

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

Gunsan, 15.09.2016



Milano, 10.11.2022
Macerata, 10.11.2016



Mikołaj Kopernik: "Cóż jest piękniejszego niż niebo?"



„Nebulosa” di Barnard (costellazione di Orione)

Co zrobił Kopernik?



Terrae motor, solis caelique stator



Szukaj Księżyca, Wenus, Jowisza



Foto: M. Karwasz



Bamberg
25.03.2012

Następnego dnia sprawdź, gdzie są teraz



Trento
26.03.2012



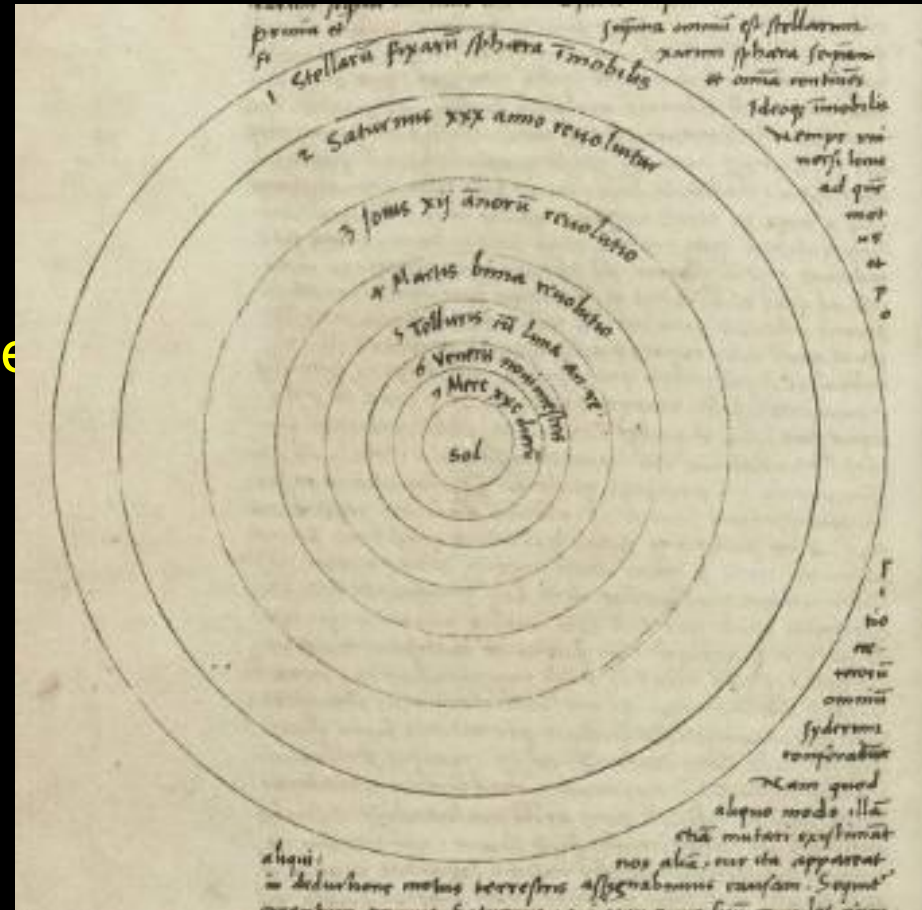
Ptolemeusz (151-212): Słońce i gwiazdy krążą



Cattedrale SS. Maria Vergine Assunta a Torun

System kopernikański: planety krążą wokół Słońca

- Merkury: - 1 orbita w ciągu 90 dni
- Wenus: - 1 okrążenie w ciągu 9 miesięcy
- Ziemia: 1 orbita w ciągu 1 roku
- Mars: - 1 orbita w ciągu 2 lat
- Jowisz: 1 orbita w ciągu 11 lat
- Saturn: 1 orbita w ciągu 30 lat



Solar-scope



<https://www.solarsystemscope.com>

Galileo Galilei (część I)

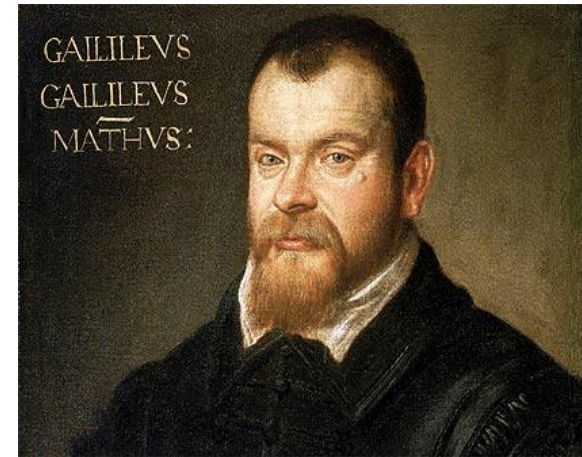
"Fizyka zstąpiła z nieba na ziemię po równi pochyłej Galileusza"*

Grzegorz Karwasz

Divisione della Didattica di Fisica

Università di Nicolao Copernico

Toruń, Polonia



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

Ojciec nowoczesnej nauki

Galileo Galilei

From Wikipedia, the free encyclopedia

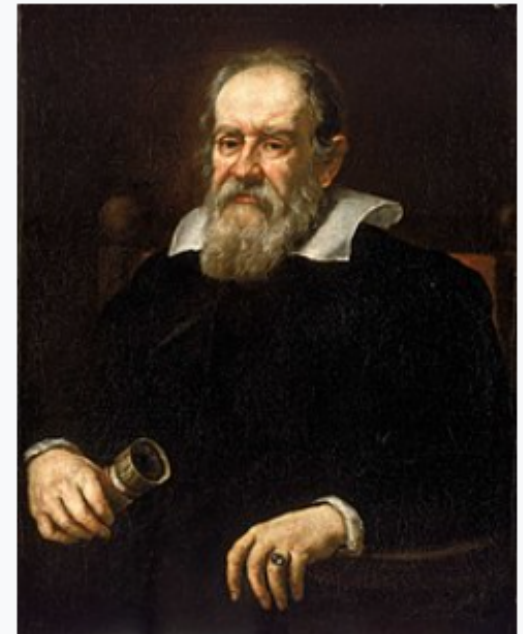
"Galileo" redirects here. For other uses, see [Galileo \(disambiguation\)](#) and [Galileo Galilei \(disambiguation\)](#).

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.oʊ.ɡælɪˈleɪ.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.^[4] Galileo has been called the "father" of [observational astronomy](#),^[5] [modern physics](#),^{[6][7]} [the scientific method](#),^[8] and [modern science](#).^[9]

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

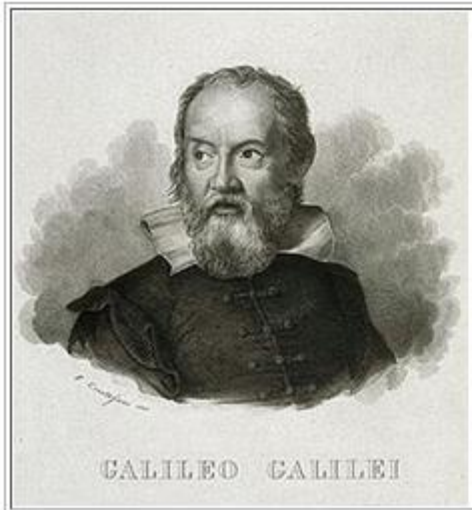
Born

Galileo di Vincenzo Bonaiuti

1564

Interaktywna wystawa: «Z górki na pazurki »(UMK, 2007)

«Dlaczego obiekty zsuwają się, innymi słowy – wszystko o równi pochyłej Galileusza, lub – jak energia potencjalna jest przekształcana w energię kinetyczną i jak można się z tym bawić"»



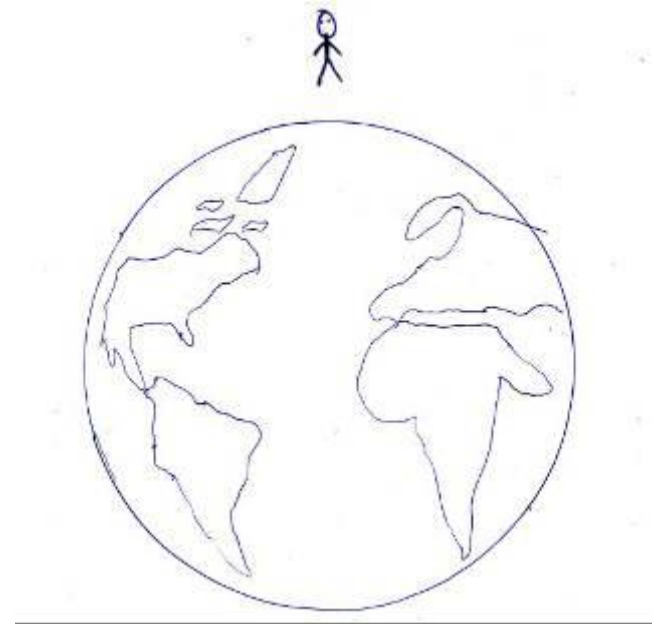
<http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/pazurki/galileo.html>

Dlaczego przedmioty spadają na ziemię?

Ponieważ istnieje grawitacja!

Czym jest grawitacja?

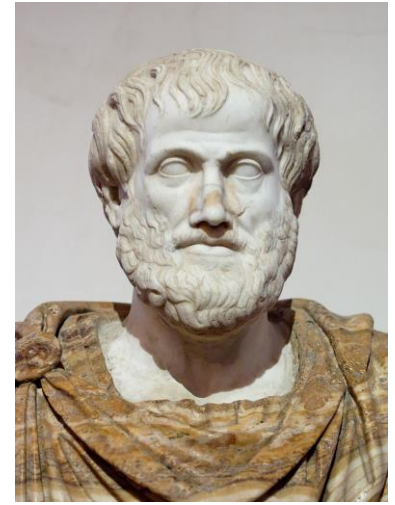
To przyciąganie ziemskie.



Ale czym jest przyciąganie ziemskie? To grawitacja.

Nie powiedzieliśmy zbyt wiele: masło jest zrobione z masła

Aristoteles (384-322 a.C.)



Obiekty spadają, ponieważ są ciężkie,
a naturalnym miejscem ciężkich przedmiotów jest środek Ziemi

Obiekty spadają, gdyż dążą do środka Ziemi
Spróbujmy!

Spróbujmy jeszcze raz!

Tak! Obiekty dążą do środka Ziemi!

Czy piłka może sama podskoczyć w górę?

Obejrzymy ten film!
I jeszcze raz...



Nie! To było oszustwo.
Film został odwrócony...

Czy obiekty mogą podskoczyć w górę?



Spróbujmy pomyśleć razem: Podskocz!
(Nazywa się to tele-kinesi i ktoś w to wierzy)

Nie, to nie działa. Może ktoś pomyślał "nie skacz"?

Spróbujmy jeszcze raz!

Nie! To nie działa. Sama piłka nie może podskoczyć!

Mam magiczną kulę...

Teraz zrobmy magię

Magia, magia: leć w górę!

Teraz wróć!

No! Wstecz!

Widziałeś? Magia. Prawdziwa?



Teraz mówię do tej gumowej piłki:

Skocz do sufitu! (Uwaga)



Widziałeś?

Teraz możemy skakać razem!

Ponieważ?

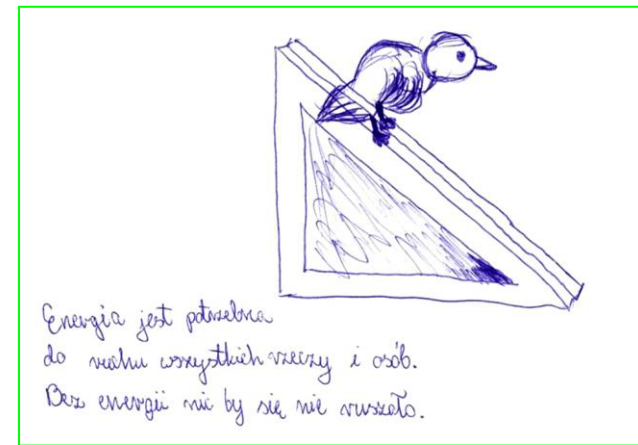
Bo mamy energię!



To energia porusza rzeczy

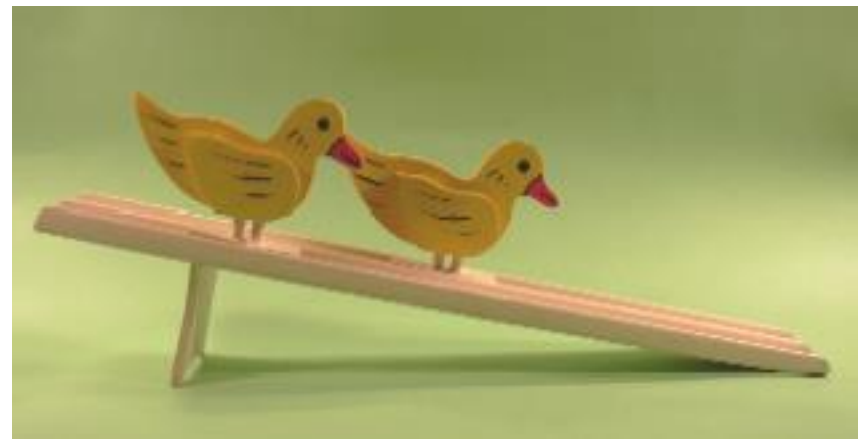


Dlaczego kaczki maszerują?
Ponieważ daliśmy im
energię



Czym karmię ptaszki?

Kulkami? Nie! Energią!



«Energia è una magia»



<https://karwasz.edu.pl/pl/krotkie-lekcje>

<https://youtu.be/n0nc7x2MMSc>

Trzeba wykonać pracę, aby dostarczyć energii

Pajacyk schodzi, ponieważ dostarczyliśmy mu energii



Mikołaj wspina się, bo dostarczamy mu energii



Il Babbo Natale



Il Babbo Natale alpinista

Fisica e giocattoli

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

Home

Meccanica

Ottica

Termodinamica

Elettromagnetismo

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° . 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](#)
- ↳ [Dinamica](#)

<http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/zabawki1/files/mech/mikolaj-it.html>

Pracujemy, aby dostarczyć energii

Obiekty skaczą (poruszają się, spadają), ponieważ mają energię

To kolejna magiczna kula

Muszę nad tym popracować (dostarczyć energii)



Teraz możemy powiedzieć: skacz!

Dziękuję dziobie, jeśli damy mu energię



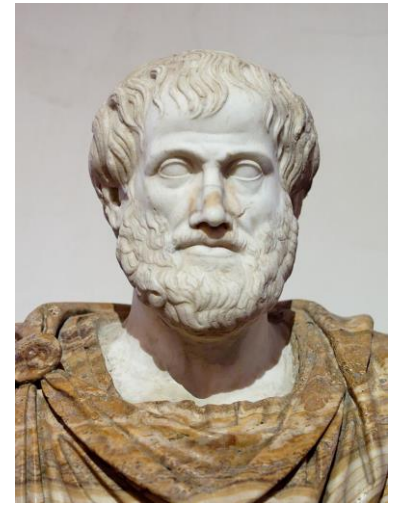
Jak spadają obiekty?

Już wiemy, dlaczego obiekty spadają.

Pytamy teraz, jak spadają?

Prawdą jest, że ciężkie przedmioty spadają szybciej?

Arystoteles twierdził: Tak!



Który wózek zjedzie pierwszy?

Kto mówi, że pierwszy zjedzie ciężki wózek?

Kto uważa, że lekki wózek jest szybszy?

Spróbujmy!

Który wózek jest cięższy?



Który wózek jest szybszy?

Lekki wózek rusza jako pierwszy
Ten ciężki powinien do niego dotrzeć.

Nie! To nie zadziałało...
Spróbujmy z tym lekkim

To nawet tak nie działa!

Jedyne wyjaśnienie, że zjeżdżają z tą samą "prędkością"

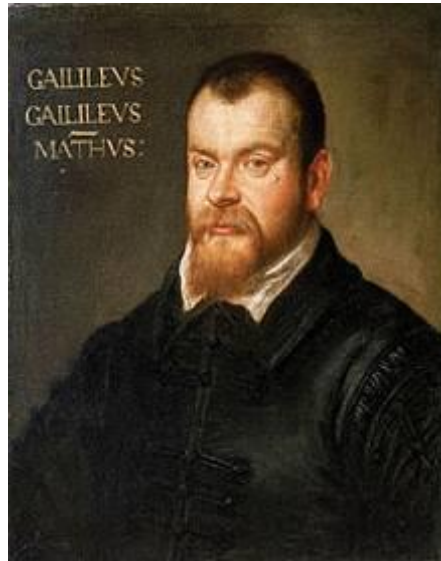


Galileo (1564-1642)

Wszystkie obiekty spadają z tym samą
"prędkością"

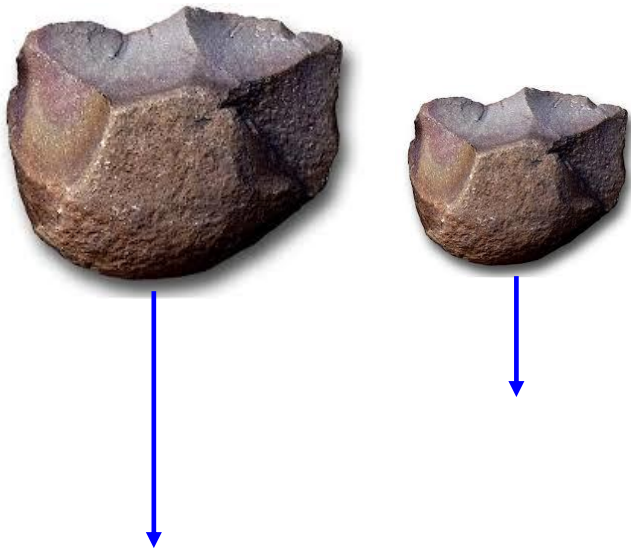
Zapewne zrzucił, kamienie z wieży
w Pizie

Wieża była pochylona
już wtedy



Galileo Galilei:

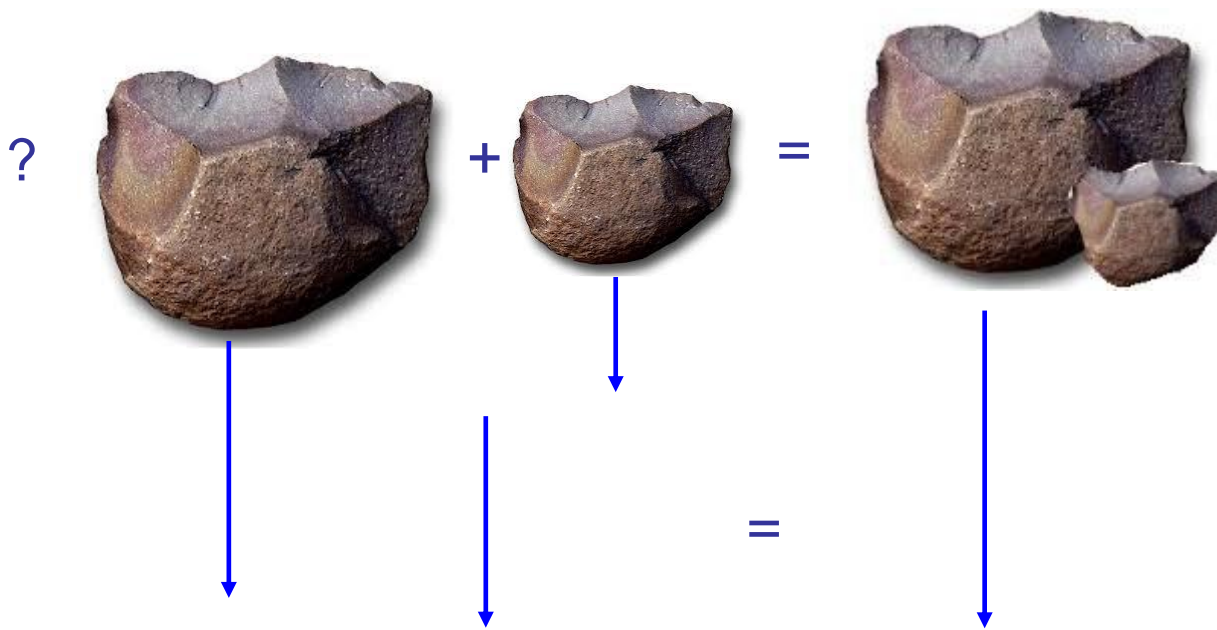
"Co się stanie, jeśli upuścimy ciężki kamień z lekkim kamieniem?"



Cięższy kamień spada szybciej niż kamień lekki?

Galileo Galilei:

"Teraz połączmy ciężki kamień z lekkim kamieniem.
Co się dzieje?"



Ciężki kamień spada razem z lekkim!

Teraz spróbujmy za dwoma
piłkami:

ciężką i lekką

?

Zamknij oczy!

Ta jest ciężka a ta lekka



Teraz razem:

Słuchaj uważnie!

Która piłka spadła pierwsza?

Otwórz oczy!

Spadają razem!



Wszystkie obiekty spadają z tą samą "prędkością"!

Spróbujmy jeszcze raz!

Przyjrzyj się uważnie!

Ciężki jest szybszy!

Dlaczego?



Spróbujmy dwóch kawałków papieru

Jeden spada jak kartka, drugi – piłka

To powietrze robi różnicę!



Zróbmy eksperyment bez powietrza

Na Księżycu nie ma powietrza, ale nie możemy polecieć na Księżyc
Ale mamy film

W tej tubie mamy monetę i piórko.

Spróbujmy, co spadnie pierwsze:
Moneta czy piórko?

Jasne! Moneta spada pierwsza!



Teraz wypompowujemy powietrze z rury

To jest pompa, czekamy, aż powietrze wyjdzie

I próbujemy ponownie!

Teraz moneta i pióro spadają razem

To powietrze robi różnicę!



Teraz robimy eksperyment na Księżycu

Apollo 15 (1971)

„To stary eksperyment Galileusza

Powiedział, że wszystkie przedmioty
z tą samą prędkością

To jest młotek, a to jest piórko

Spróbujmy, który wypada pierwszy!

Spadają razem. Galileusz miał rację!"



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!

Kolejny eksperyment "Galileusza"



Nieważkość?

Jak w kosmosie

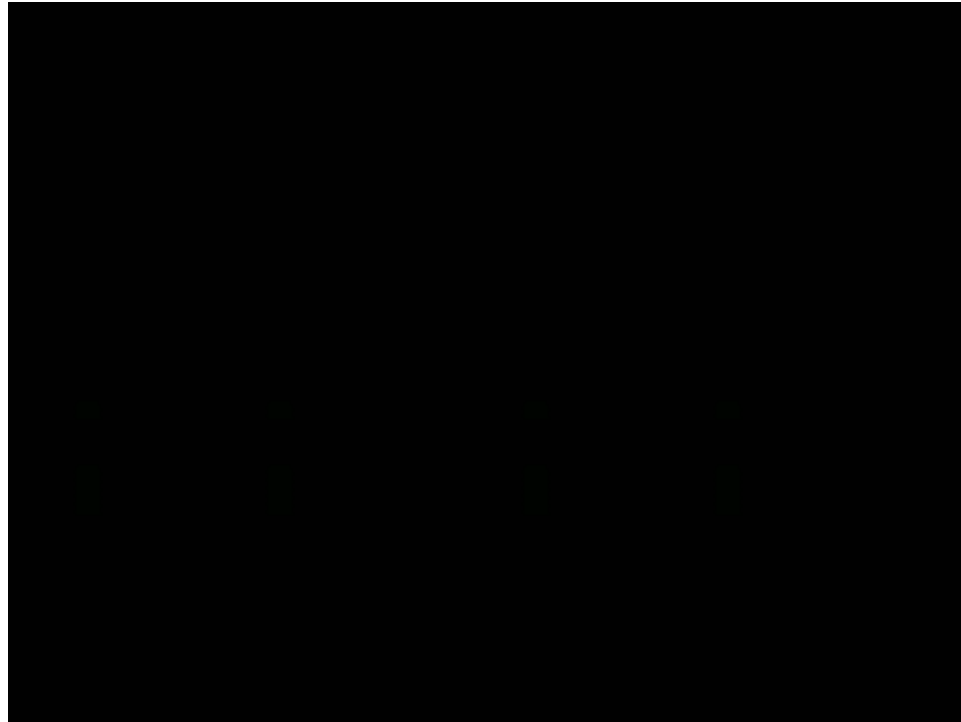


Gagarin, first man in space (12.04.1961)



Jedzenie na stacji kosmicznej

Brak grawitacji?



4:10

Gagarin, first man in space (12.04.1961)

Możemy to zrobić tutaj

To nasz statek kosmiczny i pilot

Czy wyskoczy?

Nie! On spada razem



Misiek jest w stanie nieważkości

Sprawdzamy to ponownie

Teraz woda wypływa

Nie! Woda i kubek spadają razem!

Woda w kubku jest w stanie nieważkości

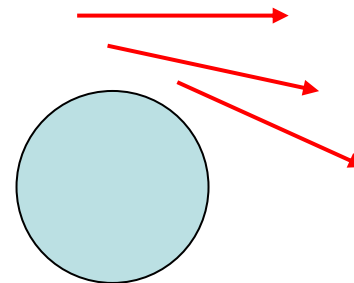


Ale statek kosmiczny na orbicie?

Leci dookoła Ziemi, a nie spada?

Tak, leci dookoła Ziemi

ale jest to ciągły spadek



Jak spadają obiekty?

Teraz posłuchajmy tej małej piłki

Zamknij oczy i słuchaj

Come si muove questa pallina?

Porusza się ze stałą prędkością



Posłuchaj teraz...



Teraz zaczyna się powoli, a następnie szybciej.

Piłka przyspiesza



Spróbujmy trochę większego pochyłu...



Posłuchaj filmu

Jak daleko są dzwony? Równy, prawda?

Teraz obejrzymy film

Spróbujmy trochę większej równi



Mierzymy odległości



Odległości to $1 : 3 : 5 : 7$ (buty), czyli kolejne liczby nieparzyste

Takie jest prawo odkryte przez Galileusza

«Il Saggiatore»

Galileo Galilei (1617)

Wyprzedzając wszystko inne, należy wziąć pod uwagę, że ruch potomków grobu nie jest jednolity, ale zaczynając od bezruchu, stale przyspieszają; efekt znany i obserwowany przez wszystkich, z wyjątkiem przedmowy współczesnego autora, który, nie mówiąc o przyspieszeniu, czyni go równym. Ale to powszechne poznanie jest bezużyteczne, gdy nie wiemy, w jakim stopniu dokonuje się ten wzrost prędkości, wniosek, który dotychczas był ignorowany przez wszystkich filozofów, a po raz pierwszy znaleziony i wykazany przez akademika, naszego wspólnego przyjaciela:

«Il Saggiatore»

PRZYJACIEL: który w niektórych swoich pismach jeszcze nie opublikowanych, ale w zaufaniu pokazanym mi i innym swoim przyjaciółom, pokazuje, jak przyspieszenie właściwego ruchu poważnego odbywa się zgodnie z nieparzystymi liczbami ab unitate, to znaczy zaznaczonymi, które i ile równych czasów są potrzebne, jeśli po raz pierwszy, opuszczając meble z ciszy, minie taką przestrzeń, Jak na przykład trzcina, w drugiej połowie przejdzie trzy trzciny, w trzeciej pięć, w czwartej siedem, a więc zgodnie z kolejnymi liczbami wąsów, co w sumie jest tym samym, co stwierdzenie, że przestrzenie mijane przez meble, poczynając od ciszy, mają między sobą proporcję duplikatów tego, co mają czasy i które takie przestrzenie są mierzone, Albo chcemy powiedzieć, że przebyte odległości są między nimi jak kwadraty czasu.

Kolejne liczby nieparzyste

$s = \frac{1}{2} at^2$ gdzie a jest przyspieszenie

Science Center, Daejeon



Prawa zachowania (1)

Energia (kinetyczna i potencjalna):

$E_k = mv^2$, m – jest masą, v – prędkością

$E_p = mgh$, g – jest przyspieszeniem grawitacji, h – wysokość

$$E_p \leftrightarrow E_k$$

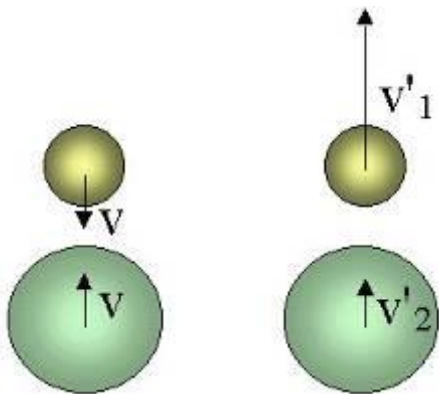


Newton's cradle

Leggi di conservazione (2)

P_{ed} (*impetus*)

$$p = mv$$



Esperimento con il cannone

Prawa zachowania (3)

Moment pędu

$$L = m r \times v$$



„pietra celtica”

Galileo Galilei

- Wprowadził metodę naukową: nie "metafizykę", ale uważną, skrupulatną, systematyczną i zaprojektowaną obserwację natury.
- Obserwacja przeprowadzona za pomocą prostych i powtarzalnych eksperymentów
- Uzupełniony rozumowaniem, które ma tendencję do eliminowania czynników wtórnych (tj. staje się rozumowaniem abstrakcyjnym).
- W ten sposób Galileusz stworzył metodę, którą dziś chciałyby stosować wszystkie nauki, od biologii po psychologię.
- Wkrótce, wkrótce, opis Galileusza w słowach został uzupełniony wzorami matematycznymi: "Natura opisuje się za pomocą matematyki".

Siti con il materiale a libera disposizione (in italiano)

- «Brevi lezioni di fisica» (video 5-7 minuti)
<https://staging.karwasz.edu.pl/it/brevi-lezioni/>
- «Fisica e giocattoli» (Progetto EU 2005)
<http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/zabawki1/index-it.html>
- «Fisica moderna» (Progetto «Physics is Fun»)
http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/Physics_is_fun/html/posters-it.html
- «Celle all'idrogeno» (Progetto EU, materiale per insegnanti)
http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/nowa_strona/?q=node/864
- «Scienza e fede» (libro)
<http://www.aracneeditrice.it/aracneweb/index.php/pubblicazione.html?item=9788825529555>
- Materiale vario
http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/nowa_strona/?q=node/77