

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
2.3	Merjenje	10
2.4	Rezultati	11
3	Vaja 3	12
4	Vaja 4: Merjenje frekvence	13
4.1	Naloga	13
4.2	Meritve	14
4.3	Rezultati	16
4.4	Vprašanja	16

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
2.1	Raztezek vzmeti pri določeni teži	10
2.2	Nihajni čas	10
4.1	Merjenje frekvence uporabo elektronskega merilnika frekvence . .	14
4.2	Merjenje frekvence z uporabo osciloskopa	15

Slike

2.1 Graf $F(x)$	11
---------------------------	----

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:

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

Sedaj lahko izračunamo gostoto telesa:

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

1.1.5 Rezultati

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

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

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 NaCl pridobljena s tehtanjem in merjenjem dimenzij: $\rho_{NaCl} = 1120 \cdot (1 \pm 0.01) \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ oz. $\rho_{NaCl} = (1120 \pm 10) \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$. Meritev z areometrom pa: $\rho_{NaCl} = 1140 \cdot (1 \pm 0.01) \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ oz. $\rho_{NaCl} = (1140 \pm 10) \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$. Do odstopanja pri različnih metodah je mogoče prišlo, zaradi nenatančnosti pri merjenju, ali pa se je mogoče temperatura raztopine malo spremenila.

Gostoto etilnega alkohola pa sem izmeril samo z areometrom in dobil: $\rho_{alkohol} = 805 \cdot (1 \pm 0.006) \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ oz. $\rho_{alkohol} = (805 \pm 5) \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

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 **$2.06 \cdot 10^{-6} K^{-1}$** .

Relativno povečanje volumna vode je sorazmerno spremembi temperature:

$$\frac{\Delta V}{V} = \beta \Delta T \quad (1.8)$$

Če torej v enačbo vstavimo podatke dobimo:

$$\begin{aligned} \frac{\Delta V}{V} &= 2.06 \cdot 10^{-6} K^{-1} \cdot 1 K \\ \frac{\Delta V}{V} &= 2.06 \cdot 10^{-4} \% \end{aligned} \quad (1.9)$$

Torej bi se voda razteznila za $2.06 \cdot 10^{-4} \%$.

b) Razložite fizikalni princip meritve gostote tekočin z areometrom.

Areometer deluje na podlagi vzgona tekočine, v katero je potopljen. Ima obliko ozke cevi z utežjo na dnu, ki je dovolj težka, da se areometer potopi v tekočino. Ko je areometer potopljen v tekočino, se potopi do ravni, kjer je vzgon enak teži areometra. Ta raven potopljenosti je odvisna od gostote tekočine.

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

2.3 Merjenje

Za določanje koeficienta vzmeti sem najprej izmeril raztezke pri različnih masah uteži.

Tabela 2.1: Raztezek vzmeti pri določeni teži

Meritev	m [g]	Δm [g]	F [N]	ΔF [N]	x [cm]	Δx [cm]
1	50.9		0.499		6.8	
2	100.9		0.990		13.5	
3	148.9		1.461		19.8	
4	199.4	0.1	1.956	0.001	26.6	0.1
5	148.9		1.461		19.8	
6	100.9		0.990		13.4	
7	50.9		0.499		6.6	

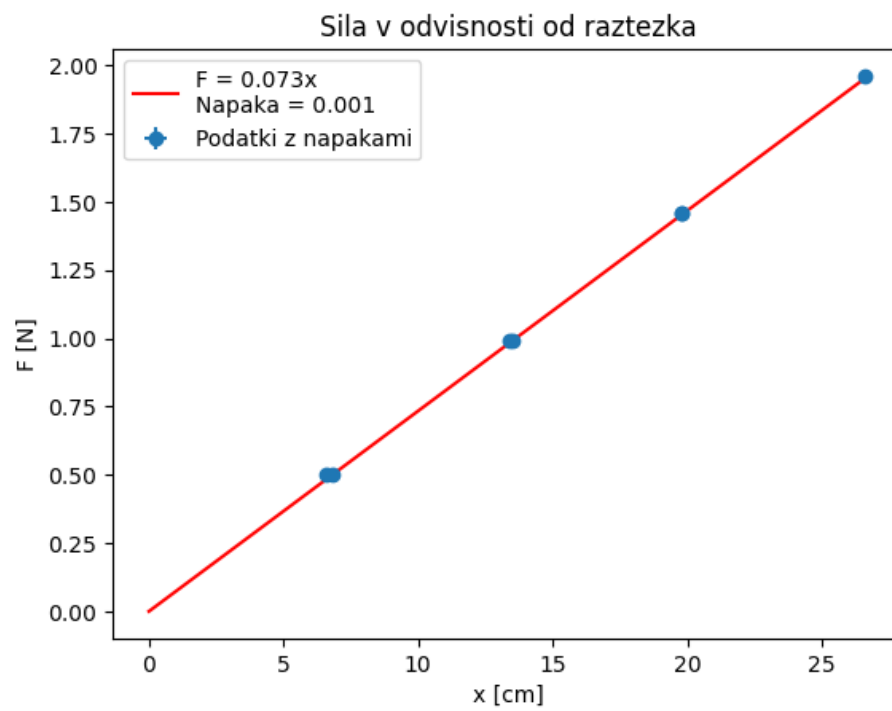
Nato sem za uteži z masami 50.9 g, 100.9 g in 148.9 g izmeril čas nihanja za 15 nihajev.

Tabela 2.2: Nihajni čas

Meritev	m [g]	t_{izm} [s]	$t_{en\ ni haj}$ [s]	\bar{t} [s]	$t_{en\ ni haj} - \bar{t}$ [s]	σ [s]	Δt_{sl} [s]	Δt_{sist}	t [s]
1		8.26	0.551		0				
2		8.26	0.551		0				0.551 ± 0.001
3	50.9	8.24	0.549	0.551	-0.001	0	0	0.001	=
4		8.26	0.551		0				$0.551 \cdot (1 \pm 0.002)$
5		8.28	0.552		0.001				
1	50.9		0.499		6.8				
2	100.9		0.990		13.5				
3	148.9		1.461		19.8				
4	199.4	0.1	1.956	0.001	26.6	0.1			
5	148.9		1.461		19.8				
1	50.9		0.499		6.8				
2	100.9		0.990		13.5				
3	148.9		1.461		19.8				
4	199.4	0.1	1.956	0.001	26.6	0.1			
5	148.9		1.461		19.8				

2.4 Rezultati

Slika 2.1: Graf $F(x)$



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

Najprej sem opravil meritve s pomočjo elektronskega merilnika frekvence.

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 = 10.98 \cdot (1 \pm 0.005)
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 = 17.55 \cdot (1 \pm 0.004)
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 = 26.05 \cdot (1 \pm 0.005)
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 = 40.22 \cdot (1 \pm 0.005)
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 = 65.61 \cdot (1 \pm 0.007)
22		3972		35				
23		3963		26				
24		3905		-32				
25		3926		-11				

Nato sem za merjenje nihajnjega časa uporabil osciloskop.

Tabela 4.2: Mejenje frekvence z uporabo osciloskopa

Meritev	Napetost	$t_{izm}[s]$	$\bar{t} [s]$	$t_{izm} - \bar{t} [s]$	$t_{sist} [s]$	σ	$\Delta t_{slu}[s]$	$\nu [Hz]$
1	5.0 V	-0.080	0.088	-0.008	0.004	0	0	$11 \cdot (1 \pm 0.05)$ = 11 ± 1
2		0.096		0.008				
3		0.088		0				
4		0.088		0				
5		0.088		0				
6	6.0 V	0.052	0.052	0	0.002	0	0	$19 \cdot (1 \pm 0.05)$ = 19 ± 1
7		0.052		0				
8		0.050		-0.02				
9		0.052		0				
10		0.052		0				
11	7.0 V	0.036	0.038	-0.002	0.001	0	0	$26 \cdot (1 \pm 0.03)$ = 26 ± 1
12		0.038		0				
13		0.038		0				
14		0.039		0.001				
15		0.038		0				
16	9.0 V	0.024	0.023	0.001	0.001	0	0	$43 \cdot (1 \pm 0.04)$ = 43 ± 2
17		0.023		0				
18		0.022		-0.001				
19		0.023		0				
20		0.023		0				
21	12.0 V	0.0152	0.0150	0.0002	0.0004	0.0002	0.0001	$66.7 \cdot (1 \pm 0.03)$ = 66.7 ± 2.0
22		0.0152		0.0002				
23		0.0148		-0.0002				
24		0.0148		-0.0002				
25		0.0148		-0.0002				

4.3 Rezultati

Pri rezultatih lahko opazimo, da so meritve, pri čemer smo merili frekvenco in ne čas, bolj natančne. To je zato, ker je čas nihanja obratna vrednost hitrosti in že pri zelo mali spremembi časa lahko pride do velike spremembe frekvence. Medtem, ko smo pri merjenju z uporabo merilnika hitrosti merili frekvenco samo in do tega ni moglo priti.

4.4 Vprašanja

a) Kvalitativno razložite fizikalno delovanje diode in fotodiode (podrobnejšo razlago boste slišali pri moderni fiziki in pri predmetih s področja fizike trdne snovi, fizike materialov in statistični termodinamiki v višjih letnikih).

Dioda je polprevodniški elektronski element. To pomeni, da v eni smeri električni tok prepušča, v drugi pa ne. Za to je uporabna pri usmerjanju izmeničnih signalov. Fotodioda pa je dioda, ki deluje na principu fotoelektričnega pojava. Ob večji svetlobi po fotodiodi teče močnejši tok, pri nižji pa šibkejši.

b) Kvalitativno razložite delovanje osciloskopa, ki temelji na principu katodne cevi (CRT): kako v katodni cevi ustvarimo proste elektrone, kako jih pospešimo, kako jih uklanjamo v vodoravni in navpični smeri.

Osciloskop je elektronska merilna naprava, ki omogoča opazovanje napetosti. Ponavadi jih uporabljamo za opazovanje oblike električnega signala ter njegove amplitude. Zaslon osciloskopa temelji na principu katodne cevi. V katodni cevi so katodni žarki; to so hitri tokovi elektronov, ki izhajajo iz ogrete katode v vakuumski cevi. V cevi so elektroni usmerjeni v žarek, ki potuje proti anodi na vidnem koncu. Ta anoda je prekrita z luminiscenčnim materialom, ki odda svetlobo, ko nanjo trčijo elektroni. To se doseže z uporabo magnetnega ali električnega polja, ki usmerja elektrone in povzroča svetlobno emisijo ob trku z anodo.