

O deficycie materii i antymaterii we Wszechświecie i konieczności nowej rewolucji w fizyce

Janusz Gluza

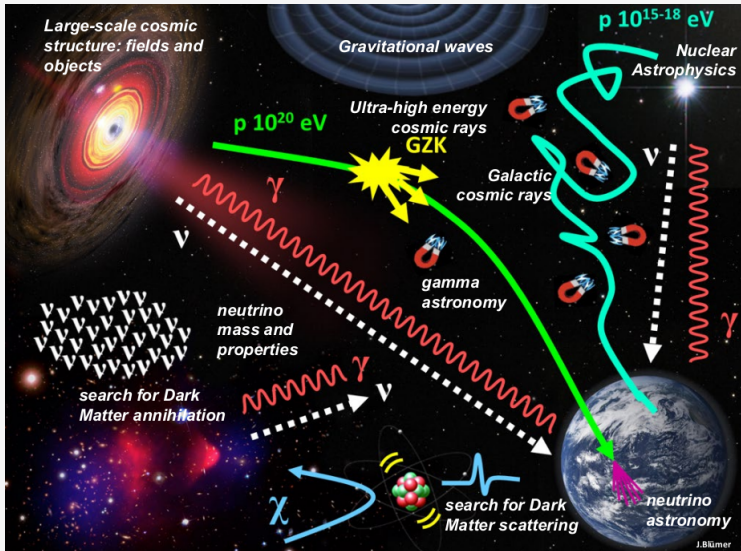
jgluza.us.edu.pl, czastki.us.edu.pl

Dyskusja panelowa "Rok Kopernika. Kosmos i my"

Instytut Fizyki, Chorzów, 1.12.2023



NATIONAL SCIENCE CENTRE
POLAND



A. Haungs, PECFA meeting, CERN 16.11.2023, <https://indico.cern.ch/event/1220533/>

Wszechświat pełen tajemnic, "Amaterasu" particle: a new cosmic mystery,

Listopad 24, 2023, Science

Unknown extremely energetic particle from space detected and named after Japanese myth, $E=244 \text{ EeV}$ ($\text{EeV}=10^{18} \text{ eV}$)

<https://www.omu.ac.jp/en/info/research-news/entry-39535.html>



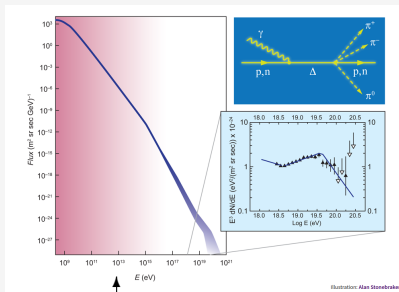
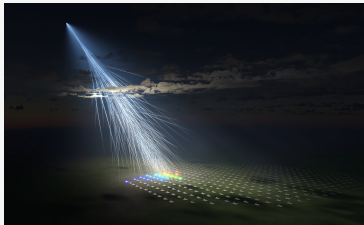
Wielokrotności		
mnożnik	nazwa	symbol
10^0	elektronvolt	eV
10^1	dekaelektronvolt	daeV
10^2	hektoelektronvolt	heV
10^3	kiloelektronvolt	keV
10^6	megaelektronvolt	MeV
10^9	gigaelektronvolt	GeV
10^{12}	teraelektronvolt	TeV
10^{15}	petaelektronvolt	PeV
10^{18}	eksaelektronvolt	EeV
10^{21}	zettaelektronvolt	ZeV
10^{24}	jottaelektronvolt	YeV

Efekt GZK i cząstki OMG

Greisen, Zatsepin, and Kuzmin, 1966

Cząstki o energiach powyżej 5×10^{19} eV powinny oddziaływać z fotonami tła mikrofalowego i tracić stopniowo energię

<https://www.omu.ac.jp/en/info/research-news/entry-39535.html>

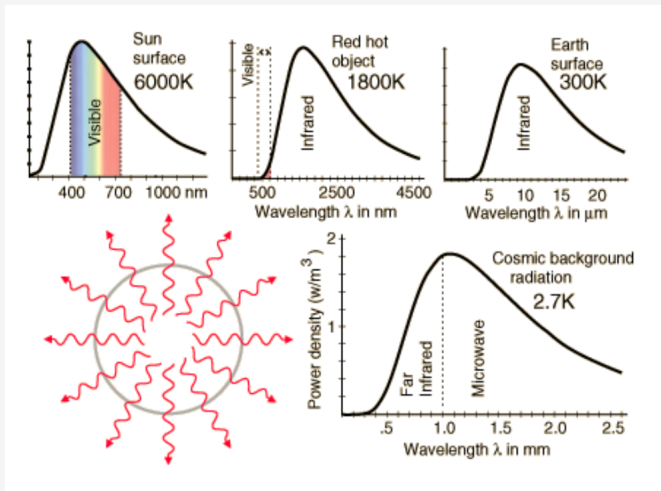


LHC, 10^{13} eV

- $< 10^{13}$ eV: cząstka/m²/s
- $\sim 10^{16}$ eV: cząstka/m²/rok
- $\sim 10^{19}$ eV: cząstka/km²/rok

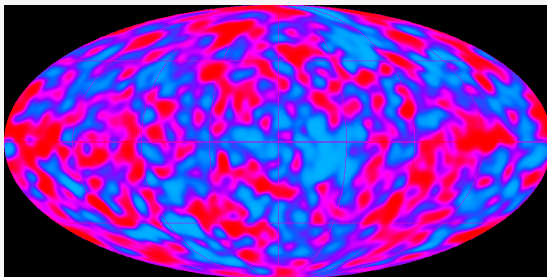
CMB - promieniowanie reliktowe

Penzias, Wilson, 1965: $T=2.725(2)$ K



CMB - promieniowanie reliktowe

Fluktuacje kosmicznego tła mikrofalowego jest znikome, tylko jedna część na 100 000 w porównaniu do średniej 2.73 K. CMB jest pozostałością po Wielkim Wybuchu, Uważa się, że zmarszczki gęstości dały początek strukturom, które wypełniają dzisiejszy wszechświat: gromady galaktyk i rozległe obszary pozbawione galaktyk (<http://aether.lbl.gov/www/projects/cobe/>)



Rozmiary Wszechświata

Porównanie skal: gwiazdy → galaktyki → ...

<https://youtu.be/5zlcWdT2s-s>



Ziemia jest średniej wielkości planeta krążącą wokół średniej wielkości gwiazdy na obrzeżach średniej wielkości galaktyki (o promieniu 100000 lat świetlnych) poruszającej się z prędkością ok. 220 km/s.

NASA Hubble Telescope: The Pillars of Creation



Milky Way: $2 \div 3 \cdot 10^{11}$ gwiazd

Ilość galaktyk: $2 \cdot 10^{12}$

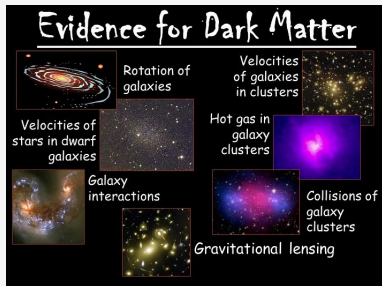
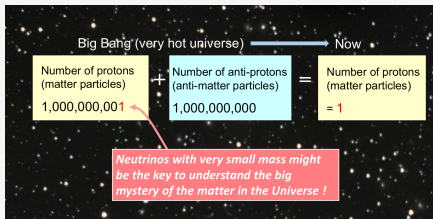
Total: $> 10^{23}$ gwiazd

Horyzont: $\sim 13.8 \cdot 10^9$ ly

Wniosek: Pustka dookoła ...

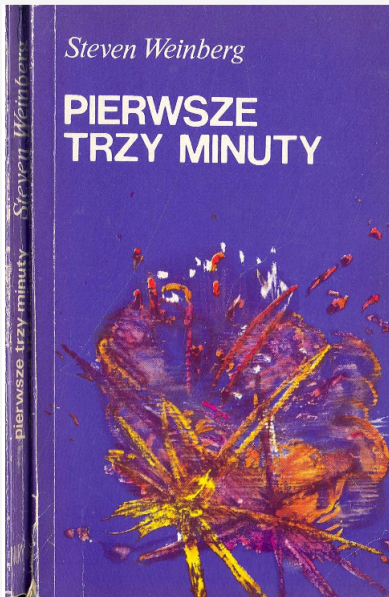
Dwa podstawowe problemy

- ▶ Za dużo materii (**za mało antimaterii**) - Baryon Asymmetry of the Universe (BAU)
- ▶ **Za mało materii** ("światłej", do dynamiki potrzebna "ciemna" materia, której nie widzimy)



Znamy liczby ponieważ: materia+antymateria = fotony (światło obserwowane)

Pierwsze 3 minuty



Pierwsze 3 minuty: 10^{-43} s - naturalny początek, czas Plancka

Inflacja "wygładziła" Wszechświat; materia, antymateria w równowadze, wszystkie oddziaływania równoważne, $\gamma \rightleftharpoons q\bar{q}, e^-e^+$

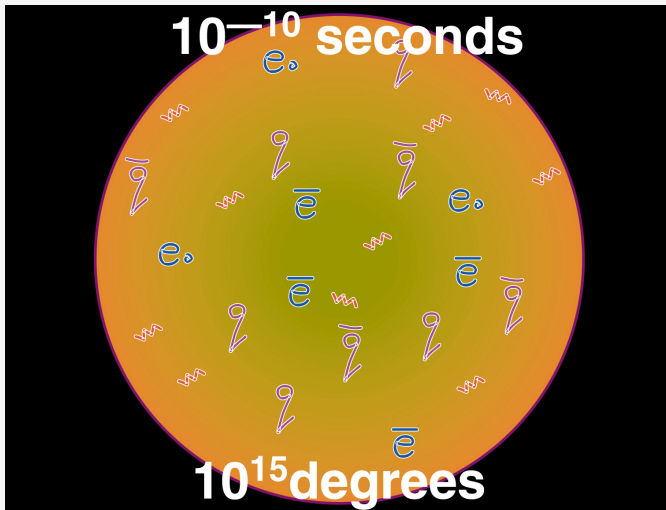
10^{-43} seconds



10^{32} degrees

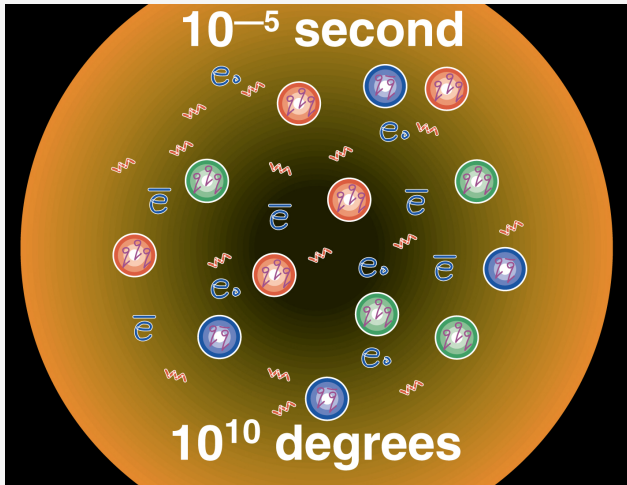
Pierwsze 3 minuty: 10^{-10} s - zamrożenie oddz. słabych ("znikają" W^\pm, Z^0)

Oddzielają się oddziaływania słabe (foton staje się już tym czym jest dzisiaj)



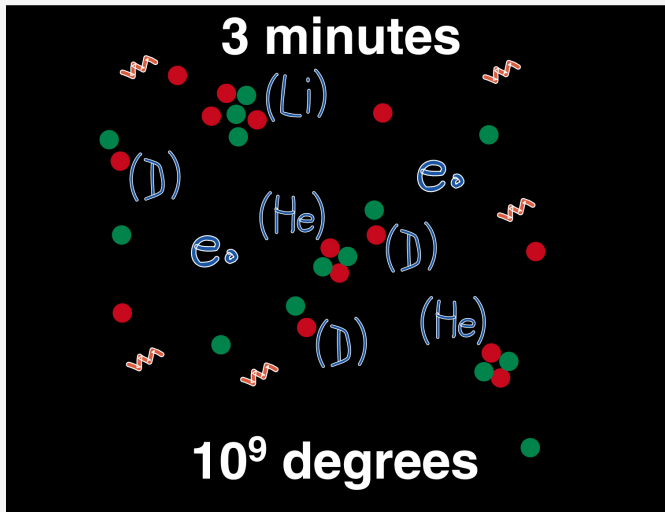
Pierwsze 3 minuty: 10^{-5} s - zamrożenie QED ("znikają" fotony)

Zanik antymaterii (nie jest odtwarzana z promieniowania $\gamma \rightarrow q\bar{q}, e^+e^-$),
formują się nukleony



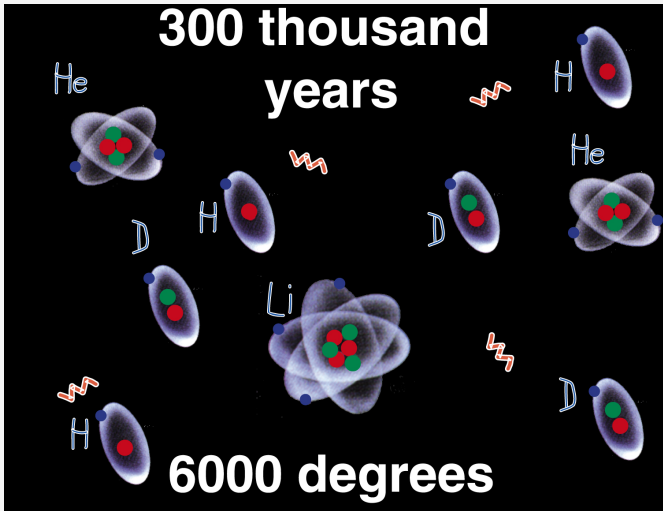
3 min. - nukleosynteza

Tworzenie lekkich pierwiastków



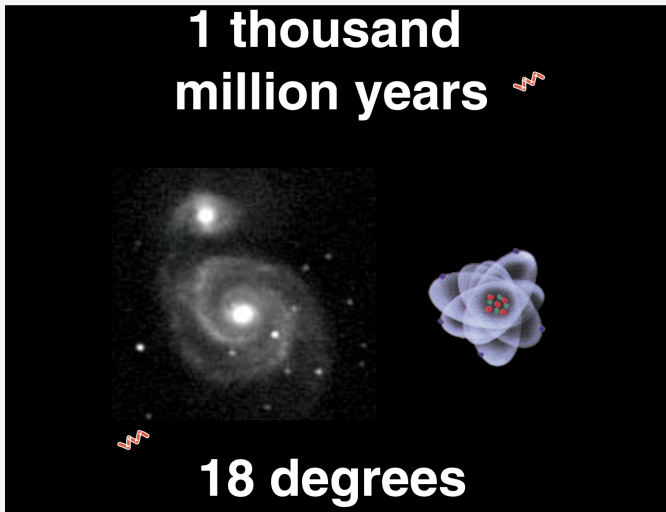
Atomy

Elektrony "łapanie" w atomy, fotony nie oddziałują już mocno z resztą materii i są swobodne



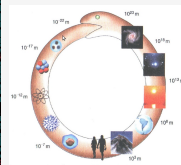
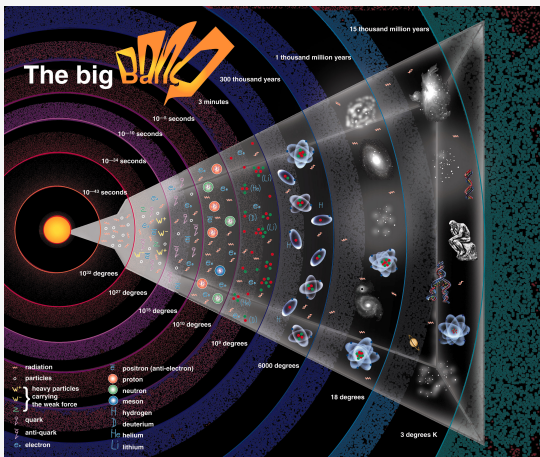
Gwiazdy, galaktyki, ...

Formują się galaktyki, gwiazdy produkują ciężkie pierwiastki



Dynamika Kosmosu

Małe rzeczy wpływają na duże



Materia-antymateria (bariony)

1. *Skąd się bierze asymetria materia-antymateria?*

$$\eta = \frac{n_B - n_{\bar{B}}}{n_\gamma} \simeq \frac{n_B}{n_\gamma} \simeq 10^{-10}$$

$n/p \simeq \text{const}$ (po zamrożeniu oddziaływań słabych)

2. *Model Standardowy cząstek elementarnych nie tłumaczy tego faktu: Łamanie symetrii CP (C-charge, P-parity) zbyt małe.*
3. *Możliwy związek z fizyką jądrową: Egzotyczne słabe rozpady beta oraz neutrino Majorany.*

$2^2D + 2^2D \rightarrow 2^1H + ^4He + e^- + \nu_e + 21.63 \text{ MeV}$

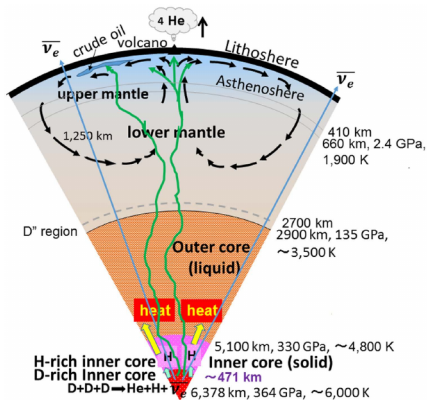
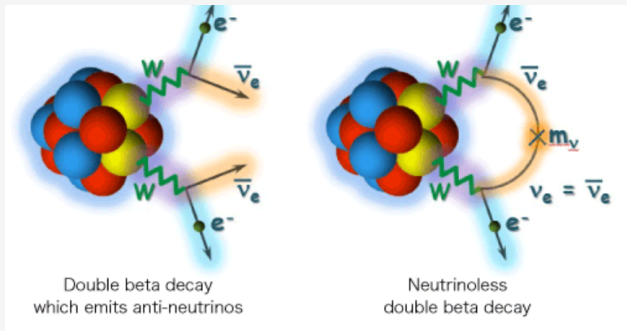


Figure 2. Earth's cross-section showing the crust, upper- and lower-mantle, and outer- and inner-cores. The inner core comprises an H-rich core and a D-rich core. A substantial amount of heat is generated by nuclear dynamic fusion of deuterons squeezed in highly compressed hexagonal close-packed (hcp) Fe-rich crystal lattice near the inner core centre. The H and He atoms and the anti-neutrino $\bar{\nu}_e$ that are produced are incorporated as Fe-H based alloys in the H-rich inner core, are released from Earth's interior to the universe, and pass through Earth, respectively.

” Possible generation of heat from nuclear fusion in Earth’s inner core”

<https://www.nature.com/articles/srep37740>

Neutrino Majorany - samosprężona cząstka



PHYSICAL REVIEW D

VOLUME 45, NUMBER 5

1 MARCH 1992

Feynman rules for Majorana-neutrino interactions

J. Gluza and M. Zrałek*

*Department of Field Theory and Particle Physics, Institute of Physics, University of Silesia,
40-007 Katowice, ul. Uniwersytecka 4, Poland*

(Received 25 July 1991)

Simple Feynman rules for Majorana neutrinos and Dirac fermions interacting with spin-1 or spin-0 bosons are presented. Several examples using these rules are given.

PACS number(s): 13.15.-f, 11.15.Bt, 13.10.+q

President Clinton's talk at MIT's 1998 Commencement



President William Jefferson Clinton—1998 MIT Commencement

Just yesterday in Japan, physicists announced a discovery that tiny neutrinos have mass. Now, that may not mean much to most Americans, but **it may change our most fundamental theories -- from the nature of the smallest subatomic particles to how the universe itself works, and indeed how it expands.**

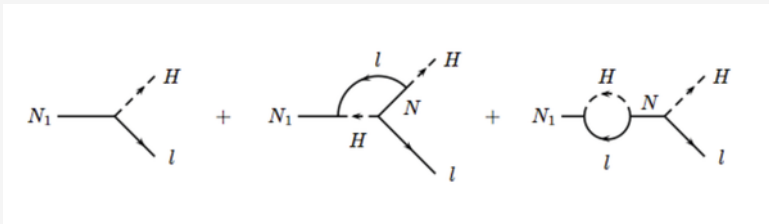
.....

The larger issue is that these kinds of findings have **implications that are not limited to the laboratory.** They affect the whole of society -- not only our economy, but our very view of life, our understanding of our relations with others, and **our place in time.**

Slajd: Kajita, Neutrino'2022, <https://www.youtube.com/watch?v=9LheUWrXUHU>

Warunki Sakharova do stworzenia asymetrii materia-antymateria

1. Łamanie liczby barionowej,
2. Łamanie symetrii C i CP,
3. Wyjście ze stanu termicznej równowagi



Rozpad neutrin Majorany może stworzyć zarówno e^- jak i e^+ (leptogeneza), a to przenosi się na łamanie liczby B.

$$\Gamma[N \rightarrow LH] - \Gamma[N \rightarrow \bar{L}H] \sim \text{Im}[M_\nu] \neq 0$$

Niestandardowe neutrino i efekty łamania symetrii CP w sektorze leptonowym

2020/37/B/ST2/02371

Słowa kluczowe:

oscylacje neutrin

łamanie symetrii CP

Model Standardowy i jego rozszerzenia

Deskrytory:

- ST2_2: Fizyka cząstek elementarnych
- ST2_1: Fundamentalne oddziaływania i pola
- ST2_19: Podstawy fizyki i fizyka matematyczna

Panel:

ST2 - Podstawowe składniki materii: fizyka cząstek elementarnych, jądrowa, plazmy, atomowa, molekularna, gazów i optyczna

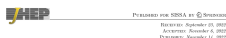
Jednostka realizująca:

Uniwersytet Śląski w Katowicach, Wydział Nauk Ścisłych i Technicznych

woj. śląskie

Inne projekty tej jednostki

Konkurs: OPUS 19 - ogłos



Common origin of θ_{13} and dark matter within the flavor symmetric scoto-seesaw framework

Jay Ganguly^{1*}, Janusz Gluzar² and Biswajit Karasik^{3*}

¹Department of Physics, Indian Institute of Technology Hyderabad, Telangana, India

²Department of DSM, University of Engineering and Management, Kolkata, India

³Institute of Physics, University of Silesia, Katowice, Poland

Kierownik projektu (z jednostki realizującej):

prof. Janusz Gluzar

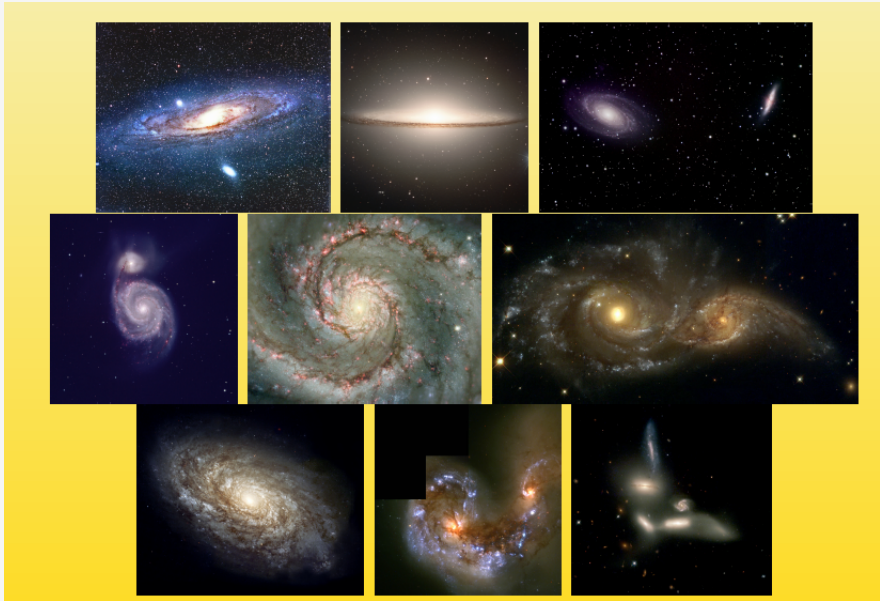
Liczba wykonawców projektu: 12

Przyznana kwota: 925 680 PLN

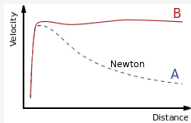
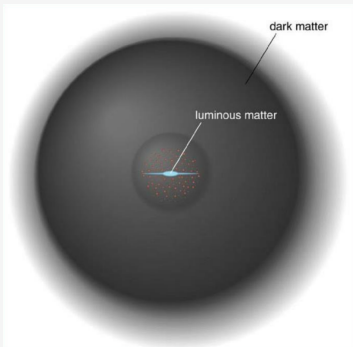


okres realizacji projektu: 2021-01-15

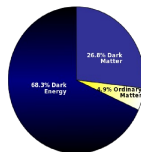
zakończenie projektu: 2025-01-14



Zwicky, 1933 - Dark Matter problem, dark energy

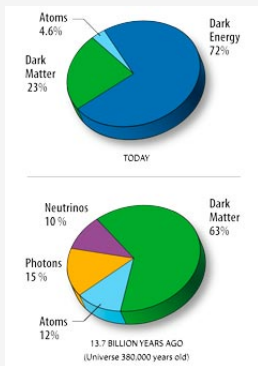
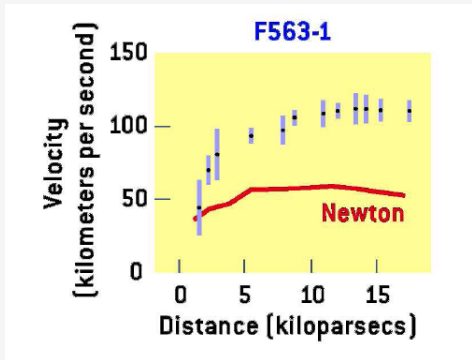


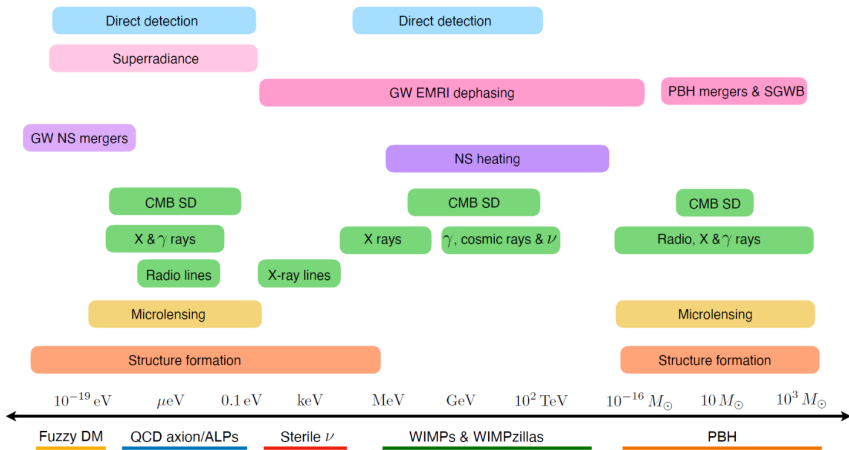
Zwicky, 1933



Na każdy gram zwykłej materii przypadają cztery inne gramy "ciemnej" materii, Zwicky, 1933

Obserwacje: m.in. krzywe rotacji galaktyk, gorący gaz w klastrach, soczewkowanie grawitacyjne, promieniowanie reliktowe (CMB)





A. Haungs, PECFA meeting, CERN 16.11.2023, <https://indico.cern.ch/event/1220533/>

Phenomenology of the flavor symmetric scoto-seesaw model with dark matter and TM_1 mixing

Joy Ganguly,^a Janusz Gluza,^b Biswajit Karmakar,^c Satyabrata Mahapatra,^d

^aDepartment of IISW, University of Engineering and Management, Kolkata, India

^bInstitute of Physics, University of Silesia, Katowice, Poland

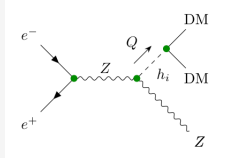
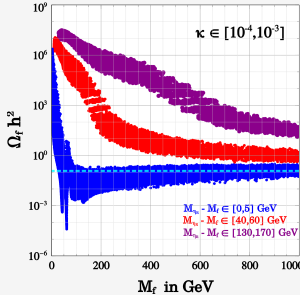
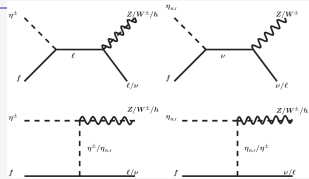
^cDepartment of Physics and Institute of Basic Science, Sungkyunkwan University, Suwon 16419, Korea

E-mail: joyganguly_hsp2022@gmail.com, janusz.gluza@us.edu.pl,

kiswajit.karnakar@us.edu.pl, satyabrata@iug.aku.edu

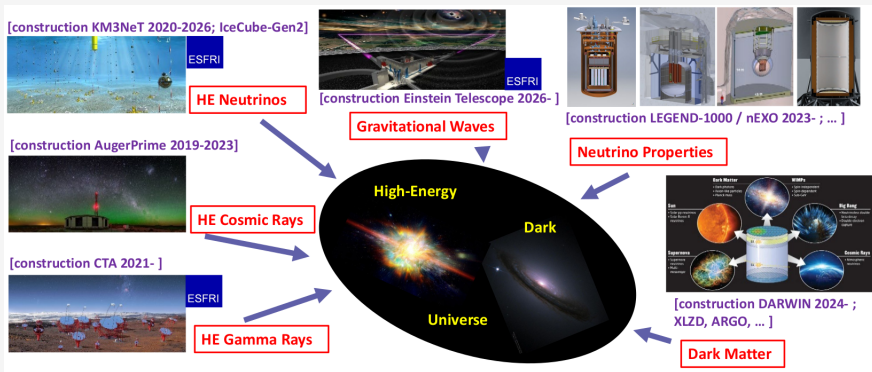
ABSTRACT: We propose a hybrid scoto-seesaw model based on the A_4 non-Abelian discrete flavor

27 Nov 2023



$$U_{TB} = \begin{pmatrix} \sqrt{\frac{2}{3}} & \sqrt{\frac{1}{3}} & 0 \\ -\sqrt{\frac{1}{6}} & \sqrt{\frac{1}{3}} & -\sqrt{\frac{1}{2}} \\ -\sqrt{\frac{1}{6}} & \sqrt{\frac{1}{3}} & \sqrt{\frac{1}{2}} \end{pmatrix}, \quad U_\nu = \begin{pmatrix} \sqrt{\frac{2}{3}} & \frac{\cos \theta}{\sqrt{3}} + \frac{e^{i\psi} \sin \theta}{\sqrt{2}} & \frac{e^{-i\psi} \sin \theta}{\sqrt{3}} \\ -\frac{1}{\sqrt{6}} & \frac{\cos \theta}{\sqrt{3}} - \frac{e^{i\psi} \sin \theta}{\sqrt{2}} & -\frac{\cos \theta}{\sqrt{2}} + \frac{e^{-i\psi} \sin \theta}{\sqrt{3}} \\ -\frac{1}{\sqrt{6}} & \frac{\cos \theta}{\sqrt{3}} - \frac{e^{i\psi} \sin \theta}{\sqrt{2}} & \frac{\cos \theta}{\sqrt{2}} + \frac{e^{-i\psi} \sin \theta}{\sqrt{3}} \end{pmatrix}$$

Dziękuję za uwagę.



Is there a future for our field?

*"in this field, almost everything is
already discovered, and all that remains
is to fill a few unimportant holes"*



Philipp von Jolly
(1809-1884)

advice to the young Max Planck
not to go into physics, Munich 1878

- (i) Theory
- (ii) Experiment

Dodatek.

Neutrino, własności

Kilka lat temu (PDG, 1996):

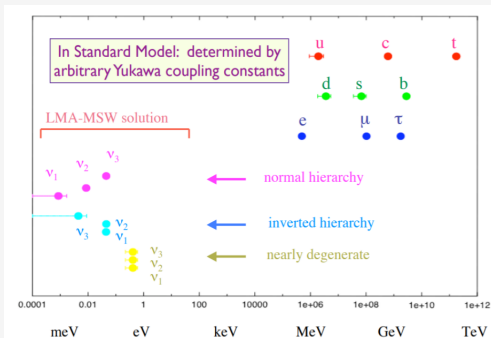
1. $m_{\nu_e} < 15 \text{ eV}$;
2. $m_{\nu_\mu} < 170 \text{ keV}$;
3. $m_{\nu_\tau} < 24 \text{ MeV}$;

$$U_{PMNS} \approx U_{TB} = \begin{bmatrix} \sqrt{\frac{2}{3}} & \frac{1}{\sqrt{3}} & 0 \\ -\frac{1}{\sqrt{6}} & \frac{1}{\sqrt{3}} & -\frac{1}{\sqrt{2}} \\ -\frac{1}{\sqrt{6}} & \frac{1}{\sqrt{3}} & \frac{1}{\sqrt{2}} \end{bmatrix}$$

Mechanika kwantowa!

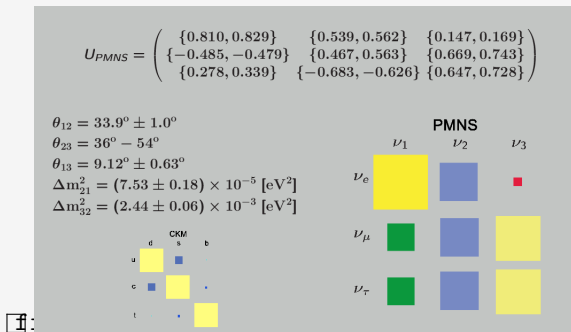
$$\begin{pmatrix} \nu_e \\ \nu_\mu \\ \nu_\tau \end{pmatrix} = V_{PMNS} \begin{pmatrix} \nu_1 \\ \nu_2 \\ \nu_3 \end{pmatrix},$$

Biswajit Karmakar, MTTD2021



Neutrina, własności i konsekwencje

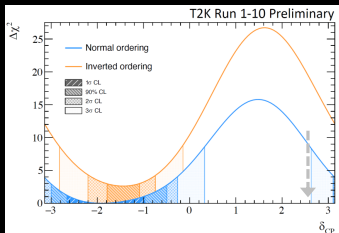
Super-K, Hyper-K, T2K, NOvA, Antares, KM3NeT, Juno, Dune, SNO+, Daya Bay, Double Chooz, RENO, ...



Wniosek: Fizyka neutrin wkroczyła w erę precyzji.

Do 2030: hierarchia mass, δ_{CP} (może), absolutne masy, Majorana-Dirac,
L. Wen, EPS2021.

The CP Phase



T2K

- $\delta = -\pi/2$ favored
- Large range of values of δ_{CP} around $+\pi/2$ are excluded at 99.7%

NOvA

- Best-fit $\delta = 0.82\pi$
- Exclude **IH** $\delta = \pi/2$ at $>3\sigma$
- Disfavor NH $\delta = 3\pi/2$ at $\sim 2\sigma$

Clear tension exists

NOvA + T2K joint analysis is underway

