

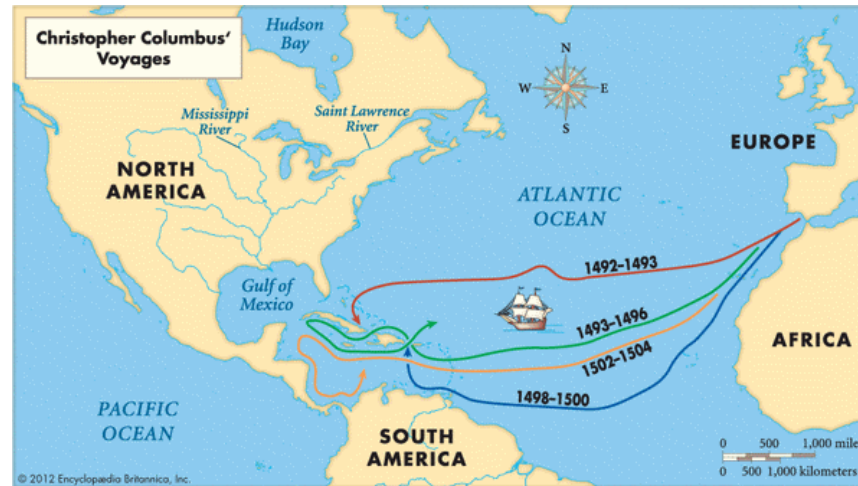
Ciekawostki dnia – 28 października



1922 – Narodowa Partia Faszystowska Benito Mussoliniego przejęła w wyniku tzw. Marszu na Rzym władzę we Włoszech.



FAKTOPEDIA.pl
Benito Mussolini w 1935 roku w czasie przemówienia poświęconego ogłoszonej powszechnej mobilizacji.



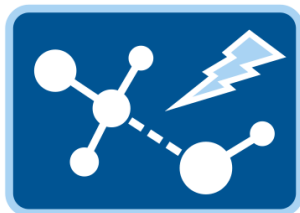
1492 – Krzysztof Kolumb odkrył Kubę.



2009 – Zawarto kontrakt o wartości 4,1 mld zł na budowę drugiej linii warszawskiego metra.



Grupa Badawcza
Dynamiki Strukturalnej



photocrystallography.eu

ELEMENTY MECHANIKI

Chemiczna Analiza Instrumentalna

2021/2022

WYKŁAD 4

dr inż. **Radosław KAMIŃSKI**

(rkaminski85@uw.edu.pl)

dr hab. **Katarzyna N. JARZEMBSKA**

(katarzyna.jarzemska@uw.edu.pl)

Gmach Radiochemii, pok. 109a

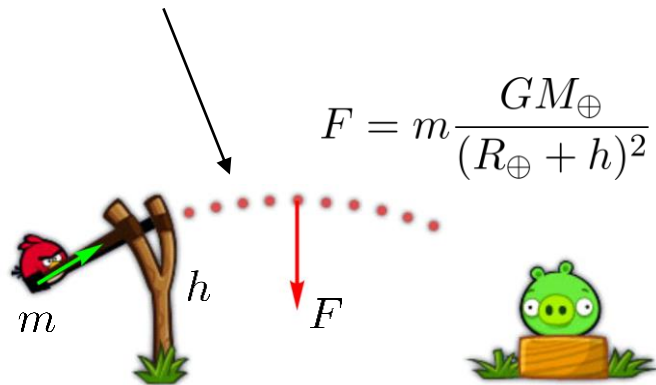
Wydział Chemii, Uniwersytet Warszawski
ul. Żwirki i Wigury 101, 02-093 Warszawa



Oddziaływania

Za ruch cząstek (punktów materialnych, ciał itp.) odpowiadają **oddziaływania** między nimi.

eksperyment uczy, że
tor jest **paraboliczny**

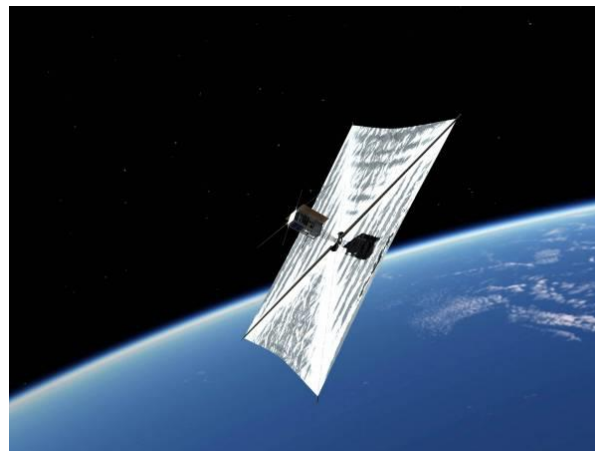


oddziaływanie ciała z Ziemią
(grawitacyjne)



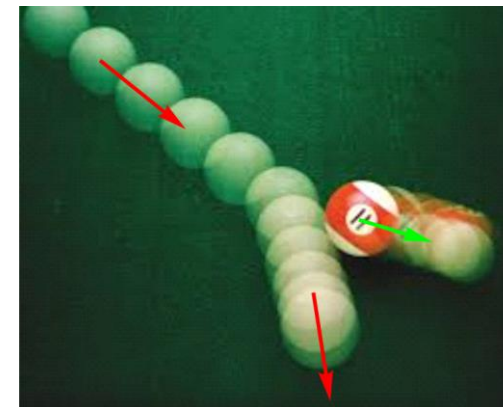
wzajemny wpływ stanu cząstki (lub układu cząstek)
na stan innej cząstki (lub układu cząstek)

satelita PW-Sat2 na orbicie Ziemi



satelita porusza się dookoła planety
po orbicie eliptycznej

oddziaływania ciał w zderzeniach
(np. sprężystość)



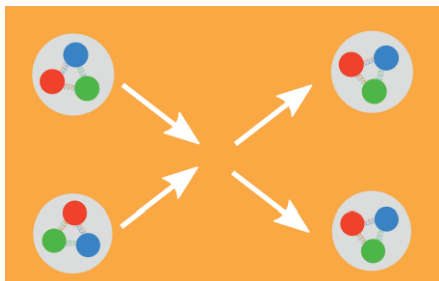
kule się zderzają i rozbiegają
w innych kierunkach



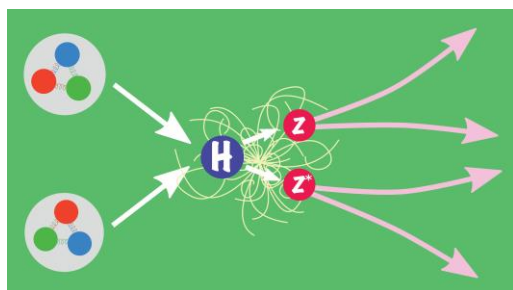
oddziaływanie pięści z głową...

Oddziaływania

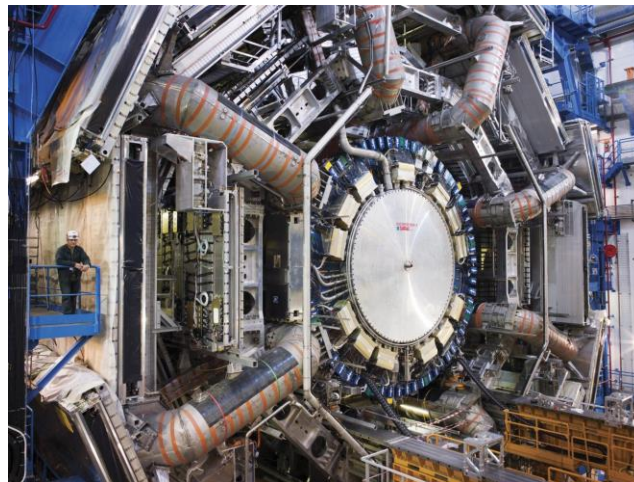
oddziaływania w zderzeniach proton-proton
(Large Hadron Collider, LHC)



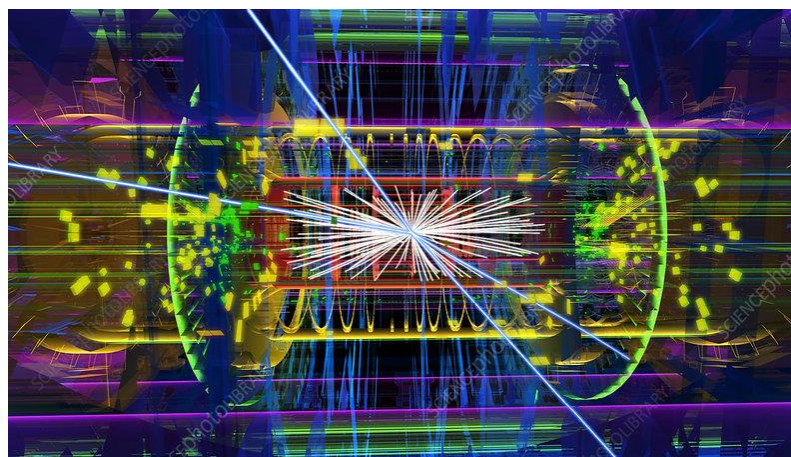
mała energia – protony się odbijają
(oddziaływania elektrostatyczne)
(zderzenia sprężyste, *ang.* elastic)



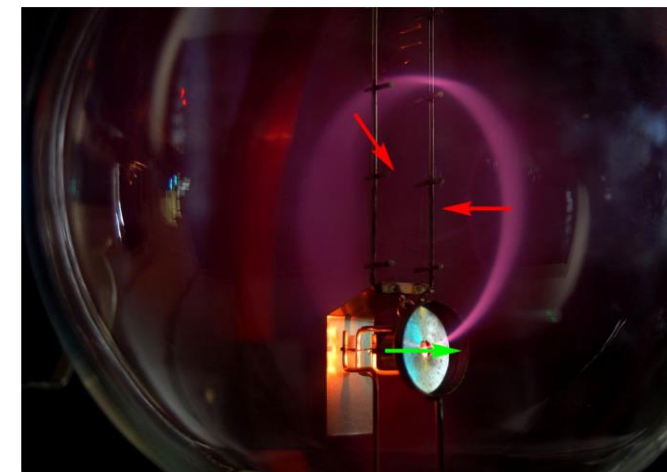
duża energia – protony tworzą nowe cząstki
(oddziaływania jądrowe, kwarki zaczynają oddziaływać)
(zderzenia niesprężyste, *ang.* inelastic)



detektor ATLAS
(*ang.* A Toroidal LHC ApparatuS)



oddziaływania cząstek naładowanych
z polem elektromagnetycznym



$$F = qvB$$

elektrony oddziałują z polem
magnetycznym, które zakrzywia ich ruch

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{d}$$

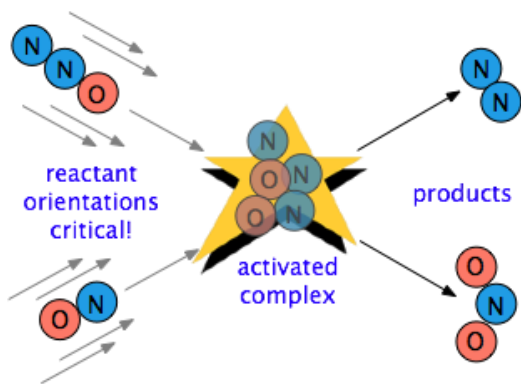
doświadczenie uczy, że zmiana stanu ruchu
ciała jest **bezpośrednim** rezultatem jego
oddziaływania z otoczeniem

Oddziaływania

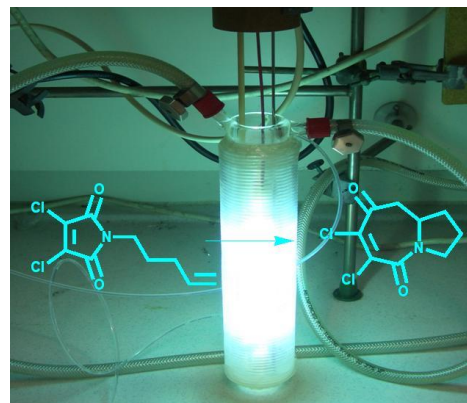
Oddziaływania fundamentalne

Oddziaływanie	Względne „natężenie”	Zasięg	Nośniki
elektromagnetyczne	$7,3 \cdot 10^{-6} = 1/137$	dalekozasięgowe, ∞	fotony
silne (jądrowe)	1	krótkozasięgowe, 10^{-15} m	gluony
słabe	10^{-5}	krótkozasięgowe, 10^{-18} m	bozony $W^\pm$ i Z^0
grawitacyjne	$2 \cdot 10^{-38}$	dalekozasięgowe, ∞	grawitony

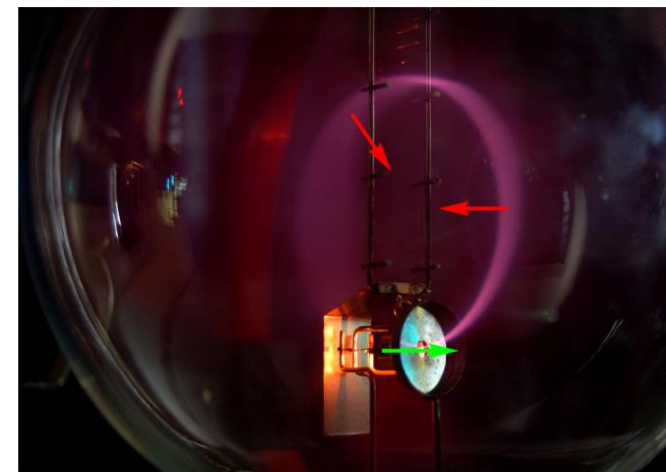
makroskopowe **siły oporu ośrodka**, **siły tarcia**, **siły sprężystości** itp. to uśredniony efekt bardzo wielu oddziaływań **elektrostatycznych** między atomami / cząsteczkami



oddziaływania elektromagnetyczne
to cała **CHEMIA**



oddziaływania cząstek naładowanych
z polem elektromagnetycznym



$$F = qvB$$

elektrony oddziałują z polem magnetycznym, które zakrzywia ich ruch

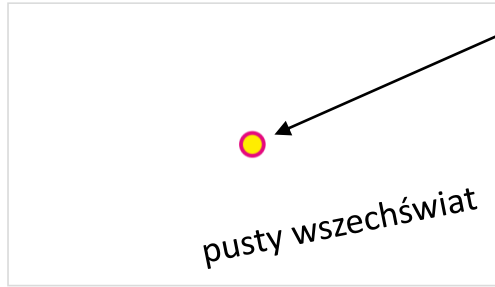
$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{d}$$

doświadczenie uczy, że zmiana stanu ruchu ciała jest **bezpośrednim** rezultatem jego **oddziaływania z otoczeniem**

Zasada bezwładności

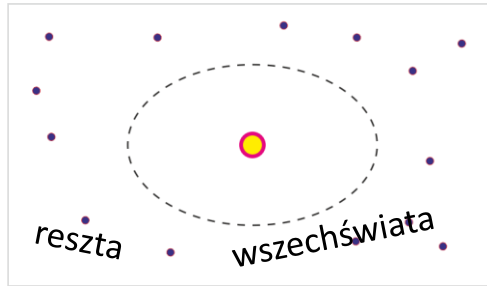
cząstka w pustym wszechświecie
(nie oddziałuje z niczym)

taka **odosobniona** cząstka byłaby nieobserwowalna
(obserwacja wymaga oddziaływania)

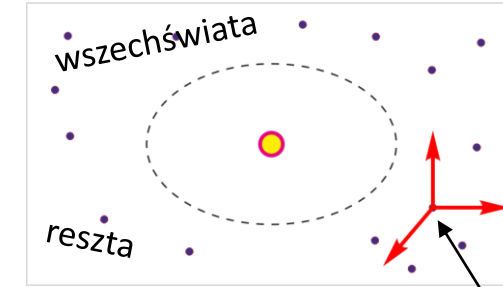


cząstka bardzo daleko od innych cząstek we wszechświecie
(z **dobrym przybliżeniem** nie oddziałuje z niczym)

uogólnienie wielu
doświadczeń, że tak można
(cząstkę traktować jak **odosobnioną**)

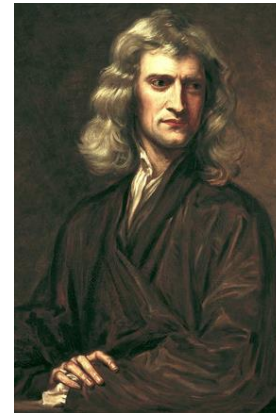


układ odniesienia w którym opisujemy ruch
pierwszej cząstki związany z jakąś inną cząstką



ta cząstka jest bardzo daleko i
nie oddziałuje z pierwszą
(ale **zakładamy**, że możliwe jest
obserwować ruch tej pierwszej!)

układ **inercjalny** (definicja)



Isaac Newton
(1642–1727)

Inne nazwy:

- pierwsze prawo ruchu
- zasada bezwładności

I zasada dynamiki Newtona (**postulat**) – wersja 1

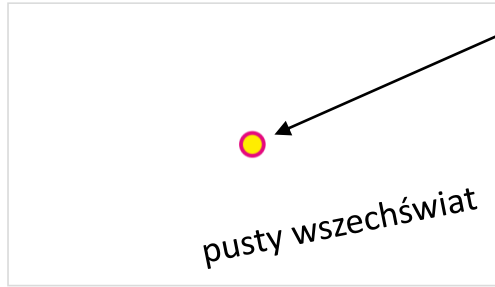
??? względem czego ???
(potrzeba układu odniesienia)

cząstka odosobniona **zawsze** pozostaje w **spoczynku**, lub
porusza się po linii prostej ze stałą prędkością (tj. bez
przyspieszenia; **ruchem jednostajnym prostoliniowym**)

Zasada bezwładności

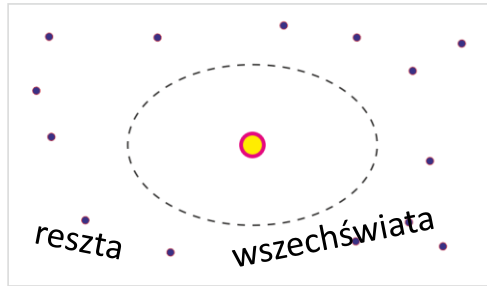
cząstka w pustym wszechświecie
(nie oddziałuje z niczym)

taka **odosobniona** cząstka byłaby nieobserwowalna
(obserwacja wymaga oddziaływania)

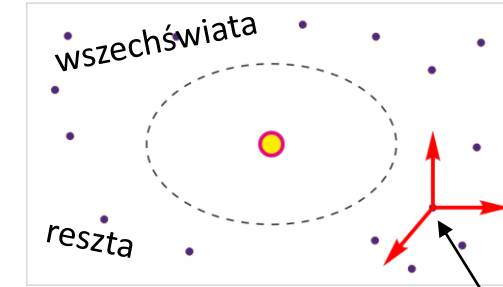


cząstka bardzo daleko od innych cząstek we wszechświecie
(z **dobrym przybliżeniem** nie oddziałuje z niczym)

uogólnienie wielu
doświadczeń, że tak można
(cząstkę traktować jak **odosobnioną**)

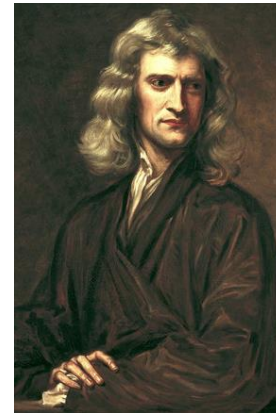


układ odniesienia w którym opisujemy ruch
pierwszej cząstki związany z jakąś inną cząstką



ta cząstka jest bardzo daleko i
nie oddziałuje z pierwszą
(ale **zakładamy**, że możliwe jest
obserwować ruch tej pierwszej!)

układ **inercjalny** (definicja)



Isaac Newton
(1642–1727)

Inne nazwy:

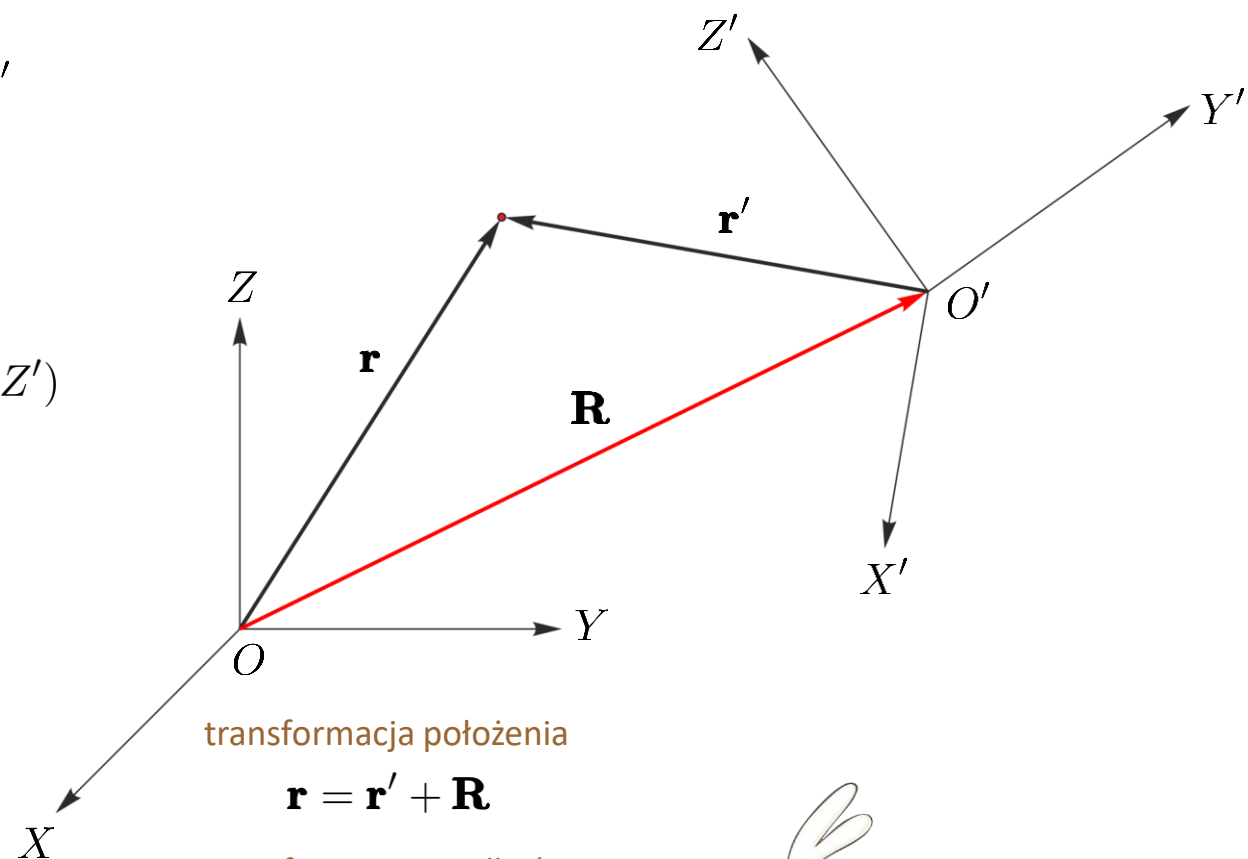
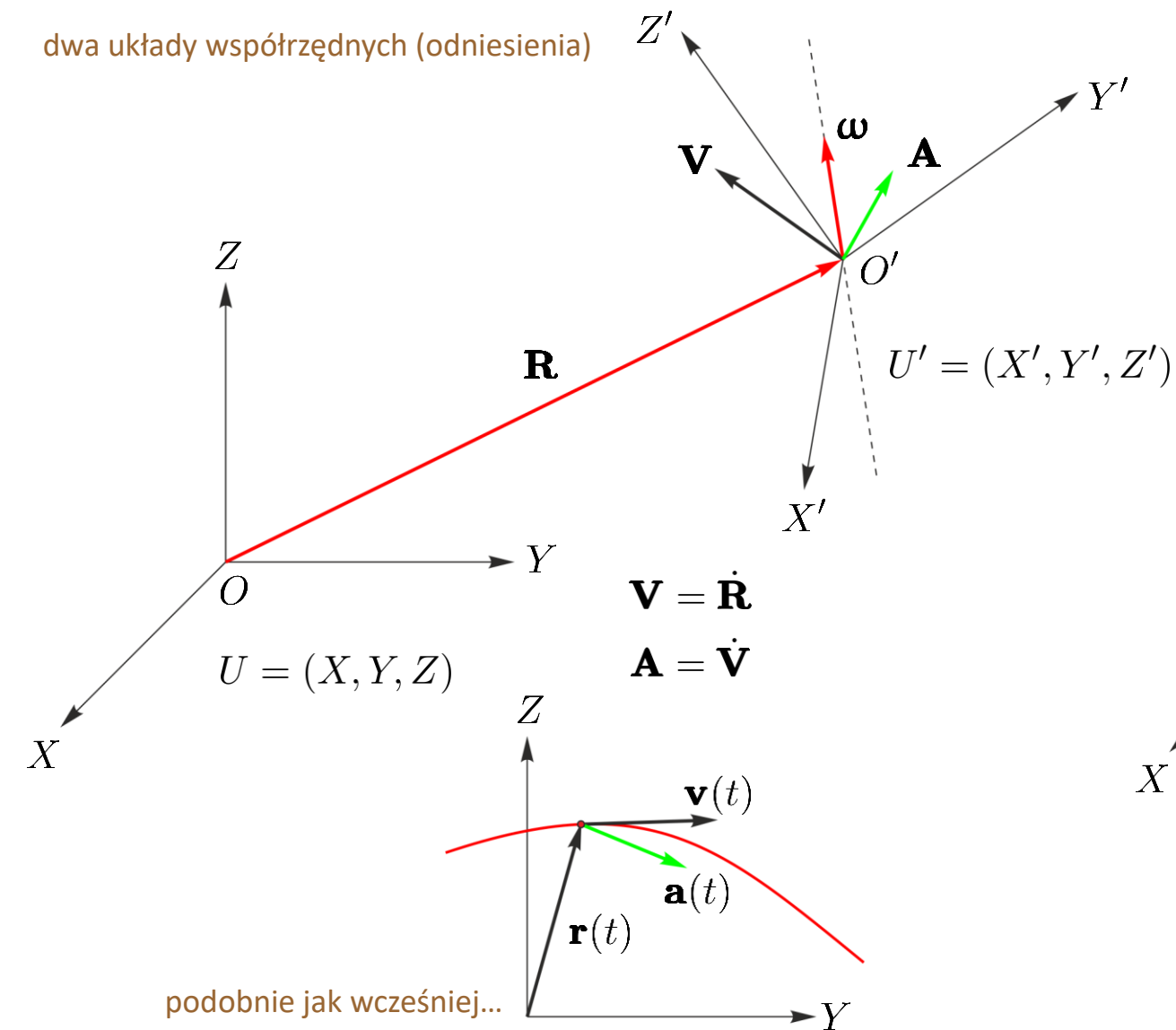
- pierwsze prawo ruchu
- zasada bezwładności

I zasada dynamiki Newtona (**postulat**) – wersja 2

istnieje układ odniesienia (nazywany inercjalnym), w którym
cząstka nie podlegająca oddziaływaniu z otoczeniem (nic na
nią nie działa), spoczywa lub porusza się bez przyspieszenia

Ruch względny

dwa układy współrzędnych (odniesienia)



transformacja położenia

$$\mathbf{r} = \mathbf{r}' + \mathbf{R}$$

transformacja prędkości

$$\mathbf{v} = \mathbf{v}' + \mathbf{V} + \boldsymbol{\omega} \times \mathbf{r}$$

transformacja przyspieszenia

$$\mathbf{a} = \mathbf{a}' + \mathbf{A} + \boldsymbol{\epsilon} \times \mathbf{r}' + 2(\boldsymbol{\omega} \times \mathbf{v}') + \boldsymbol{\omega} \times (\boldsymbol{\omega} \times \mathbf{r}')$$



Transformacja Galileusza

transformacja położenia

$$\mathbf{r} = \mathbf{r}' + \mathbf{R}$$

transformacja prędkości

$$\mathbf{v} = \mathbf{v}' + \mathbf{V} + \omega \times \mathbf{r}$$

transformacja przyspieszenia

$$\mathbf{a} = \mathbf{a}' + \mathbf{A} + \epsilon \times \mathbf{r}' + 2(\omega \times \mathbf{v}') + \omega \times (\omega \times \mathbf{r}')$$

bo $\epsilon = \dot{\omega} = \mathbf{0}$

niech układy U i U' poruszają się względem siebie
wzdłuż linii prostej i ze stałą prędkością

$$\mathbf{V} = \text{const} \quad \mathbf{A} = \mathbf{0} \quad \omega = \mathbf{0}$$

$$\mathbf{V} = \frac{d\mathbf{R}}{dt} \Rightarrow \mathbf{R}(t) = \mathbf{R}(0) + \int_0^t \mathbf{V} dt = \mathbf{V}t$$

$\mathbf{R}(0) = \mathbf{0}$ czyli, założymy, że w czasie $t = 0$ układy się pokrywały



Galileo Galilei
(1564–1642)

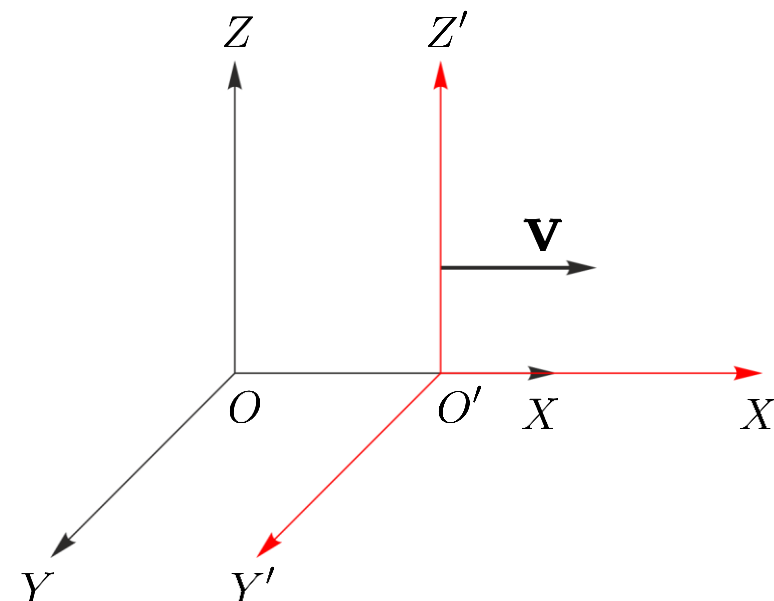
transformacja Galileusza

$$\mathbf{r}' = \mathbf{r} - \mathbf{V}t$$

$$\mathbf{v}' = \mathbf{v} - \mathbf{V}$$

$$\mathbf{a}' = \mathbf{a}$$

przykładowo ruch względem osi X



$$x' = x - Vt$$

$$y' = y$$

$$z' = z$$

$$v'_x = v_x - V$$

$$v'_y = v_y$$

$$v'_z = v_z$$

$$a'_x = a_x$$

$$a'_y = a_y$$

$$a'_z = a_z$$

z transformacji Galileusza wynika, że jeśli istnieje jeden układ inercjalny (gdzie $\mathbf{a} = \mathbf{0}$) to istnieje ich nieskończenie wiele ...

Transformacja Galileusza

transformacja położenia

$$\mathbf{r} = \mathbf{r}' + \mathbf{R}$$

transformacja prędkości

$$\mathbf{v} = \mathbf{v}' + \mathbf{V} + \omega \times \mathbf{r}$$

transformacja przyspieszenia

$$\mathbf{a} = \mathbf{a}' + \mathbf{A} + \epsilon \times \mathbf{r}' + 2(\omega \times \mathbf{v}') + \omega \times (\omega \times \mathbf{r}')$$

bo $\epsilon = \dot{\omega} = 0$

niech układy U i U' poruszają się względem siebie
wzdłuż linii prostej i ze stałą prędkością

$$\mathbf{V} = \text{const} \quad \mathbf{A} = 0 \quad \omega = 0$$

$$\mathbf{V} = \frac{d\mathbf{R}}{dt} \Rightarrow \mathbf{R}(t) = \mathbf{R}(0) + \int_0^t \mathbf{V} dt = \mathbf{V}t$$

$\mathbf{R}(0) = 0$ czyli, założymy, że w czasie $t = 0$ układy się pokrywały

Czy jest dobry układ inercjalny (tj. bez przyspieszenia)?

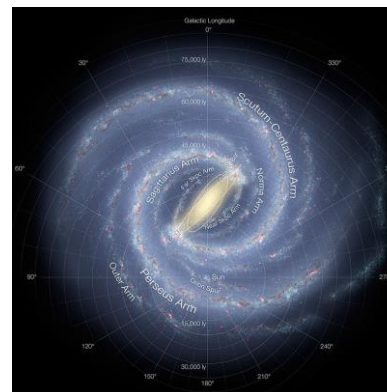
$$g \approx 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

Ziemia?



$$a_R = 3,34 \cdot 10^{-2} \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

Słońce?



$$a_G = 3 \cdot 10^{-10} \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$



$$a_S = 6 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

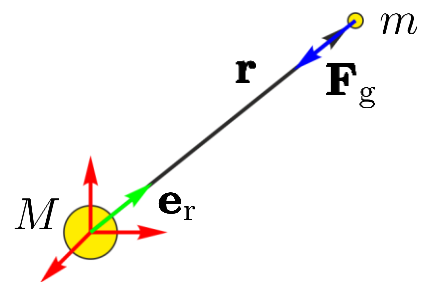
Droga Mleczna?



$$a_{DM} = 10^{-14} \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

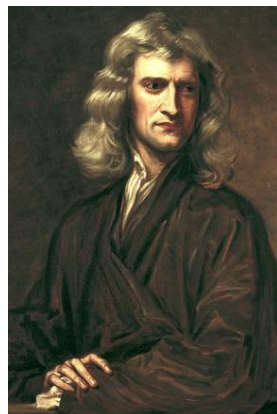
obraca się wraz z Układem Lokalnym wokół środka Supergromady Lokalnej

Siła grawitacji

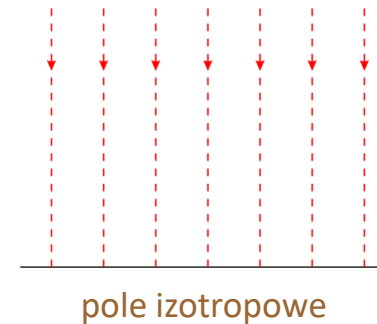
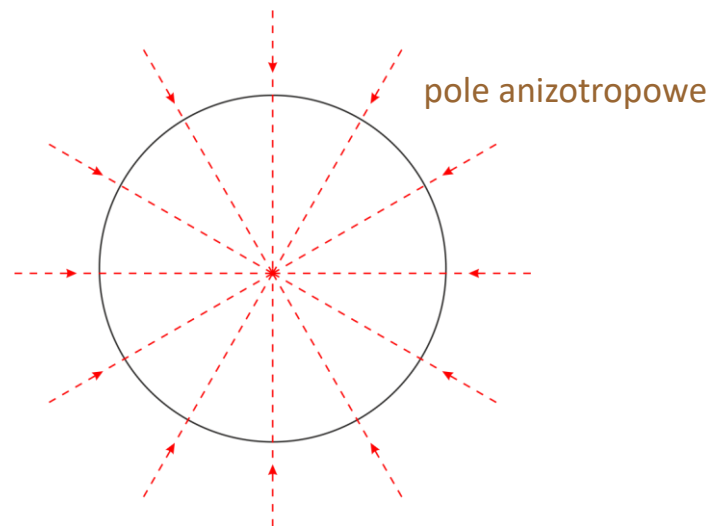


$$\mathbf{F}_g = -G \frac{Mm}{r^2} \mathbf{e}_r = -G \frac{Mm}{r^2} \left(\frac{\mathbf{r}}{r} \right)$$

siła **zawsze** przyciągająca



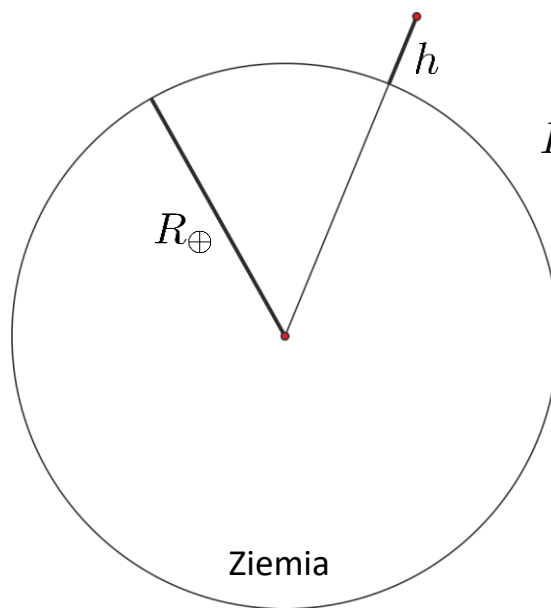
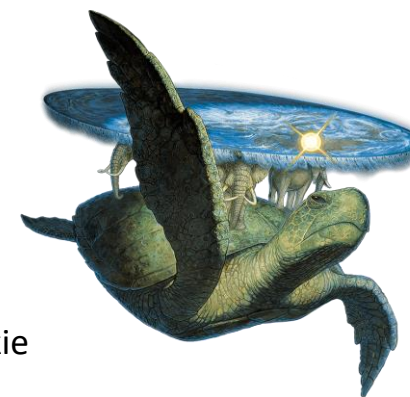
Isaac Newton
(1642–1727)



z II prawa Newtona mamy

$$F_g = mg = ma \Rightarrow a = g$$

ciało o masie m w polu grawitacyjnym Ziemi
będzie poddane przyspieszeniu równym g



$$R_{\oplus} \gg h$$

średni promień

$$R_{\oplus} = 6371,230(10) \text{ km}$$

$$M_{\oplus} = 5,9722(6) \cdot 10^{24} \text{ kg}$$

$$G = 6,67430(15) \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$$

$$F_g = m \frac{GM_{\oplus}}{(R_{\oplus} + h)^2} \approx m \frac{GM_{\oplus}}{R_{\oplus}^2} = mg$$

parametr o wymiarze
przyspieszenia

$$g = 9,82 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

przyspieszenie ziemskie

😊 **DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ** 😊