

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΤΡΙΒΗΣ ΡΕΥΣΤΟΥ (ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΛΟΓΩ ΛΕΩΔΕΣ) ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΤΗΣ ΠΤΩΣΗΣ ΜΙΚΡΩΝ ΣΦΑΙΡΩΝ

ΓΕΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ: Τα πραγματικά ρευστά έχουν αντίσταση στην ροή σωμάτων και έχουν συνάφεια με τα στερεά τακτώματα των.

Θα μελετήσουμε την πτώση μικρών σφαιρών μέσα σε τέτοια ρευστά.

Έχουμε 2 ειδών ροής: Την στρωτή (μόνιμη) και την στροβιλωδή (μη μόνιμη).

Στρωτή ροή: Κατά την στρωτή ροή καθε σημείο του πεδίου ροής έχει ταχύτητα των μορίων του ρευστού ανεξάρτητη του χρόνου. Σ' αυτή την ροή η αντίσταση T που πέφτει μία μικρή σφαίρα που πέφτει εντός του ρευστού δίνεται από τον τύπο του Stokes: $T = 6\pi\eta r v$ (όπου)
 η : ο συντελεστής εσωτερικής τριβής (λεώδες) του ρευστού
 r : η ακτίνα της σφαίρας
 v : η σχετική ταχύτητα της σφαίρας ως προς το ρευστό

Στροβιλωδής ροή: Είναι η ροή όπου σε καθε σημείο της στο πεδίο ροής η ταχύτητα των μορίων του ρευστού μεταβάλλεται χρονικά. Σ' τη ροή αυτή τα σώματα βυθάζονται αντίσταση T ίση με: $T = c \cdot S_{\text{πρ}} \cdot \frac{\rho}{2} \cdot v^2$ (όπου)

$S_{\text{πρ}}$: είναι η μέγιστη διατομή του σώματος καθετη στο ρεύμα (εξαρτάται από τη μορφή ή μετωπική επιφάνεια)
 ρ : η πυκνότητα του ρευστού

v : η σχετική ταχύτητα του σώματος ως προς το ρευστό.
 c : ο συντελεστής αντίστασης που εξαρτάται από τη μορφή του σώματος, κυρίως του αριθμού τμήματος αυτού.



Αυτό γίνεται στο ανωτέρω σχήμα, διότι ελαττώνεται η παραγωγή στροβίλων (αεροδυναμικό σχήμα) που ελαττώνει την αντίσταση και επομένως του συντελεστή c .

ΜΟΝΑΔΕΣ ΤΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΤΡΙΒΗΣ η

Στο C.G.S. είναι: $1 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} = 1 \text{ poise}$ από το poisseuille. Στο S.I. χρησιμοποιείται το decapoise (1dp) με $1 \text{ dp} = 10 \text{ poise}$. Θα πάμε από το S.I. στο dp:
 $1 \text{ Pa} \cdot \text{s} = 1 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cdot \text{s} = 1 \frac{\text{kgm}}{\text{s}^2} \cdot \frac{1}{\text{m}^2} \cdot 1 \text{ s} = 1000 \text{ g} \cdot \frac{1}{5 \cdot 100 \text{ cm}} = 10 \text{ g} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1} = 10 \text{ poise} = 1 \text{ dp}$

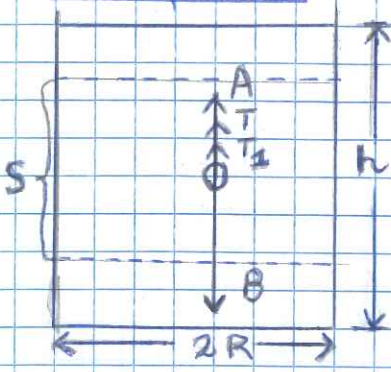
Στη Βιομηχανία αντί το poise έχουμε το βαθμό Engler. Για την γίνανση μηχανών έχουμε τη μονάδα S.A.E. (Society of Automotive Engineers).

ΠΕΙΡΑΜΑ

Πτώση σφαιρίδιου εντός ρευστού και υπολογισμός του η . Θεωρούμε κυλινδρικό σωλήνα με διάμετρο

και μήκους) με ρευστό αχρωβίου συντελεστή εσωτερικής τριβής. Μετά β' αυτό το υγρό (π.χ. μινχανέλιο) αρνηθή να πέσει βραίρα μπροστά αυτών ή για να έχουμε φαινόμενα στρωτής ροής

Θεωρία: Οι δυνάμεις που ασκούνται επάνω στο βραϊδίον είναι:



a) Το βάρος B του βραϊδίου
 $B = \rho \cdot V = \rho_0 \cdot g \cdot V$ με $V = \frac{4}{3} \pi R^3$ (0,70V)
 ρ, ρ_0, R, V αντίστοιχως το ειδικό βάρος, η πυκνότητα, η ακτίνα και ο όγκος του βραϊδίου
 β) Η άνωση A: $A = \rho_v \cdot g \cdot V$ όπου ρ_v η πυκνότητα του υγρού του βραϊδίου

γ) η T από τον τύπο του Stokes έρδων έχουμε στρωτή ροή. Αρχικά η βραίρα πέφτοντας στο υγρό επιταχύνεται. Αυξάνεται το V και επομένως το T ώστί κάποια στιγμή T, A και B ισορροπούν $T + A - B = 0$. Τότε η βραίρα κινείται ευθύγραμμη ομαλά με ορισμένη ταχύτητα U_{op} και $T = 6\pi\eta R U_{op}$. Επειδή ο βραϊδίας είναι περιβαλλόμενος τα τοιχώματα του αγωγού για αντίσταση T_1 στη βραίρα και επομένως: $T + T_1 + A - B = 0$

Χωρίς την T_1 έχουμε: $6\pi\eta R U_{op} + \rho_v g \frac{4}{3} \pi R^3 - \rho_0 g \frac{4}{3} \pi R^3 = 0$

Παραλείπουμε δηλ. φαινόμενα διακένου του βραϊδίου (wall effect) και υψους αυτού (end effect). Τότε

$\eta = \frac{2 \cdot g (\rho_0 - \rho_v) R^2}{9 U_{op}}$ με την διορθωση λόγω T_1 έχουμε:

$\eta = \frac{2 \cdot g (\rho_0 - \rho_v) R^2}{9 U_{op}} \left(1 - 2,1 \frac{R}{R} \right)$ Θεωρητικός τύπος Περράματος

Πειραματιστής: Επάνω στον υψυγνδρο με $D = 3,0 \text{ cm}$ γαράβωσα με πυκνότητα ΣΦΑΙΡΑΣ ΟΡΙΚΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ δύο σφαίρες με απόσταση

n	d	d	r	ρ	ρ_v	n	S	t	U_{op}	U_{op}
n	cm	cm	cm	$\frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$	$\frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$	n	cm	sec	cm/s	$\frac{\text{cm}}{\text{s}}$
1	0,274					1		4,40	13,73	
2	0,284					2		4,72	12,80	
3	0,276	0,280	0,140	12,2		3	60,0	4,65	12,99	13,10
4	0,278					4		4,31	14,01	
5	0,277					5		4,86	12,43	
6	0,281					6		4,60	13,13	
7	0,275					7		4,65	12,99	
8	0,285					8		4,59	13,16	
9	0,287					9		4,72	12,80	
10	0,278					10		4,66	12,96	

δύο σφαίρες με απόσταση $S = 60,0 \text{ cm}$ και ρίχνω με εντός αυτού βραϊδίον μάζης 0,14gr. Το ρευστό έχει $\rho_v = 0,78 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$

Αρτιμαδίβτω τους πειραματιστές αριθμούς στον θεωρητικό τύπο του Περράματος που μας έδωσε η θεωρία διορθωμένο για wall effect και end effect.

Οι διορθώσεις αυτές γράφονται στην αρχή για περίοδο 30 ετών για να γίνουν

$$\eta = \frac{2 \cdot 981 \frac{\text{cm}}{\text{s}^2} \left(12,2 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} - 0,78 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \right) \cdot (0,140)^2 \text{cm}^2 \cdot \left(1 - 2,1 \frac{0,140 \text{cm}}{1,5 \text{cm}} \right)}{9 \cdot 13,10 \text{ cm/s}}$$

$$= 1962 \frac{\text{cm}}{\text{s}^2} + 11,42 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \cdot 0,0196 \text{cm}^2 \cdot 0,804 / 117,9 \text{ cm/s}$$

$$= 190,0 \frac{\text{gr}}{\text{s} \cdot \text{cm}^3} + 0,0158 \text{cm}^2 = 3,002 \frac{\text{gr}}{\text{s} \cdot \text{cm}} = 3,002 \text{ poise}$$