

# CENTRIFUGAZIONE

Prof.ssa Silvia Recchia

1

## Centrifugazione

- Alle sospensioni viene applicato un **campo gravitazionale artificiale** attraverso la rotazione ad alta velocità (campo centrifugo).
- Per la separazione viene sfruttata la **differenza di densità** tra le particelle ed il mezzo in cui sono sospese (come nella sedimentazione)

2

## Forza centrifuga e caratteristiche costruttive

Forza centrifuga

$$F = \frac{m v^2}{r}$$

Massa della particella  $m$       Velocità periferica della particella  $v$       Raggio di rotazione  $r$        $(v = \omega \cdot r)$

$$F = \frac{P \omega^2 d}{2g}$$

P: peso del corpo  
 $\omega$ : velocità angolare  
d: diametro della centrifuga

F dipende fortemente dalla velocità angolare



Per aumentare la forza centrifuga conviene realizzare un RAPIDO REGIME DI ROTAZIONE

3

## Forza centrifuga e caratteristiche costruttive

Forza centrifuga

$$F = \frac{P 4 \pi^2 n^2 d}{3600 \cdot 2g}$$

P: peso del corpo  
n: numero di giri  
d: diametro della centrifuga

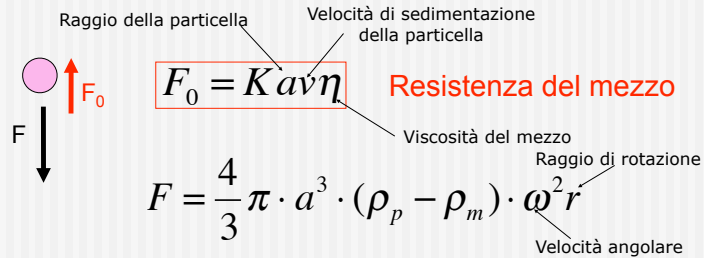
**F dipende fortemente dal numero di giri (n)**  
e non dipende dalla massa della particella!



Per aumentare la forza centrifuga conviene agire sul NUMERO DI GIRI piuttosto che sul diametro della centrifuga

4

## Velocità di sedimentazione



Raggio della particella  
Velocità di sedimentazione della particella  
Resistenza del mezzo  
Viscosità del mezzo  
Raggio di rotazione  
Velocità angolare

$$F_0 = K a v \eta$$

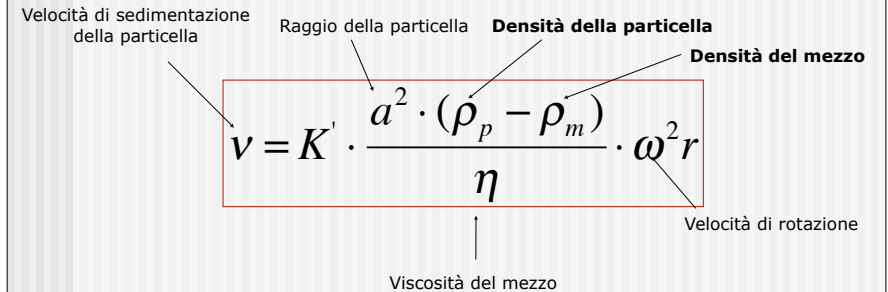
$$F = \frac{4}{3} \pi \cdot a^3 \cdot (\rho_p - \rho_m) \cdot \omega^2 r$$

Per  $F = F_0$  il moto è rettilineo uniforme

$$K a v \eta = \frac{4}{3} \pi \cdot a^3 \cdot (\rho_p - \rho_m) \cdot \omega^2 r$$

5

## Velocità di sedimentazione



Velocità di sedimentazione della particella  
Raggio della particella  
Densità della particella  
Densità del mezzo  
Viscosità del mezzo  
Velocità di rotazione

$$v = K' \cdot \frac{a^2 \cdot (\rho_p - \rho_m)}{\eta} \cdot \omega^2 r$$

6

## Velocità di sedimentazione

- Se una particella ha una densità uguale a quella del mezzo:

$$\rho_p = \rho_m$$

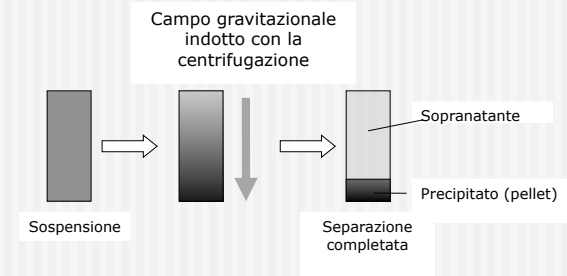
$$\rho_p - \rho_m = 0$$

$$v = 0$$

**non vi è sedimentazione.**

7

## Il principio della centrifugazione



8

## Centrifughe

- Velocità di rotazione e diametro di una centrifuga sono *inversamente proporzionali*  
→ **le centrifughe più veloci hanno piccolo diametro**
- Possono funzionare in *continuo* e *discontinuo*
- In relazione al loro uso si dividono in:
  - Separatori solido-liquido
  - Separatori di liquidi a diverso peso specifico

9

## Velocità e raggio

- aumentare sia il numero di giri che il raggio del tamburo comporta un notevole aumento della velocità periferica con forte aumento delle sollecitazioni meccaniche sui materiali da costruzione della macchina

10

## Centrifughe

- |            | RPM        |
|------------|------------|
| ■ Da banco | 4000-6000  |
| ■ Micro    | max. 16000 |
| ■ Super    | ~ 25000    |
| ■ Ultra    | ~ 80000    |

11

## Centrifughe



■ Centrifuga da banco



■ Ultracentrifuga

12

## Scelta della centrifuga - criteri

- intensità della  $F_c$
- meccanismo di azione della macchina
- proprietà della torbida
  - distribuzione granulometrica
  - concentrazione
- portata
- tipo di sistema eterogeneo

13

## Meccanismi di azione

- FILTRAZIONE
  - con tamburi rotanti forati (anche con setto filtrante) - *idroestrattori*
- SEDIMENTAZIONE/CHIARIFICAZIONE/CLASSIFICAZIONE
  - tamburo a pareti piene
- LAVAGGIO DEL SOLIDO
  - operazione ausiliaria

14

## Tipi di esercizio

- CONTINUO/DISCONTINUO
- ALIMENTAZIONE CONTINUA/SCARICO DISCONTINUO
- IN POSIZIONE VERTICALE/ORIZZONTALE

15

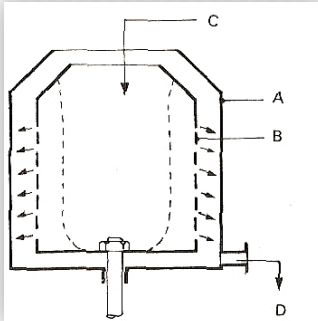
## Separatori solido-liquido

- La scelta dipende dalla RESISTENZA che oppone il solido a fluire nel liquido
  - Solido a **grana grossa** → bassa resistenza → centrifughe a PANIERE FORATO → C. A FILTRAZIONE
  - Solido a **grana fine** → elevata resistenza → centrifughe a PANIERE A PARETE PIENA → C. A SEDIMENTAZIONE

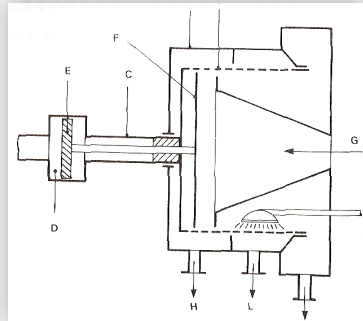
16

## Centrifughe a filtrazione (idroestrattori)

- Possono essere
  - ad asse **verticale** ed esercizio **discontinuo**

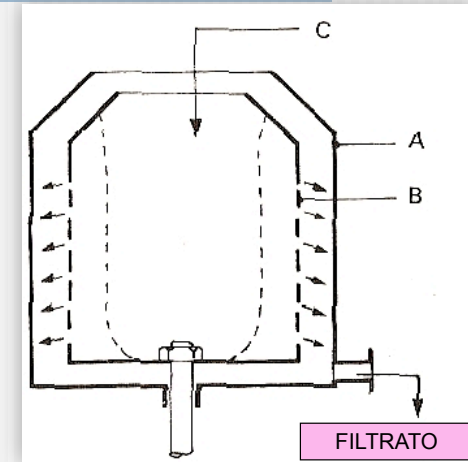


- ad asse **orizzontale** ed esercizio **continuo**



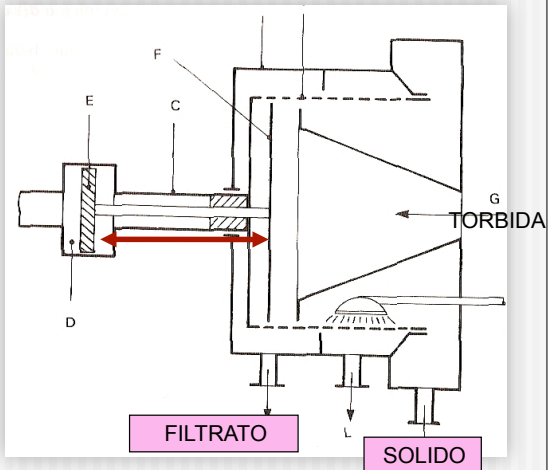
## C. A filtrazione ad asse verticale

- Il solido viene trattenuto dalle pareti del panier e deve essere rimosso periodicamente (discontinuità)
- Per **SOLIDI A GRANA GROSSA**



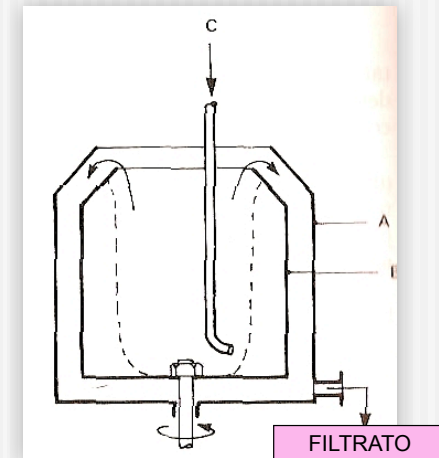
## C. a filtrazione ad asse orizzontale

- A SPINTA (E)
- Il solido viene trattenuto dalle pareti del panier e viene rimosso continuamente dal movimento del pistone E (continuità)
- Per **SOLIDI A GRANA GROSSA**



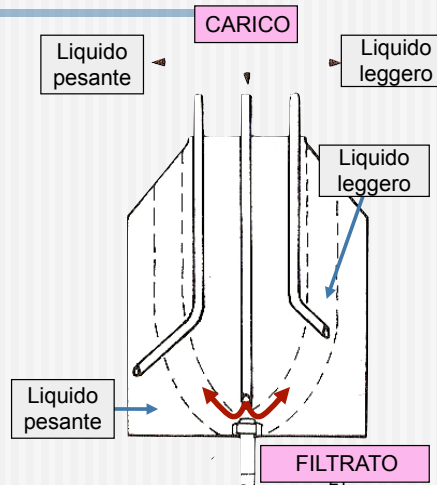
## Centrifughe a sedimentazione

- Il solido viene trattenuto dalle pareti del panier e deve essere rimosso periodicamente (discontinuità)
- Il fluido tracima dall'alto
- Per **SOLIDI A GRANA FINE**



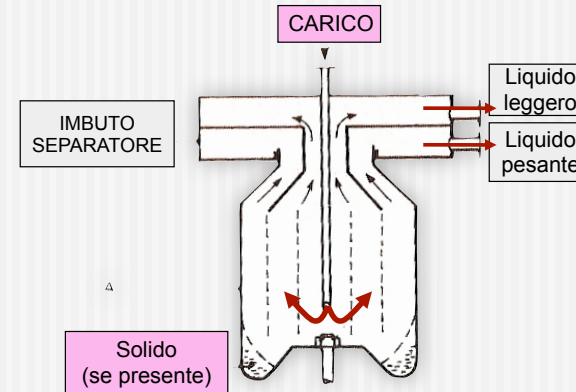
## Separatori di liquidi a diverso peso specifico (immiscibili)

- Unico paniere rotante non forato
- La *posizione dei tubi* varia in relazione alla percentuale dei due liquidi



## Separatori di liquidi a diverso peso specifico (immiscibili)

- Variante: imbuto separatore fisso

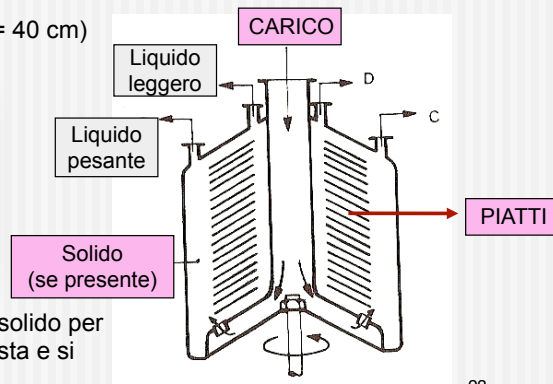


22

## Separatori di liquidi a diverso peso specifico (immiscibili)

- Centrifuga A DISCHI PIATTI (Alfa Laval)

- ✓ Dimensioni ridotte ( $d = 40 \text{ cm}$ )
- ✓ RPM: 4500-7000

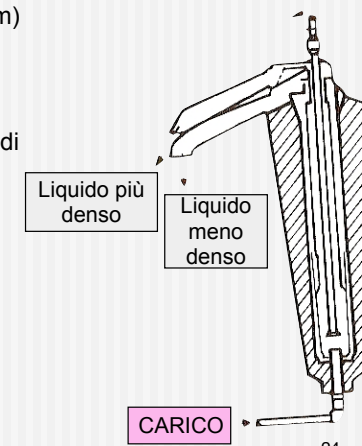


✓ Quando B è pieno di solido per 1/4 la centrifuga si arresta e si asporta il deposito

23

## Supercentrifughe

- ✓ Dimensioni ridotte ( $d = 20 \text{ cm}$ )
- ✓ RPM: 20000-50000
- ✓ Forma tubolare
- ✓ Per separare miscele di liquidi



24

The end...

---