

Ćwiczenie 105

Temat: POMIAR WILGOTNOŚCI POWIETRZA ZA POMOCĄ PSYCHROMETRU ASPIRACYJNEGO ASSMANNA.

I. Literatura:

1. Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki. Praca zbiorowa pod redakcją Tadeusza Rewaja.
2. <http://labor.zut.edu.pl/fileadmin/tabps.pdf> - tablice psychrometryczne.
3. <http://labor.zut.edu.pl/fileadmin/prpary.pdf> - prężność pary - tabela

II. Tematy teoretyczne:

1. Parowanie cieczy, para nasycona i nienasycona, prężność pary nasyconej, zjawisko rosy.
2. Zależność temperatury wrzenia cieczy od ciśnienia.
3. Wilgotność względna i bezwzględna, metody wyznaczania wilgotności powietrza.

III. Metoda pomiarowa:

Wilgotność względną powietrza wyznaczamy czterema metodami:

- a) wilgotność w_1 -za pomocą psychrometru aspiracyjnego Assmanna korzystając ze wzoru $p = p_m - 0,5(t_s - t_m)$ i tablicy umieszczonej w skrypcie (Lit. 1), w której umieszczono wartości prężności pary wodnej nasyconej w różnych temperaturach
- b) wilgotność w_2 -korzystając ze wskazań termometru suchego i mokrego oraz tablic psychrometrycznych umieszczonych na stanowisku i w Internecie (Lit. 2),
- c) wilgotność w_3 -za pomocą higrometru włosowego
- d) wilgotność w_4 -za pomocą higrometru pojemnościowego

IV. Zestaw przyrządów:

Psychrometr aspiracyjny Assmanna, higrometr włosowy, barometr rtęciowy, higrometr elektroniczny (pojemnościowy)

V. Kolejność czynności:

Uwaga: czynności opisane w podpunktach a-f oraz n-p muszą być wykonane w laboratorium, pozostałe podpunkty można opracować w domu.

Oznaczenia stosowane w tej instrukcji:

- p_0 – prężność pary nasyconej w temperaturze wskazywanej przez termometr suchy t_s (potrzebna w punkcie **j** tej instrukcji)
 p – prężność pary nienasyconej w temperaturze wskazywanej przez termometr suchy t_s (potrzebna w punkcie **j** tej instrukcji)
 p_m – prężność pary nasyconej w temperaturze wskazywanej przez termometr mokry t_m (potrzebna w punkcie **h** tej instrukcji)

- a) Zwilżyć muślin nałożony na zbiorniczek rtęci jednego z termometrów. Muślin znajduje się na zbiorniczku rtęci, pod odkręcaną metalową nasadką
- b) Uruchomić pompkę, nakręcając sprężynę mechanizmu zegarowego.
- c) Obserwować wskazania termometru mokrego i zanotować najniższą temperaturę t_m . Zazwyczaj trzeba kilka razy nakręcić mechanizm sprężynowy wiatraczka, aby maksymalnie schłodzić termometr.
- d) Zapisać temperaturę termometru suchego t_s .
- e) Czynności z punktów **a - d** powtórzyć co najmniej pięciokrotnie.
- f) Z barometru znajdującego się w laboratorium odczytać wartość ciśnienia atmosferycznego **b**.
- g) Z tablicy XIII w skrypcie (Lit. 1, str. 496) (<http://labor.zut.edu.pl/fileadmin/prpary.pdf>) odczytać prężności pary nasyconej dla dwóch temperatur:

Sposób odczytu z tablicy, z zastosowaniem aproksymacji, wartości p_m i wartości p_0 podany jest na końcu tej instrukcji

- h) Ze wzoru

$$p = p_m - 0,5 \cdot (t_s - t_m) \cdot \frac{b}{755}$$

obliczyć prężność pary nienasyconej p w temperaturze wskazywanej przez termometr suchy.

- i) Obliczyć niepewność prężności pary nienasyconej p ze wzoru

$$u(p) = \sqrt{u^2(p_m) + \left(0,5 \cdot \frac{b}{755}\right)^2 \cdot u^2(t_s) + \left(0,5 \cdot \frac{b}{755}\right)^2 \cdot u^2(t_m) + \left(0,5 \cdot \frac{t_s - t_m}{755}\right)^2 \cdot u^2(b)}$$

Niepewności standardowe $u(t_s)$, $u(t_m)$ i $u(p_m)$ obliczyć ze wzorów:

$$u(t_s) = \frac{\Delta t_s}{\sqrt{3}}, \quad u(t_m) = \frac{\Delta t_m}{\sqrt{3}}, \quad u(p_m) = \frac{\Delta p_m}{\sqrt{3}}$$

Δt_s , Δt_m - dokładność użytych termometrów,

Δp_m - połowa różnicy między dwiema sąsiednimi wartościami p_m możliwymi do odczytania z tablicy XIII (patrz przykład podany na końcu instrukcji)

j) Obliczyć wilgotność względną w_1 każdego pomiaru ze wzoru

$$w_1 = \frac{p}{p_0} \cdot 100\%$$

oraz jej niepewność $u_B(w_1) = w_1 \cdot \sqrt{\frac{u^2(p)}{p^2} + \frac{u^2(p_0)}{p_0^2}}$; $u(p)$ - obliczone w punkcie

i,

$$u(p_0) = \frac{\Delta p_0}{\sqrt{3}};$$

Δp_0 - połowa różnicy między dwiema sąsiednimi

wartościami p_0 możliwymi do odczytania z tablicy XIII (patrz przykład podany na końcu instrukcji)

k) Obliczyć wartość średnią \bar{w}_1 tak obliczonej wilgotności względnej.

l) Obliczyć niepewność standardową typu A wartości średniej \bar{w}_1

$$u_A(\bar{w}_1) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n=5} (w_{1i} - \bar{w}_1)^2}{5 \cdot (5-1)}}; \quad 5 - \text{liczba pomiarów}$$

średnią wartość niepewności typu B:

$$u_B(\bar{w}_1) = \frac{u_{B1}(w_1) + \dots + u_{B5}(w_1)}{5}$$

oraz niepewność całkowitą wartości średniej \bar{w}_1 :

$$u(\bar{w}_1) = \sqrt{u_A^2(\bar{w}_1) + u_B^2(\bar{w}_1)}$$

m) Obliczyć wilgotność względną w_2 korzystając z tablic podanych w Internecie <http://labor.zut.edu.pl/fileadmin/tabps.pdf> lub tabel przy stanowisku pomiarowym. Z tabeli tej odczytujemy wilgotność względną w %.

n) Odczytać wilgotność względną w_3 powietrza z higrometru włosowego

o) Odczytać wilgotność względną w_4 powietrza z higrometru elektronicznego.

p) Określić niepewności maksymalne wyznaczonych wilgotności względnych w_3 i w_4 .

q) Porównać i ocenić wartości wilgotności otrzymane różnymi metodami

Tabela pomiarów i wyników:

N r	t_m [°C]	t_s [°C]	p_o [mm Hg]	p_m [mm Hg]	p [mm Hg]	w_1 [%]	\bar{w}_1 [%]	w_2 [%]	\bar{w}_2 [%]	w_3 [%]	w_4 [%]
1											
2											
3											
4											
5											
Niepewności $u(w)$:											

$b[\text{mmHg}] = \dots\dots\dots$ (ciśnienie atmosferyczne)

Niepewność maksymalna odczytu z higrometru elektronicznego podana przez producenta wynosi 2,5%.

Przykład wyznaczania prężności i jej niepewności przy pomocy tablicy XIII. (<http://labor.zut.edu.pl/fileadmin/prparry.pdf>)

Mamy wyznaczyć prężność pary nasyconej dla przykładowej temperatury termometru mokrego $t_m = 16,3^{\circ}\text{C}$. Z tabeli możemy odczytać:

- dla temperatury $t_1 = 16^{\circ}\text{C}$ $p_{m1} = 13,63$
- dla temperatury $t_2 = 17^{\circ}\text{C}$ $p_{m2} = 14,53$

oznaczę $\Delta t = t_m - t_1 = 16,3^{\circ}\text{C} - 16^{\circ}\text{C} = 0,3^{\circ}\text{C}$
zatem:

$$p_m = p_{m1} + (p_{m2} - p_{m1}) \cdot \Delta t = 13,63 + (14,53 - 13,63) \cdot 0,3 = 13,9$$

a niepewność tego odczytu- (połowa różnicy skrajnych wartości):

$$\Delta p_m = \frac{p_{m2} - p_{m1}}{2} = 0,45$$

Prężność pary nasyconej p_o dla temperatury wskazywanej przez termometr suchy, wyznaczamy w sposób analogiczny.