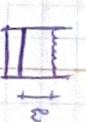


LA DINAMICA DEI FLUIDI

→ Lo studio della STAZIONARIA dei FLUIDI in base in 3 punti:

* LEGGE DI STEVINO

$$P_2 = P_{atm} + \rho gh$$



La pressione ————— * PRINCIPIO DI PASCAL
sulla base di un fluido in movimento * SPINTA DI ARCHIMEDE

$$F_1 = F_2$$

$$F_{1A_2} = F_{2A_1}$$

→ Lo studio della DINAMICA dei FLUIDI applica le leggi della DINAMICA a fluidi in movimento

FLUIDO IDEALE

Fluido incompressibile → DENSITÀ COSTANTE
Fluido non viscoso → trascurano le FORZE DI ATTACCO

parti che scorrono con lui.

una parte di fluido resta tende a trasmettere la stessa tensione di fluido che scorrono con lui.

Ma anche i sono le stesse forze d'attrito di scorrenza tra fluido e parti della CONDUTTURA o del contenitore

REGIME STAZIONARIO

→ Prendo un punto P dello spazio (dove scorre il fluido)

→ Guardo la velocità con cui scorre una particella di fluido v_4 da P

→ Guardo la velocità con cui scorrono le altre parti delle di fluido v_2, v_3, v_4, \dots da P

Il regime stazionario si ha quando tutte le velocità nel punto SONO UGUALI $v_1 = v_2 = v_3 = v_4 = \dots, v$

* In un regime STAZIONARIO si può parlare di VELOCITÀ del fluido in un punto P

- La velocità può avere diverse da un punto all'altro.

LINEA DI CORRENTE

↳ È la TRAIETTORIA descritta da una particella di fluido



* La velocità delle particelle è tangente alle linee di corrente

* Un fluido per cui le LINEE DI CORRENTE NON SI INTERSECANO MAI si dice in REGIME LAMINARE

In un fluido IDEALE abbiamo il REGIME STAZIONARIO e il REGIME LAMINARE → che ovviamente coincidono

TUBO DI FLUSSO

↳ insieme di tutte le LINEE DI CORRENTE che profondono per una linea chiusa → è una SUPERFICIE TUBOLARE



* Più fitta sono le linee di corrente → maggiore è la velocità del fluido

* Una linea interna al tubo resta intatta al tubo → una linea esterna al tubo resta esterna al tubo (REGIME STAZIONARIO) →

→ un tubo di flusso è analogo ad un tubo materiale in cui scorre il fluido

* attraverso una superficie LATERALE di un tubo di flusso NON C'È passaggio di fluido (in regime stazionario)

PORTATA VOLUMETRICA

↳ È il rapporto fra il VOLUME di fluido che attraversa una sezione di tubo e l'INTERVALLO DI TEMPO Δt impiegato per attraversarla

$$Q = \frac{V}{\Delta t} \quad [m^3/s]$$

PORTATA IN MASSA

↳ È il rapporto fra la MASSA di fluido che attraversa una sezione di tubo e l'INTERVALLO DI TEMPO Δt impiegato per attraversarla

$$Q_m = \frac{m}{\Delta t} \quad [kg/s]$$

Consideriamo un tubo di sezione costante

! In un moto

STAZIONARIO la

Velocità del fluido

è PARALLELA

$$\frac{V \cdot A_t}{\Delta t}$$

Selez. Se: ! In moto STAZIONARIO
La velocità del fluido è PERPENDICOLARE alla sezione di profilo

• La velocità v è costante (anche sulle superfici)

$$Q = S \cdot v = S \cdot v \cdot \Delta t$$

Quindi

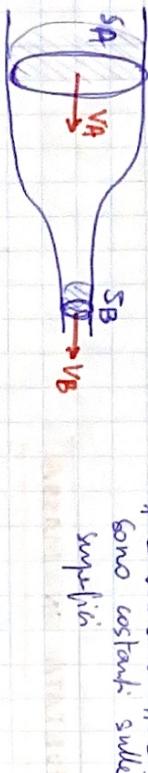
$$Q = \frac{S \cdot v \Delta t}{\Delta t} = v \cdot S$$

$$Q_m = \frac{Q \cdot V}{\Delta t} = \frac{Q \cdot v \cdot S \cdot \Delta t}{\Delta t} = Q \cdot v \cdot S$$

$$Q_m = Q \cdot v \cdot S$$

EQUAZIONE di CONTINUITÀ

per un fluido ideale



* le velocità v_A e v_B
sono costanti sulle
superficie

↓
La quantità di fluido che passa dalla sezione A deve essere uguale alle quantità di fluido che passa dalla sezione B in un generico intervallo di tempo Δt

$$Q_{mA} = Q_{mB}$$

$Q_A \cdot S_A = Q_B \cdot S_B$ dove $Q_A = Q_B$

$$V_A \cdot S_A = V_B \cdot S_B$$

PER UN FLUIDO IDEALE CHE SI MUOVE IN REGIME STAZIONARIO LUNGO UN TUBO, IL PRODOTTO TRA VELOCITÀ E AREA DELLA SEZIONE DI PASSAGGIO (perpendicolare al tubo) È COSTANTE

In altre parole:

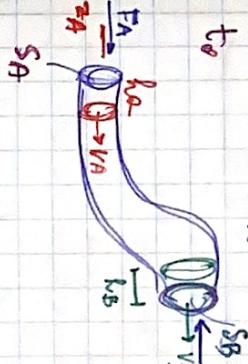
LA PORTATA ATTIVANERSO OGNI SEZIONE del tubo È COSTANTE

PRESIONE

→ raffido tra l'intensità di una FORZA COSTANTE e l'area della superficie PERPENDICOLARE in cui è esercita

$$P = \frac{F}{S}$$

[Pa]



* fluido che scorre in un tubo IDEALE in regime STAZIONARIO

* servori su cui il fluido ha stessa velocità, stessa pressione, stessa altezza (semplicazione per servori piccole)

fluido che ENTRA = fluido che ESCO = INCOMPATIBILE

* il fluido ESTERNO al tratto AB esercita sul fluido interno delle FORZE di PRESSIONE F_A e F_B

Applichiamo il TEOREMA DELL'ENERGIA CINETICA al volume di fluido V (e al fluido contenuto nel tratto AB) tra l'istante t e l'istante $t + \Delta t$ in cui V_A ENTRA e V_B ESCHE

$$L = \Delta K = K - K_0 \rightarrow t$$

\downarrow
 $+ \Delta t$

- Le forze che agiscono sono:
 - FORZA PESO
 - FORZE DI PRESSIONE
 - FORZE DI ATTINTO

per il calcolo del lavoro

$$\begin{aligned} L_{\text{ATTINTO}} &= 0 \\ \text{fluido} &\in \text{PIENO} \\ \text{VISCOSO} & \end{aligned}$$

le forze di pressione laterali sul tubo sono nulle: il fluido scorre parallelemente al tubo

$$[p_{\text{LATERALE}}] = 0$$

le forze di pressione sono alterate
nel tubo F_A e F_B

$$L_A = F_A \cdot A_A = p_A S_A \cdot \frac{V_A}{S_A} = p_A V_A = p_A V$$

Forza conservativa
per definizione

$$L = -\Delta U = -(U_f - U_i)$$

$$L_B = -p_B V \quad (\text{stesso ragionamento, ma verso l'osso})$$

$$U = mgh \\ = mg(\bar{z}_B - \bar{z}_A)$$

$$L_P = L_A + L_B = (p_A - p_B)V$$

Tutto il volume interno di fluido resta dove è quando non cambia l'energia potenziale gravitazionale

$$\downarrow L_{\text{TOT}} = (p_A - p_B)V + mg(\bar{z}_A - \bar{z}_B)$$

$$1 \lambda = 1000 \text{ dm}^3 = 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$\text{DENSITÀ dell'acqua} \sim 1000 \text{ kg/m}^3 \sim 980 \frac{\text{N}}{\text{m}^3} \sim 1 \text{ Kg/L}$$

Quindi:

$$p_A V - p_B V + mg z_A - mg z_B = \frac{1}{2} m v_B^2 - \frac{1}{2} m v_A^2$$

Mettendo insieme i termini con A e i termini con B
 $\Rightarrow q = m/V \Rightarrow m = qV$

$$p_A V - p_B V + \frac{1}{2} q V_A^2 = p_B + q z_B + \frac{1}{2} q V_B^2$$

TEOREMA di BERNOULLI

In un qualunque tratto di tubo percorso da un fluido ideale in moto nel regime massimone le grandezze:

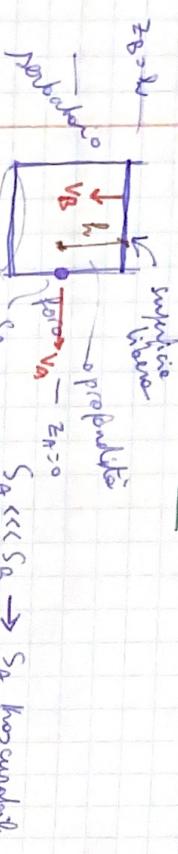
VELOCITÀ
SODDISFANO la relazione

$$p + q g z + \frac{1}{2} q V^2 = \text{costante}$$

densità di
energia potenziale
gravitazionale

Applicazione del Teorema di BERNOUlli

• VELOCITÀ di EFFLUSSO da un FORO



da cui $V_B \ll V_A \rightarrow V_B$ invadibile

↓
Applichiamo Bernoulli:

$$P_B + \rho g h = P_A + \frac{1}{2} \rho V_A^2$$

$$\text{con } V_A = \sqrt{\frac{2(P_B - P_A)}{\rho} + 2gh}$$

$$\text{Avendo } P_A = P_0 \quad V_A = \sqrt{2gh}$$

TEOREMA di TORRICELI

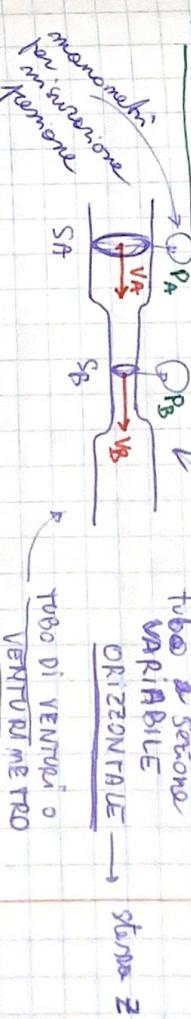
IL MODULO DELLA VELOCITÀ di EFFLUSSO V di un liquido che fuoriesce da un piccolo foro (piccolo in un contenitore aperto alla profondità h dal pelo libero) vale:

$$V = \sqrt{2gh}$$

- * Avendo $P_A = P_B$? Quando superficie libera e foro sono a contatto con l'aria e quindi $P_A = P_B = P_{atm}$
- * Se deve essere molto maggiore di S_A

! La formula è la stessa di un corpo che viene lasciato cadere in CAPUTA LIBERA dalla altezza h .

EFFETTO VENTURI



↓
Applichiamo BERNOLLI tra A e B

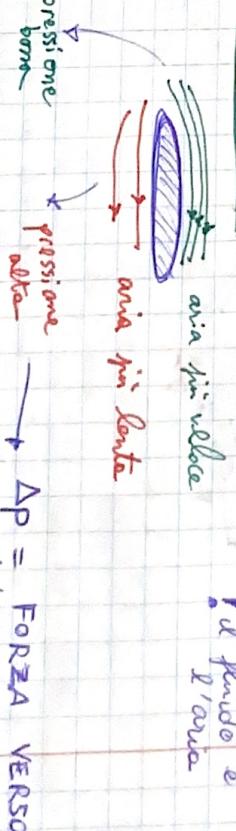
$$P_A + \frac{1}{2} \rho V_A^2 = P_B + \frac{1}{2} \rho V_B^2 = \text{costante}$$

↓
LA PRESSIONE È MAGGIORE nei punti in cui LA VELOCITÀ È MINORE

LA PRESSIONE È MAGGIORE nei punti in cui LA SEZIONE È MAGGIORE

↓
effetto VENTURI

• PORTANTINA DI UN AEREO



! il fluido è
aria più veloce
aria più lenta
 $\Delta P = F \text{ FORZA VERSO L'ALTO} = \text{portanza}$

• EFFETTO MAGNU

→ Un corpo all'interno di un fluido ha moto traslazionale e moto rotazionale

Le diverse pressioni che si generano sul corpo lo fanno deviare dalla traiettoria rettilinea

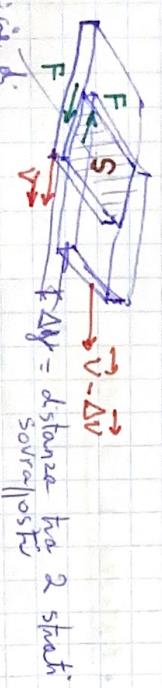
• i FLUIDI REAII

→ Si introduce il concetto di VISCOSITÀ: cioè attrito fra parti di fluido e attrito con le pareti del condotto

• SE LA VELOCITÀ di scorrimento è BASSA (non ci sono VORTICI)

→ Il fluido reale si muove di **MOTO LAMINARE**

Punti di fluido scorrono una null'altra a statti senza mescolarsi



superficie di contatto

Se i due strati si muovono con velocità diverse v e $v - \Delta v$

non c'è 2 strati una FORZA di ATTRITO F che rallenta uno strato e accelera l'altro strato

$$F = \eta \cdot S \cdot \frac{\Delta v}{\Delta y}$$

di flusso
velocità
attrito
viscoso
distanze
statti

η COEFFICIENTE di attrito viscoso [Pa.s]

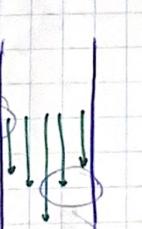
dipende dal fluido e dalla temperatuta

* Se due fluidi si muovono con la stessa velocità $\Delta v = 0$

$$F = 0$$

* Se un fluido è fermo $\Delta v = 0 \rightarrow F = 0$

→ La viscosità non cambia la condizione di equilibrio di un fluido



In un fluido reale la velocità degli strati esterni è minore, d'attrito con le pareti si RAUENTA

→ La velocità cambia nella sezione del condotto

gi' statti a contatto sono FERMI

* In un fluido REALE la pressione NON si mantiene costante

Durante il moto si ha una **CADUTA DI PRESSIONE**

→ Per mantenere un fluido reale in moto stationario occorre mantenere BOSTANTE LA PRESSIONE ad elevazio con una POMPA

LEGGE DI POISEUILLE

$$Q = \frac{\pi}{8} \cdot \frac{\Delta P}{\eta L} \cdot R^4$$

ΔP = pressione di sviluppo
 ΔP = pressione in uscita - pressione in entrata
 L = lunghezza del condotto
 η = viscosità del fluido
 R = raggio del condotto

- Se ci sono notevoli variazioni di velocità dentro il condotto tra i vari strati siamo in regime di moto **REGOLARE**

→ si formano dei vortici

→ il fluido reale si muove in **MOTO TURBOLENTO**

Per determinare se il moto di un fluido è laminare o turbolento si usa un **PARA METRO ADIMENSIONALE**

i) NUMERO DI REYNOLDS

$$R = \frac{Q \cdot V \cdot R}{\eta}$$

Q = raggio di un cilindro
 V = velocità di movimento
 R = diametro del fluido
 η = viscosità

Quando il numero di REYNOLDS arriva al valore **1000** il moto del fluido passa da laminare a turbolento

velocità bassa
c'è attrito
poco attrito
→ moto uniformemente
accelerato

- 1) APPENA CADUTO → moto uniformemente accelerato
- 2) A metà caduta → moto uniformemente decelerato
- 3) Dopo un certo tempo → moto rettilineo



l'attrito è poco
ella forza pone
una resistenza
diminuisce
→ moto rettilineo

$$V_L = \frac{m \cdot q}{K} = \frac{m \cdot g}{G \cdot \eta r}$$

m = massa
 q = velocità limite

RESISTENZA in un mezzo viscoso

In corso si muove con velocità V dentro un fluido viscoso

gli strati di fluido generano attrito sul corpo

→ si genera una forza resistente
opposta al moto del corpo

i) REGIME LAMINARE

$$\vec{F}_F = -K \vec{v}$$

K = coefficiente di attrito viscoso
 v = velocità del corpo

Per esempio per un **CORPO SFERICO**

$$\vec{F}_F = -6\pi \eta r \cdot \vec{v}$$

LEGGI DI STOKES

dipende dalla forma del corpo
della viscosità del fluido