

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

1. zadatak (11 bodova)

U prve dvije sekunde gibanja Ana se giba jednoliko ubrzano pa vrijede sljedeće jednadžbe:

$$s_1 = \frac{1}{2}at_1^2, \text{ (1 bod)}$$

$$v_1 = at_1, \text{ (1 bod)}$$

gdje je $t_1 = 2$ s. Sljedećih $t_2 = 7$ s Ana se giba jednoliko pa vrijedi sljedeća jednadžba:

$$s_2 = v_1t_2. \text{ (1 bod)}$$

Također vrijedi:

$$s = s_1 + s_2,$$

$$s = \frac{1}{2}at_1^2 + v_1t_2,$$

$$s = \frac{1}{2}at_1^2 + at_1t_2,$$

$$s = a \left(\frac{1}{2}t_1^2 + t_1t_2 \right),$$

$$a = \frac{s}{\frac{1}{2}t_1^2 + t_1t_2} = \frac{60 \text{ m}}{\frac{1}{2} \cdot 4 \text{ s}^2 + 2 \cdot 7 \text{ s}^2} = 3.75 \text{ m/s}^2. \text{ (2 boda)}$$

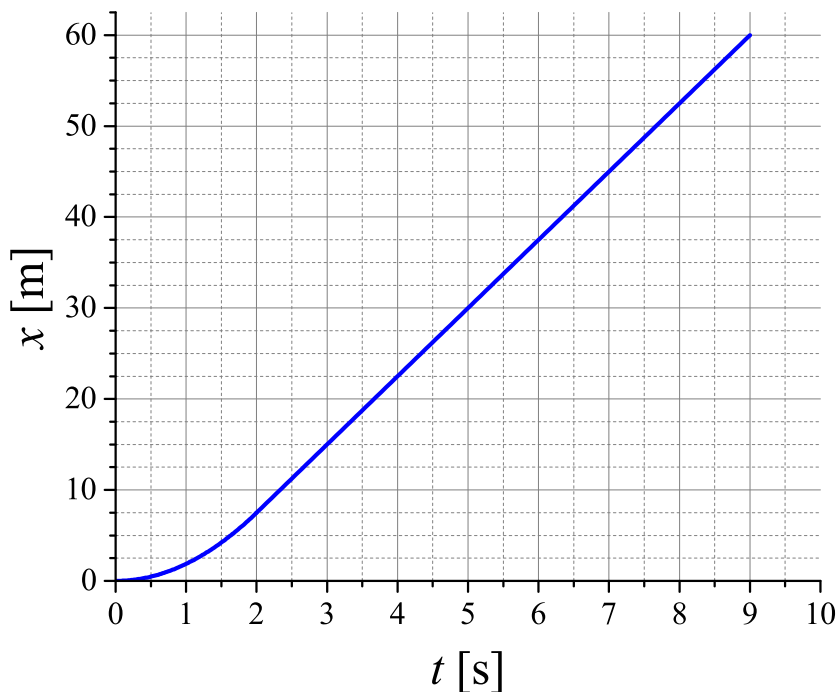
Brzina jednolikog gibanja Ane jednaka je:

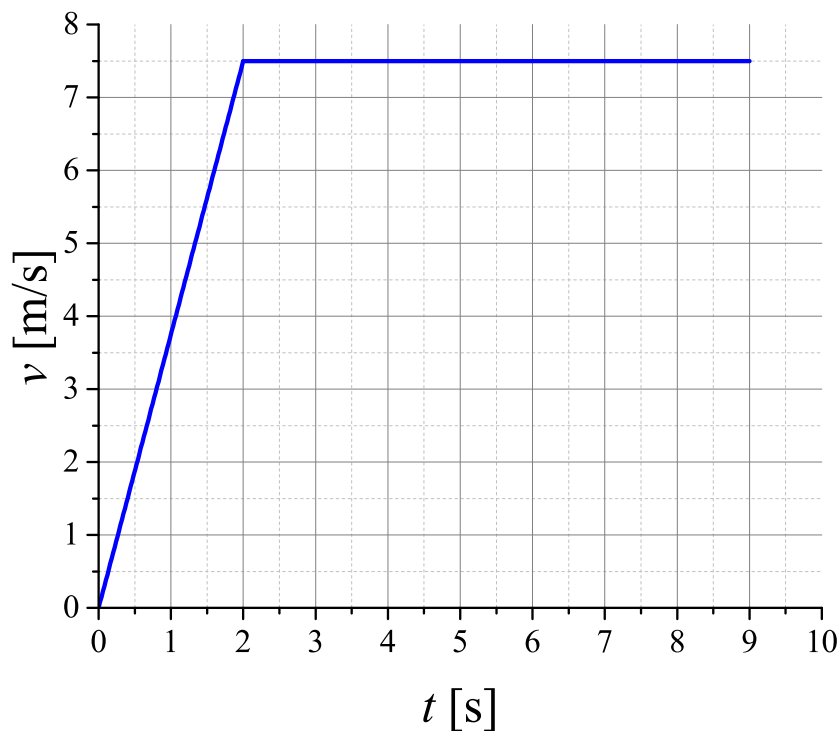
$$v_1 = at_1 = 7.5 \text{ m/s. (1 bod)}$$

Srednja brzina Ane po putu jednaka je:

$$\bar{v} = \frac{s}{t_1 + t_2} = 6.67 \text{ m/s. (1 bod)}$$

Graf ovisnosti položaja o vremenu i graf ovisnosti brzine o vremenu su (2 boda za svaki graf):





2. zadatak (9 bodova)

Gibanje sanduka možemo promatrati u dvije etape: prva je za vrijeme djelovanja sile F , a druga je nakon pucanja užeta do zaustavljanja. U prvoj etapi ubrzanje sanduka jednako je:

$$ma_1 = F - F_{tr}, \text{ (1 bod)}$$

$$ma_1 = F - \mu mg, \text{ (1 bod)}$$

$$a_1 = \frac{F}{m} - \mu g,$$

$$a_1 = 6.4 \text{ m/s}^2. \text{ (1 bod)}$$

Do trenutka pucanja užeta sanduk prelazi put:

$$s_1 = \frac{1}{2}a_1t_1^2 = 0.8 \text{ m. (1 bod)}$$

Brzina sanduka u trenutku pucanja užeta jednaka je:

$$v_1 = a_1t_1 = 3.2 \text{ m/s. (1 bod)}$$

Nakon pucanja užeta sanduk se giba jednoliko usporeno s početnom brzinom v_1 . Iznos ubrzanja jednak je:

$$ma_2 = F_{tr} = \mu mg, \text{ (1 bod)}$$

$$a_2 = \mu g = 1.1 \text{ m/s}^2. \text{ (1 bod)}$$

Od trenutka t_1 do zaustavljanja sanduk će prijeći put:

$$s_2 = \frac{v_1^2}{2a_2} = 4.66 \text{ m. (1 bod)}$$

Ukupni put, koji prijeđe sanduk, jednak je:

$$s = s_1 + s_2 = 5.46 \text{ m. (1 bod)}$$

3. zadatak (10 bodova)

Najprije možemo izračunati vrijeme potrebno da automobil sustigne kamion:

$$s_K = 40 \text{ m} = \frac{1}{2} a_K t_1^2,$$

$$t_1 = \sqrt{\frac{2s_K}{a_K}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 40 \text{ m}}{1.7 \text{ m/s}^2}} = 6.86 \text{ s. (1 bod)}$$

U vremenu t_1 automobil je prešao put:

$$s_A = \frac{1}{2} a_A t_1^2 = \frac{1}{2} a_A \frac{2s_K}{a_K} = \frac{a_A}{a_K} s_K = \frac{2.55}{1.7} \cdot 40 \text{ m} = 60 \text{ m. (1 bod)}$$

Prema tome, početna udaljenost automobila i kamiona je:

$$s_0 = s_A - s_K = 20 \text{ m. (1 bod)}$$

U trenutku sustizanja kamiona automobil i kamion se gibaju brzinama:

$$v_A = a_A t_1 = 17.5 \text{ m/s, (1 bod)}$$

$$v_K = a_K t_1 = 11.7 \text{ m/s. (1 bod)}$$

Njihovo gibanje od tog trenutka opisujemo jednadžbama:

$$s_A(t) = v_A t,$$

$$s_K(t) = v_K t + \frac{1}{2} a'_K t^2, \text{ (1 bod)}$$

gdje je $a'_K = a_K/2 = 0.85 \text{ m/s}^2$. Njihova međusobna udaljenost jednaka je:

$$\Delta s(t) = s_A(t) - s_K(t) = v_A t - \left(v_K t + \frac{1}{2} a'_K t^2 \right) = \left(v_A - v_K - \frac{1}{2} a'_K t \right) t. \text{ (1 bod)}$$

Trenutak t_2 u kojem je udaljenost automobila i kamiona jednaka nuli odredimo iz jednadžbe:

$$\left(v_A - v_K - \frac{1}{2} a'_K t_2 \right) t_2 = 0$$

$$t_2 = \frac{2(v_A - v_K)}{a'_K} = \frac{2 \cdot (17.5 - 11.7) \text{ m/s}}{0.85 \text{ m/s}^2} = 13.7 \text{ s. (1 bod)}$$

U trenutku t_1 automobil ima veću brzinu od kamiona pa on prestiže kamion i njihova udaljenost se povećava. No, kamion se giba jednoliko ubrzano pa će se udaljenost automobila i kamiona povećavati sve dok kamion ne postigne brzinu jednaku brzini automobila. Nakon tog trenutka brzina kamiona i dalje raste pa se udaljenost kamiona od automobila smanjuje. Prema tome, možemo odrediti trenutak u kojem su brzine automobila i kamiona jednake, odnosno kada je njihova udaljenost maksimalna:

$$v'_K = v_A = v_K + a'_K t',$$

$$t' = \frac{v_A - v_K}{a'_K} = 6.82 \text{ s. (1 bod)}$$

Udaljenost automobila i kamiona u tom trenutku je:

$$\Delta s(t') = (v_A - v_K) t' - \frac{1}{2} a'_K t'^2$$

$$\Delta s(t') = \frac{(v_A - v_K)^2}{a'_K} - \frac{1}{2} a'_K \frac{(v_A - v_K)^2}{a'^2_K}$$

$$\Delta s(t') = \frac{(v_A - v_K)^2}{2a'_K}$$

$$\Delta s(t') = \frac{(17.5 - 11.7)^2 \text{ m}^2/\text{s}^2}{2 \cdot 0.85 \text{ m/s}^2} = 19.9 \text{ m. (1 bod)}$$

4. zadatak (10 bodova)

Pretpostavimo da će se tijelo A gibati niz kosinu, a tijelo B uz kosinu. Sile, koje djeluju na oba tijela, prikazane su na slici. Jednadžbe gibanja za tijelo A:

$$m_A a = \frac{\sqrt{3}}{2} m_A g - T - F_{tr,A}, \quad (1 \text{ bod})$$

$$0 = \frac{1}{2} m_A g - N_A. \quad (1 \text{ bod})$$

Jednadžbe gibanja za tijelo B:

$$m_B a = T - \frac{1}{2} m_B g - F_{tr,B}, \quad (1 \text{ bod})$$

$$0 = \frac{\sqrt{3}}{2} m_B g - N_B. \quad (1 \text{ bod})$$

Sile trenja jednake su:

$$F_{tr,A} = \mu_A N_A = \mu_A \frac{1}{2} m_A g,$$

$$F_{tr,B} = \mu_B N_B = \mu_B \frac{\sqrt{3}}{2} m_B g. \quad (1 \text{ bod})$$

Uvrštavanjem u gornje jednadžbe dobije se:

$$m_A a = \frac{\sqrt{3}}{2} m_A g - T - \mu_A \frac{1}{2} m_A g,$$

$$m_B a = T - \frac{1}{2} m_B g - \mu_B \frac{\sqrt{3}}{2} m_B g.$$

Zbrajanjem jednadžbi dobije se:

$$(m_A + m_B) a = \frac{1}{2} (\sqrt{3} m_A - \mu_A m_A - m_B - \sqrt{3} \mu_B m_B) g,$$

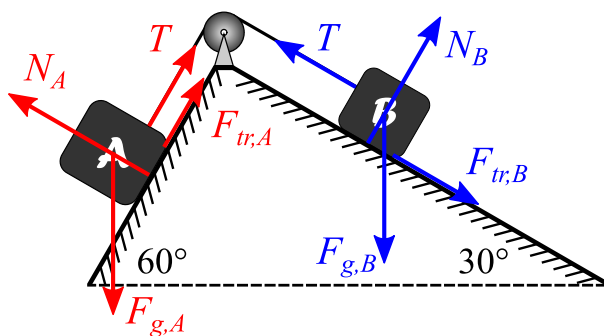
$$a = \frac{\sqrt{3} m_A - \mu_A m_A - m_B - \sqrt{3} \mu_B m_B}{2(m_A + m_B)} g$$

$$a = \frac{5\sqrt{3} - 0.15 \cdot 5 - 3 - 0.2 \cdot 3\sqrt{3}}{2(5 + 3)} \cdot 9.81 \text{ m/s}^2 = 2.37 \text{ m/s}^2. \quad (3 \text{ boda})$$

Silu napetosti užeta možemo izračunati iz prve jednadžbe:

$$T = \frac{\sqrt{3}}{2} m_A g - \mu_A \frac{1}{2} m_A g - m_A a,$$

$$T = 27 \text{ N}. \quad (2 \text{ boda})$$



5. zadatak (10 bodova)

Gibanje kuglica promatramo na pravcu koji je simetrala 1. i 3. kvadranta, uzmimo da je smjer brzine kuglice A pozitivan smjer. Tada zakon očuvanja količine gibanja za ovaj sudar možemo napisati na sljedeći način:

$$m_A v_A - m_B v_B = (m_A + m_B) u, \quad (2 \text{ boda})$$

gdje je u brzina kojom se kuglice zajedno gibaju nakon sudara. Uvrštavanjem poznatih veličina možemo izračunati brzinu u :

$$(m_A - m_B) v = (m_A + m_B) u,$$

$$u = \frac{m_A - m_B}{m_A + m_B} v = \frac{100 - 200}{100 + 200} \cdot 18 \text{ cm/s} = -6 \text{ cm/s}.$$

Smjer brzine u je suprotan smjeru brzine kuglice A prije sudara. **(2 boda)**

Položaj nakon $t' = 5$ s gibanja odredimo na sljedeći način. Prijedeni put u vremenu t' je:
 $s = ut' = 6 \text{ cm/s} \cdot 10\text{s} = 30 \text{ cm}$. **(1 bod)**

Uzimajući u obzir smjer gibanja, kuglice se nalaze na koordinatama:

$$x' = -\frac{\sqrt{2}}{2}s = -21.2 \text{ cm}, \text{ (1 bod)}$$

$$y' = -\frac{\sqrt{2}}{2}s = -21.2 \text{ cm}. \text{ (1 bod)}$$

Razlika ukupne kinetičke energije kuglica prije i poslije sudara jednaka je toplini koja se oslobodila u sudaru:

$$Q = \left(\frac{1}{2}m_A v^2 + \frac{1}{2}m_B v^2 \right) - \frac{1}{2}(m_A + m_B)u^2, \text{ (2 boda)}$$

$$Q = \frac{1}{2}(m_A + m_B)(v^2 - u^2)$$

$$Q = 4.32 \text{ mJ}. \text{ (1 bod)}$$