

MOTO PIANO INCLINATO

* OSSERVAZIONI:

- 1) TEMPO PERCORRENZA DIMINUISCE ALL'AUMENTARE DELL'ANGOLO
- 2) TEMPO PERCORRENZA AUMENTA IN PRESENZA DI TESSUTI NON LISCI

* RIFLESSIONI:

- 1) I CORPI SI MUOVONO SOTTO FORZA GRAVITA'
- 2) FORZA GRAVITA' E' VEETTORE CHE E' ORTOGONALE AL PAVIMENTO E CAMBIA RISPETTO AL PIANO DI SCIVOLAMENTO
- 3) FORZE ATTRITO OSTACOLANO MOTO (VETTORI OPPOSTI ALLA DIREZIONE DEL MOTO)
- 4) SE VOGLIO MINIMIZZARE LA DURATA DI ATTRAVERSAMENTO DEVO MASSIMIZZARE ANGOLO PER ALLINEARE VETTORE FORZA GRAVITA' ALLA DIREZIONE DEL MOTO

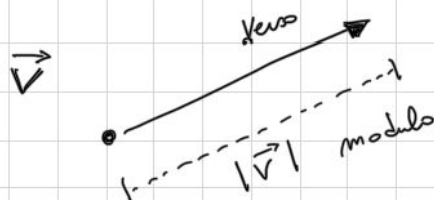
↳ APPLICAZIONE AL PARTO E POSE MIGLIORI

* DESCRIZIONE FORMALE:

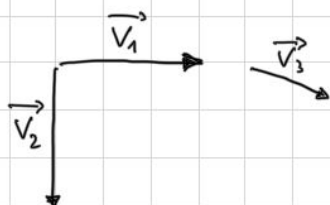
- GRANDEZZE SCALARI: QUANTITA' INTERAMENTE DEFINITE DA UN VALORE NUMERICO CHE DEFINISCE IL RAPPORTO TRA GRANDEZZA CONSIDERATA E UNITA' DI MISURA

AD ES: MASSA $[kg]$ $m = 70 kg$
 $m = 10 kg$
...

- GRANDEZZE VETTORIALI: QUANTITA' DEFINITE DA MODULO (VALORE NUMERICO) E VERSO (DIREZIONE VETTORE). RICHIEDE UNA RAPPRESENTAZIONE GEOMETRICA O IN TERMINI DELLE COMPONENTI



AD ES: VETTORE VELOCITA' $\vec{V}_1, \vec{V}_2, \vec{V}_3$

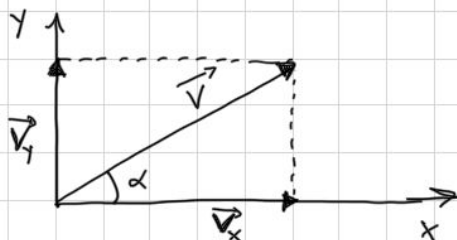


$\vec{V}_1$ e $\vec{V}_2$ SONO
UGUALI IN MODULO
MA NON IN VERSO
($|\vec{V}_1| = |\vec{V}_2|$)

$\vec{V}_3$ E' MINORE DI
 $\vec{V}_1$ E $\vec{V}_2$ IN MODULO

I VETTORI RICHIEDONO APPOSITA ALGEBRA
SULLE COMPONENTI OTTENUTE PROIETTANDO
IL VETTORE SU UN SISTEMA DI RIFERIMENTO
(AD ES CARTESIANO).

AD ES IN 2D



LE COMPONENTI SONO A LORO VOLTA VETTORI
CON MODULO

$$|\vec{V}_x| = |\vec{V}| \cos \alpha$$

$$|\vec{V}_y| = |\vec{V}| \sin \alpha$$

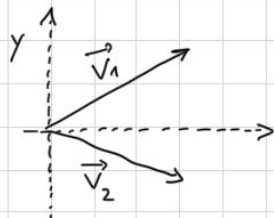
ESERCIZIO GENERALIZZARE A UN
VETTORE NELLO SPAZIO 3D

SEGUENDO LA CONVENZIONALE ALGEBRA
NEL PIANO CARTESIANO, IL MODULO DI $\vec{V}$
E' ESPRIMIBILE COME SOMMA IN QUADRATURA
DELLE COMPONENTI

$$|\vec{V}| = \sqrt{|\vec{V}_x|^2 + |\vec{V}_y|^2}$$

LA RAPPRESENTAZIONE CARTESIANA RENDE
AGEVOLE L'ALGEBRA DI VETTORI

$$\vec{V}_3 = \vec{V}_1 + \vec{V}_2$$



CALCOLO LE COMPONENTI

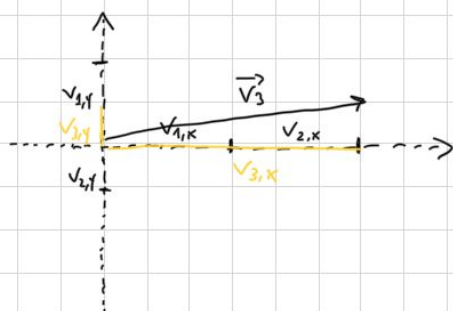
$$|\vec{V}_{x,3}| = |\vec{V}_{x,1}| + |\vec{V}_{x,2}|$$

$$|\vec{V}_{y,3}| = |\vec{V}_{y,1}| + |\vec{V}_{y,2}|$$

CALCOLO IL MODULO

$$|\vec{V}_3| = \sqrt{|\vec{V}_{x,3}|^2 + |\vec{V}_{y,3}|^2}$$

ED INFINE RICOSTRUISCO IL VERSO DEL VETTORE DALLE COMPONENTI $\vec{V}_{x,3}$, $\vec{V}_{y,3}$



ATTENZIONE ALLA SOMMA DELLE COMPONENTI IN SENSO ALGEBRICO



VETTORI CHE PUNTANO IN SEGNO OPPOSTO SI SOTTRAGGONO

IL PRODOTTO VETTORE PER SCALARE SI OTTIENE MOLTIPLICANDO LE COMPONENTI PER LO SCALARE

$$\vec{V}_2 = \alpha \vec{V}_1$$

$$|\vec{V}_{2,x}| = \alpha |\vec{V}_{1,x}|$$

$$|\vec{V}_{2,y}| = \alpha |\vec{V}_{1,y}|$$

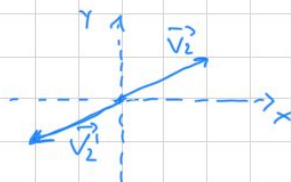
NE SEGUE CHE LA DIFFERENZA DI DUE VETTORI E' LA SOMMA DI UN VETTORE CON L'OPPOSTO DELL'ALTRO (OTTENUTO MOLTIPLICANDO PER -1)

ESERCIZIO

DIMOSTRARE CHE

$$\vec{V}_3 = \vec{V}_1 - \vec{V}_2 = \vec{V}_1 + \vec{V}_2'$$

DOVE $\vec{V}_2'$ E' OPPOSTO DI $\vec{V}_2$



$$\text{con } \vec{V}_2' = -\vec{V}_2$$

- MOTO CORPO



SI CONSIDERI PUNTO
P CHE SI MUOVE
SU UNA RETTA

LA DISTANZA PERCORSA IN INTERVALLO DI
TEMPO $\Delta t = t_2 - t_1$ E' $\Delta s = s_2 - s_1$

LA VELOCITA' MEDIA E'

$$V_m = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

MENTRE LA VELOCITA' ISTANTANEA E'
DEFINITA PER INTERVALLI DI TEMPO
INFINITESIMI

$$V = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

SE IL MOTO NON E' UNIFORME E LA
VELOCITA' CAMBIA NEL TEMPO $[V_1(t_1), V_2(t_2)]$
SI DEFINISCE ACCELERAZIONE MEDIA

$$a_m = \frac{V_2(t_2) - V_1(t_1)}{\Delta t} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

E ACCELERAZIONE ISTANTANEA

$$a = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

SE IL MOTO NON AVVIENE LUNGO
UNA RETTA, LE EQUAZIONI SI POSSONO
GENERALIZZARE IN FORMA VETTORIALE

$\Delta \vec{s}$ $\rightarrow$ VETTORE SPOSTAMENTO

$$\vec{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{s}}{\Delta t} = \frac{d\vec{s}}{dt}$$

$$\vec{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d^2 \vec{s}}{dt^2}$$

LA LEGGE ORARIA DI UN PUNTO CHE
SI MUOVE SU UNA RETTA A VELOCITA'
COSTANTE E'

$$V = V_0$$

$$x(t) = x_0 + V_0 t$$

MENTRE AD ACCELERAZIONE COSTANTE

$$x(t) = x_0 + V_0 t + \frac{at^2}{2}$$

$$v(t) = V_0 + at$$

SI PUÒ DIMOSTRARE CHE LE EQUAZIONI DEL MOTO SONO SOLUZIONE GENERALE EQUAZIONE DIFFERENZIALE

$$\frac{d^2 s}{dt^2} = a$$

DOVE $\int \frac{d^2 s}{dt^2} dt = \int a dt$

$$\frac{ds}{dt} = at + \underset{V_0}{at_0}$$

E POI $\int \frac{ds}{dt} dt = \int (at + v_0) dt$

$$s = \frac{at^2}{2} + v_0 t + s_0$$

APPROFONDIMENTO

- FORZE E PRINCIPI DI NEWTON

I PRINCIPIO

LASCIATO A SE STESSO (SENZA AZIONI CIOE' FORZE ESTERNE)
UN CORPO PERMANE IN STATO DI QUIETE O MOTO RETTILINEO UNIFORME (PRINCIPIO DI INERZIA)

II PRINCIPIO

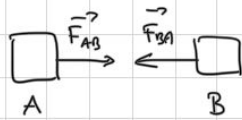
L'ACCELERAZIONE DI UN CORPO E' PROPORZIONALE ALLA FORZA AGENTE SU DI ESSO

$$\vec{F} = m \vec{a} \quad \text{DOVE } m \text{ E' MASSA}$$

LA FORZA E' QUINDI CIO' CHE ALTERA LO STATO DI MOTO DI UN CORPO

III PRINCIPIO

PER UN SISTEMA A DUE CORPI ISOLATI VALE PRINCIPIO DI AZIONE - REAZIONE: LA FORZA CHE A ESERCITA SU B È PARI E OPPOSTA ALLA FORZA CHE B ESERCITA SU A



$$\vec{F}_{BA} = -\vec{F}_{AB}$$

VISTO DALL' ESTERNO, LA FORZA TOTALE SUL SISTEMA A+B È

$$\vec{F}_{TOT} = \vec{F}_{BA} + \vec{F}_{AB} = 0$$

È QUINDI IN UN SISTEMA ISOLATO LE FORZE INTERNE NON CONTRIBUISCONO AD ALTERARE LO STATO DI MOTO

IN VIRTÙ DEL SECONDO PRINCIPIO, IL MOTO ACCELERATO UNIFORME DIPENDE DALLA FORZA ESTERNA

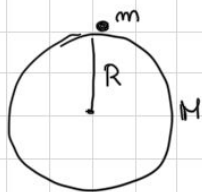
$$\vec{v}(t) = \vec{v}_0 + \vec{a}t = \vec{v}_0 + \frac{\vec{F}t}{m}$$

$$\vec{x}(t) = \vec{x}_0 + \vec{v}_0 t + \frac{1}{2} \frac{\vec{F}t^2}{m}$$

ESEMPIO NELLA VITA DI TUTTI I GIORNI È DI RILIEVO PER MECCANICA DEL PARTO È LA FORZA GRAVITAZIONALE, UN VETTORE CHE PUNTA VERSO CENTRO DELLA TERRA CON MAGNITUDINE

$$|\vec{F}_g| = \frac{GMm}{R^2} = g m$$

↳ ACCELERAZIONE GRAVITAZIONALE

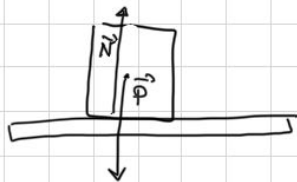


DA QUI SI VEDE FORMALMENTE COME MASSA E PESO SIANO CONCETTUALMENTE DIVERSI SEPPURE USATI INTERCAMBIABILMENTE SICCOME $\vec{g}$ È COSTANTE SULLA TERRA

$$\vec{P} = m \vec{g}$$

ESERCIZIO CALCOLARE LA VELOCITÀ E LA DISTANZA DI UN CORPO IN CADUTA LIBERA (MOTO UNIFORME ACCELERATO SOGGETTO A FORZA GRAVITÀ)

UN' ALTRO ESEMPIO DI FORZA COMUNE È LA FORZA DI ATTRITO



$$\vec{P} = m\vec{g}$$

È IN SISTEMA ISOLATO, PER III PRINCIPIO, SI INSTAURA UNA FORZA NORMALE

$$\vec{N} = -\vec{P}$$

L'ATTRITO È $\vec{F}_a = \mu \vec{N}$

DOVE IL COEFFICIENTE DI ATTRITO DIPENDE DALLE SUPERFICI/MATERIALI E SI DISTINGUE TRA STATICO (SE IL CORPO È FERMO) E DINAMICO (SE IL CORPO È IN MOTO).

IN GENERALE $\mu_{\text{STATICO}} > \mu_{\text{DINAMICO}}$ NEL SENSO CHE È PIÙ DIFFICILE METTERE UN CORPO IN MOVIMENTO CHE TENERLO IN MOTO

L'ATTRITO AGISCE VETTORIALMENTE NEL SENSO CHE OSTACOLA IL MOTO

DAL II PRINCIPIO EMERGE TEOREMA IMPULSO DI INTERESSE IN AREA MEDICA

$$\vec{F} = m\vec{a} = m \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

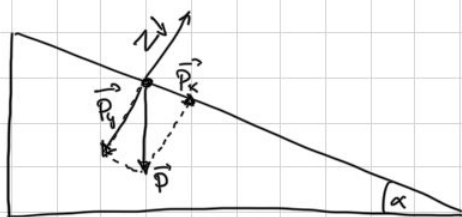
DEFINENDO QUANTITÀ DI MOTO $\vec{q} = m\vec{v}$

$$\underbrace{\vec{F} \Delta t}_{\text{IMPULSO}} = \underbrace{\Delta \vec{q}}_{\text{VARIATIONE QUANTITÀ MOTO}}$$

UN FORTE IMPULSO GENERA UNA GRANDE VARIAZIONE NELLA QUANTITÀ DI MOTO, O UNA GRANDE VARIAZIONE NELLA QUANTITÀ DI MOTO È ASSOCIATA A UN FORTE IMPULSO (FORZA INTENSA APPLICATA IN UN BREVE INTERVALLO DI TEMPO)

- SOLUZIONE PIANO INCLINATO

PER UN CORPO CHE SI MUOVE SU UN PIANO INCLINATO, LE FORZE CHE AGISCONO SONO



DOVE IL PESO $\vec{P} = m\vec{g}$ VIENE SCOMPOSTO IN DIREZIONE PARALLELA E ORTOGONALE DEL PIANO

$$\vec{P}_x = \vec{P} \sin \alpha$$

$$\vec{P}_y = \vec{P} \cos \alpha$$

$$\text{E } \vec{N} = \vec{P}_y$$

IL MOTO ACCELERATO LUNGO IL PIANO È QUINDI DATO DA

$$x(t) = \frac{1}{2} \frac{mg \sin \alpha}{m} t^2$$

E IL TEMPO PER PERCORRERE IL PIANO DI LUNGHEZZA L È

$$L = \frac{1}{2} g \sin \alpha \Delta t^2$$

$$\Delta t = \sqrt{\frac{2L}{g \sin \alpha}}$$

DA CUI SI VEDE CHE IL TEMPO DI PERCORRENZA DIPENDE DALL' ANGOLO ED È MINIMO PER $\alpha = 90^\circ$ (non $90^\circ = 1$)

ESERCIZIO DIMOSTRARE CHE IN PRESENZA DI ATTRITO $\vec{F}_A = \mu \vec{N}$ IL TEMPO DI PERCORRENZA DIVENTA

$$\Delta t = \sqrt{\frac{2L}{g} \left(\frac{1}{\sin \alpha - \mu \cos \alpha} \right)}$$

E QUINDI SI ALLUNGA

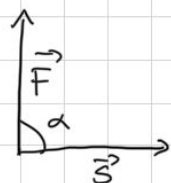
* FORMULAZIONE IN TERMINI DI ENERGIA

LA MECCANICA DI CORPI COMPLESSI PUÒ ESSERE DESCRITTA IN TERMINI SEMPLICI ATTRAVERSO IL LAVORO E ENERGIA

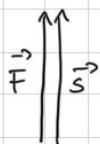
- LAVORO $\rightarrow$ PRODOTTO SCALARE TRA FORZA E SPOSTAMENTO

$$L = \vec{F} \cdot \vec{s} = F s \cos \alpha$$

↑
DEFINIZIONE DI PRODOTTO SCALARE CHE TRASFORMA IL PRODOTTO DI DUE VETTORI IN UNO SCALARE



$$L = \vec{F} \cdot \vec{s} = F s \cos 90^\circ = 0$$



$$L = \vec{F} \cdot \vec{s} = F s \cos 0 = F s$$

- ENERGIA $\rightarrow$ CAPACITÀ DI UN CORPO DI COMPIERE LAVORO

TRA I DIVERSI TIPI DI ENERGIA, DI INTERESSE PER LA MECCANICA CI SONO:

- ENERGIA CINETICA $\rightarrow$ LEGATA ALLA VELOCITÀ DI UN CORPO

APPROFONDIMENTO

$$E_k = \frac{1}{2} m v^2$$

- ENERGIA POTENZIALE GRAVITAZIONALE
 $\hookrightarrow$ LEGATA ALLA QUOTA CHE UN CORPO HA IN UN CAMPO GRAVITAZIONALE

$$E_w = mgh + \text{cost}$$

QUOTA DEL
CORPO

DEFINITA IN
MODO ARBITRARIO
COME PUNTO
IN CUI $E_w = 0$

UNO DEI PRINCIPI FONDAMENTALI DELLA FISICA
E' LA CONSERVAZIONE DELL'ENERGIA: ENERGIA
NON SI CREA O DISTRUGGE MA E' SOLO
CONVERTITA TRA UNA FORMA E L'ALTRA

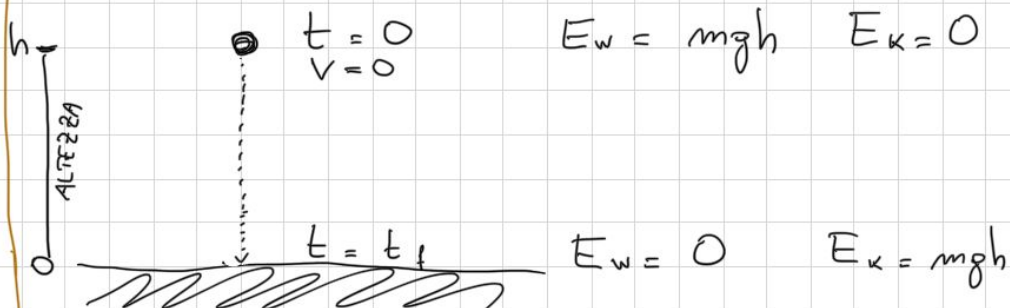
NE SEGUE CHE

$$E_w + E_k = \text{costante}$$

E PER UN CORPO IN UN CAMPO GRAVITAZIONALE

$$E_w + E_k = \frac{1}{2} m v^2 + mgh = \text{cost}$$

AD ESEMPIO, MOTO CADUTA LIBERA (CON
APPLICAZIONI ALLA FISICA MEDICA)



SEGUE CHE LA VELOCITA' FINALE E'

$$\frac{1}{2} m v^2 = mgh$$

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

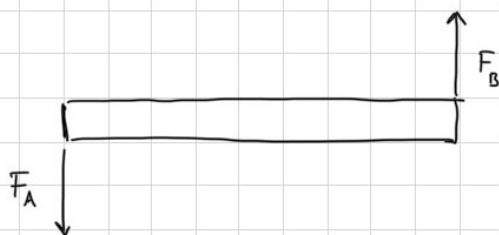
CORPI RIGIDI E LEVE

x EQUILIBRIO DEI CORPI RIGIDI

LA CONDIZIONE DI EQUILIBRIO PER UN PUNTO MATERIALE SI TRADUCE IN SOMMA VETTORIALE DELLE FORZE AGENTI SUL CORPO PARI A 0

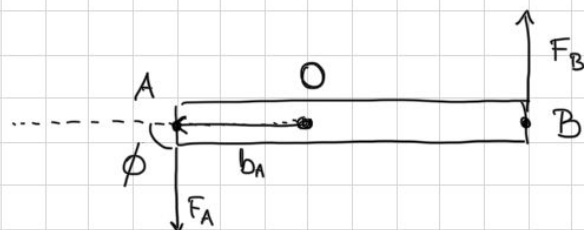
$$\text{(EQUILIBRIO TRASLAZIONE)} \quad \vec{F}_T = \sum_i \vec{F}_i = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots = 0$$

IN UN CORPO RIGIDO FINITO QUESTA CONDIZIONE NON E' SUFFICIENTE. SI CONSIDERI IL CASO DI UNA BACCHETTA SOTTOPOSTA A DUE FORZE OPPOSITE



IL CORPO E' LIBERO DI RUOTARE.

PER DESCRIVERE LE PROPRIETA DI ROTAZIONE E' UTILE INTRODURRE IL MOMENTO DI UNA FORZA RISPETTO AD UN PUNTO ARBITRARIO O



$$\vec{M}_A = \vec{OA} \wedge \vec{F}_A$$

↑
PRODOTTO VETTORIALE

DOVE PRODOTTO VETTORIALE HA MODULO PARI A

$$|\vec{M}_A| = |\vec{OA}| |\vec{F}_A| \sin \phi$$

E VERSO DATO DALLA REGOLA DELLA MANO DESTRA:

- i) ORTOGONALE AL PIANO DEFINITO DA $\vec{OA}$ E $\vec{F}_A$
- ii) CHE PUNTA NELLA DIREZIONE DEL POLICE (MANO DESTRA!) FACENDO RUOTARE $|\vec{OA}|$ SU $|\vec{F}_A|$

SI DEFINISCE b BRACCIO DELLA FORZA
RISPETTO AD O

$$|\vec{M}_A| = |\vec{F}_A| b \quad \text{con } b = |\vec{OA}| \sin \phi$$

LA SECONDA CONDIZIONE DI EQUILIBRIO
(ROTazionale) SI TRADUCE IN

$$(\text{EQUILIBRIO ROTAZIONALE}) \quad \vec{M}_T = \sum_i \vec{M}_i = \vec{M}_1 + \vec{M}_2 + \vec{M}_3 + \dots = 0$$

AD ES NEL CASO DELLA BACCHETTA

$$|\vec{F}_T| = |\vec{F}_A| + |\vec{F}_B| = 0$$

$$|\vec{M}_T| = F_A b_A + F_B b_B > 0$$

SI NOTI INFATTI COME I DUE MOMENTI
A e B ABBIANO LO STESSO VERSO
RISPETTO AL PUNTO O

OVVIAMENTE IL RISULTATO NON DIPENDE
DALLA POSIZIONE DI O CHE PUO' ESSERE
SCELTO A PIACERE (O CON ATTENZIONE PER
FACILITARE I CALCOLI)

X ROTOTRASLAZIONI DEI CORPI RIGIDI

LA MECCANICA DEI CORPI RIGIDI SI PUO' DESCRIVERE
IN TERMINI PIU' SEMPLICI INTRODUCENDO PUNTI
DI RIFERIMENTO

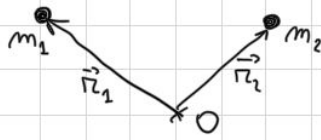
RISPETTO A UN PUNTO ARBITRARIO O COMPOSTO
DA PARTICELLE DI MASSA m E MASSA TOTALE

$$M = \sum_i m_i = m_1 + m_2 + m_3 + \dots$$

SI DEFINISCE CENTRO DI MASSA IL PUNTO
IDENTIFICATO DAL VETTORE $\vec{r}_{cm}$

$$M \vec{r}_{cm} = \sum_i \vec{r}_i m_i = m_1 \vec{r}_1 + m_2 \vec{r}_2 + \dots$$

AD ESEMPIO, IN UN SISTEMA A DUE CORPI



$$\vec{r}_{cm} = \frac{m_1 \vec{r}_1 + m_2 \vec{r}_2}{m_1 + m_2}$$

SE IL PUNTO O COINCIDE CON CENTRO DI MASSA $\vec{r}_{cm} = 0$

$$m_1 |\vec{r}_1| = m_2 |\vec{r}_2|$$

CIOE' IL C.M. SI TROVA NEL PUNTO DI SIMMETRIA DEL SISTEMA PESATO SULLE MASSE

SOTTOPOSTO A UN CAMPO DI FORZA COSTANTE (AD ESEMPIO FORZA GRAVITAZIONALE) IL CENTRO DI MASSA DI UN CORPO CORRISPONDE AL BARICENTRO PER CUI LA MECCANICA DEL CORPO PUO' ESSERE DESCRITTA IN TERMINI DEL MOTO DEL CENTRO DI MASSA SOGGETTO A FORZA EQUIVALENTE (AD ES. PESO $\vec{P} = M\vec{g}$ E' APPLICATO AL BARICENTRO)

PER LE ROTAZIONI SI PUO' DEFINIRE UN MOMENTO DI INERZIA I CHE DIPENDE DALLA GEOMETRIA E MASSA DEL CORPO. USANDO IL MOMENTO DI INERZIA SI PUO' DESCRIVERE IN TERMINI SEMPLICI E IN ANALOGIA ALE TRASLAZIONI LA ROTAZIONE DI UN CORPO RIGIDO CON VELOCITA' ANGOLARE ω E ACCELERAZIONE α

	<u>TRASLAZIONE</u>	<u>ROTAZIONE</u>
	massa m	momento inerzie I
	forza $\vec{F}$	momento $\vec{M}$
Il principio	$\vec{F} = m\vec{a}$	$\vec{M} = I\vec{\alpha}$
Energie cinetiche	$E_k = \frac{1}{2}mv^2$	$E_k = \frac{1}{2}I\omega^2$
	quantita' moto $\vec{q} = m\vec{v}$	momento angolare $\vec{L} = I\vec{\omega}$

COSI' COME VALE LA CONSERVAZIONE DELLA QUANTITA' DI MOTO IN ASSENZA DI FORZE ($\Delta\vec{q} = 0$), VALE ANCHE LA CONSERVAZIONE DEL MOMENTO ANGOLARE ($\Delta\vec{L} = 0$) IN ASSENZA DI MOMENTO DELLA FORZA

X LEVE

UNA LEVA È UNA MACCHINA CHE SFRUTTA ROTAZIONI DI CORPI SOLIDI ATTORNO AD UN ASSE VINCOLATO (FULCRO) PER BILANCIARE O TRASFERIRE UNA FORZA MOTRICE $\vec{F}_m$ APPLICATA A UN PUNTO M IN UNA FORZA RESISTENTE $\vec{F}_r$ APPLICATA IN UN PUNTO R.

OSSERVAZIONI LEGATE ESPERIENZA:

X LO SFORZO DI MANTENIMENTO DI UN PESO CRESCE ALL'ALLUNGARSI DELL'ARTO

X LA POSIZIONE DEL VINCOLO DETERMINA LE PRESTAZIONI DELLA LEVA

FORMULAZIONE TEORICA:

COME VISTO SOPRA UN'ASTA SOGGETTA A DUE FORZE $\vec{F}_m$ e $\vec{F}_r$ È IN EQUILIBRIO SE

$$|\vec{M}| = |\vec{F}_m| b_m - |\vec{F}_r| b_r = 0$$

NE SEGUE CHE

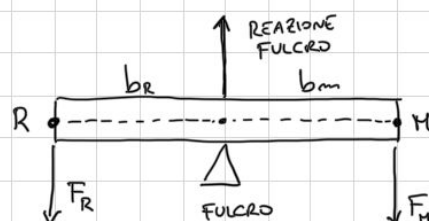
$$|\vec{F}_r| = |\vec{F}_m| \frac{b_m}{b_r}$$

CIOÈ, A PARITÀ DI FORZA MOTRICE, È POSSIBILE VARIARE LA FORZA RESISTENTE VARIANDO I BRACCI DELLA LEVA.

$$\text{SE } G = \frac{b_m}{b_r} > 1 \quad \text{C'È UN}$$

GUADAGNO MECCANICO

• LEVA 1° TIPO

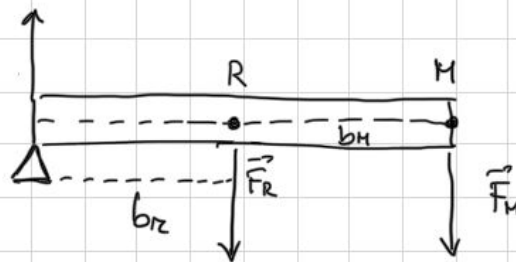


TIPICA DELLA GIOSTRA "PARCO GIOCHI" O DELLA PENNA CHE SI BILANCIA SUL BORDO DEL TAVOLO

- ALLO SPOSTARSI DEL FULCRO, IL GUADAGNO VARIA DA $G = 0$ A $G = \infty$

- SI NOTI COME IL MOMENTO $\vec{M}_R$ e $\vec{M}_M$ ABBIANO DIREZIONI OPPOSTE RISPETTO ALL'ESEMPIO QUI SOPRA

• LEVA 2° TIPO

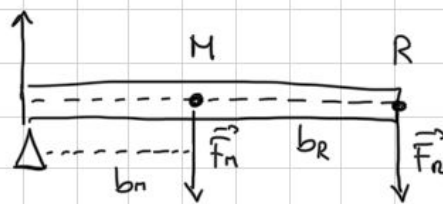


TIPICA DELLO SCHIACCIANDOCI O CARIOLA O PIEDE CHE SI SOLLEVA

- $G = \frac{b_M}{b_R} > 1$ QUINDI SEMPRE VANTAGGIOSA

CON IL GUADAGNO CHE AUMENTA ALL'ALLONTANARSI DI M DA R (I MANICI LUNGH SONO FAVOREVOLI)

• LEVA 3° TIPO



TIPICA DELLE PINZETTE O DEGLI ARTI SUPERIORI

- $G = \frac{b_M}{b_R} < 1$ QUINDI SEMPRE SVANTAGGIOSA

L'ATTENUAZIONE DELLA FORZA MOTRICE AUMENTA AL RIDURSI DEL BRACCIO DELLA MOTRICE O AL CRESCERE DEL BRACCIO DELLA RESISTENTE

ECOGRAFIA E FISICA DELLE ONDE

* OSSERVAZIONI

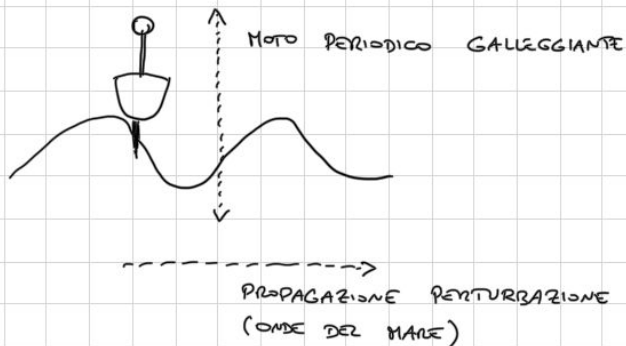
- IMMAGINE SPAZIO / PROFONDITA' CON VARIE INTENSITA'
- AL CRESCERE DELLA RISOLUZIONE VARIA IL DETTAGLIO DELL'IMMAGINE (RISOLUZIONE) MA DIMINUISCE LA PROFONDITA' RAGGIUNTA
- LA VISIBILITA' DI STRUTTURE CAMBIA AL CAMBIARE DELL'ANGOLO DI INCIDENZA
- LA VELOCITA' REGISTRATA NELL'ECO DOPPLER VARIA CON ANGOLO INCIDENZA

* DESCRIZIONE FORMALE

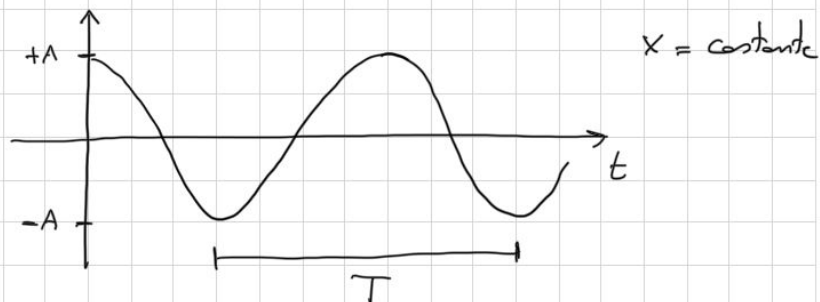
- FENOMENI ONDULATORI

SONO PERTURBAZIONI PERIODICHE CHE SI PROPAGANO IN UN MEZZO CHE OSCILLA SENZA PERO' CHE AVENGA TRASFERIMENTO DI MATERIA

AD ES



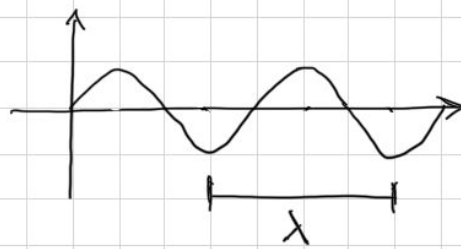
UN'ONDA MONOCROMATICA E' DESCRITTA DA UNA FUNZIONE PERIODICA CON AMPIEZZA A E PERIODO T



L'INVERSO DEL PERIODO E' LA FREQUENZA ω

$$\omega = \frac{1}{T}$$

PUNTI CHE SI MUOVONO IN FASE DEFINISCONO LA LUNGHERZA D'ONDA λ



$t = \text{costante}$

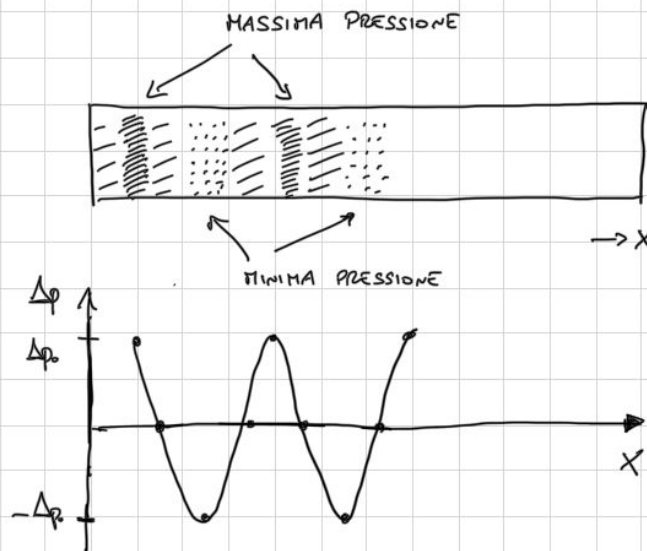
LA VELOCITÀ CON CUI SI PROPAGA L'ONDA È

$$v = \omega \lambda$$

PUR NON TRASFERENDO MATERIA, UN'ONDA TRASFERISCE ENERGIA RISPETTANDO IL PRINCIPIO DI CONSERVAZIONE DELL'ENERGIA

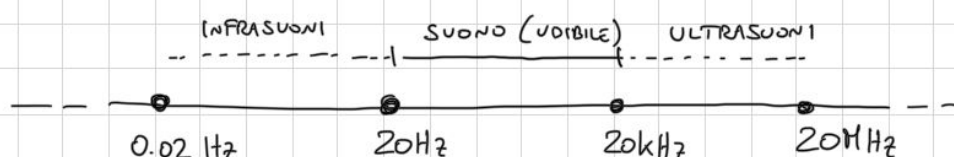
- ONDA SONORA

È LA PROPAGAZIONE DI UNA PERTURBAZIONE NELLA PRESSIONE DI UN MEZZO CHE AVVIENE LONGITUDINALMENTE RISPETTO ALLA DIREZIONE DI PROPAGAZIONE



UN'ONDA SONORA PUÒ QUINDI ESSERE GENERATA DA UNA MEMBRANA O UN MEZZO VIBRANTE, O PUÒ METTERE IN VIBRAZIONE UNA MEMBRANA O MEZZO SU CUI INCIDE

LE ONDE SONORE SI POSSONO CLASSIFICARE IN BASE ALLA FREQUENZA



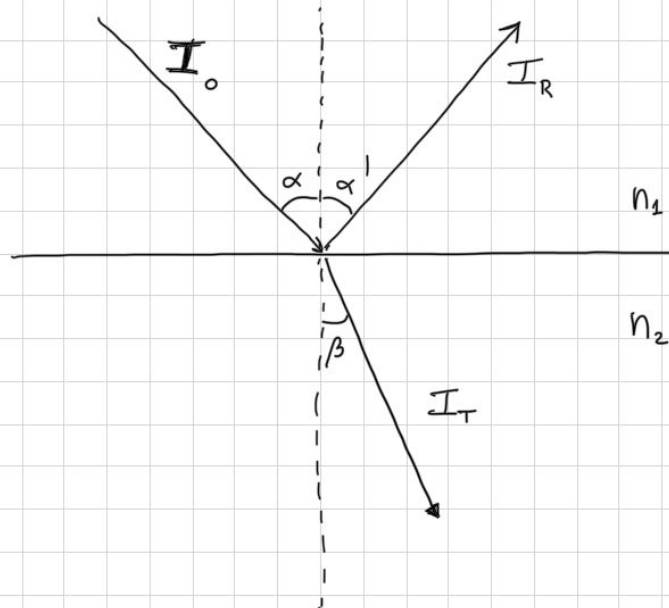
- INTERAZIONI ONDE E MATERIALI

L'INTENSITA' DELL'ONDA E' DEFINITA - COME ENERGIA TRASPORTATA ATTRAVERSO UNA SUPERFICIE S IN UN INTERVALLO DI TEMPO Δt

$$I = \frac{E}{S \Delta t} \quad \text{con} \quad E \propto \Delta p^2$$

QUINDI L'INTERAZIONE DI UN'ONDA CON UN MEZZO GENERA UNO SCAMBIO DI ENERGIA (E CALORE IN PRESENZA DI DISSIPAZIONE) CHE HA CONSEGUENZE IN CAMPO BIOLOGICO

QUANDO UN'ONDA INCONTRA UNA SUPERFICIE DI SEPARAZIONE TRA MATERIALI CON INDICI DI RIFRAZIONE n DIVERSI, SI POSSONO VERIFICARE FENOMENI DI RIFLESSIONE E RIFRAZIONE



DOVE LA FRAZIONE RIFLESSA e RIFRATTA DIPENDE DALLE CARATTERISTICHE DEL MATERIALE (n_1, n_2) E DALL'ANGOLO DI INCIDENZA α

$$\text{RIFLESSA } R = \frac{I_R}{I_0}, \quad \text{TRASMESSA } T = \frac{I_T}{I_0}$$

PER CONSERVAZIONE DELL'ENERGIA

$$I_0 = I_T + I_R \quad \text{e} \quad R + T = 1$$

E' POSSIBILE DIMOSTRARE CHE L'ANGOLO DI RIFLESSIONE E' UGUALE A QUELLO DI INCIDENZA

$$\alpha = \alpha'$$

PER LA RIFRAZIONE, SI PUO' DIMOSTRARE CHE

$$\sin \beta = \sin \alpha \frac{m_1}{m_2} = \sin \alpha \frac{v_2}{v_1}$$

CIOE' IL RAGGIO SI AVVICINA ALLA NORMALE PASSANDO A UN MEZZO CON MAGGIOR INDICE DI RIFRAZIONE O MINORE VELOCITA' DI PROPAGAZIONE

I MATERIALI POSSONO ANCHE ASSORBIRE INTENSITA' DELL'ONDA INCIDENTE CON UN COEFFICIENTE DI ASSORBIMENTO CHE DIPENDE DALLE PROPRIETA' DEL MATERIALE E DALLA FREQUENZA (ALTE FREQUENZE SONO ASSORBITE PIU' FACILMENTE)

$$I_T = I_0 e^{-kx} \quad x = \text{spazio attraversato}$$

L'ENERGIA ASSORBITA PUO' ESSERE TRASFORMATA IN CALORE

- PRINCIPI DELL' ECOGRAFIA

UN CRISTALLI PIZOELETTRICI VIENE USATO PER GENERARE ULTRASUONI CON FREQUENZE TRA 1 e 15 MHz, EMESSI IN IMPULSI DI $< 5 \mu s$ CON CADENZA DI CIRCA 200 VOLTE AL SECONDO

TRA UN IMPULSO E L'ALTRO, IL CRISTALLO SI METTE IN ASCOLTO DEI SEGNALI RIFLESSI (COME SONAR) CHE SI ORIGINANO QUANDO L'ONDA TROVA UN MEZZO CON INDICE DI RIFRAZIONE (A VOLTE ESPRESSO COME IMPEDENZA) DIVERSO

NOTA LA VELOCITA' DI PROPAGAZIONE NEL MEZZO ($\sim 1500 \text{ m/s}$ IN TESSUTI MOLLI)

IL TEMPO TRA INVIO E RICEZIONE DI UN IMPULSO PERMETTE DI DETERMINARE LA SUA DISTANZA ASSIALE. USANDO UNA GRIGLIA DI CRISTALLI E' POSSIBILE ANCHE RICOSTRUIRE L'IMMAGINE LATERALMENTE.

INFINE, REGISTRANDO L'INTENSITA' RIFLESSA (CHE DIPENDE DAL RAPPORTO DELLE IMPEDENZE)

È POSSIBILE COSTRUIRE UN'IMMAGINE CON
SCALA DI GRIGI (MODO M)

DA NOTARE COME OSSO SIA DIFFICILMENTE
PENETRABILE DA ULTRASUONI E CHE LA
VELOCITÀ DI PROPAGAZIONE IN ARIA (300 m/s)
È DI MOLTO MINORE A QUELLA NEI TESSUTI
E PRODUCE ECO RITARDATO CHE CONFONDE

POICHÉ LA FRAZIONE RIFLESSA DIPENDE DALL'ANGOLO
DI INCIDENZA, LA VISIBILITÀ DI TESSUTI DIPENDE
DALL'ANGOLO CON CUI È INVIATO IL FASCIO
INCIDENTE, UN ANGOLO DI INCIDENZA MOLTO
GRANDE PUÒ RISULTARE IN UNA RIFLESSIONE
CHE NON VIENE REGISTRATA E IN GENERALE
È PIÙ FACILE RICOSTRUIRE IMMAGINI DI
STRUTTURE ORTOGONALI AL FASCIO

PER VELOCITÀ DI PROPAGAZIONI COSTANTI

$$\lambda = \frac{v}{f}$$

UNA FREQUENZA CRESCENTE DETERMINA
UNA LUNGHEZZA D'ONDA MINORE E UNA
MAGGIORE RISOLUZIONE ASSIALE IN QUANTO
NON È POSSIBILE RISOLVERE STRUTTURE PIÙ
PICCOLE DI $\lambda_{\min}$ IN QUANTO VENGONO
"SCAVALCATE" DALL'ONDA.

LA FREQUENZA AGISCE ANCHE SULLA RISOLUZIONE
LATERALE IN QUANTO IL FASCIO AD ALTA
FREQUENZA È PIÙ COLLIMATO. ANCHE LA
GEOMETRIA DEL CRISTALLO INFLUENZA LA
RISOLUZIONE (PIÙ PICCOLO IL CRISTALLO E
MAGGIORE È LA RISOLUZIONE)

L'AUMENTO DI FREQUENZA INFLUISCE PERO
NEGATIVAMENTE SULLA PROFONDITÀ DI
PENETRAZIONE IN QUANTO IL COEFFICIENTE
DI ASSORBIMENTO CRESCE AL CRESCERE
DELLA FREQUENZA. MAGGIORE ASSORBIMENTO
RISULTA IN UNA MAGGIORE DISSIPAZIONE
DI ENERGIA NEI TESSUTI.

- EFFETTO DOPPLER

LA FREQUENZA RICEVUTA DA UN OSSERVATORE
DI UN'ONDA EMESSA DA UNA SORGENTE
CON FREQUENZA ν_s DIPENDE DAL MOTO
RELATIVO TRA SORGENTE E OSSERVATORE

CONSIDERANDO UNA SORGENTE IN MOTTO VERSO UN OSSERVATORE I FRONTI D'ONDA RAGGIUNGONO L'OSSERVATORE CON VELOCITA' MAGGIORE (E QUINDI A PIU' ALTA FREQUENZA) IN QUANTO LA SORGENTE SI AVVICINA PROGRESSIVAMENTE

LA FREQUENZA PERCEPITA E'

$$\nu = \nu_s \frac{v}{v - u_s}$$

DOVE ν_s FREQUENZA EMessa, u_s E' LA VELOCITA' DELLA SORGENTE E v E' LA VELOCITA' DELL'ONDA

E LA VARIAZIONE IN FREQUENZA E'

$$\Delta \nu = \nu - \nu_s = \nu_s \frac{u_s}{v - u_s}$$

SE E' INVECE L'OSSERVATORE CHE SI AVVICINA ALLA SORGENTE CON VELOCITA' u , LA FREQUENZA PERCEPITA E'

$$\nu = \nu_s \left(1 + \frac{u}{v} \right)$$

PER OSSERVATORE / SORGENTE IN ALLONTANAMENTO

$$\begin{aligned} u &\rightarrow -u \\ u_s &\rightarrow -u_s \end{aligned}$$

- ECDOPPLER

MISURA LA VARIAZIONE DI FREQUENZA RICEVUTA RISPETTO A QUELLA INVIATA, MISURANDO L'EFFETTO DOPPLER (CIOE' LA VELOCITA' DELLA SORGENTE)

CONSIDERANDO IL CASO ARTERIA



L'EFFETTO DOPPLER ALLA RICEZIONE E'

$$\nu_1 = \nu_s \left(1 - \frac{u}{v} \right)$$

E ALLA RIFLESSIONE

$$U_2 = U_1 \left(\frac{V}{V+u} \right)$$

COMBINATO

$$U_2 = U_s \left(1 - \frac{u}{V} \right) \left(\frac{V}{V+u} \right)$$

CHE PORTA A UNO SPOSTAMENTO DI FREQUENZA

$$\Delta U = U_s \frac{2u}{V+u}$$

OVVIAMENTE IL SEGNO DIPENDE DALLA
DIREZIONE DELLA SONDA RISPETTO AL
FLUSSO

FENOMENI ELETTRICI

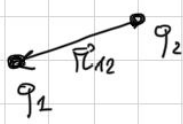
- CARICHE, CAMPO e POTENZIALE ELETTRICO

I FENOMENI ELETTRICI RIVESTONO UN RUOLO MOLTO IMPORTANTE NEI PROCESSI FISIOLOGICI

IN ELETTROSTATICA, I FENOMENI ELETTRICI DERIVANO DA CARICHE (e^- , e^+) POSITIVE O NEGATIVE DI UNITA' PARI ALLA CARICA DI UN ELETTRONE

IN ANALOGIA CON LA FORZA GRAVITAZIONALE, LE CARICHE ELETTRICHE INTERAGISCONO CON FORZE ATTRATTIVE O REPULSIVE SECONDO LA LEGGE DI COULOMB.

DATE DUE CARICHE q_1 e q_2 , LA CARICA q_1 E' SOGGETTA A UNA FORZA

$$\vec{F}_1 = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \left(\frac{\vec{r}_{12}}{r} \right)$$


CON k CHE DIPENDE DA PROPRIETA' DEL MATERIALE IN CUI SONO IMMERSE LE CARICHE

IL VERSO DELLA FORZA DIPENDE DAL SEGNO DELLA CARICA, TENENDO PRESENTE CHE

$$\vec{r}_{12} = \vec{r}_1 - \vec{r}_2$$

PUNTA IN DIREZIONE DI q_1

COSI' COME LA TERRA GENERA UN CAMPO GRAVITAZIONALE CHE AGISCE SU CORPI DOTATI DI MASSA, UNA DISTRIBUZIONE DI CARICHE Q GENERA UN CAMPO ELETTRICO

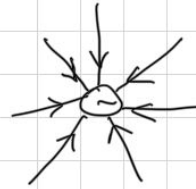
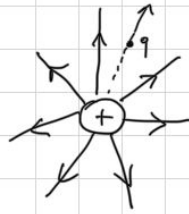
$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$$

DOVE q E' UNA CARICA DI PROVA E $\vec{F}$ E' LA FORZA DOVUTA A Q CHE AGISCE SU q

NEL CASO DI UNA CARICA Q PUNTIFORME

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} = k \frac{Q}{r^2} \left(\frac{\vec{r}}{r} \right)$$

CARATTERIZZATO DA LINEE DI CAMPO RADIALI USCENTI O ENTRANTI A SECONDA CHE Q SIA POSITIVA O NEGATIVA



PER DEFINIZIONE UNA CARICA DI PROVA q SI MUOVE LUNGO LE LINEE DEL CAMPO

PER DISTRIBUZIONI DI CARICA PIU' COMPLESSE IL CAMPO ELETTRICO RISULTANTE E' LA SOMMA VETTORIALE DEI CAMPI ELETTRICI

POICHE' LA FORZA ELETTRICA COMPIE LAVORO SU CARICHE CHE SI MUOVONO LUNGO LINEE DI CAMPO

$$L = \vec{F} \cdot \Delta \vec{r} = F \Delta r \cos 0 = F \Delta r = q E \Delta r$$

DEFINENDO DIFFERENZA DI POTENZIALE ΔV TRA DUE PUNTI A e B IL LAVORO OPPOSTO A QUELLO COMPIUTO DAL CAMPO ELETTRICO PER SPOSTARE UN CARICA q DA A A B

$$\Delta V = V_B - V_A = - \frac{L_{AB}}{q}$$

SEGUE CHE

$$-\Delta V q = q E \Delta r$$

CIOE' CHE

$$E = - \frac{\Delta V}{\Delta r}$$

PER UNA CARICA PUNTIFORME, QUINDI,

$$V = - \frac{k Q}{r} \quad (\text{POTENZIALE DI UN PUNTO RISPETTO A INFINITO})$$

POICHE' IL LAVORO E' UN' ENERGIA, L'ENERGIA POTENZIALE E'

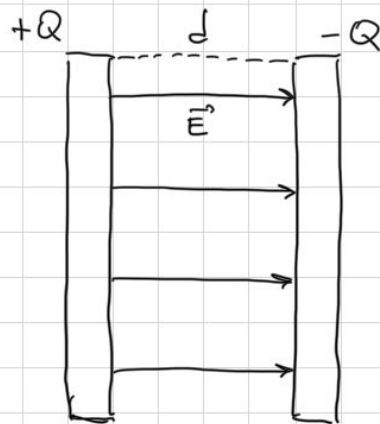
$$U = qV$$

IN ANALOGIA CON IL CAMPO GRAVITAZIONALE TERRESTRE, UNA CARICA IMMERSA IN UN POTENZIALE ELETTRICO ACCELERA CONVERTENDO ENERGIA POTENZIALE IN CINETICA. E' INVECE NECESSARIO FORNIRE ENERGIA PER FAR MUOVERE LA CARICA IN DIREZIONE DI POTENZIALE MAGGIORE.

- CONDENSATORE

UN CONDENSATORE E' UN SISTEMA COMPOSTO DA DUE PIANI (o CILINDRI) CONDUTTORI CON CARICA UGUALE E OPPOSTA SEPARATI DA UN MEZZO ISOLANTE.

LE MEMBRANE CELLULARI SONO ISOLANTI E SEPARANO SOLUZIONI CARICHE, E QUINDI IL CONDENSATORE TROVA APPLICAZIONI IN BIOLOGIA



PER SIMMETRIA IN UN CONDENSATORE SI GENERA UN CAMPO ELETTRICO PARALLELO E COSTANTE

$$E = \frac{Q}{\epsilon_r \epsilon_0 S}$$

DOVE ϵ_r e ϵ_0 SONO COSTANTI (ϵ_r DIPENDE DAL MATERIALE)

LA DIFFERENZA DI POTENZIALE E' ANCH'ESSA COSTANTE E PARI A

$$\Delta V = Ed$$

SI DEFINISCE CAPACITA' DI UN CONDENSATORE

$$C = \frac{Q}{\Delta V}$$

LA QUANTITÀ CHE ESPRIME QUANTA CARICA
PUÒ ESSERE IMMAGAZZINATA

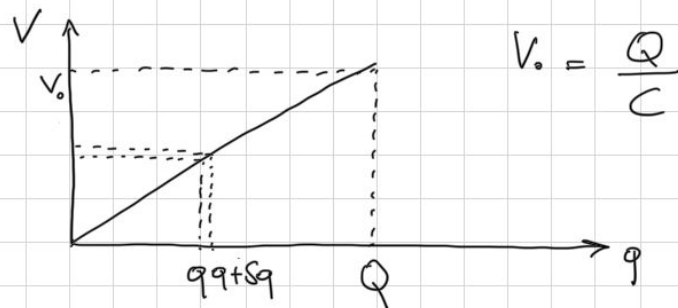
$$\text{POICHÉ } \Delta V = \frac{Q}{\epsilon \epsilon_r S} d \rightarrow C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{S}{d}$$

CIOÈ DIPENDE SOLO DALLA GEOMETRIA DEL
CONDENSATORE.

ALL'INTERNO DI UN CONDENSATORE, UNA
CARICA $+q$ DI MASSA m SI MUOVE DI
MOTO UNIFORME ACCELERATO CON

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} = \frac{q \vec{E}}{m} = \frac{q Q}{\epsilon \epsilon_r m S} \frac{\vec{r}}{r}$$

CARICANDO UN CONDENSATORE, LA CARICA SI
ACCUMULA FINO AL RAGGIUNGIMENTO DELLA
CAPACITÀ. CARICA E POTENZIALE CRESCONO
PROPORZIONALMENTE ALL'AUMENTO DI CARICA



IN OGNI ISTANTE, PER AGGIUNGERE UNA
CARICA δq A q È NECESSARIO UN
LAVORO CHE VINCE LA FORZA REPULSIVA
DI q . POICHÉ IL LAVORO PER AGGIUNGERE
 δq A q È

$$L = \int q \Delta V = \int q \frac{q}{C}$$

IL LAVORO TOTALE SARÀ

$$L = \int_0^Q \Delta V \delta q = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C} = \frac{1}{2} Q V_0$$

CIOÈ AREA DEL TRIANGOLO.

PER CARICARE UN CONDENSATORE SI DEVE
QUINDI FORNIRE ENERGIA CHE VIENE
IMMAGAZZINATA DAL CONDENSATORE E
PUÒ ESSERE RESTITUITA DURANTE LA
SCARICA

- CORRENTE ELETTRICA E LEGGI DI OHM

LA CORRENTE ELETTRICA CONTINUA È UN MOTO COSTANTE DI CARICA (UN FLUSSO) IN UNA DIREZIONE. PER GENERARE UNA CORRENTE È NECESSARIO APPLICARE UN CAMPO ELETTRICO (O DIFFERENZA DI POTENZIALE) A UN CONDUTTORE

IL MOTO DI CARICA ANDRÀ A COLMARE LA DIFFERENZA DI POTENZIALE A MENO CHE ESSA SIA MANTENUTA DA UN GENERATORE

SI DEFINISCE INTENSITÀ DI CORRENTE IL FLUSSO DI CARICA CHE ATTRANVERSA UNA SUPERFICIE NEL TEMPO

$$i = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

IN TERMINI SPECIFICI (CIOÈ NORMALIZZATI ALLA SUPERFICIE S SI HA LA DENSITÀ DI CORRENTE ELETTRICA

$$|\vec{j}| = \frac{\Delta q}{S \Delta t} = \frac{i}{S}$$

CON VERSO NELLA DIREZIONE DI MOTO DELLE CARICHE POSITIVE

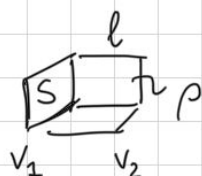
IN UN CONDUTTORE, VIGE LA LEGGE DI OHM

$$\vec{j} = \sigma \vec{E}$$

DOVE σ È LA CONDUCIBILITÀ DEL MATERIALE CHE DIPENDE DA COMPOSIZIONE E TEMPERATURA, IL SUO INVERSO È LA RESISTIVITÀ DEL MATERIALE

$$\rho = \frac{1}{\sigma}$$

DA CUI SI PUÒ DERIVARE LA RESISTENZA



$$R = \rho \frac{l}{S}$$

CON QUESTE DEFINIZIONI LA LEGGE DI OHM DIVENTA

$$|\vec{J}| = \sigma |\vec{E}|$$

$$\downarrow \quad \downarrow \quad \downarrow$$
$$\frac{I}{S} = \frac{1}{\rho} \frac{\Delta V}{l}$$

$$\text{DA CUI} \quad \Delta V = RI$$

- EFFETTO TERMICO

PER LA PRESENZA DI RESISTENZA, UNA CORRENTE CHE CIRCOLA IN UN CONDUTTORE GENERA CALORE (DISSIPAZIONE DI POTENZA)

IL LAVORO COMPIUTO NELLO SPASTARE UNA CARICA Δq IN UNA DIFFERENZA DI POTENZIALE ΔV È

$$L = \Delta q \Delta V$$

POICHÉ $i = \frac{\Delta q}{\Delta t}$ SEGUE CHE

$$L = i \Delta t \Delta V \rightarrow \frac{L}{\Delta t} = i \Delta V$$

IL LAVORO EFFETTUATO PER UNITÀ DI TEMPO È UNA POTENZA

$$W \equiv \frac{L}{\Delta t} = i \Delta V$$

IN UN CIRCUITO CON RESISTENZA R , PER LA LEGGE DI OHM SI HA CHE

$$W = i \Delta V = i^2 R = \frac{\Delta V^2}{R}$$

MAGGIORE È LA RESISTENZA MAGGIORE È LA POTENZA DISSIPATA. LA POTENZA DIPENDE IN MODO QUADRATICO DALL'INTENSITÀ DI CORRENTE

MECCANICA E STATICA DEI FLUIDI

* OSSERVAZIONI :

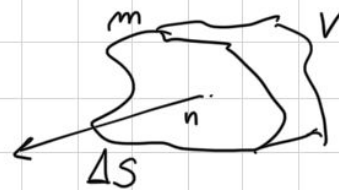
- FLUSSI NORMALI AVVENGONO A VELOCITA' COSTANTE
- IN PRESENZA DI RESTRIZIONI LA VELOCITA' AUMENTA PER POI DIMINUIRE NUOVAMENTE
- IN PRESENZA DI OSTACOLI SI MANIFESTA MOTI TURBOLENTO

* DESCRIZIONE FORMALE

— MECCANICA E STATICA DEI FLUIDI

UN ELEMENTO DI FLUIDO DI MASSA m CHE OCCUPA UN VOLUME V HA DENSITA'

$$\rho = \frac{m}{V}$$



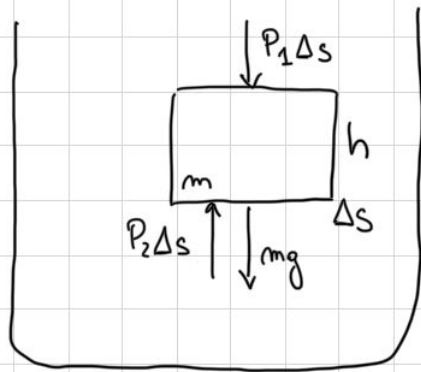
SE SUL FLUIDO AGISCE UNA FORZA, LA COMPONENTE NORMALE PER UNITA' DI SUPERFICIE DEFINISCE LA PRESSIONE

$$p = \frac{\vec{F} \cdot \vec{n}}{\Delta S}$$

UN ELEMENTO DI FLUIDO E' IN EQUILIBRIO QUANDO SULLE SUE SUPERFICI NON AGISCONO FORZE TANGENZIALI NETTE, E LA PRESSIONE

PRINCIPIO DI PASCAL : LA PRESSIONE CHE SI ESERCITA IN UN PUNTO DELLA SUPERFICIE DI UN ELEMENTO DI FLUIDO VIENE TRASFERITA A TUTTI I PUNTI DELLA SUPERFICIE DEL FLUIDO

SOGGETTO ALLA FORZA GRAVITAZIONALE UN ELEMENTO DI FLUIDO È IN EQUILIBRIO QUANDO LA FORZA PESO È CONTROBILANCIATA DALLA DIFFERENZA DI PRESSIONE SOPRA/SOTTO IL FLUIDO. IN QUESTO CASO IL FLUIDO È IN EQUILIBRIO IDROSTATICO



RICORDANDO $p = F \Delta s^{-1}$,
IN EQUILIBRIO

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_p + \vec{F}_2 = 0$$

$$p_1 \Delta s + mg - p_2 \Delta s = 0$$

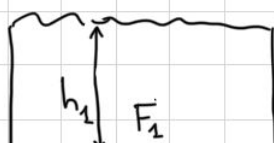
$$\Delta p = \frac{mg h}{\Delta s h} = \rho g h$$

SE LA PRESSIONE ALLA SUPERFICIE DEL FLUIDO È NULLA, VALE IL PRINCIPIO DI STEVINO

$$p = \rho g h$$

CIOÈ LA PRESSIONE IN UN PUNTO DIPENDE DALLA QUOTA

SFRUTTANDO UN PRINCIPIO ANALOGO, SI DERIVA IL PRINCIPIO DI ARCHIMEDE CHE DESCRIVE IL GALLEGGIAMENTO DI UN CORPO SOLIDO IMMERSO IN UN LIQUIDO



$$F_A = p_2 \Delta S - p_1 \Delta S =$$

$$= [\rho g (h_1 + \Delta h) - \rho g h_1] \Delta S$$

$$= \rho g \Delta S \Delta h = mg \quad \rightarrow \rho', m \text{ SONO RIFERITI AL FLUIDO!}$$

CIOE' IL CORPO RICEVE UNA SPINTA VERSO L'ALTO PARI AL PESO DEL LIQUIDO SPOSTATO

POICHE' IL SOLIDO HA PESO $P = m'g$, IL SOLIDO GALLEGGIA SE HA DENSITA' $\rho' < \rho$.

- MOTO DEI FLUIDI

CONSIDERANDO UN FLUIDO IN MOTO STAZIONARIO (TUTTE LE PARTICELLE DI FLUIDO PASSANO DA UN PUNTO CON LE STESSA PROPRIETA' DI VELOCITA') IN UNA CONDUTTURA RIGIDA, SI DEFINISCE FLUSSO O PORTATA IL VOLUME DI FLUIDO CHE ATTRAVERSA UNA SEZIONE S IN UN INTERVALLO DI TEMPO Δt

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



LA CONSERVAZIONE DI MASSA DEL FLUIDO DA ORIGINE ALL'EQUAZIONE DI CONTINUITA'

SE IL FLUIDO E' INCOMPRESSIBILE, LA PORTATA DEVE ESSERE LA STESSA A PRESCINDERE DALLA SEZIONE

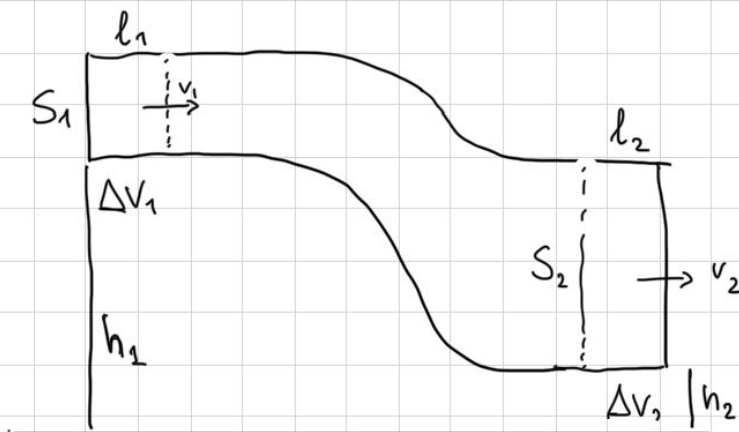
$$Q = \text{cost} \quad S' v' = S v$$

CIOE' $\frac{V}{V'} = \frac{S'}{S}$, LA VELOCITA' E'

INVERSAMENTE PROPORZIONALE ALLA SEZIONE,

QUESTO SPIEGA I RISULTATI DOPPLER IN PRESENZA DI RESTRINGIMENTI

GENERALIZZANDO IN TERMINI DI ENERGIA, SI PUO' DERIVARE IL TEOREMA DI



IL LAVORO ASSOCIATO ALLA VARIAZIONE DI ENERGIA CINETICA E'

$$L = \Delta E_k = \frac{1}{2} m v_2^2 - \frac{1}{2} m v_1^2$$

QUESTO LAVORO DEVE ESSERE FORNITO DALLA VARIAZIONE DI ENERGIA GRANTAZIONALE E DAL LAVORO SVOLTO DALLA FORZA ASSOCIATA ALLA PRESSIONE

$$L = mg(h_1 - h_2) + p_1 S_1 l_1 - p_2 S_2 l_2$$

↓
FORZA
↓
SPOSTAMENTO

UGUAGUANDO I DUE LAVORI

$$mg(h_1 - h_2) + p_1 S_1 l_1 - p_2 S_2 l_2 = \frac{1}{2} m (v_2^2 - v_1^2)$$

DIVIDENDO PER VOLUME

$$\rho g(h_1 - h_2) + (p_1 - p_2) + \frac{1}{2} \rho (v_1^2 - v_2^2) = 0$$

cioè

$$\rho g h + p + \frac{1}{2} \rho v^2 = \text{costante}$$

QUESTO IMPLICA CHE IL CONTRIBUTO DI DENSITA' DI ENERGIA POTENZIALE E CINETICA E DI PRESSIONE E' COSTANTE.

APPLICANDO IL TEOREMA DI BERNULLI UNA COMPRESSIONE IN UN VASO (PER $h_1 = h_2$) COMPORTA UN AUMENTO DI VELOCITA' E UN CALO DI PRESSIONE.

- FLUIDI VISCOSI

IN UN FLUIDO REALE (VISCOSO) SI GENERANO FORZE DI ATTRITO CHE DISSIPANO ENERGIA E PER TANTO NON PUO' VALERE IL TEOREMA DI BERNULLI

IN PRESENZA DI UN TERMINE DISSIPATIVO DI ENERGIA E_A

$$\rho g h_1 + p_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = \rho g h_2 + p_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + E_A$$

IN UNA CONDUTTURA CON $h_1 = h_2$
E $S_1 = S_2$ (PER CUI, PER CONTINUITA' $v_1 = v_2$) SI HA CHE

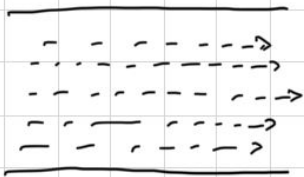
$$p_1 - p_2 = E_A$$

CIOE' PER UN FLUIDO REALE E' NECESSARIA UNA DIFFERENZA DI PRESSIONE PER PERMETTERE LO SCORRIMENTO DI UN FLUIDO,

UN FLUIDO REALE PRESENTA DUE REGIMI DI MOTO

LAMINARE → QUANDO STRATI DI FLUIDO SCORRONO STRISCIANDO UNO SOPRA L'ALTRO

TURBOLENTO → DONATO A FORMAZIONE DI VORTICI CHE RIMESCOLANO IL FLUIDO



MOTO LAMINARE



MOTO TURBOLENTO

PER UN MOTO LAMINARE SI ORIGINA UNA FORZA DI ATTRITO TRA GLI STRATI DEL FLUIDO PROPORZIONALE ALLA VISCOSITA' η CHE DIPENDE DA MATERIALE E TEMPERATURA

LA TRANSIZIONE A MOTO TURBOLENTO AVVIENE QUANDO IL FLUIDO SUPERA UNA VELOCITA' CRITICA

$$V_c = \frac{R \eta}{\rho r}$$

DOVE R E' UNA COSTANTE NOTA COME NUMERO DI REYNOLDS, ρ E' LA DENSITA' DEL FLUIDO E r IL RAGGIO DELLA CONDUTTURA.

IN PRESENZA DI OSTACOLI IN CONDUTTURE R TENDE AD ESSERE MOLTO BASSO, FACILITANDO IL MOTO TURBOLENTO. I VORTICI DISSIPANO NOTEVOLE ENERGIA CREANDO FORTE ATTRITO. SI INSTAURA QUINDI UNA DIPENDENZA

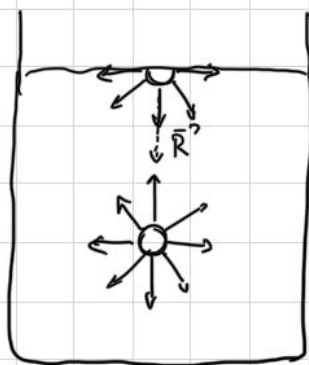
$$\Delta p \propto Q^2$$

CIOE' PER RADDOPPIARE LA PORTATA DI UN FLUIDO TURBOLENTO E' NECESSARIO AUMENTARE LA DIFFERENZA DI PRESSIONE DI UN FATTORE 4.

- TENSIONE SUPERFICIALE

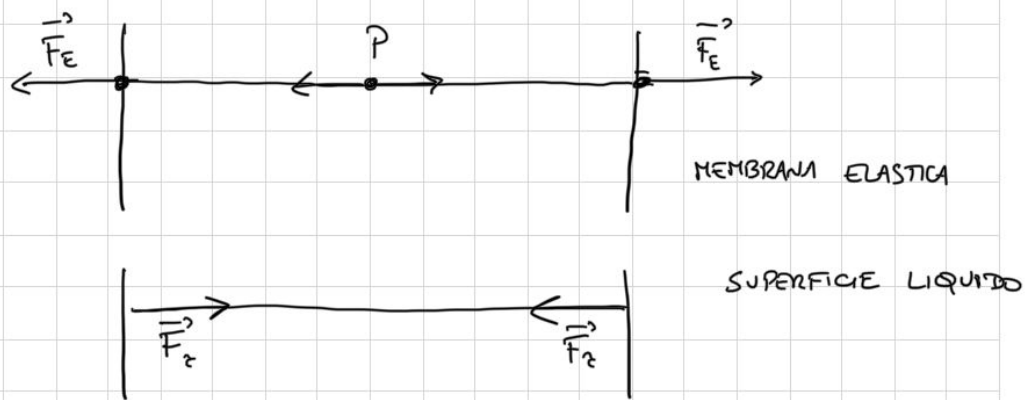
MENTRE I SOLIDI MANTENGONO UNA FORMA e VOLUME PROPRIO, I GAS PRENDONO LA FORMA e VOLUME DEL CONTENITORE. CIO' DIPENDE DALLA FORZA DI COESIONE DELLE MOLECOLE. I FLUIDI SI COLLOCANO IN UNA REGIONE INTERMEDIA: HANNO VOLUME PROPRIO MA PRENDONO LA FORMA DEL CONTENITORE IN CUI SI TROVANO.

PER SIMMETRIA E' POSSIBILE VEDERE CHE LE FORZE DI COESIONE DI UN ELEMENTO DI FLUIDO IMMERSO SONO NULLE, MENTRE HANNO UNA RISULTANTE NETTA ALLA SUPERFICIE



PER AUMENTARE LA SUPERFICIE DEL LIQUIDO E' QUINDI NECESSARIO UN LAVORO PER PORTARE LE MOLECOLE DAGLI STATI PROFONDI AGLI STATI SUPERFICIALI DI UN FLUIDO

LA SUPERFICIE DI UN FLUIDO SI COMPORTA QUINDI COME UNA MEMBRANA TESA SOGGETTA A UNA FORZA TANGENZIALE ALLA SUPERFICIE E PERPENDICOLARE AL BORDO CHE TENDE A COMPRIMERNE LA SUPERFICIE



SPERIMENTALMENTE, SI OTTIENE CHE LA FORZA DI TENSIONE SUPERFICIALE PER UNITÀ DI LUNGHEZZA DEL BORDO NON DIPENDE DALLA SUPERFICIE, PER CUI SI DEFINISCE IL COEFFICIENTE DI TENSIONE SUPERFICIALE COME

$$\gamma = \frac{|\vec{F}|}{l}$$

A CAUSA DELLA TENSIONE SUPERFICIALE I FLUIDI TENDONO A MINIMIZZARE LA SUPERFICIE LIBERA E, AD ESEMPIO, TENDONO AD ASSUMERE FORMA SFERICA IN ASSENZA DI GRAVITÀ.

LA TENSIONE SUPERFICIALE È ANCHE RESPONSABILE DELLA FLUTTAZIONE DI PICCOLI CORPI SOLIDI CHE AFFONDEREBBERO SOGGETTI A SOLA FORZA DI ARCHIMEDE E ALLA FORZA PESO

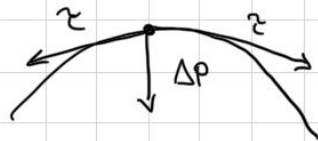
LA TENSIONE SUPERFICIALE DIPENDE ANCHE DAL MATERIALE AL DI SOPRA DEL LIQUIDO. A CAUSA DI FORZE DI COESIONE TRA LE MOLECOLE DI UN LIQUIDO E DEL MATERIALE DI CONTATTO SI POSSONO VERIFICARE FORZE DI TENSIONE NETTE MINORI.

INFINE LA TENSIONE SUPERFICIALE È RESPONSABILE DEL FENOMENO DI CAPILLARITÀ IN CUI LA SUPERFICIE DI CONTATTO DI UN FLUIDO ALL'INTERNO DI UN VASO STRETTO PUÒ INNALZARSI O ABBASSARSI RISPETTO AL LIVELLO CIRCOSTANTE A SECONDA DEL TIPO DI MATERIALE

- FORMULA DI LAPLACE

CONSIDERANDO UNA BOLLA LIQUIDA, SI PUO' ENUNCIARE LA FORMULA DI LAPLACE CHE STABILISCE UNA CONDIZIONE DI EQUILIBRIO TRA DIFFERENZA DI PRESSIONE INTERNO/ESTERNO E TENSIONE SUPERFICIALE

RICORRENDO ALL'ANALOGIA DELLA MEMBRANA ELASTICA, IN UN PALLONCINO SI HA CHE



OGNI PUNTO E' SOGGETTO A FORZE DI TENSIONE E A UNA FORZA CHE SI ORIGINA A CAUSA DI UNA DIFFERENZA DI PRESSIONE.

LA COMPONENTE RADIALE DELLA FORZA DI TENSIONE E' NON NULLA, CHE LA FORZA DOVUTA ALLA DIFFERENZA DI PRESSIONE DEVE EQUILIBRARE

$$\Delta p = \frac{2\tau}{r}$$

FORMULA DI LAPLACE
 r = RAGGIO

DA QUI SI VEDE CHE IL RAGGIO DI UNA BOLLA LIQUIDA DIPENDE DALLA DIFFERENZA DI PRESSIONE INTERNO/ESTERNO.

PER UNA BOLLA CON DUE SUPERFICI (INTERNA ed ESTERNA), IL LAVORO COMPIUTO DALLE FORZE DI PRESSIONE E' DOPIO, PER CUI

$$\Delta p = \frac{4\tau}{r}$$

IN UN CILINDRO DI RAGGIO R INVECE

$$\Delta p = \frac{\tau}{R}$$

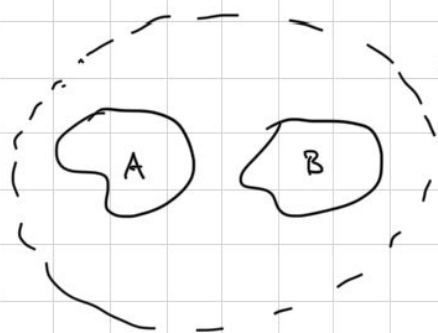
FISICA DEI GAS

- TERMODINAMICA

UN GAS È UN SISTEMA COMPOSTO DA UN NUMERO ELEVATO DI MOLECOLE / ATOMI ($\sim 10^{23}$). UNA PURA TRATTAZIONE MECCANICA È INTRATTABILE.

SI INTRODUCE QUINDI UNA FORMULAZIONE MACROSCOPICA CHE DESCRIVE LE PROPRIETÀ DI UN GAS IN MODO FENOMENOLOGICO O STATISTICO: SI TRATTA DELLA TERMODINAMICA.

UN SISTEMA TERMODINAMICO È UN INSIEME DI OGGETTI E SISTEMI (A LORO VOLTA COSTITUITI DA ATOMI E MOLECOLE) IDENTIFICABILE DA UNA SUPERFICIE CHE LO RACCHIUDE



UN SISTEMA TERMODINAMICO È:

- ISOLATO: SE NON SCAMBIA ENERGIA E MATERIA
- CHIUSO: SE NON SCAMBIA MATERIA
- APERTO: SE SCAMBIA MATERIA E ENERGIA

UN SISTEMA È IN EQUILIBRIO SE I PARAMETRI CHE LO DESCRIVONO NON VARIANO NEL TEMPO

- ENERGIA, TEMPERATURA E CALORE

IN UN SISTEMA IN EQUILIBRIO TERMODINAMICO, LE PARTICELLE SI MUOVONO CON UN VELOCITÀ CARATTERISTICA A CAUSA DELL'AGITAZIONE TERMICA. LE PARTICELLE POSSIEDONO QUINDI ENERGIA CINETICA. SONO ANCHE DOTATE DI ENERGIA POTENZIALE DOVUTA ALLE INTERAZIONI MICROSCOPICHE (E.G. FENOMENI ELETTRICI).

DAL PUNTO DI VISTA MACROSCOPICO SI PUO' DEFINIRE ENERGIA INTERNA U LA SOMMA DELLE ENERGIE POTENZIALI/CINETICHE DEI SINGOLI COSTITUENTI,

IL MOTO DI AGITAZIONE TERMICA E' LEGATO A UNA VARIABILE MACROSCOPICA: LA TEMPERATURA. FENOMENOLOGICAMENTE, SI OSSERVA CHE AL VARIARE DELLA TEMPERATURA I CORPI SI CONTRAGGONO O DILATANO CON LEGGE

$$V(T) = V_0 (1 + \alpha T)$$

QUESTA PROPRIETA' DEFINISCE UNA SCALA DI TEMPERATURA PER CUI SONO NOTI V_0, α . LA SCALA CELSIUS AD ESEMPIO SI OTTIENE FISSANDO A 0°C IL PUNTO DI CONGELAMENTO E A 100°C IL PUNTO DI EBOLLIZIONE. ESSENDO UNA SCALA CENTIGRADA, $1^\circ\text{C} = \frac{(100^\circ - 0^\circ)\text{C}}{100}$

UN' ALTRA SCALA CENTIGRADA E' LA SCALA KELVIN DOVE LO ZERO E' FISSATO IN MODO ASSOLUTO A $T = -273^\circ\text{C}$.

DUE CORPI CHE SONO PARTE DI UN SISTEMA TERMODINAMICO E CHE HANNO TEMPERATURE DIVERSE TENDONO NEL TEMPO A RAGGIUNGERE EQUILIBRIO TERMICO. VI E' QUINDI UN TRASFERIMENTO DI ENERGIA INTERNA TRA I CORPI, CHE VIENE DEFINITO CALORE Q

TRATTANDOSI DI UNA ENERGIA, ESISTE UN LEGAME FRA CALORE E LAVORO. BASTI PENSARE AD ESEMPIO CHE LE FORZE DI ATTRITO POSSONO CONVERTIRE INTEGRALMENTE LAVORO MECCANICO IN CALORE, E QUINDI

$$L = Q \quad \text{e} \quad \Delta L = \Delta Q$$

A PATTO CHE SIA L e Q SIANO MISURATI CON STESSA UNITA'.

UN CORPO DI MASSA m È DOTATO DI UNA INERZIA TERMICA DEFINITA CALORE SPECIFICO c

$$Q = cm \Delta T$$

CHE REGOLA LA QUANTITÀ DI CALORE NECESSARIA AFFINCHÉ IL CORPO CAMBI TEMPERATURA DI 1 GRADO.

SEGUE CHE $C = cm$ È LA CAPACITÀ TERMICA.

IL CALORE SPECIFICO DETERMINA COME DUE CORPI SCAMBIANO CALORE PER ARRIVARE ALL'EQUILIBRIO TERMICO.

DATI DUE CORPI 1 e 2 CON TEMPERATURA T_1 e T_2 , ALL'EQUILIBRIO AVRANNO SCAMBIATO CALORE Q PER RAGGIUNGERE TEMPERATURA T_x

$$C_1 m_1 (T_1 - T_x) = C_2 m_2 (T_x - T_2),$$

CHE PUÒ ESSERE RISOLTA PER TROVARE T_x .

- GAS IDEALI E REALI

I GAS IDEALI o PERFETTI SONO GAS RAREFATTI E A ALTE TEMPERATURE CHE OBBEDISCONO A LEGGI DI SCALA PER VARIABILI QUALI VOLUME, PRESSIONE e TEMPERATURA.

L'EQUAZIONE DI STATO DEI GAS PERFETTI STABILISCE CHE

$$pV = p_0 V_0 (1 + \alpha T)$$

DOVE p, V SONO LE VARIABILI DI STATO FINALE E p_0, V_0 SONO GLI STATI INIZIALI A $T = 0$.

DA QUESTA RELAZIONE SI EVINCE CHE:

1) A TEMPERATURA COSTANTE (ISOTERMA)

$$pV = \text{costante}$$

2) A PRESSIONE COSTANTE (ISOBARA)

$$V = V_0 (1 + \alpha T)$$

3) A VOLUME COSTANTE (ISOCORA)

$$p = p_0 (1 + \alpha T)$$

POICHÉ A PARITÀ DI p, T DUE GAS CON LO STESSO VOLUME CONTENGONO LO STESSO NUMERO DI MOLECOLE, L'EQUAZIONE DI STATO PUÒ PRENDERE LA FORMA

$$pV = nRT$$

DOVE R È LA COSTANTE DEI GAS E n È IL NUMERO DI MOLI, LEGATO AL NUMERO DI PARTICELLE N ATTRAVERSO LA COSTANTE DI BOLTZMANN k_B

$$nR = Nk_B$$

SPERIMENTALMENTE SI OSSERVA CHE GAS VICINO O AL DI SOTTO DI UNA TEMPERATURA CRITICA T_c VICINA AL PUNTO DI LIQUEFAZIONE DEVIANO DALLE LEGGI DEI GAS PERFETTI A CAUSA DEL VOLUME PROPRIO DELLE PARTICELLE E DELLE INTERAZIONI FRA MOLECOLE. IN QUESTO REGIME SI PUÒ DERIVARE UN'EQUAZIONE SPERIMENTALE (EQUAZIONE DI VAN DER WAALS)

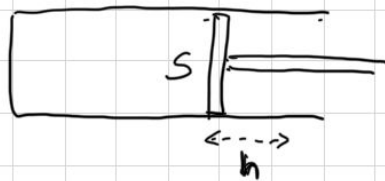
$$\left(p + \frac{a}{V^2}\right)(V - b) = RT$$

DOVE a e b SONO FATTORI CORRETTIVI CHE TENGONO CONTO DI FORZE MOLECOLARI E VOLUMI PROPRI DELLE MOLECOLE

- LAVORO E PRINCIPI TERMODINAMICI

UN SISTEMA TERMODINAMICO PUO' COMPIERE UN LAVORO MECCANICO POSITIVO (SE ESERCA FORZE MECCANICHE SULL' ESTERNO) O NEGATIVO (SE SUBISCE L'EFFETTO DELLE FORZE).

UNO DEGLI ESEMPI PIU' DIFFUSI NELLA VITA QUOTIDIANA E' IL LAVORO DI UN CILINDRO DI GAS



SE IL GAS SI ESPANDE SPINGENDO IL PISTONE, COMPIE UN LAVORO

$$L = \vec{F} \cdot \vec{s} = Fh = pSh = p\Delta V$$

VICEVERSA, SE IL PISTONE COMPRIME IL GAS IL SISTEMA SUBISCE UN LAVORO

$$L = -p\Delta V$$

DOVE IL SEGNO MENO DERIVA DALLA COMPRESSIONE E QUINDI DIMINUIZIONE DI VOLUME

IL PRIMO PRINCIPIO DELLA TERMODINAMICA ESPRIME IL PRINCIPIO FONDAMENTALE DI CONSERVAZIONE DELL' ENERGIA PER UN SISTEMA TERMODINAMICO

$$\Delta U = Q - L$$

LA VARIAZIONE DI ENERGIA INTERNA E' PARI AL CALORE E LAVORO SCAMBIATI CON L'ESTERNO. IL SEGNO OPPOSTO E' LEGATO AL FATTO CHE, PER COME E' DEFINITO IL LAVORO, U AUMENTA SE IL SISTEMA SUBISCE UN LAVORO

IN ALTRE PAROLE, MENTRE PER UN SISTEMA ISOLATO $\Delta U = 0$, UN SISTEMA CHE SUBISCE LAVORO O CHE RICEVE CALORE INCREMENTA LA PROPRIA ENERGIA INTERNA.

L'ESPERIENZA QUOTIDIANA DIMOSTRA COME ESISTA PERÒ UNA ASIMMETRIA TRA LAVORO E CALORE, OLTRE A QUANTO ENUNCIATO NEL PRIMO PRINCIPIO,

IN UN SISTEMA ISOLATO $\Delta U = 0$, MA MENTRE È SEMPRE POSSIBILE CONVERTIRE LAVORO IN CALORE, NON È POSSIBILE SEMPRE CONVERTIRE CALORE IN LAVORO. QUESTA ASIMMETRIA È ALLA BASE DEL SECONDO PRINCIPIO DELLA TERMODINAMICA.

A LATO PRATICO, SI PENSI A UN CORPO CHE STRISCI SU UN PIANO. È POSSIBILE CONVERTIRE TUTTO IL LAVORO MECCANICO DELLA FORZA DI ATTRITO IN CALORE, E IL CORPO SI FERMA. VICEVERSA, UN CILINDRO A GAS PUÒ CONVERTIRE IL CALORE IN LAVORO SOLO ESPANDENDOSI ALL'INFINITO, COSA NON REALIZZABILE.

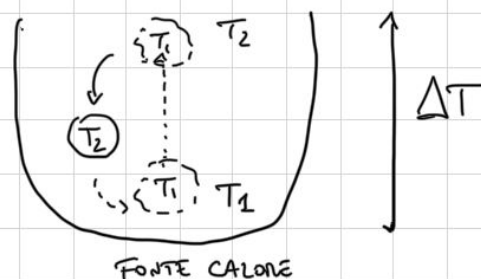
UN'ALTRA ESPRESSIONE DEL II PRINCIPIO DELLA TERMODINAMICA È NEL FATTO CHE IL CALORE PUÒ SPONTANEAMENTE FLUIRE SOLO DA CORPI CALDI A CORPI FREDDI E NON VICEVERSA.

- TRASPORTO DI CALORE

ESISTONO TRE MECCANISMI CON CUI SI PUÒ TRASMETTERE CALORE

- 1) CONVEZIONE DI CALORE SI HA CON IL TRASPORTO DI MATERIA LEGATO AL RIMESCOLAMENTO DI FLUIDI

SCALDANDO UN CILINDRO DI FLUIDO AD UNA ESTREMITA', SI INSTAURA UN GRADIENTE DI TEMPERATURA CHE RIDUCE LA DENSITA' DEL FLUIDO NELLE PARTI CALDE. SOTTO ALCUNE CONDIZIONI (LEGATE ALLA DIREZIONE CON CUI E' APPLICATO IL GRADIENTE TERMICO), SI INSTAURA UNA INSTABILITA' DEL FLUIDO CHE PORTA CELLE MENO DENSE A SPOSTARSI IN REGIONI PIU' FREDDO/DENSE. IN QUESTO MODO IL CALORE PRESENTE NELLE CELLE VIENE TRASFERITO



2) CONDUZIONE DI CALORE SI HA PER TRASFERIMENTO DI ENERGIA TERMICA DI ATOMI E MOLECOLE SENZA TRASFERIMENTO DI MASSA.

E' IL TRASPORTO TIPICO NEI SOLIDI ED E' TANTO PIU' EFFICIENTE QUANTO PIU' IL CORPO E' CONDUTTORE.

SCALDANDO L'ESTREMITA' DI UN CORPO AUMENTA L'ENERGIA TERMICA (OSCUILLAZIONE ATOMI/MOLECOLE) IN PROSSIMITA' DELLA FONTE DI CALORE. A CAUSA DELLA FORZA DI INTERAZIONE TRA ATOMI, L'ENERGIA TERMICA VIENE TRASFERITA AGLI ATOMI VICINI, PRODUCENDO UNA PROPAGAZIONE DEL CALORE.

3) IRRAGGIAMENTO SI HA QUANDO LA LUCE TRASPORTA ENERGIA E QUINDI CALORE A UN CORPO

LA LUCE È COMPOSTA DA FOTONI, CIOÈ PACCHETTI DI ENERGIA. UN FASCIO DI LUCE QUINDI TRASPORTA ENERGIA. SE SI IRRAGGIA UN CORPO, LA LUCE ASSORBITA È CONVERTITA IN CALORE (PROCESSO OVUIO QUANDO SIAMO ALLA LUCE DEL SOLE). VICEVERSA, OGNI CORPO DOTATO DI TEMPERATURA EMETTE LUCE (RADIAZIONE DI CORPO NERO). L'EMISSIONE DI QUESTA RADIAZIONE PROVOCA UNA PERDITA DI ENERGIA (E QUINDI UN RAFFREDDAMENTO) DEL CORPO (AVVOLGERE UN CIBO TOLTO DAL FORNO IN CARTA DI ALLUMINIO AIUTA A RIDURRE IL RAFFREDDAMENTO).

DIFFUSIONE E OSMOSI

LE MEMBRANE RISPONDONO UN RUOLO FONDAMENTALE IN BIOLOGIA REGOLANDO IL TRASPORTO PASSIVO DI GAS E SOLUZIONI

DATA UNA MASSA m DI SOLUTO IN UN VOLUME V DI SOLVENTE, SI HA UNA SOLUZIONE CON CONCENTRAZIONE

$$C = \frac{m}{V}$$

- DIFFUSIONE

LE PARTICELLE DI UN GAS E UN LIQUIDO SONO SOGGETTE A UN MOTO DI AGITAZIONE TERMICO CON UNA VELOCITA' TIPICA PARI A

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{3k_B T}{m}}$$

DOVE T E' LA TEMPERATURA, m LA MASSA DELLE PARTICELLE DI GAS E k_B LA COSTANTE DI BOLZMANN.

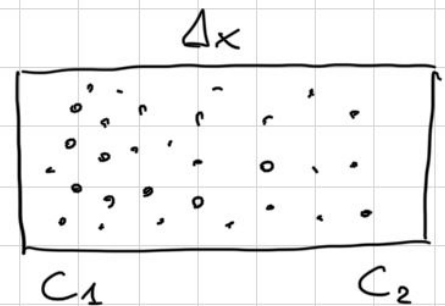
MENTRE LO SPOSTAMENTO DELLE PARTICELLE AVVIENE CON VELOCITA' V_{rms} , LA VELOCITA' MEDIA CON CUI UNA PARTICELLA SI SPOSTA LUNGO UNA DIREZIONE E' DI GRAN LUNGA MINORE DI V_{rms} A CAUSA DELLE COLLISIONI TRA MOLECOLE

LO SPOSTAMENTO DI MOLECOLE IN SEGUITO AI MOTI DI AGITAZIONE TERMICA NEL TEMPO E' IL PROCESSO DI DIFFUSIONE.

A LIVELLO MACROSCOPICO, IL FLUSSO DI PARTICELLE IN SEGUITO A DIFFUSIONE CREA VARIAZIONI NEL GRADIENTE DELLA CONCENTRAZIONE.

CONSIDERATO UN RECIPIENTE DI SOLVENTE IN CUI SI INSERISCE UN SOLUTO DA UN LATO, LA DIFFUSIONE DETERMINA LO SPOSTAMENTO DEL SOLUTO CON FLUSSO PARI A

$$J_s = -D \frac{\Delta C}{\Delta x}$$



DOVE J_s E' IL FLUSSO DI SOLUTO (NUMERO DI PARTICELLE PER UNITA' DI TEMPO E SUPERFICIE), D E' IL COEFFICIENTE DI DIFFUSIONE E ΔC E' LA DIFFERENZA DI CONCENTRAZIONE SU DISTANZA Δx

IL FLUSSO AVVIENE SEMPRE NELLA DIREZIONE CHE RIDUCE IL GRADIENTE, E SE IL GRADIENTE NON E' MANTENUTO TENDE AD ANNULLARSI NEL TEMPO

IL COEFFICIENTE DI DIFFUSIONE INDICA LA VELOCITA' DEL FLUSSO E DIPENDE DALLA TEMPERATURA E DALLA VISCOSITA' DEL SOLVENTE

IN PRESENZA DI UNA MEMBRANA, LA DIFFUSIONE DI SOLUTO PRENDE LA FORMA

$$J_s = -D_M \alpha \frac{\Delta C}{\Delta x}$$

DOVE Δx È LO SPESSORE DELLA MEMBRANA
 D_M È IL COEFFICIENTE DI DIFFUSIONE ATTRAVERSO LA MEMBRANA E

$$\alpha = \frac{N_A \pi R^2}{A}$$

IL COEFFICIENTE DI PARTIZIONE CON

$N_A \rightarrow$ NUMERO DEI PORI

$A \rightarrow$ SUPERFICIE DELLA MEMBRANA

$\pi R^2 \rightarrow$ AREA DI UN FORO

INDICA LA FRAZIONE DI SUPERFICIE "APERTA" AL PASSAGGIO DEL SOLUTO

- OSMOSI

IN PRESENZA DI UNA MEMBRANA SEMIPERMEABILE CHE SEPARA UNA SOLUZIONE DI CONCENTRAZIONE C_2 DA UN SOLVENTE ($C_1 = 0$), SI OSSERVA IL FENOMENO DELL'OSMOSI: IL PROCESSO DI RICHIAMO DI SOLVENTE DALLA REGIONE DI MINOR CONCENTRAZIONE ALLA REGIONE DI MAGGIOR CONCENTRAZIONE



IL RICHIAMO DI SOLVENTE SI GENERA IN SEGUITO ALL'INSTAURARSI DI UNA PRESSIONE OSMOTICA π . QUESTA PRESSIONE È DOVUTA AL MOTO DI MOLECOLE CHE VENGONO RESPINTE DALLA MEMBRANA, CREANDO UNA FORZA O PRESSIONE IN DIREZIONE OPPOSTA AL GRADIENTE

APPLICANDO L'EQUILIBRIO IDROSTATICO, SI LEGA LA PRESSIONE OSMOTICA ALLA DIFFERENZA DI LIVELLO

$$\pi = \rho g \Delta h$$

LA PRESSIONE OSMOTICA È LEGATA ALLA CONCENTRAZIONE, CON IL FLUSSO DI SOLVENTE CHE CRESCE AL CRESCERE DELLA CONCENTRAZIONE C DELLA SOLUZIONE

$$\pi = k C$$

A CONCENTRAZIONE COSTANTE LA PRESSIONE OSMOTICA CRESCE COME

$$\pi(T) = \pi_0 (1 + \alpha T)$$

DOVE α È UNA COSTANTE E π_0 È LA PRESSIONE A $T = 0^\circ\text{C}$

SI OSSERVA LA SOMIGLIANZA CON LA PROPRIETÀ DI UN GAS. INFATTI UNA SOLUZIONE DILUITA SI COMPORTA COME UN GAS IDEALE E OBBEDISCE ALL'EQUAZIONE DI STATO

$$\pi V = n R T$$

DOVE σ È UN COEFFICIENTE LEGATO ALLA
CONCENTRAZIONE DI IONI,

PER OSMOSI, IN PRESENZA DI DUE
SOLUZIONI CON CONCENTRAZIONI DIVERSE
IL SOLVENTE TENDE A FLUIRE NELLA
DIREZIONE DI MAGGIOR CONCENTRAZIONE
FINO A LIVELLARE LA DIFFERENZA.

IN QUESTO CASO, IL FLUSSO DI SOLUTO
È NULLO, MA IL FLUSSO DI VOLUME
COSTITUITO DAL SOLVENTE È NON
NULLO E DIPENDE DALLA DIFFERENZA DI
PRESSIONI OSMOTICHE TRA LE DUE SOLUZIONI.

