

Eesti koolinoorte 68. füüsikaolümpiaad

6. veebruar 2021. a.

Gümnaasiumi ülesanded (10.-12. klass)

Lahendamisaeg on 5 tundi.

Iga osavõtja võib lahendada kõiki pakutud ülesandeid.

Arvesse lähevad 5 suurima punktide arvu saanud teoreetilist ja 1 eksperimentaalne ülesanne.

Kasutada võib kirjutus- ja joonestusvahendeid ning kalkulaatorit. Muud abivahendid on keelatud.

Eksperimentaalülesande lahendamisel võib kasutada üksnes loetelus toodud vahendeid.

Mõõtemääramatuse hindamist ei nõuta.

1. (KUUL SFÄÄRIS) Kausis, mille sisekülje pinnaks on poolsfäär raadiusega $R = 50$ cm, veereb ühtlase kiirusega mööda horisontaaltasapinnalist ringjoont kuulike. Kuuli tiirlemistasandi kõrgus kausi põhjast on $h = 10$ cm. Leidke kuuli tiirlemisperiood. Eeldage, et kuuli läbimõõt on kausi raadiusega võrreldes tühine ning hõõrdetegur kuuli ning kausi vahel on samuti tühiselt väike. Gravitatsioonikiirendus on $g = 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$. (8 p.)

2. (KLAASPUDEL) Klaaspudel ruumalaga $V_0 = 1$ L on osaliselt täidetud veega, mis on temperatuuril $T_0 = 20$ °C. Algul on pudelis olev rõhk võrdne välise rõhuga, mis on $p_0 = 100$ kPa. Pudel suletakse ja pannakse sügavkülma nii, et seal olev vesi hakkab jäätuma. Pudel kannatab maksimaalset ülerõhku $\Delta p = 300$ kPa. Leidke maksimaalne kogus vett V_v , mis võis alguses pudelis olla, et pudel ei läheks vee jäätmisel katki. Vee tihedus lugeda kõikidel temperatuuridel võrdseks $\rho_v = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ ja jää tihedus on $\rho_j = 920 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$. Eeldage, et pudelis olev õhk ja vesi on soojuslikus tasakaalus terve protsessi vältel ja et juurde tekkiv jää saab vabalt liikuda pudeli õhuga täidetud osasse.

Vihje. Pudelis olevat õhku võib käsitleda kui ideaalset gaasi, mille rõhk p , ruumala V ja absoluutne temperatuur T (mida SI süsteemis mõõdetakse kelvinites) rahuldavad seost $\frac{pV}{T} = \text{const.}$ (8 p.)

3. (JOOGID) Kauril on 3 anumad, igas neist on võrdselt 1 kg vett. Anumates oleva vee temperatuurid on vastavalt 10 °C, 20 °C ja 30 °C. Kas Kauril on võimalik vaid antud vedelikke segades

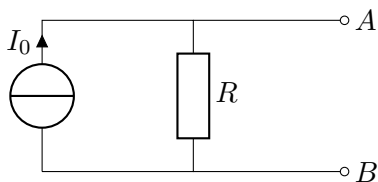
(a) teha 2 jooki, kumbki massiga 1,5 kg ja temperatuuridega vastavalt 13 °C ja 27 °C; (4 p.)

(b) teha 5 jooki, igaüks massiga 0,5 kg ja temperatuuridega vastavalt 12 °C, 17 °C, 18 °C, 20 °C ja 22 °C? (4 p.)

Eeldage mõlema puhul, et soojusvahetust keskkonnaga ei toimu. (kokku 8 p.)

4. (*BATÜSKAAF*) Monika sõidab keset ookeanit batüskaafi ehk süvaveeliikuriga. Ühel hetkel ütlesid üles batüskaafi mootorid, millega veepaakidest vett välja pumbata. See vajuks $h = 10$ km sügavusele ookeani põhja ja jäi sinna lebama. Selleks, et batüskaaf pinna poole tõusma hakkaks, on selle paakidest vaja ookeanisse välja pumbata $V = 1$ L vett, mille tulemusena jääb paakidesse vaakum. Monikal on võimalik kasutada $d = 1$ cm läbimõõduga silindrilist pumpa ja erinevaid lihtmehhanisme selle pumpaga töötamiseks. Kui kaua kulub Monikal vee välja pumpamiseks aega, kui ta suudab rakendada jõudu $F = 500$ N ja teha tööd keskmise võimsusega $P = 100$ W. Ookeani tihedus on $\rho = 1030 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ ning gravitatsioonikiirendus $g = 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$. Õhurõhku võib ignoreerida. (8 p.)

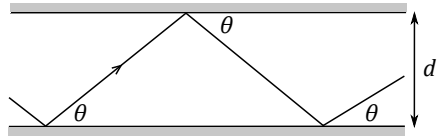
5. (*VOOLUALLIKAS*) Elektriskeem koosneb vooluallikast, mis annab välja konstantset voolu I_0 ja sellega rööpselt ühendatud sisetakistusest R . Leidke maksimaalne võimsus, mis saab klemmide A ja B vahele ühendatud tarbijal eralduda. (8 p.)



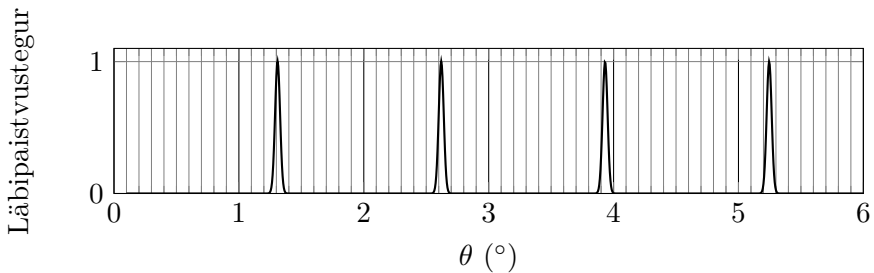
6. (*JALGRATTUR*) Samal ajal, kui jalgrattur sõidab mööda kindlat teelõiku, alustab auto juhuslikul ajahetkel juhuslikust kohast sellel teelõigul sõitu. Auto sõidab jalgratturiga samas suunas, kuid kaks korda kiiremini, ning mõlemad sõidavad teelõigu lõpuni. Mis on tõenäosus, et auto sõidab jalgratturist mööda? (10 p.)

7. (*RIPPUV LAENG*) Punktlaeng q_1 ripub lakke kinnitatud nööri otsas, mille pikkus on L . Teine samamärgiline punktlaeng q_2 on nööriest sõltumatult fikseeritud täpselt nööri kinnituskoha alla kaugusele $2h$ laest. Leidke milline peab olema esimese punktlaengu mass, et selle kaugus laest oleks h . (10 p.)

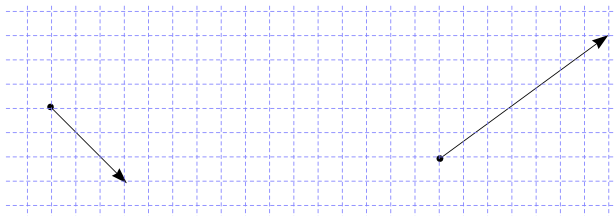
8. (LAINJUHT) Optilise telekommunikatsiooni arengu algusaegadel pakuti üheks lahenduseks signaali edastamiseks lainejuhti, kus valgus levib edasi ruudukujulise ristlõikega õõnsuses, mille sisemine pind on kaetud peegeldava pinnaga. Sellises lainejuhis levib valgus ainult diskreetsete nurkade θ korral (vt joonis), mille jaoks saab lihtsustatult kirjutada seose $\sin \theta = \frac{\lambda N}{2d}$, kus λ on valguse lainepikkus, d on lainejuhi läbimõõt ning $N = 1, 2, \dots$ on positiivne täisarv.



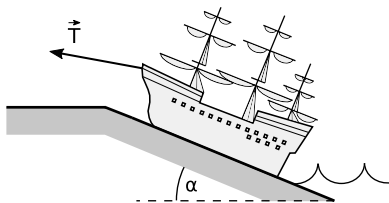
Alloleval graafikul on toodud ühe taolise lainejuhi läbipaistvuse sõltuvust nurgast θ , kui seda läbib valgus lainepikkusega $1,55 \mu\text{m}$. Leidke, kui kaugele on võimalik selle lainejuhiga optilist signaali saata nii, et selle intensiivsus ei väheneks rohkem kui 10 korda, kui lainejuhi sisemust katva peegeldava pinna peegeldustegur on $R = 99.8\%$ (st peegeldub 99.8% valgusest). (10 p.)



9. (KIIRUSE KUJUTIS) Joonisel on kujutatud punktvalgusallikas punktina ja selle valgusallika kiirusvektor mingil ajahetkel ning selle valgusallika kujutise õhukeses läätses teise punktina ja valgusallika kujutise kiirusvektor sellel samal ajahetkel. Konstrueerige õhukese läätses asukoht (tasand ja keskpunkt) lisalehel. Printimisvõimaluse puudumisel kopeerige joonis eraldi ruudulisele paberile. (12 p.)



10. (LAEVA VETTELASKMINE) Laeva lastakse aeglaselt mööda kaldpinda vette. Selleks, et laev liiga kiiresti ei libiseks, hoitakse seda paigal laeva ninasse kinnitatud tugeva köie abil (vt joonist). Laeva mass on m , kaldpinna kaldenurk horisondi suhtes on α ning hõõrdetegur laeva ja kaldpinna vahel on μ . Leidke laeva paigalhoidmiseks vajalik minimaalne tõmbejõud $T_{min} = |\vec{T}_{min}|$ köies. Eeldage, et laev veel vett ei puuduta. (12 p.)



E1. (PABER) Leidke hõõrdetegur kahe paberilehe vahel. Laua liigutamine ei ole lubatud.

Vahendid: kolm A4 paberilehte, joonlaud. (10 p.)

E2. (SPAGETIKÕRS) Spagetikõrrega lükates ei ole võimalik avaldada piiramatult suurt jõudu: isegi, kui kõrs oleks absoluutselt sirge ja lükata täpselt piki kõrt, siis teatud jõust alates muutub kõrs ebastabiilseks ja paindub. Eeldades, et maksimaalne avaldatav jõud sõltub fikseeritud kõrre jämeduse juures kõrre pikkusest L vastavalt valemile $F_m = AL^\alpha$ (kus A ja α on konstandid), määrake eksperimentaalselt astmenäitaja α väärtus.

Vahendid: joonlaud, liitrine anum veega, veeklaas vee valamiseks, mille seinale on tehtud mäрге umbes 150 mL veehulgale vastavale nivookõrgusele, tühi liitrine õhukesest kartongist piima või mahalapakk, mille ülemine tahk on ära lõigatud (massi vähendamiseks ja vee sissevalamise hõlbustamiseks), mõned peenikeste spagettide kõrred (Nr 5 või Nr 7), majapidamispaper kuivatamiseks. (12 p.)

Füüsikaolümpiaadi ülesanded ja lahendused asuvad veebis aadressidel:

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

<http://efo.fyysika.ee>

Lülituge meie Facebooki lehega:

<https://www.facebook.com/fyysikaolympiaad>

9. (KIIRUSE KUJUTIS - LISALEHT)

