

# Eesti koolinoorte 58. füüsikaolümpiaad

9. aprill 2011. a. Lõppvoor. Gümnaasiumi ülesanded

1. (VESI) Avatud termosel on vesi temperatuuril  $t_0 = 100$  °C. Sellest 1% aurustub. Hinnata, kui palju muutub termosesse jäänud vee temperatuur  $t$ . Vee erisoojus  $c_v = 4,2$  kJ/(kg · K), veeauru erisoojus  $c_a = 1,9$  kJ/(kg · K) ning vee aurustumissoojus temperatuuril 100 °C on  $L = 2,26$  MJ/kg. Eeldada, et termose seinte kaudu soojuskadusid ei ole. (6 p.)

2. (VARRAS) Mööda liigendi abil seinaga külge kinnitatud väga pikka ja tühiselt kergelt varrast saab libiseda väike rõngas massiga  $m$ . Esialgu asub rõngas liigendist kaugusel  $l$  ja varras on horisontaalne. Ajahetkel  $t = 0$  hakkab süsteem vabalt liikuma. Leidke varda ja horisontaali vahelise nurga  $\alpha$  ajaline sõltuvus. Kõik liikumised lugeda hõrdevabaks. (6 p.)

3. (TORMITUUL) Vaatleme tugeva külgtuule kätte jäänud veoautot lihtsus-  
tatult homogeense risttahukana. Auto laius  $a = 2$  m, kõrgus  $b = 3$  m, pikkus  $c = 5$  m. Missugune peaks olema hõrdetegur rataste ja maapinna vahel, et piisavalt tugev külgtuul saaks auto tuulepooldes rattad maast lahti kergitada? (6 p.)

4. (VEETORU) Kaks erineva diameetriga horisontaalset toru on otsapidi kokku ühendatud nii, et nende teljed ühtivad. Mööda esimest toru voolab vesi kiirusega  $v_1$ . Kummagi veetoru külge on ühendatud väike vertikaalne toruke, vedelikusamba kõrgused neis on vastavalt  $h_1$  ja  $h_2$  (toru teljest mõõtes). Leidke horisontaalsete torude diameetrite suhe. Hõõrdumist mitte arvestada. *Vihje.* Vedeliku horisontaalsel voolamisel kehtib Bernoulli seadus kujul  $\frac{\rho v^2}{2} + p = \text{const}$ , kus  $p$  on hüdrostaatiline rõhk,  $\rho$  vedeliku tihedus ning  $v$  vedeliku kiirus. (8 p.)

5. (SOLENOID) Õhksüdamikuga solenoidis (pikas silindrilises poolis) on vool  $I$ . Solenoidi sisemuses liigub elektron, mille trajektoor kujutab endast sellist krüvijoont, mille keerdude arv on võrdne solenoidi keerdude arvuga. Leidke selle elektroni kiiruse teljesihiline komponent. Võib eeldada, et elektroni kiiruse teljega risti olev komponent on piisavalt väike, et kokkupõrkeid solenoidi seinaga ei toimu. Elektroni mass on  $m$  ja laeng  $e$ . *Vihje:* Solenoidi sees on homogeenne magnetväli induksiooniga  $B = \mu_0 n I$ , kus  $n$  on solenoidi traadi keerdude arv pikkusühiku kohta,  $I$  selles olev vool ja  $\mu_0$  vaakumi magnetiline läbitavus. (10 p.)

**6. (FOTOGRAAF)** Fotograaf pildistas kõrgest joast langevat veevoolu; päikesevalguses sätendavad veepiisad venisid pildidel vertikaalseteks triipudeks. Kui fotoaparaat oli pildistamisel normaalasendis, siis olid kõik triibud pikku-sega  $l_1 = 120$  pikselit; kui fotoaparaat oli pildistamisel "jalad ülespidi" (st seda pöörati ümber optilise telje 180 kraadi), siis oli triipude pikkuseks  $l_2 = 200$  pikselit. Kui pikad olid triibud siis, kui fotoaparaati hoiti pildistamisel "portree asendis" (st seda pöörati ümber optilise telje 90 kraadi)? Eeldada, et säriaeg ja optilise telje suund oli kõigil juhtudel üks ja sama. Kui toodud andmete põhjal pole vastus üheselt leitav, siis andke kõik võimalikud vastused.

*Vihje.* Fotoaparaadi põhikomponendid on objektiiv (lääts) ja katik, millest esimene tekitab digitaalsensori (või filmi) tasandile pildistatavate esemete kujutise. "Puhkeasendis" ei lange see kujutis siiski sensorile, sest katik varjab läbi objektiivi tulnud valguse ära. Päästikule vajutamisel avaneb katik lühike-seks ajavahemikuks (säriajaks): objektide kujutis langeb nüüd tõesti sensorile ning sensori iga piksel mõõdab ära kogu selle aja vältel langeva valgusenergia. Harilikult kujutab katik endast kahte "kardinat", mis paiknevad vahetult sensori ees ja katavad selle. Alguses varjab sensorit esimene kardin, mille ülemine serv liigub päästikule vajutamisel konstantse kiirusega  $v$  ülevalt alla, avades sensori. Säriaja lõpetab teine kardin, mille alumine serv liigub samuti ülevalt alla, samasuguse kiirusega  $v$  nagu esimenegi. Kui säriag on hästi lühike, siis ei jõua sensor täielikult avaneda: mõlemad kardinad liiguvad koos ülevalt alla ning sensor on avatud objektiivist tulevale valgusele vaid kardinade vahelise kitsa horisontaalse riba ulatuses (kusjuures see valgusele avatud riba liigub kiirusega  $v$  ülevalt alla). (10 p.)

**7. (RÕNGAS)** Ebaühtlase massijaotusega traadist on tehtud rõngas, mis kujutab endast ringi raadiusega  $R$ . Selle rõnga massikese asub ringi keskpunktist kaugusel  $R/2$ . Rõngas asetatakse horisontaalsele võllile rippuma. Milline peab olema rõnga ja võlli vaheline hõõrdetegur  $\mu$ , et võlli aeglasel pöörlemisel rõngas võllil ei libiseks? (10 p.)

**8. (OPTILINE SÜSTEEM)** Klaasist murdumisnäitajaga  $n$  on valmistatud õhuke kaksikkumer lääts, mille mõlema pinna kõverusraadius on  $r$  (läätsse paksus  $d \ll r$ ). Lääts üks pind kaetakse peegeldava metallikihiga. Leidke kumerlääts-est ja nõguspeeglist tekkinud optilise süsteemi fookuskaugus. *Vihje.* Fookus-kauguse leidmiseks võib vaadelda optilise peatelje lähedasi kiiri, mis levivad selle suhtes väikese nurga all. Sel juhul saab rakendada väikeste nurkade valem-  
mit  $\sin \alpha \approx \tan \alpha \approx \alpha$ , kus  $\alpha$  on radiaanides. (10 p.)

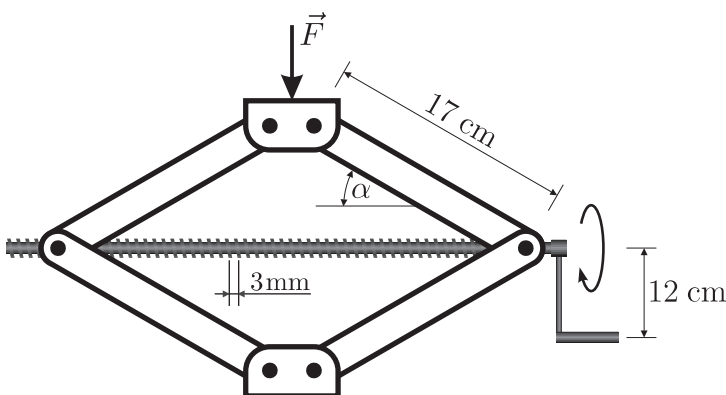
9. (NÄRVIRAKK) Närviraku membraani võib vaadelda kui õhukest kilet mah-  
 tuvusega  $C$ , mida läbivadioonkanalid, mis võimaldavad laengutel liikuda läbi  
 membraani. Närviraku elektrilise tasakaalu seisukohast on olulisteks ioonideks  
 naatrium ja kaalium. Kui naatriumioon (laenguga  $+e$ ) läbib ionikanali (sise-  
 nedes närvirakku), siis sooritavad keemilised jõud töö  $e\mathcal{E}_{\text{Na}}$ , st võib öelda, et  
 naatriumioonidele mõjub ionikanalis elektromotoorjõud  $\mathcal{E}_{\text{Na}}$ . Kaaliumioonide  
 puhul on kanali läbimise protsess täpselt samasugune, kuid efektiivne elekt-  
 romotoorjõud on sel puhul  $\mathcal{E}_{\text{K}}$  ( $\neq \mathcal{E}_{\text{Na}}$ ). Peale keemiliste jõudude töö toimivad  
 laengu liikumisel ionikanalis ka hõõrdejõud, mida saab kirjeldada elektrilise  
 takistuse abil: naatriumioonide jaoks on membraani elektriline takistus  $R_{\text{Na}}$   
 ja kaaliumioonide jaoks  $R_{\text{K}}$ . Millise laengu omandab närviraku membraan  
 elektrilise tasakaalu saabudes? (10 p.)

10. (TUNGRAUD) Joonisel on kujutatud lihtsa konstruktsiooniga tungraud,  
 mille kerme samm on 3 mm. Tungrauale surub auto jõuga  $F = 5$  kN. Vaatle-  
 me hetke, millal  $\alpha = 40^\circ$ . Tungraua mõõtmeid vaadake jooniselt.

a) Kui suure jõuga tuleb auto tõstmiseks vända käepidemele mõjuda, kui jätta  
 arvestamata hõõrdumine kõigi libisevate pindade vahel? (9 p.)

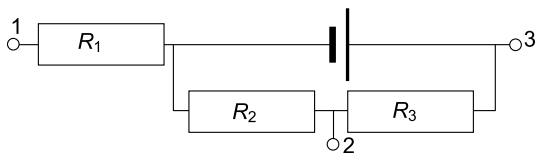
b) Kui hõõre oleks ka tegelikult tühiselt väike, siis ei püsiks tungraud üleskee-  
 ratud asendis: niipea, kui käepidemest lahti lasta, hakkaks see auto raskuse  
 mõjul pöörlema ja auto vajuks taas alla. Vastake eelmisele küsimusele eeldusel,  
 et hõõrdetegur on parajasti nii suur (st mitte suurem, kui hädapärast vaja),  
 et tungraud jääks üleskeeratud asendisse püsima. (3 p.)

(Kokku 12 p.)



E1. (SÜSTAL) Määrake süstla nõela siseläbimõõt. Vahendid: süstal (ruuma-  
 laga  $V = 10$  ml), anum veega, statiivile kinnitatud joonlaud, stopper. (12 p.)

**E2.** (*MUST KAST*) On teada, et mustas kastis paikneb juuresolev skeem. Määrake patarei elektromotoorjõu ja takistite väärtused. Vahendid: kolme väljundklemmiga must kast, multimeeter, mida tohib kasutada milliampermeetrina ja voltmeetrina. Patarei ja multimeetri võib lugeda ideaalseteks. (12 p.)



*Võib lahendada kõiki ülesandeid. Arvesse lähevad 5 suurima punktide arvu saanud teoreetilist ja 1 eksperimentaalne ülesanne. Eksperimentaalülesande lahendamisel võib kasutada üksnes loetelus toodud vahendeid. Lahendamisaeg on 5 tundi.*