



Rys. B. Dwużnik, M. Szypuła

Mikołaj Kopernik

1473 – 1543

Ja w każdym razie mniemam, że ciężkość nie jest niczym innym, jak tylko naturalną dążnością, którą boska opatrzność Stwórcy wszechświata nadała częściom po to, żeby łączyły się w jedność i całość, skupiając się razem w kształt kuli. A jest rzeczą godną wiary, że taka dążność istnieje również w Słońcu, Księżycu i innych świecących planetach, po to, by na skutek jej działania trwały w tej krągłości, w jakiej nam się przedstawiają; a niezależnie od tego w wieloraki sposób wykonują one swe ruchy

krążące.

1514 De Hypothesibus motuum coelestium... rozprawa odnotowana w inwentarzu Macieja z Miechowa
1532 W zasadzie gotowy opis świata
1539-41 Wizyta Georga Joachima von Lauchena (Retyka), który opracował streszczenie (wyd. 1540, Gdańsk) i zawiózł rękopis do Norymbergi

1543 *De revolutionibus orbium coelestium* wychodzi drukiem

NICOLAI CO

Habes in hoc operciam recens nato, & ædito, fuoliole ledor, Mouse Hellarum, sam fixavum, guin erratizarum, cam ex uterfutus, stum citam x recentibus obfervationibus refititutos: & noisi nituper as admirabilibas hypothelibus ornatos. Habes eriam Tabulas expeditifisms, ex guibus eofdem ad quoduis tempos quim faciliti ne calculare potetis. Igitur eme, Igu; future.

Ayrapitferes Shis edite.

Norimberg 2 apud loh. Petreium, Anno M. D. 20 L 11 1,



Galileusz

(Galileo Galilei)

1564 – 1642

1589 stanowisko profesora matematyki na uniwersytecie w Pizie
1590 *De Motu*, doświadczenia ze spadkiem ciał
1592 przenosiny do Padwy
1600 obsorwacje pieba własporosznie wykonana lupeta

1609 obserwacje nieba własnoręcznie wykonaną lunetą

góry na Księżycu

gwiazdy Drogi Mlecznej księżyce Jowisza



Sidereus Nuncius 12 III 1610

plamy na Słońcu, kształt Saturna, fazy Wenus 1610 nadworny matematyk Wielkiego Księcia Toskanii 1623 *Il Saggiatore* – polemika z antagonistami

> Filozofia zapisana jest w tej ogromnej księdze, którą mamy stale otwartą przed naszymi oczami; myślę o wszechświecie; jednakże nie można jej zrozumieć, jeśli się wpierw nie nauczymy rozumieć języka i pojmować znaki, jakimi została zapisana. Zapisana zaś została w języku matematyki, a jej literami są trójkąty, koła i inne figury geometryczne...

ilustracje: Wikipedia



James Peebles

ur. 1935

2019 Nagroda Nobla z fizyki za odkrycia teoretyczne w zakresie kosmologii fizycznej

ilustracje: N. Elmehed, Nobel Media





Prawo Hubble' a







D. Wilkinson

J. Peebles

R. Dicke







Bob Wilson Arno Penzias



Peter Roll David Wilkinson

J. Peebles, wykład noblowski

Koncepcja Wielkiego Wybuchu w połowie lat 60. – pytania

- Skąd we Wszechświecie wzięły się poszczególne pierwiastki chemiczne?
- Czy mikrofalowe promieniowanie tła ma jakąś szczególną strukturę?
- Z czego zbudowany jest Wszechświat?
- Jak powstały galaktyki i gromady galaktyk?

Cząstki we Wszechświecie



$$P(\stackrel{\bullet\bullet}{\frown} \operatorname{nr} 1 \to \stackrel{\bullet\bullet}{\frown}) = \alpha(N_{\bullet\bullet} - 1)$$

$$P(\stackrel{\bullet\bullet}{\frown} \operatorname{nr} 1 \to \stackrel{\bullet\bullet}{\frown}) = \alpha(N_{\bullet\bullet} - 1)$$

$$\frac{\Delta N_{\bullet\bullet}}{\Delta t} = -\frac{1}{2} N_{\bullet\bullet} P(\stackrel{\bullet\bullet}{\frown} \to \stackrel{\bullet\bullet}{\frown}) + \frac{1}{2} N_{\bullet\bullet} P(\stackrel{\bullet\bullet}{\frown} \to \stackrel{\bullet\bullet}{\frown})$$

$$\frac{\Delta H}{\Delta t} \approx -\alpha(N_{\bullet\bullet}^2 - N_{\bullet\bullet}^2) = -\alpha N H$$

$$H$$

Cząstki we Wszechświecie



$$P(\stackrel{\bullet\bullet}{\smile} \operatorname{nr} 1 \to \stackrel{\bullet\bullet}{\frown}) = \alpha(N_{\bullet\bullet} - 1)$$

$$\frac{\Delta N_{\bullet}}{\Delta t} = -\frac{1}{2} N_{\bullet} P(\stackrel{\bullet}{\bullet} \rightarrow \stackrel{\bullet}{\frown})$$
$$\frac{\Delta H}{\Delta t} = -\alpha N_{\bullet}^2 = -\frac{\alpha}{4} (N+H)^2$$

 $H \longrightarrow -N$

Cząstki we Wszechświecie



Uwzględnienie zmniejszającej się w czasie gęstości i energii cząstek.

duża gęstość, szybkie cząstki wiele oddziaływań mała gęstość, powolne cząstki brak oddziaływań



Nukleosynteza powstanie pierwiastków

G. Gamov





Nukleosynteza



Nukleosynteza

t
T

$$n + \nu \Leftrightarrow p^{+} + e^{-}$$

1s
 1 MeV
 $n \rightarrow p$
 $p^{+} + n \longleftrightarrow D + \gamma_{2,2} \text{ MeV}$
2'
 0.1 MeV
 $p^{+} + n \longrightarrow D + \gamma_{2,2} \text{ MeV}$
i wiele innych reakcji...
neutrony trafiają do jąder ⁴He
 $Y_{p} \sim \frac{2n_{n}/n_{p}}{1+n_{n}/n_{p}}$
 0.03 MeV
bariera
kulombowska

Nukleosynteza



Mikrofalowe promieniowanie tła $p^+ + e^- \leftrightarrow {}^1H + \gamma$



 $13,\!6\,\mathrm{eV}$









D. Shane *et al.*

Groth & Peebles 1977

J. Peebles, wykład noblowski







Fritz Zwicky

Ciemna materia



świecąca materia

dziś: halo ciemnej materii

OPY: gigantyczne halo słąbych gwiazd





Rozkład materii we Wszechświecie

Pierwotna nukleosynteza

Mikrofalowe promieniowanie tła

Materii we Wszechświecie jest więcej niż materii świecącej.

Materii we Wszechświecie jest więcej niż "zwykłej" materii barionowej. Potrzebne dodatkowe źródło przyciągania grawitacyjnego.



Te same małe, pierwotne zagęszczenia materii dały początek **zarówno** niejednorodnościom temperatury mikrofalowego promieniowania tła, jak i galaktykom oraz gromadom galaktyk. Peebles 1982





James Peebles

ur. 1935

2019 Nagroda Nobla z fizyki za odkrycia teoretyczne w zakresie kosmologii fizycznej w tym:

Przekonujące argumenty, że obecna, <mark>złożona</mark> struktura Wszechświata powstała:

- z prostego stanu początkowego
- w wyniku ewolucji opisywanej znanymi prawami fizyki.

Aa

