

Eesti koolinoorte 67. füüsikaolümpiaad

9. juuni 2020. a. Lõppvoor.

Gümnaasiumi ülesanded (10. - 12. klass)

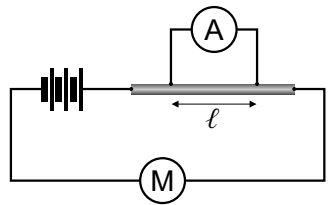
Palun kirjutage iga ülesande lahendus eraldi lehele!

1. (KLAASKERA) Taskulambiga, millest väljuva valgusvihu läbimõõt on d , valgustatakse suurt klaasist kera läbimõõduga D . Milline peaks olema klaasi murdumisnäitaja, et valgusvihk kera keskpunkti suunates koonduks klaaskera pinnal? Eeldada, et valgusvihu diameeter on tunduvalt väikesem kera läbimõõdust ($d \ll D$) ning et taskulambist väljuv valgusvihk on paralleelne. (6 p.)

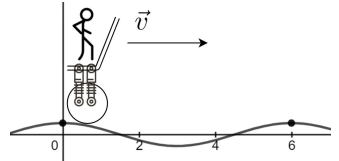
Vihje: Väikeste nurkade korral $\sin \alpha \approx \alpha$, kui α on radiaanides.

2. (KOHUKESED) Richard ostis kohukeesi, mis on ühtlase kihina poekoti põhjas. Heatujulisena teeb ta kotiga vertikaalseid ringe, aga siis hakkab kohukeste pärast muretsema. Õnneks selgub, et need ei kukkunud välja ja lõmaks ka ei läinud. Näidake, et kui Richard kotiga ei vehi (ega seda keeruta), siis võib ta panna koti põhja kaks korda paksema kihi kohukeesi, ilma et ükski kohuke lõmastuks. Kohukeesi võib käsitleda vedelikuna. Võib eeldada, et kohuke lõmastub siis, kui rõhk tema juures ületab mingi kriitilise väärtuse. Vertikaalsete ringide tegemisel on Richardi käe nurkkiirus konstantne. Eeldada, et kohukeste kihi paksus on palju väiksem kui ringi raadius. (8 p.)

3. (KÄIVITUSVOOL) Taavet otsustas ära mõõta auto käivitusvoolu tugevuse. Ta leidis ampermeetri mõõtepiirkonnaga $I_0 = 1 \text{ mA}$ ja sisetakistusega $R_0 = 100 \Omega$ ja paraja pikkusega jupi vasktoru, mille sisediameeter oli $d_1 = 6 \text{ mm}$ ja välisdiameeter $d_2 = 8 \text{ mm}$. Ta ühendas vasktoru jadamsi autoaku ja starteriga (mida võib käsitleda kui takistit) ning ampermeetri rööbiti vasktoruga nagu kujutatud kõrvaloleval skeemil. Milline tuleks valida kontaktide vaheline distant ℓ , et ampermeetri maksimaalsele näidule I_0 vastaks mõõdetava voolu suurus $I_1 = 500 \text{ A}$? Vase eritakistus on $\rho = 1,68 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$. Ühendusjuhtmete ja -kontaktide takistused võib lugeda tühiseks. (8 p.)

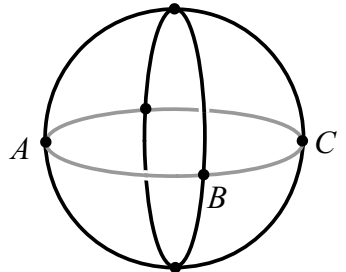


4. (TASAKAALULIIKUR) Hannes massiga $m = 75 \text{ kg}$ sõidab tasakaaluliikuriga konarlikul teel ühtlase kiirusega v . Konarliku tee profiili saab külgsuunas lähendada koosinuslainele amplituudiga $A = 60 \text{ mm}$ ja perioodiga $\Delta x = 6 \text{ m}$. Tasakaaluliikuril on amortiseerimissüsteem, mis koosneb $n = 2$ rööbiti ühendatud vedrust jäikusega $k = 900 \frac{\text{N}}{\text{m}}$. Leidke kiirus v , mille juures Hannes võngub enim ehk tekib resonants. Tasakaaluliikuri kaal on tühine. Kiirus v on kiirus, mida näitaks tasakaaluliikuril olev GPS seade, mitte ratta keerlemisel põhinev odomeeter. (8 p.)



Vihje: Kui keha kiirendus a ja kaugus tasakaalupunktist y on seotud võrdusega $a = -\omega^2 y$, kus ω on positiivne konstant, siis võngub keha perioodiga $\frac{2\pi}{\omega}$.

5. (GLOOBUS) Sandral oli igav ja ta leidis vanatädi sahtlist kolm traadijuppi. Ta ühendas need võrdsete raadiustega rõngasteks ning ehitas huvi pärast gloobuse, nii nagu joonisel näidatud. Rõngad jaotasid üksteist võrdselt neljaks ning nende lõikepunktides olid sõlmed. Traadid olid ühtlase joontakistusega ning Sandra mõõtis oommeetriga üksikute traadijuppide takistusteks $R_1 = 4 \Omega$ (joonisel hall rõngas) ja $R_2 = 8 \Omega$ (joonisel mustad rõngad). Mis oleks mõõdetav takistus

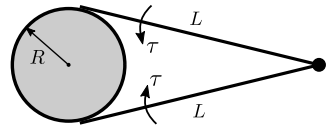


- a) klemmide A ja C vahel; (4 p.)
 b) klemmide A ja B vahel. (6 p.)
 (kokku 10 p.)

6. (PALLIVISKENÕLV) Oleg viskab jalgpalliväljaku otsajoone tagant väljakule palli. Selgub, et sealt jaksab ta visata maksimaalselt väljaku keskjooneni, mis asub kaugusel L . Ta tahab ehitada otsajoone taha sellise nõlva, mille igast punktist jaksaks ta visata maksimaalselt väljaku keskjooneni. Milline peaks olema selle nõlva kõrgusprofiil?

Võib eeldada, et maksimaalne kiirus, millega Oleg suudab palli visata, ei sõltu viskamissuunast. Õhutakistust võib ignoreerida. Vastuse võib anda kujul $y = f(x)$ või $x = g(y)$. (10 p.)

7. (PULGAD) Kaks pulka pikkusega L on otsapidi kinnitatud hõõrdevaba kinnitusega. Hõõrdevabal horisontaalsel laual on silinder raadiusega R ja massiga m . Joonisel on kujutatud silinder ja pulgad pealtvaates. Eeldame, et pulki hoitakse alati horisontaalselt nagu



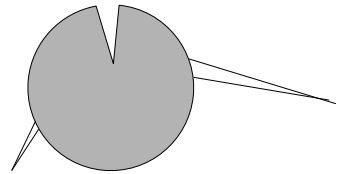
joonisel, nendega haaratakse kinni silindri keskelt, pulkade otsad on täpselt silindri puutepunktides ning pulkade mass on tühine. Samuti eeldame, et silindri massikesk on puutepunkte ühendava lõigu keskpunktis.

(a) Leidke minimaalne hõõrdetegur μ_{\min} pulkade ja silindri vahel, et silindrist pulkade abil kinni haarates see pulkade vahelt ära ei libiseks. (5 p.)

(b) Olgu hõõrdetegur pulkade ja silindri vahel $\mu > \mu_{\min}$. Leidke minimaalne vajalik jõumoment τ_{\min} , mida tuleb pulkadele avaldada, et silindrist pulkade abil kinni haarates oleks võimalik silinder laualt üles tõsta. Maa raskuskiirendus on g . (7 p.)

(kokku 12 p.)

8. (OPTILINE SEADE) Kiilukujulise sisselõikega silindri sees on kaks üksteisega paralleelset peeglit, mis on paralleelsed ka silindri teljega. Valguskiired saavad silindrisse siseneda ja sealt väljuda läbi silindri seintes olevate aukude. Silinder on seest õõnes ning selle seinad on mittepeegeldavad.

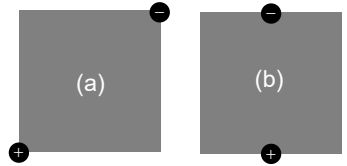


Joonisel on kujutatud silinder pealtvaates koos kahe silindrisse siseneva ning peale peegeldusi sealt väljuva kiirega. Rekonstrueerige peeglite asukohad ning kiirte käik (leidke vähemalt üks võimalik lahendus). Lahendus esitage lisalehel. (12 p.)

9. (ÕHUPALLID) Kaur otsustas vaakumkambris kahe õhupalliga eksperimenti teha. Alustuseks ühendas ta mõlemad õhupallid toruga, mille keskel asus ventiil. Hoides ventiili suletuna, lasi ta mõlemasse õhupalli sama hulga õhku. Kuna õhupallid olid tehtud erinevatest materjalidest, paisusid nad erineval määral. Esimene õhupall paisus peale pika aja möödumist raadiuseni r_1 ning teine raadiuseni r_2 , kusjuures $r_1 > r_2$. Seejärel avas ta ventiili ning lasi õhul vabalt ühest õhupallist teise liikuda. Missugused on mõlema õhupalli uued raadiused, R_1 ja R_2 , peale pika aja möödumist? Pika aja möödumisel saavad õhupallide temperatuurid võrdses välistemperatuuriga (musta keha kiirguse kaudu). Eeldada, et torus oleva õhu ruumala on tühine võrreldes õhupallide ruumalaga ning et õhupallid on ideaalsed kerad. Õhupallide kesti võib lugeda hüperelastseteks materjalideks, mis alluvad lineaarsele elastsusmudelile $\sigma = E\epsilon$, kus σ on materjali pingepindalaühiku kohta, E materjali Youngi moodul ning

$\epsilon = \Delta L/L_0$ materjali moone. Õhupallide puhul võib eeldada et deformatsioon on algest pikkusest palju suurem, s.t. $\Delta L \gg L_0$. Lisaks eeldada, et paisumise käigus jääb õhupallide kesta ruumala samaks ning et kesta paksus on õhupalli lineaarmõõtmega võrreldes tühine. (12 p.)

10. (RUUT) Ühtlase takistusega ruudust plaadi vastastippude vaheliseks takistuseks mõõdetakse R , vt joonis (a). Milline tulemus saadakse sama ruudu vastaskülgede keskpunktide vahelise takistuse mõõtmisel, vt joonis (b)? Mõlemal juhul kasutatakse oommeetri ühendamiseks samu kettakujulisi tühise takistusega elektroode, mis surutakse vastu plaati nii nagu näidatud joonisel. (14 p.)



E1. (MASSIDE SUHE) Leidke koormiste masside suhe. Keelatud on kasutada mistahes teostuses kangkaalu põhimõtet.

Katsevahendid: niit, 2 koormist (polt ja kaarjas metallist viht), millimeeterpaber, 2 iminapaga näpitsat (laua peale, alla või serva külge kinnitamiseks), žiletiteraga sõrmus niidi lõikamiseks. (14 p.)

E2. (MUST KAST) Must kast sisaldab nelja takistit, mis on ühendatud teadmatul viisil nelja väljundjuhtme vahele. Juhtmete otsi saab ühendada oommeetri külge ja vajaduse korral ka lühistada omavahel.

(a) Määrake kindlaks musta kasti sees olev elektriskeem (joonista see skeem, tähista skeemil juhtmete värvid ja põhjenda mõõtmistulemustega). (7 p.)

(b) Leidke kõigi takistite väärtused. (7 p.)

Katsevahendid: must kast, millel on neli väljundjuhet (valge, roheline, sinine ja punane), oommeeter. (kokku 14 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. Mõõtemääramatuse hindamist ei nõuta.

Lahendamisaeg on 5 tundi.

Füüsikaolümpiaadi ülesanded ja lahendused asuvad veebis aadressidel

<http://www.teaduskool.ut.ee/olumpiaadid/fuusikaolumpiaad>

<http://efo.fyysika.ee>

Liituge meie Facebooki lehega www.facebook.com/fyysikaolympiaad

8. (OPTILINE SEADE - LISALEHT)

