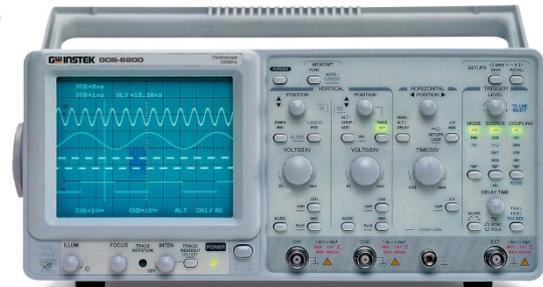
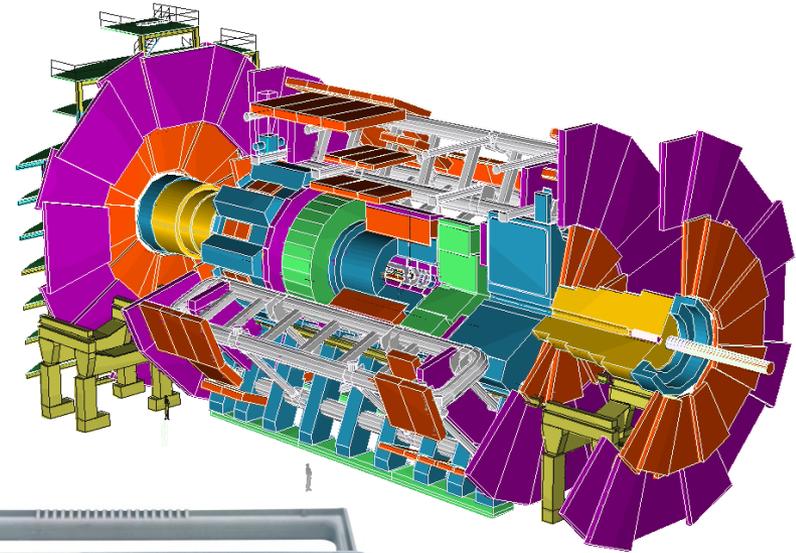


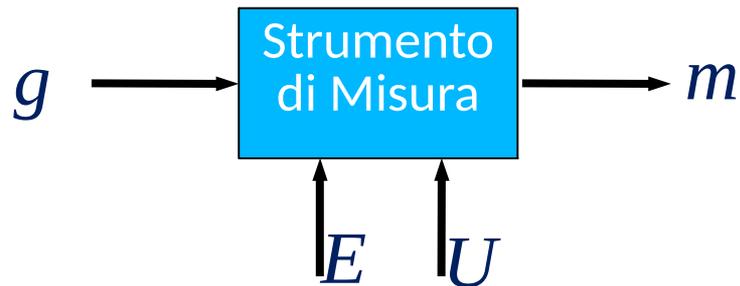
Strumenti di Misura

Le misure in fisica si ottengono attraverso gli [strumenti di misura](#), dispositivi che possono essere sia molto semplici (come un righello) sia molto complessi come i rivelatori attualmente in uso a LHC per la misura delle reazioni subnucleari.



Strumenti di Misura

Il funzionamento di un generico strumento può essere schematizzato nel seguente modo



Esempi.

Un doppio decimetro. g è la lunghezza da misurare. U è l'unità con cui è stato calibrato (tipicamente centimetri). E è la luce che illumina la scala.

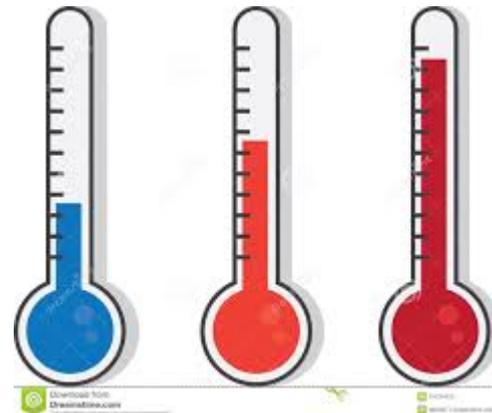
Termometro a mercurio. g è la temperatura ambiente, m è la lunghezza della colonna di mercurio. Lo strumento è tarato in modo che la lettura dia direttamente il valore della temperatura nelle unità U .

Strumenti Analogici e Digitali

- Negli strumenti analogici la grandezza fisica è trasformata in un grandezza analogica a quella da misurare (tipicamente un indice in una scala graduata) che assume valori continui
- Negli strumenti digitali la grandezza fisica è trasformata, mediante dispositivi elettronici, in un numero che (spesso) viene visualizzato su un *display*. Il valore della grandezza è discretizzato

Esempi di Strumenti Analogici

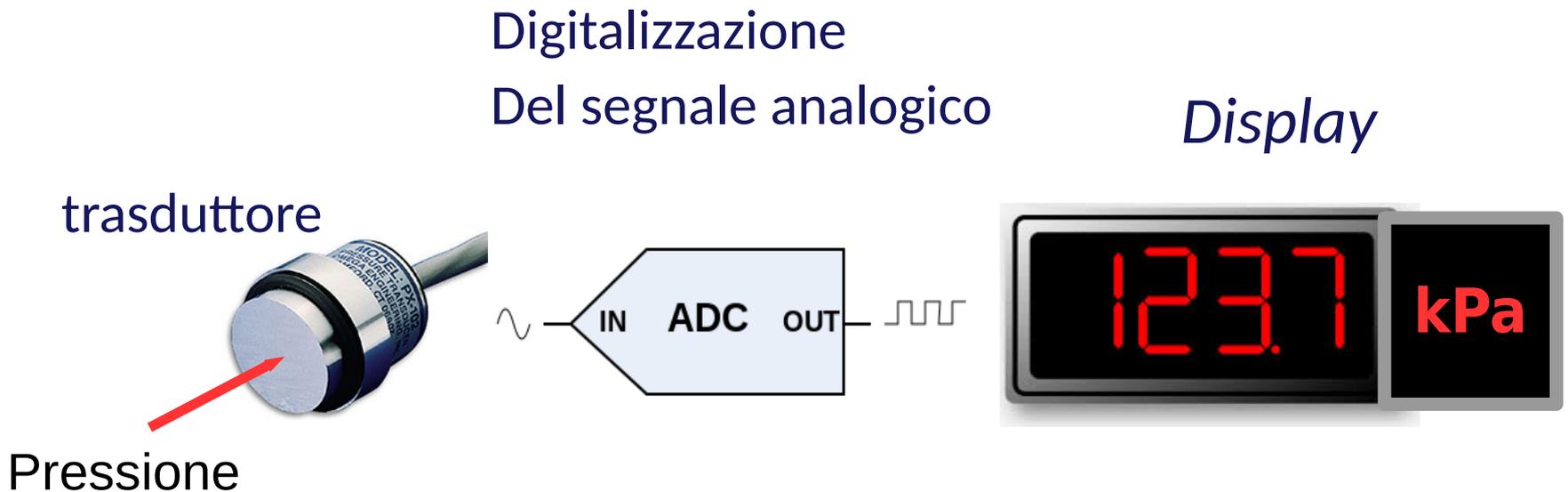
- **Bilancia analogica.** Il valore della massa è trasformato nell'angolo di rotazione di un indice.
- **Termometro analogico.** Il valore della temperatura è rappresentato dalla lunghezza di un materiale sensibile alla temperatura.



Schema di uno Strumento Digitale

La grandezza fisica è trasformata tramite un trasduttore in una grandezza elettrica analogica, un ADC trasforma il segnale analogico in segnale digitale. Il segnale digitale è trasformato in un numero .

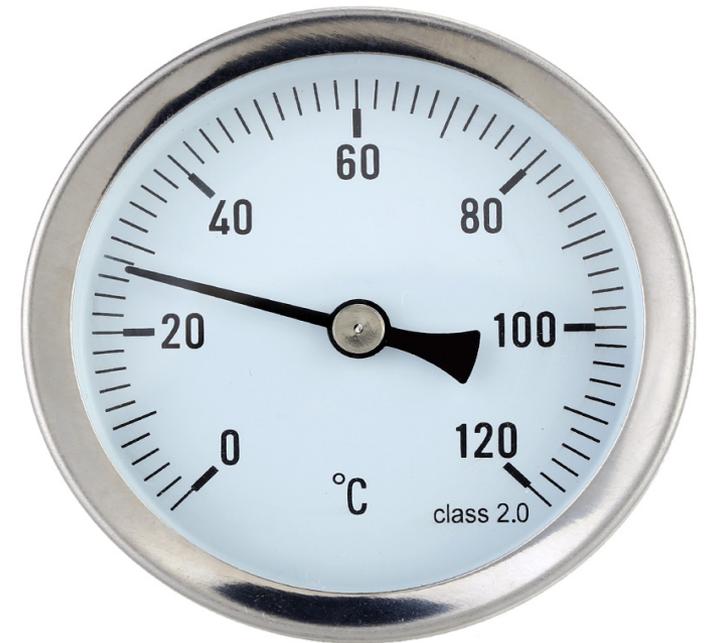
Esempio (barometro):



Lettura degli Strumenti analogici a scala continua

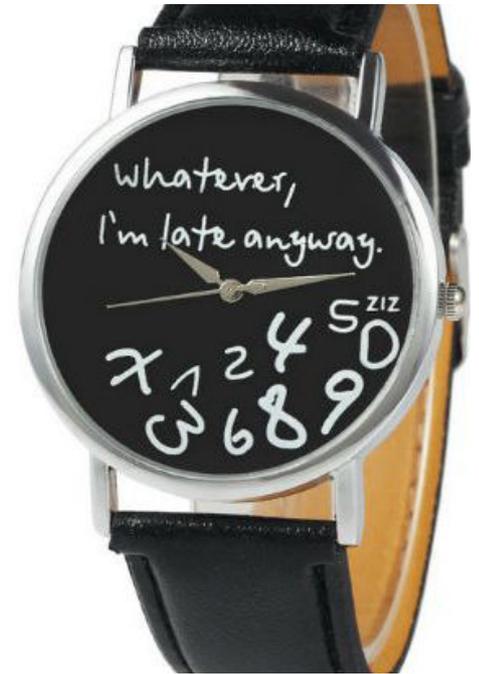
Questo tipo di strumenti va letto in modo continuo valutando «al meglio» la posizione dell'indice.

(in parte il risultato dipende da chi legge la scala)



Estrapolare tra le tacche!

Si deve cercare di estrapolare al meglio il valore indicato dall'indice.

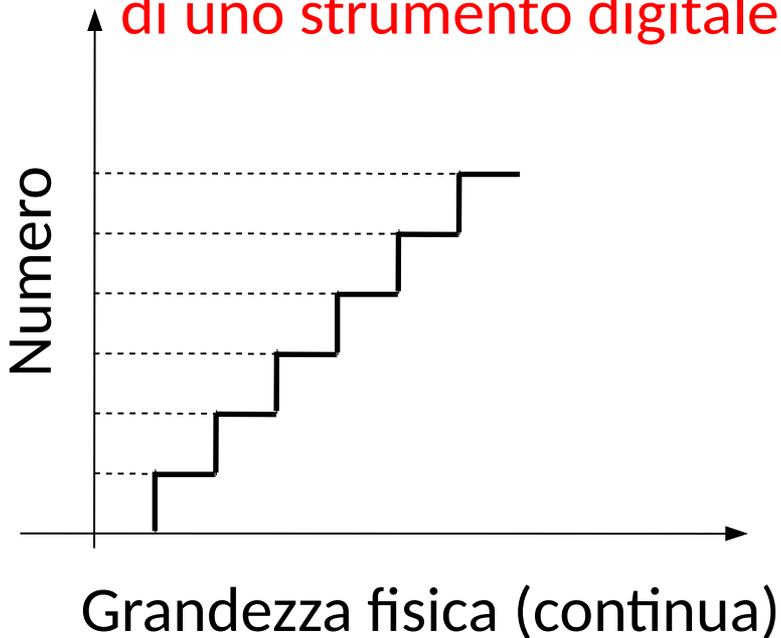


Strumenti digitali

Lo strumento digitale fornisce direttamente la misura con un certo numero di cifre significative.

Esempio

Funzione di Trasferimento di uno strumento digitale



Questo cronometro misura intervalli temporali "al centesimo di secondo"

Principali Caratteristiche degli Strumenti di Misura

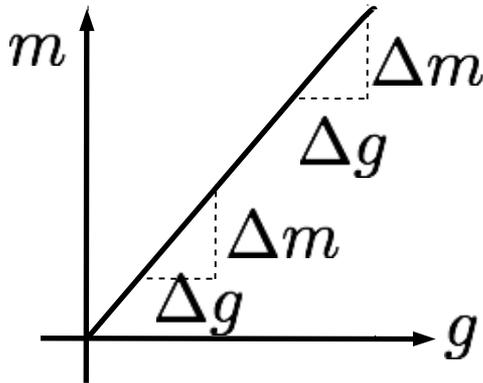
- **Intervallo di Funzionamento (ing.: Range)** : *valori min e max del valore della grandezza misurata*
- **Sensibilità:** E' il rapporto tra la variazione della risposta dello strumento (m) e la variazione del corrispondente stimolo (g)

$$S(g) = \frac{dm}{dg}$$

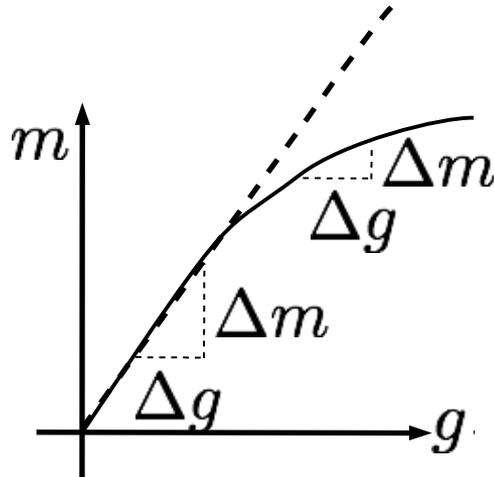
Matematicamente la sensibilità è
la derivata della risposta (m)
rispetto alla sollecitazione (g)

- **Linearità:** capacità dello strumento di dare una risposta proporzionale alla grandezza misurata.
- **Prontezza:** è misurata dal tempo con cui lo strumento reagisce alla sollecitazione. Esempi: Δt (termometro) $\sim 10 \div 100$ s,
 Δt (oscilloscopio) $\sim 10^{-9}$ s

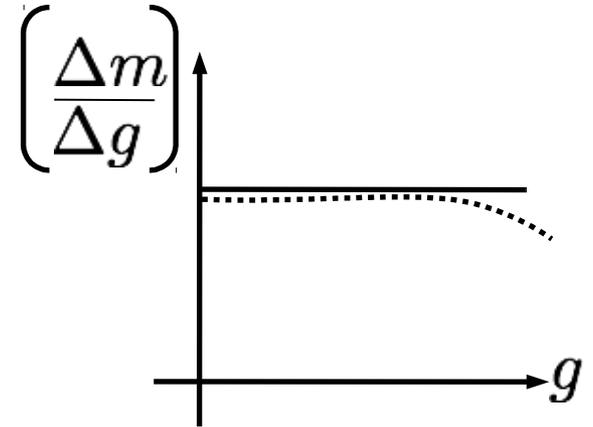
Sensibilità e Linearità



Risposta lineare
Sensibilità costante



Risposta non-lineare
Sensibilità variabile



Sensibilità per risposta lineare e non-lineare (curva tratteggiata)

La sensibilità è la derivata della curva di risposta dello strumento

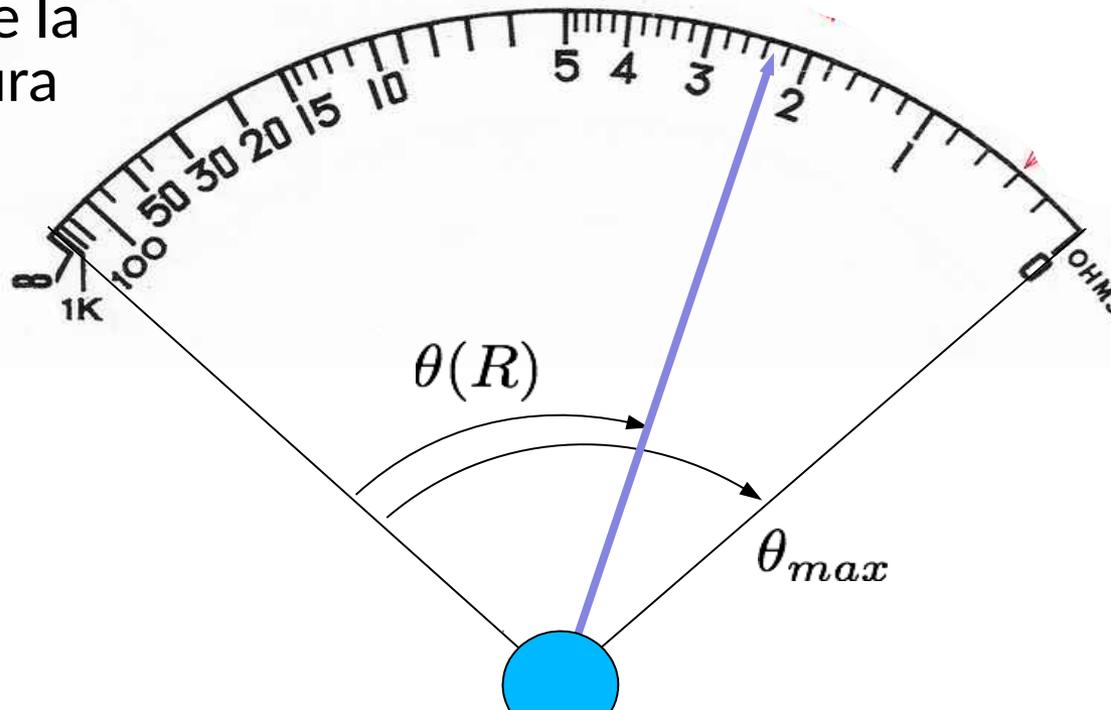
$$S(g) = \frac{dm}{dg}$$

Esempio di scala non lineare ohmmetro

Gli ohmmetri analogici (misurano la resistenza) hanno una scala non lineare (iperbolica). La sensibilità è elevata a bassi valori del misurando e diminuisce a valori alti.

Esercizio. Calcolare la sensibilità di un ohmmetro sapendo che la funzione di risposta alla misura di R è:

$$\theta(R) = \frac{1}{1 + R/r} \theta_{max}$$



Principali Caratteristiche degli Strumenti di Misura (cont.)

- **Accuratezza:** capacità dello strumento di dare una risposta vicino al valore vero della grandezza (concetto qualitativo)
- **Precisione (o Ripetibilità):** capacità dello strumento di dare la stessa risposta alla stessa sollecitazione (concetto qualitativo)

Accuratezza e Precisione

Accuratezza e Precisione si riferiscono a caratteristiche della misurazione che uno strumento può eseguire; entrambe sono concetti *qualitativi* che qualificano il comportamento degli strumenti.
Analogia del Bersaglio per Accuratezza e Precisione.



High Accuracy
High Precision



Low Accuracy
High Precision



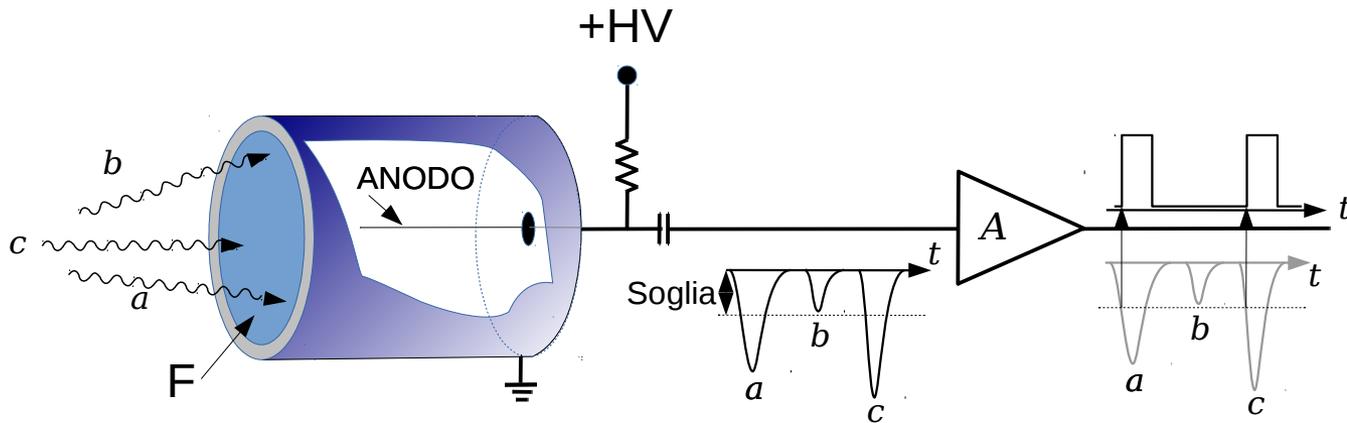
High Accuracy
Low Precision



Low Accuracy
Low Precision

Contatori

I contatori sono speciali rivelatori, tipicamente di radiazione ionizzante, che danno una risposta formata da un segnale di “breve durata”.



**Contatore
Geiger**

Una caratteristica del contatore è la sua efficienza (η).
($1 - \eta$) è la probabilità che il contatore, colpito dalla radiazione, non emetta il segnale (inefficienza)