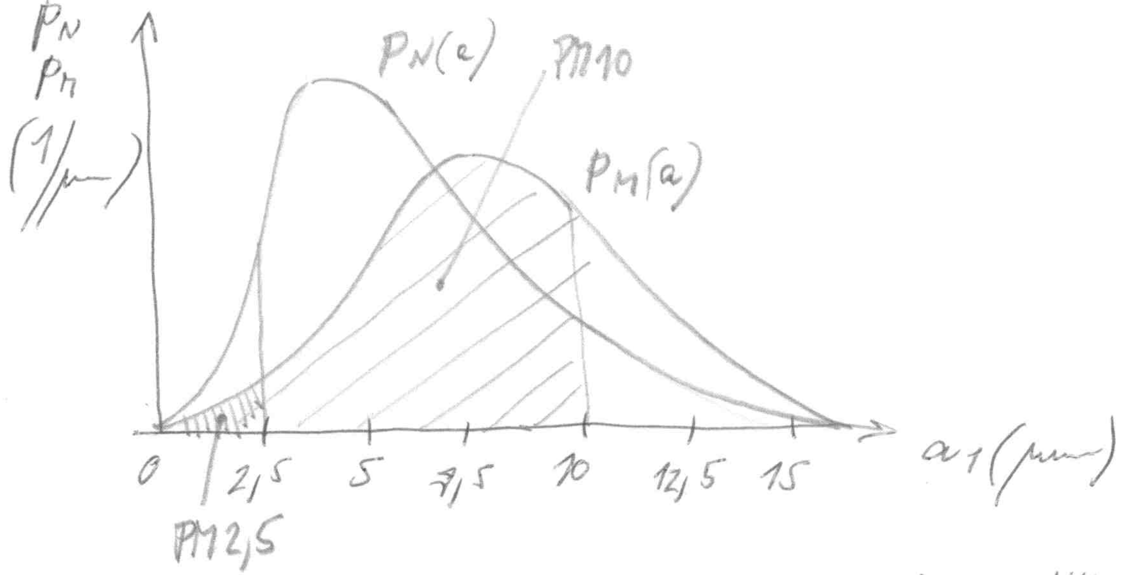
## Definice frakce PM10, PM2,5

- odvozeny od velikosti částice $a_1$ - aerodynamická velikost částic s hustotou 1000 kg/m³




Frakce částic PM10 - částice aerodyn. velikosti < 10 µm
PM2,5 — " — < 2,5 µm

Stanovení frakce - odtříděním hrubších částic, kde třídič má relativně plochou třídicí křivku

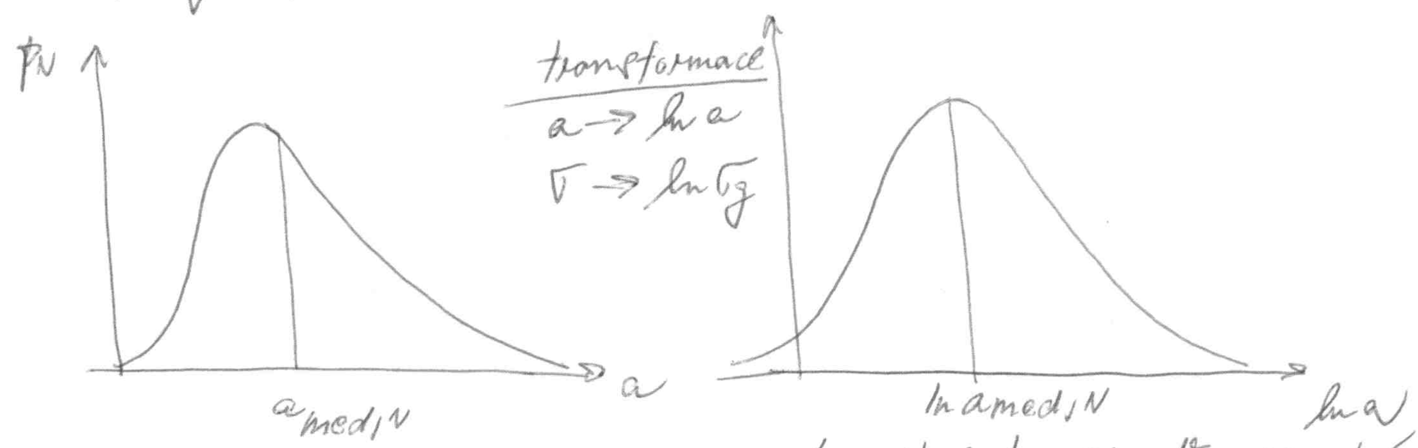
Def. dle ČSN EN 12341 - Kvalita ovzduší - stanovení frakce PM10 aerosolových částic - Referenční metoda

... odtřídění frakce PM10 - tak, že prochází velikostně-selektivním filtrem, který u velikosti $a_1 = 10$ µm třídí s 50% účinností.

## Analytické vyjádření křivek zrnitosti

Soubory prachů - normální (pravděpodobnostní, Gaussovo) rozdělení

– nesymetrické rozdělení – většina prachů




<u>logaritmicko-pravděpodobnostní rozdělení</u>

2 parametrová distribuční funkce

2 parametry – $\ln a_{mediN}$
$\ln \sigma_g$

<u>Rozdělení dle Rosina a Rammlera</u> – 2 parametrová fce

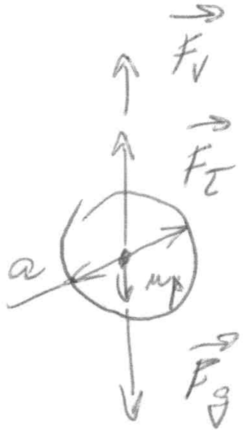
## 3. Odlučovací principy

– gravitační
– setrvačný, zvl. případ odstředivý
– difúzní
– elektrický
– intercepční

<u>Gravitační princip</u> – působí gravitační síla

využití v gravitačních odlučovačích

Základní veličina – <u>pádová rychlost částice</u> $u_p$ – ustálená rychlost částice v klidném prostředí




$$F_g = F_\tau + F_V$$

$$F_g = V_\sigma \rho_\sigma \cdot g$$

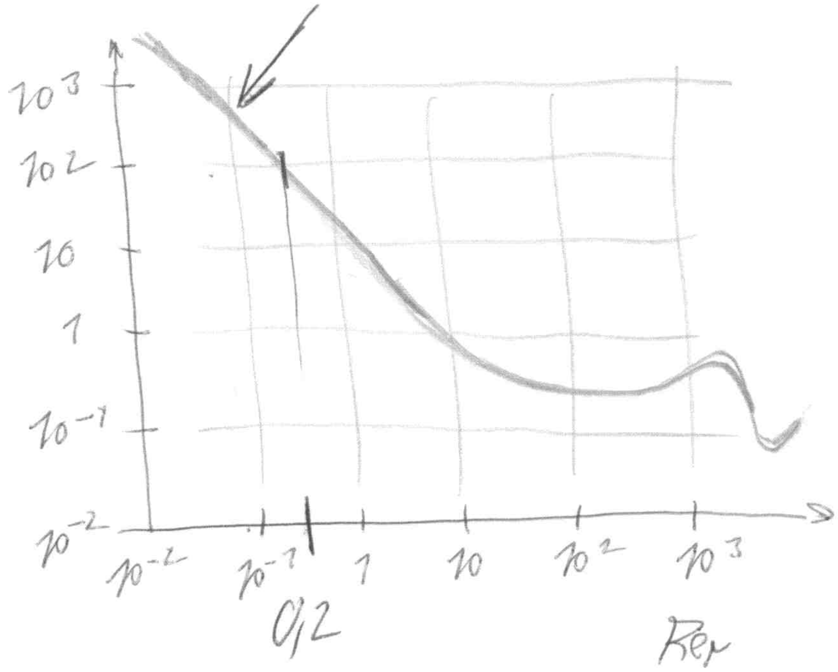
$$F_V = V_\sigma \rho g$$

$$F_\tau = \xi \frac{\pi a^2}{4} \frac{u_p^2}{2} \rho$$

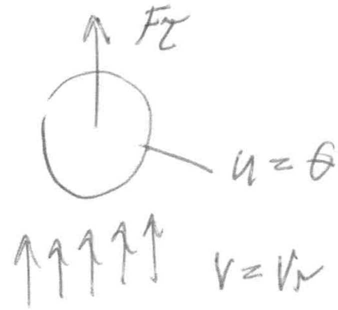
$$u_p = \sqrt{\frac{4a(\rho_\sigma - \rho)g}{3\xi\rho}} \quad \text{obecně}$$

$$\boxed{\xi = ?}$$

Stokesovo řešení (vazké laminární proudění)




experimentální řešení




$$v_r = v - u = v$$

$$\xi = f(Re_r)$$

$$Re_r = \frac{v_r \cdot a}{\nu}$$

$$Re_r < 0{,}2 \qquad \xi = \frac{24}{Re_r}$$

$$F_\tau = 3\pi\eta a u_p$$

$$u_p = \frac{a^2(\rho_\sigma - \rho)g}{18\eta}$$

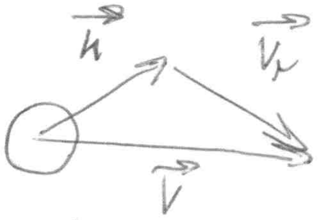
mimo platnost Stokesova zákona

$$Re_r = (0{,}2 \div 400) \qquad \xi = \frac{24}{Re_r}\left(1 + \frac{1}{6} Re_r^{2/3}\right) \quad \text{Kljačko}$$

Gravitační odlučovače

## Setrvačný princip

při zakřivené proudnici … trajektorie částice $\neq$ proudnice


$\vec{V}_r$ – relativní rychlost obtékání částice

$$\vec{V}_r = \vec{V} - \vec{u}$$

$$\vec{F}_\tau = \xi \frac{\pi a^2}{4} |\vec{V}-\vec{u}|(\vec{V}-\vec{u})\,\rho$$

Stokesův zákon $\xi = \frac{24}{Re_r} \rightarrow \vec{F}_\tau = 3\pi\eta a \vec{V}_r$

## Pohybová rovnice částice

$$m_č \frac{d\vec{u}}{dt} = \sum sil = \vec{F}_\tau + \vec{F}_v + \vec{F}_e$$

zanedbává se

$$\boxed{m_č \frac{d\vec{u}}{dt} = \vec{F}_\tau + \vec{F}_e}$$

Např.: křivočarý pohyb v gravitačním poli

$$\vec{F}_e = \vec{F}_g$$

$$\frac{\pi a^3}{6} \rho_č \frac{d\vec{u}}{dt} = 3\pi\eta a(\vec{V}-\vec{u}) + \frac{\pi a^3}{6} \rho \vec{g} \qquad / \cdot \frac{1}{3\pi\eta a}$$

$$\tau_\sigma \frac{d\vec{u}}{dt} = \vec{V} - \vec{u} + \vec{u_p} \qquad \tau_\sigma(s) = \frac{a^2 \rho_\sigma}{18\eta}$$

numerické řešení — doba relaxace částice

→ odvozená bezrozměrná kritéria

$$Stk = \frac{\tau_\sigma \cdot V}{L}$$

Pohyblivost částice

$$B = \frac{\text{konečná rychlost částice v klidném prostředí}}{\text{vnější síla, která pohyb vyvolala}} = \frac{\vec{u_k}}{\vec{F_e}}$$

$$B = \frac{1}{3\pi\eta a} \quad (s/kg)$$

Pro jemné částice ($a < 10\,\mu m$) - korekce odporu částice na skluz plynu

$$F_\tau = \frac{3\pi\eta a u_p}{1 + K_c \frac{l_m}{a}} \qquad C = 1 + K_c \frac{l_m}{a}$$ Cunninghamova korekce na skluz

$$B = \frac{1 + K_c \frac{l_m}{a}}{3\pi\eta a}$$

pohybová rce v obl. platnosti Stokesova zákona

$$M_\sigma \frac{d\vec{u}}{dt} = 3\pi\eta a (\vec{V} - \vec{u}) + \vec{F_e} \qquad / \cdot \frac{1}{3\pi\eta a}$$

$$\tau_\sigma \frac{d\vec{u}}{dt} = \vec{V} - \vec{u} + \vec{F_e} \cdot B$$

## Kvazistacionární princip

kvazistacionární pohyb částice
= téměř ustálený

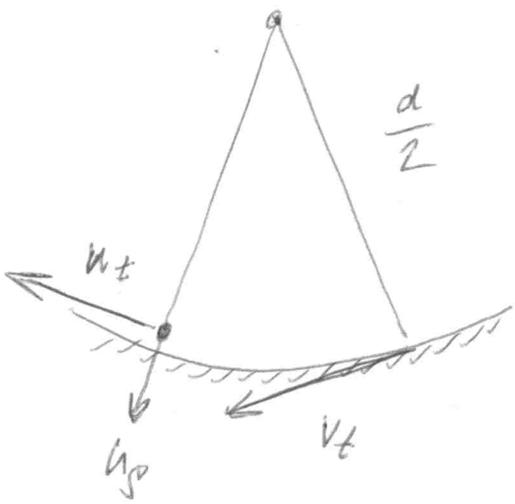
pohybová rce $0 = \vec{F}_\tau + \vec{F}_e$

$$0 = \vec{v} - \vec{u} + \vec{F}_e \cdot B$$

$\vec{u}_r = \vec{u} - \vec{v}$ rel. rychlost částice vůči prostředí

$$\vec{u}_r = \vec{F}_e \cdot B$$

## Odstředivý princip




plyn : $v_t$

částice: $u_t \doteq v_t$

$u_\rho$

$$\vec{F}_e = \vec{F}_o \qquad \vec{F}_o = M_\sigma \cdot \frac{v_t^2}{d} 2$$

$$u_{r,\rho} = u_\rho - v_\rho = u_\rho$$

$u_\rho = F_o \cdot B = u_K$ konečná odlučovací rychlost

$$u_K = \tau_\sigma \frac{v_t^2 \cdot 2}{d}$$

## Difúzní princip

Difúze - malé částice konají náhodný pohyb
- pohyb proti gradientu koncentrace

hustota toku částic v proudícím plynu

$$j = \underbrace{\vec{v} \cdot c}_{\text{konvektivní}} - \underbrace{D \cdot \vec{\nabla} c}_{\text{difúzní přenos}} \quad (kg/m^2 s)$$

$$\text{grad} = \vec{\nabla} = \vec{i}\frac{\partial}{\partial x} + \vec{j}\frac{\partial}{\partial y} + \vec{k}\frac{\partial}{\partial z}$$

- klidné prostředí n. laminární proudění

→ tepelná (Brownovská) difúze

$D_B = kTB$ $(m^2/s)$ souč. Brownovské difúze

- turbulentní proudění

→ $D_t$ souč. turbulentní difúze

<u>střední posuv částice</u> $\bar{x}$

klidné prostředí, vyrovnaná koncentrace částic

$$\bar{x} = \sqrt{\frac{4 D_B t}{\pi}} \quad (m)$$

pro $t = 1 s$ → $\bar{x}_1$

pro $a \lessapprox 1\,\mu m$ ... $\bar{x}_1 > u_p$

→ částice ve stavu vznosu