

Student: .....  
 Specializarea: .....  
 Grupa: .....  
 Data: .....

## REFERAT PENTRU LUCRAREA DE LABORATOR CUPTOR ELECTRIC CU REZISTOARE

**1. Scopul lucrării:** oferă studenților posibilitatea de a se familiariza cu construcția cuptoarelor cu rezistoare, cu circuitele de reglare a temperaturii, regimurile de funcționare și parametrii acestora, calculul pierderilor termice în regim staționar, dimensionarea unui element încălzitor de putere cunoscută

### 2. Desfășurarea lucrării

**2.1** Se vor identifica elementele constructive a trei variante de cuptoare electrice cu rezistoare din laborator. Se vor preciza: tipul elementului încălzitor, materialele de izolație termică, modul de transmitere a căldurii de la elementul încălzitor la materialul de încălzit.

Cuptorul 1: Cuptor *Standard System*

---



---



---

Cuptorul 2: Cuptor *SEKOM*

---



---



---

Cuptorul 3: Cuptor *Electrolux*

---



---



---

**2.2** Determinați diametrul (dimensiunile secțiunii) și lungimea firului (benzii) unui rezistor din compunerea elementului încălzitor, pentru care se cunosc:

Tabelul 1

$P_f$ [W]	$U_f$ [V]	$\theta_p$ [°C]	$\theta_r$ [°C]	Material piesă	Tip constructiv rezistor	Secțiune transver. rezistor
	230					circulară / dreptunghiulară

Caracteristici de material: (Anexa 6.3)  $\epsilon_r = \dots\dots\dots$   $\alpha_{ef} = \dots\dots\dots$   
 (Anexa 6.4)  $\rho_{20} = \dots\dots\dots$   $\alpha_\rho = \dots\dots\dots$

$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8}$  – constanta Stefan-Boltzmann

$T_r = \theta_r + 273 = \dots\dots\dots$   $T_p = \theta_p + 273 = \dots\dots\dots$

$\rho = \rho_{20} [1 + \alpha_\rho (\theta_r - 20)] = \dots\dots\dots$

$P_s = \epsilon_r \alpha_{ef} \sigma (T_r^4 - T_p^4) = \dots\dots\dots$

- rezistor de secțiune transversală circulară:

$$d = \sqrt[3]{\frac{4\rho P_f^2}{\pi^2 U_f^2 P_s}} = \dots\dots\dots$$

$$L = \sqrt[3]{\frac{U_f^2 P_f}{4\pi\rho P_s^2}} = \dots\dots\dots$$

- rezistor de secțiune transversală dreptunghiulară:

$$b = \sqrt[3]{\frac{\rho P_f^2}{2m(m+1)U_f^2 P_s}} = \dots\dots\dots$$

$$L = \sqrt[3]{\frac{mU_f^2 P_f}{4(m+1)^2 \rho P_s^2}} = \dots\dots\dots$$

**2.3** Definiți noțiunile de câmp de temperatură, regim termic staționar și constantă de timp.

---



---



---



---

**2.4** Pentru instalația experimentală din laborator se va determina lungimea firului rezistiv al unui element încălzitor, știind că la alimentare cu tensiunea  $U_f = 230V$ , în regim staționar, la temperatura  $\theta_r = 900^\circ C$ , dezvoltă o putere de  $P = 300W$ . Elementul încălzitor este realizat din fir Cr20-Ni80, cu diametrul  $d = 0,26 mm$ .

**2.5** Se va prezenta, pe scurt, funcționarea instalației electrice dată în figura 1.

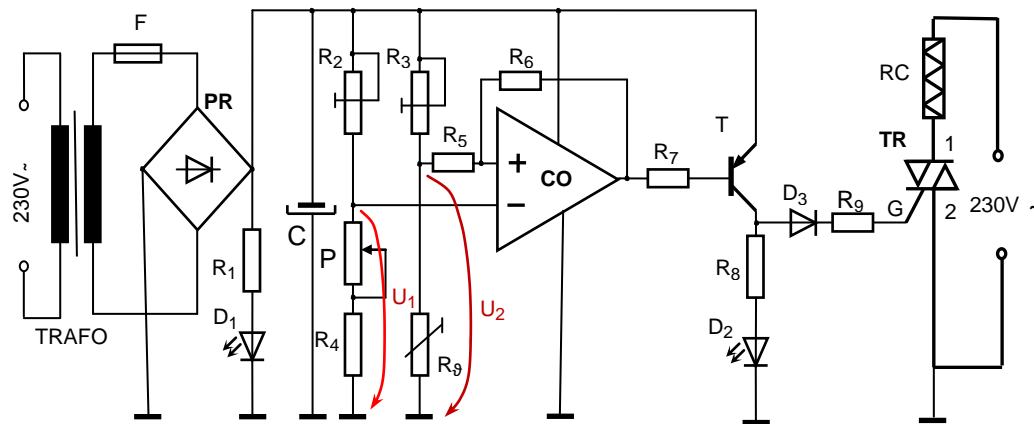


Fig. 1

---



---



---



---



---

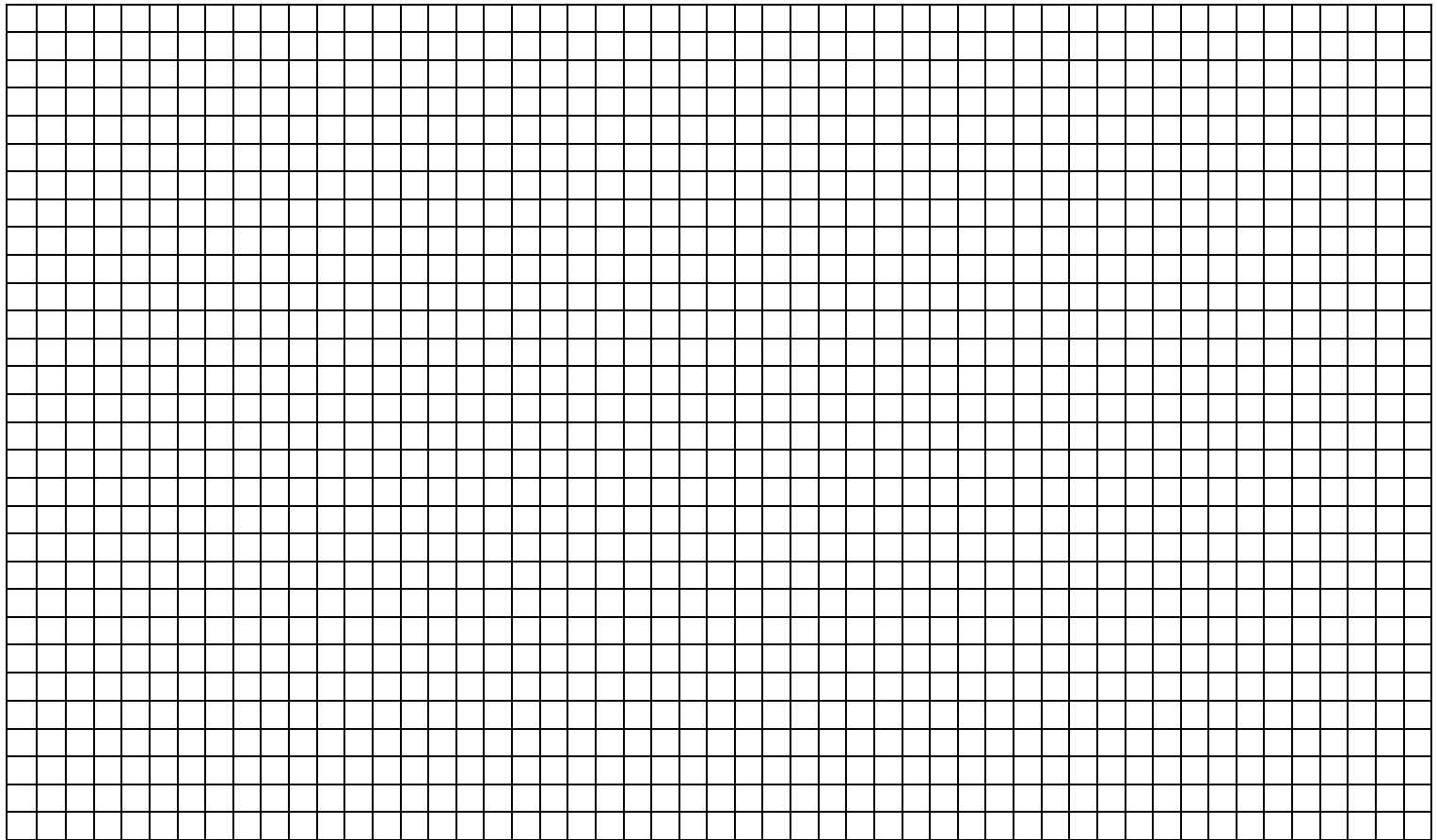


---

**2.6** Notați valoarea temperaturii din incinta cuptorului la intervale de 0,5 minute, cu marcarea momentelor în care regulatorul de temperatură bipozițional intervine în cadrul procesului (momente marcate de aprinderea și stingerea LED-ului roșu). Trasați curba de încălzire  $\theta_i = f(t)$  a cuptorului electric cu rezistoare cu încălzire indirectă.

Tabelul 2

t[min]	0	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9
$\theta$ [°C]																	
t[min]	9,5	10	10,5	11	11,5	12	12,5	13	13,5	14	14,5	15	15,5	16	16,5	17	17,5
$\theta$ [°C]																	
t[min]	18	18,5	19	19,5	20	20,5	21	21,5	22	22,5	23	23,5	24	24,5	25	25,5	26
$\theta$ [°C]																	



**2.7.** Se vor calcula constantele de timp la încălzire și răcire -  $T_i$  și  $T_r$ , cunoscând  $\theta_{\max} = 400^\circ\text{C}$ ;  $\theta_a = 20^\circ\text{C}$ .

$$T_i = \frac{t_i^*}{\ln(\theta_{\max} - \theta_1) - \ln(\theta_{\max} - \theta_2)} = \quad [\text{s}], \text{ unde } t_i^* - \text{ timpul după care}$$

temperatura din camera de lucru a cuptorului crește de la valoarea  $\theta_1$  la valoarea  $\theta_2$ .

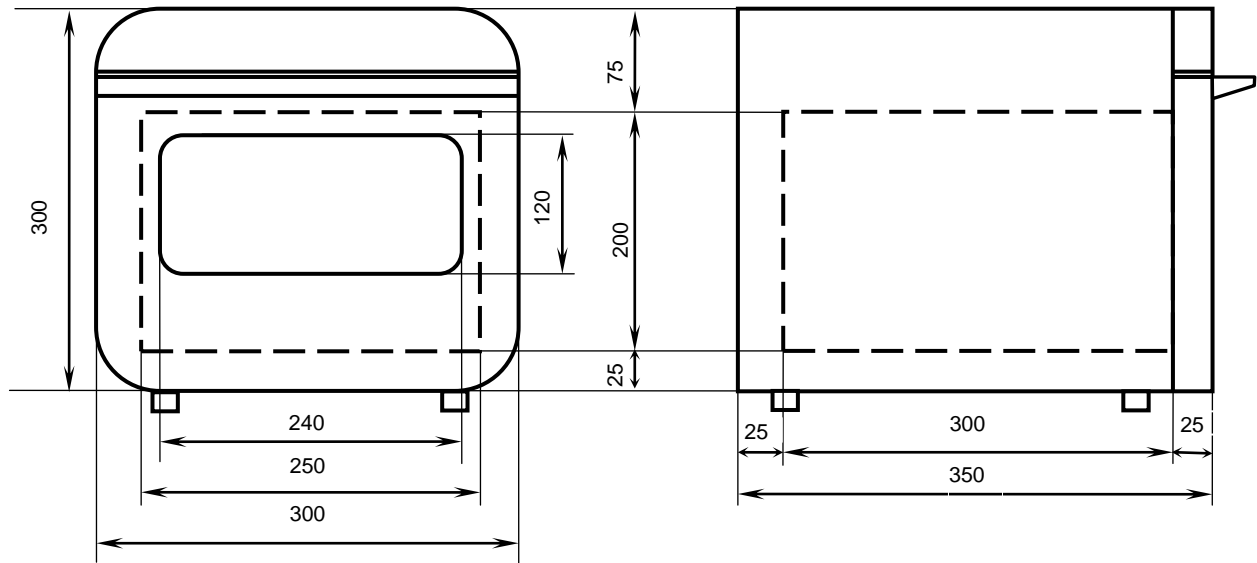
Deduceți relația de mai sus.

$$T_r = \frac{t_r^*}{\ln(\theta_{r1} - \theta_a) - \ln(\theta_{r2} - \theta_a)} = \quad [\text{s}], \text{ unde } t_r^* - \text{ timpul după care}$$

temperatura din camera de lucru a cuptorului scade de la valoarea  $\theta_{r1}$  la valoarea  $\theta_{r2}$ .

2.8 Se estimează pierderile de căldură prin conducție și convecție termică  $\Phi_p$ , în regim staționar, având în vedere temperaturile pe diversele suprafețe și anume:  $\theta_1 = 450^\circ\text{C}$  – temperatura cuvei cuptorului din tablă de oțel,  $\theta_2 = 385^\circ\text{C}$  - temperatura între straturile termoizolante,  $\theta_3 = 95^\circ\text{C}$  - temperatura carcusei exterioare,  $\theta_a = 20^\circ\text{C}$  - temperatura mediului ambiant. Puterea electrică consumată în regim staționar este 600W.

Schița dimensională a cuptorului (cuva cuptorului este marcată cu linie întreruptă):



Dimensiunile principale ale cuptorului.

Dimensiunile cuvei: lățime:  $a_1 = 250$  mm; înălțime:  $a_2 = 200$  mm; adâncime:  $a_3 = 300$  mm; .

Dimensiunile carcusei: lățime:  $b_1 = 300$  mm; înălțime:  $b_2 = 300$  mm; adâncime:  $b_3 = 350$  mm;

Distanțele între pereții cuvei și carcasa exterioară a cuptorului: între pereții superiori:  $c_1 = 75$  mm; între pereții inferiori:  $c_2 = 25$  mm; între pereții laterali:  $c_3 = 25$  mm; între pereții din spate  $c_4 = 25$  mm; între pereții ușii:  $c_5 = 25$  mm. Se neglijează grosimea pereților metalici (ai cuvei și ai carcusei exterioare).

Grosimea stratului termoizolant din vată de zgură este de 5mm.

➤ **Pierderile termice prin peretele superior (bolta cuptorului)**

- Conducție prin stratul de vată de zgură:  $s_1 = 0,005\text{m}$ ;  $\theta_{m1} = (\theta_1 + \theta_2)/2 = \dots\dots\dots$

$\lambda_1 = \dots\dots\dots$ ;  $A_{11} = 0,25 \times 0,3 = \dots\dots\dots$   $A_{12} = 0,26 \times 0,30 = \dots\dots\dots$  ;

$A_{c1} = 0.5(A_{11} + A_{12}) = \dots\dots\dots$   $R_{\theta11} = \frac{s_1}{\lambda_1 \cdot A_{c1}} = \dots\dots\dots$

- Conducție prin stratul de vată de sticlă:  $s_2 = 0,07\text{m}$ ;  $\theta_{m2} = (\theta_2 + \theta_3)/2 = \dots\dots\dots$ ;

$\lambda_2 = \dots\dots\dots$  ;  $A_{12} = 0,26 \times 0,30 = \dots\dots\dots$  ;  $A_{13} = 0,3 \times 0,325 = \dots\dots\dots$  ;

$A_{c2} = 0.5(A_{12} + A_{13}) = \dots\dots\dots$

$R_{\theta12} = \frac{s_2}{\lambda_2 \cdot A_{c2}} = \dots\dots\dots$

- Convecție pe peretele metalic superior exterior:  $\alpha_c = \dots\dots\dots$  ;  $A_{13} = 0,3 \times 0,325 = \dots\dots\dots$ ;

$R_{\theta13} = \frac{1}{\alpha_c \cdot A_3} = \dots\dots\dots$

Fluxul de pierderi prin peretele superior:  $\Phi_{p1} = \frac{\theta_1 - \theta_a}{R_{\theta11} + R_{\theta12} + R_{\theta13}} = \dots\dots\dots$

➤ **Pierderile termice prin pereții laterali**

- Conducție prin stratul de vată de zgură:  $s_1 = 0,005\text{m}$ ;  $\theta_{m1} = \dots\dots\dots$ ;  $\lambda_1 = \dots\dots\dots$ ;

$$A_{21} = 0,2 \times 0,3 = \dots\dots\dots ; A_{22} = 0,21 \times 0,30 = \dots\dots\dots ;$$

$$A_{c3} = 0,5(A_{21} + A_{22}) = \dots\dots\dots \quad R_{\theta 21} = \frac{s_1}{\lambda_1 \cdot A_{c3}} = \dots\dots\dots$$

- Conducție prin stratul de vată de sticlă:  $s_3 = 0,02\text{m}$  ;  $\theta_{m2} = \dots\dots\dots$  ;  $\lambda_2 = \dots\dots\dots$  ;

$$A_{22} = 0,21 \times 0,30 = \dots\dots\dots \quad A_{23} = 0,3 \times 0,325 = \dots\dots\dots ;$$

$$A_{c4} = 0,5(A_{22} + A_{23}) = \dots\dots\dots \quad R_{\theta 22} = \frac{s_3}{\lambda_2 \cdot A_{c4}} = \dots\dots\dots$$

- Convecție pe un perete lateral exterior:  $\alpha_c = \dots\dots\dots$  ;  $A_{23} = 0,3 \times 0,325 = \dots\dots\dots$  ;

$$R_{\theta 23} = \frac{1}{\alpha_c \cdot A_3} = \dots\dots\dots$$

$$\text{Fluxul de pierderi prin unul din pereții laterali: } \Phi_{p2}^* = \frac{\theta_1 - \theta_a}{R_{\theta 21} + R_{\theta 22} + R_{\theta 23}} = \dots\dots\dots$$

$$\text{Fluxul de pierderi prin ambii pereți laterali: } \Phi_{p2} = 2\Phi_{p2}^* = \dots\dots\dots$$

➤ **Pierderile termice prin peretele inferior (baza cuptorului)**

- Conducție prin stratul de vată de zgură:  $s_1 = 0,005\text{m}$  ;  $\theta_{m1} = \dots\dots\dots$  ;  $\lambda_1 = \dots\dots\dots$  ;

$$A_{31} = 0,25 \times 0,3 = \dots\dots\dots ; A_{32} = 0,26 \times 0,30 = \dots\dots\dots ;$$

$$A_{c5} = 0,5(A_{31} + A_{32}) = \dots\dots\dots \quad R_{\theta 31} = \frac{s_1}{\lambda_1 \cdot A_{c5}} = \dots\dots\dots$$

- Conducție prin stratul de vată de sticlă:  $s_3 = 0,02\text{m}$  ;  $\theta_{m2} = \dots\dots\dots$  ;  $\lambda_2 = \dots\dots\dots$  ;

$$A_{32} = 0,26 \times 0,30 = \dots\dots\dots \quad A_{33} = 0,3 \times 0,325 = \dots\dots\dots ;$$

$$A_{c6} = 0,5(A_{32} + A_{33}) = \dots\dots\dots \quad R_{\theta 32} = \frac{s_3}{\lambda_2 \cdot A_{c6}} = \dots\dots\dots$$

- Convecție pe peretele inferior exterior:  $\alpha_c = \dots\dots\dots$  ;  $A_{33} = 0,3 \times 0,325 = \dots\dots\dots$  ;

$$R_{\theta 33} = \frac{1}{\alpha_c \cdot A_3} = \dots\dots\dots$$

$$\text{Fluxul de pierderi prin peretele inferior: } \Phi_{p3} = \frac{\theta_1 - \theta_a}{R_{\theta 31} + R_{\theta 32} + R_{\theta 33}} = \dots\dots\dots$$

➤ **Pierderile termice prin peretele din spate**

- Conducție prin stratul de vată de zgură:  $s_1 = 0,005\text{m}$  ;  $\theta_{m1} = \dots\dots\dots$  ;  $\lambda_1 = \dots\dots\dots$  ;

$$A_{41} = 0,25 \times 0,2 = \dots\dots\dots ; A_{42} = 0,26 \times 0,21 = \dots\dots\dots ;$$

$$A_{c7} = 0,5(A_{41} + A_{42}) = \dots\dots\dots \quad R_{\theta 41} = \frac{s_1}{\lambda_1 \cdot A_{c7}} = \dots\dots\dots$$

- Conducție prin stratul de vată de sticlă:  $s_3 = 0,02\text{m}$  ;  $\theta_{m2} = \dots\dots\dots$  ;  $\lambda_2 = \dots\dots\dots$  ;

$$A_{42} = 0,26 \times 0,21 = \dots\dots\dots \quad A_{43} = 0,3 \times 0,3 = \dots\dots\dots ;$$

$$A_{c8} = 0,5(A_{42} + A_{43}) = \dots\dots\dots \quad R_{\theta 42} = \frac{s_3}{\lambda_2 \cdot A_{c8}} = \dots\dots\dots$$

- Convecție pe peretele din spate exterior:  $\alpha_c = \dots\dots\dots$  ;  $A_{43} = 0,3 \times 0,3 = \dots\dots\dots$  ;

$$R_{\theta 43} = \frac{1}{\alpha_c \cdot A_3} = \dots\dots\dots$$

Fluxul de pierderi prin peretele din spate:  $\Phi_{p4} = \frac{\theta_1 - \theta_a}{R_{\theta 41} + R_{\theta 42} + R_{\theta 43}} = \dots\dots\dots$

➤ **Pierderile termice prin ușa cuptorului (considerată din două zone: perete cu izolație din vată de sticlă, cu grosime 25mm, și sticlă termorezistentă, cu grosime de 4 mm)**

- Conducție prin stratul de vată de sticlă:  $s_4 = 0,025\text{m}$ ;  $\theta_{m3} = \dots\dots\dots$ ;

$\lambda_3 = \dots\dots\dots$ ;  $A_{51} = 0,25 \times 0,20 - 0,24 \times 0,12 = \dots\dots\dots$

$A_{52} = 0,3 \times 0,25 - 0,24 \times 0,12 = \dots\dots\dots$ ;

$A_{c9} = 0.5(A_{51} + A_{52}) = \dots\dots\dots$   $R_{\theta 51} = \frac{s_4}{\lambda_2 \cdot A_{c9}} = \dots\dots\dots$

- Conducție prin perete de sticlă:  $s_5 = 0,004\text{ m}$ ;  $\theta_{m3} = \dots\dots\dots$ ;

$\lambda_4 = \dots\dots\dots$ ;  $A_{53} = 0,24 \times 0,12 = \dots\dots\dots$

$R_{\theta 52} = \frac{s_5}{\lambda_4 \cdot A_{53}} = \dots\dots\dots$

- Convecție pe peretele exterior al ușii :  $\alpha_c = \dots\dots\dots$ ;  $A_{54} = 0,3 \times 0,25 = \dots\dots\dots$ ;

$R_{\theta 53} = \frac{1}{\alpha_c \cdot A_{54}} = \dots\dots\dots$

Fluxul de pierderi prin ușa cuptorului:  $\Phi_{p5} = \frac{\theta_1 - \theta_a}{R_{\theta 51} \parallel R_{\theta 52} + R_{\theta 53}} = \frac{\theta_1 - \theta_a}{\frac{R_{\theta 51} \cdot R_{\theta 52}}{R_{\theta 51} + R_{\theta 52}} + R_{\theta 53}} = \dots\dots\dots$

**Fluxul termic total de pierderi**

$\Phi = \Phi_{p1} + \Phi_{p2} + \Phi_{p3} + \Phi_{p4} + \Phi_{p5} = \dots\dots\dots$

Pentru confirmarea regimului staționar este necesar să se verifice egalitatea:  $\Phi \cong P$ .

Concluzie: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**3. Concluzii și observații individuale / personale**

\_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Cadrul didactic .....

Calificativ .....

Semnătură .....