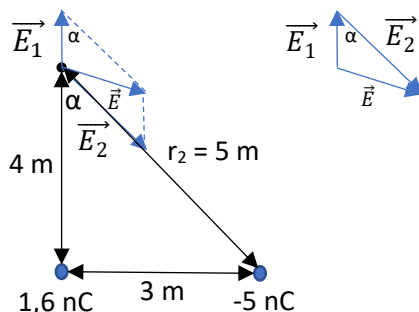


**FÜÜSIKAOLÜMPIAADI KOOLIVOOR 2020/2021 õ.-a.**  
**LAHENDUSED 11. KLASSILE**

**1. ELEKTRIVÄLI (8p)**



$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 \quad (1p)$$

$$E_1 = k \frac{q_1}{r_1^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{1,6 \cdot 10^{-9}}{4^2} = 0,9 \left( \frac{V}{m} \right) \quad (2p)$$

$$\text{Pythagorase teoreemist } r_2 = \sqrt{3^2 + 4^2} = 5 \text{ (m)} \quad (1p)$$

$$E_2 = k \frac{q_2}{r_2^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{5 \cdot 10^{-9}}{5^2} = 1,8 \left( \frac{V}{m} \right) \quad (1p)$$

Vektorkolmnurgast on võimalik erinevate trigonomeetriliste võtetega E vektori moodulväärtus leida. Näiteks kasutades nurga  $\alpha$  koosinusteoreemi:

$$\cos \alpha = \frac{4 \text{ m}}{5 \text{ m}} \quad (1p)$$

$$E^2 = E_1^2 + E_2^2 - 2 \cdot E_1 \cdot E_2 \cdot \cos \alpha \rightarrow E = 1,2 \frac{V}{m} \quad (2p)$$

Kõik alternatiivsed matemaatiliselt korrektsed lahendused lugeda õigeks.

**2. KUULIKE (10p)**

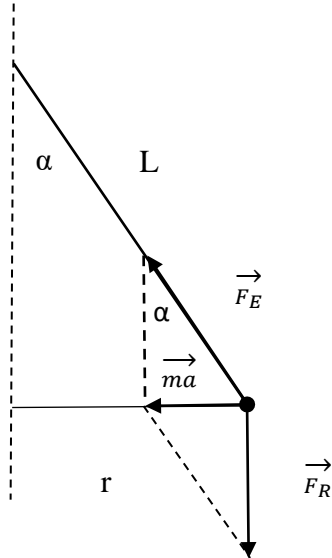
$$L = 0,5 \text{ m}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

$$\beta = 67^\circ$$

$$g = 9,8 \frac{m}{s^2}$$

$$\frac{f_1}{f} = ?$$



Kuulikesele mõjub niidi elastsusjõud  $\vec{F}_e$  ja raskusjõud  $\vec{F}_R$ . Newtoni II seaduse põhjal peab nende jõudude vektorsumma:

$$\vec{F}_e + \vec{F}_R = m\vec{a} \quad (2p)$$

Kuna kuulike sooritab ühtlast ringliikumist, siis kiirenduseks on kesktõmbekiirendus

$$a_n = \omega^2 r \quad (1p)$$

$$\text{Nurkkiirus } \omega = 2\pi f, \text{ seega } a_n = \omega^2 r = 4\pi^2 f^2 r \quad (2p)$$

$$\text{Sarnaste kolmnurkade abil saame seose: } \frac{ma_n}{mg} = \frac{r}{L \cos \alpha}. \quad (2p)$$

Taandame massi, asendame kesktõmbekiirenduse ja avaldame sageduse ruudu:

$$f^2 = \frac{g}{4\pi^2 L \cos \alpha} \quad (1p)$$

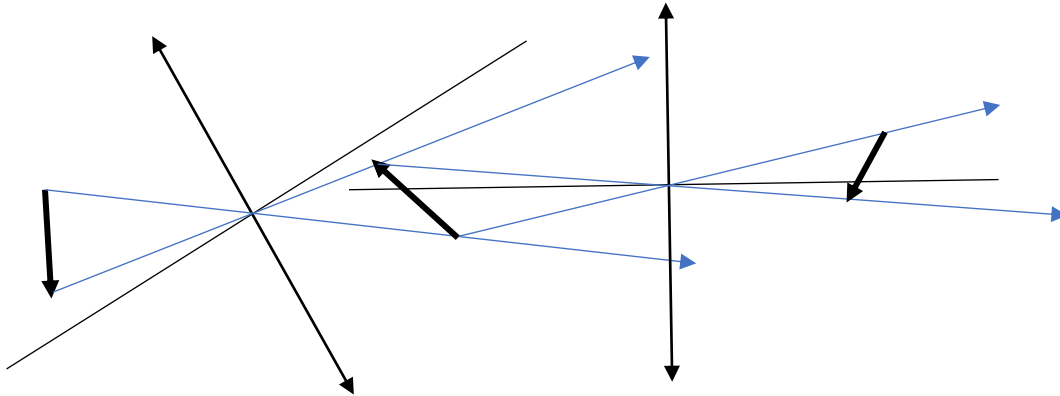
$$\text{Analoogia põhjal: } f_1^2 = \frac{g}{4\pi^2 L \cos \beta}. \quad (1p)$$

$$\frac{f_1^2}{f^2} = \frac{\cos \alpha}{\cos \beta}, \text{ millest } \frac{f_1}{f} \approx 1,5 \quad (1p)$$

### 3. KAKS LÄÄTSE (12p)

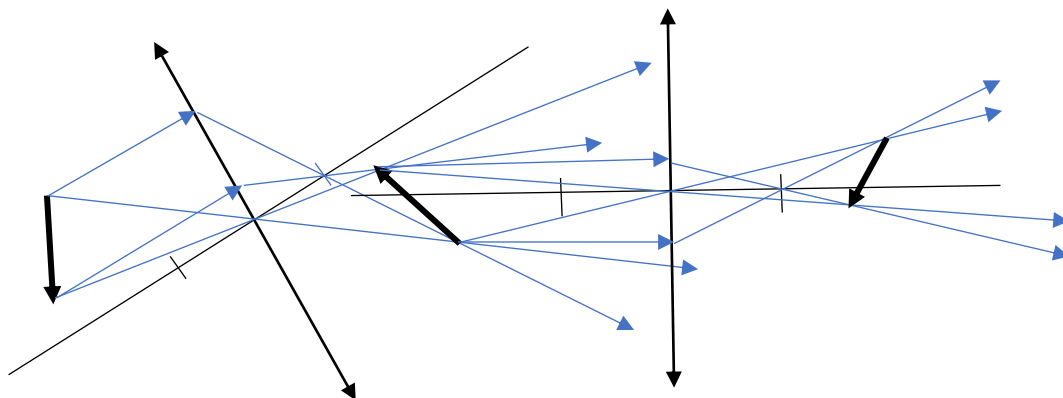
Eseme mõlemast otspunktist lähtuvad valguskiired, mis jõuavad suunda muutmata kujutise otspunktidesse läbivad lääitse keskpunkti. Lääitse keskpunkti läbib ka optiline peatelg (pikendame peatelgi ja leiame, kumb telgedest sobib). Lääitse tasand paikneb risti optilise peateljega nii, et see läbib kiirte ja peatelje lõikepunkti. (4p)

Sama loogikaga leiame teise läätses asukoha (nüüd lähtuvad kiired esimese kujutise otspunktides ja lõpevad teise kujutise otspunktides). **(4p)**



Joonestame eseme ühest otsast peateljega paralleelse kiire läätseni ja selle lõpp-punktist murdunud kiire kujutise vastava otsani. Murdunud kiire lõikepunktis peateljega asub läätses fookus (kontrolliks võib teha sama konstruktsiooni eseme teisest otsast lähtuva kiirega, kuid otseselt pole see vajalik). Teine fookus asub teisel pool läätses samal kaugusel. **(2p)**

Teise läätses fookused konstrueerime analoogiliselt (jällegi lähtuvad kiired nüüd esimese kujutise otspunktides ja lõpevad teise kujutise otspunktides, piisab ühest kiirest). **(2p)**



#### 4. SÜSTAL VAKSIINIGA (8p)

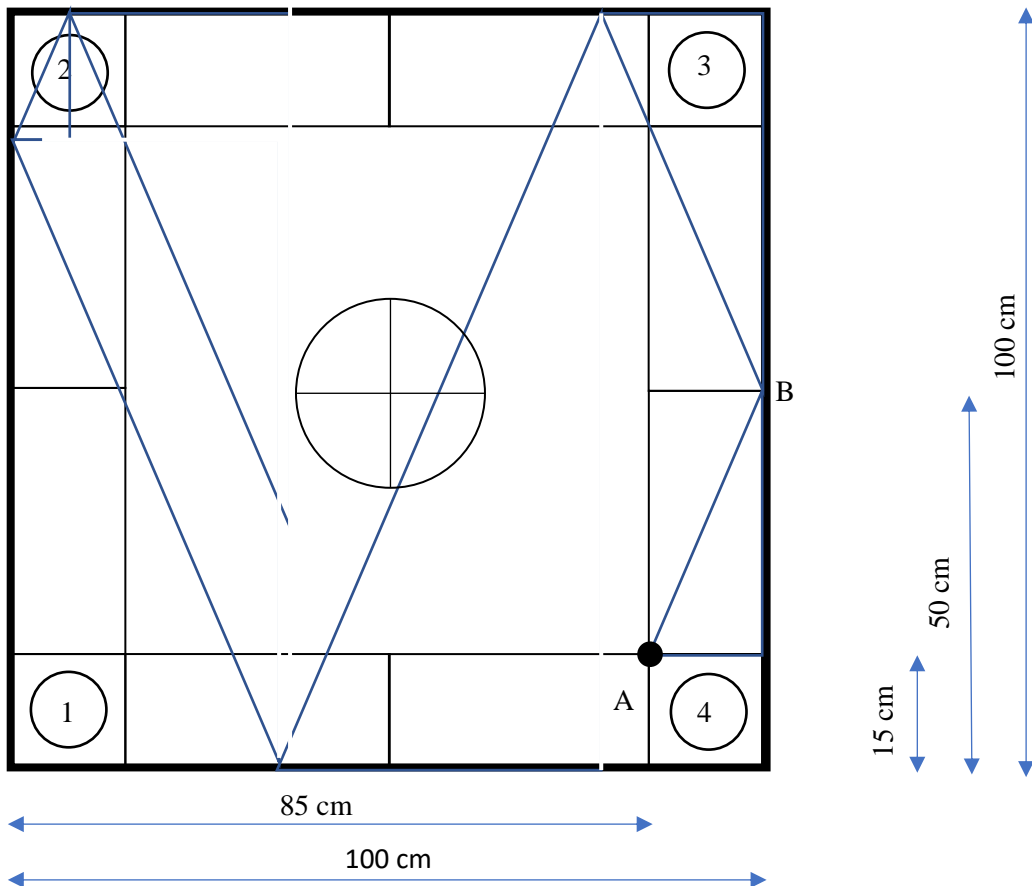
Vedeliku voolamise pidevuse võrrandi kohaselt  $S_1 v_1 = S_2 v_2$  (2p) ja  $v_1 = \frac{S_1}{t}$  (1p) ning  $V_1 = S_1 s_1$  (1p). Nõelast välja voolav vedeliku juga omab kineetilist energiat  $E_k = \frac{mv_2^2}{2}$  (1p), mis muundub potentsiaalseks energiaks  $E_p = mgH$  (1p). Seega (1p):

$$H = \frac{v_2^2}{2g} = \frac{V_1^2}{2gt^2 S_2^2}$$

ja  $H \approx 0,36 \text{ m}$  (1p)

#### 5. KOROONA (14p)

Tõenäoliselt kukuks nupp auku 2. Seda on näha, kui konstrueerida nupu trajektoori vastavalt absoluutselt elastse põrke korral impulsi jäävuse seadusele. (2p) (joonis või arvutus)



Vaatleme nupu liikumist eraldi x- ja y-telje sihis (x-telg – joonisel horisontaalsihis, y-telg – joonisel vertikaalsihis). Leiame algkiiruse x- ja y-telje sihilised komponendid:

$$v_{x0} = v \cdot \cos \alpha \qquad v_{y0} = v \cdot \sin \alpha$$

Kus  $\alpha$  on nurk algse liikumissuuna ja horisontaalsihi vahel. Nurga  $\alpha$  saame leida joonisel antud mõõtude järgi:

$$\tan \alpha = \frac{35}{15} = 2,33 \Rightarrow \alpha = 67^\circ \quad (1p)$$

$$v_{x0} = 1,5 \cdot \cos 67^\circ = 0,59 \left(\frac{m}{s}\right) \quad v_{y0} = 1,5 \cdot \sin 67^\circ = 1,38 \left(\frac{m}{s}\right) \quad (2p)$$

Peale liikuma hakkamist mõjub nupule liugehõõrdejõud, mis on liikumisele vastassuunaline ja annab nupule negatiivse kiirenduse  $a$ .

$$F = ma \quad F = \mu mg \quad ma = \mu mg \quad a = \mu g$$

$$a = 0,03 \cdot 9,8 = 0,29 \left(\frac{m}{s^2}\right) \quad (3p)$$

Lahutame kiirenduse samuti x- ja y-telje sihiliseks komponendiks

$$a_x = a \cdot \cos \alpha \quad a_y = a \cdot \sin \alpha$$

$$a_x = 0,29 \cdot \cos 67^\circ = 0,11 \left(\frac{m}{s^2}\right) \quad a_y = 0,29 \cdot \sin 67^\circ = 0,27 \left(\frac{m}{s^2}\right) \quad (2p)$$

Kuni seiskumiseni läbib nupp x-telje sihis vahemaa

$$s_x = \frac{v_x^2 - v_{x0}^2}{2a_x} \quad s_x = \frac{0 - 0,59^2}{2 \cdot (-0,11)} = 1,58 \text{ (m)} \quad (1p)$$

ja y-telje sihis vahemaa

$$s_y = \frac{v_y^2 - v_{y0}^2}{2a_y} \quad s_y = \frac{0 - 1,38^2}{2 \cdot (-0,27)} = 3,53 \text{ (m)} \quad (1p)$$

Jooniselt näeme, et nupu x-koordinaat oleks

$$x = 1,58 - 0,15 - 1,00 = 0,43 \text{ (m)} \quad (1p)$$

ja y-koordinaat

$$y = 1,00 - (3,53 - 0,85 - 1,00 - 1,00) = 0,32 \text{ (m)} \quad (1p)$$

Ülesande võib lahendada ka graafiliselt:

kui vastused erinevad arvatud vastustest kuni 3 cm saab maksimumpunktid.

kui vastused erinevad arvatud vastustest kuni 5 cm - 2 p.

kui vastused erinevad arvatud vastustest kuni 10 cm - 4 p.

kui vastused erinevad arvatud vastustest kuni 15 cm - 6 p.

kui vastused erinevad arvatud vastustest kuni 20 cm - 8 p.

kui vastused erinevad arvatud vastustest rohkem kui 15 cm, siis punkte ei saa.