

# Eesti koolinoorte 67. füüsikaolümpiaad

9. juuni 2020. a. Lõppvoor.

Gümnaasiumi ülesannete hindamisskeemid

## 1. (KLAASKERA) (6 p.) Hindaja: Paul Kerner

Snelli seaduse kirja panemine — [1 p.];

Järeldamine, et  $\angle AOB = \alpha$  — [1 p.];

Järeldamine, et kolmnurk AFO on võrdhaarne ja  $\angle AFO = \beta$  — [1 p.];

Tuletamine, et  $\alpha = 2\beta$  — [1 p.];

Teised täiuslikud õiged geomeetrilised tõestused, et  $\alpha = 2\beta$ , annavad kokku 3 punkti. Osalised lahendused saavad vähem sõltuvalt lahendusest.

Tõdemine, et  $n_{\delta} = 1$  — [0.5 p.];

Vastuse tuletamine — [1 p.];

Õige vastus — [0.5 p.].

## 2. (KOHUKESED) (8 p.) Hindaja: Erik Tamre

Kesktoembekiirendus peab ületama raskuskiirenduse / kesktõukejõud peab ületama raskusjõu, sest muidu kukuvad kohukesed ringi ülemises punktis kotist välja — [2 p.];

Suurim jõud/rõhk, mis kohukesti lõmastada saaks, mõjub kihi põhjale ringi alumises punktis — [1 p.];

Seal rakendub kihi põhjale kohukestele mõjuva raskusjõu ja kesktõukejõu summa, seega sellele vastava rõhu kannatavad kohukesed kindlasti välja — [2 p.];

Lahenduse lõpuleviimine: kuna kohukesed kannatavad selle rõhu välja, kannatavad nad välja ka kahekordse raskusjõu / kaks korda paksema kihi poolt tekitatava rõhu, kuna too on kihi põhjale juba mõjunust väiksem — [3 p.] (lihtsalt tähelepaneku eest, et kohukeste lõmastumise vältimiseks peaks kesktõukejõud ületama raskusjõu, aga seda ei osata näidata — [2 p.]).

Hindamine ei teinud vahet rõhkude või jõududega opereerimisel (kuna vedeliku rõhk on lihtsalt jõud, mida vedelikusammas pinnaühiku kohta avaldab) ega nõudnud selgitust, milles täpselt väljendub eeldus käsitleda kohukesti vedelikuna.

## 3. (KÄIVITUSVOOL) (8 p.) Hindaja: Valter Kiisk

Pikkusega  $\ell$  vasktoru jupp (takistusega  $R_1$ ) ja ampermeeter (takistusega  $R_0$ ) moodustavad rööplülituse, seega pinged nendel on võrdsed ja vool  $I_1$  jaguneb harude vahel:  $I_0 R_0 = (I_1 - I_0) R_1$  ehk  $I_0 R_0 \approx I_1 R_1$ , sest  $I_0 \ll I_1$  — [4 p.];

Vasktoru takistus eritakistuse kaudu,  $R_1 = \rho \ell / S$  — [1.5 p.];

Voolu ristlõike pindala  $S = \frac{1}{4} \pi (d_2^2 - d_1^2)$  — [1.5 p.];

Avaldatud  $\ell$ , saadud arvuliselt õige vastus — [1 p.];

Numbriline arvutusviga, lihtsamat sorti valemiviga (nt  $\pi d^2/4$  asemel  $\pi d^2$ ) või ülemääraselt keeruline/arusaamatu arvutuskäik — [-0.5 p.];

**4. (TASAKAALULIIKUR)** (8 p.) *Hindaja: Krister Kasemaa*

Hannese liikumist saab vertikaalsuunas käsitleda vedrupendli võnkumisena.

Vedrupendli perioodi valem on:  $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$  [1 p.];

Kuna meie süsteemil on kaks vedru rööbiti, tuleb võngete perioodi valemit veidi muuta. Kahe kõrvuti oleva vedru jäikus on võrdne ühe vedruga, mille jäikus on eelnevate vedurude jäikuste summaga. Seega on meie süsteemi vertikaalsuunaliste võngete periood:  $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{2k}}$  [2 p.];

Resonants tekib, kui koosinuslaine läbimise sagedus ühtib verikaalse vedrusüsteemi naturaalsagedusega. Seega peab Hannes  $\Delta x = 6$  m võrra edasi liikuma sama ajaga, mil teeb masspendel ühe naturaalsagedusel võnke. [2 p.]

Seega, resonantsi tekke kiirus:

$$v_{\text{resonants}} = \frac{\Delta x}{T} = \frac{\Delta x}{2\pi} \sqrt{\frac{2k}{m}} = 4,678 \text{ ms}^{-1} \approx 4,7 \text{ ms}^{-1} \text{ [3 p.]};$$

**Tüüpiliste arusaamiste eest, mis ei ühti lahenduskeemiga:**

Aru saamine, et  $k = 1800 \text{ Nm}^{-1}$  [2 p.]

Viga mis on täielikult tingitud ümmardamisest: [-0.5 p.]

**5. (GLOOBUS)** (10 p.) *Hindaja: Carel Kuusk*

(a) osa:

Ekvipotentsiaalsuse korrektselt kasutamine — [2 p.];

Skeemi korrektne teisendus lõplikule kujule — [1 p.];

Takistuse välja arvutamine — [1 p.];

(b) osa:

Kahe pooluse ekvipotentsiaalsuse nägemine — [2 p.];

Skeemi korrektne teisendus lõplikule kujule — [3 p.];

Takistuse välja arvutamine — [1 p.];

Loogiline, arvutuslik või teksti mõistmise viga, mis lahendust ei lihtsustanud ega muutnud oluliselt ülesandepüstistust — [-1 p.];

**6. (PALLIVISKENÕLV)** (10 p.) *Hindaja: Jaan Toots*

*Lahendus 1*

Leitud liikumisvõrrandid viske jaoks — [2 p.];

Leitud viske kõrguse, kauguse ja nurga vaheline seos — [1 p.];

Leitud viske kaugust maksimeeriva nurga tingimus — [4 p.];

Saadud seos kõrguse ning viske kauguse vahel — [1 p.];

Avaldatud seos sobival kujul (kasutades kaugust  $L$ ) — [2 p.].

*Lahendus 2*

Taandatud probleem läbi sümmeetria viskepiirkonna leidmisele — [4 p.];

Leitud visates tabatava ruumi piirkonna piirjoon — [4 p.];

Avaldatud seos sobival kujul (kasutades kaugust  $L$ ) — [2 p.].

**7. (PULGAD)** (12 p.) *Hindaja: Richard Luhtaru*

(a) osa:

Tehtud joonis, kuhu on korrektselt märgitud avaldatav jõud ja hõõrdejõud — [1 p.];

Märgitud, et  $\vec{N} + \vec{F}_h$  on sümmeetriateljega risti — [1 p.];

Saadud, et  $\frac{F_h}{N} = \tan \alpha$  või analoogne võrdus, kus  $\alpha$  on pool pulkade vahelisest nurgast — [2 p.];

Järeldatud, et  $\mu_{\min} = \frac{R}{L}$  — [1 p.].

(b) osa:

Saadud, et kummaski punktis on hõõrdejõu vertikaalsuunaline komponent  $\frac{mg}{2}$  — [2 p.] (kui  $\frac{mg}{2}$  asemel on  $mg$ , siis [1 p.]);

Leitud, et  $F_h^2 = \frac{R^2}{L^2} N^2 + \frac{m^2 g^2}{4}$ ; — [2 p.]

Asendatud  $F_h = \mu N$  — [1 p.] (lihtsalt valemi kirjutamise eest [0 p.]);

Märgitud, et  $\tau = NL$  — [1 p.];

Avaldatud  $\tau_{\min}$  — [1 p.].

**8. (OPTILINE SEADE)** (12 p.) *Hindaja: Joonas Kalda*

Leitud õige sisendkiiri väljundkiirteks peegeldav sirgepaar, kasutades selleks nurgapoolitajaid — [4 p.];

Põhjendatud, et tegelikud peeglid peavad kuuluma paralleelsete sirgete rivisse — [5 p.];

Joonestatud kiirte käik tegelike peeglite vahel — [3 p.].

**9. (ÕHUPALLID)** (12 p.) *Hindaja: Taavet Kalda*

Leitud avaldis õhupalli sisemiste pingete jaoks õhupalli raadiuse ja muude õhupallile omaste konstantide kaudu — [1 p.];

Kirja pandud jõudude tasakaal õhupalli kesta sisemiste pingete ja gaasi rõhumisjõu vahel — [2 p.];

Rõhu avaldis funktsioonina raadiusest, Youngi moodulist ja teistest konstantidest — [1 p.];

Ideaalse gaasi olekuvõrrand  $pV = nRT$  — [2 p.];

Õhu hulga jäävuse tingimuse avaldis raadiuse ja muude õhupallile omaste konstantide kaudu — [1 p.];

*Stabiilse lahendi leidmine*

Tähelepanek, et ühe õhupalli raadius saab olema 0 — [3.5 p.];

Suurema õhupalli raadiuse arvutamine  $R_1 = 2r_1$  — [1.5 p.];

*Ebastabiilse lahendi leidmine*

$$R_1 = 2r_1 \frac{r_2^{3/2}}{r_1^{3/2} + r_2^{3/2}}, R_2 = 2r_2 \frac{r_1^{3/2}}{r_1^{3/2} + r_2^{3/2}} \quad [2 \text{ p.}]$$

**10.** (RUUT) (14 p.) *Hindaja: Kaur Aare Saar*

Leitud ristküliku (mis moodustab poole ruudust) takistus pikema külje lähis-  
tippude vahel — [12 p.];

Põhjendatud, et ühe sellise ristküliku takistus on kaks korda suurem kui ruudu  
vastaskülgede keskpunktide vaheline takistus — [2 p.].

**E1.** (MASSIDE SUHE) (14 p.) *Hindaja: Eero Uustalu*

Teised meetodid peale pakutud täpse staatilise lahenduse saab laias laastus  
jagada kaheks:

*staatilised* - läbi jõudude tasakaalu (üldiselt täpsemad)

*dünaamilised* - läbi energia muudu ja töö (probleemsemad)

Probleemideks olid:

hõõrdejüudude mitteamistamine või arvestamise võimatus

hõõrdejõud üle laua serva (või üle mõne muu eseme)

energia, töö ning staatika segapundar

nimekirja väliste vahendite kasutamine

Muude (tihti VÄGA halbade) lahenduste maksimum hinne moodustus kahe  
hinde summast:

**pakutud koormis/polt masside suhe** (kuni [2 p.]):

1,4 kuni 1,8 — [2 p.];

1,2 kuni 2,1 — [1 p.];

1,0 kuni 2,5 — [0.5 p.].

**meetod** (maksimaalselt kuni [10 p.]). Peamine probleem:

staatiline hõõre, mass ja nurga all lisajõud — [10 p.] (hea);

niidi elastsusjõud — [10 p.] (niidi vähene venivus ja seega väike täpsus);

niit ja hoidikud kombineeritud elastse kaaluna — [5 p.] (süsteemi võimalik  
mittelineaarne käitumine ja väike täpsus);

lök ja potentsiaalne energia — [8 p.] (lubamatute vahendite kasutamine,  
arvutused, mõõtmised);

potentsiaalse energia hõõrdetöö — [6 p.] (hõõrdejõu ebaühtlus või arvestamata

jätmine, suutmatu määrata potentsiaalse energia muutu, ebatäpsus);  
staatiline tasakaal: kaldus niit ja teise koormise raskus — [8 p.] (hõõre vahetoe  
peal);

paberi löikamine — [6 p.] (ebastabiilsus, hõõre toetuspunktis);

keerud ümber posti — [3 p.] (nimekirja välised vahendid, niidi vaba otsa  
koormatus);

plokisüsteemid — [6 p.] (hõõre süsteemis ja selle komponentides).

NB: meetodi punktid poolitusid:

iga meetodilise vea puhul;

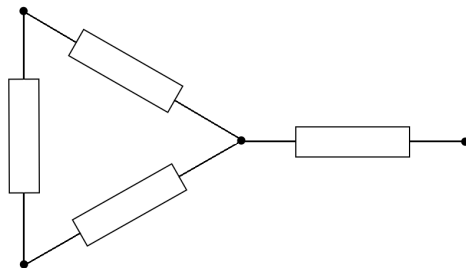
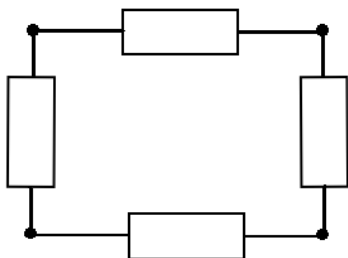
mingi efekti arvestamata jätmise puhul;

võtte puhul mis viis täpsuse olulise vähenemiseni.

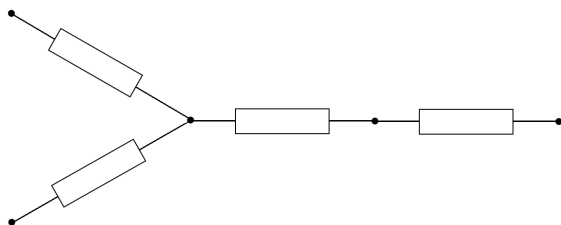
Mõne nähtuse arvestamata jätmine või viga, võis meetoodi kõlbmatuks muuta,  
ja siis selle eest [0 p.].

**E2.** (MUST KAST) (14 p.) *Hindaja: Eero Uustalu*

Alustada tuleks eelkõige variantide üles joonistamisest. Ja ikkagi ainult sellistest  
mis elektriliselt üksteisest ka erinevad on. Tingimus oli NELJA juhtme vahel  
NELI resistorit (ei mainitud takistite vaid omavahelist ühendust) mis jätab  
sõelale vaid kaks ühendusmoodust:

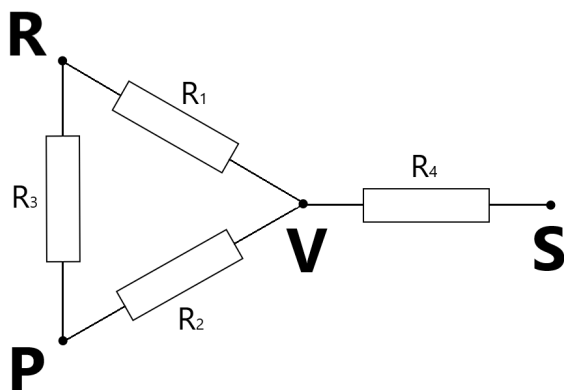


Väga palju pakuti ka elektriliselt samaväärset skeemi tähtühendusest ja lisata-  
kistist, mis aga ei vasta tingimusele (NELJA juhtme vahel NELI resistorit).



Nelinurkühenduse ja sabaga kolmnurkühenduse vahet saab teha mõõtes takistust kahe punkti vahel ja samal ajal ülejäänud kahe omavaheline lühistamine ei muuda näitu. Selleks osutub S ja V vaheline takistus.

Seega vaatleme skeemi:



$R_4$  on otse mõõdetav  $506\Omega$ .

Kui lühistada R ja P ja mõõta RP ja V vahelt:

$$\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{1185\Omega}$$

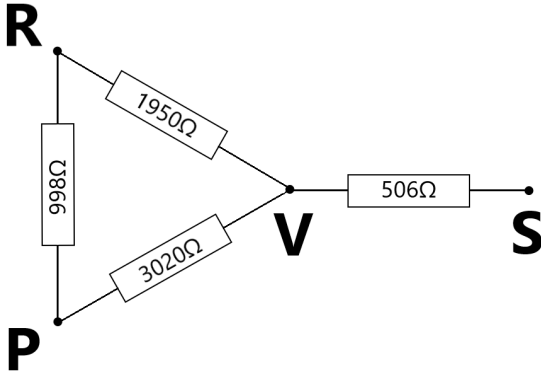
Kui lühistada R ja V ja mõõta RV ja P vahelt:

$$\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{750\Omega}$$

Kui lühistada P ja V ja mõõta PV ja R vahelt:

$$\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{660\Omega}$$

Tekkinud võrrandisüsteemi lahendamisel (algatuseks lahutame näiteks esimeset teise ja liidame kolmandaga jne.) saame järgmised väärtused:



Lõpptulemus varieerub natuke sõltuvalt musta kasti eksemplarist ja kasutatavast multimeetrist.

*Hindamisskeem:*

Põhjendatud otsus kas nelinurkühendus või sabaga kolmnurkühendus — [3 p.];

Vaid ühest otsast ühendatud takisti asukoht määratud — [1.5 p.];

Korrektne skeem — [2.5 p.];

$R_{SV}$  leidmine — [1 p.];

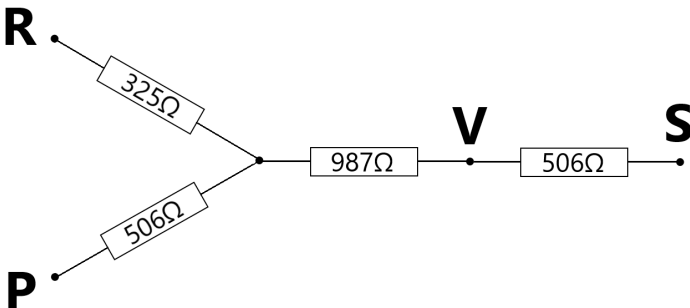
$R_{RP}$  leidmine — [2 p.];

$R_{PV}$  leidmine — [2 p.];

$R_{RV}$  leidmine — [2 p.].

Kokku siis 14p.

Kui on leitud vaid elektriliselt samaväärne tähtühendusega variant (mis sisaldab lisa viiendat ühenduskohta ja seega ei vasta algtingimustele ja ka on arvutused märgatavalt kergemad) kokku maksimaalselt [9.5 p.].



Kui on ainult korrektselt vormistatud mõõtmised ilma järeldusteta siis iga 3 iseseisvat mõõtmist a [**0.25 p.**] (maksimum [**1.5 p.**])

Lõppsummat vähendatakse 0.5p kui on näha, et pole kasutatud maksimaalset täpsust tagavat multimeetri takistuse mõõtepiirkonda ( $0 - 2k\Omega$  asemel näiteks  $0 - 20k\Omega$ )

Liigne ümardamine vahetulemustes mis muudab oluliselt lõpptulemust: [**-1 p.**]

Mõõdetud lõpptulemiue ümardamine näiliselt ilusama numbrini: [**-0.5 p.**]

Vale mõõtühik (näiteks  $k\Omega$  asemel  $\Omega$ , ehk eksitud 1000x) (kahjuks leebelt): [**-1 p.**]