

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)

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

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

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

$$m_1 = 2m_2$$

$$v' = ?$$

Kiiruse peale pörget 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 pörkumise hetkel.

Liikumisvõrranditest loeme välja vagunite algkiirused ja kiirendused:  $x = x_0 + v_0t + \frac{at^2}{2}$

$$v_{01} = 2 \frac{m}{s} \quad a_1 = 4 \frac{m}{s^2} \quad v_{02} = -1 \frac{m}{s} \quad a_2 = -8 \frac{m}{s^2} \text{ (2p)}$$

Nende põhjal koostame kiirusevõrrandid:

$$v = v_0 + at$$

$$v_1 = 2 + 4t \quad v_2 = -1 - 8t \text{ (2p)}$$

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

$$2t + 2t^2 = 30 - t - 4t^2 \text{ (1p)}$$

$$6t^2 + 3t - 30 = 0$$

$$t = \frac{-1 \pm \sqrt{1 - 4 \cdot 2 \cdot (-10)}}{2 \cdot 2} = \frac{-1 \pm 9}{4}$$

$$2t^2 + t - 10 = 0 \quad \text{Lahendame ruutvõrrandi:}$$

$$t_1 = 2(s) \quad t_2 = -2,5(s) \quad (\text{ei sobi})(2p)$$

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

### 3. PÄKAPIKUD (8p)

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

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

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

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

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

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:

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

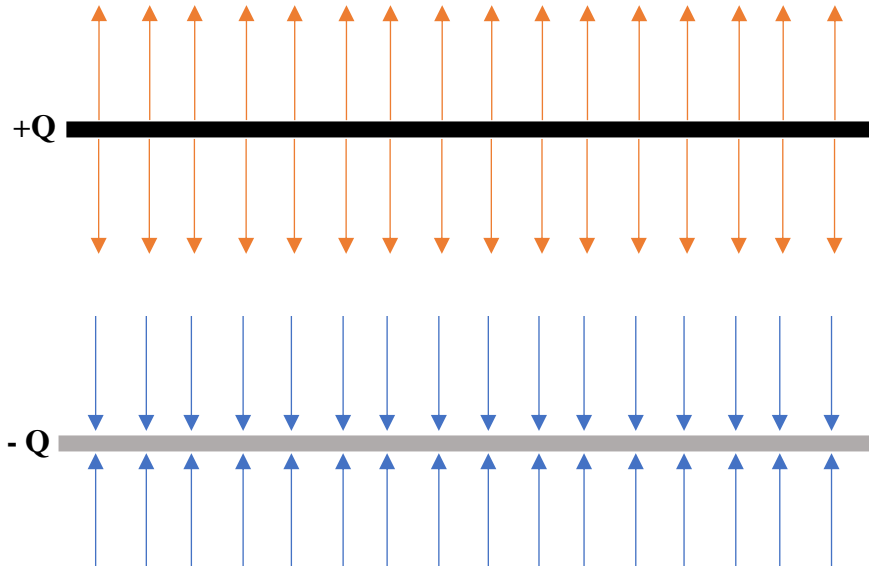
Tuletades selles võrrandist  $m_2$  saame võrrandi:

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

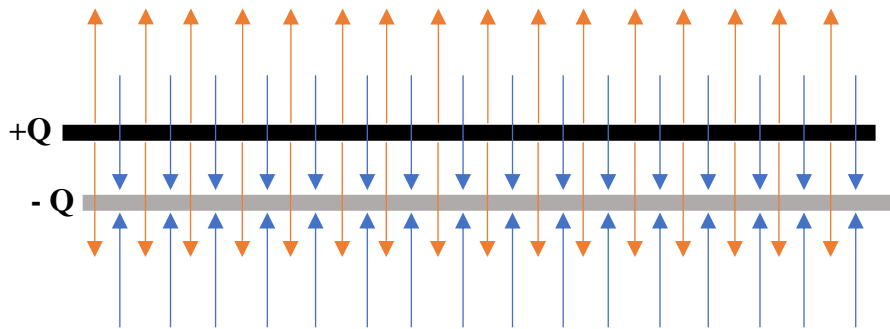
$$m_1 = \frac{0,82}{0,18} m_2 = 2,29 \text{ kg} \quad (\mathbf{1p})$$

## 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 tehakse näha, et väljaspool plaate on kaks välja vastassuunalist, aga plaatide vahel samasuunalist. Seega väljaspool plaate elektrivälja 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

- Joonisele on kantud summaarse elektrivälja suund plaatidevahelises ruumis (algavad positiivselt laetud plaadilt ja lõppevad negatiivselt laetud plaadil, **1p**)
- on jõutud järeldusele, et väljaspool plaate elektrivälja puudub (**1p**). On esitatud mõttekäik, mis tehtud otsusele viib. (**1p**). Seda otsust saab põhjendada erinevalt, nt plaatide süsteemi kui plaatkondensaatorit käsitledes.
- 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
- on leitud, et plaatidevahelises ruumis mõjub positiivsele punktilaengule  $+q$  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 .