

Lezione 3: come si descrive il moto dei corpi

3.1. Correlare posizione e tempo

Quando diciamo che un corpo si muove intendiamo dire che la sua posizione, misurata rispetto al sistema di riferimento che abbiamo scelto, cambia con il trascorrere del tempo: ora il corpo è in un punto, tra poco si troverà in un punto diverso.

Chiamiamo traiettoria di un corpo in movimento l'insieme delle posizioni che il corpo occupa nel corso del suo moto.

Conoscere la traiettoria di un corpo non è però sufficiente per descrivere il suo moto, bisogna infatti correlare due informazioni: dove si trova, e in che momento si trova lì. È un'idea semplice, che tuttavia si può mettere in pratica in più modi.

3.2. La tabella oraria

Un orario ferroviario è fatto da diversi quadri, uno per ogni linea ferroviaria descritta. Ogni quadro è una tabella (► tab.3.1) le cui righe corrispondono alle stazioni presenti sulla linea, mentre le colonne riportano, nell'ordine:

- la posizione della stazione, cioè la distanza della stazione dal punto scelto come origine della linea;
- il nome della stazione;
- gli orari di transito del treno (c'è quindi una colonna per ciascun treno che percorre quella linea).

km	stazione	IC Vesuvio ora di passaggio	IR 2129 ora di passaggio
0	Milano C.	11:20	12:00
72	Piacenza	12:01	12:54
129	Parma	12:31	13:31
157	Reggio Em.	12:48	13:49
182	Modena	13:03	14:04
219	Bologna	13:28	14:30

tab. 3.1 Un quadro di orario ferroviario

Esaminando la tabella 3.1 possiamo ad esempio scoprire che:

- la stazione centrale di Milano è stata scelta come origine della linea;
- la stazione di Reggio Emilia si trova al chilometro 157, cioè dista 157 km da Milano Centrale;
- la stazione di Bologna dista 37 km da quella di Modena (basta fare la differenza: $219 \text{ km} - 182 \text{ km} = 37 \text{ km}$);

- l'Intercity Vesuvio passa dalla stazione di Modena alle 13:03;
- l'Interregionale 2129 impiega un'ora e 36 minuti per andare da Piacenza a Bologna (basta fare la differenza: 14 h 30 min - 12 h 54 min = 1 h 36 min).

Le tabelle di questo tipo, spesso usate in fisica, si chiamano tabelle orarie e riportano la posizione di un corpo in movimento in diversi istanti del tempo.

3.3. Le foto stroboscopiche

Poche immagini danno il senso del movimento come una foto "mossa" (► fig.3.1). Si tratta di una foto scattata tenendo aperto l'otturatore per un tempo lungo: l'oggetto in moto appare così in diverse posizioni simultaneamente, e l'immagine ne risulta sfuocata.



fig.3.1 Una foto mossa (www.co-mag.net)

Se la sensazione di movimento non ci basta, e vogliamo sfruttare un'immagine per fornire una descrizione quantitativa del moto, possiamo ricorrere ad una foto stroboscopica (► fig.3.2).

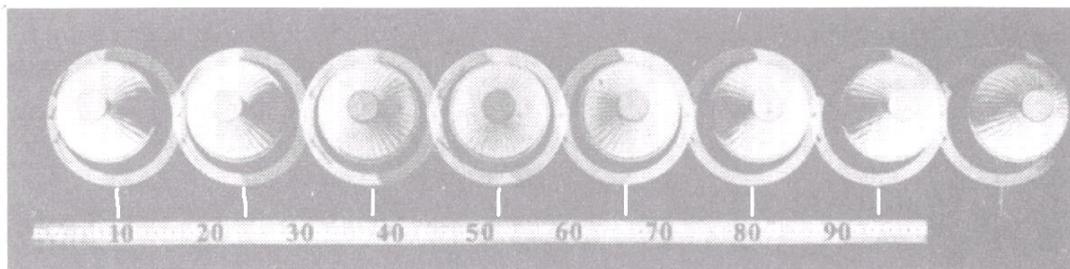


fig.3.2 Immagine stroboscopica di un oggetto in moto (Zanichelli)

Uno stroboscopio è un dispositivo che emette lampi di luce ad intervalli di tempo regolari (nell'esempio della figura 3.2 lo stroboscopio emette 2 lampi al secondo, quindi l'intervallo di tempo tra un lampo e il successivo è pari a 0.5 s). Se l'oggetto si muove al buio, e l'otturatore della macchina fotografica è sempre aperto, allora sulla pellicola sono registrate le posizioni che l'oggetto aveva ad ogni lampo dello stroboscopio, cioè ad intervalli regolari (di 0.5 s).

Le stesse informazioni contenute nella foto stroboscopica possono essere riportate in una tabella oraria (► tab.3.2):

tempo (s)	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3
posizione (cm)	10	24	38	52	66	80	94

tab.3.2

La tabella 3.2 è del tutto simile alla 3.1:

- contiene una colonna per ciascun lampo emesso dallo stroboscopio;
- la prima riga descrive l'istante in cui è stato emesso ciascun lampo. L'origine dei tempi, cioè il tempo zero, non corrisponde alla mezzanotte, bensì all'istante in cui è stato emesso il primo lampo;
- la seconda riga descrive, istante per istante, la posizione dell'oggetto rispetto al punto scelto come origine.

3.4. La velocità

Le tabelle orarie dei paragrafi precedenti permettono anche di calcolare le velocità con cui avvengono i moti descritti. Il termine velocità indica la rapidità con cui si compie un dato spostamento: per calcolarla occorre dunque conoscere sia la lunghezza del tratto percorso, sia il tempo impiegato a percorrerlo.

La velocità media di un corpo è il rapporto tra la distanza percorsa dal corpo in un certo intervallo di tempo e l'intervallo di tempo stesso:

$$\text{velocità media} = \frac{\text{distanza percorsa}}{\text{tempo impiegato}}$$

Poiché abbiamo deciso di misurare gli spostamenti in metri e i tempi in secondi, misuriamo la velocità in metri al secondo, cioè m/s.

Mentre distanza e tempo sono grandezze fondamentali, per le quali abbiamo scelto arbitrariamente l'unità di misura, la velocità è una grandezza derivata e l'unità di misura in cui è espressa, i metri al secondo, è diretta conseguenza delle unità scelte per misurare lo spazio e il tempo.

Lavorando sui dati della tabella 3.2, possiamo calcolare a che velocità media si è mosso l'oggetto tra il primo e l'ultimo lampo. La distanza percorsa è pari a 84 cm, cioè a 0.84 m, mentre il tempo impiegato a percorrere questa distanza è pari a 0.5 s. In definitiva:

$$\text{velocità media} = \frac{\text{distanza percorsa}}{\text{tempo impiegato}} = \frac{0.84 \text{ m}}{3 \text{ s}} = 0.28 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Qualunque intervallo si scelga per calcolare la velocità media (per esempio l'intervallo tra il secondo e il quinto flash) si ottiene sempre lo stesso valore di 0.28 m/s.

3.5. Il grafico tempo - posizione

Usando i dati di una tabella oraria possiamo costruire il relativo diagramma orario, cioè il grafico che riporta la posizione di un oggetto in moto in funzione del tempo. Basta tracciare un sistema di assi cartesiani, riportando sull'asse orizzontale (quello delle ascisse) i valori del tempo e su quello verticale (cioè l'asse delle ordinate) i corrispondenti valori della posizione. Il risultato che si ottiene è mostrato in figura (► fig.3.3).

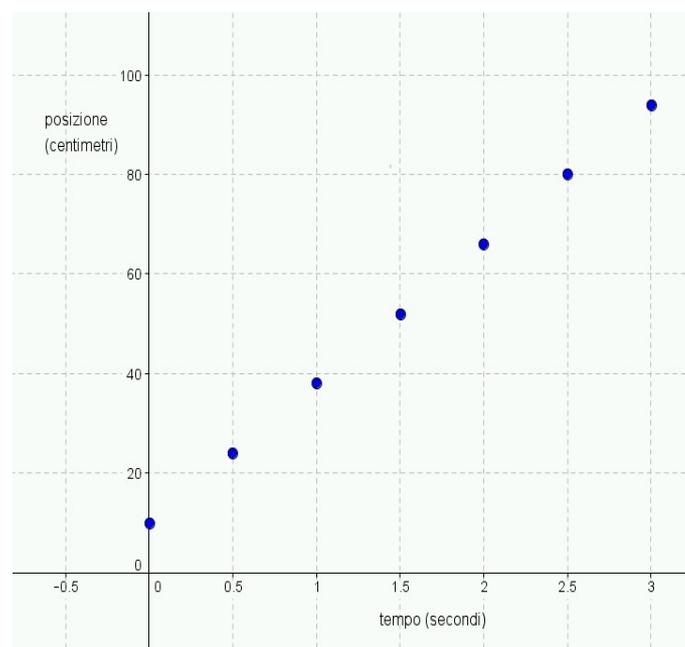


fig 3.3 grafico tempo - posizione che corrisponde alla tab.3.2

Osserviamo che i punti che descrivono nel diagramma la posizione dell'oggetto nei diversi istanti di tempo sono allineati. Questo significa che, se vogliamo approssimarne l'andamento con un tratto continuo di penna, ci basta la scelta più semplice che si possa immaginare: una semiretta uscente dall'origine.

3.6. Il moto uniforme

Approssimare l'andamento dei punti con una semiretta è un'operazione all'apparenza innocente, e che invece merita più di un commento.

Innanzitutto possiamo osservare che i punti del grafico sono isolati, mentre la semiretta è continua. Quest'ultima ci permette perciò di prevedere la posizione dell'oggetto anche in istanti in cui lo stroboscopio non lo ha illuminato. Per esempio osservando il diagramma precedente possiamo dedurre che dopo 1.25 s il dischetto si trova in posizione 45 cm.

Inoltre osserviamo che l'allineamento dei punti sul grafico deve descrivere una qualche caratteristica importante del moto dell'oggetto reale. Ma quale?

A questa domanda è facile dare una risposta: i punti sono allineati perché l'oggetto si è mosso con una velocità che è rimasta costante. Basta guardare la foto stroboscopica (► fig.3.2) per capirlo: le distanze tra un'immagine e l'altra sono in pratica costanti, e questo vuol dire che, nel mezzo secondo che separa due lampi, l'oggetto ha percorso tratti sempre con la stessa lunghezza.

Se la velocità non fosse stata costante non avremmo ottenuto punti allineati!

Si chiama moto uniforme quello in cui la velocità media è sempre la stessa, quale che sia l'intervallo di tempo sul quale viene calcolata. Il grafico tempo-spazio di un moto uniforme è costituito da un segmento di retta.

È importante osservare che la traiettoria di un corpo che si muove di moto uniforme può essere rettilinea (e in tal caso parliamo di moto rettilineo uniforme), ma può anche non esserlo. L'importante è che il corpo percorra sempre distanze uguali in intervalli di tempo uguale.

3.7. Un moto accelerato

Consideriamo un'altra foto stroboscopica (► fig.3.4). Mostra una palla che cade: l'abbiamo ruotata di 90° per motivi di impaginazione.

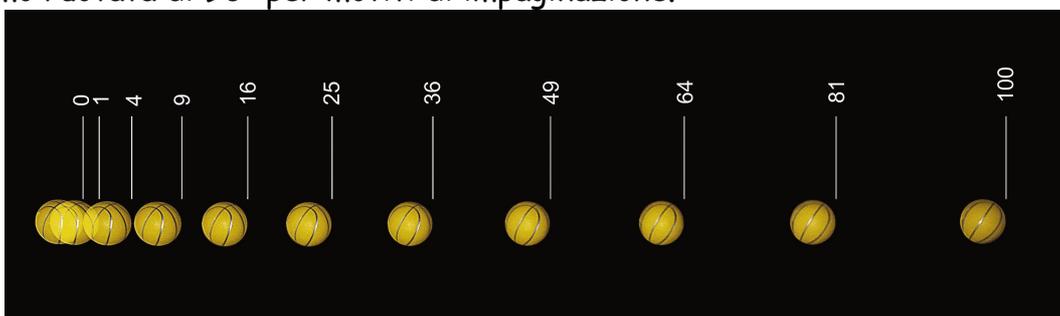


fig.3.4 foto stroboscopica di una palla che cade (Michael Maggs, Wikimedia commons)

Lo stroboscopio, in questo caso, emetteva 20 lampi al secondo, quindi l'intervallo di tempo tra un lampo e il successivo è pari a 1/20 di secondo.

Le stesse informazioni contenute nella foto stroboscopica possono essere riportate in una tabella oraria (► tab.3.3):

Tempo (ventesimi di s)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Posizione (unità arbitraria)	0	1	4	9	16	25	36	49	64	81	100

tab.3.3

L'unità di misura usata per descrivere la posizione non è altro che la distanza percorsa tra il primo e il secondo flash (circa 12 mm).

Lavorando sui dati della tabella 3.2, possiamo calcolare a che velocità media si è mosso l'oggetto tra il primo e l'ultimo lampo. La distanza percorsa è pari a 100 unità, cioè a 1.2 m, mentre il tempo impiegato a percorrere questa distanza è pari a 0.5 s. In definitiva:

$$\text{velocità media sull'intero percorso} = \frac{\text{distanza percorsa}}{\text{tempo impiegato}} = \frac{1,2 \text{ m}}{0,5 \text{ s}} = 2,4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Troviamo però un risultato completamente diverso se calcoliamo la velocità media mantenuta tra gli ultimi due flash:

$$\text{velocità media tra gli ultimi due flash} = \frac{\text{distanza percorsa}}{\text{tempo impiegato}} = \frac{0,228 \text{ m}}{0,05 \text{ s}} = 4,56 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Costruiamo poi il relativo grafico tempo - posizione:

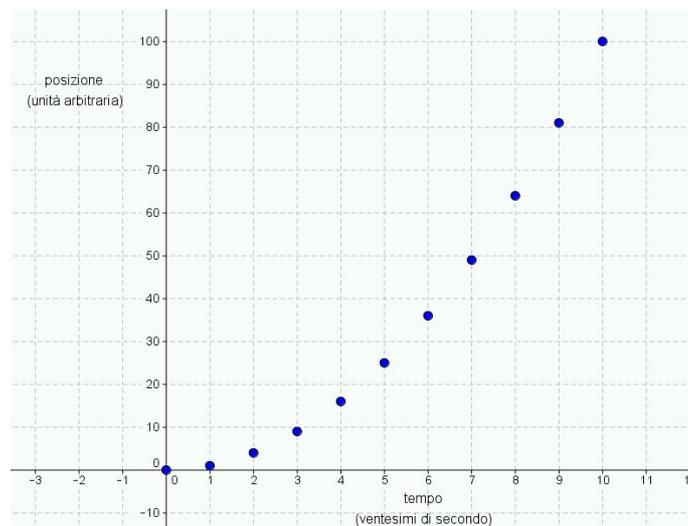


fig 3.5 grafico tempo posizione per la palla che cade (fig.3.4 e tab.3.3)

In questo caso, se vogliamo catturare l'andamento dei punti con un tratto continuo di penna, ci occorre un arco di parabola.