

Design and test of an experimental set-up for measuring the random close packing of small monodisperse objects

ABSTRACT

L'obiettivo di questo lavoro di tesi é quello di progettare e testare un set-up sperimentale per misurare la densit  di impacchettamento di oggetti monodispersi (il set-up pu  essere utilizzato allo stesso modo anche per oggetti polidispersi) e procedere con un'analisi dei dati sperimentali riguardo la densit  di impacchettamento casuale di monete (e quindi in buona approssimazione anche di cilindri dalle proporzioni molto piccole).

Abbiamo cominciato presentando una panoramica della storia dell'impacchettamento di varie tipologie. Abbiamo presentato lo stato dell'arte riguardo le applicazioni moderne dell'impacchettamento casuale, denso (closed) e lasco (loose), con uno sguardo generale all'impacchettamento generico di oggetti monodispersi e un'analisi pi  profonda di quello di sfere e cilindri, le due figure utilizzate per gli esperimenti di questo lavoro. Abbiamo anche analizzato la relazione tra la densit  dell'impacchettamento con il numero di coordinazione (numero di contatti medio per particella) per cerchi, sfere e cilindri.

Abbiamo quindi descritto gli strumenti utilizzati e spiegato le approssimazioni adottate cos  come le formule utilizzate per ottenere il valore della densit . Abbiamo utilizzato un metodo gi  presente in letteratura per misurare il peso (e quindi il volume) di un liquido che riempie lo spazio vuoto lasciato dagli oggetti inseriti in modo stocastico all'interno di un recipiente.

Il set-up   stato validato comparando i risultati ottenuti con l'impacchettamento di sfere e i relativi valori, sperimentali e simulati, presenti in letteratura. Il test del set-up ha dato esiti positivi generando una densit  $0.60 < \rho < 0.64$ per l'impacchettamento denso (random close packing), quindi abbiamo proceduto ad effettuare le misure con le monete.

Durante l'elaborazione dati abbiamo stimato anche la quantit  di liquido interstiziale che rimane intrappolato tra gli impacchettamenti di sfere e monete per determinare un valore che abbiamo denominato "crystal fraction" (A) correlato con l'ordine del sistema e quindi la sua densit . Abbiamo fatto vedere come per le sfere questo valore cresce con la densit  allo stesso modo del numero di coordinazione che   collegato con il numero di contatti e di sovrapposizione tra gli oggetti. Possiamo quindi sostenere che il nostro parametro (A) pu  essere utilizzato per stimare il numero di contatti per qualunque tipo di insieme di oggetti monodispersi (per quelli polidispersi   necessaria un'ulteriore analisi). Quindi quest'analisi fornisce un'indicazione del grado di "cristallizzazione" che sembra essere collegato al numero di coordinazione anche per i cilindri.

Presentiamo quindi i risultati inediti in letteratura dell'impacchettamento di pi  tagli di monete di euro (principalmente 0.01  ) che possono essere paragonati a cilindri dalle piccole proporzioni ($\eta \approx 0.100$). Per le monete da 0.01   abbiamo trovato $0.49 < \rho < 0.52$ senza scosse e $0.55 < \rho < 0.63$ con $\sim 10^3$ scosse. Per le altre monete analizzate 0.05, 0.10, 2   i risultati sono paragonabili.

Con i dati ottenuti possiamo concludere che il set-up   un buon metodo per ottenere informazioni riguardanti la densit  e il grado di "cristallizzazione" di qualunque insieme di oggetti mono dispersi e potenzialmente anche polidispersi. Per applicazioni per le quali la precisione ottenuta in questo lavoro   sufficiente questo metodo risulta ottimale non richiedendo apparecchiature costose ed essendo semplice da realizzare.

Relatore: Prof. Franco Bagnoli
mail: franco.bagnoli@unifi.it

Candidato: Guido de Bonfioli Cavalcabo'
mail: guido.debonfiolicavalcabo@stud.unifi.it