Rešitve in točkovanje nalog s tekmovanja iz fizike za srebrno Stefanovo priznanje 2016/17

9. razred

Da bi se izognili morebitnemu negativnemu končnemu dosežku, se vsakemu tekmovalcu dodeli začetnih 5 točk.

Sklop A:
V sklopu **A** je pravilen odgovor ovrednoten z 2 točkama. Nepravilen odgovor ali več odgovorov se točkuje z 1 negativno točko, neodgovorjeno vprašanje pa z 0 točkami. Upoštevajo se izključno odgovori, ki jih je tekmovalec zapisal v preglednico. Pravilni odgovori so:

A1	**A2**	**A3**	**A4**	**A5**
A	D	A	D	C

A1 Ko zapestnica visi potopljena v glicerin na silomeru, je v ravnovesju: njeno težo $\vec{F}_g$, ki vleče zapestnico navzdol, uravnovesita sili vzgona $\vec{F}_{vzg}$ in silomera $\vec{F}_s$, ki vlečeta zapestnico navzgor. Za velikosti sil lahko zapišemo $F_g = F_{vzg} + F_s$ in od tod dobimo $F_{vzg} = F_g - F_s = 1{,}38\,\mathrm{N} - 1{,}29\,\mathrm{N} = 0{,}09\,\mathrm{N}$. Iz razmerja med težo in silo vzgona

$$\frac{F_g}{F_{vzg}} = \frac{\rho \cdot V \cdot g}{\rho_g \cdot V \cdot g} = \frac{\rho}{\rho_g}\,,$$

kjer je V prostornina zapestnice (enaka tudi prostornini izpodrinjenega glicerina) in g težni pospešek, izrazimo gostoto snovi, iz katere je zapestnica ρ, z gostoto glicerina ρ_g, ki jo poiščemo v tabeli gostot, $\rho_g = 1260\,\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}$, in razmerjem med silama,

$$\rho = \rho_g \cdot \frac{F_g}{F_{vzg}} = 1260\,\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3} \cdot \frac{1{,}38\,\mathrm{N}}{0{,}09\,\mathrm{N}} = 19{,}32\,\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}\,,$$

kar je natanko gostota zlata. Zapestnica je zlata.

A2 Opazujemo sistem, v katerem sta voziček s kamenčki, utež s stalno maso M, ki visi prek škripca, in lahka vrvica, ki ju povezuje. Skupna masa sistema je $m_s = m + M$. Utež in voziček se gibljeta enakomerno pospešeno, pospešuje ju rezultanta vseh sil na sistem, ki je kar enaka teži uteži $F_r = F_g = M \cdot g$. Drugi Newtonov zakon pravi, da je pospešek sistema a enak razmerju med rezultanto sil na sistem in maso sistema,

$$a = \frac{F_r}{m_s} = \frac{M \cdot g}{M + m}\,.$$

Graf, ki pravilno kaže, kako je pospešek a odvisen od mase vozička s kamenčki m je graf (D). Ko masa vozička s kamenčki m narašča, gre pospešek a proti 0, a doseže to vrednost v idealnem primeru (ko ni trenja) šele pri $m \to \infty$.

A3 Košček ledu se po klancu navzdol giblje enakomerno pospešeno, od dna klanca navzgor na nasprotni breg pa enakomerno pojemajoče. Hitrost koščka ledu do trenutka, ko je na dnu klanca, enakomerno narašča, od dna navzgor po nasprotnem bregu pa enakomerno pada, kot kaže graf (A).

A4 Enoto koeficienta temperaturnega raztezka α določimo iz izraza

$$\alpha = \frac{\Delta l}{l \cdot \Delta T} \to \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{m} \cdot \mathrm{K}} \to \frac{\mathrm{mm}}{\mathrm{m} \cdot \mathrm{K}}\,,$$

kar je enota, zapisana pri (D).

A5 Sili obeh podpor uravnovesita težo akvarija in vsega, kar je v njem. Ko na gladino položimo račko, se sili podpor skupaj povečata za težo račke, in sicer vsaka za polovico (C). Če v akvariju ne bi bilo vode, bi se sila leve podpore povečala nekoliko več, sila desne pa nekoliko manj, ker je račka bližje levi podpori. Ker je v akvariju voda, se obe sili povečata enako, kar je povezano s tem, kako se po kapljevinah prenašajo sile.

Sklop B:

B1 (a) Kinetična energija izstrelka z maso $m = 1{,}02\,\mathrm{g} = 0{,}00102\,\mathrm{kg}$ in hitrostjo $v = 220\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$, tik preden se zaleti v kvader, je

$$W_k = \frac{1}{2}\,m \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot 0{,}00102\,\mathrm{kg} \cdot \left(220\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\right)^2 = 24{,}7\,\mathrm{J}\,.$$

Za pravilni rezultat .... **(1 točka)**

(b) Izstrelek se v kvadru ustavlja, nanj deluje sila $F_u = 1{,}6$ kN. Delo sile F_u med ustavljanjem na poti s je negativno in enako spremembi kinetične energije izstrelka na tej poti. Izstrelek se ustavi, njegova kinetična energija se z začetne W_k zmanjša na 0. Zapišemo lahko

$$\Delta W_k = 0 - W_k = -F_u \cdot s$$

in izrazimo pot s,

$$s = \frac{W_k}{F_u} = \frac{24{,}7\,\mathrm{J}}{1{,}6\,\mathrm{kN}} = 0{,}01548\,\mathrm{m} = 1{,}54\,\mathrm{cm}\,.$$

Za pravilni rezultat .... **(2 točki)**
Za pravilno zapisan izrek o kinetični energiji .... (1 točka)

(c) Prostornina kvadra je $V = 4\,\mathrm{palcev} \cdot 4\,\mathrm{palcev} \cdot 6\,\mathrm{palcev} = 96\,\mathrm{palcev}^3 = 96\,\mathrm{in}^3$. Masa kvadra s prostornino V in gostoto $\rho = 0{,}033\,\frac{\mathrm{lbs}}{\mathrm{in}^3}$ je

$$m_k = \rho \cdot V = 0{,}033\,\frac{\mathrm{lbs}}{\mathrm{in}^3} \cdot 96\,\mathrm{in}^3 = 3{,}17\,\mathrm{lbs} = 3{,}17 \cdot 0{,}4536\,\mathrm{kg} = 1{,}44\,\mathrm{kg}\,.$$

Upoštevali smo pretvorbo funtov (lbs) v kilograme.

Za pravilno maso v kilogramih .... **(3 točke)**
Za pravilno prostornino kvadra (v katerihkoli enotah) .... (1 točka)
Za pravilno maso v lbs .... (1 točka)
Za pravilno pretvorbo lbs v kg in palcev v metre .... (1 točka)

(d) Izstrelek med ustavljanjem v kvadru iz polietilena (PE) opravi na kvadru pozitivno delo. Izstrelek delo kvadru odda, zato se izstrelku zmanjša kinetična energija, kvadru pa se zaradi prejetega dela za prav toliko poveča notranja energija, temperatura pa za ΔT. Zapišemo lahko $|\Delta W_k| = \Delta W_n = m_k \cdot c_{PE} \cdot \Delta T$, kjer sta m_k izračunana masa kvadra in c_{PE} podana specifična toplota polietilena ter izrazimo ΔT

$$\Delta T = \frac{|\Delta W_k|}{m_k \cdot c_{PE}} = \frac{24{,}7\,\mathrm{J} \cdot \mathrm{kg} \cdot \mathrm{K}}{1{,}44\,\mathrm{kg} \cdot 1{,}9\,\mathrm{kJ}} = 0{,}009\,\mathrm{K}\,.$$

Za pravilno spremembo temperature .... **(2 točki)**
Za pravilno uporabo energijskega zakona .... (1 točka)

(e) Glede na to, da je masa izstrelka mnogo manjša od mase kvadra, in glede na to, da sta specifični toploti jekla c_j in polietilena c_{PE} istega velikostnega reda, utemeljeno domnevamo, da se s toploto, ki jo od izstrelka med njegovim ohlajanjem prejme kvader, slednji le malo segreje in je končna temperatura izstrelka in kvadra zelo podobna začetni temperaturi kvadra $T_k = 20°\mathrm{C}$. To pomeni, da se izstrelek v kvadru ohladi z začetne temperature $T_i = 200°\mathrm{C}$ za $\Delta T_i = T_i - T_k = 180°\mathrm{C}$. Med ohlajanjem izstrelek odda kvadru toploto $Q = m \cdot c_j \cdot \Delta T_i$. To isto toploto kvader prejme in se ob tem segreje za $\Delta T'$, pri čemer velja $Q = m_k \cdot c_{PE} \cdot \Delta T'$. Izenačimo oba izraza za Q in iz enačbe izrazimo $\Delta T'$,

$$\Delta T' = \frac{m \cdot c_j \cdot \Delta T_i}{m_k \cdot c_{PE}} = \frac{0{,}00102\,\mathrm{kg} \cdot 460\,\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{kg \cdot K}} \cdot 180\,\mathrm{K}}{1{,}44\,\mathrm{kg} \cdot 1900\,\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{kg \cdot K}}} = 0{,}031\,\mathrm{K}\,.$$

Za pravilno spremembo temperature .... **(3 točke)**
Za pravilno uporabo energijskega zakona .... (1 točka)
Za pravilno oceno spremembe temperature izstrelka .... (1 točka)

Tekmovalec dobi pri nalogi **B1** največ **11 točk**.

B2 (a) Prvi vlak se giblje s pospeškom $a_1 = 0{,}15\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$ in opravi do trenutka $t_1 = 20\,\mathrm{s}$ pot

$$s_1 = \frac{1}{2}\,a_1 \cdot t_1^2 = \frac{1}{2} \cdot 0{,}15\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} \cdot (20\,\mathrm{s})^2 = 30\,\mathrm{m}\,.$$

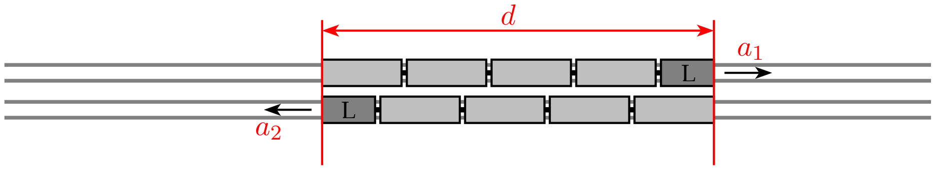
Drugi vlak se giblje s pospeškom $a_2 = 0{,}25\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$ in opravi do trenutka $t_1 = 20\,\mathrm{s}$ pot

$$s_2 = \frac{1}{2}\,a_2 \cdot t_1^2 = \frac{1}{2} \cdot 0{,}25\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} \cdot (20\,\mathrm{s})^2 = 50\,\mathrm{m}\,.$$

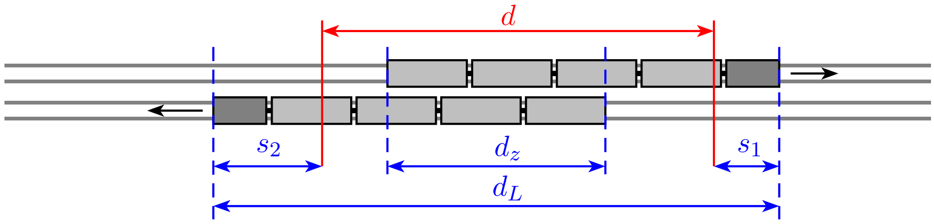
Za pravilno pot prvega vlaka .... **(1 točka)**
Za pravilno pot drugega vlaka .... **(1 točka)**

(b) Ob času $t = 0$ je razdalja med sprednjima deloma lokomotiv enaka eni dolžini vlaka $d = 180$ m in tolikšna je tudi razdalja med zadnjima deloma njunih zadnjih vagonov (kot kaže slika pri nalogi). Potem, ko vlaka speljeta vsak v svojo smer, se razdalja med sprednjima deloma njunih lokomotiv povečuje, razdalja med zadnjima deloma njunih zadnjih vagonov pa se najprej, dokler sta vlaka še delno vštric, zmanjšuje. Ob času t_1 je razdalja med sprednjima deloma lokomotiv $d_L = d + s_1 + s_2 = 180\ \mathrm{m} + 30\ \mathrm{m} + 50\ \mathrm{m} = 260\ \mathrm{m}$. Ob času t_1 je razdalja med zadnjima deloma zadnjih vagonov $d_z = d - (s_1 + s_2) = 180\ \mathrm{m} - 30\ \mathrm{m} - 50\ \mathrm{m} = 100\ \mathrm{m}$.

$t = 0$:



$t = t_1 = 20$ s:



Za pravilno razdaljo d_L .... **(1 točka)**
Za pravilno razdaljo d_z .... **(1 točka)**

(c) Vlaka vozita eden mimo drugega čas t_2, dokler skupaj ne prevozita ene dolžine posameznega vlaka d. Prvi vlak v času t_2 prevozi pot s'_1 in drugi vlak prevozi pot s'_2,

$$s'_1 = \frac{1}{2}\,a_1 \cdot t_2^2 \quad \text{in} \quad s'_2 = \frac{1}{2}\,a_2 \cdot t_2^2\,.$$

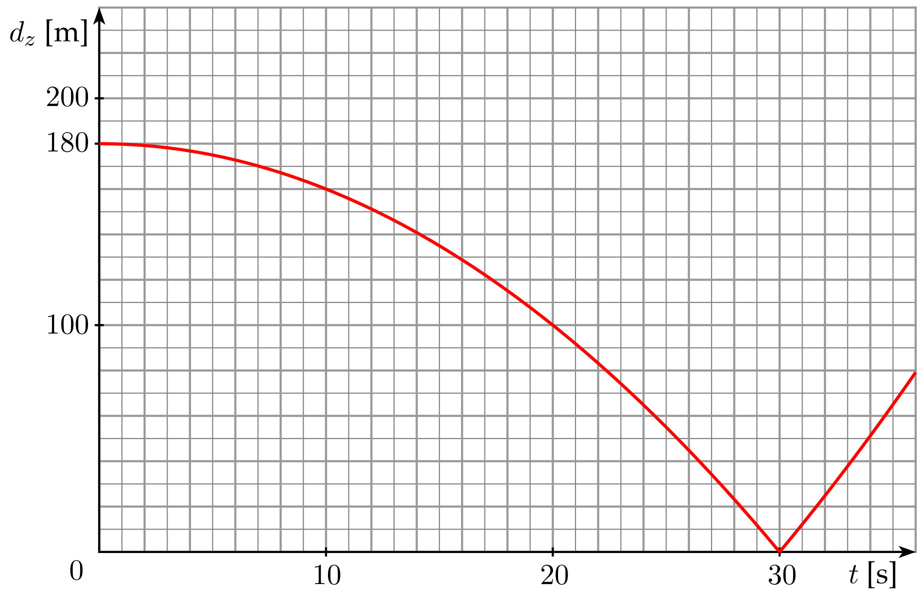
Vsota obeh poti je enaka dolžini vlaka, $s'_1 + s'_2 = \frac{1}{2}\,(a_1 + a_2) \cdot t_2^2 = d$, odkoder izrazimo čas t_2,

$$t_2 = \sqrt{\frac{2 \cdot d}{a_1 + a_2}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 180\,\mathrm{m}}{0{,}15\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} + 0{,}25\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}}} = \sqrt{\frac{360\,\mathrm{m}}{0{,}40\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}}} = 30\,\mathrm{s}\,.$$

Za pravilen čas t_2 .... **(2 točki)**

Za pravilen sklep, da je vsota poti, ki ju prevozita oba vlaka v času t_2 enaka d ... (1 točka)

(d) V koordinatnem sistemu je narisan graf, ki kaže, kako se s časom spreminja razdalja d_z med zadnjima deloma zadnjih vagonov.



Ob $t = 0$ vlaka speljeta enakomerno pospešeno. Njuni hitrosti s časom naraščata, zato se vedno hitreje spreminja razdalja med zadnjima deloma zadnjih vagonov. Ta razdalja se do (že izračunanega) trenutka $t_2 = 30$ s zmanjšuje. Ob t_2 sta zadnja dela zadnjih vagonov vštric, razdalja med njima je 0, po tem času pa se razdalja spet povečuje (vedno hitreje).

Za v celoti pravilno narisan in označen graf (oznaka osi, količine in enote) .... **(5 točk)**

Za pravilno označene osi (količine in enote) .... (1 točka)

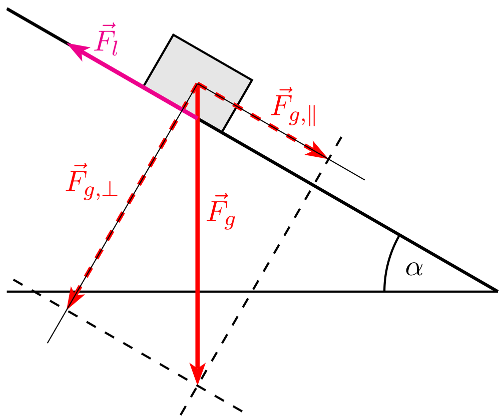
Za pravilno obliko (parabolo) in ves čas $d_z \geq 0$ (razdalja ni negativna) .... **(1 točka)**

Za pravilno obliko grafa pri $t \to 0$ (vodoravno) .... **(1 točka)**

Za pravilno razdaljo $d_z = 0$ ob t_2 .... **(1 točka)**

Tekmovalec dobi pri nalogi **B2** največ **11 točk**.

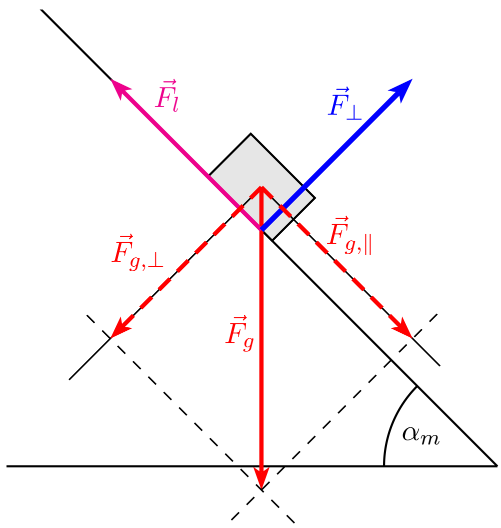
B3 (a) Klada na klancu miruje, sile nanjo so v ravnovesju. Poleg teže $\vec{F}_g$, ki jo razstavimo na komponenti vzdolž podlage (klanca) $\vec{F}_{g,\parallel}$ in pravokotno na podlago (klanec) $\vec{F}_{g,\perp}$ (glej sliko), delujeta nanjo še pravokotna sila podlage $\vec{F}_\perp$ (na sliki ni prikazana) in sila lepenja $\vec{F}_l$. Pravokotna sila podlage $\vec{F}_\perp$ uravnovesi na podlago pravokotno komponento teže $\vec{F}_{g,\perp}$, sila lepenja $\vec{F}_l$ pa uravnovesi s podlago vzporedno komponento teže $\vec{F}_{g,\parallel}$. Izberemo primerno merilo (v teh rešitvah ustreza 1 cm sili 2,5 N) in ugotovimo, da sta podlagi vzporedna komponenta teže in sila lepenja po velikosti enaki 5 N.



Za pravilno velikost sile .... **(2 točki)**
Za pravilno razstavljeno težo in / ali upoštevano ravnovesje sil na klado .... (1 točka)

(b) Ko naklon klanca povečujemo pri kotih, ki so manjši od α_m, se veča s klancem vporedna komponenta sile podlage $\vec{F}_{g,\parallel}$, in veča se tudi sila lepenja $\vec{F}_l$, ki to komponento teže uravnoveša – dokler se lahko. Ko pri mejnem kotu α_m preseže največjo vrednost, določeno z neenačbo $F_l \leq k_l \cdot F_\perp \rightarrow F_{l,max} = k_l \cdot F_\perp$, klada zdrsne. Sile na klado na klancu z naklonom $\alpha_m = 45°$ kaže slika. Uporabimo isto merilo in enak postopek kot pri (a) in ugotovimo, da meri sila lepenja tik preden klada zdrsne 7,1 N $\pm$ 0,3 N.

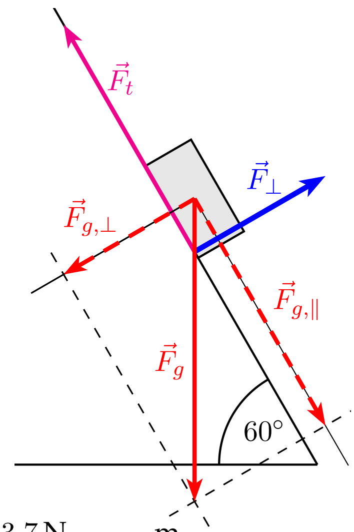
Za pravilno velikost sile .... **(1 točka)**



(c) Na sliki pri (b) je v izbranem merilu prikazana tudi pravokotna sila podlage na klado $\vec{F}_\perp$, ki uravnovesi pravokotno komponento teže $\vec{F}_{g,\perp}$ tik preden klada zdrsne, $F_\perp = F_{g,\perp}$. Ugotovimo (tudi iz simetrije, ker je naklon klanca ravno 45°), da je $F_{g,\perp} = F_{g,\parallel} = 7{,}1$ N $\pm 0{,}3$ N. Upoštevamo zvezo $F_l = F_{l,max} = k_l \cdot F_\perp$ ter enakosti $F_l = F_{g,\parallel} = F_{g,\perp} = F_\perp$ in ugotovimo, da je koeficient lepenja $k_l = 1$.

Za pravilno vrednost k_l .... **(1 točka)**

(d) Ko je naklon klanca večji od mejnega kota α_m, klada po klancu drsi enakomerno pospešeno. Rezultanta vseh sil kaže vzdolž klanca navzdol in je enaka vsoti klancu vporedne komponente teže, ki je vzporedna smeri gibanja, in sile trenja, ki je nasprotna smeri gibanja, $\vec{F}_{rez} = \vec{F}_{g,\|} + \vec{F}_t$, po velikosti pa je enaka razliki med tema silama, $F_{rez} = F_{g,\|} - F_t$. Velikost sile trenja je $F_t = k_t \cdot F_\perp$ in ker je $k_t = k_l = 1$ ter ker je $F_\perp = F_{g,\perp}$, je $F_t = F_{g,\perp}$. Velikost sil določimo z načrtovanjem, kot pri (a) in (b). Ugotovimo, da je $F_{g,\perp} = 5\,\mathrm{N}$ in $F_{g,\|} = 8{,}7\,\mathrm{N} \pm 0{,}3\,\mathrm{N}$.



Klada se giblje s pospeškom a,

$$a = \frac{F_{rez}}{m} = \frac{F_{g,\|} - F_t}{m} = \frac{F_{g,\|} - F_{g,\perp}}{m} = \frac{8{,}7\,\mathrm{N} - 5\,\mathrm{N}}{1\,\mathrm{kg}} = \frac{3{,}7\,\mathrm{N}}{1\,\mathrm{kg}} = 3{,}7\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$$

Za pravilno vrednost a .... **(3 točke)**
Za pravilno zapisan 2. Newtonov zakon, upoštevane smeri sil .... (1 točka)
Za pravilno izračunano velikost sile trenja .... (1 točka)

(e) Ko klado tiščimo ob klanec v smeri, pravokotno na klanec, s silo roke $\vec{F}_r$, se za silo roke poveča tudi pravokotna sila podlage, $F_\perp = F_{g,\perp} + F_r$, in poveča se tudi največja sila lepenja, $F_{l,max} = k_l \cdot F_\perp$. Ko velikost največje sile lepenja $F_{l,max}$ doseže velikost klancu vporedne komponente teže $F_{g,\|}$, klada na klancu lahko miruje. Ker je koeficient lepenja $k_l = 1$, vidimo, da moramo klado ob klanec pritiskati s silo, ki je po velikosti enaka razliki med $F_{g,\|}$ in $F_{g,\perp}$ pri vprašanju (d), $F_r = 3{,}7\,\mathrm{N}$.

Za pravilno vrednost F_r .... **(2 točki)**
Za pravilno upoštevane smeri sil in ravnovesje .... (1 točka)

Tekmovalec dobi pri nalogi **B3** največ **9 točk**.