

# 1. METODE DE MĂSURARE A TEMPERATURII

## 1.1 1.GENERALITĂȚI

### 1.1.1 1.1. Principii generale

Ca orice aparat de măsură, aparatele de măsurare a temperaturii sunt formate din:

- a) un element sensibil care prezintă o variație a unei mărimi fizice în raport cu variația temperaturii;
- b) un traductor însoțit de un amplificator, care transformă mărimea variabilă emisă de elementul sensibil într-o mărime a cărei variație să poată fi observată și măsurată;
- c) un instrument indicator, sau înregistrator care permite deplasarea unui indicator în dreptul unei scale gradate (aparat indicator) sau deplasarea unui vârf de înregistrare peste o bandă de hârtie cu mișcarea uniformă (aparat înregistrator), sau o combinație de aparat indicator - înregistrator.

După elementul sensibil, ca aparate de uz general pot fi enumerate:

- Termometre de dilatare liniară sau cu dilatare diferențială;
- Termometre cu dilatare volumică;
- Termometre cu bulb cu citire manometrică (termometre cu fluid dilatabil - gaz sau lichid - și termometre cu presiune de vapori);
- Termometre cu termoelemente (termocuple);
- Termometre cu rezistență electrică (cu punte echilibrată și cu punte dezechilibrată);
- Pirometre cu radiație (optice cu comparație și optice cu termoelemente).

După natura deplasării indicatorului, există:

- Aparare cu scală cu deplasare liniară a reperului;
- Aparare cu deplasare unghiulară (cu ac oscilant sau cu spot luminos);

Caracteristicile de bază ale instrumentelor de măsură a temperaturii sunt precizia și sensibilitatea.

Prin precizia unui termometru se înțelege valoarea intervalului de temperatură cuprins între două diviziuni alăturate ale scalei.

Precizia de gradare a unui termometru este cu atât mai mare cu cât între două gradații alăturate intervalul de temperatură este mai mic. De exemplu, un termometru cu gradare de 0.01 drd/div. Este mult mai precis decât unul cu gradare de 1 grd/div.

Prin sensibilitatea unui termometru se înțelege mărimea deviației indicatorului corespunzătoare la 1 grd variație a temperaturii. Este de dorit ca sensibilitatea să fie cât mai mare.

În cazul deplasării liniare a indicatorului cu  $\delta h$ , sensibilitatea este dată de raportul:

$$E = \frac{\delta h}{\delta t} \quad (1)$$

La instrumentele cu deviație unghiulară sensibilitatea se exprimă prin raportul:

$$E = \frac{\delta \varphi}{\delta t} \quad (2)$$

Sensibilitatea poate fi uniformă pe toată scala sau poate depinde de valoarea temperaturii.

## 1.1.2 1.2. Tipuri uzuale de aparate de măsura a temperaturii

### 1.1.2.1 1.2.1. Termometre de sticlă cu lichid

Această categorie de aparate se bazează pe dilatarea în volum a unui lichid, funcție de temperatură.

Dacă  $V_0$  este volumul lichidului la temperatura de  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , la temperatura  $t$  volumul va fi:

$$V = V_0(1 + \alpha \cdot t) = V_0 + \delta V \quad (3)$$

unde  $\alpha$  este coeficient de dilatare volumică a lichidului, definit prin:

$$\alpha = \frac{1}{V_0} \left( \frac{\delta V}{\delta t} \right) \quad (4)$$

Un termometru cu lichid este format din: (fig-1): rezervorul R de lichid dilatabil, capilarul R cu secțiunea  $\Omega$ , scala S gradată în unități de temperatură.

Elementul sensibil este format din lichidul dilatabil din rezervor, traductorul transformă dilatația volumică a lichidului în deplasarea liniară în capilar. Citirea se face pe scala liniară S indicatorul fiind format din capătul liber al coloanei de lichid din capilar. Citirea se face pe scala liniară S indicatorul fiind format din capătul liber al coloanei de lichid din capilar.

Termometrele cu lichide se realizează în două variante: cu imersie totală și cu imersie parțială. La termometrele cu imersie parțială se indică de obicei pe spatele scalei gradate adâncimea de imersie, care trebuie respectată în timpul măsurătorilor. Termometrele cu imersie totală au mențiunea pe spatele scalei, se recunosc după prezența unui sistem de agățare în partea superioară (un cârlig de prindere). După clasa de precizie, termometrele se clasifică în termometre de laborator și termometre tehnice sau industriale. Dilatarea  $\delta V$  a volumului lichidului din rezervor este corespunzătoare volumului de lichid din capilar, adică:

$$\delta V = V_0 \cdot \alpha \cdot \delta t = \Omega \cdot \delta h, \quad (5)$$

de unde sensibilitatea este dată de

$$E = \alpha \cdot \frac{V_0}{\Omega} = \frac{\delta h}{\delta t} \quad (6)$$

Se observă că sensibilitatea este cu atât mai mare cu cât rezervorul R are volumul mai mare și cu cât secțiunea  $\Omega$  a capilarului K este mai mică și depinde de valoarea coeficientului  $\alpha$  de dilatare în volum. Sensibilitatea E este uniformă pe toată scala dacă  $\alpha$  este constant în intervalul de temperaturi măsurabile cu termometrul respectiv și când capilarul K este uniform calibrat uniform pe toată lungimea.

- Verificarea termometrelor cu lichid.

Verificarea unui termometru cu lichid (E), se face cu ajutorul unui termometru de precizie N, considerat etalon. În vasul termostatic  $V_T$  se găsesc ambele termometre N și E (fig. 2). Datorită diferenței de dilatare a sticlei și a lichidului apar erori de indicație dacă corpul termometrului are o temperatură care diferă de temperatura de etalonare. Temperatura corpului este indicată de termometrul F.

Notatii:

Figura 1

- $t'_N$  = temperatura indicată de termometru etalon ( $^{\circ}\text{C}$ );
- $t'_E$  = temperatura indicată de termometrul supus verificării ( $^{\circ}\text{C}$ );
- $t_N, t_E$  = temperaturile corectate indicate de cele două termometre N și E ( $^{\circ}\text{C}$ );
- $t_F$  = temperatura medie a sticlei termometrului și a lichidului din capilar.

Corectarea coloanei de lichid

$$t_N = t'_N + n \cdot \gamma \cdot (t'_N - t_F);$$

$$t_E = t'_E + n \cdot \gamma \cdot (t'_E - t_F) \quad (7)$$

unde:

$n$  = numărul de diviziuni ale scalei din afara lichidului din vas;

$\gamma$  = coeficientul relativ de dilatare sticlă/ lichid de măsură;

$\gamma = 1/6100$  pentru sticlă/mercur;

$\gamma = 1/1000$  pentru sticlă /alcool sau sticlă/toluen.

Eroarea absolută

$$\Delta t_a = t_E - t_N \quad (8)$$

Eroarea relativă procentuală:

$$\Delta t_r = (t_E - t_N) \cdot 100 / t_N \quad (9)$$

### 1.1.2.2 1.2.2 Termometre manometrice (cu bulb)

Sunt aparate cu citire la scala unui manometru gradat în grade de temperatură. Se realizează după două principii deosebite:

- termometre cu dilatare și citire manometrică;
- termometre cu presiune de vapori.

Construcția de principiu a ambelor tipuri este asemănătoare și este reprezentată în fig.3.

R este rezervorul cilindric (bulb) în care se găsește fluidul sensibil, K este un capilar iar M un manometru cu scală gradată în  $^{\circ}\text{C}$ .

#### 1.1.2.2.1 1.2.2.1. Funcționarea termometrului cu dilatare

Bulbul R, capilarul K și capsula elastică a manometrului M sunt pline cu lichid sau gaz cu un coeficient de dilatare cât mai constant posibil în domeniul de temperaturi de măsurat.

La temperatura de  $^{\circ}\text{C}$  presiunea din sistem este  $p_0$ .

La temperatura  $t$  presiunea va fi:

$$p = p_0 + \delta p = (1 + \beta \cdot t), \quad (10)$$

unde  $\beta = \frac{1}{p_0} \left( \frac{\delta p}{\delta t} \right)_v$  este coeficientul de compresibilitate izocoră a fluidului de măsurat.

În cazul în care termometrul este umplut cu un gaz (considerat ca gaz perfect),  $\beta$  este constant de unde (legea lui ? )

Figura 2

Figura 3

$$\frac{p}{p_o} = \frac{T}{T_o} \quad (11)$$

De obicei termometrele manometrice sunt de tip industrial cu o precizie de măsură relativ redusă (1 div = 5 °C).

Sensibilitatea

$$E = \frac{d\varphi}{dt} = f(p) \cdot \frac{dp}{dt} = f(p) \cdot p_o \cdot \beta \quad (12)$$

fiind un produs dintre sensibilitatea manometrului ( $\frac{d\varphi}{dt} = f(p)$ )

și sensibilitatea fluidului de lucru  $\frac{dp}{dt} = p_o \cdot \beta$

#### 1.1.2.2 1.2.2.2. Termometre cu presiune de vapori cu citire manometrică

Elementul sensibil este constituit din vaporii umezi ai lichidului de măsură (amestec de lichid saturat și de vapori saturați). Dependența dintre presiune și temperatura este ilustrată în fig.4. Bulbul (rezervorul) R este umplut parțial cu lichid volatil iar restul rezervorului precum și capilarul și capsula manometrului sunt pline cu vaporii saturați ai fluidului. Dacă temperatura crește, o parte din lichid se vaporizează și mărește presiunea din spațiul de vapori provocând deviația acului manometrului. Precizia este asemănătoare cu a termometrelor manometrice cu dilatare. Sensibilitatea este de obicei neuniformă.

$$E = \frac{d\varphi}{dt} = \frac{d\varphi}{dp} \cdot \frac{dp}{dt} = f(p) \cdot f(t), \quad (13)$$

unde f(p) reprezintă sensibilitatea manometrului, iar f(t) sensibilitatea elementului sensibil. După fig. 4 se observă că sensibilitatea crește o dată cu creșterea temperaturii (datorită formei curbei p = f(t)).

#### 1.1.2.3 1.2.3. Termometre cu termoelemente (cu termocuple)

Termocuplul sau termoelementul este un ansamblu format din două sârme din metale diferite sudate la ambele capete (fig.5). Dacă una din suduri (sudura rece) este menținută la temperatura de °C iar cealaltă sudură la temperatura t (t > 0) (sudura caldă), în circuit va apare un curent termoelectric (1) (efectul Peltier - Tomson), dependent de temperatura t și de natura termocuplului. Dacă e este tensiunea electromotoare care provoacă apariția curentului i în circuitul cu rezistența R, (i =

Figura 5

Figura 6

$e/R$ ) tensiunea termoelectromotoare  $e$  va depinde de temperatura după o relație de forma:

$$e_t = at + bt^2 \quad (14)$$

unde  $a$  și  $b$  sunt constante dependente de natura termocuplului.

Funcție  $e = f(t)$  este reprezentată în fig. 6. Punerea în evidență a curentului termoelectric se poate obține prin montajul din fig. 7 unde  $mV$  este un microampermetru montat pe una din sârme. Dacă  $r_i$  este rezistența internă a instrumentului,  $r_L$  este rezistența "de linie" a firelor de legătură iar  $r_T$  este rezistența termocuplului,

$$e = r_i \cdot i + (r_L + r_T)i = U + R_{ext} \cdot i \quad (15)$$

unde  $U$  este căderea de tensiune la bornele milivoltmetrului (cu scala gradată în milivoltți) iar  $R_{ext}$  este rezistența externă a circuitului ( $r_L + r_T$ ).

Dacă instrumentul se leagă în locul sudurii reci (fig.8) aceasta va avea temperatura  $t_0$  a mediului în care se află instalația. În acest caz, dacă se notează cu  $\theta$  diferența de temperatură dintre cele două suduri ale termocuplului ( $\theta = t - t_0$ ), tensiunea termoelectromotoare ce ia naștere datorită acestei diferențe de temperatură va fi exprimată prin relația:

$$e = f_{(\theta)} = a'\theta + b' \cdot \theta^2 = A + Bt + Ct^2 \quad (16)$$

Pentru montajul din fig.7 ( $t_0 = 0^\circ C$ ), curba  $e = f_{(t)}$  este obținută prin translația spre stânga cu distanța  $t_0$  a curbei  $e = f(\theta)$  de mai sus. Pentru temperatura  $t = \theta + t_0$ , tensiunea termoelectromotoare va fi:

$$e_t = e_g + \delta_e = e_{\theta+t_0} \quad (17)$$

Cele prezentate sunt redete în fig. 9.

Dacă se obține curba  $e$  (vezi lucrarea "Etalonarea termocuplelor") se poate **transla** apoi, prin translație spre stânga cu  $t_0$ , a curbei,

$$e = f(t) \quad (18)$$

Este evident că dacă se lucrează cu montajul din fig.7. ( $t_0 = 0^\circ C$ ), forța termoelectromotoare corespunzătoare temperaturii  $t = \theta + t_0$  va fi mai mare decât aceea determinată cu montajul din fig. 8. pentru aceeași temperatură  $t$ , cu cantitatea

$$\delta_e = a' \cdot t + b' \cdot t_0 (2 \cdot t + t_0) \quad (19)$$

Precizia de gradare, exprimată prin raportul grad/diviziune, este de obicei aceeași pentru toată scala.

Sensibilitatea montajului

$$E = \frac{d\varphi}{dt} = \frac{dn}{dt} = \frac{dn}{de} \cdot \frac{de}{dt}, \quad (20)$$

unde  $\frac{dn}{de}$  este sensibilitatea electrică a instrumentului pentru instrumentele magneto-electrice (cu

magnet permanent) sensibilitatea este de obicei constanta:  $\frac{dn}{de} = K$ ;  $\frac{de}{dt}$  este sensibilitatea

termocuplului. Prin diferențierea tensiunii electromotoare în raport cu temperatura se

obține:  $\frac{de}{dt} = a + 2b \cdot t$  de unde sensibilitatea montajului

rezultă:

$$E = \frac{dn}{dt} = K(a + 2b \cdot t) \left[ \frac{\text{diviziuni}}{\text{grad}} \right] \quad (21)$$

Sensibilitatea crește liniar cu temperatura.

#### 1.1.2.4 1.2.4. Termometre cu rezistența electrică (cu termorezistență)

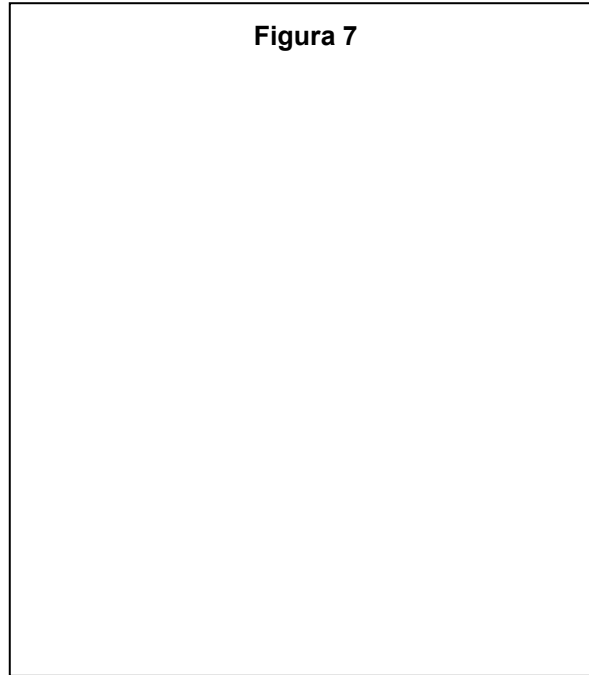


Figura 7

Rezistența electrică  $R$  a unui conductor variază funcție de temperatură după o ecuație de forma:

$$R = R_0(1 + a \cdot t + b \cdot t^2) \quad (22)$$

unde  $R_0$  este rezistența conductorului electric la temperatura de  $0 = ^\circ\text{C}$  iar  $a$  și  $b$  sunt constante dependente de natura materialului termorezistenței. La termometrele cu rezistență variabilă, elementul sensibil este termorezistența (de obicei un fir calibrat din cupru sau platină bobinat într-un singur strat pe o baghetă izolantă astfel că spiralele vecine să nu facă contact electric). În fig. 10 este reprezentată dependența dintre rezistență și temperatură.

Termorezistența este montată într-o punte Whestone echilibrată sau dezechilibrată.

Determinarea temperaturii cu puntea echilibrată este folosită în special la măsuri de laborator. Schema de principiu este ilustrată în fig. 11. Puntea este alcătuită din două rezistențe fixe ( $R_1$  și  $R_2$ ), termorezistența variabilă  $R_t$  și o rezistență reglabilă  $R_x$ . Pe o diagonală puntea este alimentată de o sursă de energie electrică  $E$ , iar pe cealaltă diagonală ( $a$ - $b$ ) este montat un galvanometru sensibil  $G$ . Condiția de echilibru a punții (prin  $G$  să nu treacă curent electric) este ca  $U_a = U_b$ . Rezistența variabilă (termorezistența  $R_t$ ) este de obicei montată în opoziție cu rezistența reglabilă  $R_x$ . Echilibrul se realizează dacă se satisface egalitatea:

$$R_t \cdot R_x = R_1 \cdot R_2 = K \text{ sau } R_x = \frac{K}{R_t} \quad (23)$$

Creșterea rezistenței  $R_t$  este compensată prin micșorarea rezistenței variabilei  $R_x$  care posedă o scală gradată în grade de temperatură. Montajul este echilibrat la temperatura de  $0 ^\circ\text{C}$ , indicatorul rezistenței stă pe diviziunea 0. Prin introducerea termorezistenței în mediul cu temperatura  $t$ , aceasta mărindu-și valoarea față de  $R_0$  va dezechilibra puntea (între  $a$  și  $b$  va apare o diferență de potențial electric care provoacă devierea acului galvanometrului  $G$ ). Prin manipularea rezistenței variabile  $R_x$  se readuce acul la zero (citire de zero) și se citește valoarea temperaturii în dreptul reperului  $R_x$ .

Galvanometrul este un instrument foarte sensibil față de trepidații. Pentru măsurători tehnice se preferă să se folosească punți dezechilibrate (fig. 12). Puntea este echilibrată la temperatura de  $0 ^\circ\text{C}$  sau de  $20 ^\circ\text{C}$ . Prin creșterea rezistenței  $R_t$ , între  $a$  și  $b$  apare o diferență de potențial electric  $U_G$  cu atât mai mare cu cât crește mai mult  $R$  față  $R_0$ ;

$$U_G = V_a - V_b = R_t \cdot i_1 - R_x \cdot i_2 = R_G \cdot i_G \quad (24)$$

pentru determinarea ecuației

$$P_t = f(t = R_o(1 + a \cdot t + t^2)) \quad (25)$$

este necesar să se determine numai două necunoscute: a și b dependente de natura termorezistenței. Sunt necesare numai două puncte, cunoscând  $R_o$ , dacă se măsoară rezistența R pentru două temperaturi  $t_1$  și  $t_2$  se obține sistemul de două ecuații:

$$R_1 = R_o(1 + a \cdot t_1 + b \cdot t_1^2) , \quad (26)$$

$$R_2 = R_o(1 + a \cdot t_2 + b \cdot t_2^2) , \quad (27)$$

Dacă notăm:  $X_1 = \frac{1}{t_1} \left( \frac{R_1}{R_o} - 1 \right)$  și  $X_2 = \frac{1}{t_2} \left( \frac{R_2}{R_o} - 1 \right)$  ,

Sistemul devine:

$$a + b \cdot t_1 = X_1 \quad (28)$$

$$a + b \cdot t_2 = X_2 \quad (29)$$

și are ca soluții:

$$a = \frac{X_1 \cdot t_2 - X_2 \cdot t_1}{t_2 - t_1}; \quad b = \frac{X_2 - X_1}{t_2 - t_1} \quad (30)$$

## 1.2 2. INSTALAȚIA DE LABORATOR

este prezentată în fig.13.

Figura 8

Poate fi urmărită cu ajutorul legendei de mai jos:

$V_T$  - vas termostatic pentru etalonare în care se găsesc:

N - termometrul etalon; E - termometrul de etalonat; F - termometrul pentru capilar;  $R_T$  - termorezistența variabilă;  $T_C$  - termocuplul; B - rezervorul (bulbul) manometrului M;  $V_V$  - conducta de preaplin. Vasul este izolat termic prin camașa C. Legăturile electrice ale termocuplului și ale termorezistenței sunt legate la o cutie (placă) de conexiuni, S - serpentina pentru apa de răcire; r - robinetul pentru deschis și închis circuitul apei de răcire; PE - pupitru de comandă; B - becurile de control ale alimentării electrice; I - întrerupătorul general;  $I_1$  - întrerupătorul încălzitorului R.

Grupul de control la distanța al elementelor sensibile:

M - manometrul termometrului; mV - milivoltmetrului termocuplului T<sub>c</sub> cu transformatorul T<sub>1</sub>  $\left[ \frac{220}{6} V \right]$  pentru spotul luminos indicator și cu comutatorul K<sub>2</sub> de blocaj al milivoltmetrului; L - logometrul termorezistenței R<sub>T</sub> cu alimentatorul T<sub>2</sub> (6V c.c.) stabilizat cu cutia de rezistențe în decade (R<sub>n</sub>) și cu comutatorul K<sub>1</sub> de legatura a logometrului cu termorezistența R<sub>t</sub> (poziția a) sau cu cutia de rezistențe (poziția b).  
 Obs. cu comutatorul K<sub>1</sub> se substituie rezistența variabilă R<sub>t</sub> prin rezistența în decade R<sub>n</sub> (măsură rezistenței prin substituție). Săgețile hașurate atrag atenția asupra comutatoarelor K<sub>1</sub> și K<sub>2</sub>.  
 Alimentatorul T<sub>2</sub> poate fi un redresor stabilizat sau baterie.

### 1.3 3. EFECTUAREA LUCRĂRII

- 3.1. Se controlează starea tehnică a instalației, în vasul de încălzire V<sub>T</sub> să fie apă suficientă, cele două întrerupătoare de pe panoul de comandă să fie apăstate pe capătul inferior, cutia R<sub>n</sub> cu rezistențe în decade să arate o rezistență de 110-120 ohmi, starea tehnică a racordurilor electrice, starea tehnică a grupului de măsură montat pe puntea de deasupra vasului termostatic V<sub>T</sub>, etc.
- 3.2. Se scot capacele vasului termostatic, se introduce cordonul de alimentare în priză și se apasă pe partea de sus a întrerupătorului I (rețea). Becul de deasupra se aprinde. Pe scala milivoltmetrului apare pata luminoasă, acul logometrului arată o indicație oarecare. Dacă nu apare pata luminoasă se va controla dacă cordonul transformatorului T<sub>1</sub> este introdus în priza de sus din stânga "scala instrumente". Dacă apar defecțiuni se avertizează cadrul didactic îndrumător.
- 3.3. Reglajul gradației inițiale a milivoltmetrului mV: se scoate unul din cele două fire legate la bornele + și - se rotește comutatorul K<sub>2</sub> al milivoltmetrului pe poziția de lucru (poz. A din fig.13).
- Se rotește șurubul de aducere la zero (cu foarte multă finețe și răbdare) iar dacă nu se poate aduce reperul la zero el poate fi lăsat la o gradație cât mai apropiată de zero. Se notează gradația inițială cu n<sub>0</sub> diviziuni (va intra în calculele de corecție). Se schimbă comutatorul K<sub>2</sub> în poziția b (pentru protecția instrumentului contra șocurilor) se montează la loc firul desfăcut mai înainte și se pune K<sub>2</sub> iar în poziția de lucru (a nu se lovi milivoltmetrul în timpul lucrării).
- 3.4. Măsurarea rezistenței conductorului de legătură din circuitul termorezistenței: se apasă capătul din stânga al comutatorului K<sub>1</sub> de pe cutia de rezistențe în decade (poz. b) prin această cutie este legată la instrument în locul termorezistenței. Se manevrează butoanele cutiei (R<sub>x0,1</sub>; R<sub>x10</sub> și eventual R<sub>x10</sub> ohmi) până ce acul logometrului se va fixa exact pe diviziunea 0 de pe scală.
- Se citește valoarea rezistenței la cutie și se scade valoarea rezistenței de 100 ohmi a termorezistenței. Diferența este rezistența R<sub>L</sub>, a legăturilor. R<sub>L</sub> se notează pentru a fi luat ulterior în calcul. Apoi se introduce în circuit termorezistența apăsând pe partea dreaptă a comutatorului K<sub>1</sub> (poz. a). Acul se va opri la o temperatură practic egală cu cea arătată de termometrele din vasul termostatic.
- 3.5. Se va măsura temperatura t<sub>0</sub> a milivoltmetrului (punând pe el un termometru de interior). t<sub>0</sub> va fi temperatura sudurii reci a termocuplului care va intra în calculul de corecție.
- 3.6. Se umple vasul termostatic VT cu apă până la nivelul permis de conductă de prealpin V<sub>v</sub>.
- 3.7. Se citesc și se notează indicațiile inițiale ale aparatelor (în tabla de valori citite).
  - t'<sub>N</sub> = temperatura citită a termometrului etalon N (°C);
  - t'<sub>E</sub> = temperatura citită la termometrul E de etalonat (°C);
  - t'<sub>F</sub> = temperatura citită la termometrul F de corecție (°C);



- $t_p$  = temperatura citită la termometrul M ( $^{\circ}\text{C}$ );
  - $n'$  = indicația de pe scala milivoltmetrului (div.);
  - $t_R$  = temperatura indicată de acul logometrului ( $^{\circ}\text{C}$ );
  - $R'$  = rezistența circuitului termorezistenței  $R_T$  (ohmi).
- Obs. Pentru citirea rezistenței  $R'$  se va proceda astfel: se notează exact poziția acului; se comută brusc  $K_1$  spre stanga substituindu-se termorezistența prin  $R_n$ ; acul va executa un salt și se va opri la o indicație oarecare; prin manevrarea butoanelor cutiei decadale se readuce acul exact acolo unde se găsesc după reglajul lui  $R_n$  (dacă se observă o diferență de poziție se reia operația). Ultima poziție a lui  $K_1$  este spre dreapta (poz.a). Se citește și se notează valoarea  $R'$  a rezistenței.
  - 3.8. Pornirea încălzirii. Se apasă pe partea de sus a întrerupătorului “încălzitor” ( $I_1$ ) și becul de deasupra lui se aprinde.
  - 3.9. Oprirea încălzirii pentru citiri la o temperatura dorită: încălzirea se oprește cu circa 0,5 grade înainte de valoarea propusă. Când se observă că temperatura staționează cel puțin un minut se vor citi și nota în tabel valorile indicate la punctul 7 după care se pornește din nou încălzirea până la atingerea temperaturii următoare.

Obs.: Se vor face determinări la temperaturile 30  $^{\circ}\text{C}$ , 40  $^{\circ}\text{C}$ , 50  $^{\circ}\text{C}$ , 60  $^{\circ}\text{C}$ , 70  $^{\circ}\text{C}$  și 80  $^{\circ}\text{C}$ . Valorile citite se vor trece în tab.1.

- 3.10. Perioada finală: după ultima citire, încălzitorul fiind oprit se deschide robinetul apei de răcire. Se notează din minut în minut temperatura  $t'_N$  cca.15 minute după care citirile continuă la intervale de 2 minute până la terminarea sesiunii de laborator.
- Este de dorit ca temperatura apei să fie adusa la valoarea de la începutul lucrării. Valorile citite se trec în tabelul 2.
- 3.11. Oprirea instalației; se apasă pe partea de jos a întrerupătorului general (I), se scoate cordonul electric din priză, se rotește comutatorul  $K_2$  al milivoltmetrului în poziția “Blocat” (poz.b) și se închide robinetul apei de răcire.

**Tab.1. Valorile citite la încălzire**

Nr. crt.	$t'_N$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]	$t'_E$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]	$t'_F$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]	$t_p$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]	$n'$ [div]	$t_R$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]	$R'$ [ohmi]
1.							
2.							
3.							
4.							
5.							
6.							

**Tab.2. Determinarea vitezei de răcire**

$\sigma_{[\text{min}]}$							
$t'_N(^{\circ}\text{C})$							
$\frac{\delta_t}{\delta_\sigma} \left[ \frac{\text{grd.}}{\text{min}} \right]$							

## 1.4 4.PRELUCRAREA DATELOR

### 1.4.1 4.1.Determinarea temperaturii $t_c$ cu ajutorul termocuplului

Tensiunea termoelectromotoare se calculează cu relația  $e = K \cdot n'$  ( $k$  - constanta montajului, în cazul instalației din laborator  $K = 0,02624$ )

În diagrama din fig.14. se translează spre dreaptă curba  $e = f(t)$  a termocuplului din instalație, cu distanța  $t_0$  (temperatura mediului ambiant) obținându-se curba  $e = f(\theta)$  de pe care se poate citi temperatura  $t$  (vezi exemplu de pe figura). Valorile obținute se trec în tabelul 3.

Tab.3

$n'$ (div)	
este [mV]	
$t_c$ (°C)	

**1.4.2 4.2. Calculul temperaturilor corectate  $t_N$  și  $t_E$ , se face cu relațiile:**

?

**1.4.3 4.3. Calculul erorilor termometrelor, se face cu ajutorul relațiilor:**

$$e_E = \frac{t_E - t_N}{t_N} \cdot 100; e_p = \frac{t_p - t_N}{t_N} \cdot 100; e = \frac{t_R - t_N}{t_N} \cdot 100; e_{tc} = \frac{t_c - t_N}{t_N} \cdot 100$$

unde  $n_N$  și  $n_E$  reprezintă numărul de diviziuni cuprinse între nivelul apei din vas și suprafața superioară a coloanei de mercur pentru temperaturile citite la termometrul etalon N respectiv la termometrul de etalon E.

Rezultatele obținute se trec în tab.4.

Tab. 4.

$n_N$ [div]	$t_N$ [°C]	$n_E$ [div]	$t_E$ [°C]	$e_E$ [%]	$e_p$ [%]	$e_R$ [%]	$e_{tc}$ [%]

**1.5 5.Exemplu de calcul**

Tabel cu date citite la încălzire

Nr. crt.	$t'_N$ [°C]	$t'_E$ [°C]	$t_F$ [°C]	$t_p$ [°C]	$n'$ [div]	$t_R$ [°C]	$R'$ [ohmi]
1.	30	30,5	18	29	12	31	112
2.	40	39,7	18	41	16	40,8	115
3.	50	50,7	18	51,5	21	49,5	119,5

Tabel cu date citite la răcire

$\sigma_{min}$	0	1	2	3	4	5	6
$t$ [°C]	51	47	43,2	39,3	35,5	31,5	27,6
$\frac{\delta_t}{\delta\sigma}$ [ $\frac{grad}{min}$ ]		4	3,8	3,9	3,8	4	3,9

Determinarea temperaturilor cu ajutorul termocuplului

$n'$ [div]	12	16	21
$e$ [mV]	0,31488	0,41984	0,57728
$t_c$ [°C]	32	40	51

Tabel cu date prelucrate

$n_N$ [div]	$t_N$ [°C]	$n_E$ [div]	$t_E$ [°C]	$e_E$ [%]	$e_p$ [%]	$e_R$ [%]	$e_{tc}$ [%]
12	30,02	11,5	30,5	0.16	-0,03	0,03	0,06
22	40,08	20,7	39,77	-0,5	0,05	0,02	0,001
32	50,16	31,7	50,18	0,003	0,03	0,05	0,016

### **1.6 MĂSURI DE PROTECȚIA muncii și a aparaturii**

- Instalația nu prezintă pericol pentru cei ce o manevrează dacă racordurile electrice sunt în stare bună;
- Se va controla starea tehnică a ștecherelor, prizelor, conductorilor electrici. Instalația este legată la pământ;
- Nu se admit mutari ale aparatelor din instalație (milivoltmetrul de exemplu este foarte sensibil la șocuri);
- Nu se deschide complet robinetul apei de răcire, rezistența hidraulică a serpentinei vasului este destul de mare așa încât presiunea din conducta de alimentare cu apa poate arunca uneori furtunul de pe racordul de intrare în vasul încălzitor;
- La încheierea lucrării se va avea grijă să se deconecteze instalația de la rețeaua electrică și să se închidă robinetul apei de răcire.