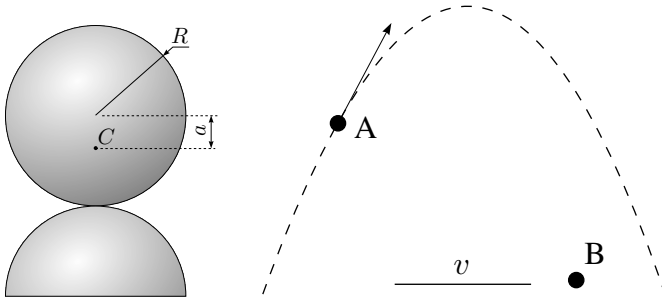


Eesti koolinoorte 49. täppisteaduste olümpiaad

Füüsika lõppvoor. 7. aprill 2002. a. Keskkooli ülesanded

1. Ebäühtlase massijaotusega kera asetatakse poolkerale, kus ta saab veereda, kuid mitte libiseda. Millisele kaugusele a kera keskpunkti peab olema nihutatud kera massikesse C , et kera alla ei veereks (vt. joon.)? Nii kera kui poolkera raadius on R . Kasulikuks võib osutada teadmine, et väikeste nurkade ϕ korral $\cos \phi \approx 1 - \phi^2/2$. (8 p.)



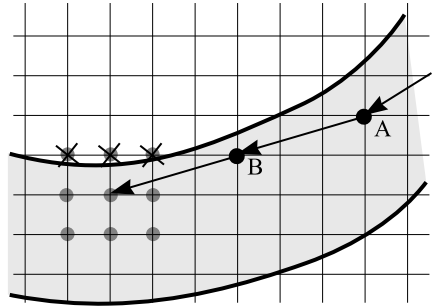
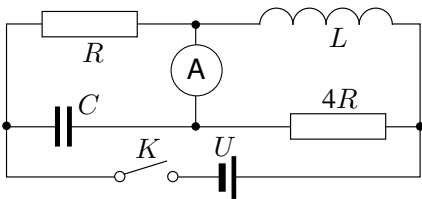
2. Joonisel tähistab punkt A üles visatud kivi asukohta ajahetkel $t = 0$, noolega on antud selle kivi kiirusvektor. Seda kivi tahetakse tabada teise kiviga, mis visatakse välja hetkel $t = 0$ punktist B . Selleks antakse talle kiirus, mille moodul v on joonisel antud horisontaallõiguna. Näidake, kuidas konstrueerida tabamiseks vajalik kiirusvektor kasutades sirklit ja joonlauda! (8 p.)

3. Halogeenpirn võimsusega $P = 1000 \text{ W}$ valgustab $a = 1 \text{ m}$ kaugusel asuvat pinda $k = 50$ korda nõrgemini, kui pinnale risti langev päikesevalgus (so. ajaühikus pindalaühiku kohta tuleva valguse energia on $k = 50$ korda väiksem). Päikesepais-telisel päeval on 1000 W -se halogeenlambiga vilgutades võimalik anda märku kuni $L = 1 \text{ km}$ kaugusel asuvale sõbrale (kui sõber teab tähelepanelikult vaadata). Kui kaugele on võimalik märku anda kasutades $S = 1 \text{ cm}^2$ suurust peeglitükki (peegeldades sellega päikesevalgust)? Eeldada, et nähtavus on hea (valguse hajumisega õhus pole vaja arvestada) ning varjavaid objekte pole (näiteks sõber on merel, teie aga kõrgel merekaldal). Päikese nurkdiaameeter on $\alpha = 0,5^\circ$. (9 p.)

4. Jaan elab Juku naabermajas ja tahab, et ta saaks vastavalt vajadusele saata Jukule nelja tüüpi signaale. Neil on kaks lambipirni, mis viiakse Juku tuppa ja nelja positsiooniga lüliti, mis jääb Jaani juurde. Lüliti ühendab alumise klemmi antud positsioonile vastava ülemise klemmiga. Nad tahavad, et vastavalt lüliti asendile (1) — ei põle kumbki pirn; (2) — põleb esimene; (3) — põleb teine; (4) — põlevad mõlemad. Elektrit saavad nad mõlemad ühisest alajaamast. Peale eelpoolmainitu on

neil veel üks ühe soonega juhe, mis ulatub ühest majast teiseni, neli diodi ja pihutäis lühikesi juhtmejupe. Majades ei ole lekkevoolukaitset.¹ Joonistage skeem, kuidas tuleks need komponendid ühendada. Kas lambid põlevad nominaalhedusega? (9 p.)

5. Juuresoleval skeemil on kondensaatori laeng null ja lüliti K lahti. Pooli takistus alalisvoolule on null. Lüliti suletakse. (a) Millist voolutugevust näitab ampermeeter vahetult peale lüliti sulgemist? Edasi oodatakse, kuni süsteemis kujunevad tasakaalulised voolud. (b) Mida näitab ampermeeter nüüd? Lüliti tehakse taas lahti. (c) Mida näitab ampermeeter vahetult peale lüliti avamist? (9 p.)



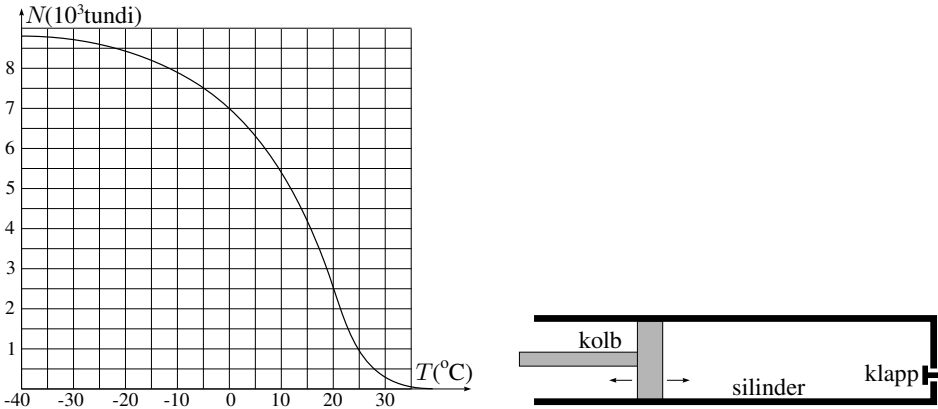
6. Nn. autode võidusõitu mängitakse kahe või enama mängijaga ruudulisel paberil nii, nagu illustreeritud joonisel. Igal mängijal on oma “auto”, milleks on punkt joonte lõikepunktis. “Autot” nihutatakse edasi (märkides paberile uue asukohapunkti) korrdamööda. Joonisel tähistavad A ja B ühe auto järjestikuseid asukohti. Igal järgmisel käigul tehtud nihe tohib erineda eelmisest nihkest nii horisontaal- kui vertikaalsihis maksimaalselt ühe ruudu külje võrra. Joonisel oleks auto uue asukohana lubatud üheksa halli ringi, kuid kolm neist jäävad raja piiridest välja (see joonistatakse enne mängu algust) ning pole seepärast lubatud (joonisel ristiga maha tõmmatud).² Lugegem, et reaalsel võidusõidul on hõõrdetegur $\mu = 0,6$ ja ajavahemik $\tau = 1$ s vastab mängu ühele käigule. Kui kiirele autosõidule vastab käik punktist A punkti B (vt. joon.)? (10 p.)

7. Arhiivihoidlas peab alati olema konstantne temperatuur $15^\circ C$. Kui palju tuleb aastas maksta selle temperatuuri hoidmiseks? Soojuskaod ajaühikus läbi seinte on

¹Lekkevoolukaitse lülitab pinge maha niipea, kui voolutugevuste erinevus juhtmetes on suurem, kui (näiteks) 20 mA. See aitab vältida eluohtlikke elektrilööke: kui ühte juhet pidi tulev vool ei lähe enam teist juhet pidi tagasi, vaid pinge alla sattunud inimest mööda maha, siis tekib kahes juhtmes voolude erinevus ning kaitse katkestab ahela.

²Täiendavaid reegleid ja soovitusi neile, kes tahavad mängida. Ruuduline paber võiks olla vähemalt A4-suurune. Rada tehakse loogeline, kuid sirgeid lõike võiks ka olla. Autod stardivad paigalseisust stardijoonelt; stardijoon on ka finišijooneks. Kui enne kurvi on auto kiirus nii suur, et kõik käiguvariandid viivad raja piirest välja, siis tuleb üks neist käikudest siiski teha, aga järgmine käik jäetakse vahele ning jätkata tuleb paigalseisust, kusjuures väljaspool rada ei tohi kiiremini sõita kui üks ruudu külj korraga.

antud valemiga $P = C\Delta T$, kus $C = 800 \text{ W/K}$ ja ΔT on sise- ja välistemperatuuri vahe. Temperatuuri hoidmiseks kasutatakse soojuspumpa/konditsioneer; ruumi jahutamisel on selle efektiivsus $\eta_j = 10$ (jahutusvõimsuse ja elektrienergia kulu suhe), soojendamisel aga $\eta_s = 6$ (ruumi soojendamise võimsuse ja elektrienergia kulu suhe). Juuresolev $N - T$ -graafik näitab, mitu tundi N aastas on õhutemperatuur kõrgem, kui T . Elektrienergia tariifiks võtta 92 senti $\text{kW}\cdot\text{h}$ kohta. (11 p.)



8. Kaksiktähe komponentide massid on M_1 ja M_2 . Nende algväärtused on $M_{10} = 1,5M_\odot$ ja $M_{20} = 3M_\odot$ (M_\odot tähistab Päikese massi) ning süsteem pöörleb ühise massikeskme ümber ringorbiidil perioodiga $T_0 = 10$ a. Esimeselt tähelt voolab ainet pidevalt teisele tähele kiirusega $\mu = 10^{-7}M_\odot/\text{a}$. (a) Tõestada, et protsessi käigus $M_1M_2va = \text{const}$, kus v on tähtede suhteline kiirus ning a — nendevaheline kaugus. (b) Tõestada, et $v^2a = \text{const}$. (c) Millise kiirusega muutub tähtede tiirlemisperiood? Märkus: Isoleeritud süsteemi impulsimoment on jääv, s.t. $M_1v_1a_1 + M_2v_2a_2 = \text{const}$, kus a_1, a_2 on komponentide kaugused massikeskmest ja v_1, v_2 nende kiirused. (12 p.)

9. Auto bensiinimootori põhiosadeks on silinder, selle sees liikuv kolb ja klapp gaaside sisse-välja laskmiseks. Mootori töösüklil koosneb neljast taktist: 1. *Sisselase:* kolb liigub äärmisest parempoolsest asendist vasakule; silindri sisemus täitub läbi avatud klapi tuleva värsket õhuga. 2. *Surve:* klapp suletakse, kolb liigub tagasi paremale surudes õhu adiabaatilisele kokku. 3. *Töö:* silindrisse pihustatakse kütust ja see süüdatakse. Võite lugeda, et kütus põleb hetkeliselt ära. Gaas surub adiabaatilisele paisudes kolvi äärmiselt vasakpoolsele asendisse. 4. *Väljalase:* klapp avatakse, kolb liigub paremale ja surub silindri gaasidest tühjaks. Järgneb uus sisselase jne.

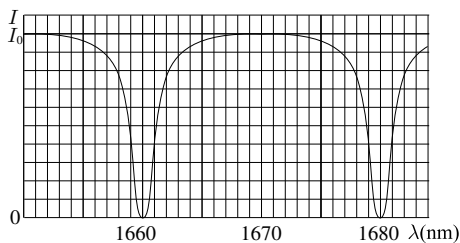
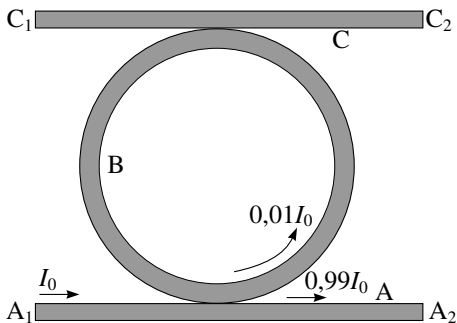
(a) Joonistage kogu tsükkel $p - V$ teljestikus, selgitage graafiku osasid. (6 p.)

(b) Leidke kasutegur η . (6 p.)

Lisaandmeid: Adiabaatilise protsessi korral $TV^{\gamma-1} = \text{const}$. Silindris oleva gaasise-

gu puhul on adiabaadikonstant $\gamma = 1,4$. Silindri suurima ja vähima ruumala suhet $k = V_s/V_v$ nimetatakse surveastmeks; lugeda, et $k = 10$. Hõõrdumist gaasi voolamisel ja kolvi liikumisel mitte arvestada. Lugeda, et gaasi kogus (so. molekulide arv), erisoojus ja adiabaadikonstant kütuse sissepritsimise ning põlemise tulemusel ei muutu. Gaasisegusid vaadelda kui ideaalseid gaase, mille ühe mooli siseenergia on $U = c_V T$, kus c_V on tema erisoojus konstantse ruumala puhul.

10. Fiiberoptikas kasutatakse seadet, mida nimetatakse ringikujuliseks resonaatoriks. Selle skeem on toodud joonisel. Fiiber (so. valguskiud) A ja ringikujuline fiiber B on hästi nõrgas kontaktis, nii et kui fiibris B valguslaine puuduks, siis fiibrit A mööda leviv valguslaine jagunekse kontaktpiirkonnas fiibrites A ja B levivateks laineteks, mille intensiivsuste suhe on $\alpha = 100$. Fiibrite B ja C vahel on täpselt samasugune nõrk kontakt. Kui muuta fiibrisse A siseneva konstantse intensiivsusega I_0 valguse lainepikkust, siis fiibri A väljundisse A_2 jõudva valguse intensiivsus I muutub nii, nagu näidatud graafikul. (a) Visandage fiibri C otspunktidesse C_1 ja C_2 jõudva valguse intensiivsus funktsioonina lainepikkusest. (b) Milline on valguse intensiivsus fiibris B lainepikkuse $\lambda_0 = 1660$ nm juures, kui sisendis A_1 on intensiivsus I_0 ? (c) Lainepikkusele vaakumis $\lambda_0 = 1660$ nm vastab lainepikkus fiibris $\lambda'_0 = 1000$ nm. Kui pikk on fiiber B ? (16 p.)



E1. Hinnata läätse optilist tugevust. Põhjenduseks esitada ka joonis ning katse kirjeldus. Vahendid: nõgusläätis, joonlaud, ruuduline paber. (12 p.)

E2. Määrata pliatsi teritatud otsa ja klaasplaadi vaheline hõõrdetegur. Vahendid: statiiv, joonlaud, pliats niidiga, klaasplaat, lapp klaasplaadi puhastamiseks. Märkus: pliatsi võib lugeda ühtlase massijaotusega pulgaks. (14 p.)

Võib lahendada kõiki pakutud 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.