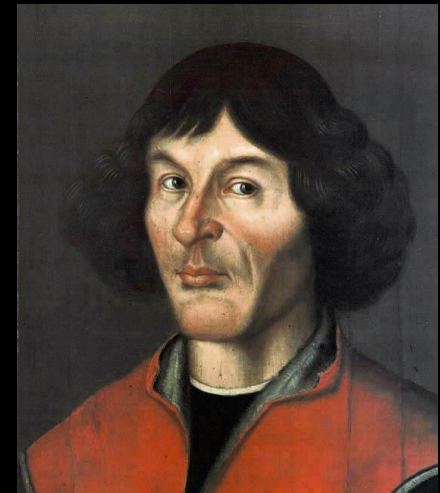


Spośród licznych i różnorodnych sztuk i nauk, budzących w nas zamiłowanie i będących dla umysłów ludzkich pokarmem, tym – według mego zdania – przede wszystkim poświęcać się należy i te z największym uprawiać zapałem, które obracają się w kręgu rzeczy najpiękniejszych i najbardziej godnych poznania. Takimi zaś są nauki, które zajmują się cudownymi obrotami we wszechświecie i biegami gwiazd, ich rozmiarami i odległościami, ich wschodem i zachodem oraz przyczynami wszystkich innych zjawisk na niebie, a w końcu wyjaśniają cały układ świata.

A cóż piękniejszego nad niebo,
które przecież ogarnia wszystko, co piękne?

Mikołaj Kopernik

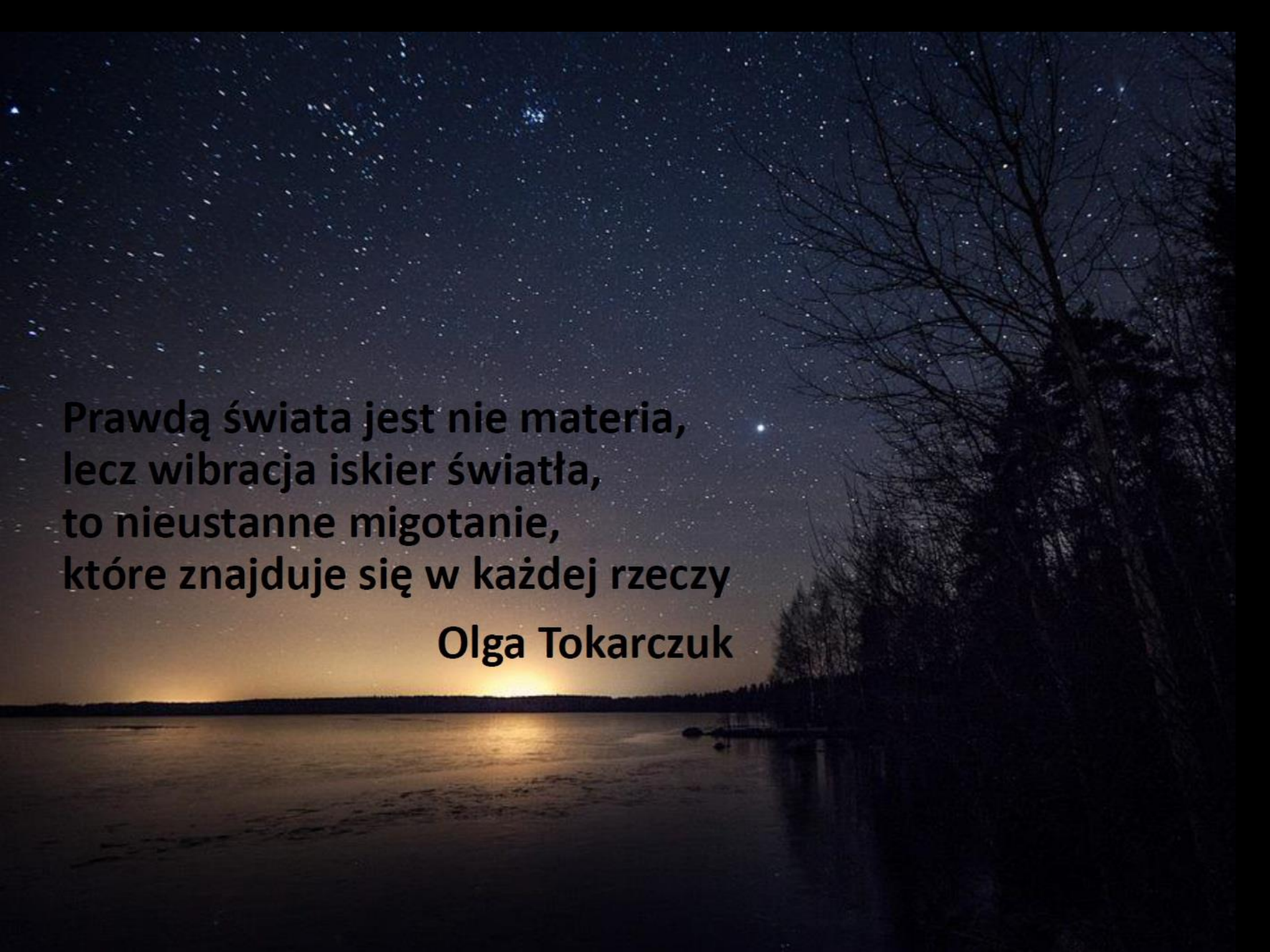
„O obrotach” księga pierwsza



Światła kosmosu

dr Krzysztof Rochowicz
Katedra Dydaktyki Fizyki
WFAiIS UMK Toruń





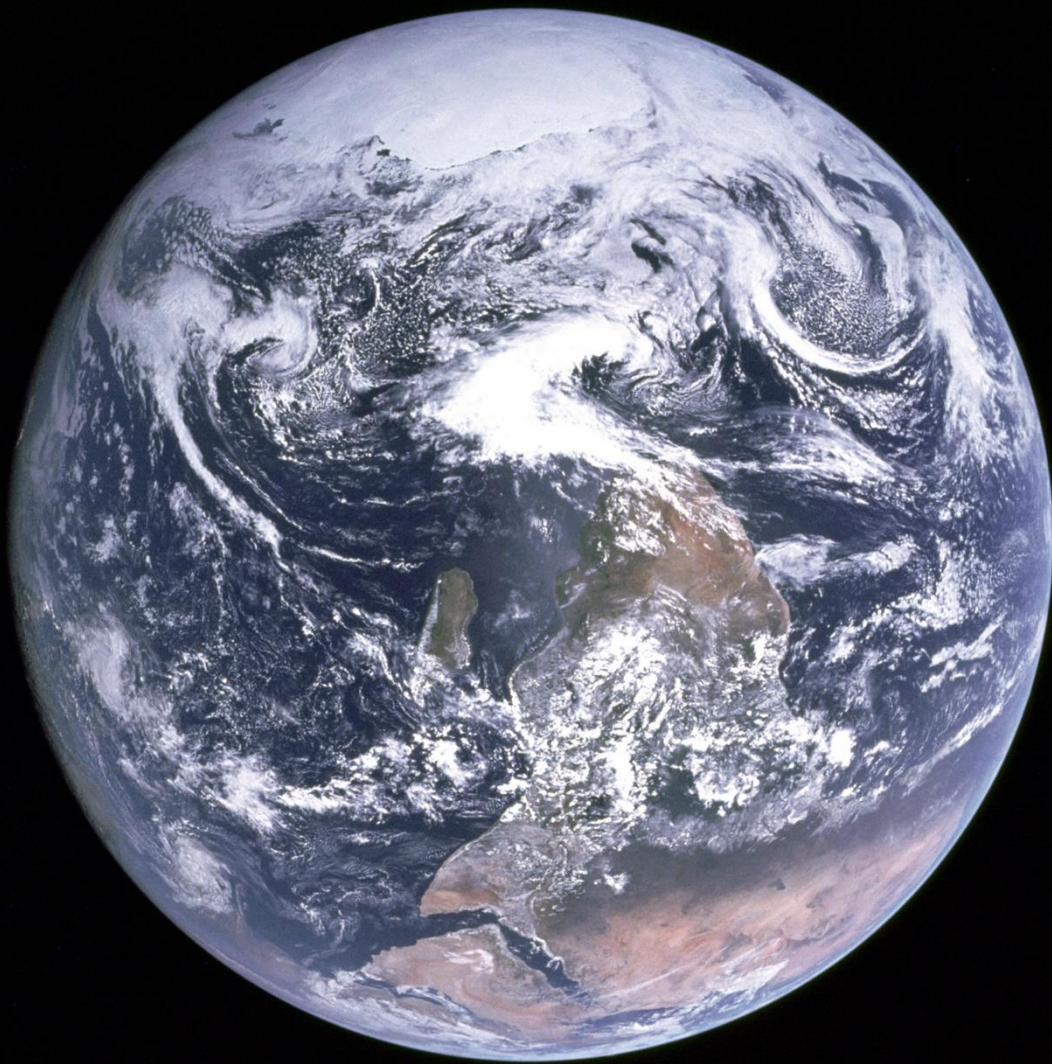
Prawdą świata jest nie materia,
lecz wibracja iskier światła,
to nieustanne migotanie,
które znajduje się w każdej rzeczy

Olga Tokarczuk

Najważniejsze idee wykładu



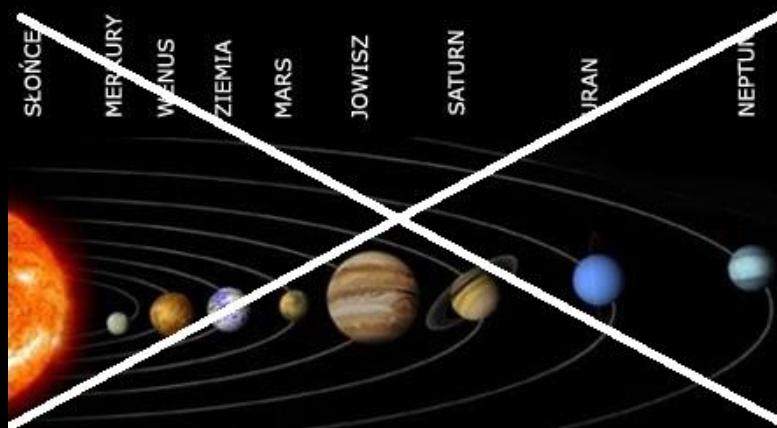
- Kosmos jako historia zapisana w świetle
- Rozwój naszej wiedzy stymulowała chęć określenia miejsca, w którym żyjemy
- Skale czasu, rozmiarów i odległości przekraczające możliwości ludzkiej wyobraźni
- Nasz związek z kosmosem: pierwiastki cięższe od helu pochodzą z gwiazdnej nukleosyntezy, jesteśmy gwiazdnym pyłem



„Cała historia ludzkości
rozegrała się na tym
mikroskopijnym pikselu,
który jest naszym
jedynym domem”

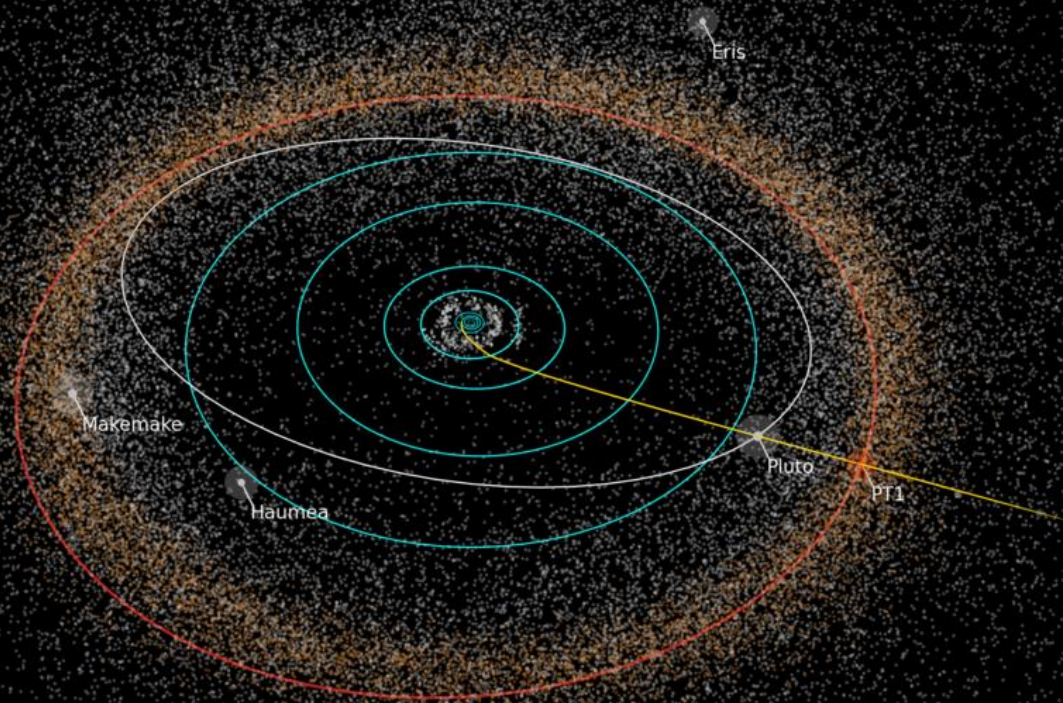
Carl Sagan

Skala odległości w Układzie Słonecznym

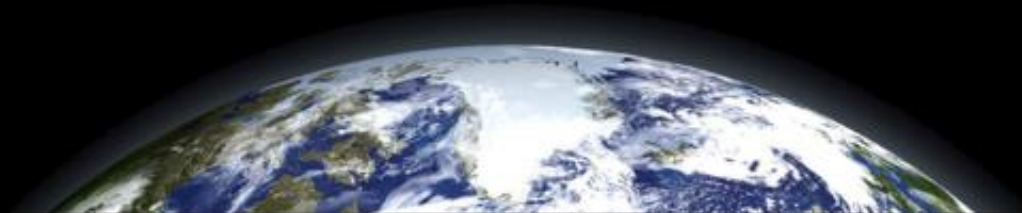


[Gdyby Księżyc był wielkości 1 piksela...](#)

Pluton – sonda New Horizons



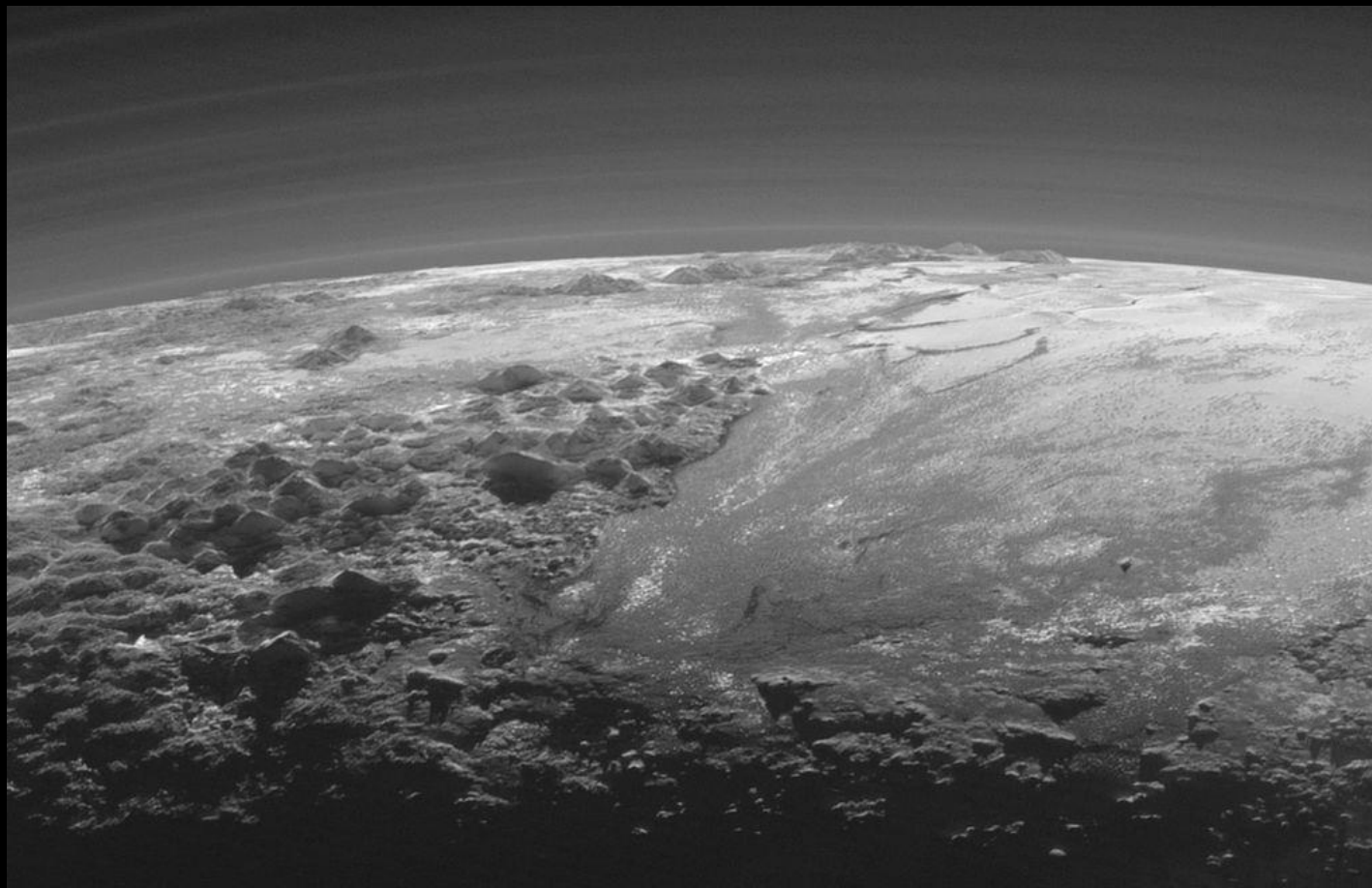
Largest known trans-Neptunian objects (TNOs)



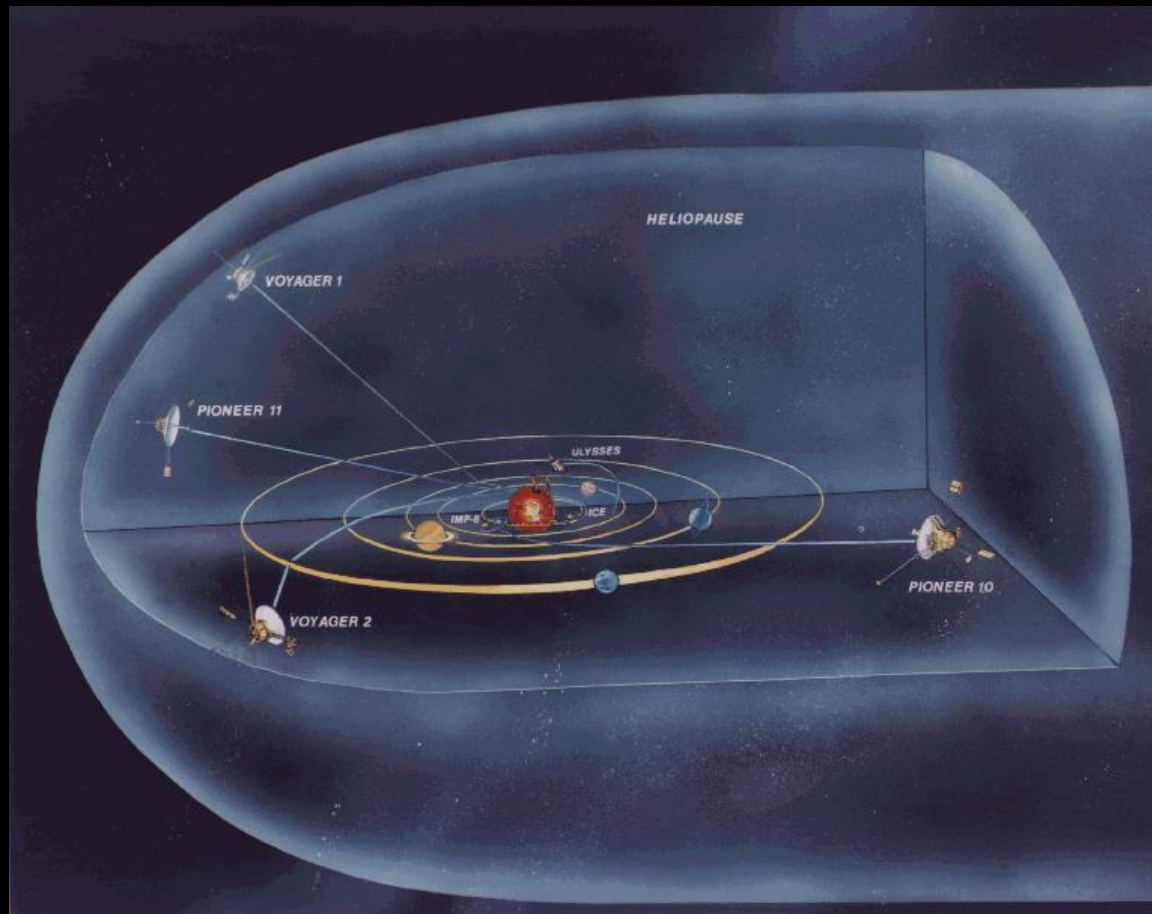
2000 km

A horizontal scale bar with a black outline and a white fill, representing 2000 km.

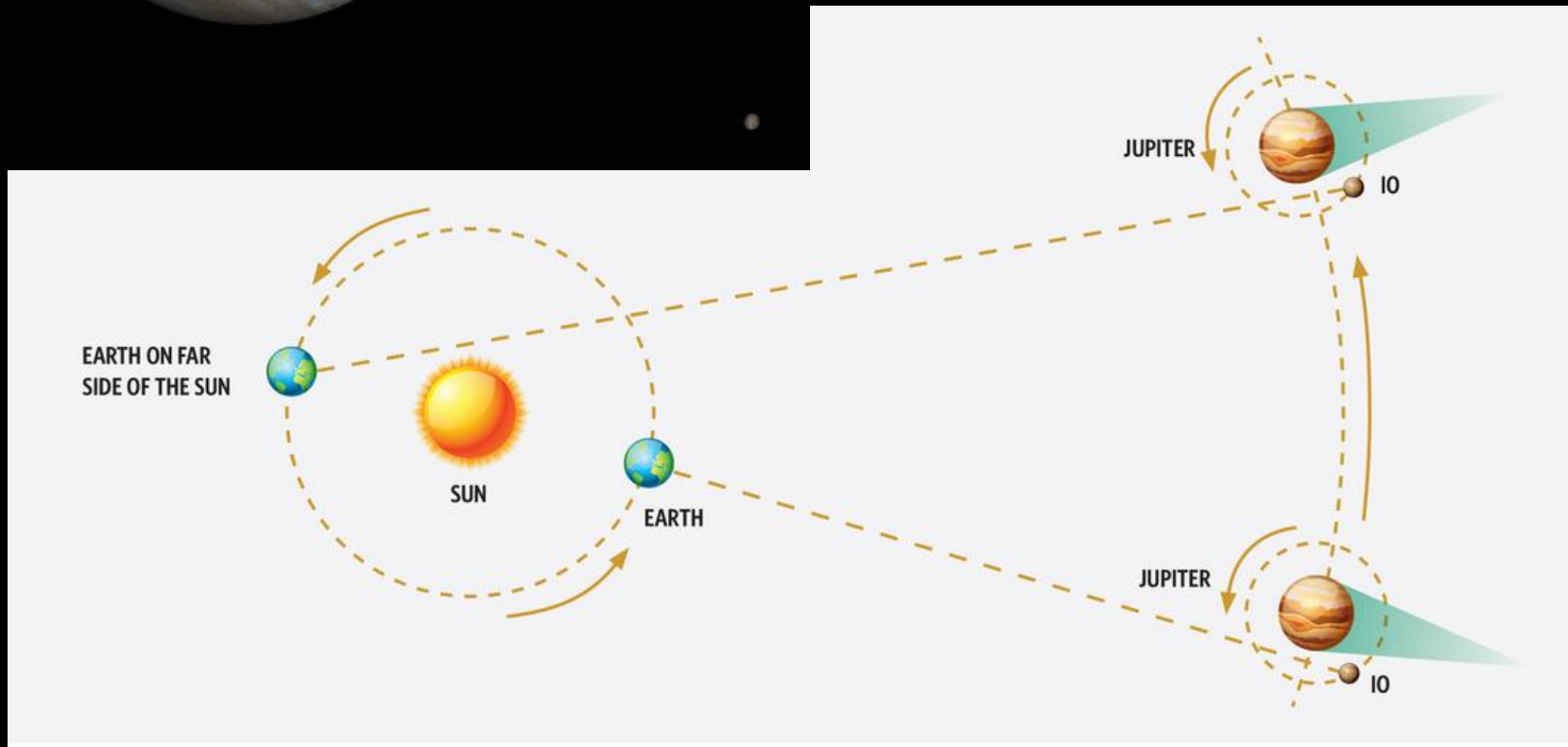
Niezwykły lodowy świat...



Jeszcze dalej – sondy Voyager



Jak szybko
porusza się
światło?



Speed of Light: 299,792 km/sec



Earth to moon: 1.29 light seconds



Earth to Sun: 8 light minutes



Earth to Mars: 12.7 light minutes

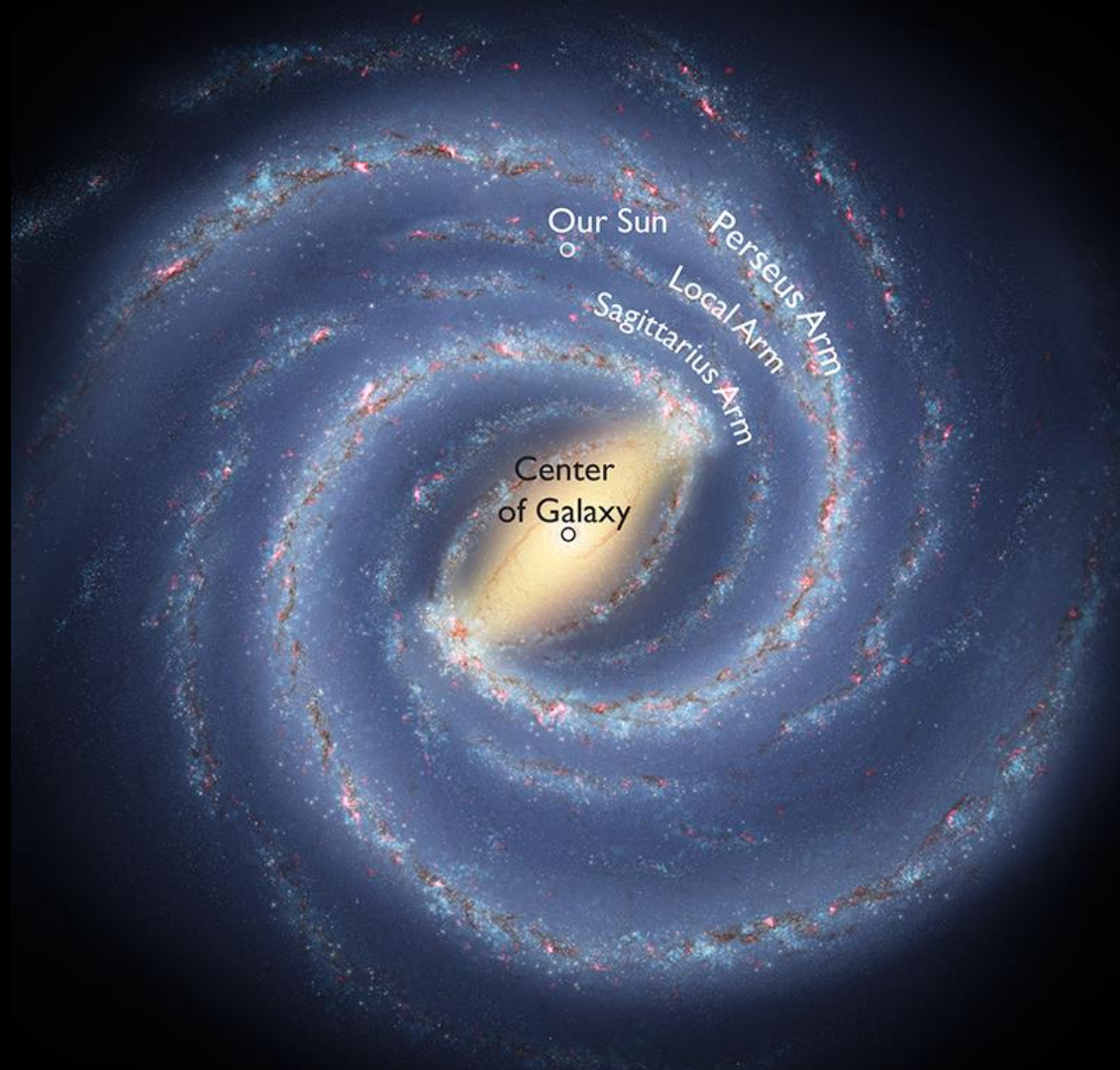


Earth to Proxima Centauri (nearest star): 4.3 light years



Earth to the other side of our own Milky Way Galaxy: 52,000 light years.





Hubble Probes the Early Universe



1990

Ground-based observatories



1995

Hubble Deep Field



2004

Hubble Ultra Deep Field



2010

Hubble Ultra Deep Field-IR



FUTURE

James Webb Space Telescope



Redshift (z):

Time after
the Big Bang

Present

1

6
billion
years

4

1.5
billion
years

5

6

800
million
years

7

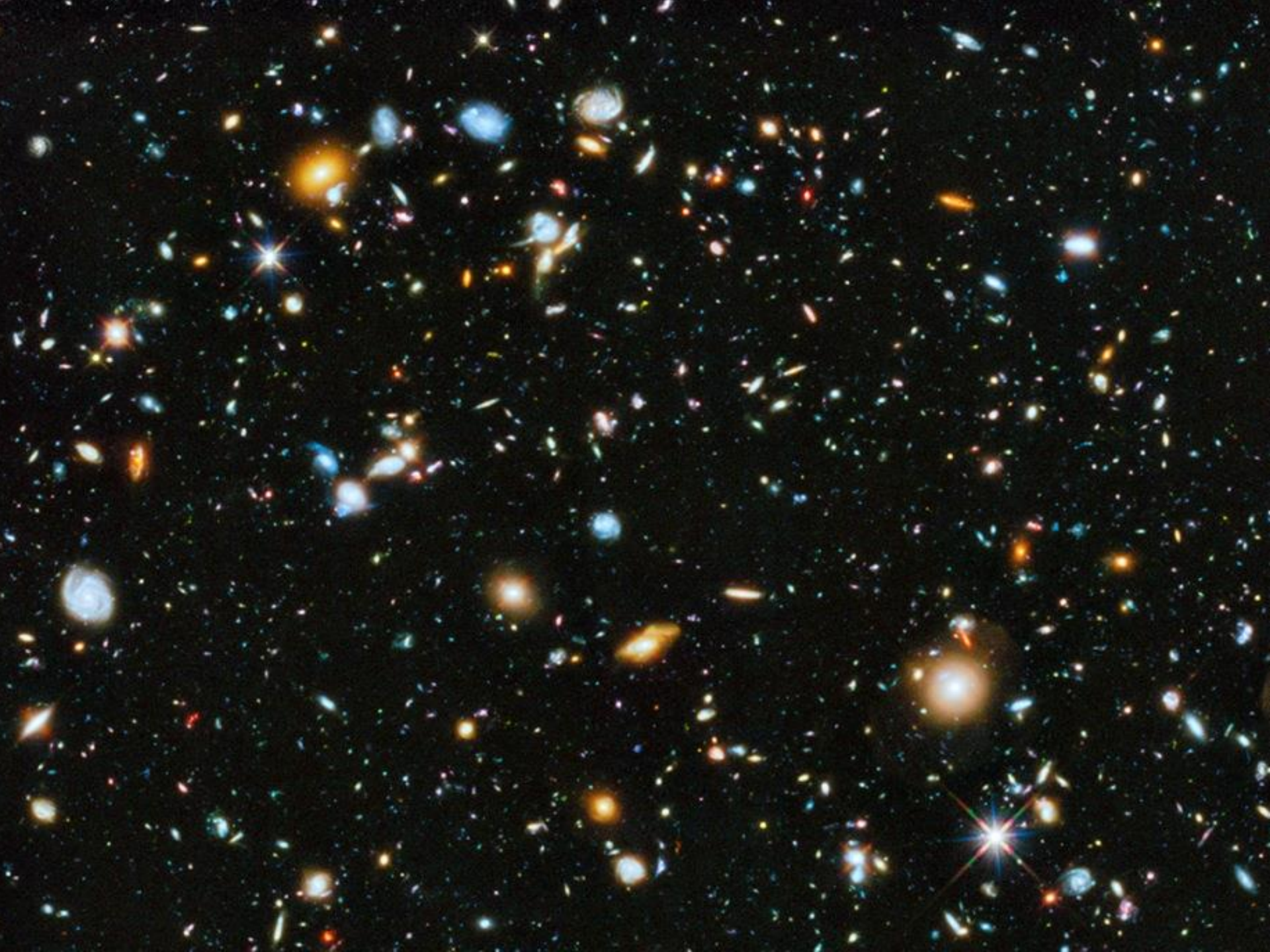
8

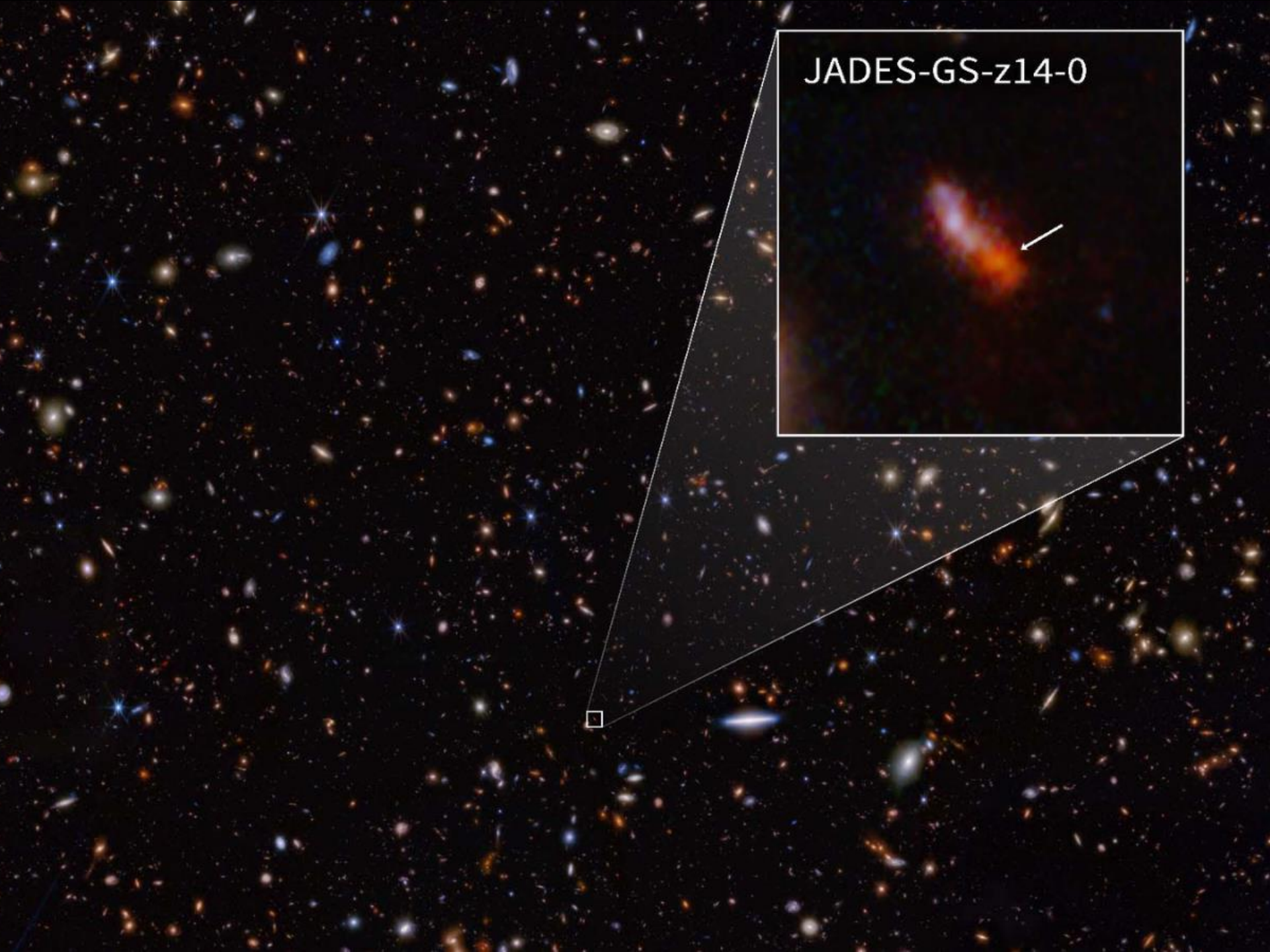
480
million
years

10

>20

200
million
years

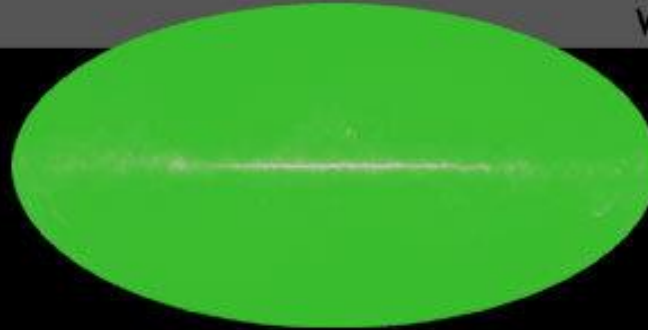




Promieniowanie reliktowe

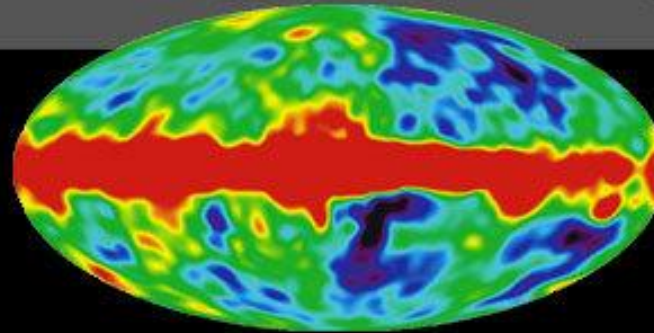
1965

Penzias and
Wilson



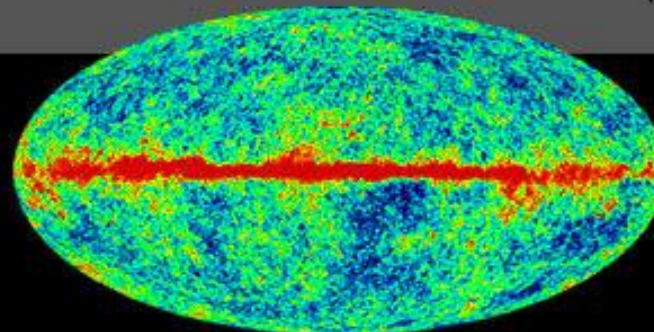
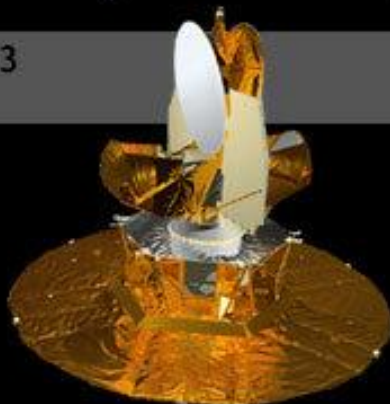
1992

COBE

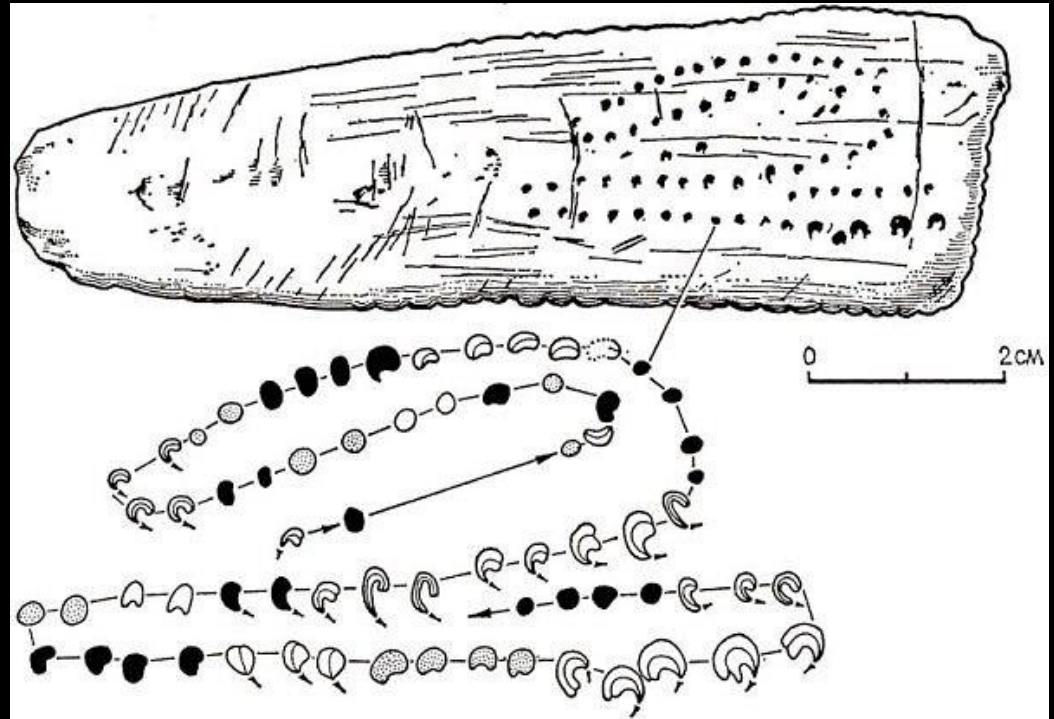


2003

WMAP



Jak to się zaczęło?



Kultura oryńska, ok. 40 tys. lat temu, kość z Lebombo, Ishango itp.
Alexander Marshack jako orędownik ich astronomicznej inspiracji

Znaczenie nieba w różnych kulturach



Komety obserwowane od 2 tysiąclecia p.n.e.
Moneta nawiązująca do „Księgi pieśni” Konfucjusza
Orion jako Emu w kulturze aborygenów australijskich

Słynni Grecy o kosmosie



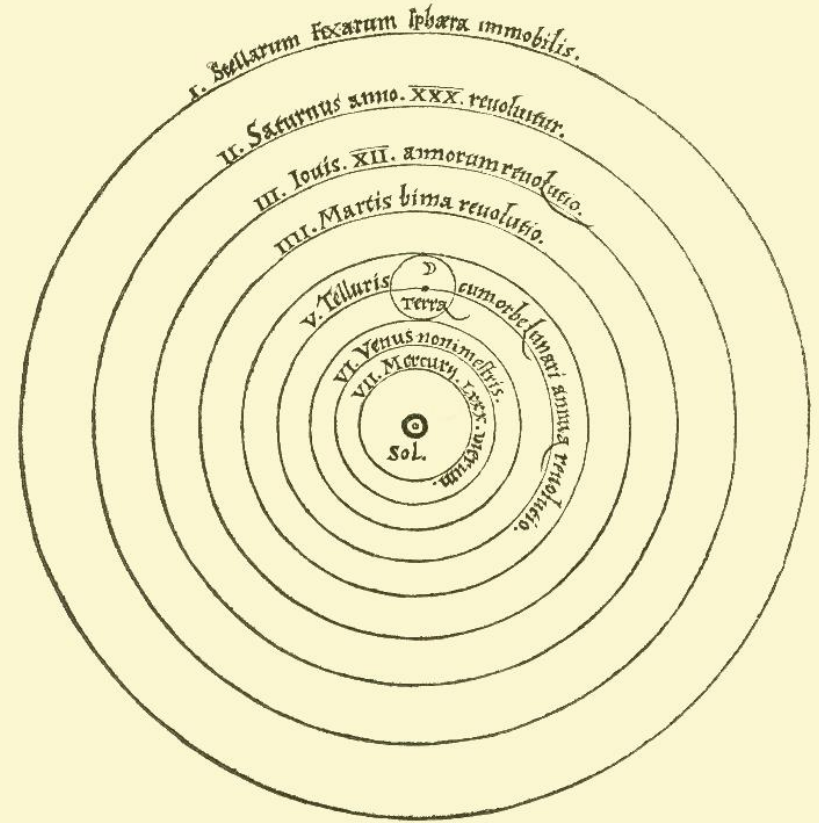
Anaksagoras (V w. p.n.e.) na podstawie obserwacji zaćmień oraz badań spadających na Ziemię meteorytów wysunął hipotezę głoszącą, że Księżyc i Słońce są w rzeczywistości ogromnymi skalistymi obiektami, i że ten pierwszy odbija światło pochodzące od drugiego z ciał.



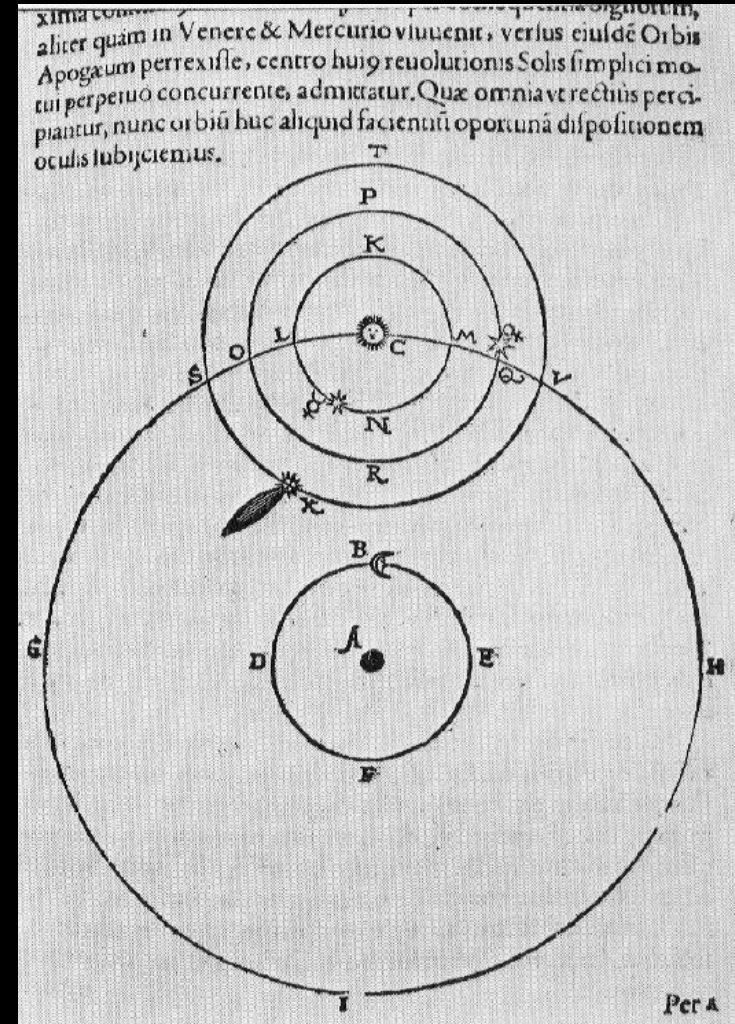
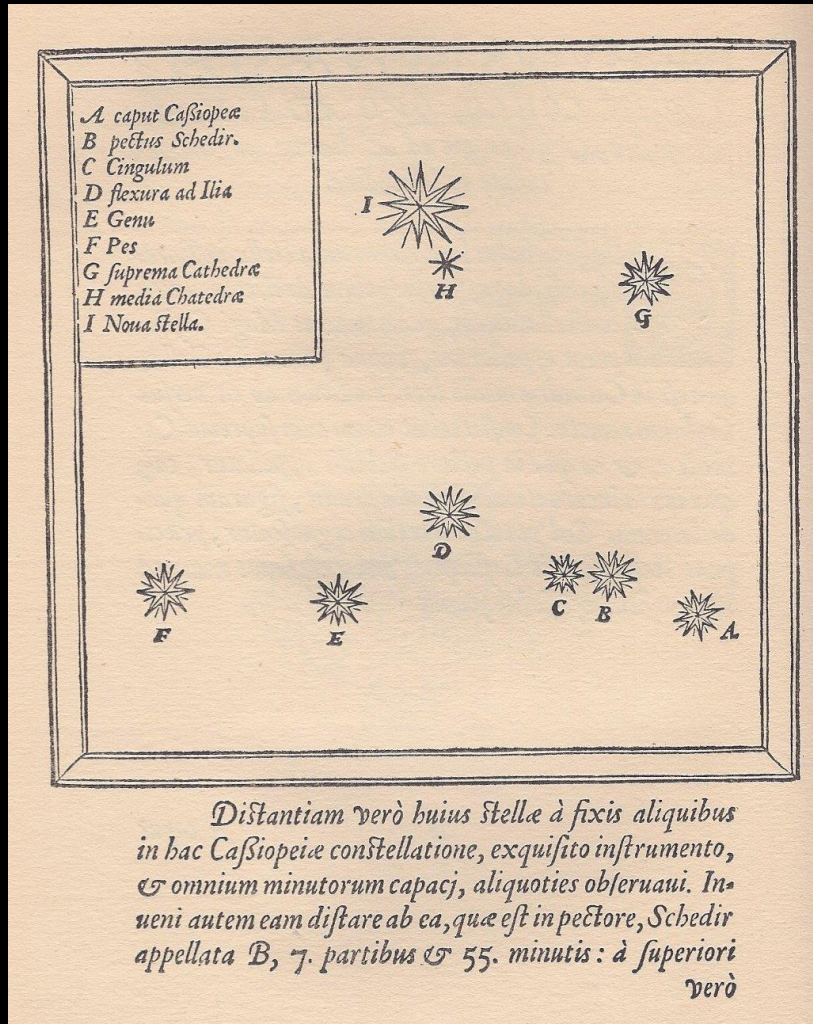
Arystoteles (IV w. p.n.e.): Wszechświat dzieli się na podksiężycowy i nadksiężycowy (niebiański), mające odmienne charakterystyki. W świecie podksiężycowym, zachodzą wszystkie rodzaje zmian, a dominuje powstawanie i ginięcie. W świecie nadksiężycowym zachodzi natomiast jedynie ruch kolisty. Niebo jest niezmiennie, w przeciwieństwie do rzeczywistości ziemskiej.

Ptolemeusz vs. Kopernik

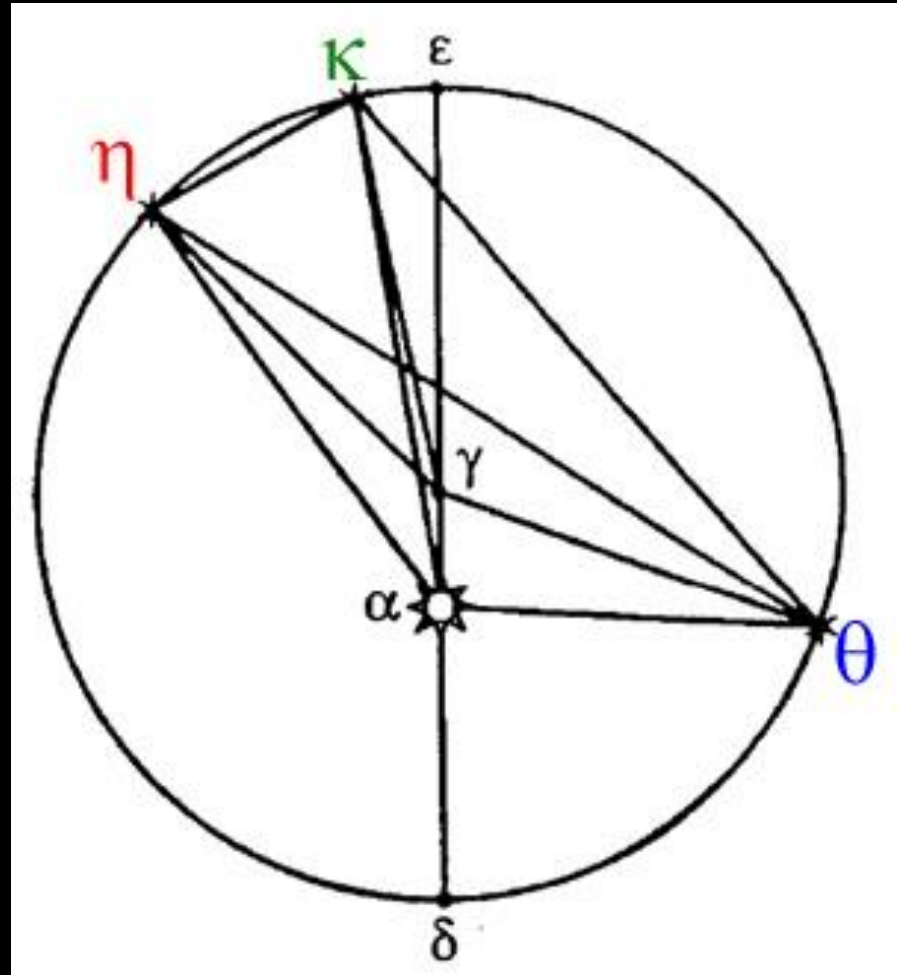
Schema huius præmissæ diuisionis Sphærarum.



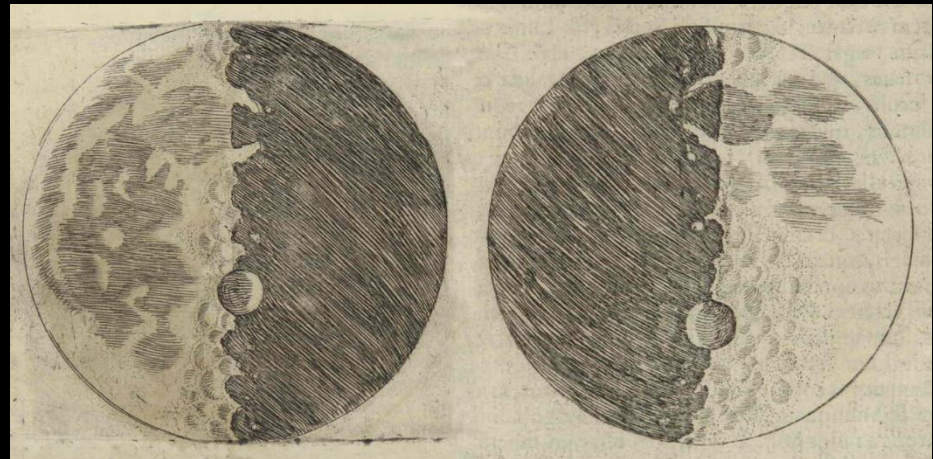
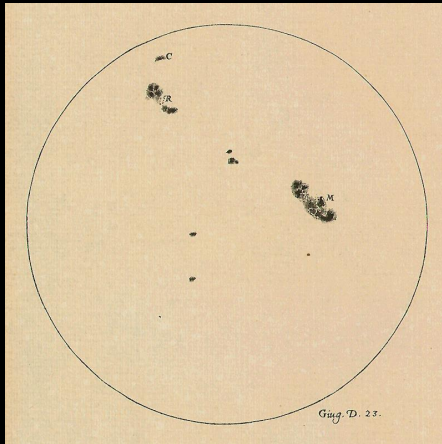
Tycho Brahe (1572): nowa gwiazda



Kepler i jego orbity

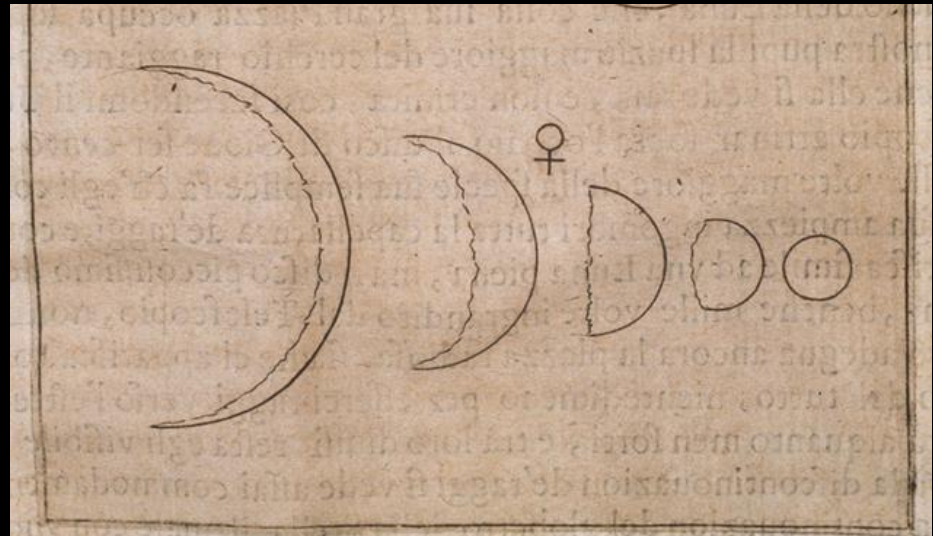


Tymczasem w Padwie...

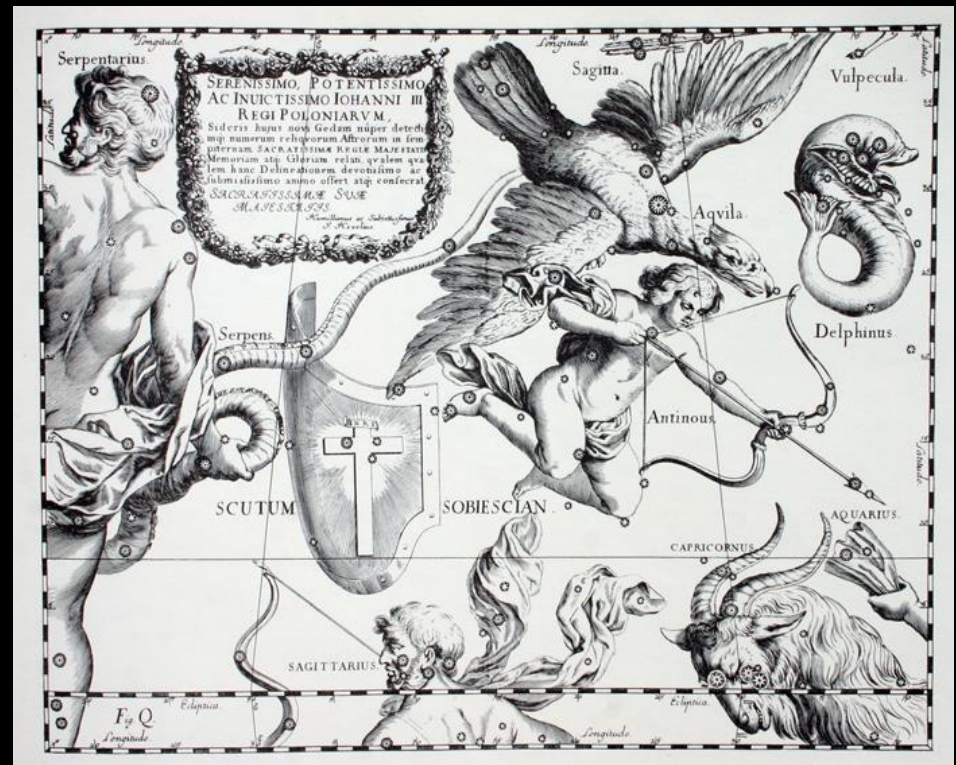
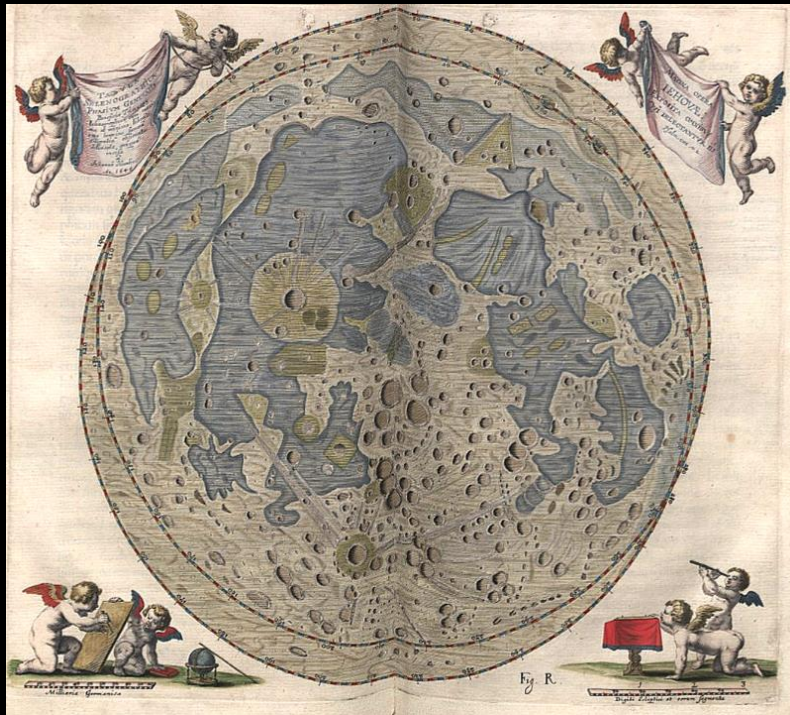


Observations January 1650

20. Janis.	mand H. 12	○ **
30. mand		** ○ *
2. Febr.		○ ** *
3. mand		○ * *
3. Ho. r.		* ○ *
4. mand		* ○ **
6. mand		** ○ *
8. mand H. 13.		* * * ○
10. mand		* * * ○ *
11.		* * ○ *
12. H. 4. reg.		* ○ *
13. mand		* ** ○ *
14. Febr.		* * * ○ *



A w Gdańsku Jan Heweliusz...



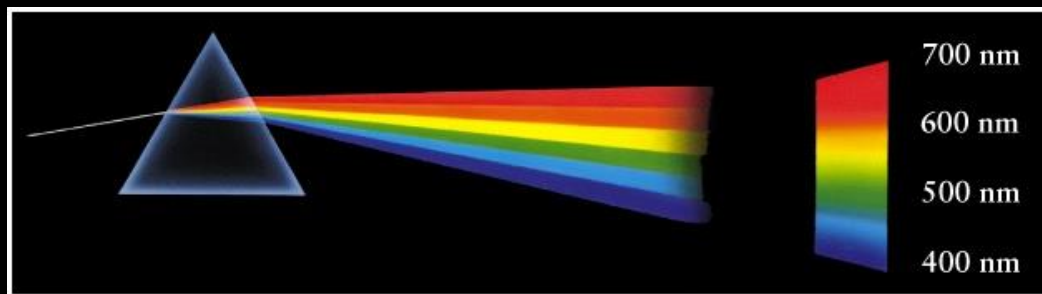
Eksperyment Newtona (lata 1665-1666) – rozszczepienie światła za pomocą pryzmatu



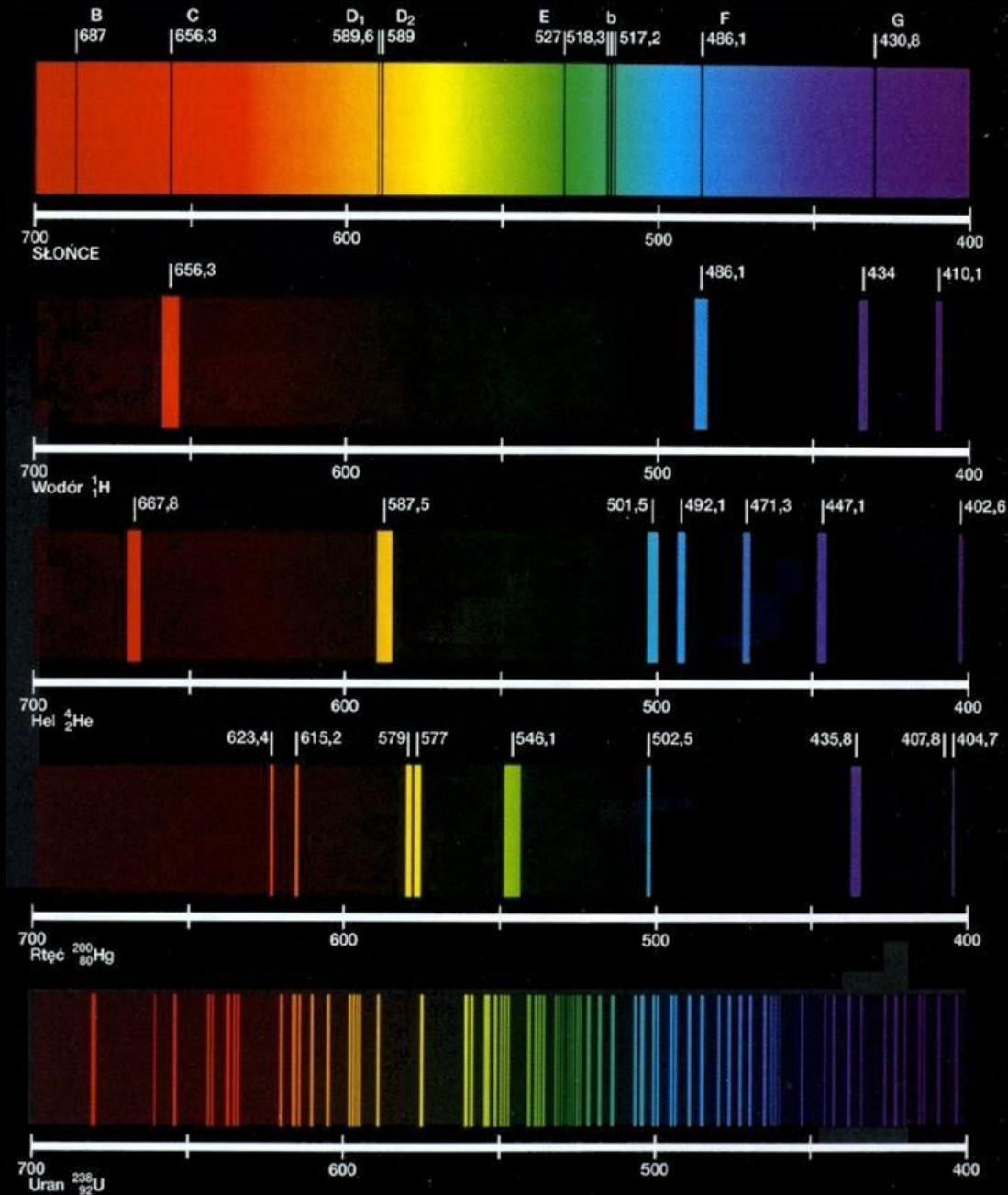
Jednym z widocznych skutków dyspersji jest powstawanie tęczy.

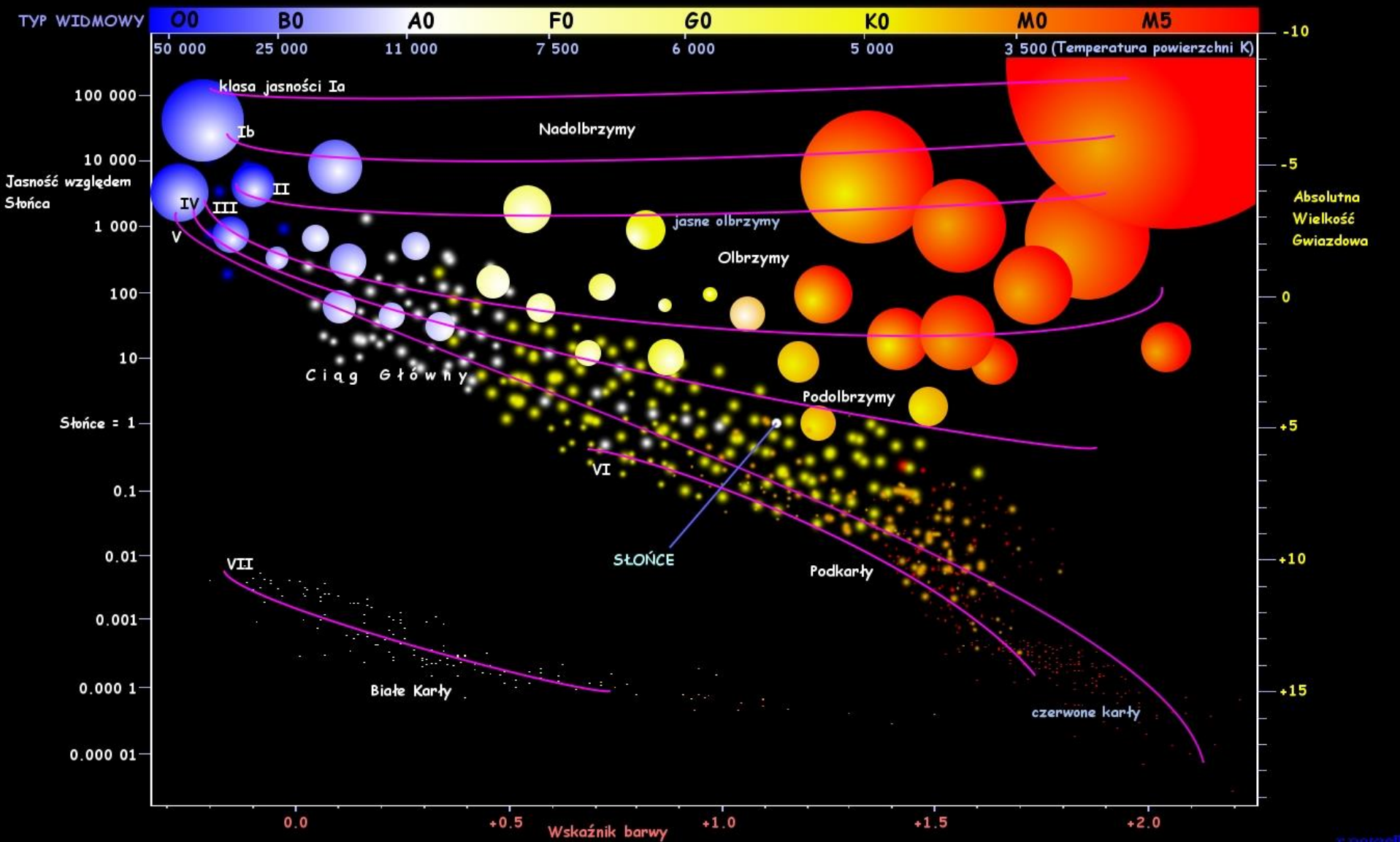
Newton stwierdził, że światło składa się z cząstek. Późniejsi fizycy przychylni się bardziej do falowej jego natury...

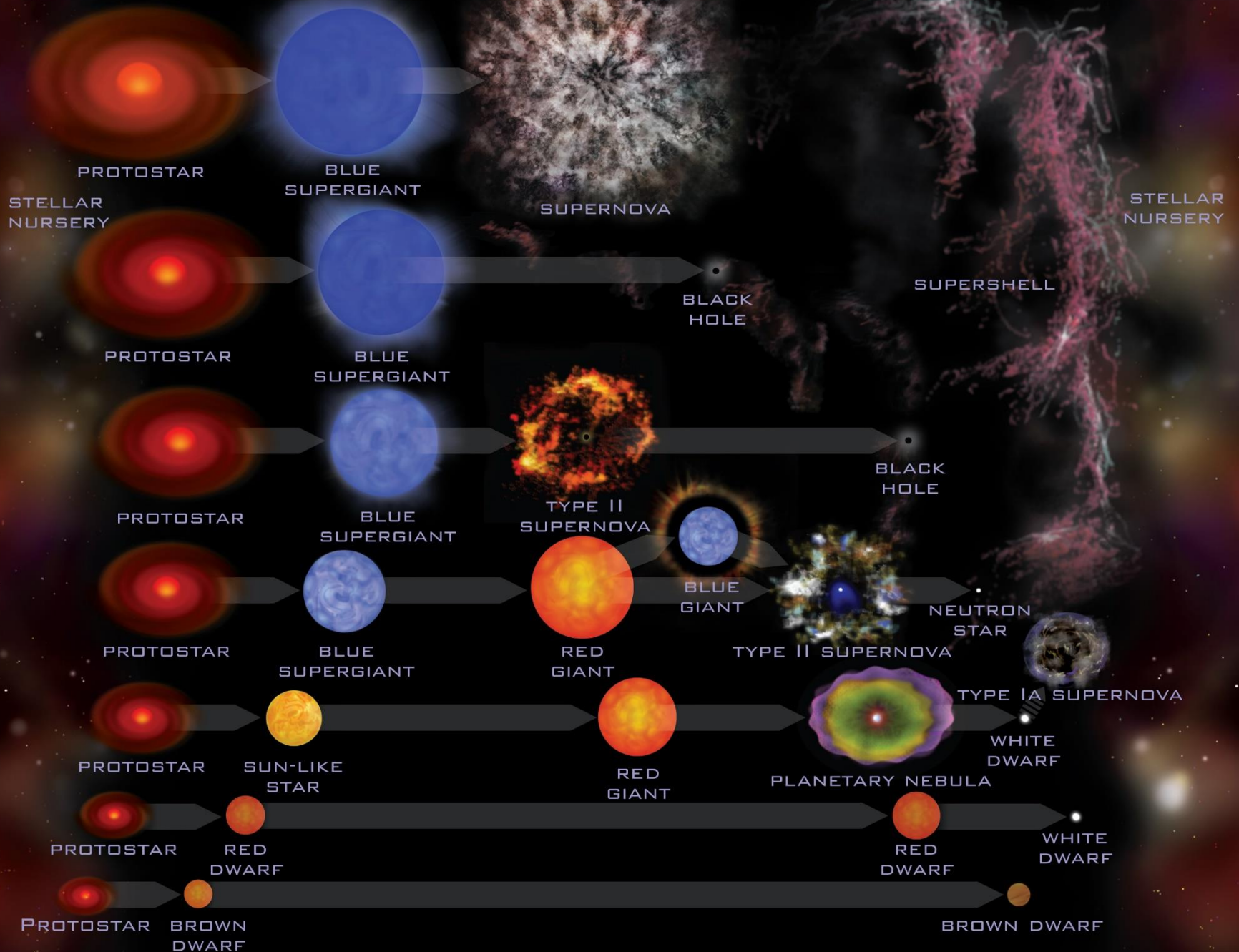
Dziś przypisujemy światłu dwoistą, korpuskularno-falową naturę



Spektroskopia i astrofizyka



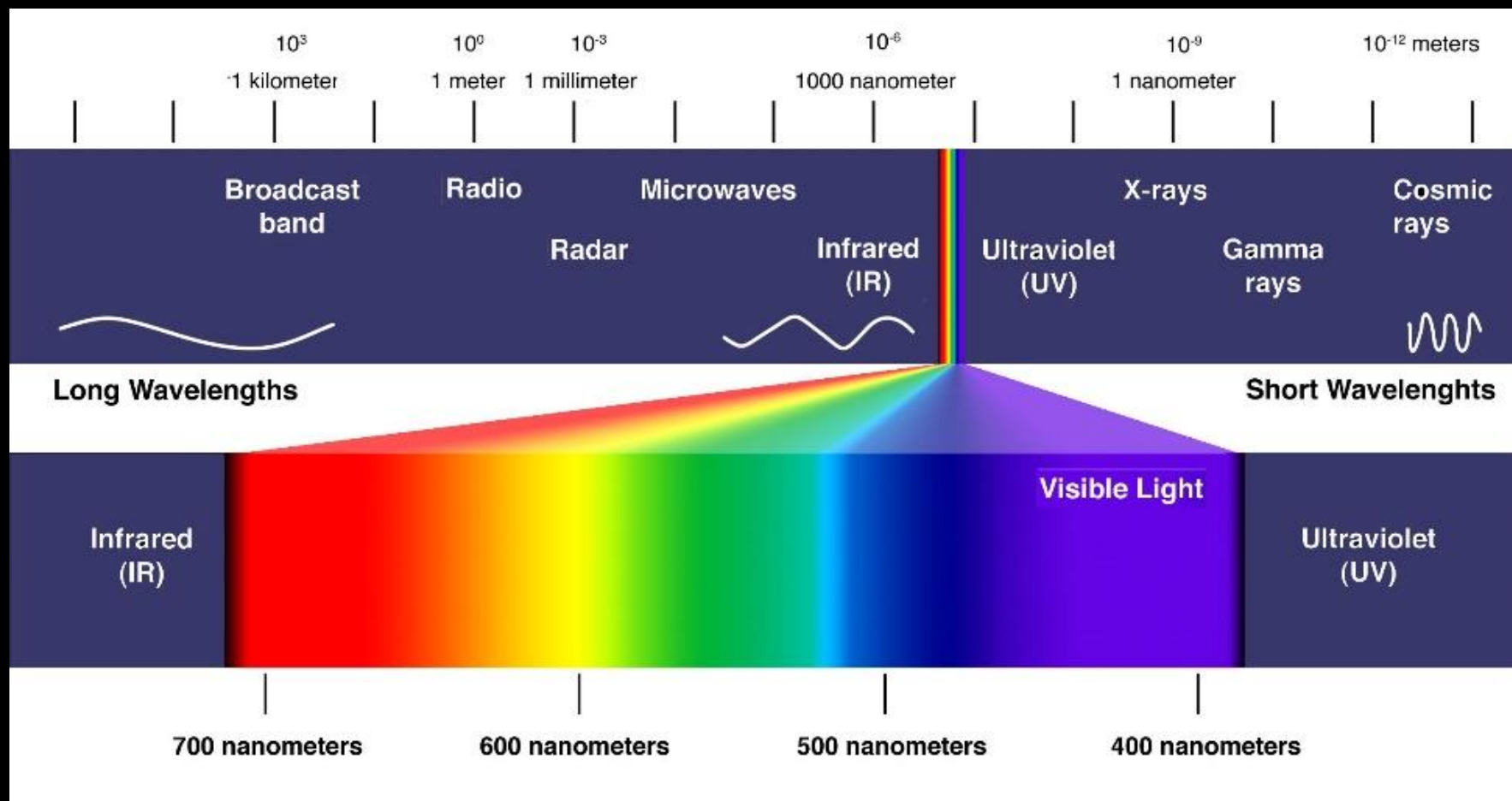
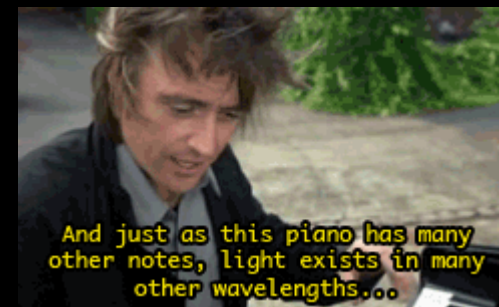




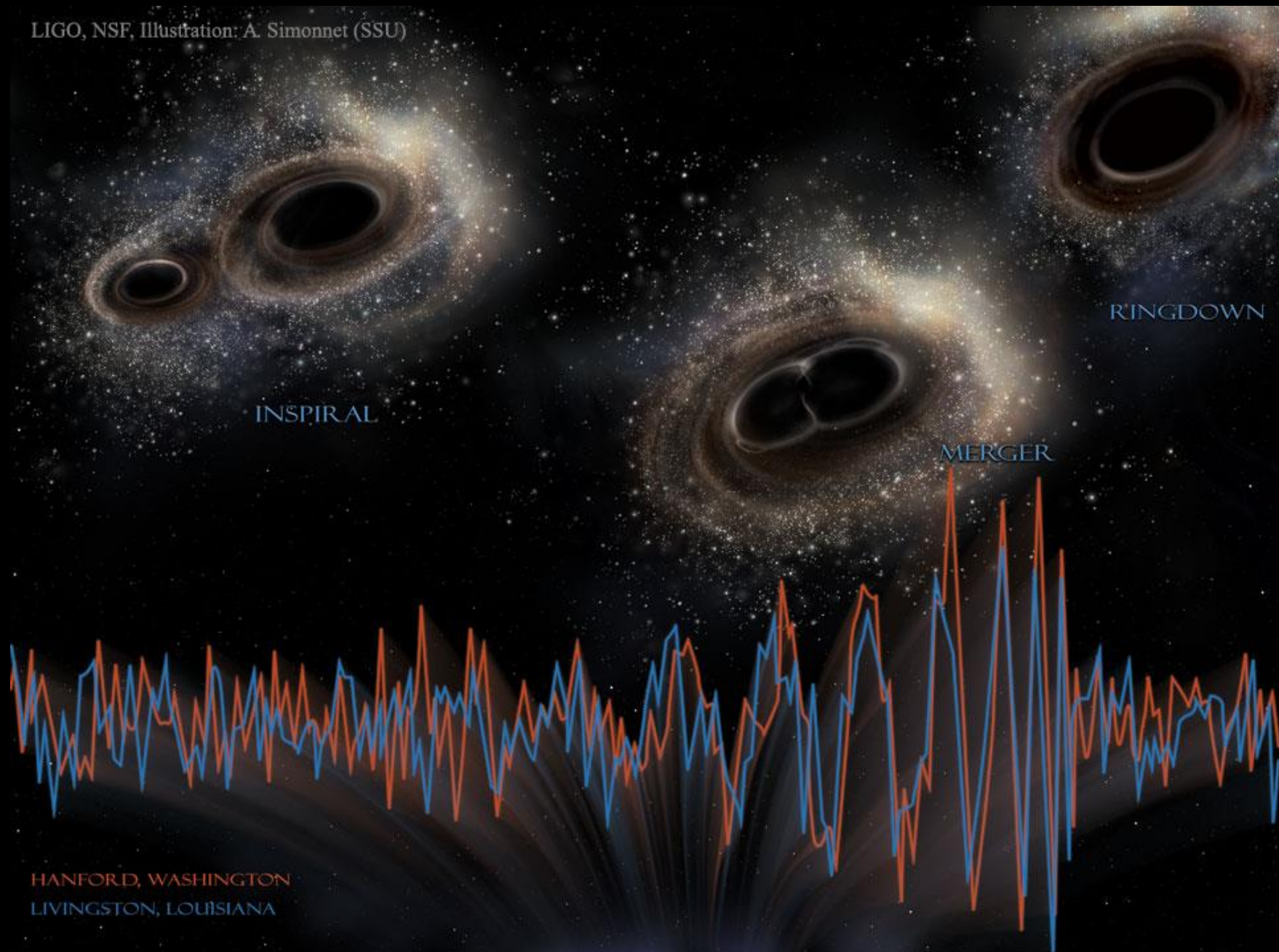
The Origin of the Solar System Elements

1 H	big bang fusion 						cosmic ray fission 						2 He						
3 Li	4 Be	merging neutron stars 						exploding massive stars 						5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
11 Na	12 Mg	dying low mass stars 						exploding white dwarfs 						13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr		
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe		
55 Cs	56 Ba		72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn		
87 Fr	88 Ra																		
			57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu		
			89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U													

Fale elektromagnetyczne

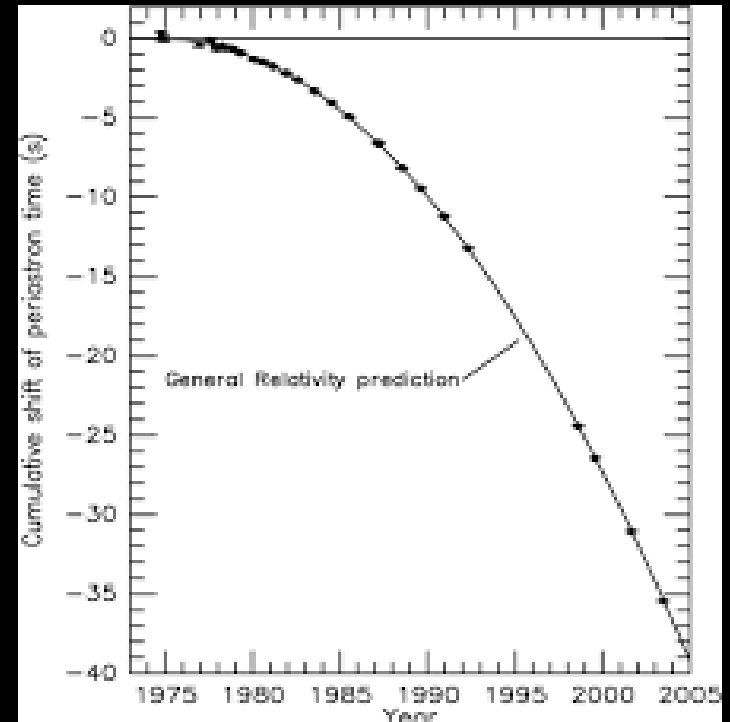


LIGO, NSF, Illustration: A. Simonnet (SSU)



Fale grawitacyjne - odkrycie

- 14 września 2015 (obserwacja) czy 11 lutego 2016 (publikacja) ?
- Tak naprawdę: 1974 – odkrycie pulsara podwójnego PSR B1913+16 (Hulse, Taylor – Nagroda Nobla 1993)
- Okres 7,5 godziny, separacja składników: 1.1-4.8 R Słońca
- Skracanie okresu: $76.5 \mu\text{s}/\text{rok}$ odpowiada emisji fal o mocy $7,35 \cdot 10^{24} \text{ W}$ (orbita zacieśnia się o 3,5 m/rok, za 300 mln lat utworzy się jeden obiekt)



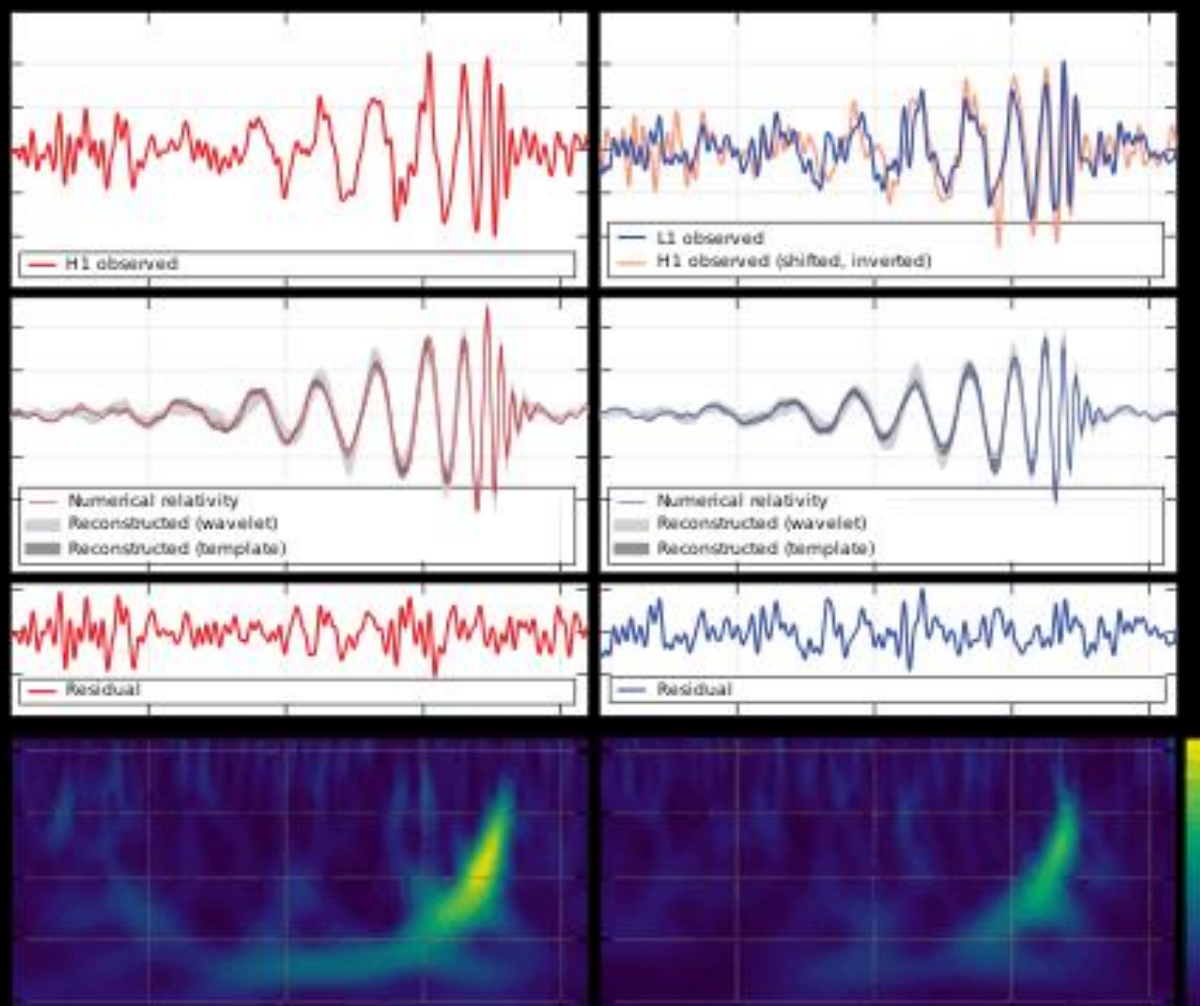
A long time ago in a galaxy far,
far away....



LIGO – Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory



Sygnal zarejestrowany 14.09.2015



Obiekty wyjściowe i końcowy – dopasowanie modelu

GRAVITATIONAL WAVES FROM COLLIDING BLACK HOLES

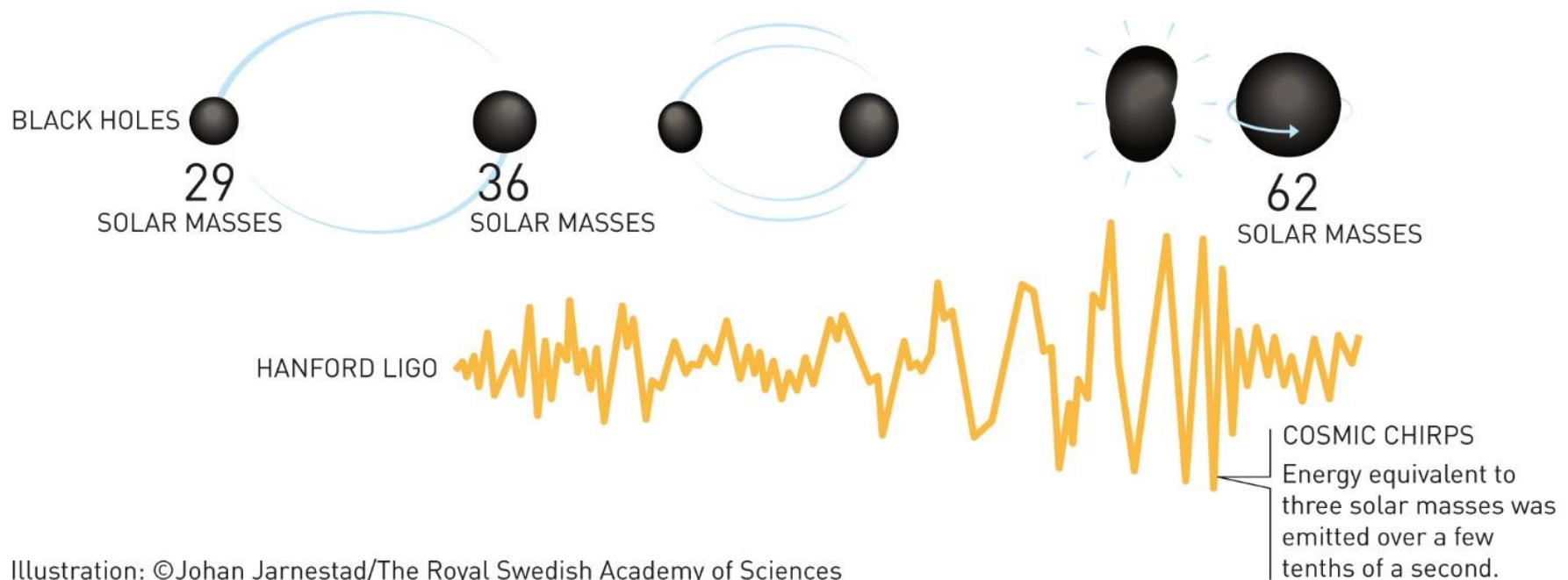
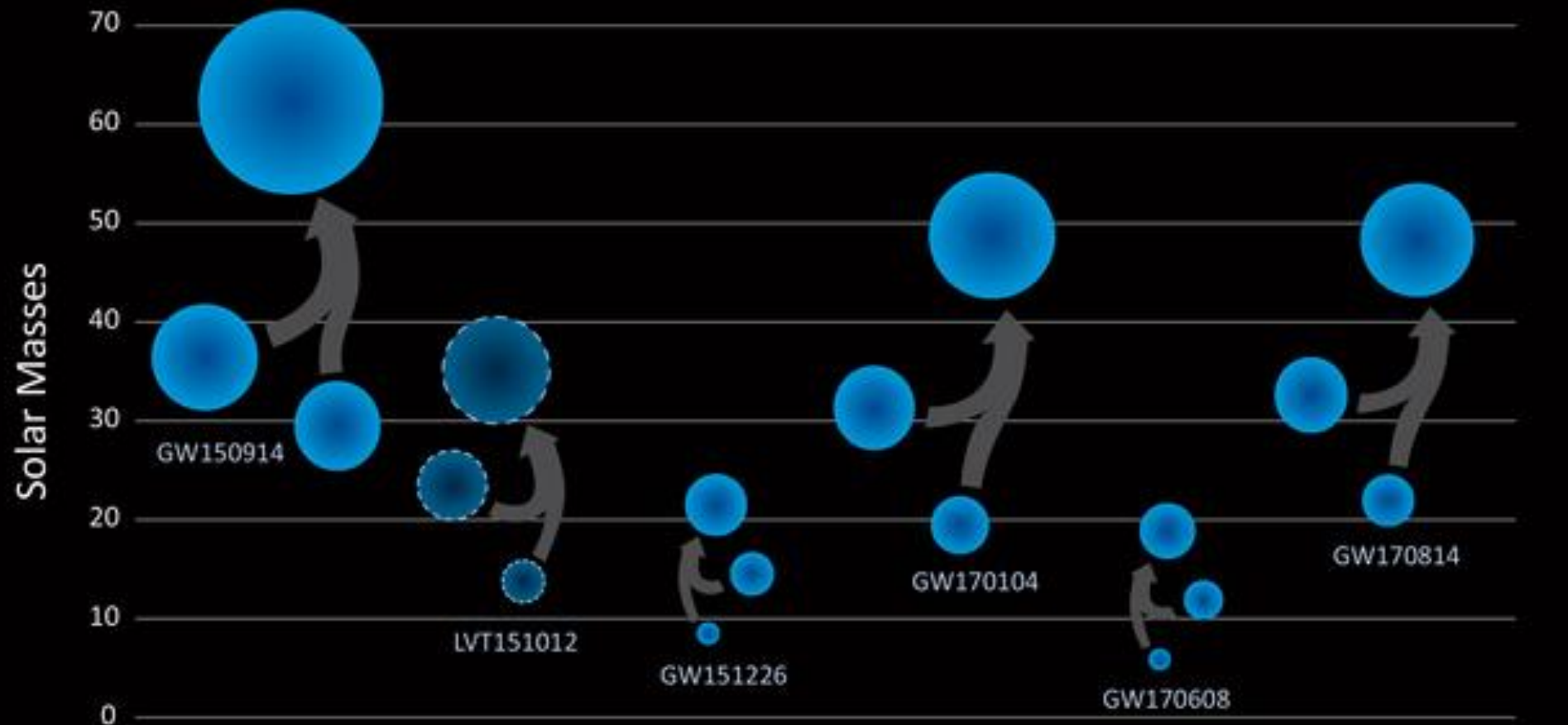
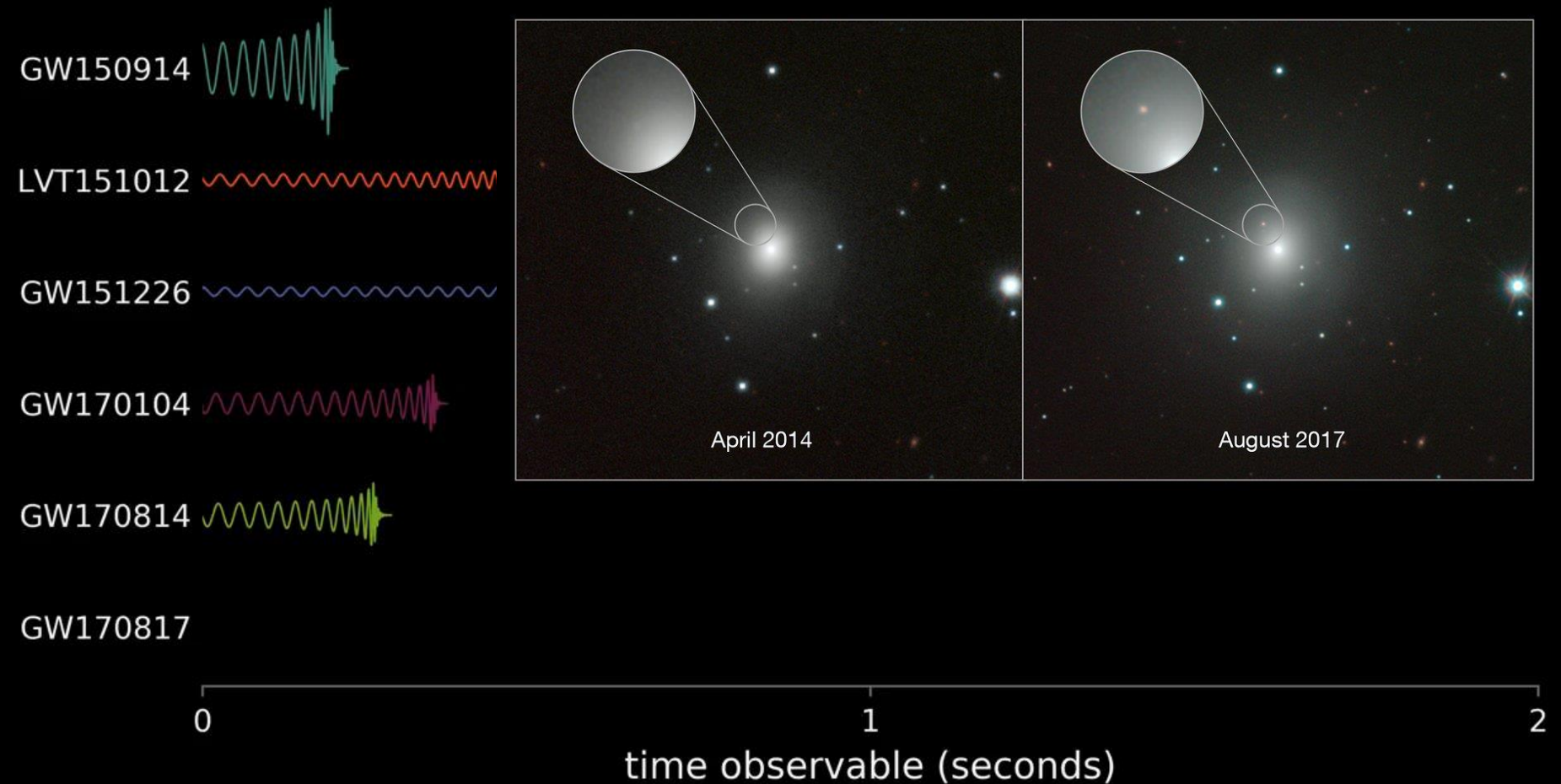


Illustration: ©Johan Jarnestad/The Royal Swedish Academy of Sciences

Black Holes of Known Mass

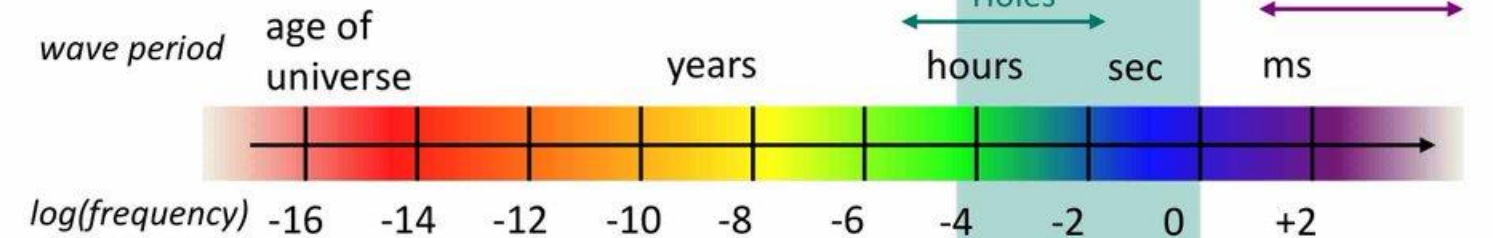


Zestawienie dotychczasowych detekcji

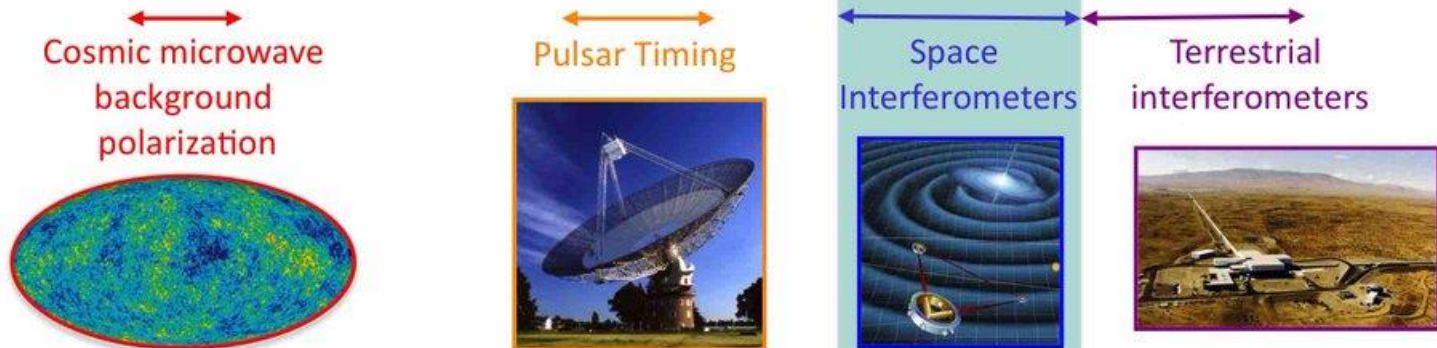


The Gravitational Wave Spectrum

Sources



Detectors

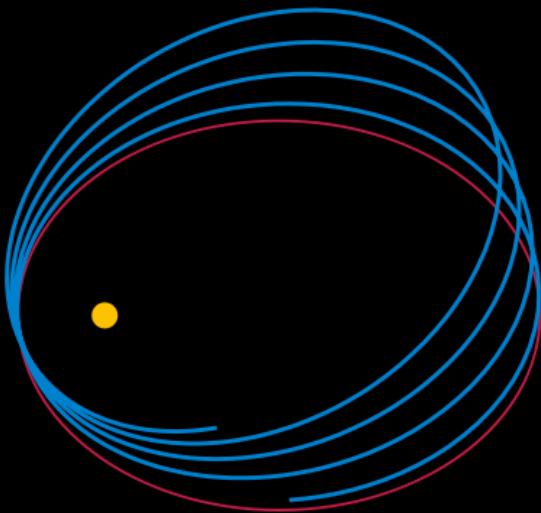




Narodziny ogólnej teorii względności

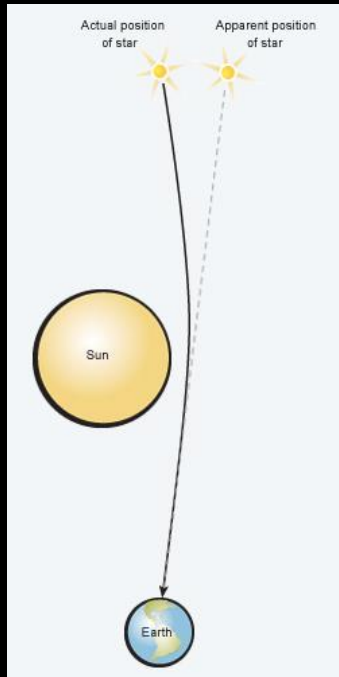
25.11.1915: wykład na zebraniu Pruskiej Akademii Nauk

- Kłopoty z klasyczną teorią grawitacji - ruch peryhelium Merkurego: 43" na sto lat
- Wyjaśnienie w ramach OTW
- Pulsar podwójny PSR 1913+16: jeden obrót co 85 lat
- Odkrycie w 1974, Nagroda Nobla 1993 (Hulse, Taylor)



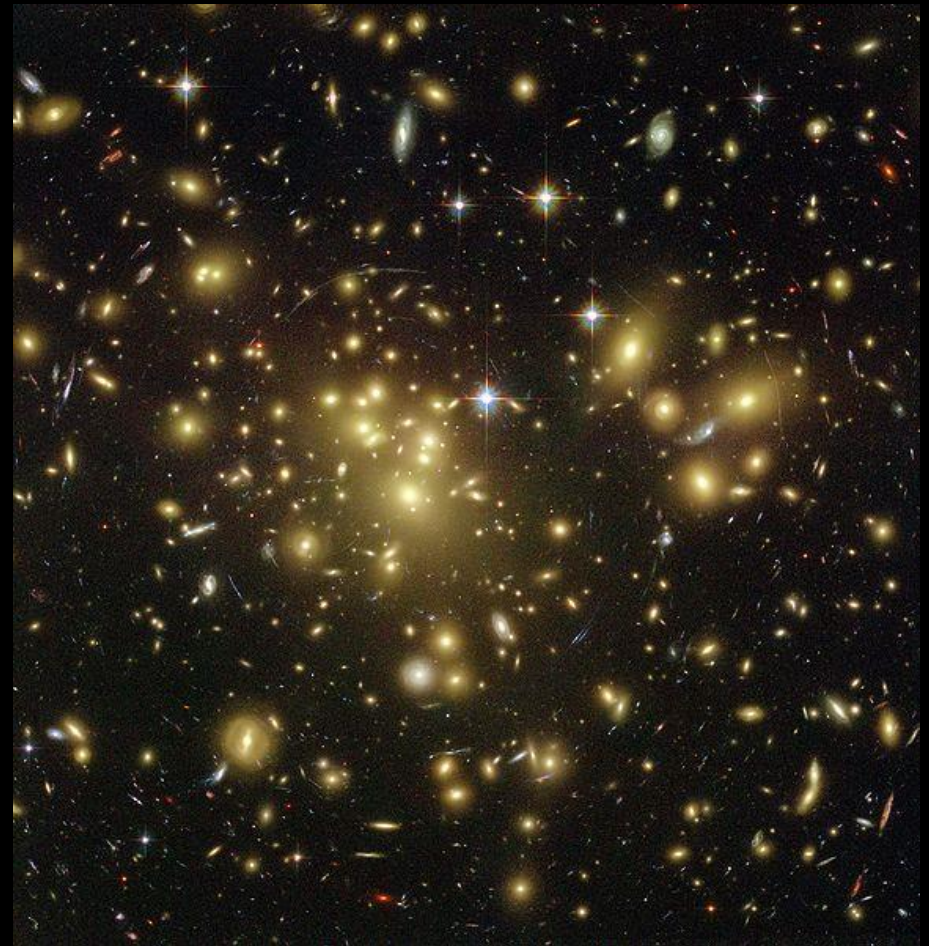
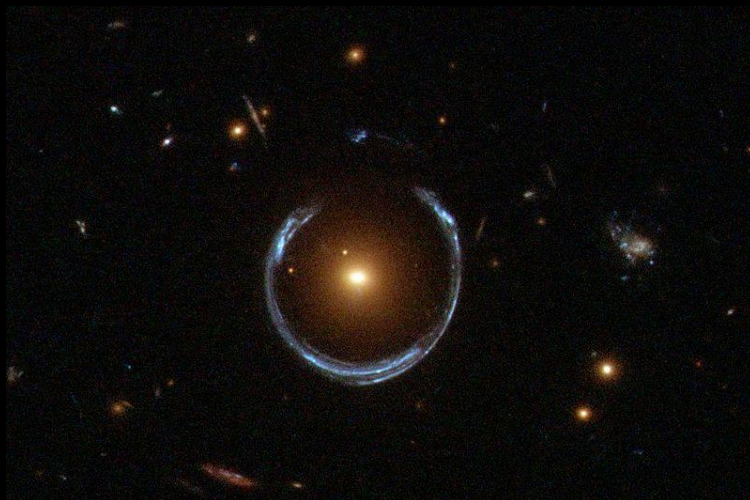
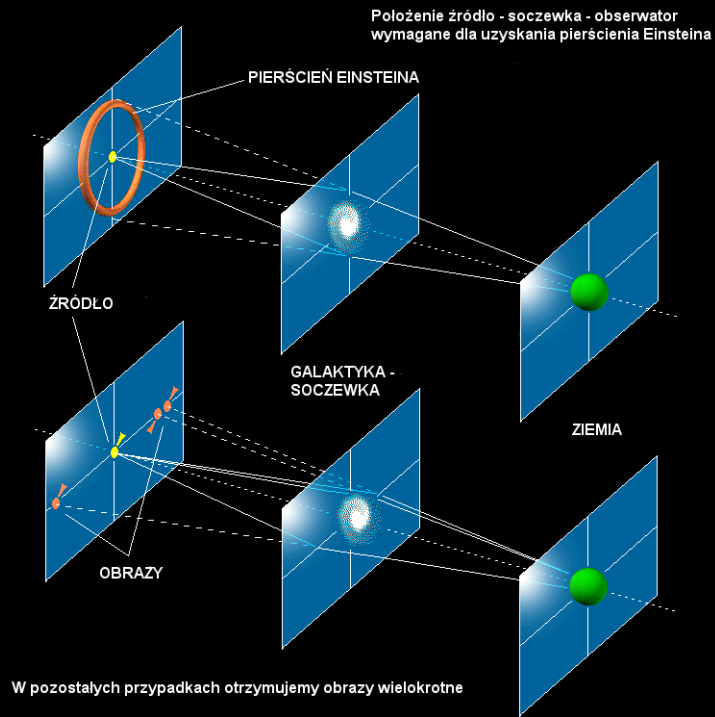


*„Świat współczesny
narodził się 29 maja
1919 r.” – Paul Johnson*



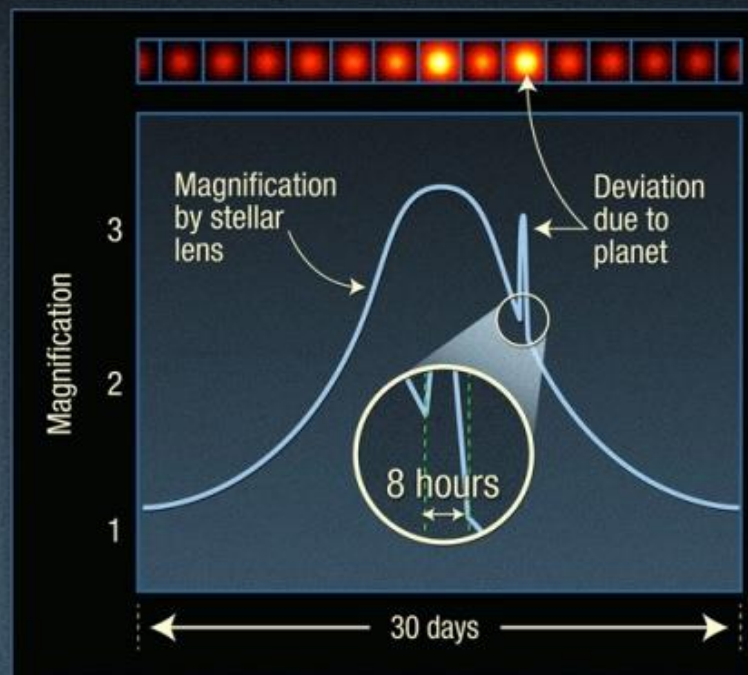
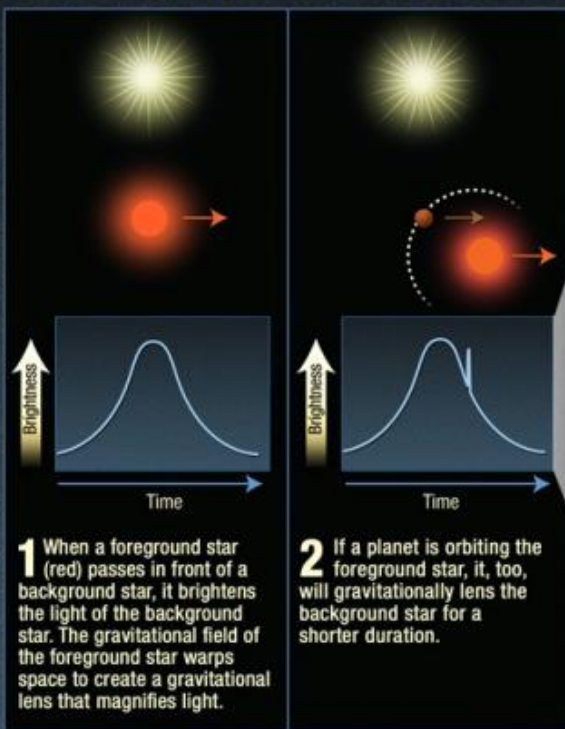
- Wyprawa Eddingtona na Wyspę Księżęcą w celu obserwacji całkowitego zaćmienia Słońca
- Publiczne ogłoszenie: 6.11.1919 na posiedzeniu *Royal Society*
- *The Times: Rewolucja w nauce*

Soczewki grawitacyjne



Mikrosoczewkowanie: od *MACHO* do planet

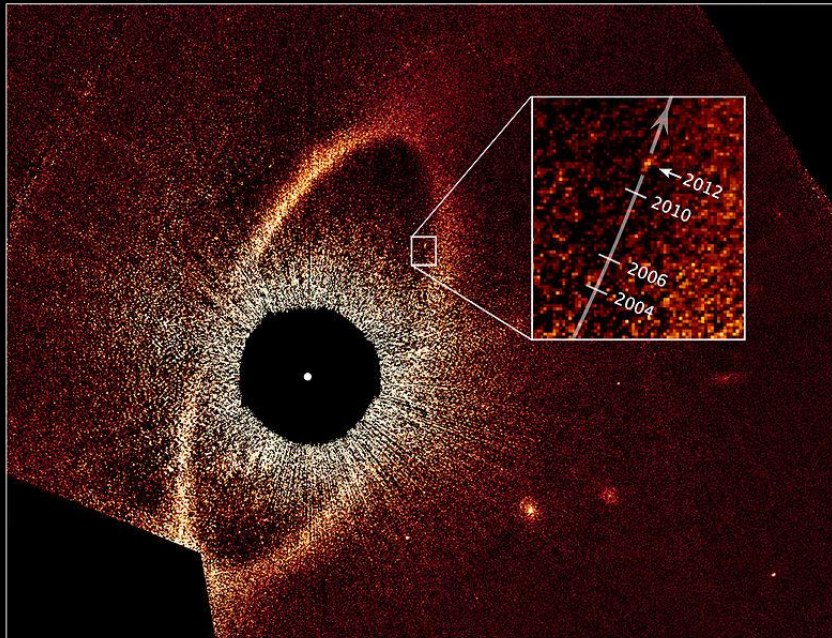
Extrasolar planet detected by gravitational microlensing



Planety pozasłoneczne

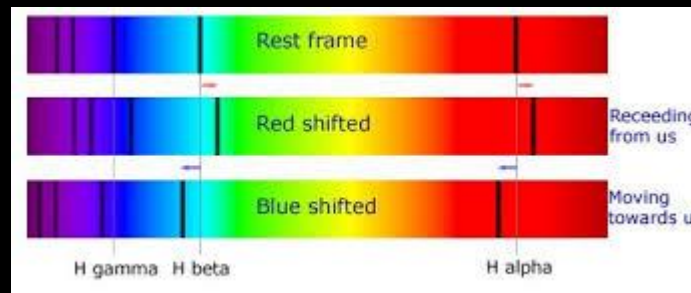
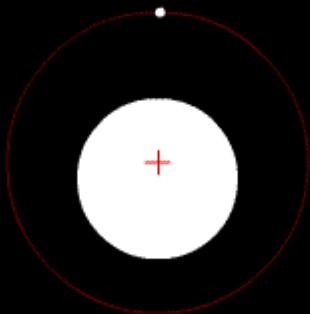
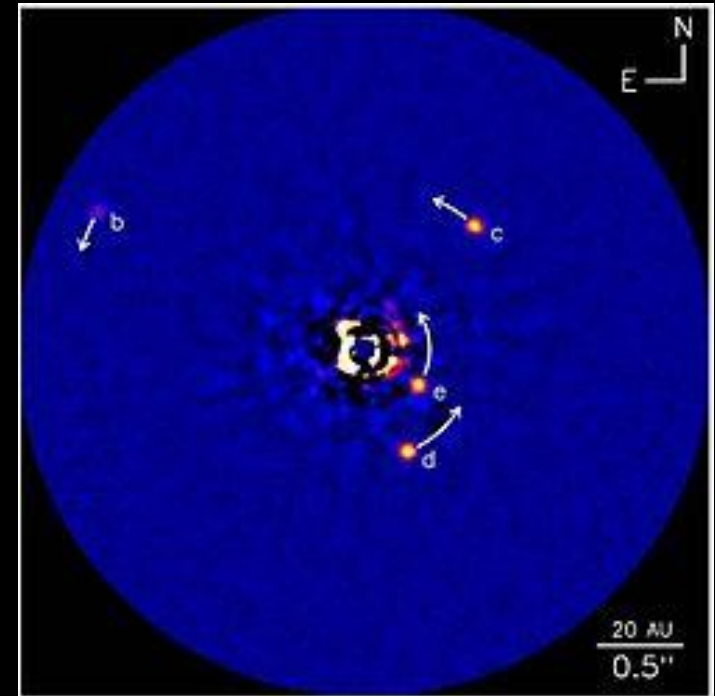
Fomalhaut System

Hubble Space Telescope • STIS

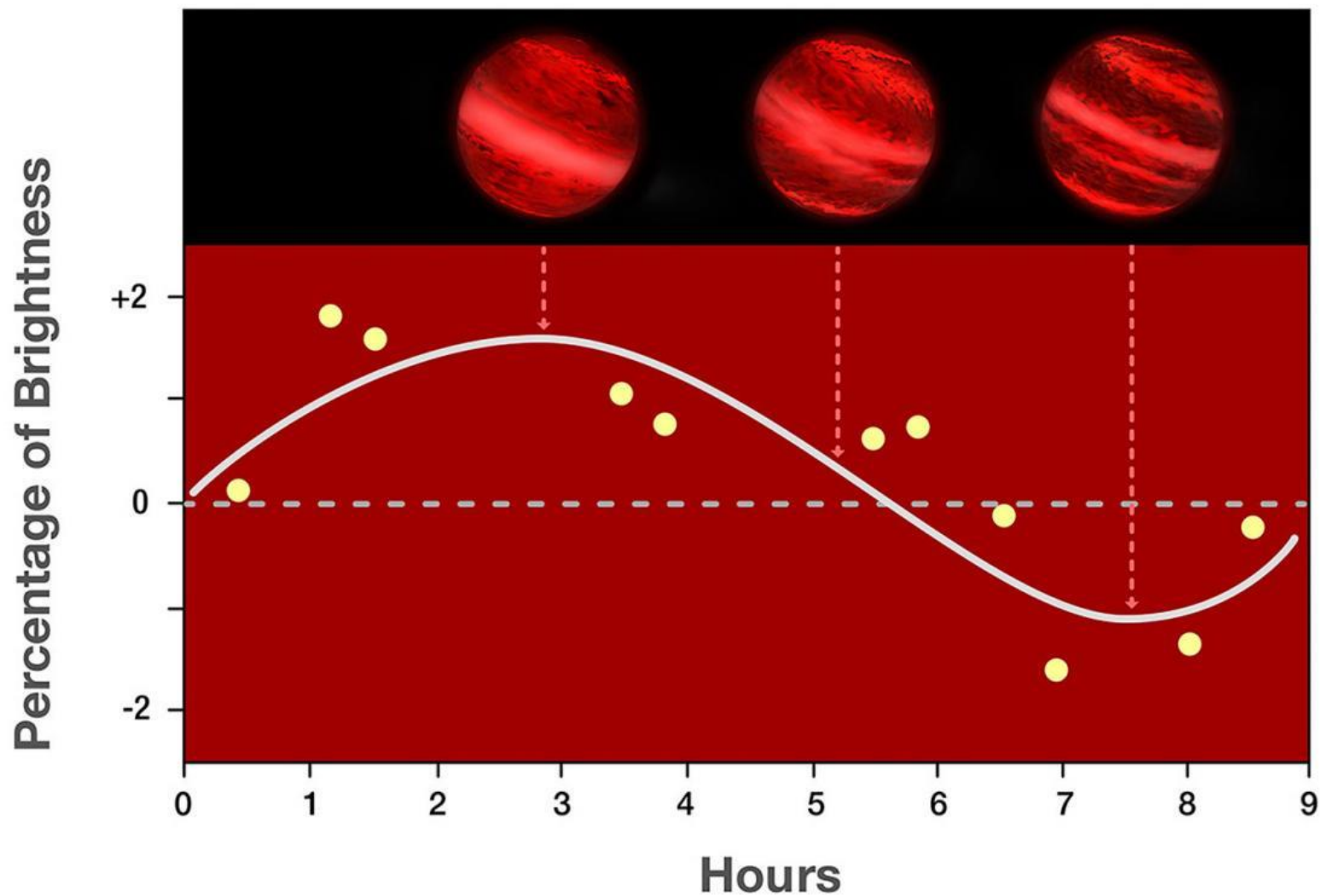


NASA and ESA

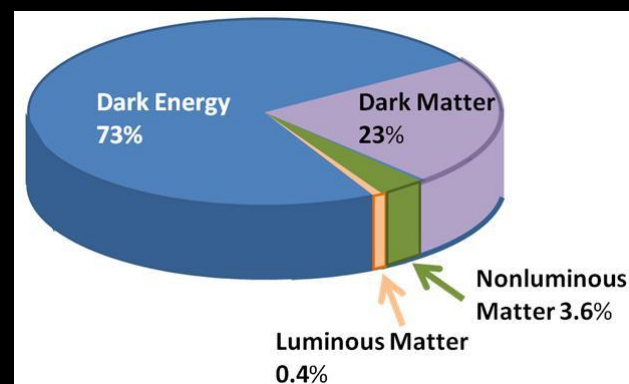
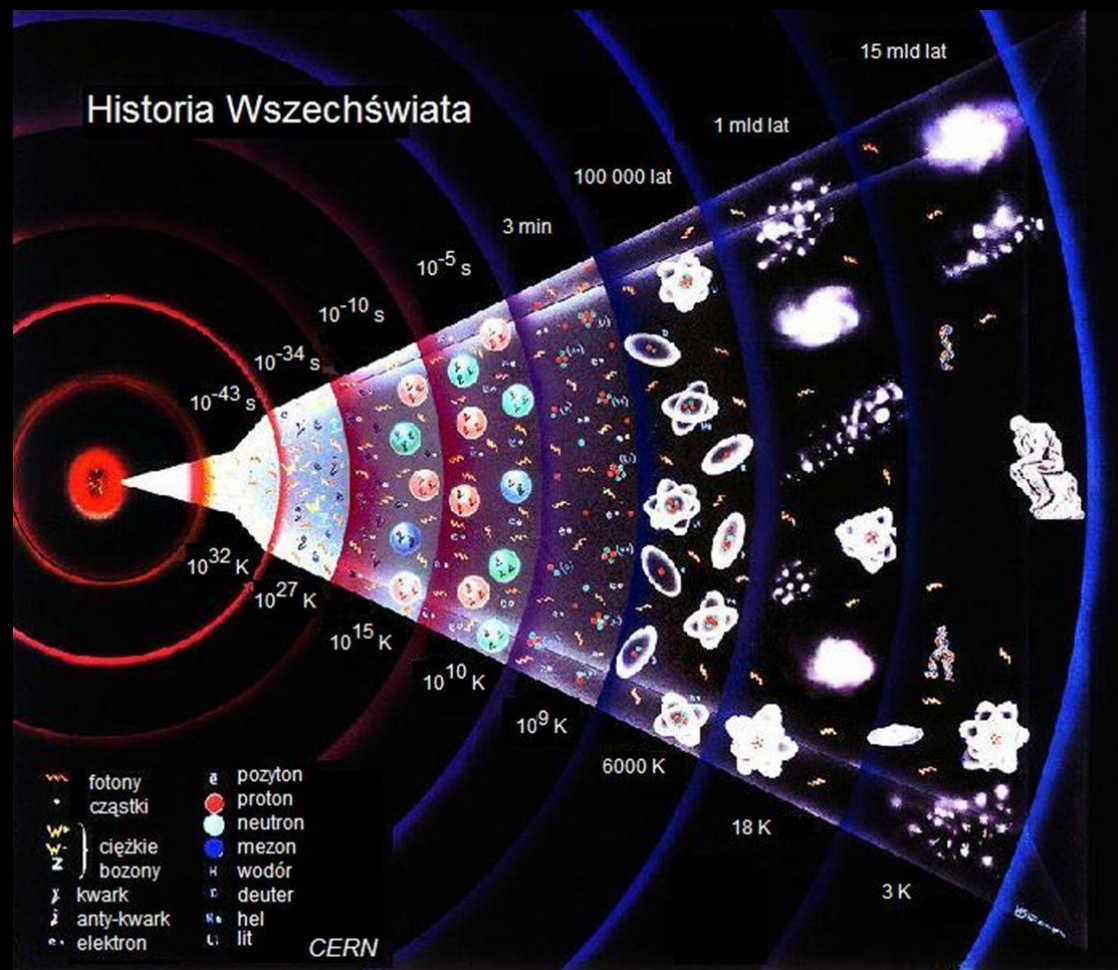
STScI-PRC13-01a



Light Curve of Rotation of Super Jupiter ZM1207b

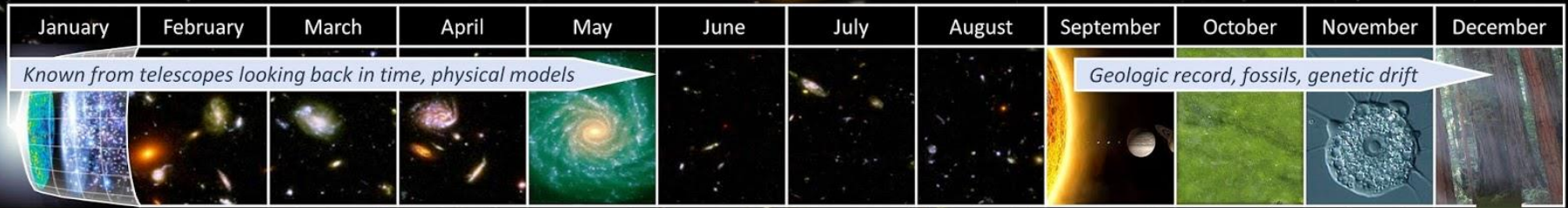


Co udało się odczytać ze światła kosmosu?



The Cosmic Calendar

The 13.8 billion year history of the universe scaled down to a single year, where the Big Bang is January 1st at midnight, and right now is midnight 1 year later



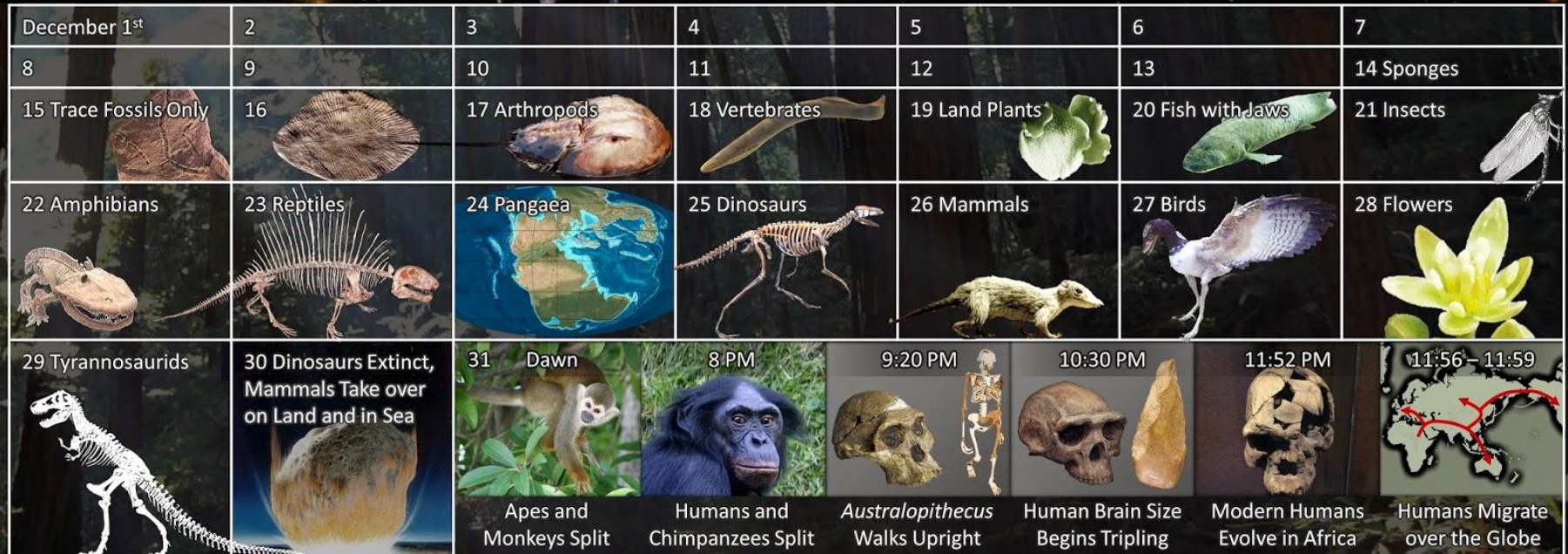
The Big Bang,
Stars Begin Fusing Elements

The Milky Way
Thin Disk Forms

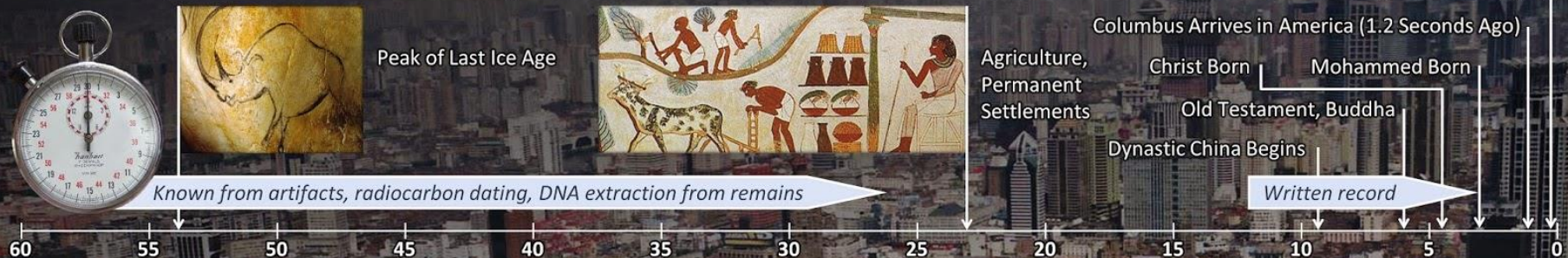
The Solar
System, Life

Oxygen from
Photosynthesis

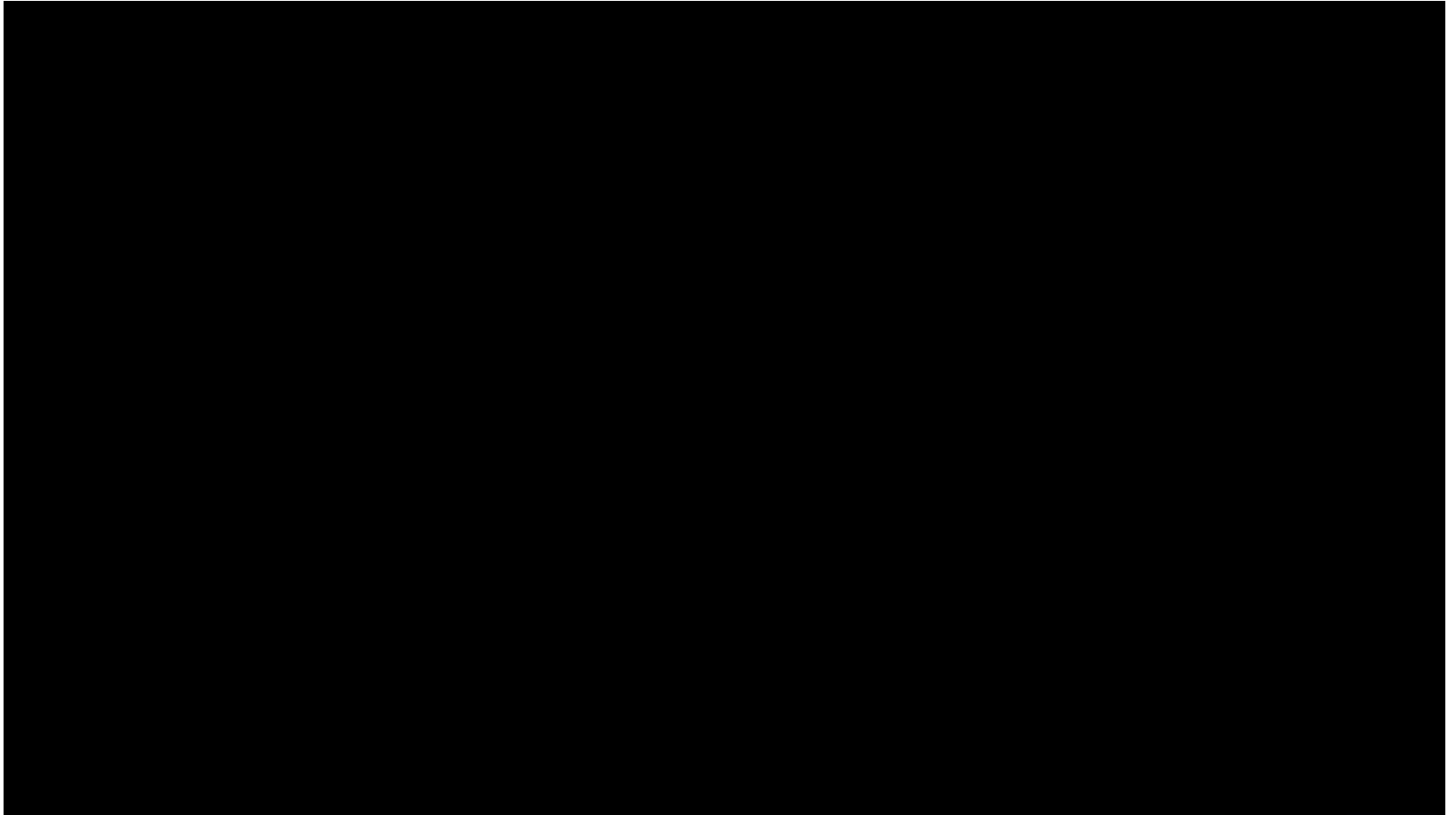
Eukaryotic
Cells



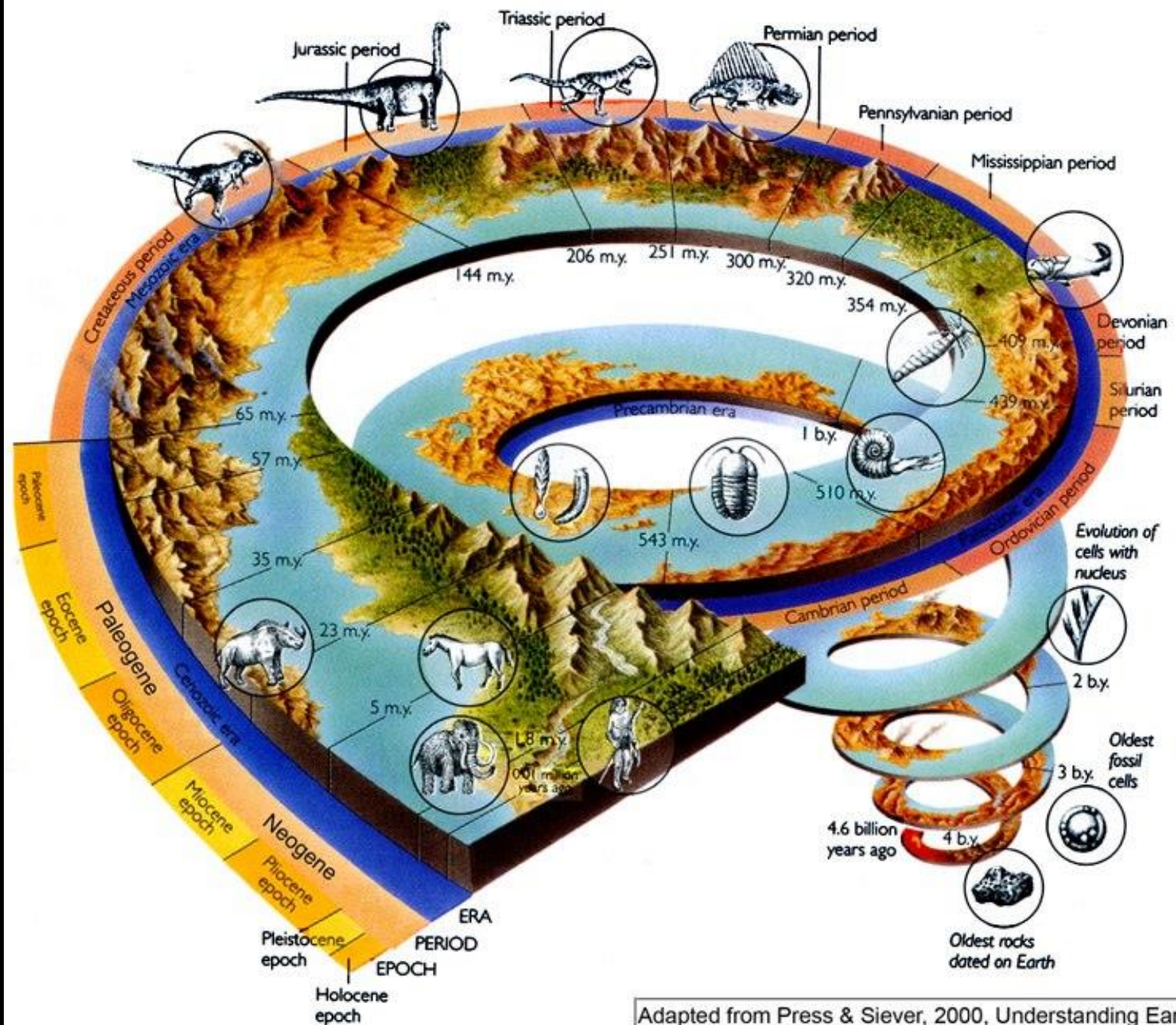
The final minute, where each cosmic second lasts 434 years



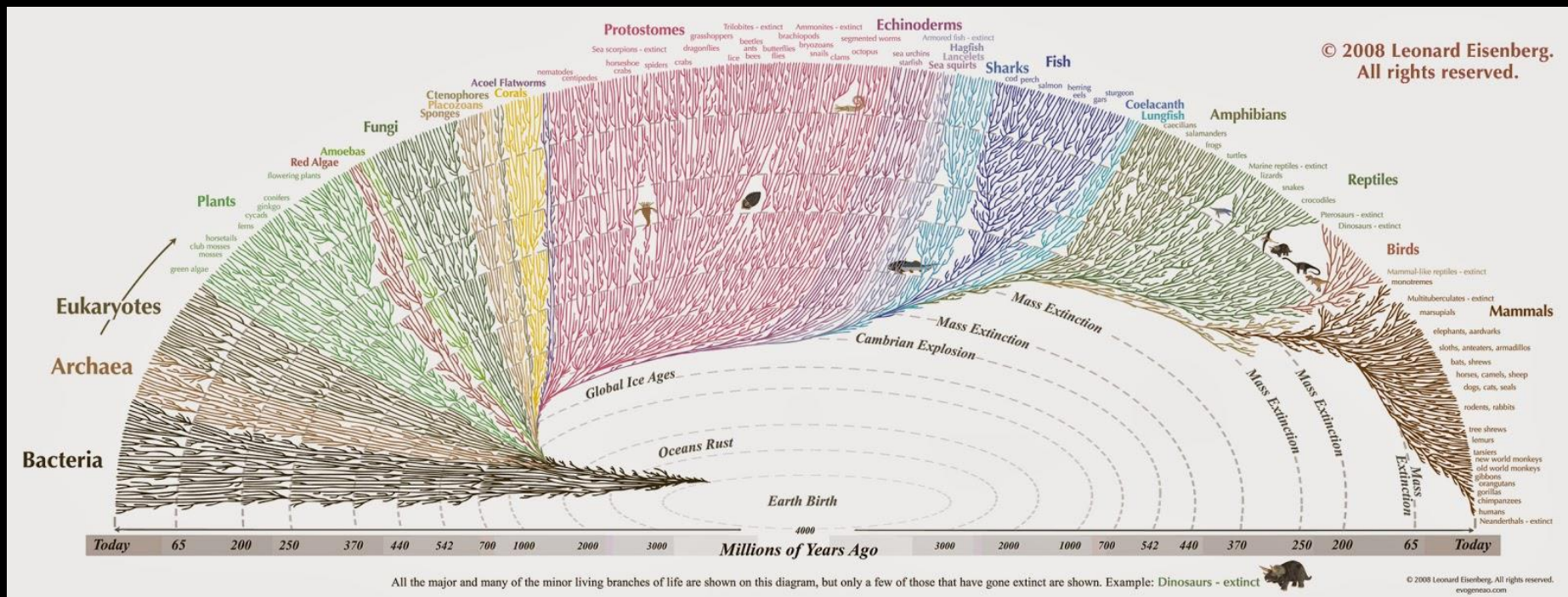
Big History Project – David Christian

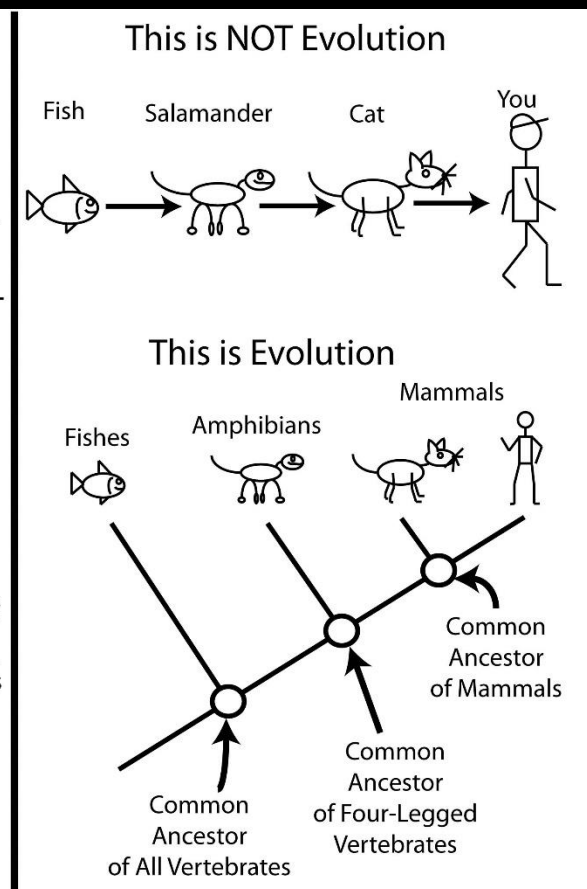
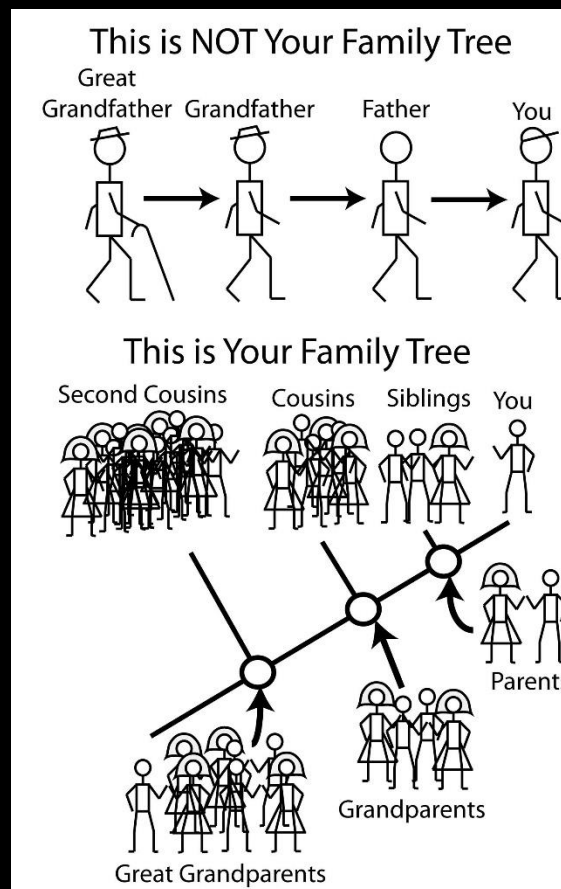
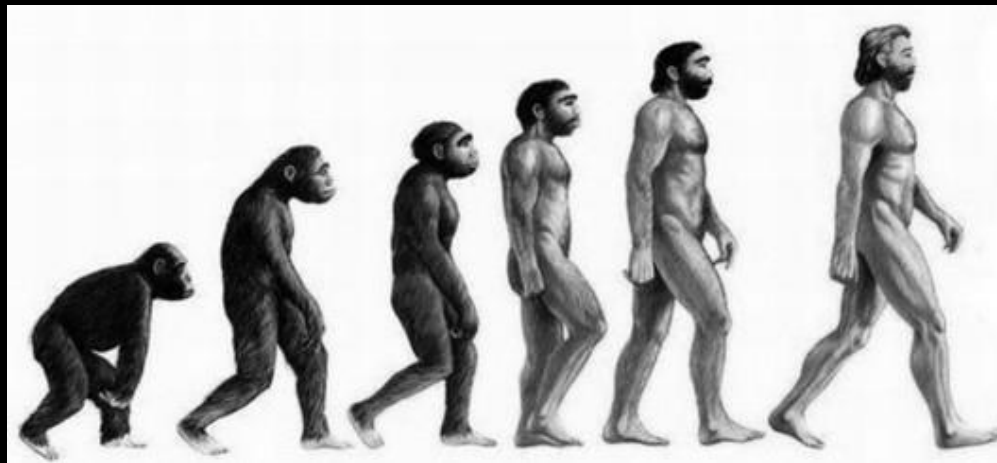


<https://www.youtube.com/watch?v=yqc9zX04DXs&t=265s>



Rozwój życia na Ziemi





MAŁPY SZEROKONOSE

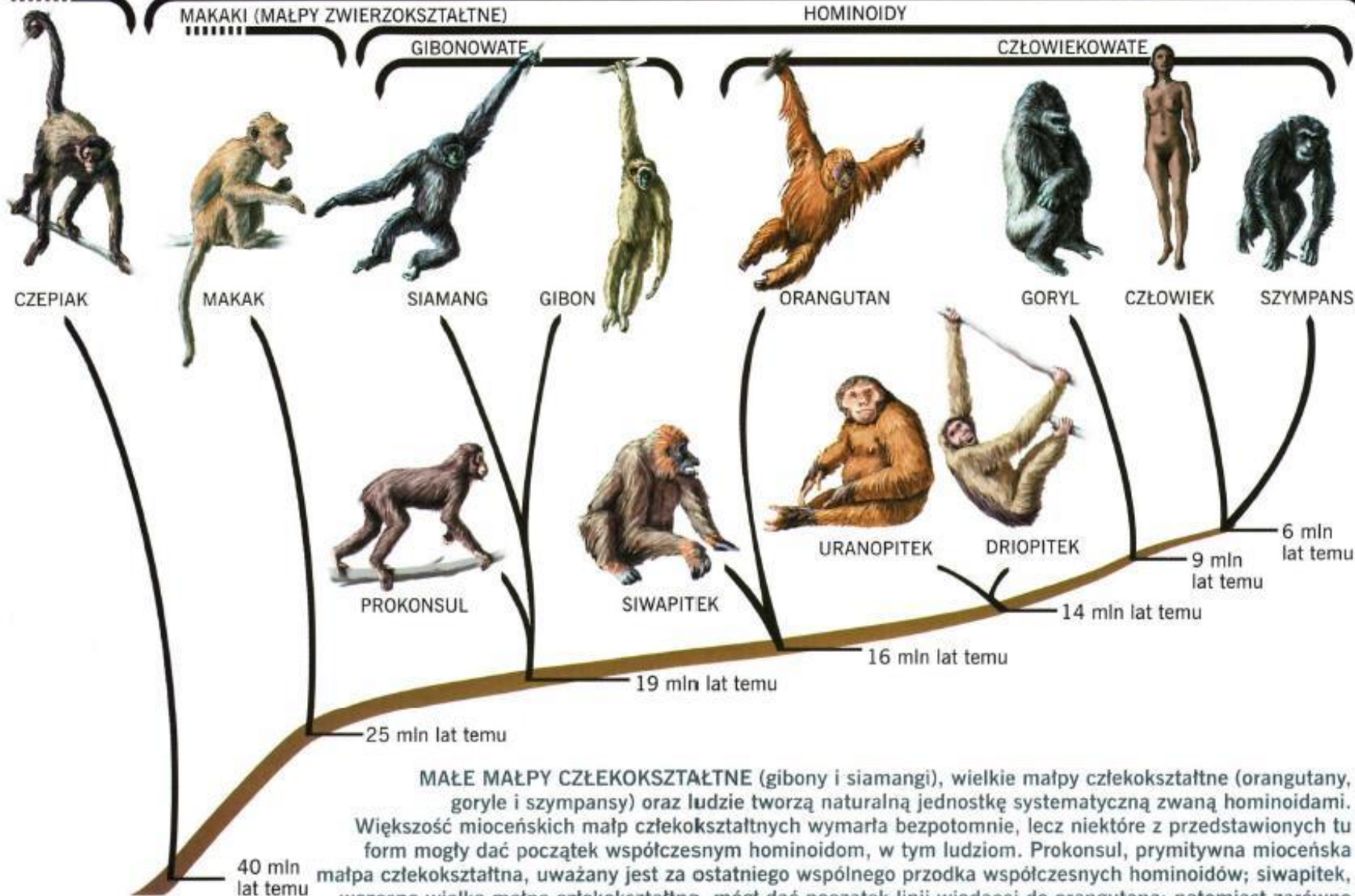
MAŁPY WĄSKONOSE

MAKAKI (MAŁPY ZWIERZOKSZTAŁTNE)

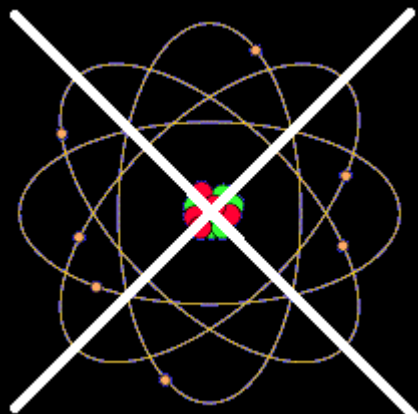
HOMINOIDY

GIBONOWATE

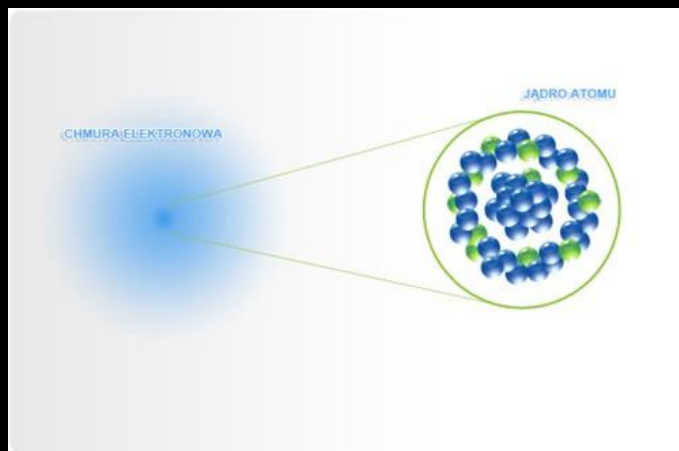
CZŁOWIEKOWATE



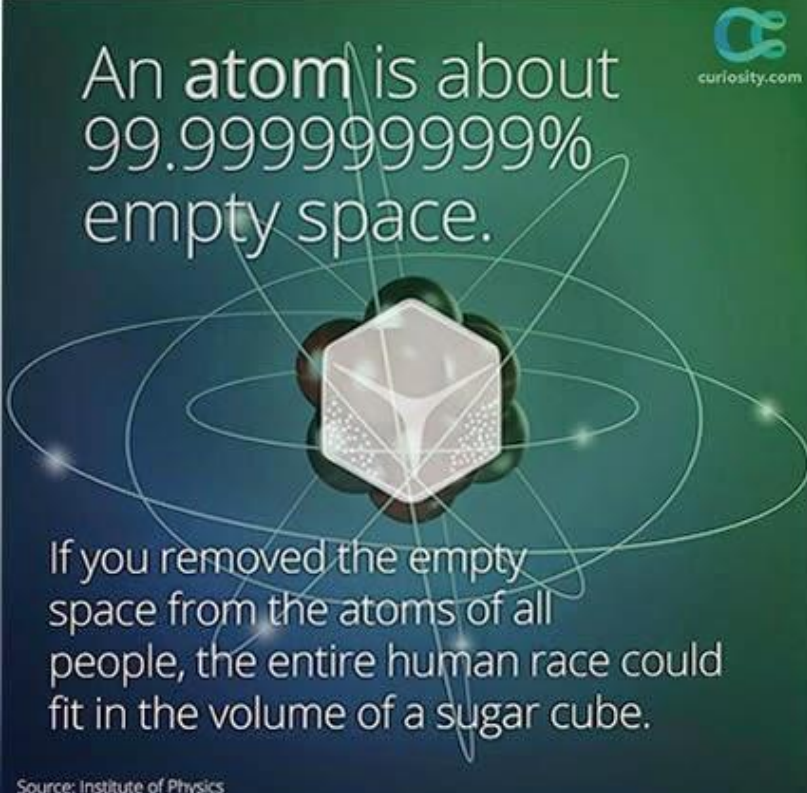
MAŁE MAŁPY CZŁEKOKSZTAŁTNE (gibony i siamangi), wielkie małpy człekokształtne (orangutany, goryle i szympansy) oraz ludzie tworzą naturalną jednostkę systematyczną zwaną hominoidami. Większość miocenskich małp człekokształtnych wymarła bezpotomnie, lecz niektóre z przedstawionych tu form mogły dać początek współczesnym hominoidom, w tym ludziom. Prokonsul, prymitywna miocenńska małpa człekokształtna, uważany jest za ostatniego wspólnego przodka współczesnych hominoidów; siwapitek, wczesna wielka małpa człekokształtna, mógł dać początek linii wiodącej do orangutana; natomiast zarówno driopitek, jak i uranopitek wymieniani są jako kandydaci na przodków afrykańskich wielkich małp i człowieka.



Z czego składa się materia?



An atom is about 99.9999999999% empty space.



If you removed the empty space from the atoms of all people, the entire human race could fit in the volume of a sugar cube.

Source: Institute of Physics

curiosity.com



Human Body Ingredients

The four ingredients below are essential parts of the body's protein, carbohydrate and fat architecture.

O

OXYGEN

65.0%

Critical to the conversion of food into energy.

C

CARBON

18.5%

The so-called backbone of the building blocks of the body and a key part of other important compounds, such as testosterone and estrogen.

H

HYDROGEN

9.5%

Helps transport nutrients, remove wastes and regulate body temperature. Also plays an important role in energy production.

N

NITROGEN

3.3%

Found in amino acids, the building blocks of proteins; an essential part of the nucleic acids that constitute DNA.

Other Key Elements

Calcium 1.5%

Lends rigidity and strength to bones and teeth; also important for the functioning of nerves and muscles, and for blood clotting.

Phosphorus 1.0%

Needed for building and maintaining bones and teeth; also found in the molecule ATP (adenosine triphosphate), which provides energy that drives chemical reactions in cells.

Potassium 0.4%

Important for electrical signaling in nerves and maintaining the balance of water in the body.

Sulfur 0.3%

Found in cartilage, insulin (the hormone that enables the body to use sugar), breast milk, proteins that play a role in the immune system, and keratin, a substance in skin, hair and nails.

Chlorine 0.2%

Needed by nerves to function properly; also helps produce gastric juices.

Sodium 0.2%

Plays a critical role in nerves' electrical signaling; also helps regulate the amount of water in the body.

Magnesium 0.1%

Plays an important role in the structure of the skeleton and muscles; also found in molecules that help enzymes use ATP to supply energy for chemical reactions in cells.

Iodine (trace amount)

Part of an essential hormone produced by the thyroid gland; regulates metabolism.

Iron (trace amount)

Part of hemoglobin, which carries oxygen in red blood cells.

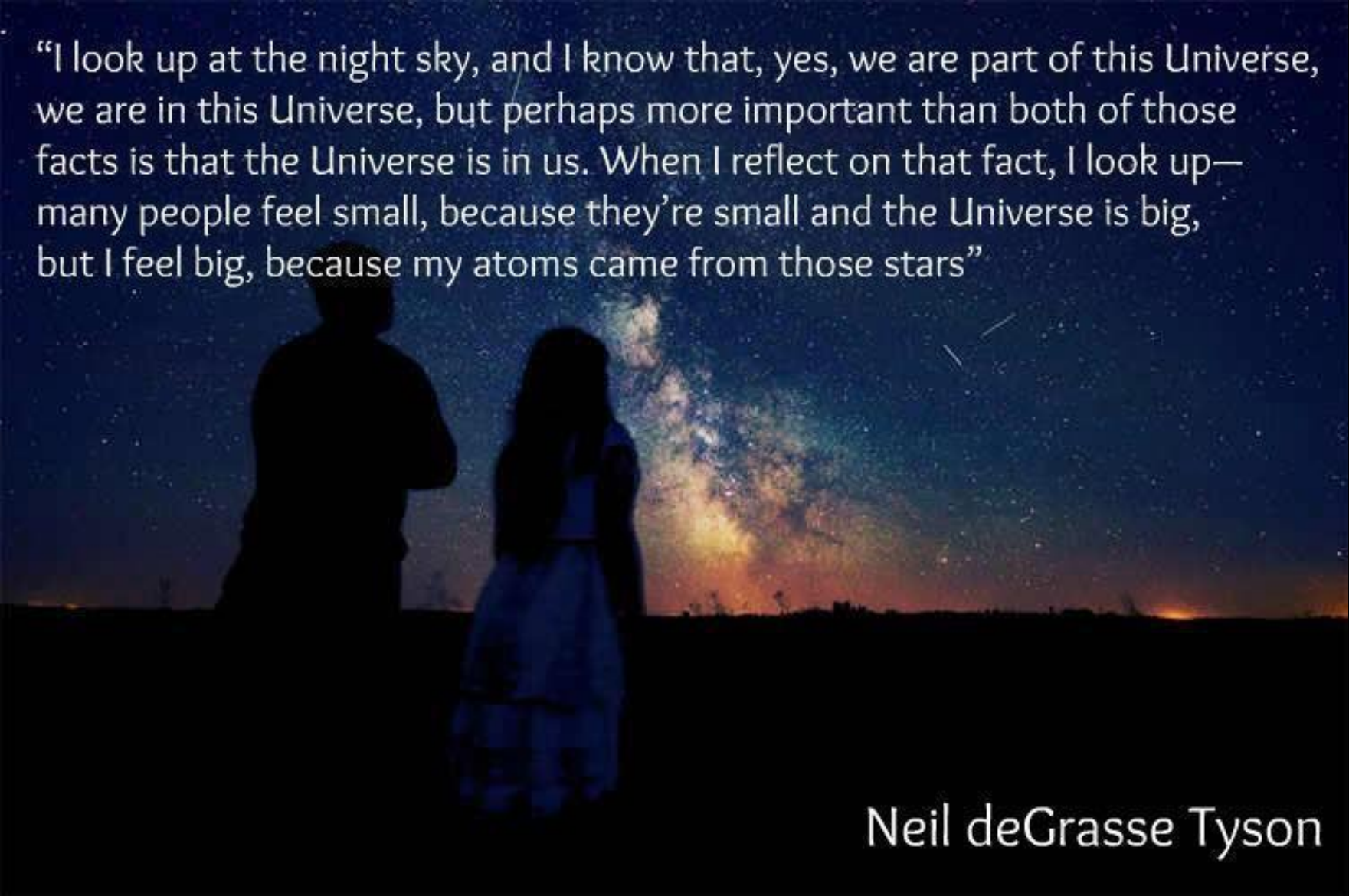
Zinc (trace amount)

Forms part of some enzymes involved in digestion.

Skąd pochodzimy?



WE ARE ALL
RECYCLED STARDUST

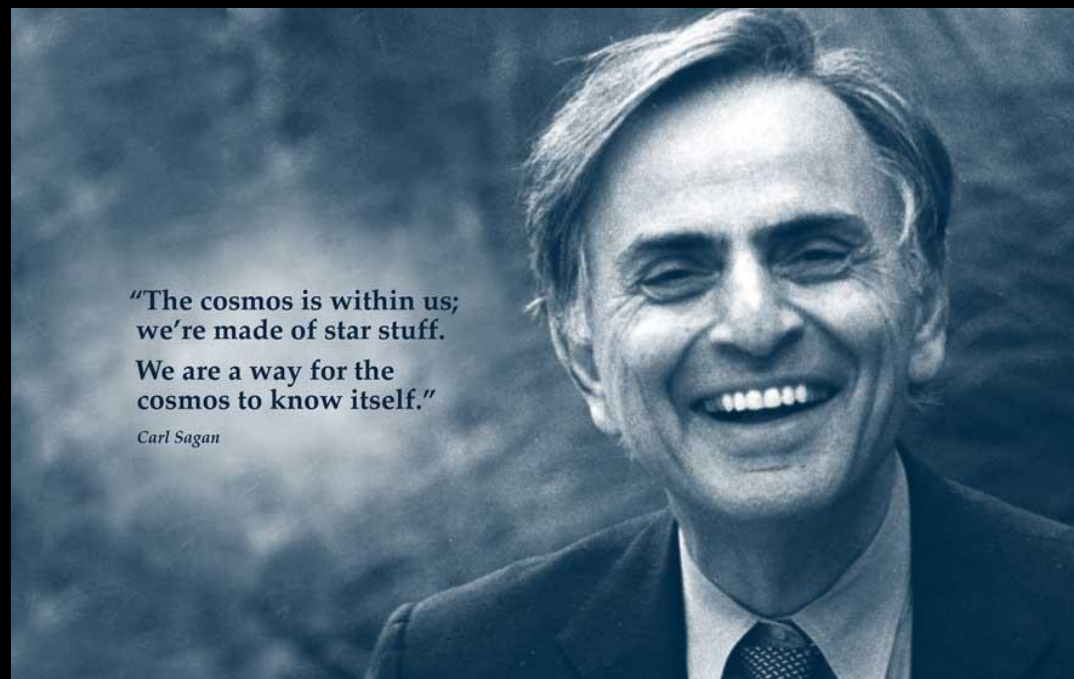
A photograph of a man and a woman standing in silhouette on a dark horizon, looking up at a night sky filled with stars and the Milky Way galaxy. The woman is wearing a light-colored dress. The sky is a deep blue with a bright, colorful band of the Milky Way stretching across it. The text is overlaid in the upper left corner.

“I look up at the night sky, and I know that, yes, we are part of this Universe, we are in this Universe, but perhaps more important than both of those facts is that the Universe is in us. When I reflect on that fact, I look up—many people feel small, because they’re small and the Universe is big, but I feel big, because my atoms came from those stars”

Neil deGrasse Tyson



I believe a leaf of grass is no less than
the journey-work of the stars.
Walt Whitman, Leaves of Grass(1855).



Cywilizacje albo wychodzą w kosmos, albo giną.



THIS IS YOU.

DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ!

Zapraszam na strony
internetowe
„Fizyka dla każdego”
dydaktyka.fizyka.umk.pl