

FÜÜSIKAOLÜMPIAADI KOOLIVOOR 2025/2026 õ.-a.

LAHENDUSED 12. KLASSILE

Ülesannete alternatiivsed, aga füüsikaliselt korrektsed lahendused tuleb täispunktidega hinnata.

1. AKU 10p

- a. Akuühendusskeemist lähtub, et jadamisi on ühendatud 10 elementi, millega on omakorda rööbiti veel 10 elementi.

$$r = 4 \text{ m}\Omega = 0,004 \Omega \text{ (0,5p)}$$

Jadamisi ühendatud elementide takistus on $R_j = 10r$ järelikult kogutakistus on

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_j} + \frac{1}{R_j} = \frac{2}{R_j} \rightarrow R = \frac{R_j}{2} = \frac{10r}{2} = 0,02 \Omega \text{ (1p)}$$

Jadamisi ühendatud elementide elektromotoorjõud ε_i liituvad ja rööpühenduse pinge on muutumatu järelikult kogu elektromotoorjõud on

$$\varepsilon_k = 10\varepsilon_i = 36 \text{ V (1p)}$$

Raudvarda takistuse leidmiseks

$$R_{\text{Fe}} = \frac{\rho l}{S} \text{ (1p)}$$

$$S = \frac{\pi d^2}{4} \text{ (1p)}$$

$$R_{\text{Fe}} = \frac{0,1 \cdot 0,1 \cdot 4}{3,14 \cdot 5^2} \approx 0,0005 \Omega \text{ (0,5p)}$$

- b. Ajaühikus eraldunud soojus on akublokkis ja rauast vardas ajaühikus eraldunud soojuste summa

$$N = N_{\text{Akublokk}} + N_{\text{varras}}$$

$$N_{\text{Akublokk}} = I^2 r_k \text{ (0,5p)}$$

$$N_{\text{varras}} = I^2 R_{\text{Fe}} \text{ (0,5p)}$$

$$I = \frac{\varepsilon_k}{r_k + R_{\text{Fe}}} \text{ (1p)}$$

$$N = I^2 r_k + I^2 R_{\text{Fe}} = I^2 (r_k + R_{\text{Fe}}) = \frac{\varepsilon_k^2 (r_k + R_{\text{Fe}})}{(r_k + R_{\text{Fe}})^2} = \frac{\varepsilon_k^2}{r_k + R_{\text{Fe}}} = 63219,5 \text{ W} \approx 63,2 \text{ kW (1p)}$$

1. Klemmipinge leidmiseks saab kasutada järgnevaid seosed

$$U_{\text{klemm}} = \varepsilon_k - \Delta U \text{ (1p)}$$

$$\Delta U = I r_k$$

$$U_{\text{klemm}} = \varepsilon_k - \frac{\varepsilon_k r_k}{r_k + R_{\text{Fe}}}$$

$$U_{\text{klemm}} = 36 - \frac{36 \cdot 0,02}{0,02 + 0,0005} = 0,878 \approx 0,9 \text{ V (1p)}$$

Samaväärne lahend on ka

$$U_{\text{klemm}} = IR_{\text{Fe}} = \frac{\varepsilon_k R_{\text{Fe}}}{r_k + R_{\text{Fe}}} \approx 0,9 \text{ V}$$

2. JÕULUMUNA 8p

Tekkinud kujutise ja küünla pikkuse suhe on selle kumerpeegli suurendus:

$$s = \frac{h}{H} = \frac{k}{a} \rightarrow k = sa \quad (1) \quad (1p)$$

kus k on kujutise kaugus ja a küünla kaugus peegelpinnast. Peegelpindade kohta sarnaselt nõgusläätsesega kehtib võrdus:

$$-\frac{1}{f} = \frac{1}{a} - \frac{1}{k}, \quad (2) \quad (2p)$$

kus f on selle peegli fookuskaugus (negatiivne) ja kumerpeegli fookuskaugus on seotud selle kõverusraadiusega R

$$-f = \frac{R}{2}. \quad (3) \quad (1p)$$

Kuna sfääri ümbermõõt on

$$c = 2\pi R \rightarrow R = \frac{c}{2\pi} \quad (4) \quad (1p)$$

siis saame seoseid (1) – (4) arvestades suurenduseks:

$$-\frac{2}{R} = \frac{1}{a} - \frac{1}{sa}$$

$$\frac{-4\pi}{c} = \frac{s-1}{sa} \rightarrow s = \frac{c}{c+4\pi a} \quad (1p)$$

$$s \approx 0,15 \quad (1p)$$

Ehk küünal on $\approx 6,7$ korda suurem kui tema kujutis. **(1p)**

Kui ülesanne on lahendatud graafilist ja põhjendatud leitud suurendus erineb alla 20%, siis anda maksimaalsed punktid.

3. LITTER 8p

Litter liigub kiirendusega $a = \frac{F_h}{m} = \frac{\mu N}{m} = \frac{\mu mg}{m} = \mu g = 0,49 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$, **(2p)** mis on algkiirusega vastassuunaline.

Mõistlik on kasutada nihke leidmiseks seost $s = \frac{v^2}{2 \cdot a} = \frac{v^2}{2 \cdot \mu g} = 9,18 \text{ m}$. **(2p)**

Samuti saab leida lahenduse aja abil, sest litter jääb seisma aja $t = \frac{v}{a} \approx 6,12 \text{ s}$ pärast.

Litri poolt seisma jäämiseni läbitud nihe $s = vt - \frac{at^2}{2} \approx 9,18 \text{ m}$.

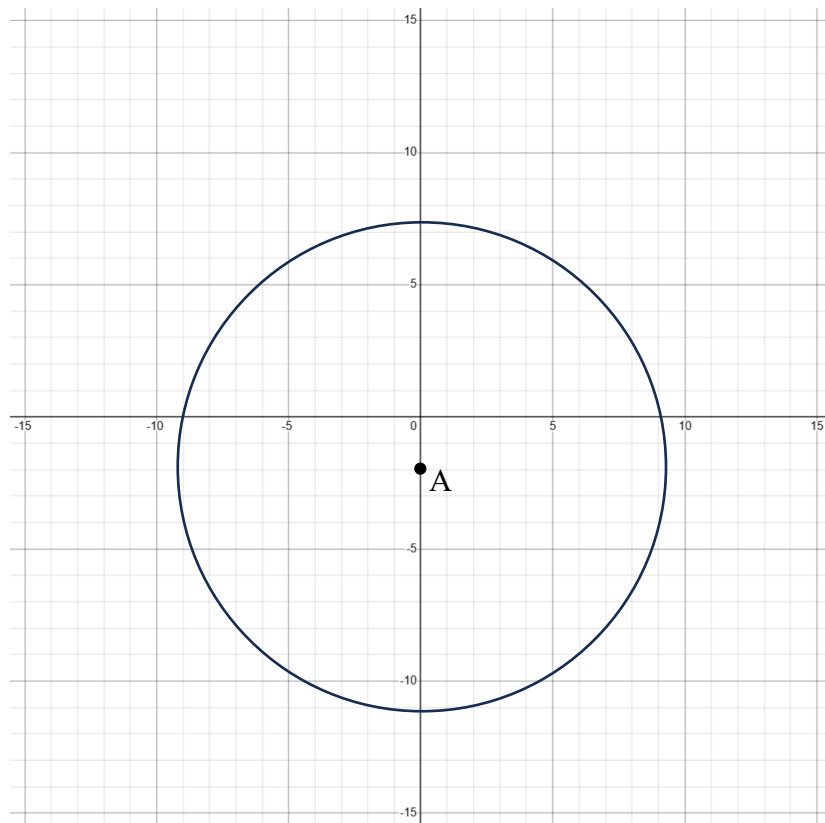
Alternatiivselt saab lahendada energiate abil:

Litrile antakse kineetiline energia $E_K = \frac{mv^2}{2}$, mis on võrdne hõõrdejõu tööga $A = F_h s = \mu g s$.

Siit litri poolt seisma jäämiseni läbitud nihe $s = \frac{mv^2}{2\mu mg} = \frac{v^2}{2\mu g} \approx 9,18 \text{ m}$.

Litri võimalikke asukohti märkivad punktid moodustavad ringjoone keskpunktiga $A(0; -2)$ ja raadiusega s , mille kanname joonisele. Negatiivne algkoordinaat rolli ei mängi. **(4p)**

(Kui õpilane märgib joonisele õigesti mõne litri võimaliku asukoha, näiteks punkti $(9,18; 0)$, aga võimalikku ringjoont ei märgi ega käsitle, siis selle osa eest punkte ei saa (maksimaalselt 4 punkti).



4. LED 8p

- a. Elektronide arvu leidmiseks tuleb kõigepealt leida kondensaatorisse salvestunud laeng mahtuvuse ja pinge abil

$$q_{\max} = CU_{\max} \text{ (1p)}$$

Laeng on aga seotud elektronide arvuga seosega

$$q = Ne \rightarrow N_{\max} = \frac{q_{\max}}{e} = \frac{CU_{\max}}{e} = 2,27 \cdot 10^{20} \text{ (2p)}$$

- b. Keskmine võimsus on leitav seosega:

$$N_k = \frac{|\Delta E_c|}{t}, \text{ (1p)}$$

kus ΔE_c on kondensaatori energia muutus, mis on leitav valemiga $E_c = \frac{CU^2}{2}$ (1p):

$$\Delta E_c = \left| \frac{CU_L^2}{2} - \frac{CU_A^2}{2} \right| = \frac{C}{2} (|U_L^2 - U_A^2|) \text{ (1p)}$$

Graafikult saame kondensaatori pinge alguses $U_A = 3,7 \text{ V}$ ning lõpus $U_L = 2,6 \text{ V}$ (0,5p) ning aja $t = 14 \text{ min} = 840 \text{ s}$ (0,5p), mil kondensaator tühjenes.

$$N_k = \frac{C}{2t} (|U_L^2 - U_A^2|) \approx 40 \text{ mW (1p)}$$

5. TELEKAPULT 10p

Leiame ühe footoni energia

$$\lambda = 940 \text{ nm} = 940 \cdot 10^{-9} \text{ m}$$

$$c = \lambda f \rightarrow f = \frac{c}{\lambda} \text{ (1p)}$$

$$E_\gamma = hf = \frac{hc}{\lambda} \text{ (1p)}$$

$$E_\gamma = \frac{6.63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{940 \cdot 10^{-9}} \approx 2,12 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

Vajalik fotovool signaali tekkimiseks on

$$I = 10 \text{ nA} = 1 \cdot 10^{-8} \text{ A}$$

Fotovool on seotud voolutugevuse valemiga

$$I = \frac{q}{t} = \frac{N_e e}{t} \text{ (1p)}$$

Kui 25% footonitest tekitab fotovoolu ehk lööb elektroni välja, siis on elektronide arv N_e seotud vastuvõtjale langevate footonite arvuga N_γ järgnevalt:

$$N_\gamma = \frac{N_e}{0,25} = 4N_e \text{ (1p)}$$

Kiirguse võimsus, mis vastuvõtjale fotovoolu tekitamiseks langema peab on

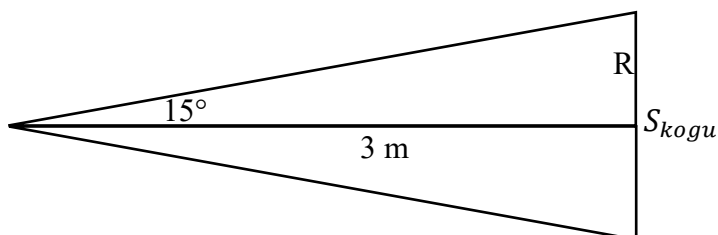
$$P = \frac{E}{t} = \frac{N_\gamma E_\gamma}{t} \text{ (1p)}$$

Aeg, mille jooksul elektronid liikuma hakkavad ja footonid langevad on sama siis saab voolutugevuse seose ja vastuvõtja võimsuse seosed kokku panna:

$$t = \frac{N_e e}{I}$$

$$P_{\text{vastuvõtja}} = \frac{N_\gamma E_\gamma I}{N_e e} = \frac{4E_\gamma I}{e} \text{ (1p)}$$

Telekapult tekitab footonite koonuse, kus kõik footonid jagunevad ühtlaselt ringjoone moodustanud pinnale S_{kogu} .



Ringi raadiuse leiame tekkinud kolmnurga või koonuse matemaatiliste seoste abil.

$$R = 3 \cdot \tan 15^\circ \approx 0,8 \text{ m (1p)}$$

$$S_{\text{kogu}} = \pi R^2 \approx 2,0 \text{ m}^2 \text{ (1p)}$$

Kuna footonid jaotuvad ühtlaselt kogu koonuse ulatuses, siis jaotub ka võimsus pindala kohta ühtlaselt ning vastuvõtja $S_{\text{vastuvõtja}} = 2 \text{ cm}^2 = 2 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$ ja kogu koonuse pindala suhe on sama, mis võimsuste suhe:

$$\frac{P_{\text{vastuvõtja}}}{P_{\text{pult}}} = \frac{S_{\text{vastuvõtja}}}{S_{\text{kogu}}} \rightarrow P_{\text{pult}} = \frac{S_{\text{kogu}}}{S_{\text{vastuvõtja}}} \cdot P_{\text{vastuvõtja}} \text{ (1p)}$$

$$P_{\text{pult}} = \frac{2,0 \text{ m}^2}{2 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2} \cdot \frac{4E_\gamma I}{e} \approx 5,3 \cdot 10^{-4} \text{ W} \approx 0,53 \text{ mW (1p)}$$