# FIZIKA 1 (2011/12)

**Predavanja**

prof. dr. Anton Ramšak
e-mail: anton.ramsak@fmf.uni-lj.si
soba: 426, Jadranska 19

torek: od $10^{15}$ do $13^{h}$ (**VFP**)

**Tekoča snov na predavanjih in obvestila profesorja**
www-f1.ijs.si/∼ramsak/tekocaf.html (www-f1.ijs.si/∼ramsak/teaching.html)

**Vaje**

**1. skupina**

dr. Gregor Skačej
e-mail: gregor.skacej@fmf.uni-lj.si
soba: 412, Jadranska 19

tel.: (01) 4766-627
ponedeljek: od $7^{15}$ do $10^{h}$ (**2.01**)

**2. skupina**

dr. Tomaž Rejec
e-mail: tomaz.rejec@ijs.si
soba: C245, Institut Jožef Stefan

tel.: (01) 4773-506
ponedeljek: od $7^{15}$ do $10^{h}$ (**2.05**)

**Tekoča snov na vajah in obvestila**
www.fiz.uni-lj.si/lcgroup/sola/mat.html

**Kolokviji**

– 2 kolokvija na semester
– na kolokviju 4 računske naloge, vredne po 1 točko; za 100% štejejo 3 točke

**Literatura**

– J. Strnad: Fizika I in Fizika II (DMFA Ljubljana)
– M. Gros, M. Hribar, A. Kodre in J. Strnad: Naloge iz fizike (DMFA Ljubljana)
– B. Majaron, M. Mikuž in A. Ramšak: Kolokvijske naloge iz Fizike I (DMFA Ljubljana)
– vaje iz fizike v preteklih letih (povezava z osnovne strani)
– stare kolokvijske in izpitne naloge (povezava z osnovne strani)

# FIZIKA 1

1. Jadrnica je odplula 30 km iz pristanišča v smeri proti jugozahodu. Nato je zašla v nevihto, med katero jo je veter zanesel 15 km proti severu. Za koliko km je bila oddaljena od pristanišča ob koncu nevihte? V kateri smeri mora pluti, da se bo vrnila v pristanišče?
   [$d = 22.1$ km, azimut $253.7°$.]

2. Kanuist želi prečkati reko, ki teče s hitrostjo 2.2 m/s. Vesla s hitrostjo 5 m/s glede na vodo pod kotom $70°$ proti rečnemu toku. S kolikšno hitrostjo in v kateri smeri glede na breg se giblje kanu? S kolikšno hitrostjo bi moral veslati kanuist v isti smeri glede na vodo, da bi se gibal pravokotno glede na breg?
   [$v = 4.7$ m/s, $6°$ glede na pravokotnico na breg; $v' = 6.4$ m/s.]

3. Letalo se enakomerno dviga od vzhoda proti zahodu, pri čemer preleti radar. Radar letalo prvič zazna pod kotom $45°$ stopinj glede na obzorje, ko je to 800 m nad tlemi. Nato mu sledi nadaljnjih $105°$ proti zahodu. Ob zadnjem prejetem signalu je letalo 1200 m nad tlemi. Kolikšno razdaljo je preletelo v času, ko so ga spremljali na radarskem zaslonu, če medtem ni spreminjalo smeri?
   [$s = 2900$ m.]

4. Hokejista udarita vsak svoj plošček v nasprotnih ogliščih hokejskega ogrišča. Hitrost prvega je 10 m/s, drugega pa 15 m/s. Ko ploščka trčita, je skalarni produkt njunih hitrosti $-115$ m$^2$/s$^2$. Pod kolikšnim kotom sta trčila?
   [$\alpha = 140°$.]

5. Elektron z električnim nabojem $e_0 = -1.6\times10^{-19}$ As in maso $m = 9.1\times10^{-31}$ kg prileti s hitrostjo $v = 3 \times 10^7$ m/s v homogeno magnetno polje z gostoto $B = 2$ T. Vstopna smer elektrona oklepa s smerjo magnetnega polja kot $20°$. Gibanje elektrona opisuje enačba $m\mathbf{a} = e_0\mathbf{v} \times \mathbf{B}$. Kolikšna je velikost pospeška elektrona $\mathbf{a}$ ob vstopu v magnetno polje? Pri katerem vstopnem kotu bi bil pospešek največji in kolikšna bi bila takrat njegova vrednost?
   [$|\mathbf{a}| = 3.6 \times 10^{18}$ m/s$^2$; $\alpha = 90°$,$|\mathbf{a}|_{max} = 1.05 \times 10^{19}$ m/s$^2$.]

6. Hitrost jadrnice, ki je odplula iz pristana ob času $t = 0$, se je med plovbo spreminjala po obrazcu $v(t) = v_0 - bt^2 + ct^3$, pri čemer je $v_0 = 2$ m/s, $b = 6.5 \times 10^{-4}$ m/s$^3$ in $c = 9 \times 10^{-6}$ m/s$^4$. Narišite graf hitrosti v odvisnosti od časa! Kolikšna je bila hitrost jadrnice 100 s po začetku gibanja? Kolikšen je bil takrat njen pospešek? Kolikšno pot je preplula v prvih 100 s plovbe?
   [$v = 4.5$ m/s, $a = 0.14$ m/s$^2$, $s = 208.3$ m.]

7. Hitrost avtomobila pri vožnji po ravni cesti se spreminja po obrazcu $v(t) = a_0 t \exp(-t/t_0)$, kjer je $a_0 = 5$ m/s$^2$ in $t_0 = 6$ s. Skicirajte hitrost avtomobila v odvisnosti od časa! Po kolikšnem času od začetka vožnje je hitrost največja? Kolikšna je?
   [$t = 6$ s, $v_{\max} = 11$ m/s.]

# FIZIKA **2**

1. Avtomobila peljeta vštric s hitrostjo 60 km/h. Nato se prvi avtomobil s pojemkom 4 m/s$^2$ ustavi, stoji 10 s in nato spelje s pospeškom 3 m/s$^2$, drugi avto pa medtem nemoteno nadaljuje vožnjo. Kolikšna je razdalja med avtomobiloma, ko spet vozita s hitrostjo 60 km/h?
   [$\Delta s = 248$ m.]
2. Hitrost lokomotive je dana z enačbo $v = k\sqrt{t}$, kjer je $k = 5$ m/s$^{3/2}$. Kolikšen je pospešek po 30 s in kolikšno pot opravi lokomotiva v tem času? Pojasnite, kako je s pospeškom ob času $t = 0$!
   [$a = 0.46$ m/s$^2$, $s = 548$ m, $a(0) = \infty$.]
3. Čolnu, ki se giblje s hitrostjo 4 m/s, se ustavi motor. Kolikšno pot napravi v naslednjih 10 s, če velja za pospešek enačba $a = -kv^2$ s koeficientom $k = 0.65$ m$^{-1}$? Kolikšna je hitrost čolna po 10 s? Kje in kdaj se ustavi?
   [$s = 5.1$ m, $v = 0.15$ m/s, nikoli.]
4. Kamen vržemo navpično navzgor z začetno hitrostjo 10 m/s. S kolikšne višine moramo istočasno spustiti drug kamen, da se srečata na polovični višini? Koliko časa preteče med trenutkoma, ko padeta kamna na tla?
   [$h = 10.2$ m, $\Delta t = 0.6$ s.]
5. Natančno merijo težni pospešek ($g$) takole: kroglico izstrelijo navpično navzgor in merijo čas, ki preteče med njenima prehodoma mimo dveh izbranih točk pri gibanju navzgor in navzdol. Pokažite, da velja $g = 8s/(T_1^2 - T_2^2)$, kjer je $s$ višinska razlika med točkama, $T_1$ čas med prehodoma mimo spodnje točke, $T_2$ pa čas med prehodoma mimo zgornje. — Izračunajte časa $T_1$ in $T_2$ za začetno hitrost kroglice v spodnji točki 5 m/s in $s = 1$ m!
   [$T_1 = 1.0$ s, $T_2 = 0.47$ s.]
6. Avtomobila se zaletita v križišču cest, ki se sekata pod kotom 120°. Prvi avtomobil je speljal 10 m pred križiščem enakomerno pospešeno s pospeškom 2 m/s$^2$. Drugi avtomobil je 15 m pred križiščem, ko je vozil s hitrostjo 14 m/s, začel zavirati s pojemkom 4 m/s$^2$. Kolikšna je hitrost prvega avtomobila glede na drugega v trenutku trka?
   [$v_r = 13.1$ m/s.]
7. Ravninsko gibanje točkastega telesa opišemo z enačbama $x(t) = 4x_0 \cos(\omega t)$ in $y(t) = x_0 \sin(2\omega t)$, kjer je $x_0 = 10$ cm in $\omega = 0.1$ s$^{-1}$. V kateri točki je velikost pospeška največja?
   [$x = \pm 31.6$ cm, $y = \pm 9.7$ cm].
8. Kamen vržemo v vodoravni smeri s hitrostjo 10 m/s s 50 m visokega mostu. Po cesti pod mostom se v trenutku meta v isti smeri pelje avtomobil s stalno hitrostjo 20 m/s. Kolikšna je velikost hitrosti kamna glede na avtomobil? Kolikšna je v navedenem trenutku razdalja med kamnom in avtomobilom, če kamen zadene avtomobil?
   [ob metu: $v_r = 10$ m/s, $d = 59.3$ m; ob trku: $v_r = 32.9$ m/s]
9. Letalo leti poševno navzgor s hitrostjo 200 m/s pod kotom 60° glede na vodoravnico. V višini 500 m nad tlemi spusti na tla tovor in nadaljuje let v nespremenjeni smeri. Kolikšna je razdalja med krajem, kamor pade tovor, in letalom v trenutku, ko pade tovor na tla? S kolikšno hitrostjo udari tovor ob tla?
   [$d = 7080$ m, $v = 223$ m/s.]
10. Z vznožja klanca z nagibom $\alpha = 45°$ brcnemo žogo na klanec. Pod kolikšnim kotom glede na vodoravnico jo moramo brcniti, da se nam od klanca odbije natanko v noge? (Kako pa je, če se to zgodi po $n$ odbojih?)
    [$\beta_n = \alpha + \arctan(1/(2n \tan\alpha))$, $\beta_1 = 71.6°$.]

# FIZIKA 3

1. Pri prostem padu opravi telo tretjino poti v zadnjih dveh sekundah. S kolikšne višine pade in koliko časa pada?
   [$h = 583$ m, $t =$10.9 s]
2. Kamen spustimo, da pade v vodnjak. Pet sekund po tem zaslišimo pljusk. Kako globok je vodnjak? Hitrost zvoka v zraku je 340 m/s.
   [$h =$107.6 m]
3. Izpeljite izraz za domet kamna pri a) poševnem metu na vodoravni podlagi, b) pri poševnem metu s stopnice višine $H$ nad vodoravno podlago in c) pri poševnem metu na enakomerno nagnjeni podlagi z naklonom $\beta$ glede na vodoravnico. V vseh primerih so podani velikost in smer začetne hitrosti. Pod kolikšnim kotom glede na vodoranico moramo v posameznih primerih zalučati kamen, da bo pri izbrani začetni hitrosti domet največji?
   [(a) $d = \frac{v_0^2}{g} \sin 2\alpha$, $\alpha = 45°$,
   (b) $d = \frac{v_0^2}{g}(\frac{1}{2}\sin 2\alpha + \cos\alpha\sqrt{\sin^2\alpha + \frac{2gH}{v_0^2}})$, $\sin\alpha = 1/[\sqrt{2(1+\frac{gH}{v_0^2})}]$,
   (c) $d = \frac{v_0^2}{g}[\sin 2(\alpha-\beta) - 2\sin^2(\alpha-\beta)\tan\beta]$, $\alpha = \beta + \frac{1}{2}\arctan(1/\tan\beta)$.]
4. Hitrost izstrelka iz zračne puške izmerimo tako, da ustrelimo skozi plošči, ki sta medsebojno razmaknjeni za 40 cm in se sinhrono vrtita na skupni osi s frekvenco 2000 vrtljajev na minuto. Smer izstrelka je vzporedna z osjo vrtenja. Kolikšna je hitrost izstrelka, če sta luknjici na ploščah zamaknjeni za kot 35°?
   [$v = 137$ m/s.]
5. Plošča se vrti na začetku s kotno hitrostjo 4.3 $s^{-1}$. Kolikšen je kotni pospešek, če se začne plošča ustavljati enakomerno pojemajoče in se zaustavi po enem vrtljaju?
   [$\alpha =$1.47 $s^{-2}$]
6. Vrtiljak, ki se sprva vrti s konstantno kotno hitrostjo 6 $s^{-1}$, se začne vrteti enakomerno pojemajoče. Kolikšen čas potrebuje vrtiljak za peti vrtljaj, če se popolnoma ustavi po desetih?
   [$t = 1.41$ s.]
7. Krožna plošča, ki v začetku miruje, začne pospeševati tako, da kotni pospešek narašča linearno s časom po enačbi $\alpha = kt$, kjer je $k = 0.08$ $s^{-3}$. Kolikšna sta po enem vrtljaju hitrost in pospešek žabice, ki čepi v razdalji 30 cm od osi vrtenja?
   [$v = 0.73$ m/s, $a = 1.77$ m/$s^2$.]
8. Nihalo na polžasto vzmet niha sinusno z nihajnim časom 3 s. V trenutku $t = 0$ doseže amplitudo 30 °. Po kolikšnem času sta radialni in tangentni pospešek v točki 2 cm od osi po velikosti enaka?
   [$t =$0.54 s]
9. Kamen vržemo poševno navzgor pod kotom 60° proti vodoravnici s hitrostjo 20 m/s. Kolikšna sta radialni in tangentni pospešek 3 s po začetku gibanja? Kolikšen je tedaj krivinski radij kamnovega tira?
   [$a_r = 6.24$ m/$s^2$, $a_t = 7.55$ m/$s^2$, $R = 39.4$ m.]
10. Po vodoravni podlagi se brez spodrsavanja enakomerno kotali valj s polmerom $R$. Hitrost gibanja težišča je $v_0$. Kako se gibljejo ostale točke na valju? Skicirajte tir za a) točko znotraj valja, b) točko na njenem obodu in c) točko pri $r > R$, ki je togo povezana z valjem.

# FIZIKA 4

1. Pri gibanju navzgor po klancu z nagibom 10° imajo sani na začetku hitrost 14 m/s. Kolikšna je njihova hitrost, ko opravijo pot 20 m? Koeficient trenja je 0.1.
   [$v = 9.44$ m/s.]
2. Sani z maso 6 kg vlečemo s konstantno silo 15 N. Ko pretečemo razdaljo 2 m, imajo hitrost 4 m/s. Kolikšna je bila začetna hitrost sani? Trenje med sanmi in podlago je zanemarljivo.
   [$v_0 = 2.45$ m/s]
3. Na vodoravnem tiru miruje voziček z maso 1.2 kg. Nanj je pritrjena vrv, ki teče preko zelo lahkega škripca. Na drugem krajišču vrvi visi 0.4-kilogramska utež. Ko voziček spustimo, potrebuje za en meter dolgo pot 1.1 s. Kolikšna je sila trenja med vozičkom in tirom?
   [$F_{tr} = 1.28$ N]
4. Telesi z masama 1.5 kg in 2 kg sta povezani z lahko vrvjo in ležita na vodoravni gladki podlagi. S kolikšno največjo silo smemo še vleči drugo telo proč od prvega, da se vrv ne pretrga? Vrv še prenese silo 60 N. Kako pa je, če je masa vrvi 0.1 kg?
   [$F < 140$ N (lahka vrv), $F < 135$ N (vrv z maso).]
5. Čistilec oken sedi na odru, obešenem preko lahkega škripca. Ko se želi premakniti v višje nadstropje, vleče za prosti konec vrvi tako močno, da pritiska na oder s silo 500 N. S kolikšnim pospeškom se dviga oder? S kolikšno silo je obremenjen nosilec škripca? Masa praznega odra je 30 kg, moža pa 90 kg.
   [$a = 6.86$ m/s$^2$, $F = 2000$ N.]
6. Kladi z masama 1 kg in 2 kg sta zvezani z vrvjo, ki teče preko lahkega majhnega škripca. Prva klada drsi po klancu z nagibom 30°, druga pa se giblje po vodoravni podlagi. Kolikšen je pospešek, če je koeficient trenja 0.1? Kolikšna sila napenja vrvico? Za koliko se spremeni pospešek, če se koeficient trenja spremeni za 10%?
   [$a = 0.7$ m/s$^2$, $F = 3.35$ N, $\Delta a = 0.094$ m/s$^2$.]
7. Na klanec z naklonskim kotom $\alpha$ položimo eno za drugo kladi z masama $m_1$ in $m_2$. Koeficienta trenja med kladama in podlago sta $k_1$ in $k_2 < k_1$. S kolikšno silo delujeta kladi ena na drugo med gibanjem? Najmanj kolikšen mora biti naklon klanca, da začneta kladi drseti?
   [$F = \mu g(k_1 - k_2)\cos\alpha$, kjer je $1/\mu = 1/m_1 + 1/m_2$; $\mathrm{tg}\alpha = (k_1 m_1 + k_2 m_2)/(m_1 + m_2)$]
8. Preko gredi s polmerom $R$ je napeljana lahka vrv, nanjo pa je obešeno breme z maso $m$. Koeficient trenja med gredjo in vrvjo je $k_{tr}$. Kako je sila, s katero moramo držati drugi konec vrvi, da nam breme ne zdrsne, odvisna od dolžine dela vrvi, ki je v stiku z gredjo?
   [$F_{min} = mg\exp(-k_{tr}l/R)$, $F_{max} = mg\exp(k_{tr}l/R)$]
9. Homogena veriga z dolžino $l$ in maso $m$ leži iztegnjena na vodoravni zgornji ploskvi mize. V nekem trenutku en konec verige z dolžino $x_0 < l$ spustimo čez rob mize. Kako se s časom spreminja dolžina verige, ki visi čez rob mize? Kako pa je, če med verigo in podlago deluje še trenje s koeficientom $k_t$?
   [brez trenja: $x(t) = x_0\cosh(\lambda t)$, $\lambda = \sqrt{g/l}$; s trenjem: $x(t) = x_0\cosh(\lambda' t) + [1 - \cosh(\lambda' t)]lk_t/(1 + k_t)$, $\lambda' = \sqrt{(g/l)(1 + k_t)}$.]
10. Ob času $t = 0$ začnemo na telo z maso $m$, ki miruje na vodoravni podlagi, delovati s silo $F(t) = At$, kjer je $A$ konstanta, sila pa je usmerjena pod kotom $\varphi$ glede na vodoravnico. Izračunajte hitrost telesa v trenutku, ko se odlepi od podlage in razdaljo, ki jo do takrat prepotuje telo! Kako pa je, če med telesom in podlago deluje trenje, ki ga opisuje koeficient $k_t$?
    [brez trenja: $v = mg^2\cos\varphi/2A\sin^2\varphi$, $s = m^2g^3\cos\varphi/6A^2\sin^3\varphi$.]

# FIZIKA 5

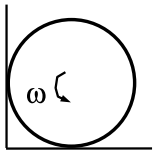
1. Na vodoravnem tiru se gibljeta drug proti drugemu dva vagončka. Prvi z maso 2 kg ima hitrost 3 m/s, drugi z maso 5 kg pa 1.5 m/s v nasprotni smeri. Kolikšna je velikost hitrosti po trku, če vozička med trkom sklopimo? V katero smer se gibljeta?
   [$v = -0.21$ m/s v prvotni smeri drugega vozička.]
2. Voziček z maso 150 kg miruje na vodoravnem tiru. Človek z maso 70 kg priteče s hitrostjo 5 m/s pod kotom 30° proti tiru in skoči na voziček. S kolikšno hitrostjo se ta začne gibati? Kolikšen sunek sile prevzamejo tračnice v prečni smeri?
   [$v = 1.38$ m/s, $\int F_\perp \mathrm{d}t = 175$ kgm/s.]
3. Čoln z maso 50 kg polzi po vodi s hitrostjo 2 m/s. Kopalec z maso 60 kg skoči s čolna v vodo v smeri gibanja čolna. Kolikšna je končna hitrost čolna, če je ob odrivu vodoravna komponenta hitrosti kopalca a) 4 m/s glede na vodo, b) 2.5 m/s glede na čoln?
   [a) $v = -0.4$ m/s, b) $v = 0.6$ m/s.]
4. V avtomobil, ki je vozil s hitrostjo 40 km/h, se je s prečne ceste pravokotno zaletel avtomobil z 1.2-krat tolikšno maso. Sledi na cesti so pokazale, da sta se sprijeta avtomobila po trku gibala pod kotom 30° glede na smer vožnje drugega avtomobila. Kolikšno hitrost je imel drugi avtomobil pred trkom?
   [$v_2 = 57.7$ km/h.]
5. Vagon z maso 200 kg je brez trenja gibljiv po vodoravnem tiru. Na njem sta moža, prvi z maso 85 kg in drugi z maso 65 kg. Sprva moža in vagon mirujejo. Nato začneta moža hoditi, prvi s hitrostjo 1 m/s glede na vagon v smeri tira, drugi pa v nasprotni smeri. Kolikšna mora biti hitrost drugega moža, da bo vagon miroval? Kolikšna pa bi bila hitrost vagona, če bi bila hitrost drugega moža 1 m/s?
   [$v_{\text{moža}} = 1.31$ m/s, $v_{\text{vagona}} = 0.057$ m/s.]
6. Na ledeni ploskvi leži na osnovnici valj s premerom 10 cm in maso 1 kg. Izstrelek z maso 2 g zadene valj s hitrostjo 300 m/s in ga prebije tako, da gre skozi težišče. Kolikšni sta končni hitrosti izstrelka in valja? Pri gibanju po valju je izstrelek deloval na les s silo 500 N. Valj drsi po ledu brez trenja.
   [$v_{\text{izstrelka}} \approx 200$ m/s, $v_{\text{valja}} \approx 0.2$ m/s.]
7. Na vodoravnem tiru se giblje brez trenja voziček z maso 1 kg. Na voziček dežuje v navpični smeri, zaradi česar se na njem vsako sekundo nabere 0.1 kg vode. Voziček pospešuje stalna sila 0.5 N v vodoravni smeri. Kolikšna je hitrost vozička v trenutku, ko je skupna masa vozička in natekle vode 2 kg? Voziček je na začetku miroval.
   [$v = 2.5$ m/s.]
8. Voziček z maso 50 kg se giblje brez trenja po vodoravnem tiru. Curek vode brizga vodoravno v smeri tira na stransko steno vozička in spolzi ob njej na tla. Šobo s presekom 6 cm$^2$ zapusti v sekundi 1 dm$^3$ vode. Kolikšna je hitrost vozička po 10 s? Voziček je na začetku miroval.
   [$v = 0.28$ m/s.]
9. Na steno pada pod kotom 25° proti pravokotnici curek vode in se odbije pod kotom 35°. Presek curka pred odbojem je 1.5 cm$^2$. Hitrost vode pred odbojem je 2 m/s, po njem pa 1.3 m/s. S kolikšno silo deluje curek na steno in kolikšen je kot med to silo in pravokotnico? Gostota vode je $10^3$ kg/m$^3$.
   [$F_c = 0.86$ N, $\gamma = 2°$.]
10. Hitrost izpušnih plinov glede na raketo je 3 km/s. Kolikšno hitrost doseže raketa, ki miruje na začetku v breztežnem prostoru, če sestavlja 3/4 njene začetne mase gorivo? Isto raketo preuredimo v dvostopenjsko: prva stopnja tehta 3/4, druga pa 1/4 celotne mase. V vsaki izmed stopenj odpade 3/4 mase na gorivo. Kolikšno hitrost doseže druga stopnja rakete?
    [$v_{\text{enostopenjska}} = 4.16$ km/s, $v_{\text{dvostopenjska}} = 6.64$ km/s.]

# FIZIKA 6

1. Kepo ilovice z maso 2 kg spustimo z 10 m visokega balkona. Istočasno s tal navpično navzgor izstrelimo drugo kepo ilovice z maso 1 kg in začetno hitrostjo 20 m/s. Kepi med gibanjem trčita in se sprimeta. Do kolikšne najvišje višine se dvigne sprimek? Koliko energije se izgubi pri trku?
   [$h_{\max} = 8.93$ m, $W_{\text{izgubljena}} = 133$ J.]
2. Ledeno ploščico poženemo s hitrostjo 5 m/s po ravni podlagi proti gladki grbini. Kolikšna je hitrost ploščice na vrhu grbine in kolikšna na platoju na drugi strani grbine, če je grbina visoka 1 m, plato pa leži 0.6 m nad začetno lego ploščice? Največ koliko sme biti grbina visoka, da bo ploščica še lahko zdrsnila na drugo stran? Trenje zanemarite!
   [$v_{\text{vrh}} = 2.32$ m/s, $v_{\text{plato}} = 3.64$ m/s, $h_{\max} = 1.28$ m.]
3. Z 10 m visokega balkona vržemo kamen z začetno hitrostjo 15 m/s pod kotom 30° glede na vodoravnico. Kolikšno največjo višino doseže? Kolikšna je hitrost kamna 5 m nad tlemi? S kolikšno hitrostjo in pod kolikšnim kotom glede na vodoravnico prileti na tla?
   [$h_{\max} = 12.9$ m, $v_{5\text{m}} = 18$ m/s, $v_{\text{tla}} = 20.5$ m/s, $\beta = 50.7°$.]
4. Vodoravna deska z maso 5 kg je pritrjena na treh lahkih vzmeteh s koeficienti $k_1 = 200$ N/m, $k_2 = 250$ N/m in $k_3 = 300$ N/m. Vzmeti so enkrat nameščene a) ena poleg druge, drugič pa b) ena vrh druge. Koliko dela opravimo, ko desko iz lege, v kateri so vzmeti neraztegnjene, premaknemo za 10 cm v navpični smeri navzgor?
   [a) $A = 8.65$ J, b) $A = 5.31$ J.]
5. Z vrha 50 m visokega mostu se v globino spusti 75 kg težak in 1.8 m visok človek, ki je okrog gležnjev privezan na elastično vrv. Najmanj kolikšen mora biti povprečni razteznostni koeficient vrvi, da si mož ne zmoči las? Dolžina neraztegnjene vrvi je 22 m.
   [$k = 107.1$ N/m.]
6. Kroglica z maso 50 g in hitrostjo 0.8 m/s zadene v kroglico z maso 180 g, ki je pritrjena na vodoravni vijačni vzmeti. Kolikšen je skrček vzmeti, če je njen koeficient 20 N/m in je trk prožen? Hitrost prve kroglice ima pred trkom in po njem smer osi vzmeti.
   [$x = 3.3$ cm.]
7. S 100 metrov visokega nebotičnika vržemo navpično navzdol s hitrostjo 30 m/s utež z maso 0.1 kg. Istočasno spustimo s stolpa utež z maso 0.3 kg, ki je povezana s prvo z 20 m dolgo lahko in neraztegljivo vrvico. Po kolikšnem času in s kolikšno hitrostjo prileti na tla prva utež? Privzemite, da vrvica ob delovanju natezne sile otrdi. Kaj pa, če temu ni tako?
   [$t = 3.47$ s, $v = 41.5$ m/s]
8. Na vrh klade z maso 3 kg, ki ima obliko hriba, položimo kos ledu z maso 1 kg. Led zdrsne s klade. Kako visoka je klada, če se po zdrsu led od nje oddaljuje s hitrostjo 4 m/s? Med podlago in klado ter med ledom in klado ni trenja.
   [$h = 0.61$ m.]
9. Kroglica z maso $m$, ki se giblje s hitrostjo $v$, trči v enako, a mirujočo kroglico. Obravnavajte, kako se po trku gibljeta kroglici. Namig: Obravnavajte trk v težiščnem sistemu.
10. Tri enako velike in enako težke krogle ležijo na ravni in gladki podlagi tako, da se dotikajo in njihova središča tvorijo enakostranični trikotnik. Iz točke nad težiščem trikotnika spustimo četrto enako kroglo, ki se od vseh treh hkrati prožno odbije. Po trku ima vsaka od krogel, ki so ležale na podlagi, hitrost 2 m/s. Kolikšna je bila hitrost padajoče krogle tik pred trkom in kako visoko glede na položaj ob trku krogla odskoči po trku? Krogle, ki sprva ležijo na podlagi, pri trku ne poskočijo.
    [$v = 4.95$ m/s, $h = 0.64$ m.]

# FIZIKA 7

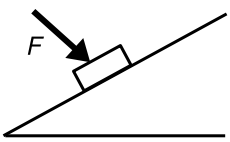
1. Vrtiljak v zabaviščnem parku se vrti enakomerno s frekvenco 0.3 Hz. Ko izključimo motor, deluje na os vrtiljaka zaviralni navor 100 Nm. Po koliko vrtljajih od začetka zaviranja se vrtiljak ustavi, če je vztrajnostni moment njegovega ogrodja 500 $\mathrm{kg\,m^2}$, mase štirih otrok, ki sedijo na vrtiljaku na od osi 1.5 m oddaljenih sedežih, pa so 25 kg, 30 kg, 35 kg in 40 kg.
   [$N = 2.24$]
2. Vztrajnik se vrti na plasti olja. Zaviralni navor olja je sorazmeren s frekvenco vztrajnika. Po kolikšnem času se zmanjša frekvenca na desetino začetne vrednosti, če se po 2 minutah zmanjša na polovico začetne vrednosti?
   [$t = 6.6$ min]
3. Izračunajte vztrajnostni moment a) enakih točkastih mas, ki so razporejene v oglišča kvadrata s stranico $a$, b) obroča s polmerom $R$, c) palice z dolžino $l$, d) okrogle plošče s polmerom $R$, e) valja s polmerom $R$ in f) stožca z višino $h$ in polmerom $R$ pri vrtenju okrog simetrijske osi!
   [a) $J = 2\,ma^2$, b) $J = mR^2$, c) $J = \frac{1}{12}ml^2$, d) $J = \frac{1}{2}mR^2$, e) $J = \frac{1}{2}mR^2$, f) $J = \frac{3}{10}mR^2$]
4. Na vozilo z maso 100 g na vodoravni zračni progi pritrdimo krajišče vrvice. Na drugo krajišče obesimo utež z maso 10 g, vrvica pa teče preko škripca z maso 14 g in radijem 2 cm. S kolikšnim pospeškom se giblje vozilo, če je škripec a) poln valj in b) obroč z zelo lahkimi prečkami? c) Kako pa je, če je škripec brez mase?
   [a) $a = 0.84$ $\mathrm{m/s^2}$, b) $a = 0.79$ $\mathrm{m/s^2}$, c) $a = 0.89$ $\mathrm{m/s^2}$]
5. Utež za 50 g in utež za 150 g sta povezani z vrvjo, ki teče preko škripca v obliki valja s polmerom 5 cm in z maso 200 g ter preko škripca v obliki valja s polmerom 4 cm in z maso 150 g. Oba škripca sta pritrjena na strop. V kolikšnem času opravita uteži pot 10 cm, potem ko ju spustimo? Vrv na škripcih ne spodrsuje, trenje v ležajih je zanemarljivo.
   [$t = 0.28$ s]
6. Valj s polmerom 10 cm, ki se vrti okrog simetrijske osi s frekvenco 10.1 Hz, postavimo v kot. Koeficient trenja med stenami kota in valjem je 0.1. Kolikokrat se valj za tem, ko ga postavimo v kot, še zavrti?
   [$N = 15$]



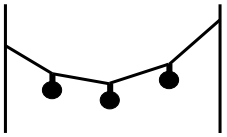

7. Lahka vrv je na prvem krajišču navita na gred z nepremično osjo in s polmerom 10 cm ter z maso 1 kg. Na drugem krajišču je vrv navita na valj s polmerom 3 cm in z maso 200 g. V začetku gred in valj mirujeta, vrv pa je zravnana in navpična. Nato spustimo valj, da pada in se odvija. V kolikšnem času se gred enkrat zavrti?
   [$t = 1.04$ s]
8. Homogen a) valj, b) obroč, c) krogla se giblje po 1 m dolgem klancu z nagibom 60°. Trenja pri kotaljenju ni, koeficient trenja pri drsenju pa je 0.4. Koliko časa potrebuje telo za pot po klancu, če na začetku miruje? Kolikokrat se pri tem zavrti? Pri kolikšnem nagibu klanca telo ne bi nič drselo? Polmer telesa je 0.1 m.
   [$\mathrm{tg}\,\alpha < k(1 + mr^2/J)$]
9. Krogla z maso 1 kg drsi brez trenja s hitrostjo 1.5 m/s po gladki vodoravni podlagi. Nenadoma naleti na hrapavo podlago, kjer je koeficient trenja 0.05. Meja med gladko in hrapavo podlago je pravokotna na tir krogle. Kolikšna je hitrost kroglinega težišča, ko preneha drseti in se samo kotali? Koliko časa po prehodu na hrapavo podlago krogla še drsi?
   [$v = 1.07$ m/s, $t = 0.87$ s]
10. Valj s polmerom 10 cm se vrti s frekvenco 10 Hz okoli svoje geometrijske osi. Vrteči se valj položimo na ravna tla. Čez kolikšen čas se začne valj kotaliti, ne da bi drsel? Koeficient trenja pri drsenju je 0.1. Kolikšno pot napravi težišče valja v tem času?
    [$t = 2.1$ s, $s = 2.2$ m]

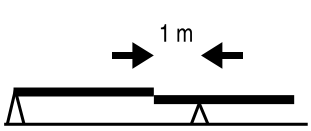
# FIZIKA 8

1. Na dostavni plato, nagnjen pod kotom 30° glede na vodoravnico, položimo zaboj z maso 50 kg. S kolikšno silo pod kotom 10° glede na normalo podlage (slika) moramo pritiskati na zaboj, da ta ne bo zdrsnil? Koeficient lepenja med zabojem in podlago je 0.1.
   [745 N $< F <$ 3828 N.]
2. Na zelo lahki vrvi visijo tri bremena (slika). Srednje je težko 20 N. Koti med deli vrvi in vodoravnico so po vrsti $\alpha = 40°$, $\beta = 20°$, $\gamma = -10°$ in $\delta = -50°$. Določite težo preostalih bremen in napetosti v posameznih delih vrvi!
   [$F_\alpha = 48.3$ N, $F_\beta = 39.4$ N, $F_\gamma = 37.6$ N, $F_\delta = 57.6$ N; $F_g^{\alpha\beta} = 17.6$ N, $F_g^{\gamma\delta} = 37.6$ N.]
3. Dve po 3 m dolgi in 150 N težki palici sta podprti, kot kaže slika. Meter od levega krajišča leve palice stoji akrobat s težo 800 N. V kolikšni razdalji od desnega krajišča desne palice mora stati drugi akrobat s težo 600 N, da sta palici v ravnovesju? S kolikšno hitrostjo se mora levi akrobat premikati proti levi, ko se premika desni s hitrostjo 0.1 m/s v isto smer, če naj ostaneta palici v ravnovesju?
   [$x = 1.55$ m, $v = 0.225$ m/s.]
4. Betonska cev s težo 500 N, notranjim premerom 0.5 m in zunanjim premerom 0.7 m stoji pokončno na ravnih tleh. S kolikšno najmanjšo silo mora vsaka od delavčevih rok delovati v tangentni smeri na zunanji plašč, če naj se cev zasuče? Koeficient trenja med tlemi in betonom je 0.6.
   [$F = 130$ N.]
5. Ob steno je prislonjen gladek valj z maso 3 kg in polmerom 4 cm. Nanj položimo drug valj iz iste snovi in s polmerom 1 cm (slika). Najmanj s kolikšno silo moramo podpirati spodnji valj, da ostane sistem v ravnovesju? Kolikšen bi moral biti radij zgornjega valja, da bi bila ravnovesna sila največja?
   [$F > 1.4$ N, $r_2 = 2.4$ cm.]
6. Homogeno kocko z maso 12 kg in stranico 60 cm prislonimo k steni sobe, tako da osnovna ploskev oklepa s tlemi kot 30° (slika). S kolikšno silo pritiska kocka ob steno, če znaša koeficient lepenja med kocko in tlemi 0.5, lepenje med kocko in steno pa je zanemarljivo? Kolikšen je najmanjši koeficient lepenja, pri katerem kocka v tej legi še ne zdrsne?
   [$F = 43$ N, $k_L < 0.37$.]
7. Tanka ravna slamica s konstantno gostoto in presekom leži v praznem kozarcu, ki stoji na ravni mizi. Notranja ploskev kozarca je polkrogla s polmerom $R$. Kolikšen kot oklepa slamica z vodoravno ravnino, če je dolžina slamice $3R$? Privzemi, da slamica miruje in da niti na robu niti v notranjosti kozarca ni trenja med slamico in kozarcem!
   [$\varphi = 23.2°$.]
8. Štiri enake krogle ležijo na ravni podlagi tako, da se dotikajo, njihova središča pa ležijo v ogliščih namišljenega kvadrata. Kolikšen mora biti najmanj koeficient lepenja med kroglami ter kolikšen med kroglami in podlago, da lahko nanje položimo peto enako kroglo?
   [$k_l > 0.083$ (krogla-tla), $k_l > 0.414$ (krogla-krogla).]

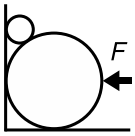


naloga 1

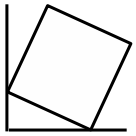

naloga 2



naloga 3

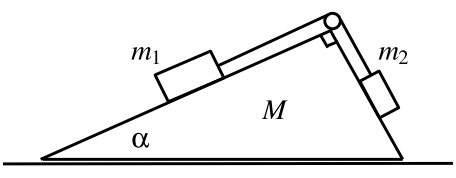


naloga 5

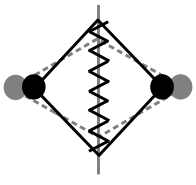

naloga 6

# FIZIKA 9

1. V letalu, ki se giblje v vodoravni smeri s pojemkom 0.7 m/s$^2$, visi na 1 m dolgi vrvi majhna utež. Za kolikšen kot je nihalo odklonjeno od navpičnice?
   [$\varphi = 4°$]
2. Na ravni podlagi je dvokilogramska deska, na deski pa ploščata utež z maso 1 kg. Kolikšno mejo mora preseči sila, s katero potegnemo desko v vodoravni smeri, da zdrsne utež z deske? Koeficient trenja med desko in podlago je 0.4, med utežjo in desko pa 0.3.
   [$F_{min} = 20.6$ N]
3. Klin z naklonskim kotom 30° drsi po ravni podlagi. Na klinu je deska. S kolikšnim pospeškom se mora gibati klin, da bo deska na njem mirovala? Med desko in klinom ni trenja. Kako pa je, če trenje je?
   [a) $a = 5.7$ m/s$^2$; b) $a_{min/max} = g(\mathrm{tg}\alpha \mp k)/(1 \pm k\,\mathrm{tg}\alpha)$]
4. Klada v obliki klina je brez trenja gibljiva po vodoravni podlagi. Na njej ležita dve uteži, ki sta preko lahkega škripca povezani z lahko neraztegljivo vrvico (slika). Določite razmerje mas uteži $m_2/m_1$, da bo sistem v ravnovesju! S kolikšnim pospeškom in v katero smer se giblje klada, če je razmerje $m_2/m_1$ večje od ravnovesnega? Masa klade je $M$, uteži se po kladi gibljeta brez trenja, škripec se vrti brez trenja.
   [$m_2/m_1 = \mathrm{tg}\alpha$, $a = g(\frac{m_2}{m_1+m_2}\cos 2\alpha + \frac{1}{2}\frac{m_2-m_1}{m_1}\sin 2\alpha)/(\frac{M}{m_1} + \sin^2\alpha + \frac{m_2}{m_1}\cos^2\alpha + \frac{m_2}{m_1+m_2}(\cos\alpha - \sin\alpha)^2)$]
5. Na lahko vzmet s koeficientom 20 N/cm pritrdimo 100 gramsko utež in vse skupaj zavrtimo v vodoravni ravnini. Kolikšna mora biti frekvenca vrtenja, da se vzmet podaljša na dvojno dolžino?
   [$\nu = 15.9$ Hz]
6. Tovornjak začne zavirati s pojemkom $g/2$, ko se pelje po ovinku z radijem 20 m. Kolikšno največjo hitrost sme imeti v trenutku, ko začne zavirati, da klada v prostoru za tovor ne zdrsne? Klada je na vodoravni podlagi, koeficient trenja pa je 0.6.
   [$v < 8.1$ m/s]
7. Centrifugalni regulator kotne hitrosti (slika) z desetcentimetrskimi gibljivo vpetimi enakimi stranicami ima vzmet s koeficientom 18 N/m in kroglici z masama po 0.1 kg. Pri kateri kotni hitrosti vrtenja okoli navpične osi se vzmet stisne na polovico začetne dolžine? Ko regulator miruje, je med sosednjima stranicama okvirja pravi kot.
   [$\omega = 19$ s$^{-1}$.]
8. Na zelo dolgem nepremičnem pokončnem valju s premerom 10 cm je žica zavita v vijačnico, ki se pri enem obhodu spusti za 15 cm. Po žici drsi skozi sredino prevrtana kroglica. Koeficient trenja je 0.4. Kolikšno hitrost doseže kroglica?
   [$v = 0.55$ m/s.]
9. Za koliko se težni pospešek na ekvatorju razlikuje od težnega pospeška na polu? Kako se težni pospešek spreminja z geografsko širino?
   [$\Delta g = -3.4$ cm/s$^2$, $g(\varphi) = -\omega^2 R_z \cos^2\varphi$]
10. V kraju z zemljepisno širino 30° spustimo kamen, da prosto pada. Za koliko centimetrov proti vzhodu ga zanese pri padcu z višine 125 m?
    [$s = 2.6$ cm.]



naloga 4


naloga 7

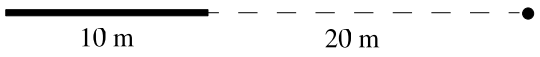
# FIZIKA 10

1. Žogico za minigolf zakotalimo po stezi proti 0.7 m visoki grbini. Tik za grbino je bazen z vodo, širok 0.5 m. Najmanj kolikšna mora biti začetna hitrost žogice, da ne bo padla v vodo?
   [$v = 3.4$ m/s.]
2. Opica z maso 50 kg sedi na vrhu navpičnega droga z maso 200 kg in višino 5 m. Delavec spodaj prežaga drog, ki se zvrne, ne da bi se mu spodnji konec pri tem izmaknil. Kdaj bo opica priletela na tla z večjo hitrostjo: če takoj skoči z droga ali če se zvrne skupaj z njim?
   [$v_{\text{skok}} = 9.9$ m/s, $v_{\text{zvrne}} = 11.2$ m/s.]
3. Na vrhu polkrogle s premerom 2 m miruje kroglica s premerom 1 cm. Kroglico spravimo iz labilnega ravnovesja, tako da se zakotali po krogli brez drsenja. Do katere točke na polkrogli se bo kroglica kotalila, preden se od nje odlepi?
   [$\alpha = 36°$ (merjen glede na vodoravnico).]
4. Homogena krožna plošča s polmerom 2 m in maso 200 kg je vrtljiva okoli geometrijske osi. Na plošči stoji 1.5 m od osi mož z maso 70 kg. Na začetku plošča in mož mirujeta, nato pa mož začne hoditi s stalno hitrostjo 4 m/s glede na ploščo po krogu s polmerom 1.5 m. V kolikšnem času napravi plošča en vrtljaj, če ni trenja?
   [$t = 8.3$ s.]
5. Mož sedi na vrtljivem stolu in drži v rokah enaki uteži. Celotni vztrajnostni moment moža, stola in uteži je v odročenju 2.6 kgm$^2$, v priročenju pa 1.4 kgm$^2$. Na začetku ima mož roke v odročenju, stol pa se zavrti vsako sekundo enkrat. Kolikšno delo opravi mož pri priročevanju?
   [$A = 44$ J.]
6. Na ravni ledeni ploskvi miruje obroč s polmerom 25 cm in z maso 1 kg. Nanj položimo drug enak obroč, ki se zavrti 10-krat v sekundi, tako da se ujemata geometrijski osi obeh obročev. Kolikokrat se zavrti zgornji in kolikokrat spodnji obroč, preden se vrtita z enako frekvenco? Koeficient trenja med obročema je 0.2, med obročem in ledom pa ni trenja. Kako pa je, če imamo namesto obročev enako velika in enako težka valja?
   [a) $N_{sp} = 10$, $N_{zg} = 30$; b) $N_{sp} = 7.5$, $N_{zg} = 22.5$.]
7. Dva 100-gramska valja s polmerom 10 cm in 5 cm sta brez trenja vrtljiva okoli vodoravnih v navpični ravnini brez trenja gibljivih osi. Spodnji valj miruje, zgornji se vrti s frekvenco 5 Hz. Za kolikšen kot se zavrti spodnji valj 5 s po tem, ko zgornjega spustimo, da ga sila teže pritisne ob spodnjega? Koeficient trenja med valjema je 0.15, med spodnjim valjem in podlago pa ni trenja. Narišite, kako se ta kot spreminja s časom! Kako se rezultat spremeni, če je koeficient trenja med podlago in valjem enak 0.05?
   [a) $\varphi = 38.24$ oz. $N = 6.1$; b) $\varphi = 1.54$.]
8. Telovadec, ki je prvotno držal stojo na drogu, se spusti, ne da bi se odsunil, ko gre skozi mirovno lego. Kako visoko bi moral biti drog nad podom telovadnice, če naj bi telovadec v togi drži pristal na nogah? Kako daleč v vodoravni smeri od droga bi pristal? Telovadec je težak 70 kg in z iztegnjenimi rokami meri 2 m. V približku računajte, kot bi bil telovadec tog drog.
   [$H = 8.6$ m, $D = 6.3$ m.]
9. Dva metrska toga jeklena drogova sta vrtljiva okoli vzporednih težiščnih osi, pravokotnih na drogova. Razdalja med osema je malo manjša kot 1 m. Prvi drog na začetku miruje, drugega pa zavrtimo s frekvenco 1 Hz. Kolikšni sta kotni hitrosti takoj po trku, ki je popolnoma prožen?
   [$\omega_1 = \omega_0 \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}$, $\omega_2 = \omega_0 \frac{2m_1}{m_1 + m_2}$.]
10. Na ledu leži 3 m dolg drog z maso 20 kg. Na drogu stoji 0.5 m od krajišča mož z maso 60 kg. Mož stopi na led in se pri tem odrine pravokotno z droga, tako da ima glede na led hitrost 1 m/s. Izračunajte hitrost drogovega težišča in kotno hitrost vrtenja okoli težiščne osi! Med ledom in drogom ni trenja. Kolikšno delo opravi mož, ko stopi z droga?
    [$v^* = 3$ m/s, $\omega = 4$ s$^{-1}$, $A = 240$ J.]

11. Valj z maso 3 kg drsi z osnovno ploskvijo po ledu s hitrostjo 5 m/s in se zaleti v enak, mirujoč valj. Trk je prožen. Po trku se težišči valjev gibljeta pod kotoma 45° in 30° glede na prvotno smer gibanja. Kolikšna je rotacijska energija prvega valja po trku?
[$W_{1,rot} = 3.7$ J.]

# FIZIKA 11

1. Kako se težni pospešek spreminja z višino $h$ nad površjem Zemlje? Polmer Zemlje je $R = 6400$ km, težni pospešek pri $h = 0$ pa 9.8 m/s$^2$. Pokažite, da za $h \ll R$ približno velja, da je sprememba gravitacijske potencialne energije glede na površino Zemlje enaka $W_p = mgh$.
   [$g(h) = g(0)R^2/(R+h)^2$.]
2. Kolikšna je hitrost umetnih satelitov, ki krožijo okrog Zemlje na višini $h \ll R$ (prva kozmična hitrost)? Na kateri višini se gibljejo sateliti, ki krožijo z obodno hitrostjo 5 km/s? Kolikšna pa je višina geostacionarnih satelitov, ki so nameščeni nad določeno točko nad površjem Zemlje? Polmer Zemlje je 6400 km, masa pa $6 \times 10^{24}$ kg.
   [(a) $v = 7.9$ km/s, (b) $h = 9600$ km, (c) $h = 35900$ km.]
3. Kolikšna je ubežna hitrost, ki jo mora imeti telo, da uide gravitacijskemu privlaku Zemlje (druga kozmična hitrost)? Polmer Zemlje je 6400 km, masa pa $6 \times 10^{24}$ kg. Na kolikšen polmer bi morali stisniti Zemljo, da bi ubežna hitrost postala enaka svetlobni? (Takrat bi Zemlja postala črna luknja.)
   [(a) $v = 11.2$ km/s, (b) $R = 8.9$ mm.]
4. Umetni satelit z maso 100 kg kroži nad ekvatorjem na višini 30000 km. Kolikšno delo morajo opraviti raketni motorji v satelitu, če hočemo spraviti satelit na nov tir, na katerem bo neprestano nad istim krajem na ekvatorju?
   [$A = 76.6$ MJ.]
5. Kolikšno najmanjše delo je potrebno, da spravimo telo z maso 1000 kg s površja Zemlje na površje Lune? Luna ima 81-krat manjšo maso in 3.7-krat manjši polmer kot Zemlja ter je od nje oddaljena za približno 60 zemeljskih polmerov. Polmer Zemlje je 6400 km, masa pa $6 \times 10^{24}$ kg.
   [$A = 61.3$ GJ.]
6. Vesoljska postaja z maso 2000 t ima obliko tankega obroča z radijem 10 m. Vesoljec je na osi ladje v razdalji 50 m od središča. Kolikšna je hitrost vesoljca, ko ga gravitacijska sila pritegne do središča postaje?
   [$v = 4.6$ mm/s.]
7. S kolikšno silo se privlačita desetmetrska palica z maso 1000 kg in točkasto telo z maso 1 kg, ki se nahaja na osi palice in je od njenega krajišča oddaljeno 20 m (slika)?
   [$F = 0.11$ nN.]




8. Daleč od asteroida z maso $5 \times 10^{23}$ ima vesoljska ladja hitrost 6 km/s. Če bi se ladja gibala naravnost, bi letela mimo asteroidovega težišča v razdalji 5000 km. Kolikšna je najmanjša razdalja, do katere se ladja približa asteroidu?
   [$d = 4160$ km.]
9. Planet z maso $8 \times 10^{20}$ kg potuje po elipsi okrog zvezde z maso $5 \times 10^{31}$ kg. Ko je od zvezde oddaljen $6.3 \times 10^9$ km, ima hitrost 20 km/s, smer hitrosti pa oklepa kot 60° z zveznico med planetom in zvezdo. Določite najmanjšo in največjo razdaljo med planetom in zvezdo na vsej poti planeta okoli zvezde!
   [$d_{\min} = 2.3 \times 10^9$ km, $d_{\max} = 7.8 \times 10^9$ km.]

# FIZIKA 12

1. Največ za koliko odstotkov lahko raztegnemo jekleno žico s premerom 1 mm in dolžino 2 m, preden poči? Prožnostni modul jekla je $2 \times 10^{11}$ N/m$^2$, natezna trdnost pa $4 \times 10^8$ N/m$^2$. Predpostavimo, da ves čas natezanja velja Hookov zakon. Kolikšen je ustrezni razteznostni koeficient za tako žico?
   [$\Delta l_{max}/l = 0.2$ %, $k = 7.9 \times 10^4$ N/m.]
2. Za koliko milimetrov se podaljša 10 m dolga bakrena žica, ki prosto visi, zaradi lastne teže? Gostota bakra je 8.9 g/cm$^3$, prožnostni modul pa je $8.9 \times 10^{10}$ N/m$^2$.
   [$\Delta l = 49$ $\mu$m.]
3. Eno krajišče 1 m dolge lahke vzmeti z razteznostnim koeficientom 500 N/m pritrdimo na strop. Na drugo krajišče obesimo utež z maso 8 kg. Kolikšen je raztezek vzmeti, če utež miruje? Nato utež odmaknemo za 10 cm od ravnovesne lege v navpični smeri in jo spustimo, da prosto zaniha. Kolikšna je kinetična energija uteži, ko je 3 cm odmaknjena od ravnovesne lege? Kolikšen je največji raztezek vzmeti? Kolikšen je nihajni čas nihanja? Kako se med nihanjem s časom spreminja odmik uteži od ravnovesne lege? Kolikšna je največja hitrost uteži med nihanjem? Kolikšna je energija nihanja?
   [$\Delta l_0 = 0.16$ m, $W_{\mathrm{kin}} = 2.28$ J, $\Delta l_{\mathrm{max}} = 0.26$ m, $t_0 = 0.80$ s, $x(t) = x_0 \cos \omega t$, $v_{\mathrm{max}} = 0.79$ m/s, $W = 2.5$ J.]
4. Kovinsko kroglico obesimo na 3 m dolgo lahko vrvico, jo odklonimo za 3.5° iz ravnovesne lege in spustimo. Koliko nihajev naredi nihalo v 15 s? Kolikšno največjo hitrost doseže kroglica med nihanjem? Kako se rezultati spremenijo, če kroglica pri nihanju zadeva v horizontalni drog na višini 2 m od kroglice?
   [a) $N = 4.3$, $v_{max} = 0.33$ m/s; b) $N = 4.75$, $v_{max} = 0.33$ m/s.]
5. 1 m dolga homogena palica je vrtljiva okoli vodoravne osi, ki je 25 cm oddaljena od enega od krajišč. Kolikšen je nihajni čas nihala? V katero drugo točko (razen v simetrično) moramo prestaviti os, da bo ostal nihajni čas nespremenjen?
   [$t_0 = 1.53$ s, $a = 16.7$ cm od enega izmed krajišč.]
6. Homogen valj s premerom 1 m niha okoli osi, ki gre skozi valj, vzporedno z njegovo osjo. Kolikšna naj bo razdalja osi od geometrijske osi, da bo nihajni čas najmanjši? Kolikšen je ta nihajni čas?
   [$a = 0.35$ m, $t_0 = 1.69$ s.]
7. Metrski drog z maso 0.5 kg je vrtljiv okoli vodoravne osi skozi gornje krajišče. Na spodnje krajišče droga v mirovni legi pritrdimo vodoravno vijačno vzmet pravokotno na os in na drog. Koeficient vzmeti je 5 N/m. S kolikšno frekvenco zaniha drog, ko ga malo odklonimo iz mirovne lege in spustimo?
   [$\nu = 1.06$ Hz.]
8. Po vodoravni stranici trikotnega okvirja, ki se vrti s kotno hitrostjo 10 s$^{-1}$, se brez trenja giblje utež z maso 20 g. Utež je z vzmetema s koeficientoma 1 N/m ter 3 N/m pritrjena na oglišči tako, da je ravnovesna lega na sredini stranice. S kolikšno frekvenco zaniha utež, ko jo izmaknemo iz mirovne lege?
   [$\nu = 1.6$ Hz.]
9. Nihajni čas prazne torzijske mizice je 2.16 s, nihajni čas mizice z utežjo pa 2.4 s. Določite vztrajnostni moment uteži! Da mizico zavrtimo za 90°, je potreben navor 0.04 Nm.
   [$J = 7 \times 10^{-4}$ kgm$^2$.]
10. Nihalo sestavljata enaki metrski palici z maso po 0.5 kg, na koncih zvarjeni pod pravim kotom, ter dve uteži z masama po 2 kg, ki sta pritrjeni na prostih koncih palic. Os nihanja je v kotu, kjer sta palici zvarjeni, vsi deli nihala pa nihajo v isti ravnini. Kolikšen je nihajni čas za majhna nihanja takega nihala?
    [$t_0 = 2.34$ s.]

# FIZIKA 13

1. Kroglico mase 0.1 kg in polmera 1 cm obesimo na vzmet s konstanto 0.1 N/cm ter vse skupaj potopimo v vodo. Kolikšna je frekvenca nihanja kroglice, če velja linearni zakon upora? Viskoznost vode je $10^{-3}$ kg/ms. Po kolikšnem času od začetka se amplituda nihanja zmanjša na polovico? Vpliv upora na nihanje vzmeti ter vzgon zanemarimo.
   [$\nu = 1.59$ Hz, $t = 736$ s.]
2. Kvader z maso 100 g postavimo na podlago in ga spnemo z vzmetjo z razteznostnim koeficientom 10 N/m. Drugi konec vzmeti pritrdimo na nosilec, ki harmonično niha v vodoravni smeri z amplitudo 5 cm. Koeficient dušenja je enak 0.2 $s^{-1}$. Kolikšen je fazni zamik med nihanjem nosilca in nihanjem kvadra pri frekvenci 12 Hz? Kolikšna je tedaj amplituda nihanja uteži? Kolikšna je največja amplituda nihanja uteži in kdaj jo dosežemo?
   [$\delta = 0.31°$, $x_0 = 0.89$ mm, $x_0^{\max} = 1.25$ m pri $\nu^{\max} = 1.59$ Hz.]
3. Med dvema stenama so zaporedno povezane vzmet–kroglica–vzmet–kroglica–vzmet. Obravnavajte nihanje sistema! Kroglici sta enaki, njuna masa je $m$, prav tako so enake vzmeti, njihov razteznostni koeficient je $k$.
4. V cevki U je živo srebro z gostoto 13.6 g/$cm^3$. V levi krak nalijemo 10 cm visok stolpec vode in v desni krak 6 cm visok stolpec vode. Kolikšna je višinska razlika vodnih gladin v krakih? Nato v enega od krakov rahlo pihnemo, tako da stolpec tekočin zaniha. Kolikšen je nihajni čas? Prečni presek cevke je 1 $cm^2$, skupna masa tekočin pa 560 g.
   [$\Delta h = 3.7$ cm, $t_0 = 0.91$ s.]
5. Vodo v polnem koritu, ki ima kvadraten presek s stranico 10 cm, zapira zapornica z vodoravno osjo. Kolikšen je navor, s katerim deluje na zapornico voda, če je os ob gladini vode? Kolikšen je navor, če je os ob dnu korita?
   [$M = 0.33$ Nm (os ob gladini), $M = 0.16$ Nm (os pri dnu).]
6. Pokončna prizmatična posoda z višino 10 cm ima za osnovno ploskev enakostranični trikotnik s stranico 10 cm. Eno izmed kvadratnih stranskih ploskev odstranimo in postavimo posodo z odprtino navzdol na vodoravno podlago. Skozi majhno odprtino na vrhu posode napolnimo posodo do vrha z vodo. Kolikšna mora biti najmanj masa posode, da voda ne bo pod posodo uhajala? Posoda se tesno prilega podlagi.
   [$m = 0.43$ kg.]
7. Kanal s trikotnim presekom zapira zapornica, ki je pritrjena s pomočjo vodoravnega droga. Kako visoko nad dnom kanala naj bo drog, da bo navor na zapornico enak nič? Višina vode je 2 m.
   [$z = 1$ m.]
8. Na krajišče 20 cm dolge vijačne vzmeti s koeficientom 12 N/m pritrdimo 20 cm dolg aluminijast valj s premerom 2 cm in z gostoto 2.7 g/$cm^3$. Prosto krajišče vzmeti obesimo 40 cm nad vodno gladino. Kolikšna je višina potopljenega dela valja v ravnovesni legi? Valj rahlo potisnemo navpično navzdol. S kolikšnim nihajnim časom zaniha?
   [$x_0 = 11$ cm, $t_0 = 0.67$ s.]
9. Na jezeru plava 8 cm debel lesen splav z osnovno ploskvijo 10 $m^2$ in z gostoto 0.7 g/$cm^3$. Na sredino splava naložimo dodatno breme z maso 30 kg. Za koliko se splav dodatno pogrezne? Kolikšna je nosilnost splava?
   [$x = 5.6$ cm (brez bremena), $x' = 5.9$ cm (z bremenom), $m_{\max} = 240$ kg.]
10. V vozilu, ki se giblje premo enakomerno pospešeno s pospeškom 2 m/$s^2$, je posoda z vodo. Kolikšen je nagib gladine vode glede na vodoravnico?
    [$\varphi = 11.5°$.]
11. Valjasto posodo s premerom 10 cm vrtimo okoli navpične geometrijske osi s tremi vrtljaji na sekundo. Za koliko cm je gladina vode ob obodu višja kot ob osi, če se voda vrti skupaj s posodo?
    [$\Delta h = 4.5$ cm.]

# FIZIKA **14**

1. 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 $1.1 \times 10^{-5}$ K$^{-1}$ in prožnostnim modulom $2.1 \times 10^{11}$ N/m$^2$, druga pa iz bakra s koeficientom $1.7 \times 10^{-5}$ K$^{-1}$ in modulom $9 \times 10^{10}$ N/m$^2$.
[$F/S = 1.76 \times 10^7$ N/m$^2$.]
2. Kazalec je togo povezan z 10 cm dolgim bimetalnim trakom, ki ga sestavljata plast bakra z debelino 0.5 mm in plast železa z enako debelino. Za kolikšen kot se zasuče kazalec, če se temperatura poveča za eno stopinjo? Snovni podatki so isti kot pri prejšnji nalogi.
[$\varphi = 1.2 \times 10^{-3} = 0.07°$.]
3. Stenska ura je fizično nihalo iz bakrene palice s tako dolžino, da je pri sobni temperaturi njen nihajni čas ravno 1 s. Za koliko se spremeni nihajni čas poleti, ko temperatura naraste za 10°C? Koeficient temperaturnega raztezka za baker je $1.7 \times 10^{-5}$ K$^{-1}$.
[$\Delta t_0 = 8.5 \times 10^{-5}$ s.]
4. Na neko hladno poletno jutro so s 5000 litri nafte do vrha napolnili jekleno cisterno. Čez dan se je ozračje močno segrelo, tako da je bila opoldne temperatura za 23°C višja kot na začetku. Koliko litrov goriva je zaradi raztezanja izteklo iz cisterne? Prostorninski koeficient temperaturnega raztezka za nafto je $9.5 \times 10^{-5}$ K$^{-1}$, koeficient dolžinskega raztezka za jeklo pa je $1.1 \times 10^{-5}$ K$^{-1}$.
[$\Delta V = 7.13$ l.]
5. Posoda z debelimi jeklenimi stenami je napolnjena z alkoholom. Za koliko stopinj moramo povečati temperaturo, da bo tlak narastel za $6 \times 10^5$ Pa? Stisljivost alkohola je $1.15 \times 10^{-9}$ Pa$^{-1}$, temperaturni koeficient prostorninskega raztezka pa $7.5 \times 10^{-4}$ K$^{-1}$. Temperaturni koeficient dolžinskega raztezka jekla je $1.2 \times 10^{-5}$ K$^{-1}$.
[$\Delta T = 0.97$ K.]
6. V plinarni kupujemo po 5 kg plina v 10 litrskih jeklenkah. Plin uhaja iz jeklenke, dokler se tlak plina v jeklenki ne izenači z zunanjim zračnim tlakom, ki znaša 1 bar. Ali dobimo iz jeklenke več plina poleti pri temperaturi 30°C ali pozimi pri temperaturi −20°C? Kolikšna je razlika obeh mas? Kilomolska masa plina v jeklenki je 58 kg/kmol.
[Poleti dobimo več plina. $\Delta m = 4.55$ g.]
7. V valju z osnovno ploskvijo 100 cm$^2$ je 1 dm$^3$ plina pri tlaku $10^5$ Pa in temperaturi 20°C. Valj zapira bat, ki ga tišči vijačna vzmet s koeficientom 0.1 N/cm. Vzmet na začetku ni raztegnjena. Počasi segrejemo plin do temperature 80°C. Kolikšna je zdaj prostornina plina v valju?
[$V = 1.2$ dm$^3$.]
8. V valju z osnovno ploskvijo 100 cm$^2$ in z višino 20 cm je pri tlaku $10^5$ Pa zrak s temperaturo 20°C. Tanek bat iz izolirajoče snovi je gibljiv brez trenja in deli valj na dva dela. Na začetku sta prostornini obeh delov enaki. Kolikšno pa je razmerje prostornin, ko ohladimo na prvi strani zrak za 20°C in ga na drugi strani za prav toliko segrejemo?
[$V_1/V_2 = 0.87$.]
9. S črpalko izčrpavamo zrak iz posode s prostornino 10 dm$^3$. Na začetku je v posodi zrak pri tlaku $10^5$ Pa. Kolikšen je tlak po eni minuti, če zajame črpalka vsako sekundo 0.2 dm$^3$ zraka pri tlaku v posodi? Temperatura zraka je ves čas konstantna.
[$p = 3 \times 10^4$ Pa.]
10. Poišči potek tlaka v odvisnosti od nadmorske višine v izotermnem ozračju, če ne upoštevaš pojemanja težnega pospeška! Tlak na površju Zemlje je $10^5$ Pa in temperatura 20°C. Za koliko odstotkov se tlak na višinah 50 km in 500 km razlikuje od rezultata ob upoštevanju pojemanja težnega pospeška? Polmer Zemlje je 6400 km.
[$p(z) = p_0 \exp(-\frac{z}{h}), h = RT/Mg$; $p'(z) = p_0 \exp(-\frac{z}{h}\frac{R}{R+z})$; −4.4%, −98.5%.]

# FIZIKA 15

1. Svinčena kroglica pade z višine 20 m na toga tla in odskoči s hitrostjo 3 m/s. Kroglico ujamemo, ko doseže najvišjo točko, in poskrbimo, da ne odda nič toplote. Za kolikšen del stopinje se je segrela, če privzamemo, da pri odboju ni ušlo nič toplote v tla? Specifična toplota svinca je 130 J/kgK.
   [$\Delta T = 1.5°$C.]
2. V zmes 0.9 kg vode in 0.1 kg ledu pri 0°C damo kilogramski kos aluminija s temperaturo 200°C in počakamo, da se temperatura ustali. Kolikšna je končna temperatura? Kolikšna je pri tem skupna sprememba entropije, če se ne izgubi nič toplote? Specifična toplota aluminija je 900 J/kgK, vode pa 4180 J/kgK; talilna toplota ledu je enaka 336 kJ/kg.
   [$T_k$ =28.8°C, $\Delta S$ =138 J/K.]
3. 1 kg vode razdelimo: prvi del segrejemo na 77°C, drugega pa na 27°C. Kolikšni morata biti masi obeh delov, da bo sprememba entropije pri mešanju v toplotno izolirani posodi največja?
   [$m_1$ =0.487 kg, $m_2$ =0.513 kg.]
4. Pri nekem poskusu s kilogramom zraka je začetna prostornina 1 m$^3$ pri tlaku 1 bar, končna pa 2 m$^3$ pri 1.5 bar. Koliko toplote smo dovedli zraku, če je pri tem opravil delo 0.1 MJ?
   [$Q$ =0.6 MJ.]
5. 10 dm$^3$ argona pri 20°C stisnemo pri stalnem tlaku 1 bar na prostornino 7 dm$^3$. Koliko toplote moramo dovesti in koliko dela opravimo? Kolikšne so spremembe notranje energije, entalpije in entropije? Razmerje specifičnih toplot je $\kappa = 5/3$, specifična toplota $c_V$ pa 310 J/kgK.
   [$Q = -750$ J, $A = 300$ J, $\Delta W_n = -450$ J, $\Delta H = -750$ J, $\Delta S = -3$ J/K.]
6. Na začetku imamo 1 kg zraka pri 20°C in 1 bar. Zrak najprej hitro razpnemo, da pade tlak na 0.8 bar. Nato ga pri konstantni temperaturi stisnemo, da tlak ponovno naraste na 1 bar. Kolikšna je skupna sprememba notranje energije? Koliko dela prejme zrak in koliko toplote odda? $\kappa = 7/5$.
   [$\Delta W_n = -12970$ J, $A = 4620$ J, $Q = -17590$ J.]
7. Toplotno izolirana posoda s prostornino 1.2 dm$^3$ ima dva dela, ki ju loči vmesna stena. V prvem delu s prostornino 0.5 dm$^3$ je zrak pri 20°C in 1 bar, v drugem delu pa je tlak manjši kot $10^{-5}$ bar. Vmesno steno razbijemo in počakamo, da se vzpostavi ravnovesje. Kolikšna sta končni tlak in sprememba entropije? (Hirnov poskus.)
   [$p = 0.42 \times 10^5$ Pa, $\Delta S$ =0.15 J/K.]
8. Kisik razpnemo od tlaka 1 bar in prostornine 30 dm$^3$ do tlaka 0.3 bar in prostornine 60 dm$^3$. Med razpenjanjem poskrbimo z izmenjavo toplote, da je tlak ves čas linearno odvisen od prostornine. Kolikšno je oddano delo, kolikšna izmenjana toplota in kolikšna sprememba notranje energije?
   [$A = -1950$ J, $Q = -1050$ J, $\Delta W_n = -3000$ J.]
9. Izračunajte potek temperature in gostote v ozračju, v katerem velja $p/\rho^\kappa = konst.$! Na površju Zemlje je gostota zraka 1.2 kg/m$^3$, temperatura 20°C in tlak $10^5$ Pa, razmerje specifičnih toplot $\kappa$ za zrak pa je 1.4.
   [$T(z) = T_0(1 - \frac{\kappa-1}{\kappa}\frac{\rho_0 g z}{p_0})$; $\rho(z) = \rho_0(1 - \frac{\kappa-1}{\kappa}\frac{\rho_0 g z}{p_0})^{1/(\kappa-1)}$.]
10. V pokončnem valju je zrak zaprt z batom, ki se po valju giblje brez trenja. Kolikšno je razmerje lastnih frekvenc za nihanje bata po tem, ko ga malo izmaknemo iz ravnovesne lege, če sta bat in valj a) toplotno izolirana oziroma b) v stiku s toplotnim rezervoarjem?
    [$\nu_{(a)}/\nu_{(b)} = \sqrt{\kappa}$.]
11. V toplotno izoliranem cilindru s presekom 1 cm$^2$ je zrak zaprt z batom z maso 400 g. Če bat izmaknemo iz ravnovesne lege, zaniha. Kolikšno je razmerje nihajnih časov za primera, ko valj leži vodoravno oziroma stoji navpično? Bat se po valju giblje brez trenja. Zunanji tlak znaša 1 bar.
    [$t_{0,v}/t_{0,n} = 1.39$.]

# FIZIKA 16

1. Delovanje avtomobilskega motorja približno opišemo s krožno spremembo, sestavljeno iz dveh izohor in dveh adiabat. Razmerje največje in najmanjše prostornine v ciklu znaša 4.1. Kolikšen je izkoristek motorja? $\kappa = 7/5$. — Kolikšen pa je izkoristek, če izohori nadomestimo z izobarama, razmerje najvišjega in najnižjega tlaka v ciklu pa je 7.15?
   [$\eta = 43\%$, $\eta = 43\%$.]
2. S kilogramom butana, ki je sprva pri 0°C, opravimo naslednjo krožno spremembo: najprej izohorno podvojimo tlak, nato plin adiabatno razpnemo, zatem pa izotermno stisnemo, da se vrnemo v začetno stanje. Izračunajte izkoristek procesa! Kolikšna je sprememba entropije v enem ciklu? Podatki za butan: $M = 58$ kg/kmol, $c_V = 360$ J/kgK, $\kappa = 1.4$.
   [$\eta = 30.7\%$, $\Delta S = 0$.]
3. Liter idealnega plina ($\kappa = 1.4$) pri tlaku 1 bar in temperaturi 20°C podvržemo naslednji krožni spremembi: najprej izohorno potrojimo tlak, nato plin izotermno razpnemo do začetnega tlaka, na koncu pa ga izobarno stisnemo na prvotno prostornino. Skicirajte opisano spremembo na diagramu $p - V$ in določite njen izkoristek! Kolikšna je sprememba entropije na izotermnem odseku spremembe? Kolikšna pa je za celotno spremembo?
   [$\eta = 15.6\%$, $\Delta S_{T=\text{konst.}} = 0.37$ J/K, $\Delta S = 0$.]
4. Z idealnim plinom, ki je na začetku pri 27°C, opravimo naslednjo krožno spremembo: najprej izohorno dvignemo tlak za 20%, nato izobarno povečamo prostornino za 40%, zatem izohorno zmanjšamo tlak na začetno vrednost, na koncu pa plin izobarno stisnemo do začetnega stanja. Skicirajte spremembo na diagramu $p - V$! Kolikšen je njen izkoristek? Razmerje specifičnih toplot znaša 7/5.
   [$\eta = 3.7\%$.]
5. S kolikšno močjo mora delati elektromotor v Carnotovem hladilniku, da v 10 min spremeni v led 1 kg vode? Temperatura v hladilniku je ves čas 0°C, v okolici pa 30°C. Hladilnik ima obliko kocke s stranico 1 m, stene so debele 5 cm in imajo toplotno prevodnost 0.1 W/mK. Talilna toplota ledu je 336 kJ/kg. — Kolikšna moč zadošča, če je izolacija hladilnika idealna?
   [$P = 101.1$ W, $P = 61.5$ W.]
6. V posodi imamo mešanico $H_2$, $CH_4$ in CO. Kolikšen je masni delež posameznega plina, če so njihovi delni tlaki po vrsti 0.7 bar, 2 bar in 1.3 bar? Kolikšna je gostota mešanice pri 27°C? Kolikšna je njena kilomolska masa?
   [deleži $H_2$, $CH_4$ in CO: 2%, 46% in 52%; $\rho = 2.8$ kg/m$^3$, $M = 17.5$ kg/kmol.]

Spremembe termodinamičnih količin pri idealnem plinu; $p', V', T' \longrightarrow p, V, T$.

| | splošno | $T$ =konst. | $V$ =konst. | $p$ =konst. | $S$ =konst. |
|---|---|---|---|---|---|
| enačba stanja | | | | | |
| $\Delta W_n$ | $mc_V \Delta T$ | | | | |
| $A$ | $-\int p\mathrm{d}V$ | | | | |
| $Q$ | $\Delta W_n - A$ | | | | |
| $\Delta H$ | $\Delta W_n + \Delta(pV)$ | | | | |
| $\Delta S$ | $mc_V \ln(TV^{\kappa-1}/T'V'^{\kappa-1})$ | | | | |

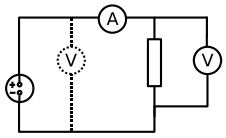
1. Na zelo lahkih 12 cm dolgih vrvicah s skupnim pritrdiščem visita kroglici z masama po 1 g in z nabojema po $+10^{-6}$ As. Kolikšen kot oklepata vrvici v ravnovesju?
   [$\alpha = 172.6°$.]
2. Dve majhni telesi z nabojema po $+10^{-16}$ As sta v razmiku 8 cm. S kolikšno hitrostjo preleti njuno zveznico elektron, ki je na začetku miroval v zelo oddaljeni točki na simetrali? Naboj elektrona je $1.6 \times 10^{-19}$ As in njegova masa $9.1 \times 10^{-31}$ kg.
   [$v = 3965$ m/s.]
3. Izračunajte električno potencialno energijo na ion v enodimenzionalni verigi enkrat pozitivnih in enkrat negativnih ionov! Razmik med ioni je $2.38 \times 10^{-10}$ m.
   [$W_{el.\ pot.} = -6.67 \times 10^{-19}$ J$= -4.2$ eV.]
4. Dve drobni kroglici z nabojem po $+3 \times 10^{-7}$ As sta v razmiku 10 cm. Kolikšno delo opravimo, ko ju počasi približamo na razdaljo 3 cm?
   [$A = 18.8$ mJ.]
5. Na žici, ki je zvita v krog s polmerom 5 cm, je naboj $+10^{-10}$ As. Kolikšno delo opravimo, ko točkasti delec z nabojem $-10^{-10}$ As počasi premaknemo iz središča kroga za 10 cm pravokotno na ravnino kroga?
   [$A = 9.88 \times 10^{-10}$ J.]
6. Vsak meter zelo dolge ravne žice s premerom 10 $\mu$m nosi naboj $+10^{-10}$ As. Točkasto telo z maso $10^{-3}$ g in z nabojem $8 \times 10^{-9}$ As se približuje žici v ravnini žice. V razdalji 10 cm od žice ima hitrost 1 m/s pod kotom 30° proti žici. Do kolikšne najmanjše razdalje se telo približa žici?
   [$a = 16$ $\mu$m.]
7. Zapišite električno poljsko jakost okrog točkastega delca, ki nosi naboj $q$! Izračunajte pripadajoči električni potencial!
   [$\vec{E} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2}\frac{\vec{r}}{r}$, $U = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r}$.]
8. Izračunajte električno poljsko jakost in električni potencial na osi enakomerno nabite krožne zanke! Zanka s polmerom $R$ nosi naboj $q$.
   [$E = \frac{q|x|}{4\pi\epsilon_0(R^2+x^2)^{3/2}}$, $U = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\sqrt{R^2+x^2}}$.]
9. Izračunajte električno poljsko jakost in električni potencial na osi enakomerno nabite tanke okrogle plošče! Polmer plošče je $R$, plošča pa nosi naboj $q$.
   [$E = \frac{q}{2\pi\epsilon_0 R^2}\left(1 - \frac{x}{\sqrt{R^2+x^2}}\right)$, $U = -\frac{q}{2\pi\epsilon_0 R^2}(|x| - \sqrt{R^2+x^2} + R)$.]
10. Izračunajte električno poljsko jakost in električni potencial enakomerno nabite tanke razsežne plošče s površinskim nabojem $\sigma$!
    [$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$, $U = -\frac{\sigma}{2\epsilon_0}|x|$.]
11. Izračunajte električno poljsko jakost in električni potencial enakomerno nabite neskončno dolge tanke žice! Dolžinska gostota naboja je $\lambda = dq/dl$.
    [$E = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0\rho}$, $U = -\frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0}\ln\frac{\rho}{R}$.]
12. Izračunajte električno poljsko jakost in električni potencial enakomerno nabite sfere s polmerom $R$ in površinskim nabojem $\sigma = q/S$!
    [$E_{r<R} = 0$, $E_{r>R} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$, $U_{r<R} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 R}$, $U_{r>R} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r}$.]
13. Izračunajte električno poljsko jakost in električni potencial enakomerno nabite krogle s polmerom $R$ in z gostoto naboja $\rho = q/V$!
    [$E_{r<R} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 R^2}\frac{r}{R}$, $E_{r>R} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$, $U_{r<R} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 R}\left(\frac{3}{2} - \frac{r^2}{2R^2}\right)$, $U_{r>R} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r}$.]

# FIZIKA 18

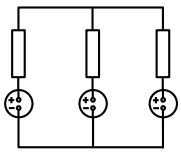
1. V breztežnem prostoru se nahajata nabita delca z masama 1 g in 10 g ter nabojema $10^{-13}$ As in $-3 \times 10^{-13}$ As. V začetku mirujeta na razdalji 10 m. Kolikšna je relativna hitrost med njima, ko se približata na razdaljo 1 m?
   [$v_{rel} = 1.36 \times 10^{-6}$ m/s.]
2. a) Skozi središče enakomerno nabite krogle s polmerom 10 m izvrtamo ozek predor in vanj spustimo droben delec z maso 0.2 kg ter nabojem $-3$ $\mu$As. S kolikšno frekvenco zaniha delec, če znaša prostorninska gostota naboja na krogli $+2$ $\mu$As/m$^3$? b) S pomočjo podobnosti elektrostatske in gravitacijske sile izračunajte, s kolikšno frekvenco bi nihalo majhno telo v ozkem predoru, izvrtanem skozi središče Zemlje! Masa Zemlje znaša $6 \times 10^{24}$ kg, polmer pa 6400 km.
   [a) $\omega = 1.06$ s$^{-1}$, b) $\omega = 1.23 \times 10^{-3}$ s$^{-1}$.]
3. V enakomerno nabiti krogli s polmerom 10 m in gostoto naboja 2 $\mu$As/m$^3$ je okrogla votlina polmera 2 m. Središče votline je od središča krogle oddaljeno 7 m. Kolikšna je električna poljska jakost v votlini?
   [$E = 5.2 \times 10^5$ V/m.]
4. Majhen delec z nabojem $e$ se nahaja na razdalji $a$ nad središčem vodoravne, enakomerno nabite okrogle plošče s polmerom $R$, površinska gostota naboja je $\sigma$. Določite maso delca, $m$! S kolikšno frekvenco zaniha delec, če ga malo izmaknemo iz ravnovesne lege? Gibanje delca je omejeno na navpičnico, ki gre skozi središče plošče.
   [$m = \frac{e\sigma}{2\epsilon_0 g}(1 - a/\sqrt{R^2 + a^2})$, $\omega_0^2 = \frac{g}{a}\frac{a}{\sqrt{R^2+a^2}}(1 + \frac{a}{\sqrt{R^2+a^2}})$.]
5. Kolikšna je kapacitivnost a) ploščatega, b) krogelnega in c) valjastega kondenzatorja?
   [a) $C = \epsilon_0 S/d$, b) $C = 4\pi\epsilon_0 rR/(R - r)$, c) $C = 2\pi\epsilon_0 l/\ln(\frac{R}{r})$.]
6. Prvi grelec navijemo iz žice s presekom 0.1 mm$^2$, dolžino 100 m in specifičnim uporom 0.1 $\Omega$mm$^2$/m, drugega pa iz žice s presekom 0.2 mm$^2$, dolžino 28 m in specifičnim uporom 0.5 $\Omega$mm$^2$/m. Grelca priključimo na napetost 220 V a) zaporedno ali b) vzporedno. Kolikšno je razmerje moči, ki ju porablja sestavljeni grelec v primerih a) in b)?
   [$P_a/P_b = 0.24$.]
7. Člen z gonilno napetostjo 3 V in uporom 1 $\Omega$ je z 1.5 m dolgimi bakrenimi žicami s presekom 0.5 mm$^2$ priključen na porabnik. Kolikšen naj bo upor porabnika, da bo moč, ki jo bo porabljal, največja? Kolikšni sta tedaj napetost na porabniku in moč? Specifična upornost bakra znaša 0.017 $\Omega$mm$^2$/m.
   [$R = 1.05$ $\Omega$, $U = 1.5$ V, $P = 2.1$ W.]
8. Žici, ki ima presek 3 mm$^2$, se presek v prisekanem stožcu najprej zmanjša na 1 mm$^2$ in se nato simetrično spet poveča na začetno vrednost. Izračunajte razmerje med napetostjo na 15 cm dolgem prehodnem delu in napetostjo na 15 cm dolgem delu žice z enakomernim presekom!
   [$U_{\text{prehodni}}/U_{\text{žica}} = \sqrt{3}$.]
9. Med vzporednima kovinskima ploščama v razmiku 1 cm, med katerima je napetost 1 V, je prevodnik s specifičnim uporom 110 $\Omega$mm$^2$/m in toplotno prevodnostjo 110 W/mK. Kolikšna je temperatura v prevodniku na sredini plasti, če vzdržujemo plošči pri temperaturi 20°C?
   [$T = 30.3$°C.]
10. Po bakreni žici teče tok 10 A/mm$^2$. Kolikšen toplotni tok na kubični milimeter žice bi morala le-ta oddajati, da se ne bi segrela? Za koliko stopinj pa bi se segrela vsako sekundo, če bi bila toplotno izolirana? Privzemite, da je žica tanka, gostota bakra je 8900 kg/m$^3$, specifična toplota 380 J/kgK in specifični upor 0.017 $\Omega$mm$^2$/m.
    [$j_Q/l = 1.7 \times 10^{-3}$ W/mm$^3$, d$T$/d$t = 0.49$ K/s.]
11. Napetost na uporniku z uporom 100 $\Omega$ pade v 1 minuti linearno s časom od 220 V na nič. Kolikšno toploto odda upornik v tem času, če je njegova temperatura ves čas konstantna?
    [$Q = 9680$ J.]

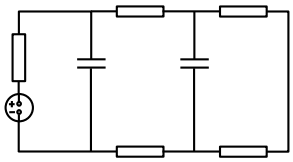
# FIZIKA 19

1. Upornik ima upor 300 Ω, ampermeter 25 Ω in voltmeter 800 Ω. Kolikšno relativno napako zagrešimo, če izračunamo moč, ki jo porablja upornik, iz napetosti in toka pri a) prvem in b) drugem načinu vezave ampermetra in voltmetra (slika 1)?
   [a) 10.7% preveč, b) 7.9% premalo.]

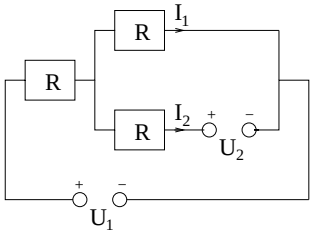


slika 1


slika 2


slika 3

2. Galvanski členi z gonilnimi napetostmi po 1 V, 2 V in 3 V in notranjimi upornostmi 15 Ω, 20 Ω in 30 Ω so vezani, kot kaže slika 2, upori upornikov pa znašajo po vrsti 85 Ω, 180 Ω in 270 Ω. Kolikšni tokovi tečejo po posameznih vejah vezja?
   [$I_1 = -6.3$ mA, $I_2 = 1.8$ mA, $I_3 = 4.5$ mA.]
3. Akumulator z napetostjo 8 V poganja tok skozi verigo upornikov s kondenzatorji, prikazano na sliki 3. Upornosti upornikov so po vrsti (gledano od akumulatorja v smeri urnega kazalca) 4 Ω, 1 Ω, 5 Ω, 5 Ω in 1 Ω. Kapacitivnost levega kondenzatorja znaša 5 $\mu$F, desnega pa 0.1 $\mu$F. Kolikšen naboj se nabere na vsakem izmed njiju?
   [$e_{\text{levi}} = 3 \times 10^{-5}$ As, $e_{\text{desni}} = 5 \times 10^{-7}$ As.]
4. Kondenzator s kapacitivnostjo 300 nF praznimo preko upornika z upornostjo 1 MΩ. Po kolikšnem času se kondenzator izprazni do polovice?
   [$t = 0.21$ s.]
5. Tri upornike z uporom $R = 2\,\Omega$ in bateriji povežemo v vezje, ki je prikazano na skici. Kolikšna mora biti napetost $U_2$, da tok teče samo po zgornji veji vezja, $I_2 = 0$? Napetost $U_1$ je 10 V.
   [$U = 5$ V.]




6. Kondenzator s kapacitivnostjo 9 nF, ki smo ga nabili z nabojem $5 \times 10^{-5}$ As, spraznimo prek porabnika z upornostjo 70 MΩ. Kolikšna je energija kondenzatorja 0.5 s po tem, ko smo sklenili tokokrog? Kolikšno električno delo prejme porabnik po dolgem času?
   [$W = 0.028$ J, $A = 0.14$ J.]
7. Ploščati kondenzator s ploščino plošč po 100 cm$^2$ in razmikom 2 cm ima prvo ploščo pritrjeno, druga pa visi na vzmeti s koeficientom 0.4 N/m. Kolikšno napetost moramo priključiti na kondenzator, da se bo razdalja plošč zmanjšala za 1 cm?
   [$U = 3$ kV.]
8. Kondenzator za 0.01 $\mu$F je nabit na 1000 V, kondenzator za 0.5 $\mu$F pa na 400 V. Pri prvem poskusu zvežemo obe pozitivni in obe negativni elektrodi, pri drugem poskusu pa negativno s pozitivno in pozitivno z negativno. Kolikšni sta končni napetosti v obeh primerih? Kolikšna energija gre v izgubo?
   [a) $U = 412$ V, $\Delta W = -1.8$ mJ, b) $U = 373$ V, $\Delta W = -9.6$ mJ.]
9. Plošči ploščatega kondenzatorja s ploščino po 100 cm$^2$ sta 3 cm narazen. Kolikšno delo opravimo, ko ju počasi razmaknemo na 5 cm: a) če je na ploščah ves čas napetost 1000 V in b) če sta bili plošči med poskusom izolirani, a je bila na njiju v začetku napetost 1000 V?
   [a) $A = 5.9 \times 10^{-7}$ J, b) $A = 9.9 \times 10^{-7}$ J.]

# FIZIKA 20

1. Po valjasti žici s polmerom 1 cm teče po vsem preseku enakomerno porazdeljen tok 1000 A. Kolikšna je gostota magnetnega polja v vodniku v razdalji 0.5 cm od osi? Kolikšna pa je gostota magnetnega polja zunaj vodnika na razdalji 2 cm od osi?
   [$B(r < R) = (\mu_0 I/2\pi R^2)r$, $B(r > R) = \mu_0 I/2\pi r$; $B(0.5\text{ cm}) = 0.01$ T, $B(2\text{ cm}) = 0.01$ T.]
2. Kolikšna je gostota magnetnega polja sredi kvadratnega ovoja z dolžino stranice 5 cm, če teče po ovoju tok 1 A?
   [$B = 2.3 \times 10^{-5}$ T.]
3. Elektron izstopi iz ravne katode z zanemarljivo majhno hitrostjo v prostor, v katerem je električno polje z jakostjo $10^5$ V/m pravokotno na katodo in magnetno polje z gostoto 0.005 T vzporedno s katodo. V kolikšni razdalji se elektron zopet dotakne katode? Za koliko centimetrov se je največ oddaljil od katode?
   [$x = 14.3$ cm, $y_{max} = 4.5$ cm.]
4. Nabiti delci vstopajo v ploščati kondenzator s hitrostjo 1040 m/s pravokotno glede na silnice električnega polja. V kateri smeri in kako veliko naj bo dodatno magnetno polje, da se tir nabitih delcev ne bo ukrivil? Napetost na kondenzatorju je 50 V, plošči pa sta razmaknjeni za 1 cm.
   [$B = 4.8$ T.]
5. Po dolgem ravnem vodniku teče tok 30 A. V ravnini vodnika je kvadraten ovoj z dolžino stranice 5 cm. Po ovoju teče tok 10 A. Kolikšna sila deluje na ovoj, če sta dve stranici vzporedni z vodnikom in je bližja od vodnika oddaljena za 3 cm?
   [$F = 6.2 \times 10^{-5}$ N.]
6. Krožni ovoj, po katerem teče tok 100 A, ima premer 10 cm in je v ravnini, pravokotni na smer magnetnega polja z gostoto 0.2 T. Kolikšna sila nateza ovoj?
   [$F = 1$ N.]
7. Magnetnico postavimo v smer magnetnega polja, jo malo zasučemo in spustimo. Magnetnica zaniha s frekvenco 0.8 Hz. Kolikšna je gostota magnetnega polja? V zemeljskem magnetnem polju z vodoravno komponento gostote $2 \times 10^{-4}$ T niha ta magnetnica okoli navpične osi s frekvenco 0.02 Hz.
   [$B = 0.32$ T.]
8. V veliki tuljavi s 100 ovoji, dolžino 1 m in tokom 25 A je tuljavica s 500 ovoji, presekom 20 cm$^2$ in tokom 0.1 A. Na začetku sta geometrijski osi tuljave in tuljavice vzporedni. Nato počasi zasučemo tuljavico okoli osi, ki je pravokotna na njeno geometrijsko os, za 180°. Kolikšno delo opravimo pri tem?
   [$A = 6.3 \times 10^{-4}$ J.]
9. Dva dolga vzporedna vodnika v razmiku 5 cm sta na prvih krajiščih povezana s prečko, medtem ko druga prečka drsi po njiju. Oba vodnika in obe prečki imajo enak presek in enak specifični upor. Pravokotno na ravnino vodnikov je homogeno magnetno polje z gostoto 1 T. Premična prečka, ki je na začetku ob prečki na krajišču, se začne gibati enakomerno pospešeno. Kolikšna je razdalja od prečke do krajišča v trenutku, ko je inducirani tok največji?
   [$x = 5$ cm.]
10. Homogeno magnetno polje z gostoto 0.5 T ima navpično smer. V polju se v vodoravni ravnini vrti polmetrska palica s frekvenco 2 Hz tako, da kroži prvo krajišče po krogu z radijem 25 cm in drugo po krogu z radijem 75 cm. Kolikšna napetost se inducira med krajiščema palice?
    [$U_i = 1.57$ V.]

# FIZIKA 21

1. Obroč iz kovine s specifičnim uporom 0.05 $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$ ima polmer 5 cm in presek 1 $\text{mm}^2$. Obroč vrtimo okoli premera, ki je pravokoten na magnetno polje z gostoto 0.7 T. Kolikšen povprečni navor je potreben, da se obroč zavrti desekrat v sekundi?
   [$\bar{M} = 0.06$ Nm.]
2. V ravnini ravnega vodnika, po katerem teče tok 300 A, je ovoj v obliki pravokotnika s stranicama 5 cm in 10 cm. Daljši stranici sta vzporedni z vodnikom, bližnja je oddaljena od vodnika za 3 cm. Izključimo tok po vodniku. Kolikšen tokovni sunek izmeri balistični galvanometer z uporom 10 $\Omega$, ki je vključen v ovoj?
   [$\int I_i \mathrm{d}t = 5.9 \times 10^{-7}$ As.]
3. Po dveh vzporednih dolgih ravnih vodnikih, ki sta v medsebojni razdalji 80 cm, tečeta tokova 30 A v nasprotnih smereh. Kovinska palica z dolžino 20 cm, ki je ves čas vzporedna z vodnikoma, se na začetku nahaja v razdalji 10 cm od prvega vodnika. Nato jo začnemo z enakomerno hitrostjo 5 cm/s premikati proti drugemu vodniku. Kolikšna je inducirana napetost med koncema palice v trenutku, ko je palica od prvega vodnika oddaljena 20 cm? Kolikšna je minimalna vrednost inducirane napetosti v območju med vodnikoma?
   [$U_i(20\text{ cm}) = 4 \times 10^{-7}$ V, $U_{i,min} = 3 \times 10^{-7}$ V, $d(U_{i,min}) = 40$ cm.]
4. V dolgo, enakomerno navito tuljavo, po kateri teče izmenični tok $I = I_0 \cos \omega t$, vstavimo žični ovoj s površino 100 $\text{cm}^2$, tako da se pravokotnica na ravnino ovoja ujema z osjo tuljave. Izračunajte, kako se napetost, ki se inducira v ovoju, spreminja s časom in kolikšna je njena amplituda. Ovoj sklenemo prek upornika z upornostjo 700 $\Omega$. Izračunajte časovno odvisnost električne moči, ki se sprošča na uporniku. Amplituda toka v tuljavi je $I_0 = 5$ A, krožna frekvenca je $\omega = 3000\ \text{s}^{-1}$, tuljava pa ima 500 ovojev na centimeter dolžine.
   [$U_i(t) = U_{i,0} \sin \omega t$, $U_{i,0} = 9.4$ V, $P = P_0 \sin^2 \omega t$, $P_0 = 0.13$ W.]
5. Na baterijo z gonilno napetostjo 6 V in uporom 2 $\Omega$ priključimo zaporedno upornik za 10 $\Omega$ in tuljavo z induktivnostjo $2 \times 10^{-3}$ H. Kolikšni sta napetosti na tuljavi in na uporniku $10^{-4}$ s po vključitvi? Skiciraj časovni potek napetosti na tuljavi!
   [$U_L = 3.3$ V, $U_R = 2.3$ V.]
6. Električni nihajni krog sestavljata kondenzator s kapaciteto 1 $\mu$F in tuljava z induktivnostjo $10^{-3}$ H. Kondenzator nabijemo in nato krog s stikalom sklenemo. Kolikšna je lastna frekvenca takega nihajnega kroga? Po kolikšnem času odda kondenzator polovico svoje začetne energije tuljavi?
   [$\omega_0 = 3.2 \times 10^4\ \text{s}^{-1}$, $t = 2.5 \times 10^{-5}$ s.]
7. Na izvor izmenične napetosti z amplitudo 310 V in frekvenco 50 Hz priključimo porabnik, ki je lahko (a) upornik z upornostjo 1 k$\Omega$, (b) kondenzator s kapacitivnostjo 10 $\mu$F ali (c) tuljava z induktivnostjo 10 H. Za vsakega izmed primerov skicirajte časovni potek toka skozi porabnik! Kolikšna sta amplituda toka in njegov fazni zamik glede na napetost izvora? Kolikšna je povprečna moč, ki se sprošča na porabniku?
   [a) $I_0 = 0.31$ A, $\delta = 0$, $\bar{P} = 48$ W; b) $I_0 = 0.97$ A, $\delta = \pi/2$, $\bar{P} = 0$; c) $I_0 = 0.10$ A, $\delta = -\pi/2$, $\bar{P} = 0$.]
8. Kondenzator s kapacitivnostjo 1 $\mu$F vežemo vzporedno z upornikom z upornostjo 1 M$\Omega$ in ju priključimo na izmenično napetost s frekvenco 50 Hz. Določite impedanco vezja! Kolikšen je fazni zamik napetosti in celotnega toka skozi vezje?
   [$Z = 3.2$ k$\Omega$, $\delta = 89.8°$.]
9. Enaka naloga kot prejšnja, le da vezje sestavljata zaporedno vezani tuljava z induktivnostjo 1 H in upornik z upornostjo 3 k$\Omega$!
   [$Z = 3$ k$\Omega$, $\delta = -6°$.]

# FIZIKA 22

1. Nam najbližja zvezda Alfa Kentavra je od Zemlje oddaljena 4.3 svetlobnega leta. Kako dolgo traja potovanje od Zemlje do zvezde za opazovalca na Zemlji in kako dolgo za potnika na vesoljski ladji, ki se glede na Zemljo giblje s hitrostjo 0.8 $c$? Privzemi, da Zemlja in zvezda mirujeta ena glede na drugo.
   [$t = 5.4$ leta, $t' = 3.2$ leta.]
2. Mioni se gibljejo s hitrostjo 0.994 $c$. Lastni razpadni čas miona meri $2.2 \times 10^{-6}$ s. Kolikšen je razpadni čas v letu? Kolikšno razdaljo v povprečju prepotuje mion, preden razpade?
   [$t_0 = 2 \times 10^{-5}$ s, $\bar{l} = 6$ km.]
3. Kolikšno dolžino palice nameri opazovalec, ki se giblje glede na palico s hitrostjo 0.8 $c$ pod kotom 30° proti smeri palice? Kolikšen je za opazovalca, za katerega palica miruje, kot med smerjo palice in smerjo gibajočega se opazovalca? Lastna dolžina palice je 1 m.
   [$l = 66$ cm, $\alpha' = 19°$.]
4. Vesoljska ladja z dolžino 100 m se giblje mimo Zemlje s hitrostjo 0.5 $c$. Iz zadnjega krajišča ladje izstrelimo proti sprednjemu kroglo. Opazovalec na Zemlji izmeri, da je hitrost krogle 0.9 $c$ glede na Zemljo. Kolikšen čas potrebuje krogla, da preleti od prvega krajišča ladje do drugega, merjeno na ladji?
   [$t' = 0.46$ $\mu$s.]
5. Mirujoči opazovalec vidi dva delca, ki se gibljeta drug proti drugemu s hitrostjo 0.9 $c$ glede na opazovalca. Kolikšna je hitrost drugega delca glede na prvega? Kolikšna pa bi bila ta hitrost, če bi se delca gibala s hitrostjo 0.1 $c$? Primerjajte rezultata s hitrostjo, ki bi jo dala Galilejeva transformacija!
   [$v_1 = 0.994$ $c$, $v_2 = 0.198$ $c$.]
6. Kolikšna je kinetična energija protona z gibalno količino 800 MeV/c? Kolikšna je njegova hitrost? Masa protona je $1.67 \times 10^{-27}$ kg, to je 938 MeV/c$^2$.
   [$T = 295$ MeV, $v = 0.65$ $c$.]
7. Elektron s kinetično energijo 20 MeV prožno trči z mirujočim elektronom. Kolikšen je najmanjši kot, pod katerim lahko odletita elektrona po trku?
   [$\alpha_{\min} = 12.4°$.]
8. Pozitron s kinetično energijo 500 keV se anihilira z mirujočim elektronom. Nastala fotona odletita v smeri gibanja pozitrona in v nasprotni smeri. Kolikšni sta energiji fotonov? Mirovni energiji pozitrona in elektrona sta enaki in znašata 0.51 MeV.
   [$E_{\gamma,1} = 1.2$ MeV, $E_{\gamma,2} = 0.32$ MeV.]
9. Elektron, ki sprva miruje, pospeši napetost 1.02 MV. Nato prileti elektron v prečno magnetno polje z gostoto 0.0425 T. Kako se nato giblje? Kolikšna je po 0.1 ns velikost njegove hitrosti? Kolikšen je v tem trenutku kot med hitrostjo in začetno smerjo hitrosti? Mirovna energija elektrona je 0.51 MeV.
   [kroži z $\omega_c = 2.5 \times 10^9$ s$^{-1}$, $v = v_0 = 0.94$ $c$, $\alpha = 14.3°$.]
10. Astronomi so za neko značilno spektralno črto, ki je prišla iz opazovane galaksije, izmerili, da je njena valovna dolžina za 46 % večja, kot bi bila, če bi prišla iz mirujočega svetila. S kolikšno hitrostjo se dana galaksija oddaljuje glede na Zemljo?
   [$v = 0.36$ $c$.]