

# *Alla scoperta dell'Universo*



Alcuni  
riferimenti dal  
web

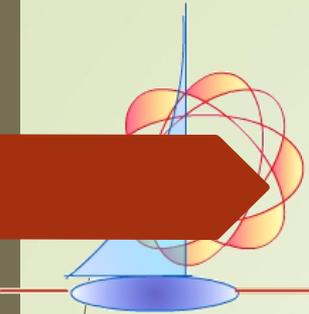
<https://www.youtube.com/watch?v=aS1THndozrc>

<https://www.youtube.com/watch?v=BqJMFyO0Z2o>

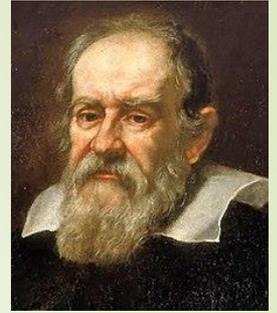
<https://www.youtube.com/watch?v=5IuaXIHg85E>

*misura del campo gravitazionale terrestre al Piccolo  
a cura degli studenti di prima A scienze applicate  
e del prof. Antonio Smiriglia*

Per il caffè culturale del giovedì – 23 novembre 2017



# Il metodo sperimentale



Nell'esame di un fenomeno si possono fare due tipi di osservazioni:

Osservazioni Qualitative:

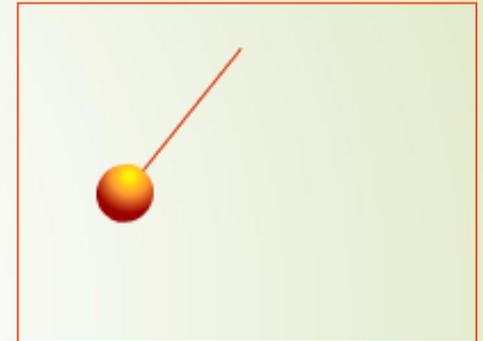
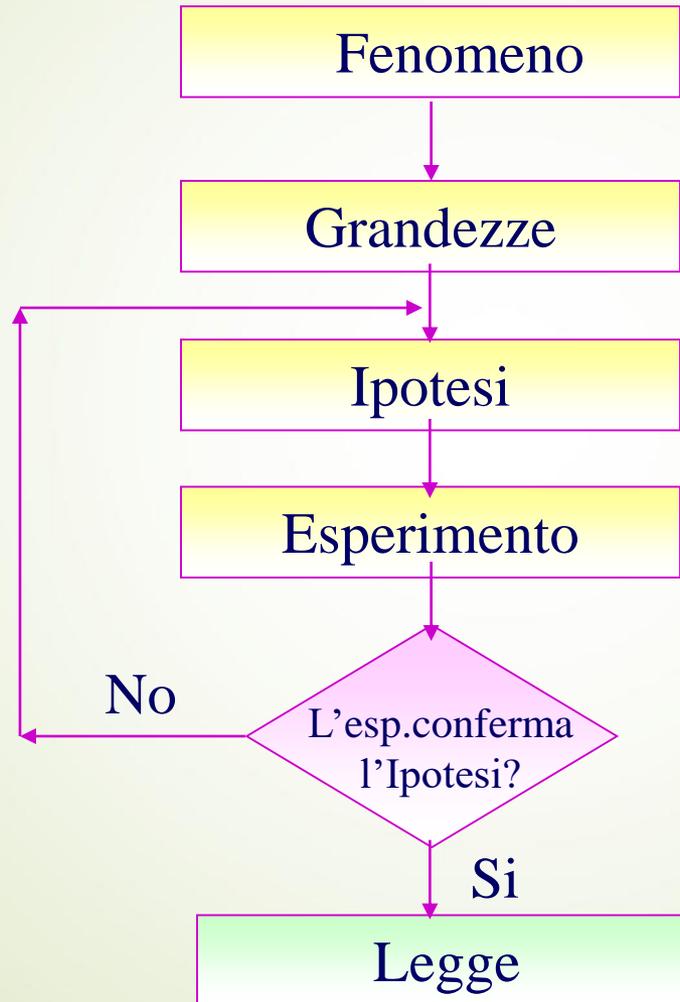
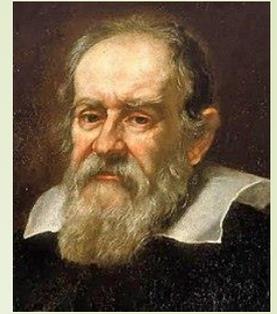
*ci si limita a **descrivere** quello che succede e si osserva*

Osservazioni Quantitative:

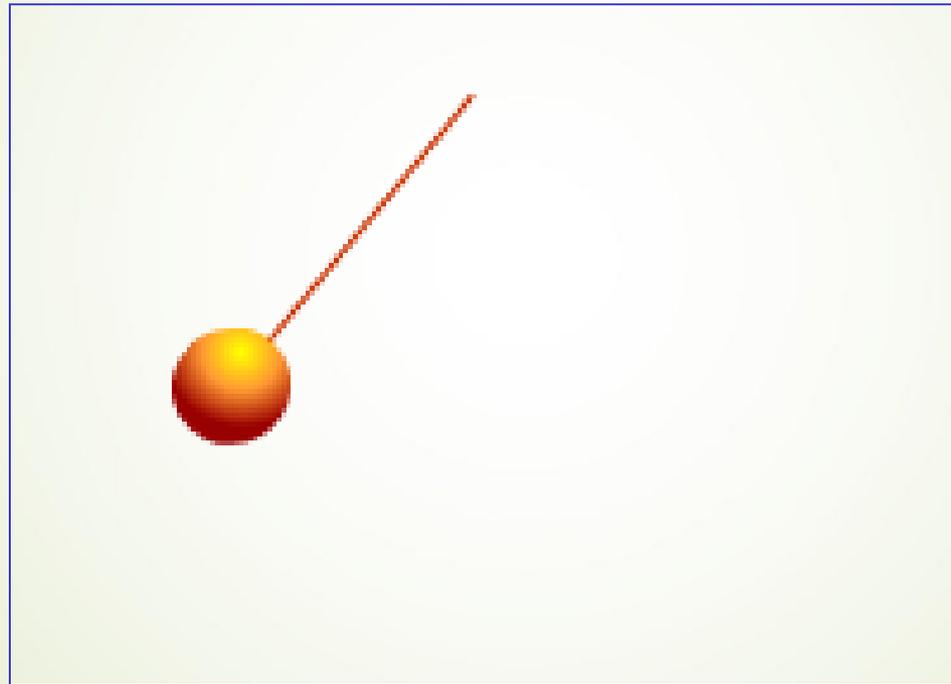
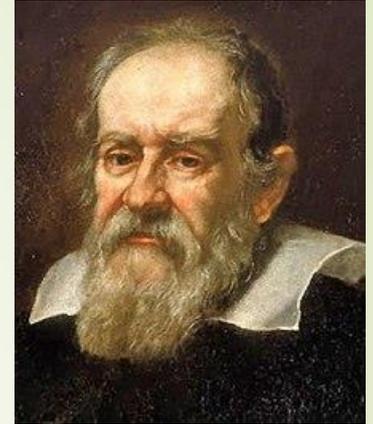
*si **misurano** le grandezze che caratterizzano il fenomeno e si cercano relazioni quantitative tra esse*

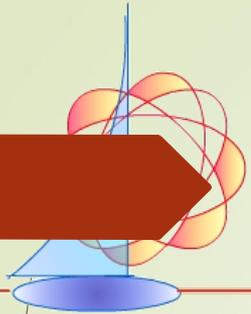
Nel metodo sperimentale si parte dall'osservazione di un fenomeno e si procede secondo lo schema seguente:

# Il metodo sperimentale



# Oscillazione di un Pendolo e misura di «g»





# Oscillazione di un Pendolo e misura di «g»



Fenomeno Oscillazione di un pendolo

Grandezze massa , lunghezza della corda, angolo di oscillazione, forma dell'oggetto, periodo di oscillazione, velocità, accelerazione, tensione della corda, ecc .....

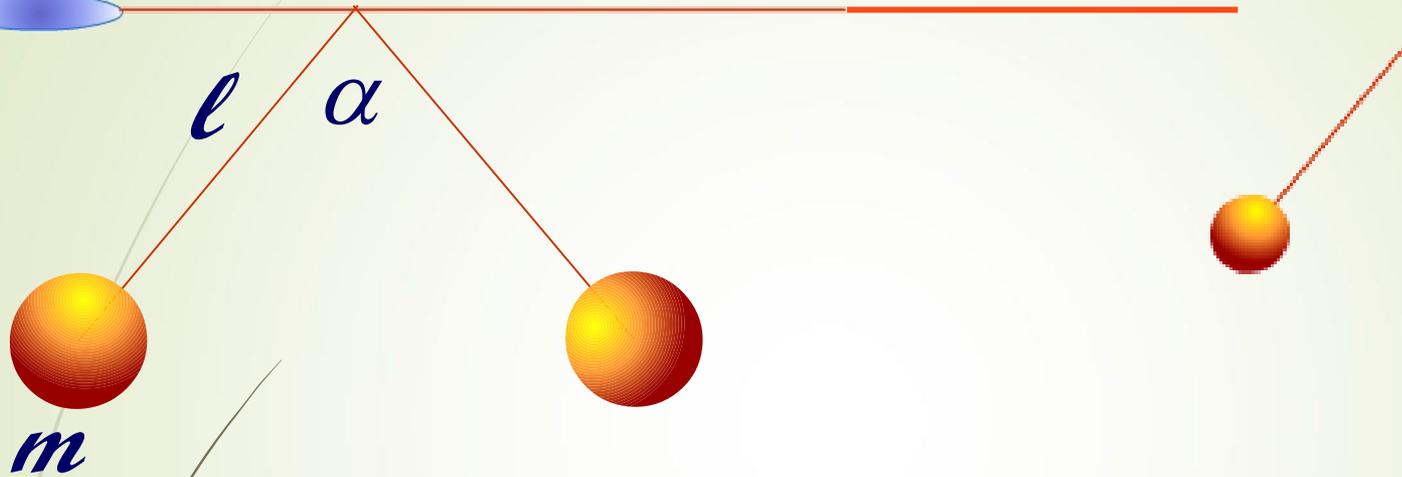
Ipotesi il periodo  $T$  di oscillazione diminuisce all'aumentare della massa  $m$  del pendolo

Esperimento riproduciamo il fenomeno in laboratorio, cioè in condizioni controllate, fissiamo tutte le altre grandezze e ripetiamo le misure cambiando più volte la massa  $m$  e misurando il periodo  $T$  corrispondente.

Esperimento conferma Ipotesi?

No il periodo è indipendente dalla massa  $m$

# Oscillazione di un Pendolo e misura di «g»



Nuova Ipotesi “*il periodo dipende dall’angolo di oscillazione*” -->

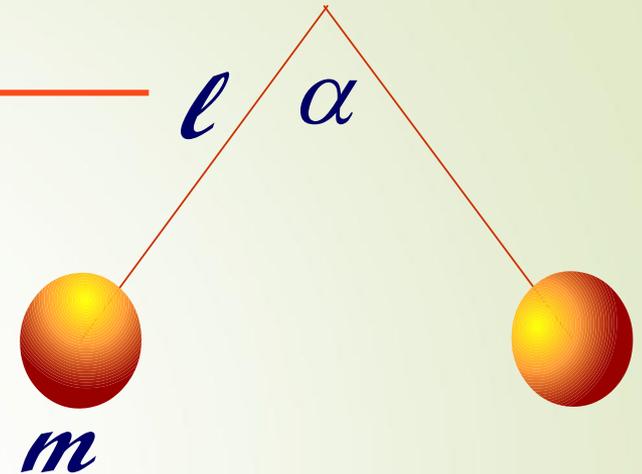
Esperimento --> Osservazione > Il periodo è indipendente dall’angolo (*entro una certa ampiezza*)

# Oscillazione di un Pendolo e misura di «g»

Nuova ipotesi

*“il periodo dipende dalla lunghezza del pendolo”*

Esperimento: *riproduciamo il fenomeno in laboratorio, fissiamo tutte le altre grandezze e ripetiamo le misure cambiando più volte la lunghezza  $\ell$  e misurando il periodo  $T$  corrispondente.*

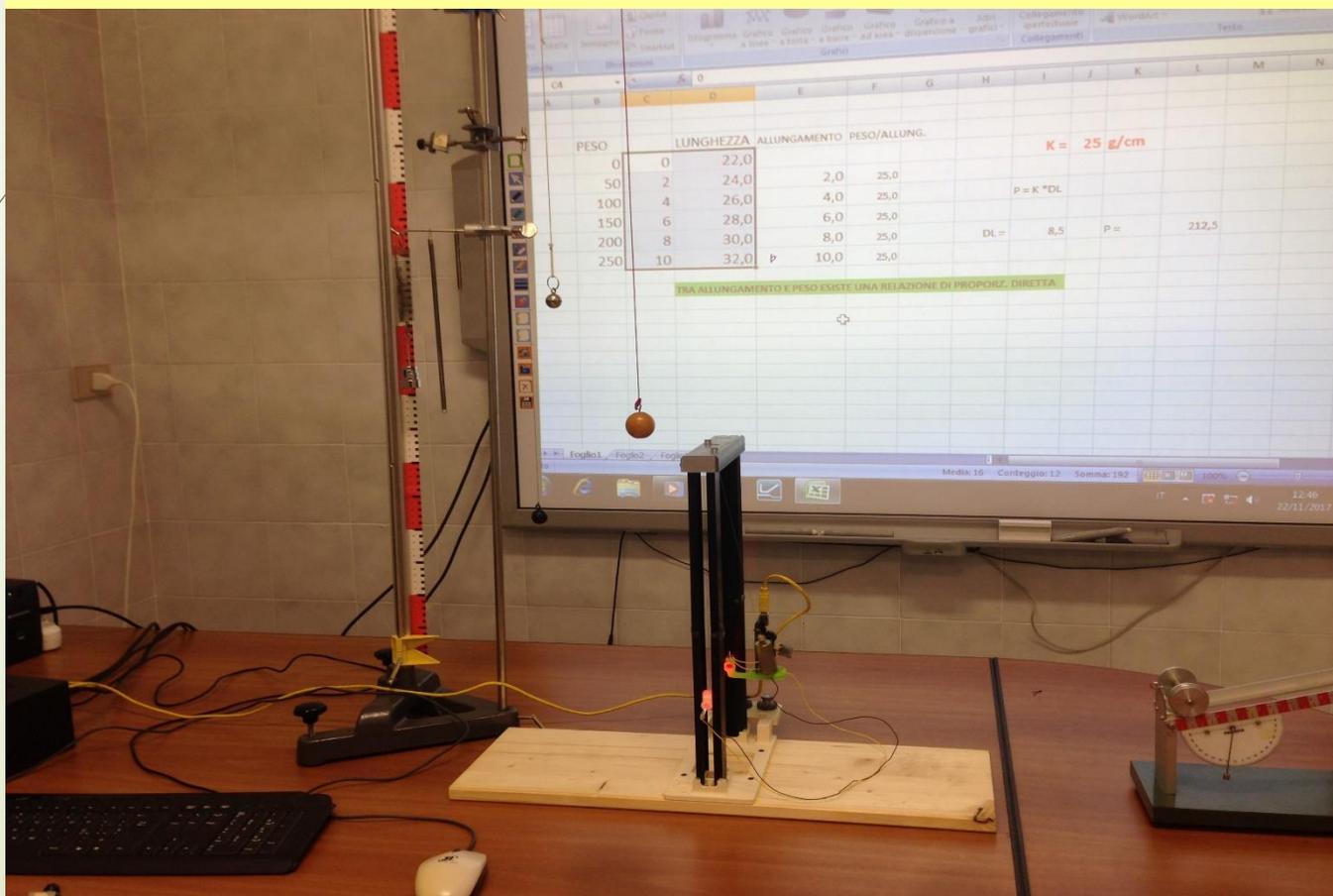


Osservazione: Si il periodo dipende da L

Legge fisica 
$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\mathcal{L}}{g}}$$

# Com'è fatto il nostro pendolo

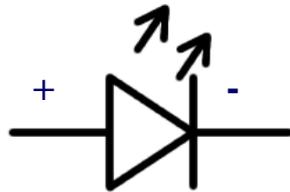
Il nostro è un pendolo dotato di un sensore capace di registrare le interruzioni di luce provocate dal passaggio del corpo oscillante



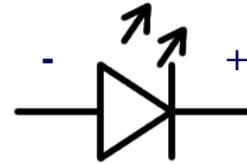
# Com'e' fatto il nostro pendolo

Il sensore e' una fotocellula composta da due **LED**.

Un LED e' un semiconduttore che emette fotoni (e quindi luce) se attraversato da un flusso di elettroni. Quando questo flusso di elettroni viene invertito, il LED si comporta come sensore di luce.



Emette Luce



Rileva Luce

I dati vengono trasmessi al computer tramite un Microcontrollore (Arduino), un dispositivo in grado di leggere e scrivere segnali elettrici quando messo in comunicazione con un computer.



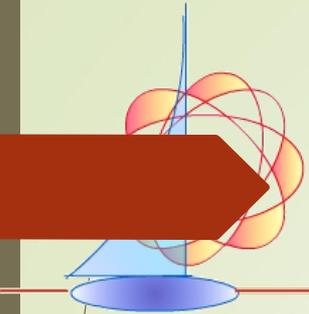
# Elaborazione dei dati

I dati raccolti da Arduino sono semplici valori numerici.  
Essi vengono poi elaborati da un computer con piu' potenza di calcolo.

The screenshot displays the Microsoft Visual Studio IDE for a project named 'AM Arduino Pendulum'. The main window shows a Windows Form with a graph and control panels. The graph plots 'Value' (0-100) against 'Sample' (1-8). A blue line represents 'Light Data' and an orange line represents 'Threshold'. The 'Data' panel includes 'Light Value', 'Oscillation Step', 'Sensitivity', and a 'Graph' checkbox. The 'Calculations' panel includes 'Threshold Value', 'Oscillation Period', 'Samples Number', 'Average', 'Max Value', 'Min Value', 'Absolute Error', and 'Relative Error'. The code editor shows the following C# code:

```
76 lue = Convert.ToInt32(CurrentPort.ReadLine());
77
78 calculate)
79
80 (LightValue > numericUpDown1.Value && !lastTriggered)
81
82 OscillationStep++;
83 lastTriggered = true;
84
85 if (LightValue < numericUpDown1.Value)
86
87 lastTriggered = false;
88
89
90 (OscillationStep == 0)
91 OscillationPeriodStart = DateTime.Now;
92
93 if (OscillationStep == 3)
94
95 OscillationPeriod = DateTime.Now - OscillationPeriodStart;
96 OscillationStep = 0;
97 OscillationNumber++;
98
99 OscillationPeriodSum += OscillationPeriod;
100 OscillationPeriodAverage = TimeSpan.FromTicks(OscillationPeriodSum.Ticks / OscillationNumber);
101
102 OscillationPeriodMin = OscillationPeriod < OscillationPeriodMin ? OscillationPeriod : OscillationPeriod;
103 OscillationPeriodMax = OscillationPeriod > OscillationPeriodMax ? OscillationPeriod : OscillationPeriod;
104
105 AbsoluteError = TimeSpan.FromTicks((OscillationPeriodMax - OscillationPeriodMin).Ticks / 2);
106
107 RelativeErrorTicks = (decimal)AbsoluteError.Ticks / (decimal)OscillationPeriodAverage.Ticks;
108
109
110 Console.WriteLine("Read -- 101");
```

The Solution Explorer on the right shows the project structure for 'AM Arduino Pendulum', including files like 'AssemblyInfo.cs', 'Resources.resx', 'Settings.settings', 'References', 'AM Arduino Pendulum\_TemporaryKey.pfx', 'App.config', 'Form1.cs', 'Form1.Designer.cs', 'Form1.resx', and 'Program.cs'. The Properties window at the bottom right is empty.



# Formule

Il periodo di oscillazione del pendolo puo' essere calcolato con la formula  $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$

In questa formula  $T$  e' il periodo di oscillazione,  $l$  e' la lunghezza del pendolo e  $g$  e' l'accelerazione gravitazionale ( $\approx 9.8m/s^2$ )

Se non si conosce la **costante  $g$** , essa puo' essere calcolata conoscendo

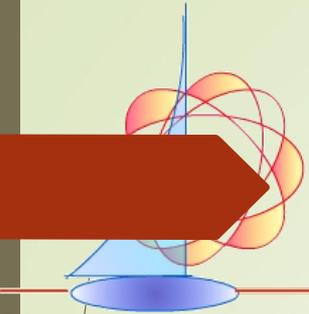
$T$  e  $l$  con la formula inversa  $g = 4\pi^2 \frac{l}{T^2}$ .

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

→  $T^2 = 4\pi^2$

→  $g = 4\pi^2 \frac{l}{T^2}$

In questa formula notiamo che sono presenti due misurazioni:  $l$  e  $t$ . Come detto prima queste misure sono corrette con un margine di errore. Questo margine di errore si propaga anche su  $g$ .



# Propagazione dell'errore

---

L'errore su una misura si propaga sulle misure derivate

Quando si ha la somma di due misure, si sommano gli **Errori Assoluti**

$$\Delta A = \Delta B + \Delta C$$

Quando invece si ha un prodotto o un quoziente, si sommano gli **Errori Relativi**

$$\frac{\Delta A}{A} = \frac{\Delta B}{B} + \frac{\Delta C}{C}$$

Nella formula  $g = 4\pi^2 \frac{l}{T^2}$  l'errore quindi si propaga così:

$$\frac{\Delta g}{g} = \frac{\Delta l}{l} + 2 \frac{\Delta T}{T}, \text{ quindi l'errore assoluto e' ottenibile con } \Delta g = \frac{\Delta g}{g} \cdot g$$