

Školsko natjecanje iz fizike 2025./2026.

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. Svaka novouvedena veličina treba biti jasno definirana ili označena na skici.

1. zadatak (10 bodova)

Neka su vremena susreta redom $t_0 = 0$, $t_1 = 10$ s i t_2 . Tijelo A giba se brzinom $v_A = 10$ m/s.

U prvom vremenskom intervalu, $\Delta t_{01} = t_1 - t_0 = t_1$, tijela prijeđu jednake putove

[1 bod] $s_1 = v_A t_1 = 100$ m,

[1 bod] $s_1 = 0.5 a_B t_1^2$,

pa je iznos akceleracije tijela B

[1 bod] $a_B = 2 s_1 / t_1^2 = 2$ m/s².

U trenutku t_1 , tijelo B postiže maksimalnu brzinu

[1 bod] $v_{B1} = a_B t_1$,

[1 bod] $v_{B1} = 20$ m/s.

U drugom vremenskom intervalu, $\Delta t_{12} = t_2 - t_1$, zbog susreta na početku i na kraju, tijela također prijeđu jednake putove

[1 bod] $s_2 = v_A \Delta t_{12}$,

[1 bod] $s_2 = v_{B1} \Delta t_{12} - 0.5 a_B \Delta t_{12}^2$,

$v_A \Delta t_{12} = v_{B1} \Delta t_{12} - 0.5 a_B \Delta t_{12}^2$.

Dijeleći s Δt_{12} dobivamo

$v_A = v_{B1} - 0.5 a_B \Delta t_{12}$,

[1 bod] iz čega slijedi

$\Delta t_{12} = 2 (v_{B1} - v_A) / a_B = 10$ s.

Konačna brzina tijela B iznosi

[1 bod] $v_B = v_{B1} - a_B \Delta t_{12} = 0$ s.

Tijelo B prešlo je ukupni put

[1 bod] $s = s_1 + s_2 = 200$ m.

Napomena: treba priznati bodove i ako su zaključci proizašli iz suprotnih akceleracija jer tijelu treba jednako da uspori koliko mu je trebalo da ubrza pri čemu prevaljuje iste puteve.

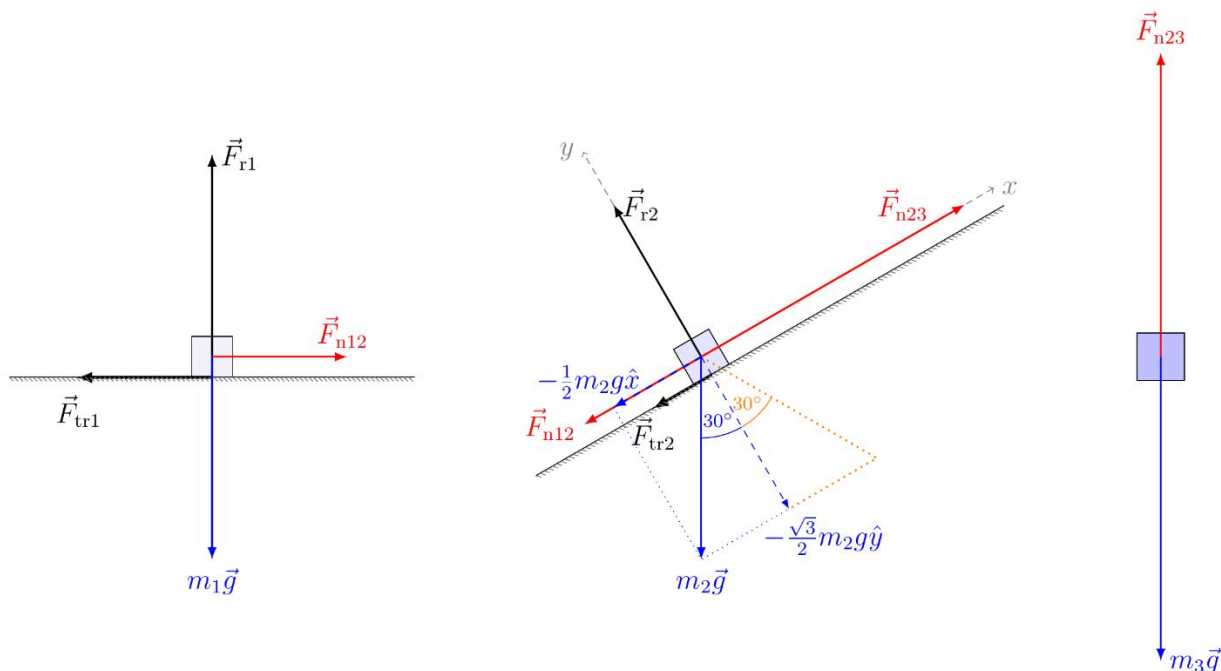
2. zadatak (10 bodova)

[1 bod] Tri bloka povezana su nerastezljivim užetom pa se gibaju jednoliko brzinom 1 m/s što znači da je ukupna sila na svako tijelo 0 N, odnosno akceleracija svakog tijela $a = 0$.

Na sljedećoj slici prikazani su dijagrami sila na blokove, a boduju se za pojedino tijelo ako su pravilno orijentirane (duljine strelica ne moraju biti sumjerljive iznosima sila):

[1 bod] sile na m_1 paralelne podlozi, **[1 bod]** napetosti užadi na m_2 , **[1 bod]** sile na m_3 ,

[1 bod] sile na m_1 okomite na podlogu, **[1 bod]** gravitacijska sila, sila trenja i reakcija podloge na m_2 .



Komponente gravitacijske sile mogu se izraziti iz jednakostraničnog/pravokutnog trokuta: duž kosine kao $m_2 g/2$ ili $m_2 g \sin 30^\circ$, a okomita na kosinu kao $m_2 g\sqrt{3}/2$ ili $m_2 g \cos 30^\circ$. Priznaju se svi bodovi u nizu ako su preskočene očite linije i napisana gotova jednačba, npr. odmah uračunato $a = 0$ ili sile napetosti i reakcije podloge izražene napamet zbog ravnoteže. Primjenom II. Newtonova zakona na svako tijelo dobivamo sustav jednačbi:

[1 bod] $F_{n12} - F_{tr1} = m_1 \cdot 0 \Rightarrow F_{n12} = \mu F_{r1} = \mu m_1 g,$ (1)

[1 bod] $F_{n23} - m_2 g/2 - (F_{tr2} = \mu F_{r2}) - F_{n12} = m_2 \cdot 0 \Rightarrow F_{n23} = m_2 g/2 + \sqrt{3} \mu m_2 g/2 + F_{n12}$ (2)

[1 bod] $F_{n23} - m_3 g = m_3 \cdot 0 \Rightarrow F_{n23} = m_3 g$ (3)

Uvrštavanjem (1) u (2) te (2) u (3) slijedi

$$m_3 g = \frac{1}{2} m_2 g + \frac{\sqrt{3}}{2} \mu m_2 g + \mu m_1 g$$

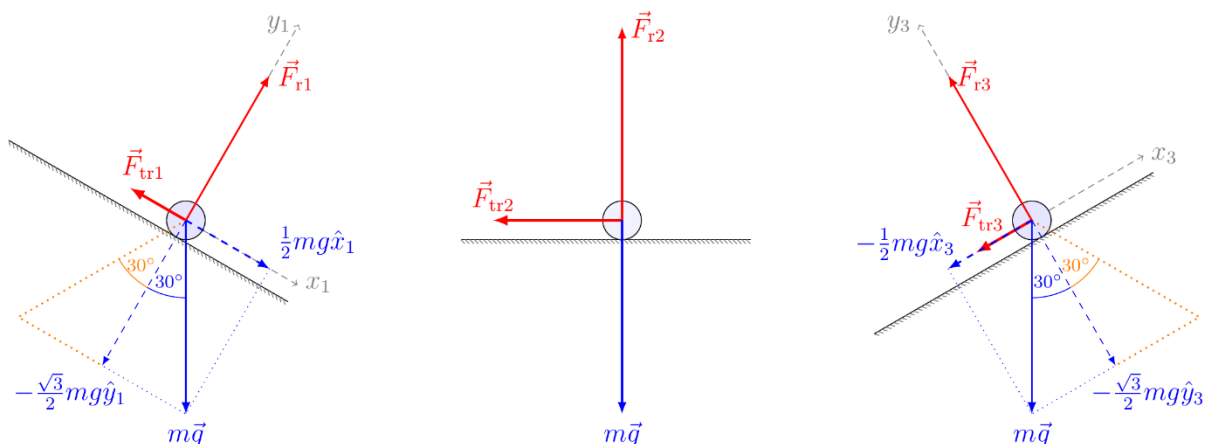
$$m_3 = \frac{1}{2} m_2 + \frac{\sqrt{3}}{2} \mu m_2 + \mu m_1$$

[1 bod]

$$m_3 \approx 1.75 \text{ kg.}$$

3. zadatak (10 bodova)

Sile koje djeluju na tijelo na 3 različita dijela puta prikazane su na slici. Indeksi 1, 2, 3 označavaju veličine koje se redom odnose na prvi, drugi i treći dio puta, odnosno ubrzavanje niz kosinu, usporavanje po horizontalnoj podlozi te usporavanje uz kosinu.



Komponente sila okomite na podlogu poništavaju se pa reakcije podloga iznose

[1 bod] $F_{r1} = \sqrt{3}mg/2, F_{r2} = mg, F_{r3} = \sqrt{3}mg/2.$

Prema II. Newtonovu zakonu iz sila paralelnih podlogama,

[1 bod] $ma_1 = mg/2 - F_{tr1} = mg/2 - \mu F_{r1} = mg/2 - \sqrt{3}\mu mg/2,$

[1 bod] $ma_2 = -F_{tr2} = -\mu F_{r2} = -\mu mg,$

[1 bod] $ma_3 = -mg/2 - F_{tr3} = -mg/2 - \mu F_{r3} = -mg/2 - \sqrt{3}\mu mg/2,$

slijede akceleracije $a_1 \approx 4.48 \text{ ms}^{-2}, a_2 \approx -0.491 \text{ ms}^{-2}, a_3 \approx -5.33 \text{ ms}^{-2}.$

Iz polovice jednakostraničnog trokuta zaključujemo da je duljina kosine (prvi dio puta)

[1 bod] $s_1 = 2h = 2 \text{ m.}$ (1)

Tijelo na dnu kosine postiže brzinu

[1 bod] $v_1 = \sqrt{2a_1s_1},$

$v_1 \approx 4.23 \text{ m/s},$

u trenutku $t_1 = v_1/a_1 \approx 0.944 \text{ s}.$

Duž horizontalne podloge tijelo prelazi put

$s_2 = d = 3 \text{ m}$

(2)

gdje mu brzina pada na

[1 bod] $v_2 = \sqrt{v_1^2 + 2a_2s_2},$

$v_2 \approx 3.87 \text{ m/s},$

u trenutku $t_2 = t_1 + (v_2 - v_1)/a_2 \approx 1.68 \text{ s}$

te potom na

$v_3 = 0 \text{ m/s}$

kada se tijelo zaustavi u trenutku

[1 bod] $t_3 = t_2 + (v_3 - v_2)/a_3.$

Od t_2 do $t_3 \approx 2.41 \text{ s}$ tijelo je uz kosinu prešlo put

[1 bod] $s_3 = v_2(t_3 - t_2) + 0.5a_3(t_3 - t_2)^2$

pa je do prvog zaustavljanja uz (1) i (2) prešlo ukupni put

[1 bod] $s = s_1 + s_2 + s_3 \approx 6.4 \text{ m}.$

4. zadatak (10 bodova)

Automobil u početnom trenutku miruje, $t_0 = 0$ s, $v_0 = 0$ m/s,

a do trenutka $t_1 = 1$ s prelazi put $s_1 = 10$ m jednoliko ubrzavajući akceleracijom

$$a_0 = 2 s_1 / (t_1 - t_0)^2 = 20 \text{ m/s}^2$$

pri čemu postiže brzinu

[1 bod] $v_1 = v_0 + a_0(t_1 - t_0) = 20 \text{ m/s}.$

U sljedeća 3 intervala po $\Delta t = 1$ s akceleracije su redom

$$a_1 = a_0 - 5 \text{ m/s}^2 = 15 \text{ m/s}^2, \text{ (priznaje se i izbor } 20 \text{ m/s}^2 \text{ te sve dalje prilagođeno njemu)}$$

$$a_2 = a_1 - 5 \text{ m/s}^2 = 10 \text{ m/s}^2,$$

$$a_3 = a_2 - 5 \text{ m/s}^2 = 5 \text{ m/s}^2,$$

te brzine redom u $t_2 = 2$ s, $t_3 = 3$ s i $t_4 = 4$ s:

$$v_2 = v_1 + a_1 \Delta t = 35 \text{ m/s},$$

$$v_3 = v_2 + a_2 \Delta t = 45 \text{ m/s},$$

[1 bod] $v_4 = v_3 + a_3 \Delta t = 50 \text{ m/s}.$

U konačnom trenutku t_5 automobil se zaustavlja ($v_5 = 0$) prelazeći od t_4 put $s_5 = 125$ m,

$$v_5^2 = v_4^2 + 2 a_4 s_5$$

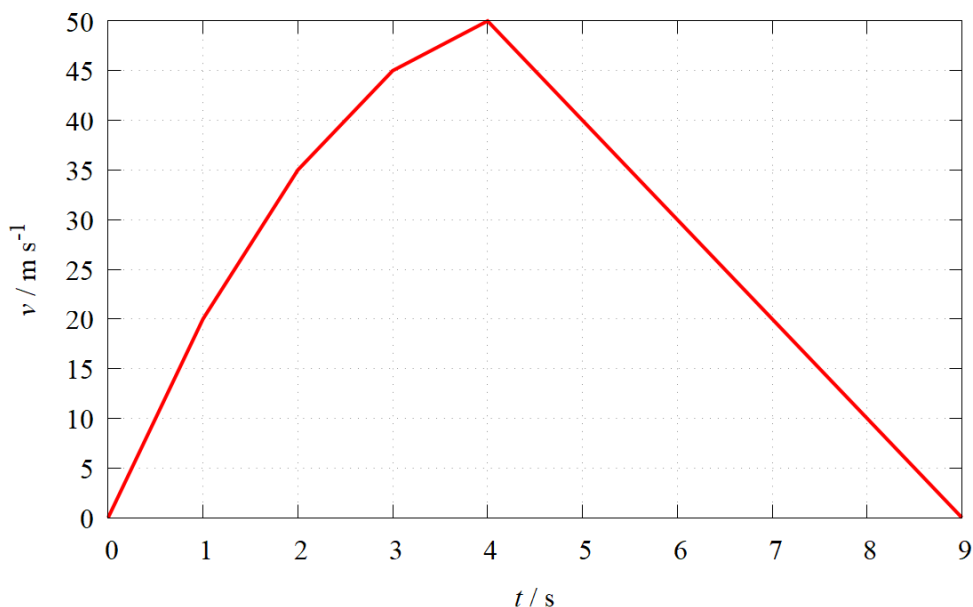
pa je akceleracija od t_4 do t_5

$$a_4 = -0.5 v_4^2 / s_5 = -10 \text{ m/s}^2.$$

Dakle, trenutak zaustavljanja iznosi

[1 bod] $t_5 = t_4 + (v_5 - v_4) / a_4 = 9$ s.

Graf ovisnosti brzine u vremenu prikazan je na slici



gdje su istaknuti:

[1 bod] vrijeme i mjerna jedinica na horizontalnoj osi t/s ,

[1 bod] brzina i mjerna jedinica na vertikalnoj osi $v/\text{m s}^{-1}$,

[1 bod] točno prikazana linearna ovisnost brzine o vremenu za $t \in [0,1]$ s,

[1 bod] točno prikazana linearna ovisnost brzine o vremenu za $t \in [1,2]$ s,

[1 bod] točno prikazana linearna ovisnost brzine o vremenu za $t \in [2,3]$ s,

[1 bod] točno prikazana linearna ovisnost brzine o vremenu za $t \in [3,4]$ s,

[1 bod] točno prikazana linearna ovisnost brzine o vremenu za $t \in [4,9]$ s.

5. zadatak (10 bodova)

[1 bod] Impuls sile $F \Delta t = m \Delta v$ ili sila prema 2. Newtonovu zakonu $F = m a_1$ u prvom vremenskom intervalu iznosi

[1 bod] $F(T - 0) = m(v_1 - v_0)$ ili $F = m(v_1 - v_0)/T$
iz čega slijedi brzina na kraju prvog intervala

[1 bod] $v_1 = v_0 + F T/m.$ (1)

[1 bod] U drugom vremenskom intervalu sila je $-2F$ pa akceleracija iznosi

[1 bod] $a_2 = -2F/m.$ (2)

[1 bod] Na kraju drugog intervala tijelo se zaustavlja u trenutku t_2 pa je konačna brzina 0,

[1 bod] $0 = v_1 + a_2(t_2 - T).$

Izrazimo vremenski interval i uvrstimo (2),

[1 bod] $t_2 - T = -v_1/a_2 = m v_1/(2F)$

iz čega uz brzinu iz (1) slijedi da je do zaustavljanja proteklo vrijeme

[1 bod]

$$t_2 = T + \frac{m}{2F} \left(v_0 + F \frac{T}{m} \right)$$

[1 bod]

$$t_2 = \frac{3}{2}T + \frac{mv_0}{2F}.$$