

FÜÜSIKAOLÜMPIAADI KOOLIVOOR 2022/2023 õ.-a.

LAHENDUSED 11. KLASSILE

1. SURMASÕLM (9 p)

Kõrgeimas punktis h mõjuvad kehale jõud

$$F_R = F \text{ (1p)}$$

$$mg = ma_k, \text{ (2p)}$$

kus $a_k = \frac{v_k^2}{R}$ (1p) ja $R = \frac{1}{2}h$ (1p).

Kehtima peab ka energia jäävus

$$E_{kin} = E_{pot} + E_k \text{ (1p)}$$

ja seetõttu

$$\frac{mv^2}{2} = mgh + \frac{mv_k^2}{2}. \text{ (2p)}$$

Asendades kõik vajalikud suurused, saame

$$v = \sqrt{\frac{5}{2}gh}, v \approx 12,1 \frac{m}{s} \text{ (1p)}$$

2. VAGUNID (12p)

NB! Kuna ülesannete lehel on teise vaguni liikumisvõrrand $x_2 = 30 - t + 4t^2$, siis vagunid ei põrku, kuna teine vagun pöörduv enne tagasi. Kui õpilane on teinud korrektsed kiirusevõrrandid ja liikumisvõrrandite ruutvõrrandi lahendamisel jõudnud järeldusele, et õigeid lahendeid pole ja vagunid ei kohtu kunagi, siis hinnata ülesande lahendus maksimaalsetele punktidele.

$$x_1 = 2t + 2t^2$$

$$x_2 = 30 - t - 4t^2$$

$$v'_1 = v'_2 = v'$$

$$m_1 = 2m_2$$

$$v' = ?$$

Kiiruse peale põrget saab leida impulsi jäävuse seadusest:

$$m_1v_1 + m_2v_2 = (m_1 + m_2)v' \text{ (1p)}$$

$$2m_2v_1 + m_2v_2 = (2m_2 + m_2)v' \quad 2v_1 + v_2 = 3v'$$

$$v' = \frac{2v_1 + v_2}{3} \text{ (1p)}$$

Tuleb leida kehade kiirused põrkumise hetkel.

Liikumisvõrranditest loeme välja vagunite algkiirused ja kiirendused: $x = x_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2}$
 $v_{01} = 2 \frac{m}{s} \quad a_1 = 4 \frac{m}{s^2} \quad v_{02} = -1 \frac{m}{s} \quad a_2 = -8 \frac{m}{s^2} \quad (2p)$

Nende põhjal koostame kiirusevõrrandid: $v = v_0 + at$
 $v_1 = 2 + 4t \quad v_2 = -1 - 8t \quad (2p)$

Kiiruste leidmiseks leiame liikumisvõrranditest vagunite põrkumise ajahetke. Vagunid põrkuvad hetkel, kui nende koordinaadid on võrdsed: $x_1 = x_2$

$2t + 2t^2 = 30 - t - 4t^2 \quad (1p)$
 $6t^2 + 3t - 30 = 0 \quad 2t^2 + t - 10 = 0 \quad \text{Lahendame ruutvõrrandi:}$
 $t = \frac{-1 \pm \sqrt{1 - 4 \cdot 2 \cdot (-10)}}{2 \cdot 2} = \frac{-1 \pm 9}{4} \quad t_1 = 2(s) \quad t_2 = -2,5(s) \text{ (ei sobi)} \quad (2p)$

Kiirusevõrranditest leiame kiirused hetkel 2s:

$v_1 = 2 + 4 \cdot 2 = 10 \left(\frac{m}{s}\right) \quad v_2 = -1 - 8 \cdot 2 = -17 \left(\frac{m}{s}\right) \quad (2p)$

Leiame ühise kiiruse peale põrget: $v' = \frac{2 \cdot 10 - 17}{3} = 1 \left(\frac{m}{s}\right) \quad (1p)$

3. PÄKAPIKUD (8p)

Tekstis esitatud tingimustel võib lugeda takistusjõud tühiseks ja kogu raskusjõu töö läheb keha kineetiliseks energiaks: (1p)

$A = Fs = mgh = \frac{mv^2}{2} \rightarrow v = \sqrt{2gh} = 14 \frac{m}{s} \quad (3 p)$

Kuna alguses omasid päkapikud energiat $E_0 = mgh = \frac{mv^2}{2}$, aga lõpus energiat $E_t = \frac{mv_t^2}{2}$. (1p)

Järelikult takistusjõudude töö on nende erinevus

$A_t = E_0 - E_t \quad (1p)$

Suhte leidmiseks tuleb takistusjõudude töö jagada esialgse energiaga:

$\eta = \frac{A_t}{E_0} = \frac{E_0 - E_t}{E_0} = \frac{mgh - \frac{mv_t^2}{2}}{mgh} = 1 - \frac{v_t^2}{2gh} \approx 0,67 \quad (2p)$

Takistusjõudude tööks läks ~ 67% esialgsest energiast.

4. KEEVITUSGAAS (8p)

Eeldame, et mõlema gaasi jaoks kehtib ideaalse gaasi olekuvõrrand

$$\frac{p_1 V}{T} = \frac{m_1}{M_1} R \rightarrow p_1 = \frac{m_1 R T}{M_1 V} \quad (0,5p) \qquad \frac{p_2 V}{T} = \frac{m_2}{M_2} R \rightarrow p_2 = \frac{m_2 R T}{M_2 V}, \quad (0,5p)$$

kus $V = 8l = 8 \cdot 10^{-3} m^3$, $T = 25 + 273 = 298K$, $p = 200 \text{ bar} = 2 \cdot 10^7 Pa$

$$M_1 = 44 \cdot 10^{-3} \frac{kg}{mol} \text{ ja } M_2 = 40 \cdot 10^{-3} \frac{kg}{mol}$$

Kõik teisendused annavad kokku (2p).

Gaasiballooni siserõhu annavad mõlema gaasi rõhud $p = p_1 + p_2$ (1p) ja gaaside suhe on

väljendatud nende masside järgi $\frac{m_1}{m_2} = \frac{0,82}{0,18} \rightarrow m_1 = \frac{0,82}{0,18} m_2$ (1p). Pannes eelnevad võrrandid

kokku saame:

$$p = \frac{m_1 R T}{M_1 V} + \frac{m_2 R T}{M_2 V} = \frac{R T}{V} \left(\frac{m_1}{M_1} + \frac{m_2}{M_2} \right) = \frac{R T}{V} \left(\frac{0,82}{0,18} \frac{m_2}{M_1} + \frac{m_2}{M_2} \right) \quad (1p)$$

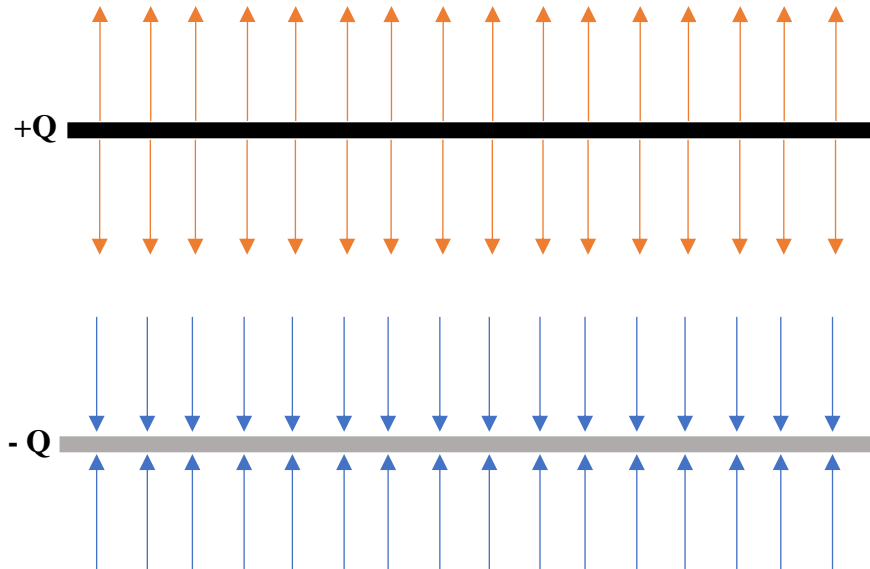
Tuletades selles võrrandist m_2 saame võrrandi:

$$m_2 = \frac{p V}{T R \left(\frac{0,82}{0,18 M_1} + \frac{1}{M_2} \right)} \approx 0,5 \text{ kg} \quad (1p)$$

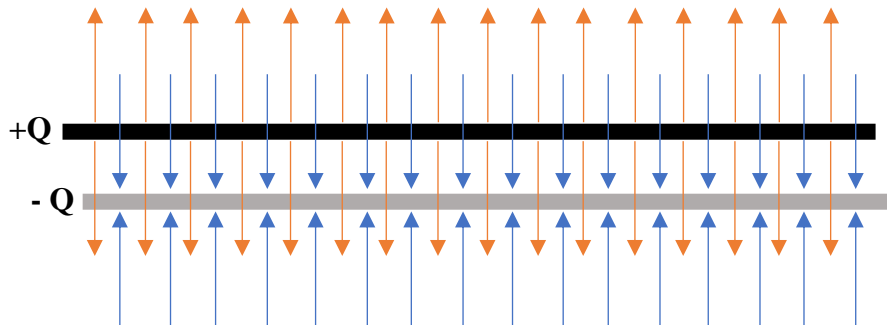
$$m_1 = \frac{0,82}{0,18} m_2 = 2,29 \text{ kg} \quad (1p)$$

5. PUNKTLAENGUD (9p)

1. Kuna üksik lõpmatu elektriliselt laetud plaat tekitab *homogeense* elektrivälja, on selle, jõujooned paralleelsed ja paiknevad joonisel võrdsete vahedega. Seega on väljatugevus jääv. Kuna plaatide laengud on arvuliselt võrdsed, erinevad positiivse ja negatiivse plaadi elektriväljad vaid suuna poolest ja on vastassuunalised. (vt. joonist)



2. Summaarset elektriväljatugevust leitakse superpositsiooniprintsiibi abil, st piltlikult asetatakse kaks joonist teineteise peale. Seda tehes on näha, et väljaspool plaate on kaks välja vastassuunalised, aga plaatide vahel samasuunalised. Seega väljaspool plaate elektriväli puudub. Plaatidevahelises ruumis on aga mõlemad väljad samasuunalised. Kuna plaatide laengud on absoluutväärtuselt võrdsed, on kogu väljatugevus plaatidevahelises ruumis kaks korda tugevam ühe plaadi tekitatud väljatugevusest, seega $2E$, ja ei olene, millist punkti plaatide vahel vaadelda.



3. Eelneva põhjal võib järeldada, et plaatide vahel mõjub laengule $+q$ elektrijõud $F = 2qe$. Väljaspool plaate asuvatele laengutele elektrijõudu ei mõju.

Lahenduse hindamisskeem

1. Joonisele on kantud summaarse elektrivälja suund plaatidevahelises ruumis (algavad positiivselt laetud plaadilt ja lõppevad negatiivselt laetud plaadil, **(1p)**)
2. on jõutud järeldusele, et väljaspool plaate elektriväli puudub **(1p)**. On esitatud mõttekäik, mis tehtud otsusele viib. **(1p)**. Seda otsust saab põhjendada erinevalt, nt plaatide süsteemi kui plaatkondensaatorit käsitledes.
3. on jõutud järeldusele, et plaatidevahelises ruumis kaks elektrivälja liituvad ja summaarne väljatugevus on $2E$ **(1p)**. On esitatud mõttekäik, mis tehtud otsusele viib. **(1p)** Seda otsust saab põhjendada erinevalt, nt plaatide süsteemi kui plaatkondensaatorit käsitledes
4. on leitud, et plaatidevahelises ruumis mõjub positiivsele punktlaengule $+q$ elektrijõud $F = 2qe$ **(1p)** ja kantud jõud vektorina joonisele või kirjeldatud, et jõud on suunatud on negatiivse laengu poole **(1p)**.
5. on leitud, et väljaspool plaate paiknevatele laengutele elektrijõudu ei mõju **(2p)**. Kui on öeldud, et neile mõjuvad omavahel võrdsed, kuid plaatide vahel olevale laengule erinevad jõud, panna 1 punkt .