

## 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  $p = p_m - 0,5(t_s - t_m) \cdot (b/1006,6)$  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 paru nasyconej w temperaturze wskazywanej przez termometr suchy  $t_s$  (potrzebna w punkcie **j** tej instrukcji)

$p$  – prężność paru nienasyconej w temperaturze wskazywanej przez termometr suchy  $t_s$  (potrzebna w punkcie **j** tej instrukcji)

$p_m$  – prężność paru nasyconej w temperaturze wskazywanej przez termometr mokry  $t_m$  (potrzebna w punkcie **h** tej instrukcji)

- Zwilżyć muślin nałożony na zbiorniczek rtęci jednego z termometrów. Muślin znajduje się na zbiorniczku rtęci, pod odkręcaną metalową nasadką
- Uruchomić pompkę, nakręcając sprężynę mechanizmu zegarowego.
- Obserwować wskazania termometru mokrego i zanotować najniższą temperaturę  $t_m$ . Zazwyczaj trzeba kilka razy nakręcić mechanizm sprężynowy wiatraczka, aby maksymalnie schłodzić termometr.
- Zapisać temperaturę termometru suchego  $t_s$ .
- Czynności z punktów **a - d** powtórzyć co najmniej pięciokrotnie.
- Z barometru znajdującego się w laboratorium odczytać wartość ciśnienia atmosferycznego **b**.
- Z tablicy XIII w skrypcie (Lit. 1, str. 496) (<http://labor.zut.edu.pl/fileadmin/prparry.pdf>) odczytać prężności paru nasyconej  $p_m$  dla temperatury termometru mokrego i  $p_0$  dla temperatury termometru suchego.  
*Sposób odczytu z tablicy, z zastosowaniem aproksymacji, wartości  $p_m$  i wartości  $p_0$  podany jest na końcu tej instrukcji*
- Obliczyć prężność paru nienasyconej  $p$  w temperaturze wskazywanej przez termometr suchy ze wzoru

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

*b- ciśnienie atmosferyczne należy podstawić mm Hg (tak jak w tablicy XIII)*

*- należy przeliczyć  $b[\text{mmHg}] = 0,75 \cdot b[\text{hPa}]$*

- Obliczyć niepewność prężności paru 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:*

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

*$\Delta t_s$ ,  $\Delta t_m$  - dokładność użytych termometrów,*

*$\Delta p_m$  - 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**,

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

$\Delta p_0$  - 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 $u(w)$ :											

$b[\text{hPa}] = \dots\dots\dots$  (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/prpary.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):

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

Gdyby przykładowa temperatura wynosiła  $16,0^\circ\text{C}$  (liczba całkowita), to aby obliczyć  $\Delta p_m$  należy  $p_{m1}$  i  $p_{m2}$  odczytać dla temperatur  $15^\circ\text{C}$  i  $16,0^\circ\text{C}$  oraz  $16,0^\circ\text{C}$  i  $17,0^\circ\text{C}$  i wybrać większą z różnic  $p_{m2} - p_{m1}$ .

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