

# Eesti koolinoorte 31. füüsika lahtine võistlus

21. november 2020. a.

Vanema rühma ülesanded (11. - 12. klass)

Lahendamisaeg on 5 tundi.

Iga osavõtja võib lahendada kõiki pakutud ülesandeid.

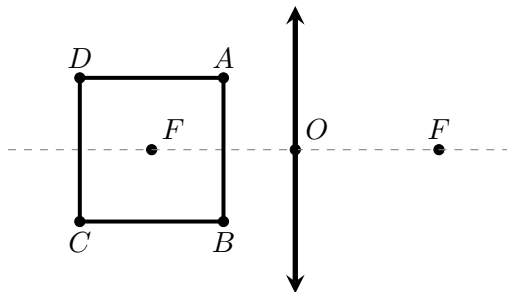
Arvesse lähevad 6 suurima punktide arvu saanud lahendust.

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

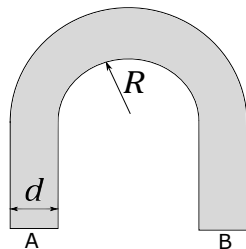
**Palun kirjutada iga ülesande lahendus eraldi lehele ning skaneerida eraldi failidesse.**

**1. (PUDEL)** Jäigast materjalist pudel (nt klaaspudel) on täidetud osaliselt veega. Rael pani tähele, et väikse pudelikaelaga on pudelist raske kogu vedelikku ära juua. Leidke, mis on maksimaalne vedeliku ruumala, mida on võimalik ära juua ilma pudelisse õhku juurde puhumata. Pudeli ruumala on  $V$  ja Rael suudab pudelisse tekitada alarõhu  $\Delta P = 0,25p_0$  võrreldes atmosfäärirõhuga, kus  $p_0$  on atmosfäärirõhk. Eeldada, et Rael joob vett piisavalt aeglaselt, et pudelisis olev õhk on soojuslikus tasakaalus välisõhuga. (6 p.)

**2. (RUUT FOOKUSES)** Konstrueerige ruudu  $ABCD$  tippude ja külgede kujutised kumerläätses, kui on teada, et ruudu keskpunkt  $F$  on fookuses ja lääts fookuskaugus on võrdne ruudu küljepikkusega ( $|AB| = |OF|$ , kus  $O$  on lääts optiline keskpunkt). (8 p.)



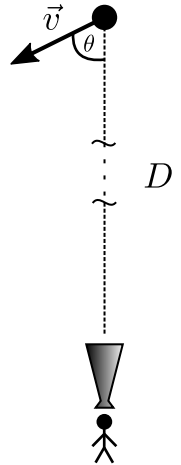
**3. (U-KLAAS)** U-kujulise klaastüki (vt joonist) ristlõige on ristkülik. Tahule A langeb selle pinnaga risti paralleelne valgusvihk. Millist tingimust peaks rahuldama sisemise külje kõverusraadius  $R$ , et kogu pealelangev valgus väljuks tahust B? Struktuuri laius  $d = 3$  cm, klaasi murdumisnäitaja  $n = 1,5$  ning tahud A ja B on kaetud peegeldumisvastase kilega. (8 p.)



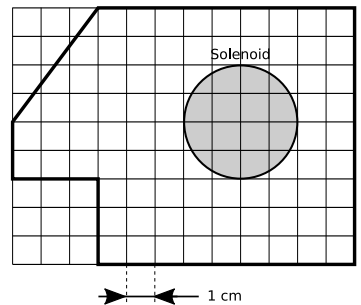
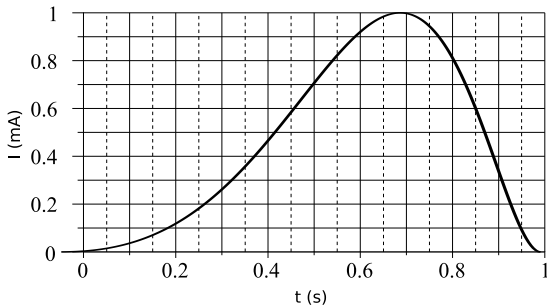
4. (NOOVA) Hobiaastronoom Jarl vaatleb teleskoobiga noova-plahvatust ja mõõdab ühe plahvatuse ainejäänuki kiirust. On teada, et ainejäänuki tegelik kiirus on  $v$  ja nurk kiirusvektori ja vaatesihi vahel on  $\theta$ .

Jarl teab varasemate mõõtmiste põhjal, et noova kaugus on  $D$ , kuid ta ei tea nurka  $\theta$ . Seetõttu eeldab Jarl, et ainejäänuk liigub vaatesihiga risti ning arvutab kauguse ja jäänuki nurga muutumise abil jäänuki näiva kiiruse  $v'$ .

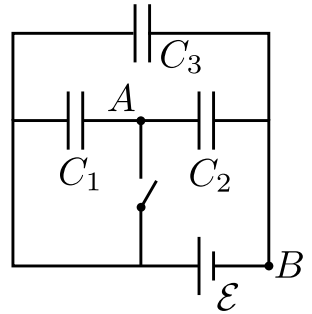
Leia Jarli poolt mõõdetav näiv kiirus  $v'$ , eeldusel et noova on väga kaugel ( $vt \ll D$ , kus  $t$  on vaatluse aeg) ning et kosmoloogiline paisumine on tühine. Valguse kiirus on  $c$ . Kas on võimalik, et ainejäänuki näiv kiirus  $v'$  on mingi  $v$  ja  $\theta$  väärtuse korral valguse kiirusest suurem, isegi kui  $v < c$ ? (10 p.)



5. (SOLENOID JA KONTOUR) Pikka solenoidi läbib muutuva tugevusega vool, mille ajaline sõltuvus on näidatud vasakpoolsel joonisel. Solenoidis on 1 cm kohta viis keerdu ning solenoidi teljega ristuv tasandis paikneb parempoolsel joonisel toodud juhtiv kontuur eritakistusega  $\rho = 1,7 \cdot 10^{-8} \Omega \text{ m}$  ja juhtme ristlõikepindalaga  $S_0 = 2,5 \text{ mm}^2$ . Leidke voolutugevuse maksimaalne väärtus kontuuris. Vaakumi magnetiline läbitavus on  $\mu_0 = 1,26 \cdot 10^{-6} \text{ H/m}$ . (10 p.)



6. (KONDENSAATORID) Pingeallikas pingega  $\mathcal{E}$  on ühendatud kolme kondensaatoriga mahtuvustega  $C_1$ ,  $C_2$  ja  $C_3$ . Alguses hoitakse lüliti pikalt kin-nises olekus. Mitu korda muutub punktide  $A$  ja  $B$  vaheline pinge peale lüliti avamist ja pika aja möö-dumist? (10 p.)



7. (POOLSILINDER BASSEINIS)

Basseinis laiusega  $l$  takistab vedeliku ühelt poolt tei-sele poole voolamist poolsilinder massiga  $m$  ja raadiusega  $r$  (ja seega pikku-sega  $l$ ), kusjuures telg, piki mida silinder on poolitatud, on vastu basseini põhja. Hõõrdetegur poolsilindri ja basseini põhja vahel on  $\mu$ , vedeliku tihe-dus basseinis  $\rho$ , ja raskuskiirendus on  $g$ . Basseini üks pool on täidetud veega poolsilindri ülemise ääreni, kõrguseni  $r$ . Küsimusele vastates eeldage, et hõõr-dumine poolsilindri külgmiste poolringide ja seina vahel on tühiselt väike. Mis peaks olema hõõrdeteguri  $\mu$  vähim väärtus  $\mu_0$ , et poolsilindri vabastades ei hakkaks see liikuma? (10 p.)

8. (TERMOKAAMERA) Termokaamera arvutab kehade temperatuure keha-delt saabuva soojuskiirguse intensiivsuse põhjal kasutades koguintensiivsust lainepikkuste vahemikus 7-st kuni 14 mikromeetrit. Antud ülesandes luge-gem lihtsustatult, et arvutamiseks kasutatakse koguintensiivsust üle kõigi lainepikkuste (nullist lõpmatuseni).

Vaskplaadi neeldumistegur on  $\varepsilon = 0,03$ , st 3% kogu pealelangebvast soojus-kiirgusest neeldub ja ülejäänud osa peegeldub. Kui väike vaskplaat asub toas, mis on termodünaamilises tasakaalus (st kõikide kehade temperatuurid on võrdsed toatemperatuuriga  $T_0 = 20^\circ\text{C}$ ), siis näitab termokaamera õigesti, et vaskplaadi temperatuur on  $T_0 = 20^\circ\text{C}$ . Kui aga vaskplaati kuumutada teatud temperatuurini  $T_1$ , siis samas toas (endisel temperatuuril) termokaameraga mõõtes saame vaskplaadi temperatuuriks  $T_2 = 22^\circ\text{C}$ . Mis on vaskplaadi te-gelik temperatuur  $T_1$ ?

*Vihje.* Termodünaamilises tasakaalus oleva keha poolt kiiratud soojuskiirguse koguintensiivsus üle kõigi lainepikkuste on võrdeline neelduvusteguri ja keha absoluutse temperatuuri neljanda astmega (Stefan-Boltzmanni seadus). Ab-soluutse temperatuuri ja Celsiuse skaala vahe on  $273,15\text{K}$ . Termokaamera näit mingi kiirguse korral on võrdne sama palju kiirgava absoluutselt musta keha ( $\varepsilon = 1$ ) temperatuuriga. (12 p.)

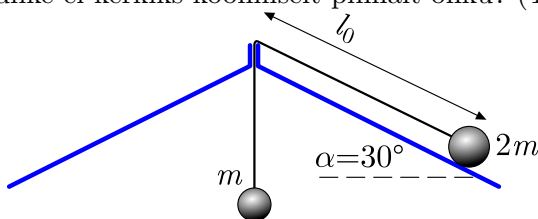
**9. (SUVI)** Ühel heal päeval kauges tulevikus, kui Maa orbiidi kuju on muutunud, on ta Päikesele kõige lähemal suvisel pööripäeval. Sellel suvisel pööripäeval paistab Päike 30% heledamana kui sama aasta talvisel pööripäeval, s.t. päikesekiirtega risti olevale päikesepaneelile langeb 30% võrra suurem kiirgusvõimsus. Mitme päeva võrra erinevad selle aasta talve ja suve pikkus ning kumb on pikem? Lugeda, et suvi ja talv algavad vastavalt suvisel ja talvisel pööripäeval, s.t. hetkel, mil nurk Maad ja Päikest ühendava sirglõigu ning Maa keskpunkti ja põhjapoolust ühendava sirglõigu vahel on vastavalt minimaalne või maksimaalne. Suvi ja talv lõpevad hetkel, mil Päikest ja Maad ühendav sirge on risti Maa pöörlemisteljega. Eeldada, et aasta jooksul Maa pöörlemistelje suund ei muutu. Maa tiirlemisperiood on  $T = 365,26$  päeva. Atmosfääri efektidega mitte arvestada.

*Vihje.* Kepleri 1. seaduse järgi on planeedi orbiit alati ellips (mida võib käsitleda kui väljavenitatud ringi), kusjuures Päike asub mingis punktis selle pikemal sümmeetriateljel. Kepleri 2. seaduse järgi katab planeeti ja Päikest ühendav sirglõik võrdsetes ajavahemikes võrdsed pindalad. (12 p.)

**10. (KOONUS)** Vabalt painduva venimatu niidi otstes on kuulid massidega  $m$  ja  $2m$ , vt joonist. Kuul massiga  $2m$  lebab koonilisel pinnal, mis moodustab horisondiga nurga  $\alpha = 30^\circ$ , raskuskiirendus  $g$  on vertikaalselt alla suunatud. Alghetkel on niit pingul ja koonusel lebava kuuli kiirusvektor mooduliga  $v_0$  lebab koonuse pinna tasandis moodustades nurga  $\beta$  niidiga (st kuuli ja koonuse tippu ühendava sihiga). Teine kuul liigub vertikaalselt niidi pinge ja raskusjõu koosmõjul, algkiirusega  $v_0 \cos \beta$ . Kõiki hõõrdejõude võib ignoreerida.

(a) Kui pika aja pärast jõuab teine kuul oma teekonna madalaimasse punkti eeldusel, et esimene kuul püsib koonilisel pinnal?

(b) Milline võrratus peab olema rahuldatud, et eelmises punktis tehtud eeldus kehtiks, st et kuulike ei kerkiks kooniliselt pinnalt õhku? (14 p.)



Füüsika lahtise võistluse ülesanded ja lahendused asuvad veebis aadressidel:

<https://www.teaduskool.ut.ee/et/ainevoistlused/fuusika-lahtine>

<http://efo.fyysika.ee>

Lüütuage meie Facebooki lehega:

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