XLII LIETUVOS JAUNŲJŲ FIZIKŲ OLIMPIADA

X klasė

II ratas

1. **Elektrinis arbatinukas pilnas pripiltas 15°C temperatūros vandens ir įjungtas į elektros tinklą. Po 20 minučių pastebėta, kad pusė vandens nuvirė. Arbatinukas papildytas iki pilno tokiu pat šaltu vandeniu. Per kiek laiko jis dabar užvirs? Vandens savitoji šiluma 4,2 kJ/kg· K, o savitoji garavimo šiluma 2,3 Mj/kg.**

<u>**Sprendimas**</u>

Pažymėkime arbatinuko naudingąją galią N, arbatinuko vandens masę m, vandens savitąją šilumą c,, vandens savitąją garavimo šilumą r, pradinę vandens temperatūrą t_0, vandens virimo temperatūrą t. Per laiką τ_0 = 20 min. vandeniui užvirus ir pusei jo išgaravus, užrašome šilumos balanso lygybę:

$$N\tau_0 = cm(t - t_0) + \frac{m}{2}r. \qquad (1)$$

Per laiką τ turi užvirti nauja vandens masė m/2:

$$N\tau = \frac{1}{2}cm(t - t_0). \qquad (2)$$

(2) padalinę iš (1) išreiškiame τ: $\tau = \tau_0 \dfrac{c(t - t_0)}{c(t - t_0) + r}.$

Įrašę dydžių vertes į τ išraišką, gauname τ ≈ 2,37 min.

2. **Aerostatas leidžiasi žemyn pastoviu greičiu. Išmetus 5 kg balastą, jis ėmė kilti tokiu pat greičiu į viršų. Kokia oro pasipriešinimo jėga?**

<u>**Sprendimas**</u>

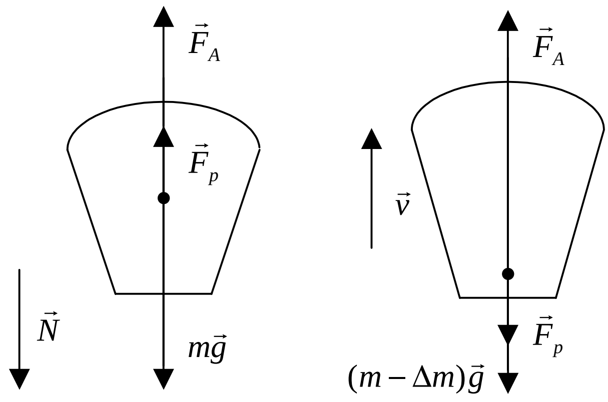
1 pav. pavaizduotą pastoviu greičiu $\vec{v}$ besileidžiantį aerostatą veikia jėgos: $m\vec{g}$ - sunkio, $\vec{F}_A$ - Archimedo, $\vec{F}_p$ - oro pasipriešinimo jėga.

Taigi $m\vec{g} + \vec{F}_A + \vec{F}_p = 0$, arba skaliarine forma

$$mg = F_A + F_p \qquad (1)$$

Išmetus Δm masės balastą, kai aerostatas tuo pačiu greičiu kyla, jį veikiančios jėgos pavaizduotos 2 pav. Šiuo atveju $(m - \Delta m)\vec{g} + \vec{F}_A + \vec{F}_p$ arba

$$(m - \Delta m)g = F_A - F_p \qquad (2)$$



1 pav. 2 pav.

3. **Autobusų stotelė yra kvadrato formos stogelis ant plonų atramų. Kvadrato kraštinės ilgis yra lygus stogelio aukščiui virš žemės. Lyjant lietui, kai iš šono pučia 10 m/s greičio vėjas, sušlampa pusė ploto, esančio po stogeliu. Kokiam vėjo greičiui esant sušlaps visas po stogeliu esantis plotas?**

<u>**Sprendimas**</u>

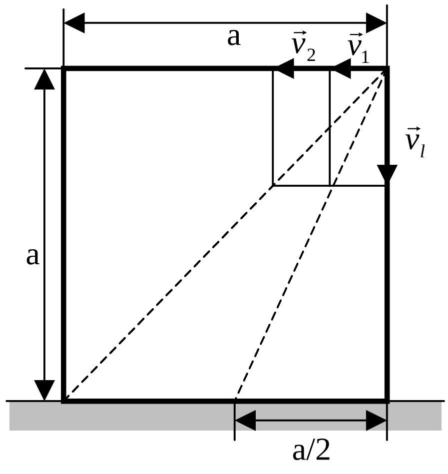
Pažymėkime stogelio ilgį bei stogelio aukštį nuo Žemės paviršiaus a (žr. pav.), vėjo greitį, kai sušlampa pusė ploto po stogeliu v_1, o kai sušlampa visas plotas po stogeliu – v_2. Lašų greitį vertikalia linkme pažymėkime v_l.

Akivaizdu, kad $\dfrac{v_1}{v_l} = \dfrac{a/2}{a}$

ir $\dfrac{v_2}{v_l} = \dfrac{a}{a}.$

Iš čia $v_2 = 2v_1$.

Taigi v_2 = 20 m/s.



4. **Salėje, kurios aukštis 7 m, mokinys spiria į viršų kietai pripūstą sviedinį, suteikdamas jam 1 m nuo grindų aukštyje 12 m/s greitį. Po kiek laiko sviedinys nukris ant grindų? Oro pasipriešinimo nepaisome.**

<u>**Sprendimas**</u>

Sviedinio kilimo ir kritimo trukmė yra ieškomasis laikas. Sviedinio koordinatė y, jam kylant, kis taip (atskaitos pradžia pasirenkamas grindų lygis):

$$y = y_0 + v_0 t - \frac{gt^2}{2}.$$

Čia y_0 = 1m, t – laikas, v_0 = 12 m/s, g = 9,8 m/s^2. Kai sviedinys pasiekia lubas, y=7m. Tuomet gauname lygtį

$$4{,}9t^2 - 12t + 6 = 0,$$

kurios sprendiniai t_1 = 0,7s, t_2 = 1,75s. Pirmasis sprendinys rodo, kad jei nebūtų lubų, tai jų lygyje sviedinys būtų kildamas, o antrasis sprendinys atitinka jo leidimąsi. Tardami, kad kietai pripūstas sviedinys nuo lubų atšoka tokiu pat greičiu, kokiu į jas trenkiasi, randame šį greitį

$$v = v_0 - gt_1 = 5{,}15 \text{ m/s}.$$

Norėdami apskaičiuoti kritimo iki grindų laiką, vėl užrašome lygtį sviedinio koordinatei:

$$0 = 7 - 5{,}15t - 9{,}8t^2/2.$$

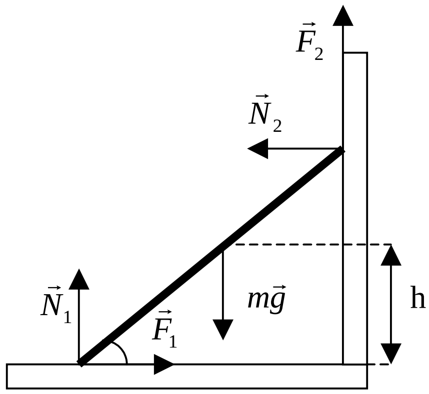
Ją išsprendę bei imdami tik fizikinę prasmę turinčią t_3 = 0,78s vertę, be to, nepaisydami smūgių į sviedinį bei lubas trukmių, gauname ieškomąjį laiką:

t_x = 0,7 + 0,78 =1,5s.

III ratas

5. **1,0 m ilgio gumbuota lazda gali stovėti atremta į vertikalią sieną, sudarydama kampą $\alpha \geq 60^0$ su grindimis. Kokiame aukštyje nuo grindų yra lazdos sunkio centras, kai $\alpha = 60^0$? Lazdos trinties koeficientas su siena ir grindimis 0,6.**

<u>**Sprendimas**</u>



Lazdą veikia tokios jėgos: sunkio jėga $m\vec{g}$, grindų reakcijos jėga $\vec{N}_1$, trinties į grindis jėga $\vec{F}_1$, sienos reakcijos jėga $\vec{N}_2$, trinties į sieną jėga $\vec{F}_2$.

Lazdai stovint, visų veikiančių ją jėgų ir jėgos momentų sumos lygios nuliui. Iš vertikaliųjų jėgų komponenčių sumos $mg=N_1+F_2$, iš horizontaliųjų – $F_1=N_2$.

Kadangi $F_1=\mu N_1$, $F_2=\mu N_2$, tai toliau galime užrašyti:

$$mg = N_2 \frac{1+\mu^2}{\mu},$$

$$N_2 = mg\frac{\mu}{1+\mu^2}.$$

Apskaičiavę jėgos momentus, pvz., apatinio lazdos galo atžvilgiu, gauname:

$$mghctg\alpha = N_2 l(\sin\alpha + \mu\cos\alpha).$$

Įrašę N_2 išraišką, surandame $h = l\dfrac{\mu tg\alpha(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)}{1+\mu^2} = 0{,}89m.$

6. **Į gyvsidabrio barometro vamzdelį patekus oro, gyvsidabrio stulpelio aukštis yra 742 mm, esant atmosferos slėgiui 762 mm Hg, o atstumas nuo gyvsidabrio paviršiaus iki vamzdelio viršutinio galo sudaro 50 mm. Koks atmosferos slėgis, kai tokio barometro gyvsidabrio stulpelio aukštis 728 mm? Temperatūra pastovi.**

<u>**Sprendimas**</u>

Pažymėkime vamzdelio skerspjūvio plotą S, pradinį oro stulpelio aukštį h, pradinį atmosferos slėgį ρgH_0, pradinį gyvsidabrio stulpelio aukštį H, pakitusį atmosferos slėgį $\rho gH_0'$, pakitusį gyvsidabrio stulpelio aukštį H‘. Pagal Boilio-Marioto dėsnį vamzdelio orui galime užrašyti:

$$Sh\rho g(H_0 - H) = S(h + H - H')\rho g(H_0' - H').$$

Iš čia

$$H_0' = H' + \frac{h(H_0 - H)}{h + H - H'}$$

kur H' = 744 mm, taigi p_0' = 744 mm Hg.

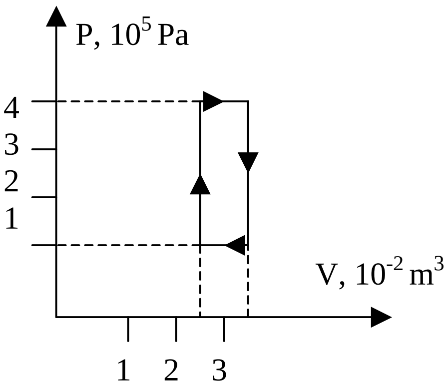
7. Turime du skirtingos temperatūros nesugraduotus termometrus. Kaip nustatyti, kuris iš jų šiltesnis?

Sprendimas

Jei abu termometrai vienodi, tai šiltesnio termometro stulpelis yra aukštesnis. Jei termometrai skirtingi, tai juos suglaudžiame, sudarydami tarp jų šiluminį kontaktą. Šiltesniojo termometro stulpelis leisis, o šaltesniojo – kils.

8. 1 molio dujų būsena keičiama pagal paveiksle pateiktą ciklą. Kokį darbą dujos atlieka vieno ciklo metu, ir koks šilumos kiekis tam sunaudojamas? Vyksmas idealus.

Sprendimas



Vieno ciklo metu dujų atliekamas darbas lygus ciklą išreiškiančios figūros plotui:

$$A' = (p_2 - p_1)(V_2 - V_1),\ A' = 1{,}5\,kJ.$$

Iš dujų būsenos lygties pV = RT randame aukščiausią ir žemiausią temperatūras, atitinkančias dešinįjį viršutinį ir kairįjį apatinį taškus:

$$T_2 = \frac{p_2 V_2}{R},$$

$$T_1 = \frac{p_1 V_1}{R}.$$

Šiluma gaunama pereinant iš kairiojo apatinio į dešinįjį viršutinį tašką. Tas šilumos kiekis bus lygus

$$Q = A_1 + \Delta U,$$

$$A_1 = p_2(V_2 - V_1),$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} R(T_2 - T_1).$$

Taigi

$$Q = p_2(V_2 - V_1) + \frac{3}{2}(p_2 V_2 - p_1 V_1) = \frac{5}{2} p_2 V_2 - \frac{3}{2} p_1 V_1 - p_2 V_1 = 16{,}25\,kJ.$$

9. Indas su vandenilio dujomis buvo įkaitintas tiek, kad 73% molekulių suskilo į atomus. Kuria dalimi reikia padidinti indo tūrį, kad vidutinis atstumas tarp dalelių būtų 10% mažesnis už pradinį atstumą?

Sprendimas

Tegul pradinis indo tūris V_1, o dujų molekulių skaičius N_1. Tada vidutinis atstumas tarp dalelių

$$s_1 = \sqrt[3]{\frac{V_1}{N_1}}.$$

Kai 73% vandenilio molekulių suskilo į atomus, dalelių skaičius tapo $N_2 = 1{,}73N_1$. Tada, esant tūriui V_2, vidutinis atstumas tarp dalelių

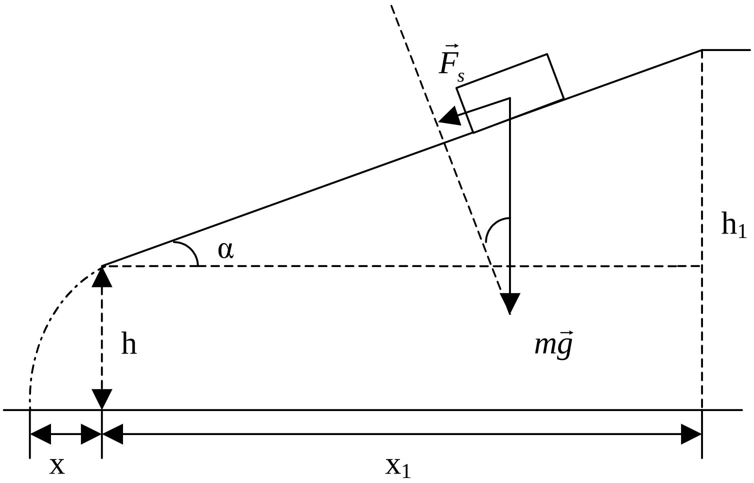
$$s_2 = \sqrt[3]{\frac{V_2}{N_2}}.$$

Iš sąlygos $s_2 = 0{,}9s_1$ gauname tūrių santykį

$$\frac{V_2}{V_1} = 0{,}9^3 \cdot 1{,}73 = 1{,}26.$$

10. Išmatuokite šilumos kiekį, išsiskyrusį per vieną sekundę, slystant kūnui nuožulniąja plokštuma. Panagrinėkite įvairius slydimo atvejus ir įvertinkite matavimo tikslumą. Priemonės: stovas su plokščiu laikikliu, medinė pailga lentelė, stiklinis plokščias tašelis, svarstyklės, liniuotė, plono porolono gabalėlis.

Sprendimas



Matavimo schema pavaizduota pav. Pasirenkame tokį plokštumos nuožulnumo kampą, kad baigiamąją slydimo kelio dalį tašelis judėtų tolygiai. Tokiu atveju šilumos kiekis, išsiskyręs per sekundę, lygus

$$q = F_s v,$$

kur v – tašelio greitis, o F_s – jo sunkio jėgos dedamoji, lygiagreti nuožulniajai plokštumai. Tolyginio judėjimo atveju ji lygi trinties jėgai

$$F_s = mg\sin\alpha.$$

Čia m – tašelio masė, g – laisvojo kritimo pagreitis, o α – plokštumo nuožulnumo kampas. Greitį v rasime, nagrinėdami tašelio tolimesnį judėjimą ore. Nesunku įsitikinti, kad greičio horizontalioji dedamoji

$$v_x = x\sqrt{\frac{g}{2h}},$$

kur x – tašelio poslinkis horizontaliąja kryptimi jam nukritus, o h – jo aukštis kritimo pradžioje. Kadangi

$$v = \frac{v_x}{\cos\alpha},$$

tai

$$q = \frac{mg^{\frac{3}{2}}x}{\sqrt{2h}}tg\alpha.$$

Pagal schemą

$$tg\alpha = \frac{h_1 - h}{x_1},$$

Todėl

$$q = \frac{mg^{\frac{3}{2}}x(h_1 - h)}{x_1\sqrt{2h}}.$$

Atstumus x, x_1, h ir h_1 išmatuojame liniuote, o masę m – svirtinėmis svarstyklėmis. Porolono gabalėlį naudojame tašelio kėlimo smūgiui sušvelninti. Aukštis h turi būti pakankamas , kad keitimo pradžiai greičio v_y galima būtų nepaisyti.

Pastaba: ši informacija interneto svetainėje www.olimpas.lt skelbiama nuo 2005 04 22