MECCANICA

1. GENERALITÀ

La meccanica è il ramo della fisica che studia il comportamento di sistemi sottoposti all'azione di ***forze***. Più precisamente *è quella parte della fisica che studia i **movimenti dei corpi***.
L'impostazione moderna di questa disciplina prevede che la descrizione del moto dei corpi si basi su grandezze fondamentali rigorosamente definite, quali lo ***spostamento***, il ***tempo***, la ***velocità***, ***l'accelerazione***, la ***massa*** e la ***forza***.
Tradizionalmente lo studio della meccanica è diviso in tre parti aventi il nome di ***Cinematica***, ***Dinamica*** e ***Statica***.

Cinematica. *La **cinematica** è quel ramo della meccanica che si occupa di descrivere il moto dei corpi a prescindere dalle cause che lo producono*. In essa, dunque, si fornisce solamente una descrizione del fenomeno del moto, distinguendo quali sono i vari tipi di movimento possibili e quali sono le loro caratteristiche. La descrizione cinematica del moto si basa sui concetti fisici di velocità e accelerazione. La velocità è una grandezza vettoriale (quindi ha intensità, direzione e verso), definita come il rapporto tra la distanza percorsa in una certa direzione e l'intervallo di tempo impiegato. L'accelerazione rappresenta invece il ritmo con cui varia la velocità, ed è definita come il rapporto tra la variazione di velocità e l'intervallo di tempo in cui si verifica tale variazione.

Statica. *La **statica** studia le condizioni di equilibrio dei corpi*. Questa può essere considerata come un caso particolare della dinamica in quanto studia il caso in cui un corpo, pur essendo assoggettato a più forze, non si muove perché gli effetti prodotti da queste forze si elidono.

Dinamica. *La **dinamica** cerca di determinare come avviene il fenomeno del moto*; si cerca quindi di dedurre, sulla base dell'esperienza, *quali siano le cause del movimento* (che generalmente si identificano con il concetto di forza) e di prevedere a quali movimenti daranno luogo ben determinate cause.
Lo scopo della dinamica è pertanto quello di determinare il moto di un corpo quando siano note le forze che su di esso agiscono. Nelle pagine che seguono, saranno enunciati i principi che regolano la dinamica e precisamente:
(1) I principio o principio di inerzia;
(2) II principio o legge fondamentale della dinamica;
(3) III principio o principio di azione e reazione.
Di seguito sono fornite delle definizioni base utilizzate nello studio della meccanica:
— Si definisce **traiettoria** di un corpo in movimento *la linea che unisce tutte le posizioni da esso occupate in tempi successivi*.
— Il **punto materiale** è *un corpo le cui dimensioni sono così piccole rispetto alle altre dimensioni che intervengono nel problema, da potere essere considerato puntiforme*.
— Il **sistema di riferimento** è *l'insieme di tutti i corpi rispetto ai quali il moto avviene con le stesse caratteristiche.*

In generale, se un punto P di cui si vuole dare la posizione si muove sempre su uno stesso piano, si può dividere il piano con due rette perpendicolari, chiamate *asse X* e *asse Y*. Il punto di incontro degli assi è detto *origine*. Abbiamo così definito un *sistema di riferimento*. Se da P tracciamo le perpendicolari ai due assi, ricaveremo le due coordinate.
Cambiamento di riferimento: se si vuole passare da un sistema di riferimento ***Oxy*** ad un altro ***O'x'y'***, si possono scrivere equazioni che permettono il passaggio delle coordinate da un sistema all'altro. Tali equazioni sono di due tipi a seconda che il cambiamento di riferimento avvenga per *traslazione* oppure per *rotazione* degli assi. In caso di traslazione cambia anche l'origine, mentre nel caso di rotazione l'origine degli assi è in comune; l'asse ***x'*** forma un angolo $\boldsymbol{\alpha}$ con l'asse ***x***, e così pure l'asse ***y'*** con l'asse ***y***.
Combinando una traslazione ed una rotazione si può ottenere qualsiasi passaggio da un sistema di coordinate ad un altro.
I sistemi di riferimento in tre dimensioni hanno invece bisogno di tre assi, generalmente chiamati ***x***, ***y*** e ***z*** (ascissa, ordinata e quota); l'asse ***z*** di solito è verticale e, come sempre, gli assi sono perpendicolari uno all'altro.

2. CINEMATICA

2.1 Il moto uniforme, vario e la velocità.

Iniziamo col fissare l'attenzione sul movimento di un punto materiale che si sposti lungo una traiettoria prefissata.
La determinazione del moto di un punto richiede che si conoscano:
(a) ***la traiettoria***, cioè la linea descritta dal punto in movimento,
(b) ***il verso***, cioè uno dei due sensi secondo cui possiamo percorrere la traiettoria,
(c) ***la legge del moto***, o equazione oraria, che esprime la dipendenza tra lo spazio percorso dal punto ed il tempo impiegato; tale legge si indica con una funzione del tipo $s=s(t)$ e questa equazione assume un'espressione caratteristica per ogni tipo di moto. La rappresentazione grafica della legge del moto è chiamata *diagramma orario del moto*.

Tutte le volte che la distanza s percorsa è proporzionale al tempo impiegato a percorrerla, ossia, tutte le volte che la legge del moto è data da una relazione del tipo

$$s = v \cdot t$$

dove v è una costante, si dice che **il moto è uniforme**.
È dunque ***uniforme*** *il moto di un corpo che, in tempi eguali, percorre distanze eguali*. La quantità v, costante per ogni moto uniforme, è dunque pari a:

$$v = \frac{s}{t}.$$

Nel moto uniforme, dunque, il valore della **velocità** è dato dal rapporto tra la distanza percorsa ed il tempo impiegato a percorrerla.
La legge appena descritta vale solamente quando all'istante iniziale $t_0=0$ il punto di partenza coincide con l'origine del riferimento, vale a dire si ha $s_0=0$.
Se invece il punto materiale, nell'istante $t_0=0$ si trova ad una distanza s_0 dall'origine O, la distanza s è data dalla somma della distanza a cui si trovava all'istante $t_0=0$, ossia s_0, e della distanza che ha percorso nel tempo t.
Pertanto, al tempo t, la distanza s del punto dall'origine O è data dalla seguente relazione:

$$s = s_0 + v \cdot t$$

la quale si riduce alla precedente nel caso in cui $s_0=0$.
Da quest'ultima formula si ricava poi il valore della velocità v:

$$v = \frac{s - s_0}{t}$$

Per potere indicare, con un numero, il valore di una velocità, è necessario definire le unità di lunghezza e di durata; queste ultime sono unità fondamentali mentre l'unità di velocità è una grandezza derivata. Poiché nel sistema internazionale le lunghezze si esprimono in metri e le durate in secondi, diremo dunque che:
Nel sistema internazionale, la velocità unitaria è la velocità di un punto materiale che percorre un metro in un secondo.
Questa unità si indica semplicemente con il simbolo ***m/s*** (si legga "metro al secondo").
Nel sistema ***C.G.S.***, invece, l'unità di misura della velocità è il centimetro al secondo (***cm/s***).
Si definisce poi, **moto vario**, un moto nel quale *un punto materiale percorra distanze diverse in intervalli di tempo eguali*. Quando un punto materiale, che si muove di moto vario, percorre — nei successivi intervalli di tempo — distanze che diventano sempre maggiori, il moto vario spesso viene chiamato anche **moto accelerato**; di contro, quando un punto materiale, che si muove di moto vario, percorre — nei successivi intervalli di tempo — distanze sempre più piccole, il moto vario viene chiamato **moto ritardato**.

2.2 La velocità media e la velocità istantanea

Nel moto uniforme la velocità ha un valore costante per tutta la durata del moto, nel moto vario — invece — il valore della velocità varia istante per istante.
Se consideriamo un punto materiale che, muovendosi con moto vario, passi per le posizioni A, B, C, D negli istanti t_A, t_B, t_C, t_D ed indicate con s_A, s_B, s_C, s_D, le distanze di A, B, C, D dall'origine O, definiremo ***velocità media*** del punto materiale nell'intervallo percorso s_D-s_A, il rapporto tra questo intervallo e l'intervallo di tempo t_D-t_A che il punto materiale impiega a percorrerlo, ossia

$$v_m = \frac{s_D - s_A}{t_D - t_A}$$

Volendo effettuare poi una descrizione ancora più dettagliata del moto vario che si va a considerare, si può dividere l'intervallo s_D-s_A in intervalli sempre più piccoli calcolando, per ciascuno di essi, la velocità media come rapporto tra l'intervallino di percorso e l'intervallino di tempo impiegato a percorrerlo. In questo modo si giungerà a calcolare la velocità dell'automobile in ogni istante del suo moto: questa velocità prende il nome di ***velocità istantanea***.
L'intervallo di variazione di una grandezza fisica è indicato con un simbolo matematico particolare, ossia un *delta* maiuscolo, *D,* scritto davanti al simbolo della grandezza considerata; ad esempio, per l'intervallo di tempo che va da un istante t_A ad un istante successivo t_D si scrive:

$$\Delta t = t_D - t_A.$$

Utilizzando questa simbologia possiamo così definire nel moto vario:

- la ***velocità media*** $\boldsymbol{v_m}$ del punto materiale in un certo intervallo di tempo Δt , il rapporto

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

tra l'intervallo Δs della distanza percorsa e l'intervallo di tempo Δt impiegato a percorrerla.

- la ***velocità istantanea*** $\boldsymbol{v_m}$ del punto materiale, in un dato istante $t_{A,}$ è data dal valore del rapporto $\Delta s \backslash \Delta t$ che si ottiene quando, tenendo fisso $t_{A,}$ si fa diventare piccolissimo l'intervallo di tempo $\Delta t = t_D - t_A$ o, facendo uso di un opportuno linguaggio matematico, *al limite per un valore dell'intervallo Δt così piccolo da potere essere considerato infinitesimo*.

Ancora, facendo uso del concetto di derivata, possiamo dire che *la velocità istantanea al tempo t è la derivata della legge oraria s = s(t) rispetto al tempo, calcolata all'istante t considerato:*

$$v_{ist} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{ds}{dt}.$$

2.3 L'accelerazione

Si è osservato che, nel moto vario, il valore della velocità varia istante per istante. Questa variazione della velocità al trascorrere del tempo viene espressa con il concetto di ***accelerazione***.
Diremo dunque che, tutte le volte che *il valore della velocità di un punto materiale in movimento è proporzionale al tempo*, il moto si chiamerà ***moto uniformemente vario*** e la legge che esprime questa proporzionalità sarà data da:

$$v = a \cdot t$$

dove, la costante di proporzionalità *a* prende il nome di ***accelerazione***.
L'accelerazione, dunque, rappresenta *la variazione Δv della velocità nell'intervallo di tempo considerato Δt, divisa per questo stesso intervallo di tempo.*
Si consideri poi il caso più generale nel quale il punto materiale, all'istante iniziale t_0, ha già una certa velocità iniziale v_0 e che, da quell'istante in poi, la sua velocità vada variando uniformemente. Diremo allora che *la velocità di un punto che si muove di moto uniformemente vario con accelerazione data a e che ha una velocità iniziale* v_0 *sarà, dopo t secondi, pari a:*

$$v = v_0 + a \cdot t$$

Se la velocità, anziché aumentare uniformemente, va uniformemente diminuendo, si parla ancora di accelerazione, sebbene negativa, detta, talvolta, *decelerazione*.
Si chiama

- ***moto uniformemente accelerato*** un moto in *cui l'accelerazione ha un valore costante positivo;*
- ***moto uniformemente ritardato*** un moto in cui *l'accelerazione ha un valore costante negativo*.

Per quel che riguarda l'unità di misura, si è visto che, nel sistema internazionale, l'unità di misura della velocità è il *metro al secondo* (m/s) mentre l'unità di misura del tempo è il *secondo*. Essendo la formula che definisce l'accelerazione:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

ne consegue che, nel sistema internazionale, ***l'accelerazione unitaria, è l'accelerazione di un punto materiale la cui velocità subisce, in ogni secondo, la variazione di un metro al secondo***.
Questa unità si indica con il simbolo $\boldsymbol{m/s^2}$ (si legga "metro al secondo al quadrato").
Nel sistema ***C.G.S.***, invece, l'unità di misura dell'accelerazione è il centimetro al secondo al quadrato ($\boldsymbol{cm/s^2}$).

2.4 Formule fondamentali nel moto uniformemente vario

Si esamini, adesso, la formula che permette di ricavare la distanza che ha percorso, dopo un intervallo di tempo t, un punto che si muove, su una traiettoria prestabilita, di moto uniformemente vario e che ha velocità iniziale v_0 e accelerazione a. Questa formula è data da:

$$s = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$$

Nel caso in cui il moto sia uniformemente ritardato sarà necessario ricordarsi che il valore dell'accelerazione è negativo.

Riassumendo si può dire che *le due formule fondamentali del moto uniformemente vario su una traiettoria prestabilita, sono*:

$$\begin{cases} v = v_0 + a \cdot t \\ s = s_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 \end{cases}$$

essendo $s - s_0$ la distanza percorsa nell'intervallo di tempo t a partire dalla posizione s_0 occupata al tempo $t_0 = 0$.

2.5 L'accelerazione istantanea

Nel moto uniformemente vario si è definita l'accelerazione come il rapporto costante fra la variazione che la velocità subisce in ogni intervallo di tempo Δt e l'intervallo Δt stesso; se si considera, adesso, il caso più generale di un ***moto vario qualsiasi***, ossia del moto di un punto la cui velocità varia al passare del tempo, ma in modo non uniforme, ossia non secondo la legge $v = v_0 + a \cdot t$, come avviene nel caso di moto uniformemente vario.

Anche in questo caso vi sarà una variazione della velocità e quindi un'accelerazione. Analogamente a quanto fatto nel caso della velocità, si può così definire

- un'***accelerazione media*** del moto vario nell'intervallo di tempo $\Delta t = t_D - t_A$, ossia

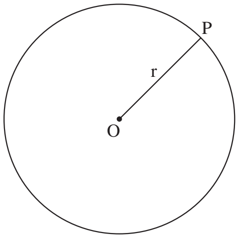
  $$a_m = \frac{v_D - v_A}{t_D - t_A} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

  (con v_A e v_D, rispettivamente, i valori della velocità del punto materiale negli istanti t_A e t_B);
- un'***accelerazione istantanea***, in un dato istante t_A, data dal valore che il rapporto $\Delta v/\Delta t$ assume quando, tenuto fisso t_A, si fa diventare piccolissimo l'intervallo di tempo $\Delta t = t_B - t_A$.
  L'accelerazione istantanea al tempo t, dunque, è la derivata della velocità rispetto al tempo, calcolata nell'istante t considerato:

  $$a_{ist} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{dv}{dt}.$$

2.6 Moto circolare uniforme

Si consideri un punto P che percorre una circonferenza, in un dato verso, di moto uniforme, cioè percorre — nei successivi intervalli di tempo eguali — tratti eguali di circonferenza. Diremo allora che il punto materiale si muove di ***moto circolare uniforme***. Detto O il centro della circonferenza ed r il suo raggio, supponiamo che il punto parta dalla posizione P e percorra la circonferenza nel senso antiorario; dopo un certo tempo T il punto ripasserà dalla posizione P; proseguendo poi il suo moto, dopo un intervallo di tempo *2T* si troverà ancora una volta in *P* e lo stesso dicasi nel tempo *3T*, *4T*, ecc.



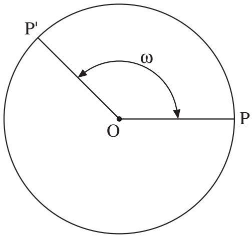
Si chiama ***periodo*** del moto *il tempo T che il punto impiega a percorrere l'intera circonferenza* una sola volta.
Se il punto materiale, poi, si muove sulla circonferenza con un periodo di 0,50 secondi, ciò significa che, dopo mezzo secondo, il punto è ritornato nella sua posizione di partenza. Dopo un secondo il punto sarà passato 2 volte per la posizione P: diremo allora che 2 è la ***frequenza*** del moto.
In generale, detto *T* il periodo del moto circolare uniforme, la ***frequenza*** *n* è data *dall'inverso del periodo* e rappresenta *il numero di giri che il punto compie nell'unità di tempo*:

$$v = \frac{1}{T}.$$

L'unità di misura della frequenza, nel sistema internazionale, si chiama ***hertz*** (***Hz***) ed è definita come *la frequenza di un moto circolare uniforme il cui periodo sia di un secondo*.
Diremo quindi che ***un moto circolare uniforme ha la frequenza di 1 Hz quando un punto materiale, che sia animato da questo moto, percorre, in ogni secondo, l'intera circonferenza una sola volta***.
Poiché, inoltre, l'unità di misura del tempo è la stessa anche nel sistema ***C.G.S.***, anche in questo l'unità di misura della frequenza sarà ancora l'***hertz***.
Il valore scalare della velocità con cui si muove sulla circonferenza di raggio *r* un punto materiale animato di moto circolare uniforme di periodo T è dato da:

$$v = \frac{2\pi r}{T}$$

Tracciato poi il raggio *r* che unisce il centro *O* della circonferenza con il punto materiale *P* che si muove di moto circolare uniforme si può osservare che, mentre il punto *P* percorre la sua traiettoria, il raggio *r* spazza la superficie interna del cerchio.



Supposto che dopo un secondo il punto materiale, dalla posizione *P* sia giunto nella posizione *P'*, il valore dell'angolo ω spazzato dal raggio *r* in questo secondo prende il nome di ***velocità angolare*** e la sua formula è data da:

$$\omega = \frac{2\pi}{\mathrm{T}} = 2\pi\mathrm{v}$$

La ***velocità angolare*** ω, dunque, *è l'angolo descritto dal raggio r della circonferenza nell'unità di tempo*.

La sua unità di misura è ***1 radiante/1 secondo***.

Inoltre, ricordando la formula della velocità scalare nel moto circolare uniforme, si può dire che la velocità angolare ω *è anche la velocità di un punto* P_1 *del raggio, il quale dista un'unità di lunghezza dal centro O.*

Infatti, posto $r = 1$ nella formula

$$v = \frac{2\pi r}{T},$$

si ottiene

$$v = \frac{2\pi r}{T} = \omega$$

Infine, l'ultima importante relazione è quella che lega la velocità del moto alla velocità angolare e si ottiene sostituendo la formula che definisce la velocità angolare $\left(\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi v\right)$ nella formula che definisce la velocità scalare nel moto circolare uniforme $\left(v = \frac{2\pi r}{T}\right)$:

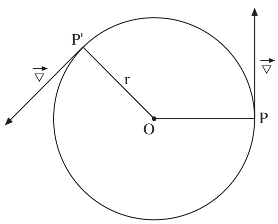
$$v = \omega \cdot r$$

Dunque: ***la velocità scalare di un punto che dista r dal centro è data dal prodotto della velocità angolare per questa distanza r***.

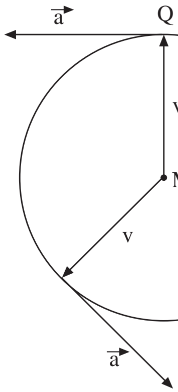
2.7 Accelerazione centripeta

Osservato che, nel moto curvilineo uniforme, esiste un'accelerazione vettoriale dovuta al fatto che il vettore velocità, sebbene costante in valore, cambia continuamente in direzione, si definisce, adesso, modulo, direzione e verso di questo vettore accelerazione:

Detto $\vec{v}$ il vettore velocità di un punto materiale *P* che si trova sulla circonferenza, mentre *P* si sposta lungo la circonferenza, il vettore $\vec{v}$ varia di direzione, mantenendosi comunque sempre tangente alla circonferenza. Dopo un intero giro, il punto è tornato nella sua posizione (in *P*, per l'appunto) ed anche $\vec{v}$ sarà tornato nella direzione e verso di partenza, dopo avere girato di 360°.



Se, quindi, a partire da un punto M si traccia il vettore $\vec{v}$, noteremo che, man mano che P si sposta sulla circonferenza, l'estremo Q di $\vec{v}$ descrive di moto uniforme una circonferenza di raggio v intorno al centro M.



Ricordiamo che l'accelerazione indica la rapidità con cui varia la velocità; in un certo senso è "la velocità della velocità". Essa sarà quindi rappresentata dal vettore $\vec{a}$ il quale indica la velocità del punto Q nel suo moto sulla circonferenza di centro M e raggio v. Determinando quindi il modulo, la direzione ed il verso di questo vettore, si determinerà l'accelerazione del punto P.
Cominciamo con l'osservare che, essendo $\vec{v}$ perpendicolare al raggio r (essendo sempre tangente alla circonferenza) ed $\vec{a}$ perpendicolare a $\vec{v}$, il vettore $\vec{a}$ ha in ogni istante la direzione del raggio r.
Inoltre, $\vec{a}$ è in ogni istante diretto verso il centro O, dunque è un'accelerazione centripeta.
Per calcolarne il valore numerico possiamo osservare le due circonferenze sopra disegnate: queste sono percorse, rispettivamente, dal punto P e dal punto Q, nello stesso tempo T, ossia il periodo. Le velocità v ed a saranno dunque proporzionali ai raggi r e v delle rispettive circonferenze. Potremo quindi scrivere che

$$\frac{v}{r} = \frac{a}{v},$$

da cui, ricavando a, avremo:

$$a = \frac{v^2}{r}.$$

In conclusione:
Un punto che si muove di moto uniforme su una circonferenza di raggio r e che abbia velocità v è animato da un'accelerazione a che ha, in ogni istante, la direzione del raggio, che è sempre diretta verso il centro della circonferenza ed il cui valore numerico è dato da:

$$a = \frac{v^2}{r}.$$

Questa accelerazione prende il nome di ***accelerazione centripeta***; è proprio grazie a questa accelerazione che il punto si mantiene sempre sulla circonferenza; senza di questa il punto materiale proseguirebbe il suo moto, sfuggendo lungo la tangente.

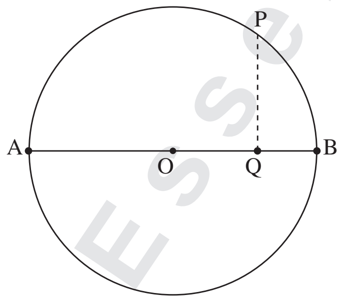
2.8 Moto oscillatorio: il moto armonico

Per avere un esempio pratico di ***moto oscillatorio***, consideriamo un punto materiale che si muove da un punto A della retta fino a giungere in un altro punto B. Una volta giunto ivi, torna indietro fino a ritornare nella posizione A; dopo di che ritorna in B e quindi di nuovo in A e così via. Il punto continua ad andare avanti ed indietro tra A e B.

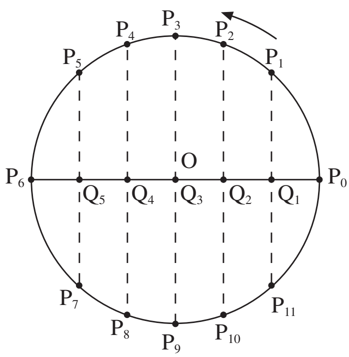
Definiamo così:

- ***oscillazione completa***, *un movimento di andata e ritorno da A a B e da B ad A*;
- ***semioscillazione***, *il moto di andata semplice da A a B*;
- ***periodo T dell'oscillazione***, *il tempo impiegato dal punto per compiere un'oscillazione completa*;
- ***frequenza ν***, *il numero delle oscillazioni complete che il punto compie nell'unità di tempo*.

Si consideri un punto materiale P il quale si muove di moto circolare uniforme su una circonferenza di raggio r. Indicato con AB un diametro qualunque della circonferenza, abbassiamo da P la perpendicolare al diametro AB e chiamiamo Q il piede della perpendicolare. Man mano che P si sposta sulla circonferenza, Q si sposterà sul diametro AB.



Chiamata P_0 la posizione occupata da P all'istante iniziale $t_0 = 0$, siano P_1, P_2, P_3,... le posizioni occupate dopo 1 secondo, 2 secondi, 3 secondi, e via dicendo. In corrispondenza, il punto Q si troverà in P_0 all'istante iniziale $t_0 = 0$ e poi nei punti Q_1, Q_2, ... del diametro, nei secondi successivi. Essendo il moto di P, sulla circonferenza, uniforme, gli archi di cerchio P_0P_1, P_1P_2, P_2P_3,... saranno uguali tra loro mentre i segmenti di diametro P_0Q_1, Q_1Q_2, Q_2Q_3, saranno diseguali; pertanto, il moto del punto Q sul diametro sarà un moto vario, non uniforme.



Il moto vario compiuto dal punto Q prende il nome di ***moto armonico*** poiché: ***man mano che P percorre la circonferenza di moto uniforme, la sua proiezione Q sul diametro percorre questo diametro di un moto che sarà accelerato quando va dagli estremi verso il centro e ritardato quando prosegue dal centro verso gli estremi***.
Diremo allora che Q ha compiuto una ***oscillazione completa*** quando è andato da A a B ed è tornato in A.
Chiameremo ***periodo*** del moto armonico il tempo che esso ha impiegato per compiere quest'oscillazione completa.
Si hanno esempi di moti armonici ogni volta che un corpo elastico viene deformato un po' e poi abbandonato a se stesso, basti pensare alle vibrazioni delle corde o alle lamine della maggior parte degli strumenti musicali.
Se si rappresenta il moto armonico in un diagramma orario (distanza-tempo), si ottiene una curva chiamata ***sinusoide***.

3. STATICA

3.1 Il concetto di forza ed il dinamometro

Per ***forza*** s'intende *una qualsiasi causa capace di produrre o di modificare un movimento*.
Si dice che ad un corpo è applicata una forza se esso, essendo prima in quiete, tende a mettersi in movimento.
La forza è una ***grandezza vettoriale***: per caratterizzarla, infatti, occorre darne intensità, direzione e verso. Una forza dunque può essere rappresentata con un segmento orientato la cui lunghezza, una volta scelta una conveniente unità di misura, corrisponde all'intensità della forza; la sua direzione ed il suo verso indicano la direzione ed il verso della forza.
Misurare una forza, quindi, significa misurare la sua direzione, il suo verso e la sua intensità. Per misurare direzione e verso basta ricordare la definizione stessa di forza: infatti quando un corpo — inizialmente fermo e libero di muoversi — si mette in moto, si dice che esso è soggetto ad una forza e *si assume come direzione e verso della forza la direzione ed il verso del moto nell'istante iniziale*.
Per la misura dell'intensità di una forza si fa invece uso di un metodo oggettivo (indipendente dall'osservatore) basato sull'uso del ***dinamometro a molla*** la cui parte essenziale è una molla fissata ad un estremo; all'altro estremo è applicata la forza di cui si vuole misurare l'intensità. Due forze si diranno così di eguale intensità se, applicate successivamente allo stesso dinamometro, producono la stessa deformazione della molla mentre si diranno di intensità diverse se le deformazioni prodotte sono diverse. *Il dinamometro è dunque uno strumento che permette di stabilire l'eguaglianza e la disuguaglianza tra due forze*, ma per poterlo usare come strumento di misura è necessario:

- fissare una unità di misura della forza;
- tarare il dinamometro.

3.2 Equilibrio di un punto materiale libero e concetto di vincolo

Un punto materiale è in quiete se ad esso non è applicata alcuna forza.
Se ad un punto viene applicata una forza, questo si metterà in movimento nella direzione della forza; se ad esso sono applicate due o più forze, invece, si metterà in movimento nella direzione della loro risultante; infine, se le forze sono tali che la loro risultante è nulla, il punto resterà fermo.