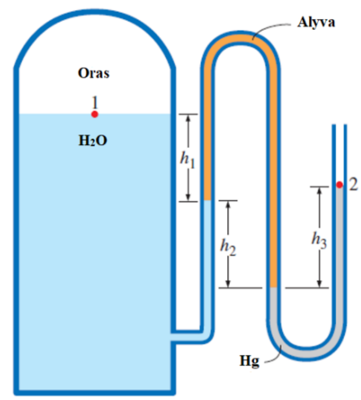
XXV prof. K. Baršausko fizikos konkursas

Kaunas, 2020-10-10

12 klasė (25 balai)

1. Uždavinys

Kalnuose 1400 m aukštuje, kur atmosferos slgis 85,6 kPa, yra uždaras indas užpildytas vandeniu ir oru. Inde esančio oro slėgis matuojamas skystiniu gyvsidabrio – alyvos manometru kaip pavaizduota pav. Pateikti aukščiai yra $h_1 = 0{,}1\,m$, $h_2 = 0{,}2\,m$, $h_3 = 0{,}35\,m$, o alyvos, gyvsidabrio ir vandens tankiai atitinkamai yra 0,86 g/cm^3, 13,60 g/cm^3 ir 1,00 g/cm^3. Rasti oro esančio inde slėgį. (3 balai)



Sprendimas.

Esant pusiausvyros sąlygoms, oro esančio inde ir skysčių stulpelių slėgių suma taške 2 (P_2) turi būti lygi atmosferos slėgui (P_{atm}):

$$P_1 + \rho_{H_2O} g h_1 + \rho_{alyva} g h_2 - \rho_{Hg} g h_3 = P_2 = P_{atm} \quad (1)$$

Iš (1) formulės gauname oro slėgio į vandens paviršių išraišką:

$$\begin{aligned} P_1 &= P_{atm} - \rho_{H_2O} g h_1 - \rho_{alyva} g h_2 + \rho_{Hg} g h_3 \\ &= P_{atm} + g\left(\rho_{Hg} h_3 - \rho_{H_2O} h_1 - \rho_{alyva} h_2\right) \end{aligned} \quad (2)$$

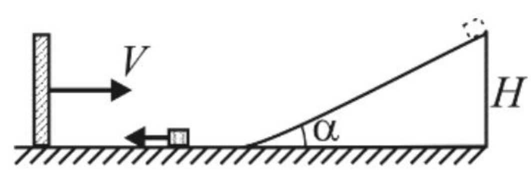
Įstačius skaitines vertes gauname:

$$P_1 = 8{,}56 \cdot 10^4 + 9.8(13600 \cdot 0.35 - 1000 \cdot 0.1 - 860 \cdot 0.2) = 1{,}3 \cdot 10^5\ Pa \quad (3)$$

Atsakymas. $1{,}3 \cdot 10^5\ Pa$

2. Uždavinys

Nuožulni H=0,8 m aukščio plokštuma su horizontu sudaro α = 30° kampą ir apačioje tolygiai pereina į horizontalų paviršių (pav.). Nuo plokštumos viršaus nuslysta mažas tašelis ir, pasiekęs plokštumos apačią, be trinties juda horizontaliu pavišiumi. Jam priešais juda labai didelės masės plieninė plokštė. Kokiu greičiu V turi judėti plieninė plokštė, kad po absoliučiai tamprаus susidūrimo su tašeliu, pastarasis vėl nuožulnia plokštuma pakiltų į aukštį H. Trinties koeficientas tarp nuožulnios plokštumos ir tašelio μ = 0.3. (5 balai)



Sprendimas

Tašelio slydimo metu trinties jėgos atliktas dabas $A = -Fs$ yra lygus tašelio mechaninės enegijos pokyčiui

$\frac{mu^2}{2} - mgH = A.$ (1)

Čia u – tašelio greitis plokštumos apačioje, trinties jėga $F = \mu mgcos\alpha$, tašelio poslinkis $s = \frac{H}{sin\alpha}$.

Gautas išraiškas įstatę į (1) formulę, gauname, kad

$u = \sqrt{2gH(1 - \mu ctg\alpha)}$ (2)

Analogiškai surandame minimalų tašelio greitį u_0, reikalingą jam pakilti į aukštį H:

$u_0 = \sqrt{2gH(1 + \mu ctg\alpha)}$ (3)

Kadangi tašelio susidūrimas su plokšte yra absoliučiai tamprus, tai po jo tašelio greitis bus:

$u_0 = u + 2V$ (4)

Į (4) lygtį įstatę (2) ir (3) išraiškas gauname kad

$V = \frac{1}{2}\left(\sqrt{2gH(1 + \mu ctg\alpha)} - \sqrt{2gH(1 - \mu ctg\alpha)}\right)$ (5)

Į (5) išraišką įstatę reikšmes gauname kad plokštės greitis turi būti 1,1 m/s.

Atsakymas. *V* = 1,1 m/s

3. Uždavinys

Kai oro temperatūra 36 ^oC, sočiųjų vandens garų slėgis 5,945 kPa. Santykinė oro drėgmė 80%, slėgis normalus. Kam lygi 1m^3 šio oro masė? (5 balai)

Sprendimas

Oro masė lygi sauso oro masės ir vandens garlų masių sumai

$m = m_H + m_o$

$m_H = \frac{M_H p_H V}{RT}$ $m_O = \frac{M_O p_O V}{RT}$

Slėgis

$p = p_H + p_o$

Vandens garams

$p_H = \frac{\varphi p_{soc}}{100\%}$

Sauso oro

$p_O = p - p_H = p$- $\frac{\varphi p_{soc}}{100\%}$

Oro masė

$$m = \frac{M_H p_H V}{RT} + \frac{M_O p_O V}{RT} = \frac{M_H \frac{\varphi p_{soc}}{100\%} V}{RT} + \frac{M_O (p - \frac{\varphi p_{soc}}{100\%}) V}{RT} = \frac{(M_O p + (M_H - M_O)\ \frac{\varphi p_{soc}}{100\%}) V}{RT}$$

Atsakymas. *m*=1,12 kg

4. Uždavinys

Azoto N_2 dujos, kurių slėgis p_1=10^5 Pa, užima V_1=2 m^3 tūrį. Pradžioje jos kaitinamos izochoriškai iki slėgio p_2=$5{\cdot}10^5$ Pa, o paskui izobariškai iki V_2=4 m^3 tūrio. Rasti vidinės energijos pokytį, atliktą darbą ir gautą šilumos kiekį. (4 balai)

Sprendimas

1-2 izochorinis $\Delta U = Q$

2-3 izobarinis $\Delta U = Q + A$

Izochorinio proceso $A = 0$

Izobariniam procesui

$A = p_2(V_2 - V_1) = 5{\cdot}10^5(4-2) = 10^6\ J$

$pv = \vartheta RT$

Vidinės energijos pokytis nuo proceso nepriklauso

$$\Delta U = \frac{i}{2}R\vartheta(T_2 - T_1) = \frac{i}{2}R\vartheta\left(\frac{p_2V_2}{\vartheta R} - \frac{p_1V_1}{\vartheta R}\right) = \frac{i}{2}(p_2V_2 - p_1V_1) = \frac{5}{2}(5\cdot 10^5\cdot 4 - 10^5\cdot 2)$$
$$= 4{,}5\cdot 10^6\ J$$

$Q = \Delta U + A = 5{,}5\cdot 10^6\ J$

Atsakymas. A=10^6 J, ΔU=$4.5{\cdot}10^6$ J, Q=$5{,}5{\cdot}10^6$ J.

5. Uždavinys

Plokščiame, teigiamai įelektrintame sluoksnyje elektros krūvis tolygiai pasiskirstęs visame tūryje. Krūvio tankis $\boldsymbol{\rho}$. Į šį sluoksnį krenta teigiamai įelektrinta dalelė kurios krūvis $\boldsymbol{q}$ ir kinetinė energija $\boldsymbol{W}$. Nustatyti įelektrinto sluoksnio storį, jei maksimalus kampas, kuriam esant dalelė dar gali pralėkti šį sluoksnį, yra $\boldsymbol{\alpha}$. Sluoksnio storis H daug mažesnis už jos plotą S. (5 balai)

Sprendimas

Bet kokio krūvio Q kuriamo elektrinio lauko E srautas per uždarą paviršių yra

$\Phi_E = \frac{Q}{\varepsilon_0}$. (1)

Be to plokštelės kuriamo E linijos statmenos jos paviršiui ir eina į abi puses. Tai

$Q = \rho SH$ (2)

Ir

$\Phi_E = 2ES$ (3)

Gauname, kad E plokštelės paviršiuje

$E = \frac{\rho H}{2\varepsilon_0}$ (4)

Gylyje x nuo paviršiaus E_x bus

$E_x = \frac{\rho(H-x)}{2\varepsilon_0} - \frac{\rho x}{2\varepsilon_0} = \frac{\rho}{2\varepsilon_0}(H - 2x)$ (5)

Iš (5) matome, kad gylyje lygiam pusei plokįtelės storio E=0. Be to, matome, kad E tiesiškai priklauso nuo x. Tuomet potencialų skirtumas tarp plokštelės paviršiaus ir taškų esančių pusės jos storio gylyje yra

$\Delta\varphi = E\frac{H}{4} = \frac{\rho H^2}{8\varepsilon_0}$ (6)

Kad dalelė įveiktų šį potencialių skirtumą ji turi turėti kinetinę energiją

$K = \frac{q\Delta\varphi}{cos^2\alpha} = \frac{q\rho H^2}{8\varepsilon_0 cos^2\alpha}$ (7)

Iš čia

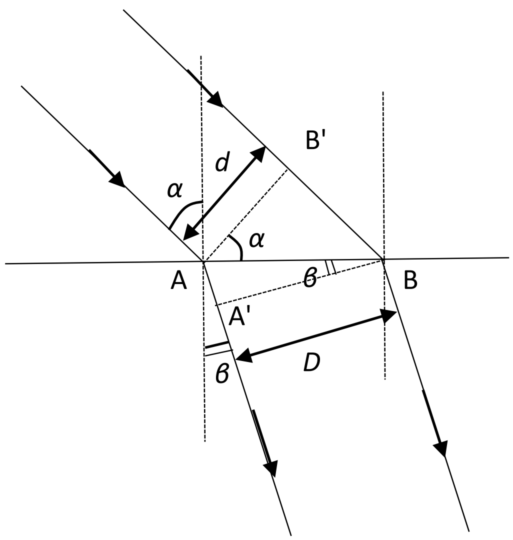
$H = 2cos\alpha\sqrt{\frac{2\varepsilon_0 K}{q\rho}}$ (8)

Atsakymas. $H = 2cos\alpha\sqrt{\frac{2\varepsilon_0 K}{q\rho}}$

6. Uždavinys

Lygiagrečių šviesos spindulių pluoštelis, kurio plotis $d = 1{,}0\ \text{cm}$, krenta kampu $\alpha = 45°$ į vandens paviršių. Koks yra sklindančios vandenyje šviesos spindulių pluoštelio plotis *D?* Vandens lūžio rodiklis $n = 1{,}33$. (3 balai)

Sprendimas



Braižome brėžinį.
Kritimo iš lūžio kampus (atitinkamai *α* ir *β*) riša Snelijaus (lūžio) dėsnis:

$$\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = n$$

Iš brėžinio trikampio ABB' aišku, kad

$$AB = \frac{d}{\cos\alpha}.$$

Iš trikampio ABA':

$$AB = \frac{D}{\cos\beta}.$$

Pasinaudodami tuo, kad

$\cos\alpha = \sqrt{1-\sin^2\alpha}$, o $\cos\beta = \sqrt{1-\sin^2\beta}$,

ir Snelijaus dėsniu, randame

$$D = d\,\frac{\cos\beta}{\cos\alpha} = d\sqrt{\frac{1-\sin^2\beta}{1-\sin^2\alpha}} = d\sqrt{\frac{1-\frac{\sin^2\alpha}{n^2}}{1-\sin^2\alpha}} = 1{,}0\sqrt{\frac{1-\frac{\sin^2 45°}{1{,}33^2}}{1-\sin^2 45°}} \approx 1{,}2\ (\text{cm}).$$