

# Physics is Fun: Why do objects fall?

Grzegorz Karwasz  
*Didactics of Physics Division*  
*Nicolaus Copernicus University*  
*Toruń, Poland*

송미영

선임 연구원

플라즈마물성데이터 센터

플라즈마물성연구팀 / 원천기술연구부/

플라즈마기술연구센터 /국가핵융합연구소

Nicola Copernico: «Che cos'è più bello del cielo?»



„Nebulosa” di Barnard (costellazione di Orione)

# Toruń – città medioevale (\*1227)



Ordine religioso tedesco (di crociati)

# Toruń – città della cattedrali



Chiesa S.S. Giovanni

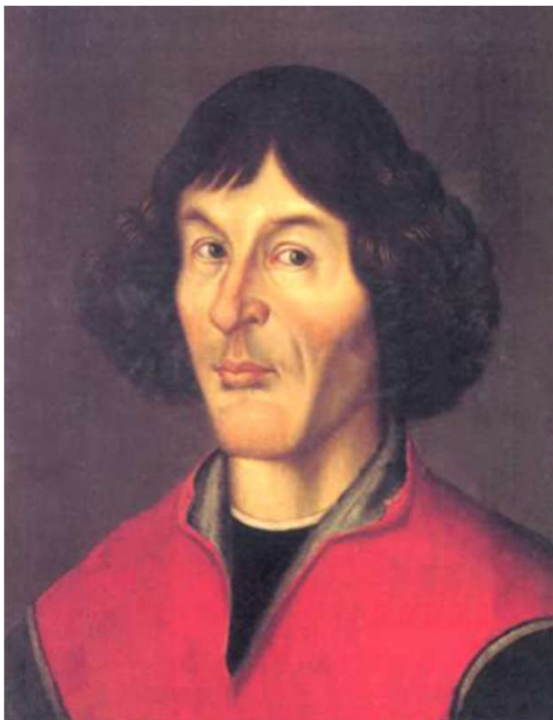


Chiesa SS. Maria  
(Ascensione)



Chiesa S. Giacomo

# Toruń – Nicolaus Copernicus born (1473)



N. Copernicus (1473-1543)



House of Copernicus father,  
rich merchant



Lucas Watzenrode  
(Nicolaus' uncle,  
Bishop)

# Nicolao Copernico – un bravo (?) studente



Cracovia (1492-1496)  
Cattedrale SS. Maria



Bologna (1496-1500)  
Torre degli Asinelli



Padova (1501-1503)  
Basilica di S. Antonio

# Che cosa succedeva in Europa/ Polonia in quel tempo?

Polonia 1466:

guerra tra la Germania e la Polonia: pace di Torun



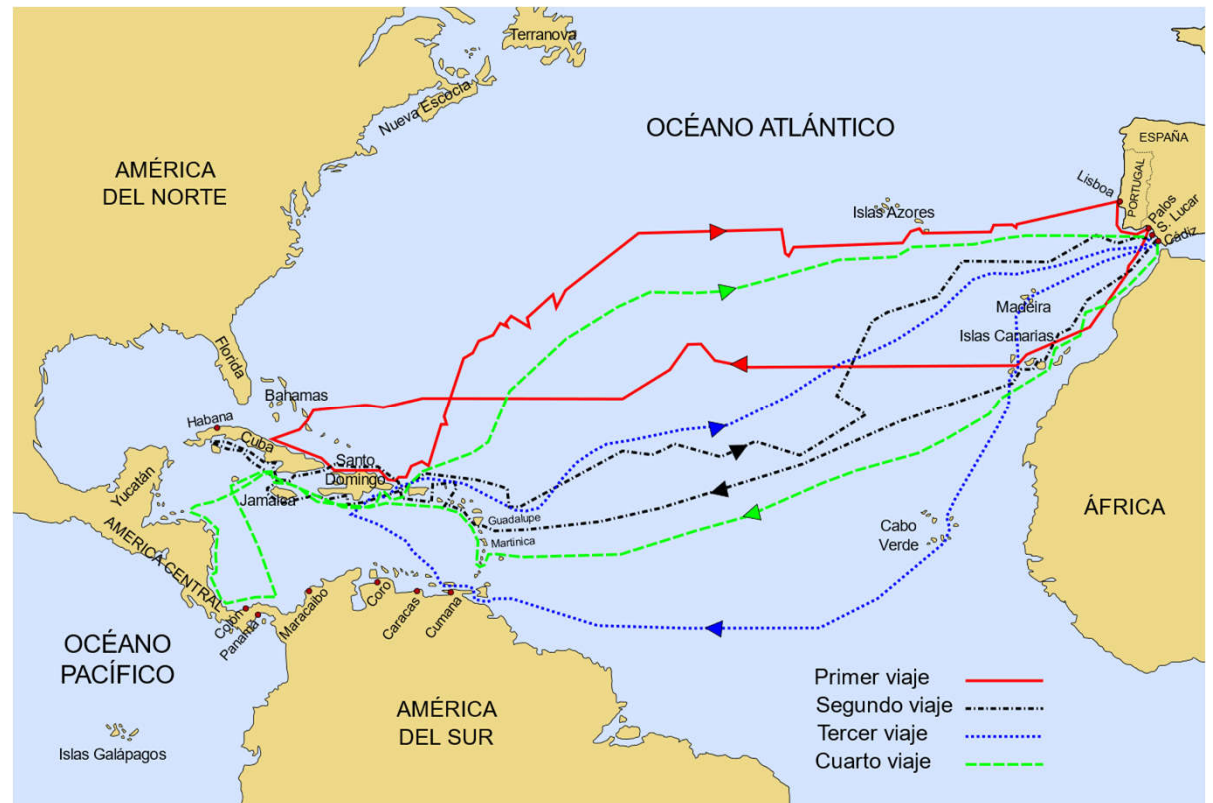
Europe 1453:

caduta di Costantinopoli (Instabul odierna)

= la fine del Impero Romano (dell'Oriente)

# Che cosa succedeva in Europa/ Polonia in quel tempo?

Gutenberg (1451-53): stampa a caratteri mobili



Colombo 1492: Scoperta dell'America

[https://it.wikipedia.org/wiki/Stampa\\_a\\_caratteri\\_mobili](https://it.wikipedia.org/wiki/Stampa_a_caratteri_mobili)  
[https://it.wikipedia.org/wiki/Cristoforo\\_Colombo](https://it.wikipedia.org/wiki/Cristoforo_Colombo)



# Che cosa ha fatto Copernico?



*Terrae motor, solis caelique stator*



# Cerca la Luna, Venere, Giove



Bamberg  
25.03.2012

Foto: M. Karwasz

# Il giorno dopo controlla, dove sono adesso



# Sprawdź w innym miejscu na świecie, gdzie są tego samego dnia

Lo stesso giorno un'ora più tardi  
Ingrandimento maggiore



Nota che la Luna non illuminata non è del tutto buia:  
viene illuminata dalla Terra che in questa fase, vista  
dalla Luna è in «Pleni-terro»

Toruń  
26.03.2012

Foto: K. Służewski

# Tolemeo (151-212): Il Sole e le stelle girano



Cattedrale SS. Maria Vergine Assunta a Torun

# Il sistema Copernicano: i pianeti girano attorno il Sole

Mercurio: - 1 orbita in 90 giorni

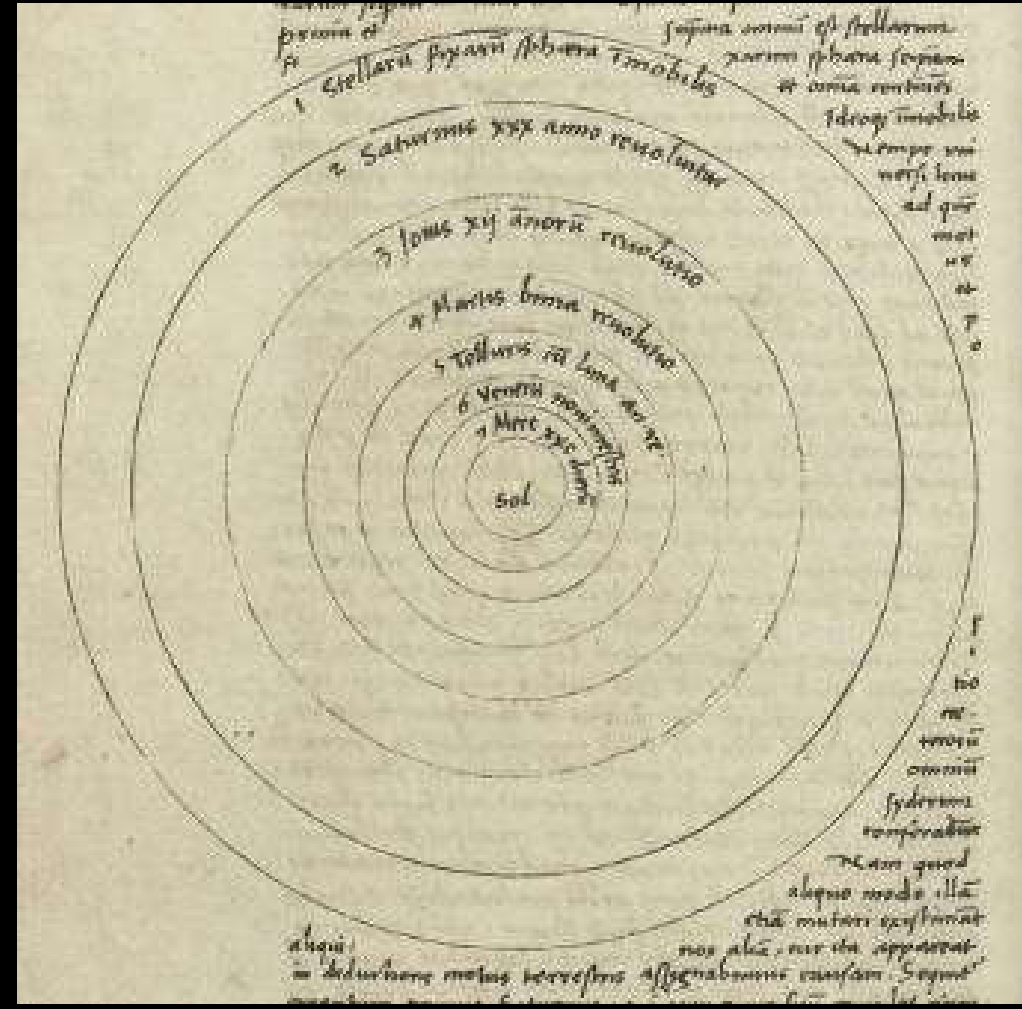
Venere: - 1 orbita in 9 mesi

Terra: 1 orbita in 1 anno

Marte: - 1 orbita in 2 anni

Giove: 1 orbita in 11 anni

Saturno: 1 orbita in 30 anni



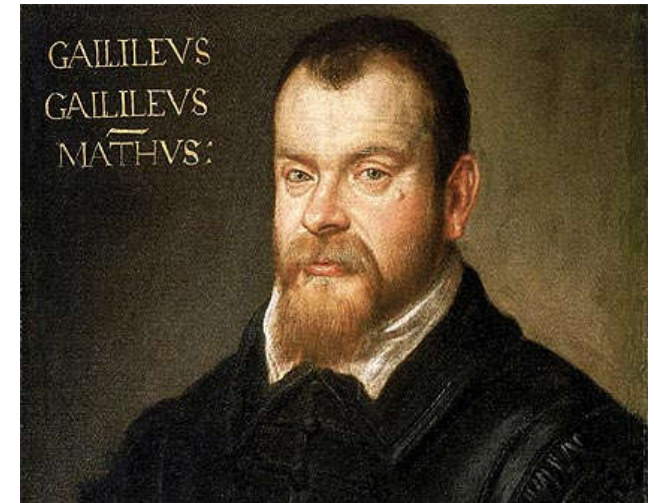
# Solar-scope



<https://www.solarsystemscope.com>

# Galileo Galilei (Parte I)

«La fisica è scesa dal cielo alla terra  
sul piano inclinato di Galileo»\*



Grzegorz Karwasz  
*Divisione della Didattica di Fisica*  
*Università di Nicolao Copernico*  
*Toruń, Polonia*

E. M. Rogers, *Physics for Inquiring Minds*, Oxford, 1960



# Padre della scienza moderna

## Galileo Galilei



From Wikipedia, the free encyclopedia

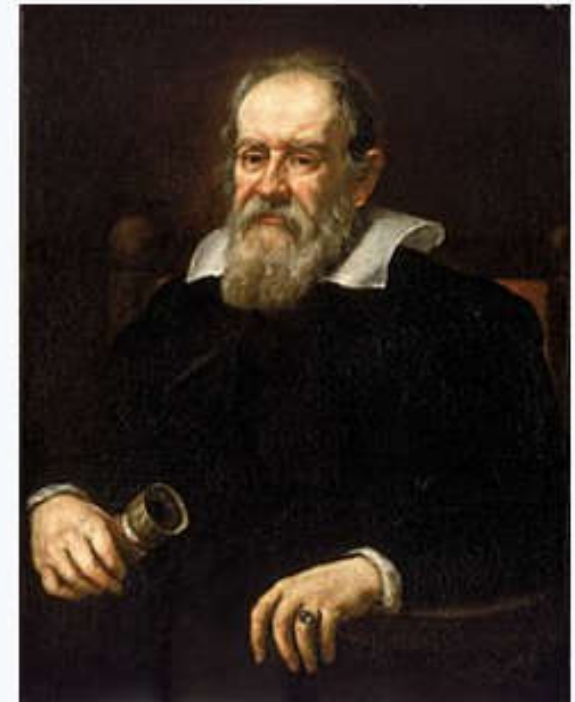
*"Galileo" redirects here. For other uses, see Galileo (disambiguation) and Galileo Galilei (disambiguation).*

**Galileo di Vincenzo Bonaiuti de' Galilei** (15 February 1564 – 8 January 1642) was an Italian astronomer, physicist and engineer, sometimes described as a polymath. Commonly referred to as **Galileo**, his name was pronounced /ˌɡælɪˈleɪ.oʊˌɡælɪˈleɪ.i/ (*GAL-ih-LAY-oh GAL-ih-LAY-ee*, Italian: [ɡaliˈlɛːo ɡaliˈlɛi]). He was born in the city of Pisa, then part of the Duchy of Florence.<sup>[4]</sup> Galileo has been called the "father" of observational astronomy,<sup>[5]</sup> modern physics,<sup>[6][7]</sup> the scientific method,<sup>[8]</sup> and modern science.<sup>[9]</sup>

Galileo studied speed and velocity, gravity and free fall, the principle of relativity, inertia, projectile motion and also worked in applied science and technology, describing the properties of pendulums and "hydrostatic balances". He invented the thermoscope and various military compasses, and used the telescope for scientific observations of celestial objects. His contributions to observational astronomy include telescopic confirmation of the phases of Venus, observation of the four largest satellites of Jupiter, observation of Saturn's rings, and analysis of lunar craters and sunspots.

Galileo's championing of Copernican heliocentrism (Earth rotating daily and revolving

**Galileo Galilei**



1636 portrait by Justus Sustermans

**Born**

Galileo di Vincenzo Bonaiuti

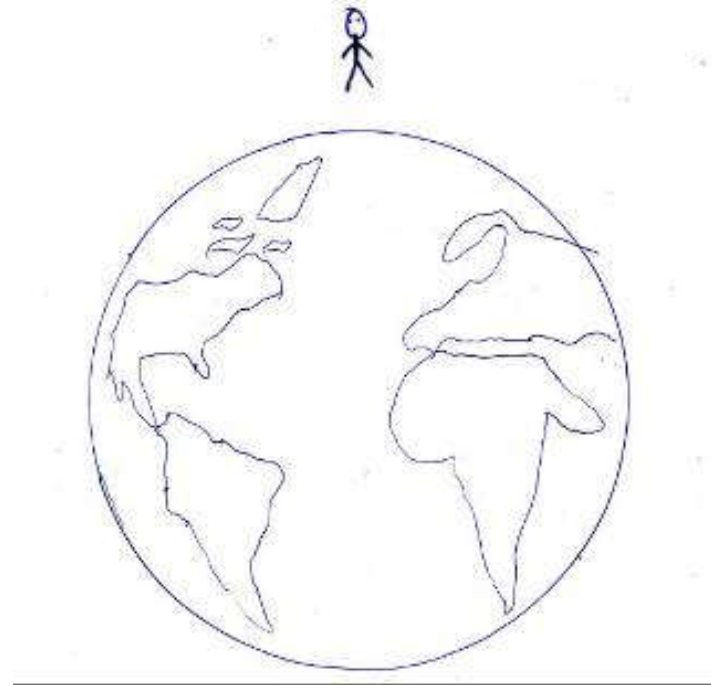
1564

# Perché gli oggetti cadono per terra?

Perché c'è la gravità!

Che cosa è la gravità?

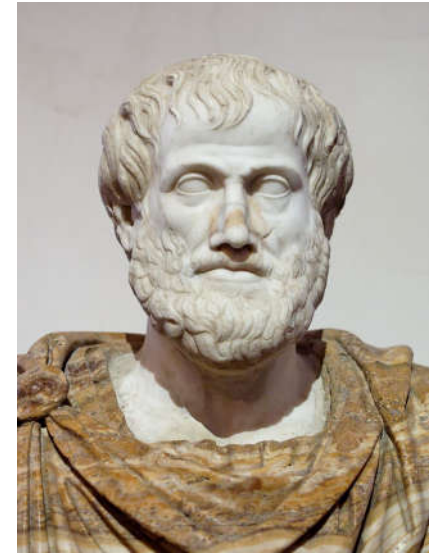
È l'attrazione della Terra.



Ma che cosa è l'attrazione della Terra? È la gravità.

**Non abbiamo detto granché: il burro è fatto di burro**

# Aristotele (384-322 a.C.)



Gli oggetti cadono, perché sono pesanti,  
e il posto *naturale* di oggetti pesanti è il centro della Terra

Allora oggetti cadono, per andare verso il centro della Terra

Proviamolo!

Proviamolo ancora una volta!

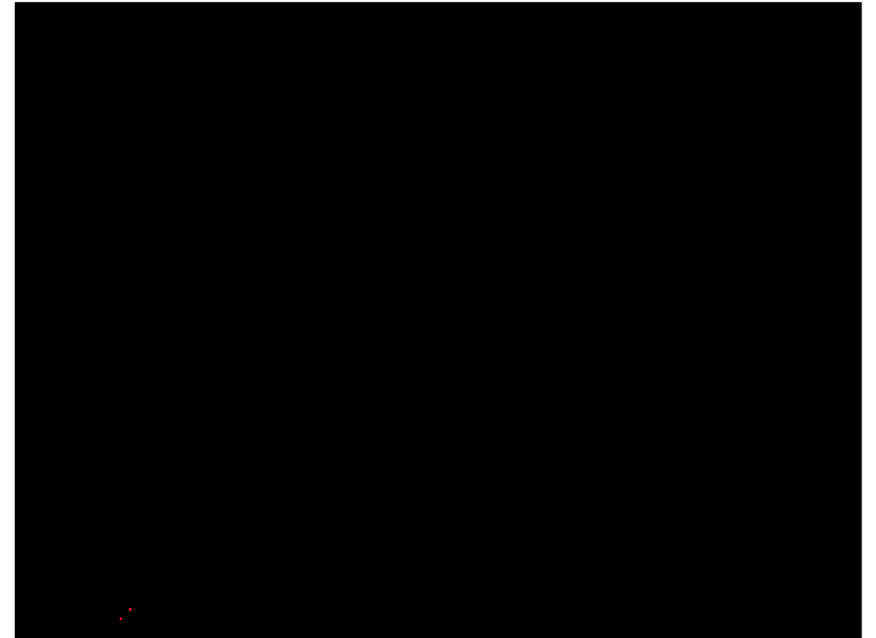
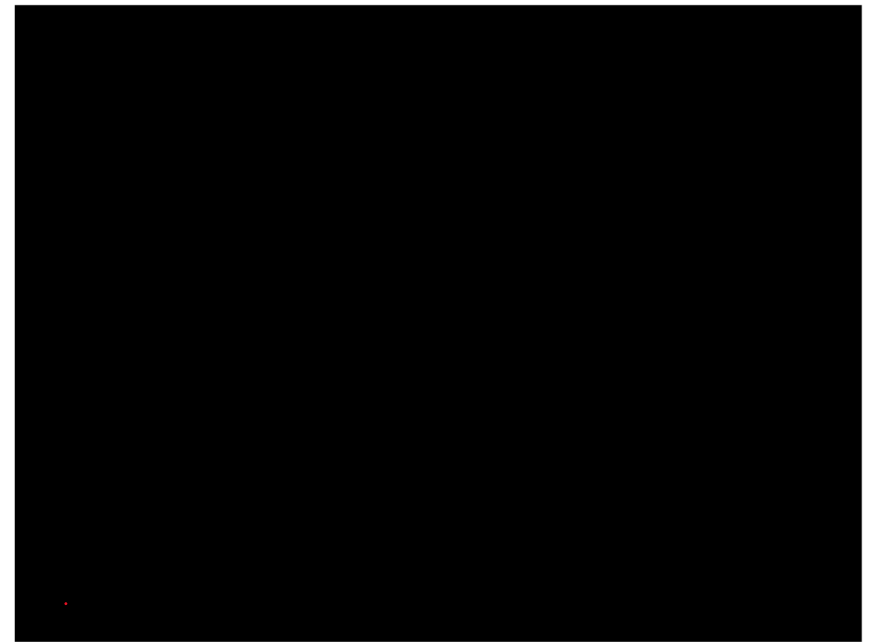
Sì! Gli oggetti vanno verso il centro della Terra!

# Una pallina può saltare in alto?

Guardiamo questo filmato!  
E ancora...



No! Era un inganno.  
Il filmato è stato invertito...



# Possono gli oggetti saltare in su?



Proviamo di pensare insieme: Salta!

(Si chiama la tele-kinesi, e qualcuno ci crede sopra)

No, non funziona. Magari qualcuno ha pensato «non saltare»?

Riproviamo!

No! non funziona. La palla da sola non può saltare in su!

# Ho una palla magica...



Adesso facciamo una magia

Magia, magia: vai in su!

Adesso torna indietro!

Su! Indietro!

Avete visto? Magico. Vero?



Adesso dico a questa pallina di gomma,

Salta fino al soffitto! (Attenzione)

Avete visto?

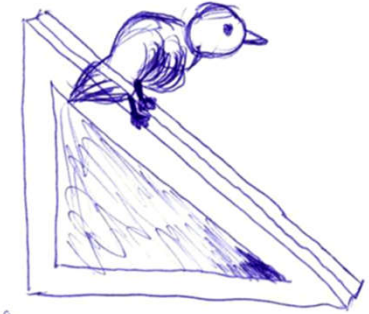
Adesso possiamo saltare insieme!

Perché?

Perché abbiamo energia!



# É l'energia che muove le cose



Energia jest potrzebna  
do ruchu wszystkich rzeczy i osob.  
Bez energii nic by sie nie ruszalo.



Che cosa hanno mangiato gli uccelli?

Palline? No! L'energia!

Perché le papere camminano?

Perché gli abbiamo fornito  
l'energia





# Bisogna fare il lavoro, per fornire l'energia

Il pupazzo scende giù perché possiede l'energia



Il Babbo Natale sale, perché li diamo energia



# Il Babbo Natale



# Il Babbo Natale alpinista

Fisica e giocatoli

Non sicuro | dydaktyka.fizyka.umk.pl/zabawki1/index-it.html

Home

Meccanica

Ottica

Termodinamica

Elettromagnetismo

UK

FR


DE

PL


## Babbo natale alpinista

Il laborioso Babbo Natale si arrampica sulla corda per il camino. Ma in effetti è il suo aiutante che lo tira forza in basso con la corda e Babbo Natale sale senza metterci il proprio apporto di lavoro.

Quando tiriamo in basso i fili, le gambe di Babbo Natale sono strette immobili sulla corda mentre muove le mani verso l'alto. Dopo aver allentato il filo, le mani rimangono immobili mentre le gambe sono tirate verso l'alto da una fascia elastica che è intorno a Babbo Natale.



Il principio di funzionamento sfrutta la differenza delle forze d'attrito. Le mani sono strette alla corda per mezzo di un piccolo elastico che le unisce. Sulle gambe il filo passa diagonalmente attraverso il perno tra le ginocchia. In posizione piegata, il filo è avvolto sul perno con un angolo di quasi  $360^\circ$ . Il principio, noto dall'ancoraggio delle navi, di avvolgere la gomina intorno alla bitta spiega perché in questa posizione la forza d'attrito delle gambe contro il filo è più forte che la forza d'attrito delle mani. Le gambe rimangono immobili sulla corda e sono le mani a scivolare verso l'alto.



[Più...](#)

## Meccanica

- [Senso dell'equilibrio](#)
- [Bambola equilibrata](#)
- [Cagnolino ballerino](#)
- [Uccello migratore](#)
- [Pendolo di Newton](#)
- [Riki - tiki](#)
- [Palline in caduta libera](#)
- [Dropper - poper](#)
- [Animali a passeggio](#)
- [Ometto sulla scala](#)
- [Dichia](#)

# Lavoriamo, per fornire l'energia

Oggetti saltano (si muovono, cadono) perché hanno l'energia

Questa è un'altra palla magica



Devo lavorarci sopra (fornire l'energia)

Adesso possiamo dire: salta in su!

Il picchio picchia, se li diamo l'energia



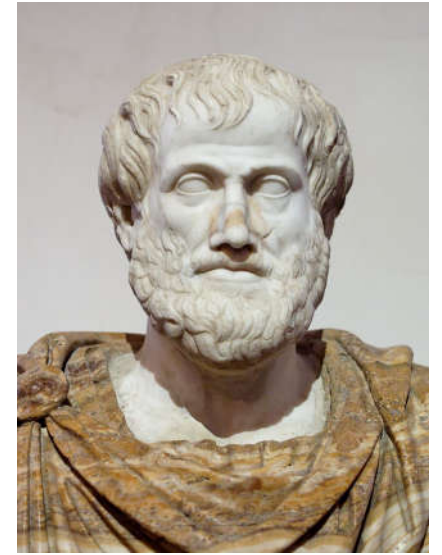
# Come gli oggetti cadono?

Adesso sappiamo *perché* oggetti cadono.

Chiediamo adesso, come cadono.

**Vero che gli oggetti pesanti cadono più velocemente?**

Aristotele diceva: Sì!



# Quale carello scende per primo?

Chi dice che il primo scende il carello pesante?

Chi pensa che il carello leggero è più veloce?

Proviamolo!

Qual è il carello più pesante?



# Qual è il carello più veloce?

Parte per primo il carello leggero

Questo pesante lo dovrebbe raggiungere.

No! Non ha funzionato...

Proviamo con questo leggero

Non funziona neanche così!

L'unica spiegazione che scendono con la stessa «velocità»

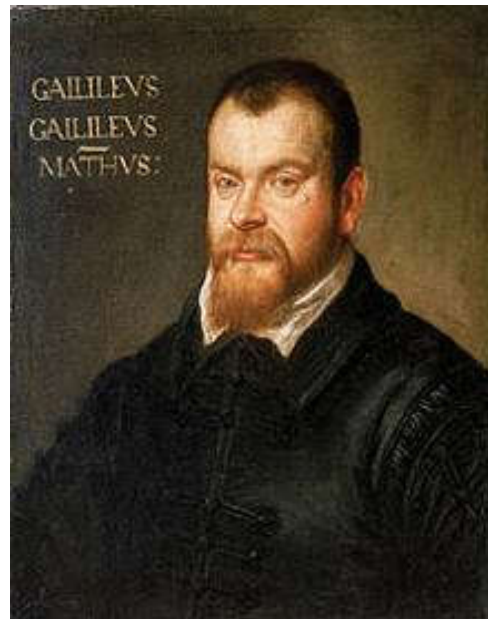


# Galileo (1564-1642)

Tutti gli oggetti cadono con la stessa „velocità”

Forse faceva cadere i sassi dalla torre di Pisa

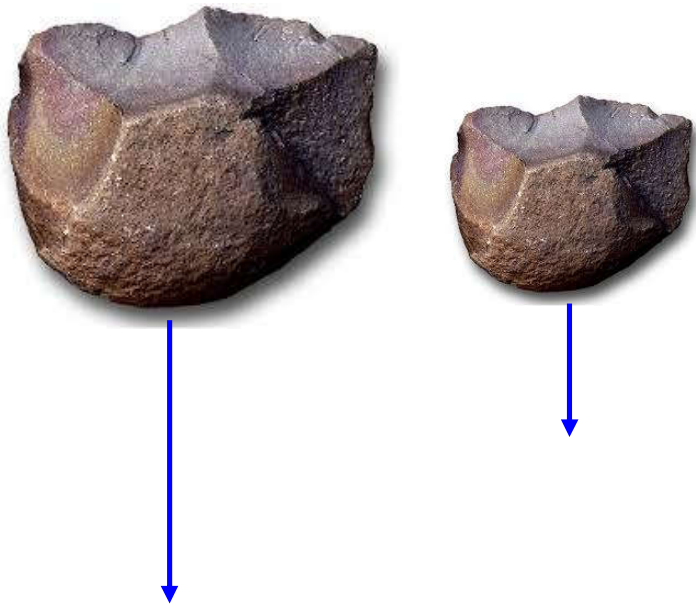
La Torre era pendente già in quel tempo





# Galileo Galilei:

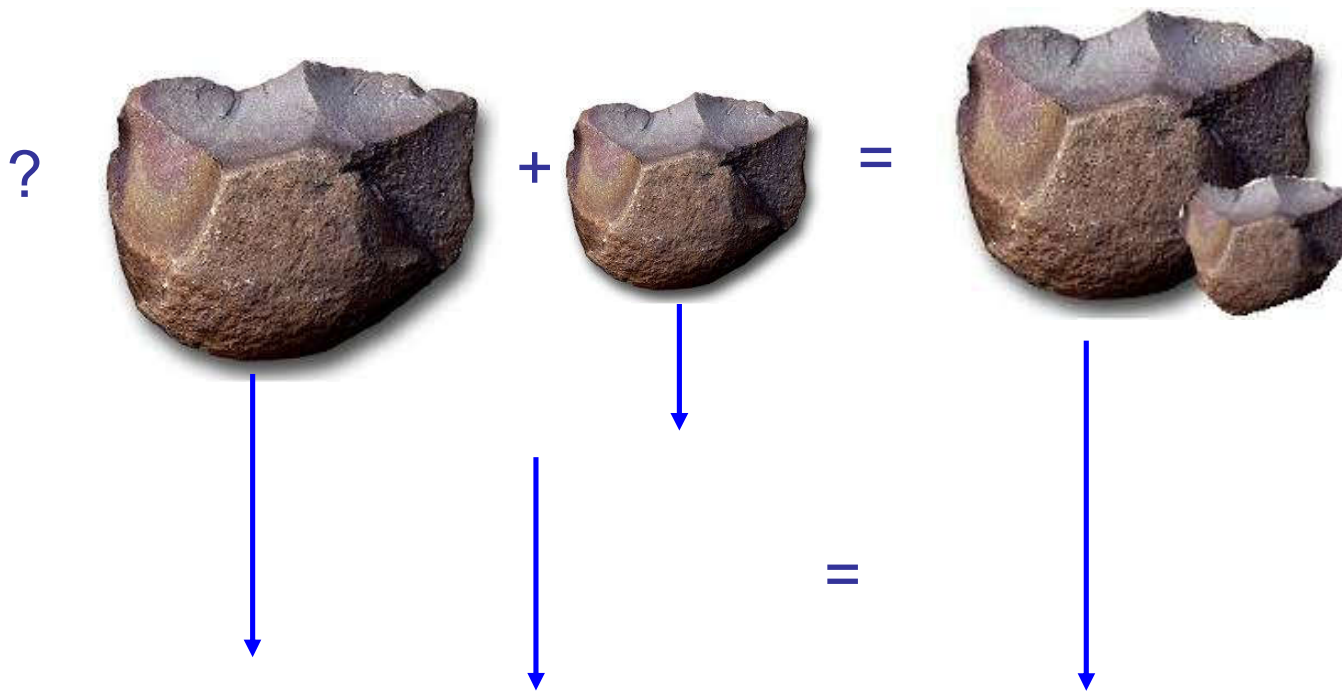
„Che cosa succede se facciamo cadere il sasso pesante con il sasso leggero?”



Il sasso più pesante cade più velocemente del sasso leggero?

# Galileo Galilei:

„Adesso leghiamo insieme il sasso pesante con il sasso leggero.  
Che cosa succede?”



Il sasso pesante cade insieme col leggero!

Adesso proviamo due palline:

pesante e leggera

?

Chiudete gli occhi!

Questa è pesante e quella leggera



# Adesso insieme:

Ascoltate attentamente!

Quale pallina cadde per prima?

Aprite gli occhi!

Cadono insieme!



**Tutti gli oggetti cadono con la stessa „velocità”!**

# Riproviamo!

Guardare attentamente!

La pesante è più veloce!

Perché?



# Proviamo due pezzi di carta

Uno come un foglio, l'altro – una pallina

È l'aria che fa la differenza!



# Facciamo l'esperimento senza aria

Sulla Luna non c'è aria, però on possiamo andare sulla Luna

Ma abbiamo un filmato

In questo tubo abbiamo una monetina e una piuma.

Proviamo che cose cade per prima:  
la monetina o la piuma?

Chiaro! La monetina cade per prima!



# Now we pump out air from tube

This is a pump, we wait until air goes out

And we try again!

Now, coin and feather are together

This is the air which makes the difference!





# Now we make experiment on Moon

Apollo 15 (1971)

„This is an old experiment by Galileo

He said that all objects fall  
with the same velocity



This is a hammer and this is a feather

Let's try which falls first!

They fall together. Galileo was right!”

# Galileo experiment on Moon

Apollo 15 (1971)

„then a demonstration  
of a classical  
experiment



In my left hand I have a feather, in my right hand I have a hammer.  
One of the reasons that we got here today was because of a gentleman named Galileo,  
a long time ago. He made a rather significant discovery about falling objects in gravity  
field. And we thought what would be the best place to confirm his findings than the Moon.

So we will try it here for you. [...]  
I will drop two of them, and hopely, they will come to the ground at the same time. ù  
And that it!

# Ancora un esperimento di «Galileo»



# L'assenza di gravità?

Come nello spazio



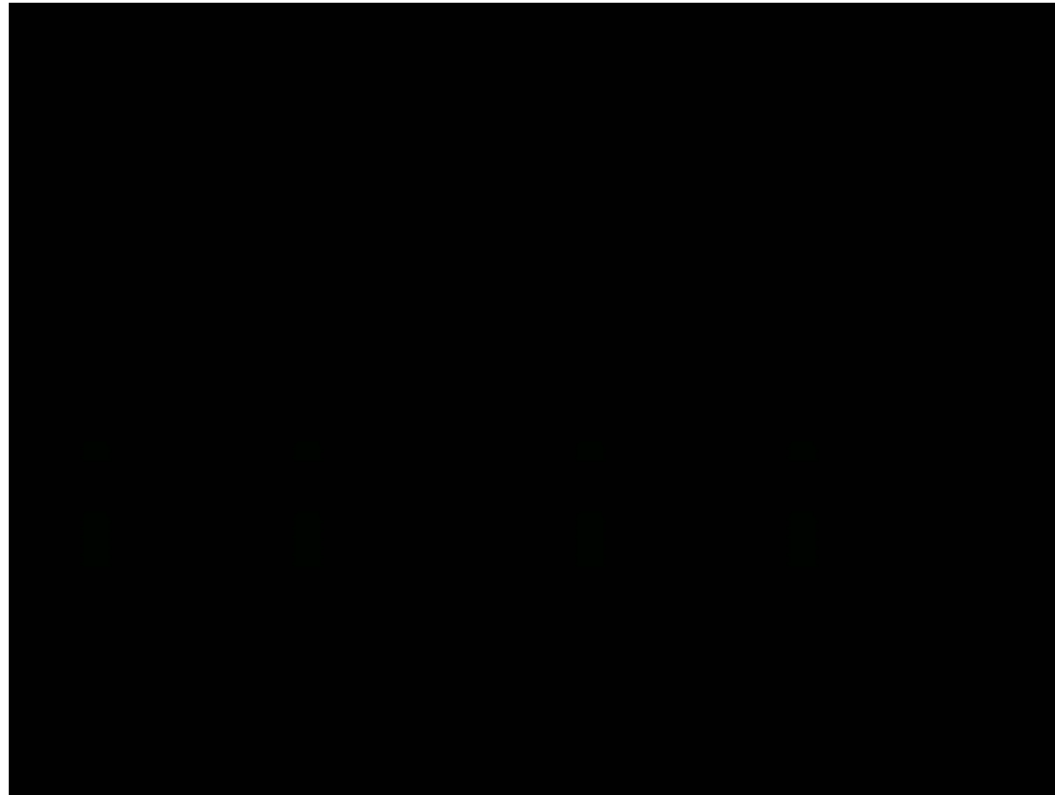
Gagarin, first man in space (12.04.1961)



ISS005E16296

Mangiare nella Stazione Spaziale

# L'assenza della gravità?



4:10

Gagarin, first man in space (12.04.1961)

# We can make it here

This is our space ship and pilot

Will he jump out?

No! he falls together



The bear is in absence of gravity

# We check it again

Now water flows out

No! water and the cup fall together!

Water in the cup is in *absence of gravity*

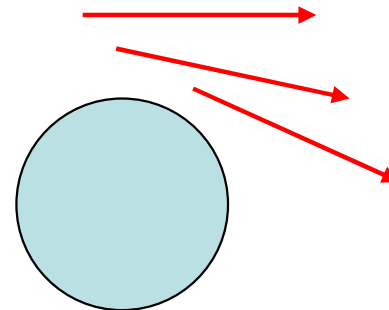


# But spaceship on orbit?

It goes around, not falling?

Yes, it goes around

but it is constant falling





# In che modo gli oggetti cadono?

Adesso ascoltiamo questa pallina

Chiudi gli occhi e ascolta

Come si muove questa pallina?

Si muove con la *velocità* costante



# Ascolta adesso...

Adesso, parte lentamente e poi più veloce

La pallina *accelera*



# Proviamo un piano inclinato un po' più grande...



Ascolta il filmato

A che distanza si trovano i campanelli? Uguali, vero?

Adesso *guardiamo* il filmato

# Misuriamo le distanze



Distanze sono  $1 : 3 : 5 : 7$  (scarpe), i.e. numeri dispari successivi

Questa è la legge scoperta da Galileo

# «Il Saggiatore»

Galileo Galilei (1617)

Avanti di ogni altra cosa, bisogna considerare come il movimento de i gravi descendenti non è uniforme, ma partendosi dalla quiete vanno continuamente accelerandosi; effetto conosciuto ed osservato da tutti, fuor che dal prefato autore moderno, il quale, non parlando di accelerazione, lo fa equabile. Ma questa general cognizione è di niun profitto, quando non si sappia secondo quale proporzione sia fatto questo accrescimento di velocità, conclusione stata sino ai tempi nostri ignorata a tutti i filosofi, e primieramente ritrovata e dimostrata dall'Accademico, nostro comun amico:

# «Il Saggiatore»

amico: il quale, in alcuni suoi scritti non ancora pubblicati, ma in confidenza mostrati a me e ad alcuni altri amici suoi, dimostra come l'accelerazione del moto retto de i gravi si fa secondo i numeri impari *ab unitate*, cioè che segnati quali e quanti si vogliano tempi eguali, se nel primo tempo, partendosi il mobile dalla quiete averà passato un tale spazio, come per esempio, un canna, nel secondo tempo passerà tre canne, nel terzo cinque, nel quarto sette, e così conseguentemente secondo i succedenti numeri caffi, che in somma è l'istesso che il dire che gli spazii passati dal mobile, partendosi dalla quiete, hanno tra di loro proporzione duplicata di quella che hanno i tempi ne' quali i tali spazii son misurati, o vogliam dire che gli spazii passati son tra di loro come i quadrati de' tempi.

# Numeri caffi successivi

$s = \frac{1}{2} at^2$  dove  $a$  è l'accelerazione

Science Center, Daejeon



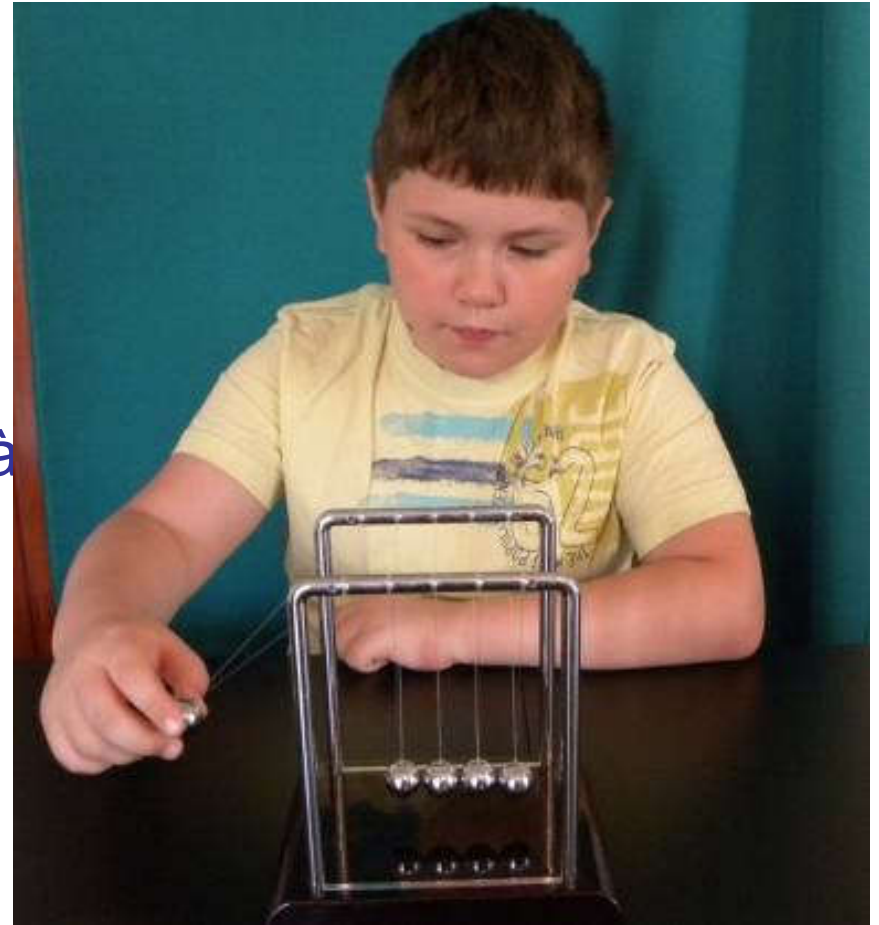
# Leggi di conservazione (1)

Energia (cinetica and potenziale):

$E_k = mv^2$ ,  $m$  – è la massa,  $v$  - velocità

$E_p = mgh$ ,  $g$  – è l'accelerazione di gravità,  $h$  – altezza

$E_p \leftrightarrow E_k$



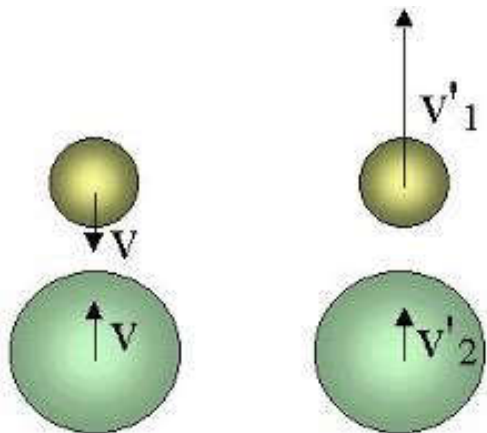
Newton's cradle



# Leggi di conservazione (2)

Quantità di moto (*impetus*)

$$p = mv$$



Esperimento con il cannone

# Leggi di conservazione (3)

Momento angolare

$$L = m \mathbf{r} \times \mathbf{v}$$



„pietra celtica”

# Galileo Galilei

- ha introdotto il metodo scientifico: non una «metafisica» ma una attenta, scrupolosa, sistematica e progettata osservazione della natura.
- L'osservazione fatta via esperimenti semplici e ripetibili
- Completata con un ragionamento che tende di eliminare i fattori secondari (cioè diventa un ragionamento *astratto*).
- In questo modo Galileo ha creato un metodo, che oggi tutte le scienze, dalla biologia a psicologia vorrebbero applicare.
- Presto, presto, la descrizione a parole di Galileo fu completata con formule matematiche: «La natura si descrive con la matematica»