

# **Czy fizyka może się obyć bez eksperymentu a kosmologia bez obserwacji?**

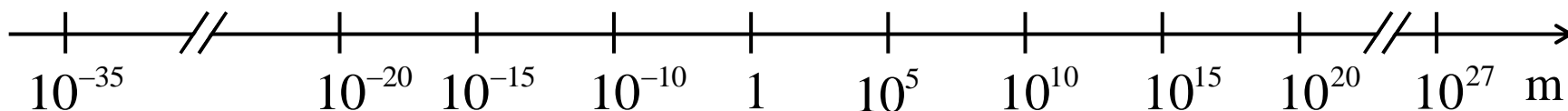
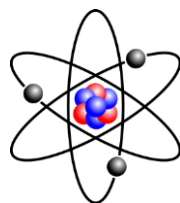
**Stanisław Mrówczyński**

*Instytut Fizyki, Uniwersytet Jana Kochanowskiego, Kielce  
i Narodowe Centrum Badań Jądrowych, Warszawa*

# Rozmiary fizycznych obiektów

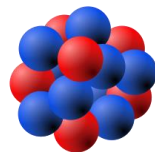
fizyka cząstek  
elementarnych

astrofizyka i kosmologia

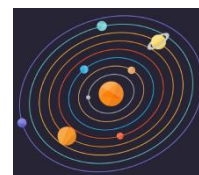


$$l_p \equiv \sqrt{\frac{\hbar G}{c^3}}$$

kwantowa  
grawitacja



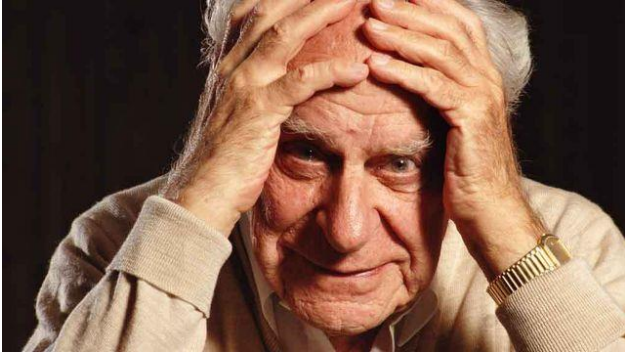
fizyka jądrowa



Układ Słoneczny

**obserwowalny  
Wszechświat**

# Falsyfikowalność – fundament fizyki

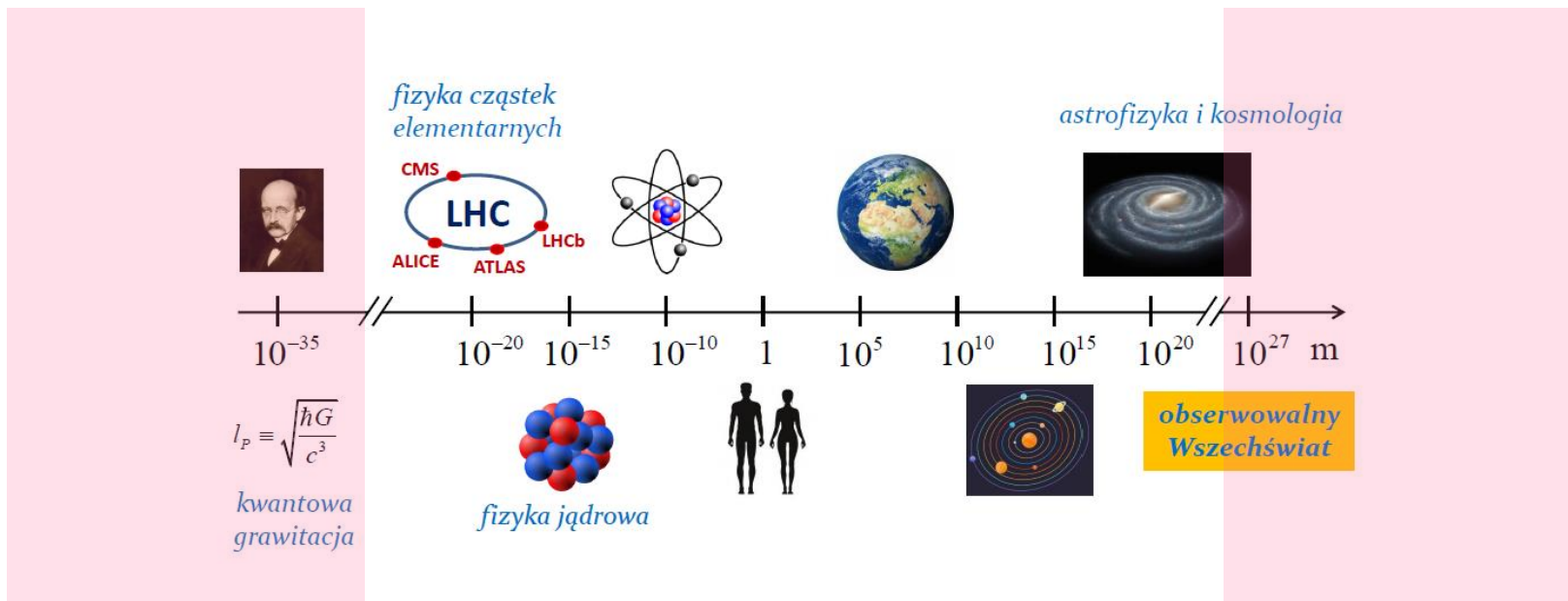


Karl Popper (1902-1994)

Teoria jest naukowa, jeśli istnieje możliwość wykazania, że jest fałszywa.

*Teorie naukowe nigdy nie są ostatecznie potwierdzone,  
lecz jedynie stopniowo potwierdzone poprzez brak  
zaprzeczających im wyników w kolejnych eksperymentalnych testach.*

# Technologiczne ograniczenia empiryzmu



Obszary empirycznie niedostępne

# Kwantowa grawitacja

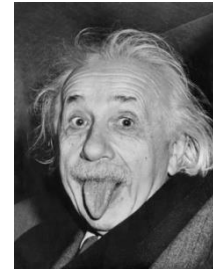
$$l_P \equiv \sqrt{\frac{\hbar G}{c^3}} = 10^{-35} \text{ m}$$

Teoria  
strun?

Grawitacja  
pętlowa?

Supergrawitacja?

$$m_P \equiv \sqrt{\frac{\hbar c}{G}} = 10^{19} \text{ GeV}/c^2$$



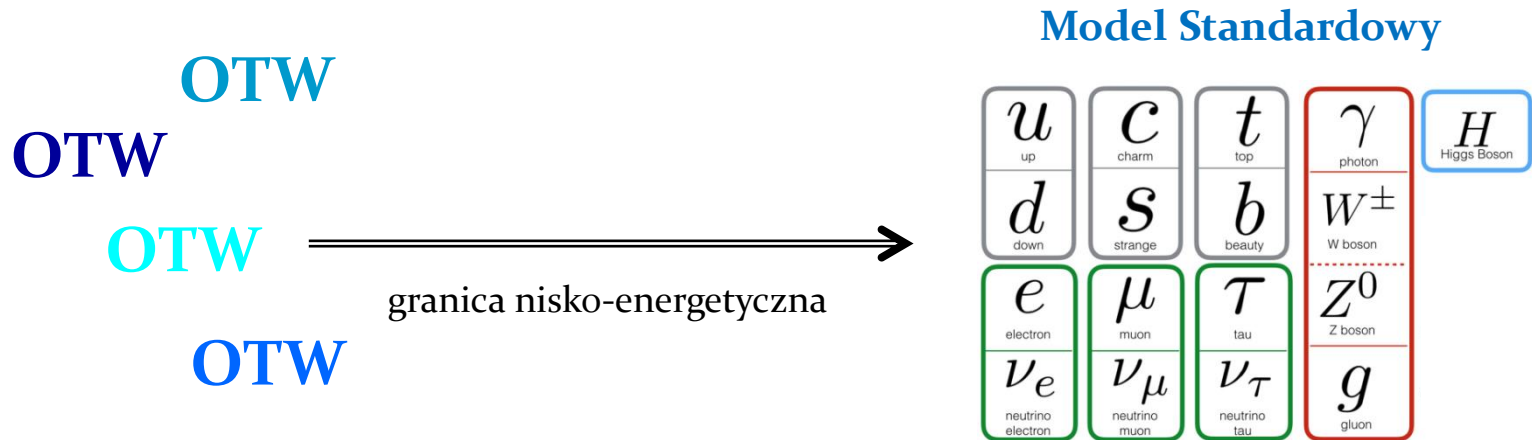
Ogólna teoria  
względności

granica klasyczna

$$R^{\mu\nu} - \frac{1}{2} R g^{\mu\nu} + \Lambda g^{\mu\nu} = \frac{8\pi G}{c^4} T^{\mu\nu}$$

# Ogólne Teorie Wszystkiego

Model Standardowy – suma naszej wiedzy o mikroświecie



Brak sygnałów fizyki spoza Modelu Standardowego przy Wielkim Zderzaczu Hadronów

# Fundamentalne ograniczenia empiryzmu - Wieloświat

Od kosmologicznego modelu inflacyjnego do wieloświata



Andrei Linde

Przyczynowo rozłączone  
Wszechświaty

**Czy to wciąż fizyka?**

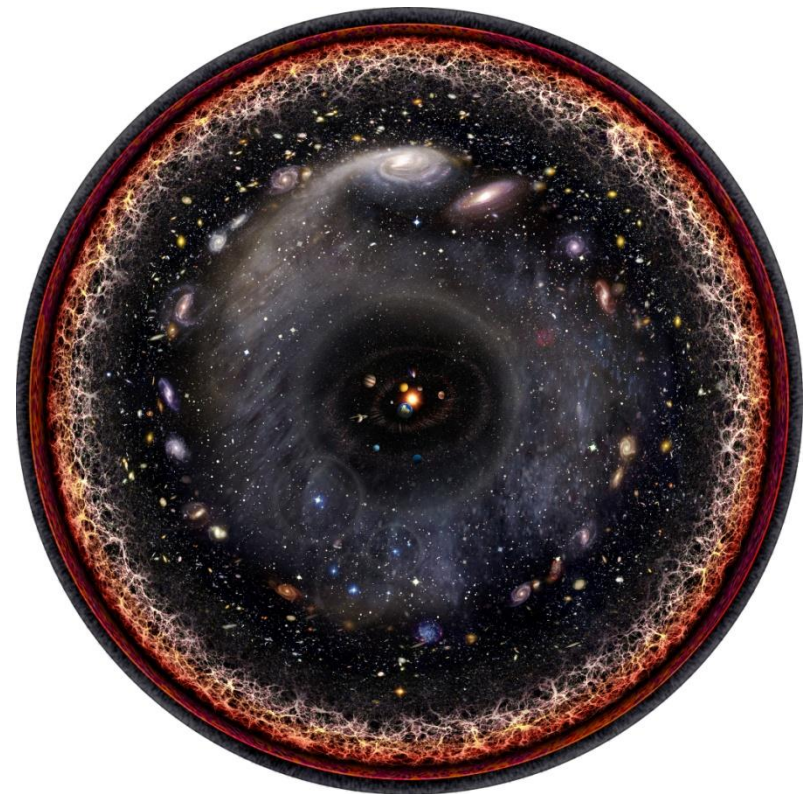
# Fundamentalne ograniczenia empiryzmu - Kosmologia

## Zasada kosmologiczna

*Obserwowalna część Wszechświata jest typowa, reprezentatywna dla całości.*

## Kosmologiczna hipoteza

*Prawa fizyki są takie same we wszystkich punktach czasu i przestrzeni.*

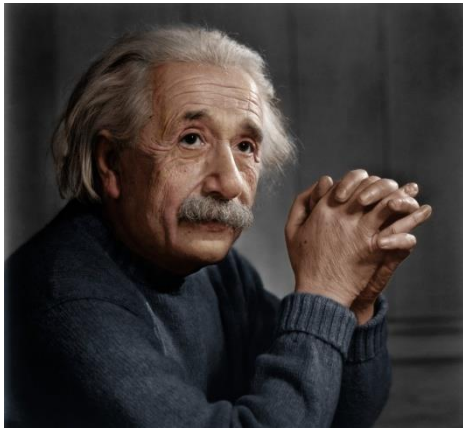


Wszechświat w skali logarytmicznej  
(Pablo Carlos Budassi )



# Nowe pytania

Coraz częściej pytamy nie o to, jaki jest świat, lecz dlaczego jest, jaki jest.



*Czy Bóg miał wybór tworząc świat?*

Ciekawe pytanie,  
lecz eksperymentalnie nierozstrzygalne.

# Jeśli nie eksperyment, to co?

## Kartezjański racjonalizm

- *Logiczna spójność*
- *Graniczna zgodność z doświadczeniem*
- *Brak alternatyw*
- *Minimum założeń i parametrów*



Kartezjusz (1596-1650)

Przykład kwantowej grawitacji

$$l_p \equiv \sqrt{\frac{\hbar G}{c^3}} = 10^{-35} \text{ m}$$

string  
theory?

loop  
gravity?

supergravity ?



classical limit



classical gravity

$$R^{\mu\nu} - \frac{1}{2} R g^{\mu\nu} + \Lambda g^{\mu\nu} = \frac{8\pi G}{c^4} T^{\mu\nu}$$

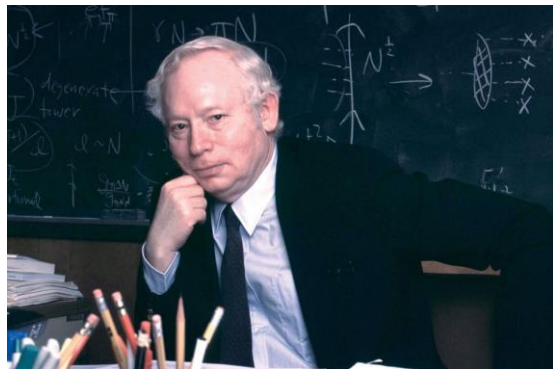
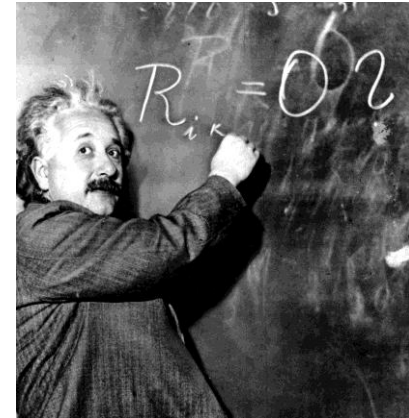
$$m_p \equiv \sqrt{\frac{\hbar c}{G}} = 10^{19} \text{ GeV}/c^2$$

# Jak to było z OTW

Żaden fakt eksperymentalny nie wymagał rewizji newtonowskiej grawitacji.

Czy eksperyment sprawił, że OTW została zaakceptowana?

- *Precesja peryhelium Merkurego*
- *Ugięcie promieni świetlnych w polu grawitacyjnym*

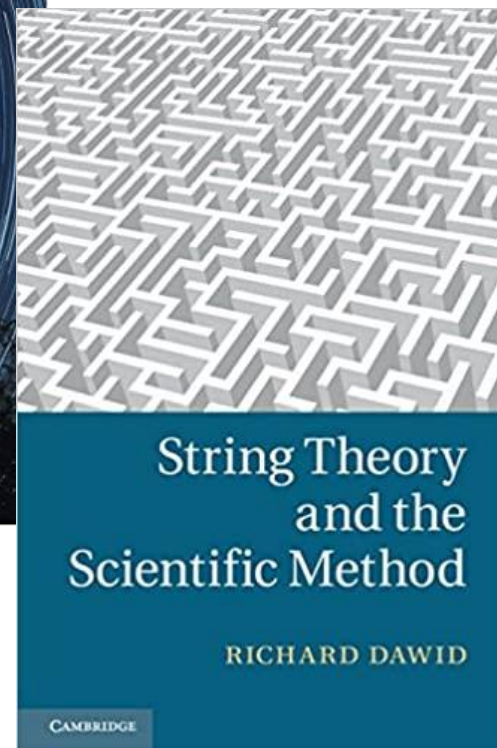
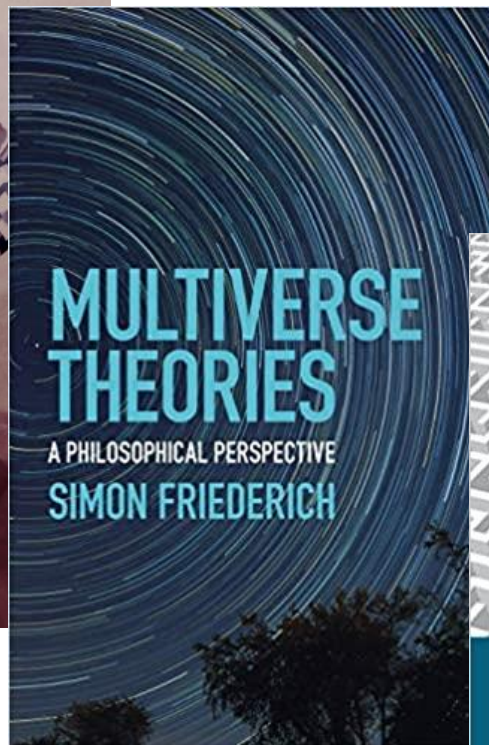


Steven Wienberg (1933-2021)

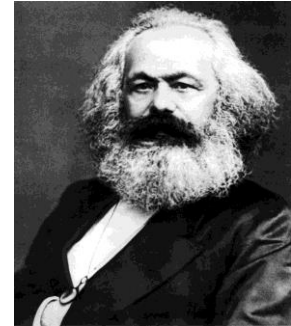
Rozdział 5  
*Opowieści o teorii i doświadczeniu*



# Fizyka, filozofia i metoda naukowa



# Epilog



*Widmo krąży po fizyce*

*– widmo post-empiryzmu.*

*Wszystkie potęgi starej fizyki połączyły się w świętej nagonce przeciw temu widmu.*

Nagrodę „Breakthrough Prize in Fundamental Physics” (3 mln \$) otrzymali w 2019 roku S. Ferrara, D. Freedman i P. van Nieuwenhuizen za Supergrawitację.

Nagrodę APS Sakurai otrzymali w 2019 roku Lisa Randall i Raman Sundrum za pomysł „zwijania wymiarów”, a w 2020 roku Pierre Sikivie za metodę detekcji aksionów.

# I co dalej?

## *Zmiana paradygmatu?*

*„Odpowiedzi, które dostajemy zależą  
od pytań, które zadajemy.”*



Thomas Kuhn (1922-1996)