

1. Pardi laskumisel vette jääb osa pardist vee alla, kusjuures Archimedese seaduse järgi on pardi poolt välja tõrjutud vee mass võrdne pardi massiga, seega on pardi mass $m = \rho_v S d_1 = 0,96 \text{ kg}$. Pardi sukeldumisel tõrjub ta välja vett vastavalt oma ruumalale, järelikult on pardi ruumala $V = S(d_1 + d_2)$. Seega on pardi tihedus $\rho_p = m/V = \rho_v d_1 / (d_1 + d_2) \approx 550 \text{ kg/m}^3$. Rõhutame, et see on pardi tihedus koos sulgedevahelise õhuga.

2. Keeduspiraali takistuse võib lugeda nii niimipingel kui ka 127-voldises võrgus ühesuguseks (takistuse temperatuurist sõltuvust võib mitte arvestada, sest vesi jahutab hästi ja temperatuur ei lähe oluliselt üle 100°C). Niisiis $P_1 = U_1^2/R$ ja $P_2 = U_2^2/R$, millest $P_2 = P_1 U_2^2 / U_1^2 \approx 117 \text{ W}$.

3. Lühikese ajavahemiku Δt jooksul ristlõiget S läbinud vedelikusamm moodustab silindri kõrgusega $v\Delta t$ ja ruumalaga $\Delta V = vS\Delta t$. Seega läheb igas sekundis läbi antud ristlõike $Q = \Delta V / \Delta t = vS$ kuupmeetrit vett; see suurus ei sõltu ristlõike asukohast, sest vett ei saa vahepeal kaotsi minna ega juurde tulla (valemit võib kasutada ka ilma tuletamata). Järelikult $S_1 v_1 = S_0 v_0$ (indeks "0" tähistab kraanist väljumise punkti ning "1" — otsitavat punkti) ning $v_1 / v_0 = S_0 / S_1 = (d_0 / d_1)^2 = 4$. Kiirus kasvab raskusjõu mõjul: $v_0^2 / 2 + gh = v_1^2 / 2$. Asendades $v_1 = 4v_0$ leiame $2gh = 15v_0^2 \Rightarrow h = 15v_0^2 / 2g_0 \approx 27 \text{ cm}$.

4. Vinnastatud vibu potentsiaalne energia on arvutatav kui vedru potentsiaalne energia $\Pi = kl^2/2$, kus jäikus $k = F/l \Rightarrow \Pi = Fl/2$. Vastavalt lubatud lihtsustustele muundub see kõik noole kineetiliseks energiaks, $mv^2/2 = Fl/2 \Rightarrow v = \sqrt{Fl/m} = 20 \text{ m/s}$.

5. Kujutise mõõtmete suurenemine 2 korda tähendab kujutise lähenemist peegile samuti 2 korda. Kuna tasapeeglis on kujutis sümmeetriline esemega, siis on teine auto 5 s jooksul lähenenud esimesele 2 korda, s.t. $200 \text{ m} / 2 = 100 \text{ m}$ võrra. Järelikult on teise auto kiirus esimese auto suhtes $v_2 = 100 \text{ m} / 5 \text{ s} = 20 \text{ m/s}$. Esimese auto kiirus on

$v_1 = 36 \text{ km/h} = 10 \text{ m/s}$. Seega on teise auto kiirus maante suhtes $v_2 = 20 \text{ m/s} + 10 \text{ m/s} = 30 \text{ m/s} = 108 \text{ km/h}$.

6. Läheme üle esimese autoga seotud taustsüsteemi. Selles süsteemis seisab esimene auto paigal ja teine läheneb oma sõidutee suhtes nurga $\alpha = \arctan v_1 / v_2 = 26,6^\circ$ nurga all. Seega moodustab teise auto kiirusvektor autode algasendeid ühendava sirgega nurga $\beta = 45^\circ - \alpha = 18,4^\circ$ ning autode minimaalne kaugus $l_{\min} = l_0 \sin \beta \approx 51 \text{ m}$.

7. Valguskiir levib mõlemas suunas ühtemoodi, seepärast vaatleme kiirte leviku uurimiseks kera keskpunktist lähtuvaid kiiri, mis peavad koonduma valgusallikal. Need kiired on kerapinna läbimisel viimasega risti, seega murdmist ei toimu ning kiirte leviku koha pealt võime kera olemasolu üldse ära unustada. Kui x on otsitav kaugus, siis vastavalt läätse valemile $1/f = 1/l + 1/x \Rightarrow x = lf / (l - f) = 40 \text{ cm}$.

8. Juhtmes eralduv soojushulk $I^2 R \tau$ ei tohi ületada soojushulka $cm\Delta T$, mis on vajalik juhtme kuumutamiseks õhutemperatuurilt $T_0 = 27^\circ \text{C} = 300 \text{ K}$ sulamistemperatuurini $T_s = 1356 \text{ K}$ ($\Delta T = 1056 \text{ K}$ võrra). Piirjuhul võivad need soojushulgad olla võrdsed. Kuna protsess on kiire, siis soojuse eraldumist keskkonda ei jõua toimuda. Juhtme takistus $R = \rho l / S$, kus l on juhtme pikkus ja S - ristlõikepindala. Vase eritakistus sulamistemperatuuril avaldub kujul $\rho_s = \rho_0(1 + \alpha\Delta T)$, kus ρ_0 on eritakistus 300 K juures. Eeldades muutuse lineaarsust, saame keskmise eritakistuse $\rho_k = (\rho_0 + \rho_s) / 2 = \rho_0(1 + \alpha\Delta T / 2)$. Samas $cm\Delta T = cdSl\Delta T$, kus d on vase tihedus ja seega juhtme mass $m = dV = dSl$. Ühtekokku $I^2 \tau \rho_0(1 + \alpha\Delta T / 2)l / S = cdSl\Delta T$, millest $S = I \sqrt{(\tau \rho_0 / cd)[(1/\Delta T) + (\alpha/2)]}$. Arvuliselt $S = 7,8 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2 = 0,78 \text{ mm}^2$. Märkused: Lõppavaldise kuju võib erineda siintoodust, kuid peab olema sellega ekvivalentne (andma sama arvulise vastuse). Reaalselt kasutatava juhtme ristlõikepindala on ilmselt tublisti suurem, sest tuleb arvestada juhtme võimalikku ebahütlust.

9. Silindri mõjuvad järgmised jõud: silindri ja seina puutepunkti rakendatud toereaktsioon \vec{N} ja hõõrdejõud \vec{F}_h (viimase moodul $F_h = \mu N$), massikeskmesse rakendatud raskusjõud $m\vec{g}$ ning niidi ja silindri puutepunkti rakendatud nõõri pinged \vec{T} . Kirjutame välja jõumomentide tasakaalu tingimuse massikeskme suhtes. Nii toereaktsiooni kui ka raskusjõu õlg on null, seega peavad hõõrdejõud ja nõõri pinged üksteist tasakaalustama. Mõlema õlaks on silindri raadius R , niisiis $TR = F_h R \Rightarrow T = F_h$. Jõudude tasakaalu tingimusest horisontaalsihis saame $N = T \sin \alpha$; võrreldes kahte viimast avaldist leiame $N = F_h \sin \alpha = \mu N \sin \alpha \Rightarrow \mu = 1/\sin \alpha$. Paneme tähele, et sõltumata α väärtusest peab tasakaalu puhul olema igal juhul $\mu > 1$; teatud materjalide puhul on selline võrratus ka tõepoolest võimalik.

10. Ohmi seadusest kogu voluringi kohta leiame aku sisetakistusel tekkiva pinged $U_r = E - U$, kus E on emj. ja U on klemmipinged. Järelikult volutugevus $I = (E - U)/r = 120$ A. Indutseeritavat emj. põhjustavaks kõrvaljõuks on käiviti võlli pöörav magnetjõud, mis antud juhul teebki kasulikke töid. Lenzi reegli kohaselt toimib indutseeritav emj. E_L käivitile rakenduva välise pinged U (klemmipinged) suhtes vastassuunaliselt. Vahe $U - E_L$ on käiviti mähise takistusel R tekkiv pinged. Järelikult $R = (U - E_L)/I = 0,015 \Omega$. Kui rootor ei pöörle, siis volutugevus $I' = E/(R + r) = 354$ A. Käivitis eralduv võimsus $N = I'^2 R = 1883$ W $\approx 1,88$ kW.

E1. Katse: raamatukaanest teha kaldpind ja lasta sealt alla veereda ja libiseda katsekeha. Kaane serva kõrgust mõõdetakse selles asendis, kus keha hakkas liikuma. Mõõtes kaane pikkuse raamatu seljani, saab arvutada kaldenurga.

Hindamine: Meetodi väljamõtlemine (kaldpinna tegemine, pliiatsi veeremise ja libisemise saavutamine) — **3 p.** Arvutusvalemi tuletamine (joonis, õiged jõud, jõudude tasakaal, tegurite suhte avaldis) — **4 p.** Korduvate

mõõtmiste tegemine ja keskmise leidmine — **2 p.** Nurkade leidmine — **1 p.** Suhte leidmine — **1 p.** Vea hinnang; nõ. "silma järg" — **1 p.**; mingi arvutuse abil — **2 p.**

E2. Teooria: Vedelikku asetatud kehale mõjub üleslükkejõud $F_{\uparrow} = \rho_v g V$ (**1 p.**), kus V on keha vedelikus oleva osa ruumala (**1 p.**) Keha ujub vedeliku pinnal siis, kui kehale mõjuv üleslükkejõud on arvuliselt võrdne kehale mõjuva raskusjõuga $mg = \rho_v g V$ (**1 p.**). Ujumise tingimusest saab arvutada vedeliku tiheduse $\rho_v = mg/gV$ (**1 p.**).

Tähistades tühja topsiku massi m_1 , saab tühja topsiku ujumise tingimuse kirjutada üles seosega $m_1 g = \rho_v g V_1$, kus V_1 on topsiku vedelikku sukeldatud osa ruumala (**1 p.**). Kui topsikusse on asetatud tuntud massiga m_2 keha, vajub topsik sügavamale vedelikku ja kehtib seos $(m_1 + m_2)g = \rho_v g V_2$, kus V_2 on topsiku vedelikus oleva osa ruumala (**1 p.**). Lahutades teisest seosest esimese ning teisendaes valemit, saame vedeliku tiheduse arvutada seosest $\rho_v = m_2/(V_2 - V_1)$ (**1 p.**). Koormisega ja koormiseta topsiku poolt väljatõrjutud vedeliku ruumala muudu arvutame seosest $\Delta V = \pi d^2(l_2 - l_1)/4$, kus d tähistab anuma diameetrit ning l_1 ja l_2 — vedeliku nivooisid (**1 p.**).

Kui mingi mõõdetava suuruse x suhteline mõõtmisviga on $E_x = \Delta x/x$, siis tema ruudu viga $E_{x^2} = 2\Delta x/x$ (**1 p.**) (korrutise suhteline viga on tegurite suhteliste vigade summa).

Mõõtmised: Asetame topsiku vedelikku ja mõõdame vedeliku nivoo. Asetame koormise topsikusse ja mõõdame uuesti vedeliku nivoo. Mõõdame anuma läbimõõdu (**2 p.**).

Arvutused: Saadud tulemustest arvutame väljatõrjutud vedeliku ruumala muudu ning vedeliku tiheduse (**1 p.**). Kui mõõtmist teostatakse nii, et joonlaud on vedelikus, siis tuleb arvestada ka ruumalaga, mille hõivab joonlaud.

Mõõtmisvea arvutamine: Vedeliku ruumala mõõtmise suhteline viga on $E_{\Delta V} = 2\Delta d/d + (\Delta l_2 + \Delta l_1)/(l_2 - l_1)$ (**1 p.**).

Tähelepanu: On käimas füüsika internetiüliõppiaad, veel pole hilja liituda! Lähemat infot leiab võrguaadressilt http://www.cs.ioc.ee/~kalda/int_ol/; infot võib küsida ka e-posti teel, kirjutades Jaan Kaldale (kalda@ioc.ee).