

## Parte I

### 1 Cap 3.1- Prima legge della DINAMICA o di Newton

#### 3.1-3.2-3.3 forze e principio d'inerzia

Abbiamo finora studiato **come** un corpo cambia traiettoria in questo capitolo si cominciano a studiare **le cause** dei cambiamenti di moto dei corpi. Definiamo **FORZA** quella **interazione** che imprime una **accelerazione** ad un corpo.

Il concetto intuitivo della forza evidenzia (pensando ad esempio allo sforzo per muovere un oggetto) il carattere **vettoriale** delle forze. La **FORZA** è quindi un **VETTORE** e la somma di più forze agenti va trattata vettorialmente. Le forze possono agire sia per contatto che a distanza

**I Legge della dinamica o principio d'inerzia (prima Legge di Newton)**

**Se su un oggetto non agiscono forze (o la risultante è nulla) esso permarrà in quiete se era in quiete, oppure in moto rettilineo uniforme se era in movimento**

Al contrario quindi la variazione di velocità osservata su un corpo in movimento è da imputarsi alla azione di una o più forze. Per cui possiamo dire: **la forza è la grandezza che esprime e misura l'interazione tra sistemi fisici**

#### Sistemi inerziali

Enunciata in questo modo la 1<sup>a</sup> Legge della Dinamica implica una particolare scelta di sistemi di riferimento (vedete il paragrafo sui moti relativi) ne consegue che in alcuni sistemi di riferimento la legge potrebbe non essere valida. Definiamo **SISTEMI INERZIALI** quelli per i quali è strettamente valida la **1<sup>a</sup> Legge della Dinamica**

Conseguenza dal paragrafo sui moti relativi: **OGNI SISTEMA IN MOTO RETTILINEO ED UNIFORME RISPETTO AD UN SISTEMA INERZIALE È ANCH' ESSO INERZIALE e quindi UN SISTEMA IN MOTO ACCELERATO NON PUÒ ESSERE INERZIALE**

## 2 Massa Inerziale

Se tentiamo di modificare lo stato di moto di un corpo questo si oppone a tale cambiamento. Tale opposizione è una misura della risposta di un corpo a forze esterne. DIREMO pertanto che un corpo manifesta una **INERZIA** al cambiamento dello stato di moto. Tale INERZIA è collegata alla MASSA del corpo che nel S.I. è misurata in Kg. Si osserva anche che **MAGGIORE** è la MASSA **MINORE** sarà la accelerazione risultante sul corpo a parità di forza agente ( $a \propto \frac{1}{M}$ ) Troveremo pertanto una relazione sperimentale tra le masse e le accelerazioni risultanti a parità di F del tipo

$$\frac{M_1}{M_2} = \frac{a_2}{a_1}$$

Dal momento che questo rapporto non dipende dalle unità di misura di a siamo portati a dire che la MASSA è una proprietà intrinseca del corpo indipendente da come viene misurato o da ciò che lo circonda. È facile capire che la **massa è scalare ed è additiva**. ATTENZIONE A NON CONFONDERE I CONCETTI DI **MASSA E PESO** anche se sono tra loro collegati: il **PESO** è il **modulo della forza peso** esercitata dalla Terra su un oggetto di massa M. Noi misuriamo di fatto il modulo di tale forza chiamandolo **peso**. Tuttavia lo stesso oggetto di massa M ad esempio posto sulla Luna risulterebbe avere un peso pari a 1/6 di quello sulla Terra!

## Parte II

### 3 3.2 - 2<sup>a</sup> Legge della Dinamica (II Legge di Newton)

La seconda legge della dinamica, cui si può arrivare con una serie di misure relative alle relazioni tra forza  $\vec{F}$ , massa M ed accelerazione  $\vec{a}$  dice che: La forza netta (ovvero risultante) agente su un corpo è pari al prodotto della massa del corpo per la sua accelerazione:  $\vec{F} = M\vec{a} = m \frac{d\vec{v}}{dt} = m \frac{d^2\vec{r}}{dt^2}$  È una equazione vettoriale corrispondente alle 3 scalari:

$$\begin{cases} F_x = Ma_x \\ F_y = Ma_y \\ F_z = Ma_z \end{cases}$$

Conseguenza della 2<sup>a</sup> Legge della dinamica è che se la somma delle forze è nulla allora anche l'accelerazione  $a=0$  per cui **se un corpo è in quiete o in moto rettilineo uniforme permane nel suo stato di moto**. In questo caso si dice che le forze si ELIDONO ed il corpo si dice in EQUILIBRIO.

## Parte III

### 4 3.3 Quantità di moto

Analizziamo le unità di misura:  $[F] = [M][a] = \text{Kg} \cdot \text{m/s}^2$  L'unità di misura della forza viene detta NEWTON per cui si ha  $1 \text{ N} = 1 \text{ Kg} \cdot \text{m/s}^2$  che tradotta in parole significa che 1 N è la forza necessaria a produrre una accelerazione  $a=1 \text{ m/s}^2$  quando la massa dell'oggetto è pari ad 1 Kg. Altro modo di scrivere la II Legge della dinamica è il seguente:

$$\begin{aligned} \vec{a} &= \frac{d\vec{v}}{dt} \Rightarrow \vec{F} = M\vec{a} = M \frac{d\vec{v}}{dt} = (M \text{ costante}) \\ &= \frac{d(M\vec{v})}{dt} = \frac{d\vec{p}}{dt} \end{aligned}$$

La quantità  $\vec{p} = M\vec{v}$  è detta **QUANTITÀ DI MOTO** Pertanto il II principio si può anche esprimere dicendo che una forza produce una variazione di quantità di moto secondo l'equazione

$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt} \quad (1)$$

Nel caso particolare in cui  $\vec{F} = 0$  si ha una legge di conservazione: **La quantità di moto si conserva se la risultante delle forze è nulla** Integrando la (1) si ottiene una quantità  $\vec{J} = \int_0^t (\vec{F} dt) = \int_0^t d\vec{p} = \vec{p} - \vec{p}_0 = \Delta\vec{p}$  e questa espressione viene detta **Teorema dell'impulso** e J è l'**impulso della forza**

### 5 3.7 -Forza Peso

È una forza gravitazionale per la quale tutti i corpi sulla Terra sono da questa attratti verso il centro della Terra. Il modulo di questa forza è il peso P di un corpo. Usando la 2<sup>a</sup> Legge si ha che  $\vec{P} = M\vec{g}$  e rappresenta la forza peso che ha direzione normale alla superficie terrestre e verso il centro della Terra ovvero verso il basso, g è l'accelerazione di gravità sulla superficie della Terra ed è pari a  $g=9.8 \text{ m/s}^2$

## 6 Terza Legge della Dinamica

Quando due corpi interagiscono, le forze esercitate da un corpo sull'altro sono uguali in modulo e direzione ma opposte come verso (**PRINCIPIO DI AZIONE E REAZIONE**)

### Esempio/Esercizio

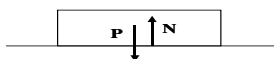
In base al 3° principio della dinamica la stessa forza che la Terra esercita su di noi viene da noi esercitata sulla Terra. Assunto che la nostra massa è  $M=60$  Kg,  $M_T = 6 \cdot 10^{24}$  Kg qual'è la accelerazione da noi prodotta alla Terra?

Soluzione:  $\vec{P} = M\vec{g}$  è il modulo della forza che la Terra esercita su di noi. Per il terzo principio la stessa forza (ma verso opposto) è da noi esercitata sulla Terra e si deve avere:  $\vec{F} = M_T\vec{a} = -\vec{P} = -M\vec{g}$  dal confronto abbiamo che  $M\vec{g} = -M_T\vec{a}$  per cui  $\vec{a} = -\frac{M}{M_T}\vec{g}$  da cui  $a = 9.8 \cdot 10^{-23} \text{ms}^{-2}$

## 7 3.4-Reazioni Vincolari

### FORZA NORMALE (REAZIONE NORMALE)

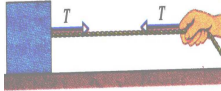
In genere se nonostante l'applicazione di forze un corpo rimane fermo, ne deduciamo che l'azione della forza comporta una risposta dell'ambiente in cui si trova il corpo detta **reazione vincolare**. Ad es. se un oggetto è poggiato su un supporto rigido, questo si deforma e reagisce esercitando una forza normale  $N$  perpendicolare alla superficie stessa



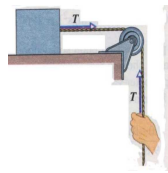
La reazione **normale** è una forza diretta perpendicolarmente alla superficie di contatto e diretta verso l'esterno della superficie. **Le reazioni vincolari non sono note a priori ma si ricavano caso per caso analizzando le altre forze agenti.**

## 8 3.14 La Tensione della fune

### TENSIONE DELLA FUNE



Quando un filo è fissato ad un corpo e tirato si dice che esso è sotto tensione. Il filo esercita sul corpo una forza (TENSIONE) nel verso di trascinamento del corpo e diretto come la fune.

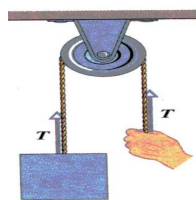


Il filo si considera inestensibile ed esercita la sua funzione nel medesimo modo su ciascuno dei suoi estremi. Ad esempio si utilizza il cavo con le puleggie. **N.B. Un filo è allentato quando  $T=0$**

## 9 3.8 attrito

### 3.8 ATTRITO

(altri dettagli più avanti) se tentiamo di muovere un corpo da fermo, esso oppone una resistenza ulteriore al movimento dovuto ai legami tra la superficie ed il corpo. Tale forza di attrito è parallela alla superficie



## 10 Condizioni per l'equilibrio

### Condizioni di equilibrio

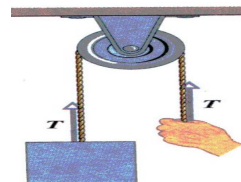
$\sum \vec{F}_i = 0$  è la (prima) condizione di equilibrio per i punti materiali

## 11 Carrucole

### Carrucole

Le carrucole fanno parte delle macchine semplici (leve e piano inclinato sono altri esempi).

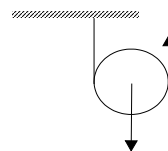
Nella figura è mostrata una carrucola fissa. Usando una carrucola in condizioni di equilibrio si ha (richiedendo l'equilibrio della massa  $m$  appesa)  $T - mg = 0 \Rightarrow \mathbf{T} = m\mathbf{g}$ . Quindi la carrucola **fissa** permette di equilibrare una forza ( $m\vec{g}$  in questo caso) con un'altra dello stesso modulo ( $\vec{T}$  in questo caso) ma che può avere direzione diversa.



### Carrucole doppie e multiple

La carrucola doppia è costituita da una carrucola fissa ed un'altra mobile (ovvero il cui centro non è fissato).

Studieremo meglio negli esempi degli esercizi queste situazioni, in ogni caso se verificiamo l'equilibrio in questo esempio e richiediamo che la carrucola mobile sia in equilibrio, si ottiene  $2T - mg = 0 \Rightarrow \mathbf{T} = \frac{m\mathbf{g}}{2}$ . Per cui usando una serie di carrucole si può equilibrare una forza



( $m\vec{g}$  in questo caso) con un'altra di modulo inferiore (metà nell'esempio) e che può avere direzione diversa. Usando una serie di  $n$  carrucole si può ulteriormente ridurre la tensione  $T$  per ottenere l'equilibrio.

## 12 3.7 La bilancia e l'ascensore

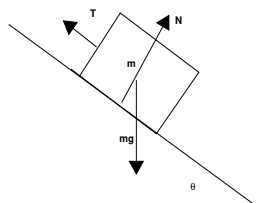
### Esempio 4.10-Tipler e 3.7 Mazzoldi : La bilancia e l'ascensore

Quando siamo su una bilancia, si ha che **la bilancia misura la reazione normale**  $\mathbf{N}$  ed essendoci un equilibrio,  $\mathbf{N} - \mathbf{P} = \mathbf{0} \Rightarrow \mathbf{N} = \mathbf{P}$ . Se abbiamo una persona di 80kg, su una bilancia in un ascensore, cosa misurerà l'ascensore nei seguenti casi:

1. l'ascensore sale con acc. costante verso l'alto di  $1m/s^2$ ;
2. l'ascensore scende con acc. costante verso il basso di  $1m/s^2$ ;
3. l'ascensore sale con velocità costante di  $3m/s$ ;

Adesso non c'è equilibrio delle forze ma potremo dire che  $\mathbf{N} - \mathbf{P} = \mathbf{M}\mathbf{a} \Rightarrow \mathbf{N} - \mathbf{M}\mathbf{g} = \mathbf{M}\mathbf{a} \Rightarrow \mathbf{N} = \mathbf{M}\mathbf{g} + \mathbf{M}\mathbf{a}$  con il segno di  $a$  indicato dalla domanda per cui 1)  $N = 80 \cdot (9.8 + 1) = 864N$   
 2)  $N = 80 \cdot (9.8 - 1) = 704N$  3)  $a = 0 \Rightarrow N = 80 \cdot (9.8) = 784N$

## 13 3.9 Piani inclinati



Se un corpo è poggiato su un piano inclinato, nel caso agisca solo la forza peso, allora si ha che  $\vec{P} + \vec{N} = m\vec{a}$ . Dove  $\vec{N}$  è la reazione vincolare del piano di appoggio ed è **normale al piano in caso di vincolo liscio**. Scegliamo per comodità un sistema di riferimento con la  $x$  parallela al piano e la  $y$  normale, per cui la proiezione dell'equazione della dinamica sugli assi diventa:

$$\begin{aligned} x : \quad mg \sin \theta &= ma \\ y : \quad N - mg \cos \theta &= 0 \end{aligned}$$

Questo perchè sappiamo che il corpo non può che muoversi sul piano inclinato (per cui non vi può essere accelerazione sull'asse  $y$ ). Ne consegue che  $a = g \sin \theta < g$  il moto è uniformemente accelerato sull'asse  $x$ .

## 14 Verifiche

### Verifiche

Se su un corpo non agiscono forze allora:

1. Rimarrà fermo
2. Continua con moto rettilineo uniforme se era in moto o in quiete se era fermo
3. Rimane con moto rettilineo uniformemente accelerato (La 2) è quella giusta

### Verifiche-2

Quale affermazione delle seguenti è l'unica corretta per la massa?

1. La massa è il peso in assenza di gravità
2. la massa è proporzionale all'accelerazione del corpo quando soggetto ad una forza
3. la massa è l'inerzia che presenta un corpo alla variazione del suo stato di moto
4. la massa è la capacità di un corpo a variare il suo stato quando è in quiete (La 3) è quella giusta

## 15 Reazioni vincolari

Un punto materiale non trattenuto, cadrebbe sotto l'azione della forza peso. Se viene invece poggiato contro una superficie, risente di quella che abbiamo definito **Reazione** della superficie. Se ad esempio il punto materiale è poggiato su un piano orizzontale la reazione del piano è tale da tenerlo fermo. Il piano viene quindi considerato un **vincolo** al libero moto del punto materiale. La forza dovuta al piano è quindi detta **Reazione vincolare**. In generale le reazioni vincolari sono sempre tali da "respingere" in corpo e sono



dovute alle deformazioni che la superficie subisce per effetto del contatto con il punto materiale. In via del tutto generale **le reazioni vincolari hanno sia componenti perpendicolari al piano che tangenziali alla superficie stessa di contatto** Quando si ha solo la componente normale il vincolo viene detto **liscio** e si parla di reazione **normale** negli altri casi si parla di **vincolo scabro**.