

25. Santykinės oro drėgmės matavimas ir jos priklausomybės nuo temperatūros tyrimas

Užduotis:

1. Išmatuoti santykinę oro drėgmę hidrostatišku ir kitų tipų drėgnomačiais (higrometrais).
2. Iširti santykinės oro drėgmės priklausomybę nuo temperatūros.

Pagrindiniai teoriniai klausimai:

1. Realiųjų dujų izotermės.
2. Sotieji garai ir jų slėgio priklausomybė nuo temperatūros.
3. Absoliutinė ir santykinė oro drėgmė, jų matavimo metodai.

Tyrimo metodika:

Absoliučiaja oro drėgme vadinamas ore esančių garų tankis, išreikštas gramais kubiniam metrui:

$$f = \rho \left[\frac{g}{m^3} \right]. \quad (1)$$

Pagal dujų būsenos lygtį jų tankis proporcingas slėgiui, todėl $f \sim p$. Įdomu pažymėti, kad vandens garų slėgį išreiškę gyvsidabrio stulpelio milimetrais, gausime skaičių, beveik lygų absoliutinės drėgmės vertei. Pavyzdžiui, kai $f = 17,2 g/m^3$, $p = 17,4 mmHg$. Todėl meteorologijoje absoliučioji drėgmė kartais matuojama šiais slėgio vienetais.

Santykinė oro drėgmė vadinamas absoliučiosios oro drėgmės ir prisotinto oro absoliučiosios drėgmės toje pačioje temperatūroje santykis:

$$r = \frac{f}{f_s}. \quad (2)$$

Kadangi sočiųjų garų slėgis p_s proporcingas jų tankiui ($f_s \sim p_s$), tai

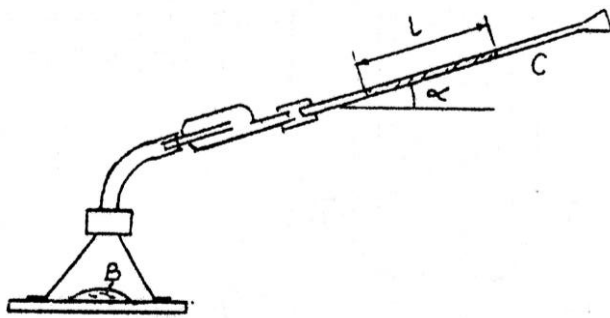
$$r = \frac{p}{p_s}. \quad (3)$$

Sočiųjų garų slėgio priklausomybė nuo temperatūros aprašoma eksponentine funkcija:

$$p_s = AkT^{3/2} e^{-\frac{u_1}{kT}}; \quad (4)$$

čia A – konstanta, k – Bolcmano konstanta, u_1 - energija, sunaudojama išgaruojant vienai molekulei. Taigi, izobarinio kaitinimo atveju santykinė drėgmė

$$r = \frac{p}{AkT^{3/2}} \cdot e^{\frac{u_1}{kT}}. \quad (5)$$



1 pav. Hidrostatinis higrometras.

Jame yra drėgnas vatos arba audeklo gabalėlis B. Hermetiškumui užtikrinti šlifas tepamas vakuuminis tepalu. Manometrines dalį sudaro kapiliaras su skysčiu, pritvirtintas prie milimetrinės skalės. Jo laisvojo galo 1 – 1,5 cm atkarpa užlenkta žemyn maždaug 45° kampu.

Vandeniui garuojant uždaramame inde, jo garų dalinis slėgis didėja nuo vertės p aplinkos ore iki sočiųjų garų slėgio p_s . Skysčio stulpelio slinkimą aukštyje stabdoma didindami nuožulnumo kampą α , kurį matuojame pritvirtintu kampamačiu. Pasiekus soties slėgį, pagal slėgių pusiausvyros sąlygą gaunama formulė

$$p_s - p = \rho g l \sin \alpha . \quad (6)$$

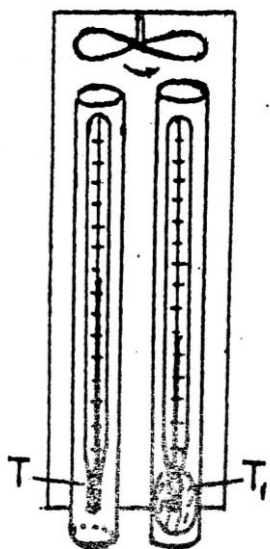
čia ρ - skysčio, esančio vamzdelyje, tankis, o l – jo stulpelio ilgis. Padaliję abi lygybės puses iš p_s , gausime, kad santykinė oro drėgmė:

$$r = 1 - \frac{\rho g l}{p_s} \sin \alpha . \quad (7)$$

Atliekant matavimą reikia stengtis, kad gaubtelis neįšiltų nuo rankų.

Asmano ir Augusto psichrometrai. Psichrometrais vadinami drėgmės matavimo prietaisai, sudaryti iš sausojo ir šlapiojo termometrų (2 pav.). Šlapiojo termometro galas apvyniojamas vata arba higroskopišku audeklu. Asmano ir Augusto psichrometrai skiriasi termometro drėkinimo ir vėdinimo būdais. Pirmuoju atveju drėkinama lašinant vandenį pipete, o vėdinama ventiliatoriumi. Antruoju – higroskopiška medžiaga pamerkama į indelį su vandeniu be specialaus vėdinimo. Vandeniui garuojant naudojama šiluma, todėl drėgnojo termometro temperatūra mažėja. Didėjant šio termometro ir aplinkos oro temperatūrų skirtumui, didėja ir šilumos pritekėjimas. Kai šilumos priteka tiek, kiek jos reikia vandens garinimui, sausojo ir šlapiojo termometrų temperatūrų skirtumas $T - T_1$ tampa pastovus. Termometro gautas per laiko vienetą šilumos kiekis proporcingas aplinkos ir jo temperatūrų skirtumui:

$$q = a(T - T_1) . \quad (8)$$

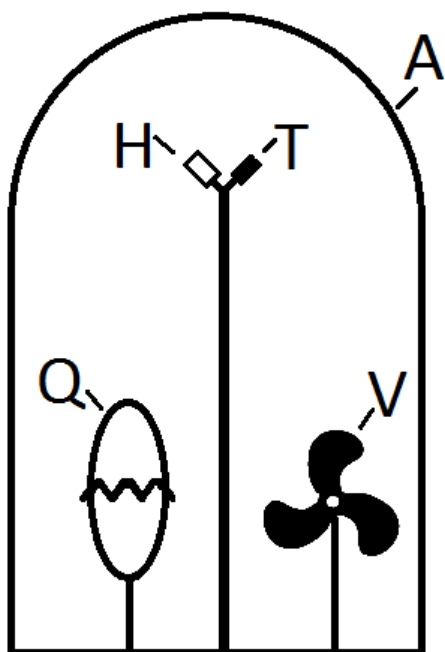


2 pav. Asmano psichrometro schema.

Kadangi $q = q_1$, tai iš (8) ir (9) lygčių gausime

$$p = p_1 - b(T - T_1)p_a; \quad (10)$$

čia $b = \frac{a}{a_1}$ - prietaiso konstanta. Sočiųjų garų slėgį p_1 rasime higrometrinėje



3 pav. Klimatinė kamera (A) su elektroniniu drėgnomačiu-termometru (H ir T), ventiliatoriumi (V) ir kaitintuvu (Q).

Garavimas vyks tuo intensyviau, kuo mažiau prisotintas oras garavimo temperatūroje. Šiuo atveju vanduo garuoja temperatūroje T_1 , todėl tam sunaudotas šilumos kiekis per laiko vienetą: $q_1 \sim p_1 - p$. Čia p_1 - sočiųjų garų slėgis temperatūroje T_1 . Be to, kuo didesnis atmosferos slėgis p , tuo didesnis molekulių tankis ir tikimybė, kad išgaravusi vandens molekulė po susidūrimo grįš atgal

atgal. Todėl, didėjant atmosferos slėgiui, šilumos sąnaudos mažės ir $q_1 \sim \frac{1}{p_a}$

Apibendrinami užrašysime

$$q_1 = a_1 \frac{p_1 - p}{p_a}. \quad (9)$$

lentelėje. Suradę joje ir sočiųjų garų slėgį p_s temperatūroje T , apskaičiuosime santykinę oro drėgmę. Santykinę drėgmę taip pat galima rasti panaudojant $r(T_1)$ ir $r(T)$ priklausomybių nomogramų tinklėlį, kuris pateikiamas kaip prietaiso charakteristika.

Elektroniniai drėgnomačiai. Jų veikimas gali būti pagrįstas kondensatoriaus talpos ar tam tikros medžiagos varžos kitimu keičiantis oro drėgnumui. Talpiniuose drėgnomačiuose matuojama kondensatoriaus, sudaryto iš dviejų plokštelių ir oro tarpo tarp jų, talpa. Keičiantis tarp kondensatoriaus plokštelių esančio oro drėgnumui keičiasi ir tokio kondensatoriaus talpa. Varžiniame drėgnomatyje matuojamas tam tikros medžiagos (keramikos ar laidaus polimero) varžos kitimas keičiantis ją supančio oro drėgnumui.

Darbo eiga:

Santykinės oro drėgmės matavimas hidrostatiiniu higrometru.

1. Naudodamiesi pipete išpūskite visą prieš tai atliktų tyrimų metu užsilikusį skystį iš vamzdelio.
2. Paimkite alyvos buteliuką, įleiskite į jį higrometro vamzdelį ir naudodami pipetę įtraukite alyvos. Stebėkite, kad įtraukto stulpelio ilgis būtų bent 2 cm. Alyvos stulpelis būtinai turi būti vientisas. Jei pildant vamzdelį skystis skyla į atskiras dalis – kartokite šią dalį, kol pavyks gauti vientisą alyvos stulpelį.
3. Sudrėkinkite duotos medžiagos gabalėlį ir padėkite jį po stikliniu gaubtu. Sukamaisiais judesiais stiklinį gaubtą sandariai prilipinkite prie metalinio pagrindo.
4. Galite pastebėti, jog iš karto alyvos stulpelis pradeda judėti. Pakelkite vamzdelį keletą laipsnių į viršų, kol sunkio jėgos dedamoji kompensuos vandens garų kuriamos stūmos jėgą. Užsirašykite išmatuotą kampą α . Naudodami (7) išraišką apskaičiuokite oro santykinį drėgnumą.

Santykinės oro drėgmės matavimas Asmano psichrometru.

5. Sudrėkinkite vieno iš termometrų apačioje esantį skudurėlį.
6. Įjunkite termometrų vėdinimo ventiliatorių.
7. Palaukite kol temperatūrų skirtumas tarp sausojo ir drėgnojo termometrų nusistovės ir apskaičiuokite santykinį oro drėgnumą.

Santykinės oro drėgmės priklausomybės nuo temperatūros tyrimas.

8. Sudrėkinkite duotos medžiagos gabalėlį ir užmaukite jį ant klimatinės kameros apačioje esančio laikiklio ir sukdami įstatykite jį į kamerą.
9. Įjunkite ventiliatorių ir palaukite kol drėgmė kameroje pakils bent iki 70%.
10. Išimkite iš klimatinės kameros drėgną medžiagos gabalėlį ir įjunkite kameros šildytuvą.
11. Užsirašykite santykinės drėgmės r vertes kas 2°C (nuo esamos kambario temperatūros iki maždaug 50°C).
12. Nubraižykite grafiką: abscisių ašyje atidėkite temperatūrą $T^{\circ}\text{C}$, ordinačių – santykinę drėgmę r .
13. Suformuluokite darbo išvadas.

Laboratorinio stendo fizikiniai parametrai:

$$\rho = (0,89 \pm 0,01) \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3;$$

Literatūra:

1. A. Medeišis „Mechanika, molekulinė fizika, elektra ir magnetizmas. Fizikos praktikumas.“, Vilnius, *Vilniaus universiteto leidykla*, 2000, 353 p.
2. J. Kaladė, V. Mickevičius, D. Grabauskas, „Termodinamika ir statistinė fizika“, Vilnius, *Mokslas*, 1982, 380 p.