

Vježba 8. Gustoća

Gustoća tekućina i krutih tvari

Gustoća neke tvari pri danoj temperaturi je omjer mase te tvari i njenog volumena.

$$\rho \text{ (gustoća)} = \frac{m \text{ (masa)}}{V \text{ (volumen)}} \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] \text{ ili } \left[\frac{\text{g}}{\text{m}^3} \right]$$

Promjena temperature znatno utječe na gustoću tekućina i čvrstih tvari, tako da se uvijek mora naznačiti temperatura pri kojoj je gustoće određena. U praktičnom radu često se upotrebljava tzv. relativna gustoća tvari spram neke druge (referentne) tvari. Relativna se gustoća određuje kao omjer gustoće ispitivane tvari (ρ) i referentne tvari (ρ^0) pri nekoj temperaturi.

$$d = \frac{\rho}{\rho^0}$$

Kako je relativna gustoća omjer gustoća dviju tvari, ona je veličina bez jedinice. Za tekućine i čvrste tvari kao referentna tvar se najčešće uzima voda, a za plinove vodik, zrak ili neki drugi plin.

Za točno određivanje gustoće koriste se piknometri. To su bočice s ubrušenim čepom kroz koji prolazi kapilara. Piknometar se do polovice grla napuni ispitivanom tekućinom i začepi. Pri tome čep istisne višak tekućine kroz kapilaru, na kojemu se formira kapljica koja se mora obrisati. Treba paziti da ispod čepa ne zaostane mjehurić zraka. To isto se ponovi i s destiliranom vodom te se na osnovi mase praznog piknometra te mase piknometra s uzorkom tekućine i vodom može izračunati gustoća ispitivane tekućine. Na sličan se način može odrediti i gustoća nekog krutog uzorka.

Za brzo određivanje gustoće tekućina često se upotrebljavaju areometri. To su zataljene staklene cijevi sa širim donjim dijelom (trbuhom) i vrlo uskim gornjim dijelom (vratom) u kojem se nalazi skala. Najniži dio areometra (rezervoar) ispunjen je olovnom sačmom. Mjerenje se temelji na Arhimedovom zakonu. Što je gustoća ispitivane tekućine manja, to će areometar dublje potonuti u ispitivanu tekućinu. Zato je na skali areometra na najvišem dijelu nanesena najmanja vrijednost gustoće. Što je gustoća ispitivane tekućine veća, to će areometar manje potonuti u tekućinu. Zato vrijednosti gustoće na skali areometra rastu odozgo nadolje.

VJEŽBA 8.1 Određivanje gustoće tekućine piknometrom

Zadatak: Izmjeriti gustoću uzorka tekućine, a sve rezultate mjerenja zapisati u obliku tablice. Izračunati relativnu gustoću uzorka prema gustoći vode pri uvjetima eksperimenta.

Pribor i kemikalije: piknometar, analitička vaga, termometar, uzorak tekućine nepoznate gustoće, destilirana voda.

Postupak: Provode se mjerenja mase praznog piknometra, piknometra s ispitivanom tekućinom i piknometra s destiliranom vodom na način opisan u uvodu.

Račun:

$$V(\text{piknometar}) = \frac{m(\text{piknometra s vodom}) - m(\text{prazni piknometar})}{\rho(\text{H}_2\text{O}) - \rho(\text{zrak})}$$

Zbog male gustoće vode, kao i ostalih tekućina, ne može se zanemariti sila uzgona, koja u uvjetima eksperimenta djeluje na tekućinu u piknometru. Korekcija zbog uzgona jednaka je masi istisnutog zraka i mora se dodati vrijednosti izmjerene mase tekućine, odnosno mase u piknometru.

$$\rho(\text{uzorak, } 20^\circ\text{C}) = \frac{m(\text{pikn. + uz.}) - m(\text{prazni pikn.})}{V(\text{pikn.})} + 0,0012\text{g cm}^{-3}$$

Prikaz rezultata:

Masa praznog piknometra (m_1)	
Masa piknometra s uzorkom (m_2)	
Masa piknometra s vodom (m_3)	
Temperatura	
Gustoća zraka (101 325 Pa)	
Gustoća vode	
d (uzorak, H ₂ O)	
V (piknometra)	
Gustoća uzorka	

Gustoća zraka u ovisnosti o temperaturi i tlaku 101325 Pa

T u °C	ρ u kg/m ³	T u °C	ρ u kg/m ³
-25	1,423	5	1,269
-20	1,395	10	1,247
-15	1,368	15	1,225
-10	1,342	20	1,204
-5	1,316	25	1,184
0	1,293	30	1,164
		35	1,146

Gustoća vode pri različitim temperaturama

t / °C	$\rho(\text{H}_2\text{O})$ / g cm ⁻³	t / °C	$\rho(\text{H}_2\text{O})$ / g cm ⁻³
0	0,99987	52	0,9872
2	0,99997	54	0,9862
4	1,00000	56	0,9853
6	0,99997	58	0,9843
8	0,99988	60	0,9832
10	0,99973	62	0,9822
12	0,99953	64	0,9811
14	0,99927	66	0,9801
16	0,99897	68	0,9789
18	0,99862	70	0,9778
20	0,99823	72	0,9767
22	0,99780	74	0,9755
24	0,99732	76	0,9743
26	0,99681	78	0,9731
28	0,99626	80	0,9718
30	0,99567	82	0,9706
32	0,99505	84	0,9693
34	0,99440	86	0,9680
36	0,99371	88	0,9667
38	0,9930	90	0,9653
40	0,9922	92	0,9640
42	0,9915	94	0,9626
44	0,9907	96	0,9612
46	0,9898	98	0,9598
48	0,9890	100	0,9584
50	0,9881		

VJEŽBA 8.2. Određivanje gustoće tekućine areometrom

Zadatak: Odrediti gustoću ispitivane tekućine koristeći areometar.

Pribor i kemikalije: areometar, stakleni cilindar (menzura), termometar, uzorak tekućine nepoznate gustoće.

Postupak: Treba odabrati cilindar razmjernan veličini areometra (visina cilindra mora biti veća od visine areometra, promjer takav da areometar bude oko 1 cm od stjenke cilindra). Izmjeriti temperaturu ispitivane tekućine i očitati gustoću.

Opaska: S areometrima treba pažljivo postupati jer se mogu lako razbiti, naročito pri udaru areometra o dno cilindra. Do toga može doći ako se areometar ispusti u tekućinu s prevelike visine.

VJEŽBA 8.3. Određivanje gustoće krutog uzorka

Zadatak: Izmjeriti gustoću krutog uzorka, a sve rezultate mjerenja prikazati u obliku tablice.

Pribor i kemikalije: piknometar, analitička vaga, kruti uzorak nepoznate gustoće, destilirana voda.

Postupak: Provode se mjerenja mase praznog piknometra, mase piknometra s uzorkom, mase piknometra s uzorkom i destiliranom vodom te mase piknometra s destiliranom vodom. Na osnovu rezultata mjerenja izračuna se gustoća ispitivanog uzorka.

Račun:

$$\rho (\text{uzorak}) = \frac{m(\text{uzorka})}{V(\text{uzorka})} + 0,0012 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

$$m (\text{uzorak}) = m (\text{piknometra s uzorkom}) - m (\text{praznog piknometra})$$

$$V (\text{uzorak}) = V (\text{istisnute destilirane vode}) = \frac{m (\text{istisnute destilirane vode})}{\rho (\text{destilirane vode})}$$

$$m (\text{istisnute dest. vode}) = m (\text{pikn. s dest. vodom}) + m (\text{uz.}) - m (\text{pikn. s uz. i dest. vodom})$$

Prikaz rezultata:

Temperatura	
Masa praznog piknometra (m_1)	
Masa piknometra s uzorkom (m_2)	
Masa piknometra s uzorkom i destiliranom vodom (m_3)	
Masa piknometra s destiliranom vodom (m_4)	
Gustoća destilirane vode (pri uvjetima eksperimenta)	
Gustoća uzorka	

Zadaci:

1. Odmjerna tikvica sadrži 500 g vode pri 20 °C. U istu tikvicu stane 786 g otopine sumporne kiseline. Izračunaj gustoću sumporne kiseline ako je gustoća vode pri 20 °C jednaka 0,99823 g cm⁻³.

$$\text{Rj: } \rho = 1,596 \text{ g cm}^{-3}$$

2. Piknometar ima masu 15,482 g, napunjen vodom ima masu 34,186 g, a napunjen nepoznatom tekućinom 33,656 g. Sva su mjerenja izvedena pri 20 °C. Izračunaj gustoću tekućine i relativnu gustoću tekućine u odnosu prema vodi pri 20 °C.

$$\text{Rj: } \rho = 0,9699 \text{ g cm}^{-3}, d = 0,9717$$

3. Izračunaj gustoću krutog uzorka ako su mjerenjem metodom pomoću piknometra, dobiveni ovi podaci:

a) masa piknometra s metilen-jodidom	12,448 g
b) masa piknometra s metilen-jodidom i krutim uzorkom	15,682 g
c) masa uzorka na zraku	5,644 g
d) gustoća metilen-jodida pri 20 °C	3,228 g cm ⁻³

Mjerenja su provedena pri temperaturi 20 °C.

$$\text{Rj: } \rho = 7,56 \text{ g cm}^{-3}$$

4. Kolika je gustoća 28,33 %-tne otopine amonijaka ako svaki dm³ otopine sadrži 255 g amonijaka?

$$\text{Rj: } \rho = 0,900 \text{ g cm}^{-3}$$

5. Izračunaj gustoću tekućine iz slijedećih podataka:

masa piknometra	10,545 g,
masa piknometra s vodom	19,856 g,
masa piknometra s tekućinom	25,436 g.

Sva su mjerenja izvedena na 20 °C. Primjeni korekciju na uzgon.

$$\text{Rj: } \rho(\text{tekućine}) = 1,569 \text{ g cm}^{-3}$$