

Physics is Fun: Why do objects fall?

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

송미영

책임 연구원

플라즈마기반기술연구팀/

플라즈마기술연구센터 /국가핵융합연구소

Toruń – medioeval city (*1227)

중세 도시



Established by German religious order

13세기 중반 프로이센의 정복과 복음 전도의 기지로 세워졌으며, 한자 동맹의 일원으로서 상업의 중심지로 발달하였다

토룬(폴란드어: Toruń, 독일어: Thorn 토른[*])은 폴란드 중부에 위치해 있는 중공업 도시이다. 1997년에 구 시가지가 세계유산에 등록되었다.

Toruń – city of cathedrals

성당의 도시



Church S.S. John's



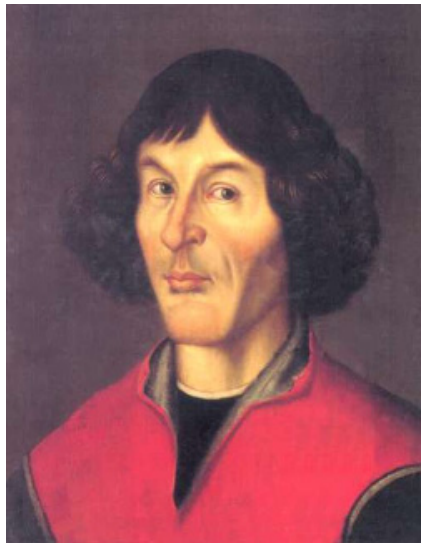
Church S. Mary
(Ascension to Heavens)



Church S. James

Toruń – Nicolaus Copernicus born (1473)

천문학자 니콜라우스 코페르니쿠스의 고향



N. Copernicus (1473-1543)



House of Copernicus father,
rich merchant

부유한 상인이었던 코페르니쿠스의 아버지



Lucas Watzenrode
(Nicolaus' uncle,
Bishop)

코페르니쿠스의
외삼촌, 루카스 바첸로데

What happened in Poland/ Europe?

유럽/ 폴란드에 발생한 사건

Poland 1466:

war between German order and Poland finished (peace in Toruń)

독일 게르만과 폴란드 사이의 전쟁이 끝남



Europe 1453:

Constantinople (=Instabul) conquered by Turks

콘스탄티노플이 터키에 의해 정복

(=end of Bizantine Imperium = 비잔틴 제국의 끝)

Nicolaus Copernicus – laborious student

니콜라우스 코페르니쿠스 - 힘든 학생



Kraków (1492-1496)

S. Mary Church



Bologna (1496-1500)

Tower of Donkeys



Padova (1501-1503)

S. Antonio Basilica

Look into sky: Moon and planets are moving!

하늘로 봐 : 달과 행성 움직여



Jupiter, Venus and Moon
Bamberg, Germany, 25.03.2012



Trento, Italy, 26.03.

Ptolemeus (151-212): Sun and stars are moving

프톨레마이오스 (151-212) : 태양과 별 이동-천동설



Katedra Wniebowzięcia NMP w Toruniu

Ptolemeus (151-212): Sun and stars are moving

프톨레마이오스 (151-212) : 태양과 별 이동-천동설



Katedra Wniebowzięcia NMP w Toruniu

Ptolemeus (151-212): Sun and stars are moving

프톨레마이오스 (151-212) : 태양과 별 이동-천동설



Katedra Wniebowzięcia NMP w Toruniu

Ptolemeus (151-212): Sun and stars are moving

프톨레마이오스 (151-212) : 태양과 별 이동-천동설



Katedra Wniebowzięcia NMP w Toruniu

Nicolaus Copernicus: Earth is moving

니콜라우스 코페르니쿠스 : 지구 이동-지동설



„He stopped Sun and Heavens,
he moved Earth”

Terrae motor, solis caelique stator

Copernicus Monument

Toruń

토룬에 있는 코페르니쿠스 기념비

Copernicus system: planets move around Sun

코페르니쿠스 체계: 행성은 태양 주위를 돈다

Mercury: - 1 orbit in 90 days

수성이 태양 주위를 한 바퀴 도는 시간: 90일

Venus: - 1 orbit in 9 months

금성이 태양 주위를 한 바퀴 도는 시간: 9달

Mars: - 1 orbit in 2 years

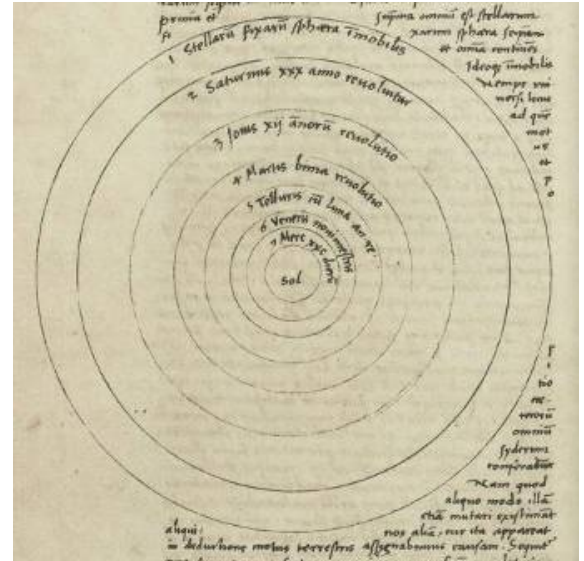
화성이 태양 주위를 한 바퀴 도는 시간: 2년

Jupiter: 1 obrbit in 11 years

목성이 태양 주위를 한 바퀴 도는 시간: 11년

Saturn: 1 orbit in 30 years

토성이 태양 주위를 한바퀴 도는 시간: 30년



Copernicus system: everything in movement

코페르니쿠스 체계:

Earth: - 1 rotation in 24 hours (=1 day)

지구 : 1회 자전- 24시간

- 1 orbit in 365 days (=1 year)

태양 주위를 한 바퀴 도는 시간 : 1년

Moon: - 1 orbit in 28 days (\approx 1 month)

지구 주위를 한 바퀴 도는 시간: 1달

- rotation in 28 days

1회 자전을 위해 걸리는 시간: 28일

Sun: - 1 rotation in 25 days

1회 자전을 위해 걸리는 시간 : 25일

Whole Solar systems flies 400 km/s towards *Leon* constellation



Why do all objects fall down on the floor?

왜 모든 물체는 바닥으로 떨어질까?

Because there is gravity!

중력 때문입니다!

What is gravity?

중력은 무엇인가요?

It is Earth's attraction

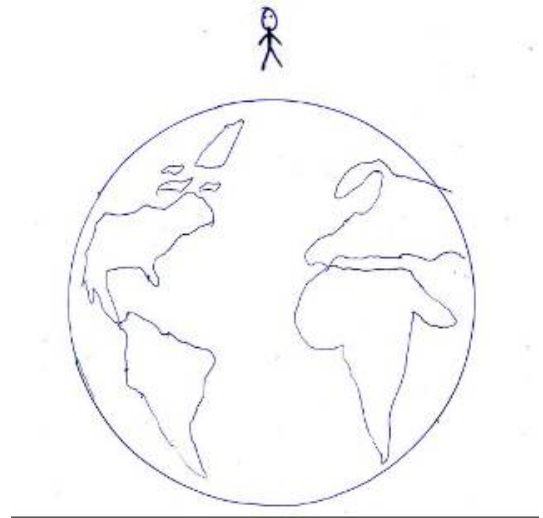
지구가 당기는 힘입니다.

What is Earth's attraction? It is gravity

지구가 당기는 힘이 무엇인가요? 중력입니다

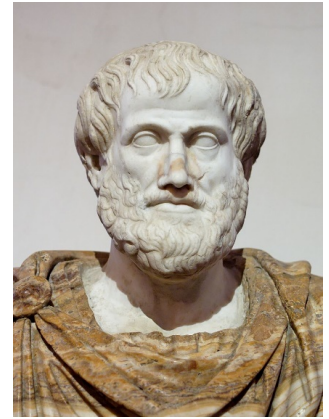
This is *tautology*: Rice is made of rice

쌀이 쌀은 만든다는 표현과 같이 이는 같은 말의 반복입니다.



Aristotle (384-322 BC)

아리스토텔레스



Objects fall, because they are heavy,

and the *natural* place of heavy objects is the center of Earth

물체는 무겁기 때문에 떨어지고 무거운 물체의 본질적인 장소는 지구 중심 이다

So objects fall, in order to go to the center of Earth

그러므로 지구 중심으로 가기 위해 모든 물체는 떨어진다

Let's try it!

Let's try it again!

Yes! Objects go to the center of Earth!

Can the ball jump up?

공은 튀어 오를 수 있습니까?

And what about jumping up?

Have a look on this film!
And again...



http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/nowa_strona/?q=node/314



http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/nowa_strona/?q=node/315

No! it was a trick. The film was inverted...

아니! 그것은 속임수였다. 이 영상은 반전이 있다

Can objects jump up? 물체는 튀어 오를 수 있나?



Let's think all together: Jump up!

(It is called tele-kinesis, and some people believe it)
(그것은 염력이라고 하고, 어떤 사람들은 그것을 믿는다.)

It does not work. Is everybody really thinking „jump up?”
움직이 않네요. 여러분 모두 튀어 오르라고 생각 했나요?
or somebody says: „do not jump!”

Let's try it again!

It does not work. The ball can not jump up!

I have a magic ball



I will make a magic, and the ball will go up

Magic, magic: go up!

Now come back!

Go up! Come back!

Have you seen it? it's magic. Isn't it ?



Now I will tell to this rubber ball,
나는 지금부터 고무공에 대해 이야기 할 것입니다.

jump up to the roof! (Be careful)

We learned it.

Now we can jump all together!

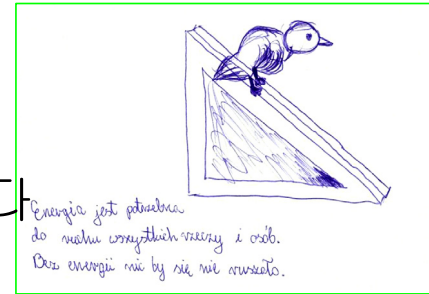
Why?

We have energy!



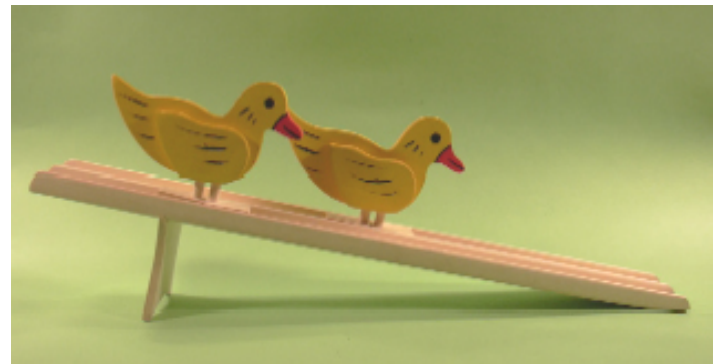
This is „energy” which makes things move

물건을 움직이는 동력, 그것이 에너지 입니다



What do I feed these birds with?
내가 새들에게 무엇을 주고 있나?
Balls? No! With energy!
공? 아니다 에너지를 주고 있다

Why do these hens walk?
어떻게 암탉이 걸어 갈수 있나?
Because I gave them energy
내가 에너지를 주었기 때문 입니다



We do work, to give energy

This puppet goes down, because he got energy

인형이 내려 가는 것은 에너지를 얻었기 때문이다



This Santa Claus climbs, because I give him energy

산타 인형이 올라가는 것은 내가 에너지를 주었기
때문이다

We work, to give energy

Objects jump (and move, and fall) because they have energy
물체가 튀어 오르거나 움직이거나 떨어지는 것은 그들에 에너지를 가지고 있기 때문이다

This is another magic ball



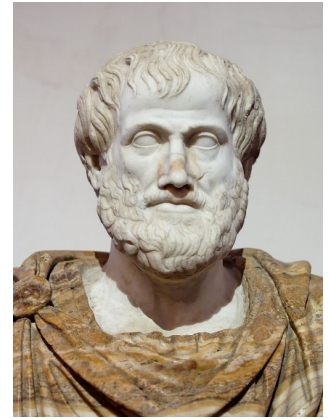
I will work on it (put energy)

Now this ball will jump. Tell it: jump!

This woodpecker will knock, if I rise him
내가 딱따구리 인형을 올린다면 인형은 나무를 두드릴 것이다



How do objects fall? 어떻게 물체는 떨어지나?



Now we know why do objects fall.
이제 우리는 왜 물체가 떨어지는지 알았다.

Let us ask, how do they fall.
우리 서로에게 물어보자, 물체는 어떻게 떨어질까?

Do heavy objects fall quicker?
무거운 물체가 더 빨리 떨어질까?

Aristotle says: Yes!
아리스토 텔레스라면 그렇다고 할 것이다



Which cart is quicker?

어느 쪽 카트가 빠른가?

Who thinks that the heavier cart is quicker?

Who thinks that the lighter cart is quicker?

Let's try it!

Which cart is heavier?



Which cart is quicker?

We start with the lighter car

The heavy should joint it.

No! It did not work

So try with the light one.

It does not work either!

The only explanation is that they descent with the **same velocity!**
유일한 설명은 동일한 속도로 하강한다는 것입니다!



Galileo (1564-1642)

갈릴레오 갈릴레이

All objects fall with the same „velocity”

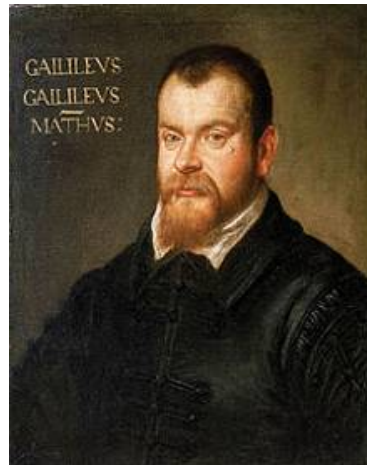
모든 물체는 같은 속도로 떨어진다.

Maybe he made objects fall from the
Tower in Pisa

그는 피사의 탑에서 물체를 떨어뜨리는
실험을 했다

The Tower was leaning
already in that time

당시에도 탑은 기울고
있었다

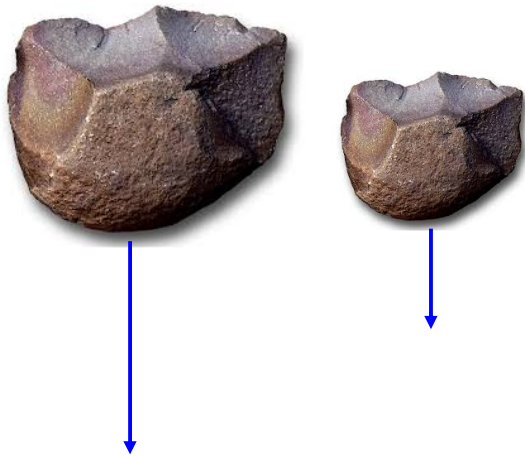


Galileo Galilei: (1564-1642)

갈릴레오 갈릴레이

„What will happen if we make fall a heavy stone and a lighth stone?“

무거운 돌과 가벼운 돌을 동시에 떨어뜨리면 어떻게 될까?



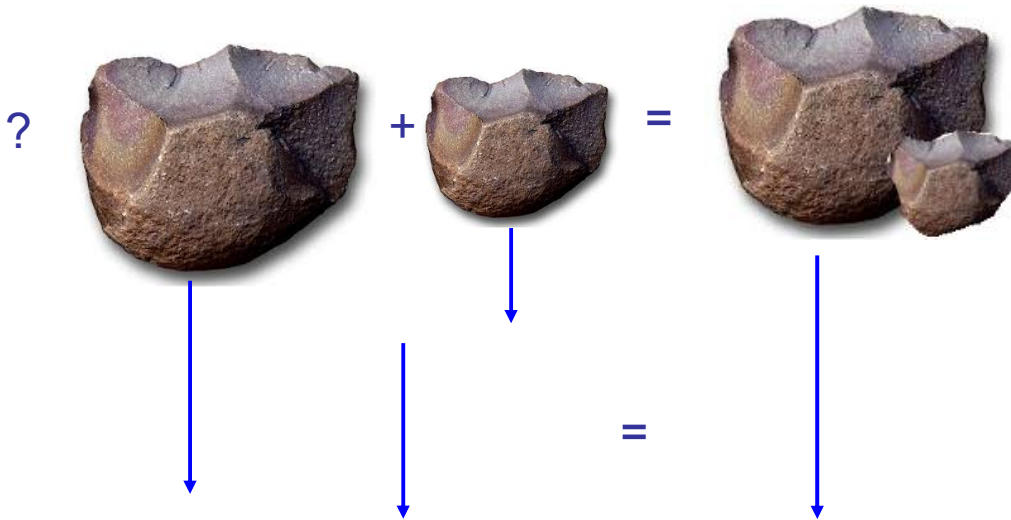
Heavier will fall quicker and
light slower?

무거운 돌이 가벼운 돌보다
빠르게 떨어질 것이다.

Galileo Galilei:

„What will happen if we connect the heavy stone and a light stone?”

무거운 돌과 가벼운 돌은 결합하여 떨어뜨리면 어떻게 될까?



Heavy and light fall together!

무거운 돌과 가벼운 돌이 같이 떨어진다!!

Now, we try two balls:

heavier and lighter ball

?

Shut your eyes!

This is heavy, and this is light



Now, together:

Listen carefully!

Which was first?

Open you eyes!

They fall together!



All objects fall with the same „velocity”!

Now, try it again

Look carefully!

The heavier is quicker!

Why?



We try two pieces of paper

One is ball, one is paper sheet

This is the air which makes the difference!



Let's make experiment without air

공기 없이 실험 해보자

There is no air on Moon, **but we can't go to Moon**

달에는 공기가 없다. 그래서 우리는 달에 갈 수 없다

But we have a film

그러나 우리는 영화로 볼 수 있다

This is a tube with a feather and a coin

여기 동전과 깃털이 들어 있는 튜브가 있다.

We check what fall first – coin or feather?

무엇이 먼저 떨어질까?

Clear! coin is first!



Now we pump out air from tube

이제부터 튜브로 부터 공기를 빼도록 하겠다

This is a pump, we wait untill 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

이제 우리는 달에서 실험 해보자

Apollo 17 (1971)



„This is an old experiment by Galileo
이것은 갈릴레오에 의한 오래된 실험
이다

He said that all objects fall with the
same velocity

그는 모든 물체는 같은 속도로
떨어진다고 말했다

This is a hammer and this is a feather
이것은 헤머이고 이것은 깃털입니다.

Let's try which falls first!

실험해 봅시다

They fall together. Galileo was righth!”

이 둘은 같이 떨어집니다, 갈릴레오가 맞았습니다.

What is absence of gravity?

중력이 없다면?

Like in the space



Eating in Space Station

Gagarin, first man in space (12.04.1961)

We can make it here

우리는 여기서 해당 상태를 만들수 있다

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? 그러나 궤도를 도는 우주선은?

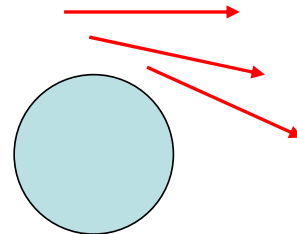
It goes around, not falling?

우주선은 떨어지지 않고 궤도를 돌고 있다.

Yes, it goes around

but it is constant falling

그러나 실제로는 지속적으로
떨어지는 것이다



How do objects fall?

어떻게 물체는 떨어지나?

Now listen to this ball

Close your eyes and listen

How does the ball move?

It goes with constant *velocity*



Listen again



Now, it starts slowly and goes quicker and quicker

The ball *accelerates*



Let's try a bigger *inclined plane*

각도가 큰 경사면



Listen to the film

At what distance are balls? Equal, right?

Now we look at the film

Let's measure distances

길이를 측정해 보자



Distances are $1 : 3 : 5 : 7$, i.e. successive odd numbers
거리가 $1:3:5:7$ 로 연속적으로 홀수

This is the law discovered by Galile
이것은 갈릴레오에 의해 발견된 법칙이다

Successive odd numbers

연속 홀수

$s = \frac{1}{2} at^2$ where a is the acceleration

Science Center, Daejeon



Laws of conservation (1)

보존 법칙

Energy (kinetic and potential):

$$E_k = mv^2, \quad m - \text{is mass, } v - \text{velocity}$$

$$E_p = mgh, \quad g - \text{is gravitational acceleration, } h - \text{height}$$

$$E_p \leftrightarrow E_k$$

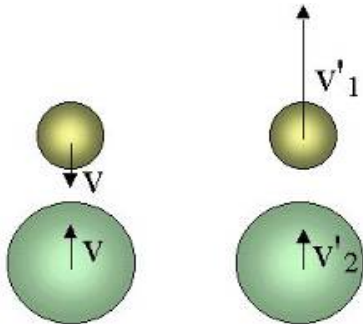


Newton's cradle

Laws of conservation (2)

Momentum (*impetus*)

$$p = mv$$



Experiment on recoil

Laws of conservation (3)

Angular momentum

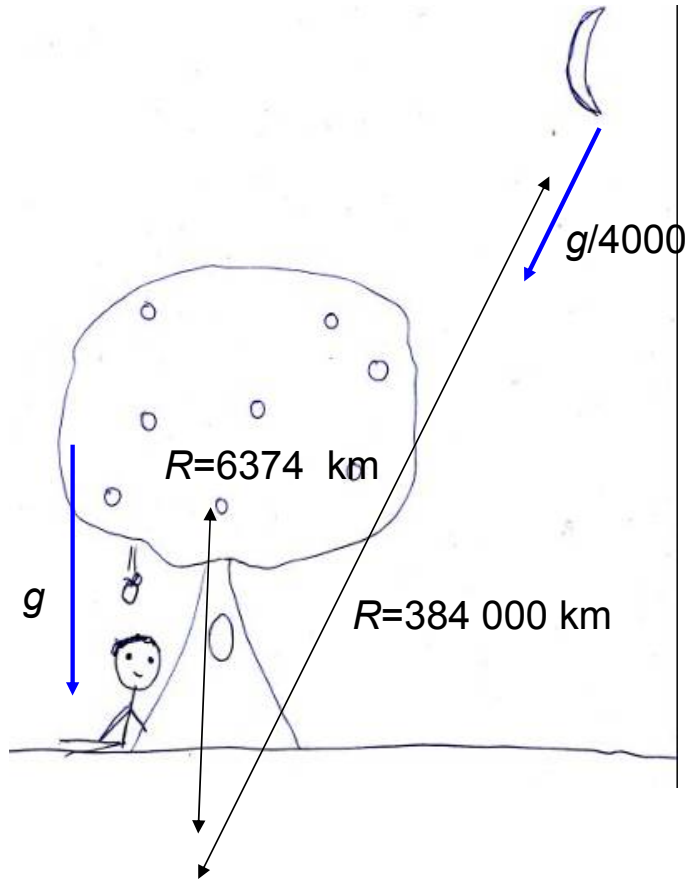
$$L = m r \times v$$



„celtic stone”

Newton: Moon is constantly falling on Earth

뉴턴: 달은 항상 지구에 떨어진다



All objects (on Earth) fall

with the same *acceleration* g
모든 물체는 같은 가속도 (g)를
가지고 지표로 떨어진다

Moon is more distant so it falls
with $g/4000$

달은 더 멀리 있어서 $g/4000$
가속도로 떨어진다

(one orbit in 28 days)

Physics is Fun!

But physics is also discovery:
물리학 또한 발견이다

Albert Einstein: (알버트 아인슈타인)

How can we recognize real absence of gravity from free falling?

우리는 어떻게 자유 낙하에서 중력의 실제 부재를 인식 할 수 있습니까?

→ General theory of relativity (1915)
상대성의 일반 이론