

**LABORATORIJSKE VEŽBE IZ FIZIKE**  
**Februarski ispitni rok**

2.2.2019.

| Popunjava student       |               | Popunjava nastavnik |   |   |   |    |   |
|-------------------------|---------------|---------------------|---|---|---|----|---|
| Br. indeksa godina/broj | Prezime i ime | 1                   | 2 | 3 | 4 | 5  | Σ |
|                         |               |                     |   |   |   |    |   |
|                         |               | 6                   | 7 | 8 | 9 | 10 |   |
|                         |               |                     |   |   |   |    |   |

**Napomena:** Ispit traje 180 minuta. Prvih 60 minuta nije dozvoljen izlazak iz sale. Upotreba grafitne olovke, kalkulatora i fakultetske vežbanke je dozvoljena.

**Rešenja zadataka napisati čitko na unutrašnjoj strani dvolisnice.** Rezultate upisati **čitko** u predviđena, označena polja. Broj poena koji nosi svako označeno polje dat je u uglastim zagradama. Dežurnom nastavniku **predati samo dvolisnice sa zadacima.**

1. Iskazati najbolju procenu tačne vrednosti mernih rezultata prikazanih u tabeli.

|     | Rezultat merenja<br>$x$ | Proširena kombinovana merna nesigurnost<br>$U_c$ | Broj značajnih cifara nesigurnosti $U_c$ | Najbolja procena tačne vrednosti<br>$(x \pm U_c)$ [ ] |
|-----|-------------------------|--|--|---|
| [1] | 47,372 mA               | 2,824 mA   | 1  | $(47 \pm 3)$ mA                                       |
| [1] | 247,50 V                | 5,78 V   | 1  | $(248 \pm 6)$ V                                       |
| [1] | 8,115 m                 | 27,54 cm   | 2  | $(8,12 \pm 0,28)$ m                                   |
| [1] | 677,64 kg               | 46,5 kg  | 2  | $(678 \pm 46)$ kg                                     |
| [1] | 6,575 kΩ                | 528 Ω  | 1  | $(6,6 \pm 0,6)$ kΩ                                    |
| [1] | $4,567 \cdot 10^6$ J    | $3,768 \cdot 10^4$ J                             | 1  | $(4,57 \pm 0,04) \cdot 10^6$ J                        |

2. Za brojne vrednosti prikazane u tabeli u decimalnom zapisu odrediti broj značajnih cifara, a zatim brojne vrednosti izraziti u naučnoj notaciji na zadati broj  $m$  značajnih cifara.

|     | Decimalni zapis | Broj značajnih cifara $n$ | Broj značajnih cifara $m$ | Naučna notacija      |
|-----|-----------------|---------------------------|---------------------------|----------------------|
| [1] | 3476,26         | <b>6</b>                  | 4                         | $3,476 \cdot 10^3$   |
| [1] | 19055           | <b>5</b>                  | 2                         | $1,9 \cdot 10^4$     |
| [1] | 0,0562          | <b>3</b>                  | 1                         | $6 \cdot 10^{-2}$    |
| [1] | 752             | <b>3</b>                  | 2                         | $7,5 \cdot 10^2$     |
| [1] | 89753,45        | <b>7</b>                  | 3                         | $8,98 \cdot 10^4$    |
| [1] | 0,75            | <b>2</b>                  | 3                         | $7,50 \cdot 10^{-1}$ |

3. Gustina tela ( $\rho$ ) oblika pravog valjka određuje se na bazi merenja mase ( $m$ ), prečnika osnove ( $d$ ) i visine valjka ( $H$ ). Nesigurnost merenja mase je  $u_m$ , nesigurnost merenja prečnika osnove je  $u_d$ , a nesigurnost merenja visine valjka je  $u_H$ . Izvesti izraz za relativnu standardnu kombinovanu mernu nesigurnost merenja gustine  $u_\rho/\rho$ . Smatrati da su merenja mase, prečnika osnove i visine valjka međusobno nekorelisane veličine i da merenja nisu ponavljana.

|  |   |   |   |
|--|---|---|---|
| [1]<br>$\rho = \frac{4m}{d^2\pi H}$  | [1]<br>$\frac{\partial\rho}{\partial m} = \frac{4}{d^2\pi H}$   | [1]<br>$\frac{\partial\rho}{\partial d} = -\frac{8m}{d^3\pi H}$ | [1]<br>$\frac{\partial\rho}{\partial H} = -\frac{4m}{d^2\pi H^2}$ |
| [1]<br>$u_\rho = \frac{4m}{d^2\pi H} \sqrt{\left(\frac{u_m}{m}\right)^2 + \left(\frac{2u_d}{d}\right)^2 + \left(\frac{u_H}{H}\right)^2}$ | [1]<br>$u_\rho/\rho = \sqrt{\left(\frac{u_m}{m}\right)^2 + \left(\frac{2u_d}{d}\right)^2 + \left(\frac{u_H}{H}\right)^2}$ |   |   |

4. Pri merenju mase instrumentom rezolucije 0,1 g dobijena srednja vrednost uzorka iznosi 300,15 g. Odstupanja pojedinačnih rezultata od srednje vrednosti uzorka prikazana su u tabeli.

|                        |     |     |      |     |      |      |     |      |     |    |
|------------------------|-----|-----|------|-----|------|------|-----|------|-----|----|
| Redni broj merenja $i$ | 1   | 2   | 3    | 4   | 5    | 6    | 7   | 8    | 9   | 10 |
| Odstupanje $a_i$ [g]   | 0,3 | 0,2 | -0,4 | 0,1 | -0,3 | -0,5 | 0,6 | -0,7 | 0,4 | ?  |

Izračunati:

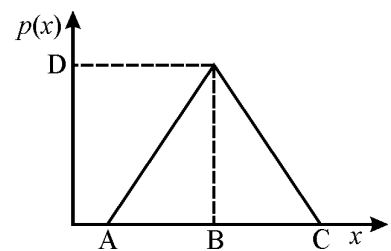
- deseto po redu odstupanje  $a_{10}$ , standardno odstupanje uzorka  $s$  i standardno odstupanje srednje vrednosti  $s_{xs}$ ,
- standardnu mernu nesigurnost tip A  $u_A$  i standardnu mernu nesigurnost tip B  $u_B$  (usvojiti uniformnu raspodelu),
- standardnu kombinovanu mernu nesigurnost  $u_C$  i proširenu mernu nesigurnost  $U_C$  (usvojiti Gausovu raspodelu na intervalu statističke sigurnosti od 99,7%). Proširenu mernu nesigurnost  $U_C$  zaokružiti na jednu značajnu cifru. Iskazati najbolju procenu tačne vrednosti ( $x_s \pm U_C$ ).

Sve međurezultate ( $s$ ,  $s_{xs}$ ,  $u_A$ ,  $u_B$  i  $u_C$ ) zaokružiti na tri decimale.

|                         |                      |                             |  |                          |                          |
|-------------------------|----------------------|-----------------------------|--|--------------------------|--------------------------|
| [1]<br>$a_{10} = 0,3$ g | [1]<br>$s = 0,440$ g | [0,5]<br>$s_{xs} = 0,139$ g | [0,5]<br>$u_A = 0,139$ g                       | [0,5]<br>$u_B = 0,029$ g | [0,5]<br>$u_C = 0,142$ g |
|                         |                      | [1]<br>$U_C = 0,5$ g        | [1]<br>$(x_s \pm U_C) [ ] = (300,2 \pm 0,5)$ g |                          |                          |

5. Pri merenju napona digitalnim voltmetrom rezolucije 0,2 V izmerena je vrednost od 9,8 V. Ako se za mernu nesigurnost instrumenta usvoji trougaona raspodela, odrediti:

- brojne vrednosti u tačkama A, B, C i D na prikazanom grafiku,
- standardnu mernu nesigurnost  $u_B$  i proširenu mernu nesigurnost  $U_B$  digitalnog voltmetra,
- najbolju procenu tačne vrednosti izmerene vrednosti napona ( $x \pm U$ ),
- verovatnoću  $P$  da se izmerena vrednost nalazi u intervalu od 9,75 V do 9,9 V.



|                                      |                      |                          |                                 |   |                      |
|--------------------------------------|----------------------|--------------------------|---------------------------------|---|----------------------|
| [0,5]<br>$A = 9,7$ V                 | [0,5]<br>$B = 9,8$ V | [0,5]<br>$C = 9,9$ V     | [1]<br>$D = 10$ V <sup>-1</sup> | [0,5]<br>$u_B = \frac{0,1}{\sqrt{6}}$ V | [1]<br>$U_B = 0,1$ V |
| [1]<br>$(x \pm U) = (9,8 \pm 0,1)$ V |                      | [1]<br>$P (\%) = 87,5\%$ |                                 |   |                      |

| Popunjavanje student    |               |
|-------------------------|---------------|
| Br. indeksa godina/broj | Prezime i ime |
|                         |               |

6. Pri eksperimentu određivanja gustine supstance u zrnastom obliku pomoću piknometra izmereni su sledeći podaci: masa supstance u zrnastom obliku  $m_1=101,2$  g, ukupna masa piknometra napunjenog destilovanom vodom i supstance u zrnastom obliku  $m_2=132,1$  g i masa piknometra u koji je stavljena zrnasta supstanca i koji je potom napunjen vodom do vrha  $m_3=119,8$  g. Gustina vode je  $\rho_0=1000$  kg/m<sup>3</sup>. Koliko iznosi gustina zrnaste supstance  $\rho_x$  zaokružena na celobrojnu vrednost? Rezolucija elektronske vage je 0,1 g. Za mernu nesigurnost elektronske vage  $u_m$  usvojiti uniformnu raspodelu. Sve nesigurnosti izmerenih masa su jednake i međusobno nekorelisane. Nesigurnost gustine vode se zanemaruje. Rezultat iskazati u obliku  $(\rho_x \pm U_c)$ . Za proširenu kombinovanu mernu nesigurnost usvojiti Gausovu raspodelu na intervalu statističke sigurnosti 95%. Proširenu mernu nesigurnost zaokružiti na jednu značajnu cifru.

|   |  |   |  |
|---|--|---|--|
| [0,5]<br>$\rho_x = \rho_0 \frac{m_1}{m_2 - m_3}$<br>(izraz)                         | [0,5]<br>$\rho_x = 8228$ kg/m <sup>3</sup><br>(brojna vrednost)                    | [0,5]<br>$u_m = 0,05/\sqrt{3}$ g<br>(brojna vrednost)   | [0,5]<br>$\frac{\partial \rho_x}{\partial m_1} = \rho_0 \frac{1}{m_2 - m_3}$ |
| [0,5]<br>$\frac{\partial \rho_x}{\partial m_2} = -\rho_0 \frac{m_1}{(m_2 - m_3)^2}$ | [0,5]<br>$\frac{\partial \rho_x}{\partial m_3} = \rho_0 \frac{m_1}{(m_2 - m_3)^2}$ | [1,5]<br>$u_{\rho B} = \frac{\rho_0 u_m}{m_2 - m_3} \sqrt{1 + 2 \left( \frac{m_1}{m_2 - m_3} \right)^2}$<br>(izraz) |  |
|   | [0,5]<br>$u_{\rho B} = 27,4$ kg/m <sup>3</sup><br>(brojna vrednost)                | [0,5]<br>$U_{\rho C} = 60$ kg/m <sup>3</sup><br>(zaokružena vrednost)   | [0,5]<br>$(\rho_x \pm U_{\rho C}) = (8230 \pm 60)$ kg/m <sup>3</sup>         |

7. Žica početne dužine  $l=381,00$  cm i prečnika  $d=0,98$  mm opterećena je tegom mase  $m=4$  kg. Izmereno apsolutno istezanje pri datom opterećenju iznosi 1,02 mm. Rezolucija instrumenta za merenje dužine žice i apsolutnog istezanja žice je 0,02 mm, a rezolucija instrumenta za merenje prečnika žice je 0,01 mm. Sve nesigurnosti izmerenih veličina ( $u_l$  i  $u_d$ ) su međusobno nekorelisane i za sve se usvaja uniformna raspodela. Izračunati modul elastičnosti žice (za  $\pi=3,14$ ) i rezultat izraziti u obliku  $(E \pm U)$ . Za proširenu kombinovanu mernu nesigurnost usvojiti Gausovu raspodelu na intervalu statističke sigurnosti 99,7%. Proširenu mernu nesigurnost zaokružiti na jednu značajnu cifru. Gravitaciono ubrzanje zemljine teže je  $g=9,81$  m/s<sup>2</sup>.

|  |   |   |  |
|--|---|---|--|
| [0,5]<br>$E_Y = \frac{4mg}{\pi d^2} \cdot \frac{l}{\Delta l}$<br>(izraz) | [0,5]<br>$E_Y = 1,94 \cdot 10^{11}$ N/m <sup>2</sup><br>(brojna vrednost u naučnoj notaciji na 2 decimalne) | [2,5]<br>$u_{E_Y} = E_Y \sqrt{\left( \frac{u_l}{l} \right)^2 + \left( \frac{u_d}{d} \right)^2 + \left( 2 \frac{u_d}{d} \right)^2}$<br>(izraz) | [1]<br>$u_{E_Y} = 1,6 \cdot 10^9$ N/m <sup>2</sup><br>(brojna vrednost u naučnoj notaciji na 1 decimalu) |
|  | [0,5]<br>$U_{E_Y} = 5 \cdot 10^9$ N/m <sup>2</sup><br>(zaokružena vrednost na jednu značajnu cifru)         | [1]<br>$(E_Y \pm U_{E_Y}) [ ] = (1,94 \pm 0,05) \cdot 10^{11}$ N/m <sup>2</sup>   |  |

8. Voda mase  $m_1=20$  g na temperaturi  $t_1=30^\circ\text{C}$  primi količinu toplote  $Q$  koja je dovoljna da vodu dovede do ključanja i zatim do potpunog isparavanja, pri normalnom atmosferskom pritisku. Ako bi se ista količina toplote dovela komadu nekog metala mase  $m_2=400$  g specifične toplote  $c_m=0,45$  kJ/(kgK), sa početnom temperaturom  $t_2=50^\circ\text{C}$ , metal bi se zagrejao do krajnje temperature od  $t_3$  (metal pri tome ostaje u čvrstom stanju). Imajući u vidu brojne podatke za vodu  $c=4,18$  kJ/(kgK) i  $q=2260$  kJ/kg izračunati krajnju temperaturu metala  $t_3$ . Rezultat zaokružiti na celobrojnu vrednost.

|   |   |   |
|---|---|---|
| [1]<br>$Q = m_1c\Delta T + m_1q$<br>(izraz) | [1]<br>$Q = 51,052 \text{ kJ}$<br>(brojna vrednost) | [4]<br>$t_3 = 334^\circ\text{C}$<br>(zaokružena vrednost) |
|---|---|---|

9. Led mase 1,8 kg na temperaturi od  $-20^\circ\text{C}$  nalazi se u posudi koja se zagreva grejačem konstantne snage od 0,6 kW. Proces zagrevanja se prati do trenutka kada se celokupna supstanca prevede u paru koja se zagreje do  $120^\circ\text{C}$ . Dijagram procesa zagrevanja i faznih prelaza prikazan je na slici. Odrediti:

a) količinu toplote koju primi supstanca

u svakoj od sukcesivnih faza:  $Q_{AB}$ ,  $Q_{BC}$ ,  $Q_{CD}$ ,  $Q_{DE}$  i  $Q_{EF}$ ,

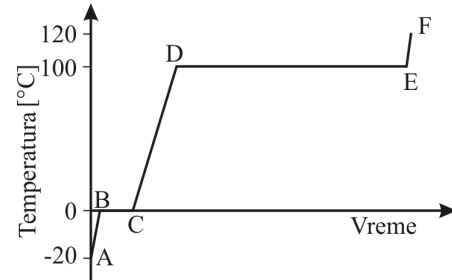
b) vreme trajanja čitavog procesa  $t_{AF}$ . Rezultat izraziti

u sekundama i zaokružiti na celobrojnu vrednost.

Specifične toplote su: 2 kJ/(kgK) za led, 4,2 kJ/(kgK) za vodu

i 2,1 kJ/(kgK) za vodenu paru. Toplota topljenja leda je 336 kJ/kg,

a toplota isparavanja vode je 2260 kJ/kg.



|  |   |   |  |  |
|--|---|---|--|--|
| [1]<br>$Q_{AB} = 72 \text{ kJ}$<br>(brojna vrednost) | [1]<br>$Q_{BC} = 604,8 \text{ kJ}$<br>(brojna vrednost) | [1]<br>$Q_{CD} = 756 \text{ kJ}$<br>(brojna vrednost) | [1]<br>$Q_{DE} = 4068 \text{ kJ}$<br>(brojna vrednost) | [1]<br>$Q_{EF} = 75,6 \text{ kJ}$<br>(brojna vrednost) |
|  |   |   |  | [1]<br>$t_{AF} = 9294 \text{ s}$<br>(brojna vrednost)  |

10. a) Voda mase 0,3 kg na temperaturi od  $5^\circ\text{C}$  nalazi se u posudi koja se zagreva grejačem konstantne snage od 800 W. Proces zagrevanja se prati do trenutka kada se polovina supstance prevede u paru. Odrediti količinu toplote  $Q_1$  koja se utroši u ovom procesu, kao i vreme trajanja čitavog procesa  $t_1$ . Rezultat izraziti u minutima i zaokružiti na celobrojnu vrednost.

b) U posudi se nalazi 0,5 kg leda i komad gvožđa mase 300 g na temperaturi od  $-15^\circ\text{C}$ . Kolika treba da bude početna temperatura vode  $t_v$  mase 2 kg, pa da posle njenog dosipanja u posudu temperatura smeše bude  $25^\circ\text{C}$ . Rezultat zaokružiti na celobrojnu vrednost.

Specifične toplote su: 2 kJ/(kgK) za led, 4,2 kJ/(kgK) za vodu i 0,48 kJ/(kgK) za gvožđe.

Toplota topljenja leda je 336 kJ/kg, a toplota isparavanja vode je 2260 kJ/kg.

|   |  |                                 |                                 |
|---|--|---------------------------------|---------------------------------|
| [1]<br>$Q_1 = mc\Delta T + mq/2$<br>(izraz) | [0,5]<br>$Q_1 = 458,7 \text{ kJ}$<br>(brojna vrednost) | [0,5]<br>$t_1 = 10 \text{ min}$ | [4]<br>$t_v = 54^\circ\text{C}$ |
|---|--|---------------------------------|---------------------------------|