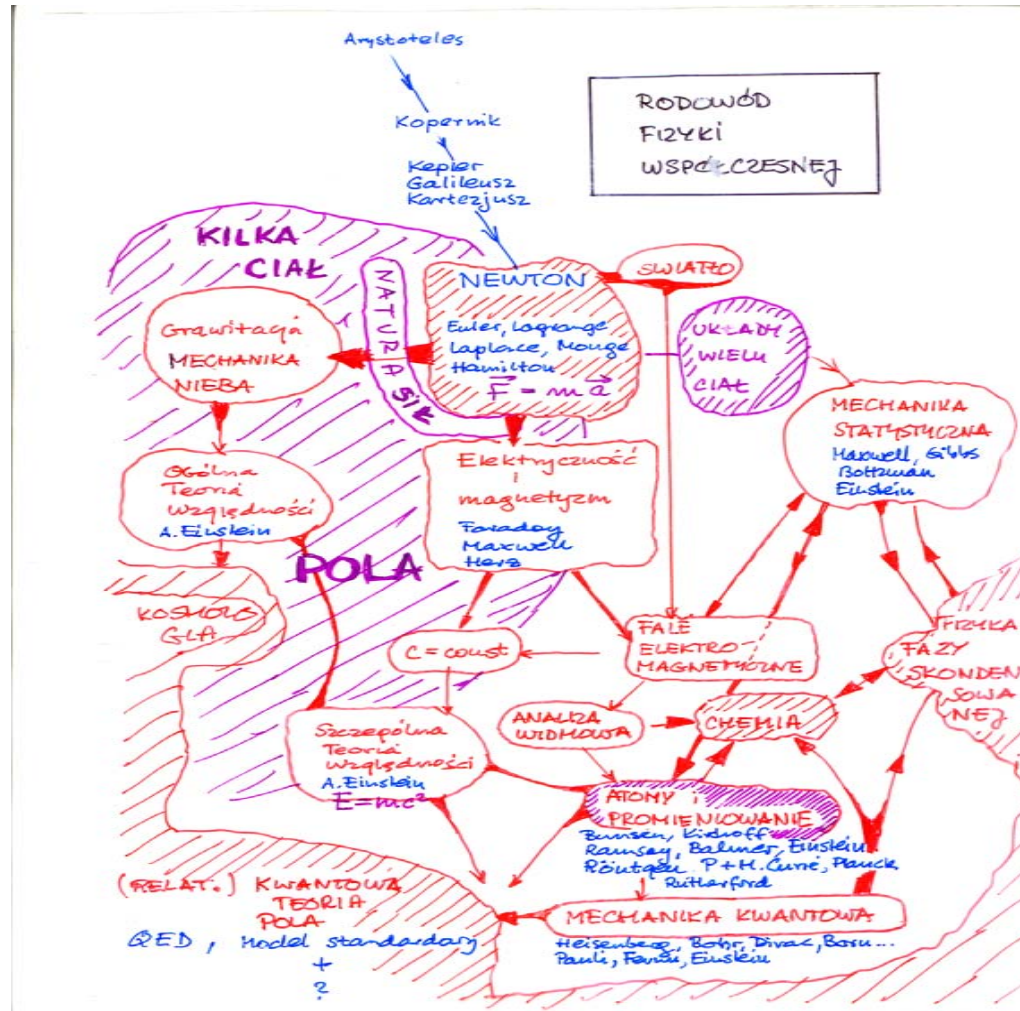


# I. Przedmiot i metodologia fizyki

- Rodowód fizyki współczesnej
- Świat zjawisk fizycznych: wielkości fizyczne, rzędy wielkości, uniwersalność praw
- Oddziaływania fundamentalne i poszukiwanie Teorii Ostatecznej
- Układy jednostek
- Pomiar i ich błędy
- Rola modeli matematycznych

# Rodowód fizyki współczesnej



## I.2 Świat zjawisk fizycznych: wielkości fizyczne, rzędy wielkości, uniwersalność praw

### Czas (rzędy wielkości w sekundach):

- $10^{32}$  dolna granica czasu życia protonu
- $10^{22}$  Wszechświat
- $10^9$  Człowiek
- $10^3$  neutron
- $10^{-6}$  mion
- $10^{-13}$  taon
- $10^{-15}$  krótkie impulsy laserowe
- $10^{-16}$  neutralny mezon  $\pi$
- $10^{-20}$  cząstka  $J/\Psi$ , hiperony
- $10^{-24}$  rezonanse

**56 rzędów wielkości**

## Odległości (rzędy wielkości w metrach):

- $10^{28}$  kwazary
- $10^{22}$  Droga Mleczna
- $10^{11-12}$  Układ Słoneczny
- $10^{10}$  Odległość Ziemia- Księżyc
- $10^7$  Ziemia
- $10^0$  Człowiek
- $10^{-10}$  atomy
- $10^{-15}$  proton
- $10^{-18}$  „punktowość” elektronu

**44 rzędy wielkości**

Masa (rzędy wielkości w kg):

**82 rzędy wielkości**

## Unifikacja oddziaływań

### I.3 Oddziaływania fundamentalne i poszukiwanie Teorii Ostatecznej



QED - elektrodynamika kwantowa  
 QCD - chromodynamika kwantowa

## Oddziaływania fundamentalne

Znamy 4 oddziaływania fundamentalne:

Oddziaływanie		Teoria	Nośniki oddziaływania
	grawitacyjne	Klasyczna: Ogólna Teoria Względności	Grawiton $G$ $j=2$
Elektro- słabe	Elektromagne- tyczne	Klasyczna: teoria Maxwella Kwantowa: QED	Foton $\gamma$ $j=1$
	jądrowe słabe	Kwantowa: teoria V-A	Bozony $Z, W^+, W^-$ $j=1$
	Jądrowe silne	Kwantowa: QCD	Gluony $g$ $j=1$

## Współczesna tablica cząstek

kwarki						ładunek
<b>u</b>	up górnny	<b>c</b>	charm powabny	<b>t</b>	top szczytowy	+2/3
<b>d</b>	down dolny	<b>s</b>	strange dziwny	<b>b</b>	beauty piękny	-1/3

leptony						ładunek
$\nu_e$	neutrino elektronowe	$\nu_\mu$	neutrino mionowe	$\nu_\tau$	neutrino taonowe	0
<b>e</b>	elektron	$\mu$	mion	$\tau$	taon	-1

+ ich antycząstki o przeciwnych ładunkach



## I.4 Układy jednostek

### Jednostki podstawowe układu SI:

Wielkość fizyczna	Jednostka	Definicja (1987)
masa	1 kilogram (1 kg)	Masa wzorca kg przechowywanego w MIMW w Sevres pod Paryżem
czas	1 sekunda (1s)	Wzorzec atomowy: 9 192 631 770 okresów fali świetlnej powstałej w przejściu pomiędzy dwoma poziomami nadsubtelnymi $2S_{1/2}$ : $F=4 \rightarrow F=3$ atomu cezu 133
długość	1 metr (1 m)	Wzorzec atomowy: droga przebyta przez światło w próżni w czasie $1/299\,792.458$ s
Natężenie prądu	1 amper (1 A)	
temperatura	1 kelwin (1 K)	
Natężenie światła	1 kandela (1 cd)	

## Jednostki pochodne

Dla wielkości fizycznej  $a$  będącej funkcją  $F$  wielkości podstawowych tworzymy jednostki pochodne wg. schematu:

$$a = F(x_1, \dots, x_6)$$

$$[a] = F([x_1], \dots, [x_6])$$

## Jednostki wielokrotne

	przedrostek		przedrostek
$10^{-15}$	Femto- (f)	$10^{15}$	Peta- (P)
$10^{-12}$	Piko- (p)	$10^{12}$	Tera- (T)
$10^{-9}$	Nano- (n)	$10^9$	Giga- (G)
$10^{-6}$	Mikro- ( $\mu$ )	$10^6$	mega- (M)
$10^{-3}$	Mili- (m)	$10^3$	Kilo (k)

## I.5 Pomiarzy i ich błędy

Wielkości fizyczne mierzone w doświadczeniu zawsze obarczone są błędem pomiarowym.

Typowe przedstawienie wyników pomiarów:

$$h = 6.626\ 0693(11) \times 10^{-34} \text{ Js}$$

$$M_W = (80.425 \pm 0.25(\text{stat}) \pm 20(\text{syst})) \text{ GeV} / c^2$$

- Błędy pomiarowe dzielimy na statystyczne i systematyczne.
- Błędy statystyczne opisywane są teorią prawdopodobieństwa.
- Błędy systematyczne nie podlegają takim rozważaniom.
- Zwyczajowo cytując jeden błąd  $\sigma$  podajemy:

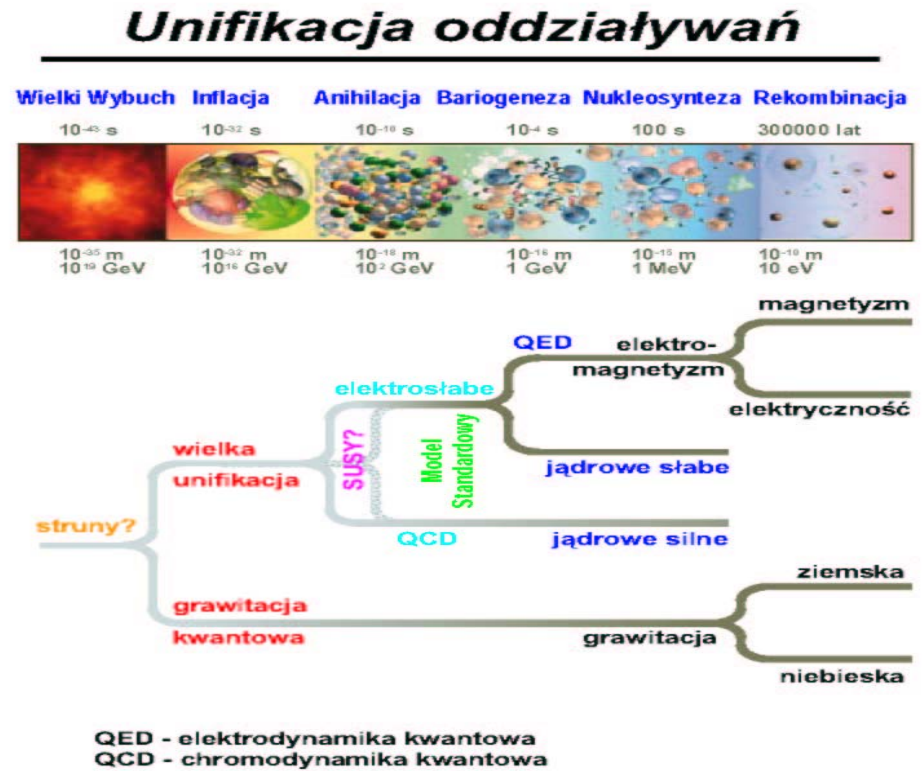
$$\sigma = \sqrt{\sigma_{\text{stat}}^2 + \sigma_{\text{syst}}^2}$$

Postęp w fizyce jest napędzany przez dwa zjawiska:

1. Coraz doskonalsze pomiary (nowe metody i aparaty pomiarowe zmniejszają błędy systematyczne)
2. Coraz doskonalsze teorie pozwalają na dokonanie dokładniejszych przewidywań i/ lub w oparciu o mniejszą liczbę postulatów

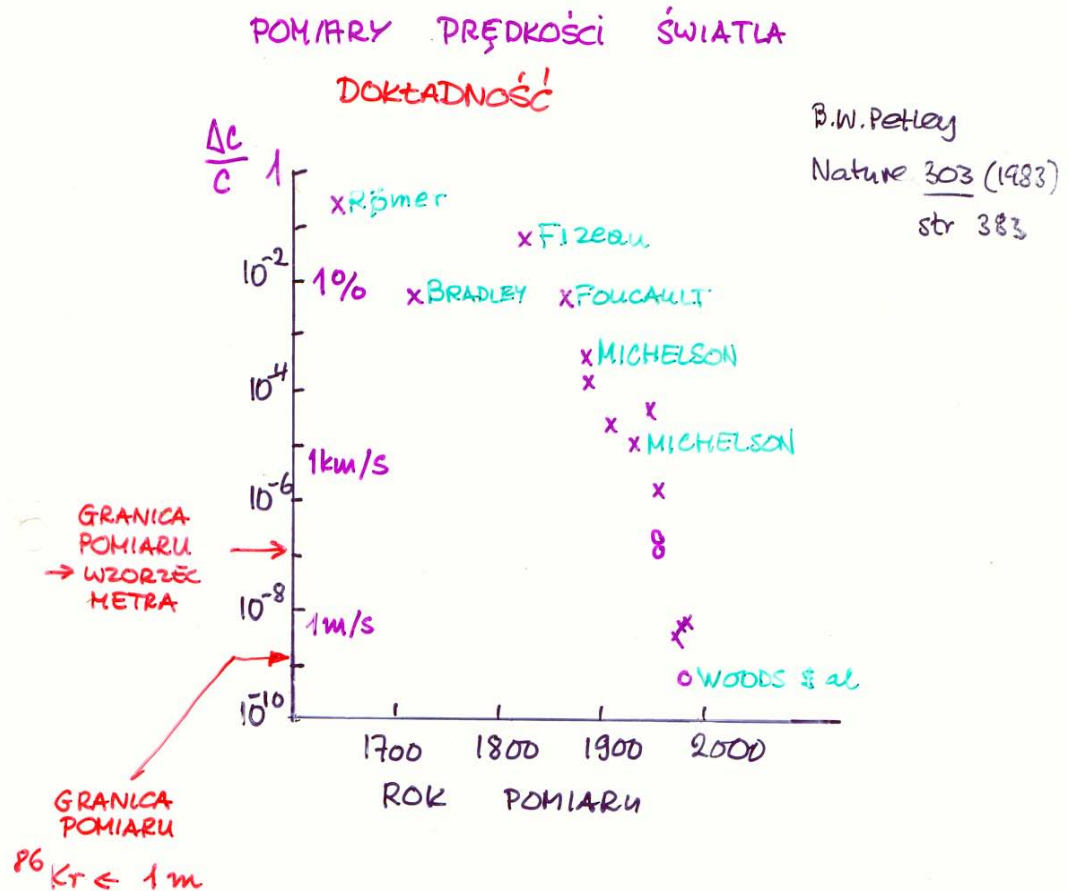
# Przykład: unifikacja QED i teorii V-A w Model Standardowy

Unifikacja stała się prawdopodobna gdy w CERNie w 1974 odkryto oddziaływania przenoszone przez  $Z^0$ . Było to możliwe dzięki zmniejszeniu błędów systematycznych w doświadczeniu. Następną generacją eksperymentów pozwoliła zaobserwować produkcję bozonów  $Z^0$  i  $W$  (CERN, 1981). Jednak dokładne porównanie przewidywań Modelu Standardowego z danymi było możliwe dopiero od 1989 do 2001 w trzeciej generacji eksperymentów w CERNie



# Precyzja pomiarów a wzorce jednostek

Wzorzec metra  
związany jest ze  
wzorcem czasu i  
prędkości światła.



## I.6 Rola modeli matematycznych

Fizyka jest nauką ilościową. Wymaga porównywania mierzonych wielkości i ilościowych przewidywań teorii. Przewidywania teorii są wyrażane w języku matematyki.

Podobnie wyniki pomiarów podlegają zazwyczaj obróbce matematycznej zmierzającej do:

- Oszacowania błędów statystycznych i systematycznych.
- Znalezienia zależności funkcyjnych przewidywanych przez teorię. Poszukujemy sprzeczności doświadczenia i teorii.
- Znalezienia fenomenologicznych zależności wielkości fizycznych od siebie, które umożliwią zbudowanie (lepszego) teorii/ modelu.