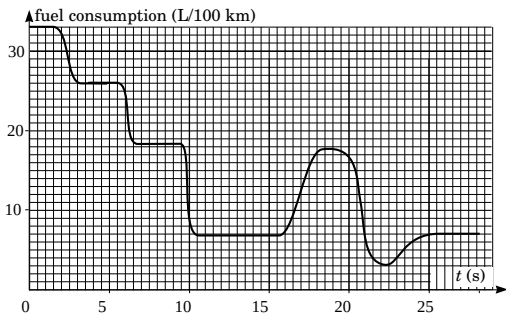


Eesti-Soome olümpiaad 2016

1. KÜTUSEKULU (5 points)— *Jaan Kalda*. Juuresoleval joonisel (suuremalt lisalehel) on toodud auto kütusekulu sõltuvuses ajast. On teada, et auto startis horisontaalsel teelõigul algkiirendusega $a_0 = 5 \text{ m/s}^2$. Ajahetkel $t_1 = 11 \text{ s}$ oli tee horisontaalne ning juht lülitas kiirusel $v_0 = 90 \text{ km/h}$ sisse püsikiirushoidja, sellele järgnes mäkketõus. Kui kõrge oli kõige kõrgem punkt teel üle selle künka? Eeldada, et auto kasutegur oli kogu aeg konstantne. Märkus: ajavahemikul 2 kuni 10 sekundini võis teel olla tõuse ja/või langusi.



2. KLAASPLAAT (10 points) — *Rasmus Kisel, Mihkel Heidelberg*. Laserkiirgus lainepikkusega λ ja võimsusega P langeb risti õhukesele klaasplaadile paksusega $a = (100,25\lambda)/n$, kus n on klaasi murdumisnäitaja. Klaasi pinna peegeldumistegur on r , see on ühtlasi tõenäosus, et foton peegeldub tagasi üksikult klaasi pinnalt.

i) (2 points) Leidke jõud F_a , mida avaldab laserkiirgus klaasplaadile juhul, kui klaasi see pool, millele langeb kiirgus, on värvitud absoluutselt mustaks.

ii) (3 points) Leidke jõud F_b , mida avaldab laserkiirgus klaasplaadile juhul, kui klaasi vastaspool on värvitud absoluutselt mustaks.

iii) (5 points) Leidke jõud F_c , mida avaldab laserkiirgus klaasplaadile juhul, kui selle küljed on värvimata.

3. MUUSIKA (8 points) — *Lasse Frantti*. Kolmest füüsikust koosnev bänd läheb tuurile. Nad mängivad folkrokki ja pärimusmuusikat. Bändi pillideks on elektriline kitarr, orel ja torukellad. Nende esimene etteaste on Tavastia klubis Helsingis, kus nad oma pillid ära häälestavad. Õhk on kuiv ja temperatuur on 25 kraadi Celsiust.

i) (6,5 points) Nende teine etteaste on Liibüas, kus temperatuur on 45 kraadi Celsiust. Nende pillid lähevad temperatuuri muutuse tõttu häälest ära, aga nad jätsid kõik vahendid nende häälestamiseks koju. Kui häälest ära on pillid? Hinnake kõigi kolme instrumendi jaoks häälestuse erinevust originaalsest häälestusest, mis oli referentsageduse 330 Hz järgi tehtud.

ii) (1,5 points) Nende tuur lõppeb privaatkondserdiga kopsuhaigete kliinikumis. Kliinikumis on temperatuur 25 kraadi, aga tavalise õhu asemel on seal heeliumi ja õhu segu (heliox). Kuidas see mõjutab iga instrumendi tekitatavaid sagedusi?

$$\text{Heli kiirus õhus } v_a = 331,3 \text{ m/s} \sqrt{1 + \frac{t(^{\circ}\text{C})}{273,15}}$$

Heli kiirus kliinikumis olevas heeliumi ja õhu segus $v_t = 1,7v_a$

Terase soojusmahtuvus $450 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$

Terase tihedus 7900 kg/m^3

Terase sulamistemperatuur 1540°C

Terase soojusjuhtivus 50 W/mK

Terase elastsusmoodul 200 GPa

Terase joonpaisumistegur $12,0 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$

Kitarrivõimendi võimsus 500 W

Kitarri E-keele diameeter $0,30 \text{ mm}$

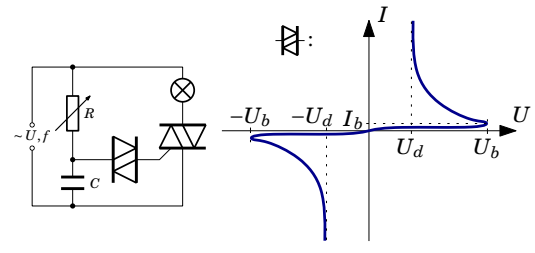
Kitarri E-keele väljavenitamata pikkus 65 cm

Kitarri E-noodi sagedus 330 Hz

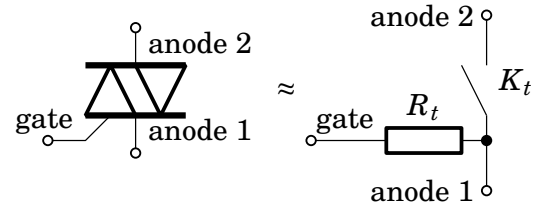
Temperatuuri mõju kitarreri kerele võite ignoreerida. Kitarreri tekitatava heli kõrgus on määratud keelel tekkinud rist- seisulainete sagedusega.

Oreli tekitatava heli kõrgus on määratud torus oleva õhu pikilainete sagedusega. Torukellade helikõrgus on määratud terasest torus tekkinud rist- seisulainete sagedusega. Võimalusel võite kasutada dimensionaalanalüüsi. Eeldage, et terase elastsusmoodul ei sõltu temperatuurist.

4. DIMMER (9 points)— *Siim Ainsaar*. Valgustite heleduse reguleerimiseks kasutatav dimmer koosneb reostaadist, kondensaatorist, dinistorist ja sümistorist, mis on ühendatud nagu skeemil.



Dinistor D on skeemielement, mille käitumise määrab juuresolev pingevooludiagramm. Sümistor S on aga käsitletav vooluga tüüritava lülitina — vaadake ekvivalentskeemi.

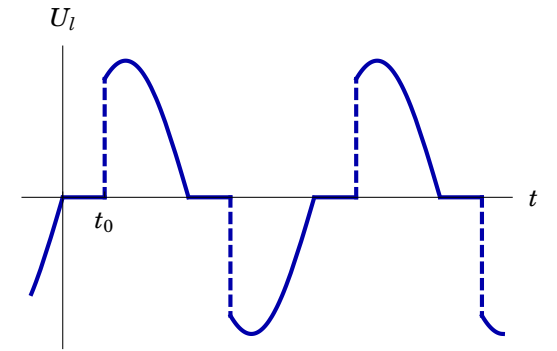


Lüliti K_t on avatud, kuni vool sümistori paisus ("gate") jääb alla lävivoolu I_t ; sulgub, kui see lävivool saavutatakse (ükskõik, kummas suunas), ja jääb suletuks, kuni lüliti K_t läbib vool (paisuvool ei ole kuni lüliti avanemiseni enam oluline).

i) (3 points) Eeldagem, et takistus R_t on piisavalt suur, et dinistori läbiv laeng oleks tühine. Olgu

sinusoidaalse toitepinge maksimumväärtus U ja sagedus f ; reostaat olgu seatud takistusele R ja kondensaator olgu mahtuvusega C . Leidke kondensaatori pinget maksimumväärtus U_C ja selle faasinihe φ toitepinge suhtes.

ii) (2 points) Millist võrratust peavad rahuldama dinistori iseloomustavad pinged U_b ja U_d , sümistori lävivool I_t ja paisutakistus R_t , et kui kondensaatori pinget tõustes hakkab dinistor juhtima, siis hakkaks kohe juhtima ka sümistor?

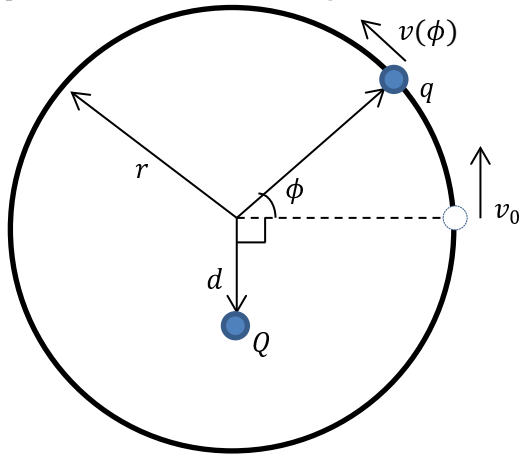


iii) (2 points) Pinget U_l lambil muutub vastavalt juuresolevale graafikule. Eeldagem, osa i) eeldus ning osa ii) võrratus kehtivad. Leidke aeg t_0 , mille jooksul iga perioodi ajal on lambi pinget null.

iv) (2 points) Avaldage t_0 ja f kaudu, mitu korda on lambi keskmine võimsus väiksem dimmerita lambi omast, kui eeldada, et lambi takistus ei muutu.

5. KOMMIPABER (6 points) — *Eero Uustalu*. Mõõtke kommipaberi paksus d . Hinnake mõõtemääramatust. *Vahendid*: Komm, kaks kuusnurset pliitsit, kummipaelad, laser lainepikkusega $\lambda = 532 \text{ nm}$, mõõdulint, ekraan, statiiv. **Hoiatus!** Ärge vaadake otse laserkiirde ega suunake seda kellelegi silma!

1. LAENG RÕNGAL (7 points)—*Andreas Isacson*. Pisike osake massiga m ja laenguga q saab hõõrdevabalt libiseda mööda horisontaalselt fikseeritud rõngast raadiusega r . Rõnga tasandis, kaugusel d rõnga keskpunktist ($d < r$, vt joonis) paikneb teine, fikseeritud laeng Q .



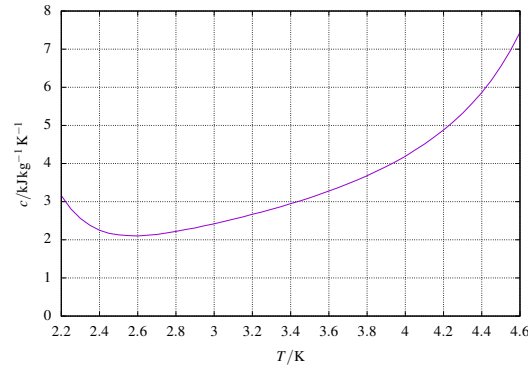
i) (3 points) Rõngal paiknevale osakesele antakse algkiirus v_0 . Avaldage osakese kiirus $v(\phi)$ funktsioonina nurgast ϕ .

ii) (2 points) Kui suur on rõnga poolt osakesele avaldatav jõud funktsioonina nurgast ϕ ?

iii) (2 points) Viskoosset hõõrdejõudu võib modelleerida kui liikumisega vastassuunalist jõudu, mille moodul on võrdeline kiirusega, st $|F_f| = m\gamma v$, kus γ on positiivne konstant. Eeldage, et just sedalaadi hõõrdejõud mõjub rõngal olevale osakesele. Leidke asukoht, kus osakese jääb seisma, kui sellele anti algkiirus v_0 .

2. HEELIUM (6 points) — *Jaan Toots*. Vedelat heeliumit jahutatakse seda madala rõhu all aurustades ning gaasi ära pumbates. Heeliumi au-

rustumissoojus on $\lambda = 22 \text{ kJ kg}^{-1}$, mille võite lugeda konstantseks. Vedeliku erisoojus $c(T)$ on kujutatud joonisel (suuremalt lisalehel). Kui suur osa vedelikust peab aurustuma, et vähendada vedeliku temperatuuri $T_0 = 4,1 \text{ K}$ temperatuurini $T_1 = 2,3 \text{ K}$?



3. VÕNKUMISED (7 points)—*Lasse Frantti*.

i) (2 points) Teraskuul massiga $m = 1 \text{ kg}$ ühendatakse ideaalse vertikaalse vedru külge. Selle tagajärjel pikeneb vedru $x = 5 \text{ cm}$ võrra. Nüüd tõmmatakse kuul $s = 10 \text{ cm}$ võrra tasakaaluasendist allapoole ja vabastakse, misjärel hakkab see võnkuma. Missugune peaks olema punktmasspendli pikkus, et selle väikeste võnkumiste periood oleks võrdne eelkirjeldatud süsteemi võnkumisperioodiga?

ii) (2 points) Diametraalselt läbi kerakujulise asteroidi puuritakse auk. Astronaut laseb auku langetada kivil, et näha, mis juhtub. Näidake, et kivi hakkab augus edasi-tagasi harmooniliselt võnkuma.

iii) (2 points) Teil on vaja saata pakk sõbrale, kes paikneb täpselt teisel pool seda puuritud au-

ku. Teil on valida, kas visata pakk horisontaalselt (ümbes asteroidi) või lasta sel kukkuda auku. Kumb saatmisviis on kiirem?

iv) (1 point) Ideaalselt elastne pall lastakse kõrguselt $h = 50 \text{ cm}$ kukkuda horisontaalsele lauale. Hinnake põrgete perioodi. Kas see liikumine on harmooniline võnkumine? Miks/miks mitte?

4. KÕRVALEKALLE LANGEMISEL (8 points) — *Mihkel Kree*. Kujutlegem ekvaatoril paiknevat kaevandusšahti sügavusega $h = 100 \text{ m}$. Vaadeldes vabalt langevat teraskuuli, mis lastakse lahti šahti ülemisest otsast ning jätkem arvestamata õhuhõõrdega langemisel. Maa pöörlemise tõttu pole üllatav, et kuul jõuab šahti põhja punktis, mis on veidi erinev punktist, mis vastab kuuli lahti laskmise asukohta vertikaalprojektsioonile. Tähistagu Δx nende kahe punkti vahelist kaugust. (Ajalooline märkus: suuruse Δx korrektse avaldise tuletasid esimestena Laplace ja Gauss sõltumata 1803. aastal.)

i) (1 point) Arvutage šahti ülemise ja alumise punkti kiiruste erinevus Δv nii, nagu see paistab absoluutses, mitte-pöörlevas taustsüsteemis.

ii) (1 point) Jättes arvestamata Maa pöörlemisega, kuid eeldades, et šahti alumisest punktist vaadelduna lastakse teraskuul langema algse horisontaalsuunalise kiirusega Δv , arvutage teraspalli horisontaalne nihe Δx_0 šahti põhja jõudmisel.

Ilmselgelt on osas ii) leitud vastus füüsikaliselt vale, sest me ei võtnud arvesse Maa pöörlemist ning sellest tingitud Coriolise jõudu. Õnneks on õige avaldis siiski võimalik leida ka ilma Coriolise jõudu integreerimata (kuigi Laplace ja Gauss seda tegid).

iii) (6 points) Arvestades, et langev teraskuul on Kepleri orbiidil liikuv keha ning võttes arvesse Maa kõverust, leidke horisontaalse nihke Δx tõeline väärtus. *Vihje: kasutage väikeste suuruste lähendusi ning pidage silmas, et langemisele vastavat väikest ellipsi segmenti võib lähendada paraboolile.*

5. MUST KAST (10 points)—*Mihkel Heidelberg, Jaan Kalda*. Mustal kastil on kolm väljuvat juhet: „sinine“, „must“ ja „valge“. Kastis on mingi teadmata skeem, kus on kolm elementi: kaks takistit takistitega $R_1 < R_2 < 1 \text{ k}\Omega$ ja üks Zeneri diod. Meie poolt kasutatavates pingetes vahemikus käitub Zeneri diod tavalise diodina — päripinge korral juhhib hästi voolu, aga vastupinge korral laseb vähe voolu läbi. Kasutame just Zener diodi, sest vastupinge korral on tal suurem lekkevool, kuni 1 mA . Voltmeetri sisetakistusega võite kõigis mõõtmispiirkondades arvestamata jätta, ampermeetri sisetakistusega võite arvestamata jätta 40 mA ja 400 mA mõõtmispiirkondades. Ampermeetri sisetakistus mõõtmispiirkondades $400 \mu\text{A}$ ja $4000 \mu\text{A}$ on $R_A = 100 \Omega$.

i) (2 points) Joonistage kastis olev elektriskeem. Põhjendage oma vastust mõõtmistega.

ii) (4 points) Mõõtke takistused R_1 ja R_2 . Hinnake mõõtemääramatusi.

iii) (4 points) Mõõtke ja joonistage Zeneri diodi pingevoolu tunnusjoon. Kasutage võimalikult palju andmepunkte.

Vabendid: Must kast, DC pingevaldkas, multi-meeter.

Ärge lühistage pingevaldkat ampermeetriga, muidu lasete kaitsme läbi ja ärritate Eerot!