Eesti koolinoorte 47. täppisteaduste olümpiaad

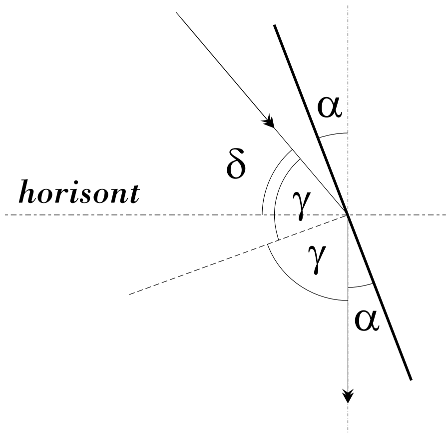
Füüsika piirkondlik voor. 22. jaanuar 2000. a.

Põhikooli ülesannete lahendused

1. ülesanne

<u>Antud</u>: $\alpha = 25°$ — nurk peegli ja vertikaalsuuna vahel.

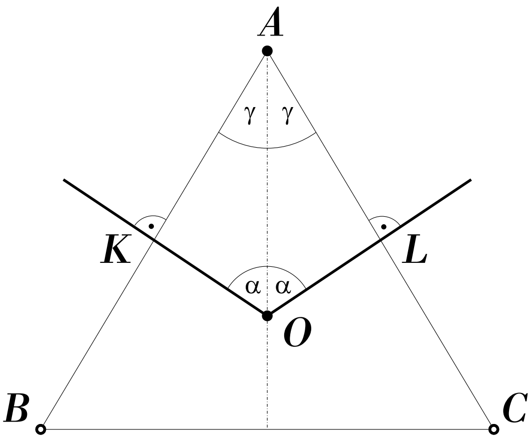
Selleks, et valgustada sügava kaevu põhja, peab peeglilt peegeldunud kiir levima vertikaalselt alla (vt. joon.).



Joonistame kiirte käiku peeglis. Jooniselt leiame, et peegeldusnurk on $\gamma = 90° - \alpha$. Järelikult Päikese kiire ja horisontaali vaheline nurk $\delta = 2\gamma - 90° = 2 \cdot (90° - \alpha) - 90° = 90° - 2\alpha = 40°$.

2. ülesanne

Kuna kujutis on alati esemega sümmeetriline peegli suhtes, siis peavad peeglid läbima kolmnurga vastavate külgede keskpunkte, kusjuures peeglid asuvad risti külgedega (vt. joon.).



Kolmurgast AKO leiame, et $\alpha = 90° - \gamma$, kust saame peeglite vahelise nurga $2\alpha = 180° - 2\gamma = 180° - 60° = 120°$.

3. ülesanne

<u>*Antud*</u>: $s = 20$ km — inimeste vaheline kaugus alghetkel; $v = 5$ km/h — inimeste kiirus; $u = 15$ km/h — kärbse kiirus.

Inimesed lähenevad üksteisele kiirusega $v + v = 2v$. Vahemaa s läbivad nad ajaga $t = s/2v$. Sama palju aega lendab ka kärbes inimeste vahel. Selle aja jooksul läbib kärbes vahemaa $l = ut = us/2v = 30$ km.

4. ülesanne

<u>*Antud*</u>: ρ — vedeliku tihedus; m — ujuva keha mass; d_1, d_2 — anumate diameetrid.

Ujuv keha tõrjub välja vedeliku koguse ΔV, mille mass on võrdne ujuva keha massiga: $\Delta V = m/\rho$.

Kahe anuma summaarne ristlõikepindala on

$$S = \frac{\pi d_1^2}{4} + \frac{\pi d_2^2}{4}.$$

Järelikult tõuseb veetase anumates kõrguse Δh võrra

$$\Delta h = \frac{\Delta V}{S} = \frac{4m}{\pi\rho \cdot (d_1^2 + d_2^2)}.$$

5. ülesanne

Antud: $u = 0{,}8$ m/s — jõe voolukiirus; $d = 45$ m — jõe laius; $t = 30$ s — jõe ületamise aeg.

Selleks, et liikuda risti kaldaga, peab paadi kiiruse v kaldasuunaline komponent olema võrdne jõevoolu kiirusega: $v_k = u$. Paadi kiiruse kaldaga risti oleva komponendi v_r leiame valemist $v_r = d/t$. Pythagorase teoreemist leiame paadi kogu kiiruse, teades kiiruse vektori mõlemaid komponente:

$$v = \sqrt{v_k^2 + v_r^2} = \sqrt{u^2 + (d/t)^2} = 1{,}7 \text{ m/s}.$$

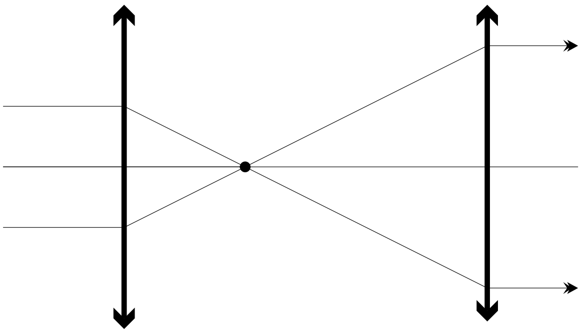
6. ülesanne

Antud: $\rho_v = 1000$ kg/m^3 — vee tihedus; $\rho_t = 7800$ kg/m^3 — terase tihedus.

See, et täpselt pool ujuvast teraskerast on vees, tähendab, et teraskera tihedus on täpselt kaks korda vee tihedusest väiksem ehk $\rho_k = \rho_v/2$. Tähistades kera massi m, kera ruumala V_k ning terase ruumala V_t, saame panna kirja kaks seost: ühelt poolt $m = \rho_k V_k$, teisest küljest $m = \rho_t V_t$, kust avaldame $V_t/V_k = \rho/\rho_t = \rho_v/2\rho_t \approx 0{,}06 = 6\%$. Järelikult moodustab õõnsus 94% teraskera ruumalast.

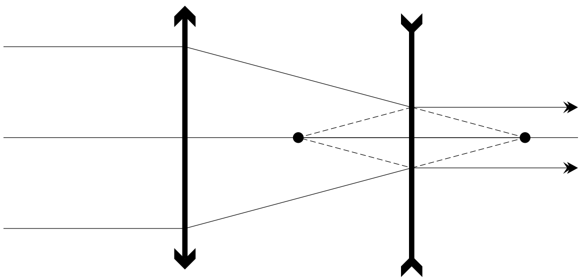
7. ülesanne

a) Koondavale läätsele langevad paralleelsed kiired lõikuvad läätse fookuses ja vastupidi, läätse fookusest väljuvad kiired, läbides läätse, muutuvad paralleelseteks. Järelikult selleks, et kahest koondavast läätsest koosnev süsteem jätaks paralleelsed kiired endiselt paralleelseteks, peavad ühtima läätsede optilised peateljed ning teise läätse esifookus peab ühtima esimese läätse tagafookusega (vt. joon.).

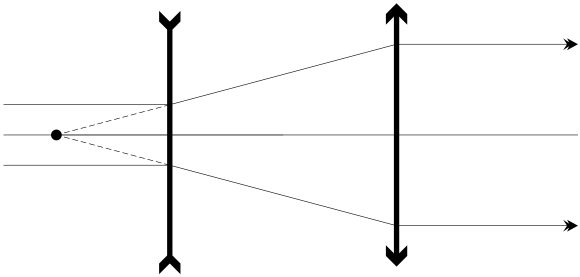


b) Kui süsteem koosneb ühest koondavast ja ühest hajutavast läätsest, peame käsitlema kahte erijuhtu: kui kiired langevad esmalt koondavale või hajutavale läätsele.

Esimesel juhul peame me asetama hajutava läätse koondava läätse ja tema tagafookuse vahele nii, et mõlema läätse tagafookused ühtiksid (vt. joon.).



Teine juht on sisuliselt ümberpööratud esimene: kui valgus langeb esmalt hajutavale läätsele, siis peame me koondava läätse asetama nii, et mõlema läätse esifokused ühtiksid (vt. joon.).



8. ülesanne

<u>*Antud*</u>: $M = 20$ g — vee algmass; $t = -5°$C – vee algtemperatuur; $c = 4{,}2$ kJ/(kg · K) — vee erisoojus; $\lambda = 340$ kJ/kg — jää sulamissoojus.

Teatavasti selleks, et jää sulaks, peame teda soojendama. Kui aga vesi külmub, siis soojus eraldub.

Kui me raputame katseklaasi, tekkivad vees õhumullid, mis rikuvad vee ühtlust ning vesi hakkab kiiresti külmuma. Kuna, nagu öeldud, külmuv vesi eraldab soojust, siis allesjääva vee temperatuur tõuseb. Järelikult saab külmumine toimuda ainult nii kaua, kui katseklaasis olev vesi on allajahutatud ehk tema temperatuur on 0°C-st madalam. Seega saame kirja panna soojusbilansi võrrandi

$$\lambda m = cM \cdot (0 - t),$$

kus m on katseklaasi tekkinud jää mass. Siit

$$m = \frac{cM \cdot (0 - t)}{\lambda} \approx 1{,}2 \text{ g}.$$

9. ülesanne

<u>*Antud*</u>: v — palli veeremise kiirus; u – vihmapiiskade langemise kiirus.

Paigalseisvale pallile langevad ajaühikus vihmapiisad silindrilisest õhu piirkonnast, mille ristlõikepindala on võrdne palli vertikaalse ristlõikepindalaga S_1 ning pikkus on arvuliselt võrdne vihmapiiskade langemise kiirusega u.

Liikumise suhtelisuse pärast võib liikuvat palli pidada paigalseisvaks, millele vihm langeb nurga all kiirusega $w = \sqrt{u^2 + v^2}$. Seetõttu langevad liikuvale pallile piisad silindrilisest õhu piirkonnast pikkusega $\sqrt{u^2 + v^2}$.

Lugedes vihmapiiskade jaotust õhus ühtlaseks, saame, et paigalseisvale pallile langev piiskade arv on $N_1 \sim uS_1$ ning liikuvale pallile langev piiskade arv on $N_2 \sim \sqrt{u^2 + v^2} \cdot S_2$, kus S_2 on palli ristlõikepindala resultantkiiruse w suunas. Järelikult on piiskade arvu suhe

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{S_2 \cdot \sqrt{u^2 + v^2}}{S_1 u} = \frac{S_2}{S_1} \cdot \sqrt{1 + \frac{v^2}{u^2}}.$$

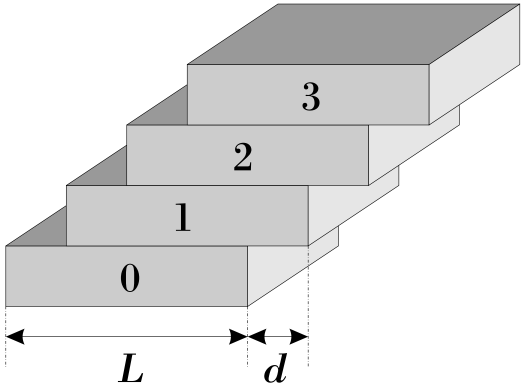
Kui pall on kerakujuline, siis on tema ristlõige kõikides suundades ühesugune, järelikult $S_1 = S_2$ ning

$$N_2/N_1 = \sqrt{1 + v^2/u^2}.$$

10. ülesanne

<u>*Antud*</u>: L — telliskivi pikkus; $d = L/4$ – telliskivide nihe.

Olgu alumise telliskivi järjekorranumber 0, järgmise — 1 jne. Vaatleme kõiki alumisele telliskivile asetatud telliskive kui ühte tervikut ning uurime saadud süsteemi masskese vertikaalprojektsiooni horisontaalsele pinnale. Süsteem on tasakaalus kui see projektsioon ei ületa alumise telliskivi serva.



Kui me suuname x-telje horisontaalselt ning nullpunktiks valime alumise telliskivi keskpunkti koordninaadi x_0, siis peab ülejäänud telliskivide masskeskme projektsioon x-teljele olema väiksem kui $L/2$. Tehtud eelduste puhul on esimese telliskivi masskeskme koordinat $x_1 = L/4$, teise — $x_2 = 2L/4$, kolmanda — $x_3 = 3L/4$, neljanda — $x_4 = 4L/4$ jne.

Kahe esimese telliskivi summaarne masskese asub punktis

$$x_{12} = \frac{x_1 + x_2}{2} = \frac{L/4 + 2L/4}{2} = \frac{3L}{8}.$$

Kuna $3L/8 < L/2$, siis kahest telliskivist koosnev süsteem püsib alumisel telliskivil. Kolmest telliskivist koosneva süsteemi masskeskme koordinaat on

$$x_{123} = \frac{L/4 + 2L/4 + 3L/4}{3} = \frac{6L}{12} = \frac{L}{2}.$$

Näeme, et saadud arv võrdub eelnevalt arvutatud kriitilise väärtusega ja järelikult 3 ongi maksimaalne telliskivide arv, mida saab asetada alumisele telliskivile. Koos alumise telliskiviga annab see kokku $N = 4$.

E1. ülesanne

1) *Töökäik*: katse idee — 2 p., kangi tasakaalu valem — 2 p., kangi tasakaalu valemi rakendamine konkreetsel juhul — 1 p.

2) *Mõõtmine*: tasakaalu asendi leidmine — 1 p., mõõtmine — 2 p., arvutused — 2 p.

E2. ülesanne

Pudel peab olema tekstiga risti — 1 p. Pudel peab olema tekstist kaugel — 1 p. Vett täis pudel töötab koondava silindrilise läätsena — 3 p. (kui ainult läätsena, siis 1 p., kui ainult koondava läätsena, siis 2 p.). Koondav lääts pöörab kujutise ringi (ümber, vms) — 1 p. Erinevalt sfäärilisest läätsest, mis pöörab kujutise ringi kõikides suundades, pöörab silindriline lääts kujutist ainult ühe telje ümber, mis ühtib silindri (antud juhul pudeli) teljega — 2 p. Sõna AHI ongi vertikaaltelje ümber pööratud sõna IHA — 1 p.