{3(\ln 3 + 1)} = 0,21$$

Do enakega rezultata pridemo, če namesto dela izračunamo dovedeno oz. odvedeno toploto pri vseh treh spremembah in uporabimo energijski zakon:  $|A| = Q_{do} - Q_{od}$ .