

FISICA 1 M-Z

Stefano Vitale

Francesco Pederiva

Fisica I

Struttura del Corso:

1. Meccanica del punto materiale

1.1 Cinematica

1.2 Leggi della Dinamica

1.3 Applicazioni delle Leggi della Dinamica

2. Meccanica dei sistemi di Punti Materiali

Libri:

**Qualunque testo di Meccanica per Ingegneria o
Fisica**

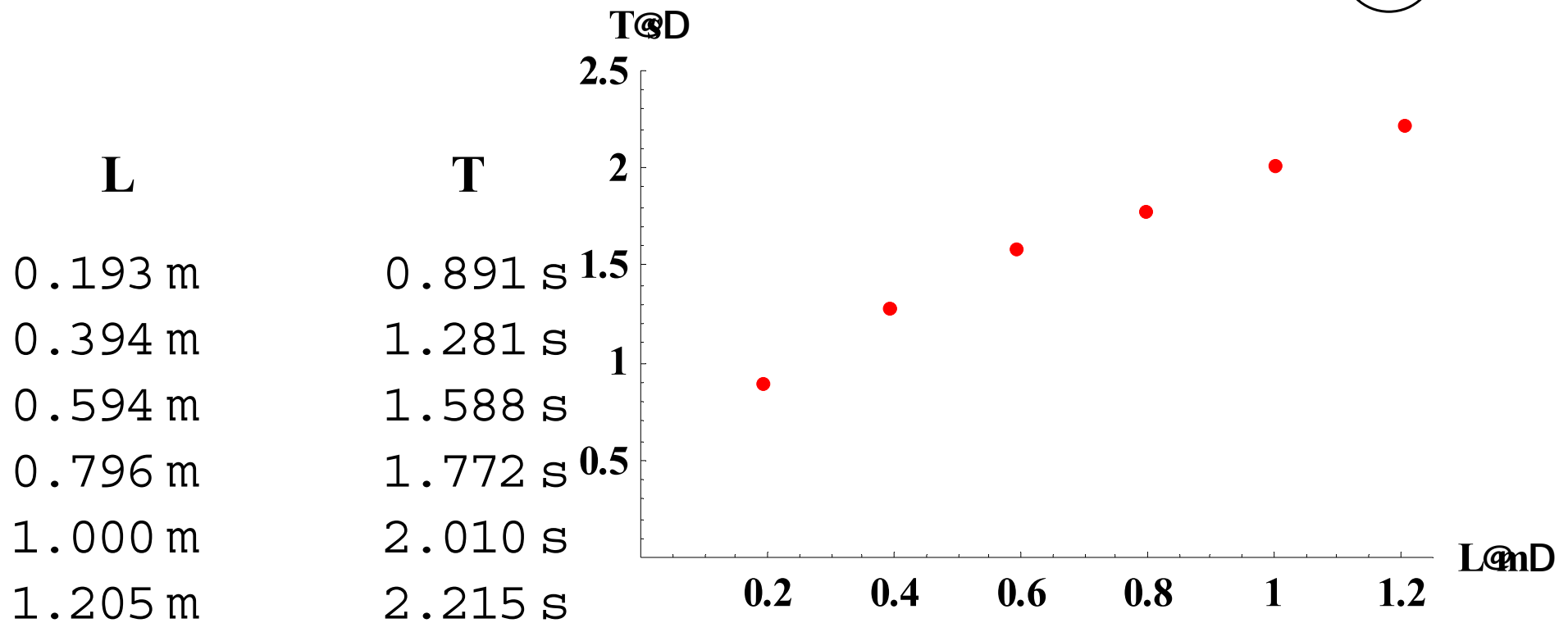
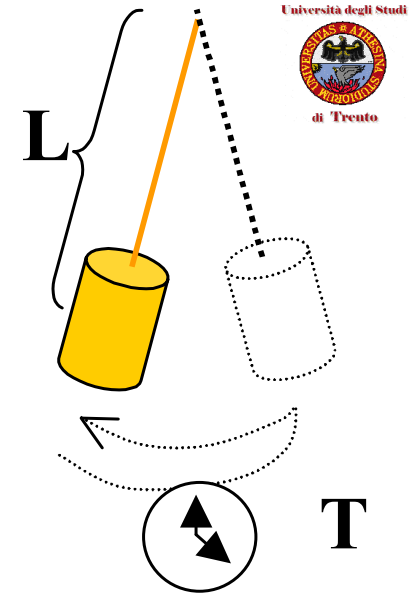
**Esempi: C. Mencuccini, V. Silvestrini, Fisica I
Liguori Editori**

“La Fisica di Berkeley Vol. I” Zanichelli Editore

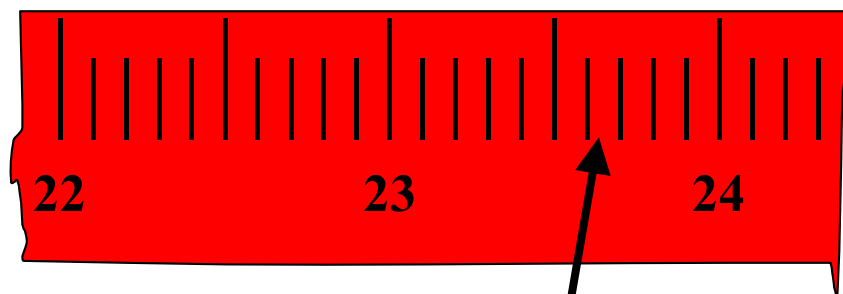
Es: Esperimento del Pendolo

Si misura il periodo T , tempo necessario al pendolo ad effettuare un'oscillazione completa.

Si misura L , distanza fra il centro di massa (?) del pendolo e il punto di sospensione.



1) Le misure hanno un errore:



L(cm)

N

$\pm 0.5 \text{ mm (?)}$

Ripetizioni
esperimento →

N	T
1	0.907 s
2	0.923 s
3	0.926 s
4	0.881 s
5	0.893 s
6	0.905 s
7	0.898 s
8	0.914 s
9	0.927 s
10	0.887 s
11	0.910 s
12	0.908 s

$\pm 0.5 \text{ mV}$



$0.881 \text{ s} \leq T \leq 0.927 \text{ s}$

$^a T = 0.91 \pm 0.2$

(in realtà un po'
meglio)(?)

1. Le misure sono note (registrate) con un certo numero di **cifre significative**:

1.327 km vuol dire:00001.327???? km e non
....00001.3270000000 km

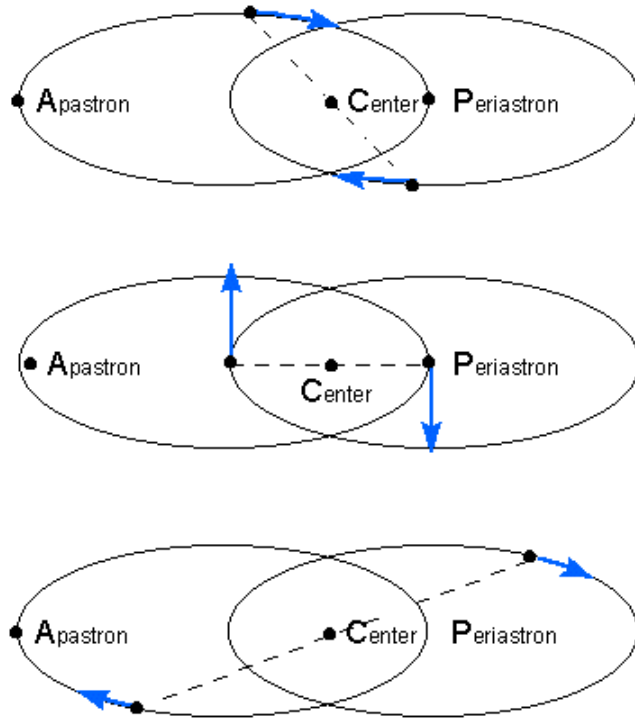
Conviene dunque rappresentare i numeri sempre in notazione esponenziale. Dunque mai

132700 cm ma invece 1.327×10^5 cm

2. L'errore ha generalmente 1 (o tutt'al più 2) cifre significative. Dunque il risultato della misura va dato fino alla (seconda) cifra dell'errore

1.327 ± 0.001 km ok; 1.3274673 ± 0.001 km ????

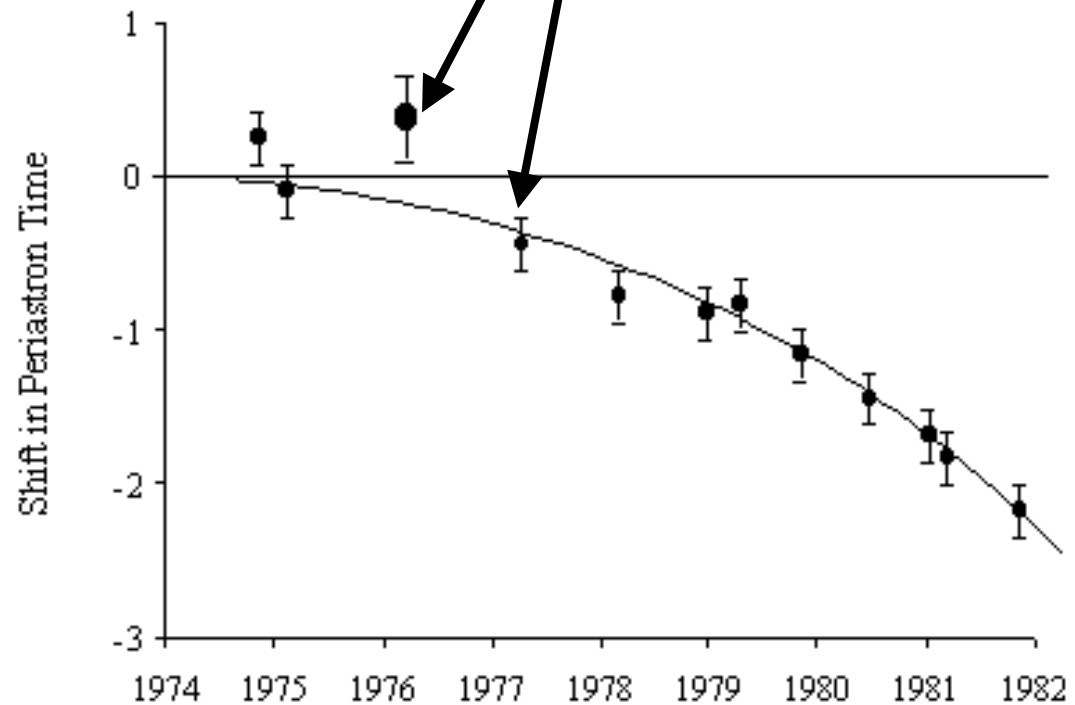
Orbit of a Binary Pulsar



**Un esempio da
Nobel: la scoperta
delle onde
gravitazionali**

Rappresentazione degli errori di misura

Le barre d'errore



2) Le misure hanno un'unità:

Ne mancano
ancora 200 ...
200 che???



Miglia ? 321.9 km
Anni-luce? 1.89×10^{15} km
Parsec? 6.17×10^{15} km
Iarde? 0.183 km
Piedi? 0.061 km

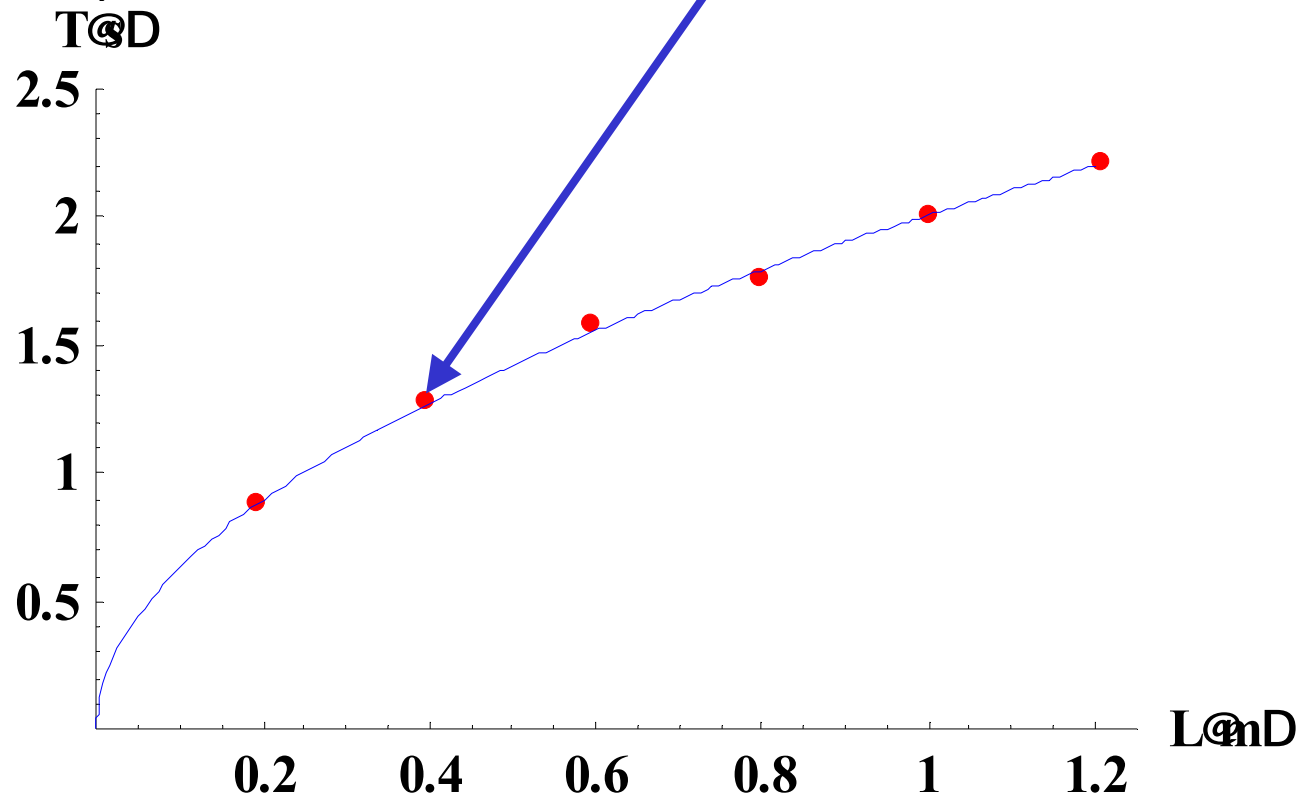
Come si convertono le unità?

1 miglio = 1609.34 metri \rightarrow 200 miglia = 200×1609.34 metri = 321869. metri

Le leggi fisiche sono
osservazioni
sperimentali di
relazioni matematiche
fra i risultati di misure
indipendenti
(Vuolsi così colà

$$T(s) = 2.006\sqrt{L(m)} \equiv T = 2.006 \frac{s}{\sqrt{m}} \sqrt{L}$$

$$\left\{ (T \pm \Delta T)_{\text{secondi}} \cap (2.006) \sqrt{(L \pm \Delta L)_{\text{metri}}} \neq \emptyset \right\}$$



$$\frac{T(s)}{\sqrt{L(m)}} = 2.006 \rightarrow \frac{T}{\sqrt{L}} = 2.006 \frac{s}{\sqrt{m}} =$$

$$= 2.006 \frac{\frac{1 \text{ ora}}{3600}}{\sqrt{\frac{1 \text{ km}}{1000}}} = 1.762 \times 10^{-2} \frac{\text{ore}}{\sqrt{\text{km}}}$$

La proporzionalità **non** dipende dalla scelta delle
unità

La costante di proporzionalità **si**

Le leggi fisiche non dipendono da scelte arbitrarie
degli osservatori

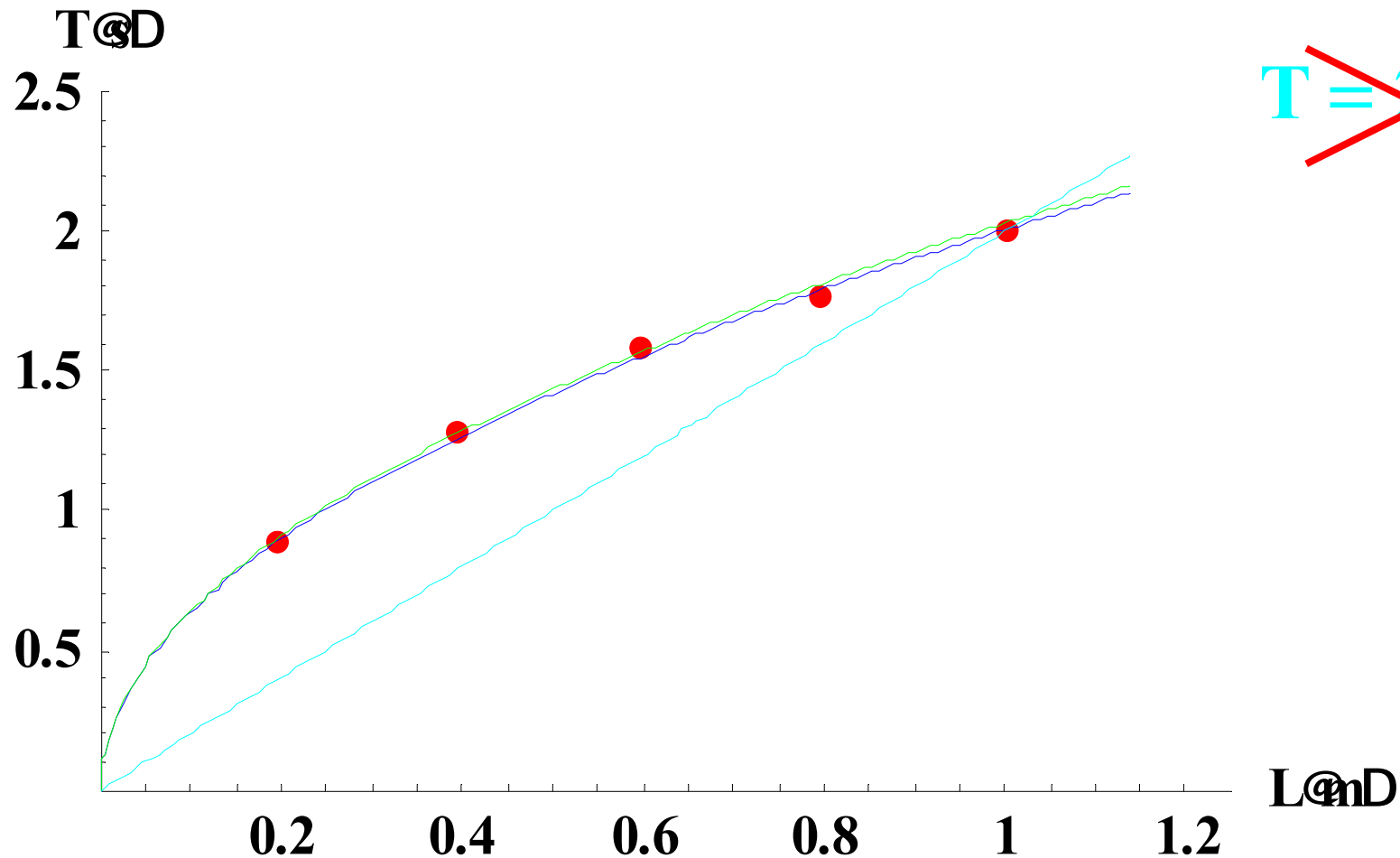
La scelta delle unità di misura è una scelta arbitraria

**Esistono leggi “compatibili”
con le osservazioni e leggi
“false”
(Provando e Riprovando)**

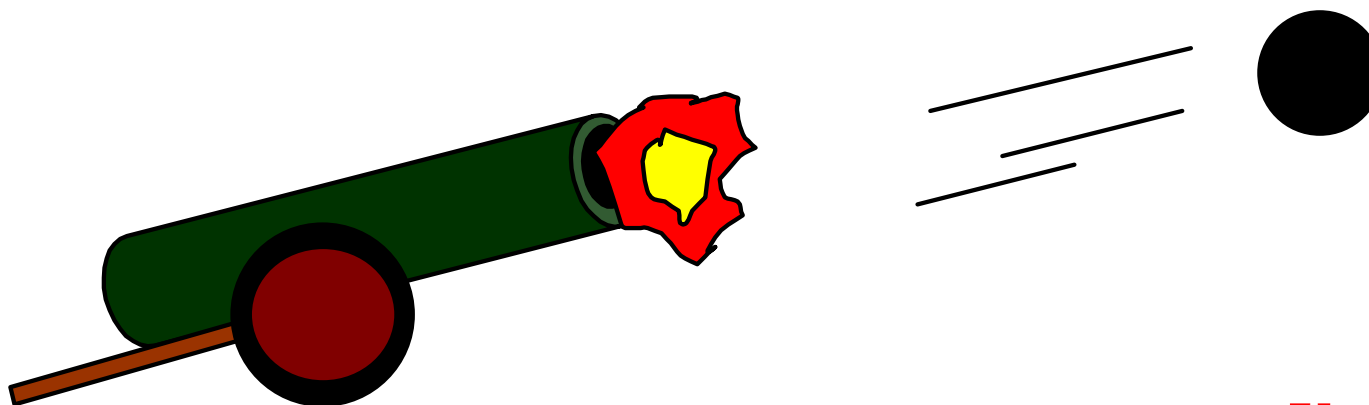
$$T = 2.006 \frac{s}{m^{1/2}} \sqrt{L}$$

$$T = 2.03 \frac{s}{m^{1/2}} \sqrt{L}$$

~~$$T = 2 \frac{s}{m} L$$~~



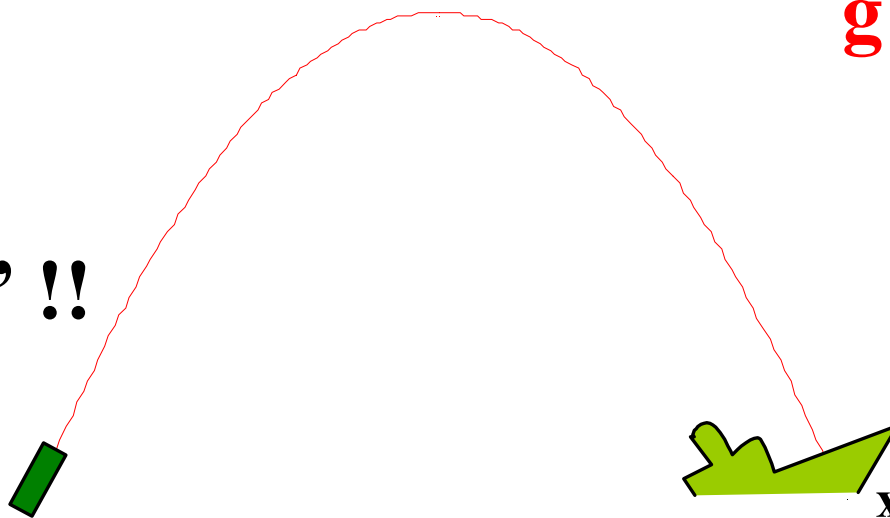
Ma a che servono le leggi fisiche?



z

$$x_{\max} = \frac{v_0}{g} \sin(2\theta)$$

A “progettare” !!



Conclusioni Principali

Le **Grandezze Fisiche** sono quantità numeriche
risultato di misure

Le misure portano sempre ad un risultato dotato
di **errore** (eccezione: il conteggio)

Le misure hanno sempre **un'unità di misura**
(eccezione i numeri puri)

Ancora sulle leggi fisiche

$$A = K B^{\alpha} C^{\gamma} D^{\beta}$$

Cambiamento di unità:

$$A = k_A A', \quad B = k_B B', \quad C = k_C C', \quad D = k_D D'$$

$$\begin{aligned} k_A A' &= K k_B^{\alpha} B'^{\alpha} k_C^{\gamma} C'^{\gamma} k_D^{\beta} D'^{\beta} = \\ &= \left(\frac{K k_B^{\alpha} k_C^{\gamma} k_D^{\beta}}{k_A} \right) B'^{\alpha} C'^{\gamma} D'^{\beta} \rightarrow A' = K' B'^{\alpha} C'^{\gamma} D'^{\beta} \end{aligned}$$

Ok: la proporzionalità è osservata da entrambi gli osservatori

$$A = \text{Sin}(B) \rightarrow k_A A' \neq \text{Sin}(k_B B')$$

No: solo uno dei due osservatori trova la legge obbedita

Il rapporto di due numeri che si misurano nelle stesse unità non dipende dalla scelta dell'unità di misura (numero puro)

$$\frac{B}{B_o} = \frac{B'/k_B}{B'_o/k_B} = \frac{B'}{B'_o}$$

Una funzione trascendente di un numero puro può comparire in una legge fisica

$$A = A_o \text{Sin} \left(\frac{B}{B_o} \right) \rightarrow \frac{A'}{k_A} = A_o \text{Sin} \left(\frac{B'/k_B}{B'_o/k_B} \right)$$

$$\rightarrow A' = k_A A_o \text{Sin} \left(\frac{B'/k_B}{B'_o/k_B} \right) \rightarrow A'_o \text{Sin} \left(\frac{B'}{B'_o} \right)$$

Grandezze fondamentali e derivate

Es: definiamo lunghezza con sua unità

(es, il metro)

“Definiamo” l’area come $A=L_1 \times L_2$

A è il risultato di un calcolo a partire dalle misure di L_1 e L_2

**Unità di A = Unità di L \times Unità di L =(Unità di L)²
(Es: m²)**

(A “ha le dimensioni di una lunghezza al quadrato”)

**Basta definire le unità per poche grandezze
“fondamentali”**

**Le unità delle altre seguono
Sistemi di Unità**

Il Sistema Internazionale

Base quantity	Name	Symbol
length	meter	m
mass	kilogram	kg
time	second	s
electric current	ampere	A
thermodynamic temperature	kelvin	K
amount of substance	mole	mol
luminous intensity	candela	cd

The meter is the length of the path travelled by light in vacuum during a time interval of $1/299\,792\,458$ of a second.

The kilogram is the unit of mass; it is equal to the mass of the international prototype of the kilogram.

The second is the duration of 9 192 631 770 periods of the radiation corresponding to the transition between the two hyperfine levels of the ground state of the cesium 133 atom.

The ampere is that constant current which, if maintained in two straight parallel conductors of infinite length, of negligible circular cross-section, and placed 1 meter apart in vacuum, would produce between these conductors a force equal to 2×10^{-7} newton per meter of length.

The kelvin, unit of thermod. temperature, is the fraction $1/273.16$ of the thermodynamic temperature of the triple point of water.

The mole is the amount of substance of a system which contains as many elementary entities as there are atoms in 0.012 kilogram of carbon 12

Derived quantity	Name	Symbol
area	square meter	m²
volume	cubic meter	m³
speed, velocity	meter per second	m/s
acceleration	meter per second squared	m/s²
wave number	reciprocal meter	m⁻¹
mass density	kilogram per cubic meter	kg/m³
specific volume	cubic meter per kilogram	m³/kg
current density	ampere per square meter	A/m²
magnetic field strength	ampere per meter	A/m
amount-of-substance concentration	mole per cubic meter	mol/m³
luminance	candela per square meter	cd/m²
mass fraction	kilogram per kilogram, which may be represented by the number 1	kg/kg = 1

Table 3. SI derived units with special names and symbols

SI derived unit				
Derived quantity	Name	Symbol	Expression in terms of other SI units	Expression in terms of SI base units
plane angle	radian ^(a)	rad	-	$\text{m m}^{-1} = 1$ ^(b)
solid angle	steradian ^(a)	sr ^(c)	-	$\text{m}^2 \text{m}^{-2} = 1$ ^(b)
frequency	hertz	Hz	-	s^{-1}
force	newton	N	-	m kg s^{-2}
pressure, stress	pascal	Pa	N / m^2	$\text{m}^{-1} \text{kg s}^{-2}$
energy, work, quantity of heat	joule	J	N m	$\text{m}^2 \text{kg s}^{-2}$
power, radiant flux	watt	W	J / s	$\text{m}^2 \text{kg s}^{-3}$
electric charge, quantity of electricity	coulomb	C	-	s A
electric potential difference, electromotive force	volt	V	W / A	$\text{m}^2 \text{kg s}^{-3} \text{A}^{-1}$
capacitance	farad	F	C / V	$\text{m}^{-2} \text{kg}^{-1} \text{s}^4 \text{A}^2$

Factor	Name	Symbol	Factor	Name	Symbol
10^{24}	yotta	Y	10^{-1}	deci	d
10^{21}	zetta	Z	10^{-2}	centi	c
10^{18}	exa	E	10^{-3}	milli	m
10^{15}	peta	P	10^{-6}	micro	μ
10^{12}	tera	T	10^{-9}	nano	n
10^9	giga	G	10^{-12}	pico	p
10^6	mega	M	10^{-15}	femto	f
10^3	kilo	k	10^{-18}	atto	a
10^2	hecto	h	10^{-21}	zepto	z
10^1	deka	da	10^{-24}	yocto	y

Ancora sugli errori e cifre significative Nei calcoli

$$2.7833 \text{ km}^2 \leq$$

$$(1.327 \pm 0.001) \text{ km} \times (2.102 \pm 0.003) \text{ km}$$

$$\leq 2.7954 \text{ km}^2$$

$$\rightarrow 2.789 \pm 0.006 \text{ km}^2$$

In generale se $B=B_0 \pm \Delta B$ e $A=f(B)$

$$\frac{f(B_0 + \Delta B) - f(B_0)}{\Delta B} \approx \left(\frac{dA}{dB} \right)_{B=B_0}$$

$$\frac{f(B_0 - \Delta B) - f(B_0)}{\Delta B} \approx - \left(\frac{dA}{dB} \right)_{B=B_0}$$

$$A \approx f(B_0) \pm \left| \frac{dA}{dB} \right|_{B=B_0} \Delta B$$

E se $A=f(B,C,D)$?

$$A \approx f(B_0, C_0, \dots) \pm$$

$$\left| \frac{df(B, C_0, \dots)}{dB} \right|_{B=B_0} \Delta B + \left| \frac{df(B_0, C, \dots)}{dC} \right|_{C=C_0} \Delta C + \dots$$

Esempio

$$L_1 = 1.23 \pm 0.03 \text{ m}; L_2 = 21.32 \pm 0.05 \text{ m}$$

$$\alpha = L_2 - L_1 = 20.11 \pm (|1|0.03 + |-1|0.05) \text{ m} = 20.11 \pm 0.08 \text{ m}$$

Caso particolare molto interessante

$$A = B^\alpha C^\delta \rightarrow A \approx B_0^\alpha C_0^\delta \pm \left(\left| \alpha B_0^{\alpha-1} C_0^\delta \right| \Delta B + \left| \delta B_0^\alpha C_0^{\delta-1} \right| \Delta C \right)$$

$$\frac{\Delta A}{A} \approx \frac{\left(\left| \alpha B_0^{\alpha-1} C_0^\delta \right| \Delta B + \left| \delta B_0^\alpha C_0^{\delta-1} \right| \Delta C \right)}{B_0^\alpha C_0^\delta} = \left| \alpha \right| \frac{\Delta B}{|B_0|} + \left| \delta \right| \frac{\Delta C}{|C_0|}$$

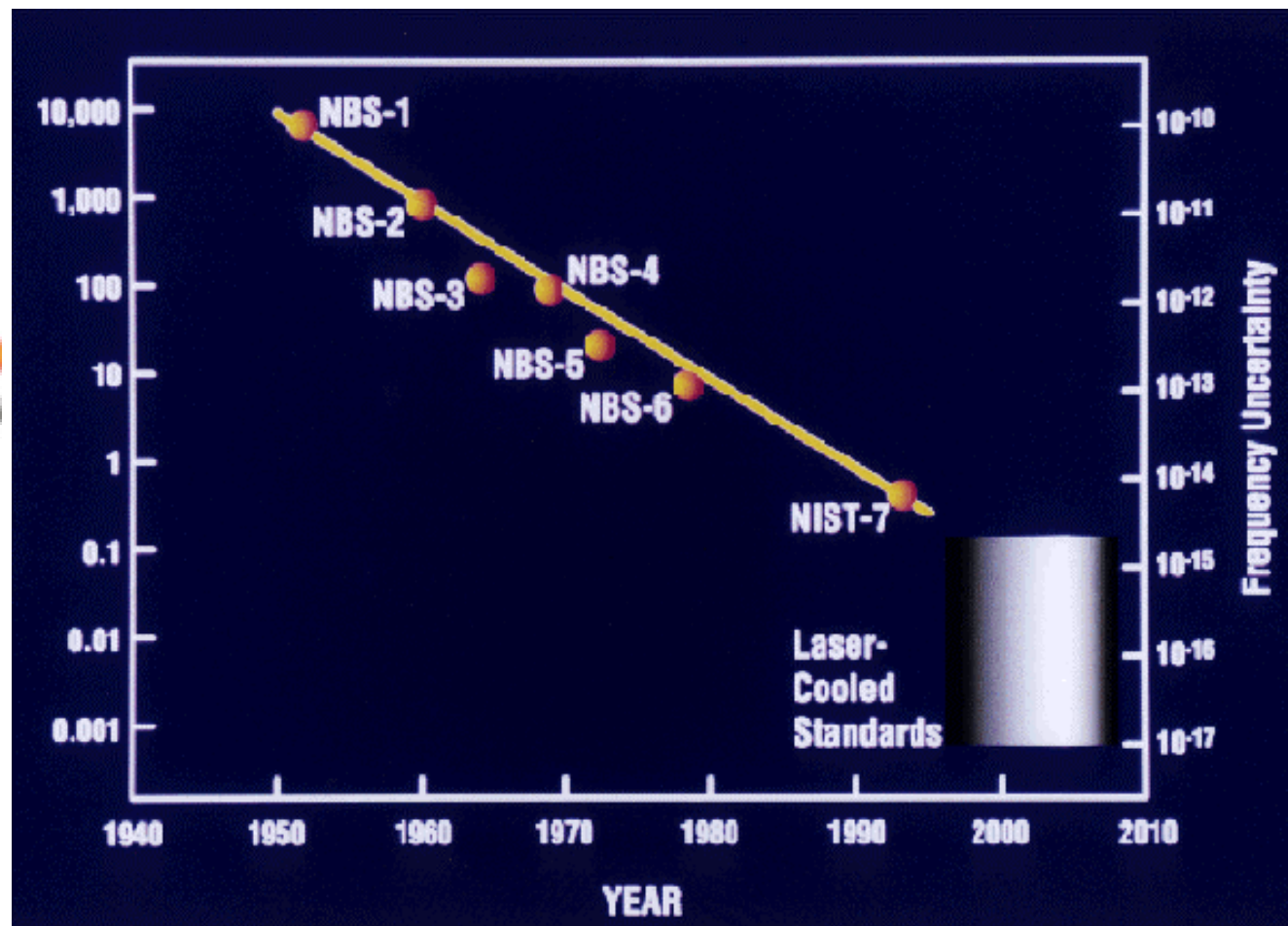
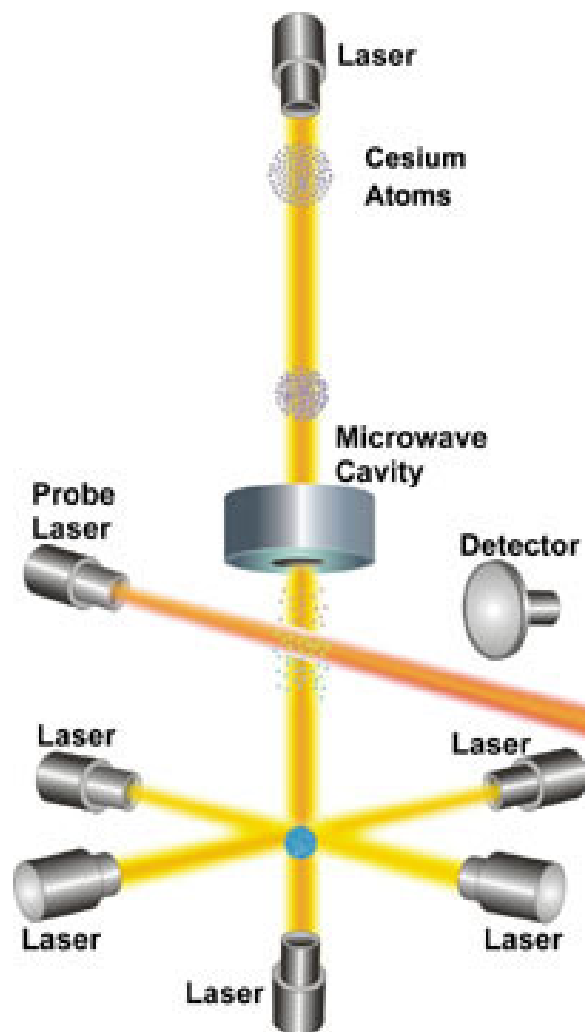
Esempio:

$$S = L^2, \quad V = L^3 \rightarrow \frac{\Delta S}{S} = 2 \frac{\Delta L_{\text{ato}}}{L_{\text{ato}}} \quad \frac{\Delta V}{V} = 3 \frac{\Delta L_{\text{ato}}}{L_{\text{ato}}}$$

Errori di misura: valori tipici

Misure di Lunghezza			
Metodo	Errore	Massimo	Errore Relativo
Corde Metriche	^a 0.5 cm	^a 100 m	$5 \cdot 10^{-5}$
Metro a Nastro	^a 0.5 mm	^a 2 m	$3 \cdot 10^{-4}$
Calibro Digitale	^a 5 μm	^a 10 cm	$5 \cdot 10^{-5}$
Interferometro commerciale	^a 1 nm	^a 10 m	10^{-10}
GPS	^a 0.3 m	^a 10^5 km	10^{-8}
Rivelatori di Onde Gravitazionali	^a 10^{-18} m	^a 1 km	10^{-21}
Microscopio a Effetto Tunnel	^a 10^{-11} m	10^{-9} m	10^{-2}

Le misure di tempo



Esercizi:

Quanto pesa un piede cubo di acqua?

Se la terra fosse fatta d'acqua, quanto peserebbe?

Che errore c'è su questo risultato se l'errore sul raggio è 1 km?

Quanto ci mette la luce ad andare dal sole alla terra? E dalla luna alla terra? Con che errore avete ottenuto il risultato?