

Usadzovanie tuhých častíc**Cieľ práce**

1. Určiť rýchlosť usadzovania monodisperznej frakcie guľových častíc vo dvoch vertikálnych rúrach rôznych priemerov a stanoviť hodnotu súčiniteľa vplyvu stien. Vypočítať Stokesov efektívny priemer monodisperznej frakcie.
2. Určiť reprezentatívny priemer a reprezentatívnu rýchlosť usadzovania polydisperznej frakcie guľových častíc. Zostrojiť histogram rozdelenia častíc podľa priemerov.

Teoretická časť

Relatívny pohyb častice a tekutiny je sprevádzaný premiestňovaním tekutiny v tesnej blízkosti povrchu častice, tekutina časticu obteká. Výslednica vzájomného dynamického pôsobenia tekutiny a častice sa nazýva sila odporu proti ich vzájomnému pohybu. Pre laminárny režim obtekania guľovej častice sa vzťah na výpočet sily odporu dá odvodiť analyticky a má nasledujúci tvar

$$F = 3\pi\mu dv \quad (5.1)$$

kde v je rýchlosť častice vzhľadom na tekutinu, d je priemer častice, μ je dynamická viskozita tekutiny. Vzťah (5.1) platí, ak Reynoldsovo kritérium nadobúda hodnoty $Re \leq 0,4$

$$Re = \frac{dv\rho}{\mu} \quad (5.2)$$

ρ je hustota tekutiny. Všeobecná rovnica pre silu odporu má tvar

$$F = \xi S \rho \frac{v^2}{2} \quad (5.3)$$

S je plocha priemeru častice do roviny kolmej na smer pohybu, pre guľu je to plocha kruhu. Na výpočet koeficientu odporu ξ pre častice s hladkým povrchom možno použiť vzťahy

$$\begin{aligned} \xi = \frac{24}{Re} \quad \text{pre } Re \leq 0,4 & \quad \xi = \frac{18,5}{Re^{0,6}} \quad \text{pre } 0,4 < Re < 1000 \\ \xi = 0,44 \quad \text{pre } 10^3 < Re < 10^5 & \quad \xi = 0,16 \quad \text{pre } Re > 10^5 \end{aligned} \quad (5.4)$$

Pri pohybe častice v tekutine pôsobia na ňu aj tzv. objemové sily, sila tiaže ($V\rho_s g$) a vztlaková sila ($V\rho g$), kde V je objem častice, ρ_s hustota častice, g je gravitačné zrýchlenie. Podľa druhého Newtonovho pohybového zákona je za ustáleného stavu (keď už je rýchlosť častice konštantná) súčet všetkých síl pôsobiacich na časticu rovný nule. V gravitačnom poli Zeme bez pôsobenia ďalších síl a pre podmienku $\rho_s > \rho$ má rovnica bilancie síl tvar

$$V\rho_s g - V\rho g - \xi S \rho \frac{v^2}{2} = 0 \quad (5.5)$$

Ak sa častica pohybuje v nehybnej tekutine konštantnou rýchlosťou, potom táto rýchlosť sa nazýva ustálená pádová rýchlosť častice resp. rýchlosť usadzovania a označuje sa symbolom

u_t . Pretože sila odporu výrazne závisí od rýchlosti častice, pohyb častice sa pomerne rýchlo (na krátkom úseku) ustáli. Vtedy sa sila odporu vyrovná efektívnej tiaži častice (tiaž zmenšená o vztlakovú silu).

Výpočet rýchlosti usadzovania častice

Použitím rovnice (5.5) môžeme vypočítať rýchlosť usadzovania častice u_t ak do nej dosadíme príslušný výraz za koeficient odporu ξ . Vopred však nepoznáme hodnotu Reynoldsovo kritéria, ktoré tiež od rýchlosti závisí a preto je výpočet iteračný. Iteráciám sa môžeme vyhnúť, ak rovnicu (5.5) upravíme do bezrozmerového tvaru

$$\frac{4}{3}Ar = \xi Re^2 \quad (5.6)$$

kde symbol Ar je Archimedovo kritérium definované nasledujúcou rovnicou

$$Ar = \frac{d^3 g \rho (\rho_s - \rho)}{\mu^2} \quad (5.7)$$

Ak do rovnice (5.6) dosadíme príslušné výrazy pre koeficient odporu v jednotlivých režimoch obtekania častice, dostaneme nasledujúce vzťahy

$$Re = \frac{Ar}{18} \quad Re \leq 0,4 \quad Ar \leq 7,2 \quad (5.8)$$

$$Re = 0,153 Ar^{0,71} \quad 0,4 < Re \leq 500 \quad 7,2 < Ar \leq 8,3 \cdot 10^4 \quad (5.9)$$

$$Re = 1,74 Ar^{0,5} \quad 500 < Re \leq 1,5 \cdot 10^5 \quad 8,3 \cdot 10^4 < Ar \leq 7,4 \cdot 10^4 \quad (5.10)$$

Pri výpočte postupujeme tak, že z vlastností tekutiny a častice vypočítame hodnotu Archimedovo kritéria (5.7), vyberieme si vhodný vzťah z (5.8) – (5.10), vypočítame Reynoldsovo kritérium a z neho rýchlosť usadzovania častice.

Výpočet priemeru častice zo známej rýchlosti usadzovania

Keď potrebujeme určiť priemer častice zo známej rýchlosti usadzovania, je potrebné rovnicu (5.5) upraviť do bezrozmerového tvaru iným spôsobom

$$\frac{4}{3}Ly^{-1} = \xi Re^{-1} \quad (5.11)$$

kde Ly je Ljaščenkovo kritérium definované nasledujúcou rovnicou

$$Ly = \frac{u_t^3 \rho^2}{g(\rho_s - \rho)\mu} \quad (5.12)$$

Ak dosadíme odpovedajúce výrazy pre koeficient odporu do rovnice (5.11) získame rovnice pre výpočet priemeru častice pre jednotlivé režimy obtekania častice

$$Re = 4,24 Ly^{0,5} \quad Re \leq 0,4 \quad Ly \leq 8,9 \cdot 10^{-3} \quad (5.13)$$

$$Re = 0,33 Ly \quad 500 < Re \leq 1,5 \cdot 10^5 \quad 1,5 \cdot 10^3 < Ly \leq 4,5 \cdot 10^5 \quad (5.14)$$

Presnejšie výsledky obidvoch funkcií $Re = f_1 (Ar)$ a $Re = f_2 (Ly)$ sú vo forme polynómov, ktorých koeficienty sú uvedené v skriptách na strane 207.

Vplyv iných faktorov na rýchlosť usadzovania

Častice neguľového tvaru sa v tekutine pohybujú menšou rýchlosťou ako guľové častice s rovnakým objemom aj hustotou. Jednoduchý spôsob ako vyjadriť rýchlosť usadzovania takejto častice sa odvodzuje z predstavy efektívneho priemeru častice. Veľkosť neguľovej častice sa charakterizuje priemerom takej gule, ktorá má s neguľovou časticou niektoré spoločné vlastnosti. Napríklad Stokesov efektívny priemer je definovaný ako priemer gule, ktorá má rovnakú rýchlosť usadzovania a rovnakú hustotu ako neguľová častica. Zistíme ho výpočtom z rovníc (5.12) – (5.14) po experimentálnom stanovení rýchlosti usadzovania neguľovej častice.

Ak sa častica pohybuje v blízkosti tuhej steny, odpor prostredia vzrastie a rýchlosť usadzovania poklesne v porovnaní s jej pohybom v neobmedzenom priestore. Miera brzdiaceho vplyvu závisí od vzdialenosti častice od steny a od režimu obtekania častice tekutinou. Tento jav sa kvantifikuje súčiniteľom K_w definovaným ako pomer koeficientu odporu pri pohybe v blízkosti steny ξ_w a koeficientu odporu ξ pri pohybe častice rovnakou rýchlosťou v neobmedzenom prostredí.

$$K_w = \frac{\xi_w}{\xi} \quad (5.15)$$

Pre prípad usadzovania častice vo vertikálnej valcovej nádobe možno závislosť K_w od priemeru častice d a od priemeru valcovej nádoby D aproximovať polynómom v tvare

$$K_w = 1 + a \frac{d}{D} + 5 \left(\frac{d}{D} \right)^2 \quad (5.16)$$

Koeficient a nadobúda hodnotu približne 2 pri laminárnom režime obtekania a hodnotu 0,1 v turbulentnej oblasti. Pre prechodnú oblasť $0,4 < Re \leq 1000$ je funkciou Reynoldsovho kritéria.

Súbor častíc

Ak majú častice rovnakú veľkosť hovoríme o monodisperznom súbore častíc. Pre takýto súbor postačuje jediný parameter, priemer častice, na charakterizovanie veľkosti častíc. Častice rôznej veľkosti tvoria polydisperzný súbor. O úzkom polydisperznom súbore hovoríme vtedy, ak pomer priemerov najväčšej a najmenšej častice je menší ako dva. Reprezentatívny priemer úzkeho polydisperzného súboru, ktorý obsahuje n častíc je definovaný ako aritmetický stred priemerov častíc

$$\bar{d} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i \quad (5.17)$$

Reprezentatívny priemer širšieho polydisperzného súboru častíc, tzv. Sauterov priemer, je možné vypočítať z nasledujúceho vzťahu

$$d_r = \frac{\sum d_i^3}{\sum d_i^2} \quad (5.18)$$

Usadzovanie častíc súboru charakterizujeme aritmetickým priemerom rýchlostí usadzovania jednotlivých častíc

$$\bar{u}_t = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n u_{ti} \quad (5.19)$$

Podľa vzťahov (5.8) – (5.10) môžeme k reprezentatívnemu priemeru d_r určiť reprezentatívnu rýchlosť usadzovania u_{tr} .

Názorná predstava o zastúpení častíc rôznych rozmerov v polydisperznom súbore sa získa zatriedením ich priemerov do zvoleného počtu intervalov. Granulometrické zloženie súboru častíc potom môžeme graficky prezentovať histogramom. Informácie o vytváraní intervalového rozdelenia súboru častíc a o konštrukcii histogramu sú uvedené v skriptách na stranách 12 až 15.

Vlastnosti polydisperzného súboru častíc môžeme posudzovať aj podľa šírky intervalu v okolí aritmetického stredy priemerov častíc. Na odhad hraníc intervalu pre súbory s normálnym rozdelením priemerov častíc je možné použiť vzťahy

$$a_d = \bar{d} - t_\alpha s_d \quad b_d = \bar{d} + t_\alpha s_d \quad (5.20)$$

kde t_α je $100.(1-\alpha)\%$ -ná kritická hodnota t-rozdelenia pravdepodobnosti. Príslušné hodnoty sú uvedené v prílohe skript na strane 205. Podobným spôsobom môžeme vypočítať aj štatistické charakteristiky z údajov o rýchlosti usadzovania častíc.

Zadanie práce

A. Monodisperzný súbor častíc

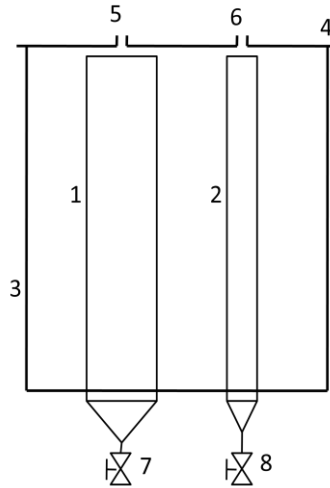
- 1) Z nameraných údajov určte priemer častíc súboru, 95%-ný interval spoľahlivosti a medznú chybu priemeru.
- 2) Namerajte rýchlosť usadzovania častíc v rúre 1 s priemerom $D=0,155\text{m}$ a v rúre 2 s priemerom $D=0,015\text{m}$. V oboch prípadoch určte 95%-né intervaly spoľahlivosti a medznú chybu rýchlosti usadzovania.
- 3) Pomocou meraní urobených na rúre 1 vypočítajte Stokesov efektívny priemer častíc a koeficient odporu ξ .
- 4) Z meraní urobených na rúre 2 určte koeficient odporu ξ_w ako aj súčiniteľ vplyvu stien K_w . Vypočítajte hodnotu koeficientu a v rovnici (5.16)

B. Polydisperzný súbor častíc

- 1) Vypočítajte reprezentatívny priemer súboru častíc.
- 2) Určte smerodajnú odchýlku, 95%-ný interval spoľahlivosti a medznú chybu aritmetického stredy priemerov častíc. Zistite, aký interval priemeru zahŕňa 95% z počtu častíc súboru.
- 3) Zostrojte histogram pre priemer.
- 4) Vypočítajte reprezentatívnu rýchlosť usadzovania častíc.
- 5) Určte smerodajnú odchýlku, 95%-ný interval spoľahlivosti a medznú chybu aritmetického stredy rýchlostí usadzovania. Zistite, aký interval rýchlostí usadzovania zahŕňa 95% z počtu častíc súboru.

Experimentálna časť

Experimentálne zariadenie na meranie rýchlosti usadzovania tuhých častíc sa skladá z dvoch zvislých rúr. Rúra 1 má priemer $D=0,155$ m a rúra 2 má priemer $D=0,015$ m. Schéma zariadenia je uvedená na obr. 5.1.



Obr. 5.1: Schéma zariadenia na meranie rýchlosti usadzovania tuhých častíc.

1-rúra s väčším priemerom, 2-rúra s menším priemerom, 3-temperovací plášť, 4-kryt plášťa, 5,6-otvory pre častice, 7,8-výpusťné ventily.

Rúry 1 a 2 sú umiestnené v temperovacom plášti 3, ktorý je zhora uzavretý doskou 4. V doske 4 je pre každú rúru jeden otvor umiestnený tak, aby vhodná častica padala v osi rúry. Sú to otvory 5 a 6. Rúry 1 a 2 sú naplnené silikónovým olejom. Merania sa vykonávajú pri laboratórnej teplote.

V zadnej stene plášťa 3 sú umiestnené osvetľovacie telesá. Na čelnej stene plášťa 3 sú priezory, cez ktoré môžeme sledovať pohyb častíc v rúrach. Na vonkajšom povrchu rúr sú čiernymi pásmi označené úseky rôznych dĺžok, na ktorých prebieha meranie rýchlosti. Na oboch rúrach je možné si zvoliť dĺžku úseku, na ktorom bude realizované meranie. K dispozícii sú dĺžky 0,5 m, 0,7 m, 0,9 m a 1 m.

Pracovný postup

Z monodisperznej vzorky častíc vyberáme 20 a z polydisperznej 50 častíc. Na výber použijeme mriežku so 400 bunkami. Na výber častíc použijeme tabuľku náhodných čísel, ktorá je súčasťou dokumentácie k práci a je uvedená aj v prílohe skriptu.

- 1) Mriežku so 400 bunkami položíme do prázdnej nádoby. Zo vzorkovnice rozsypeme po mriežke častice tak, aby v každej bunke bola aspoň jedna častica. Častice presahujúce úroveň povrchu mriežky odstránime do nádoby stierkou.
- 2) Potom podľa zásad uvedených v skriptách na str. 11 a 12 pinzetou vyberáme z mriežky po 1 častici z každej bunky určenej tabuľkou náhodných čísel. Ukladáme ich do zásobníka v poradí, v akom sme ich vyberali. Vzorky majú v zásobníku vyhradené separátne oddelenia s očíslovanými bunkami.
- 3) Keď ukončíme výber častíc danej vzorky, mriežku z nádoby vyberieme a zvyšné častice nasypane pomocou lievika do vzorkovnice.
- 4) Zmeriame priemer každej častice - podľa možnosti v dvoch na seba kolmých smeroch. Namerané hodnoty d_{i1} , d_{i2} pre monodisperznú vzorku zaznamenáme do tabuľky 5.1 a pre

polydisperznú vzorku do tabuľky 5.2. Po zmeraní priemeru vrátime každú časticu do príslušného okienka v zásobníku.

- 5) Na zadnej strane temperovacieho plášťa 3 zapneme osvetlenie. Z príslušného súboru častíc zoberieme 1 nezmeranú časticu a zmeriame jej rýchlosť pádu v príslušnej rúre. Podľa výsledku si zvolíme dĺžku úseku, na ktorom budeme merať tak, aby meranie pádu jednej častice netrvalo príliš krátko (zvyšuje sa chyba merania času) ale ani príliš dlho (je treba zmerať čas usadzovania celkom 70 častíc), aby sa to stihlo do konca cvičenia.
- 6) Najprv meriame monodisperzný súbor častíc tak, že meriame čas pohybu častice na zvolenej dĺžke úseku - 10 častíc v rúre 1 a potom 10 častíc v rúre 2. Namerané časy, zvolenú dĺžku úseku a teplotu oleja v rúrach zapisujeme do tabuľky 5.1.
- 7) Po ukončení merania monodisperzných častíc pokračujeme v meraní s polydisperznou vzorkou podľa zásad uvedených v bode 6). Polydisperzné častice meriame iba na rúre s väčším priemerom. Namerané údaje tohto súboru zapisujeme do tabuľky 5.2.
- 8) Hustoty tuhých častíc zistíme z údajov na vzorkovnici. Hustotu a viskozitu oleja v rúrach zistíme podľa nameranej teploty zo vzťahov uvedených v dokumentácii k práci.
- 9) Po ukončení meraní vypneme osvetlenie rúr.

Spracovanie nameraných údajov

A: Monodisperzný súbor častíc

- 1) Z rovnice (5.17) vypočítame priemer \bar{d} súboru zo všetkých 20 údajov. Smerodajnú odchýlku vypočítame zo vzťahu (I-3) a zo vzťahu (I-4) určíme 95%-ný interval spoľahlivosti a_d, b_d pre priemer častice. Medznú chybu κ_d vypočítame z rovnice (I-5). Údaj o priemere častice zapíšeme v tvare (I-6) (skriptá strana 8 a 9).
- 2) Vypočítame rýchlosť usadzovania každej častice podelením dĺžky úseku a nameraného času pádu. Potom vypočítame rýchlosť usadzovania \bar{u}_{t1} v rúre 1 a rýchlosť \bar{u}_{t2} v rúre 2 ako aritmetický priemer rýchlostí jednotlivých častíc. Pre rýchlosť usadzovania v každej rúre určíme 95%-ný intervaly spoľahlivosti $\langle a_{u1}, b_{u1} \rangle, \langle a_{u2}, b_{u2} \rangle$ zo vzťahu (I-4) a medzné chyby zo vzťahu (I-5) – vid' skriptá, strana 8.
- 3) Z rýchlostí usadzovania častice v rúre 1 vypočítame Stokesov ekvivalentný priemer častice d_{es} . Zo vzťahu (5.12) vypočítame hodnotu Ljaščenkovho kritéria Ly , potom vyberieme odpovedajúcu rovnicu (5.14) (5.15), vypočítame Reynoldsovo kritérium a z neho určíme efektívny priemer d_{es} . Relatívnu chybu δ_d priemernej hodnoty \bar{d} a efektívneho priemeru d_{es} vypočítame ako podiel rozdielu $(\bar{d} - d_{es})$ a hodnoty \bar{d} .
- 4) Koeficient odporu vypočítame osobitne pre rúru 1, ζ_1 a osobitne pre rúru 2, ζ_{w2} . Na výpočet použijeme rovnicu (5.6). Hodnoty Archimedovho kritéria (5.7) a Reynoldsovo kritéria Re_1, Re_2 (5.2) vypočítame pomocou priemeru \bar{d} a príslušných rýchlostí usadzovania \bar{u}_{t1} a \bar{u}_{t2} .
- 5) Hodnotu koeficientu ζ_2 , ktorý odpovedá pohybu častice rýchlosťou \bar{u}_{t2} v neobmedzenom priestore pri hodnote Reynoldsovo kritéria Re_2 určíme z vhodnej rovnice zo súboru vzťahov (5.4).
- 6) Hodnotu súčiniteľa vplyvu stien K_w vypočítame z rovnice (5.15) pomocou hodnôt ζ_{w2} a ζ_2 . Z rovnice (5.16) určíme hodnotu koeficientu a . Veličina D v tejto rovnici je priemer rúry 2. Výsledky zaznamenáme do tabuľky 5.3.

B: Polydisperzný súbor častíc

- 1) Reprezentatívny priemer súboru častíc d_r určíme zo vzťahu (5.18). Aritmetický stred priemerov častíc \bar{d} vypočítame zo vzťahu (5.17). Smerodajnú odchýlku s_d vypočítame zo vzťahu (I-3). Zo vzťahu (I-4) určíme 95%-ný interval spoľahlivosti $\langle a_{\bar{d}}, b_{\bar{d}} \rangle$ pre

aritmetický stred priemerov častíc. Medznú chybu $\kappa_{\bar{d}}$ aritmetického stred priemerov častíc vypočítame z rovnice (I-5).

- 2) Pomocou vzťahu (5.20) získame odhad, aký interval priemeru zahŕňa 95% z počtu všetkých častíc súboru.
- 3) Histogram vzorky častíc podľa veľkosti zostrojíte podľa pokynov v skriptách na strane 12.
- 4) Vypočítame hodnoty rýchlosti usadzovania u_{ti} každej častice ako podiel dĺžky úseku a príslušného času pádu. Aritmetický priemer rýchlostí \bar{u}_t vypočítame zo vzťahu (5.19), smerodajnú odchýlku s_u zo vzťahu (I-3). Zo vzťahu (I-4) určíme 95%-né intervaly spoľahlivosti $\langle a_u; b_u \rangle$ a zo vzťahu (I-5) medznú chybu pre túto veličinu.
- 5) Po príslušnej zámene symbolov určíme zo vzťahu (5.20) hranice a_u, b_u intervalu rýchlosti usadzovania, do ktorého pripadne 95% hodnôt tejto veličiny pre častice súboru.
- 6) Reprezentatívnu rýchlosť usadzovania u_{tr} , zodpovedajúcu reprezentatívne priemeru d_r určíme zo vzťahu $Re = f(Ar)$. Podľa hodnoty Archimedovho kritéria vyberieme vhodnú rovnicu zo skupiny (5.4). Potom stanovíme relatívnu odchýlku δ_u reprezentatívnej rýchlosti u_{tr} od aritmetického stred rýchlostí \bar{u}_t ako podiel rozdielu $(\bar{u}_t - u_{tr})$ a hodnoty \bar{u}_t .
- 7) Výsledky výpočtov pre polydisperzný súbor častíc zapíšeme do tabuľky 5.4 a 5.5. Konečné výsledky meraní a výpočtov zhrnieme do tabuľky 5.6.

Tabuľka 5.1: Záznam o meraniach s monodisperznou vzorkou častíc

Rúra 1		$D_1=0,155$ m	$L_1=$ m	$t_1=$ °C	$\rho_1=$ kg.m ⁻³	$\mu_1=$ Pa.s
Rúra 2		$D_2=0,015$ m	$L_2=$ m	$t_2=$ °C	$\rho_2=$ kg.m ⁻³	$\mu_2=$ Pa.s
Častice		Číslo vzorky -			$\rho_s=$ kg.m ⁻³	
Rúra	Meranie číslo	Priemery častice		Čas τ_i [s]	Priemer častice	Rýchlosť
		d_{i1} [mm]	d_{i2} [mm]		d_i [mm]	u_{ii} [m.s ⁻¹]
1	1					
	2					
	3					
	4					
	5					
	6					
	7					
	8					
	9					
	10					
2	1					
	2					
	3					
	4					
	5					
	6					
	7					
	8					
	9					
	10					

Tabuľka 5.2: Záznam o meraniach s polydisperznou vzorkou častíc

Rúra 1		$D_1=0,155$ m	$L_1=$ m	$t_1=$ °C	$\rho_1=$ kg.m ⁻³	$\mu_1=$ Pa.s
Častice		Číslo vzorky -			$\rho_s=$ kg.m ⁻³	
Rúra	Meranie číslo	Priemery častice		Čas τ_i [s]	Priemer častice	Rýchlosť
		d_{i1} [mm]	d_{i2} [mm]		d_i [mm]	u_{ii} [m.s ⁻¹]
1	1					
	2					
	3					
	·					
	·					
	·					
	·					
50						

Tabuľka 5.3: Záznam štatistických údajov o monodisperznom súbore častíc

Priemer častíc		[m]	$\bar{d} =$	$s_d =$	$\kappa_d =$
			$a_d =$	$b_d =$	
Rýchlosť usadzovania	Rúra 1	[m.s ⁻¹]	$\bar{u}_{t1} =$	$s_{u1} =$	$\kappa_{u1} =$
			$a_{u1} =$	$b_{u1} =$	
	Rúra 2	[m.s ⁻¹]	$\bar{u}_{t2} =$	$s_{u2} =$	$\kappa_{u2} =$
			$a_{u2} =$	$b_{u2} =$	

Tabuľka 5.4: Záznam štatistických údajov o polydisperznom súbore častíc

Priemer častíc	[m]	$\bar{d} =$	$s_{\bar{d}} =$	$\kappa_{\bar{d}} =$
		$a_{\bar{d}} =$	$b_{\bar{d}} =$	$d_r =$
Rýchlosť usadzovania	[m.s ⁻¹]	$\bar{u}_t =$	$s_{\bar{u}} =$	$\kappa_{\bar{u}} =$
		$a_{\bar{u}} =$	$b_{\bar{u}} =$	

Tabuľka 5.5: Intervalové rozdelenie početnosti priemerov polydisperzného súboru častíc

Číslo intervalu	Hranice intervalu	Intervalový znak d_j	Početnosť n_j	Relatívna početnosť f_j
	[mm]	[mm]		
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				

Tabuľka 5.6: Konečné výsledky meraní a výpočtov

Monodisperzný súbor		Polydisperzný súbor	
Číslo vzorky		Číslo vzorky	
ρ_s [kg.m ⁻³]		ρ_s [kg.m ⁻³]	
$\bar{d} \pm \kappa_d$ [m]		d_r [m]	
$\langle a_d, b_d \rangle$ [m]		$\bar{d} \pm \kappa_d$ [m]	
$\bar{u}_{t1} \pm \kappa_{u1}$ [m.s ⁻¹]		$\langle a_{\bar{d}}, b_{\bar{d}} \rangle$ [m]	
$\langle a_{u1}, b_{u1} \rangle$ [m.s ⁻¹]		$\langle a_{\bar{d}}, b_{\bar{d}} \rangle$ [m]	
$\bar{u}_{t2} \pm \kappa_{u2}$ [m.s ⁻¹]		u_{tr} [m.s ⁻¹]	
$\langle a_{u2}, b_{u2} \rangle$ [m.s ⁻¹]		$\bar{u}_t \pm \kappa_u$ [m.s ⁻¹]	
d_{es} [m]		$\langle a_u, b_u \rangle$ [m.s ⁻¹]	
δ_d		$\langle a_u, b_u \rangle$ [m.s ⁻¹]	
ξ_1		δ_u	
ξ_{w2}			
K_w			
a			

Otázky na diskusiu

1. Aký je rozdiel vo vypočítaných hodnotách priemeru častíc polydisperzného súboru podľa rovníc (5.17) resp. (5.18) ?
2. Vysvetlite akým spôsobom je brzdená častica v prípade jej pádu v blízkosti steny oproti nekonečnému prostrediu ?