

## Costruzione di una distribuzione statistica di dati sperimentali

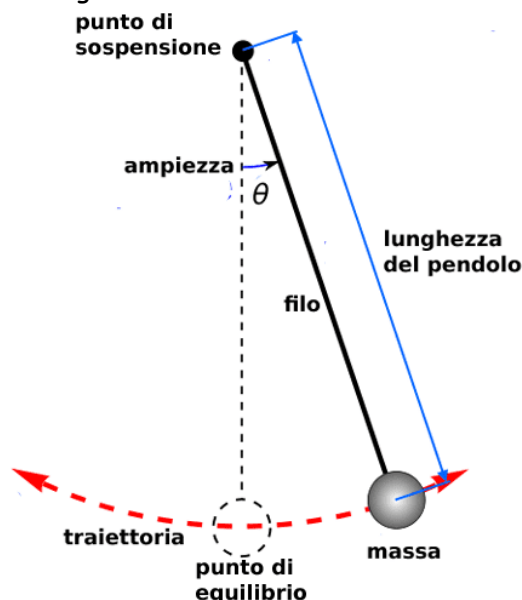
### Scopo ed Introduzione

Lo scopo di questa esperienza di laboratorio è quello di verificare che tutti i dati siano riconducibili ad una gaussiana.

Per raggiungere lo scopo è necessario compiere una analisi statistica delle misure ripetute del fenomeno fisico (periodo del pendolo) e di apprendere i concetti fondamentali della teoria della statistica calcolando:

- dati statistici: la moda, la frequenza assoluta e relativa %, la media aritmetica e la costruzione di un grafico a barre (istogramma) evidenziando la distribuzione gaussiana.
- analisi della teoria degli errori: errore casuale e sistematico, incertezza della misura.

In questa esperienza abbiamo effettuato delle misure ripetute del periodo di un pendolo per mezzo di un cronometro come mostrato in figura :



Le serie dei valori delle misure del periodo sono state raccolte in tabella ed elaborate secondo le formule statistiche ed infine presentati in un grafico ad istogrammi con lo scopo di studiare la distribuzione statistica del risultato sperimentale .

### Elenco dei Materiali e degli Strumenti impiegati

L'esercitazione si e' svolta in laboratorio. In foto le attrezzature usate : struttura tre piede e massa



Il pendolo è costituito dai seguenti materiali :

- supporto a tre piede
- Filo di lunghezza attorno ai 20 cm
- Massa costituita da una sfera metallica
- Sostegno a cui appendere il filo
- Cronometro digitale APP Cronometro Iphone/Android avente le seguenti caratteristiche :

portata	59 <sup>min</sup> : 59 <sup>sec</sup> , 99 <sup>cent</sup>
prontezza	e' uno strumento elettronico, con visualizzazione digitale: la prontezza non e' percettibile dall'uomo (appena tocco lo schermo la misura parte)
sensibilita'	0,01 sec (1/100 di secondo)

Per la raccolta dei dati in tabella e i calcoli ho usato Excel .

Per la realizzazione dei grafici ho usato un software scientifico OriginLab

## Introduzione Teorica Generale

L'analisi statistica dei dati raccolti durante una misura, nel nostro caso il periodo di un pendolo, puo' essere raccolta in un istogramma ovvero in un grafico a colonna dove vengono riportati i valori statistici di un gruppo numerico dei valori attraverso le seguenti definizioni:

Istogramma	e' un grafico a colonne , in ascisse (asse X) riporteremo i valori della corrente A e nelle ordinate (asse Y) i valori delle frequenze assolute.	
frequenza assoluta $f_a$	numero di volte in cui un dato si presenta	
frequenza relativa $f_r$	frequenza assoluta diviso il numero n di dati	$f_r = \frac{f_a}{n}$
media aritmetica	somma di tutti i dati diviso il numero di dati	$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$
moda	valore o valori che compaiono più frequentemente nei dati sperimentali	

Durante le misurazioni non possiamo pero' evitare di compiere degli errori e gli errori possono riguardare le misurazioni per ogni tipo di misurazione.

Le misurazioni si distinguono in :

- misurazioni dirette : sono le misure che si effettuano per confronto con un campione dell'unità di misura (esempio una misura di lunghezza o di tempo)
- misurazioni indirette : sono quelle in cui la misura di una grandezza fisica viene ricavata tramite formule matematiche (esempio una misura di superficie)

In questa esperienza di laboratorio faremo una MISURA DIRETTA e il nostro strumento e' un CRONOMETRO (misuriamo il tempo di oscillazione del pendolo).

Un generico strumento per misure dirette possiede tre caratteristiche:

- PORTATA: è il più grande valore della grandezza fisica che lo strumento può misurare.

- **PRONTEZZA:** è la rapidità con cui lo strumento risponde a una variazione della quantità da misurare. Nel cronometro la prontezza è il tempo fra l'istante nel quale si aziona il pulsante e l'istante nel quale il meccanismo si mette in moto.
- **SENSIBILITA':** è il più piccolo valore o la più piccola variazione della grandezza fisica che lo strumento può misurare.

Nel caso del CRONOMETRO usato in laboratorio (APP per smartphone) :

portata	59min : 59sec , 99cent
prontezza	e' uno strumento elettronico, con visualizzazione digitale: la prontezza non e' percettibile dall'uomo (appena tocco lo schermo la misura parte)
sensibilita'	0,01 sec (1/100 di secondo)

Durante le misurazioni del periodo non possiamo evitare di compiere degli errori.

Gli errori possono essere:

casuali o accidentali	variano in modo imprevedibile, a volte per eccesso ,a volte per difetto nel caso del CRONOMETRO: azionano o fermano il cronometro a volte prima a volte dopo
sistematici	causati dal cattivo funzionamento dello strumento. influenzano il risultato sempre per eccesso o sempre per difetto. nel caso del CRONOMETRO: va avanti o indietro

Gli errori sistematici si possono essere eliminati.

Gli errori casuali possono essere studiati in modo statistico per determinare dei parametri e trovare un valore pressoché costante che rappresenta la misura definitiva.

Per determinare la misura definitiva, cioè la misura più attendibile, devo ripetere la stessa misura più volte e calcolare i seguenti valori:

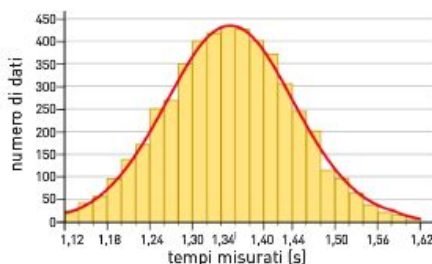
media aritmetica	somma di tutti i dati diviso il numero di dati	$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$
errore assoluto $\epsilon$ o semi dispersione massima	valore massimo meno valore minimo diviso due	$\epsilon_{ass} = \frac{x_{max} - x_{min}}{2}$
Incertezza $\Delta x$ misura singola	sensibilita' dello strumento	$\Delta x = \text{sensibilita}'$
Incertezza $\Delta x$ misura multipla	la più grande tra la dispersione massima (errore assoluto) e la sensibilita' dello strumento	$\Delta x = \epsilon$ se $\epsilon > \text{sensibilita}'$ $\Delta x = \text{sensibilita}'$ se $\epsilon < \text{sensibilita}'$
Grandezza fisica	somma della media aritmetica e dell'incertezza della misura	$x = \bar{x} \pm \Delta x$
errore relativo	errore assoluto diviso la media aritmetica	$\epsilon_{rel} = \frac{\epsilon_{ass}}{\bar{x}}$

errore percentuale

errore relativo 100

$$\varepsilon_{rel}\% = \varepsilon_{rel} \cdot 100$$

I dati sperimentali elaborati vengono per ultimo riassunti in tabella e in un istogramma con in ascisse (asse x) i tempi rilevati raggruppati in intervalli di tempi e in ordinate (asse y) il numero di dati.



Il grafico dei dati ad istogramma ha una distribuzione a campana.

La linea rossa rappresenta una gaussiana, curva di Gauss, che ha le seguenti caratteristiche:

- e' simmetrica
- e' centrata sul valore medio  $\bar{x}$

## Esecuzione dell'esperienza

In laboratorio abbiamo messo in oscillazione il pendolo e misurato il periodo delle oscillazioni.

Il periodo è il tempo impiegato dalla massa a compiere un'oscillazione completa cioè il tempo per tornare al suo punto di partenza.

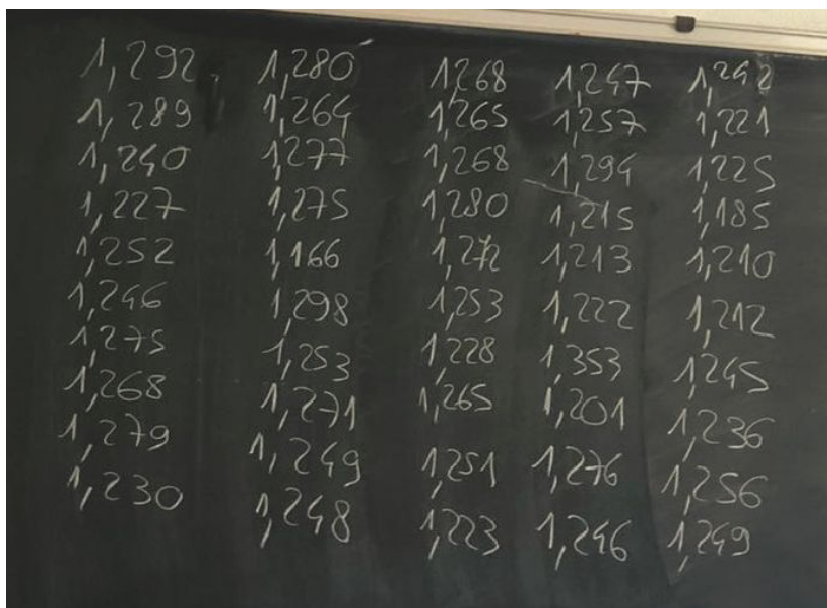
Il periodo del pendolo dipende dalla lunghezza del filo, dalla gravità e della posizione di partenza.

Per piccole oscillazioni la durata del periodo del pendolo rimane invariata:

questa caratteristica si chiama ISOCRONISMO DEL PENDOLO.

Questo fenomeno è stato scoperto da Galileo Galilei osservando un candelabro nella cattedrale di Pisa.

In laboratorio abbiamo rilevato con il cronometro 50 misure relative al periodo e le abbiamo raggruppate in questa tabella:



1,292	1,280	1,268	1,247	1,242
1,289	1,264	1,265	1,257	1,221
1,240	1,277	1,268	1,294	1,225
1,227	1,275	1,280	1,215	1,185
1,252	1,166	1,272	1,213	1,210
1,246	1,298	1,253	1,222	1,212
1,275	1,253	1,228	1,353	1,245
1,268	1,271	1,265	1,201	1,236
1,279	1,249	1,251	1,276	1,256
1,230	1,248	1,223	1,246	1,249

## Descrizione dei Risultati Ottenuti

Ho raccolto i dati in un foglio excel e per poter calcolare i dati statistici ho ordinato e raggruppato le misure.

Misura	Periodo [sec]	Periodo in ordine [sec]
1	1.292	1.166
2	1.289	1.185
3	1.240	1.201
4	1.227	1.210
5	1.252	1.212
6	1.246	1.213
7	1.275	1.215
8	1.268	1.221
9	1.279	1.222
10	1.230	1.223
11	1.280	1.225
12	1.264	1.227
13	1.277	1.228
14	1.275	1.230
15	1.166	1.236
16	1.298	1.240
17	1.253	1.242
18	1.271	1.245
19	1.249	1.246
20	1.248	1.246
21	1.268	1.247
22	1.265	1.248
23	1.268	1.249
24	1.280	1.249
25	1.272	1.251
26	1.253	1.252
27	1.228	1.253
28	1.265	1.253
29	1.251	1.256
30	1.223	1.257
31	1.247	1.264
32	1.257	1.265
33	1.294	1.265
34	1.215	1.268
35	1.213	1.268
36	1.222	1.268
37	1.353	1.271
38	1.201	1.272
39	1.276	1.275
40	1.246	1.275
41	1.242	1.276
42	1.221	1.277
43	1.225	1.279
44	1.185	1.280
45	1.210	1.280
46	1.212	1.289
47	1.245	1.292
48	1.236	1.294
49	1.256	1.298
50	1.249	1.353

GRUPPO DI DATI			frequenza	frequenza	frequenza
da	fino a		relativa	relativa %	
>=	<		somma 1	somma 100%	
[sec]	[sec]		[numero]		
	1.180		1	0.020	2%
1.180	1.200		1	0.020	2%
1.200	1.220		5	0.100	10%
1.220	1.240		8	0.160	16%
1.240	1.260		15	0.300	30%
1.260	1.280		13	0.260	26%
1.280	1.300		6	0.120	12%
1.300			1	0.020	2%

	U.M.		
num valori			50
somma dei valori	sec		62.557
Val max	sec		1.353
val min	sec		1.166
media aritmetica	sec		1.251
moda	sec	1.240	1.260
errore assoluto			0.094
errore relativo			0.075

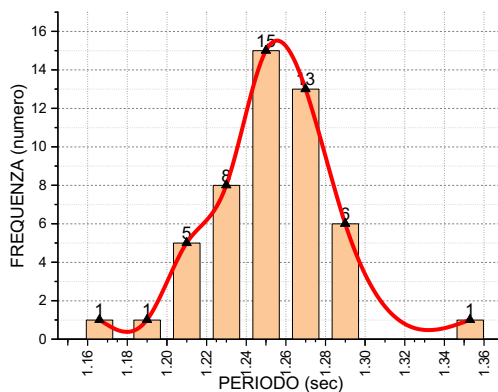
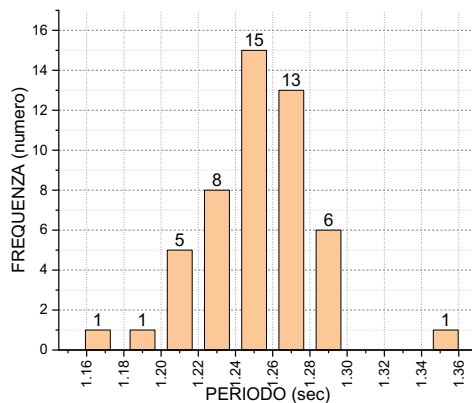
frequenza assoluta  $f_a$

numero di volte in cui un dato si presenta

GRUPPO DI DATI			frequenza
da	fino a		[numero]
>=	<		
[sec]	[sec]		
	1.180		1
1.180	1.200		1
1.200	1.220		5
1.220	1.240		8
1.240	1.260		15
1.260	1.280		13
1.280	1.300		6
1.300			1

<p>frequenza relativa <math>f_r</math></p>	<p>frequenza assoluta diviso il numero n di dati</p> $f_r = \frac{f_a}{n}$	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">GRUPPO DI DATI</th> </tr> <tr> <th>da &gt;=</th> <th>fino a &lt;</th> <th>frequenza relativa</th> </tr> <tr> <th>[sec]</th> <th>[sec]</th> <th>somma 1</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>1.180</td> <td>0.020</td> </tr> <tr> <td>1.180</td> <td>1.200</td> <td>0.020</td> </tr> <tr> <td>1.200</td> <td>1.220</td> <td>0.100</td> </tr> <tr> <td>1.220</td> <td>1.240</td> <td>0.160</td> </tr> <tr> <td>1.240</td> <td>1.260</td> <td>0.300</td> </tr> <tr> <td>1.260</td> <td>1.280</td> <td>0.260</td> </tr> <tr> <td>1.280</td> <td>1.300</td> <td>0.120</td> </tr> <tr> <td>1.300</td> <td></td> <td>0.020</td> </tr> </tbody> </table>	GRUPPO DI DATI			da >=	fino a <	frequenza relativa	[sec]	[sec]	somma 1		1.180	0.020	1.180	1.200	0.020	1.200	1.220	0.100	1.220	1.240	0.160	1.240	1.260	0.300	1.260	1.280	0.260	1.280	1.300	0.120	1.300		0.020
GRUPPO DI DATI																																			
da >=	fino a <	frequenza relativa																																	
[sec]	[sec]	somma 1																																	
	1.180	0.020																																	
1.180	1.200	0.020																																	
1.200	1.220	0.100																																	
1.220	1.240	0.160																																	
1.240	1.260	0.300																																	
1.260	1.280	0.260																																	
1.280	1.300	0.120																																	
1.300		0.020																																	
<p>media aritmetica</p>	<p>somma di tutti i dati diviso il numero di dati</p>	$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = 1.251 \text{ sec}$																																	
<p>moda</p>	<p>valore o valori che compaiono più frequentemente nei dati sperimentali</p>	<p><b>1.240sec 1.260sec</b> 15volte</p>																																	
<p>errore assoluto <math>\epsilon</math> o semi dispersione massima</p>	<p>valore massimo meno valore minimo diviso due</p>	$\epsilon_{\text{ass}} = \frac{x_{\text{max}} - x_{\text{min}}}{2}$	<p>0.094 sec</p>																																
<p>Incertezza <math>\Delta x</math> misura (misura multipla)</p>		<p><math>\Delta x = \epsilon</math> Perche' <math>\epsilon &gt;</math> sensibilita'del cronometro</p>	<p>0.094 sec</p>																																
<p>Grandezza Fisica</p>	<p>somma della media aritmetica e dell'incertezza della misura</p>	$x = \bar{x} \pm \Delta x$	<p>(1.251 <math>\pm</math> 0.094) sec</p>																																
<p>errore relativo</p>	<p>errore assoluto diviso la media aritmetica</p>	$\epsilon_{\text{rel}} = \frac{\epsilon_{\text{ass}}}{\bar{x}}$	<p>0.075</p>																																
<p>errore percentuale</p>	<p>errore relativo 100</p>	$\epsilon_{\text{rel}}\% = \epsilon_{\text{rel}} \cdot 100$	<p>7.5 %</p>																																

La rappresentazione grafica dei risultati assomiglia ad una curva gaussiana :



## Conclusioni

Osservo che la curva gaussiana e' centrata sul valore medio ed e' "abbastanza" simmetrica.  
Due o tre valori sono molto distanti dalla media

## Bibliografia

Appunti alle lezioni di Fisica  
Libro di testo : Ugo Amaldi La fisica per i licei scientifici