

# MA0748 - FISICA PER I DISPOSITIVI IOT

Lorenzo Santi

*AA 2022/23 – Lezione 1 28/02/2023*

# Contenuti del corso (dal Syllabus)

- Lezioni «frontali»
  - Riepilogo di strumenti matematici e di concetti fisici introduttori:
    - Energia. Carica elettrica. Potenziale elettrico. Corrente elettrica.
    - Funzioni trigonometriche, funzione esponenziale e numeri complessi.
  - Circuiti in corrente continua. Resistori e leggi di Ohm. Leggi di Kirchhoff. Connessioni in parallelo ed in serie.
  - Condensatori. Induttori. Circuiti in corrente alternata: Impedenza. Semplici esempi di circuiti in corrente alternata. Filtri.
  - Dispositivi a semiconduttore: Il diodo. Curva caratteristica. Il LED. Il fotodiodo. Il termistore.
  - Trasduzione e sensori.
  - Il transistor.

- Esercitazioni di laboratorio:  
Con laboratorio remoto in laboratorio di Informatica (lezioni in orario il lunedì e il venerdì)
  - - Caratterizzazione di una resistenza
  - - Circuiti in DC con resistenze in serie ed in parallelo
  - - Carica/scarica di un condensatore
  - - Circuiti RC in AC e filtri
  - - Curva caratteristica di un diodo –
  - - Effetto fotoelettrico
- In laboratorio di Fisica
  - - Taratura di un sensore di temperatura  
(questi ultimi due contenuti possono variare a seconda della disponibilità delle attrezzature)

Le esercitazioni di laboratorio cominceranno circa due settimane dopo l'inizio del corso (il che significa che fino ad allora ci saranno lezioni solo il martedì ed il mercoledì).

- Testi di riferimento
  - Slide delle lezioni, mini dispense e riferimenti bibliografici per gli esperimenti delle esercitazioni.
- Modalità di verifica dell'apprendimento
  - relazioni di laboratorio, da discutere in un esame orale
- Obiettivi formativi: come esiti del corso si attende che gli studenti
  - Conoscano le grandezze ed i parametri che caratterizzano i dispositivi oggetto delle esperienze di laboratorio (nel seguito i "dispositivi").
  - Siano in grado di utilizzare tali termini in maniera da descrivere le funzionalità dei dispositivi.
  - Conoscano i principi di utilizzo delle strumentazioni utilizzate nelle esperienze di laboratorio.
  - Abbiamo acquisito capacità di organizzazione delle conoscenze per illustrare a dei pari le proprietà dei dispositivi ed i metodi con cui caratterizzarle.

# «Strumenti» usati durante il corso

- Classe Teams **2022-FISICA PER I DISPOSITIVI IOT [id.208648]**
- Corso Moodle **FISICA PER I DISPOSITIVI IOT 2022-23 (FisPerIDislot22\_819MA0748)**
- Simulazioni **PhET** (<https://phet.colorado.edu/>)
- Laboratorio remoto **VISIR**

Nel corso Moodle e nella classe Teams troverete man mano le istruzioni per l'utilizzo di questi strumenti, oltre che copia delle slide delle lezioni e dell'altro materiale di consultazione.

Nella classe Teams chi risultasse impedito a seguire le lezioni troverà inoltre le registrazioni delle lezioni.

# Orari lezioni ed esercitazioni di laboratorio

- Sono previste due lezioni «frontali» alla settimana
  - Martedì ore 16.30 – 18.30
  - Mercoledì ore 9.30 – 11.30
- Le altre due lezioni settimanali
  - Lunedì ore 15.30 – 17.30
  - Venerdì ore 10.30 – 12.30

sono riservate al laboratorio e saranno effettivamente impartite solo nelle settimane in cui sono previste le esercitazioni (sette settimane in tutto). Per questa settimana e la prossima non è prevista attività di laboratorio.

# IMPORTANTE

Per seguire in sincrono le attività di laboratorio remoto è necessario iscriversi in uno dei gruppi di lavoro sulla piattaforma Moodle, ciascuno con un numero di partecipanti pari a 4 o 5.

I gruppi verranno poi suddivisi nei due turni di esercitazioni in cui è prevista l'attività.

L'iscrizione è aperta da oggi 28 febbraio fino al 10 marzo sera

Sabato 11 marzo stabilizzerò i gruppi, in maniera da far rispettare la regola di 4-5 componenti ciascuno.

# Argomenti della lezione di oggi

- Sistema Internazionale delle unità di misura
- Un breve richiamo di cinematica
  - La posizione di un punto materiale
  - I diagrammi orari
  - La velocità di un corpo
- L'energia (parte 1)
  - macchine virtuali reversibili



# Sistema Internazionale delle unità di misura

In Fisica sono state individuate sette **grandezze** chiamate **fondamentali**, i cui valori numerici sono espressi in riferimento alle seguenti **unità di misura**

Grandezza base	Nome dell'unità di misura	Simbolo	Dimensione
Intervallo di tempo	secondo	s	[T]
Lunghezza	metro	m	[L]
Massa	chilogrammo	kg	[M]
Intensità di corrente	ampere	A	[A]
Temperatura assoluta	kelvin	K	[Θ]
Intensità luminosa	candela	cd	[J]
Quantità di sostanza	mole	mol	[N]

Ogni grandezza ha associata una «qualità», chiamata **dimensione**, che le distingue una dall'altra.

Per le altre grandezze fisiche, vengono utilizzate delle **unità di misura derivate**: una combinazione delle unità di misura fondamentali.

Tali combinazioni vengono determinate richiedendo che le relazioni («formule») in cui esse appaiono soddisfino la regola fondamentale del **calcolo dimensionale: si possono confrontare** («eguagliare in una formula») **solo espressioni di grandezze omogene tra di loro** («con le stesse dimensioni»).

Esempi

Grandezza	Relazione	Dimensioni		Unità di misura	Nome
Velocità	$v_m = \frac{S}{\Delta t}$	$[S] = [L]$ $[\Delta t] = [T]$	$[v_m] = [L]/[T]$	$m\ s^{-1}$	
Energia (cinetica)	$K = \frac{1}{2}mv^2$	$[m] = [M]$ $[v] = [L] / [T]$	$[K] = [M] \left(\frac{[L]}{[T]}\right)^2$	$kg\ m^2s^{-2}$	Joule (J)

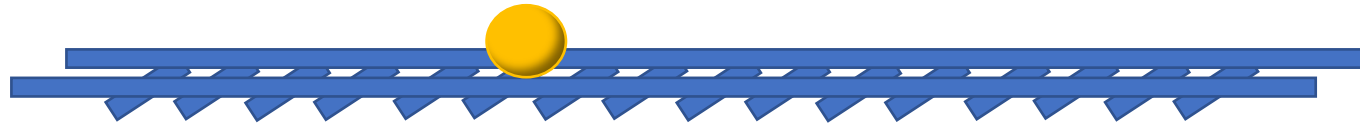
Per un approfondimento sul calcolo dimensionale, vedere

[https://it.wikipedia.org/wiki/Analisi\\_dimensionale](https://it.wikipedia.org/wiki/Analisi_dimensionale)

# Un breve richiamo di cinematica.

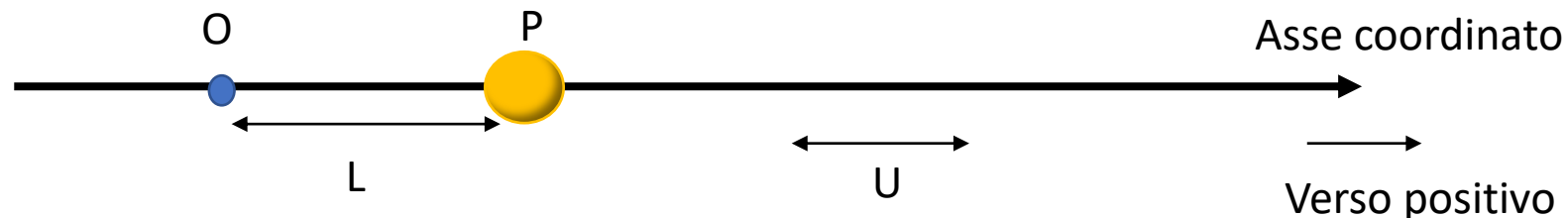
## La posizione di un punto materiale

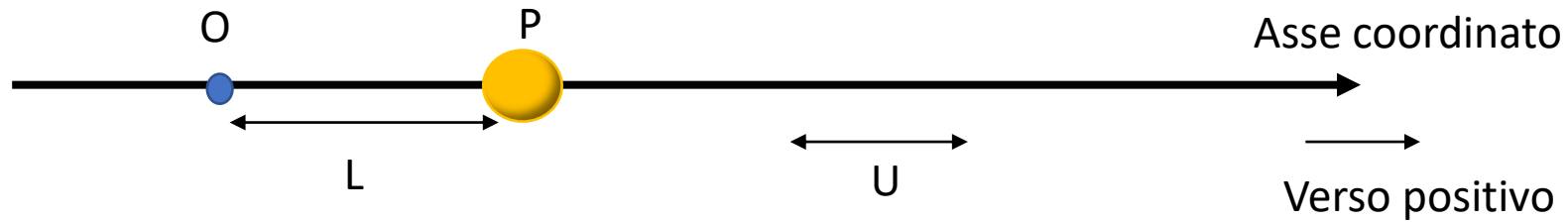
Supponiamo di considerare un corpo di dimensioni trascurabili, che giaccia su una retta (un esempio è quello di una pallina su una rotaia rettilinea)



La posizione **P** del corpo può essere descritta introducendo un **asse coordinato** lungo la rotaia, definito dall'insieme dei seguenti elementi

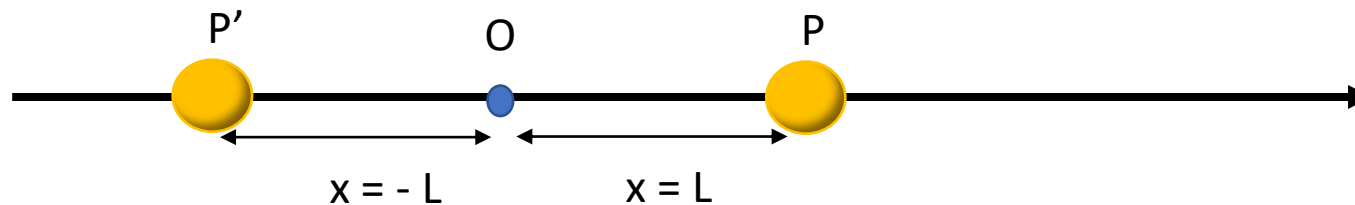
- Un punto **origine O**, rispetto al quale riferire la posizione del corpo
- Una **unità di misura U** delle lunghezze, per misurare la distanza **L** del corpo dall'origine O
- Un **verso** lungo la direzione della rotaia, definito **positivo**





Con l'introduzione di un asse coordinato, la posizione del punto P può essere descritta dalla variabile **x** (**coordinata** del punto P) definita come

$$\begin{cases} x = L & \text{se andando da } O \text{ a } P \text{ si segue il verso positivo} \\ x = -L & \text{se andando da } O \text{ a } P \text{ si va in verso opposto} \end{cases}$$



Se il corpo si muove la sua posizione  $x$  varierà nel tempo: possiamo riassumere questa dipendenza di  $x$  dall'istante di tempo  $t$  con la relazione

$$x = x(t)$$

La funzione  $x(t)$  viene chiamata **legge oraria del moto** e la sua conoscenza fornisce una informazione completa del moto.

# Un breve richiamo di cinematica.

## I diagrammi orari

La conoscenza della legge oraria, anche se fornisce un'informazione completa sul moto di un corpo, può non essere di facile comprensione intuitiva.

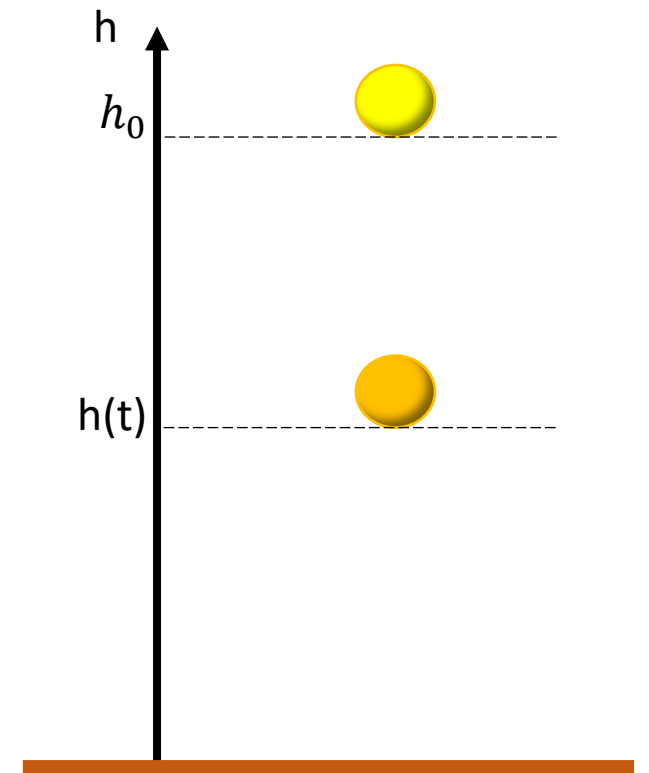
Prendiamo il caso della caduta di un grave (una palla lasciata cadere da una certa altezza).

In questo caso la legge oraria è

$$h(t) = h_0 - \frac{1}{2}gt^2$$

ove

t	istante di tempo considerato
$h(t)$	quota della palla all'istante t
$h_0$	quota all'istante $t = 0$
g	costante fisica (costante di accelerazione di gravità)

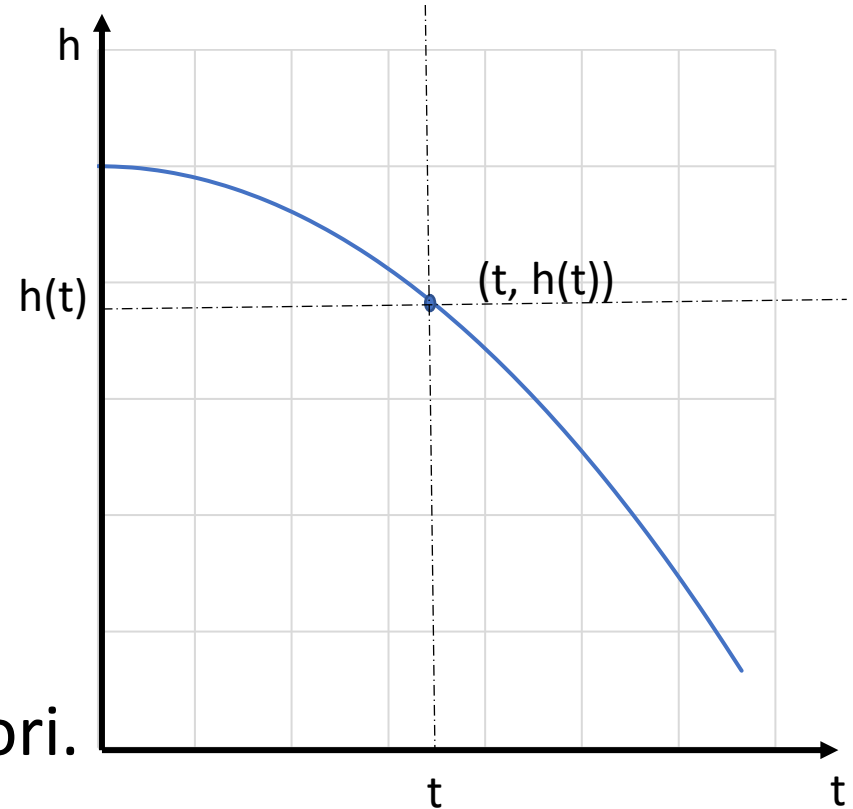


Una rappresentazione della legge oraria  $h = h(t)$  più facilmente analizzabile è quella del **grafico orario** di  $h$ .

Ogni coppia di valori  $(t, h(t))$  ottenibile dalla legge oraria per un dato istante di tempo  $t$  viene rappresentata da un punto su un piano, la cui posizione è definita dalla coppia di **coordinate  $(t, h(t))$** .

Possiamo vedere che la palla cade via via sempre più velocemente: in intervalli di tempo eguali (linee di griglia verticali) la palla compie spostamenti via via maggiori.

Vediamo come caratterizzare quantitativamente queste velocità.

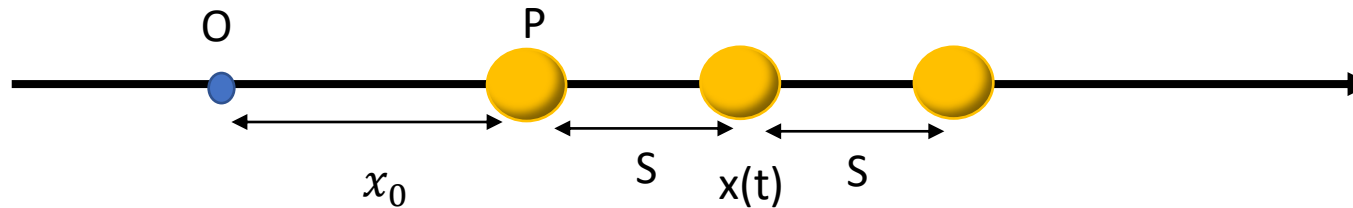


# Un breve richiamo di cinematica.

## La velocità di un corpo

Per introdurre la velocità di un corpo è bene partire da una situazione semplice di moto: il **moto** (rettilineo) **uniforme**.

Il moto uniforme è definito come quel moto in cui il corpo compie spostamenti eguali in intervalli di tempo eguali: in figura la palla compie sempre lo spostamento  $S$  in intervalli di tempo  $\Delta t$



Se combiniamo gli spostamenti successivi, otterremo che in un intervallo  $2 \Delta t$  la palla si sposterà di  $2 S$ , in  $3 \Delta t$  di  $3 S$  e così via: si ottiene quindi

$$S \propto \Delta t$$

Cioè, essendo  $S = x(t) - x_0$  e  $\Delta t = t - t_0$ , il moto uniforme ha una legge oraria del tipo

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

(avendo posto che il corpo abbia la posizione  $x_0$  per  $t = 0$ ).

Il grafico orario in questo caso è rappresentato da una retta.

Vediamo ora di confrontare due moti uniformi diversi

$$x_A(t) = A t + x_{A0}$$

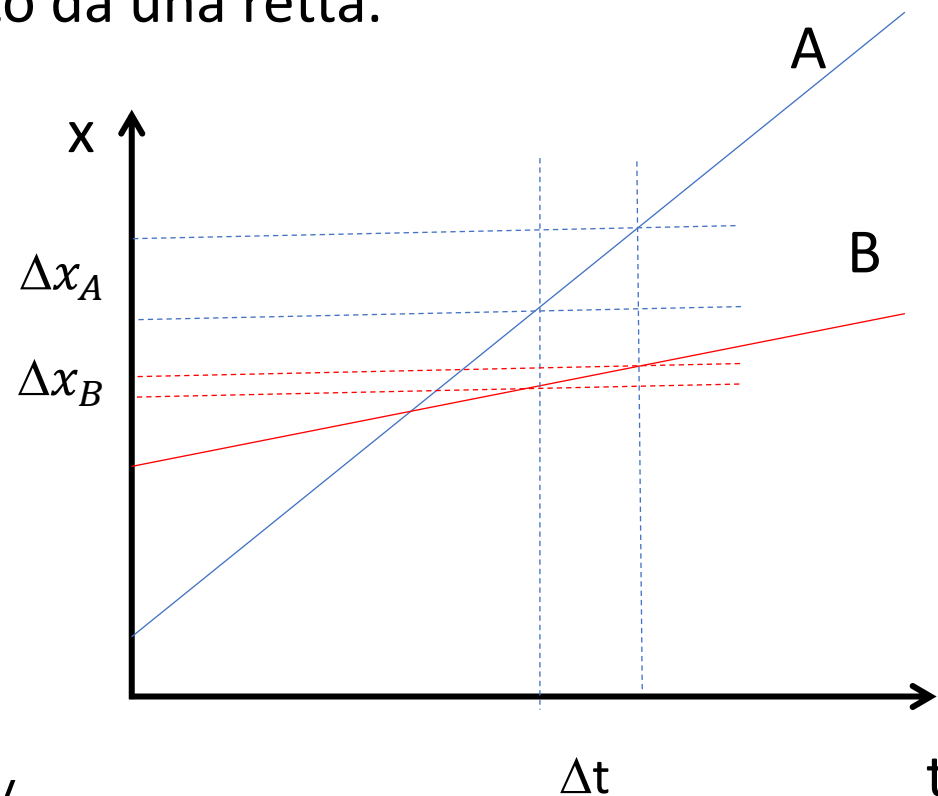
$$x_B(t) = B t + x_{B0}$$

Dal grafico risulta che per intervalli di tempo uguali  $\Delta t$  lo spostamento  $\Delta x_B$  è minore di  $\Delta x_A$ : il corpo A si muove più velocemente di B.

Possiamo quantificare la velocità dei due corpi, indipendentemente dall'intervallo di tempo  $\Delta t$  scelto, introducendo la grandezza **velocità media**

$$v_m = \Delta x / \Delta t$$

che corrisponde alla pendenza della retta ( $\Delta x / \Delta t$  inoltre è pari al coefficiente di t nella legge oraria)



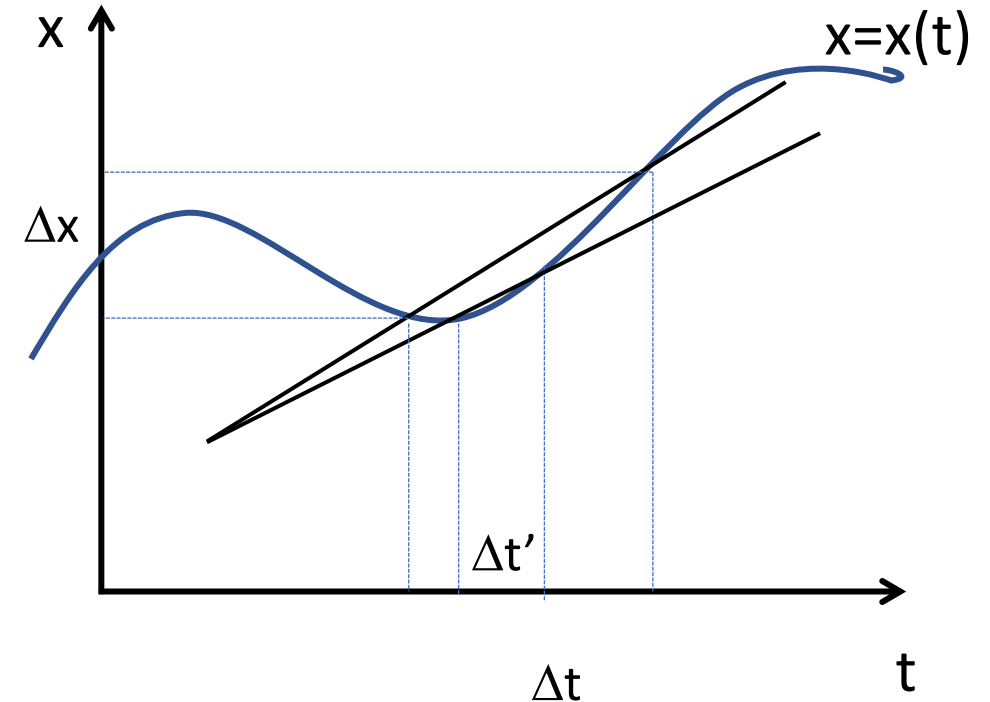


Consideriamo ora un moto generico (non uniforme) con un diagramma orario costituito da una curva generica.

Ad esempio, in figura, nell'intervallo  $\Delta t$  il corpo si sposta di  $\Delta x$ , e quindi la sua velocità media risulta  $v_m = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ , valore rappresentato dalla pendenza della retta secante (cioè passante per i due punti estremi dell'intervallo).

Sorge però un problema quando andiamo a calcolare il valore della velocità per un intervallo  $\Delta t'$  diverso: la pendenza della secante è diversa e quindi è diversa la velocità.

Come possiamo allora caratterizzare la velocità del moto in un qualche istante?



Il problema nasce dal fatto che la velocità media è una grandezza definita su un intervallo di tempo e non per un singolo istante

$$v_m = v_m(t, t + \Delta t)$$

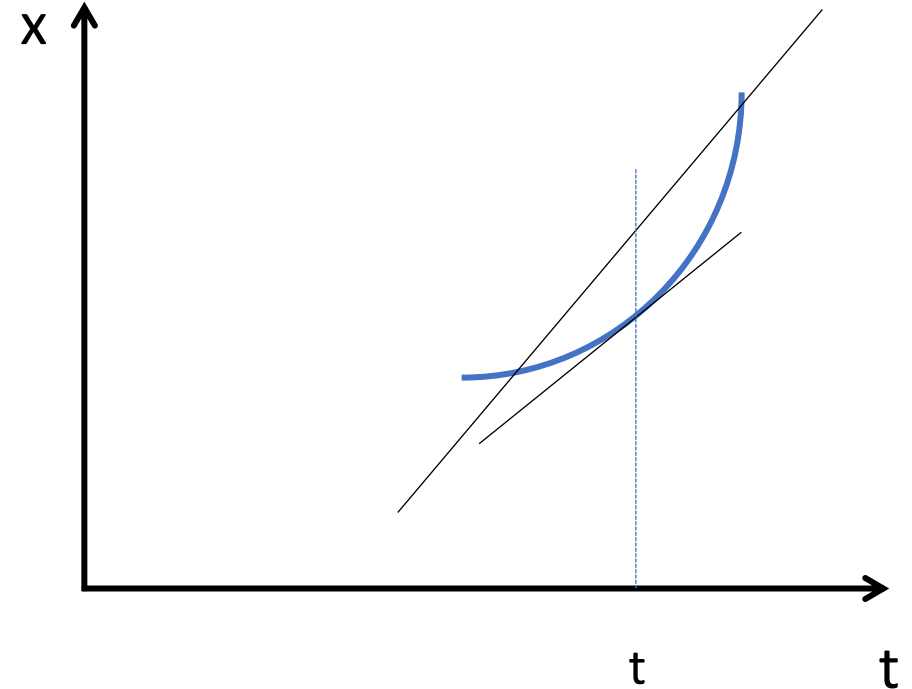
E quindi a seconda degli estremi dell'intervallo di tempo scelti, varia il valore ottenuto.

Se però avviciniamo sempre più gli estremi dell'intervallo, rendendo sempre più piccolo  $\Delta t$ , otteniamo al limite un valore che dipende da un singolo istante di tempo. Graficamente questo corrisponde a considerare la tangente alla curva della legge oraria per l'istante  $t$ .

Possiamo così definire il concetto di **velocità istantanea**, come

$$v(t) \equiv \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

che corrisponde graficamente alla **pendenza della tangente alla curva della legge oraria**



Otteniamo che la **velocità** così definita è una **funzione del tempo**

$$v = v(t)$$

Vediamo alcune caratteristiche del grafico orario della velocità, correlatamente al diagramma orario della posizione

**Massimi, minimi della posizione** (tangente orizzontale) →

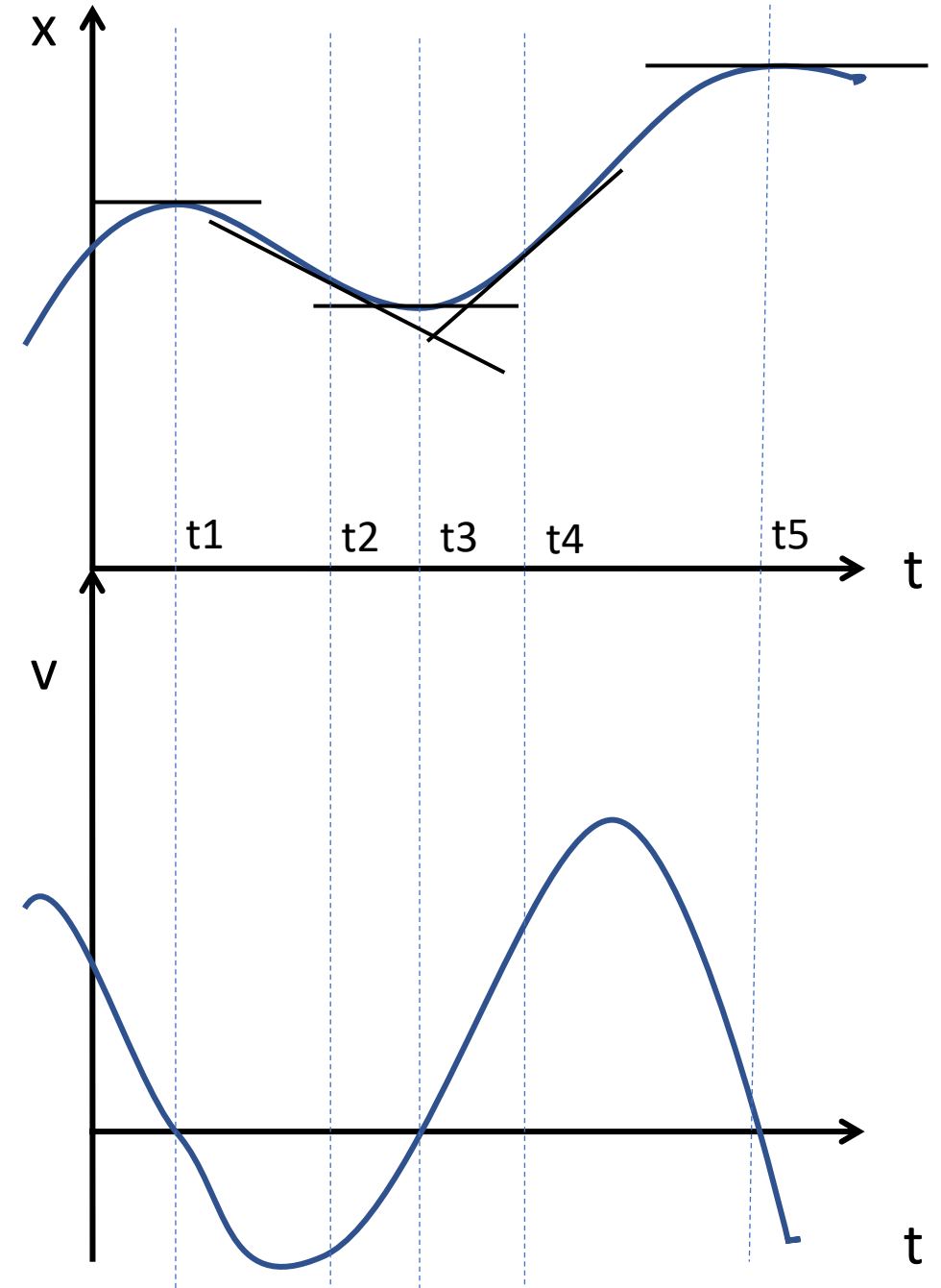
**velocità nulla**

**Pendenza positiva/negativa della tangente** →

**velocità positiva/negativa**

**Pendenza della tangente maggiore/minore** →

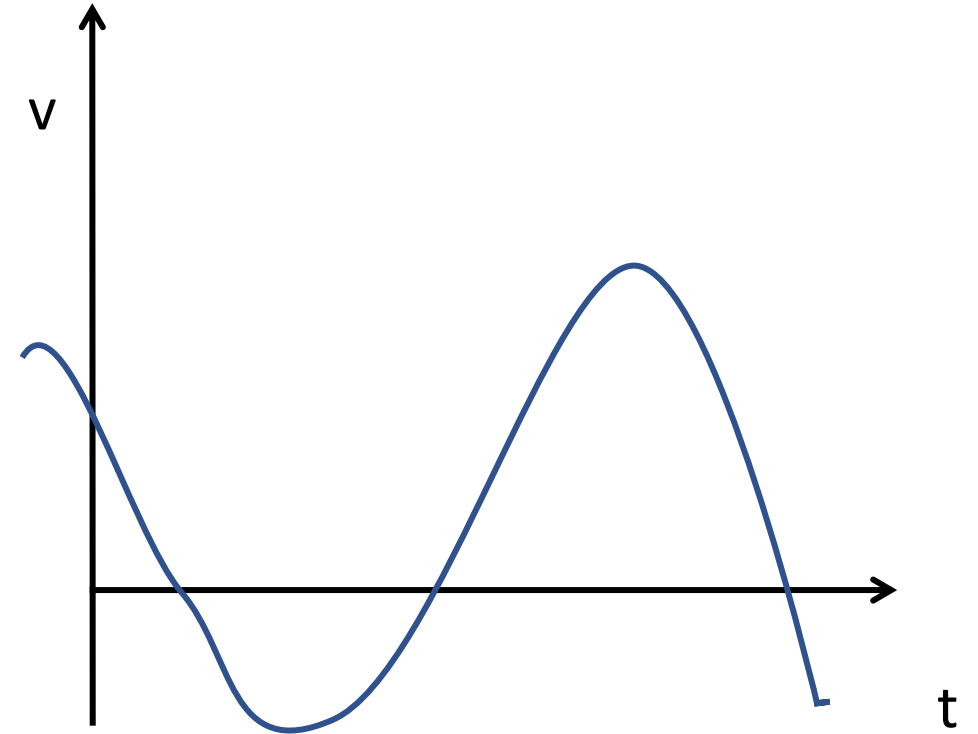
**velocità maggiore/minore (in modulo)**



Nella precedente slide abbiamo visto come in generale la velocità di un corpo vari nel tempo: potremo domandarci come descrivere questa variazione.

In maniera perfettamente analoga si può introdurre il concetto di accelerazione media (con l'esempio di un moto uniformemente accelerato) e di accelerazione istantanea.

Questo però va al di là delle finalità di questo corso.



# L'energia

Che cosa è l'energia?

Se andate a cercare nel web una definizione di questo concetto, troverete un certo numero di affermazioni, quali

«l'energia è la capacità di un corpo di compiere lavoro»

«l'energia fluisce da un corpo all'altro nelle interazioni termiche»

E altre simili. Uno si crea un'immagine di un qualche tipo di sostanza che può essere prelevata da un corpo e immessa in un altro, per fargli compiere qualche tipo di azione (tipo, una tanica di benzina riempita alla pompa e poi versata nel serbatoio di una macchina, per farla correre).

In realtà queste definizioni sono imprecise (a volte pure errate) e non danno l'esatto senso del concetto.

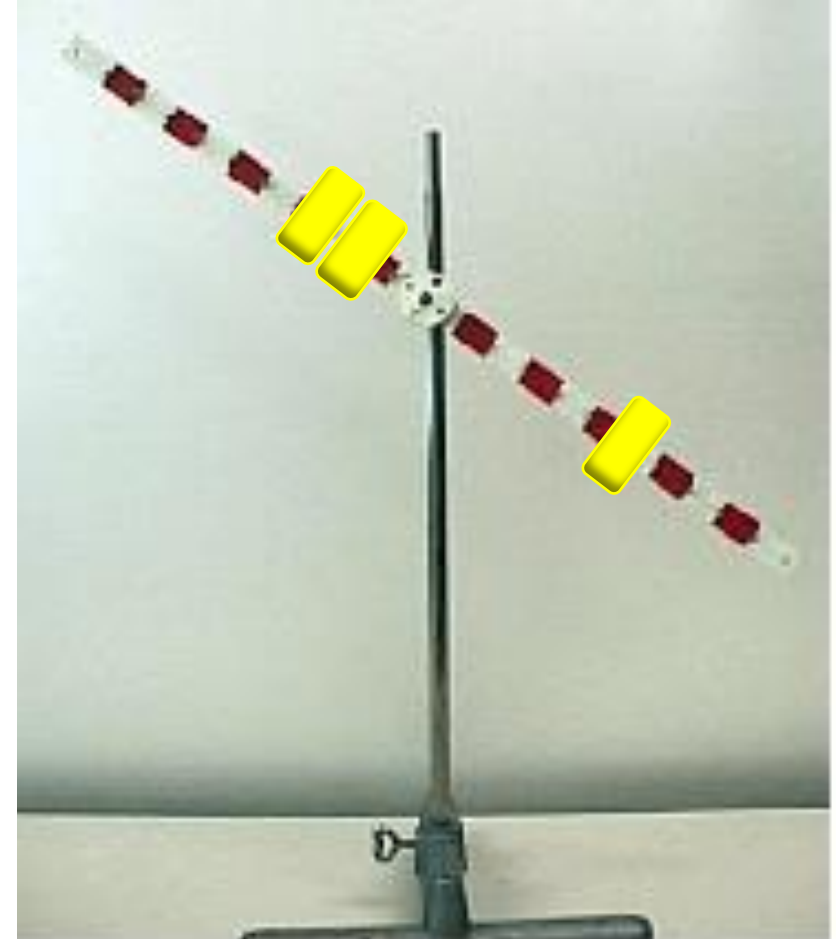
Proverò ad illustrare cosa si intende veramente come energia in Fisica, anche se ciò esula un pochino dalle finalità del corso: il concetto è cardine di quanto vedremo in seguito.

# L'energia:

## macchine virtuali reversibili

Per cominciare, abbiamo bisogno di considerare dei fenomeni fisici descrivibili in maniera semplice. Per fare ciò, considereremo una categoria di moti di corpi, mediati da **macchine virtuali reversibili**.

Prima di definire questo termine (che sembra complicato) esaminiamo il sistema che utilizzeremo: una **leva con il fulcro centrale** (una bilancia a due bracci) con delle masse poste su ciascuno dei bracci.



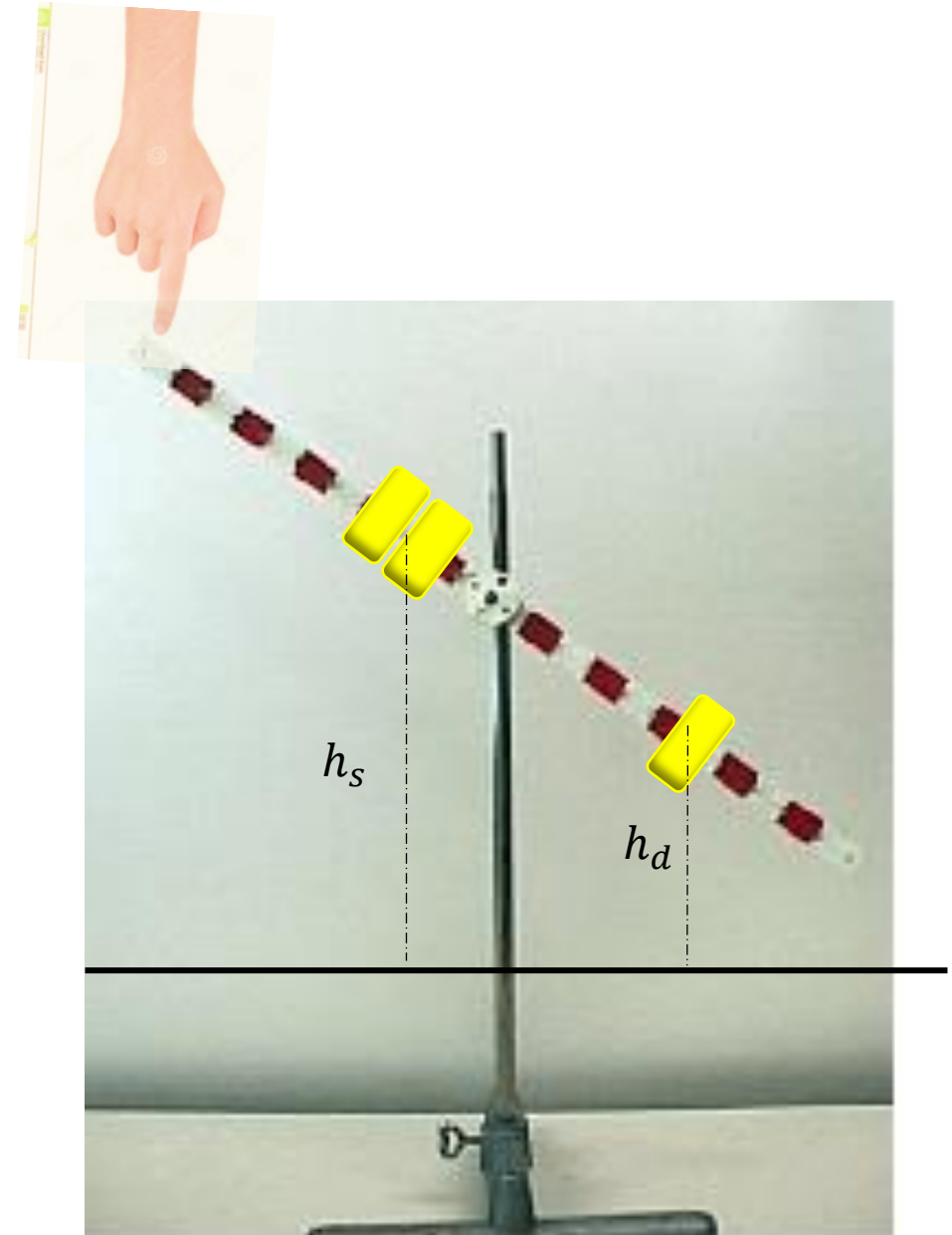
La macchina è costituita dalla bilancia, che agisce sul sistema fisico costituito dai due insiemi di masse (sul braccio sinistro e sul braccio destro).

Lo stato delle due masse è descritto dalle loro quote  $h_s$  e  $h_d$ :

agendo dall'esterno (spingendo con un dito) possiamo far variare le due quote e quindi lo stato del sistema.

Riassumendo

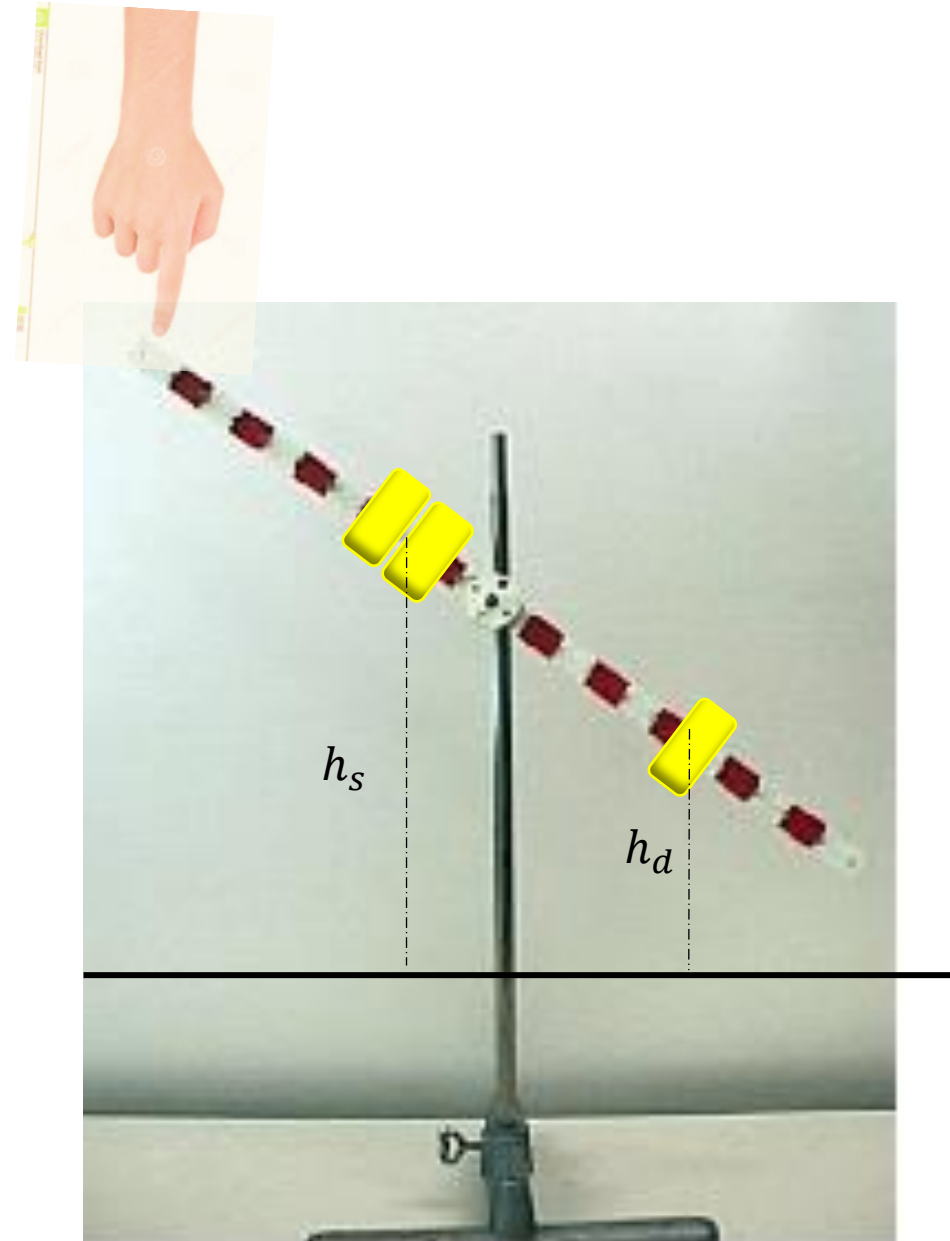
La bilancia è una **macchina che permette ad un sistema fisico di passare da uno stato iniziale ad uno finale, mediante una sollecitazione esterna**



Supponiamo ora che i due insiemi di masse siano posizionati sui bracci della bilancia in modo tale che se essa viene lasciata in quiete ad una qualsiasi inclinazione, vi rimanga (equilibrio).

Allora, possiamo far ruotare la bilancia in maniera sempre più lenta, diminuendo l'intensità della spinta che applichiamo dall'esterno. Al limite, impiegheremo un tempo infinito per far muovere la bilancia, passando per tutta una serie di stati di equilibrio

La bilancia è una macchina **virtuale che fa evolvere il sistema in maniera estremamente lenta, in maniera tale che in ogni istante esso sia praticamente in equilibrio (lasciato a se stesso, non cambia il suo stato)**

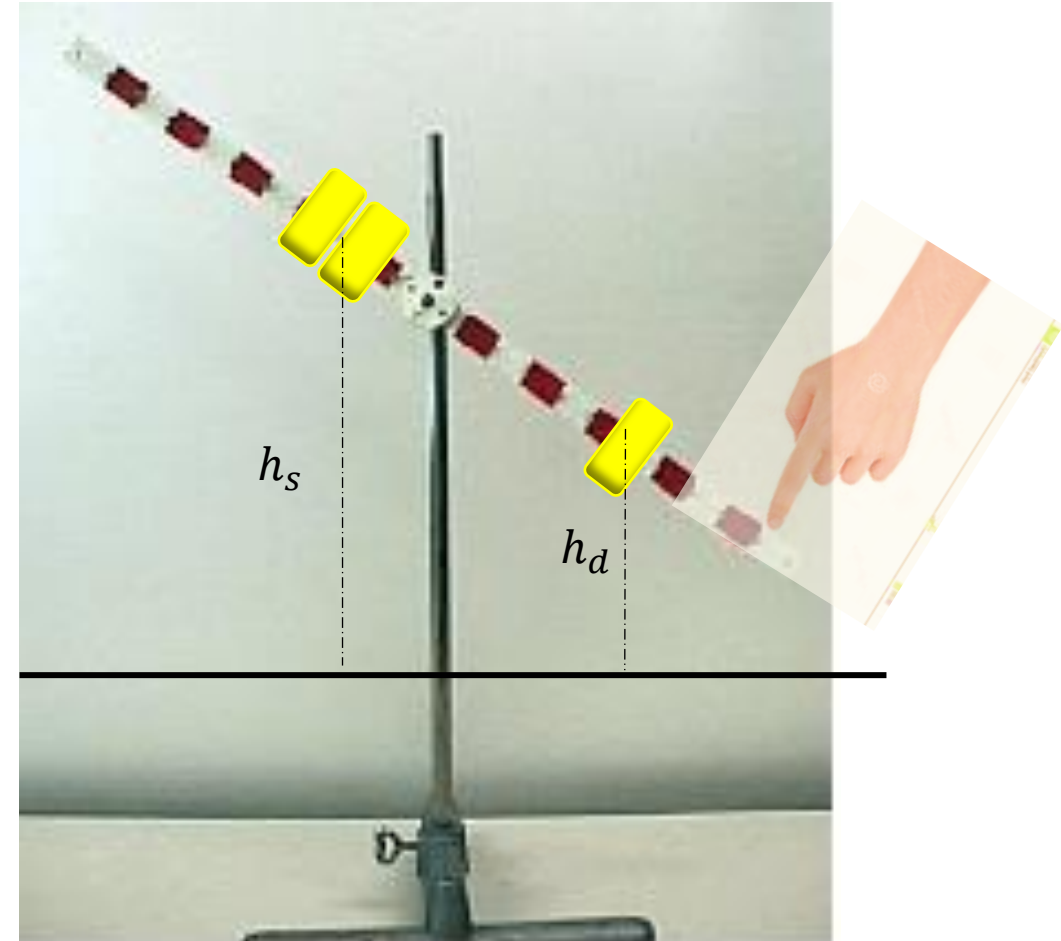




Supponiamo ora di volere far ruotare la bilancia in senso orario e non antiorario.

Se ciò è possibile applicando una azione piccola a piacere (ad esempio, non ci sono attriti sul fulcro da vincere) allora la macchina viene detta reversibile.

In tal caso, la bilancia è una macchina virtuale **reversibile per la quale le trasformazioni possono procedere in un verso o nell'altro applicando azioni dall'esterno piccole a piacere**



Riassumiamo il concetto di **macchina virtuale reversibile**.

- **Macchina**: qualsiasi artefatto che permetta ad un sistema fisico di passare da uno stato iniziale ad uno finale
- **Virtuale**: la macchina deve far evolve il sistema in maniera estremamente lenta, in maniera tale che in ogni istante esso sia praticamente in equilibrio (lasciato a se stesso, non cambia il suo stato)
- **Reversibile**: le trasformazioni (virtuali) possono procedere in un verso (iniziale  $\rightarrow$  finale) o nell'altro (finale  $\rightarrow$  iniziale) applicando azioni dall'esterno piccole a piacere (in presenza di attriti ad esempio, è necessaria una azione finita per vincere la resistenza al moto)