

EESTI FÜÜSIKAOLÜMPIAADI EKSPERIMENDI ÜLESANNETE KOGU

Koostas Rael Kalda

2023

Sisukord

Sissejuhatus	3
Ülesanded	4
Lahendused	16

Sissejuhatus

Siia on koondatud põhikooli ja gümnaasiumi eksperimentaalsed ülesanded Eesti füüsikaolümpiaadi piirkonnavoорudest ja lõppvoорudest.

Ülesanded on jaotatud raskuse järgi, mida tähistatakse kuni viie tärniga. Ülesannete lihtsamaks otsimiseks on ülesannete numbrite ette pandud “Ü” ja lahenduste ette “L”. Näiteks ülesande 32 teksti number on kujul Ü32. Iga ülesande juures on kirjas ka selle autor ning olümpiaadi voору lühinimetus. Lisaks lühendid P E1, G E1 jne kus P ja G tähistavad põhikooli ja gümnaasiumiastet ning E eksperimendi ülesannet. Näiteks G E2 viitab gümnaasiumiastme 2. eksperimendi ülesandele. On ka erijuht, kus põhikool ja gümnaasium olid koos, seda tähistatakse tähega K.

Hetkeseisuga on ülesanded aastatest 1996 — 2007.

Ülesanded

- Ü1 Liivatera tihedus ★** Autor: EFO žürii, piirkonnavoor, 1996, K E1
Määrata liivatera tihedus. Analüüsida tegurid, mis mõjutavad tulemuse täpsust.
Katsevahendid: liiv, vesi, kaalud, kaaluvihid, mõõtesilinder.
- Ü2 Koormise keskmine kiirus ★** Autor: EFO žürii, piirkonnavoor, 1997, P E1
Koormis riputati nööri otsa ja viidi asendisse, kus niit on horisontaalne. Pärast lahti laskmist hakkas koormis võnkuma. Määrata koormise liikumise keskmine kiirus. Analüüsida tulemust mõõtetäpsuse seisukohast.
Katsevahendid: koormis, nöör, statiiv, mõõtejoonlaud, stoppkell.
- 
- Ü3 Topsi rõhk ★** Autor: EFO žürii, lõppvoor, 1997, P E1
Kui suurt rõhku avaldab lauale veega täidetud tops?
Katsevahendid: tops, joonlaud.
- Ü4 Paberileht ★** Autor: EFO žürii, piirkonnavoor, 1998, P E1
Paberi pakendil on kiri "80g/m²". Määrata antud paberilehe mass ja paksus. Kirjeldada ülesande lahendust.
Katsevahendid: leht paberit, mõõtejoonlaud.
- Ü5 Keha mass ★** Autor: EFO žürii, piirkonnavoor, 1998, P E2
Määra keha mass. Kirjeldada ülesande lahendust.
Katsevahendid: kuminiit, statiiv, mõõtejoonlaud, tuntud massiga keha, tundmatu massiga keha.
- Ü6 Keha mass 2 ★** Autor: EFO žürii, lõppvoor, 2006, P E1
Määrake katsekeha mass.
Katsevahendid: vees heljuv keha, silindriline anum, joonlaud, nõu veega.
LAHENDUS PUUDUB
- Ü7 Joonlaua mass ★** Autor: EFO žürii, piirkonnavoor, 1998, G E1
Määrake joonlaua mass. Hinnake mõõtmistulemuse täpsust.
Katsevahendid: joonlaud, pliiats, tuntud massiga koormis või münt.
- Ü8 Joonlaua mass 2 ★** Autor: EFO žürii, piirkonnavoor, 2007, P E1
Määrata joonlaua mass.
Katsevahendid: 30 cm pikkune mõõtejoonlaud, 1-kroonine münt ($m = 5,0 \text{ g}$).

- Ü9 Keha tihedus ★** Autor: EFO žürii, piirkonnavaor, 1999, P E2
Määrata keha aine tihedus.
Katsevahendid: võrdse ruumalaga kehad, ümmargune pliiats, joonlaud. Ühe keha aine tihedus on $7,8 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$.
- Ü10 Keha tihedus 2 ★** Autor: EFO žürii, piirkonnavaor, 2002, P E1
Määrata keha aine tihedus.
Katsevahendid: klaasnõu veega, keha, dünamomeeter. Vee tihedus on 1000 kg/m^3 .
- Ü11 AHI ★** Autor: EFO žürii, piirkonnavaor, 2000, P E2
Vaadata läbi vett täis pudeli paberile kirjutatud sõna AHI. Kas pudel tuleks asetada piki või risti sõna, et näha sõna IHA. Põhjendage vastust.
Katsevahendid: Veega täidetud läbipaistev pudel (ilma sildita), paberileht sõnaga AHI.
- Ü12 Piirituse põlemine ★** Autor: EFO žürii, lõppvaor, 2001, P E1
Määrata soojushulk, mis eraldub 1 g piirituse põlemisel. Analüüsida katset ja selle tulemusi. Vee erisoojus on $c_v = 4200 \text{ J/(kg} \cdot ^\circ\text{C)}$, alumiiniumi erisoojus $c_{al} = 880 \text{ J/(kg} \cdot ^\circ\text{C)}$.
Katsevahendid: Piirituslamp, alumiiniumist anum (mass on antud), vesi, kaalud, mõõtesilinder, termomeeter, tikud.
- Ü13 Kumminiit ★** Autor: EFO žürii, piirkonnavaor, 2002, P E2
Määrata kui suur töö tehakse kumminiidi venitamisel jõuga 1 N.
Katsevahendid: kumminiit, koormis massiga 100 g, joonlaud, statiiv.
- Ü14 Ühekroonine ★** Autor: EFO žürii, piirkonnavaor, 2003, P E1
Leida ühekroonise metallraha mass.
Katsevahendid: väike silindriline plastmasstopsisik, anum veega, kaks 10-sendist ja üks 1-kroonine, joonlaud, permanentne viltpliiats.
- Ü15 Vedrust pendel ★** Autor: EFO žürii, piirkonnavaor, 2004, G E2
Valmistage vedru otsa riputatud koormisest üles-alla liikuv pendel ja esitage graafiliselt pendli võnkeperioodi sõltuvus koormise massist.
Katsevahendid: spiraalvedru, statiiv muhvi ja klambriga, 100-grammiste koormiste komplekt, stoppkell, millimeetripaber.

- Ü16 Pall ★** Autor: EFO žürii, piirkonnavoor, 2005, P E1
 Kui ülestõstetud pall lahti lasta, muutub pörkel osa palli esialgsest potentsiaalsest energiast teisteks energia liikideks. Hinnata, kui suur osa algsest potentsiaalsest energiast muundub teisteks energia liikideks. Kas algsest potentsiaalsest energiast teisteks liikideks muutuva energia osa oleneb palli kukkumise kõrgusest?
Katsevahendid: mõõtejoonlaud, pall.
- Ü17 Kustutuskumm ★** Autor: EFO žürii, piirkonnavoor, 2006, P E1
 Määrake kustutuskummi tihedus. Vee tihedus $\rho = 1,0 \text{ g/cm}^3$.
Katsevahendid: anum veega, 4 kustutuskummi, nõõpnõelad, dünamomeeter.
- Ü18 Küünlaleek ★★** Autor: EFO žürii, piirkonnavoor, 1999, P E1
 Vaadake küünlaleeki või taskulambipirni ühe silmaga läbi pliiaatsite vahelise pilu ja kirjeldage, mida on võimalik näha. Püüdke nähtut seletada.
Katsevahendid: 2 ümmargust pliiaatsit, kleepriba, küünal või taskulambipirn alusel koos patareiga.
- Ü19 Vee mass ★★** Autor: EFO žürii, piirkonnavoor, 1996, K E2
 Kasutades termomeetrit, määrata kalorimeetris oleva vee mass. Abivahendina saab kasutada tuntud massiga keha, mille temperatuur on $100 \text{ }^\circ\text{C}$ ja mille erisoojus on teada. Samuti on teada kalorimeetri mass ja erisoojus ning vee erisoojus. Hinnata mõõteviga.
- Ü20 Hõõrdetegurid ★★** Autor: EFO žürii, piirkonnavoor, 1999, G E1
 Hinnake kui palju erinevad hõõrdetegurid libisemisel ja veeremisel.
Katsevahendid: suurem kõvakaaneline raamat, silindriline keha, joonlaud.
- Ü21 Vedeliku tihedus ★★** Autor: EFO žürii, piirkonnavoor, 1998, G E2
 Määrake vedeliku tihedus. Hinnake mõõtmistulemuse täpsust.
Katsevahendid: klaasnõu vedelikuga, dünamomeeter, koormis, mõõtejoonlaud.
- Ü22 Vedeliku tihedus 2 ★★** Autor: EFO žürii, piirkonnavoor, 1999, G E2
 Määrake vedeliku tihedus.
Katsevahendid: silindrilise kujuga anum, mis on poolenisti täidetud tundmatu vedelikuga, väike tühi plasttops, tuntud massiga keha, joonlaud.
- Ü23 Vedeliku tihedus 3 ★★** Autor: EFO žürii, lõppvoor, 2004, P E2
 Määrake rohelise vedeliku tihedus.
Katsevahendid: anum veega, anum tundmatu vedelikuga, joogitops, joonlaud, marker. Vee tihedus $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$.

- Ü24 Puitklotsi ja kivi tihedus ★★** Autor: EFO žürii, piirkonnavaor, 1997, G E1
 Leida puitklotsi ja kivi tihedused. Hinnata mõõteviga.
Katsevahendid: mõõtesilinder, vesi, puitklots, kivi, mõõtejoonlaud.
- Ü25 Piirituse põlemine 2 ★★** Autor: EFO žürii, piirkonnavaor, 1997, G E2
 Kui suur osa piirituse põletamisel vabanevast soojushulgast kulub vee soojendamiseks? Hinnata mõõteviga. Piirituse kütteväärtus on $2,7 \cdot 10^7 \text{ J/kg}$, vee erisoojus $4200 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$, alumiiniumi erisoojus $880 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$.
Katsevahendid: piirituslamp, kaalud, vihid, termomeeter, mõõtesilinder, alumiiniumist anum, vesi.
- Ü26 Voolutugevus ★★** Autor: EFO žürii, lõppvaor, 1999, P E2
 Kui suur oleks voolutugevus antud vooluallikaga ühendatud kolme-oomise takistusega juhis?
Katsevahendid: lapik taskulambipatarei, kaks juhet, tester, millimeetripaber, kolm traattakistit, mille takistused on *ligikaudu* 1Ω , 1Ω ja 4Ω .
- Ü27 Kahe keha ruumalad ★★** Autor: EFO žürii, lõppvaor, 1996, G E1
 Määrata kahe samast materjalist keha ruumala. Esitada katse idee. Kirjeldada tegevuse etappe. Hinnata mõõteviga.
Katsevahendid: kaks keha, mõõtejoonlaud, pliiats, nihik.
- Ü28 Magnet terasplaadil ★★** Autor: EFO žürii, lõppvaor, 1997, G E1
 Magnet asub terasplaadil. Määrata magneti ja terasplaadi tõmbejõu sõltuvus magneti ja terasplaadi vahelisest kaugusest. Magnet mass on kirjutatud magnetile. Hinnata mõõteviga.
Katsevahendid: terasplaat, magnet, mõõtejoonlaud, nihik, kumminiit kirjklambritega, 10 paberilehte, millimeeterpaber.
 LAHENDUS PUUDUB
- Ü29 Plastiliini tihedus ★★** Autor: EFO žürii, piirkonnavaor, 2001, G E1
 Määrata plastiliini tihedus.
Katsevahendid: silindriline anum, joonlaud, tükk plastiliini, anum veega.
- Ü30 Vedeliku murdumisnäitaja ★★** Autor: EFO žürii, piirkonnavaor, 2001, G E2
 Hinnata, kas suurem murdumisnäitaja on värvitul või kollasel vedelikul. Põhjendage tulemust.
Katsevahendid: korgiga suletud katseklaas, milles on värvitu ja kollane vedelik.

Ü31 Lauatennise pall ★★

Autor: EFO žürii, piirkonnavoor, 2002, G E1

Lauatennise pall kukub $h = 80$ cm kõrguselt kõvale horisontaalsele põrandale. Hinnata pallile mõjuva õhutakistusjõu keskmist suurust, kui eeldada, et põrkel läheb 15% palli kineetilise energiast põranda ja palli siseenergiaks. Lauatennise palli mass on $m = 2,5$ g.

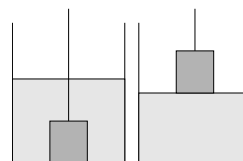
Katsevahendid: joonlaud, lauatenise pall.

Ü32 Keha vees ★★

Autor: EFO žürii, lõppvoor, 2002, P E1

Keha asub vees. Määrake minimaalne töö, mis tuleb teha keha tõstmiseks põhjast pinnale (vt. joon.). Hinnake tulemuse täpsust.

Katsevahendid: anum veega, keha, niit, dünamomeeter, mõõtejoonlaud.

**Ü33 Libisemise hõõrdejõud ★★**

Autor: EFO žürii, piirkonnavoor, 2003, G E1

Mitu korda erineb hõõrdejõud libisemisel hõõrdejõust veeremisel?

Katsevahendid: raamat, mille kaaned pole väga libedad, ümmargune pliiats ja joonlaud.

Ü34 Kaks kujutist ★★

Autor: EFO žürii, piirkonnavoor, 2003, G E2

Kui vaadata kumerläätselt peegeldunud valgust, näeme valgusallika kahte kujutist. Miks? Mille poolest need kujutised erinevad? Kumb neist asub meile lähemal? Kuidas seda eksperimentaalselt kontrollida?

Katsevahendid: koondav lääts, laelamp.

Ü35 Nurga joonistamine ★★

Autor: EFO žürii, lõppvoor, 2003, P E1

Joonistage valgele paberilehele 72° nurk kasutades kahte tasapeeglit ja pliiatsit. Selgitage lahendust.

Katsevahendid: Valge paberileht, kaks tasapeeglit, pliiats.

LAHENDUS PUUDUB

Ü36 Reostaadi traat ★★

Autor: EFO žürii, piirkonnavoor, 2004, P/G E1

Määrata: a) reostaadile keritud traadi mass, b) reostaadi traadi eritakistus. Traadi tihedus on 8500 kg/m^3 .

Katsevahendid: reostaat, mõõtejoonlaud, täisnurkne kolmnurk.

Ü37 Läätsse fookuskaugus ★★

Autor: EFO žürii, piirkonnavoor, 2000, G E2

Määrake kahel viisil läätsse fookuskaugus. Kirjeldage oma tegevust.

Katsevahendid: lääts alusel, taskulambipirn alusel, patarei, juhtmed, ekraan, mõõtejoonlaud.

- Ü38 Läätsse fookuskaugus 2 ★★** Autor: EFO žürii, piirkonnavor, 2005, G E1
 Kasutades paberilehte ekraanina jälgige, millise varju jätab lääts paberile. Visandage valguse intensiivsuse jaotus paberil sõltuvuses punkti kaugusest optilisest peateljest siis, kui läätsse kaugus paberist on umbes 10 cm. Leidke läätsse fookuskaugus kasutades antud nähtust.
Katsevahendid: punktvalgusallikas, nõguslääts hoidjas, mõõtejoonlaud, valge paberileht.
- Ü39 Läätsse fookuskaugus 3 ★★** Autor: EFO žürii, piirkonnavor, 2006, G E1
 Määrake nõgusläätsse fookuskaugus.
Katsevahendid: kumerlääts, nõguslääts, mõõtejoonlaud, taskulambipirn kõrgel alusel, lapik taskulambi patareid, 2 juhett, ekraan, valge paberileht.
- Ü40 Must karp ★★** Autor: EFO žürii, lõppvoor, 2006, P E2
 Leidke musta karbi sees asuva patareid pinget (U_p) ning voltmeetri takistus (R_v).
Katsevahendid: voltmeeter, takisti takistusega $R = 6,2 \text{ k}\Omega$, must karp, mille sees on järjestikku ühendatud patareid ja takisti takistusega $R_k = 3,0 \text{ k}\Omega$. Patareid võib lugeda ideaalseks.
 LAHENDUS PUUDUB
- Ü41 Katsesklaas ★★** Autor: EFO žürii, piirkonnavor, 2007, G E1
 Määrata katseklaasi mass.
Katsevahendid: suur laia kaelaga purk, kitsas katseklaas, joonlaud, vesi.
- Ü42 Kolmnurk ★★** Autor: EFO žürii, piirkonnavor, 2007, G E2
 Leida kolmnurga massikeskme koordinaadid, kui kolmnurga pikem kaatet on x -telg, lühem kaatet on y -telg ja nullpunktiks on joonlaua täisnurk.
Katsevahendid: täisnurkne kolmnurkne joonlaud nurkadega 30 ja 60 kraadi, kirjutuslaud.
- Ü43 Hõõrdetegur ★★** Autor: EFO žürii, lõppvoor, 2007, P E1
 Määrake liugehõõrdetegur klotsi ja paberi vahel.
Katsevahendid: puidust klots, kumminiit, paberileht, mõõtejoonlaud.
Märkus: Liugehõõrdetegur $\mu = \text{hõõrdejõud} / \text{rõhumisjõud}$.
- Ü44 Voltmeeter ★★** Autor: EFO žürii, lõppvoor, 2007, P E2
 Määrake voltmeetri takistus.
Katsevahendid: patareid, voltmeeter, tuntud takisti ($R = 4,7 \text{ k}\Omega$), ühendusjuhtmed.

- Ü45 Pendel ★★★** Autor: EFO žürii, lõppvoor, 1998, G E1
 Valmistada niidist ja kaaluvihist pendel. Määrata pendli võnkeperioodid niidi erinevatel pikkustel. Esitada tulemus graafikuna. Leida matemaatiline seos võnkeperioodi ja pendli pikkuse vahel.
Katsevahendid: niit, statiiv, kaaluviht, kell, joonlaud, millimeeterpaber graafiku jaoks.
- Ü46 Kolm vedelikku ★★★** Autor: EFO žürii, lõppvoor, 1998, G E2
 Reastada ained tiheduse järgi. Põhjendada tehtud valikut. NB! Ära maitse vedelikke, võivad olla ohtlikud.
Katsevahendid: 3 numbriga anumad vedelikega, pulgake, tükike plastiliini, tualett-paberit kuivatamiseks.
- Ü47 Koondava läätse suurendus ★★★** Autor: EFO žürii, lõppvoor, 1999, G E1
 Teha kindlaks kuidas oleneb koondava läätse suurendus kaugusest läätse ja eseme vahel ning kaugusest läätse ja silma vahel. Tulemus esitada graafiliselt. *Suurendus on suurus, mis näitab, mitu korda on kujutise joonmõõtmed suuremad kui eseme joonmõõtmed.*
Katsevahendid: kumerläätis, joonlaud, millimeetripaber.
- Ü48 Voltmeetri ja ampermeetri takistus ★★★** Autor: EFO žürii, lõppvoor, 1999, G E2
 Kasutades üht testrit voltmeetrina ja teist ampermeetrina, leida kummagi mõõteriista takistus sellisel mõõtepiirkonnal, mis on kõige sobivam kasutamiseks antud vooluallika korral. Testrit oommeetrina mitte kasutada.
Katsevahendid: Kaks testrit koos juhtmetega, taskulambipatarei 4.5 V.

Märkus: Valem testri mõõtemääramatuse arvutamiseks pinge mõõtmisel on $0,005x + 2y$ ning voolutugevuse mõõtmisel $0,02x + 2y$, kus x on mõõtmistulemus ja y – vähim võimalik mõõtmistulemus antud mõõtepiirkonnal. Näiteks kui $x = 4,56$ V, siis mõõtemääramatus on $(0,005 \cdot 4,56 + 0,02)$ V.
- Ü49 Pliiats vees ★★★** Autor: EFO žürii, lõppvoor, 2000, P E1
 Asetage pliiats tühja klaasnõusse ja vaadake seda küljelt. Valage nõu poolenisti vett täis. Mida märkate? Kas nähtused olenevad pliiatsi asendist? Kui olenevad, siis kuidas? Põhjendage vastuseid.
Katsevahendid: Klaasnõu, anum veega, pliiats.

- Ü50 Taskulambipirni takistus ★★★** Autor: EFO žürii, lõppvoor, 2000, P E2
 Leida põleva taskulambipirni takistus.
Katsevahendid: Taskulambipirn alusel, lapik patarei, tester, juhtmed.
Märkusi: Kasutatava testri takistus ampermeetrina mõõtepiirkonnal 10 A on 0,2 Ω ja mõõtepiirkonnal 200 mA – 6 Ω. Testri kasutamisel voltmeetrina mõõtepiirkonnadatel 0,02 V ja 2000 mV on takistus 1 MΩ. NB! Testri kui oommeetri kasutamine pingestatud detailide takistuse määramiseks on keelatud, kuna see võib põhjustada testri riknemise.
- Ü51 Taskulambipirni takistus 2 ★★★** Autor: EFO žürii, lõppvoor, 2001, G E1
 Määrake taskulambipirni takistus toatemperatuuril (testri oommeetrina kasutamise eest punkte ei anta).
Katsevahendid: taskulambipirn, taskulambipatarei, reostaat, lüliti, voltmeeter, ampermeeter (kasutada ampermeetrina testrit mõõtepiirkonnas 200 mA), juhtmed, millimeeterpaber.
- Ü52 Nurga joonistamine ★★★** Autor: EFO žürii, lõppvoor, 2000, G E1
 Joonistage valgele paberile nurk 36°.
Katsevahendid: valge paber, pliiats, kaks tasapeeglit.
- Ü53 Kaks läätse ★★★** Autor: EFO žürii, piirkonnavor, 2002, G E2
 On antud 2 läätse. Taha kindlaks, kumb lääts on suurema optilise tugevusega ja mitu korda. On teada, et kehtib seos: $1/f = 1/a + 1/k$, kus f on läätse fookuskaugus, a on eseme kaugus läätsest ja k – kujutise kaugus läätsest.
Märkus: kui kaks läätse on teineteisele väga lähedal (kokkupuutes), siis nende optilised tugevused liituvad algebraliselt.
Katsevahendid: kaks läätse, joonlaud.
- Ü54 Vooluring hõõglampidega ★★★** Autor: EFO žürii, lõppvoor, 2002, P E2
 Koostage vooluring, milles kolmest ühesugusest hõõglambist kaks on ühendatud omavahel rööbiti ja kolmas lamp selle rööpühendusega jadamisi. Määrake, mitu korda on jadamisi ühendatud lambis eralduv võimsus suurem ühes rööbiti ühendatud lambis eralduvast võimsusest. Kasutatavat multimeetrit võib mõõtepiirkonnal 10 A lugeda ampermeetriks, mis ei mõjuta mõõdetavat voolutugevust (plussklemm kõige ülemine pesa, miinusklemm alumine). Mõõtepiirkonnadatel 20 V ja 2000 mV võib sedasama mõõteriista lugeda voltmeetriks, mis ei mõjuta mõõdetavat pinget (plussklemm keskmine pesa, miinusklemm alumine). Joonistage töös kasutatud elektriskeemid.
Katsevahendid: 3 hõõglampi hoidjates, aukudega plastikplaat, 6 neisse aukudesse sobivat vedrukest, 3 metallriba, mida võib kasutada juhtmetena, vooluallikas (3 V) koos ühendusjuhtmetega, multimeeter koos ühendusjuhtmetega.

Ü55 Puitsilindri tihedus ★★★

Autor: EFO žürii, lõppvoor, 2003, G E1

Määrake puitsilindri tihedus.

Katsevahendid: Anum veega (tihedus on 1000 kg/m^3), pikk ja peenike puitsilinder, mille otsa on kinnitatud niit, joonlaud.

LAHENDUS PUUDUB

Ü56 Niit ★★★

Autor: EFO žürii, lõppvoor, 2004, P E1

Määrake suurim jõud, millega võib tõmmata antud niiti.

Katsevahendid: 5 juppi niiti, joonlaud, koormis massiga 100 g, statiiv vardaga, statiivi jalg.**Ü57 Plaat ★★★**

Autor: EFO žürii, lõppvoor, 2004, G E1

Määrake plaadi mass.

Katsevahendid: korrapäratu kujuga plaat, joonlaud, kaaluviht.**Ü58 Tikutoos ★★★**

Autor: EFO žürii, piirkonnavor, 2006, G E2

Määrake tikutoosi kesta otsa ja paberi vaheline hõõrdetegur. Tikutoosi mõõtmed on $50 \times 36 \times 15 \text{ mm}$.*Katsevahendid:* millimeeterskaalaga tikutoosi kest, paberileht, tikk.**Ü59 Klaasplaat ★★★**

Autor: EFO žürii, lõppvoor, 2006, G E1

Määrata klaasi murdumisnäitaja.

Katsevahendid: klaasplaat, mõõtejoonlaud, paberileht ja pliiats.

LAHENDUS PUUDUB

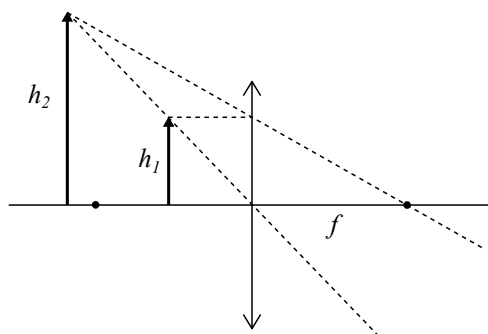
Ü60 Lamp ★★★

Autor: EFO žürii, lõppvoor, 2006, G E2

Hinnata valgusallika vilkumise sagedus.

Katsevahendid: vilkuv lamp, stopper.**Ü61 Luubi suurendus ★★★★★**

Autor: EFO žürii, lõppvoor, 1996, G E2



Luubi suurenduseks S nimetatakse kujutise mõõtme ja eseme vastava mõõtme suhet $S = h_2/h_1$. Luubi suurenduse arvutamiseks on käibel valem $S = \rho/f$ (1), kus ρ on silma parima nägemise kaugus (25 cm) ja f luubi fookuskaugus. Määrata luubi maksimaalne suurendus millimeetripaberi abil ja võrrelda seda valemi (1) abil arvutatud tulemusega. Kui tulemused erinevad teineteisest oluliselt, püüdke erinevust põhjendada.

Katsevahendid: luup (koondav lääts), millimeetripaber, joonlaud.

Ü62 Elektriskeem karbis ★★★★★

Autor: EFO žürii, lõppvoor, 2000, G E2

Kinnises karbis on neljast detailist koosnev elektriskeem. Joonistage see skeem ja leidke detailide takistused.

Katsevahendid: nelja väljundklemmiga kinnine karp, oommeeter (multimeeter). Takistuse mõõtmisel on soovitatav kasutada oommeetri mõõtepiirkonda “2000 Ω ”.

Ü63 CD-plaat ★★★★★

Autor: EFO žürii, lõppvoor, 2001, G E2

Hinnata CD radade vahekaugust. Vajadusel lugeda $\sin \alpha \approx \alpha$, punase valguse lainepikkus $\lambda_p = 600$ nm ja violetse valguse lainepikkus $\lambda_v = 400$ nm.

Katsevahendid: CD (või osa sellest), kauge punktvalgusallikas (Päike või laelamp), joonlaud.

Ü64 Lääts optiline tugevus ★★★★★

Autor: EFO žürii, lõppvoor, 2002, G E1

Hinnata lääts optilist tugevust. Põhjenduseks esitada ka joonis ning katse kirjeldus.

Katsevahendid: nõguslääts, joonlaud, ruuduline paber.

Ü65 Pirn ★★★★★

Autor: EFO žürii, lõppvoor, 2004, G E2

Taskulambipirni hõõgniidi takistus on toitepinge U astmefunktsioon $R = R_0 + cU^n$, kus c ja n on konkreetset lampi iseloomustavad konstandid. Määrata antud lambi jaoks c ja n .

Katsevahendid: taskulambipirn, lapik patareid, takisti, krokodill, tester.

Märkused: Eeldada, et voltmeetrina kasutatava testri takistus on 1 M Ω ; kui testrit kasutada ampermeetrina mõõtepiirkonnal 10 A, võib tema takistuse lugeda nulliks. Oommeetrina toimiva testri töövool on 1,2 mA.

Ü66 Õhu tihedus ★★★★★

Autor: EFO žürii, lõppvoor, 2005, G E1

Leidke õhupalli sees oleva õhu tihedus, kui on teada õhu temperatuur ja õhurõhk väljaspool palli. Hinnake mõõteviga. Võib lähtuda eeldusest, et palli väikeste deformatsioonide korral muutub palli kuju, mitte aga oluliselt tema ruumala. Õhu molaarmassiks lugege $M = 29,0$ kg/kmol. Õhurõhu ja temperatuuri väärtused tööruumis on toodud tahvilil.

Katsevahendid: Õhupall, millimeetripaber, marker, kaaluviht (veega täidetud plastpudel).

- Ü67 Ampermeeter ★★★★★** Autor: EFO žürii, lõppvoor, 2007, G E1
 Voltmeetrit tahetakse kasutada milliampermeetrina. Joonistage selleks sobiv skeem ning määrake, mitmele milliamprile vastab sel juhul voltmeetri näidu üks volt. Hinnake mõõteviga.
Katsevahendid: patarei (sisetakistus on tühine), tuntud takisti ($R = 4,7 \text{ k}\Omega \pm 5\%$), voltmeeter, ühendusjuhtmed.
- Ü68 Kuivelement ★★★★★** Autor: EFO žürii, lõppvoor, 1997, G E2
 Esitada kaks meetodit kuivelemendi elektromotoorjõu ja sisetakistuse määramiseks testri abil. Olles eelnevalt hinnanud mõõtmistäpsust, võib vähem täpse meetodi jätta realiseerimata. Teostada eksperiment ja hinnata mõõtmisviga.
Lisainfo: Kasutatava testri takistus alalispinget mõõtvat voltmeetrit mõõtepiirkonnas 3 V on $30 \text{ k}\Omega$. Alalisvoolu ampermeetrit mõõtepiirkonnas 3 A on testri takistus $0,3 \Omega$, piirkonnas $0,3 \text{ A} - 3,0 \Omega$, piirkonnas $30 \text{ mA} - 30 \Omega$ ja piirkonnas $3 \text{ mA} - 290 \Omega$. Kõik takistused on antud suhtelise piirveaga $0,1\%$. Testri täpsusklass voltmeetrit piirkonnas 3 V ning ampermeetrit piirkondadel 3 A , $0,3 \text{ A}$ ja 30 mA on 4. Piirkonnas 3 mA on täpsusklass 2,5.
Katsevahendid: uuritav kuivelement ($1,5 \text{ V}$), tester, ühendusjuhtmed.
- Ü69 Hõõrdetegur ★★★★★** Autor: EFO žürii, lõppvoor, 2002, G E2
 Määrata pliiatsi teritatud otsa ja klaasplaadi vaheline hõõrdetegur.
Katsevahendid: statiiv, joonlaud, pliiats niidiga, klaasplaat, lapp klaasplaadi puhastamiseks.
Märkus: pliiatsi võib lugeda ühtlase massijaotusega pulgaks.
- Ü70 Vee eritakistus ★★★★★** Autor: EFO žürii, lõppvoor, 2003, G E2
 Määrake kraanivee eritakistus. Visandage protokoll katseskeem(id), millelt on näha elektroodide kuju ja paigutus vees ning kõik ühendused.
Katsevahendid: tester (multimeeter), lapik patarei, juhtmed, käärid, kuubikujuline plast anum, tükk paksu alumiiniumfooliumi, vesi, mõõtejoonlaud, paberkäterätik töökoha kuivatamiseks.
Märkused: Mitte kasutada testrit oommeetritena. Arvestada, et kasutatava testri takistus voltmeetrit mõõtepiirkonnas 20 V on $1 \text{ M}\Omega$, ampermeetrit mõõtepiirkonnas $200 \text{ mA} - 6 \Omega$, piirkonnas $20 \text{ mA} - 15 \Omega$ ja piirkonnas $2 \text{ mA} - 105 \Omega$. Eeldada, et patarei sisetakistus ei ületa ühte oomi. Testri plussklemm on parempoolne pistikupesa, miinusklemm aga keskmine pesa. Töölopetamisel lülitada tester kindlasti välja (asend OFF).
 LAHENDUS PUUDUB
- Ü71 Nöör ★★★★★** Autor: EFO žürii, piirkonnavor, 2005, G E2
 Antud on homogeenne massijaotusega nöör, mis asub horisontaalsel laual. Määrata nööri ja laua vaheline hõõrdetegur. Hinnata mõõtmisviga.
Katsevahendid: Nöör, horisontaalne laud, mõõtejoonlaud.

Ü72 Kaldpind ★★★★★

Autor: EFO žürii, lõppvoor, 2005, G E2

Määrake soojushulk, mis eraldub keha algkiiruseta libisemisel üle paberiga kaetud kaldpinna, kui keha stardib kaldpinna ülemise serva juurest, mille kaldenurk on $\varphi = 27,5^\circ$. Hinnake mõõteviga. Keha tihedus on $\rho = 2700 \text{ kg/m}^3$. Keha mõõtmed võite lugeda kaldpinna pikkusega võrreldes tühiselt väikeseks.

Märkus: Töö teostamisel võtke arvesse, et hõõrdetegur võib sõltuda libisemiskiirusest. Õhu takistust pole tarvis arvestada.

Katsevahendid: paberiga kaetud kaldpind, statiiv, alumiiniumist keha, mõõtejoonlaud, paberileht.

Ü73 Paber ★★★★★

Autor: EFO žürii, lõppvoor, 2007, G E2

Määrake hõõrdetegur paberi ja paberi vahel parima võimaliku täpsusega. Hinnake mõõteviga.

Katsevahendid: Kolm lehte paberit, käärid, dünamomeeter (mõõtepiirkond 5 N), koormis (massiga $65 \pm 0,5\text{g}$).

Lahendused

L1 Liivatera tihedus (8 p) ★

Autor: EFO žürii, piirkonnavor, 1996, K E1

- Eksperimendi kirjeldus – 1 p
- Sobiva meetodi valik – 3 p
- Tulemus koos mõõtühikuga – 2 p
- Mõõtmistäpsuse analüüs – 2 p

L2 Koormise keskmine kiirus (8 p) ★

Autor: EFO žürii, piirkonnavor, 1997, P E1

Mõõtmised:

Mõõdetakse nööri pikkus R (1 p). Mõõdetakse n perioodi kestus t (1 p).

Arvutused:

Ühe perioodi kestus $T = \frac{t}{n}$ (1 p). Teepikkus ühe perioodi jooksul $L = 2\pi R$ (1 p).

Keskmise kiiruse valem $v = \frac{L}{T}$ (1 p).

Vea analüüs:

Nööri pikkust mõõtsime täpsusega 0.5 mm (1 p). Perioodi kestuse mõõtmise täpsus sõltub sellest, kui suur oli n (1 p). Ta peab olema piisavalt suur, et keskmistamisel väheneks perioodi mõõtmise viga ja ei tohi olla nii suur, et jõuaks oluliselt vähendada võnkumiste amplituud. Optimaalne n väärtus sõltub ka valitud nööri pikkusest. (1 p)

L3 Topsi rõhk (8 p) ★

Autor: EFO žürii, lõppvoor, 1997, P E1

- Teooria kirjeldus (2 p)
Teoreetiline põhjendus seisneb võrrandite süsteemi lahendamises, mis saadakse Hooke'i seaduse, hõõrdejõu seaduse ja raskusjõu valemi rakendamise tulemusena.
- Katse kirjeldus ja mõõtmised (2 p)
- Mõõtevea hindamine (2. p)
- Järeldused (2 p)

L4 Paberileht (10 p) ★

Autor: EFO žürii, piirkonnavoore, 1998, P E1

Teooria:

Kiri "80g/m²" tähendab, et paberi iga ruutmeetri mass on 80g (1 p). 80g/m² võib tähistada, näiteks, tähega r . Kasutades ühikut, saab tuletada valemi $r = m/S$ (1 p), kus m on paberilehe mass ja S on pindala.

Paberilehe pindala $S = ab$, kus a ja b on paberilehe mõõtmed.

Paberilehe mass $m = rS$ (1 p).

Paberilehe paksuse määramiseks voltida leht kokku ja mõõta joonlauaga saadud paki paksus, paki paksus jagada paberikihtide arvuga (1 p). Paberilehe paksus $d = L/n$, kus L on paki paksus ja n on paberi kihtide arv pakis (1 p).

Mõõtmised:

Paberilehe pikkuse ja laiuse mõõtmine (1 p). Paberipaki paksuse mõõtmine (1 p).

Arvutused:

Paberilehe pindala (1 p). Paberilehe mass koos ühikuga (1 p). Paberilehe paksus koos ühikuga (1 p).

L5 Keha mass (10 p) ★

Autor: EFO žürii, piirkonnavoore, 1998, P E2

Teooria:

Keha massi saab avaldada kehale mõjuvast raskusjõust. Raskusjõu valem on $F = mg$, kus F on raskusjõud, m on keha mass, g on konstant, mis arvuliselt on võrdne 10N/kg (1 p).

Kehale mõjuvat raskusjõudu saab mõõta dünamomeetriga. Dünamomeetriga mõõtes on tekkinud elastsusjõud suuruselt võrdne kehale mõjuva raskusjõuga (1 p).

Dünamomeeter valmistatakse kumminiidist. Kumminiidi pikenemisel tekkiv elastsusjõud on võrdeline kumminiidi pikenemisega (1 p).

Tuntud massiga kehale mõjuva raskusjõu F mõjul pikeneb kumminiit pikkuse s võrra. Tundmatu massiga kehale mõjuva raskusjõu F_1 mõjul pikeneb kumminiit pikkuse s_1 võrra.

Tundmatu ja tuntud massiga kehale mõjuvate raskusjõudude jagatis on võrdne kumminiidi pikenemiste jagatisega $F_1/F = s_1/s$ (1 p).

Mõõtmised:

Dünamomeetri valmistamine. Teeme kumminiidi ühte otsa aasa ja kinnitame kumminiidi teise otsa statiivi klambri vahele (1 p).

Mõõdame koormiseta kumminiidi pikkuse. Mõõdame kumminiidi pikkuse, kui selle otsa on riputatud tuntud massiga koormis. Mõõdame kumminiidi pikkuse, kui selle otsa on riputatud tundmatu massiga koormis (1 p).

Arvutused:

Arvutame tuntud massiga koormisele mõjuva raskusjõu valemist $F = mg$.

Arvutame kumminiidi pikenemise s tuntud massiga koormise mõjul (1 p). Arvutame kumminiidi pikenemise s_1 tundmatu massiga koormise mõjul (1 p).

Arvutame tundmatu massiga kehale mõjuv raskusjõud $F_1 = F \cdot s_1/s$ (1 p). Arvutame tundmatu massiga keha massi $m_1 = F_1/g$ (1 p).

L6 Keha mass 2 (8 p) ★

Autor: EFO žürii, lõppvoor, 2006, P E1

Lahendus puudub.

L7 Joonlaua mass (8 p) ★

Autor: EFO žürii, piirkonnavor, 1998, G E1

Teooria:

Joonlaud, mille ühe otsa peale on asetatud münt, tasakaalustatakse pliiatsil. Joonlaud on tasakaalus, kui seda päri- ja vastupäeva pööravad jõumomendid on suuruselt võrdsed. Jõumoment arvutatakse valemist $M = mgL$, kus m on keha mass, g vaba langemise kiirendus, L jõuõlg (1 p).

Tähistame L_1 joonlaua selle osa pikkuse, kus asub münt ja L_2 joonlaua teise osa pikkuse. Kummalegi poole toetuspunkti jääb osa joonlauast. Homogeense massijaotuse korral, võime joonlaua massi joontiheduse avaldada seosest $\rho = m/L$, kus $L = L_1 + L_2$ (1 p).

Sel juhul on joonlaua mass ühel pool toetuspunkti võrdne $m = \rho L_1$ ja teisel pool toetuspunkti $m = \rho L_2$. Jõumomentide seos saab kuju $m_1 g L_1 + \rho L_1 g L_1 / 2 = \rho L_2 g \cdot L_2 / 2$, kus tähega m_1 on tähistatud münti mass (1 p).

Tuletatud seosest saame avaldada joonlaua joontiheduse

$$\rho = (2m_1 L_1) / [(L_2 - L_1) \cdot (L_2 + L_1)]$$

ja sellest omakorda joonlaua massi $m = \rho L$.

Suhtelise vea valem: $E(x) = \Delta x/x$.

Summa (vahe) arvutamise viga: $E(x_1 \pm x_2) = (\Delta x_1 + \Delta x_2) / (x_1 \pm x_2)$

Korrutise (jagatise) arvutamise viga: $E(x_1/x_2) = E(x_1 \cdot x_2) = E(x_1) + E(x_2)$ (1 p).

Mõõtmised:

Paigutame münti joonlaua ühe otsa peale. Tasakaalustame müntiga joonlaua pliiatsil. Mõõdame joonlaua kaugused L_1 ja L_2 (1 p).

Arvutused:

Arvutame eeltoodud valemite abil joonlaua joontiheduse ja massi (1 p).

Mõõtmisvea hindamine:

Arvutame massi suhtelise vea $E(m) = \Delta \rho/\rho + \Delta L/L$ (1 p).

$\Delta L/L$ võime jätta arvestamata, kuna see on suhteliselt väike. Seega $E(m) = \Delta \rho/\rho$.

Joontiheduse vea arvutamisel võime jätta arvestamata ka liikme $(L_2 + L_1)$ vea, kuna ka see on väike võrreldes liikme $(L_2 - L_1)$ veaga, seega

$$\Delta \rho/\rho = \Delta L_1/L_1 + (\Delta L_1 + \Delta L_2) / (L_2 - L_1) \quad (1 \text{ p}).$$

L8 Joonlaua mass 2 (10 p) ★

Autor: EFO žürii, piirkonnavor, 2007, P E1

Eeldame, et joonlaua mass on kogu joonlaua ulatuses jaotunud ühtlaselt. Paigutame joonlaua risti laua servaga üks ots üle serva. Nihutame joonlauda ettevaatlikult ja määrame koha, kus joonlaud hakkab laua serval kalduma. Sellel kaugusel asub joonlaua massikese. Kuna mõõtejoonlaua skaala ei pruugi alata ega lõppeda joonlaua otstes, ei pruugi massikesme asukoht olla 15 cm joonel. Mõõdame mündi läbimõõdu (Eesti Panga andmetel 23,25 mm). Asetame mündi mingisse skaala punkti, paigutame joonlaua laua servale ja nihutame joonlauda seni, kuni joonlaud hakkab üle laua serva kalduma. Fikseerime skaalal selle punkti. Arvutame mündipoolse õla d_m ja masskeskme poolse õla d_k . Teades mündi massi m_m , arvutame seosest $F_m d_m = F_j d_k$ joonlaua massi m_j :

$$m_j = \frac{m_m d_m}{d_k}.$$

Täpsema tulemuse saamiseks tuleb teha mitu katset asetades mündi erinevatele kaugustele massikesme asukohast ühele ja teisele poole massikeset.

Hindamine:

Idee – (3 p). Joonlaua massikeskme asukoha määramine – (1 p). Mündi läbimõõdu mõõtmine – (1 p). Õlgade määramine mõõtmisel müdiga – (1 p). Kangi seose teadmine ja kasutamine – (1 p). Korduvmõõtmised erinevate jõuõlgadega – (1 p). Korduvmõõtmised juhul kui münt on ühel või teisel pool massikeset – (1 p). Tulemus (kui erinevus kaalumisel saadud tulemusest ei ületa 5%) – (1 p).

L9 Keha tihedus (10 p) ★

Autor: EFO žürii, piirkonnavor, 1999, P E2

Katse idee. Joonlauast ja pliiatsist kaalu valmistamine – 1 p. Joonlaua esialgne tasakaalustamine – 1 p. Kehade tasakaalustamine joonlauast kaaludel – 1 p. Teooria ja valemi tuletamine – 4 p. Kauguste l_1 ja l_2 mõõtmine – 1 p. Aine tiheduse arvutamine – 1 p. Arvutatud tulemuse mõõteviga $\Delta\rho/\rho \leq 10\%$ või on analüüsitud mõõtmise täpsust kvalitatiivselt – 1 p.

L10 Keha tihedus 2 (10 p) ★

Autor: EFO žürii, piirkonnavor, 2002, P E1

Lahenduse idee – 2 p. Teab valemeid $F = mg$, $F_{\ddot{u}} = \rho g V$, $\rho = m/V$ – 1 p iga valemi eest. Määrab kehale mõjuva raskusjõu – 1 p. Määrab kehale mõjuva üleslükkejõu vees ja arvutab keha ruumala – 3 p. Arvutab keha tiheduse – 1 p.

L11 AHI (11 p) ★

Autor: EFO žürii, piirkonnavoor, 2000, P E2

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.

L12 Piirituse põlemine (8 p) ★

Autor: EFO žürii, lõppvoor, 2001, P E1

Lahenduse idee:

Soojendada piirituslambiga teatud kogus vett. Piirituslambis piirituse (etanooli) põlemisel eralduv soojushulk (Q_e) on võrdne soojushulkade summaga, mis kulutatakse vee soojendamiseks (Q_v) ja anuma soojendamiseks (Q_a) teatud temperatuuri võrra. Vee soojendamiseks kulub soojushulk $Q_v = c_v m_v (t_{v1} - t_{v0})$, kus c_v on vee erisoojus, m_v – soojendatava vee mass, t_{v0} – vee algtemperatuur (enne soojendamist) ja t_{v1} – vee lõpptemperatuur (pärast soojendamist). Anuma soojendamiseks kulunud soojushulk $Q_a = c_{al} m_a (t_{v1} - t_{v0})$, kus c_{al} on alumiiniumi erisoojus ja m_a on anuma mass. Piirituse põlemisel eralduva soojushulga (Q_e) arvutamiseks tuleb kasutada valemit: $Q_e = K m_e$, kus K on piirituse kütteväärtus (ehk 1 kg piirituse täielikul põlemisel eralduv soojushulk) ning m_e on piirituse mass, mis kulub ära täielikul põlemisel. Piirituse massi m_e saab leida, kui lahutada piirituselambi massist enne põlemist m_{p0} piirituselambi mass pärast põlemist m_{p1} : $m_e = m_{p0} - m_{p1}$. Võib kirjutada soojustasakaalu võrrandi: $Q_e = Q_v + Q_a$ ehk

$$K (m_{p0} - m_{p1}) = c_v m_v (t_{v1} - t_{v0}) + c_{al} m_a (t_{v1} - t_{v0}),$$

Siit:

$$K = \frac{(t_{v1} - t_{v0}) (c_v m_v + c_{al} m_a)}{m_{p0} - m_{p1}}$$

Otsitakse 1 g piirituse põlemisel eralduvat soojushulka $K' = K/1000$:

$$K' = \frac{(t_{v1} - t_{v0}) (c_v m_v + c_{al} m_a)}{1000 \cdot (m_{p0} - m_{p1})}$$

Töö käik:

1. Valada anumasse mõõtesilindriga vett ja arvutada vee mass m_v . Fikseerida vee algtemperatuur t_{v0} . Leida kaalumise teel piirituselambi algmass m_{p0} .
2. Soojendada piirituslambiga veega täidetud anumad.
3. Mõõta vee lõpptemperatuur t_{v1} ja piirituselambi mass pärast põlemist m_{p1} .
4. Arvutada K' väärtus.

L13 Kumminiit (12 p) ★

Autor: EFO žürii, piirkonnavor, 2002, P E2

Kinnitada kumminiit statiivi klambri külge. Mõõta kumminiidi esialgne pikkus. Asetada kumminiidi otsa koormis ja mõõta kumminiidi pikkus. Arvutada kumminiidi pikenemine ehk koormise langemise kõrgus. Katset korrata mitu korda ja arvutada keskmine pikenemine. Arvutada töö, mille tegi raskusjõud koormise liikumisel allapoole. Teisendada ühikud. Vastavalt energia jäävuse seadusele on raskusjõu töö võrdne kumminiidi venitamisel tehtava tööga.

Hindamine:

Katse kirjeldus — 3 p. Kumminiidi esialgse pikkuse mõõtmine — 1 p. Koormatud kumminiidi pikkuse mõõtmine — 1 p. Kumminiidi pikenemise määramine — 1 p. Kordusmõõtmised — 1 p. Aritmeetilise keskmise arvutamine — 1 p. Töö arvutamine — 1 p. Ühikute teisendamine — 1 p. Energia jäävuse seaduse rakendamine — 1 p. Tõepärane tulemus — 1 p.

L14 Ühekroonine (10 p) ★

Autor: EFO žürii, piirkonnavor, 2003, P E1

Võtame topsikusse veidike vett ja asetame sinna põhja 10-sendised nii, et topsik ujub stabiilselt püstises asendis. Märgime viltpliiatsiga topsi seinale ujumissügavuse. Lisame topsi ühekroonise ja märgime uue ujumissügavuse. Mõõdame kõrguste vahe h ja topsi välisdiameetri d . Mündi mass $m = \pi \cdot h \cdot d^2 \cdot \rho/4$, kus ρ on vee tihedus.

Hindamine:

Idee (3 p), tehniline teostus ja mõõtmine (3 p), mündi massi arvutamise valem (3 p), arvuline tulemus $m = 5 \pm 1,5$ g (1 p).

L15 Vedrust pendel (10 p) ★

Autor: EFO žürii, piirkonnavor, 2004, G E2

Statiivile kinnitatud vedrule kinnitatakse koormis ja leitakse stoppkella abil n võnkeks kulunud aja t , millest leitakse võnkeperiood T . Katset korratakse koormise erinevate massidega. Pendli võnkeperioodi sõltuvus koormise massist esitatakse katseandmete põhjal tabelina ning graafiliselt millimeetripaberil (teljestikus mT).

Hindamisskeem: Katse kirjeldus ja koormiste valik (1 p). Võnkeperioodi määramine kasutades seost $T = t/n$ (2 p). Kordusmõõtmiste kasutamine (2 p). Tabeli vormistamine, andmete kandmine tabelisse (1 p). Kordusmõõtmistest aritmeetilise keskmise arvutamine (1 p). Graafiku telgede õige määramine (1 p). Graafiku mõõtkava (1 p). Graafiku joonistamine (1 p).

L16 Pall (10 p) ★

Autor: EFO žürii, piirkonnavoor, 2005, P E1

Idee: kasutada potentsiaalse energia mõõduna raskusjõu poolt tehtavat tööd $E_p = A = Fs = mgh - (2 \text{ p})$; mõõtmise planeerimine (teha mõõtmisi kahel oluliselt erineval kõrgusel, kordusmõõtmised, keskmise leidmine) – (3 p); muundunud energiaosa hindamine pörke kõrguse järgi $\Delta E = (h_{alg} - h_{lopp})/h_{alg} - (3 \text{ p})$; tulemuste võrdlemine – (1 p); järeldus (ei olene) – (1 p).

L17 Kustutuskumm (8 p) ★

Autor: EFO žürii, piirkonnavoor, 2006, P E1

Katse idee – 3 p. Katsekeha kaal õhus on $F = mg$ ja vees $P = F - \rho_v gV$ (1 p). Arvestades, et $V = m/\rho$, saame

$$P = F - \rho_v gV \Rightarrow P = F - \rho_v g \frac{m}{\rho} \Rightarrow P = F \left(1 - \frac{\rho_v}{\rho} \right). \quad (1,5 \text{ p})$$

Avaldame viimasest võrrandist katsekeha tiheduse ρ , saame

$$\rho = \frac{F \rho_v}{F - P}. \quad (0,5 \text{ p})$$

Mõõtmised – 1 p, lõpptulemuse arvutamine – 1 p.

L18 Küünlaleek (13 p) ★★

Autor: EFO žürii, piirkonnavoor, 1999, P E1

Pilu keskel on tume kriips – 1 p. Küünla valgus venib kahele poole välja – 1 p. Teivad tumedad kohad väljavenitatud osasse – 1 p. Tumede osade vahelised alad on värvilised – 1 p. Keskkohale lähemal olevad servad on sinised, kaugemad punased – 1p. Kui muuta pilu kitsamaks (kas pööramise või pigistamisega), siis pilt venib laiemaks – 2 p. Pilu pööramisel ümber vaatesuuna pöördub ka valgusriba – 1 p. Pilt oleneb silma kaugusest pilust – 1 p. Pilt oleneb pilu kaugusest küünlast ja on paremini nähtav suuremate kauguste korral – 2 p. Nähtust nimetatakse difraktsiooniks, mis seisneb valguse kandumises varju piirkonda – 1 p. Pilust väljuvad valguslained võivad liitudes teineteist tugevdada või nõrgendada – 1 p.

L19 Vee mass (10 p) ★★

Autor: EFO žürii, piirkonnavoor, 1996, K E2

Soojusliku tasakaalu võrrand:

$$\left. \begin{aligned} c_V m_V (t^\circ - t_0^\circ) + c_K m_K (t^\circ - t_0^\circ) + c_M c_M (\theta - t^\circ) &= 0 \\ \text{Siit avaldame: } m_K &= \frac{-c_M m_M (\theta - t^\circ) - c_V m_V (t^\circ - t_0^\circ)}{c_K m_K (t^\circ - t_0^\circ)} \end{aligned} \right\} 2\text{p}$$

Kus t_0° on vee ja kalorimeetri algtemperatuur, t° on vee ja kalorimeetri lõpptemperatuur, $\theta = 100^\circ\text{C}$.

Vea hindamine ja arvutamine teoreetiliselt (3 p).

Kui praktiliselt eksib mitte üle 10%, siis 5 p, kui üle 10%, siis 3 p. Kui üle 20%, siis 1 p.

L20 Hõõrdetegurid (11 p) ★★

Autor: EFO žürii, piirkonnavoore, 1999, G 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: nö. "silma järgi" – 1 p; mingi arvutuse abil – 2 p.

Märkusi:

Silindriliseks kehaks sobib pliiats, kudumisvarras, ilma peata nael vms.

L21 Vedeliku tihedus (10 p) ★★

Autor: EFO žürii, piirkonnavoore, 1998, G E2

Teooria:

Kehale mõjuvat raskusjõudu F saab mõõta dünamomeetriga. Vedelikus mõjub kehale üleslükkejõud, mille valem on $F_u = \rho g V$, kus ρ on vedeliku tihedus, V keha poolt välja tõrjutud vedeliku ruumala, g vaba langemise kiirendus (1 p).

Vedelikus asetsev keha mõjub dünamomeetrile jõuga $F_1 = F - F_u = F - \rho g V$ (1 p).

Vedelikku asetatud keha ruumala on võrdne ruumalaga, mis on keha poolt välja tõrjutud. Keha ruumala on võrdne $V = Sh$, kus S on anumasse oleva vedeliku pinna pindala, h on vedeliku nivoo kõrguse muutus anumasse sinna asetatud keha mõjul (1 p).

Suhtelise vea valem: $E(x) = \Delta x/x$.

Summa (vahe) arvutamise viga: $E(x_1 \pm x_2) = (\Delta x_1 + \Delta x_2) / (x_1 \pm x_2)$ (1 p).

Korrutise (jagatise) arvutamise viga: $E(x_1/x_2) = E(x_1 \cdot x_2) = E(x_1) + E(x_2)$ (1 p).

Mõõtmised:

Mõõdame dünamomeetriga kehale mõjuva raskusjõu ja vedelikku asetatud kehale mõjuva jõu (1 p). Mõõdame keha ruumala mõõtes anuma ristlõikepindala ja vedeliku nivoo muutuse (1 p).

Arvutused:

Arvutame keha ruumala (1 p).

Arvutame valemist $F_1 = F - \rho g V$ vedeliku tiheduse $\rho = (F - F_1) / g V$ (1 p).

Mõõtmisvea hindamine:

Vedeliku tiheduse suhteline viga $E(\rho) = E(F - F_1) + E(g) + E(S) + E(h)$.

Antud ülesande puhul võime arvestamata jätta g ja S vea, mis on teistest olulisemalt väiksemad.

Jõu vea hindamisel võiks võtta ΔF võrdseks 0,5 dünamomeetri vähima skaalajaoitise ja Δh võrdseks joonlaua vähima jaotise (1mm), sest siin segab täpsemat fikseerimist menisk ja erinevast klaasi märgamisest tingitud ebatäpsus. (1 p).

L22 Vedeliku tihedus 2 (13 p) ★★

Autor: EFO žürii, piirkonnavor, 1999, G E2

Teooria:

Vedelikku asetatud kehale mõjub üleslükkejõud $F_{\uparrow} = \rho_v g V$ (1 p). Keha ujub vedeliku pinnal siis, kui kehale mõjuv üleslükkejõud on arvuliselt võrdne kehale mõjuva raskusjõuga $mg = \rho_v g V$ (1 p), kus ruumalana on arvestatud keha vedelikus oleva osa ruumala (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 teisendades 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 tähistavad vedeliku nivoo (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.

Mõõtevea 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).

Märkusi:

Koormisena on soovitatav kasutada kuubikujulist 100 g koormist. Vedelikuks sobib vesi, millele on lisatud veidi keedusoola või värvainet, topsiks — jogurti vms tops.

L23 Vedeliku tihedus 3 (12 p) ★★

Autor: EFO žürii, lõppvoor, 2004, P E2

Keha ujub vedelikus, kui kehale mõjuv raskusjõud ja üleslükkejõud on suuruselt võrdsed. Üleslükkejõud võrdub keha poolt välja tõrjutud vedeliku raskusjõuga. See- ga, kui keha ujub vees ning tundmatu vedelikus, kehtivad seosed:

$$mg = \rho_v g V_v, \quad mg = \rho g V,$$

kus indeksiga v on tähistatud olukord, mil keha ujub vees, indeksita aga keha uju- mine tundmatu vedelikus. m elimineerimisel saame $\rho_v V_v = \rho V$, millest $\rho = \rho_v V_v / V$. Üleslükkejõu puhul arvestatakse keha veealuse osa ruumala, mis võrdub keha poolt väljatõrjutud vedeliku ruumalaga. Viimase saab arvutada vedeliku ni- voo stabiilselt vedelikus. Mõõdame markerit kasutades veenivoo muutuse topsi vette asetamisel. Mõõdame anuma sisemise läbimõõdu. Kordame sama tundmatu vedeliku korral. Arvutame ruumalad. Arvutame tundmatu vedeliku tiheduse.

L24 Puitklotsi ja kivi tihedus (12 p) ★★

Autor: EFO žürii, piirkonnavor, 1997, G E1

Teooria:

Keha ujub, kui $F_{\vec{v}} = mg$, kus $F_{\vec{v}}$ on üleslükke jõud, m on keha mass ja g on vaba langemise kiirendus (1 p). $F_{\vec{v}} = \rho V g$, kus ρ on vee tihedus, V on välja tõrjutud vee ruumala (1 p). Ujuva keha mass võrdub välja tõrjutud vee massiga $m = \rho V$ (1 p).

Suhtelise vea valem: $E(x) = \Delta x / x$ (1 p);

Summa (vahe) arvutamise viga: $E(x_1 \pm x_2) = (\Delta x_1 + \Delta x_2) / (x_1 \pm x_2)$ (1 p);

Korrutise (jagatise) arvutamise viga: $E(x_1/x_2) = E(x_1 \cdot x_2) = E(x_1) + E(x_2)$ (1 p).

Mõõtmised:

Mõõdame puitklotsi mõõtmed (1 p). Mõõdame, kui suure vee ruumala V_{PV} tõrjub välja ujuv puitklots (1 p). Mõõdame, kui suure vee ruumala V_K tõrjub välja kivi (1 p). Mõõdame, kui suure vee ruumala V_{KP} tõrjub välja kivi, ujudes puitklotsil (1 p).

Arvutused:

Puitklotsi ruumala on $V_P = a \cdot b \cdot c$, kus a, b ja c on puitklotsi mõõtmed. Puitklotsi mass on $m_P = V_{PV} \cdot \rho_V$, kus ρ_V on vee tihedus. Puitklotsi tihedus on $\rho_P = m_P / V_P$. Kivi mass on $m_K = (V_{KP} - V_{PV}) \cdot \rho_V$. Kivi tihedus on $\rho_K = m_K / V_K$.

Mõõtevea arvutamine:

Mõõtmiste suhtelised vead (1 p):

Puuklotti mõõtmete mõõtmise suhtelised vead: $E(a) = \Delta a / a$, $E(b) = \Delta b / b$, $E(c) = \Delta c / c$.

Välja tõrjutud vee ruumala mõõtmise suhteline viga: $E(V) = 2\Delta V / V$, kus V on vastav mõõdetud välja tõrjutud vee ruumala ja ΔV on antud mõõtesilindri mõõte- täpsus.

Arvutuste suhtelised vead (1 p):

Puitklotsi ruumala arvutamise suhteline viga: $E(V_P) = E(a) + E(b) + E(c)$.

$E(m_P) = E(V_P)$ – puitklotsi massi suhteline viga on võrdne puitklotsi ruumala suhtelise veaga.

Puitklotsi tiheduse arvutamise suhteline viga on võrdne puitklotsi ruumala suhtelise vea ja puitklotsi poolt välja tõrjutud vee ruumala suhtelise vea summaga: $E(\rho_P) = E(V_P) + E(V_{PV})$.

Kivi massi arvutamise suhteline viga: $E(m_K) = 2\Delta V / (V_{KP} - V_{PV})$, kus ΔV on mõõtesilindri mõõtetäpsus.

Kivi tiheduse arvutamise suhteline viga on võrdne kivi massi arvutamise suhtelise vea ja kivi ruumala mõõtmise suhtelise vea summaga: $E(\rho_K) = E(m_K) + E(V_K)$.

L25 Piirituse põlemine 2 (12 p) ★★

Autor: EFO žürii, piirkonnavor, 1997, G E2

Teooria:

Soojendamise kasutegur: $\eta = (Q_A + Q_V)/Q$, kus Q on piirituse põlemisel vabanenud soojushulk, Q_A anuma soojenemiseks kulunud soojushulk ja Q_V vee soojenemiseks kulunud soojushulk (2 p).

Piirituse põlemisel vabanenud soojushulk: $Q = rm$, kus m on ära põlenud piirituse mass ja r on piirituse kütteväärtus (1 p).

Vee soojenemiseks on kulunud soojushulk: $Q_V = cm(t_2 - t_1)$, kus m on soojendatava vee mass, c on vee erisoojus, t_1 vee algtemperatuur ja t_2 vee lõpptemperatuur (1 p).

Samasuguse valemi järgi arvutatakse ka Q_A .

Suhtelise vea valem: $E(x) = \Delta x/x$ (1 p);

Summa (vahe) arvutamise viga: $E(x_1 \pm x_2) = (\Delta x_1 + \Delta x_2)/(x_1 \pm x_2)$ (1 p);

Korrutise (jagatise) arvutamise viga: $E(x_1/x_2) = E(x_1 \cdot x_2) = E(x_1) + E(x_2)$ (1 p).

Mõõtmised:

Mõõdame vee ja anuma massid (1 p). Mõõdame piirituslambi massi enne ja pärast põletamist (1 p). Mõõdame vee temperatuuri enne ja pärast soojendamist (1 p).

Mõõtevea arvutamine:

Mõõtmiste suhtelised vead (1 p):

Masside mõõtmiste suhteline viga $E(m) = \Delta m/m$, kus Δm on vastavalt vee või anuma massi mõõtmise absoluutne viga (võib olla 0,1g kuni 0,5g sõltuvalt olemasolevast vihtide komplektist) ja m vastav mõõdetud massi väärtus.

Temperatuuri vahede mõõtmiste suhteline viga $E(\Delta t) = 2\Delta t/(t_2 - t_1)$, kus t_1 ja t_2 on vastavalt mõõdetud vee ja anuma alg- ja lõpptemperatuuride väärtused ning Δt on kasutatud termomeetri mõõtetäpsus (võib olla 0,1° kuni 0,5° sõltuvalt termomeetri skaalast).

Arvutuste suhtelised vead (1 p):

Piirituse põlemisest eraldunud soojushulga suhteline viga on võrdne piirituslambi massi mõõtmise suhtelise veaga: $E(Q) = E(m) = 2\Delta m/(m_2 - m_1)$, kus m_1 ja m_2 on piirituslambi alg- ja lõppmassid ja Δm on massi mõõtmise absoluutne viga.

Vee soojenemiseks kulunud soojushulga suhteline viga on võrdne vee massi ja temperatuuride vahe mõõtmiste suhteliste vigade summaga: $E(Q_V) = E(m) + E(\Delta t)$. Anuma soojenemiseks kulunud soojushulga suhteline viga on võrdne anuma massi ja temperatuuride vahe mõõtmiste suhteliste vigade summaga: $E(Q_A) = E(m) + E(\Delta t)$.

Vee soojendamise kasuteguri suhteline viga on ülal arvatud kolme soojushulga suhteliste vigade summa: $E(\eta) = E(Q) + E(Q_A) + E(Q_V)$.

L26 Voolutugevus (13 p) ★★

Autor: EFO žürii, lõppvoor, 1999, P E2

Õpilane teab oma kogemuste põhjal, et vana taskulambipatarei tekitab vooluringis nõrgema voolu kui uus patarei — 1 p. Kasutatava patarei vanus pole teada — 1 p. Kuna kolme-oomilise takistusega juhti pole antud, tuleb mõõta voolutugevused tuntud takistusega juhtides ja ennustada võimalik voolutugevus kolme-oomilise takistusega juhisis — 1 p.

Traattakistite takistuse mõõtmine oomeetriga — 1 p. Võimalike vooluringide planeerimine (kokku on neid 4 tk.) — 2 p. Vooluringide koostamine: kaks ühe takistiga ja kaks kahe jadamisi ühendatud takistiga — 2 p. Voolutugevuse mõõtmine — 1 p. Graafiku telgede määramine — 1 p. Punktide kandmine graafikule — 1 p. Punkte ühendava joone joonistamine — 1 p. Kolme-oomilise juhi takistus — 1 p.

L27 Kahe keha ruumalad (10 p) ★★

Autor: EFO žürii, lõppvoor, 1996, G E1

- Korrapärase kujuga keha ruumala määramine (20%)
- Idee korrapärase kujuga keha ruumala määramiseks: $\frac{m_1}{m_2} = \frac{V_1}{V_2}$ (30%)
- Masside suhte määramine (20%)
- Korrapärase keha ruumala leidmine (10%)
- Mõõtmistäpsuse analüüs (20%)

L28 Magnet terasplaadil (8 p) ★★

Autor: EFO žürii, lõppvoor, 1997, G E1

Lahendus puudub.

L29 Plastiliini tihedus (10 p) ★★

Autor: EFO žürii, piirkonnavor, 2001, G E1

Lahendus: Määrata plastiliini ruumala sukeldumismeetodil. Valmistada plastiliinist laevuke ja mõõta selle poolt väljatõrjutud vedeliku ruumala. Tuletada ujumise tingimusest valem plastiliini tiheduse arvutamiseks: $\rho_{pl} = \rho_v \cdot (V_{vv}/V_{pl})$. Arvutada plastiliini tihedus. Vastus oleneb plastiliini sordist ja on ca 1,1...1,2 g/cm³.

Hindamine: Idee — 40%, valemi tuletamine — 30%, mõõtmine — 20%, arvutamine — 10%.

L30 Vedeliku murdumisnäitaja (10 p) ★★ Autor: EFO žürii, piirkonnavoore, 2001, G E2

Lahendus: Tuleb vaadata läbi vedelike mingit eset või kujundit paberil. Teatud kauguse korral saame suurendatud kujutise. Mida suurem on kujutis, seda suurem on murdumisnäitaja, sest murdva pinna kumerus on mõlemal juhul ühesugune. Suuremale murdumisnäitajale vastab suurem murdumisnurk, sellele aga suurem kujutis. Parim seletus on joonise abil, kus on näha kujutise tekkimine läätses kahe juhul. Suuremale murdumisnäitajale vastab aga väiksem fookuskaugus.

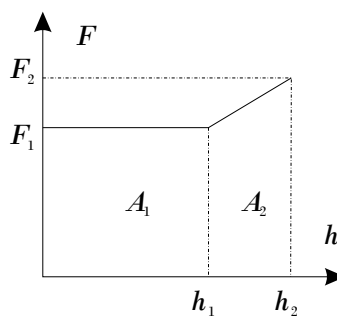
Hindamine: Idee – 50%, põhjendamine joonisega – 50%, ilma jooniseta – 30%.

L31 Lauatennise pall (10 p) ★★ Autor: EFO žürii, piirkonnavoore, 2002, G E1

Idee – mõõta kõrgus, milleni pall pärast põrget tõuseb (2 p). Puudu jäävale osale vastav potentsiaalne energia läks takistusjõu ületamisel tehtavaks tööks. Vastaja peab teadma kineetilise ja potentsiaalse energia valemeid ja töö valemit $A = Fs$ – 3 p. Teeb kordusmõõtmisi ja leiab keskvaartuse – 2 p. Avaldab õigesti otsitava suuruse – 1 p. Hindab mõõteviga – 2 p.

L32 Keha vees (10 p) ★★ Autor: EFO žürii, lõppvoore, 2002, P E1

Tähistused: h_1 on kõrgus, milleni tuleb keha tõsta, et keha ülemine tahk oleks veepinna nivool. h_2 on kõrgus, milleni tuleb keha tõsta, et keha alumine tahk oleks veepinna nivool. F_1 on jõud keha tõstmiseks, kui keha on täielikult sukeldatud vette. F_2 on jõud keha hoidmiseks, kui keha on täielikult veest väljas. Mõõtmistulemuste põhjal koostatud graafik omab joonisel toodud kuju. Graafikujoone alune pindala teljestikus antud suurustes on minimaalne töö keha tõstmiseks. Kogu töö on otsustav leida kahe osatöö summana: $A = A_1 + A_2$, kus $A_1 = F_1 h$ ja



$$A_2 = \frac{(F_2 - F_1)(h_2 - h_1)}{2}.$$

Tulemuse täpsuse hinnang on kvalitatiivne näidates ära peamised mõõtmise ebatäpsuse allikad.

L33 Libisemise hõõrdejõud (10 p) ★★ Autor: EFO žürii, piirkonnavor, 2003, G E1

a) Idee: raamatust saab moodustada kaldpinna, mille kaldenurka saab muuta, tõstes või langetades raamatu üht serva. Asetame pliiatsi ükskord kaldpinnale, nii, et see saaks sealt alla veereda, teinekord nii, et pliiats saaks libiseda. Leiame minimaalse kaldenurgaga asendi (määrates raamatu tagumise otsa kõrguse h). Mõõtes ära kaldpinna otsa sellised minimaalsed kõrgused h_v ja h_l , mille puhul pliiats veel veereb (või libiseb), saame leida otsitava suhte (2 p).

b) Arvutusvalemi tuletamine: hõõrdejõu valem $F = mgh/L$ (1 p), kus h – kaldpinna kõrgus ja L – raamatu pikkus, arvutusvalem

$$\frac{F_v}{F_l} = \frac{h_v}{h_l},$$

kus indeks v tähistab veeremist ja l – libisemist (1 p).

c) h_v mõõtmine (1 p), mitme mõõtmise keskmise leidmine (1 p).

d) h_l mõõtmine (1 p), mitme mõõtmise keskmise leidmine (1 p).

e) Otsitava suhte arvutamine (1 p). Lubatud on 50% erinevus võrreldes korraldajate endi poolt antud katsevahendite komplekti juures saadud väärtusega. NB! Vältimaks vigu peaksid katse läbi viima üksteisest sõltumatult vähemalt kaks korraldajat.

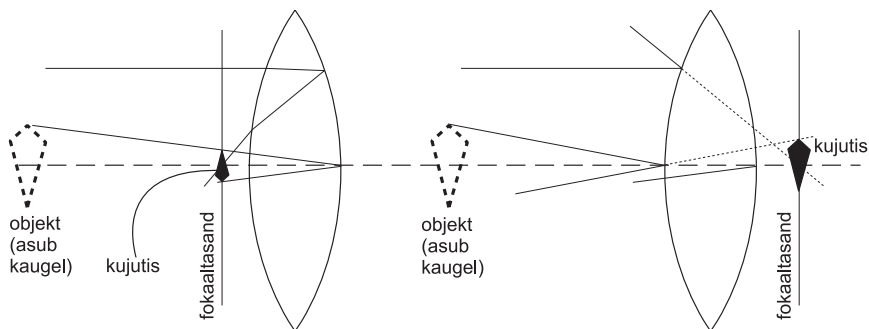
f) Veahinnang (1 p).

L34 Kaks kujutist (12 p) ★★

Autor: EFO žürii, piirkonnavor, 2003, G E2

a) Kujutised tekivad valguse peegeldumisel läätse esimeselt ja tagumiselt pinnalt (1 p).

b) Läätses tagumiselt, nõgusalt pinnalt peegeldumisel tekkiva kujutise konstrueerimine (2 p).



NB! Joonisel on objektid ebaproportsionaalselt lähedal.

c) See on tõeline kujutis (1 p).

d) Tõeline kujutis on ümberpööratud (1 p).

e) Läätses eesmiselt, kumeralt pinnalt pinnalt peegeldumisel tekkiva kujutise konstrueerimine (2 p).

- f) See on näiv kujutis (1 p).
 g) Näiv kujutis on päripidine (1 p).
 h) Mõlemad kujutised on vähendatud, kuid tõeline kujutis on väiksem (1 p), sest esimeselt pinnalt toimub ainult peegeldumine, tagumiselt aga lisaks veel murdumine läätses: see lühendab fookuskaugust (ilma murdumiseta oleksid need mõlemal juhul võrdsed) ja seepärast on kujutis väiksem.
 i) Meile lähemal asub tõeline kujutis (1 p).
 j) Kauguse kindlakstegemiseks võib näiteks silma lähendada läätsesele. Kui kauguse kujutisest saab väga väikeseks, muutub kujutis ebateravaks (1 p) Kaugusi saab kindlaks teha ka parallaksi meetodil, liigutades pead ja leides juurdeviidud eseme (pliiatsi) sellise asendi, kus see ese kujutise suhtes ei liigu.

L35 Nurga joonistamine (8 p) ★★

Autor: EFO žürii, lõppvoor, 2003, P E1

Lahendus puudub.

L36 Reostaadi traat (10 p) ★★

Autor: EFO žürii, piirkonnavoor, 2004, P/G E1

Traadi tihedus: $\rho = m/V$, kus traadi mass $m = \rho V$ (1 p). Traadi ruumala $V = Sl$ (1 p). Traadi ristlõike pindala $S = (\pi d^2)/4$ (1 p). Mõõtmiste kirjeldus, kus on kirjeldatud ka kolmnurga kasutamist (1 p). Traadi pikkuse määramine (ühe keeru pikkus korda keerdude arv, kus keeru pikkus $c = \pi d$) (1 p). Keeru läbimõõdu mõõtmine: kui on arvestatud ainult keraamilise silindri või traadi kihi läbimõõtu (1 p), kui on arvestatud traadikeeru välis- ja siseläbimõõtu ning on leitud keeru läbimõõdu aritmeetiline keskmine (1 p). Traadi läbimõõdu määramine:

$$\text{traadi läbimõõt} = \frac{\text{mähise pikkus}}{\text{keerdude arv}} \quad ((1 \text{ p})).$$

Traadi massi arvutamine (1 p). Mõõtmistulemustest traadi eritakistuse arvutamine, reostaadi takistuse saab reostaadilt (1 p).

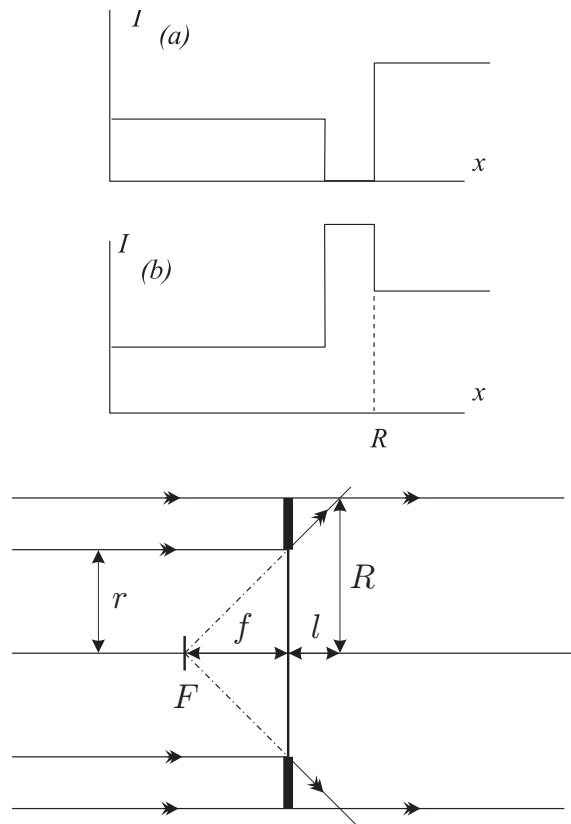
L37 Läätsse fookuskaugus (10 p) ★★

Autor: EFO žürii, piirkonnavoor, 2000, G E2

Katse idee, milles on määratud kaks mõõtmise meetodit – 1 p.

a) Kumerläätsse läbinud paralleelsed kiired koonduvad fookuses – 1 p. Läätsse fookuskauguse määramine – 2 p.

b) Kujutis on ümberpööratud ja sama suur ning asub kaugusel $2f$, kui eseme kaugus läätsesest on $2f - 1$ p. Kujutis on vähendatud, kui ese on kaugemal kui $2f - 1$ p. Kujutis on suurendatud, kui ese on lähemal kui $2f - 1$ p. Eseme paigutamine $2f$ kaugusele läätsesest ja kujutise leidmine – 1 p. $2f$ kauguse täpsustamine – 2 p.



L38 Lääitse fookuskaugus 2 (10 p) ★★ Autor: EFO žürii, piirkonnavor, 2005, G E1

Sõltuvalt lääitse kaugusest ekraanist võib olla nähtav lääitse hoidja tume vari: juhtum (a), vt joonis (2 p). Kui kaugus on suurem, siis on lääitse taguse tumedama piirkonna ja fooni vahel heledam piirkond, kuhu jõuavad nii otse tulevad kiired, kui ka lääitsest hajunud kiired: juhtum (b), vt joonis (2 p).

Fookuskauguse võib leida nt siis, kui möödame juhtumil (b) heleda piirkonna diametri $D = 2R$ – siis, kui lääitse kaugus ekraanist on l .

Leiame fookuskauguse f sarnastest kolmnurkadest

$$\frac{f+l}{D} = \frac{f}{d} \Rightarrow f = \frac{ld}{D-d} \quad (2 \text{ p}).$$

Mõõtmised: Mõõtmised on dokumenteeritud ja nende põhjal on leitud f (1 p); tulemus on tõepärane (1 p). Mõõtmisi on korratud mitu korda (1 p). Hinnatud on mõõteviga (1 p).

L39 Läätsede fookuskaugus 3 (10 p) ★★

Autor: EFO žürii, piirkonnavaor, 2006, G E1

Esimene lahendus:

Põlev lamp asetatakse kumerläätses võimalikult kaugemale, et läätselangeva valgusvihi võiks lugeda paralleelseks (piisav vahemaa 50 cm). Mõõdetakse kumerläätsede fookuskaugus. Kumerläätsede ette asetatakse nõguslääts. Kui nõgusläätsede ja kumerläätsede fookused ühilduvad, on pärast kumerläätsede valgusvihki paralleelne. Paralleelsuse määramiseks asetatakse ekraanile paberileht ja märgitakse sellele valguslaigu läbimõõt. Ekraani nihutamisel peab valguslaik ekraanil jääma sama suureks. Mõõdetakse läätsede optiliste keskpunktide kaugused l . Nõgusläätsede fookuskaugus $f_n = f_k - l$.

Idee (3 p). Kumerläätsede fookuskauguse määramine (1 p). Nõgusläätsede õigesse kohta paigaldamine (1 p). Valgusvihi paralleelsuse kontroll (1 p). Läätsede vahekauguse mõõtmine (1 p). Nõgusläätsede fookuskauguse arvutamine (1 p). Korduvkatsed (1 p). Veaarvutus (1 p).

Teine lahendus:

Põlev lamp asetatakse kumerläätses võimalikult kaugemale, et läätselangeva valgusvihi võiks lugeda paralleelseks. Mõõdetakse kumerläätsede fookuskaugus. Kumerläätsede taha asetatakse nõguslääts. Kui kumerläätsede ja nõgusläätsede fookused ühilduvad, on pärast nõgusläätsede valgusvihki paralleelne. Kontrollitakse valgusvihi paralleelsust. Mõõdetakse läätsede optiliste keskpunktide kaugused l . Nõgusläätsede fookuskaugus $f_n = f_k - l$.

Idee (3 p). Kumerläätsede fookuskauguse määramine (1 p). Nõgusläätsede õigesse kohta paigaldamine (1 p). Valgusvihi paralleelsuse kontroll (1 p). Läätsede vahekauguse mõõtmine (1 p). Nõgusläätsede fookuskauguse arvutamine (1 p). Korduvkatsed (1 p). Veaarvutus (1 p).

Kolmas lahendus:

Kui valgusallikas asub piisavalt kaugel, siis võib lugeda, et läätselangevad kiired on paralleelsed. Nõguslääts asetatakse valgusallika ja ekraani vahele. Nõguslääts eemaldatakse ekraanist. Teatud kaugusel ekraanist tekib läätsede võru ümber hele rõngas. Mõõdetakse läätsede läbimõõtu, heleda rõnga läbimõõtu ja läätsede kaugust ekraanist ning sarnastest kolmnurkadest arvutatakse nõgusläätsede fookuskaugus. Sarnastest kolmnurkadest ilmneb, et $D/d = a/f$, millest $f = ad/D$. Meetod on eelnevatest ebatäpsem, sest ruumi valgustatus segab katse läbiviimist ning heleda rõnga piire ei ole võimalik kuigi täpselt fikseerida, seepärast on antud lahenduse eest maksimaalselt võimalik saada (6 p).

Neljas lahendus:

Põlev lamp asetatakse kumerläätsede fookusesse. Pärast läätsede on valgusvihki paralleelne. Nõguslääts asetatakse heledasse paralleelsesse valgusvihku. Nõgusläätsede taha paigutatakse ekraan. Nõguslääts eemaldatakse ekraanist. Teatud kaugusel ekraanist tekib läätsede võru ümber hele rõngas. Mõõdetakse läätsede läbimõõtu, heleda rõnga läbimõõtu ja läätsede kaugust ekraanist ning sarnastest kolmnurkadest arvuta-

takse nõgusläätsse fookuskaugus. Sarnastest kolmnurkadest ilmneb, et $D/d = a/f$, millest $f = ad/D$.

Idee (3 p). Valgusallika paigutamine kumerläätsse fookuskaugusesse (1 p). Valgusvihi paralleelsuse kontroll (1 p). Nõgusläätsse läbimõõdu mõõtmine (1 p). Ekraanil tekkinud valguslaigu läbimõõdu mõõtmine (1 p). Ekraani ja läätsse vahelise kauguse mõõtmine (1 p). Korduvkatsed (1 p). Veearvutus (1 p).

L40 Must karp (12 p) ★★

Autor: EFO žürii, lõppvoor, 2006, P E2

Lahendus puudub.

L41 Katsesklaas (8 p) ★★

Autor: EFO žürii, piirkonnavor, 2007, G E1

Katsesklaasi tuleb panna natuke vett, et see ujuks vertikaalasendis ja mõõta sise- ning välimise veenivoo vahe Δh ning katsesklaasi diameeter d . Siis võrdub katsesklaasile mõjuv raskusjõud talle mõjuva üleslükkejõuga. Arvestades, et katsesklaasis oleva vee panus on mõlemasse ühesugune, saame

$$m_k g = \rho_v V g \quad \Rightarrow \quad m_k = \rho_v V = \frac{\pi \rho_v d^2 \Delta h}{4}.$$

Siin m_k on katsesklaasi mass ja ρ_v – vee tihedus.

Hindamine:

Idee – 2 p, katsesklaasi diameetri mõõtmine – 1 p, ühekordne katse läbiviimine ja nivoode vahe mõõtmine – 1 p, arvutused – 2 p, korduvad katsed (vähemalt 3 korda) – 1 p, piisavalt täpne lõppvastus – 1 p.

Võimalik vale lahenduskäik:

Paneme anumasse vett ja mõõdame veenivoo h_0 selles. Asetame katsesklaasi anumasse ilma katsesklaasi vett lisamata. Mõõdame anuma diameetri d_0 ja uue veenivoo anumas h_1 . Siis oletades, et katsesklaasi raskusjõu ja üleslükkejõu tasakaalu tõttu võrdub katsesklaasi mass väljatõrjutud vee massiga, saame

$$m_k = \rho_v V = \frac{\pi \rho_v d_0^2 (h_1 - h_0)}{4}.$$

Tegelikuses, kui katses katsesklaasi vett mitte panna, kukub ta pikali. Lisaks raskusjõule ja üleslükkejõule mõjub talle siis ka hõõrdejõud anuma seina poolt. Sel juhul aga massi määramiseks arvutusi teha pole enam võimalik, mistõttu sellist lahendust ei saa lugeda õigeks.

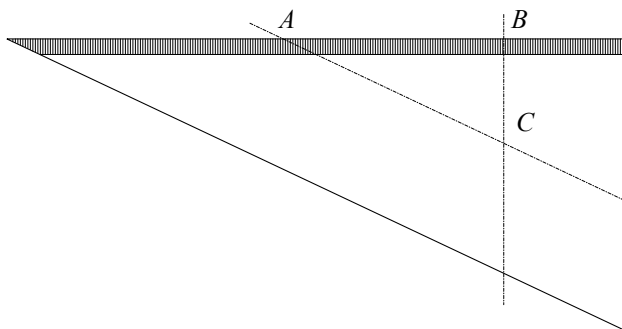
Hindamine: (kokku 4 p)

Idee – 1 p, katse teostamine ja mõõtmised – 1 p, arvutused – 1 p, korduvad katsed (vähemalt 3 korda) – 1 p.

L42 Kolmnurk (10 p) ★★

Autor: EFO žürii, piirkonnavoore, 2007, G E2

1) Asetame kolmnurga laua servale, nii et skaalaga kaatet ristuks laua servaga. Nüüd liigutame kolmnurka üle laua serva, kuni kolmnurk kukub üle laua ääre. Siin tuleb leida viimane punkt, kus joonlaud veel ei kuku alla. Nüüd teame massikeskme x -koordinaati (eeldasime, et gradueeritud on pikem kaatet; kui skaala on lühemal kaatetil, siis saime teada massikeskme y -koordinaadi). (2 p)



2) Kuna kolmnurga teine kaatet on skaalata, siis ei saa massikeskme teist koordinaati leida analoogiliselt x -koordinaadi määramisele. Nüüd asetame kolmnurga laua servale, nii et hüpotenuus on paralleelne laua servaga. Liigutame kolmnurka üle laua serva, kuni kolmnurk kukub üle laua ääre alla. Siin tuleb jällegi leida viimane punkt, kus joonlaud veel ei kuku alla. Kolmnurga skaalaga küljelt leiame, kui kaugel on massikeskme nullpunktist. (3 p)

Leiame massikeskme y -koordinaadi selle järgi, kui kaugel asub massikeskme nullpunktist. Teeme joonise ja kanname sinna kaks joont, millest esimene kujutab massikeskme x -koordinaati ja teine kaugust hüpotenuusist. Esimese joone lõikepunkt x -teljega on punkt B ja teise joone lõikepunkt x -teljega on punkt A . Massikeskme asub nende kahe joone lõikepunktis (1 p). Näeme, et tekkis joonlauaga sarnane kolmnurk ABC , mille lühem külg BC ongi massikeskme y -koordinaat: $BC = AB \tan 30^\circ \approx 0,57 AB$. Lõigu AB pikkus on katses mõõdetud kauguste erinevus. (2 p)

Märkus:

Abivahendeid kasutades saaks y -koordinaati määrata ka teisiti: joonistame kolmnurga skaala paberile. Asetame kolmnurga laua servale, nii et skaalaga kaatet oleks paralleelne laua servaga. Toimides nii, nagu osas 1), ning kasutades paberit mõõtevahendina, leiame y -koordinaadi.

Asetame kolmnurga laua servale, nii et skaalaga kaatet oleks paralleelne laua servaga. Liigutame kolmnurka üle laua serva ja leiame viimase punkti, kus joonlaud veel ei kuku alla. Märgime vastava koha laual sõrmega ja mõõdame kolmnurga abil sõrme kauguse laua servast. See annabki y -koordinaati. Selline sõrme kasutamine ei kuulu tema tavapärase funktsioonide hulka, vaid ta esineb abivahendi rollis. Taoliste meetodite korral anda kogu osa 2) eest ainult 2 punkti.

- 3) Katsete kordamine vähemalt kolm korda — 1 p.
 4) Õige ja üheselt mõistetav vastus — 1 p.

L43 Hõõrdetegur (12 p) ★★

Autor: EFO žürii, lõppvoor, 2007, P E1

Riputame klotsi, mõõdame niidi pikenemise L_1 paneme klotsi alusele, tirime niidiga, mõõdame niidi pikenemise L_2 . Et elastsusjõud on võrdeline niidi pikenemisega, siis $\mu = F_2/F_1 = L_2/L_1$.

L44 Voltmeeter (12 p) ★★

Autor: EFO žürii, lõppvoor, 2007, P E2

Rakendame patarei pinget esmalt otse voltmeetrile, lugem $U_1 = \mathcal{E}$ annab patarei elektromotoorjõu; seejärel rakendame jadamisi takistiga R , lugem $U_2 = r\mathcal{E}/(r + R) = rU_1/(r + R)$. Seega $1 + R/r = U_1/U_2$, millest

$$r = R \frac{U_2}{U_1 - U_2}.$$

L45 Pendel (10 p) ★★★

Autor: EFO žürii, lõppvoor, 1998, G E1

Teooria:

Katse kirjeldus - mida ja kuidas mõõdab. Oluline on mitme perioodi mõõtmine ja pika niidi kasutamine, et saada suuremat täpsust (2 p).

Katse:

Tulemuste esitamine tabelina (1 p), õige tulemus, st pendli pikkuse kasvades periood suureneb (1 p), graafiku telgede õige valik koos ühikutega (2 p). T ja l vahelise seose leidmise idee - graafiku lineariseerimine (1 p). Õigesti teisendatud graafik (1 p). Õige seose leidmine teisendatud graafikult, mitte valemi teadmise abil (1 p).

Järeldus:

Katse tulemuse kokkuvõtte, hinnang täpsusele või meetodile jne (1p).

L46 Kolm vedelikku (10 p) ★★★

Autor: EFO žürii, lõppvoor, 1998, G E2

Teooria:

Vedeliku tiheduse määramiseks kasutame areomeetrit, mille valmistame pulgakesest ja plastiliinist. Kui üleslükkejõud on areomeetri kaaluga võrdne, siis areomeeter heljub vedelikus nii, et ta ei ulatu üle veepinna. Kui teise vedeliku tihedus on suurem, siis ulatub areomeetri ots vedelikust välja. Põhjus on selles, et ka nüüd on tarvis kompenseerida pulga kaal. Kuid kui tihedus on suurem, siis sellevõrra väiksem ruumala vedelikku tuleb välja tõrjuda ($F_{\uparrow} = Vg$). Kui tihedus on väiksem, siis areomeeter upub. Areomeetri idee peale tulek (2 p). Selle tööprintsibi seletamine nii suurema kui väiksema tihedusega vedeliku korral (2p). Valemi kasutamine põhjendamisel (1 p).

Katse:

Eristatavate katsetulemuste saamine (1 p). Katsetulemuste registreerimine (klaasi number, kas ujub, heljub või upub) (1 p). Kolm ainet õiges järjekorras (2 p), kaks ainet õiges järjekorras (1 p).

Järeldus:

Katse tulemuse kokkuvõte, hinnang täpsusele või meetodile jne (1 p).

L47 Koondava läätse suurendus (12 p) ★★★ Autor: EFO žürii, lõppvoor, 1999, G E1

Idee võrrelda mm-paberi jaotusi, mis paistavad läbi luubi ja selle kõrval (3 p), reaalsed mõõtmistulemused (1 p), tulemus, et suurendus ei sõltu läätse ja silma vahekaugusest (1 p), tulemus, et suurendus suureneb kui läätse kaugus objektist suureneb (1 p), sellel suurenemisel on piir (1 p), suurenduse vähemalt kolme väärtuse mõõtmine (1 p), tulemuse graafiline esitamine (õiged teljed, ühikud-tähised 2 p, mittelineaarne tõusev ja sile joon graafikul 1 p), veahinnang 1 p, järeldus 1 p.

L48 Voltmeetri ja ampermeetri takistus (12 p) ★★★ Autor: EFO žürii, lõppvoor, 1999, G E2

Kui ühendame ampermeetri ja voltmeetri jadamisi, siis mõõdab ampermeeter voltmeetri läbiva voolu tugevust ning voltmeeter mõõdab pinget iseenesel. Pinge ja voolu suhe on voltmeetri takistus (2 p). Sobilik mõõtepiirkond voltmeetril on 20V ja ampermeetril 200 μ A (1 p). Kui ühendame ampermeetri ja voltmeetri rööbiti, siis mõõdab ampermeeter vooluallika lühisvoolu tugevust (voltmeetri suure takistuse tõttu on teda läbiv vool tühine) ning voltmeeter mõõdab pinget rööpühenduse otsel. Pinge ja voolu suhe on ampermeetri takistus (2 p). Mõõtepiirkondade valik: ampermeetril 10A, voltmeetril 20V või 2000mV (1 p). Korrektsed mõõtmistulemused takistuse leidmiseks: voltmeetril 1 p, ampermeetril 1 p; korrektsed arvutused: kumbki 1 p, mõõtmistäpsuse hinnang – kumbki 1 p.

L49 Pliiats vees (10 p) ★★★

Autor: EFO žürii, lõppvoor, 2000, P E1

- Vee lisamisel esineb pliiatsi “murdumine” – (1 p)
- Selle põhjendus – (1 p)
- Nähtus oleneb pliiatsi asendist – (1 p)
- Suurim on siis, kui pliiats on klaasi keskkohast kaugeimas asukohas – (1 p)
- Põhjendus: jutt – (1 p), joonis – (1 p)
- Nähtus puudub kui pliiats asub vertikaalselt (1 p) klaasi keskel (1 p)
- Põhjendus: jutt – (1 p), joonis – (1 p)

L50 Taskulambipirni takistus (12 p) ★★★ Autor: EFO žürii, lõppvoor, 2000, P E2

Ühendame jadamisi patarei, taskulambipirni ja testri ampermeetrina mõõtepiirkonnal 10 A. Registreerime volutugevuse I (2 p). Seejärel ühendame lambi otse patareiga ning testri voltmeetrina rööbiti lambiga. Registreerime klemmipinget U (2 p). Arvutame lambi takistuse eeldusel, et ampermeeter ja voltmeeter on ideaalsed: $R = U/I$ (2 p). Võrreldes tulemust mõõteriistade takistustega, veendume selles, et tehtud eeldus on piisavalt hästi põhjendatud (2 p). Täheleandame, et voolu mõõtmine piirkonnal 10 A on väga ebatäpne (1 p). Seetõttu teostame samad mõõtmised ka ampermeetri mõõtepiirkonnal 200 mA (1 p). Eeldades klemmipinget konstantsust, arvutame lambi ja ampermeetri jadaühenduse kogutakistuse $R_k = U/I$ (1 p). Lambi takistuse R leidmiseks lahutame kogutakistusest ampermeetri takistuse. Seega $R = R_k - R_A$. (1 p). Kokku 12 p.

12 p võib ka teenida, rakendades keskkooli programmi kuuluvaid teadmisi:

- 1) mõõdame elektromotoorjõu E kui koormamata patarei klemmipinget (3 p);
- 2) mõõdame piirkonnal 10 A patarei lühisvoolu I_l (3 p);
- 3) arvutame patarei sisetakistuse

$$r = (E/I_l) - R_A \quad (2 \text{ p});$$

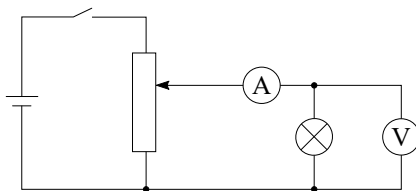
- 4) mõõdame volutugevuse I läbi lambi ja ampermeetri jadaühenduse (2 p);
- 5) arvutame lambi takistuse valemist

$$R = (E/I) - r - R_A \quad (2 \text{ p}).$$

L51 Taskulambipirni takistus 2 (10 p) ★★★ Autor: EFO žürii, lõppvoor, 2001, G E1

Vihje: Et taskulambipatarei pinget ei saa muuta, siis kasutage reguleeritava pinget saamiseks reostaati potentsiomeetrilises lülituses.

Lahendus: Hõõglambi takistus sõltub hõõgniidi temperatuurist. Temperatuuri tõustes takistus suureneb. Hõõgniidi temperatuur sõltub volutugevusest. Mida suurem on volutugevus, seda suurem on temperatuur. Lambi hõõgniit on toatemperatuuril siis, kui volutugevus lambis on 0 ehk pinget lambi hõõgniidi otstel võrdub nulliga. Mõõdame volutugevuse lambis pinget erinevate väärtuste korral ja arvutame igal pingel vastava takistuse väärtuse. Erilist tähelepanu tuleb pöörata mõõtmistele pinget väikestel väärtustel. Joonistame graafiku, mille ühel teljel on pinget, teisel — takistuse väärtus. Pikendades graafiku väärtuseni $U = 0$, saame hõõgniidi takistuse toatemperatuuril. Pinget muutmiseks kasutame reostaati pinget jagajana. Vooluringi skeem on toodud järgmisel joonisel:



L52 Nurga joonistamine (12 p) ★★★

Autor: EFO žürii, lõppvoor, 2000, G E1

Kui kaks tasapeeglit on teineteise suhtes mingi nurga all peegelpinnad vastakuti ja peeglite vahele paigutada ese, tekib peeglites esemest mitu kujutist. Kujutiste arv sõltub peeglitevahelisest nurgast. Teatud nurkade puhul kattuvad kaks kujutist ja sel juhul saab kujutiste arvu N peeglites arvutada seosest $N = 360^\circ/\alpha - 1$, kus α on peeglite vaheline nurk kraadides. Näiteks, kui peeglid on 90° nurga all, tekib kolm kujutist, 45° nurga puhul seitse kujutist jne.

Hindamine: Idee – 4 p, kujutiste arv 90° nurga korral – 2 p, kujutiste arv näiteks 45° nurga korral – 2 p, algoritmi väljatöötamine – 2 p, täpse nurga joonestamine – 2 p.

L53 Kaks lääts (15 p) ★★★

Autor: EFO žürii, piirkonnavor, 2002, G E2

1. Kindlaks teha, millist liiki läätsedega on tegu: kontrollida, kas lääts koondab valgust või mitte – 1 p.
2. Kindlaks teha, kumb on tugevam: panna läätsed kokku ja vaadata kas süsteem koondab valgust või mitte – 1 p.
3. Leida kumerlääts fookuskaugus: kas kasutada kauget valgusallikat või lähedast; teisel juhul tuleb mõõta ka kaugust valgusallikani ja arvutada lääts valemist $1/a + 1/k = 1/f$ fookuskaugus f . Idee – 1 p, mõõtmised – 1 p, valem – 1 p ning arvutus – 1 p.
4. Valemist $D = 1/f$ arvutada kumerlääts optiline tugevus D_k . Valem – 1 p, õige vastus – 1 p.
5. Leida eespoolkirjeldatud viisil süsteemi fookuskaugus. Idee – 1 p, teostus – 1 p.
6. Arvutada süsteemi optiline tugevus D – 1 p.
7. Leida seos süsteemi optilise tugevuse D ja kumer- ning nõguslääts optiliste tugevuste D_k ja D_n vahel: $D = D_k - D_n$ ning arvutada D_n – 2 p.
8. Mõõtevea hindamine – 2 p.

L54 Vooluring hõõglampidega (12 p) ★★★ Autor: EFO žürii, lõppvoor, 2002, P E2

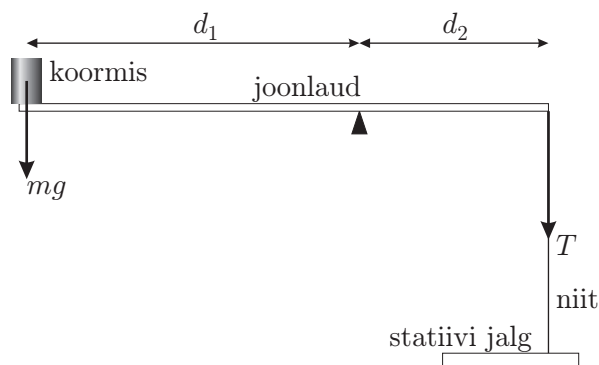
Õigesti visandatud lambid ja ühenduskohad skeemil – 2 p. Õigesti näidatud voltmeetri ja ampermeetri ühenduskohad skeemil (ampermeeter jadamisi, voltmeeter rööbiti uuritava lambiga) – 2 p. Ampermeetri ühendamine eraldi mõlemasse rööpharusse pole nõutav. Ülesandes oli ju tehtud eeldus, et lambid on ühesugused, mistõttu kumbagi rööpharu läbib pool sellest voolust, mis kulgeb jadamisi ühendatud lambis. Viimase mõõtmisest ja kahega jagamisest on küllalt. Õigesti määratud pinged – 2 p. Õigesti määratud voolutugevused – 2 p. Õigesti arvatatud võimsused ($N = IU$) ja võimsuste suhe – 2 p. Õigesti leitud piirvead – 2 p.

L55 Puitsilindri tihedus (10 p) ★★★ Autor: EFO žürii, lõppvoor, 2003, G E1

Lahendus puudub.

L56 Niit (10 p) ★★★ Autor: EFO žürii, lõppvoor, 2004, P E1

Üks võimalik lahendus põhineb kangi kasutamisel (vt. joon.). Joonlauda kasutada kangina, vardaga statiivi toetuspunktina, statiivi jalga niidi ühe otsa kinnitamiseks. Viis niiti on antud selleks, et teha viis mõõtmist ja leida keskmine tulemus.



L57 Plaat (8 p) ★★★ Autor: EFO žürii, lõppvoor, 2004, G E1

Määrame esmalt plaadi raskuskeskme. Selleks paigutame plaadi laua servale nii, et see on peaaegu kukkumas. Märgime laua serva plaadile. Pöörame plaati ning kordame kirjeldatud tegevust. Saadud kahe sirge lõikepunkt ongi plaadi raskuskeskme asukoht. Nüüd on juba lihtne määrata plaadi mass kangkaalumise põhimõttel

$$m_{\text{plaat}} = m_{\text{koormis}} \frac{l_{\text{koormis}}}{l_{\text{plaat}}},$$

kus l_{koormis} ja l_{plaat} on vastavad kangi õlad. Kui koormise massi võib lugeda täpseks, siis maksimaalne relatiivne viga

$$\delta = \frac{\Delta l_{\text{koormis}}}{l_{\text{koormis}}} + \frac{\Delta l_{\text{plaat}}}{l_{\text{plaat}}}.$$

Plaadi mass $M = m_{\text{plaat}} (1 \pm \delta)$.

L58 Tikutoos (14 p) ★★★

Autor: EFO žürii, piirkonnavor, 2006, G E2

Tikutoosi paberil tikuga lükates mõjub sellele jõud $F = \mu mg$ (1 p). Teatud punktist altpoolt lükates tikutoos libiseb ning ülevalt poolt lükates kukub tikutoos ümber (1 p). Libisemise tingimus:

$$Fl \leq \frac{mgd}{2},$$

kus l on kõrgus, millelt lükatakse, ja d tikutoosi paksus, m mass ja g raskuskiirendus. Ehk siis jõumoment, mis pöörab tikutoosi algasendisse tagasi, on suurem kui tikutoosi ümber lükkav jõumoment (5 p).

Kasutades suurimat kõrgust, millelt lükates tikutoos veel libiseb, ehk

$$Fl = mg\frac{d}{2} \quad (1 \text{ p}) \quad \Rightarrow \quad \mu mgl = mg\frac{d}{2} \quad (0,5 \text{ p}) \quad \Rightarrow \quad \mu = \frac{d}{2l}. \quad (0,5 \text{ p})$$

Maksimaalse kõrguse määramine katseliselt, millelt tikutoos veel libiseb (3 p), sest see ei ole sugugi nii lihtne. Korduskatsed ja mingisugunegi veahinnang, näiteks: mõõtmistulemuste aritmeetiline keskmine (2 p).

L59 Klaasplaat (10 p) ★★★

Autor: EFO žürii, lõppvoor, 2006, G E1

Lahendus puudub.

L60 Lamp (12 p) ★★★

Autor: EFO žürii, lõppvoor, 2006, G E2

Liiguta tuld kiiresti käes edasi tagasi. Püsivalt põleva tule asemel näete punkte. Katsu lugeda punktide hulk ja jätkata võngutamist samas rütmis ning mõõta siis ära võnke periood. Lambi vilkumise sagedus = võngutamise sagedus \times punktide hulk.

Märkus: Täpne lambi vilkumise sagedus on $f = 142 \text{ Hz}$.

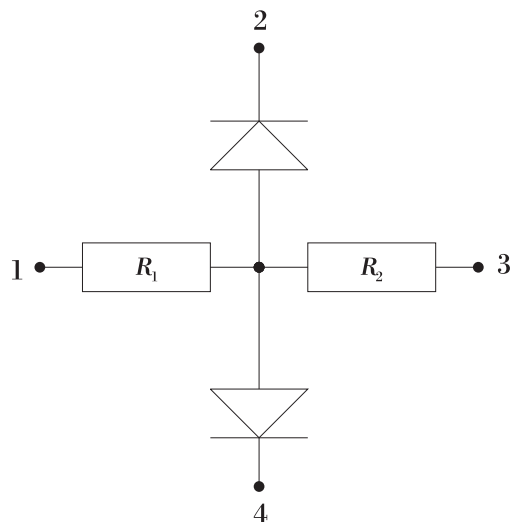
L61 Luubi suurendus (15 p) ★★★★★

Autor: EFO žürii, lõppvoor, 1996, G E2

- Suurenduse määramise idee: võrreldakse läbi luubi paistvate joonte arvu palja silmaga nähtavate joonte arvuga (20%)
- Maksimaalse suurenduse määramine (20%)
- Fookuskauguse määramise idee: ∞ tulevate kiirte abil (10%)
- Fookuskauguse määramine (5%)
- Veahinnangud (15%)
- Järeldus: kas tulemused kattuvad vea piires või ei (10%)
- Põhjendus: suurendus oleneb sellest, kui lähedal luup paberile on, sellest oleneb ka kujutise asukoht. See tähendab, et alati ei teki kujutis parima nägemise kaugusele. Silma pingutades võib aga ka neil juhtudel kujutist näha (vms) (20%)

L62 Elektriskeem karbis (15 p) ★★★★★

Autor: EFO žürii, lõppvoor, 2000, G E2



Kinnises kastis on järgmine skeem (vt. joon.).

Numbrid klemmide juures vastavad karbil olevatele numbritele. Arvulisi väärtusi: $R_1 = (100 \pm 10) \Omega$ ja $R_2 = (50 \pm 5) \Omega$. Dioidide takistused on vahemikus 1000Ω kuni 2000Ω .

Mõõtmise: Kõigepealt kontrollitakse multimeetriga vooluallikate olemasolu. Et antud juhul need puuduvad, siis mõõdetakse takistust iga klemmi vahel, vahetades multimeetri polaarsust. Andmete põhjal koostatakse võrrandisüsteem, mille lahendamise tulemusel saadakse elementide takistused.

Hindamine: Takistuse mõõtmine iga võimaliku klemmipaari vahel mõlema polaarsuse jaoks (4 p). Võrrandite koostamine ja lahendamine (8 p). Õige elektriskeem (3 p).

L63 CD-plaat (11 p) ★★★★★

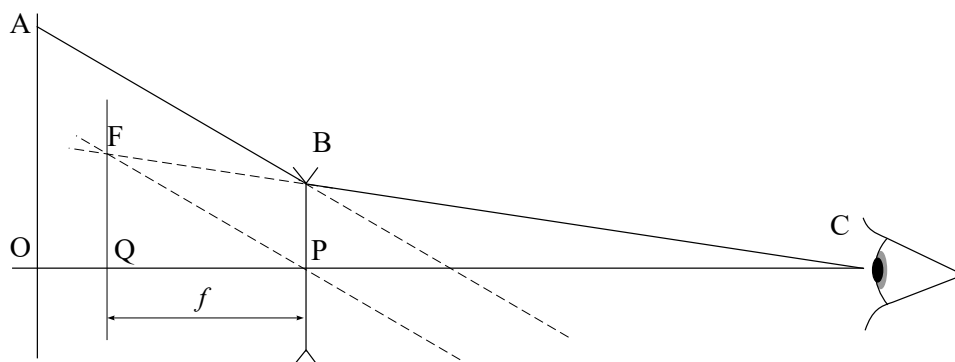
Autor: EFO žürii, lõppvoor, 2001, G E2

CD-plaadi pinda võib vaadelda kui peegeldifraktsioonvõret. Suuname sellele kaugest valgusallikast (päike või laelamp) tulevad paralleelsed kiired ja jälgime diffrageerunud valgust. Mõõdame ära I järku spektri laiuse CD-l (violetse ja punase serva vahekauguse) ning silma kauguse plaadist. Siis saame arvutada spektri servadele vastavate kiirte vahelise nurga α . Edasi tuletame valemi $d(\sin \alpha_p - \sin \alpha_v) = m(\lambda_p - \lambda_v)$, kus d on otsitav võre samm ja m on spektri järk (antud juhul $m = 1$). Kasutades lihtsustust $\sin x \approx x$, saame $d = m(\lambda_p - \lambda_v)/\alpha$. Radade vaheliseks kauguseks saame $d \approx 1...2 \mu\text{m}$.

L64 Lääts e optiline tugevus (12 p) ★★★★★

Autor: EFO žürii, lõppvoor, 2002, G E1

Tõmbame pliatsiga paberile lõigu pikkusega l , näiteks $l = 20$ cm. Viime silma paberist kaugusele L , näiteks $L = 30$ cm. Viime lääts e paberist sellise kaugusele a , et joonistatud lõik paistab läbi lääts e täies pikkuses ulatudes servast servani. Teeme paberile sobivas mõõtkavas täpse joonise. Juuresoleval pildil $OA = l/2$, $PB = d/2$ (d on lääts e diameeter), $OC = L$ ja $OP = a$. Konstrueerime punkti F fokaaltasandil nii, nagu näidatud joonisel. Mõõdame fookuskauguse f , optiline tugevus $D = 1/f$.



Võib ka avaldada analüütiliselt. Selleks paneme kirja sarnaste kolmnurkade sarnasustingimused:

$$\frac{CQ}{FQ} = \frac{CP}{PB}, \quad \frac{PQ}{FQ} = \frac{PO}{AO - PB}.$$

Jagades nende võrduste vasakud ja paremad pooled saame välja taandada pikkuse FQ . Saadud võrrandist on lihtne avaldada $D = 1/f$, kui arvestame, et

$$PQ = f, \quad CQ = f + L - a, \quad CP = L - a, \quad PO = a, \quad PB = d/2, \quad AO = l/2.$$

$$D = \frac{1}{a} \left(\frac{l}{d} - 1 \right) - \frac{1}{L - a} \approx 8 \text{ dptr.}$$

L65 Pirn (12 p) ★★★★★

Autor: EFO žürii, lõppvoor, 2004, G E2

Ühendame jadamisi patarei, lambi ja testri kui ampermeetri ning registreerime lambi töövoolu I_1 . Seejärel lisame samasse ahelasse takisti ning mõõdame töövoolu I_2 . Nüüd teeme samad katsed ilma ampermeetri, kuid mõõtes testri kui voltmeetri pinget lambil. Saame vastavad pingeväärtused U_1 ja U_2 . Kuna ampermeetri takistus ja voltmeetri juhtivus (st takistuse pöördväärtus) on tühiselt väike, siis võime eeldada, et voolutugevused on samad, mis eelmistes katsetes. Arvutame Ohmi seadusest lambi takistused mõlemal toitepingel (R_1 ja R_2). Mõõdame lambi takistuse testri kui oommeetri. Kuna testri kui oommeetri (ülesandes antud)

töövool on sadu kordi väiksem juba meile teada olevast lambi töövoolust, siis saame määrata suuruse R_0 (tõsi küll, suure piirveaga, kuid lõpptulemuses kajastub see vähe). Logaritmime seost $R - R_0 = cU^n$ ja saame $\ln(R - R_0) = \ln c + n \ln U$. Saadud kahe katsepunkti alusel koostame võrrandisüsteemi:

$$\ln(R_1 - R_0) = \ln c + n \ln U_1, \quad \ln(R_2 - R_0) = \ln c + n \ln U_2.$$

Olles lahutanud esimesest võrrandist teise, avaldame n ja c kujul

$$n = \frac{\ln(R_1 - R_0) - \ln(R_2 - R_0)}{\ln U_1 - \ln U_2}; \quad c = \frac{R_1 - R_0}{U_1^n}.$$

Olles teostanud mõõtmised ja arvutused, saame $n \approx 0,6$ ning $c \approx 5,5 \Omega V^{-0,6}$.

L66 Õhu tihedus (10 p) ★★★★★

Autor: EFO žürii, lõppvoor, 2005, G E1

Õhu tihedust palli sees saab arvutada lähtudes ideaalse gaasi olekuvõrrandist

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{pM}{RT},$$

kus p on kogurõhk palli sees. Kuna välisrõhk on teada, siis taandub rõhu leidmine lisarõhu leidmisele palli sees. Lähtume eeldusest, et palli väikeste deformatsioonide korral muutub palli kuju, mitte aga oluliselt selle ruumala.

Kasutades markerit, vihti ja täispuhutud õhupalli, saame tasapinnaliseks surutud palli osa jäljendi millimeetripaberil ja leiame selle pindlala. Lugesd palli massi tühiseks leiame lisarõhu pallis. Saadud rõhu liidame välisrõhule ja leiame nõutud tulemuse. Arvestame, et temperatuur õhupallis on võrdne välistemperatuuriga.

L67 Ampermeeter (10 p) ★★★★★

Autor: EFO žürii, lõppvoor, 2007, G E1

Voltmeetri milliampermeetrina kasutamiseks tuleb ta lülitada paralleelselt takistiga R . Mõõdame voltmeetri sisetakistuse r (vt allpool). Et $I = U \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{r} \right)$. Kui meie tehtud ampermeetri klemmidele tuleb vool I ning voltmeetri lugem on U siis kehtib seos $I = \frac{U}{R} + \frac{U}{r}$. Seega on 1 V puhul voolutugevus läbi meie ampermeetri klemmide $10^3 \cdot \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{r} \right)$ [mA/V].

Niisiis peame leidma voltmeetri sisetakistuse. Selleks rakendame patarei pinge esmalt otse voltmeetrile, lugem $U_1 = \mathcal{E}$ annab patarei elektromotoorjõu; seejärel rakendame jadamisi takistiga R , lugem $U_2 = r\mathcal{E}/(r + R) = rU_1/(r + R)$. Seega $1 + R/r = U_1/U_2$, millest

$$r = R \frac{U_2}{U_1 - U_2}.$$

Asendades see tulemus eelpool saadud valemisse näeme, et 1 V-se näidu puhul on voolutugevus

$$10^3 \cdot \frac{U_1}{U_2 R} \text{ [mA/V]}.$$

L68 Kuivelement (16 p) ★★★★★

Autor: EFO žürii, lõppvoor, 1997, G E2

Lahendus, 1. meetod:

Mõõdame testri kui voltmeetriga elemendi klemmipinget. Kuna elemendi sisetakistus r on voltmeetrina töötava testri takistusest R_v palju väiksem, siis võib tulemust lugeda võrdseks elemendi elektromotoorjõuga E . Seejärel ühendame testri ampermeetrina elemendi klemmide külge ja mõõdame volutugevust I mõõtepiirkonnal, mille korral suhteline mõõtemääramatus (suhteline viga) on väiksem (osutil on suurim skaala piiridesse jääv hälve). Kuna testri kui ampermeetri takistus R_a on teada, siis arvutame Ohmi seadusest (kogu voluringi kohta) elemendi sisetakistuse $r = (E/I) - R_a$. Veendumiseks selles, et algul mõõdetud klemmipinget ühtib mõõtmistäpsuse piires elektromotoorjõuga.

Veahinnang: Elektromotoorjõu (klemmipinget) piirviga $\Delta E = (4 \cdot 3V)/100 = 0,12V$. Voolutugevuse piirviga (näiteks mõõtepiirkonnal $3A$) $\Delta I = (4 \cdot 3A)/100 = 0,12A$. Kogutakistuse piirviga $\Delta(E/I) = [(\Delta E/E) + (\Delta I/I)] \cdot (E/I)$. Ampermeetri takistuse piirviga $\Delta R_a = (0,1/100)R_a$. Kuivelemendi sisetakistuse piirviga $\Delta r = \Delta(E/I) + \Delta R_a$.

Lahendus, 2. meetod:

Ühendame testri ampermeetrina elemendi klemmide külge ja mõõdame ahelas tekkivat voolu testri kahel erineval (sobivalt valitud) mõõtepiirkonnal (nii et osuti hälbed oleksid võimalikult suured). Kuna testri takistus on eri mõõtepiirkondadel erinev (R_1 ja R_2), siis on erinevad ka volutugevused (I_1 ja I_2). Ohmi seaduse põhjal saadud võrrandid

$$E = I_1 R_1 + I_1 r \quad \text{ja} \quad E = I_2 R_2 + I_2 r$$

moodustavad süsteemi, millest $I_1 R_1 - I_2 R_2 = r(I_2 - I_1)$ ja sisetakistus avaldub kujul $r = \frac{I_1 R_1 - I_2 R_2}{I_2 - I_1}$.

Teades sisetakistust, võib ükskõik kummast lähtevõrrandist leida ka elektromotoorjõu E .

Veahinnang: Voolutugevuste ja takistuste piirvead leitakse niisamuti nagu 1. meetodil.

Klemmipinget piirviga $\Delta(I_1 R_1) = [(\Delta I_1/I_1) + (\Delta R_1/R_1)] \cdot (I_1/R_1)$.

Klemmipingete vahe piirviga $\Delta(I_1 R_1 - I_2 R_2) = \Delta(I_1 R_1) + \Delta(I_2 R_2)$.

Voolutugevuste vahe piirviga $\Delta(I_2 - I_1) = \Delta I_2 + \Delta I_1$.

Sisetakistuse piirviga $\Delta r = \{[\Delta(I_1 R_1 - I_2 R_2) / (I_1 R_1 - I_2 R_2)] + [\Delta(I_2 - I_1) / (I_2 - I_1)]\} \cdot r$.

Elektromotoorjõu arvutusvalem $E = I_1 (R_1 + r)$.

Kogutakistuse piirviga $\Delta(R_1 + r) = \Delta R_1 + \Delta r$.

Elektromotoorjõu piirviga $\Delta E = \{(\Delta I_1/I_1) + [\Delta(R_1 + r) / (R_1 + r)]\} \cdot E$.

Loomulikult võib süsteemi lahendamisel leida ka kõigepealt elektromotoorjõu ja alles siis sisetakistuse.

2. meetodi korral sisaldab arvutusvalem vahede suhet. Mingi suuruse kahe (mitte väga palju erineva) väärtuse vahe suhteline viga on aga reeglina suur. Seetõttu on

üldine mõõtemääramatus teise lahendusvariandi korral palju suurem. Esimene variant annab täpsema tulemuse.

L69 Hõõrdetegur (14 p) ★★★★★

Autor: EFO žürii, lõppvoor, 2002, G E2

Niidi üks ots on juba seotud pliiatsi tagumise otsa külge, niidi teise otsa kinnitame statiivi külge. Niidi pikkuse l (statiivist pliiatsini) võtame sama pika kui pliiats ise. Laseme statiivi tasapisi allapoole: alguses puudutab pliiats klaasplaati otse kinnituspunkti all (edasise töö mugavuse huvides võime selle punkti ära märkida asetades klaasplaadi alla paberi ristikesega), edasi hakkab ta viltu kalduma. Lõpuks hakkab pliiats libisema: fikseerime selle asendi ning mõõdame kauguse plaadist statiivi kinnituspunktini h . Kirjutades välja jõumomentide tasakaalu niidi keskpunkti suhtes näeme, et toereaktsiooni ja hõõrdejõu resultant läheb läbi niidi keskpunkti. Seega on hõõrdetegur selle nurga tangens, mis jääb pliiatsi toetuspunktist tõmmatud vertikaali ja toetuspunkti ning niidi keskpunkti õhendava sirge vahele. Selle geomeetria ülesande lahendamisel leiame, et

$$\mu = \frac{1}{3} \sqrt{4 \frac{l^2}{h^2} - 1}.$$

Aktsepteeritav on ka, kui valemi asemel tehakse sobivas mõõtkavas täpne joonis, mille pealt mõõdetakse otsitava nurga tangensi vahetuks arvutamiseks vajalikud vahemaad. Mõistlik tulemus on $\mu \approx 0,15$.

Alternatiivlahendused:

(a) Sama, mis eelmine, aga kinnituspunkti alla lastes lühendame ka niiti, nii et niit oleks kogu aeg horisontaalne (horisontaalsust võib kontrollida joonlaua abil).

$\mu = l/(2L)$, kus L on pliiatsi pikkus.

(b) h võtame võrdseks pliiatsi pikkusega L ning pikendame niiti libisemiseni.

$$\mu = \frac{l}{\sqrt{4L^2 - l^2}}.$$

L70 Vee eritakistus (14 p) ★★★★★

Autor: EFO žürii, lõppvoor, 2003, G E2

Lahendus puudub.

L71 Nöör (16 p) ★★★★★

Autor: EFO žürii, piirkonnavoore, 2005, G E2

Lahendus 1 (vale):

Selle lahenduse puhul me ignoreerime hõõret laua serva vastu, mis tegelikult on oluline.

Katse idee (2 p). Olgu nööri pikkus l . Lasta nööri üks ots rippu üle laua serva, selle pikkus olgu l_2 . Määrata laual lebava osa pikkus l_1 hetkel kui nöör hakkab laualt maha libisema.*Teooria:* Nööri joontihedus (pikkusühiku mass) olgu ρ . Maksimaalne seisuhõõrdetegur F_h on võrdne rippuva nööriosa raskusjõuga

$$F_h = \rho g l_2 \quad (1 \text{ p}).$$

Nööri rõhumisjõud lauale võrdub nööriosa raskusjõuga, mille pikkus on l_1 :

$$F_h = \rho g l_1 \quad (1 \text{ p}).$$

Seega hõõrdetegur μ :

$$\mu = \frac{F_h}{F} = \frac{l_2}{l_1} \quad (1 \text{ p}).$$

Katse ja mõõtmised: Katsearuanne on vormistatud arusaadavalt (1 p). Katset on korratud mitu korda (1 p). Hinnatud on mõõteviga (2 p). Tulemus on tõepärane (1 p).

Numbriline näide: $l = 45 \text{ cm}$, $l_1 = 17 \text{ cm}$, $l_2 = 28 \text{ cm}$. Seega $\mu = 1,65$. Imeliku vastuse ($\mu > 1$) põhjus on selles, et me ei arvestanud hõõret vastu nurka.

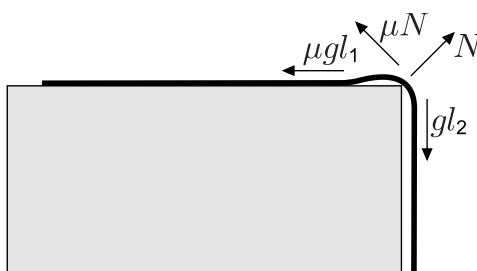
Kokku ülesande eest maksimaalselt 10 p.

Lahendus 2:

Mõõtmised samad, mis lahenduses 1 (katse idee endiselt (2 p)), aga arvutame hoolikamalt.

Panen tähele, et nöör ei paindu ümber nurga, vaid oma mõningase jäikuse tõttu puudutab laua nurka umbes 45-kraadise nurga all (horisondi suhtes) (1 p). Seega valem $T \propto e^{\mu\varphi}$ ei tööta (see eeldab, et nöör jälgib nurga kõverust, st liibub).

Tuletame uue valemi lähtudes joonisest.

Esitame võrrandid, kus ρg on välja taandatud.

$$\sqrt{2}l_2 = (\mu + 1)N \quad (2 \text{ p})$$

$$\mu l_1 + l_2 = \sqrt{2}N \quad (2 \text{ p}).$$

Siit leiame

$$\mu^2 l_1 + \mu(l_2 + l_1) - l_2 = 0 \quad (2 \text{ p}).$$

Niisiis

$$\mu = \frac{\sqrt{l_2^2 + l_1^2} + 6l_1 l_2 - 2(l_2 + l_1)}{2l_1} \quad (1 \text{ p}).$$

Lahendusest 1 võetud mõõtmistulemuste järgi

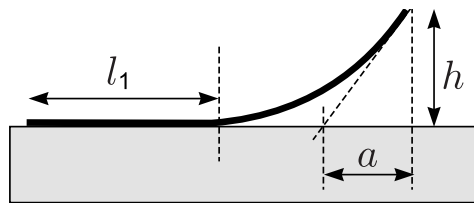
$$\mu \approx 0,52.$$

Katse ja mõõtmised: katsearuanne on vormistatud arusaadavalt (1 p). Katset on korratud mitu korda (1 p). Hinnatud on mõõteviga (2 p). Tulemus on tõepärane (2 p).

Kokku ülesande eest maksimaalselt 16 p.

Lahendus 3:

Lohistame nööri piki pinda ja teostame joonisel näidatud mõõtmised. Katse idee: 2 p.



Leiame: $l_1 = 18 \text{ cm}$, rippuva osa pikkus $l_2 = L - l_1 = 27 \text{ cm}$, $h = 20 \text{ cm}$, $a = 7 \text{ cm}$. Paneme tähele, et pikkuse a mõõtmistulemus on üsna ebatäpne (kasutame nööri puutujana joonlauda). Paneme tähele, et rippuva nööri pinge horisontaalkomponendi konstantsusest johtuvalt

$$\mu g l_1 = T \cos \alpha = g l_2 \cot \alpha \quad (3 \text{ p}),$$

kus $\cot \alpha = a/h$ (1 p). Niisiis $\mu = l_2 a / l_1 h \approx 0,5$.

Katse ja mõõtmised: katsearuanne on vormistatud arusaadavalt (1 p). Katset on korratud mitu korda (1 p). Hinnatud on mõõteviga (2 p). Tulemus on tõepärane (2 p).

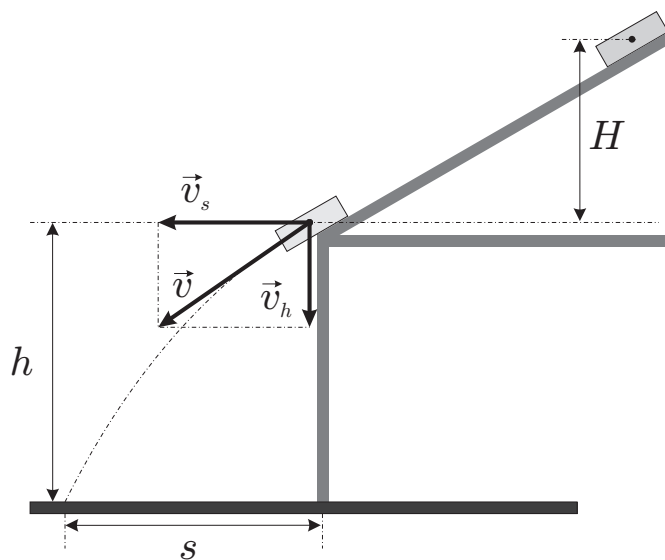
Kokku ülesande eest maksimaalselt 12 p.

Märkus: madal punktisumma on motiveeritud antud meetodi madala täpsusega.

L72 Kaldpind (14 p) ★★★★★

Autor: EFO žürii, lõppvoor, 2005, G E2

Kaldpinda mööda alla libiseva keha esialgne potentsiaalne energia muundub keha kineetiliseks energiaks kaldpinna lõpus ja hõõrdejõu tööks $E_p = E_k + A$. Hõõrdejõu töö muundub soojuseks, mis eraldub teatud soojushulgana. Seega eraldunud soojushulga leidmiseks peame teadma keha kineetilist energiat kaldpinna lõpus. Kuna kaldpinna ulatuses $\mu \neq \text{const}$, ei saa me kineetilise energia määramisel lähtuda klotsi libisemise keskmisest kiirusest, et sellest arvutada lõppkiirust $v = 2v_k$. Lõppkiiruse leidmiseks asetame kaldpinna alumise otsa täpselt laua äärelle ja laseme klotsil maha kukkuda. Maas olevale paberile kukkunud klots jätab paberile jälje, mille alusel saame määrata kukkumise koha kauguse lauast ja klotsi kiiruse kaldpinna lõpus. Tähistades laua kõrguse h , klotsi jälje kauguse lauast s , kiiruse vertikaalsuunalise komponendi v_h ja kiiruse horisontaalsuunalise komponendi v_s , saame $v_s = v \cos \alpha$ ja $v_h = v \sin \alpha$.



$$s = v_s t = vt \cos \alpha, \quad h = v_h t + \frac{gt^2}{2} = vt \sin \alpha + \frac{gt^2}{2}.$$

Asendades t saame avaldada v^2 :

$$v^2 = \frac{gs^2}{h \cos^2 \alpha - s \sin \alpha \cos \alpha}.$$

Eraldunud soojushulk on seega

$$Q = mgH - \frac{mv^2}{2}.$$

Klotsi massi saame, kui mõõdame klotsi küljed, arvutame klotsi ruumala ja kasutame massi leidmiseks tiheduse valemit $m = \rho V$. Arvatavasti valmistab raskusi kõrguse H mõõtmine, sest tuleb arvestada, et klotsi raskuskese asub kaldpinna otsast eemal ja ka kaldpinna paksust. Seega laua pinnast kõrgust mõõta ei tohi.

Teostatud: klotsi külgede mõõtmine ja massi arvutamine, kõrguse mõõtmine, mõõtemääramatuse arvutamine, kaldpinna paigutamine õige nurga alla ja s mõõtmine.

L73 Paber (14 p) ★★★★★

Autor: EFO žürii, lõppvoor, 2007, G E2

Asetame kaks paberilehte teineteise peale, kinnitame ühe külge dünamomeetri, koormame ühenduskoha koormisega ning mõõdame lehtede vahel tekkinud hõõrdejõu. Saame tulemuseks

$$F_h = 0,2 \pm 0,1 \text{ N},$$

(kus mõõteriista viga koosneb nii nullnihkest kui ka süstemaatilistest veast). Mõõtmistulemus on ilmselgelt mõõtevea piiril ja ei ole ligilähedaseltki sama suhtelise veaga läbi viidud mõõtmine kui massi mõõtmise suhteline viga. Mõõtmistäpsuse suurendamiseks on vaja suurendada hõõrdejõudu. Rõhumisjõudu suurendada pole võimalik. Küll on aga võimalik suurendada samaaegselt kokku puutuvate ühe ja sama rõhumisjõu all olevate hõõrduvate pindade arvu. Summaarne saadav hõõrdejõud oleks siis

$$F_{Sh} = F_h \cdot N,$$

kus N on samaaegselt kokku puutuvate hõõrduvate pindade arv. Lõikame paberist ribad ja asetame neid suurema hulga vaheldumisi osaliselt teineteisega üle kattuma nii, et üle ühe oleks võimalik lehti kinni hoida ja vahepealsed lehed oleksid üheagselt kinnitatud dünamomeetri külge. Asetame vaheldumisi 11 riba saades kokkupuutuvate pindade arvuks 10 ning koormame meie koormisega ning mõõdame summaarse hõõrdejõu. Tulemus

$$F_{Sh} = 2,3 \pm 0,1 \text{ N}$$

on 10 korda täpsem kui esialgselt mõõdetud. Lõppavaldis on

$$\mu = \frac{F_{Sh}}{Nmg},$$

arvuliselt $\mu = 0,35 \pm 0,02$.