

TFA A059 A.A. 2014-2015

Corso di Laboratorio di Fisica

dott. Giovanni Casini

Cinematica e Dinamica



Metodi sperimentali per lo studio della meccanica

- Osservazione diretta con strumenti manuali (metro, cronometro, ecc.): quali sono i limiti dei nostri riflessi?
- Proviamo la rilevazione diretta della caduta dei gravi
- Differenze fra vista e udito
- Convertire l'osservazione del fenomeno in ascolto del fenomeno
- Riprendere il moto con una telecamera



Esempi di misura manuale

- Tutta la statica, trattando di oggetti fermi, permette di leggere gli strumenti e annotare i risultati
- Moti periodici (pendolo, massa appesa a una molla). Possiamo prendere la misura su più periodi e dividere l'errore
- Tutti i fenomeni abbastanza lenti



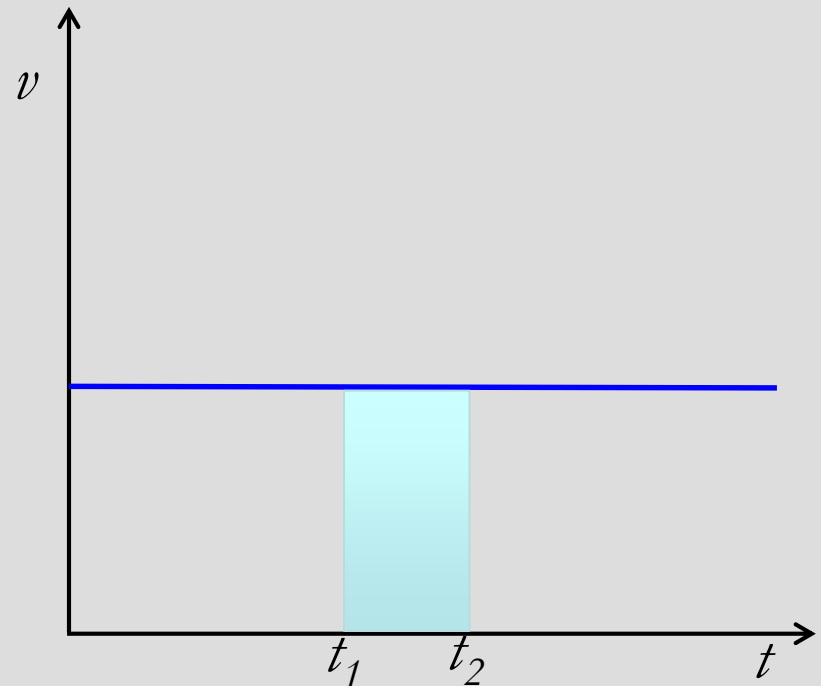
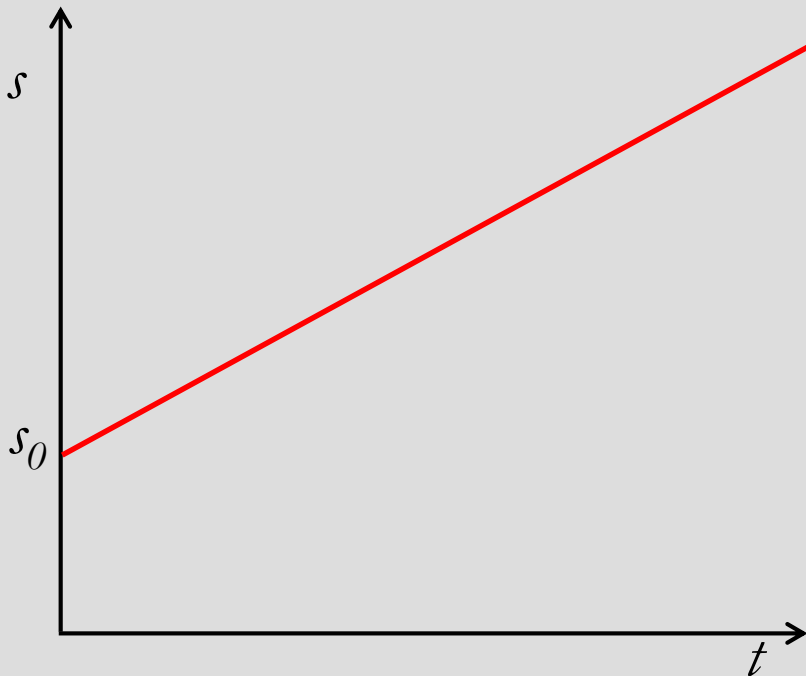
Misure manuali

Vantaggi	Svantaggi
La consapevolezza di ciò che si fa è massima, passa attraverso il nostro operato e i nostri sensi	Si possono raccogliere pochi punti, di solito iniziale e finale e pochi altri
I dati sono immediatamente interpretabili e utilizzabili	Possiamo esaminare solo fenomeni piuttosto lenti rispetto alla velocità dei nostri riflessi, altrimenti la misura è impossibile
Sono un buon punto di partenza per misure più raffinate	L'errore è accettabile solo se il moto è lento
Raccogliendo molte misure possiamo studiare gli errori statistici	



Il moto rettilineo uniforme

- Spazi uguali in tempi uguali, relazione lineare $s = s_0 + vt$
- La velocità è costante, lo spazio percorso fra t_1 e t_2 è l'area del rettangolo sotto la retta della velocità



Il moto rettilineo uniforme

- Il moto rettilineo uniforme si può realizzare in laboratorio in due modi:
 - eliminando il più possibile gli attriti e avvicinandosi al caso previsto dal principio d'inerzia.
 - Utilizzando l'attrito che dipende dalla velocità come nel caso del un moto in un fluido: $F_a = -\beta v$.



Il moto rettilineo uniforme



Moto in un fluido

L'equazione del moto è $F - \beta v = ma$ dove F è la forza accelerante e βv è l'attrito viscoso del fluido. A causa dell'accelerazione la velocità aumenta e così pure la forza dovuta all'attrito, fino a raggiungere la condizione per cui $F - \beta v = 0$: la forza applicata è nulla, quindi $a = 0$ e il moto prosegue a velocità costante.

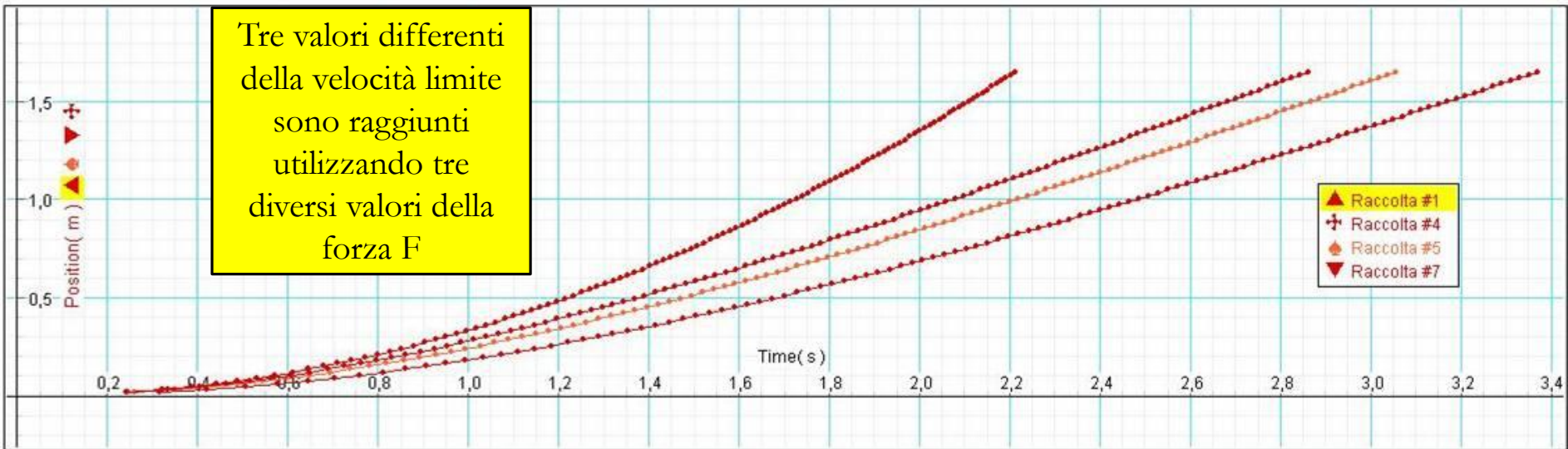
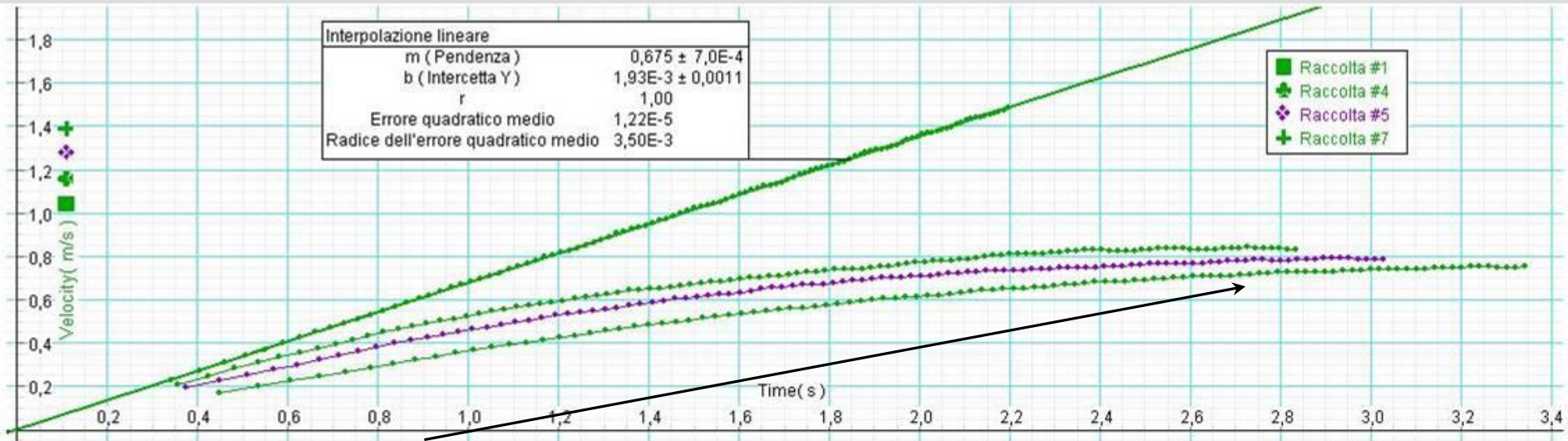
La velocità per cui si verifica l'equilibrio tra la forza accelerante e l'attrito del fluido è detta velocità limite $v_L = F/\beta$.

Nel caso pratico della bolla questa velocità viene raggiunta quasi subito, tanto che è difficile rendersi conto dell'esistenza di un tratto di moto accelerato.

Anche nel caso di una sfera di acciaio lasciata cadere nell'acqua il tratto accelerato è molto breve, difficile da osservare.

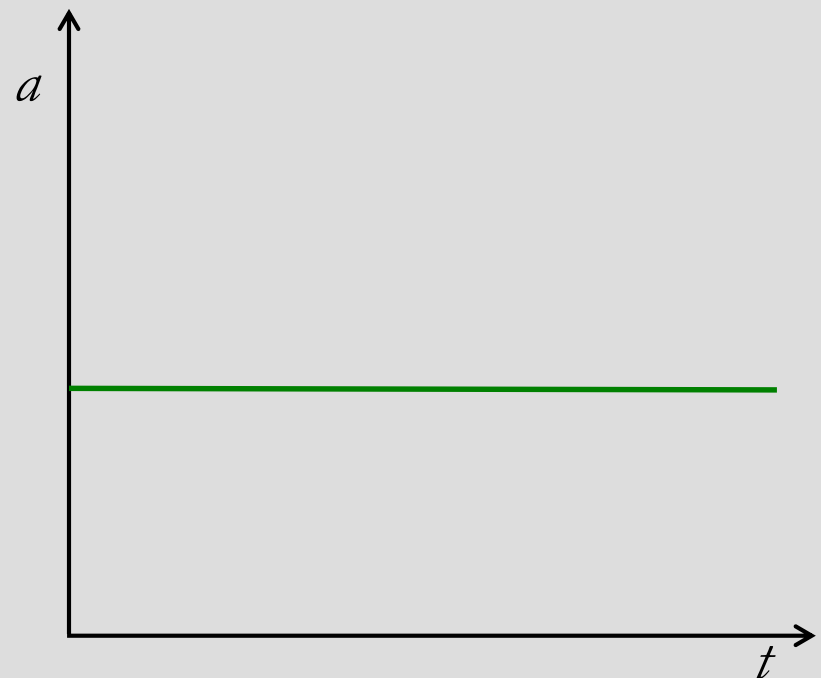
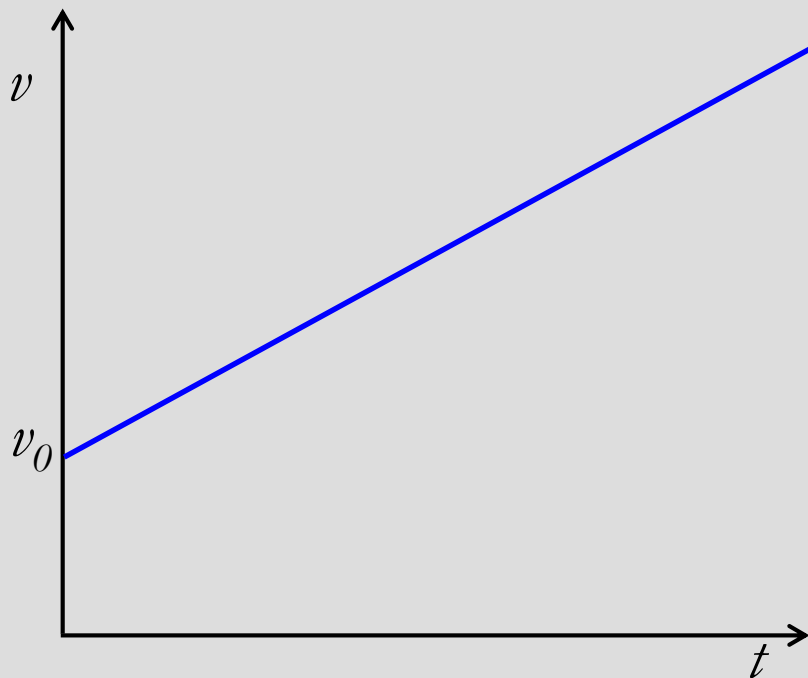


Velocità limite



Il moto rettilineo uniformemente accelerato

- Il rapporto $a = \Delta v / \Delta t$ si chiama accelerazione ed è costante
- La velocità aumenta linearmente con il tempo $v = v_0 + at$

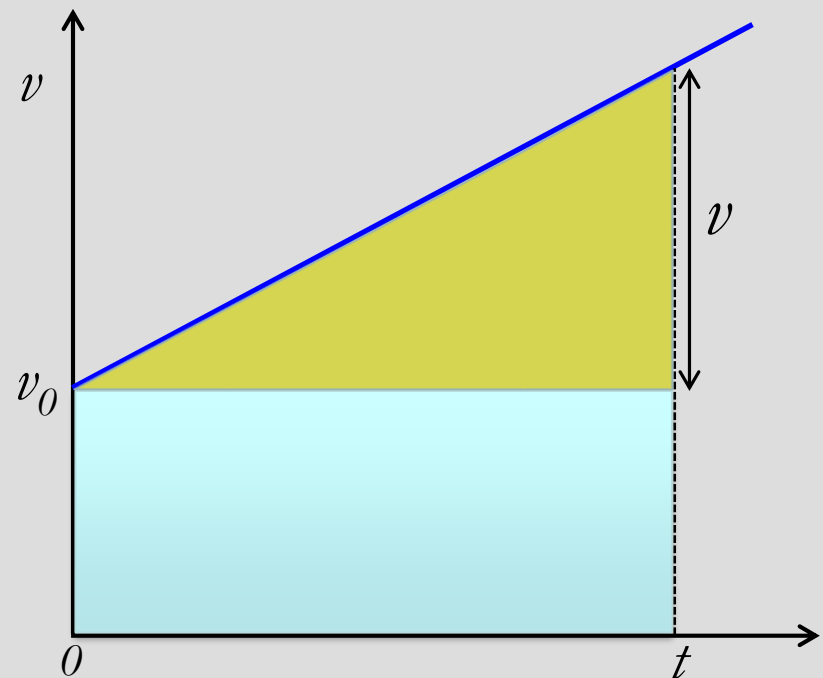


Il moto rettilineo uniformemente accelerato

- Qual è la relazione fra spazio e tempo?
- Consideriamo ancora l'area sotto il grafico della velocità fra l'istante zero e un generico istante t
- Ricordiamo che $v=v_0+at$
- Lo spazio percorso è uguale all'area

$$s = v_0 t + \frac{1}{2} (v - v_0) t$$

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



Il moto rettilineo uniformemente accelerato

- Il moto rettilineo uniformemente accelerato è il moto naturale dei gravi, tuttavia è così rapido da essere difficilmente distinguibile da un moto uniforme con la stessa velocità media. Galileo riuscì a capirne la natura con l'ausilio del piano inclinato.
- Altri metodi sono:
 - La caduta dei gravi con il metodo dei bulloni
 - La macchina di Atwood



Il piano inclinato di Galileo

Galileo comprese che il piano inclinato permetteva di ottenere un moto in cui la forza agente era solo una frazione di quella di gravità. Il moto è quindi qualitativamente uguale a quello dei gravi, ma più lento. Comprese anche che per verificare se il moto fosse accelerato conveniva affidarsi all'udito piuttosto che alla vista. Facendo rotolare delle sfere su un piano inclinato munito di campanelli posti a distanze quadratiche questi avrebbero suonato ad intervalli di tempo uguali, mentre sarebbero dovuti essere a distanze uguali se il moto fosse stato a velocità uniforme. Nella foto la riproduzione dell'esperimento di Galileo alla città della scienza di Napoli prima dell'incendio.



Il piano inclinato

- Esperimenti con una barra e una sfera:
 - Possiamo ascoltare il suono del moto uniforme e del moto accelerato
 - Per rendere quantitativo il nostro ascolto utilizziamo due barre con delle tacche, a distanza uguali e quadratiche.
 - Come calcolare le distanza quadratiche?



Intervalli uguali nel moto accelerato

- Supponiamo di voler ascoltare suoni distanziati di un tempo t^* , a quali spazi corrispondono?

$$s_1 = \frac{1}{2} a (t^*)^2$$

$$s_2 = \frac{1}{2} a (2t^*)^2 = 4s_1$$

$$s_3 = \frac{1}{2} a (3t^*)^2 = 9s_1$$

$$s_4 = \frac{1}{2} a (4t^*)^2 = 16s_1$$

ecc.

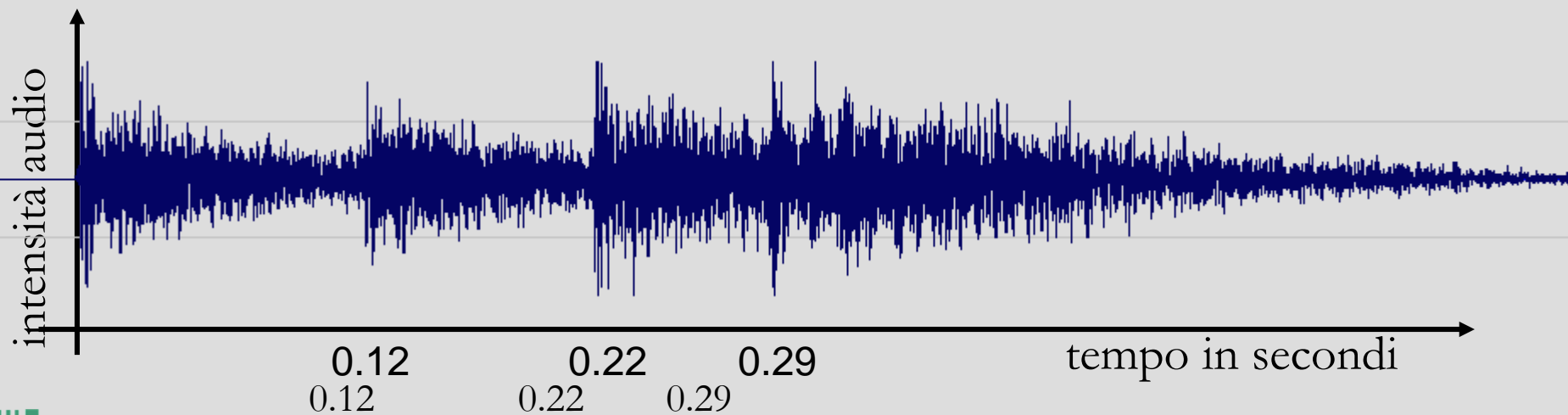
- Qualunque sia s_1 le successive distanze devono essere multipli di n^2 .

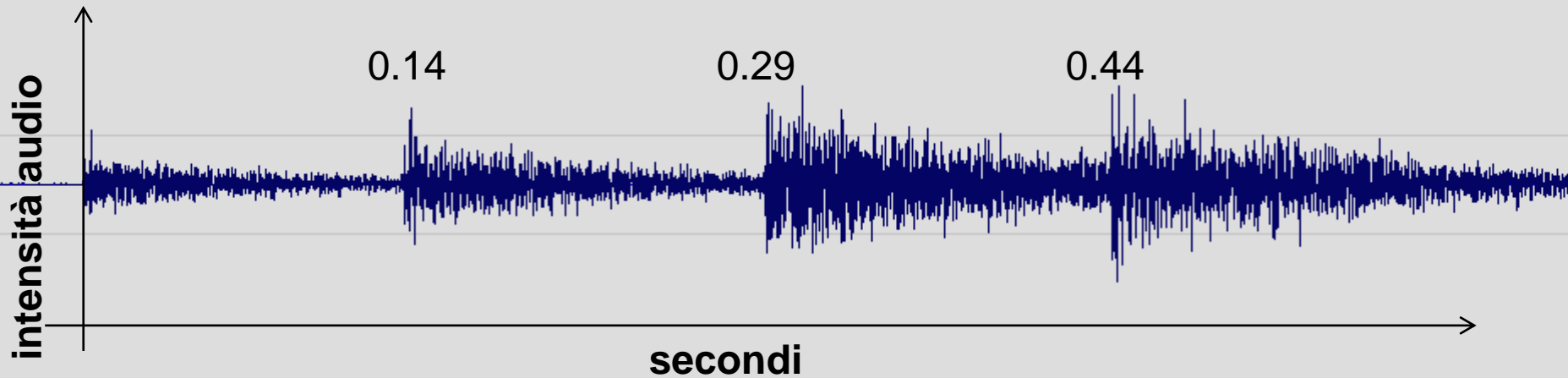


Intervalli uguali nel moto accelerato

- Per suddividere una barra da 2m, lasciando 4cm per parte, suddividiamo 192cm in 16 parti e otteniamo:
 $s_0=0$
 $s_1=190/16=12\text{cm}$
 $s_2=4s_1=48\text{cm}$
 $s_3=9s_1=108\text{cm}$
 $s_4=16s_1=190\text{cm}$
- In questo modo otterremo 4 suoni equidistanti. Il tempo fra i suoni dipenderà dall'inclinazione della barra.

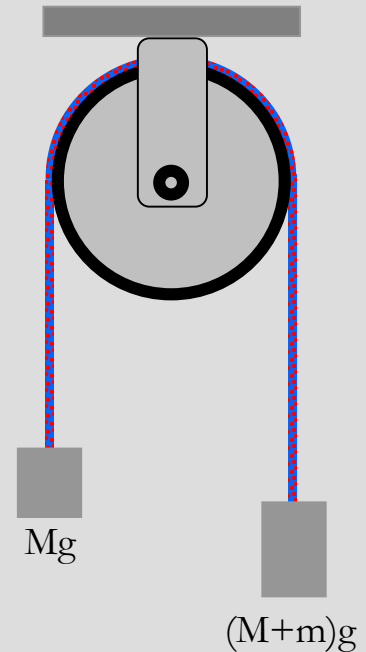






La macchina di Atwood

La macchina di Atwood consiste in due masse appese ai due capi di una fune posta sopra una carrucola in modo che i pesi delle masse si bilancino quasi esattamente. In questo modo la forza accelerante è la differenza dei due pesi, mentre la massa accelerata è la somma. Si può ottenere così un moto accelerato molto rallentato e facile da studiare.



La macchina di Atwood

La forza accelerante è pari alla differenza fra i pesi

$$F = (M+m)g - Mg = mg$$

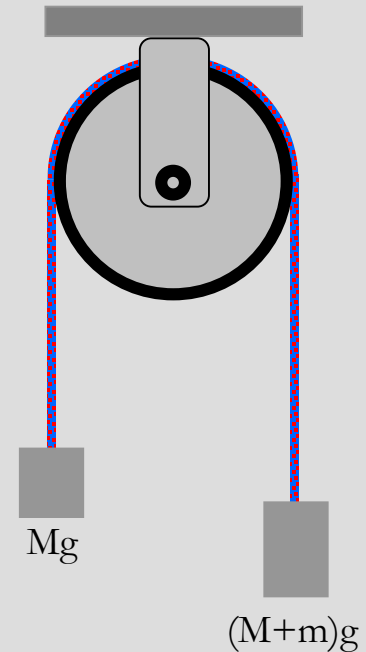
La massa accelerata è la somma delle masse, perché entrambe vengono messe in moto.

L'equazione del moto è

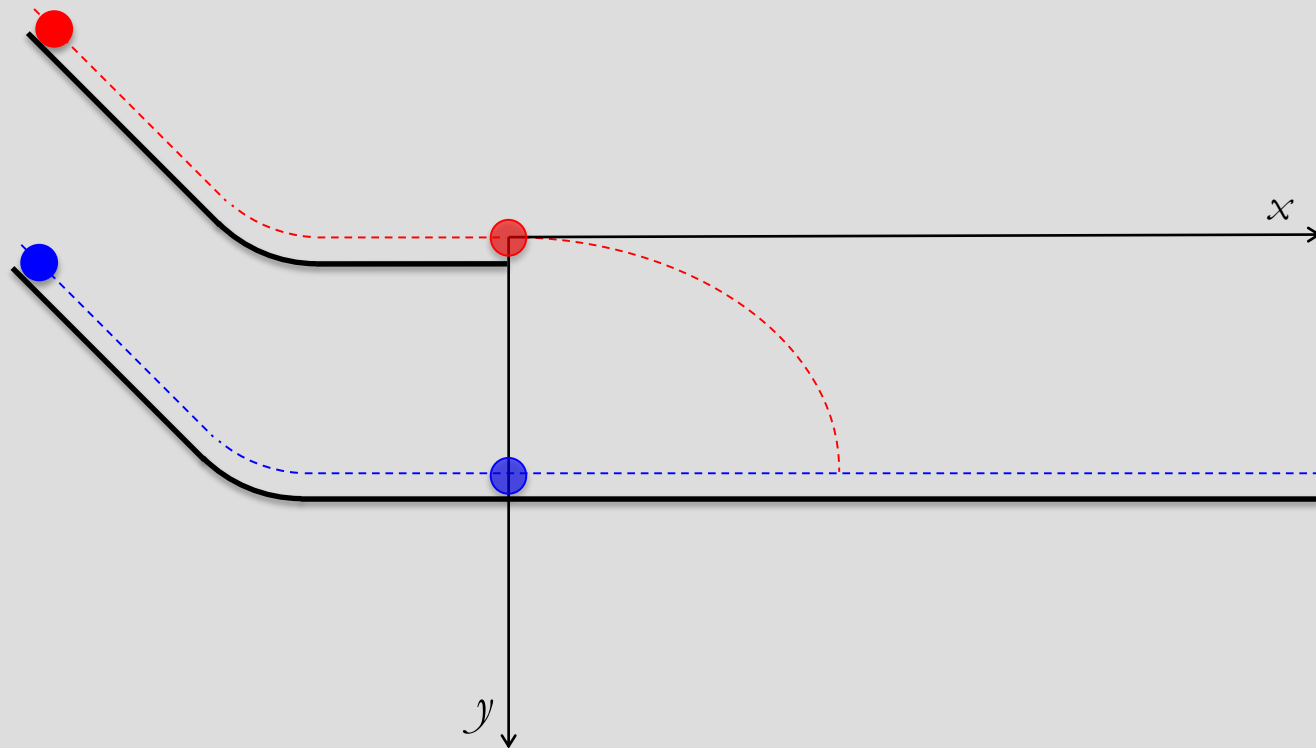
$$mg = (2M+m)a$$

$$a = mg / (2M+m)$$

che può essere molto piccola per $m \ll M$.



La composizione vettoriale delle velocità



La composizione vettoriale delle velocità

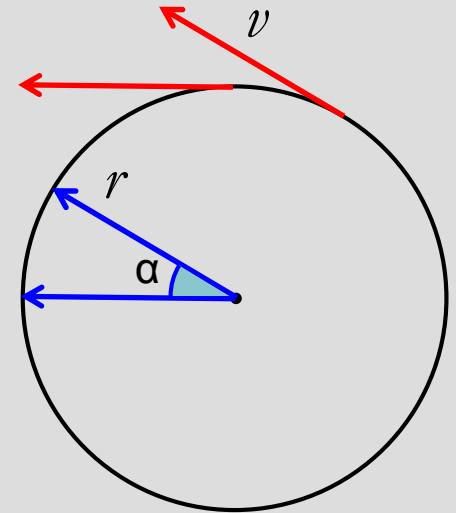
- Lasciamo andare due sfere da due scivoli sovrapposti, dalla stessa altezza relativa in modo che acquisiscano la stessa velocità orizzontale v_i
- Esaminiamo il moto delle sfere da quando inizia la caduta della sfera rossa. Se vale la composizione vettoriale:
 - La sfera blu prosegue con velocità $v_x = v_i$ e $v_y = 0$
 - Il moto della sfera rossa sarà la sovrapposizione vettoriale di due moti: $v_x = v_i$ e $v_y = \frac{1}{2} g t^2$
- Dato che la componente orizzontale è uguale per entrambe la sfera rossa colpirà quella blu.



Il moto circolare uniforme

Consideriamo un disco rotante:

- la velocità cresce linearmente aumentando la distanza dal centro, per questo è conveniente introdurre la velocità angolare $\omega = \alpha/t$, uguale per tutti i punti del corpo; si ha $v = \omega r$
- La velocità è tangente alla traiettoria, quindi la sua direzione ruota continuamente verso il centro, accelera verso il centro con accelerazione centripeta $a_c = \omega^2 r$
- Per generare un'accelerazione centripeta occorre una forza centripeta.



I sistemi di riferimento

- Se siamo in moto su un mezzo di trasporto riferiremo automaticamente posizioni e velocità al mezzo che ci ospita, cioè il nostro sistema di riferimento è in moto
- Se il mezzo è in moto vedremo apparire delle forze inerziali o fittizie, esse sono:
 - L'accelerazione di trascinamento, se il mezzo è in accelerazione lineare (es. frenata)
 - L'accelerazione centrifuga, se il mezzo percorre una traiettoria curva (es. la forza che ci spinge all'esterno in curva)
 - L'accelerazione complementare, che si sperimenta se ci muoviamo a nostra volta nel sistema di riferimento (es. si provi a camminare su una giostra lungo il raggio, ci sentiremo sbandare lateralmente)

