Προσομοίωση κίνησης σωματιδίων σε πεδίο ροής ασυμπίεστου, μη συνεκτικού ρευστού

Πολυφασικές Ροές

Κωνσταντίνος Μικέδης

24 Φεβρουαρίου 2022

Περιγραφή

Πρόβλημα:

- Προσομοίωση κίνησης και εξάτμισης σωματιδίων σε μόνιμο πεδίο ροής
- Lagrangian Παρακολούθηση
- Μονόδρομη Σύζευξη ($\alpha \ll$)
- Εφαρμογή για 2 πεδία ροής

Στόχοι:

- Εκτίμηση επίδρασης αριθμού *Stokes* σε κίνηση - εξάτμιση
- Εκτίμηση επίδρασης κίνησης *Brown*

Περιεχόμενα

Εξισώσεις κατάστασης διακριτών σωματιδίων

Εξίσωση Ορμής:

$$\left(m_d + \frac{1}{2}m_c\right)\frac{dv_i}{dt} = \underbrace{(m_d - m_c)g_i}_{\text{βαρύτητα - άνωση}} + \underbrace{m_c u_j \frac{\partial u_i}{\partial x_j}}_{\text{Αδιατάρακτο πεδίο}} + \underbrace{3\pi\mu_c d_p\,(u_i - v_i)}_{\text{Αντίσταση Stokes}} + \underbrace{\frac{1}{2}m_c v_j \frac{\partial u_i}{\partial x_j}}_{\text{Φαινόμενη μάζα}} + \underbrace{F_{B,i}}_{\text{Brown}}$$

Εξίσωση Συνέχειας:

$$\frac{dm}{dt} = \mathrm{Sh}\pi d_p D_{AB}(\omega_{A,\infty} - \omega_{A,S})$$

Εξίσωση Ενέργειας:

$$mC_p\frac{dT_d}{dt} = \dot{Q}_{conv} + h_{lat}\frac{dm}{dt}$$

Πεδίο ροής με ανακυκλοφορία

Ροϊκή Συνάρτηση

$$\psi(x,y) = \alpha U_0 \cos\left(\frac{x}{\alpha} + \frac{\pi}{2}\right)\sin\left(\frac{y}{\alpha}\right)$$

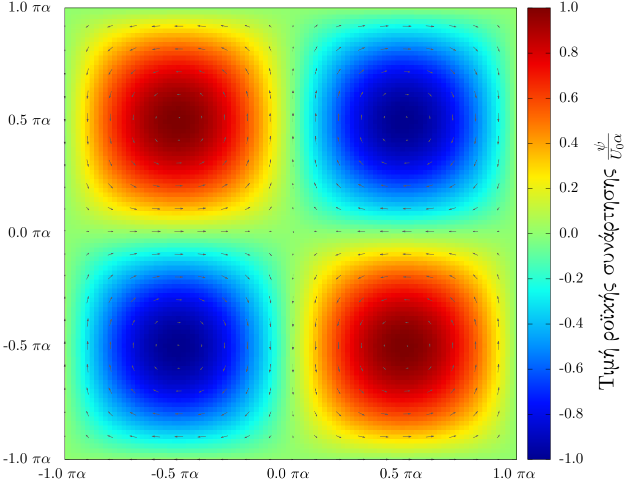
Λόγος ταχυτήτων:

$$W = \frac{U_t}{U_0} = \frac{(m_p - m_f)g}{3\pi\mu_c d_p U_0}$$

Stokes: $St_v = \dfrac{U_0 \rho_d d_p^2}{\alpha 18 \mu_c}$

$$\rho_d/\rho_c > 1 \rightarrow \text{Aerosol}$$
$$\rho_d/\rho_c < 1 \rightarrow \text{Bubble}$$

Τιμή ροικής συνάρτησης και διανύσματα ταχυτήτων πεδίου



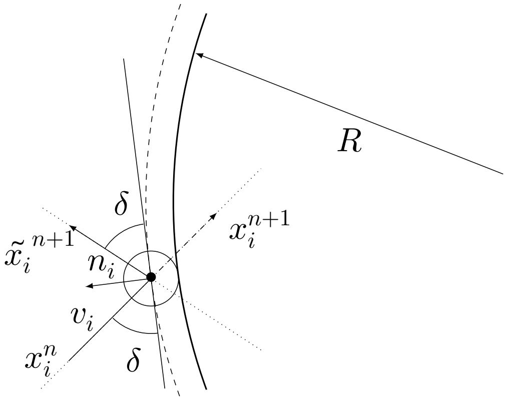
Πλήρως ελαστική κρούση

Χρόνος κρούσης:

$$t_{impact} = \frac{R + d_p/2 - r^n}{v_r}$$

Νέα θέση:

$$\tilde{x}_i^{\,n+1} = x_i^n + v_i t_{impact} + (v_i + 2 n_i n_j v_j)(\Delta t - t_{impact})$$



Εξάτμιση-Συμπύκνωση

- Διακριτοποίηση σε πλέγμα 200×200
- Μεταβλητή θερμοκρασία T_c
- Z = 0.005
- Είσοδος σωματιδίων με ρυθμό $\dot{n}$, βάσει Z
- Υπολογισμός μέσων μεγεθών πεδίου και σωματιδίων
- Σχετική υγρασία στο περιβάλλον $h_r = 0.0\%$
- Πίεση $P_0 = 1\ bar$

Λόγος παροχής μαζών

$$Z = \frac{\dot{m}_d}{\dot{m}_c} = \frac{\dot{n}\frac{1}{6}\pi d_p^3 \rho_d}{A U_0 \rho_c}$$

Ρυθμός παραγωγής ατμών ανά επιφάνεια

$$\left.\frac{\overline{\frac{dm}{dt}}}{s}\right|_i = \frac{\sum dm_i}{Ts} = \frac{\sum \left.\frac{dm}{dt}\right|_i \frac{\dot{n}\Delta t}{n_s}}{s}$$

Μέση διάμετρος και θερμοκρασία

$$\overline{T}_i = \frac{\sum_{j=1}^{n_i} T_j}{n_i} \qquad \overline{d_p}_i = \frac{\sum_{j=1}^{n_i} d_{p,j}}{n_i}$$

Συμπεράσματα

- Συμφωνία αποτελεσμάτων με εργασία *Maxey*
- *Stokes* $\propto$ Αδράνεια σωματιδίων
- Ο ρυθμός παραγωγής ατμών μειώνεται με αύξηση διαμέτρου
- Πτώση θερμοκρασίας κατά την εξάτμιση
- Εσφαλμένη παραδοχή μή αλληλεπίδρασης σωματιδίων