Županijsko natjecanje iz fizike 2019/2020
Srednje škole – 1. grupa

VAŽNO: Tijekom ispita **ne smijte imati nikakav pisani materijal (knjige, bilježnice, formule...)**. Za pisanje koristite kemijsku olovku ili nalivpero. **Pri ruci ne smijete imati mobitele ni druge elektroničke uređaje osim kalkulatora.**

1. zadatak (8 bodova)

Vlak A ima duljinu 180 m, a vlak B 120 m. Vlakovi se gibaju po paralelnim prugama stalnim brzinama v_A i v_B. Ako se vlakovi gibaju u istom smjeru i vlak A prestiže vlak B, onda promatrač iz vlaka A vidi vlak B u vremenu od 80 s. Ako se vlakovi gibaju u suprotnim smjerovima, promatrač iz vlaka B vidi vlak A u vremenu od 9 s. Pretpostavlja se da promatrači miruju u odnosu na vlak u kojem se nalaze te da gledaju prema drugom vlaku okomito na smjer gibanja vlaka. Izračunajte brzine vlakova.

2. zadatak (12 bodova)

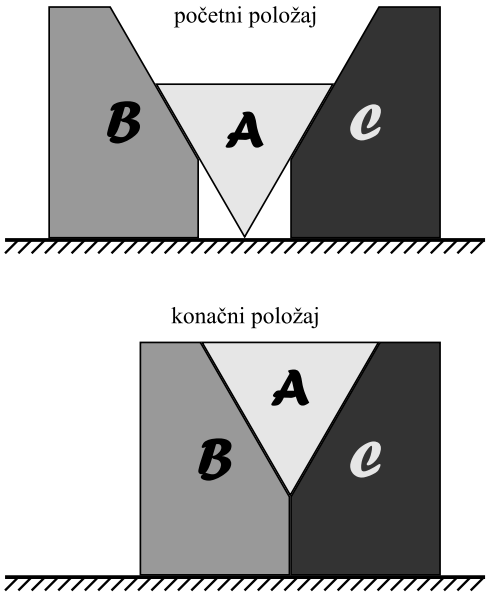
Borna i Domagoj utrkuju se na stazi dugoj 800 m. Obojica istovremeno kreću sa starta. Borna jednoliko ubrzava prvih 14 s gibanja, zatim trči stalnom brzinom te naposlijetku ubrzava zadnjih 10 s gibanja. Borna prolazi ciljnom linijom 234 s nakon početka gibanja brzinom 4.6 m/s. Domagoj jednoliko ubrzava prvih 15% duljine staze, a zatim trči stalnom brzinom od 4 m/s.

a) Tko prvi prolazi kroz cilj i za koliko vremena?
b) Nacrtajte grafove ovisnosti brzine o vremenu za Bornu i Domagoja.
b) U kojem trenutku se Borna i Domagoj nalaze na jednakoj udaljenosti od starta i koliko iznosi ta udaljenost?

3. zadatak (12 bodova)

Tri tijela A, B i C nalaze se na horizontalnoj podlozi u početnom položaju prikazanom na slici. Tijelo C učvršćeno je za podlogu i ne može se pomaknuti. Na tijelo B djelujemo stalnom silom F u horizontalnom smjeru prema desno zbog čega se tijela A i B gibaju sve dok ne dođu u konačan položaj prikazan na slici. Iznos sile F jednak je težini tijela B. Masa tijela A iznosi $m_A = 1$ kg, a odnos masa tijela A i B je $m_A : m_B = 1 : 2$. Tijelo A oblika je pravilne prizme čija je baza jednakostraničan trokut duljine stranice a. Razmak između tijela B i C u početnom položaju je $a/2$. Trenje između svih površina je zanemarivo.

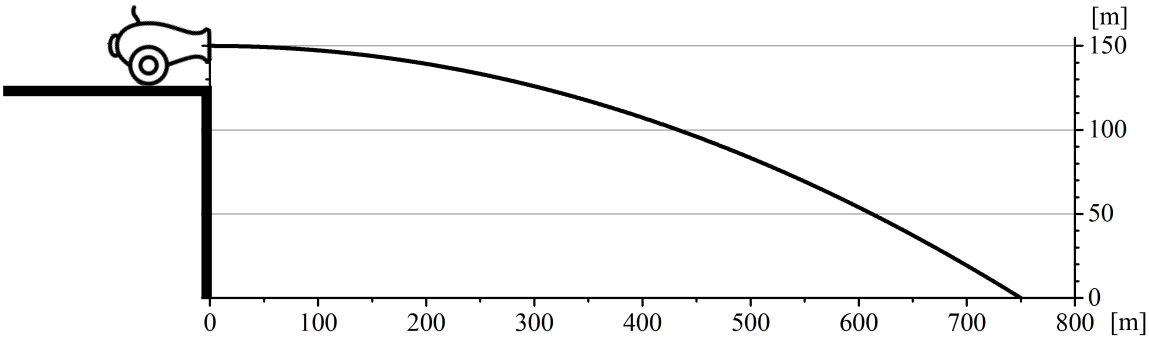
a) Odredite iznos i smjer ubrzanja tijela A.
b) Odredite iznos i smjer ubrzanja tijela B.
c) Odredite iznos i smjer sile kojom tijelo A djeluje na tijelo C (smjer sile nacrtajte na skici).



4. zadatak (10 bodova)

Top mase 1 t nalazi se na vrhu brijega. Iz topa je ispaljeno tane mase 2 kg u horizontalnom smjeru. Putanja, po kojoj se tane giba nakon ispaljivanja, prikazana je na slici. Prije ispaljivanja taneta top miruje. Koeficijent trenja između topa i horizontalne podloge je 0.111. Gravitacijsko ubrzanje iznosi $g = 9.81$ m/s^2.

a) Izračunajte brzinu kojom je ispaljeno tane iz topa.
b) Izračunajte brzinu taneta u trenutku kada padne na tlo.
c) Izračunajte pomak topa po horizontalnoj podlozi nakon ispaljivanja taneta.



5. zadatak (8 bodova)

Dizalo u zgradi ima masu 7 t, a u njemu se može voziti maksimalno osam ljudi. Pretpostavlja se da je prosječna masa čovjeka 80 kg. Uže dizala može izdržati maksimalno opterećenje od 120 kN. Dizalo se spušta stalnom brzinom od 760 cm/s.

a) Izračunajte minimalni zaustavni put dizala u slučaju maksimalnog opterećenja.
b) Dizalo s maksimalnim opterećenjem giba se prema gore jednakom stalnom brzinom kao u prethodnom slučaju. Izračunajte napetost užeta prilikom kočenja, ako je zaustavni put za 50% veći, nego u prethodnom slučaju.

Županijsko natjecanje iz fizike 2019/2020
Srednje škole – 1. grupa
Rješenja i smjernice za bodovanje

1. zadatak (8 bodova)

Kada se vlakovi gibaju u istom smjeru, brzina vlaka A u referentnom sustavu u vlaka B je:
$\vec{v}'_A = \vec{v}_A - \vec{v}_B$
$v'_A = v_A - v_B$, **(1 bod)**
što je ujedno i brzina kojom vlak A pretječe vlak B pa je vrijeme u kojem promatrač iz vlaka A vidi vlak B jednako:
$\Delta t_1 = \dfrac{l_B}{v'_A} = \dfrac{l_B}{v_A - v_B}$ **(1 bod)**
Kada se vlakovi gibaju u suprotnim smjerovima, brzina vlaka A u referentnom sustavu vlaka B je:
$\vec{v}'_A = \vec{v}_A - \vec{v}_B$
$v'_A = v_A + v_B$ **(1 bod)**
Vrijeme u kojem promatrač iz vlaka B vidi vlak A je:
$\Delta t_2 = \dfrac{l_A}{v'_A} = \dfrac{l_A}{v_A + v_B}$ **(1 bod)**
Imamo sustav jednadžbi:
$$v_A - v_B = \frac{l_B}{\Delta t_1}$$
$$v_A + v_B = \frac{l_A}{\Delta t_2}$$
Iz kojeg slijedi:
$$v_A = \frac{1}{2}\left(\frac{l_B}{\Delta t_1} + \frac{l_A}{\Delta t_2}\right) = 10.75 \text{ m/s}$$ **(2 boda)**
$$v_B = v_A - \frac{l_B}{\Delta t_1} = 9.25 \text{ m/s}$$ **(2 boda)**

2. zadatak (12 bodova)

Gibanje Borne podijelimo u tri etape: I) jednoliko ubrzavanje prvih $\Delta t_{B,I} = 14$ s, II) jednoliko gibanje i III) jednoliko ubrzavanje zadnjih $\Delta t_{B,III} = 10$ s do brzine $v_{B,III} = 4.6$ m/s. Ukupno vrijeme gibanja je $t_B = 234$ s, a ukupni prijeđeni put je $s = 800$ m. Vrijedi:
$$s = \frac{1}{2}v_{B,I}\Delta t_{B,I} + v_{B,I}\Delta t_{B,II} + \frac{v_{B,I} + v_{B,III}}{2}\Delta t_{B,III}$$
Iz uvjeta zadatka vrijedi:
$t_B = \Delta t_{B,I} + \Delta t_{B,II} + \Delta t_{B,III} \;\Rightarrow\; \Delta t_{B,II} = t_B - \Delta t_{B,I} - \Delta t_{B,III} = 210$ s **(1 bod)**
Iz prve jednadžbe izrazimo jedinu nepoznanicu $v_{B,I}$:
$$v_{B,I}\left(\frac{1}{2}\Delta t_{B,I} + \Delta t_{B,II} + \frac{1}{2}\Delta t_{B,III}\right) = s - \frac{v_{B,III}}{2}\Delta t_{B,III}$$
$$v_{B,I} = \frac{2s - v_{B,III}\Delta t_{B,III}}{\Delta t_{B,I} + 2\Delta t_{B,II} + \Delta t_{B,III}} = \frac{2 \cdot 800 \text{ m} - 4.6 \text{ m/s} \cdot 10 \text{ s}}{14 \text{ s} + 2 \cdot 210 \text{ s} + 10 \text{ s}} = 3.5 \text{ m/s}$$ **(1 bod)**

Domagoj se giba u dvije etape: I) jednoliko ubrzano prvih $s_{D,I} = 0.15s = 120$ m i II) jednoliko brzinom $v_{D,I} = 4$ m/s. Vrijedi:

$s_{D,I} = \frac{1}{2} v_{D,I} \Delta t_{D,I}$

$\Delta t_{D,I} = \frac{2 s_{D,I}}{v_{D,I}} = \frac{2 \cdot 120 \text{ m}}{4 \text{ m/s}} = 60$ s. **(1 bod)**

Vrijeme potrebno za ostatak staze duljine $s_{D,II} = s - s_{D,I} = 680$ m je:

$s_{D,II} = v_{D,I} \Delta t_{D,II}$

$\Delta t_{D,II} = \frac{s_{D,II}}{v_{D,I}} = \frac{680 \text{ m}}{4 \text{ m/s}} = 170$ s. **(1 bod)**

Ukupno vrijeme u kojem Domagoj pretrči stazu je:

$t_D = \Delta t_{D,I} + \Delta t_{D,II} = 60 \text{ s} + 170 \text{ s} = 230$ s.

Prema tome, Domagoj će prvi proći kroz cilj i to za $\Delta t = t_B - t_D = 4$ s. **(1 bod)**

Izračunajmo prijeđeni put oba trkača nakon $\Delta t_{B,I}$ vremena:

$s_B(\Delta t_{B,I}) = \frac{1}{2} v_{B,I} \Delta t_{B,I} = \frac{1}{2} \cdot 3.5 \text{ m/s} \cdot 14 \text{ s} = 24.5$ m

$s_D(\Delta t_{B,I}) = \frac{1}{2} \frac{v_{D,I}}{\Delta t_{D,I}} (\Delta t_{B,I})^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{4 \text{ m/s}}{60 \text{ s}} \cdot (14 \text{ s})^2 = 6.53$ m

Izračunajmo prijeđeni put oba trkača nakon $\Delta t_{D,I}$ vremena:

$s_B(\Delta t_{D,I}) = 24.5 \text{ m} + v_{B,I} (\Delta t_{D,I} - \Delta t_{B,I}) = 24.5 \text{ m} + 3.5 \text{ m/s} \cdot 46 \text{ s} = 185.5$ m

$s_D(\Delta t_{D,I}) = \frac{1}{2} v_{D,I} \Delta t_{D,I} = 120$ m

Izračunajmo prijeđeni put oba trkača nakon $\Delta t_{B,I} + \Delta t_{B,II} = 224$ s vremena:

$s_B(\Delta t_{B,I} + \Delta t_{B,II}) = 24.5 \text{ m} + v_{B,I} \Delta t_{B,II} = 24.5 \text{ m} + 3.5 \text{ m/s} \cdot 210 \text{ s} = 759.5$ m

$s_D(\Delta t_{B,I} + \Delta t_{B,II}) = 120 \text{ m} + v_{D,I} (\Delta t_{B,I} + \Delta t_{B,II} - \Delta t_{D,I}) = 120 \text{ m} + 4 \text{ m/s} \cdot 164 \text{ s} = 776$ m

Zaključujemo da je Domagoj prestigao Bornu u razdoblju u kojem se oba trkača gibaju jednoliko. **(2 boda)** Vrijedi jednadžba:

$x_B(t') = x_D(t')$

$x_B(\Delta t_{B,I}) + v_{B,I} (t' - \Delta t_{B,I}) = x_D(\Delta t_{D,I}) + v_{D,I} (t' - \Delta t_{D,I})$

$24.5 \text{ m} + 3.5 \text{ m/s} \cdot (t' - 14 \text{ s}) = 120 \text{ m} + 4 \text{ m/s} \cdot (t' - 60 \text{ s})$

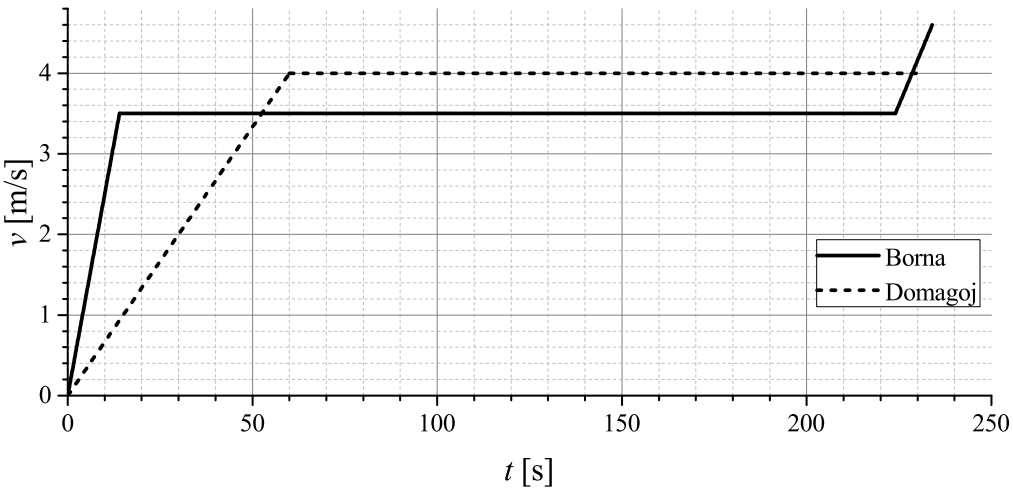
$0.5 \text{ m/s} \cdot t' = 95.5$ m

$t' = 191$ s **(2 boda)**

Prijeđeni put je:

$x_B(t') = x_D(t') = 24.5 \text{ m} + 3.5 \text{ m/s} \cdot (191 \text{ s} - 14 \text{ s}) = 644$ m. **(1 bod)**

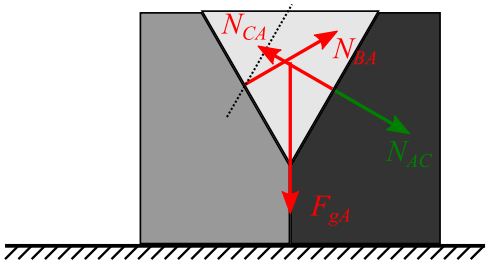
Ovisnost brzine Borne i Domagoja o vremenu prikazana je na sljedećem grafu. **(2 boda)**



3. zadatak (12 bodova)

Sa slike početnog i konačnog položaja vidi se da tijelo A prijeđe ukupan put $a/2$ uz kosu stranicu tijela C i da tijelo B prijeđe ukupan put $a/2$ po horizontalnoj podlozi. Budući da tijela A i B u jednakom vremenskom intervalu prelaze jednak put, slijedi da su njihova ubrazanja jednaka: $a_A = a_B = a$. **(1 bod)**

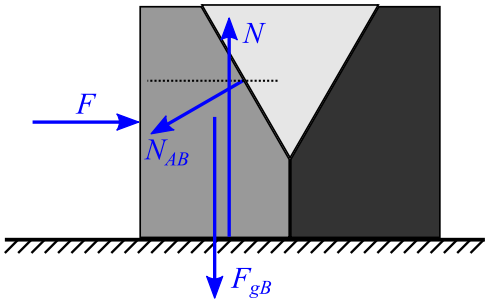
Na slici desno prikazane su sve sile na tijelo A. Sile rastavimo na komponente paralelno kosoj stranici tijela C i okomito na nju. Zatim možemo napisati drugi Newtonov zakon:



$m_A a_A = \frac{\sqrt{3}}{2} N_{BA} - \frac{\sqrt{3}}{2} F_{gA}$ **(1 bod)**

$0 = N_{CA} - \frac{1}{2} N_{BA} - \frac{1}{2} F_{gA}$ **(1 bod)**

Na slici lijevo prikazane su sve sile na tijelo B. Drugi Newtonov zakon za smjer paralelan podlozi glasi:



$m_B a_B = F - \frac{\sqrt{3}}{2} N_{AB}$ **(1 bod)**

Prema trećem Newtonovom zakonu sila tijela A na tijelo B N_{AB} jednakog je iznosa kao sila tijela B na tijelo A N_{BA}:

$N_{AB} = N_{BA}$. **(1 bod)**

Također, uvrštavamo jednakost ubrzanja tijela A i B: $a_A = a_B = a$. Zbrojimo prvu i treću jednadžbu:

$(m_A + m_B)\, a = F - \frac{\sqrt{3}}{2} F_{gA}$.

Uvrstimo omjere masa $m_B = 2m_A$ i iznos sile $F = m_B g$:

$3m_A a = 2m_A g - \frac{\sqrt{3}}{2} m_A g$.

Slijedi da je ubrzanje tijela jednako:

$a = \frac{1}{3}\left(2 - \frac{\sqrt{3}}{2}\right) g = 0.378g = 3.71\ \mathrm{m/s^2}$. **(2 boda)**

Oduzimanjem prve jednadžbe od treće dobijemo:

$(m_B - m_A)\, a = F - \sqrt{3} N_{AB} + \frac{\sqrt{3}}{2} m_A g$

$\frac{1}{3}\left(2 - \frac{\sqrt{3}}{2}\right) m_A g = 2m_A g - \sqrt{3} N_{AB} + \frac{\sqrt{3}}{2} m_A g$

$\sqrt{3} N_{AB} = \left(\frac{4}{3} + \frac{2\sqrt{3}}{3}\right) m_A g$

$N_{AB} = \left(\frac{4}{3\sqrt{3}} + \frac{2}{3}\right) m_A g = 14.09\ \mathrm{N}$ **(2 boda)**

Iz druge jednadžbe i trećeg Newtonovog zakona za silu tijela A na tijelo C N_{AC} slijedi:

$N_{AC} = N_{CA} = \frac{1}{2} N_{BA} + \frac{1}{2} F_{gA}$

$N_{AC} = \left(\frac{2}{3\sqrt{3}} + \frac{1}{3}\right) m_A g + \frac{1}{2} m_A g$

$N_{AC} = \left(\frac{2}{3\sqrt{3}} + \frac{5}{6}\right) m_A g = 11.95\ \mathrm{N}$ **(2 boda)**

Smjer sile N_{AC} označen je na gornjoj slici zelenom bojom. **(1 bod)**

4. zadatak (10 bodova)

Sa slike se može vidjeti da je početni položaj taneta: $x(0) = 0$ m i $y(0) = h = 150$ m, a položaj u trenutku pada na tlo: $x(t_{pad}) = d = 750$ m i $y(t_{pad}) = 0$ m. **(1 bod)** Jednadžbe gibanja taneta za x i y smjer su:

$x(t) = v_0 t,$

$y(t) = h - \dfrac{1}{2} g t^2,$

gdje je v_0 početna brzina taneta. **(1 bod)** Početnu brzinu izračunamo na sljedeći način:

$$y(t_{pad}) = 0 = h - \frac{1}{2}gt_{pad}^2 \;\Rightarrow\; t_{pad} = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 150 \text{ m}}{9.81 \text{ m/s}^2}} = 5.53 \text{ s. } \textbf{(1 bod)}$$

$$x(t_{pad}) = d = v_0 t_{pad} \;\Rightarrow\; v_0 = \frac{d}{t_{pad}} = \sqrt{\frac{g}{2h}}d = \sqrt{\frac{9.81 \text{ m/s}^2}{2 \cdot 150 \text{ m}}} \cdot 750 \text{ m} = 135.6 \text{ m/s. } \textbf{(1 bod)}$$

Brzina u trenutku pada na tlo jednaka je:

$v(t_{pad}) = \sqrt{v_0^2 + (v_y(t_{pad}))^2} = \sqrt{v_0^2 + (gt_{pad})^2} = \sqrt{v_0^2 + 2gh} = 146.1$ m/s. **(2 boda)**

Prilikom ispaljivanja taneta iz topa vrijedi zakon očuvanja količine gibanja:

$MV = mv_0$, **(1 bod)**

gdje su M masa topa i V početna brzina topa koja je u suprotnom smjeru od početne brzine taneta v_0. Slijedi da je početna brzina topa jednaka:

$V = \frac{m}{M}v_0 = 27.12$ cm/s. **(1 bod)**

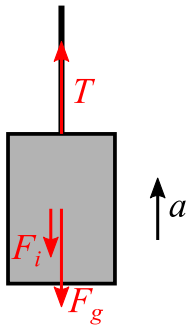
Top se zbog sile trenja giba jednoliko usporeno prema lijevo. Ubrzanje je jednako:

$Ma = -F_{tr} = -\mu Mg \;\Rightarrow\; a = -\mu g = -1.09$ m/s^2. **(1 bod)**

Top će se do zaustavljanja prijeći put:

$s = \frac{V^2}{2a} = 3.4$ cm. **(1 bod)**

5. zadatak (8 bodova)



Kada se dizalo giba prema dolje i prilikom zaustavljanja, ubrzanje dizala je u smjeru prema gore. Sile, koje djeluju na dizalo u sustavu dizala, prikazane su na slici desno. Drugi Newtonov zakon glasi:

$0 = T_{max} - F_i - F_g$, **(1 bod)**

gdje je T_{max} maksimalna sila napetosti užeta, F_g ukupna težina dizala i maksimalnog broja ljudi i F_i je inercijalna sila. Nadalje slijedi:

$0 = T_{max} - m_{ukupno}g - m_{ukupno}a$

$a = \frac{T_{max}}{m_{ukupno}} - g = \frac{120 \cdot 10^3 \text{ N}}{7000 + 8 \cdot 80 \text{ kg}} - 9.81 \text{ m/s}^2 = 5.9 \text{ m/s}^2$. **(2 boda)**

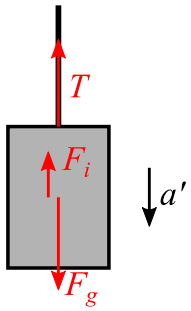
Gibanje dizala je jednoliko usporeno pa jednadžbe gibanja glase:

$v(t) = v_0 - at$

$y(t) = v_0 t - \frac{1}{2}at^2$

U trenutku zaustavljanja brzina je nula pa je put zaustavljanja jednak:

$s = \frac{v_0^2}{2a} = \frac{(7.6 \text{ m/s})^2}{2 \cdot 5.9 \text{ m/s}^2} = 4.9$ m **(2 boda)**



Kada se dizalo giba prema gore i prilikom zaustavljanja, ubrzanje dizala je u smjeru prema dolje. Sile na dizalo u sustavu dizala prikazane su na slici desno. Drugi Newtonov zakon sada glasi:

$0 = T - m_{ukupno}g + m_{ukupno}a'$. **(1 bod)**

Ako je brzina gibanja dizala jednaka, a zaustavni put za 50% veći ($s' = 1.5s = 7.35$ m), nego prilikom spuštanja dizala, za ubrzanje slijedi:

$s' = \frac{v_0^2}{2a'} \;\Rightarrow\; a' = \frac{v_0^2}{2s'} = 3.93$ m/s^2. **(1 bod)**

Slijedi da je napetost užeta jednaka:

$T = m_{ukupno}(g - a') = 44.9$ kN. **(1 bod)**