

Prosim, da kakršnekoli vsebinske ali pravopisne napake sporočite na elektronski naslov sasa.fratina@ijs.si. Za obvestila se vnaprej zahvaljujem.

1. Kolokvij iz biofizike

Veterinarska fakulteta

Ljubljana, 21.11.2002

1. Majhno letalo za štiri osebe Cessna ima maso $m = 700$ kg. Pri vzletanju se letalo giblje enakomerno pospešeno s pospeškom $a = 2,0$ m/s². Vsaj kolikšna mora biti dolžina vzletne steze, če je vzletna hitrost letala $v = 110$ km/h?
2. Tone pridrvi z avtomobilom s hitrostjo $v_1 = 80$ km/h s stranske ceste pravokotno na glavno cesto in se brez zaviranja zaleti v Jožeta, ki vozi avto s hitrostjo $v_2 = 60$ km/h. S kolikšno hitrostjo in v kakšni smeri se gibljeta avtomobila po neprožnem trku? Privzamemo, da imata oba avtomobila (skupaj s potniki) enako maso $m = 1,0$ t.
3. Štiri vzmeti s koeficienti prožnosti $k_1 = 100$ N/m, $k_2 = 70$ N/m, $k_3 = 50$ N/m in $k_4 = 150$ N/m zaporedno povežemo in obesimo na strop, na prosti konec pa obesimo utež z maso $m = 1,5$ kg. Za koliko se podaljša ta sestavljena vzmet?
4. Zračni tlak lahko merimo z živosrebrnim manometrom. To je cevka v obliki črke J. Desni, višji krak je zataljen, v njem je vakuum, levi krak pa je odprt. V cevki je živo srebro (slika 1). Kolikšen je zračni tlak, če je razlika višin obeh gladin živega srebra $h = 760$ mm? Gostota živega srebra je $\rho = 13600$ kg/m³.

Rešitve 1. kolokvija iz biofizike

1. Ker se letalo giblje enakomerno pospešeno, je čas pospeševanja $t = \Delta v/a = v/a = 15$ s. Dolžina vzletne steze mora biti enaka vsaj toliko, kolikor je dolga pot, ki jo prepotuje letalo v tem času: $l = \bar{v}t = vt/2 = 470$ m.
2. Napišemo enačbo za ohranitev gibalne količine v smeri prvega (x) in drugega (y) avtomobila.

$$mv_1 = 2mv_x$$

$$mv_2 = 2mv_y$$

Kot med smerjo avtomobilov po trku in med smerjo prvega avtomobila pred trkom φ in njuna skupna hitrost v sta potem

$$\varphi = \arctan\left(\frac{v_x}{v_y}\right) = 53^\circ$$

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = 50 \text{ km/h}$$

3. Vzmeti so vezane zaporedno, zato so vse napete z enako silo, ki je enaka teži uteži.

$$mg = k_1x_1 = k_2x_2 = k_3x_3 = k_4x_4$$

Skupni raztezek vzmeti je enak vsoti raztezkov posameznih vzmeti.

$$x = x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = mg \left(\frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} + \frac{1}{k_3} + \frac{1}{k_4} \right) = 0,76 \text{ m}$$

4. Zračni tlak je enak tlaku živega srebra na isti višini, to je v globini h pod gladino živega srebra v desnem, zataljenem kraku cevke. Ker je na vrhu desnega kraka cevke vakum (tlak je enak nič), je tlak v globini h enak kar hidrostatskemu tlaku živega srebra.

$$p_z = \rho gh = 10,3 \text{ kPa}$$

2. kolokvij iz biofizike

Veterinarska fakulteta

Ljubljana, 29.1.2003

1. V električni krog so vezani štiri upori tako, kot kaže skica. Velikosti uporov so $R_1 = R_2 = 2,0\Omega$, $R_3 = 1,0\Omega$ in $R_4 = 4,0\Omega$.
 - Kolikšen je njihov skupni upor?
 - Kolikšen je skupni tok skozi vezje, če je gonilna napetost baterije enaka $U = 4,5\text{ V}$?
 - Kolikšna je napetost na uporu R_1 ?
 - Kolikšen tok teče skozi upor R_1 , kolikšen skozi R_2 in kolikšen skozi R_3 ?

2. Naboji $e_1 = e_2 = 10^{-6}\text{ As}$ in $e_3 = -10^{-6}\text{ As}$ so postavljeni v oglišča enakokrakega trikotnika z osnovnico $a = 10\text{ cm}$ in krakoma $b = 20\text{ cm}$ (slika). S kolikšno električno silo naboja e_1 in e_2 učinkujeta na naboj e_3 ? Kolikšno električno delo opravimo, ko naboj e_3 prestavimo na sredino osnovnice med naboja e_1 in e_2 ?

3. Skozi središče tuljave je napeljan vodnik tako, da je njegova smer pravokotna na os tuljave. Kolikšna sila deluje na vodnik, če po njem teče tok $I_1 = 1,0\text{ A}$? Število navojev tuljave je $N = 500$, polmer tuljave je $R = 5,0\text{ cm}$ in njena dolžina $l = 30\text{ cm}$. Po tuljavi teče tok $I_2 = 2,0\text{ A}$.

4. Potapljač lebdi $1,0\text{ m}$ pod morsko gladino in pod kotom 30° glede na navpičnico opazuje vrh $5,0\text{ m}$ oddaljenega svetilnika. Kolikšna je višina svetilnika?

Rešitve 2. kolokvija iz biofizike

1. Nadomestni upor vzporedno vezanih uporov R_3 in R_4 je enak $R_{3,4} = \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4} = 0,8\Omega$. Ta dva upora sta zaporedno vezana upor R_2 , zato je skupni upor teh treh enak $R_{2-4} = R_2 + R_{3,4} = 2,8\Omega$. Tej skupini je vzporedno vezan še upor R_1 , torej je upornost celotnega vezja enaka $R = \frac{R_1 R_{2-4}}{R_1 + R_{2-4}} = 1,2\Omega$.

Skupni tok, ki teče po vezju, je $I = U/R = 3,9$ A.

Ker je upor R_1 vezan na vir napetosti vzporedno, je napetost na njem kar enaka gonilni napetosti, $U_1 = 4,5$ V.

Za vsakega izmed uporav velja, da je $U_i = I_i R_i$, kjer je $i \in \{1, \dots, 4\}$ indeks posameznega upora. Tok skozi R_1 je torej $I_1 = U_1/R_1 = 2,3$ A. Vsota tokov I_1 in I_2 je enak skupnemu toku, torej je tok skozi R_2 enak $I_2 = I - I_1 = 1,6$ A. Tok skozi R_3 lahko spet izračunamo po enačbi $I_3 = U_3/R_3$, kjer je U_3 enak razliki gonilne napetosti in padca napetosti na R_2 : $U_3 = U - U_2 = U - I_2 R_2$. Izračunamo $I_3 = 1,3$ A.

2. Naboj e_1 učinkuje na naboj e_3 s silo, ki je po velikosti enaka

$$F_{13} = \frac{|e_1 e_3|}{4\pi\epsilon_0 b^2} = 0,22 \text{ N}$$

Sila F_{23} , s katero naboj e_2 deluje na naboj e_3 , je po velikosti enaka F_{13} . Vsota obeh sil, ki delujeta na naboj e_3 , je

$$F = 2F_{13}\cos\varphi = 2F_{13}\sqrt{1 - (a/2b)^2} = 0,44 \text{ N}$$

Pri premikanju naboja opravimo delo, ki je enako spremembi električne energije tretjega naboja W_e . $W_e = e_3 U_3$, kjer je U_3 enak električnemu potencialu na mestu tretjega naboja in je enak vsoti potencialov točkastih nabojev e_1 in e_2 . Potencial v razdalji r od točkastega naboja e je enak $U(r) = e/(4\pi\epsilon_0 r)$, torej je

$$\begin{aligned} U_3(r) &= U_1(r) + U_2(r) = 2U_1(r) \\ A &= e_3 U_3(a/2) - U_3(b) = e_3 \left(2\frac{e_1}{4\pi\epsilon_0 a/2} - 2\frac{e_1}{4\pi\epsilon_0 b} \right) = \\ &= \frac{2e_1 e_3}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{2}{a} - \frac{1}{b} \right) = -0,27 \text{ J} \end{aligned}$$

Delo je negativno, torej smo delo pri premikanju naboja prejeli.

3. Gostota magnetnega polja dolge tuljave je

$$B = \frac{\mu_0 N I}{l} = 4,2 \text{ mT}$$

Sila na vodnik v magnetnem polju je enaka produktu gostote magnetnega polja, toka v vodniku in dolžine vodnika v magnetnem polju. Slednja je v našem primeru enaka premeru tuljave, torej $2R$.

$$F = B I 2R = 4,2 \cdot 10^{-4} \text{ N}$$

4. Če označimo z α kot med smerjo žarka v zraku in navpičnico (izstopni kot iz vode) in z β kot med smerjo žarka v vodi in navpičnico ($\beta = 30^\circ$), lahko po lomnem zakonu $\sin \alpha / \sin \beta = n/1$ izračunamo kot $\alpha = 42^\circ$. Pri nadaljnjem računu uporabimo izraze za kotne funkcije v dveh pravokotnih trikotnikih, katerih hipotenuzi tvori pot žarka. Vodoravni del poti, ki jo žarek prepotuje v vodi, je enak $x = h \tan \beta = 0,58$ m. Vodoravni del poti, ki jo žarek prepotuje v zraku, je enak $y = l - x = 4,42$ m. Zveza med višino svetilnika H in y pa je $H = y / \tan \beta = 5,0$ m.

1. izpit iz biofizike

Veterinarska fakulteta

Ljubljana, 13.01.2003

1. S kolikšno hitrostjo moramo poriniti sani v klanec z naklonom 10° , da se bodo ustavile po 10 m prevožene poti?
Trenje zanemarimo.
2. Na morju plava jadrnica z maso $m = 300$ kg.
Največ koliko tovora sme biti na jadrnici, če je njen največji dovoljen ugrez enak $V = 600$ l?
Gostota morske vode je $\rho = 1,13 \cdot 10^3$ kg/m³.
3. Ploščati kondenzator s površino plošč $S = 500$ cm² in razmikom med njima $d = 2,0$ mm nabijemo z napetostjo $U = 220$ V in nato izključimo vir napetosti.
Kolikšna je napetost med ploščama, če plošči razmaknemo na razdaljo $d_1 = 5,0$ mm? Koliko dela pri tem opravimo?
4. V homogenem magnetnem polju gostote $B = 0,40$ T leži okrogla žična zanka, katere polmer je enak $r = 5,0$ cm. Zanka je vrtljiva okoli osi, ki je pravokotna na smer magnetnega polja in na geometrijsko os zanke ter poteka skozi njeno središče. Geometrijska os zanke je nagnjena za kot $\alpha = 30^\circ$ glede na smer magnetnega polja.
Kolikšen magnetni navor deluje na zanko, če po njej teče električni tok $I = 3,0$ A? Kolikšen mora biti kot α , da bo navor največji in kolikšen, da bo navor enak nič?

Rešitve 1. izpita iz biofizike

1. Kinetična energija sani na začetku je enaka potencialni energiji sani na koncu, ko se sani ustavijo.

$$\begin{aligned}mgh &= mv^2/2 \\ v &= \sqrt{2gh} = 5,9 \text{ m/s} = 21 \text{ km/h}\end{aligned}$$

2. Celotna sila teže jadrnice s tovorom je lahko enaka največ sili vzgona pri največjem dovoljenem ugrezu.

$$\begin{aligned}(m + m_1)g &= \rho V g \\ m_1 &= \rho V - m = 380 \text{ kg}\end{aligned}$$

m_1 je masa največjega dovoljenega tovora.

3. Ker je kondenzator med razmikanjem izoliran od okolice, je naboj na njem konstanten. Ker je $e = CU$ in $C = \varepsilon_0 S/d$, sledi

$$\begin{aligned}CU &= C_1 U_1 \\ U_1 &= CU/C_1 = U d_1/d = 550 \text{ V}\end{aligned}$$

Opravljen delo je enako spremembi električne energije kondenzatorja.

$$\begin{aligned}A &= W_{e1} - W_e = C_1 U_1^2/2 - CU^2/2 = \\ &= \frac{1}{2} \frac{\varepsilon_0 S}{d} U^2 \left(\frac{d_1}{d} - 1 \right) = 8,0 \cdot 10^{-6} \text{ J}\end{aligned}$$

4. Navor na zanko je enak

$$M = ISB \sin \alpha = I\pi r^2 B \sin \alpha = 4,7 \cdot 10^{-3} \text{ Nm}$$

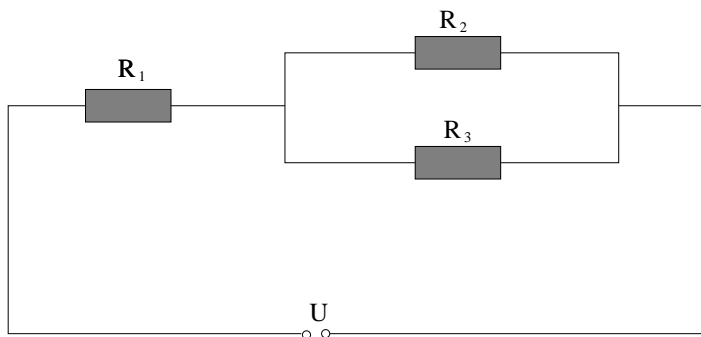
in je največji, ko je $\alpha = 90^\circ$ ter najmanjši, ko je $\alpha = 0^\circ$.

2. izpit iz biofizike

Veterinarska fakulteta

Ljubljana, 27.05.2003

1. Raketa vzleti s pospeškom $2,0 \text{ m/s}^2$.
Po kolikšnem času doseže višino $2,0 \text{ km}$?
S kolikšno silo jo pospešujejo motorji, če je njena masa 2000 ton ?
2. Pretok vode v slapu Rinka v Logarski dolini je $2,0 \text{ m}^3/\text{s}$. Prečni presek slapu na vrhu je 1 m^2 .
Kolikšen je presek slapu na dnu, če je višina slapu 90 m ? Pršenje vode na skalah zanemari.
Kolikšna je sprememba potencialne energije enega kilograma vode, ki pade v slapu?
3. V električni krog so vezani trije upori tako, kot kaže skica. Velikosti uporov so $R_1 = 3,0\Omega$, $R_2 = 1,0\Omega$ in $R_3 = 4,0\Omega$.
 - Kolikšen je njihov skupni upor?
 - Kolikšen je skupni tok skozi vezje, če je gonilna napetost baterije enaka $U = 4,5 \text{ V}$?
 - Kolikšna je napetost na upor R_1 ?
 - Kolikšen tok teče skozi upor R_1 , kolikšen skozi R_2 in kolikšen skozi R_3 ?



4. Na uklonsko mrežico z razmikom med režami $d = 3\mu\text{m}$ posvetimo z argonskim laserjem valovne dolžine 514 nm .
Pod kolikšnim kotom vidimo uklonski maksimum tretjega reda na dva metra oddaljenem zaslonu?

Rešitve 2. izpita iz biofizike

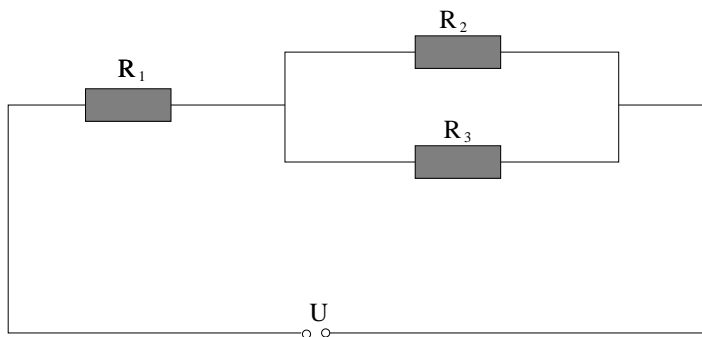
1. Raketa se giblje enakomerno pospešeno z začetno hitrostjo 0, zato je njena višina v odvisnosti od časa enaka $h = at^2/2$ in $t = \sqrt{2h/a} = 45$ s.
Na raketo deluje sila motorjev F navpično navzgor in sila teže $F_g = mg$ navpično navzdol. Njuna rezultanta pospešuje raketo in je enaka ma . Sila motorjev je torej $F = mg + ma = m(g + a) = 2,4 \cdot 10^7$ N.
2. Iz Bernoullijeve enačbe sledi $v = \sqrt{v_o^2 + 2gh}$, kje je v_o hitrost vode na vrhu slapu, ki jo izračunamo iz podanega pretoka, $v_o = \Phi/S_o = 2,0$ m/s. Sledi $v = 42$ m/s. Sprememba potencialne energije je po definiciji $\Delta W_p = mgh = 900$ J.
3. Skozi zaporedno vezane upore teče enak tok, na vzporedno vezanih uporih je enaka napetost.
 - Skupni upor vzporedno vezanih uporov R_2 in R_3 je $R_2R_3/(R_2 + R_3)$. Celotni upor je potem $R = R_1 + R_2R_3/(R_2 + R_3) = 3,8\Omega$.
 - $I = U/R = 1,2$ A.
 - $U_1 = IR_1 = 3,6$ V.
 - $I_1 = I = 1,2$ A, $I_2 = U_2/R_2$; enako za I_3 , kjer je $U_2 = U_3 = U - U_1 = 0,95$ V. Sledi $I_2 = 0,95$ A in $I_3 = 0,24$ A.
4. Za uklon na uklonski mrežici velja enačba $d \sin \alpha = N\lambda$, kjer je d razmik med režami, λ valovna dolžina in α kot, pod katerim vidimo uklonski maksimum N -tega reda. Sledi $\alpha = 0,54$ radiana = 31° .

3. izpit iz biofizike

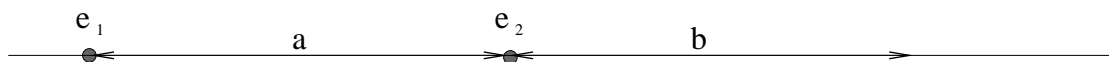
Veterinarska fakulteta

Ljubljana, 12.09.2003

1. Vlak spelje s postaje s stalnim pospeškom $0,70 \text{ m/s}^2$.
Po kolikšnem času doseže hitrost 60 km/h ?
Kolikšno pot prepotuje v tem času?
Kako daleč pred postajo mora vlak začeti zavirati, če je njegov največji pojemek $0,30 \text{ m/s}^2$?
2. Znano je, da $1/7$ plavajoče ledene gore gleda iz morja.
Izračunaj, kolikšna je njena gostota, če je gostota morske vode 1130 kg/m^3 ?
Katere sile delujejo na potopljeno ledeno goro?
3. V električni krog so vezani trije upori tako, kot kaže skica. Velikosti uporov so $R_1 = 1,0\Omega$, $R_2 = 2,0\Omega$ in $R_3 = 3,0\Omega$.
 - Kolikšen je njihov skupni upor?
 - Kolikšen je skupni tok skozi vezje, če je gonilna napetost baterije enaka $U = 4,5 \text{ V}$?
 - Kolikšna je napetost na uporu R_1 ?
 - Kolikšen tok teče skozi upor R_1 , kolikšen skozi R_2 in kolikšen skozi R_3 ?



4. Točkasta naboja $e_1 = 0,1 \mu\text{As}$ in $e_2 = -0,2 \mu\text{As}$ sta med seboj oddaljena za $a = 10 \text{ cm}$. Kolikšna je jakost električnega polja in kolikšen je električni potencial na veznici nabojev v oddaljenosti $b = 10 \text{ cm}$ desno od naboja e_2 (slika)?



Rešitve 3. izpita iz biofizike

1. Vlaku se giblje enakomerno pospešeno z začetno hitrostjo 0, zato se njegova hitrost spreminja s časom linearno, $v = at$ in sledi $t = v/a = 24$ s. V tem času prepotuje razdaljo $s = \bar{v}t = at^2/2 = 200$ m.
Pri zaviranju so enačbe povsem enake, sledi $s = \bar{v}t = vt/2 = v^2/(2a) = 460$ m.
2. Na potopljeno ledeno goro delujeta sila teže $F_g = mg$ navpično navzdol in sila vzgona $F_{vzg} = \rho_v V_v g$ navpično navzgor. Ker ledena gora miruje, sta sili nasprotno enaki. $\rho_v = 1130$ kg/m³ je gostota morske vode, $V_v = 6/7V$ pa volumen potopljenega dela ledene gore (V je celoten volumen ledu). Izrazimo še maso ledene gore kot $m = \rho V$ in izenačimo $F_g = F_{vzg}$, sledi $\rho = 6/7\rho_v = 970$ kg/m³.
3. Skozi zaporedno vezane upore teče enak tok, na vzporedno vezanih uporih je enaka napetost.
 - Skupni upor vzporedno vezanih uporov R_2 in R_3 je $R_2 R_3 / (R_2 + R_3)$. Celotni upor je potem $R = R_1 + R_2 R_3 / (R_2 + R_3) = 2,2\Omega$.
 - $I = U/R = 2,0$ A.
 - $U_1 = IR_1 = 2,0$ V.
 - $I_1 = I = 2,0$ A, $I_2 = U_2/R_2$; enako za I_3 , kjer je $U_2 = U_3 = U - U_1 = 2,5$ V. Sledi $I_2 = 1,2$ A in $I_3 = 0,82$ A.

4. Električno polje točkastega naboja e je po velikosti enako $E = |e|/(4\pi\epsilon_0 r^2)$, kjer je r razdalja od naboja, njegova smer pa kaže radialno stran od naboja, če je ta pozitiven in obratno, če je negativen. Jakost električnega polja na iskanem mestu je torej

$$E = \frac{|e_1|}{4\pi\epsilon_0(a+b)^2} - \frac{|e_2|}{4\pi\epsilon_0(b)^2} = -0,16 \cdot 10^6 \text{ V/m.}$$

Z negativnim predznakom v enačbi smo upoštevali, da smer el. polja drugega naboja kaže v nasprotni smeri. Negativen končni rezultat pomeni, da kaže skupno el. polje v smeri proti nabojem.

Električni potencial v razdalji r od točkastega naboja e je enak $U(r) = e/(4\pi\epsilon_0 r)$, torej je potencial na iskanem mestu

$$U = \frac{e_1}{4\pi\epsilon_0(a+b)} + \frac{e_2}{4\pi\epsilon_0 b} = -13 \text{ kV/m.}$$