

# LITERATURA

1. **Resnick R., Holliday O.**, Fizyka, Tom 1 i 2, lub nowe wydanie 5-tomowe
2. **Acosta V., Cowan C. L., Graham B. J.**, Podstawy Fizyki Współczesnej, 1981,PWN.
3. **Wróblewski A. K., Zakrzewski J. A.**, Wstęp Do Fizyki, Tom 1, 1984, PWN.
4. **Kleszczewski Z.**, Fizyka Klasyczna, Wyd. Pol. Śl., 1998, Podręcznik oraz Zbiór Zadań.
5. **Zastawny A.**, Wykłady Z Fizyki, Wyd. Pol. Śl., 1997, Podręcznik oraz Zbiór Zadań.
6. **Szczeniowski Sz.**, Fizyka Doświadczalna, Tom 1 i 2.
7. **Kittel Ch., Knight W.D., Ruderman M.A.**, Mechanika, PWN, 1973.

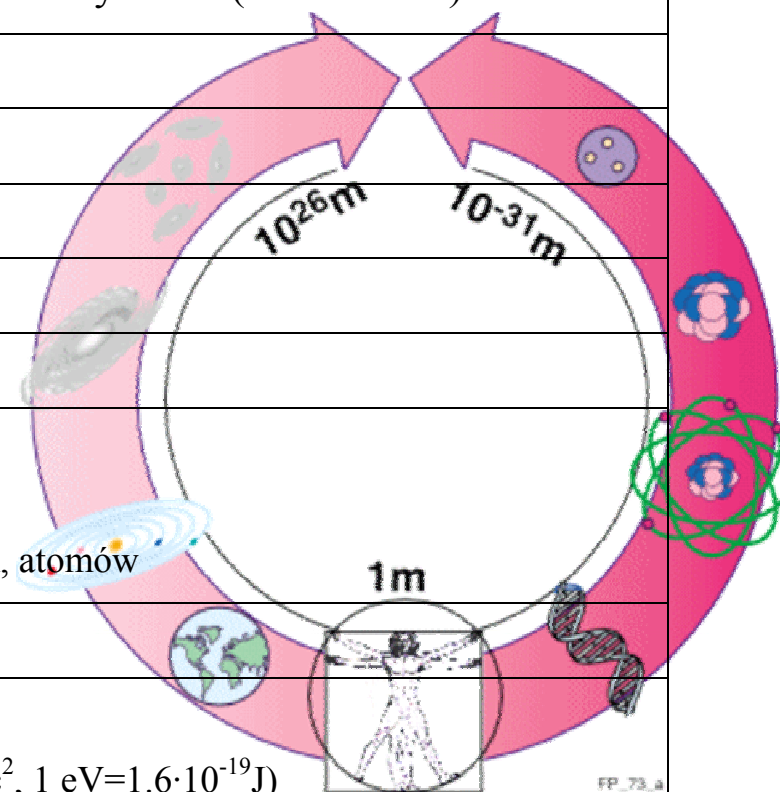
# **MECHANIKA KLASYCZNA**

# DUŻE / MAŁE LICZBY W FIZYCE

(Przybliżone wartości liczbowe różnych wielkości fizycznych)

## WSZECHŚWIAT (MAKROKOSMOS)

|                                                |                                                                                                                            |
|------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Promień Wszechświata                           | $10^{26} \text{ m} = 10^{10} \text{ lat świetlnych}$ ( $c=3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ )                                      |
| Odległość Ziemia – Słońce                      | $1.5 \cdot 10^{11} \text{ m}$                                                                                              |
| Odległość Ziemia – Syriusz                     | $5 \cdot 10^{16} \text{ m}$                                                                                                |
| Promień Ziemi                                  | $6.4 \cdot 10^6 \text{ m}$                                                                                                 |
| Promień Słońca                                 | $7 \cdot 10^8 \text{ m}$                                                                                                   |
| Masa Słońca                                    | $2 \cdot 10^{30} \text{ kg}$                                                                                               |
| Liczba gwiazd we Wszechświecie                 | $10^{23} = 1/6 \text{ mola}$<br>1 mol materii =<br>$6.023 \cdot 10^{23}$ cząsteczek, atomów                                |
| Liczba protonów i neutronów we Wszechświecie   | $10^{80}$                                                                                                                  |
| Średnia gęstość materii w postaci galaktycznej | $3 \cdot 10^{-34} \text{ kg/cm}^3$ lub<br>$170 \text{ eV/cm}^3$ ( $E=mc^2$ , $1 \text{ eV}=1.6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ ) |
| Gęstość wody                                   | $1 \text{ g/cm}^3$                                                                                                         |
| Gęstość Ziemi                                  | $5 \text{ g/cm}^3$                                                                                                         |

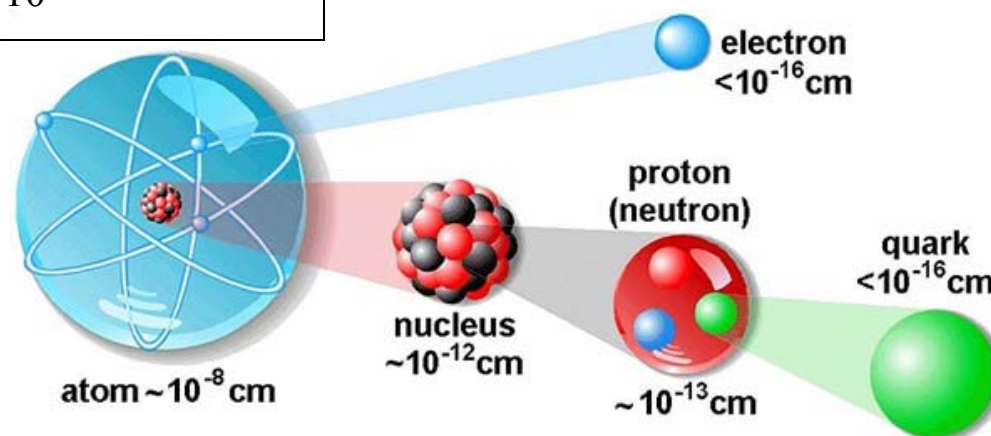


## ZIEMIA

|                                                |                   |
|------------------------------------------------|-------------------|
| Liczba atomów na Ziemi                         | $4 \cdot 10^{51}$ |
| (Liczba atomów na Słońcu)                      | $10^{57}$         |
| liczba pierwiastków chemicznych                | około 100 różnych |
| liczba odmian izotopowych pierwiastków         | kilka tysięcy     |
| liczba związków chemicznych, roztworów, stopów | $> 10^6$          |

## CZŁOWIEK

|                |                            |
|----------------|----------------------------|
| liczba komórek | $10^{16}$                  |
| 1 komórka      | $10^{12} - 10^{16}$ atomów |
| 1 łańcuch DNA  | $10^8 - 10^{10}$ atomów    |

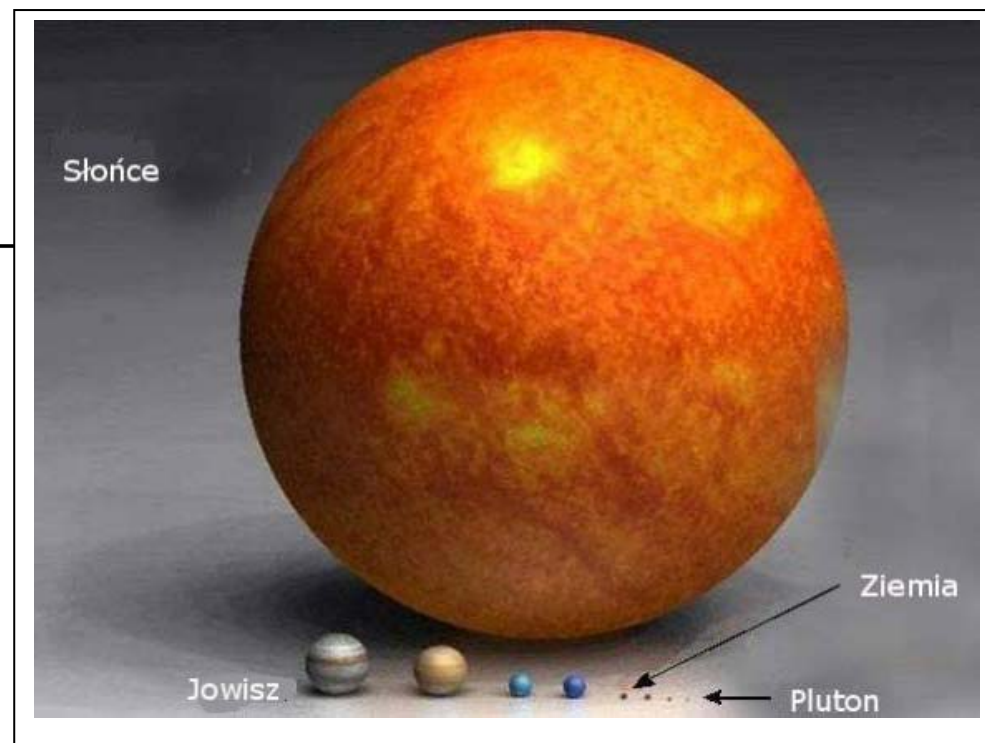
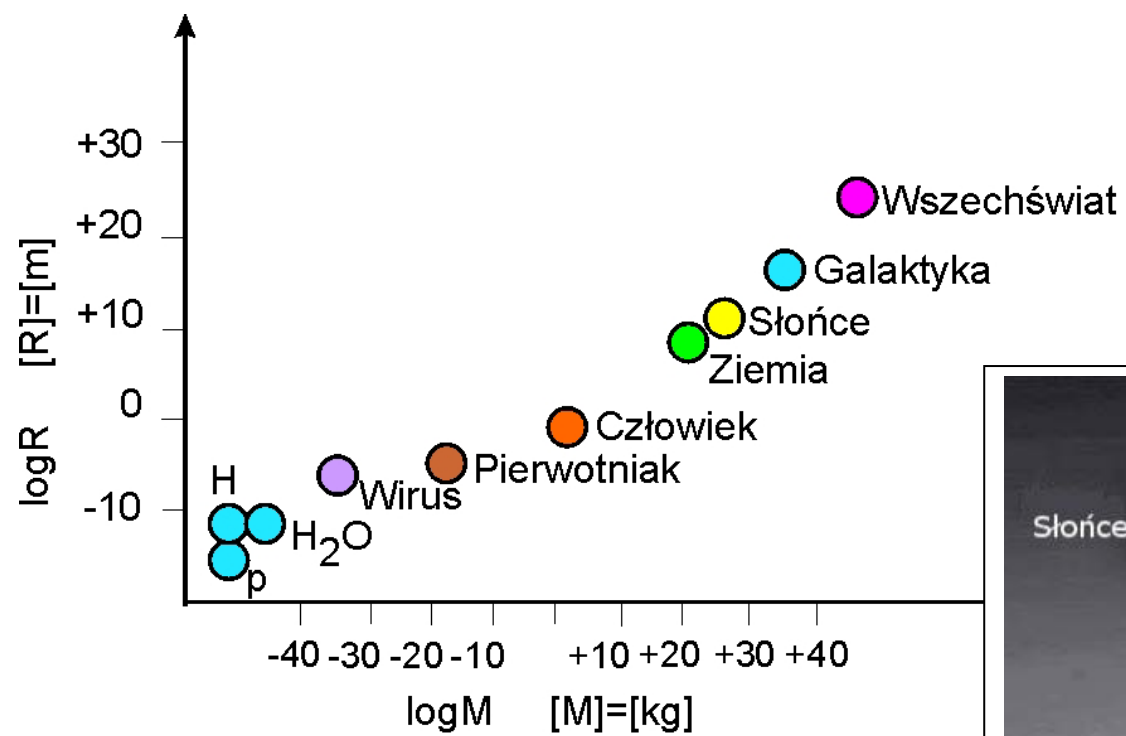


## CZĄSTECZKI, ATOMY, JĄDRA ATOMOWE (MIKROKOSMOS)

|                                                           |                                                             |
|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| Rozmiar atomu                                             | $10^{-10}$ m                                                |
| Rozmiar nukleonu (protonu, neutronu)                      | $10^{-15}$ m = 1 fm (1 ferm)                                |
| Rozmiar jądra atomowego porównywalny z rozmiarem nukleonu |                                                             |
| Masa nukleonu                                             | $1.67 \cdot 10^{-27}$ kg (około 940 MeV; 1 MeV = $10^6$ eV) |
| Masa elektronu                                            | $9.1 \cdot 10^{-31}$ kg (około 0.5 MeV)                     |

## MASY I ROZMIARY OBIEKTÓW FIZYCZNYCH

Rys.1.



# ODDZIAŁYWANIA FUNDAMENTALNE

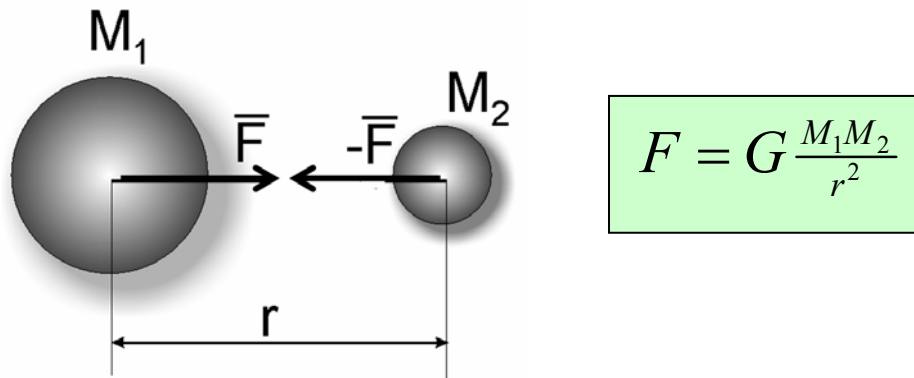
## PODSTAWOWE ODDZIAŁYWANIA W PRZYRODZIE

| Oddziaływanie      | Zasięg [m]   | Względne natężenie | Charakterystyczny czas [s] | Nośniki oddziaływań        |
|--------------------|--------------|--------------------|----------------------------|----------------------------|
| Grawitacyjne       | $\infty$     | $6 \cdot 10^{-39}$ | ?                          | grawiton (?)               |
| Elektromagnetyczne | $\infty$     | $7 \cdot 10^{-3}$  | $10^{-20} - 10^{-16}$      | foton                      |
| Silne              | $10^{-15}$   | 1                  | $10^{-24} - 10^{-23}$      | mezony, gluony             |
| Słabe              | $< 10^{-18}$ | $10^{-5}$          | $10^{-10} - 10^{-8}$       | bozony $W^{\pm}$ , bozon Z |

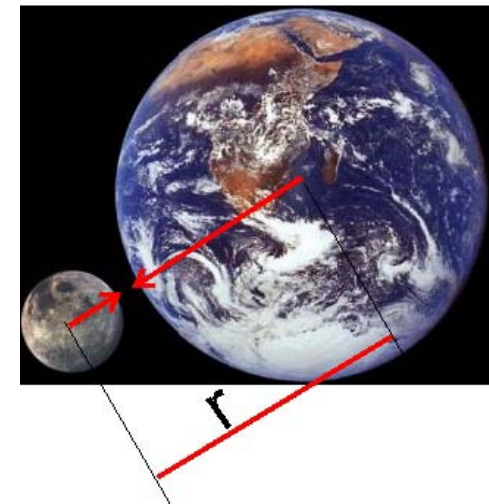
## ODDZIAŁYWANIA GRAWITACYJNE

- Obejmują cały Wszechświat
- Najprostszy układ: 2 masy „punktowe”

Rys.2.



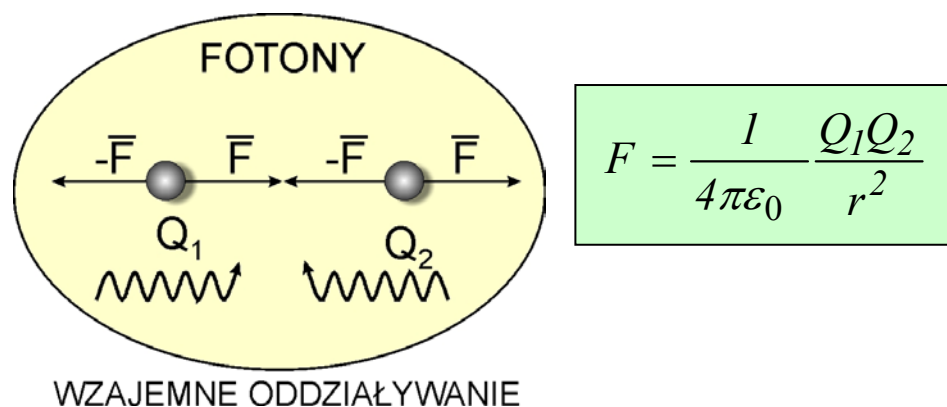
- stała grawitacji  $G = (6.6720 \pm 0.0041) \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{kg}^2$
- Siły przyciągające, zawsze
- **Teoria grawitacji = Ogólna teoria względności**



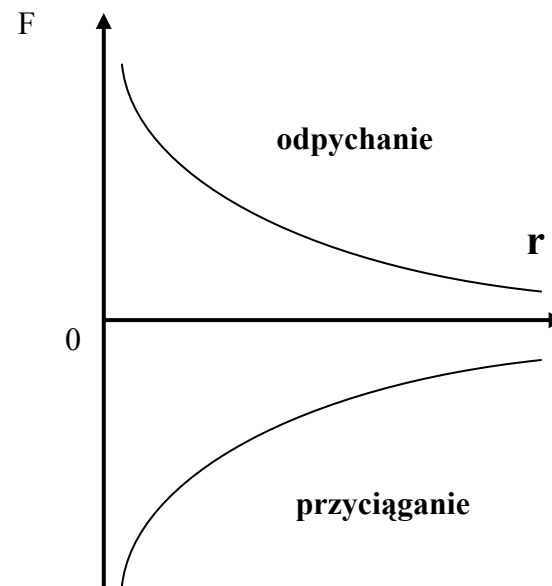
## ODDZIAŁYWANIA ELEKTROMAGNETYCZNE

- Oddziaływania ładunków elektrycznych, momentów magnetycznych znajdujących się w spoczynku i w ruchu
- Występują w atomach, cząsteczkach, pomiędzy większymi obiektami wytwarzającymi pola elektryczne i magnetyczne, stałe i zmienne w czasie i przestrzeni
- Najprostszy układ: 2 ładunki punktowe

Rys. 3.



Rys. 4.



- Oddziaływanie wymienne wymiana FOTONÓW

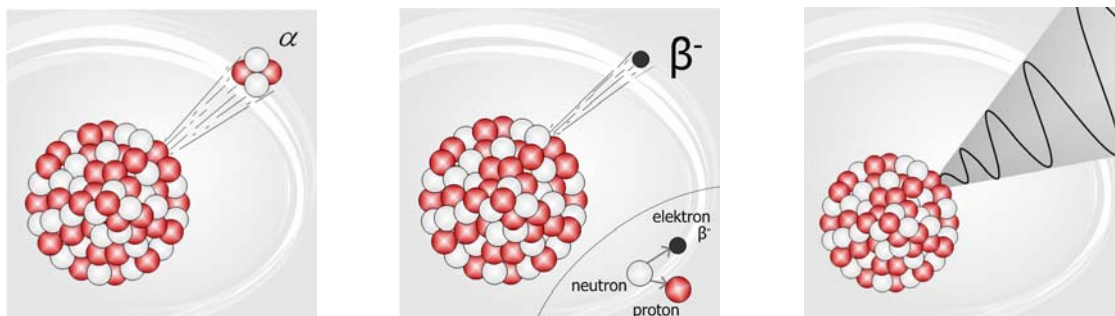
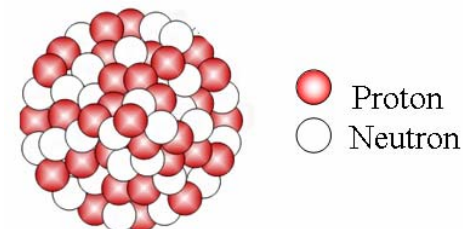
- Energia fotonu  $E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$

- Oddziaływanie elektromagnetyczne a grawitacyjne  $F_{el} / F_{gr} = e^2 / 4\pi\epsilon_0 Gm^2 = 4 \cdot 10^{42}$

## ODDZIAŁYWANIA SILNE

- JĄDRO ATOMU = „stan związany” cząstek: protonów (p) i neutronów (n)
- Oddziaływanie p-p, n-n, p-n: niezależne od ładunku
- Wymienne: mezony  $\pi^{\pm}, \pi^0$   $m = 300 m_e$
- Rozpady cząstek elementarnych
- Reakcje jądrowe

Rys. 5.



## ODDZIAŁYWANIA SŁABE

- Wymienne: ciężkie bozony,  $m_B \gg m_\pi$
- Nie tworzy układów związanych cząstek
- Rozpad cząstek elementarnych, np.

$$\pi^{\pm} \rightarrow \mu^{\pm} + \nu_{\mu} \quad (\text{średni czas życia } 10^{-6} \text{ s})$$

- Spontaniczna (samorzutna) przemiana beta jąder  $n \rightarrow p + e^{-} + \bar{\nu}_e$   $p \rightarrow n + e + \nu_e$

## ODDZIAŁYWANIA ELEKTROSLABE

- Oddziaływanie elektromagnetyczne i słabe występują równocześnie
- Wysokie energie oddziaływujących cząstek  $E > 10^2 \text{ GeV}$
- Prawdopodobieństwo obu oddziaływań takie samo

# MECHANIKA KLASYCZNA

## PODSTAWOWE ZAŁOŻENIA

- $v \ll c$ ,  $c = 3 \cdot 10^8$  m/s,  $c$  = prędkość światła
- Przestrzeń jest Euklidesowa
- Przestrzeń jest izotropowa, np.  $F = m \cdot a$ , masa nie zależy od kierunku „ $a$ ”

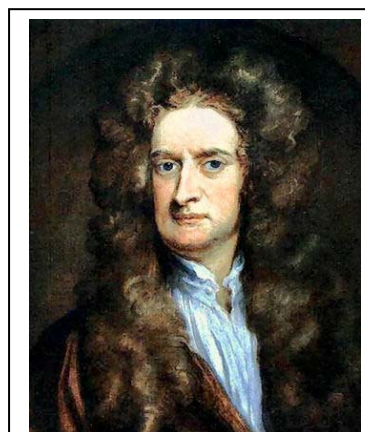
- Prawa dynamiki Newtona są słuszne w inercjalnych układach odniesienia

I  $\vec{a} = 0$ , gdy  $\vec{F} = 0$

II  $\vec{F} = M\vec{a}$  lub  $\vec{a} = \frac{\vec{F}}{M}$

III  $\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$ ,

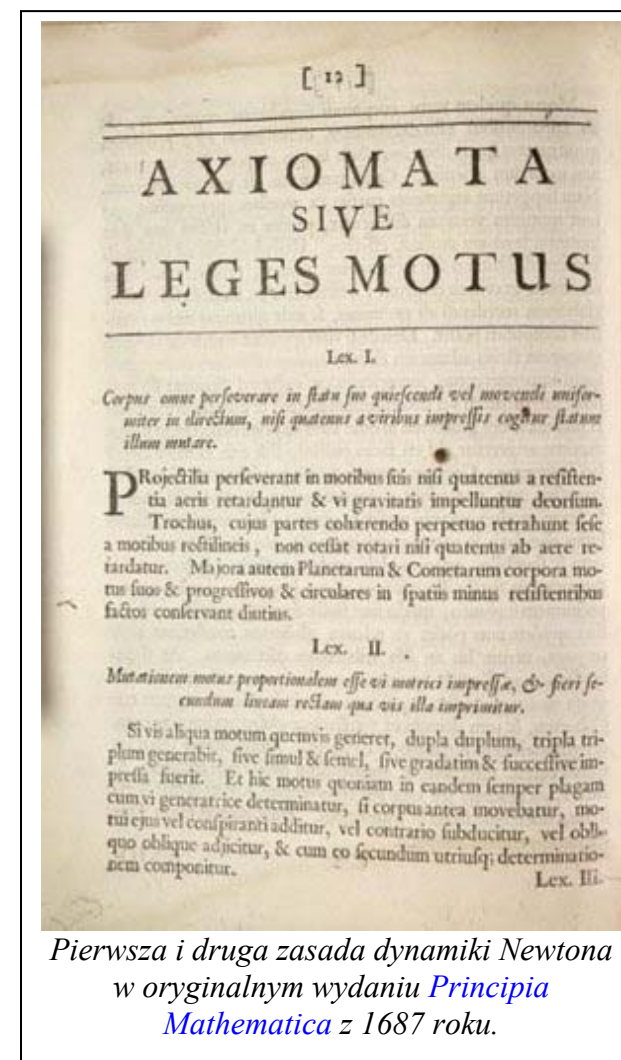
gdy obie siły mierzone są w tym samym momencie czasu



Sir Isaac Newton  
(1643-1727)

$$F = G \frac{M_1 M_2}{r^2}$$

- Obowiązuje prawo powszechnego ciążenia

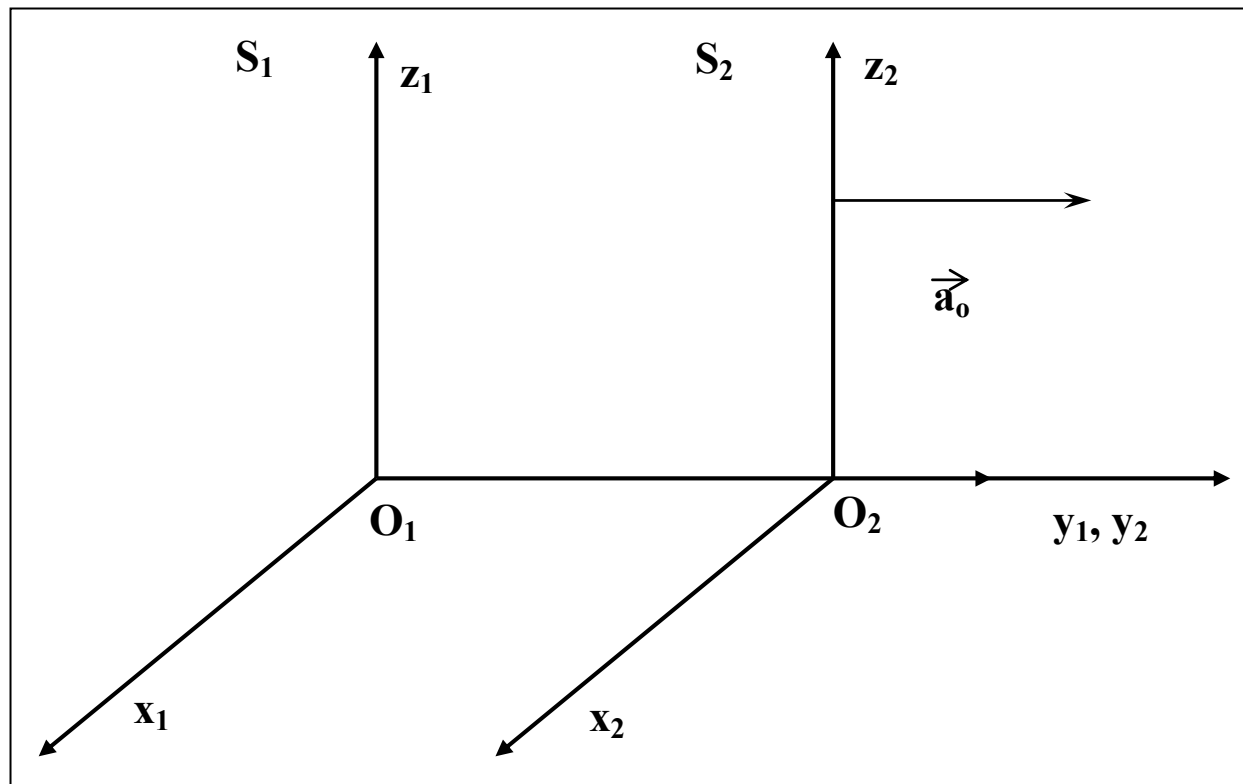


Pierwsza i druga zasada dynamiki Newtona w oryginalnym wydaniu *Principia Mathematica* z 1687 roku.

## INERCJALNE UKŁADY ODNIESIENIA

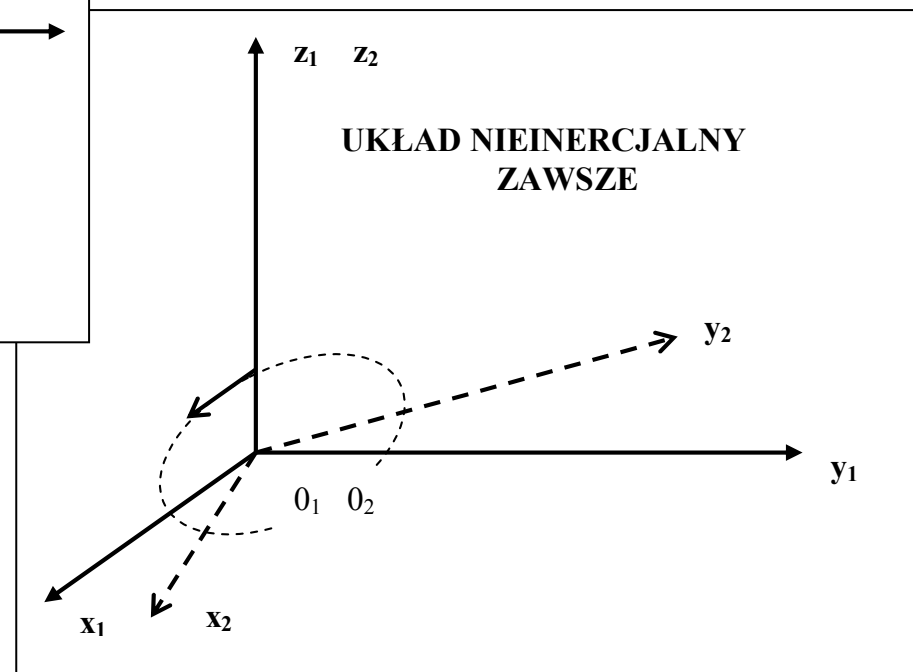
Układ Inercjalny = Układ Galileusza = Układ Nie Posiadający Przyspieszenia

Rys. 6.



$\vec{a}_0 = 0$  Układ Inercjalny

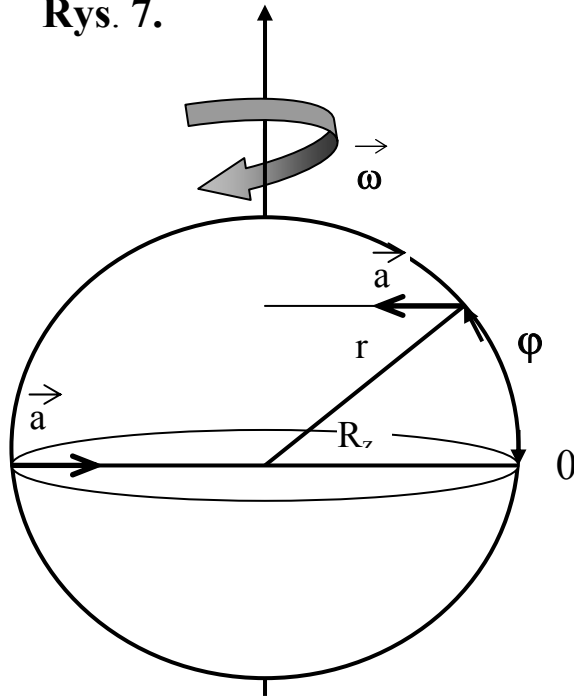
Rys.6.1.



## ZIEMIA – NIEINERCJALNOŚĆ ZIEMI JAKO UKŁADU ODNIESIENIA

- **RUCH DOBOWY ZIEMI**, ruch obrotowy o okresie równym 1 dobie ziemskiej

Rys. 7.



$\omega = \text{const}$  prędkość kątowna Ziemi

$v = \omega \cdot r$  prędkość liniowa punktów powierzchni Ziemi

$r = R_Z \cdot \cos \varphi$  promień równoleżnika

$R_Z$  = promień Ziemi,

$\varphi$  = szerokość geograficzna

$a = \omega^2 r$  przyspieszenie odśrodkowe punktów powierzchni Ziemi

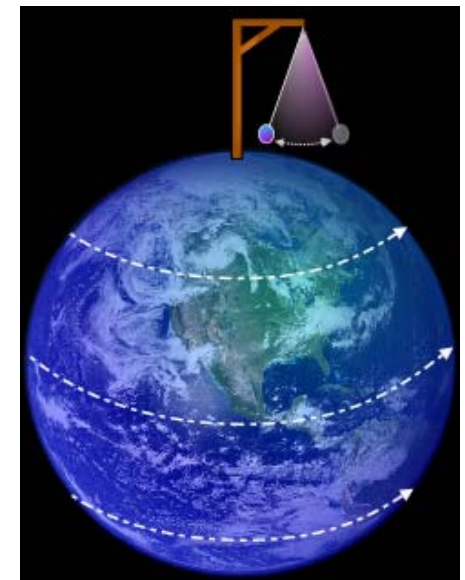
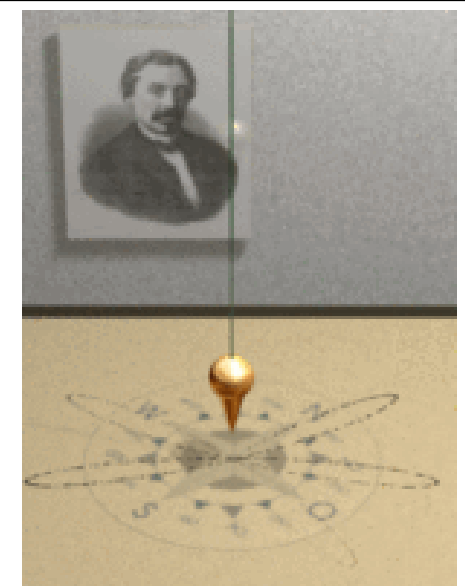
$a = \omega^2 R_Z$  przyspieszenie odśrodkowe na równiku

$$T = 8.4 \cdot 10^4 \text{ s}, \quad R_Z = 6.4 \cdot 10^6 \text{ m}$$

$$\omega = 2\pi/T = 0.73 \cdot 10^{-4} \text{ s}^{-1}$$

$$a = (0.73 \cdot 10^{-4})^2 \text{ s}^{-2} \cdot 6.4 \cdot 10^6 \text{ m} = \mathbf{0.03 \text{ m/s}^2}$$

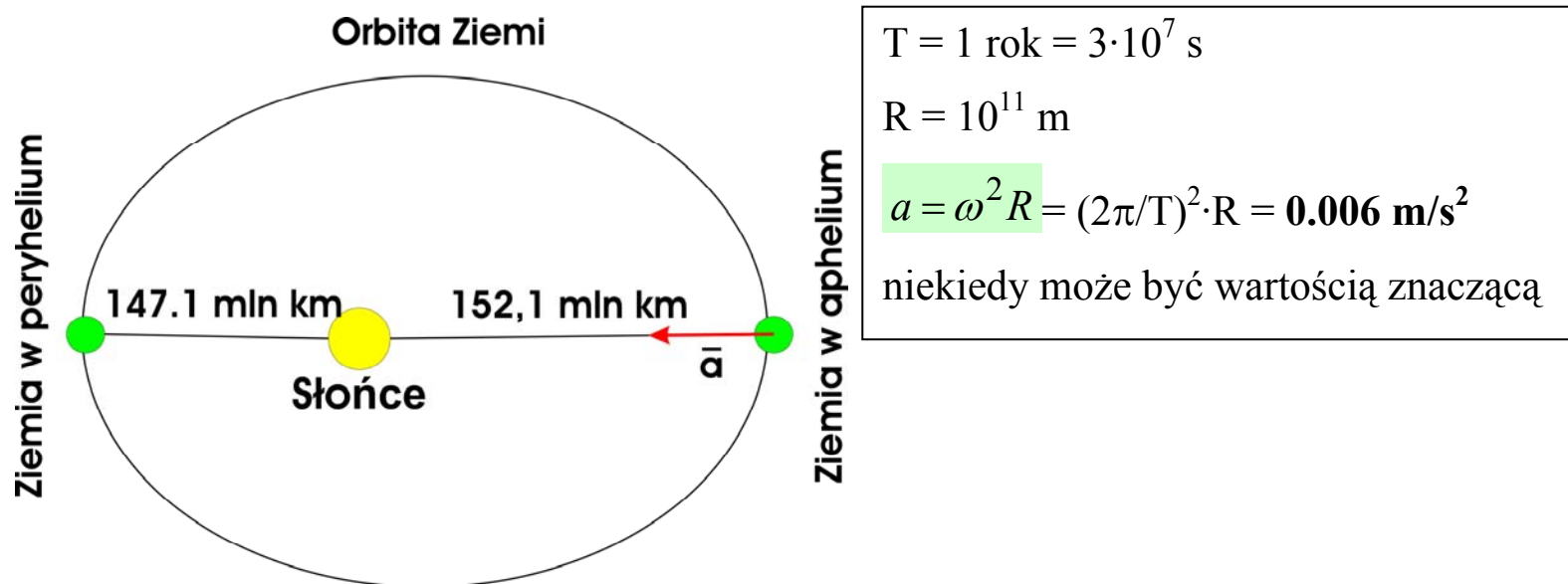
$$\mathbf{g = 9.81 \text{ m/s}^2} \quad (\varphi = 45^\circ)$$



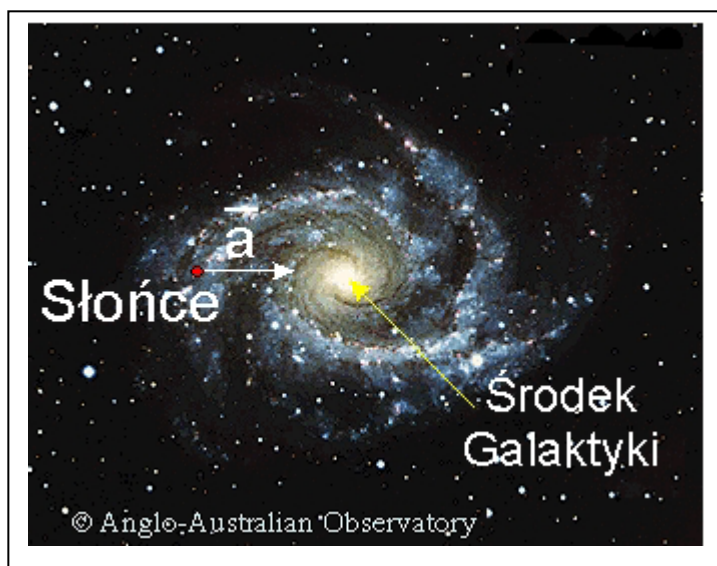
Obserwacja wahadła Foucaulta stanowi dowód na nieinercjalność Ziemi (cdn – str.32)

- **RUCH ZIEMI PO ORBICIE WOKÓŁ SŁOŃCA**

Rys. 8.



- **PRZYSPIESZENIE UKŁADU SŁONECZNEGO W KIERUNKU ŚRODKA GALAKTYKI**



$R = 3 \cdot 10^{20} \text{ m}$  - promień Galaktyki  
 $v = 3 \cdot 10^5 \text{ m/s}$   
 $a = v^2/R = \mathbf{3 \cdot 10^{-10} \text{ m/s}^2}$  - bardzo mała wartość

### WNIOSKI

- Nie ma idealnego układu inercjalnego
- Gwiazda stała może być dobrym układem inercjalnym (siły grawitacji i elektromagnetyczne maleją jak  $1/r^2$ ).

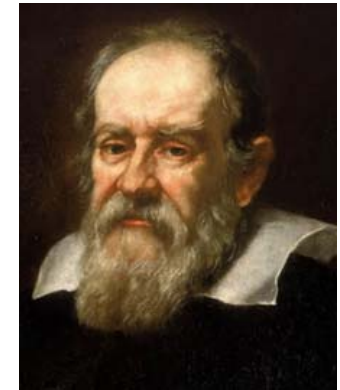
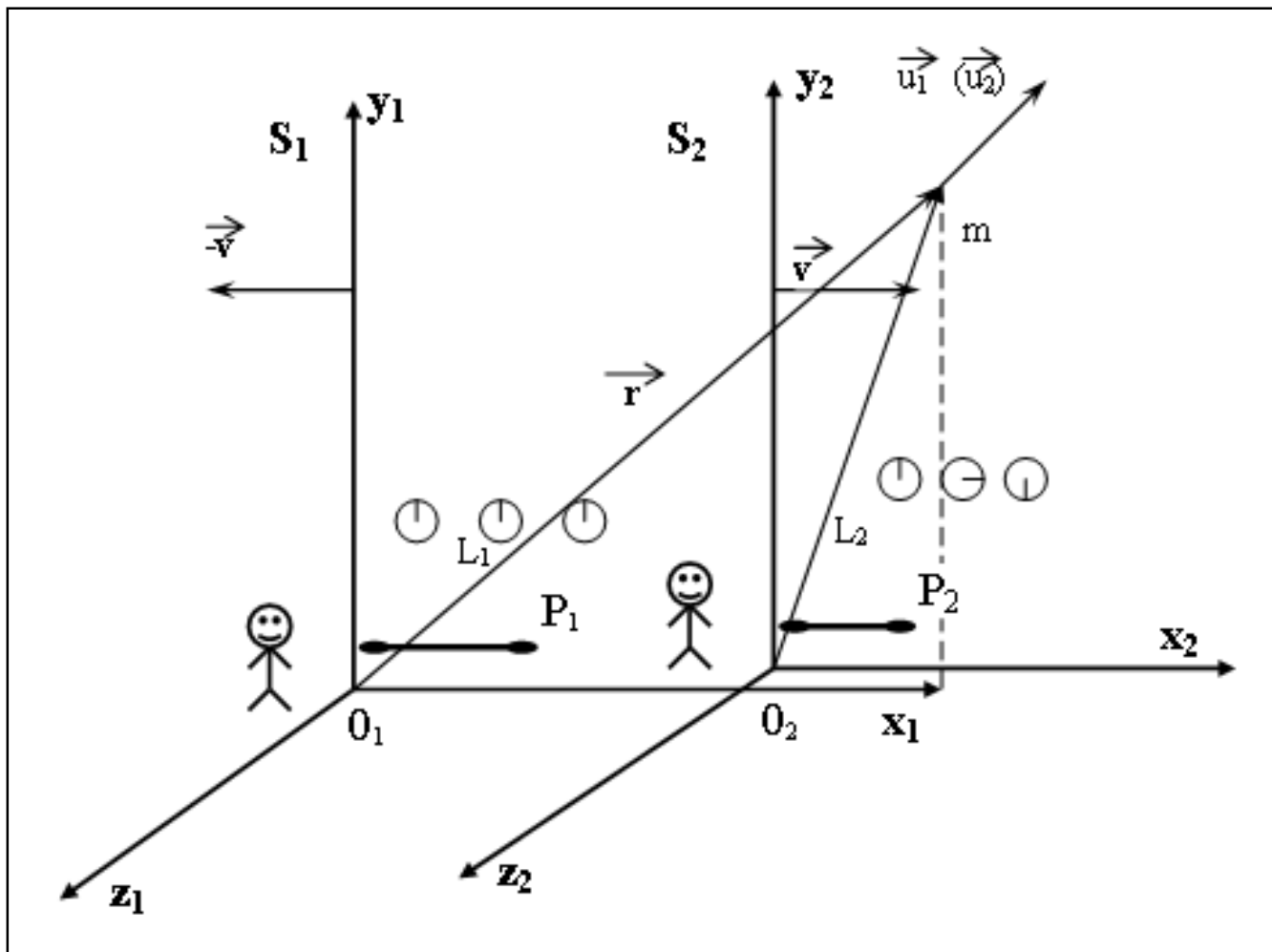
## ZASADA WZGLĘDNOŚCI GALILEUSZA

### Podstawowe Prawa Fizyki Są Jednakowe We Wszystkich Inercjalnych Układach Odniesienia

- Matematyczny zapis zasady względności Galileusza stanowi

### TRANSFORMACJA GALILEUSZA

Rys. 9.



Galileusz, *Galileo Galilei*  
(1564-1642)

**Zgodnie z transformacją Galileusza,** kiedy dwa obiekty poruszają w przeciwnych kierunkach, to ich prędkości się dodają.



W układzie odniesienia kierowcy samochodu osobowego jadącego z prędkością 130km/h, **TIR** (jadący 70km/h) będzie miał prędkość 200km/h. (130 + 70).

## TRANSFORMACJA WSPÓŁRZĘDNYCH CZĄSTKI

- Prędkość względna układów  $\mathbf{v} = \text{const}$ ,
- $S_1$  i  $S_2$  są inercjalnymi układami odniesienia
- Założenie (spełnione są prawa mechaniki klasycznej):

$$v < 10^3 \text{ m/s} \text{ lub } \frac{v}{c} \ll 1 \text{ gdzie: } c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

- Obserwatorzy porównują wskazania zegarów i mierzone długości
- W chwili mijania się układów obserwatorzy stwierdzają:

$t_1 = t_2$  zegary wskazują tę samą chwilę czasu

$L_1 = L_2$  długość pręta mierzona w obu układach jest taka sama

Ponieważ:  $L_1 = O_1P_1$ ,  $L_2 = O_2P_2$   $P_1(0,0,x_1)$ ,  $P_2(0,0,x_2)$

Otrzymujemy **transformację Galileusza współrzędnych cząstki:**

$$x_1 = x_2 + vt_2$$

$$y_1 = y_2$$

$$z_1 = z_2$$

$$t_1 = t_2$$

*lubinaczej*

$$\vec{r}_1 = \vec{r}_2 + \vec{v}t_2$$

## TRANSFORMACJA PRĘDKOŚCI CZĄSTKI (SKŁADANIE PRĘDKOŚCI)

- Cząstka o masie  $m$  i prędkości  $\vec{u}_1$  lub  $\vec{u}_2$  odpowiednio w układzie  $S_1$  i  $S_2$
- W układzie  $S_1$ :  $\vec{u}_1(u_{1x}, u_{1y}, u_{1z})$  w układzie  $S_2$ :  $\vec{u}_2(u_{2x}, u_{2y}, u_{2z})$

### Transformacja Galileusza prędkości cząstki:

$$u_{1x} = \frac{dx_1}{dt_1} = \frac{dx_1}{dt_2} = \frac{d}{dt_2}(x_2 + vt_2) = \frac{dx_2}{dt_2} + v = u_{2x} + v$$

$$u_{1y} = u_{2y}$$

$$u_{1z} = u_{2z}$$

lub inaczej

$$\vec{u}_1 = \vec{u}_2 + \vec{v}$$

## TRANSFORMACJA SIŁY

- Założenie: masa cząstki nie zależy od układu odniesienia,  $m = \text{const}$

- Układ  $S_1$ :  $\vec{F}_1 = m\vec{a}_1$  układ  $S_2$ :  $\vec{F}_2 = m\vec{a}_2$

- Ponieważ  $\vec{a}_1 = \vec{a}_2$ ,

### Transformacja siły działającej na cząstkę

$$\vec{F}_1 = \vec{F}_2,$$

wartość siły nie zależy od układu odniesienia

## TRANSFORMACJA PRZYSPIESZENIA CZĄSTKI

- Przyspieszenie  $\vec{a}_1 = \frac{d\vec{u}_1}{dt_1}$ , podobnie  $\vec{a}_2 = \frac{d\vec{u}_2}{dt_2}$
- Ponieważ przyrosty prędkości cząstki  $du_1$  i  $du_2$  mierzone w obu układach odniesienia są takie same, otrzymujemy **transformację przyspieszenia cząstki** w postaci

$\vec{a}_1 = \vec{a}_2$  przyspieszenie nie zależy od układu odniesienia