

Tehnikaolümpiaad

Praktiline osa

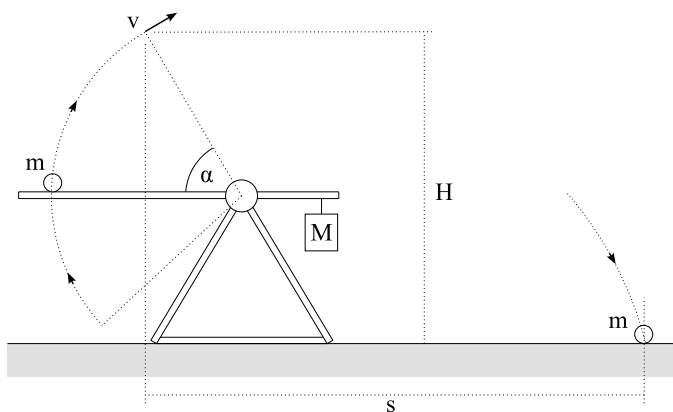
Iga ülesanne tuleb lahendada eraldi lehel ja igale lehele kirjutada oma kood.

P1. Kiviheitemasina kasutegur (14 p.)

Raskusjõul toimivat kiviheitemasinat kasutati Euroopas linnuste piiramiseks 12. – 15. sajandil. See võimaldas ohutust kaugusest linnusele ja vaenlasele kahju tekitada. Üllataval kombel on kiviheitemasinat kasutatud ka tänapäeva relvastatud konfliktides. Viimati kasutasid seda ukrainlased 2014. a. Kiievis. Selles ülesandes tuleb ehitada lihtne kiviheitemasina mudel ja määrata katsete abil lennukauguse ja masina kasuteguri sõltuvus heidetava massi suuruselt.

Teoreetiline taust

Kasutegur η on masinalt saadud kasuliku energia ja masinale antud koguenergia suhe. Kiviheitemasina puhul võib kasulikuks energiaks lugeda heidetava massi m kõrgusele H tõstmiseks kuluva energia ja talle antava kineetilise energia summat. Viimase arvutamiseks on vaja teada algkiirust v (Joonis 1). Kiiruse v vahetu leidmine katsest või masina liikumist kirjeldavate täpsete võrrandite lahendamise abil on *keeruline*. Seetõttu tuleb käesolevas ülesandes määrata kiirus v lennukauguse s põhjal ja sellest lähtuvalt leida kasutegur η .

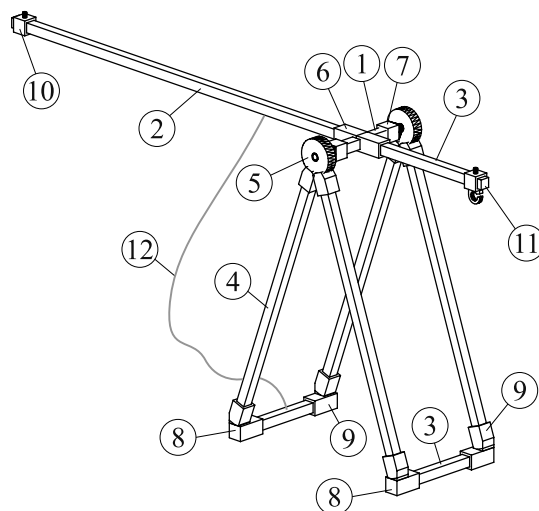


Joonis 1: Kiviheitemasina skemaatiline joonis.

Katsevahendid

Kiviheitemasina detailid, vastukaal $M = 500 \pm 2$ g (kaks liivakotti), mutrid massidega m_i , mõõdulint, kruvid, kruvikeeraja, aasad ja nöör, kirjaklamber.

m_1	m_2	m_3	m_4	m_5	m_6
2,1 g	4,6 g	10,2 g	15,2 g	21,2 g	29,3 g



Joonis 2: Kiviheitemasina detailid. 1 - telje tala (puit); 2 - pikem õlg (puit); 3 - lühem õlg ja jalgade tala (puit); 4 - jalad (puit); 5 - laagri ja jalgade ühenduslüli (plast); 6 - õlgade ja telje ühenduslüli (plast); 7 - telje tala ja laagri ühenduslüli (plast); 8 - vasak king (plast); 9 - parem king (plast); 10 - mutri kinnituskonks (plast); 11 - vastukaalu kinnituskonks (plast); 12 - nöör liikumise peatamiseks.

Ülesanne

- Ehitage antud detailidest valmis töökindel kiviheitemasin. Lähtuge joonisest 2. (2 p.)
- Ühendage pikem õlg ja jalgade tala nööriga. Määrake heitenurk α ja heitekõrgus H . (1 p.)
- Määrake katseliselt igale antud raskusele (erineva suurusega mutrid) vastav keskmine lennukaugus s . Mõõtmistulemused kandke eelnevalt ettevalmistatud tabelisse. Soovitav on ühte katset korrata vähemalt kolm korda. (3 p.)
- Pange kirja valem kasuteguri η arvutamiseks sõltuvana algkiirusest v . Lisage tähiste selgitused. Tuletage valem algkiiruse v arvutamiseks sõltuvana lennukaugusest s , heitenurgast α ja heitekõrgusest H . (5 p.)
- Arvutage heidetavatele massidele m_i vastavad algkiirused v_i ja neist lähtuvalt kasutegurid η_i . Skitseerige kasuteguri ja heidetava massi vahelise sõltuvuse graafik (3 p.)

P2. Elektromehaaniline kell (12 p.)

Käesolevas ülesandes tuleb ehitada elektromehaaniline kell, mille osuti teeb ühe täispöörde etteöeldud ajavahemiku jooksul. Seade kasutab alalisvoolumootorit, mehaanilist hammasülekanne ja elektroonilist mootori pöörlemiskiiruse juhtimist. Seadet võib kasutada näiteks kätepesukellana, sest arstid soovivad piisava hügieeni saavutamiseks käsi pesta vähemalt 25 sekundit.

Teoreetiline taust

Tavalised elektrimootorid töötavad kõige efektiivsemalt suurtel kiirustel, üldjuhul üle tuhande pöörde minutis. On aga küllaga valdkondi, kus läheb vaja madalamaid kiiruseid, nagu näiteks seinakell, mille puhul sekundiseier peab sooritama vaid ühe pöörde minutis. Kõige lihtsam viis elektrimootori aeglustamiseks on hammasratasest koosnev ülekanne. Kui mootoriga ühendatud hammasratas omab vähem hambaid kui väljundiga ühendatud ratas, siis pöörleb väljund mootorist aeglasemalt. Nii on võimalik mootorit aeglustada või kiirendada väga suures vahemikus. Sellel lahendusel on kaks peamist puudujääki – hammasrataste suurus ei ole võimalik jooksvalt töö käigus muuta ning spetsiifilist ülekandesuhet võib olla keeruline saavutada.

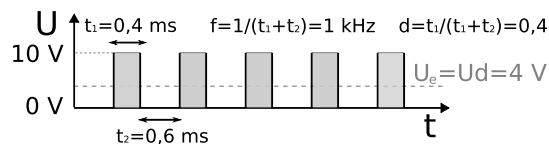
Mootori pöörlemiskiiruse täpsemaks juhtimiseks kasutatakse elektroonikal põhinevat impulssreguleerimist. See meetod töötab pinget kiirel sisse-väljalülitamisel. Näiteks kui sisendpingeks võtta 10 V ning seda kiiresti (>1 kHz) sisse ja välja lülitada nii, et 40% ajast on pinget sees ning 60% ajast välja lülitatud, saadakse efektiivseks pingeks seadme väljundis 4 V. Täitetegur d on siis 0,4 (Joonis 3).

Selles ülesandes saavutatakse impulssreguleerimine *NE555P* taimer mikroskeemi abil. See elektroonikakomponent vajab töötamiseks ühte kondensaatorit mahtuvusega C (F) ning kahte takistit R_1 ja R_2 (Ω). Nende väärtuste järgi saab määrata lülituse sageduse f (Hz) ja täiteteguri d :

$$f = \frac{1}{C \cdot \ln 2 \cdot (R_1 + 2R_2)} \quad (1)$$

$$d = \frac{R_1}{2(R_1 + 2R_2)} + \frac{1}{2} \quad (2)$$

Elektroonikaseadmetes kasutatavate takistite nimiväärtused on neile märgitud värvikoodi abil.



Joonis 3: Pingesignaali näide. $f=1$ kHz, $d=0,4$.

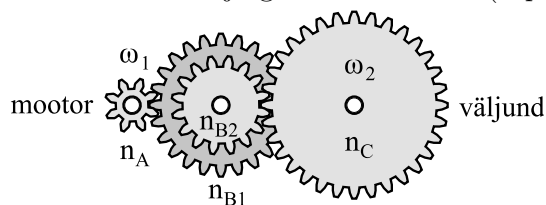
Takistile värvitud triibud näitavad takistuse väärtust, kordajat ja täpsusklassi (joonis 5).

Sageli on soovitud täiteteguri d leidmiseks vaja kasutada väga konkreetse väärtusega takisteid, mida ei pruugi eksisteerida. Sel juhul on mõistlik kasutada takistite paralleelühendust, et saavutada vajaminev takistuse väärtus (nagu ka käesolevas ülesandes). Lihtsa alalisvoolumootori puhul on sisendpinge U (V) ja väljundkiiruse ω (p/min) vaheline suhe lineaarne, mistõttu on selle kiirust väga lihtne täiteteguri muutmise abil juhtida. Antud ülesandes kasutatava mootori kiiruse karakteristik on eelnevalt mõõdetud ja seda kirjeldab võrrand:

$$\omega = aU, \quad \text{kus } a = 26 \text{ p}/(\text{V} \cdot \text{min}) \quad (3)$$

Ülesanne

a) Leidke alloleval joonisel toodud hammasülekanne jaoks ülekandesuhe $k = \omega_1/\omega_2$ kui hammaste arvud on n_A , n_{B1} , n_{B2} ja n_C . Keskmised hammasrattad on omavahel jäigalt ühendatud. (2 p.)

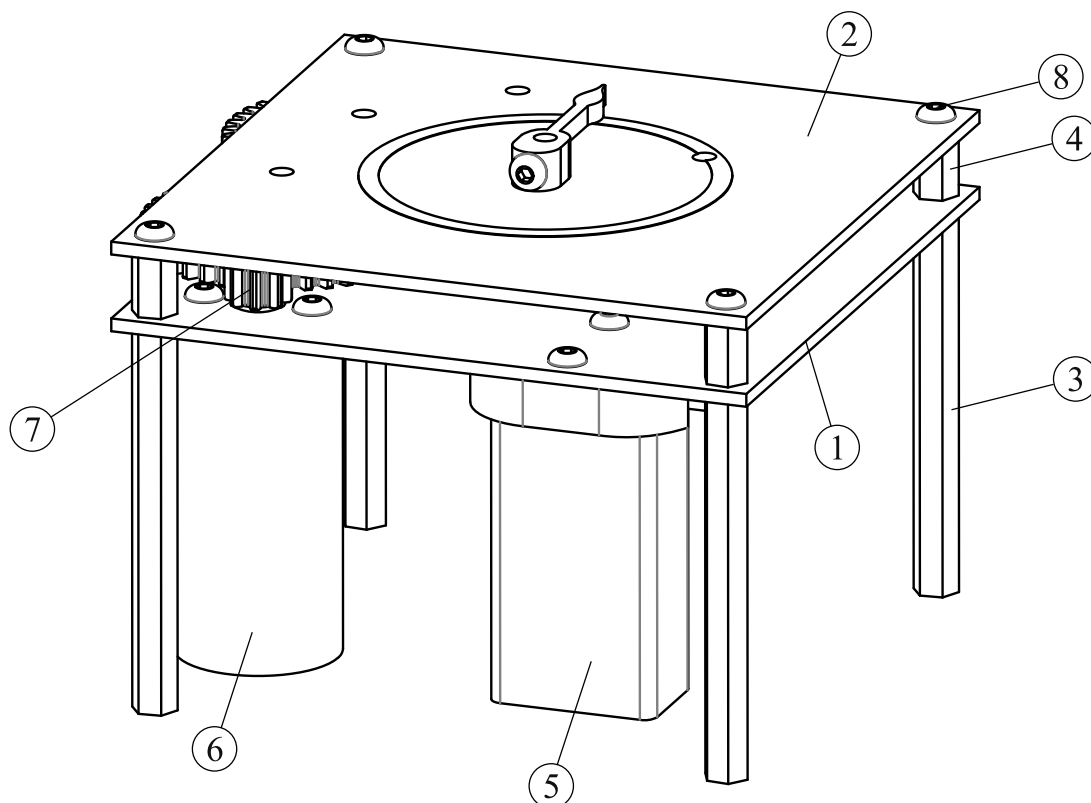


b) Pange kokku kella hammasülekanne nii, et ülekandesuhe $k = 125/1$. Vihje: kõik vahetatud ülekanded on aeglustavad või samad. Arvutage osuti pöörlemiskiirus 9 V patarei jaoks ja kontrollige tulemust stopperiga valmis ehitatud kellal. (3 p.)

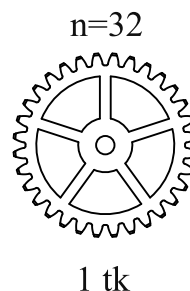
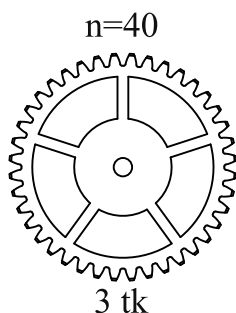
c) Leidke valemi (3) abil pinget, mille korral osuti teeks ühe täispöörde 25 sekundiga. Leidke täiteteguri, mille korral on see efektiivne pinget võimalik saavutada 12,9 V toitepinge korral (toiteplokk žürii laual). Leidke võrrandisüsteemist (1), (2) takistused R_1 , R_2 . $f=3,316$ kHz ja $C=1 \mu\text{F}$ (3 p.)

d) Valige takistuste R_1 ja R_2 saavutamiseks sobivad takistid. Kasutage värvikoodi tabelit. (3 p.)

e) Kui olete veendunud oma lahenduse õigsuses, siis minge žürii laua juurde ja mõõtke kella pöörlemiskiirus 12,9 V toitepingega. (1 p.)



n - hammaste arv



Joonis 4: Elektromehaanilise kella peamised detailid. 1 - alumine plaat, mille peal on hammasrattad ning all on patarei ja mootor; 2 - ülemine plaat, millele paigutatakse takistid ja osuti; 3 - kuuskant-jalad; 4 - kuuskant-vahepostid; 5 - 9V patarei; 6 - elektrimootor; 7 - hammasrattad; 8 - kruvi.

Number Nullide arv

1. 2. 3. Täpsusklass

4-7-0-3 = 470 000 = 470 kΩ

6-8-2 = 68 00 = 6,8 kΩ

Värvikoodid

Number:

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

must	pruun	punane	oranž	kollane	roheline	sinine	lilla	hall	valge
------	-------	--------	-------	---------	----------	--------	-------	------	-------

Täpsusklass:

Silver ±10 %	Gold ±5 %	±1 %	±0.5 %	±0.1 %
-----------------	--------------	------	--------	--------

hõbedane	kuldne	pruun	roheline	lilla
----------	--------	-------	----------	-------

Joonis 5: Takistite värvikoodid. Vasakul on kaks näidet takisti värvikoodi tõlgendamise kohta. Paremal on värvikoodide tabelid.

P3. Korter ventilatsioon (9 p.)

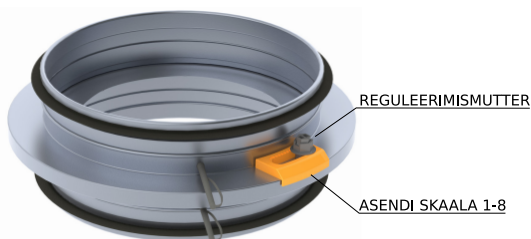
Hea ventilatsioon kodudes parandab une kvaliteeti ja tagab hea tervise. Seeläbi oleme tööl ja koolis efektiivsemad ning harvem haiged. Meie kliimas tuleb hea õhu kvaliteedi ning madalate energiaarvete tagamiseks ehitada soojustagastusega sissepuhke ja väljatõmbe ventilatsioon. Süsteemi efektiivseks toimimiseks tuleb ruumide kaupa arvutada vajalikud vooluhulgad ning need ehituse lõpus seadistada.

Teoreetiline taust

Torustikus liigub õhk alati madalama rõhu suunas. Sissepuhketorustikus on alati ülerõhk ja väljatõmbetorustikus alarõhk. Vooluhulkasid seadistatakse reguleerklappidega, mis tekitavad klapi asukohas rõhulangu $\Delta p = p_{enne} - p_{pärast}$ (Pa). Klappi läbib õhuvooluhulk q (l/s) arvutatakse valemist

$$q = k\sqrt{\Delta p} \tag{4}$$

kus k on klapi läbilasketegur. Läbilaskevõimet saab muuta vastavalt Joonisel 6 toodud tabelile.



A	1	2	3	4	5	6	7	8
k	8,2	7,6	5,5	3,9	3,1	2,4	1,7	1,2

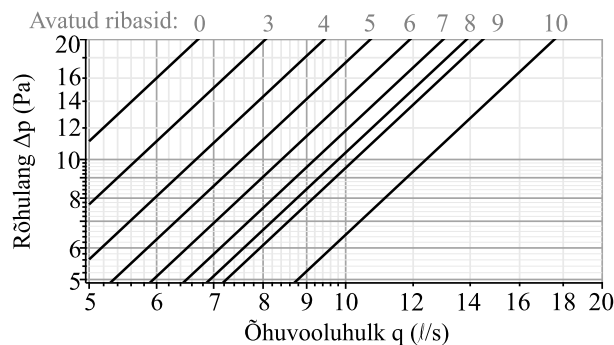
Joonis 6: Reguleerklapp. A - asend, k - läbilasketegur. Teguri k ühikud vastavad ühikutele [q] = l/s ja [Δp] = Pa.

Lisaks reguleerklapile on torustiku iga haru lõpus õhujagaja (Joonis 7), mis tagab õhuvoolu ühtlase jaotumise ruumi. Õhujagaja rõhulang sõltub avatud ribade arvust ning seda saab hinnata Joonisel 8 toodud nomogrammi abil. Käesolevas ülesandes arvestage, et igal õhujagajal on avatud 9 riba.

Torustiku rõhulanguga ei pea selles ül. arvestama.



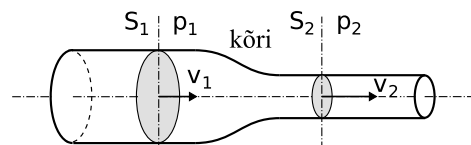
Joonis 7: Õhujagaja. Paremal on näidatud ribade avamine (seda ei pea ise tegema, 9 riba on kõigil avatud).



Joonis 8: Õhujagaja rõhulang Δp sõltuvana avatud ribadest ja õhuvooluhulgast q. Logaritmiline skaala.

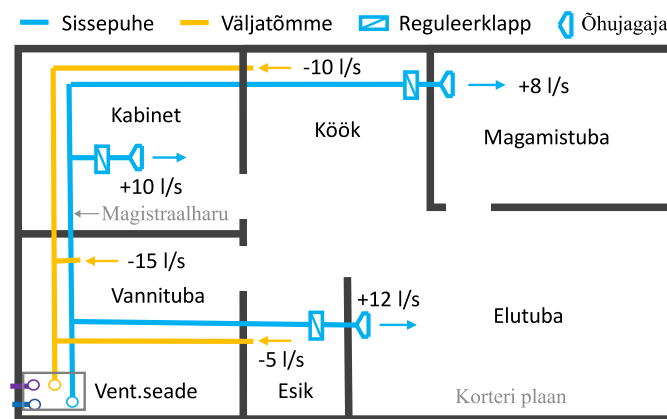
Ülesanne

a) Näidake, et seos (4) kehtib ka järgneval joonisel näidatud “kõri” jaoks ja tuletage valem kõri läbilasketeguri k arvutamiseks kui ristlõikepindalad S_1 ja S_2 on teada ning õhu tihedus $\rho_0 = \text{const}$.



Kasutage Bernoulli võrrandit $p + \rho_0 v^2 / 2 = \text{const}$ ja vooluhulga q jäävust. Rõhu p ja voolukiiruse v võib ristlõike ulatuses lugeda ühtlaseks. (3 p.)

b) Järgneval joonisel on esitatud korteri plaan koos projekteeritud õhuvooluhulkadega. Arvutage iga sissepuhke reguleerklapi jaoks vajalikud parameetrid ja määrake reguleerimismuttri asend A, mis tagaks projekteeritud vooluhulga. Ventilator tekitab magistraalharus ülerõhu 30 Pa. (3 p.)



c) Minge katseseadme juurde ja seadistage reguleerklapid nii, et igas harus oleks tagatud projekteeritud vooluhulk q_i täpsusega $\pm 15\%$ ning korteri kogu sissepuhkeõhu vooluhulk täpsusega $\pm 10\%$. Seadistamist võib teha mitu korda, aga iga uue katse korral vähendatakse selle ülesande osa maksimaalsete punktide arvu ühe võrra. (3 p.)