

Županijsko natjecanje iz fizike 2024./2025.

Srednje škole – 1. skupina

Rješenja i smjernice za bodovanje

U smjernicama je naveden samo jedan mogući način rješavanja, a treba priznati i bilo koji drugi ispravan postupak. Boduju se i drugi zapisi ako su u skladu s odabranim referentnim sustavom i napisanim jednadžbama u mjernim jedinicama po slobodnom izboru. Ako su preskočene trivijalne linije koje se boduju, a jednadžbe u nastavku su dobre, priznaju se bodovi kao da je napisano sve. Ne boduju se formule u kojima je upisan kriv iznos neke fizičke veličine. Dodjeljuju se samo cjelobrojni bodovi.

1. zadatak (10 bodova)

Modeliramo kamen kao točkasto tijelo u horizontalnom hitcu koje u vertikalnom smjeru (y) prijeđe visinu izbačaja od zadnje stepenice $y_0 = 1.345$ m, 4 stepenice visine $y_1 = 10.5$ m i dio visine korita rijeke do vode $y_2 = 0.8$ m,

[1 bod] $y = y_0 + 4y_1 + y_2 = 44.145$ m.

Tijelo u smjeru y slobodno pada jednolikom akceleracijom g

[1 bod] $y = gt^2/2 \Rightarrow t = \sqrt{2y/g}$

[1 bod] $t = 3$ s (boduje se samo točan rezultat).

U horizontalnom (x) smjeru tijelo se giba jednoliko pa iz dometa

[1 bod] $x = 4x_1 + x_2/2 = 21$ m (boduje se samo točan rezultat)
možemo procijeniti početnu brzinu (brzinu izbačaja) u horizontalnom smjeru koja se ne mijenja tijekom gibanja

[1 bod] $v_x = x/t$

[1 bod] $v_x = 7$ m/s (boduje se samo točan rezultat).

U smjeru y tijelo za vrijeme pada jednoliko ubrzava akceleracijom $g = 9.81$ m/s² pa netom prije udara vertikalna komponenta brzine iznosi

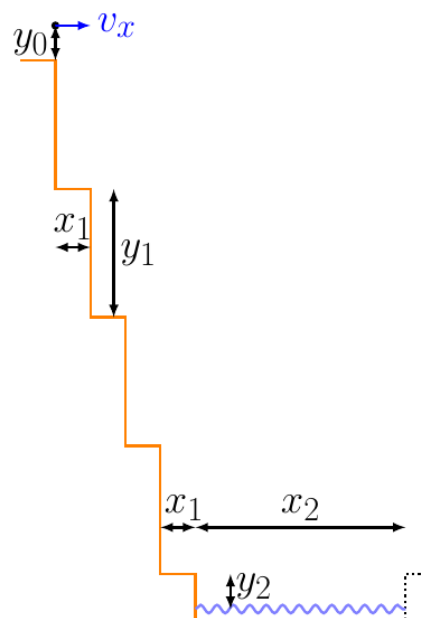
[1 bod] $v_y = gt$

[1 bod] $v_y = 29.43$ m/s.

Ukupnom iznosu brzine netom prije udara pridonose horizontalna i vertikalna komponenta

[1 bod] $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$

[1 bod] $v \approx 30.25$ m/s.



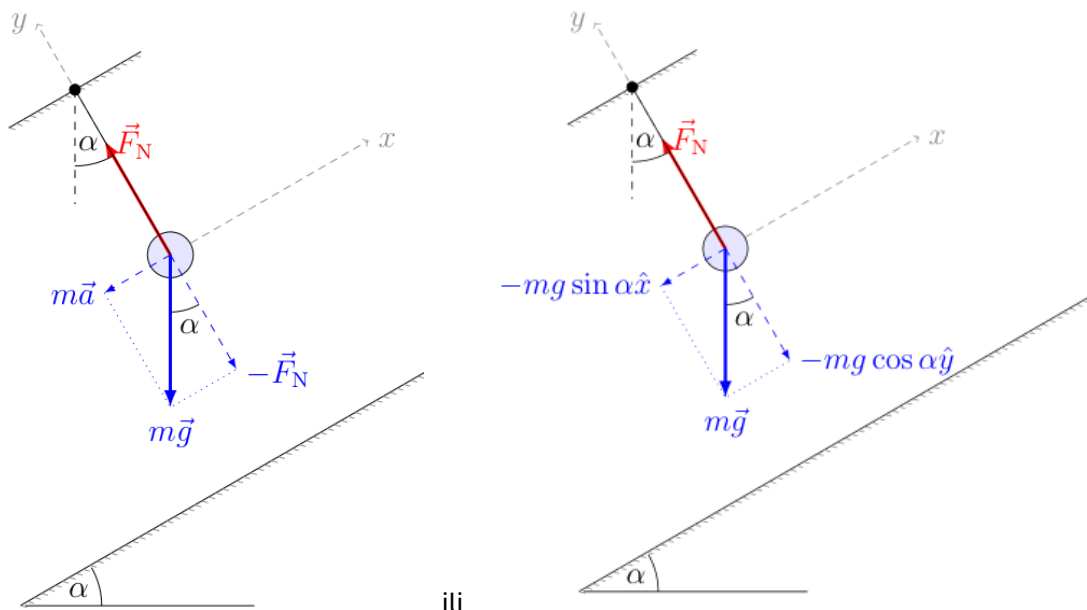
2. zadatak (10 bodova)

Modeliramo miris kao točkasto tijelo mase $m = 10 \text{ g} = 0.01 \text{ kg}$ koje visi okomito na kosinu (cestu). Djeluju sile prikazane na donjoj slici (boduju se pravilne orijentacije sila, prikazane samostalno i/ili preko komponenti, prikazane strelicama čije duljine ne moraju biti sumjerljive iznosima sila):

[1 bod] **napetost niti** okomito na kosinu (prema gore),

[1 bod] **gravitacijska sila** koju rastavljamo na komponentu okomitu na kosinu i niz kosinu,

[1 bod] s označenim kutom α između kosine i tla sukladnim kutu između okomica na tlo i kosinu, a može biti dodana i inercijalna sila $-m\vec{a}$ ako se promatra iz sustava automobila umjesto sustava vezanog uz tlo.



Automobil tijekom vremenskog intervala $\Delta t = 10 \text{ s}$ ubrzava jednoliko od početne brzine

[1 bod] $v_0 = 36 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 36 \cdot \frac{1000 \text{ m}}{3600 \text{ s}} = 10 \text{ m/s}$

do konačne brzine

[1 bod] $v_t = 72 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 72 \cdot \frac{1000 \text{ m}}{3600 \text{ s}} = 20 \text{ m/s}$

iz čega možemo procijeniti akceleraciju

[1 bod] $a = (v_t - v_0)/\Delta t = (10 \text{ m/s})/(10 \text{ s}) = 1 \text{ m s}^{-2}$.

Napetost niti poništava komponentu gravitacijske sile okomitu na kosinu, a nit stoji okomito na kosinu što znači da se obješeni miris giba istim ubrzanjem kao automobil pod djelovanjem neponištene komponente gravitacijske sile paralelne kosini

[1 bod] koja prema II. Newtonovu zakonu iznosi ma , odnosno $ma = mg \sin \alpha$. Alternativno, promatrano iz sustava automobila ma interpretiramo kao inercijalnu silu koja uravnotežuje.

[1 bod] Dakle, katete F_N i ma s hipotenuzom mg tvore pravokutni trokut, odnosno dodatno možemo odrediti kut α iz $\sin \alpha = a/g$,

$$\alpha = \arcsin(a/g) \approx 0.1021 \text{ rad} \approx 5.85^\circ$$

pa $\cos \alpha$ možemo izračunati direktno iz ili koristeći identitet $\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1$ iz kojega je $\cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha}$. Iz spomenutog pravokutnog trokuta slijedi napetost niti

[1 bod] $F_N = \sqrt{(mg)^2 - (ma)^2}$ ili $F_N = mg \cos \alpha = mg \sqrt{1 - \sin^2 \alpha}$,

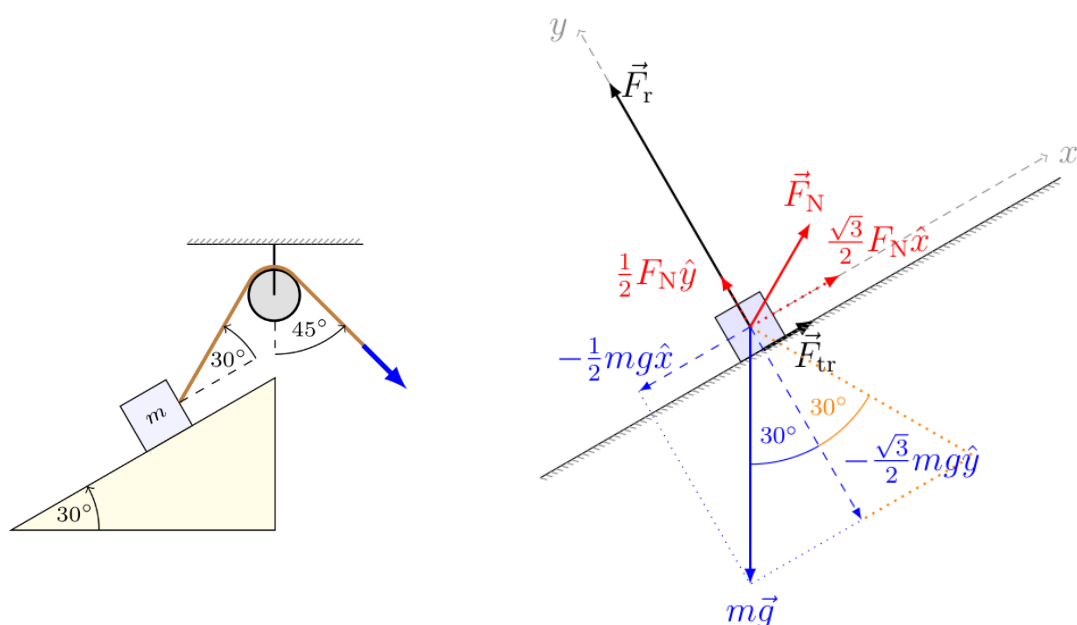
[1 bod] $F_N = mg \sqrt{1 - (a/g)^2} \approx 97.6 \text{ mN}$.

3. zadatak (10 bodova)

Postavimo Kartezijev koordinatni sustav tako da je blok u ishodištu, os x orijentirana uz kosinu, a os y okomita na kosinu orijentirana prema gore.

Djeluju samo sile prikazane na donjoj slici (boduju se pravilne orijentacije sila, prikazane samostalno i/ili preko komponenti, prikazane strelicama čije duljine ne moraju biti sumjerljive iznosima sila):

- [1 bod] **gravitacijska sila** $m\vec{g}$ koju rastavljamo na komponente koje se mogu izraziti iz jednakostraničnog/pravokutnog trokuta: paralelnu s kosinom (niz kosinu) kao $mg/2$ ili $mg \sin 30^\circ$ te okomitu na kosinu (prema dolje) kao $mg\sqrt{3}/2$ ili $mg \cos 30^\circ$;
- [1 bod] **napetost užeta** \vec{F}_N pod kutom od 30° s kosinom (nije prikazano radi previše detalja) čije komponente slijede kao za gravitacijsku silu iz sličnog jednakostraničnog trokuta;
- [1 bod] **sila trenja** \vec{F}_{tr} koja djeluje uz kosinu (pomaže da blok ne klizi prema dolje) jer promatramo granični slučaj minimalne sile kojom djeluje Hrvoje F_H (zbog koloture $F_H = F_N$).
- [1 bod] **reakcija podloge** \vec{F}_r (okomito na kosinu).



Priznaju se svi bodovi u nizu ako su preskočene očite linije i napisana gotova jednadžba, npr. odmah uračunato $a_x = a_y = 0$ (ravnoteža) ili napisano objedinjeno, a ne po komponentama.

Primjenom II. Newtonova zakona na sile u smjeru x i y dobivamo sustav jednadžbi:

[1 bod] $F_N\sqrt{3}/2 - mg/2 + F_{tr} = ma_x = 0$ ili $F_N \cos \alpha - mg \sin \alpha + F_{tr} = ma_x = 0$, (1)

[1 bod] $F_r + F_N/2 - mg\sqrt{3}/2 = ma_y = 0$ ili $F_r + F_N \sin \alpha - mg \cos \alpha = ma_y = 0$. (2)

Iz (2) slijedi reakcija podloge

[1 bod] $F_r = mg\sqrt{3}/2 - F_N/2$

[1 bod] pa sila trenja iznosi $F_{tr} = \mu F_r = \mu mg\sqrt{3}/2 - \mu F_N/2$. (3)

Uvrštavanjem (3) u (1) dobivamo napetost niti

[1 bod] $F_N = mg(1/2 - \mu\sqrt{3}/2)/(\sqrt{3}/2 - \mu/2) = mg(1/2 - 3/8)/(\sqrt{3}/2 - \sqrt{3}/8)$

$F_N = mg/(3\sqrt{3}) = mg\sqrt{3}/9 \approx 0.19245mg$.

Minimalna sila kojom Hrvoje mora djelovati, zbog koloture (neovisno o danom kutu 45°), jednaka je napetosti užeta

[1 bod] $F_H = F_N \approx 186.91 \text{ N}$.

4. zadatak (10 bodova)

Ključeve promatramo kao vertikalni hitac prema gore, odnosno tijelo u slobodnome padu s početnim položajem y_0 i početnom brzinom v_0 prema gore. Postavimo li sustav da pozitivna os y gleda prema gore, akceleracija tijela iznosi

[1 bod] $a = -g = -9.81 \text{ m/s}^2$.

Ako je ishodište referentnog sustava na tlu, početni i konačni položaj tijela iznose (boduju se i drugi izbori ako su u skladu s odabranim referentnim sustavom u bilo kojim jedinicama):

[1 bod] $y_0 = 1.500 \text{ m}$,

[1 bod] $y_t = 5595 \text{ mm} = 5.595 \text{ m}$.

Visina na kojoj se tijelo nalazi u konačnom trenutku $t = 1 \text{ s}$ iznosi

[1 bod] $y_t = y_0 + v_0 t - 0.5gt^2$

pa je početna brzina

[1 bod] $v_0 = (y_t - y_0 + 0.5gt^2)/t$

[1 bod] $v_0 = 9 \text{ m/s}$

dok je konačna brzina

[1 bod] $v_t = v_0 - gt$

[1 bod] $v_t = -0.81 \text{ m/s}$ (boduje se samo nezaokružen, odnosno egzaktan rezultat).

[1 bod] Tijelo se giba prema dolje

[1 bod] jer je konačna brzina netom prije hvatanja negativna.

5. zadatak (10 bodova)

Zadani problem modeliramo slično horizontalnom hitcu s ubrzanjem prema dolje, manjim od g te horizontalnim usporavanjem. Naime, na tijelo (vodu) osim gravitacijske sile $m\vec{g}$ prema dolje, djeluje sila otpora zraka i vjetra, horizontalno $F_x = -20\,000$ N suprotno gibanju aviona te $F_y = -10\,500$ N prema gore, pa tijelo mase $m = 5000$ kg neće ubrzavati akceleracijom slobodnog pada g . Vertikalna akceleracija a_y slijedi iz II. Newtonova zakona

[1 bod] $ma_y = mg + F_y$ (ili ekvivalentno $-F_y$ ako je F_y napisana kao pozitivna itd.)

[1 bod] $a_y = g + F_y/m = 7.7$ m/s².

Tijelo jednolikom akceleracijom a , do udara o tlo, prelazi visinu $y = 61.6$ m,

[1 bod] $y = a_y t^2 / 2 = 61.6$ m

za vrijeme

[1 bod] $t = \sqrt{2y/a_y}$

[1 bod] $t = 4$ s (boduje se samo točan rezultat).

Avion leti jednoliko brzinom $v_A = 144$ km/h = 40 m/s pa za to vrijeme prelazi put $x_A = v_A t = 160$ m, dok voda u horizontalnom smjeru, s početnom brzinom v_A , jednoliko usporavajući, pod djelovanjem vjetra i otpora zraka, akceleracijom

[1 bod] $a_x = F_x/m = -4$ m/s²

prelazi put

[1 bod] $x_V = v_A t + a_x t = 128$ m.

Požar se također širi jednoliko brzinom iznosa $v_P = 7.2$ km/h = 2 m/s pa za to vrijeme prelazi put

[1 bod] $x_P = v_P t = 8$ m.

Vertikalna udaljenost požara i aviona iznosi $y = 61.6$ m jer avion leti na stalnoj visini, a voda udara na udaljenosti $x_U = 1$ m ispred požara, pa je u trenutku ispuštanja vode horizontalna udaljenost aviona i požara

[1 bod] $x = x_V + x_U + x_P = 137$ m.

Dakle, avion i požar u trenutku ispuštanja vode udaljeni su

[1 bod] $D = \sqrt{x^2 + y^2} \approx 150.2$ m.