Valsts izglītības satura centrs

NACIONĀLAIS ATTĪSTĪBAS PLĀNS 2020

EIROPAS SAVIENĪBA
Eiropas Sociālais fonds

IEGULDĪJUMS TAVĀ NĀKOTNĒ

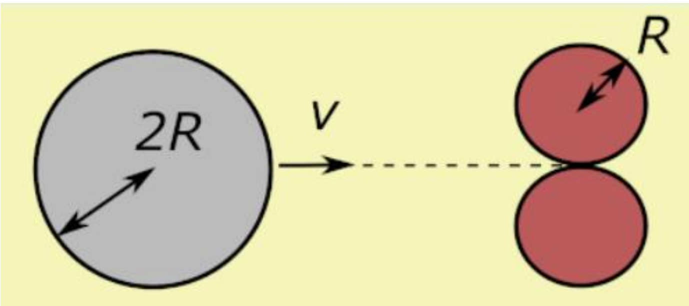
Projekta numurs: 8.3.2.1/16/I/002

Nacionāla un starptautiska mēroga pasākumu īstenošana izglītojamo talantu attīstībai

Fizikas valsts 70. olimpiāde
Trešā posma uzdevumi 11. klasei

10 – 1 Novuss

Ievēro mērvienības, kādās jāizsaka atbildes. Dažus uzdevuma apakšpunktus var risināt neatkarīgi no pārējiem.



Uzdevumā aplūkosim situāciju, kas bieži gadās novusa spēlēs: ripa (jeb lielais kauliņš) skar vienlaicīgi divus mazos kauliņus. Uzskatīsim, ka lielais kauliņš kustās ar ātrumu v un ietriecas tieši pa vidu starp mazajiem kauliņiem, kā parādīts attēlā. Mazā kauliņa rādiuss ir R un augstums ir h. Lielā kauliņa rādiuss ir $2R$ un augstums ir h, kauliņu blīvumi ir vienādi. Var uzskatīt, ka sadursmes starp kauliņiem ir absolūti elastīgas. Var neievērot berzi starp galdu un kauliņiem, kā arī savstarpējo kauliņu berzi sadursmes brīdī.

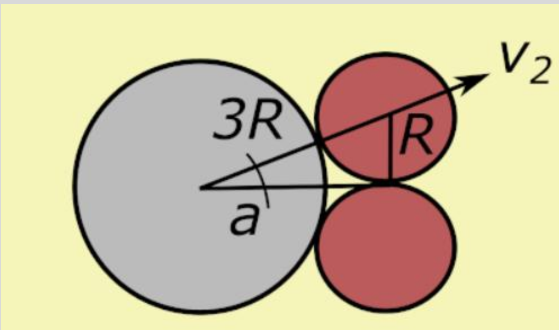
1.

A. Noteikt leņķi (pret **v** virzienu), kurā sāk kustēties mazais kauliņš. **[2 p]**

Atbilde: α = ☐ ^{0}

Leņķis α ir leņķis starp **v** un nogriezni, kas savieno kauliņu centrus, sk. att.

$$\alpha = arcsin\frac{1}{3} = 19.5^0$$



B. Cik liels ir mazā kauliņa ātrums pēc sadursmes? **[6 p]**

Atbilde: v_2 = ☐ v

Apzīmēsim mazā kauliņa masu ar *m* un blīvumu ar ρ. Tad lielā kauliņa masa būs vienāda ar

$$4\pi R^2 h\rho = 4m$$

Impulsa saglabāšanas likums:

$$4mv = 4mv_1 + 2mv_{2x} \text{ (1)}$$

kur v_1 un v_2 ir lielā un mazā kauliņa ātrumi pēc sadursmes, x apzīmē komponenti **v** virzienā. No simetrijas apsvērumiem, mazo kauliņu ātrumi pēc sadursmes ir vienādi, tāpēc impulsa saglabāšanas likums automātiski izpildās y komponentēm.

Enerģijas saglabāšanas likums:

$$4mv^2 = 4mv_1^2 + 2mv_{2x}^2 + 2mv_{2y}^2 \text{ (2)}$$

Zinot leņķi α, var uzrakstīt saistību starp mazā kauliņa ātruma komponentēm

$$v_{2y} = v_{2x} tg\alpha = \frac{v_{2x}}{2\sqrt{2}} \text{ (3)}$$

Tad enerģijas saglabāšanas likums pierakstāms kā

$$4mv^2 = 4mv_1^2 + 2m\left(1 + \frac{1}{8}\right) v_{2x}^2 \text{ (4)}$$

No vienādojumiem (1) un (4) var izveidot sistēmu ar diviem nezināmiem: v_1 un v_{2x}. Atrisināsim sistēmu attiecībā pret v_{2x}

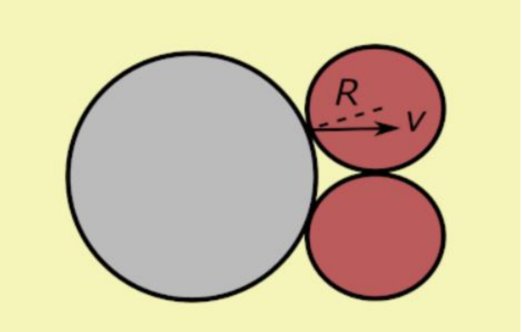
$$\frac{13}{8} v_{2x}^2 - 2vv_{2x} = 0$$

$$v_{2x} = \frac{16}{13} v$$

$$v_2 = v_{2x} \frac{1}{cos\alpha} = 1.31v$$

C. Cik liels būtu mazā kauliņa ātrums pēc sadursmes, salīdzinot ar punktā B izrēķināto (lielāks / mazāks / tāds pats / atkarīgs no citiem sadursmes parametriem), ja ievēro savstarpējo kauliņu berzi sadursmes brīdī **[0.5 p]**? Kāpēc **[0.5 p]**?

Mazā kauliņa ātrums samazinātos, jo lielā kauliņa ātrums nav vērsts precīzi mazā kauliņa rādiusa virzienā. Tādā gadījumā berze starp kauliņiem nodrošina, ka parādās spēka komponente, kas perpendikulāra rādiusam un iegriež mazo kauliņu. Tādā veidā daļa no lielā kauliņa kinētiskās enerģijas pāriet mazā kauliņa rotācijas enerģijā.

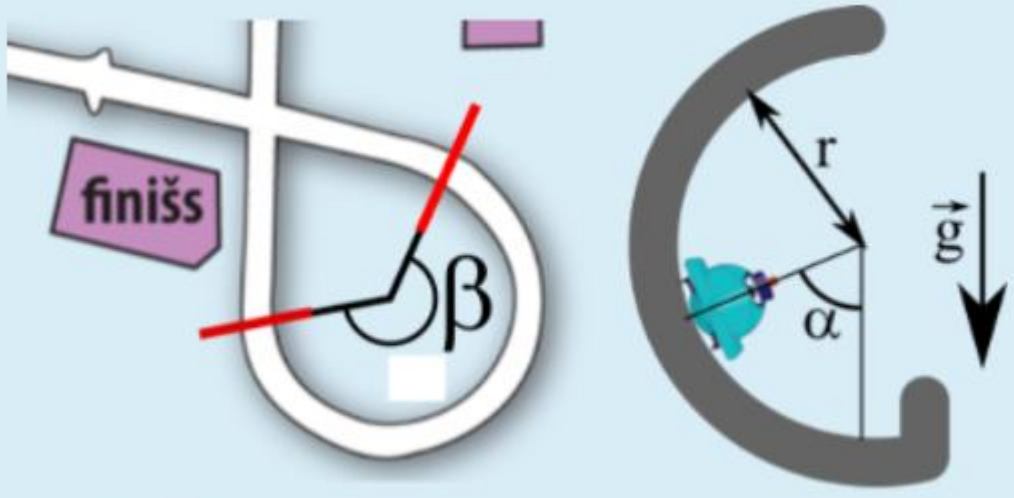


D. Cik liels būtu ripas (lielā kauliņa) ātrums pēc sadursmes, salīdzinot ar punktā B izrēķināto (lielāks / mazāks / tāds pats / atkarīgs no citiem sadursmes parametriem), ja sadursmi neuzskata par absolūti elastīgu **[0.5 p]**? Kāpēc **[0.5 p]**?

Ripas ātrums palielinātos. Robežgadījuma, kad sadursme ir absolūti neelastīga (piemēram, ja kauliņi būtu taisīti no plastilīna), visi kauliņi turpinātu kustēties tālāk kā viens vesels, un to ātrums būtu mazāks par izrēķināto v_2. Tad, lai izpildītos impulsa saglabāšanas likums, ripas ātrumam būtu jābūt lielākam.

10 – 2 Olimpiskās svārstības

Ievēro mērvienības, kādās jāizsaka atbildes. Dažus uzdevuma apakšpunktus var risināt neatkarīgi no pārējiem.



1. attēls Virāža "aplis". Skats no augšas.

2. attēls Virāžas šķersgriezums

Ledus trašu speciālisti apgalvo, ka pēdējā (sešpadsmitā) Siguldas bobsleja un kamaniņu trases virāža jeb „aplis“ ir bīstama bobsleja četrinieku sacensībām. Šajā uzdevumā apskatīsim, kas notiek virāžā „aplis“ un kāpēc tā ir bīstama, kā arī mēģināsim saprast, kādas izmaiņas ir nepieciešams veikt.

Virāžas „aplis“ skats no augšas dots 1. attēlā. Virāžas garums ir (starp ar sarkanu atzīmētajām vietām 1. attēlā) $L_0 = 75$ m un leņķis $\beta = 235°$. Tālākos aprēķinos pieņemt, ka virāža ir riņķa līnijas daļa.

4.

A. Aprēķināt virāžas (riņķa līnijas) rādiusu R (skat. 1. attēlu). **[1 p]**

Atbilde: R = ☐ m

Līnijas garums ir proporcionāls leņķim, tāpēc $\frac{L}{\beta} = \frac{2\pi R}{360}$

Iegūstam, ka $R = L\frac{180}{\pi\beta} = 18.3$ m

B. Aprēķināt centrtieces paātrinājumu, bobsleja divniekam atrodoties šajā virāžā. **[1 p]**

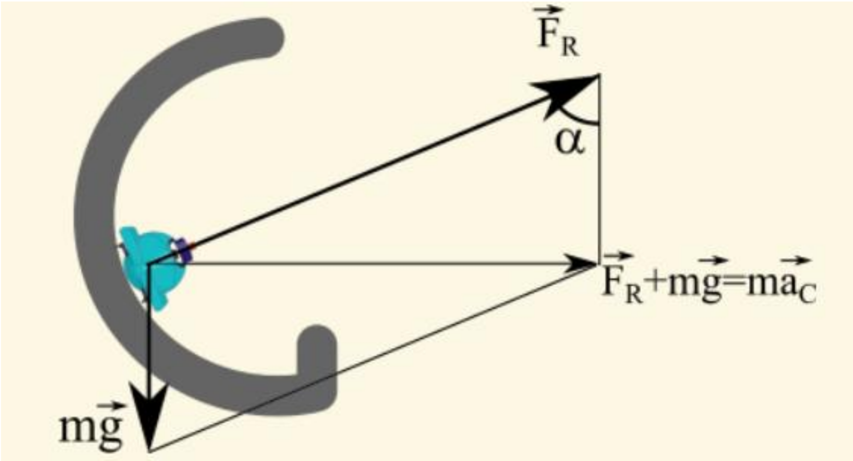
Atbilde: a_c = ☐ m/s^2

Ātrums $\text{v} = 120\ \frac{\text{km}}{\text{h}} = 33.3\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$ un $a_c = \frac{\text{v}^2}{R} = 60.7\ \frac{m}{s^2}$

5. Tālāk apskatīsim virāžas šķērsgriezumu. Šķērsgriezumā trase izskatās pēc puses no riņķa līnijas ar rādiusu $r = 2.3$ m (skat. 2. attēlu; attēlā norādīts arī g virziens). Braucot virāžā bobs visu laiku neatrodas vienā augstumā, kas atbilstu nemainīgam leņķim 2. attēlā, bet svārstās uz augšu un uz leju.

C. Pamatot: Kāpēc notiek svārstības? **[2 p]**

Lai notiktu svārstības, jābūt atgriezējspēkam, kas virza bobu uz līdzsvara stāvokli. Citiem vārdiem sakot, līdzsvara stāvoklim jābūt stabilam. Tāpēc apskatīsim situāciju, kad bobs neatrodas līdzsvara leņķī α_0. Ja bobs neatrodas līdzsvara leņķī, tad uz to joprojām darbojas tikai divi spēki: smaguma spēks un virsmas reakcijas spēks. Šiem spēkiem jānodrošina centrtieces paātrinājums. Ieviesīsim koordinātu sistēmu, kurā y ass vērsta $\boldsymbol{F}_R$ virzienā, bet x ass vērsta perpendikulāri $\boldsymbol{F}_R$ kā redzams attēlā.



y ass virzienā $\boldsymbol{F}_r$ kompensē visus pārējos spēkus un nodrošina, ka objekts neizlido cauri virāžai. Atliek aplūkot II Ņūtona likumu pa x asi:

$$mg_x = ma_x + ma_{cx}$$

kur a_x ir nekompensētā paātrinājuma daļa x ass virzienā, Savukārt

$$a_{cx} = a_c cos\alpha \text{ un } g_x = gsin\alpha$$

ir attiecīgi centrtieces paātrinājums un brīvās krišanas paātrinājuma projekcija uz x asi. Rezultātā iegūstam, ka

$$a_x = gsin\alpha - a_c cos\alpha$$

No šejienes redzam, ka, ja $\alpha = \alpha_0$, tad $a_x = 0$, ja $\alpha > \alpha_0$, tad $a_x > 0$, ja $\alpha < \alpha_0$, tad $a_x < 0$,

Tālāk centīsimies aprēķināt šo svārstību periodu (kas uzdevumā netiek prasīts). Apzīmējam, ka $\alpha = \alpha_0 + \delta$, kur δ ir novirze no līdzsvara leņķa, bet

$a_x = -r\ddot{\delta}$, kur $\ddot{\delta}$ ir leņķiskais paātrinājums. Mīnusa zīme rodas no tā, ka leņķa pieaugšanas virziens ir pretējs a_x pozitīvajam virzienam. Iegūstam

$$-r\ddot{\delta} = gsin(\alpha_0 + \delta) - a_c \cos{(\alpha_0 + \delta)}.$$

Ņemot vērā, ka δ ir mazs, iegūstam tuvinājumus

$$\sin(\alpha_0 + \delta) = sin\alpha_0 cos\delta + sin\delta cos\alpha_0 \approx sin\alpha_0 + \delta cos\alpha_0$$

$$\cos(\alpha_0 + \delta) = cos\alpha_0 cos\delta + sin\delta cos\alpha_0 \approx cos\alpha_0 - \delta sin\alpha_0$$

Pielietojot tās, iegūstam

$$\ddot{\delta} + \frac{gcos\alpha_0 + a_c sin\alpha_0}{r}\delta = 0$$

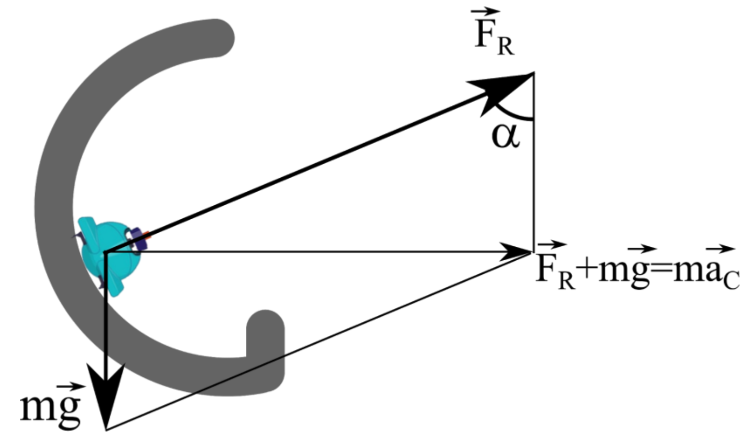
Salīdzinot iegūto vienādojumu ar $\ddot{x} + \omega^2 x = 0$, kur svārstību periods $T = 2\pi\frac{1}{\omega}$, iegūstam, ka šīm svārstībām periods ir

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{r}{gcos\alpha_0 + a_c sin\alpha_0}} = 2\pi\sqrt{\frac{r}{\sqrt{g^2 + a_c^2}}}$$

D. Aprēķināt līdzsvara leņķi α_0, ap kuru notiek svārstības. **[1.5 p]**

Atbilde: α_0= [ ] ^{0}.

Reakcijas spēka vertikālā komponente kompensē smaguma spēku, kā rezultātā bobsleja kamanas nepārvietojas uz augšu un uz leju. Bet reakcijas spēka horizontālā komponente nodrošina centrtieces paātrinājumu.



Rezultātā iegūstam divus vienādojumus

$$F_R cos\alpha = mg$$
$$F_R sin\alpha = ma_c$$

Izdalot šos vienādojumus, iegūstam, ka $tg\alpha = \frac{a_c}{g} = \frac{60.7}{9.81} = 6.19$ un $\alpha = arctg 6.19 = 80.8^0$

Neskatoties uz to, ka svārstības notiek ar lielu amplitūdu, pieņemsim, ka svārstības ir harmoniskas. Tālākajos punktos izmantot, ka leņķim izpildās harmonisku svārstību vienādojums ar periodu

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{r}{\sqrt{g^2 + a_c^2}}}$$

kur g ir brīvās krišanas paātrinājums un a_c ir centrtieces paātrinājums, kas izrēķināts B punktā.

E. Cik garai jābūt virāžai, lai virāžas beigās leņķis α būtu nulle, ja virāžas sākumā $\alpha = 0$, nav ātruma komponentes vertikālā virzienā, un bobslejists nestūrē un ļaujas šīm svārstībām. Dot vienu vērtību, kas ir mazāka par šī brīža virāžas garumu un vienu, kas ir lielāka. **[1.5 p]**

Atbilde: L_1= [ ] m < L_0 un : L_2= [ ] m > L_0

Lai svārstību beigās iegūtu $\alpha = 0$, jānotiek vienai (vai vairākām) pilnai svārstībai. Laiks, ko bobs pavada virāžā ir $t = \frac{L_0}{v}$. Iegūstam, ka virāžas garums ir $L_0 = nvT$, kur $n \in$ N ir kāds naturāls skaitlis un

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{r}{\sqrt{g^2 + a_c^2}}} = \sqrt{\frac{2.3}{9.81^2 + 60.7^2}} = 1.21 \text{ s}$$

$$L_0 = 33.3 \cdot 1.12 \cdot n = 40.5n$$

Tātad virāžai jābūt 40.5 m vai 81.0 m garai.

F. Aprēķināt leņķi α virāžas beigās uzdevumā dotajam virāžas garumam, ja virāžas sākumā $\alpha = 0$ un bobslejists nestūrē un ļaujas šīm svārstībām. **[2 p]**

Atbilde: α= [ ] ^{0}.

Harmonisku svārstību gadījumā

$$\alpha = \alpha_0 - \alpha_0 - \cos(\omega t) = \alpha_0 - \alpha_0 - \cos\left(2\pi\frac{t}{T}\right) = \alpha_0 - \alpha_0 - \cos\left(2\pi\frac{L}{vT}\right) = 32.6^0$$

G. Kādas nelielas izmaiņas jāveic pēdējai virāžai, lai leņķis α virāžas beigās būtu tuvāks leņķim $\alpha = 0$? Iespējamas vairākas pareizās atbildes. **[1 p]**

Atbildes:

- Palielināt virāžas garumu
- Samazināt virāžas garumu
- Palielināt virāžas šķērsgriezuma liekuma rādiusu r
- Samazināt virāžas šķērsgriezuma liekuma rādiusu r
- Palielināt virāžas apļa rādiusu R
- Samazināt virāžas apļa rādiusu R

Lai iegūtu, ka $\alpha = 0$ virāžas beigās, ir jāizpildās nosacījumam

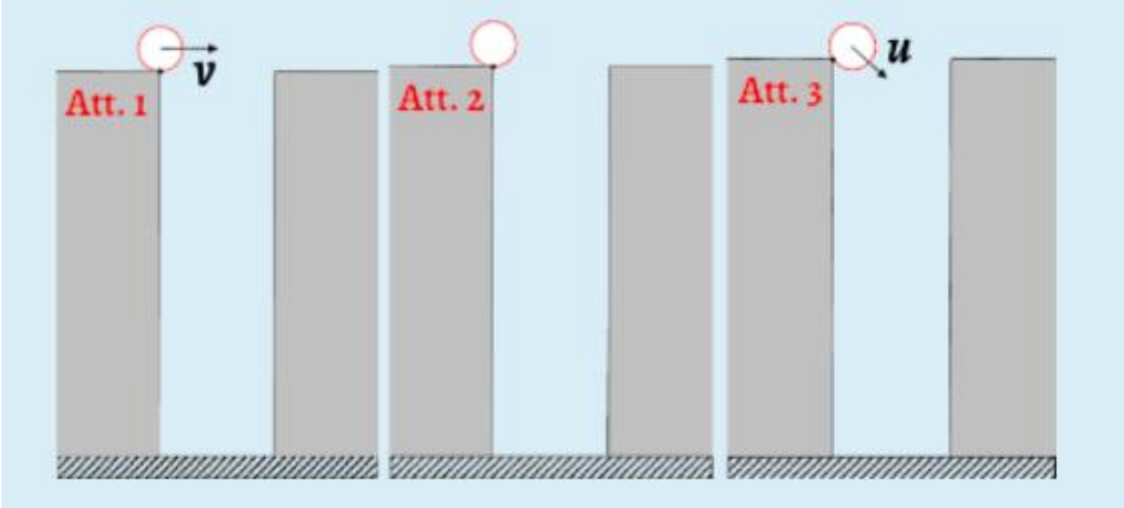
$$\cos\left(2\pi \frac{L}{vT}\right) = 1$$

Esošais virāžas garums ir 75 m, kas ir tuvāk nepieciešamajiem 81.0 m nekā 40.5 m (skatīt E punkta atrisinājumu), tāpēc **virāžas garums ir jāpalielina**.

Vēl lielumu $\cos\left(2\pi \frac{L}{vT}\right)$ varam palielināt, samazinot periodu T. To var izdarīt, **samazinot r** vai palielinot a_C. a_C var palielināt **samazinot R**.

10 – 3 Plātnes

Ievēro mērvienības, kādās jāizsaka atbildes. Dažus uzdevuma apakšpunktus var risināt neatkarīgi no pārējiem.

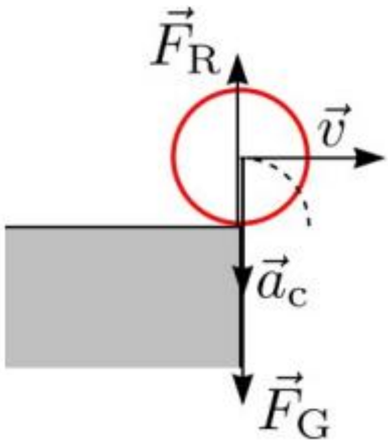


7. Starp divām paralēlām un vertikāli novietotām H = 1 m augstām plātnēm ir L = 10 cm plata sprauga. Maza lodīte ar rādiusu r = 1 cm slīd bez berzes spraugas virzienā un iekrīt tajā (skat. 1. att.).

A. Cik lielam ir jābūt horizontālam sākuma ātrumam v, lai lodīte uzreiz aizlidotu no kreisas plātnes, nevis veltos pāri malai? **[1 p]**

Atbilde: v = ☐ m/s

Ja lodīte veļas pāri plātnes malai, tā nezaudē saskari ar plātnes šķautni un lodītes centrs pārvietojas pa riņķa līnijas loku ar rādiusu r. Izmantojot II Ņūtona likumu šīs kustības sākumam, iegūstam $F_G - F_R = ma_c$, kur $a_c = \frac{v^2}{r}$ ir centrtieces paātrinājums. Šim vienādojumam ir fizikāla jēga tikai, ja $F_B \geq 0$. . Ja lodītes ātrums ir pietiekami liels, lai šis nosacījums neizpildītos, lodīte uzreiz zaudē saskari ar plātni un aizlido. Robežgadījumā F_B = 0 un līdz ar to $mg = \frac{mv^2}{r}$. Iegūstam $v = \sqrt{gr} = 0.31\ \mathrm{m/s}$.. Tātad, ja v > 0.31 m/s, lodīte aizlido pāri malai. bez velšanās.



Tālāk pieņemsim, ka lodīte noveļas bez sākuma ātruma, t.i. v = 0 (skat. 2. att.).

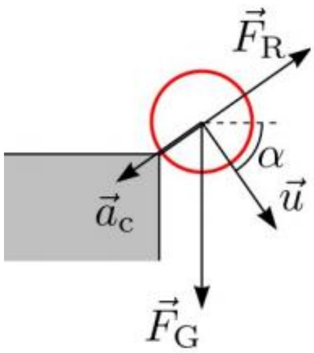
B. Noteikt leņķi, ko ātruma vektors veido ar horizontu, brīdī, kad lodīte atraujas no kreisās plātnes. **[1 p]**

Atbilde: α = ☐ ^{0}

Kamēr lodīte veļas pāri plātnes malai, uz to joprojām darbojas smaguma un virsmas normālās reakcijas spēks. Brīdī, kad lodīte sāks atrauties no plātnes, F_R = 0. Aplūkojot, smaguma spēka projekciju uz taisni, kas savieno lodītes centru un lodītes saskares punktu ar plātnes stūri, iegūstam

$$mgcos\alpha = \frac{mu^2}{r} \text{ jeb } cos\alpha = \frac{v^2}{gr}.$$

Lai iegūtu ātrumu u, izmantojam enerģijas nezūdamības likumu. Lodītes ātrums pieaug no 0 līdz u un smaguma centrs pārvietojas par $h = r(1 - cos\alpha)$ uz leju. Līdz ar t o iegūstam



$$\frac{mu^2}{2} = mgr(1 - cos\alpha) \text{ jeb } \frac{u^2}{gr} = 2(1 - cos\alpha).$$

Savienojot kopā abus starprezultātus, iegūst $cos\alpha = 2(1 - cos\alpha)$ un $cos\alpha = \frac{2}{3}$

Atraušanās brīdī $\alpha = arccos\frac{2}{3} = 48.2^0$

C. Cik lielu attālumu vertikālā virzienā h_k lodīte būs veikusi brīdī, kad tā atraujas no plātnes? **[0.5 p]**

Atbilde: h_k = ☐ cm

$$h = r(1 - sin\alpha) = 0.33\ cm$$

D. Noteikt lodītes ātruma u horizontālo un vertikālo projekciju atraušanās brīdī (skat. 3. att.). **[1 p]**

Atbilde: u_x = ☐ m/s; u_y = ☐ m/s

Izmantojot B uzdevumā iegūto rezultātu: $u = \sqrt{grcos\alpha} = \sqrt{\frac{2gr}{3}}$

$$u_x = ucos\alpha = \frac{2}{3}\sqrt{\frac{2gr}{3}} = 0.17\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$u_y = usin\alpha = u\sqrt{1 - cos^2\alpha} = \sqrt{\frac{10gr}{27}} = 0.19\ \frac{m}{s}$$

E. Cik tālu no kreisas plātnes piezemēsies lodīte? **[1 p]**

Atbilde: s_x = ☐ cm

Lodītes kustība notiek divos posmos: (i) kustība pa riņķa līnijas loku un (ii) slīpi sviesta ķermeņa kustība. Posmā (i) lodītes centrs nonāk attālumā $\delta = rsin\alpha$ no kreisās plātnes. Posmā (ii) lodīte attālinās no plātnes par $s_x = u_x t$, kur t ir krišanas laiks. Lai noteiktu t, aplūkosim kustību vertikālajā virzienā. Tā ir vienmērīgi paātrināta kustība ar sākuma ātrumu, tātad pārvietojumu var aprēķināt kā $s_y = u_y t + \frac{gt^2}{2}$

Šajā gadījumā $s_y = H - h$ un t iegūst atrisinot kvadrātvienādojumu $\frac{g}{2}t^2 + v_y t - (H - h) = 0$

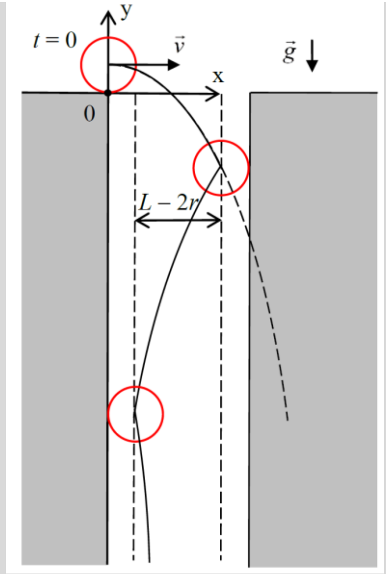
No divām saknēm, t_1 = 0.48 s un t_2 = 0.44 s, fizikālā jēga ir tikai otrajai. Saskaitot kopā abas pārvietojuma daļas, iegūst $\Delta = \delta + s_x = rsin\alpha + u_x t = 8.2$ cm

8. Maza lodīte no iepriekšējā apakšuzdevuma iekrīt spraugā ar horizontālu sākuma ātrumu v = 1 m/s. Atsitoties no plātnēm, lodītes krišanas leņķis ir vienāds ar atstarošanās leņķi. Sadursmes ir absolūti elastīgas (lodītes ātruma modulis nemainās).

A. Kādu horizontālu attālumu veic lodīte starp divām sadursmēm ar plātnēm? **[0.5 p]**

Atbilde: l = ☐ cm

Koordinātu sākumpunktu izvēlēsimies kreisās plātnes augšējā stūrī ar x un y apzīmējot lodītes masas centra koordinātes (skat. zīmējumu). Veiktais horizontālais attālums starp abām sadursmēm ir
$l = L - 2r = 0.1 - 0.02 = 0.08$ m



B. Cik lielu leņķi lodītes ātruma vektors veido ar horizontu brīdī, kad tā pirmo reizi saduras ar labo plātni? **[1 p]**

Atbilde: α = ☐ ^{0}

Iedomāsimies, ka labās plātnes nav. Tādā gadījumā lodītes kustību pēc atraušanās no kreisās plātnes malas apraksta vienādojumi:

$$\begin{cases} x = x_0 + v_{0x}t \\ y = y_0 + v_{0y} + \dfrac{at^2}{2} \end{cases}$$

To parametri ir viegli nolasāmi no zīmējuma:

y_0	v_{0y}	a	x_0	v_{0x}
r	0	-g	0	v

Horizontāls ceļš pirms pirmās sadursmes $s_{x1} = L - r = 0.1 - 0.01 = 0.09$ m

Laiks līdz pirmajai sadursmei ir $t_1 = \frac{s_{x1}}{v_x} = \frac{0.09}{1} = 0.09$ s

$v_{y1} = v_{y0} + gt_1 = 0 + 9.8 \cdot 0.09 = 0.882$ m/s

No ātrumu trijstūra: $tg\alpha = \frac{v_{y1}}{v_{x1}} = \frac{0.882}{1} = 0.882$

$$\alpha = arctg\frac{v_{y1}}{v_{x1}} = arctg0.882 = 41.41^0$$

C. Cik ilgu laiku lodīte pavadīs lidojumā? **[1 p]**

Atbilde: t = ☐ s

Saskaņā ar uzdevuma nosacījumiem katrā sadursmē ātruma projekcija uz y asi ir konstanta, betn projekcija uz x asi maina zīmi uz pretējo. Tādējādi otrās plātnes klātbūtne nekādā veidā neietekmē krišanas laiku. Izmantojot kustības vienādojumu y ass virzienā $t_k = \sqrt{\frac{2H}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1}{9.8}} = 0.45\ s$

D. Cik reižu lodīte atsitīsies no plātnēm, līdz tā nokritīs zemē? **[1 p]**

Atbilde: N = ☐ reizes

Starp diviem atsitieniem, lodīte veic horizontālu attālumu $l = L - 2r$. Neskaitot ceļu pēc pēdējās sadursmes, pilns horizontālā virzienā veiktais ceļš ir

$$s_x = N(L - 2r) + r$$

Krišanas laikā lodīte horizontālā virzienā veic $s_x = vt$

Apvienojot abus vienādojumus iegūst

$N = \left[\frac{v\sqrt{\frac{2H}{g}} - r}{L - 2r}\right]$, kur kvadrātiekavas apzīmē skaitļa veselo daļu.

Aprēķinot atsitienu skaitu skaitliski, iegūst

$$N = \left[\frac{1\sqrt{\frac{2 \cdot 1}{9.8}} - 0.01}{0.1 - 2 \cdot 0.01}\right] = [5.52] = 5$$

E. Cik liels ir lodītes ātruma vektora leņķis ar horizontu brīdī, kad tā sasniedz zemi? **[1 p]**

Atbilde: α = ☐ ^{0}

Līdzīgi kā punktā B

$v_x = v = 1$ m/s

$v_y = v_{y0} + gt_k = 0 + 9.8 \cdot 0.45 = 4.41$ m/s

No ātrumu trijstūra: $tg\alpha = \frac{v_{yk}}{k} = \frac{4.41}{1} = 4.41$

$$\alpha = arctg\frac{v_{y1}}{v_{x1}} = arctg4.41 = 77.2^0$$

F. Ar ko ir vienāds vidējais spēks uz sienu, ko rada lodīte, ja bedre ir bezgalīgi dziļa ($H \to \infty$)? Pieņemt, ka $g = 9{,}8$ m/s² visā bedres dziļumā un lodītes masa ir $m = 33$ g. **[1 p]**

Atbilde: F = ☐ N

Impulsa izmaiņa viena sitiena laikā ir $\Delta p = m\Delta v_x = 2mv_x$

Laiks starp diviem atsitieniem pret vienu plāksni $\Delta t = 0.16$ s

Vidējais spēks ir $F = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{2m\Delta v}{\Delta t} = \frac{2mv_x}{\Delta t} = \frac{2m}{0.16} = 12.5m = 0.4125$ N