

8. SASTAVLAJNJE I RASTAVLJANJE SILA I TRENJE

1.181. Ma tijelo mase 4 kg djeluju dvije sile svaka 2 N. Kakvi će biti smjer i veličina ubrzanja: a) ako sile djeluju pod kutom 90° , b) ako sile imaju isti smjer, c) ako sile imaju suprotan smjer?

$$m = 4 \text{ [kg]}$$

$$F_1 = F_2 = 2 \text{ [N]}$$

$$F_R = ?, a = ?$$

a)

$$F_R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$$

$$F_R = \sqrt{2^2 + 2^2}$$

$$F_R = 2,828 \text{ [N]}$$

$$a = \frac{F_R}{m}$$

$$a = \frac{2,828}{4}$$

$$a = 0,7 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right]$$

$$\text{tg} \alpha = \frac{F_2}{F_1}$$

$$\alpha = 45^\circ$$

b)

$$F_R = F_1 + F_2$$

$$F_R = 2 + 2$$

$$F_R = 4 \text{ [N]}$$

$$a = \frac{F_R}{m}$$

$$a = \frac{4}{4}$$

$$a = 1 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right]$$

c)

$$F_R = F_1 - F_2$$

$$F_R = 2 - 2$$

$$F_R = 0$$

$$a = \frac{F_R}{m}$$

$$a = \frac{0}{4}$$

$$a = 0 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right]$$

1.182. Na kruto tijelo djeluju tri jednake sile koje međusobno zatvaraju kut 120° . Hoće li se tijelo pod utjecajem tih sila gibati?

$$F_1 = F_2 = F_3$$

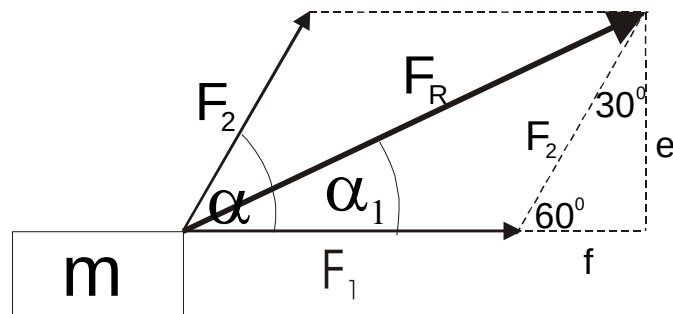
$$\alpha = 120^\circ$$

$$\mathbf{F_R = 0}$$

Tijelo se neće gibati.

1.183. Na tijelo mase 5 kg djeluju sila od 3 N i sila od 4 N, a smjerovi su im pod kutom 60° . a) Koliku će brzinu imati tijelo nakon 2 sekunde? b) U kojem će se smjeru tijelo gibati?

$$\begin{aligned} m &= 5 \text{ [kg]} \\ F_1 &= 4 \text{ [N]} \\ F_2 &= 3 \text{ [N]} \\ \alpha &= 60^\circ \\ t &= 2 \text{ [s]} \\ v &= ?, \alpha_1 = ? \end{aligned}$$



$$e = \frac{\sqrt{3}}{2} \times F_2$$

$$e = \frac{\sqrt{3}}{2} \times 3$$

$$e = 2,6$$

$$f = \frac{F_2}{2}$$

$$f = \frac{3}{2}$$

$$f = 1,5$$

$$F_R = \sqrt{(F_1 + f)^2 + e^2}$$

$$F_R = \sqrt{(4 + 1,5)^2 + 2,6^2}$$

$$F_R = \sqrt{30,25 + 6,76}$$

$$F_R = 6,08 \text{ [N]}$$

$$a = \frac{F}{m}$$

$$a = \frac{6,08}{5}$$

$$a = 1,22 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right]$$

$$v = a \times t$$

$$v = 1,22 \times 2$$

$$v = 2,44 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

$$\sin \alpha_1 = \frac{e}{F_1 + f}$$

$$\sin \alpha_1 = \frac{2,6}{4 + 1,5}$$

$$\sin \alpha_1 = 0,4727$$

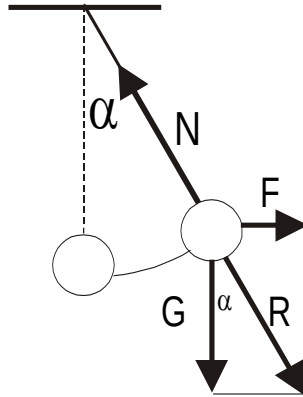
$$\alpha_1 = 28,21^\circ$$

- 1.184. Žicu na kojoj visi uteg mase 16 kg dovedemo u novi položaj djelovanjem sile 120 N u horizontalnom smjeru. a) Kolika je napetost žice? b) Koliki je kut odklona α pri tom položaju? Riješi zadatak grafički i računski.

$$m = 16 \text{ [kg]}$$

$$F = 120 \text{ [N]}$$

$$N = ?, \alpha = ?$$



$$N = R$$

$$R = \sqrt{F^2 + G^2}$$

$$R = \sqrt{120^2 + (16 \times 9,81)^2}$$

$$R = \sqrt{14400 + 24636,44}$$

$$R = 197,58 \text{ [N]}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{F}{G}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{120}{16 \times 9,81}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = 0.76452$$

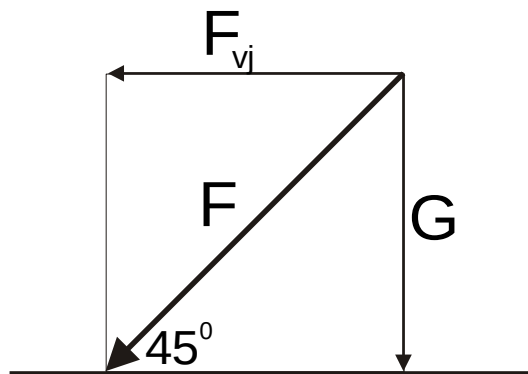
$$\alpha = 37,39^\circ$$

- 1.185. Pod djelovanjem sile vjetra koji puše u horizontalnom smjeru kapljica kiše mase 0,03 g padne na tlo pod kutom 45° . Kojom silom djeluje vjetar na kapljicu? Riješi zadatak grafički i računski.

$$m = 0,03 \text{ [g]} = 3 \times 10^{-5} \text{ [kg]}$$

$$\alpha = 45^\circ$$

$$F = ?$$



$$F_{vj} = G$$

$$G = m \times g$$

$$G = 3 \times 10^{-5} \times 10$$

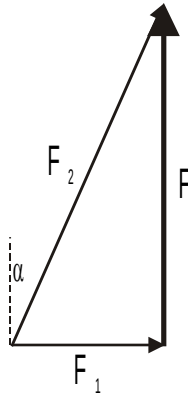
$$G = 3 \times 10^{-4} \text{ [N]}$$

1.186. Silu 90 N, koja djeluje vertikalno gore, treba rastaviti na dvije komponente od kojih je jedna horizontalna 20 N. Odredi drugu komponentu računski i grafički.

$$F = 90 \text{ [N]}$$

$$F_1 = 20 \text{ [N]}$$

$$F_2 = ?, \alpha = ?$$



$$F_2 = \sqrt{F^2 + F_1^2}$$

$$F_2 = \sqrt{90^2 + 20^2}$$

$$F_2 = 92,2 \text{ [N]}$$

$$\cos \alpha = \frac{F}{F_2}$$

$$\cos \alpha = \frac{90}{92,2}$$

$$\cos \alpha = 0,97613$$

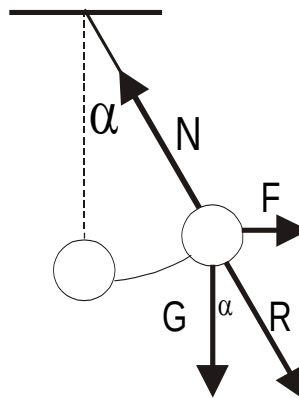
$$\alpha = 12,54^\circ$$

1.187. O nit je obješena kuglica mase 50 g. Kolikom je silom nategnuta nit kad je otklonjena od položaja ravnoteže za 30° .

$$m = 50 \text{ [g]} = 5 \times 10^{-2} \text{ [kg]}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

$$N = ?$$



$$N = R$$

$$\cos \alpha = \frac{G}{R} \Rightarrow R = \frac{G}{\cos \alpha} = \frac{mg}{\cos \alpha}$$

$$R = \frac{5 \times 10^{-2} \times 9,81}{\cos 30^\circ}$$

$$R = \frac{0,4905}{0,866}$$

$$R = 0,566 \text{ [N]}$$

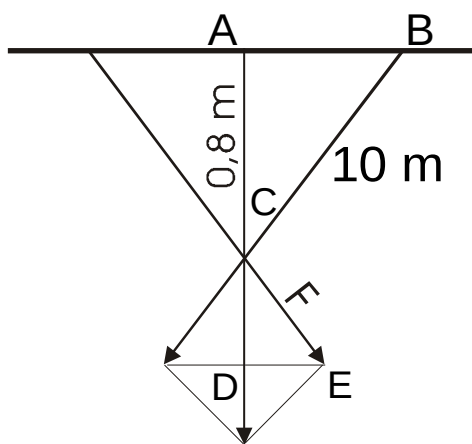
1.188. Svjetiljka mase 15 kg obješena je na sredini žice dugačke 20 m. Sredina žice udaljena je od stropa 0,8 m. Odredi silu kojom je žica napeta.

$$m = 15 \text{ [kg]}$$

$$l = 20 \text{ [m]}$$

$$h = 0,8 \text{ [m]}$$

$$F = ?$$



$$\triangle ACB \cong \triangle CDE$$

$$\overline{CD} \rightarrow \frac{mg}{2} = \frac{15 \times 9,81}{2} = 73,58$$

$$\overline{CD} : F = \overline{AC} : \overline{BC}$$

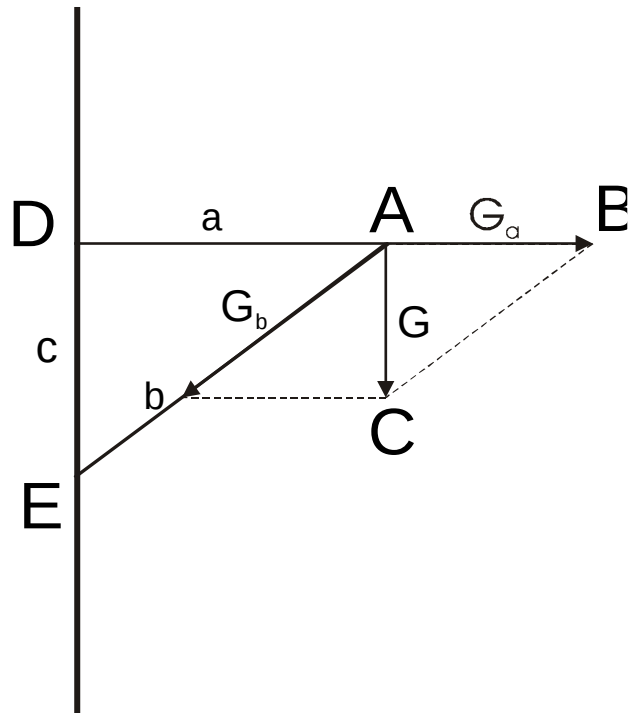
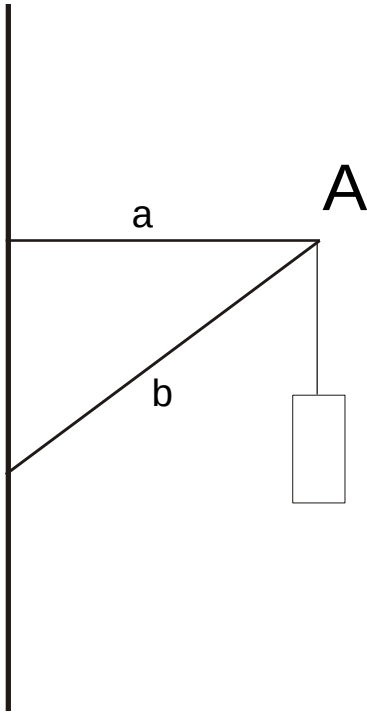
$$F = \overline{CD} \times \frac{\overline{BC}}{\overline{AC}}$$

$$F = 73,58 \times \frac{10}{0,8}$$

$$F = 919,75 \text{ [N]}$$

1.189. Predmet mase 6 kg obješen je u točki A dviju potpornih šipaka koje su dugačke $a = 4 \text{ dm}$ i $b = 5 \text{ dm}$. Kolikom silom djeluje uteg duž oba štapa?

$$\begin{aligned} m &= 6 \text{ [kg]} \\ a &= 4 \text{ [dm]} \\ b &= 5 \text{ [dm]} \\ G_a &= ?, G_b = ? \end{aligned}$$



$$\triangle DEA \cong \triangle ACB$$

$$c = \sqrt{b^2 - a^2}$$

$$c = \sqrt{5^2 - 4^2}$$

$$c = 3 \text{ [dm]}$$

$$a : c = G_a : G$$

$$G_a = \frac{a}{c} \times G$$

$$G_a = \frac{4}{3} \times m \times g$$

$$G_a = \frac{4}{3} \times 6 \times 9,81$$

$$G_a = 78,48 \text{ [N]}$$

$$c : b = G : G_b$$

$$G_b = G \times \frac{b}{c}$$

$$G_b = m \times g \times \frac{5}{3}$$

$$G_b = 6 \times 9,81 \times \frac{5}{3}$$

$$G_b = 98,1 \text{ [N]}$$

1.190. Kolika sila mora djelovati na tijelo mase 4 kg da bi se ono gibalo vertikalno gore akceleracijom 2 m/s^2 .

$$\begin{aligned} m &= 4 \text{ [kg]} \\ a &= 2 \text{ [m/s}^2\text{]} \\ F &= ? \end{aligned}$$

$$F = G + m \times a$$

$$F = m \times (g + a)$$

$$F = 4 \times (9,81 + 2)$$

$$F = 47,24 \text{ [N]}$$

1.191. Tijelo mase 3 kg giba se vertikalno dolje ubrzanjem 12 m/s^2 . Kolika je sila koja osim sile teže djeluje na tijelo?

$$\begin{aligned} m &= 3 \text{ [kg]} \\ a &= 12 \text{ [m/s}^2\text{]} \\ F &= ? \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_R &= m \times a \\ F_R &= G + F \Rightarrow F = F_R - G \\ F &= m \times a - m \times g \\ F &= m \times (a - g) \\ F &= 3 \times (12 - 9,81) \\ F &= 6,57 \text{ [N]} \end{aligned}$$

1.192. Na glatkoj podlozi leže dva utega međusobno povezani tankom niti. Masa m_1 utega A iznosi 300 g, a masa m_2 utega B 500 g. Na uteg B djeluje sila 2 N, a na uteg A sila 1,5 N. Kojom se akceleracijom kreću utezi?

$$\begin{aligned} m_1 &= 300 \text{ [g]} \\ m_2 &= 500 \text{ [g]} \\ F_A &= 1,5 \text{ [N]} \\ F_B &= 2 \text{ [N]} \\ a &= ? \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} F_R &= (m_1 + m_2) \times a \\ F_R &= F_B - F_A \\ F_R &= 2 - 1,5 \\ F_R &= 0,5 \text{ [N]} \\ a &= \frac{F_R}{m_1 + m_2} \\ a &= \frac{0,5}{0,3 + 0,5} \\ a &= 0,625 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right] \end{aligned}$$

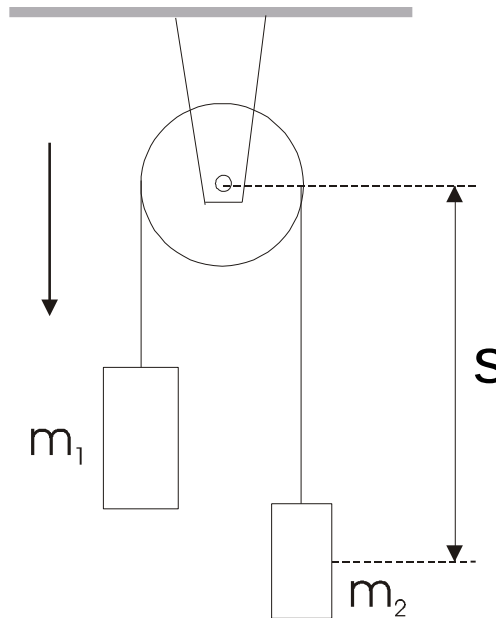
- 1.193. Preko nepomične koloture prebačeno je uže. Na jednom kraju užeta visi uteg mase 25 kg. Na drugom kraju užeta visi majmun koji se penje po užetu. Kojom se akceleracijom diže majmun po užetu ako se uteg nalazi uvijek na istoj visini? Masa je majmuna 20 kg. Za koje će vrijeme majmun stići do koloture ako je na početku bio 20 m udaljen od nje?

$$m_1 = 25 \text{ [kg]}$$

$$m_2 = 20 \text{ [kg]}$$

$$s = 20 \text{ [m]}$$

$$t = ?$$



$$m_1 \times g = m_2 \times g + m_2 \times a$$

$$a = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \times g$$

$$a = \frac{25 - 20}{20} \times 9,81$$

$$a = 2,45 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right]$$

$$s = \frac{a}{2} \times t^2 \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2 \times s}{a}}$$

$$t = \sqrt{\frac{2 \times 20}{2,45}}$$

$$t = 4,04 \text{ [s]}$$

- 1.194. Kamen mase 0,5 kg pada s vrha nebodera visoka 67 m. U času pada kamen ima brzinu 19 m/s. Kolika je srednja sila otpora zraka?

$$m = 0,5 \text{ [kg]}$$

$$s = 67 \text{ [m]}$$

$$v = 19 \text{ [m/s]}$$

$$F_o = ?$$

$$m \times a = G - F_o$$

$$F_o = m \times (g - a)$$

$$F_o = 0,5 \times (9,81 - 2,77)$$

$$F_o = 3,52 \text{ [N]}$$

$$v^2 = 2 \times a \times s \Rightarrow a = \frac{v^2}{2 \times s}$$

$$a = \frac{19^2}{2 \times 67}$$

$$a = 2,7 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right]$$

1.195. Na horizontalnoj pruži lokomotiva vuče vlak vučnom silom 180000 N. Na dijelu puta dugačku 500 m brzina je vlaka porasla od 36 km/h na 72 km/h. Koliko je trenje ako je masa vlaka 500 tona?

$$F = 180000 \text{ [N]}$$

$$s = 500 \text{ [m]}$$

$$v_0 = 36 \text{ [km/h]} = 10 \text{ [m/s]}$$

$$v = 72 \text{ [km/h]} = 20 \text{ [m/s]}$$

$$m = 500000 \text{ [kg]}$$

$$F_{tr} = ?$$

$$m \times a = F - F_{tr}$$

$$F_{tr} = F - m \times a$$

$$F_{tr} = 180000 - 500000 \times 0,3$$

$$F_{tr} = 30000 \text{ [N]}$$

$$v^2 = v_0^2 + 2 \times a \times s \Rightarrow a = \frac{v^2 - v_0^2}{2 \times s}$$

$$a = \frac{20^2 - 10^2}{2 \times 500}$$

$$a = 0,3 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right]$$

1.196. Na horizontalnoj dasci leži uteg. Faktor trenja između daske i utega jest 0,1. Koliko horizontalno ubrzanje treba dati da se uteg pomakne s obzirom na dasku?

$$\mu = 0,1$$

$$a = ?$$

$$F = F_{tr}$$

$$m \times a = \mu \times m \times g$$

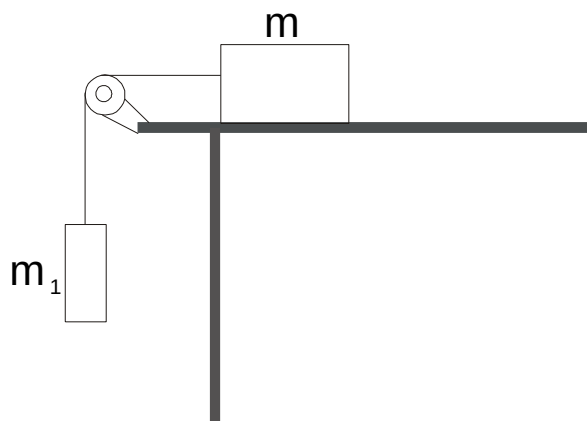
$$a = \mu \times g$$

$$a = 0,1 \times 9,81$$

$$a = 0,981 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right]$$

1.197. Na glatkome horizontalnom stolu leži tijelo mase m . Faktor trenja između stola i tijela jest μ . Na tijelo je privezana nit koja je prebačena preko koloture učvršćene na rubu stola. Na drugom kraju niti visi tijelo najveće moguće težine koja još ne uzrokuje klizanje prvog tijela po stolu. Kolika je masa m_1 tijela koje visi?

$$m_1 = ?$$



$$m_1 \times g = \mu \times m \times g$$

$$m_1 = \mu \times m$$

1.198. Automobil vozi brzinom 72 km/h. Na kojoj najmanjoj udaljenosti ispred pješackog prijelaza mora početi kočiti da bi se pred njim zaustavio? Faktor trenja kotača s cestom jest 0,4 ($g = 10 \text{ m/s}^2$).

$$v = 72 \text{ [km/h]} = 20 \text{ [m/s]}$$

$$\mu = 0,4$$

$$s = ?$$

$$F = F_{tr}$$

$$m \times a = \mu \times m \times g$$

$$a = \mu \times g$$

$$a = 0,4 \times 10$$

$$a = 4 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right]$$

$$v^2 = 2 \times a \times s \Rightarrow s = \frac{v^2}{2 \times a}$$

$$s = \frac{20^2}{2 \times 4}$$

$$s = 50 \text{ [m]}$$

1.199. Auto vozi po horizontalnoj cesti brzinom 36 km/h. U jednom času vozač isključi motor i auto se zaustavi pošto je s isključenim motorom prešao 150 m. Koliko se dugo auto kretao isključenog motora? Koliki je faktor trenja pri tom gibanju?

$$v = 36 \text{ [km/h]} = 10 \text{ [m/s]}$$

$$s = 150 \text{ [m]}$$

$$t = ?, \mu = ?$$

$$v^2 = 2 \times a \times s \Rightarrow a = \frac{v^2}{2 \times s}$$

$$a = \frac{10^2}{2 \times 150}$$

$$a = 0,33 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right]$$

$$a = \frac{v}{t} \Rightarrow t = \frac{v}{a}$$

$$t = \frac{10}{0,33}$$

$$t = 30 \text{ [s]}$$

$$m \times a = \mu \times m \times g$$

$$\mu = \frac{a}{g}$$

$$\mu = \frac{0,33}{9,81}$$

$$\mu = 0,034$$

1.200. Na drveni kvadar mase 0,5 kg, koji miruje na horizontalnoj drvenoj podlozi, djeluje 3 sekunde horizontalna sila 5 N. Nađi brzinu kvadra na kraju treće sekunde. Faktor trenja gibanja između drvenog kvadra i drvene podloge iznosi 0,4.

$$m = 0,5 \text{ [kg]}$$

$$t = 3 \text{ [s]}$$

$$F = 5 \text{ [N]}$$

$$\mu = 0,4$$

$$v = ?$$

$$m \times a = F - F_{tr}$$

$$m \times a = F - \mu \times m \times g$$

$$a = \frac{F}{m} - \mu \times g$$

$$a = \frac{5}{0,5} - 0,4 \times 9,81$$

$$a = 6,08 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right]$$

$$a = \frac{v}{t} \Rightarrow v = a \times t$$

$$v = 6,08 \times 3$$

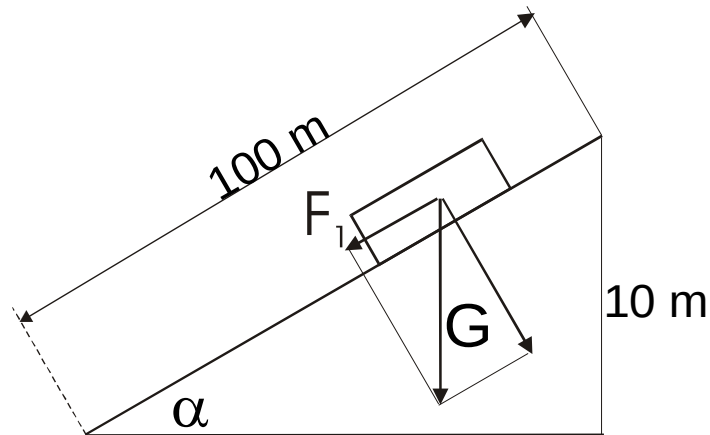
$$v = 18,23 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

1.201. Auto mase 1 t spušta se niz brijeg stalnom brzinom. Odredi silu trenja ako je nagib ceste 10%.

$$m = 1000 \text{ [kg]}$$

$$(F_1 / G) = 10 \%$$

$$F_{tr} = ?$$



iz sličnosti trokuta:

$$F_1 : G = 10 : 100$$

$$F_1 = \frac{10}{100} \times m \times g$$

$$F_1 = 0,1 \times 1000 \times 9,81$$

$$F_1 = 981 \text{ [N]}$$

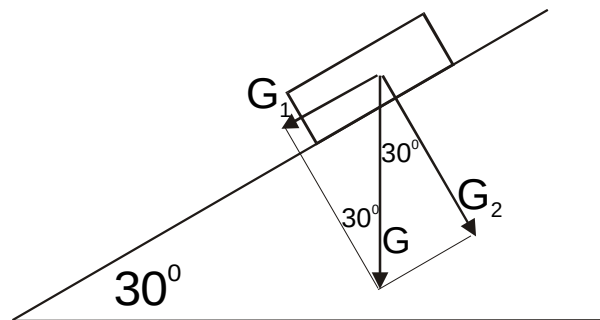
$$F_{tr} = F_1 = 981 \text{ [N]}$$

1.202. Koliki mora biti najmanji faktor trenja između ceste i automobilskeg kotača da bi se automobil mogao penjati uz cestu nagiba 30° akceleracijom $0,6 \text{ m/s}^2$.

$$\alpha = 30^\circ$$

$$a = 0,6 \text{ [m/s}^2\text{]}$$

$$\mu = ?$$



$$F_{tr} = m \times a + G_1$$

$$F_{tr} = \mu \times m \times g \times \cos \alpha$$

$$G_1 = m \times g \times \sin \alpha$$

$$\mu \times m \times g \times \cos \alpha = m \times a + m \times g \times \sin \alpha$$

$$\mu = \frac{a}{g \times \cos \alpha} + \tan \alpha$$

$$\mu = \frac{0,6}{9,81 \times \cos 30^\circ} + \tan 30^\circ$$

$$\mu = 0,65$$

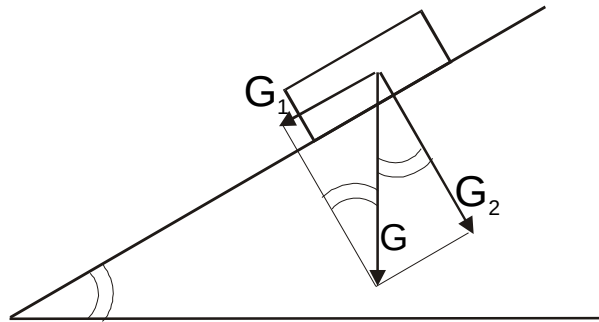
1.203. Tijelo klizi niz kosinu koja je prema horizontali nagnuta za 45° . Pošto je tijelo prešlo put 36,4 cm, dobilo je brzinu 2 m/s. Koliki je faktor trenja između tijela i kosine?

$$\alpha = 45^\circ$$

$$s = 36,4 \text{ [cm]} = 0,364 \text{ [m]}$$

$$v = 2 \text{ [m/s]}$$

$$\mu = ?$$



$$m \times a = G_1 - \mu \times G_2$$

$$m \times a = m \times g \times \sin \alpha - \mu \times m \times g \times \cos \alpha$$

$$\mu = \frac{a}{g \times \cos \alpha} - \tan \alpha$$

$$\mu = \frac{a}{9,81 \times \cos 45^\circ} - \tan 45^\circ$$

$$\mu = 0,27$$

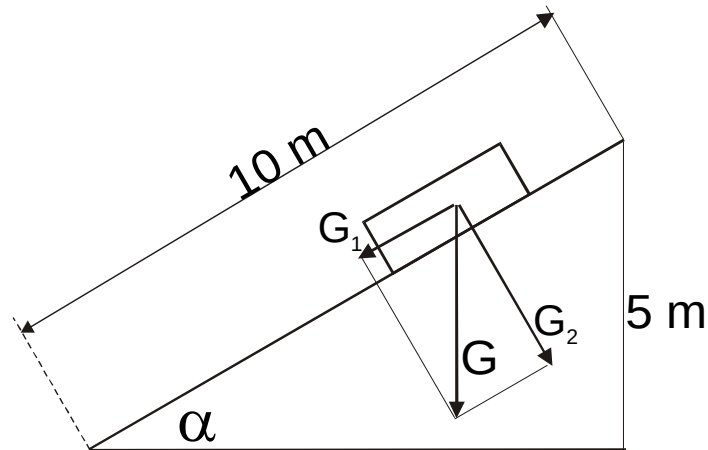
$$v^2 = 2 \times a \times s \Rightarrow a = \frac{v^2}{2 \times s}$$

$$a = \frac{2^2}{2 \times 0,364}$$

$$a = 5,5 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right]$$

1.204. S vrha kosine duge 10 m visoke 5 m počinje se spuštati tijelo bez početne brzine. Koliko će se dugo tijelo gibati niz kosinu ako je faktor trenja 0,2? Kolika će biti brzina tijela na dnu kosine?

$$\begin{aligned}s &= 10 \text{ [m]} \\ h &= 5 \text{ [m]} \\ \mu &= 0,2 \\ t &= ?, v = ?\end{aligned}$$



$$\sin \alpha = \frac{5}{10} = 0,5 \Rightarrow \alpha = 30^0$$

$$m \times a = G_1 - \mu \times m \times G_2$$

$$m \times a = m \times g \times \sin \alpha - \mu \times m \times g \times \cos \alpha$$

$$a = g \times (\sin \alpha - \mu \times \cos \alpha)$$

$$a = 9,81 \times (\sin 30^0 - 0,2 \times \cos 30^0)$$

$$a = 3,21 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right]$$

$$s = \frac{a}{2} \times t^2 \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2 \times s}{a}}$$

$$t = \sqrt{\frac{2 \times 10}{3,21}}$$

$$t = 2,5 [\text{s}]$$

$$v = \frac{a}{t}$$

$$v = \frac{3,21}{2,5}$$

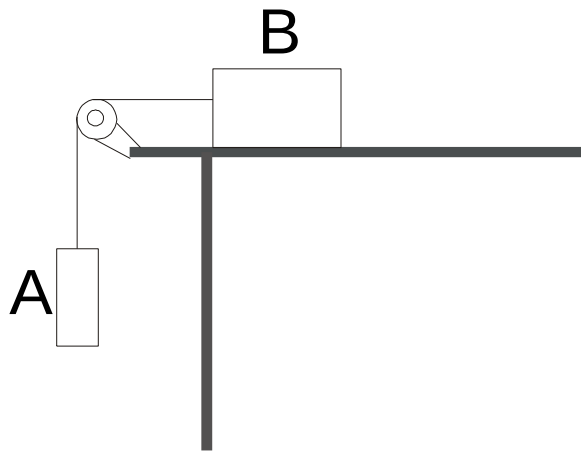
$$v = 1,284 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

- 1.205. Nepomična kolotura pričvršćena je na rubu stola. Preko koloture prebačena je nit na krajevima koje se nalaze utezi A i B mase po 1 kg. Koeficijent trenja utega B prema stolu jest 0,1. Nađi:
a) akceleraciju kojom se gibaju utezi, b) napetost niti. Trenje koloture zanemarimo.

$$m_A = m_B = 1 \text{ [kg]}$$

$$\mu = 0,1$$

$$a = ?, N = ?$$



$$(m_A + m_B) \times a = m_A \times g - \mu \times m_B \times g$$

$$a = \frac{g \times (m_A - \mu \times m_B)}{m_A + m_B}$$

$$a = \frac{9,81 \times (1 - 0,1 \times 1)}{1 + 1}$$

$$a = 4,4 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right]$$

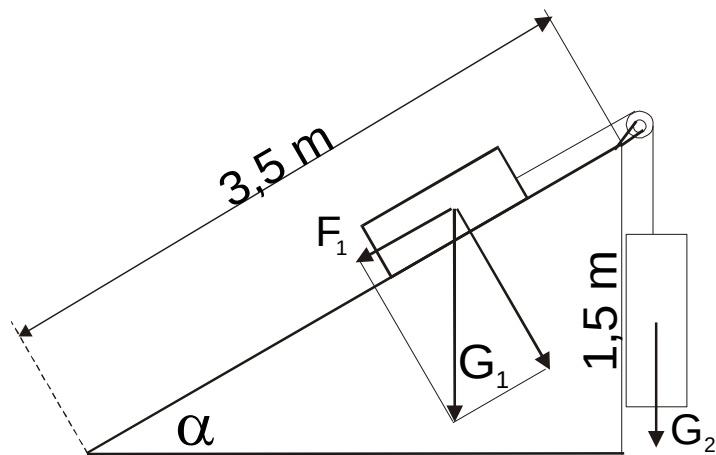
$$N = m_A \times g - m_A \times a$$

$$N = 1 \times 9,81 - 1 \times 4,4$$

$$N = 5,4 \text{ [N]}$$

- 1.206. Na vrhu kosine duge 3,5 m i visoke 1,5 m nalazi se nepomična kolotura. Preko koloture prebačena je vrpca. Na jednom kraju vrpce slobodno visi tijelo mase 4,4 kg, a drugi je kraj vrpce privezan za tijelo mase 8,8 kg koje leži na kosini. Izračunaj put što ga tijelo koje visi prevale za 2 sekunde počevši od stanja mirovanja. Trenje zanemarimo.

$$\begin{aligned}s &= 3,5 \text{ [m]} \\ h &= 1,5 \text{ [m]} \\ m_1 &= 8,8 \text{ [kg]} \\ m_2 &= 4,4 \text{ [kg]} \\ t &= 2 \text{ [s]} \\ s &= ?\end{aligned}$$



$$(m_1 + m_2) \times a = G_2 - F_1$$

$$a = \frac{G_2 - F_1}{m_1 + m_2}$$

$$\sin \alpha = \frac{1,5}{3,5}$$

$$\sin \alpha = \frac{F_1}{G_1} \Rightarrow F_1 = \sin \alpha \times G_1$$

$$F_1 = \frac{1,5}{3,5} \times 8,8 \times 9,81$$

$$F_1 = 37 \text{ [N]}$$

$$a = \frac{4,4 \times 9,81 - 37}{8,8 + 4,4}$$

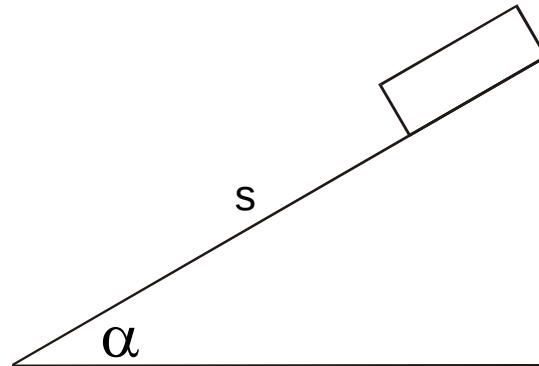
$$a = 0,47 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right]$$

$$s = \frac{a}{2} \times t^2$$

$$s = \frac{0,47}{2} \times 2^2$$

$$s = 0,94 \text{ [m]}$$

- 1.207. Kosina ima kut priklona α koji možemo mijenjati. Niz kosinu teška pločica koja uz kutove $\alpha_1 = 45^\circ$ i $\alpha_2 = 60^\circ$ u jednakim vremenima prijeđe putove jednake horizontalne projekcije. Odredi koliki mora biti kut priklona α_3 da pločica ne bi uopće klizila.



$$s_1 = \frac{a}{2} \times t^2$$

$$s_2 = \frac{a}{2} \times t^2$$

$$s_1 \times \cos \alpha_1 = s_2 \times \cos \alpha_2$$

$$\frac{s_1}{s_2} = \frac{a_1}{a_2} = \frac{\cos \alpha_2}{\cos \alpha_1}$$

$$m \times a_1 = m \times g \times \sin \alpha_1 - \mu \times m \times g \times \cos \alpha_1$$

$$m \times a_2 = m \times g \times \sin \alpha_2 - \mu \times m \times g \times \cos \alpha_2$$

$$a_1 = g \times (\sin \alpha_1 - \mu \cos \alpha_1)$$

$$a_2 = g \times (\sin \alpha_2 - \mu \cos \alpha_2)$$

$$\frac{a_1}{a_2} = \frac{\sin \alpha_1 - \mu \cos \alpha_1}{\sin \alpha_2 - \mu \cos \alpha_2}$$

$$\frac{\cos \alpha_2}{\cos \alpha_1} = \frac{\sin \alpha_1 - \mu \cos \alpha_1}{\sin \alpha_2 - \mu \cos \alpha_2}$$

$$\cos \alpha_2 \times (\sin \alpha_2 - \mu \cos \alpha_2) = \cos \alpha_1 \times (\sin \alpha_1 - \mu \cos \alpha_1)$$

$$\mu \times (\cos^2 \alpha_1 - \cos^2 \alpha_2) = \cos \alpha_1 \times \sin \alpha_1 - \cos \alpha_2 \times \sin \alpha_2$$

$$\mu = \frac{\cos \alpha_1 \times \sin \alpha_1 - \cos \alpha_2 \times \sin \alpha_2}{\cos^2 \alpha_1 - \cos^2 \alpha_2}$$

$$\mu = \frac{\frac{\sqrt{2}}{2} \times \frac{\sqrt{2}}{2} - \frac{1}{2} \times \frac{\sqrt{3}}{2}}{\left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right)^2 - \left(\frac{1}{2}\right)^2}$$

$$\mu = \frac{4 \times (2 - \sqrt{3})}{4}$$

$$\mu = 2 - \sqrt{3}$$

$$m \times g \times \sin \alpha_3 = m \times g \times \cos \alpha_3$$

$$\sin \alpha_3 = \mu \times \cos \alpha_3$$

$$\operatorname{tg} \alpha_3 = \mu$$

$$\operatorname{tg} \alpha_3 = 2 - \sqrt{3}$$

$$\operatorname{tg} \alpha_3 = 0,27 \Rightarrow \alpha_3 = 15^\circ$$