

**Županijsko natjecanje iz fizike 2020/2021**  
**Srednje škole – 1. grupa**  
**Rješenja i smjernice za bodovanje**

**1. zadatak (12 bodova)**

S grafa možemo očitati da početna udaljenost automobila i kamiona 180 m. Također možemo zaključiti da su njihove brzine u prvih 10 s gibanja jednake. Automobil ubrzava dok se njegova početna udaljenost od kamiona ne smanji za  $5/12 \cdot (180 \text{ m}) = 75 \text{ m}$ . U tom trenutku položaj automobila u odnosu na položaj kamiona iznosi  $-180 \text{ m} + 75 \text{ m} = -105 \text{ m}$ . **(1 bod)** Na grafu očitamo da to odgovara trenutku  $t = 30 \text{ s}$ . **(1 bod)** Za gibanje automobila i kamiona od  $t = 10 \text{ s}$  do  $t = 30 \text{ s}$  vrijede sljedeće jednadžbe:

$$v_A(t) = v_0 + a_1 t,$$

$$v_K(t) = v_0,$$

$$x_A(t) = -180 \text{ m} + v_0 t + \frac{1}{2} a_1 t^2,$$

$$x_K(t) = v_0 t.$$

Relativni položaj automobila u odnosu na kamion je:

$$\Delta x(t) = x_A(t) - x_K(t) = -180 \text{ m} + \frac{1}{2} a_1 t^2. \quad \text{(1 bod)}$$

Relativna brzina automobila u odnosu na kamion je:

$$v_{rel}(t) = v_A(t) - v_K(t) = a_1 t.$$

Uvrštavanjem  $\Delta x(20 \text{ s}) = -105 \text{ m}$  dobije se:

$$-105 \text{ m} = -180 \text{ m} + \frac{1}{2} a_1 t^2 \Rightarrow a_1 = \frac{2 \cdot 75 \text{ m}}{(20 \text{ s})^2} = 0.375 \text{ m/s}^2. \quad \text{(1 bod)}$$

Na kraju jednoliko ubrzanog gibanja automobila relativna brzina iznosi:  $v_{rel} = a_1 \cdot 20 \text{ s} = 7.5 \text{ m/s}$ . **(1 bod)**

Na grafu možemo očitati da jednoliko usporeno gibanje automobila traje od  $t = 44 \text{ s}$  do  $t = 64 \text{ s}$ . Na kraju tog gibanja relativni položaj automobila u odnosu na kamion je  $\Delta x(64 \text{ s}) = -75 \text{ m}$ . Za gibanje od  $t = 44 \text{ s}$  vrijedi jednadžba:

$$\Delta x(t) = v_{rel} t - \frac{1}{2} a_2 t^2.$$

Uvrštavanjem poznatih veličina dobijemo:

$$-75 \text{ m} = 7.5 \text{ m/s} \cdot 20 \text{ s} - \frac{1}{2} a_2 \cdot (20 \text{ s})^2 \Rightarrow a_2 = \frac{2 \cdot 225 \text{ m}}{400 \text{ s}^2} = 1.125 \text{ m/s}^2. \quad \text{(2 boda)}$$

Automobil se u posljednjem razdoblju giba jednoliko usporeno od početne brzine  $v'_A = v_0 + v_{rel}$  do zaustavljanja. Vrijedi:

$$0 = v'_A - a_2 t \Rightarrow v'_A = a_2 t = 1.125 \text{ m/s}^2 \cdot 20 \text{ s} = 22.5 \text{ m/s}. \quad \text{(1 bod)}$$

Slijedi da je brzina kamiona:

$$v_0 = v'_A - v_{rel} = 15 \text{ m/s}. \quad \text{(1 bod)}$$

Postavimo ishodište koordinatnog sustava u početni položaj kamiona. Konačni položaj kamiona je:

$$x_{K,kon} = x_K(64 \text{ s}) = v_0 \cdot 64 \text{ s} = 960 \text{ m}.$$

Relativni položaj automobila u odnosu na položaj kamiona u svakom trenutku je jednak:

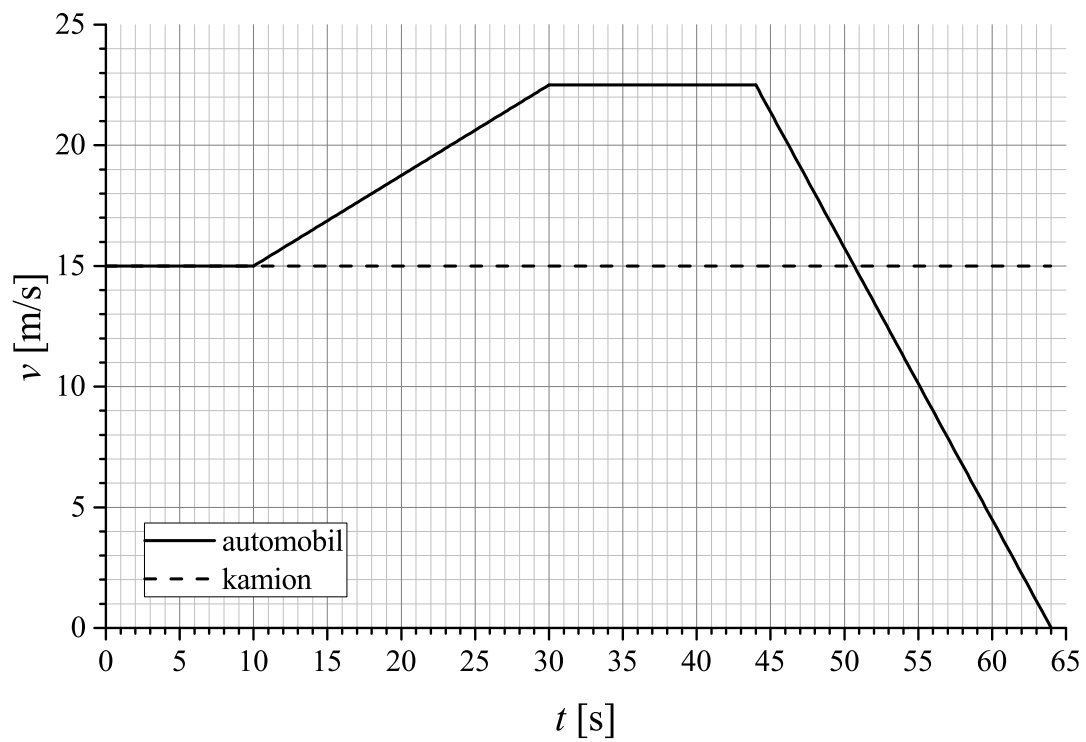
$$\Delta x = x_A - x_K. \text{ Prema tome, početni i konačni položaj automobila jednaki su:}$$

$$x_{A,poc} = x_{K,poc} + \Delta x_{poc} = -180 \text{ m}, \quad x_{A,kon} = x_{K,kon} + \Delta x_{kon} = 960 \text{ m} - 75 \text{ m} = 885 \text{ m}.$$

Prema tome, automobil je ukupno prešao put  $x_{A,kon} - x_{A,poc} = 1065 \text{ m}$ . Srednja brzina automobila jednaka je:

$$\bar{v}_A = \frac{1065 \text{ m}}{64 \text{ s}} = 16.64 \text{ m/s}. \quad \text{(1 bod)}$$

Ovisnost brzine automobila i kamiona o vremenu: (2 boda)



## 2. zadatak (9 bodova)

U referentnom sustavu dizala na vijak djeluje gravitacijska sila i inercijalna sila, kao što je prikazano na slici. Prema tome drugi Newtonov zakon za gibanje vijka glasi:

$$ma = F_g + F_i \text{ (1 bod)}$$

$$ma = mg + ma_{dizalo}$$

$$a = g + a_{dizalo}$$

$$a = 11.01 \text{ m/s}^2. \text{ (1 bod)}$$

Vijak će udaljenost visine dizala  $h = 2.7 \text{ m}$  prijeći za:

$$h = \frac{1}{2}at_{pad}^2$$

$$t_{pad} = \sqrt{\frac{2h}{a}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 2.7 \text{ m}}{11.01 \text{ m/s}^2}} = 0.7 \text{ s. (1 bod)}$$

Nadalje zadatak možemo rješavati u referentnom sustavu zgrade. Početna brzina padanja vijka jednaka je brzini dizala dvije sekunde nakon početka gibanja:

$$v_0 = a_{dizalo} \cdot t_0$$

$$v_0 = 1.2 \text{ m/s}^2 \cdot 2 \text{ s} = 2.4 \text{ m/s. (1 bod)}$$

Smjer početne brzine je prema gore. U referentnom sustavu zgrade vijak pada pod utjecajem gravitacije s početnom brzinom  $v_0$ . Pomak vijka za vrijeme padanja je:

$$y(t_{pad}) = v_0 t_{pad} - \frac{1}{2}gt_{pad}^2 \text{ (1 bod)}$$

$$y(t_{pad}) = 2.4 \text{ m/s} \cdot 0.7 \text{ s} - \frac{1}{2} \cdot 9.81 \text{ m/s}^2 \cdot (0.7 \text{ s})^2 = -0.72 \text{ m. (1 bod)}$$

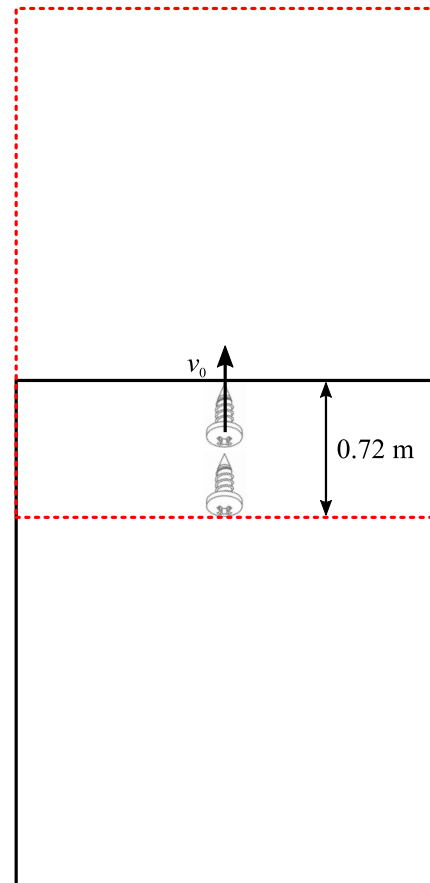
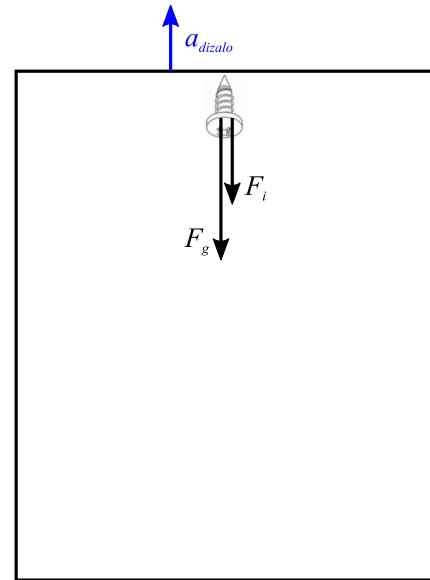
Dakle, vijak se pomaknuo 0.72 m niže od razine na kojoj je bio u trenutku kad je počeo padati. Na slici desno konačni položaj dizala s vijkom prikazan je crvenom isprekidanom linijom.

Maksimalna visina koju vijak postiže za vrijeme padanja (u odnosu na početnu visinu) jednaka je:

$$h_{max} = \frac{v_0^2}{2g} \text{ (1 bod)}$$

$$h_{max} = \frac{(2.4 \text{ m/s})^2}{2 \cdot 9.81 \text{ m/s}^2} = 0.29 \text{ m. (1 bod)}$$

Prema tome ukupan prijeđeni put jednak je:  $2 \cdot 0.29 \text{ m} + 0.72 \text{ m} = 1.3 \text{ m. (1 bod)}$



### 3. zadatak (9 bodova)

Sve sile koje djeluju na sustav prikazane su na slici desno. Pretpostavimo da se tijelo A giba uz kosinu, a da se tijelo B giba prema dolje. Drugi Newtonov zakon za gibanje tijela A u smjeru njegovog gibanja glasi:

$$m_A a_A = T_1 - \frac{1}{2} m_A g. \quad (1 \text{ bod})$$

Drugi Newtonov zakon za tijelo B glasi:

$$m_B a_B = m_B g - T_2. \quad (1 \text{ bod})$$

Napetosti užeta odnose se kao:

$$T_1 = 2T_2. \quad (1 \text{ bod})$$

Neka tijelo A u vremenskom intervalu  $\Delta t$  prijeđe put  $s$  po kosini. Tada će u istom vremenskom intervalu  $\Delta t$  tijelo B prijeći put  $2s$  prema dolje. Iz prethodno navedenog zaključujemo da je ubrzanje tijela B dva puta veće od ubrzanja tijela A, odnosno:

$$a_B = 2a_A. \quad (1 \text{ bod})$$

Uvrštavanjem prethodne dvije relacije u sustav jednadžbi gibanja tijela A i B dobije se:

$$m_A a_A = 2T_2 - \frac{1}{2} m_A g,$$

$$m_B 2a_A = m_B g - T_2.$$

Drugu jednadžbu pomnožimo s 2 te zatim zbrojimo jednadžbe:

$$(m_A + 4m_B) a_A = \left( 2m_B - \frac{1}{2} m_A \right) g,$$

$$\left( \frac{m_A}{m_B} + 4 \right) a_A = \left( 2 - \frac{1}{2} \frac{m_A}{m_B} \right) g.$$

Uvrštavanjem omjera masa  $m_A/m_B = 2$  dobije se:

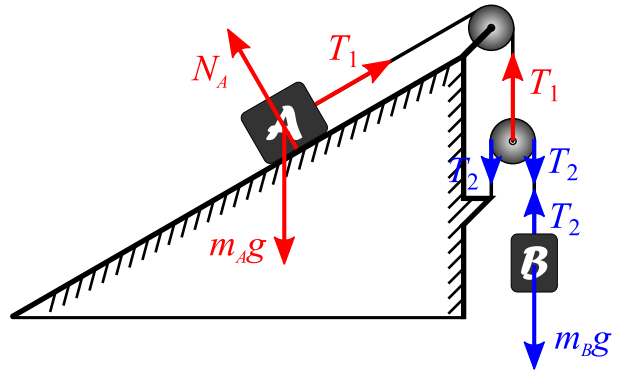
$$(2 + 4) a_A = \left( 2 - \frac{1}{2} 2 \right) g, \quad (3 \text{ boda})$$

$$a_A = \frac{1}{6} g, \quad (1 \text{ bod})$$

smjer ubrzanja tijela A je uz kosinu, kao što smo pretpostavili. Ubrzanje tijela B iznosi:

$$a_B = 2a_A = \frac{1}{3} g,$$

a smjer je prema dolje, kao što smo i pretpostavili. (1 bod)



#### 4. zadatak (11 bodova)

Sve sile koje djeluju na veliki kvadar (oznaka 1) i mali kvadar (oznaka 2) prikazane su na slici. Sile na mali kvadar prikazane su u odnosu na sustav velikog kvadra koji se giba jednoliko ubrzano po pravcu. Drugi Newtonov zakon za mali kvadar u horizontalnom, odnosno vertikalnom smjeru glasi:

$$m_2 a'_2 = F - F_{tr2} - F_i, \quad (1 \text{ bod})$$

$$0 = m_2 g - F_{12}, \quad (1 \text{ bod})$$

gdje  $a'_2$  ubrzanje malog kvadra u sustavu velikog kvadra. Drugi Newtonov zakon za veliki kvadar u horizontalnom smjeru glasi:

$$m_1 a_1 = F_{tr1}. \quad (1 \text{ bod})$$

Nadalje vrijedi:

$$F_{tr1} = F_{tr2}, \quad (1 \text{ bod})$$

$$F_{tr1} = \mu F_{12} = \mu m_2 g, \quad (1 \text{ bod})$$

$$F_i = m_2 a_1. \quad (1 \text{ bod})$$

Uvrštavanjem u prvu jednadžbu dobije se:

$$m_2 a'_2 = F - \mu m_2 g - m_2 a_1,$$

$$m_2 a'_2 = F - \mu m_2 g - m_2 \frac{F_{tr1}}{m_1},$$

$$m_2 a'_2 = F - \mu m_2 g - m_2 \frac{\mu m_2 g}{m_1},$$

$$a'_2 = \frac{F}{m_2} - \mu \left( 1 + \frac{m_2}{m_1} \right) g$$

$$a'_2 = 2.08 \text{ m/s}^2 \quad (2 \text{ boda})$$

Vrijeme potrebno da mali kvadar dođe na suprotni kraj velikog kvadra je:

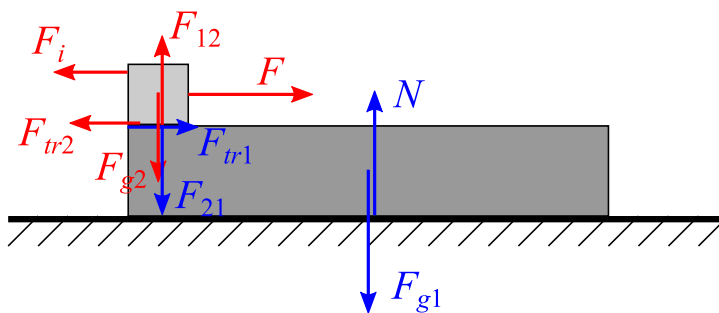
$$l = \frac{1}{2} a'_2 t^2 \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2l}{a'_2}} = 1.39 \text{ s.} \quad (1 \text{ bod})$$

Ubrzanje velikog kvadra po horizontalnoj podlozi jednako je:

$$a_1 = \frac{F_{tr1}}{m_1} = \mu \frac{m_2}{m_1} g = 0.22 \text{ m/s}^2. \quad (1 \text{ bod})$$

Pomak velikog kvadra jednak je:

$$x = \frac{1}{2} a_1 t^2 = 0.21 \text{ m.} \quad (1 \text{ bod})$$



### 5. zadatak (9 bodova)

Klizači se u ovom zadatku gibaju po pravcu, uzmimo da je pozitivan smjer prema desno, a negativan prema lijevo. Zakon očuvanja količine gibanja za klizače A i B glasi:

$$0 = -m_A v_A + m_B v_B, \quad (1 \text{ bod})$$

gdje je  $v_B = 1.2 \text{ m/s}$  zadano u zadatku. Možemo izračunati brzinu klizača A:

$$v_A = \frac{m_B}{m_A} v_B$$

$$v_A = \frac{2}{3} v_B = 0.8 \text{ m/s}.$$

Smjer brzine klizača A je prema lijevo. **(1 bod)** Za “sudar” klizača B i C vrijedi zakon očuvanja količine gibanja:

$$m_B v_B = m_B v'_B + m_C v'_C \quad (1 \text{ bod})$$

Najprije trebamo odrediti brzinu klizača C. Za sedam sekundi od početka gibanja klizač A pomaknut će se za

$$s_A = v_A t = 0.8 \text{ m/s} \cdot 7 \text{ s} = 5.6 \text{ m}$$

prema lijevo. To znači da je klizač C od početka njegovog gibanja do tog trenutka prešao put

$$s_C = s_{\text{konačno}} - s_A - s_0 = 13 \text{ m} - 5.6 \text{ m} - 6 \text{ m} = 1.4 \text{ m}. \quad (1 \text{ bod})$$

Između dva sudara prošlo je vrijeme

$$t' = \frac{s_0}{v_B} = \frac{6 \text{ m}}{1.2 \text{ m/s}} = 5 \text{ s},$$

što znači da se klizač C gibao  $t_{\text{ukupno}} - t' = 7 \text{ s} - 5 \text{ s} = 2 \text{ s}$ . **(1 bod)** Prema tome brzina klizača C je:

$$v'_C = \frac{s_C}{t_C} = \frac{1.4 \text{ m}}{2 \text{ s}} = 0.7 \text{ m/s},$$

smjer brzine  $v'_C$  je prema desno. **(1 bod)** Sada možemo izračunati konačnu brzinu klizača B:

$$v'_B = v_B - \frac{m_C}{m_B} v'_C$$

$$v'_B = 1.2 \text{ m/s} - \frac{3}{2} \cdot 0.7 \text{ m/s} = 0.15 \text{ m/s},$$

smjer brzine  $v'_B$  je prema desno. **(1 bod)**

Pomak klizača B nakon “sudara” s klizačem C je:

$$s'_B = v'_B t' = 0.15 \text{ m/s} \cdot 2 \text{ s} = 0.3 \text{ m}. \quad (1 \text{ bod})$$

Prema tome, ukupan pomak klizača B je  $s_0 + s'_B = 6 \text{ m} + 0.3 \text{ m} = 6.3 \text{ m}$ . **(1 bod)**