Università degli Studi di Parma

Corso di Laurea in Ingegneria Informatica, Elettronica e delle Telecomunicazioni

anno accademico 2014-2015

Fisica Generale 1



Prof. Enrico Onofri,
titolare del corso

Dr. Emilia Liviotti, esercitazioni

3 marzo 2015

Informativa sulle modalità di esame

- Prova scritta: consiste in una serie di problemi da risolvere in due ore selezionati dal programma di meccanica, idrodinamica e termodinamica.
- Il superamento della prova permette di accedere alla prova orale o in alternativa, nel caso il voto sia considerato soddisfacente, l'esame è registrato con il voto della prova scritta.
- Ci sarà una prova intermedia ai primi di maggio comprendente argomenti della prima parte (meccanica). Ove il risultato sia positivo la successiva prova scritta riguarderà solo la seconda parte del programma.
- Ci saranno sette appelli di esame scritto: in giugno (2), luglio (1), settembre (2), gennaio (1) e febbraio (1).

Libri di testo consigliati

Halliday-Resnick-Krane, Fisica 1

Gettys, fisica 1, *meccanica e termodinamica*

Serway-Jewett, FISICA, *Vol.1per Scienze e Ingegneria*

Materiale didattico a disposizione accessibili via “dropbox”

Troverete via rete tutto il materiale di cui sono costituite queste lezioni. È sufficiente che ognuno di voi mandi un messaggio di posta elettronica a

enrico.onofri@unipr.it

e riceverete un gettone di ingresso con cui potrete sincronizzare automaticamente il contenuto del folder Fis1-2015 sul vostro computer personale. Avrete così accesso al testo delle lezioni, agli esercizi, ai testi e soluzioni delle prove scritte degli appelli precedenti, e ad altra documentazione importante per la comprensione delle lezioni.

Fisica Generale 1

Prima Lezione

3 marzo 2015

Argomenti della prima lezione

- **Il Metodo Scientifico**
- **Unità di misura fondamentali**
- **Sistemi di unità di misura**
- **Dimensioni fisiche, unità e cifre significative**

3 marzo 2015

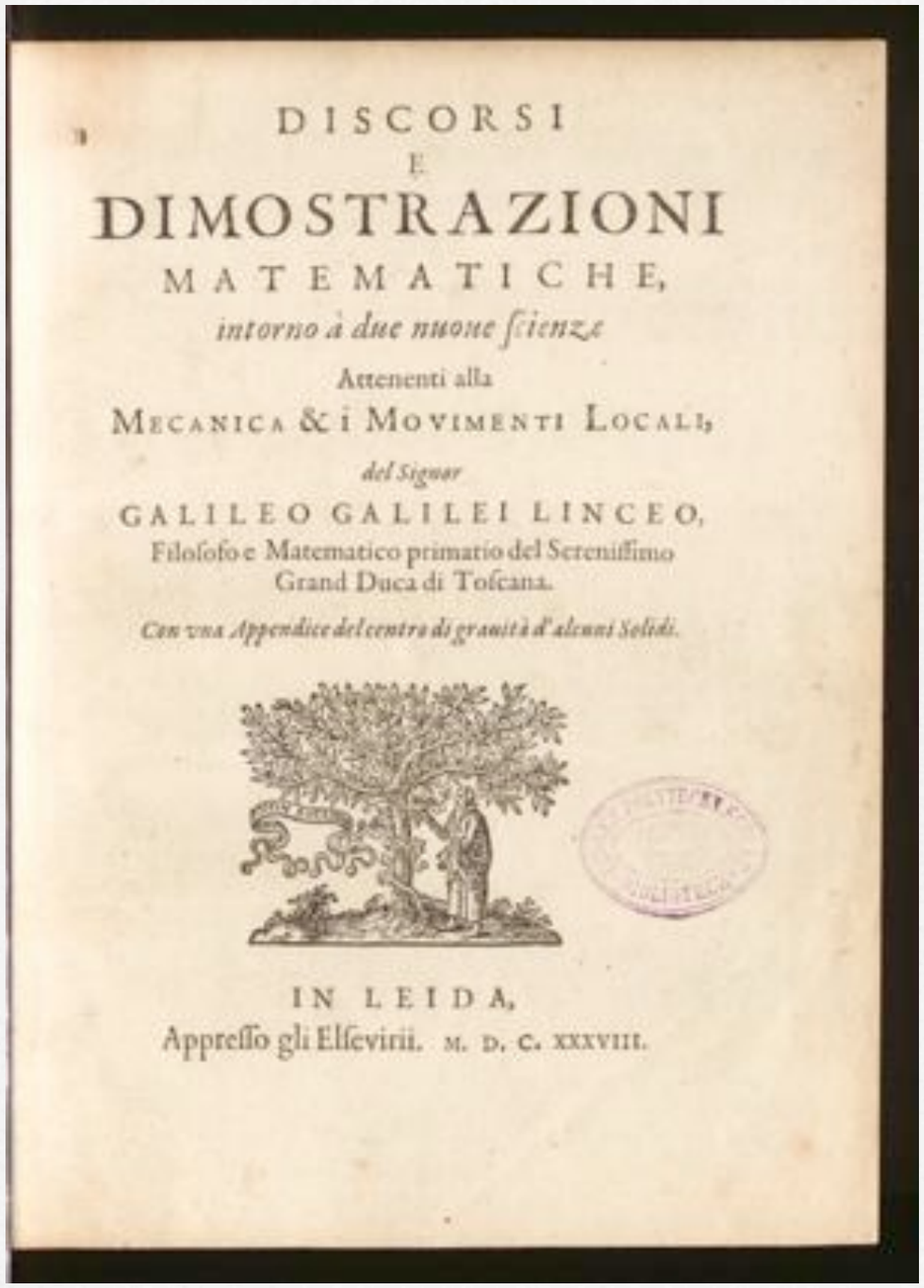
Il Metodo scientifico

- Misure
- Esperimenti
- Ricerca di correlazioni
- Ipotesi di lavoro e congetture
- Formulazione di una legge e sue verifiche
- Riproducibilità

http://gallica.bnf.fr

Galileo Galilei





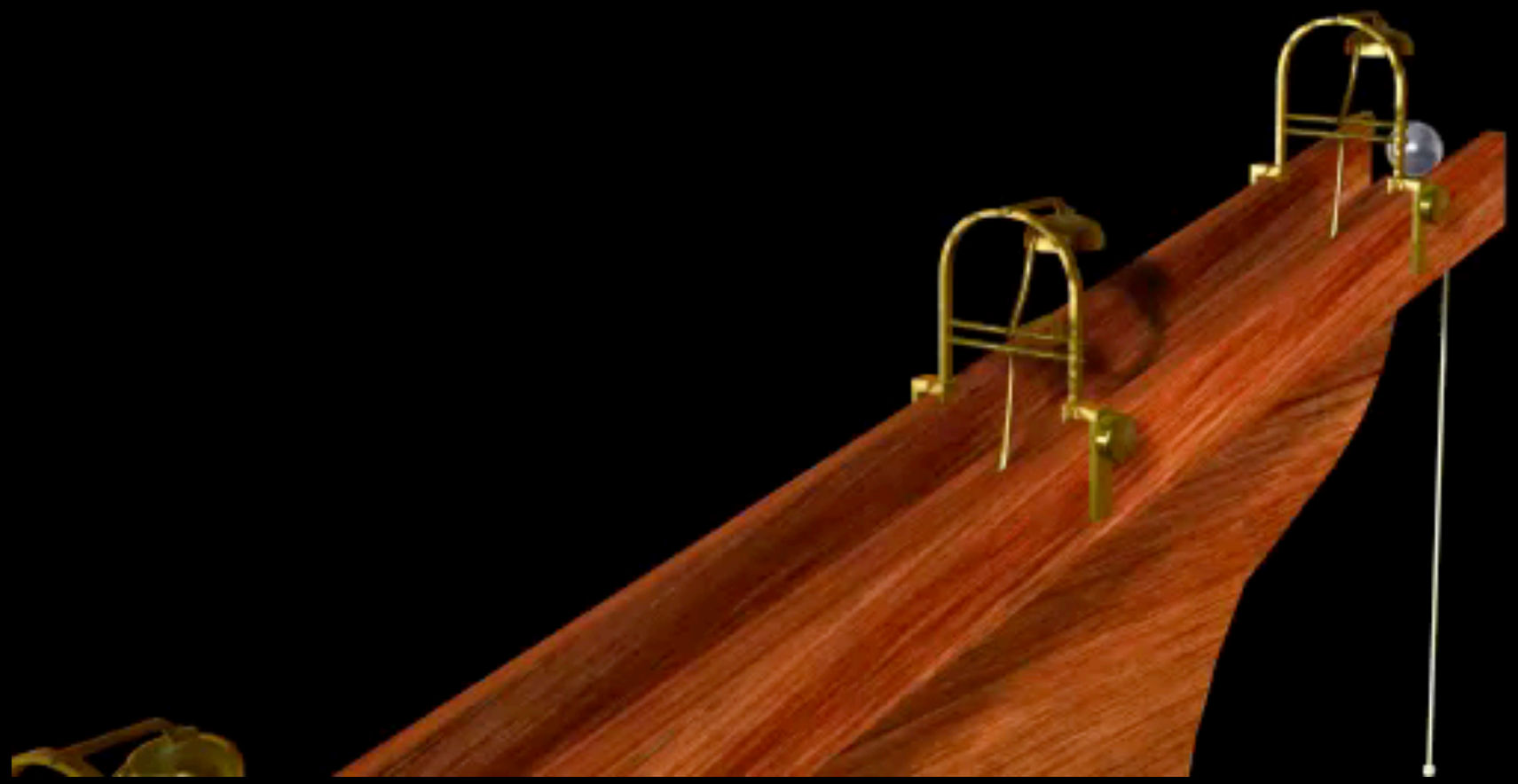
DISCORSI
E
DIMOSTRAZIONI
MATEMATICHE,
intorno à due nuoue scienze
Attenenti alla
MECANICA & i MOVIMENTI LOCALI,
del Signor
GALILEO GALILEI LINCEO,
Filosofo e Matematico primario del Sereniſſimo
Grand Duca di Toſcana.
Con vna Appendice del centro di grauità d'alcuni Solidi.

IN LEIDA,
Appresso gli Elsevirii. M. D. C. XXXVIII.

gallica.bnf.fr

- Piano inclinato con traguardi
- Distanza dei traguardi in proporzione 1:3:5:7... in modo che la distanza tra il punto di partenza e l'n-esimo traguardo cresca come il quadrato di n
- La sfera che cade e tocca le campanelle posizionate sui traguardi esibisce ritmo costante, il che suggerisce una relazione quadratica tra spazio percorso e tempo.
- Ipotesi → apparato sperimentale → sensibilità dello strumento
- "*Quanto poi alla misura del tempo, si teneva una gran secchia piena d'acqua, attaccata in alto, la quale per un sottil cannellino, saldatogli nel fondo, versava un sottil filo d'acqua, che s'andava ricevendo con un piccol bicchiero per tutto 'l tempo che la palla scendeva nel canale e nelle sue parti: le particelle poi dell'acqua, in tal guisa raccolte, s'andavano di volta in volta con esattissima bilancia pesando, dandoci le differenze e proporzioni de i pesi loro le differenze e proporzioni de i tempi; e questo con tal giustezza, che, come ho detto, tali operazioni, molte e molte volte replicate, già mai non differivano d'un notabil momento*"

museo
galileo



Galileo e il piano inclinato la legge del moto dei gravi

- Avendo a disposizione delle cellule fotoelettriche le misurazioni di posizione si possono rendere automatiche e l’ipotesi può essere sottoposta a ulteriori verifiche e conferme. (Pensare alla precisione, 1/1000 sec, nella misura di una gara di sci!)

- Per rendere l’esperimento riproducibile è necessario specificare la natura della guida, il grado di rifinitura, il materiale di cui è costituita la sfera, il suo peso, etc.

Unità di misura fondamentali

Ogni grandezza fisica è esprimibile in termini di grandezze fondamentali.

In meccanica, cioè la Fisica che si occupa del movimento dei corpi ad ogni livello, dalla ***meccanica celeste*** *che si occupa del movimento dei pianeti e di tutti gli altri corpi celesti, giù fino al movimento dei corpi più piccoli sulla terra, tutto è esprimibile in termini di*

1. *lunghezza = [L]*
2. *massa = [M]*
3. *tempo = [T]*

Ad esempio la velocità, che esprime lo spazio percorso in un dato tempo, v=s/t, ha dimensione $[L\,T^{-1}]$*; l'accelerazione, che rappresenta la variazione della velocità in un dato tempo, ha dimensione* $[L\,T^{-2}]$*.*

Ad ogni grandezza meccanica è assegnata una dimensione fisica e l'uguaglianza tra due grandezze implica che entrambe abbiano la stessa dimensione.

La sola considerazione della dimensione fisica può talvolta offrire informazioni importanti sulle varie grandezze. Prendiamo ad esempio un pendolo semplice di lunghezza L e massa m. L'oscillazione del pendolo dipende dalla gravità, che è caratterizzata dalla accelerazione di gravità g. Il periodo del pendolo potrà a priori dipendere dalle tre grandezze L, m, g.

Quale combinazione di queste ha la dimensione [T]?

Possiamo considerare una combinazione arbitraria

$$T \propto L^{\alpha} m^{\beta} g^{\gamma}$$

e richiedere che [T] abbia la giusta dimensione. Ora si trova

$$[L]^{\alpha}[M]^{\beta}[LT^{-2}]^{\gamma} = [L^{\alpha+\gamma} M^{\beta} T^{-2\gamma}]$$

e perciò

$$\gamma = -\tfrac{1}{2}$$
$$\alpha = -\gamma = \tfrac{1}{2}$$
$$\beta = 0$$

Il che significa

$$T = K\sqrt{\frac{L}{g}}$$

1. *La costante* K *è arbitraria ed è una quantità adimensionale*
2. *La formula non ci dice qual è il periodo di uno specifico pendolo, ma ci dice che*

1. *NON DIPENDE DALLA MASSA*
2. *raddoppia se si moltiplica la lunghezza per quattro*
3. *sulla Luna sarà due volte e mezzo più lungo in quanto l'accelerazione di gravità vale 1.625 contro 9.8 m/s^2*

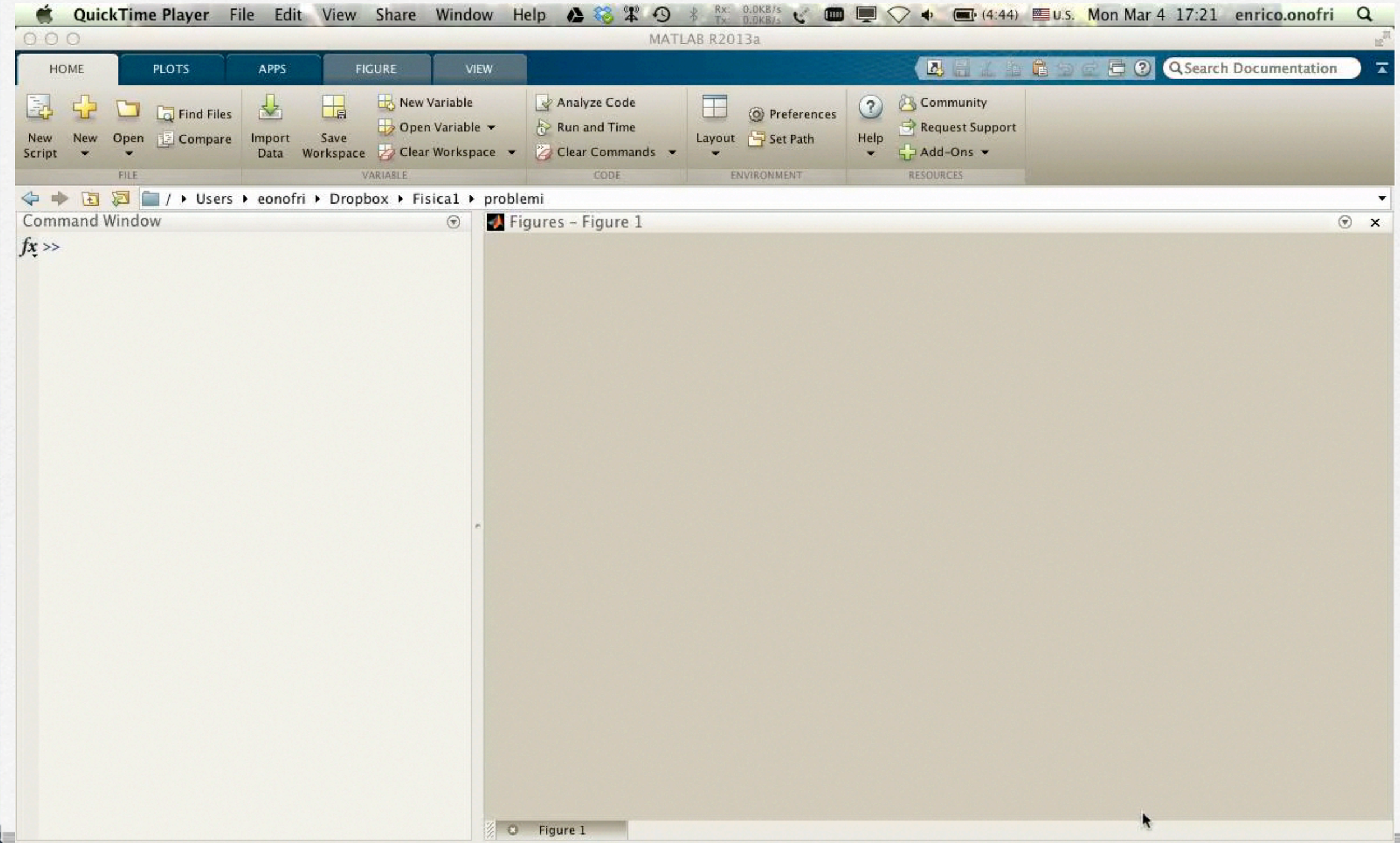
In realtà ragionando cosí abbiamo trascurato un fatto importante: esiste un'altra variabile che può entrare nel determinare il periodo di oscillazione, l'ampiezza di oscillazione, ossia l'angolo iniziale da cui facciamo partire il pendolo. L'angolo è una grandezza adimensionale (è il rapporto tra l'arco di circonferenza e il raggio) e quindi la sola conclusione rigorosa riguardo il periodo in base a pure considerazioni dimensionali sarà

$$T(\vartheta, \ell, g) = \sqrt{\frac{\ell}{g}}\,\Phi(\vartheta)$$

dove la funzione Φ è a priori arbitraria! Galileo tentò a lungo di dimostrare Φ=costante, senza successo, perchè in effetti ciò è falso! Impareremo più avanti come si esegue il calcolo corretto. Comunque Φ≈2π per angoli piccoli (≤ 5 gradi)

Il calcolo del periodo del pendolo per ampiezza arbitraria richiede un'analisi abbastanza complessa, non alla portata di Galileo (la matematica sarebbe stata sviluppata duecento anni dopo la sua morte!). Tuttavia con il calcolo numerico oggi possiamo ricavarla in pochi secondi:

Questa è una sessione Matlab preregistrata



Esempio dal moto dei pianeti



Il periodo di rivoluzione **T** *dei pianeti può dipendere dal raggio dell'orbita* **a**

e dal prodotto **GM** *(costante di Newton x massa del Sole), infatti GMm/r^2 è la forza di Newton e quindi GM ha dimensioni [L^3 T^(-2)].*
Infatti, anticipando la legge F=ma....

$$\left[\frac{GM_\odot\, m}{r^2}\right] = [ma] = M\, LT^{-2}$$

$$[GM_\odot] = \left[\frac{r^2}{\not{m}}\right] \not{M}\, LT^{-2} = L^3\, T^{-2}$$

$$\frac{a^3}{T^2} = K\, GM_\odot$$

per qualche costante adimensionale K.
Questa è la III legge di Kepler!

Esempio dal moto dei pianeti

$$\frac{a^3}{T^2} = K\,GM_\odot$$

Le leggi del moto di Newton naturalmente non lasciano nulla di indeciso, le costanti che non sono determinate dall'analisi dimensionale vengono calcolate esattamente in base alle equazioni del moto - ma questo lo vedremo molto più avanti!

Anche in questo caso l'argomento ha un difetto. Tra le caratteristiche delle orbite dei pianeti c'e` la forma ellittica caratterizzata dalla eccentricità (rapporto tra i due assi principali) che è zero per il caso perfettamente circolare, ma diversa da zero per tutti i pianeti. Dato che l'eccentricità è dimensionale la formula più corretta sarebbe

$$\frac{a^3}{T^2} = K(\varepsilon)\, G\, M_\odot$$

In realtà l'eccentricità è piccola per tutti i pianeti, e quindi la III legge di Keplero non risente di questa possibilità – e infine il calcolo basato sulle leggi di Newton dimostrerà che K=costante.

Sistemi di unità di misura

- ⋆ cgs (cm, grammo, sec)
- ⋆ **MKS** (S.I.: metro, kg, sec) ☜

- ⋆ pollice, libbra, ...(UK)
- ⋆ pertiche, braccia da legno, ... (Ducato)
- ⋆ Unità astronomiche (LYears, parsec)
- ⋆ Unità atomiche (Å,eV,...)
- ⋆ Unità nucleari (fm, GeV,...)

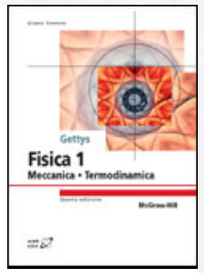


Tabella 1.1 Prefissi per le unità del SI

Simbolo	Nome	Valore
E	exa	10^{18}
P	peta	10^{15}
T	tera	10^{12}
G	giga	10^{9}
M	mega	10^{6}
k	chilo	10^{3}
↓	↓	↓
m	milli	10^{-3}
μ	micro	10^{-6}
n	nano	10^{-9}
p	pico	10^{-12}
f	femto	10^{-15}
a	atto	10^{-18}
Prefissi non SI accettati:		
h	etto-	10^{2}
da	deca-	10^{1}
d	deci-	10^{-1}
c	centi	10^{-2}

Copyright © 2011 – The McGraw-Hill Companies srl

TAVOLE
DI CONFRONTO
DELLE MISURE PARMIGIANE
COL NUOVO SISTEMA METRICO

CALCOLATE

GIUSTA I RAPPORTI PUBBLICATI

DALLA COMMISSIONE DEI PESI E DELLE *MISURE*

DEL DIPARTIMENTO DEL TARO

E DATE IN LUCE AD *USO COMUNE*

DA

GIACOMO BLANCHON.

PARMA.

DALLA STAMPERIA
DI GIACOMO BLANCHON
1809.

BRACCIO DA LEGNO

TAVOLA I.

BRACCIA RIDOTTE IN METRI

Braccia	Metri	Decimetri	Centimetri	Millimetri
1.	0,	5	4	5. 2
2.	1,	0	9	0. 3
3.	1,	6	3	5. 5
4.	2,	1	8	0. 7
5.	2,	7	2	5. 8
6.	3,	2	7	1. 0
7.	3,	8	1	6. 2
8.	4,	3	6	1. 3
9.	4,	9	0	6. 5
10.	5,	4	5	1. 7
11.	5,	9	9	6. 8
12.	6,	5	4	2. 0
13.	7,	0	8	7. 2
14.	7,	6	3	2. 3
15.	8,	1	7	7. 5
16.	8,	7	2	2. 7
17.	9,	2	6	7. 8
18.	9,	8	1	3. 0
19.	10,	3	5	8. 2
20.	10,	9	0	3. 3
21.	11,	4	4	8. 5
22.	11,	9	9	3. 7
23.	12,	5	3	8. 8
24.	13,	0	8	4. 0
25.	13,	6	2	9. 2
26.	14,	1	7	4. 3
27.	14,	7	1	9. 5
28.	15,	2	6	4. 7
29.	15,	8	0	9. 8
30.	16,	3	5	5. 0

Braccia	Metri	Decimetri	Centimetri	Millimetri
31.	16,	9	0	0. 2
32.	17,	4	4	5. 3
33.	17,	9	9	0. 5
34.	18,	5	3	5. 7
35.	19,	0	8	0. 8
36.	19,	6	2	6. 0
37.	20,	1	7	1. 2
38.	20,	7	1	6. 3
39.	21,	2	6	1. 5
40.	21,	8	0	6. 7
41.	22,	3	5	1. 8
42.	22,	8	9	7. 0
43.	23,	4	4	2. 2
44.	23,	9	8	7. 3
45.	24,	5	3	2. 5
46.	25,	0	7	7. 7
47.	25,	6	2	2. 8
48.	26,	1	6	8. 0
49.	26,	7	1	3. 2
50.	27,	2	5	8. 3
51.	27,	8	0	3. 5
52.	28,	3	4	8. 7
53.	28,	8	9	3. 8
54.	29,	4	3	9. 0
55.	29,	9	8	4. 2
56.	30,	5	2	9. 3
57.	31,	0	7	4. 5
58.	31,	6	1	9. 7
59.	32,	1	6	4. 8
60.	32,	7	1	0. 0

Precisione

In Fisica una misura di qualunque tipo è espressa come

$$A = x.xxx(yy) \times 10^z$$

ad esempio

$$m_e = 9.1093897(54) \times 10^{-31}\,\mathrm{kg}$$

$$a_B = 0.529177249(24) \times 10^{-10}\mathrm{m}$$

Le cifre tra () indicano l'errore della misura

Ogni misura è affetta da un errore. Ripetendo la stessa misura più volte si ottengono risultati che possono sempre differire per le cause più disparate. Ogni esperimento raggiunge il suo obbiettivo se è in grado di indicare un valore centrale per la misura e una stima accurata dell'errore statistico. Misure indipendenti con strumentazioni e tecniche diverse sono "compatibili entro gli errori" quando le "barre di errore" si sovrappongono almeno in parte. (Vedi esempi seguenti)

$$\alpha = \frac{e^2}{\hbar c}$$

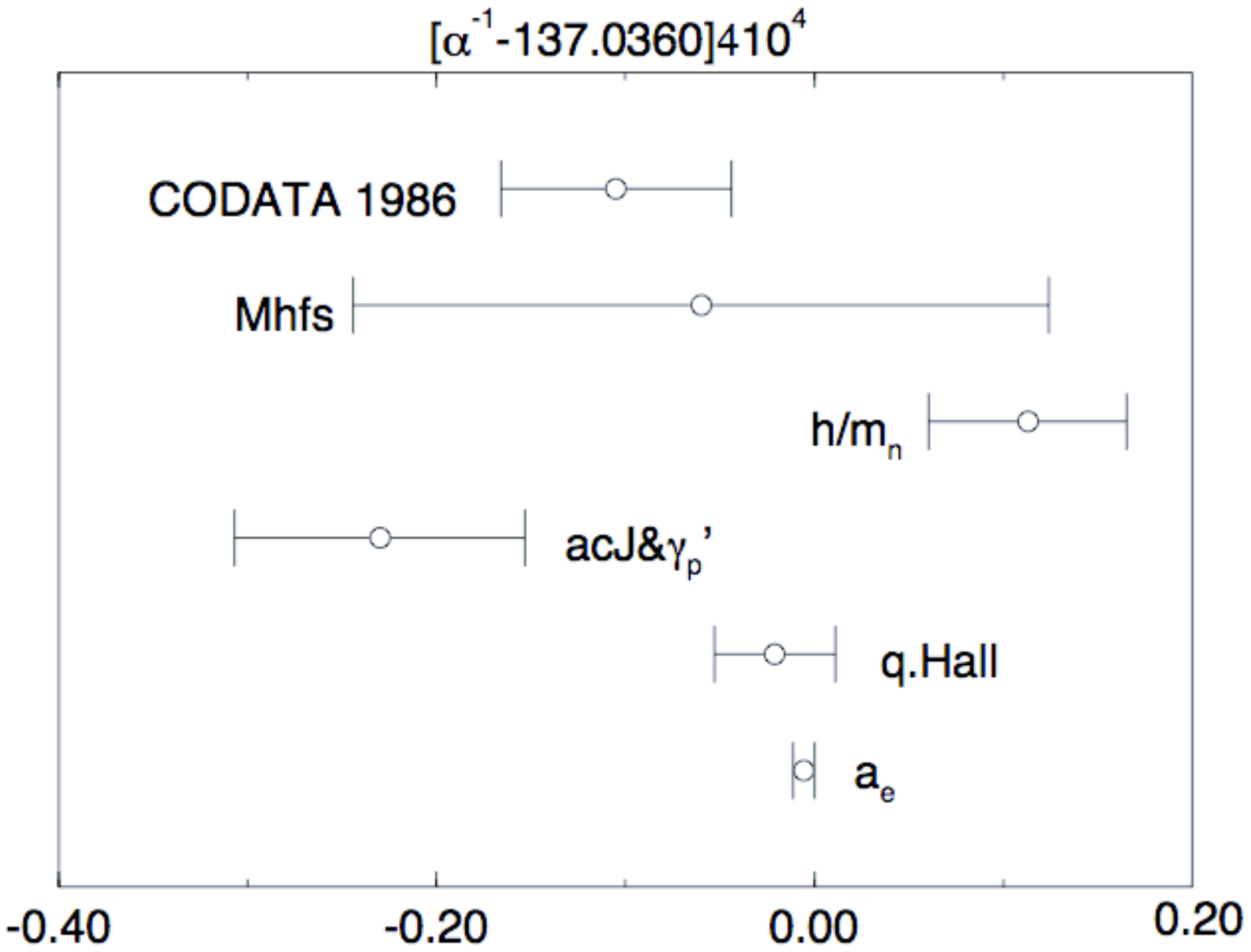


Figure 2: Fine structure constants determined by various means.

sorgente: T. Kinoshita 1996

$$[G\,M_\odot\,m_\oplus/R^2] = [ma] = M\,L\,T^{-2}$$

$$[G] = L^3\,M^{-1}\,T^{-2}$$

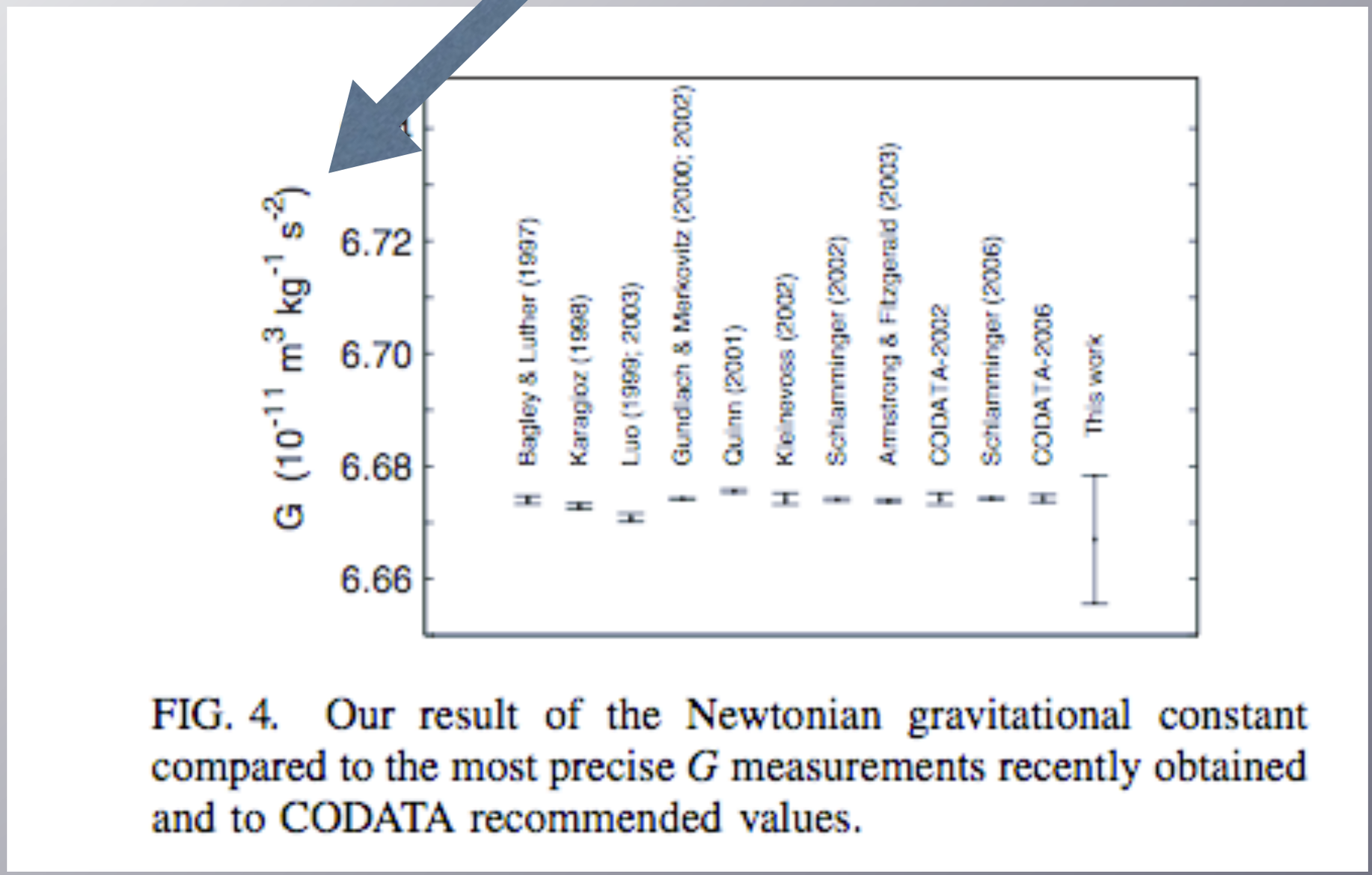


FIG. 4. Our result of the Newtonian gravitational constant compared to the most precise G measurements recently obtained and to CODATA recommended values.

sorgente:Lamporesi et al, PRL 100(2008)

TEORIA DEGLI ERRORI

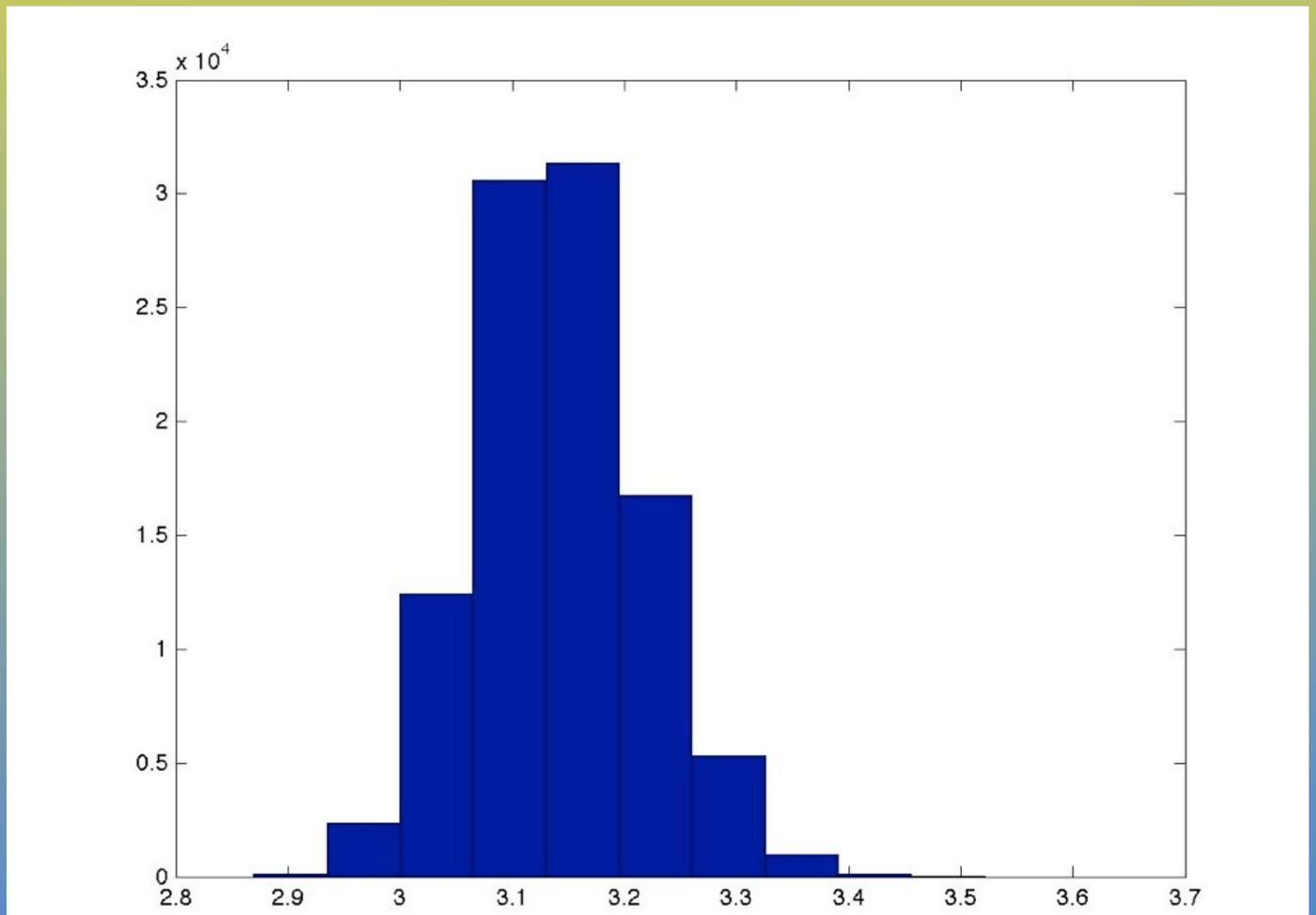
Non avremo modo di approfondire l'argomento.
Solo alcuni concetti fondamentali.
Le cause che influenzano l'esito di un esperimento sono spesso in grande numero, agiscono indipendentemente le une dalle altre e prese singolarmente non avrebbero un effetto apprezzabile. Tuttavia l'accumularsi di queste cause alla fine determina le cosiddette "fluttuazioni statistiche" che rendono ogni misurazione un evento a sè.
Il Fisico ne è consapevole e cerca di interpretarne l'impatto sulla misura utilizzando le tecniche della "matematica statistica".

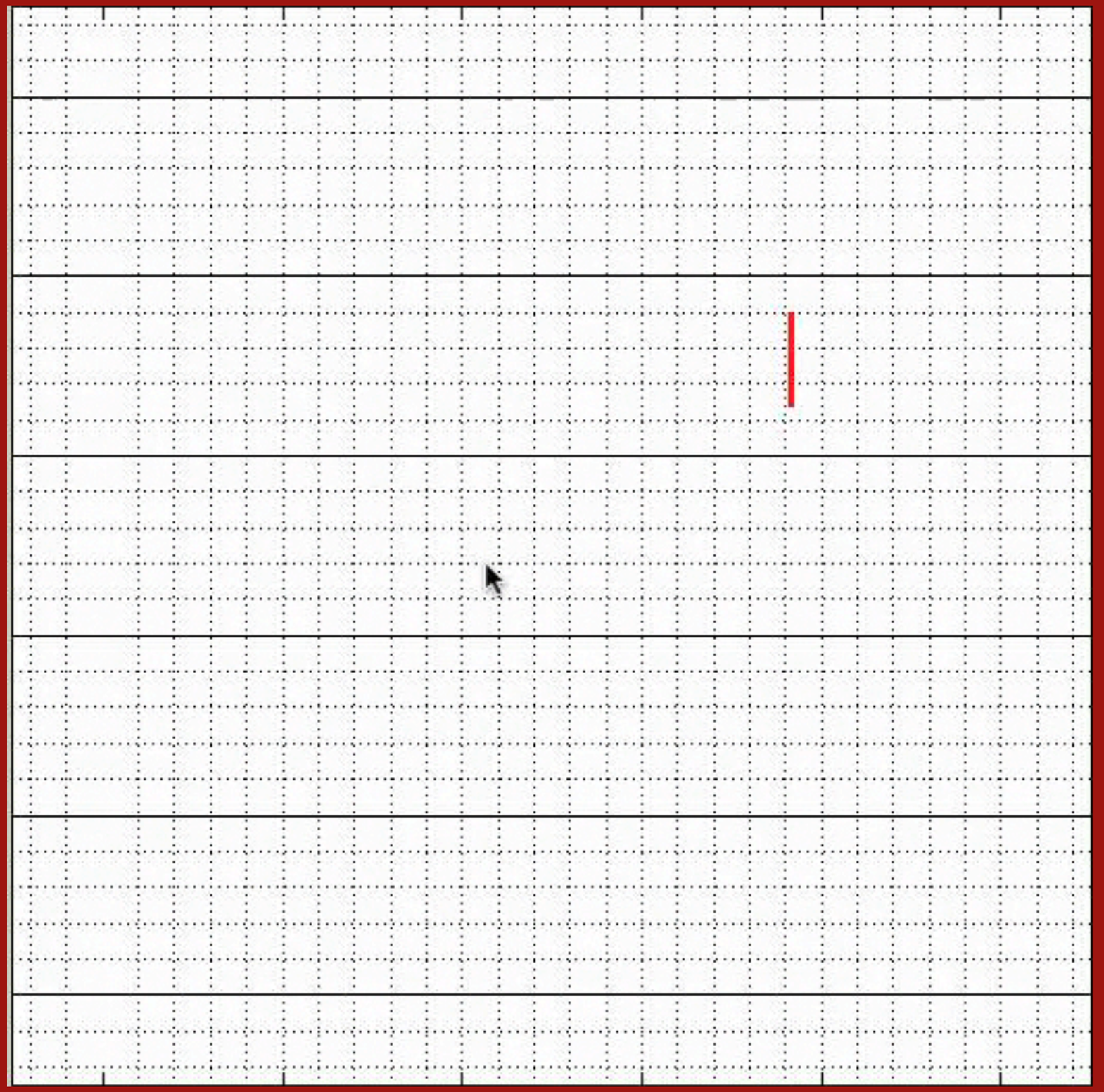
Un esempio ‘virtuale’: l’esperimento di Buffon

- su una pagina di carta a righe si fanno cadere aghi della stessa lunghezza della distanza tra le righe. La percentuale di aghi che toccano le righe è $2/\pi$. Dunque dall’esperimento si può “misurare π”!

10^8 misure di π

<π>=3.143±0.075





Quesiti Capitolo I

1. Quali sono le dimensioni del volume di un cubo? Quelle del volume di una sfera? E quelle del rapporto tra il volume di una sfera e il volume di un cubo il cui spigolo è uguale al diametro della sfera?
2. .....
3. .....

Attenzione: talvolta un quesito è formulato in modo ambiguo per via della differenza tra il significato corrente di una parola e quello strettamente scientifico. ***Dimensione*** è un esempio. Noi intenderemo sempre “dimensione fisica” e inoltre NON sfrutteremo mai l’ambiguità linguistica per mettere in difficoltà...

Quesiti

1.1 Quali sono le dimensioni del volume di un cubo? Quelle del volume di una sfera? E quelle del rapporto tra il volume di una sfera e il volume del cubo il cui spigolo è uguale al diametro della sfera?

1.2 Quali sono le dimensioni dell'unità di misura "litro"?

1.3 Quali sono le dimensioni di 60 miglia/ora e di 2.5 kg/m^3?

1.4 Se ti dicessero che, mentre dormivi questa notte, tutti gli oggetti dell'universo si sono dilatati raddoppiando le loro dimensioni, come potresti verificare la cosa? Che cosa accadrebbe se tutti gli orologi all'improvviso si mettessero a marciare con velocità dimezzata? E se le masse di tutti gli oggetti dell'universo raddoppiassero? E se tutte queste cose si verificassero contemporaneamente?

1.5 Supponiamo che venga stabilito un contatto con gli abitanti di un'altra galassia: saremmo in grado di comunicare loro l'entità di qualcuna delle nostre unità fondamentali? Di tutte?

1.6 La misura del tempo in realtà dipende da due elementi: la grandezza dell'unità di misura e l'origine del tempo. Come si potrebbe stabilire se un orologio attribuisce al secondo la grandezza corretta? Come si potrebbe stabilire se misura a partire dall'origine corretta? Come si risponde alla domanda "che ore sono"?

1.7 Dal momento che la misura del tempo civile si basa sulle proprietà del moto apparente del Sole, mentre quella del tempo fisico si basa sulle proprietà degli atomi, di tanto in tanto si deve operare una correzione inserendo dei "secondi bisestili". Pensi che la correzione venga apportata al tempo fisico o a quello civile? Perché?

1.8 A causa degli effetti relativistici, le scale temporali basate sulle proprietà atomiche differiscono sia in grandezza sia in sincronizzazione per osservatori in moto l'uno rispetto all'altro. Che cosa ci dice questo fatto circa l'esistenza di un tempo universale?

1.9 Perché si fa riferimento a un chilogrammo campione e non a un metro campione o a un orologio campione?

1.10 Qual è la differenza tra dimensioni e unità di misura?

1.11 Se un'equazione è coerente in un sistema di unità di misura, è dimensionalmente coerente? Perché?

1.12 Se si effettua il prodotto di vari numeri con precisioni differenti, quale di essi determina la precisione del risultato?