

**LABORATORIJSKE VEŽBE IZ FIZIKE**  
**Julski ispitni rok**

29.6.2019.

Popunjava student		Popunjava nastavnik					
Br. indeksa godina/broj	Prezime i ime	1	2	3	4	5	$\Sigma$
		6	7	8	9	10	

**Napomena:** Ispit traje 180 minuta. Prvih 60 minuta nije dozvoljen izlazak iz sale. Upotreba grafitne olovke, kalkulatora (koji nisu programibilni) 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 $x$	Proširena kombinovana merna nesigurnost $U_c$	Broj značajnih cifara nesigurnosti $U_c$	Najbolja procena tačne vrednosti $(x \pm U_c)$ [ ]
[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]	8,15 m	27,54 cm	1	$(8,2 \pm 0,3)$ cm
[1]	677,64 kg	46,5 kg	1	$(680 \pm 50)$ kg
[1]	6,575 k $\Omega$	528 $\Omega$	1	$(6,6 \pm 0,6)$ k $\Omega$
[1]	$4,567 \cdot 10^6$ J	$3,768 \cdot 10^4$ J	1	$(4,57 \pm 0,04) \cdot 10^6$ J

2. Brojne vrednosti prikazane u tabeli u decimalnom zapisu izraziti u naučnoj notaciji na zadati broj  $n$  značajnih cifara.

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

3. Normalni napon  $\sigma$  koji deluje na žicu kružnog poprečnog preseka određuje se na bazi merenja mase  $m$  kojom se žica opterećuje i prečnika žice  $d$ . Nesigurnost merenja mase je  $u_m$ , a nesigurnost merenja prečnika žice je  $u_d$ . Izvesti izraz za relativnu standardnu kombinovanu mernu nesigurnost merenja normalnog napona  $u_\sigma/\sigma$ . Smatrati da su merenja mase i prečnika žice međusobno nekorelisane veličine i da merenja nisu ponavljana. Gravitaciono ubrzanje  $g$  je konstanta.

[1]	[1]	[1]
$\sigma = \frac{4mg}{\pi d^2}$	$\frac{\partial \sigma}{\partial m} = \frac{4g}{\pi d^2}$	$\frac{\partial \sigma}{\partial d} = -\frac{8mg}{\pi d^3}$
[2]	[1]	
$u_\sigma = \frac{4mg}{\pi d^2} \sqrt{\left(\frac{u_m}{m}\right)^2 + \left(\frac{2u_d}{d}\right)^2}$	$u_\sigma/\sigma = \sqrt{\left(\frac{u_m}{m}\right)^2 + \left(\frac{2u_d}{d}\right)^2}$	

4. Pri merenju otpornosti instrumentom rezolucije  $1 \Omega$  dobijen je uzorak prikazan u tabeli.

Redni broj merenja $n$	1	2	3	4	5
Otpornost $R [\Omega]$	102	98	99	101	100

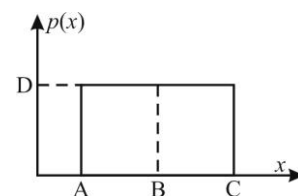
Izračunati:

- srednju vrednost uzorka  $x_s$  i standardno odstupanje uzorka  $s$ ,
- 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 99,7% intervalu statističke sigurnosti).  
Proširenu mernu nesigurnost  $U_C$  zaokružiti na jednu značajnu cifru.
- Iskazati najbolju procenu tačne vrednosti ( $x_s \pm U_C$ ).

[0,5]	[0,5]	[0,5]	[0,5]	[1]	[1,5]
$x_s = 100 \Omega$	$s = \sqrt{\frac{5}{2}} \Omega$	$u_A = \sqrt{\frac{1}{2}} \Omega$	$u_B = \frac{0,5}{\sqrt{3}} \Omega$	$u_C = \sqrt{\frac{7}{12}} \Omega$	$U_C = 3 \Omega$
			[1,5]		
			$(x_s \pm U_C) [ ] = (100 \pm 3) \Omega$		

5. Pri merenju mase elektronskom vagom rezolucije  $0,1 \text{ kg}$  izmerena je vrednost od  $63,3 \text{ kg}$ . Ako se za mernu nesigurnost instrumenta usvoji uniformna raspodela, odrediti:

- brojne vrednosti u tačkama A, B, C i D na prikazanom grafiku,
- standardnu mernu nesigurnost  $u_B$  i proširenu mernu nesigurnost  $U_B$  elektronske vage,
- najbolju procenu tačne vrednosti izmerene vrednosti mase ( $x \pm U$ ),
- verovatnoću  $P$  da se izmerena vrednost nalazi u intervalu od  $63,26 \text{ kg}$  do  $63,28 \text{ kg}$ .



[0,5]	[0,5]	[0,5]	[0,5]	[0,5]	[0,5]
A = 63,25 kg	B = 63,3 kg	C = 63,35 kg	D = 10 kg <sup>-1</sup>	$u_B = \frac{0,05}{\sqrt{3}} \text{ kg}$	$U_B = 0,05 \text{ kg}$
[1,5]	[1,5]				
$(x \pm U) = (63,30 \pm 0,05) \text{ kg}$		$P (\%) = 20\%$			

Popunjavanje student	
Br. indeksa godina/broj	Prezime i ime

6. Pri eksperimentu određivanja gustine nepoznate tečnosti izmereni su sledeći podaci: masa praznog piknometra 28,2 g, masa piknometra sa destilovanom vodom 76,4 g i masa piknometra sa nepoznatom tečnošću 70,1 g. Gustina vode je  $\rho_0 = 1000 \text{ kg/m}^3$ . Koliko iznosi gustina nepoznate tečnosti  $\rho_x$  zaokružena na dve decimale? Rezolucija elektronske vage je 0,1 g. Za mernu nesigurnost tip B 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] $\rho_x = \rho_0 \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1}$ (izraz)	[0,5] $\rho_x = 869,29 \text{ kg/m}^3$ (brojna vrednost)	[0,5] $u_m = \frac{0,05}{\sqrt{3}} \text{ g}$ (brojna vrednost)	[0,5] $\frac{\partial \rho_x}{\partial m_1} = \rho_0 \frac{m_3 - m_2}{(m_2 - m_1)^2}$	[0,5] $\frac{\partial \rho_x}{\partial m_2} = -\rho_0 \frac{m_3 - m_1}{(m_2 - m_1)^2}$	[0,5] $\frac{\partial \rho_x}{\partial m_3} = \frac{\rho_0}{m_2 - m_1}$
[1,5] $u_{\rho B} = \frac{\rho_0 u_m}{m_2 - m_1} \sqrt{1 + \left(\frac{m_3 - m_2}{m_2 - m_1}\right)^2 + \left(\frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1}\right)^2}$ (izraz)	[0,5] $u_{\rho B} = 0,797 \text{ kg/m}^3$ (brojna vrednost)	[0,5] $U_{\rho C} = 2 \text{ kg/m}^3$ (zaokružena vrednost)	[0,5] $(\rho_x \pm U_{\rho C}) [ ] = (869 \pm 2) \text{ kg/m}^3$		

7. Pri merenju gravitacionog ubrzanja pomoću matematičkog klatna izmeren je period oscilovanja  $T$  za 10 različitih dužina klatna  $l$ . Jedan par rezultata merenja je (59 cm, 1,44 s). Odstupanje te tačke od optimalne prave je  $\varepsilon_m$  i iznosi  $-0,05 \text{ s}^2$ .

- a) Izračunati koeficijent pravca optimalne prave  $a$  (rezultat zaokružiti na dve decimale).
- b) Koliko iznosi izmerena vrednost gravitacionog ubrzanja  $g_M$  (za  $\pi=3,14$ )? Rezultat zaokružiti na dve decimale.
- c) Ako je uslovno tačna vrednost gravitacionog ubrzanja za Beograd  $g_{BG} = 9,81 \text{ m/s}^2$ , koliko iznosi relativna greška merenja  $\varepsilon_r$ . Relativnu grešku izraziti u procentima i zaokružiti na jednu decimalu.

[1] $a = 3,60 \text{ s}^2/\text{m}$ (brojna vrednost)	[1] $g_M = \frac{4\pi^2}{a}$ (izraz)	[1] $g_M = 10,96 \text{ m/s}^2$ (zaokružena vrednost)	[1] $\varepsilon_r = \frac{g_M - g_{BG}}{g_{BG}}$ (izraz)	[1] $\varepsilon_r = 0,1172$ (brojna vrednost)	[1] $\varepsilon_r [\%] = 11,7\%$ (zaokružena vrednost)
---	--	---	---	--	---

8. Koristeći metodu određivanja brzine zvuka pomoću Kundt-ove cevi, odrediti brzinu zvuka u metalnom štapu  $c_m$ , u vazduhu  $c_v$  (zaokružiti na celobrojne vrednosti) i Young-ov modul elastičnosti metala  $E_Y$  (zaokružiti na dve decimale u naučnoj notaciji), ako je štap načinjen od aluminijuma gustine  $\rho = 2,7 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ . Podaci dobijeni merenjem: broj Kundt-ovih figura  $n = 10$ , frekvencija generatora  $\nu_g = 1200 \text{ Hz}$ , dužina metalnog štapa  $l_m = 0,95 \text{ m}$ , dužina vazdušnog stuba  $l_v = 0,75 \text{ m}$ . Ako je merenjem tačnijim instrumentom dobijena vrednost Young-ovog modula elastičnosti za aluminijum  $E_{YT} = 6,9 \cdot 10^{10} \text{ N/m}^2$  (tabelarna vrednost), odrediti relativnu grešku merenja (u procentima, zaokružiti na jednu decimalu).

[1] $c_m = 4\nu_g l_m$ (izraz)	[0,5] $c_m = 4560 \text{ m/s}$ (brojna vrednost)	[1] $c_v = \frac{4\nu_g l_v}{n}$ (izraz)	[0,5] $c_v = 360 \text{ m/s}$ (brojna vrednost)
[1] $E_Y = c_m^2 \cdot \rho$ (izraz)	[1] $E_Y = 5,61 \cdot 10^{10} \text{ N/m}^2$ (brojna vrednost)	[1] $\varepsilon_r (\%) = -18,7\%$	

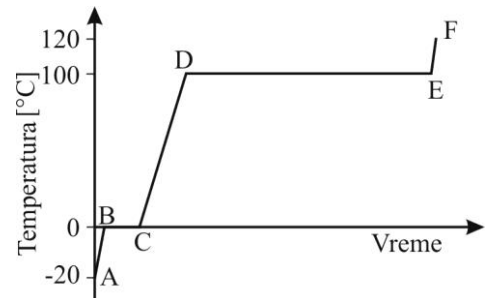
9. Voda mase  $m_1 = 30$  g na temperaturi  $t_1 = 25^\circ\text{C}$  primi količinu toplote  $Q$  koja je dovoljna da vodu dovede do ključanja i zatim do potpunog isparavanja, pri normalnom atmosferskom pritisku. Ako bi se ista količina toplote dovela komadu nekog metala mase  $m_2 = 400$  g specifične toplote  $c_m = 0,45$  kJ/(kgK), sa početnom temperaturom  $t_2 = 40^\circ\text{C}$ , metal bi se zagrejavao do krajnje temperature  $t_3$  (metal pri tome ostaje u čvrstom stanju). Imajući u vidu brojne podatke za vodu  $c = 4,2$  kJ/(kgK) i  $q = 2260$  kJ/kg izračunati krajnju temperaturu metala  $t_3$ . Rezultat zaokružiti na celobrojnu vrednost.

[1] $Q = m_1c\Delta T + m_1q$ (izraz)	[1] $Q = 77,25$ kJ (brojna vrednost)	[4] $t_3 = 469^\circ\text{C}$ (zaokružena vrednost)
---	--	---

10. Led mase 2,1 kg na temperaturi od  $-20^\circ\text{C}$  nalazi se u posudi koja se zagreva grejačem konstantne snage od 0,8 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] $Q_{AB} = 84$ kJ (brojna vrednost)	[1] $Q_{BC} = 705,6$ kJ (brojna vrednost)	[1] $Q_{CD} = 882$ kJ (brojna vrednost)	[1] $Q_{DE} = 4746$ kJ (brojna vrednost)	[1] $Q_{EF} = 88,2$ kJ (brojna vrednost)
				[1] $t_{AF} = 8132$ s (brojna vrednost)