

Vaje iz mehanike

Matija Zanjko¹

Maribor, 2023

¹Mentor: Marko Šterk

Kazalo

1	Vaja 1: Merjenje gostote	1
1.1	Gostota trdne snovi	1
1.1.1	Naloga 1	1
1.1.2	Sistematične napake merilnikov	1
1.1.3	Meritve	2
1.1.4	Računanje gostote	4
1.1.5	Rezultati	4
1.2	Gostota kapljevine	5
1.2.1	Naloga 2	5
1.2.2	Sistematične napake merilnikov	5
1.2.3	Postopek in meritve	6
1.2.4	Računanje gostote	7
1.2.5	Rezultati	7
1.3	Vprašanja	8
2	Vaja 2: Merjenje sile	9
2.1	Naloga	9
2.2	Sistematične napake merilnikov	9
3	Vaja 3	10
4	Vaja 4: Merjenje frekvence	11
4.1	Naloga	11
4.2	Meritve	12

Tabele

1.1	Meritve dimenzije a	2
1.2	Meritve dimenzije b	2
1.3	Meritve dimenzije c	3
1.4	Meritve gostote raztopine NaCl z areometrom	6
1.5	Meritve gostote etilnega alkohola	6
4.1	Merjenje frekvence uporabo elektronskega merilnika frekvence . .	12
4.2	Mejrenje frekvence z uporabo osciloskopa	13

Poglavje 1

Vaja 1: Merjenje gostote

1.1 Gostota trdne snovi

1.1.1 Naloga 1

Z merjenjem dimenzij (širine (a), višine (b), dolžine (c)) in mase (m) kvadra določite gostoto (ρ) snovi, iz katere je narejen kvader. Gostoto izračunajte po enačbi $\rho = m/V$, kjer je V prostornina ($V = abc$). Določite tudi napako gostote snovi.

1.1.2 Sistematične napake merilnikov

Napaka kljunastega merila: **0.05 mm**

Napaka mikrometra: **0.01 mm**

Napaka tehtnice: **0.1 g**

1.1.3 Meritve

Tabela 1.1: Meritve dimenzije a

Meritev	a_{izm} [mm]	\bar{a} [mm]	$a_{izm} - \bar{a}$ [mm]	Δa_{sist} [mm]	σ [mm]	Δa_{sl} [mm]	a [mm]
1	8.16		0				
2	8.15		-0.01				
3	8.20		0.04				
4	8.18		0.02				
5	8.16	8.16	0.00	0.01	0.02	0.01	8.16 \pm 0.02
6	8.15		-0.01				=
7	8.16		0.00				8.16 \cdot (1 \pm 0.002)
8	8.17		0.01				
9	8.10		-0.06				
10	8.12		-0.04				

Tabela 1.2: Meritve dimenzije b

Meritev	b_{izm} [mm]	\bar{b} [mm]	$b_{izm} - \bar{b}$ [mm]	Δb_{sist} [mm]	σ [mm]	Δb_{sl} [mm]	b [mm]
1	25.25		0.02				
2	25.20		-0.03				
3	25.20		-0.03				
4	25.25		0.02				
5	25.25	25.23	0.02	0.05	0.03	0.01	25.23 \pm 0.06
6	25.20		-0.03				=
7	25.20		-0.03				25.23 \cdot (1 \pm 0.002)
8	25.20		-0.03				
9	25.25		0.02				
10	25.25		0.02				

Tabela 1.3: Meritve dimenzije c

Meritev	c_{izm} [mm]	\bar{c} [mm]	$c_{izm} - \bar{c}$ [mm]	Δc_{sist} [mm]	σ	Δc_{st} [mm]	c [mm]
1	40.00		-0.02				
2	40.00		-0.02				
3	40.10		0.08				
4	40.00		-0.02				40.02 \pm 0.06
5	40.00	40.02	-0.02	0.05	0.02	0.01	=
6	40.00		-0.02				
7	40.00		-0.02				40.02 \cdot (1 \pm 0.001)
8	40.05		0.03				
9	40.05		0.03				
10	40.00		-0.02				

Meritev mase: $m = 22.8 \pm 0.1 \text{ g} = 22.8 \cdot (1 \pm 0.004) \text{ g}$

1.1.4 Računanje gostote

Gostota se računa po enačbi:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1.1)$$

Vendar najprej rabimo volumen telesa. Ker gre za kvader lahko uporabimo enačbo:

$$V = abc \quad (1.2)$$

Tako torej dobimo:

$$\begin{aligned} V &= 8.16 \, (1 \pm 0.002) \, mm \cdot 25.23 \, (1 \pm 0.002) \, mm \cdot 40.02 \, (1 \pm 0.001) \, mm \\ V &= 8.16 \cdot 25.23 \cdot 40.02 \, (1 \pm (0.002 + 0.002 + 0.001)) \, mm^3 \\ V &= 8240 \, (1 \pm 0.005) \, mm^3 \end{aligned} \quad (1.3)$$

Sedaj lahko izračunamo gostoto telesa:

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{22.8 \cdot (1 \pm 0.004) \, g}{8240 \cdot (1 \pm 0.005) \, mm^3} \\ \rho &= 2.77 \cdot 10^{-3} \cdot (1 \pm 0.009) \, \frac{g}{mm^3} \\ \rho &= 2770 \cdot (1 \pm 0.009) \, \frac{kg}{m^3} \end{aligned} \quad (1.4)$$

1.1.5 Rezultati

Prišli smo do rezultata, da je gostota telesa $\rho = 2770 \cdot (1 \pm 0.009) \, \frac{kg}{m^3}$ oz. $\rho = (2770 \pm 20) \, \frac{kg}{m^3}$.

S tega bi lahko sklepali, da je telo verjetno iz zlitine, ki vsebuje veliko aluminija, saj je njegova gostota: $\rho_{Al} = 2710 \, \frac{kg}{m^3}$.

1.2 Gostota kapljevine

1.2.1 Naloga 2

a) Z menzuro in tehtnico izmerite gostoto 20 % raztopine kuhinjske soli v vodi. Gostoto izmerite tudi z areometrom.

b) Z areometrom izmerite gostoto etilnega alkohola.

1.2.2 Sistematične napake merilnikov

Napaka areometra za raztopino NaCl: **0.01** $\left[\frac{g}{mL}\right]$

Napaka areometra za etilni alkohol: **0.005** $\left[\frac{g}{mL}\right]$

Merilno območje termometra: od $-199.9\text{ }^{\circ}C$ do $199.9\text{ }^{\circ}C$

Napaka tehtnice: **1 g**

Napaka menzure: **2 mL**

1.2.3 Postopek in meritve

Najprej smo pripravili 20 % raztopino NaCl. Skupna masa raztopine je bila:

$$m = (620 \pm 1) \text{ g} \quad (1.5)$$

Nato smo izmerili volumen naše raztopine. Ker je menzura bila premajhna za celotno meritev volumna, smo to morali narediti trikrat.

$$\begin{aligned} V &= (250 \text{ mL} \pm 2 \text{ mL}) + (250 \text{ mL} \pm 2 \text{ mL}) + (51 \text{ mL} \pm 2 \text{ mL}) \\ V &= (553 \pm 6) \text{ mL} \\ V &= 553 \cdot (1 \pm 0.01) \text{ mL} \end{aligned} \quad (1.6)$$

Nato smo gostoto raztopine NaCl izmerili še z areometrom.

Tabela 1.4: Meritve gostote raztopine NaCl z areometrom

Meritev	$\rho_{izm} \left[\frac{\text{g}}{\text{mL}} \right]$	$\bar{\rho} \left[\frac{\text{g}}{\text{mL}} \right]$	$\rho_{izm} - \bar{\rho} \left[\frac{\text{g}}{\text{mL}} \right]$	$\Delta\rho_{sist} \left[\frac{\text{g}}{\text{mL}} \right]$	$\Delta\rho_{sl} \left[\frac{\text{g}}{\text{mL}} \right]$	$\rho \left[\frac{\text{g}}{\text{mL}} \right]$	$T \text{ [}^{\circ}\text{C]}$
1	1.14		0				
2	1.14		0			1.14 ± 0.01	
3	1.15	1.14	0.01	0.01	0	=	19.6
4	1.14		0			$1.14 \cdot (1 \pm 0.01)$	
5	1.15		0.01				

Nato smo še opravili meritve gostote etilnega alkohola, s pomočjo areometra.

Tabela 1.5: Meritve gostote etilnega alkohola

Meritev	$\rho_{izm} \left[\frac{\text{g}}{\text{mL}} \right]$	$\bar{\rho} \left[\frac{\text{g}}{\text{mL}} \right]$	$\rho_{izm} - \bar{\rho} \left[\frac{\text{g}}{\text{mL}} \right]$	$\Delta\rho_{sist} \left[\frac{\text{g}}{\text{mL}} \right]$	$\Delta\rho_{sl} \left[\frac{\text{g}}{\text{mL}} \right]$	$\rho \left[\frac{\text{g}}{\text{mL}} \right]$	$T \text{ [}^{\circ}\text{C]}$
1	0.805		0				
2	0.805		0			0.805 ± 0.005	
3	0.805	0.805	0	0.005	0	=	21.5
4	0.805		0			$0.805 \cdot (1 \pm 0.006)$	
5	0.805		0				

1.2.4 Računanje gostote

Računanje gostote 20 % raztopine NaCl s pomočjo mase in volumna:

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{620 \cdot (1 \pm 0.002) \text{ g}}{553 \cdot (1 \pm 0.01) \text{ mL}} \\ \rho &= 1.12 \cdot (1 \pm 0.01) \frac{\text{g}}{\text{mL}} \\ \rho &= 1120 \cdot (1 \pm 0.01) \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\end{aligned}\tag{1.7}$$

1.2.5 Rezultati

Prišli smo do rezultatov, da je gostota

1.3 Vprašanja

- a) Razložite, kako temperatura vpliva na merjenje gostote kapljevine. Za koliko odstotkov se spremeni gostota vode, če se temperatura spremeni za **1 K**? Temperaturni koeficient prostorninskega razteska vode je **$2.06 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$** .
- b) Razložite fizikalni princip meritve gostote tekočin z areometrom.

Poglavje 2

Vaja 2: Merjenje sile

2.1 Naloga

a) Izvedite eksperiment, pri katerem boste merili silo v vzmeti in raztezek vzmeti. Izmerjene podatke prikažite z odvisnostjo sile vzmeti od raztezka. Iz diagrama določite prožnostni koeficient vzmeti.

b) Sestavite vzmetno nihalo in izmerite silo v vzmeti v odvisnosti od časa. Meritev izvedite z računalniškim merilnim sistemom Vernier. Meritev opravite s tremi različnimi utežmi. Iz diagrama sile v odvisnosti od časa v vseh treh primerih odčitajte nihajni čas nihala in v vsakem primeru izračunajte konstanto vzmeti.

2.2 Sistematične napake merilnikov

Napaka ravnila: **0.01 cm**

Napaka tehtnice: **0.1 g**

Napaka za čas: $\frac{0.01}{15} \text{ s} = \mathbf{0.001 \text{ s}}$

Poglavje 3

Vaja 3

Poglavje 4

Vaja 4: Merjenje frekvence

4.1 Naloga

Izmerite frekvenco vrtenja plošče, ki je pritrjena na elektromotor na dva načina:

- a) z elektronskim merilnikom frekvence,
- b) z modelom merilnika frekvence.

Primerjajte rezultata obeh meritev pri različnih frekvencah vrtenja plošče.

Te meritve sem opravil pri napetostih: **5 V**, **6 V**, **7 V**, **9 V** in **12 V**, za vsako napetost 5-krat.

4.2 Meritve

Tabela 4.1: Merjenje frekvence uporabo elektronskega merilnika frekvence

Meritev	Napetost	ν_{izm} [min ⁻¹]	$\bar{\nu}$	$\nu_{izm} - \bar{\nu}$ [min ⁻¹]	$\Delta\nu_{sist}$ [min ⁻¹]	σ	$\Delta\nu_{slu}$ [min ⁻¹]	ν [Hz]
1	5.0 V	654.4	658.9	-4.5	0.1	6.5	2.9	10.98 \pm 0.05
2		670.5		11.6				
3		665.3		6.4				
4		657.0		-1.9				
5		647.4		-11.5				
6	6.0 V	1058	1053	5	1	6	3	17.55 \pm 0.07
7		1054		1				
8		1037		-16				
9		1053		0				
10		1062		9				
11	7.0 V	1576	1563	13	1	13	6	26.05 \pm 0.12
12		1575		12				
13		1532		-31				
14		1567		4				
15		1565		2				
16	9.0 V	2351	2413	-62	1	57	25	40.22 \pm 0.22
17		2354		-59				
18		2449		36				
19		2469		56				
20		2444		31				
21	12.0 V	3917	3937	-20	1	27	12	65.61 \pm 0.45
22		3972		35				
23		3963		26				
24		3905		-32				
25		3926		-11				

Tabela 4.2: Mejenje frekvence z uporabo osciloskopa

Meritev	Napetost	t [s]	\bar{t}	$\nu_{izm} - \bar{\nu}$ [min ⁻¹]	$\Delta\nu_{sist}$ [min ⁻¹]	σ	$\Delta\nu_{slu}$ [min ⁻¹]	ν [Hz]
1	5.0 V	0.080	0.088	-4.5	0.1	6.5	10.98 ± 0.11	
2		0.096		11.6				
3		0.088		6.4				
4		0.088		-1.9				
5		0.088		-11.5				
6	6.0 V	0.052	0.052	5	1	6	17.55 ± 0.10	
7		0.052		1				
8		0.050		-16				
9		0.052		0				
10		0.052		9				
11	7.0 V	0.036	0.038	13	1	13	26.05 ± 0.22	
12		0.038		12				
13		0.038		-31				
14		0.039		4				
15		0.038		2				
16	9.0 V	0.024	0.023	-62	1	57	40.22 ± 0.95	
17		0.023		-59				
18		0.022		36				
19		0.023		56				
20		0.023		31				
21	12.0 V	0.0152	0.0150	-20	1	27	65.61 ± 0.45	
22		0.0152		35				
23		0.0148		26				
24		0.0148		-32				
25		0.0148		-11				