FLUIDI

* Forma di aggregazione della materia

Solidi — Forma propria

NON FORMA PROPRIA — FLUIDI — LIQUIDI — Volume definito, superficie limite

FLUIDI — GAS → NO volume proprio; tende ad occupare volume a disposizione

COMPRESSIBILITÀ ←

Proprietà dovute alla diversa intensità delle forze ELETTRICHE DI INTERAZIONE tra atomi e molecole

⇒ FLUIDI sono SISTEMI CONTINUI

— NB descrizione approssimata!!

Valida se li consideriamo su distanze

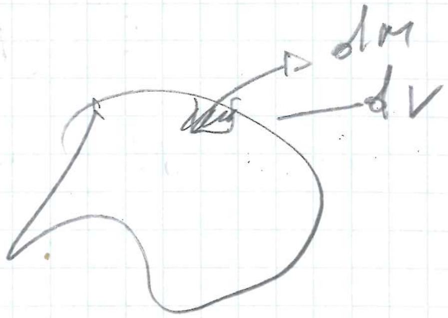
$S >> d$ → dimensioni di atomi e molecole

$N \to \infty$

numero di particelle

⇒ Caratterizzata da

$$\begin{cases} \text{MASSA} & m \\ \text{DENSITÀ} & \rho \\ \text{VOLUME} & V \end{cases}$$

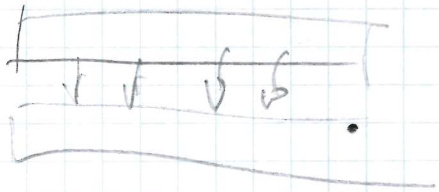


$$\rho = \frac{dm}{dV}, \quad m = \int \rho \, dV$$

- In un fluido una parte di esso può scorrere rispetto ad un'altra (o rispetto al contenitore)

⇒ Presenza di forze di attrito DINAMIC

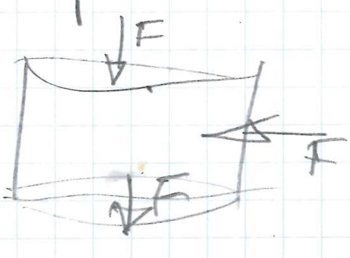
VISCOSITÀ che si oppone allo scorrim



N.B. Diversamente dal caso dei solidi NO FORZA DI ATTRITO STATICO

⇓ ⇓

Se il fluido è in quiete tutte le forze agenti su una superf. del fluido sono SEMPRE NORMALI alla superf.

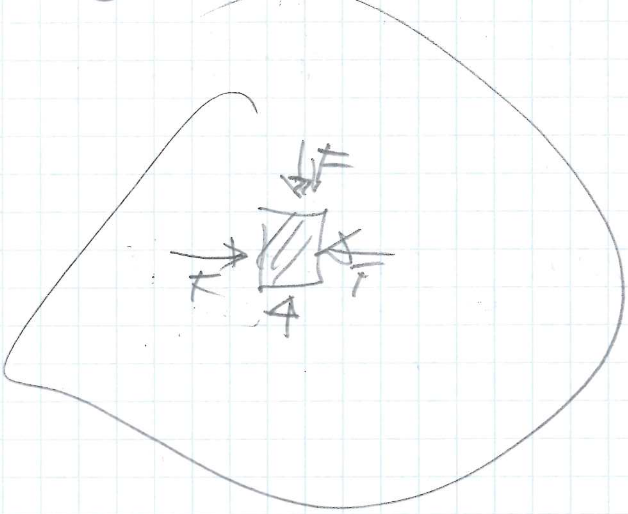


FLUIDO IDEALE

① NON VISCOSO ⟶ Forze $\perp$ agli elementi di fluido (ANCHE IN SCORRIMENTO)

② INCOMPRESSIBILE ⟶ Densità costante $\rho = \frac{M}{V}$

$M = \rho V$



$\boxed{\text{PRESSIONE}}$

RAPPORTO TRA LA FORZA INFINITESIMA dF_n $\boxed{\text{NORMALE}}$ alla superficie e la superficie infinitesima

$$p = \frac{dF_n}{dS}$$

NON È un vettore

$$p = \frac{F}{S}$$ se F costante

Per una porzione di fluido in quiete ⟹ PRESSIONI UGUALI

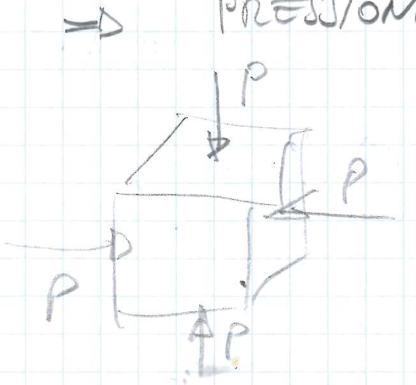


FIG 10.1

UNITÀ DI MISURA

$$[P] = \frac{[F]}{[L^2]} = \frac{M L T^{-2}}{L^2} = M L^{-1} T^{-2}$$

$$\Rightarrow Pa = \frac{N}{m^2} \quad \text{PASCAL}$$

Pressione Atmosferica $\sim 10^5$ Pa

bar $= 10^5$ Pa

Altre unità

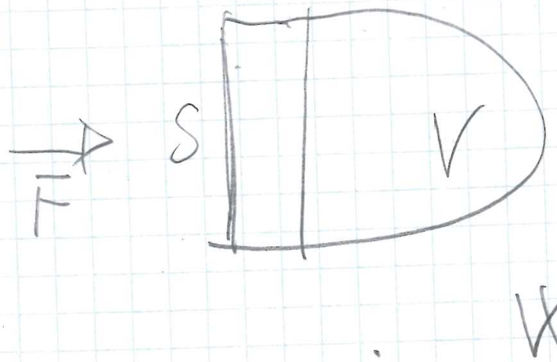
Atmosfere $\sim$ bar

mm Hg = 1 torricelli $\frac{1}{760}$ Atm

MISURA PRESSIONI

BAROMETRO, MANOMETRO

LAVORO DELLE FORZE DI PRESSIONE



$$dW = F\,dh = pS\,dh$$
$$= p\,dV$$

$$W = \int_{V_1}^{V_2} p\,dV$$

LAVORO LEGATO ALLE VARIAZIONI DI VOL.

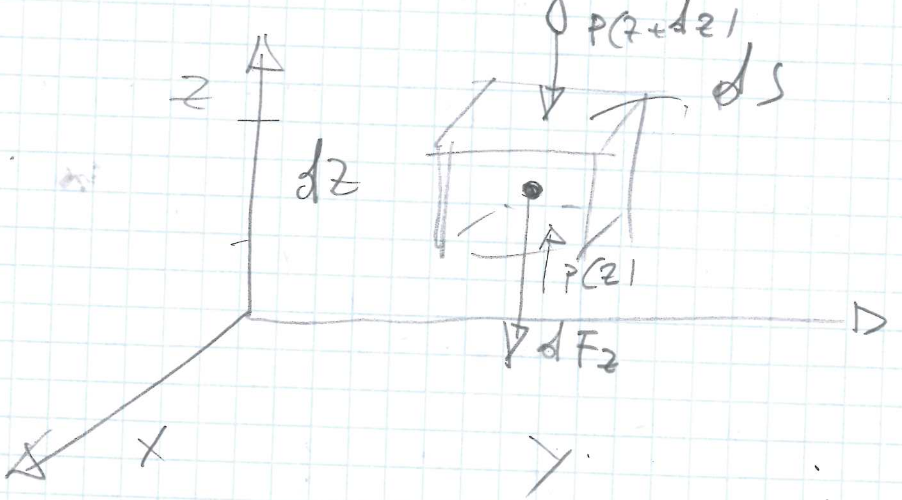
se $p = \text{cost} = p_0$

$$W = p\,(V_2 - V_1) = p\,\Delta V$$

EQUILIBRIO DI UN FLUIDO IN PRESENZA DI FORZA PESO

Consideriamo un elemento cubico di fluido soggetto alla forza peso

$$d\bar{F}_z = -dM\,\bar{g}$$



$$dF_x = dF_y = 0 \qquad dF_z = -\rho\, dV\, g$$

FORZA RISULTANTE DOVUTA ALLE FORZE DI PRESSIONE

$$dF_R = [p(z) - p(z+dz)]\,dS = -dp\,dS$$

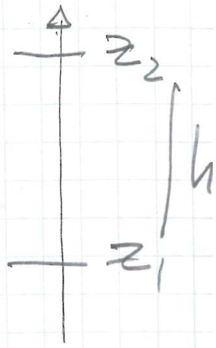
CONDIZIONE DI EQUILIBRIO

$$d\bar{F}_z + d\bar{F}_R = -dp\,dS - \rho\, dV\, g = -dp\,dS - \rho\, S\, dz\, g =$$

$$\rightarrow \boxed{\frac{dp}{dz} = -\rho\, g}$$

Lungo le direz. X, Y non agisce alcuna forza esterna

Integrando



$$\boxed{P(z_2) = P(z_1) - \rho g (z_2 - z_1)}$$

la pressione diminuisce linearmente con la quota

AUMENTA CON LA PROFONDITÀ

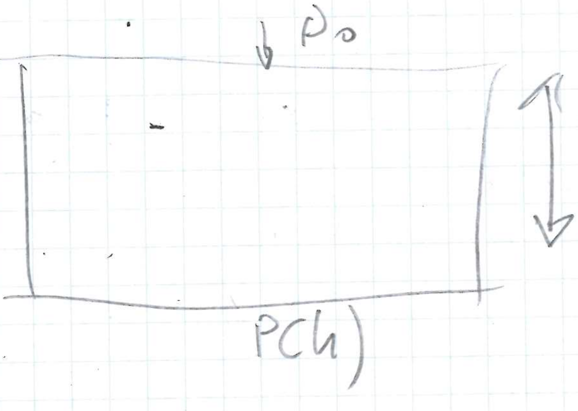
$$P(z_1) = P(z_2) + \rho g (z_2 - z_1)$$

$$z_2 = 0 \qquad z_1 = -h$$

$$P(h) = P_0 + g \rho h$$

ESEMPI

PRESSIONE ATMOSFERICA
⇓
PRESSIONE COLONNA ARIA SOVRASTANTE



$$\rho = \frac{kg}{m^3} 10^3$$

LEGGE DI STEVINO

per esempio il mare

$$P(h) = (10^5 + 9{,}8 \; 10^3 \, h) \, Pa$$

OGNI 10 m di profondità in Atmosfera BAR

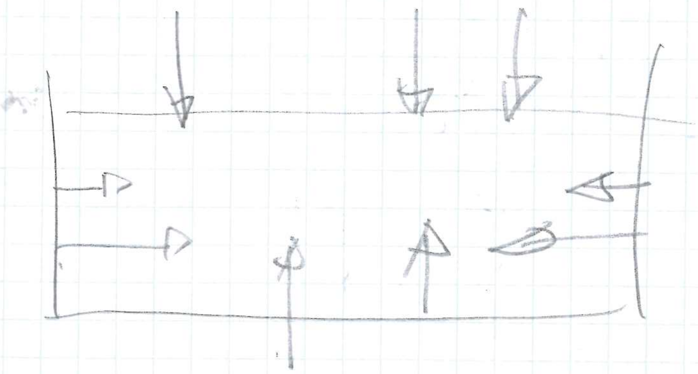
GENERALIZZAZIONE:

PRINCIPIO DI PASCAL

pressione esterna si trasmette inalterata in ogni punto del fluido

$$P = P_0 + \Delta P$$

(Fluido incompressibile)



SUPERFICI ISOBARICHE

Superfici in cui la pressione ha lo stesso valore ⇒ dipendono solo dall'altezza

$$P = -\rho g h$$

⇒ superficie libera di un liquido

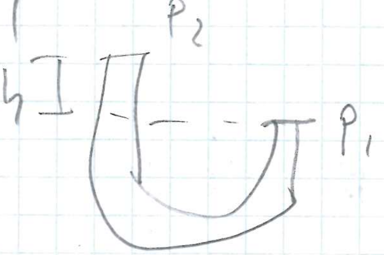
⇒ necessariamente isobarica

superficie isobarica = superficie equipotenziale $E_p = mgh = \rho V g h$

$= -V \, P(h)$

$\Rightarrow$ VASI COMUNICANTI: superfici libere devono appartenere alla stessa superficie isobarica (P_0)

$\Rightarrow$ MANOMETRO



$\rho g h = P_1 - P_2 \Rightarrow h = \dfrac{P_1 - P_2}{g\rho}$

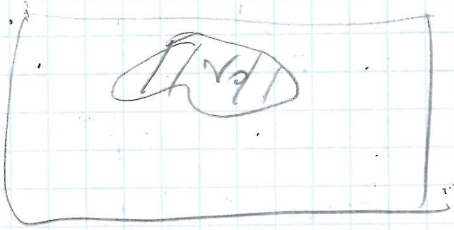
si misura la differenza di pressione

Si usa mercurio (Torricelli)

$\rho \rightarrow$ grande

SPINTA DI ARCHIMEDE

Condizione di Equilibrio per un volume V_0 di un fluido messo in



$$\bar F_p + \bar F_{V_0} = 0 \qquad \bar F_{V_0} = m g$$

$$\bar F_p = -m g = -\rho V_0 \bar g$$

Sostituisco ora V_0 con un altro sostanza $m' = \rho' V_0 \Rightarrow F'_{V_0}$

$$0 \neq \bar F_R = \bar F_p + \bar F'_{V_0} = -\rho V_0 \bar g + m' g$$
$$= (\rho' - \rho) V_0 \bar g$$

$$\boxed{\bar F_R = (\rho' - \rho) V_0 \bar g}$$

PRINCIPIO di ARCHIMEDE

Ogni corpo immerso in un fluido riceve una spinta pari al peso del volume del fluido spostato $\bar F_A = -\rho V_0 g$

se $e' > e$ stessa dir. $\vec{F}$ corpo affonda

se $e' < 0$ dir opposta $e \downarrow$ corpo emerge

MOTO DEI FLUIDI

Moto del fluido $\Rightarrow$ descritto come moto di un sistema continuo $\Rightarrow$ TEORIA DEI CAMPI $\Rightarrow$ DESCRIZIONE EULERIANA

- TUBO DI FLUSSO
- PUNTO DEL FLUIDO $P(x, y, z)$
- CAMPO DI VELOCITÀ $\vec{v}(x, y, z, t)$
  $\Rightarrow$ RAPPRESENTA IL MOTO DI TUTTI GLI ELEMENTI DEL FLUIDO
- LINEE DI FLUSSO
  VELOCITÀ DEL FLUIDO tangente alla linea

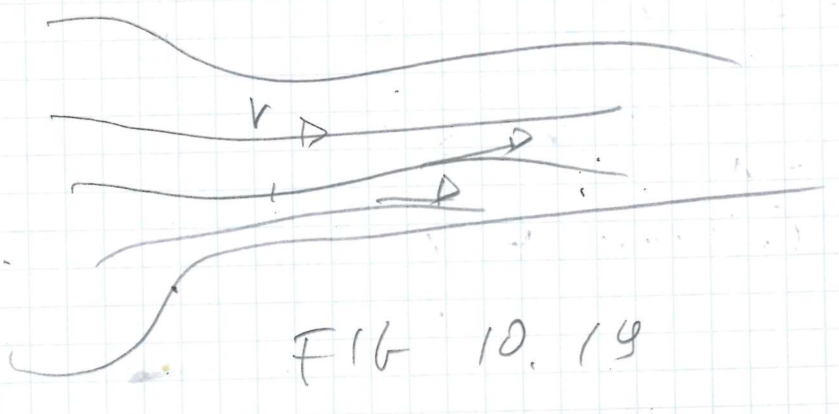
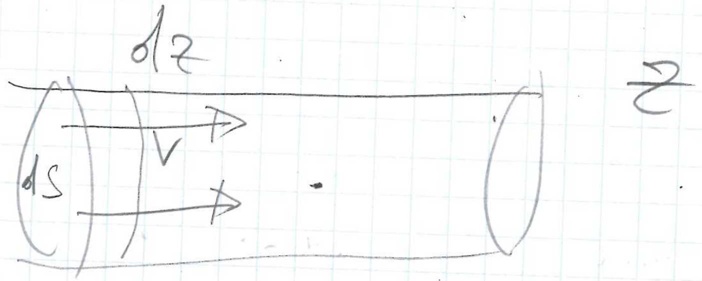


FIG 10.19

REGIME STAZIONARIO

$V(x, y, z)$ NON DIPENDE DA t

$\boxed{\text{PORTATA}}$ di un tubo di FLUSSO



Volume di fluido che passa nella sezione infinitesima dS (ORTOGONALE A $\vec{v}$) nell'unità di tempo

$$dq = \frac{dV}{dt} = \frac{dz\, dS}{dt} = v\, dS$$

Per sezione infinita.

$$q = \int dq = \int_S v\, dS = v_m S$$

$v_m \rightarrow$ VELOCITÀ

$\Rightarrow$ Per un fluido ideale (NON COMPRIMIBILE) in MOTO STAZIONARIO IL VOLUME DI FLUIDO CHE PASSA NELLA SEZIONE NELL'UNITÀ DI TEMPO DEVE ESSERE COSTANTE

$$q = v_m S = \text{cost.}$$

EQUAZIONE DI CONTINUITÀ LEONARDA.

$\Rightarrow$ SE S diminuisce (tubo di flusso)

$v_m \rightarrow$ AUMENTA E VICEVERSA

TEOREMA DI BERNOULLI

Tubo di flusso con fluido soggetto alle forze di gravità

⇓

Vogliamo trovare una relazione tra velocità del fluido $\bar{v}$ e la pressione p nelle sezioni del tubo usando la conservazione dell'ENERGIA

FIG 10.22

- volume di fluido si sposta di spostamento infinitesimo $d\bar{s}_1$ tra le sezioni S_1 S_1' e ds_2 tra S_2, S_2' CON QUOTE RISP. $(z_1, z_2$

FLUIDO INCOMPRESSIBILE vale equazione di continuità

$$dV_1 = ds_1 S_1 = dV_2 = ds_2 S_2 \quad dV_1 = d$$

- sul fluido agiscono le forze PES e le forze di PRESSIONE

LAVORO FATTO DALLA FORZA PESO PER SPOSTARE il volume $dV_1 \rightarrow dV_2$ sarà (LA MASSA È LA STESS $dm = \rho$

$$dW = -dm\, g(z_2 - z_1) = -\rho\, dV\, g\,(z_2 -$$

- LAVORO FATTO DALLE FORZE DI PRESSIONE

$$dW_p = \bar{F}_1 \cdot d\bar{s}_1 + \bar{F}_2 \, d\bar{s}_2 = P_1 S_1 \, ds_1 - P_2 S_2 \, ds_2$$
$$= P_1 dV_1 - P_2 dV_2 = (P_1 - P_2) \, dV$$

- VARIAZIONE DI ENERGIA CINETICA

$$dE_K = \frac{1}{2} dm \, v_2^2 - \frac{1}{2} dm \, v_1^2$$
$$= \frac{1}{2} \rho \, dV \, v_2^2 - \frac{1}{2} \rho \, dV \, v_1^2$$
$$= \frac{1}{2} \rho \, dV (v_2^2 - v_1^2)$$

- CONSERVAZIONE ENERGIA MECCANICA

$$dW + dW_p = dE_K$$
$$\Downarrow$$
$$-\rho \, dV g (z_2 - z_1) + (P_1 - P_2) \, dV =$$
$$= \frac{1}{2} \rho \, dV (v_2^2 - v_1^2)$$
$$\Downarrow$$
$$P_1 + \rho g z_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = P_2 + \rho g z_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2$$

Pressione, Energia cinetica/V, ENERGIA POT/V

$$\Downarrow$$
$$\boxed{P + \frac{1}{2} \rho v^2 + \rho g z = \text{cost}}$$

VALIDO PER $\forall$ SEZIONE DEL TUBO

⇒ ESPRIME LA CONSERVAZIONE DELL' ENERGIA MECCANICA NEL MOTO DI UN FLUIDO IDEALE IN MOTO STAZIONARIO

- TUBO ORIZZONTALE

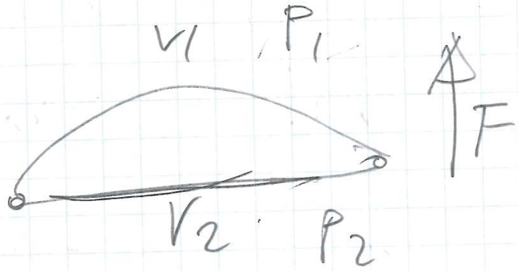
$$p + \frac{1}{2} \rho v^2 = cost$$

PRESSIONE AUMENTA SE V DIM
// DIM. SE V AUM

IN PARTICOLARE SE LA SEZIONE DIMINUISCE V AUMENTA p dimi

- Nebulizzatore
- VECCHI CARBURATORI

- ALI DI AEREO



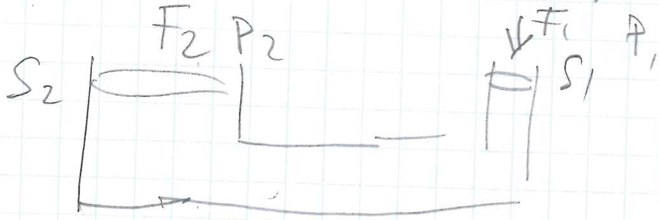
$V_1 > V_2$

$p_1 < p_2$

- VISCOSITÀ
- MOTO LAMINARE
- VORTICI
- TRANSIZIONE MOTO LAMINARE VORTICOSO

FIG 10.34

ESEMPI: PRESSA IDRAULICA



PER IL PRINCIPIO DI PASCAL

$$P_2 = P_1 \Rightarrow \frac{F_2}{S_2} = \frac{F_1}{S_1} \Rightarrow$$

$$F_2 = \frac{S_2}{S_1} F_1$$ scegliendo $S_2 >> S_1$

$\Downarrow$

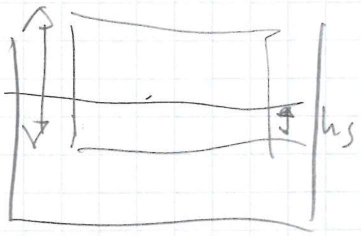
$F_2 >> F_1$

Con una forza piccola possiamo generarne una gran[de]

esempio CRICK idraulico

MISURE DENSITÀ DI UN LIQUIDO

Un corpo immerso in un liquido, per la legge di Archimede, affonderà nel liquido di una distanza che dipende dalla densità del corpo ρ noto e dalla densità del liquido ρ_e (da determinare)



All'equilibrio abbiamo

$$\rho_e V_e g = \rho V g$$

volume liquido spostato

volume totale corpo

$$V_e = S h_s$$
$$V = S h$$

$$\rho_e = \rho \frac{h}{h_s}$$

Misurando h_s (per esempio con una scala graduata) conoscendo ρ, h dati si può misurare ρ_e