

# Suvremena filozofija (3)

## Filozofija znanosti

Izv. prof. dr. sc. SANDRO SKANSI      ([sskansi@hrstud.hr](mailto:sskansi@hrstud.hr))

# Literatura

- 
- Staley, K. 2014. An Introduction to the Philosophy of Science. Cambridge University Press.
- Brown, J. R. 2008. Philosophy of Mathematics: A Contemporary Introduction to the World of Proofs and Pictures. Routledge
- Biljeske s predavanja i prezentacije

Jedan “zadatak”

**Can You Solve This Primary School Math  
Question From China? What Time Is It?**



Jos jedan “zadatak”



**The time  
is 10:48.**

The time is between...

- a) 3:00 and 4:00
- b) 6:00 and 7:00
- c) 8:00 and 9:00
- d) 10:00 and 11:00**

# Ograničenja

- Vidjeli smo da:
  - Na prvu, ovaj zadatak ima puno rješenja
  - Ali, jednom kada smo uočili **ograničenje** (eng. Constraint), sva osim jednog su otpala
  - Ograničenja jako smanjuju **prostor pretrage** (eng. Search space)
  - Može se reći da je osnovna zadaća znanosti **potraga za ograničenjima**
    - Stvari koje jučer nisu bile rješive danas jesu

# Povijest znanosti

- Počeci

- Ne zna se... zna se od kud potječu najraniji dokumenti o znanosti
- Popularno mišljenje: Znanost kao “objašnjenje svijeta” nadomještava mitologiju
  - Ali zašto? Mitologija daje “objašnjenje”
  - Ali ne daje:
    - Ograničenja (koja vode do rješenja)
    - Prediktivnost
    - Itd...
- Sumer: astronomija
- Egipat: geometrija
- Grčka...

# Grčka

- Eratosten
  - Mjerenje zemlje
- Euklid
  - Elementi
- Arhimed
  - Volumen/masa
- Aristotel
  - Znanosti
- Ptolomej
  - Epicikli i deferenti

# Rim

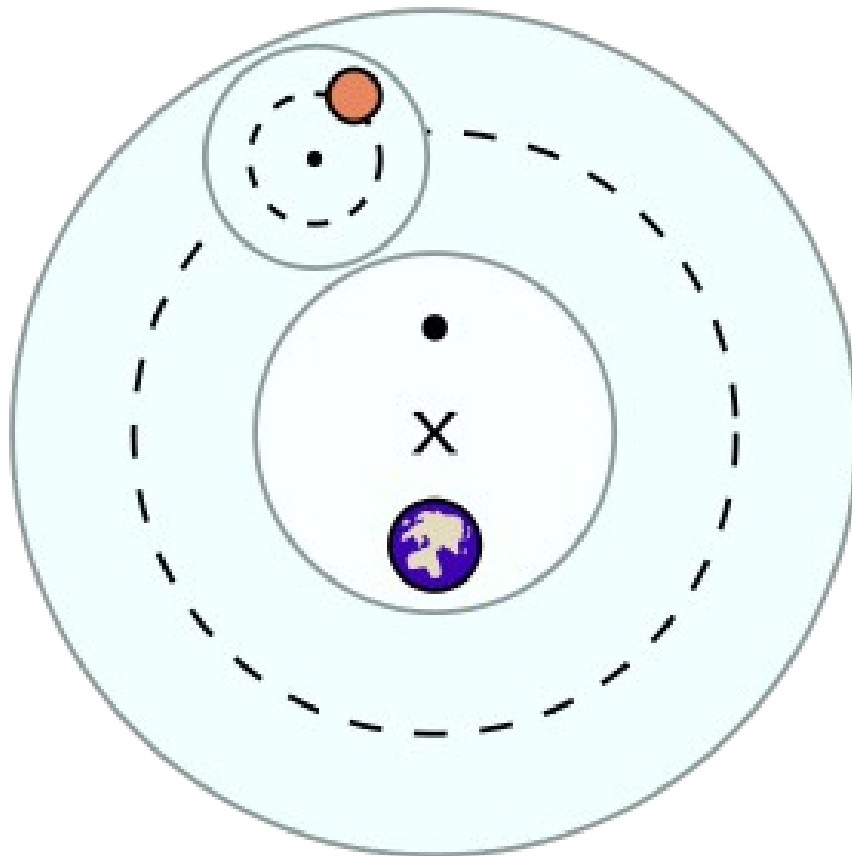
- Primjenjene discipline
  - **Gradevina**
    - Cestogradnja, akvedukti, statika
  - **Pravo**
    - Koncept zakona i prava kao osnove pravednosti
  - **Medicina**
    - Galen: 4 humora



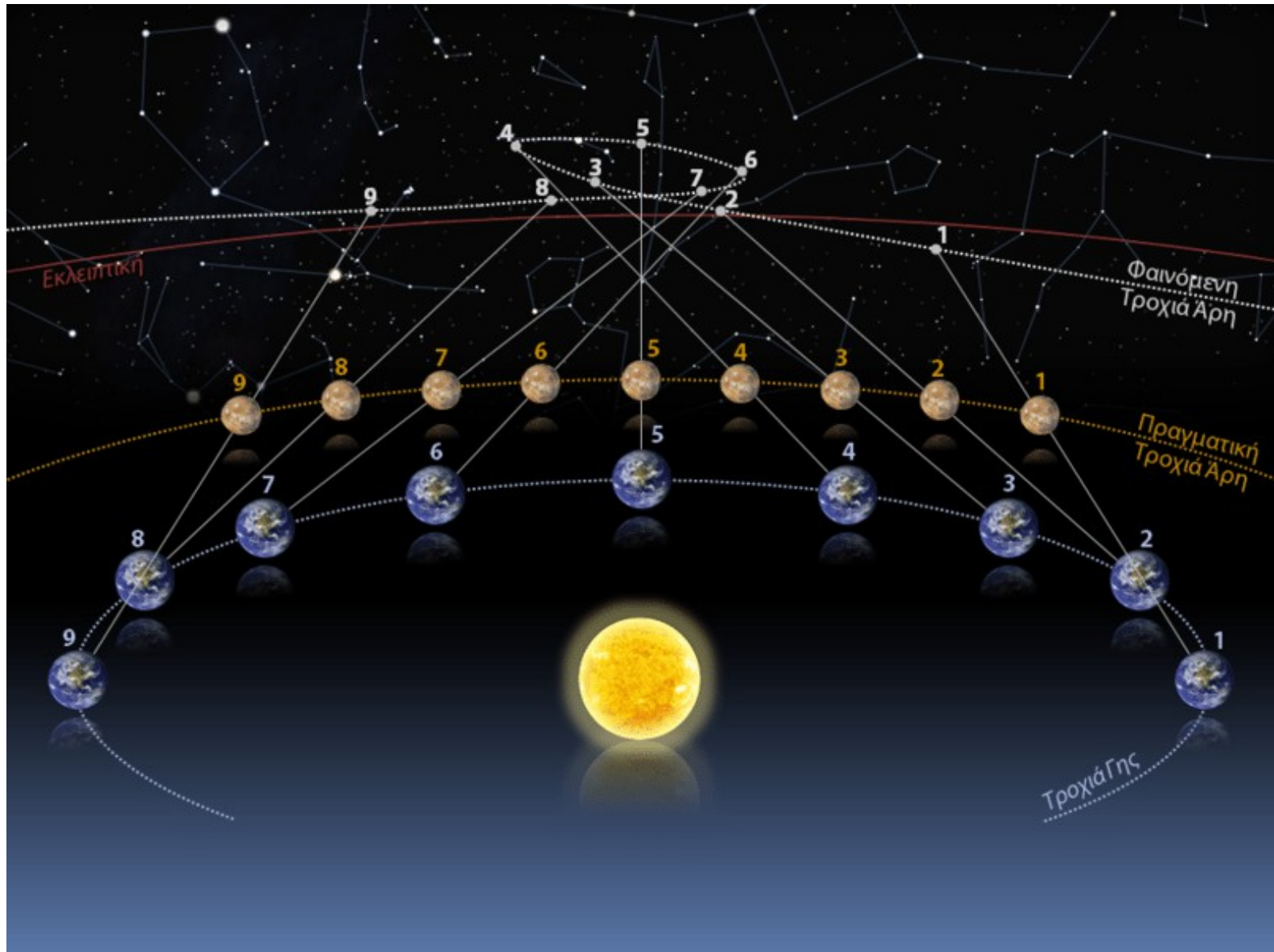
# Srednji vijek

- Gotovo nikakav razvoj
- Sistematizacija i konzervacija
- Ali, osnivanje sveučilišta:
  - Septem artes liberales (eng. Liberal arts):
    - Trivia: Retorika, gramatika, dijalektika
    - Quarivia: Aritmetika, geometrija, astronomija, glazba
    - Danas "Liberal arts" označava: filozofija, matematika, umjetnost, prirodne znanosti, društvene znanosti (sve osim medicine, prava, teologije i tehničkih znanosti)

Geocentricni sustav: deferenti i epicikli



# Zašto epicikli? Retrogradno gibanje Marsa



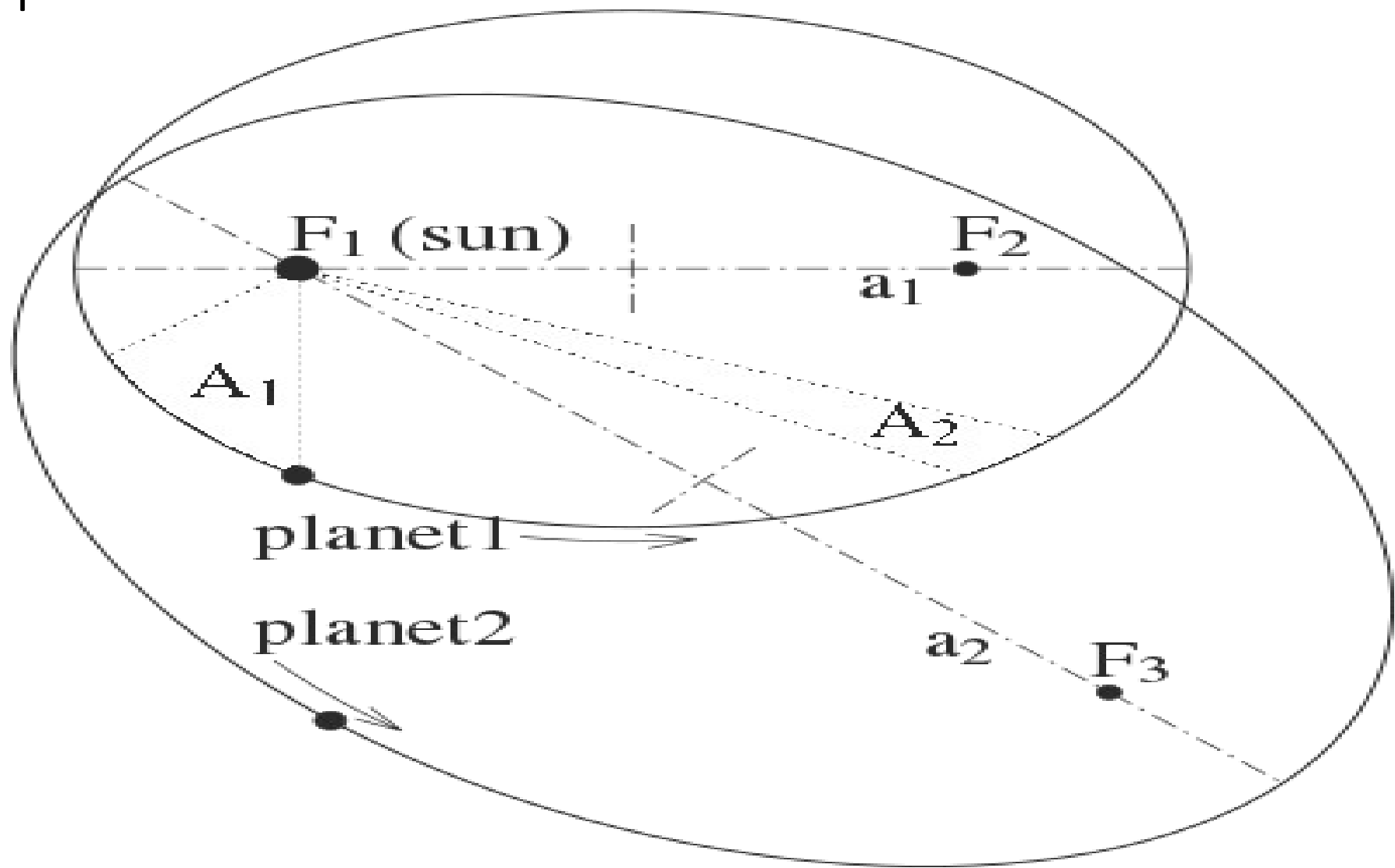
# Nikola Kopernik

- 1543: De revolutionibus orbium coelestium
- Heliocentrični sustav
- Problemi, bez epicikala, izračuni nisu funkcionirali
  - (zašto? Kepler...)
- Retrogradno gibanje nije više problem

# Johannes Kepler

- 1609: Astronomia nova
- Tri planetarna zakona:
  - Orbita planeta oko sunca je elipsa (sunce je u jednom od zarišta)
  - Dva pomaka koji jednako traju zatvaraju istu površinu sa suncem
  - Omjer vremena orbite dvaju planeta je omjer kvadrata i kuba njihovih “radijusa”

Kepler



# Tri velike teorije 20.stoljeća

- Teorija relativnosti:
  - Posebna relativnost
  - Opća relativnost
- Kvantna mehanika
- Teorija determinističkog kaosa

# Prije nego što krenemo dalje...

- Realizam vs instrumentalizam (antirealizam)
- Centralna tema filozofije znanosti
- Pitanje ontološkog statusa znanstvene teorije:
  - Je li neka znanstvena teorija *precizni opis* ili *funkcionalni model* stvarnosti?
  - Ovo tvori veliku razliku o tome je li neka teorija “istinita”
    - Npr. Geocentrizam s epiciklima i deferentima nije istinit u realističkom smislu (nije točan opis), ali je istinit u instrumentalističkom smislu (daje točna predviđanja)



# Tendencije znanosti za realizmom

- Znanost u principu sanja o realističkim teorijama, ali se zadovoljava s instrumentalističkim
- Zašto? Empirijska subdeterminiranost... ali o tome ćemo kasnije
- Današnje tri teorije su vrlo neobične s realističkog stajališta (posebno kvantna mehanika), ali s instrumentalističkog su “savršene”
- Realizam je sličan matematičkom platonizmu (ali i o tome više kasnije)

# Ponavljjanje

- Što je to brzina?
- Što je akceleracija?
- Što se događa kada na objekt djelujem konstantnom silom?
- Što se događa ako u imaginarnom vlaku koji se giba  $1\text{km/s}$  skočim u zrak na  $1\text{s}$ ? (btw rotacija zemlje je  $30\text{km/s}$ )
- Zašto je brzina uvijek to što je? Definirana je veličina... brzina u izvjesnom smislu ne postoji u svijetu, nego je ona “kombinacija”...

# Teorija relativnosti

- Albert Einstein, 1905. (Annus mirabilis):
  - Fotoelektrični efekt
  - Brownovo gibanje (difuzija čestica u tekućini)
  - Specijalna teorija relativnosti
- Einstein nije dobio Nobelovu nagradu za teoriju relativnosti, nego za fotoefekt (1921)
- Bio dobar osobni prijatelj s Kurtom Godelom

# Fotoefekt

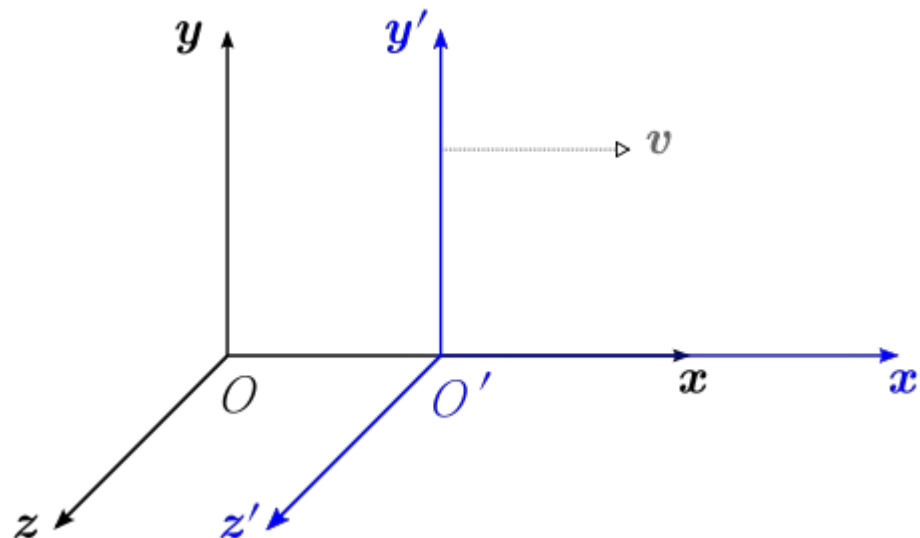
- Kada fotoni udaraju u materijal, materijal oslobađa elektrone
- Do tada se mislilo da je svjetlo val (još od Newtona, i posebno Maxa Plancka)
- Einstein je predložio da se smatra da je čestica, i onda su izračuni (koliko fotona daje koliko elektrona) bili točni

# Specijalna teorija relativnosti

- Zakoni fizike su invarijantni u svim inercijalnim sustavima (koji ne ubrzavaju) (1. postulat, jos od Galilea)
- Brzina svjetlosti oko 300000 km/s (ovo morate znati od sad pa na dalje)
- Brzina svjetlosti je konstantna i ona predstavlja najveću moguću brzinu (foton nema masu)
- Dakle, ako stojim i gađam nešto laserom, a netko juri u tom smjeru s nečim brzim i isto gađa isto mjesto laserom, brzina svjetla će biti ista—i njemu i meni! (2. postulat, novi)

# Specijalna teorija relativnosti

- Referentni okviri
  - Nema apsolutnog okvira, samo *relativno* ponašanje jednog okvira naspram drugog (**ovo morate znati objasniti—otkud ime teoriji relativnosti**)



# Specijalna teorija relativnosti

- Definirajmo neki događaj da ima koordinate u nekom sustavu  $S$  ( $x, y, z, t$ ), a u referentnom okviru (koji se kreće brzinom  $V$  u smjeru  $x$ ) ( $x', y', z', t'$ )
- Tada vrijede Lorenzove transformacije ( $L = (1 - v^2/c^2)^{-1/2}$ ):

$$t' = L(t - vx/c^2)$$

$$x' = L(x - vt)$$

$$y' = y$$

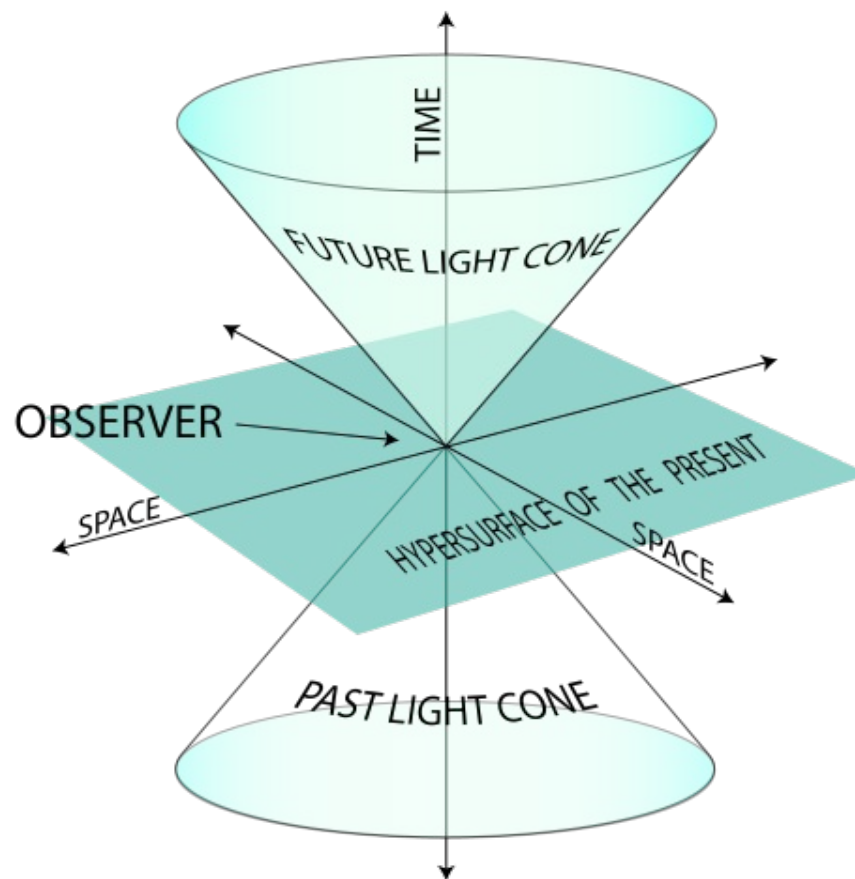
$$z' = z$$

# Zašto se to događa?

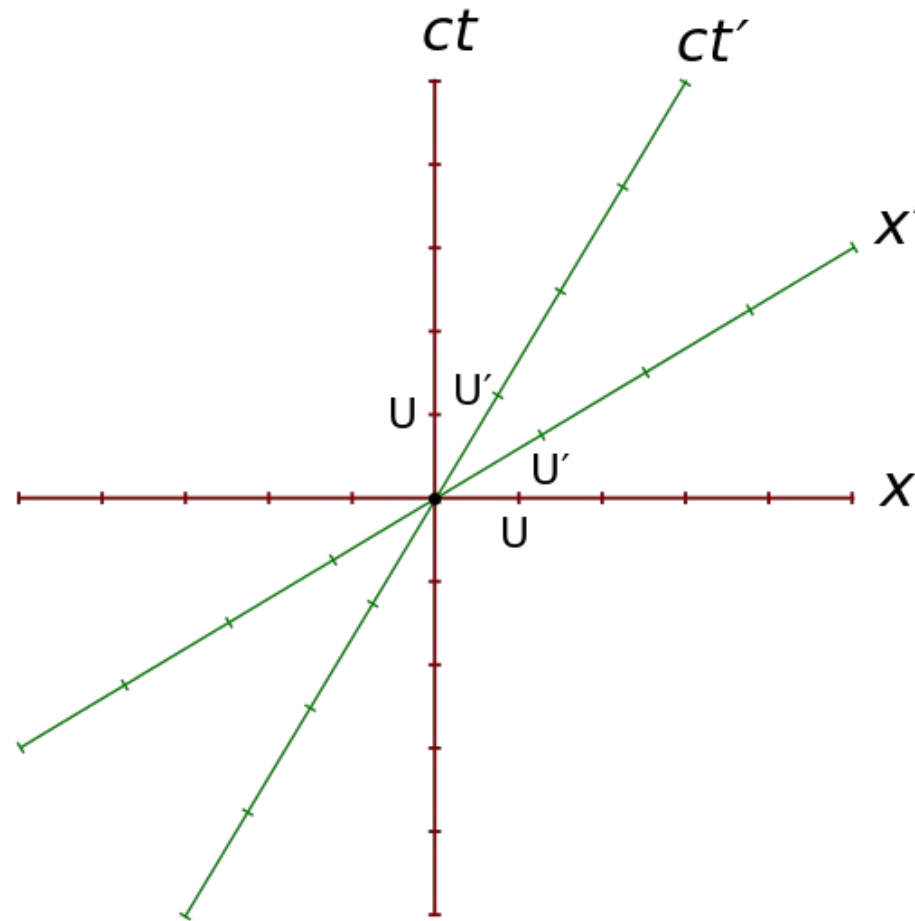
- Zato što prostor reagira s vremenom, odnosno oni tvore jednu cjelinu, prostorno-vremenski kontinuum
- Ovo je veliki pomak s obzirom na klasično shvaćanje svijeta
- Posljedice: dilatacija vremena, kontrakcija prostora, relativnost simultanih događaja, ekvivalentnost mase i energije



# Svjetlosni čunjevi



Što ako imamo dva okvira, a jedan se giba s obzirom na drugi?



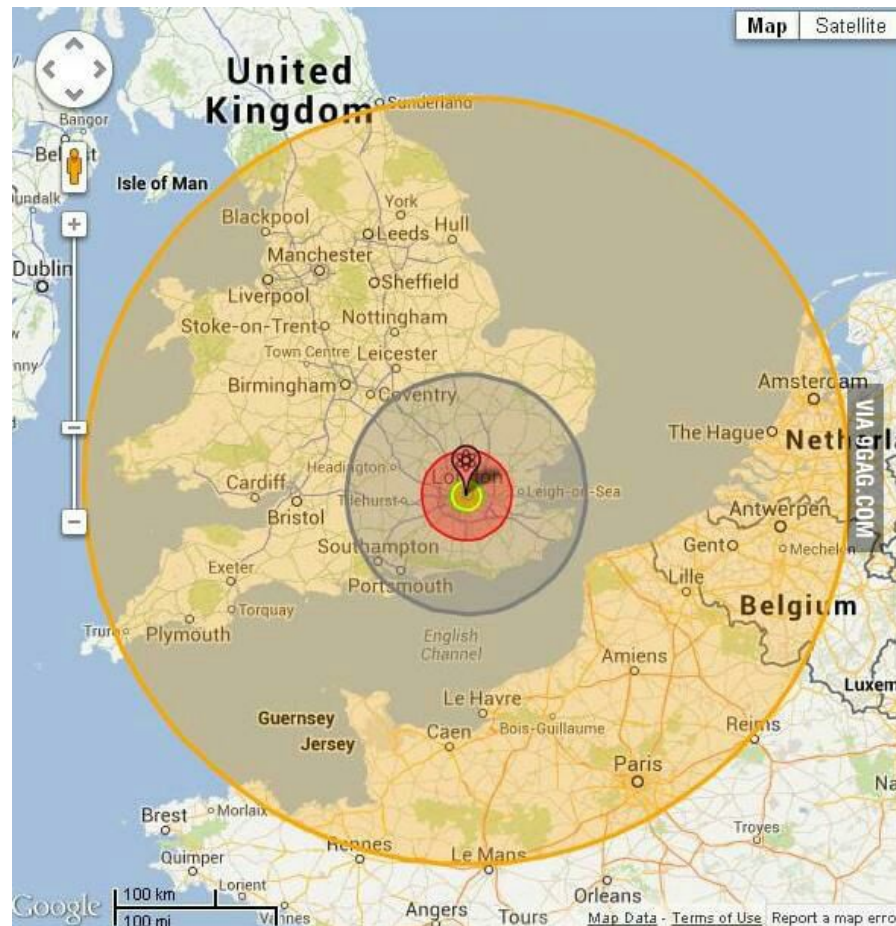
# Ekvivaletnost mase i energije

- Relativno složena posljedica simetrije prostora i vremena (ali sjetite se fotona bez mase (i bez inercije) koji se zato giba brzinom svjetlosti)
- Formulu znate:  $E=mc^2$
- Razmislite o tome koliko se energije oslobodi iz jednog kilograma mase... (i naravno  $J=kg\ m^2\ s^{-2}$ )... što mislite?
  - Kolika bi bila npr. eksplozija?

# Ekvivaletnost mase i energije

- $E=mc^2$ ,  $m=1\text{kg}$ ,  $c$  znamo,  $E=?$
- $c=300000\text{km/s}=300\,000\,000\text{ m/s}=3*10^8$
- $c^2=9*10^{16}=10^{17}$
- $E=1\text{kg}*10^{17}(\text{m/s})^2=10^{17}\text{ J}$
- Dodatno 1 kiloton= $4.2 * 10^9\text{ J}$ 
  - (zaokružimo na  $10^{10}\text{ J}$ )
- To znači da je od 1kg materije nastala energija od 100000000 kilotona odnosno 10000 megatona
- Za usporedbu, najjača nuklearna bomba ikada razvijena ima 50 megatona

# Radijus eksplozije Car bombe



# Napomena

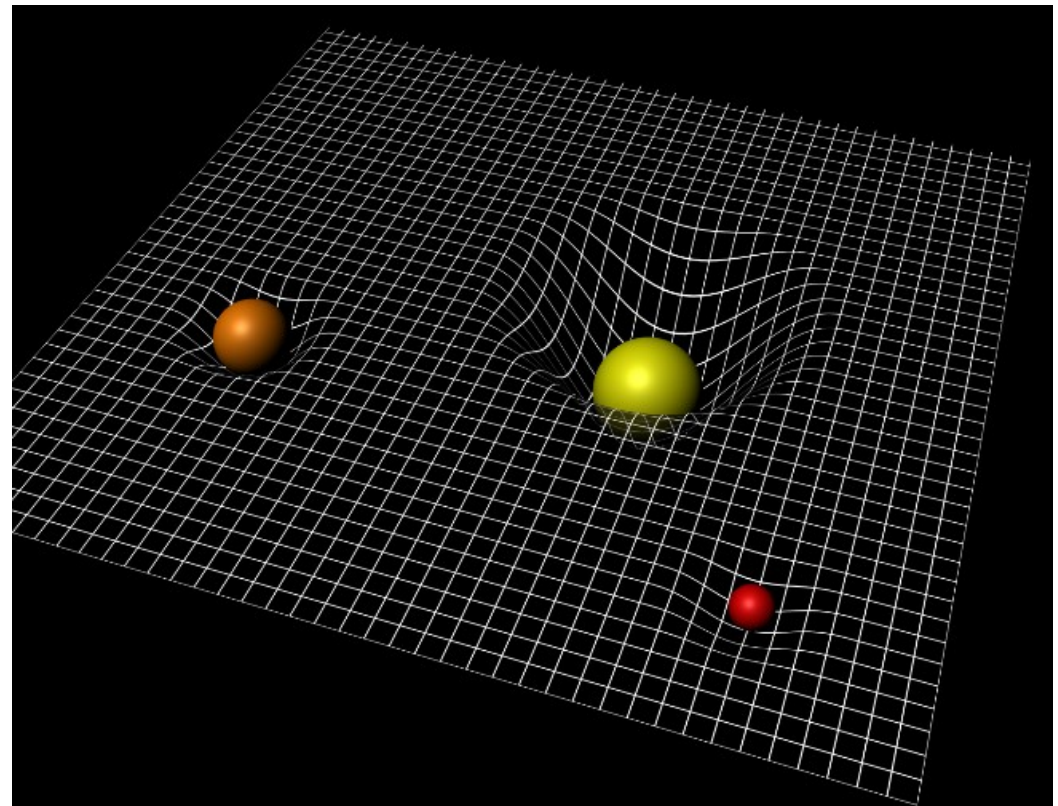
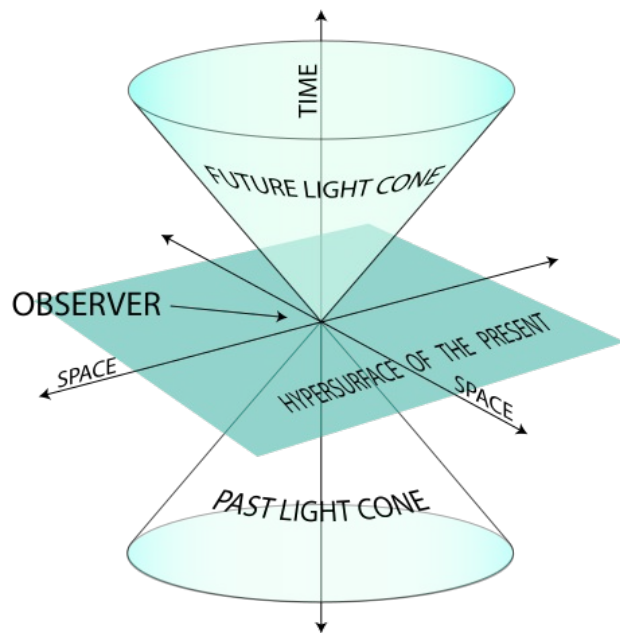
- Nemojte smetnuti s uma da ovo nije znanstvena fantastika, nego znanost-- (opis/model) naše stvarnosti!!

# Opca teorija relativnosti

- Specijalna teorija relativnosti je bila teorija relativnih okvira, koja se realizira u euklidskim prostorima
  - Mozemo reci da je ona teorija prostor-vremena, ili pak da je teorija svjetlosti
- Opca teorija relativnosti je geometrijska teorija gravitacije

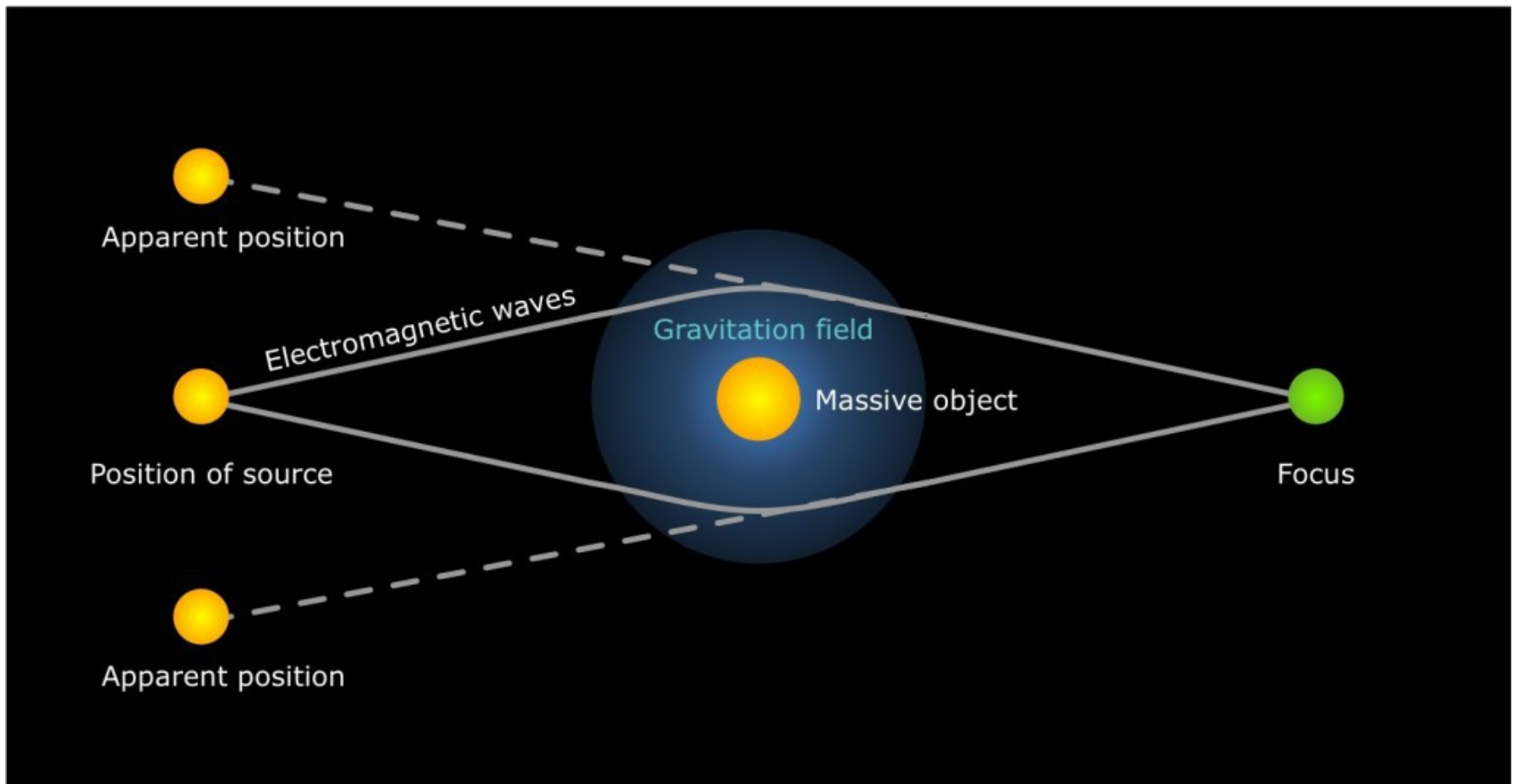
# Prostor i dimenzije

- Više nemamo posla samo sa svjetlosnim cunjevima, nego i sa zakrivljenoscu prostora





# Gravitational lensing

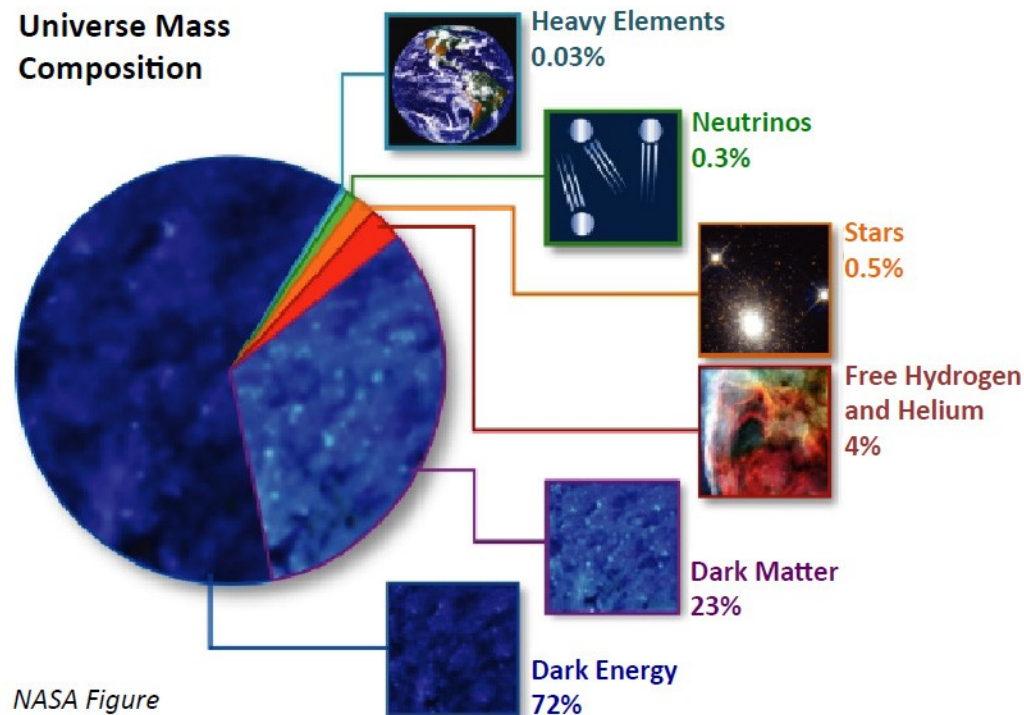


# Gravitacija

- Gravitacija više nije sila, nego je zakrivljenost prostor vremena (EFE-Einsteinove jednačbe polja)
- $G_{ab} = 8\pi G c^{-4} * T_{ab}$
- Ali, ovo bi opisivalo kontrakciju u svemiru. Einstein je zato na umjetan način dodao “kozmosku konstantu”  $\Lambda$  koja “popravlja” jednačbe polja:
- $G_{ab} = 8\pi G c^{-4} * T_{ab} - \Lambda$
- Ovaj model svemira se kasnije proširivao...

# Energetski sastav svemira

- Vec znamo da je  $E=mc^2$  (i to je ogroman pomak od klasicne fizike), pa govorimo zato o “energetskom sastavu svemira”



# $\Lambda$ CDM kozmoloski model

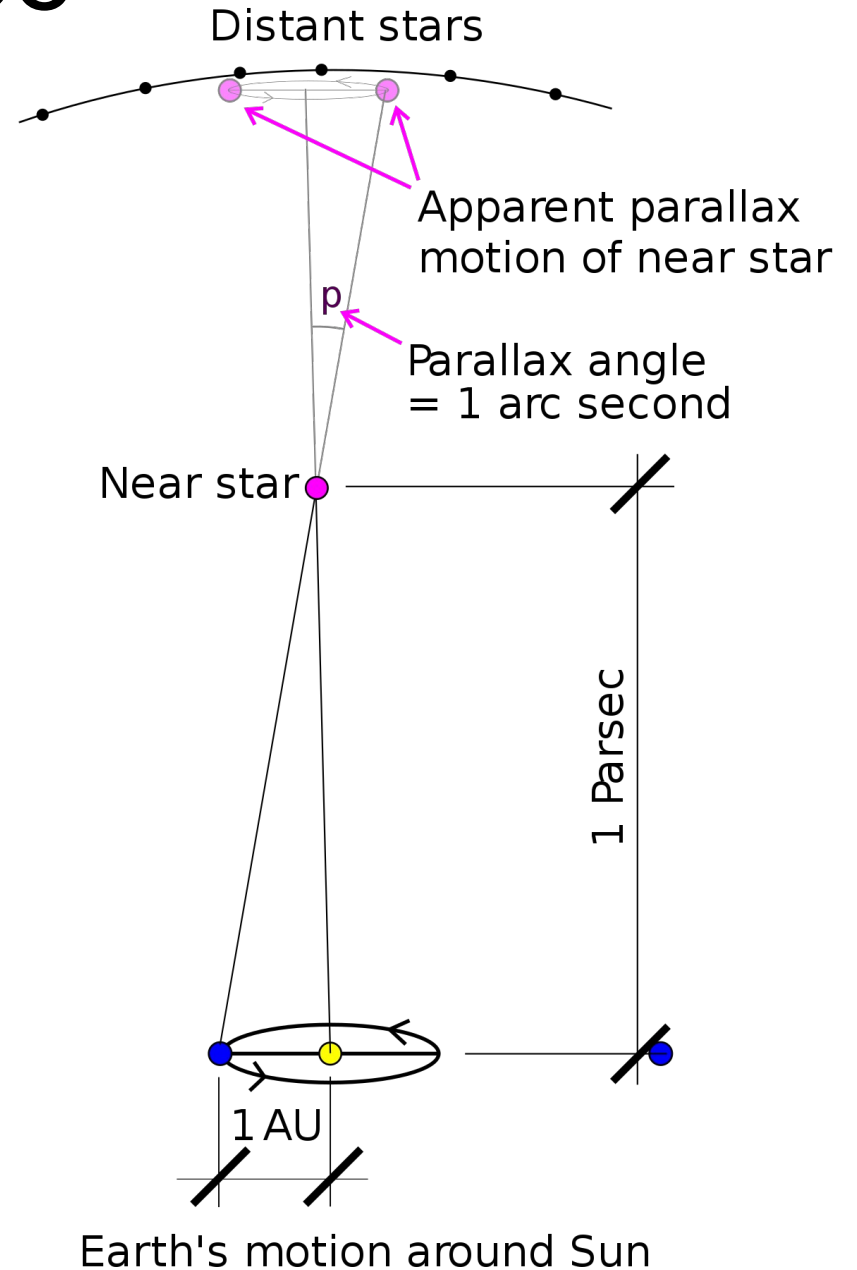
- $\Lambda$  vec znate
- CDM je “Cold Dark Matter”
- Tamna tvar: tvar koja ne postoji, ali se osjeca interakcija s njom (ima masu, ali se ne sastoji od bariona, nego od nekih neotkrivenih cestica)
  - Cold: cestice CDM-a se sporo kreću s obzirom na brzinu svjetla
- Tamna energija: energija za “držanje” otvorenog prostora —to je upravo onaj  $\Lambda$ 
  - Obje su prvenstveno teorijske ideje čije posljedice su eksperimentalno potvrđene
  - Ne promatraju se direktno, zato se zovu “tamna”

# Vazno: svjetlosna godina

- Mjera za udaljenost, kao i kilometar, a ne za vrijeme
- Simbol ly
- Iznosi  $9.4605284 \times 10^{15}$  m, mozete zaokruziti na  $10^{16}$  m

# Parsec

- Mjera udaljenosti
- = 3.26 ly
- Kako se definira --->



# Drake Equations

How it does work?

$$R^* \times f_p \times n_e \times f_i \times f_i \times f_c \times L = N$$

the average rate of star formation **every year** in our galaxy



the fraction of those stars that **have planets**



the average number of planets that can **support life** in star that has planets



the fraction of planets that **actually develop life**



the fraction of planets with life that actually go on to **develop intelligent life**



the fraction of intelligent life that release detectable **signs of their existence in space**



the expected lifetime of such a civilization for the **period that it can communicate** across the space



the number of civilizations in **our galaxy** with which communication might be possible



the following parameters are the **actual and hypothetical** values for the equation

$$7 \times 0,5 \times 2 \times 0,13 \times 0,01 \times 0,1 \times 10.000 = 23,1$$

The NASA and the European Space Agency calculate about **7 stars** are born every year

Observation of the stars that look like the sun, **20-60%** of these have planets

Using the Solar System as a reference, only **2 planets** match the condition for life.

The estimated number of planets where life evolved is **lower than 0,13** and is based on the evolution of life on Earth.

On other planets that evolve life, intelligent species might be **inevitable, but in reality lower** because with all the species on the Earth only one is intelligent

Observing the Earth, our signs in the space are really **tiny and hard to find**.

Based on the evolution of human civilization, where every culture takes the knowledge from the culture that came before, making the value for L potentially **billions of years**.

This result it's **really low**, considered the dimension of our galaxy. We are tiny and the chance of finding someone else are **infinitesimal**.

# Teorija determinističkog kaosa

- Teorija primjenjene matematike, srodna fraktalnoj geometriji:
  - Cantorov skup, Sierpinskijev trokut, Mandelbrotov skup
  - Sierpinskijev trokut ima topolosku dimenziju 2, ali Hausdorffovu dimenziju 1.5
- Tradicionalno se vjerovalo da mala promjena u početnim uvjetima rezultira u srazmjerno malim promjenama u rezultatu
- No ovo vrijedi samo za fenomene koji se opisuju linearnim modelima
  - Oni su iznimka u prirodi
- “Leptir mahne svojim krilima u Brazilu, i nastane tornado u Oklahomi”

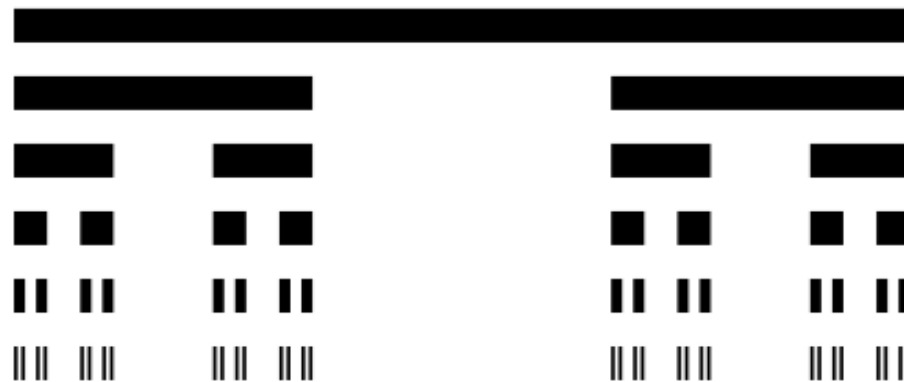


# Primjer kaotičnog sustava: Dvostruko klatno

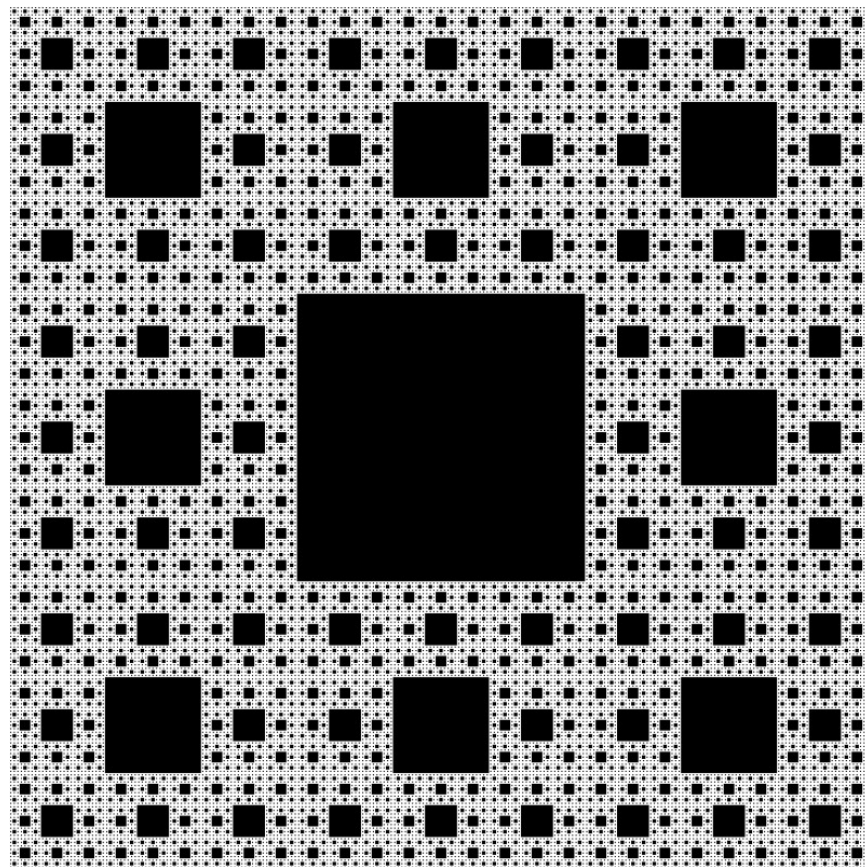
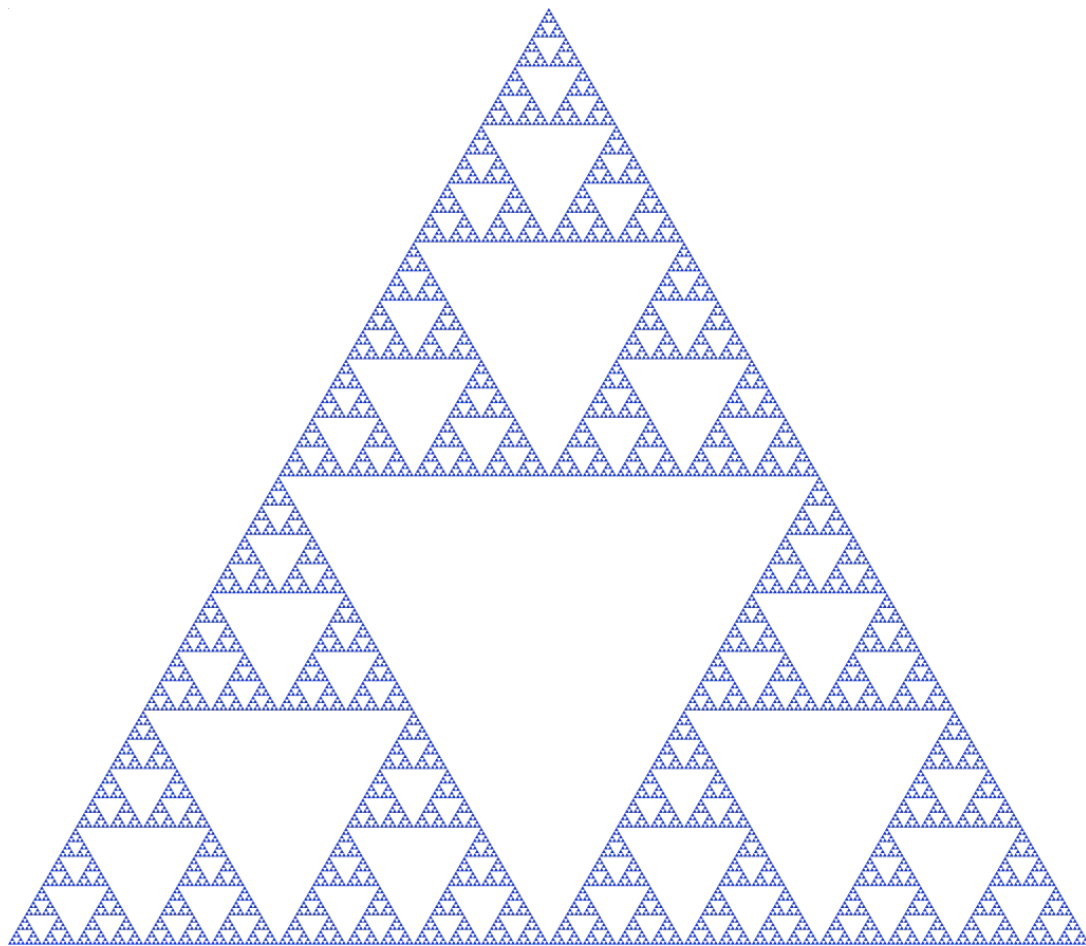


# Hausdorffova dimenzija

- Topoloska dimenzija (dimenzija prostora): maksimum svih pojedinačnih koraka iteracije procesa
- Hausdorffova dimenzija: “prosijek” dimenzije svih pojedinačnih koraka u iteraciji procesa



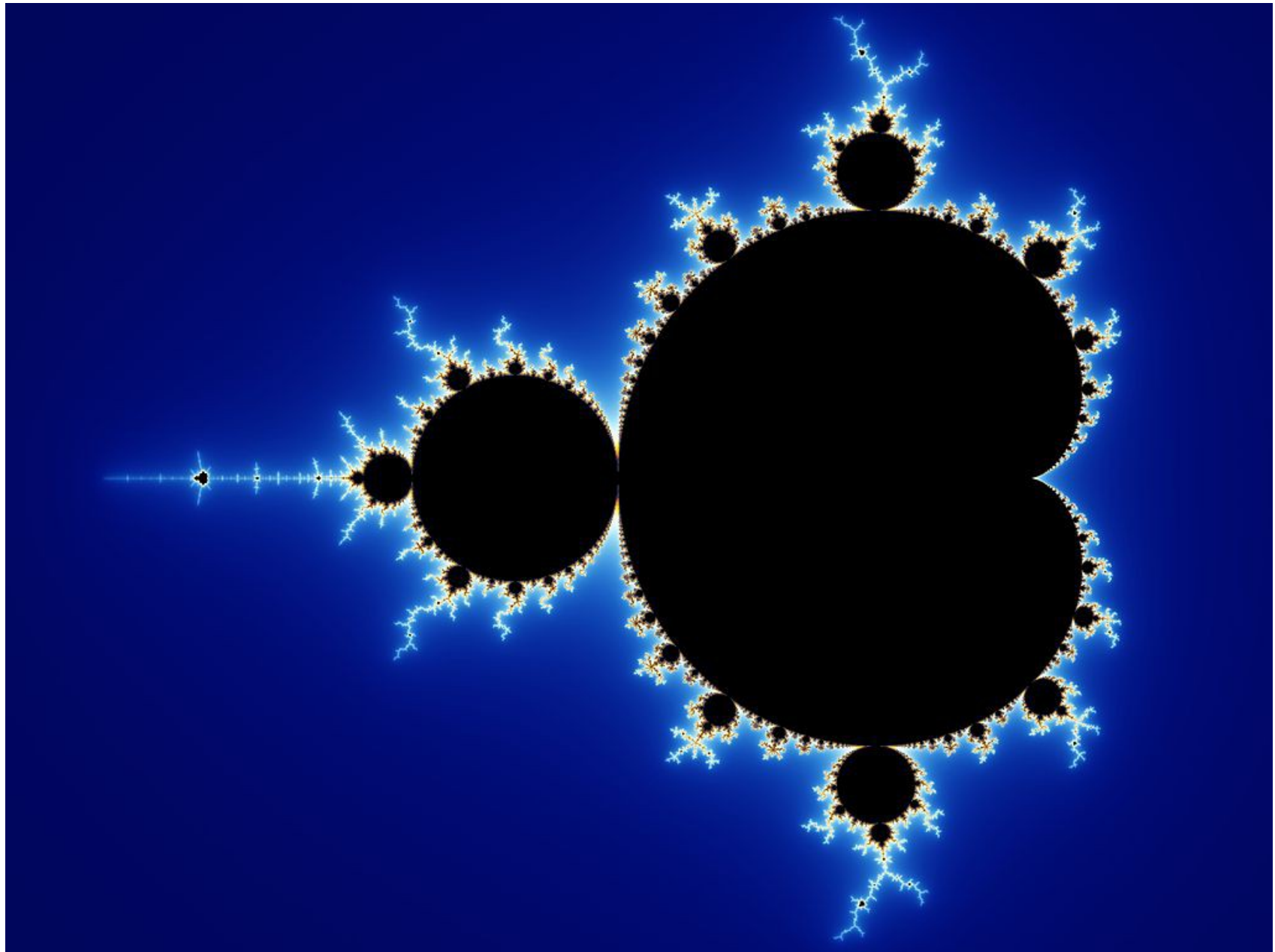
# Sierpinskijev trokut (1.5) i tepih (1.8)



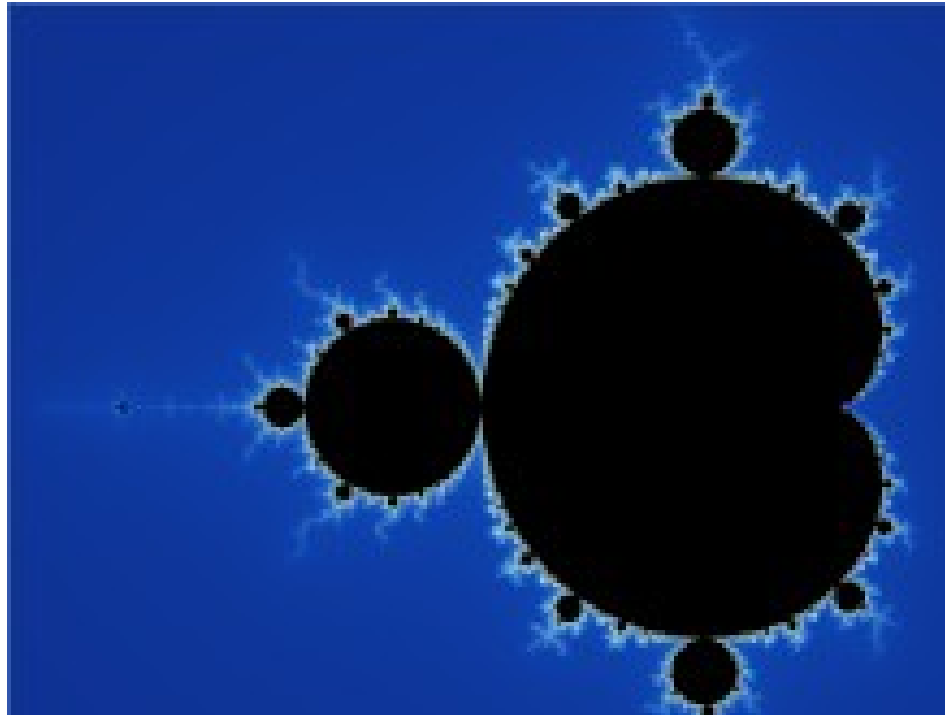
# Mandelbrotov skup (MS)

- Skolski primjer matematicke ljepote i kompleksnog ponasanja iz jednostavnih pravila
- $MS :=$  Skup kompleksnih brojeva  $c$  takvih da:
  - Imaju jednu funkciju:  $f_c(x) = x^2 + c$
  - Ti  $c$ -ovi su oni kompleksni brojevi za koje niz:  
 $|f_c(0)|, |f_c(f_c(0))|, |f_c(f_c(f_c(0))))|, \dots$   
je ograničen nekim brojem (ne raste u beskonacnost)
- $c = a + bi$ , crta se u 2D sustavu  $x = a, y = b$
- Crna su članovi skupa (detalji na <http://warp.povusers.org/Mandelbrot/>)

# Mandelbrotov skup



# Mandelbrotov skup



# Kvantna mehanika

- Opisuje energetske/materijalne fenomene na najmanjim objektima
- Nastala postepeno da objasni eksperimentalna opazanja koja se nisu mogla objasniti klasicnom mehanikom (jedan od tih fenomena je bio fotoelektricni efekt)
- Planckova konstanta je **kvant** energije:  
 $E = h \cdot \text{frekvencija}$
- $h = 6.62 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$

# Osnovne ideje kvantne mehanike

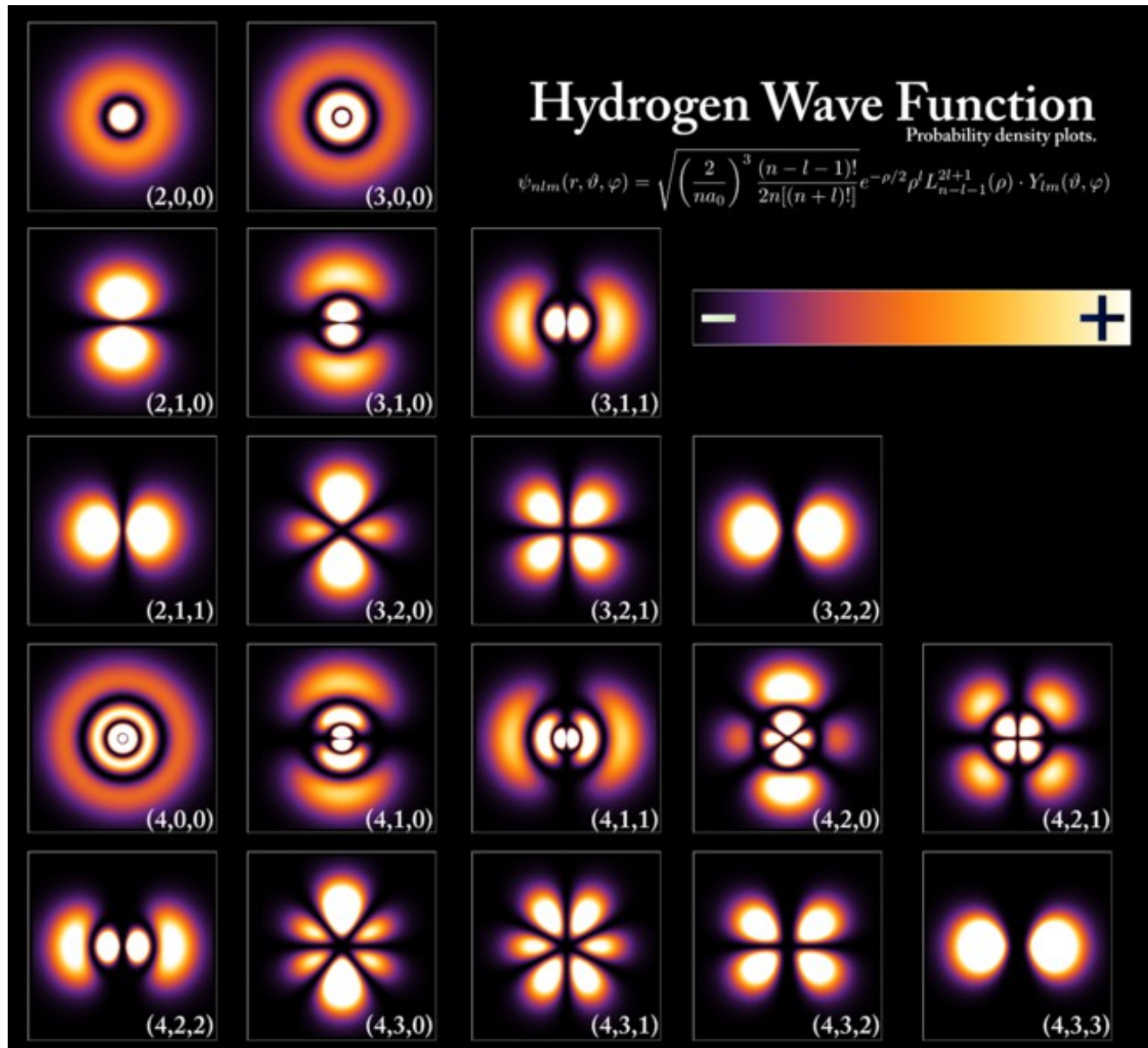
- Fizičke veličine su diskretne a ne kontinuirane
- Najbolji mjerac je svjetlo, ali kada mjerimo, mi mijenjamo mikrosvemir, tako da moramo te efekte mjerenja moći “oduzeti” od izmjerene
-



# Valne funkcije

- Govore koja je vjerojatnost nalaska subbarionske cestice na nekom mjestu:
- Ovisi o energiji cestice (i o jos nekim parametrima)

# Valne funkcije 2



# Nacelo neizvjesnosti

- 1927 Werner Heisenberg
- Moguce je utvrditi precizno ili poziciju ili smjer neke cestice, ali ne oboje
- Ovo je nacelna limitacija koja vrijedi za subbarionske cestice
- Kopenhasko tumacenje (Neils Bohr, W. Heisenberg):
  - Cestice **nemaju** fizicka svojstva prije mjerenja
  - Mjerenje **uzrokuje** kolaps valne funkcije na jedno konkretno mjesto

# Logicki pozitivizam

- Becki krug: Rudolf Carnap, Kurt Gödel, Hans Hahn, Otto Neurath, Moritz Schlick...
- Jedinstvena znanost
- Metafizika i filozofija su bespotrebni:
  - Treba logika/matematika i empirijske znanosti
  - Metafizika je pseudoznanost (nije znanost)
  - Logika je deduktivna, empirijske znanosti induktivne i one su sve što je potrebno
    - Logicki pozitivizam ili logicki empirizam

# Verifikacionizam

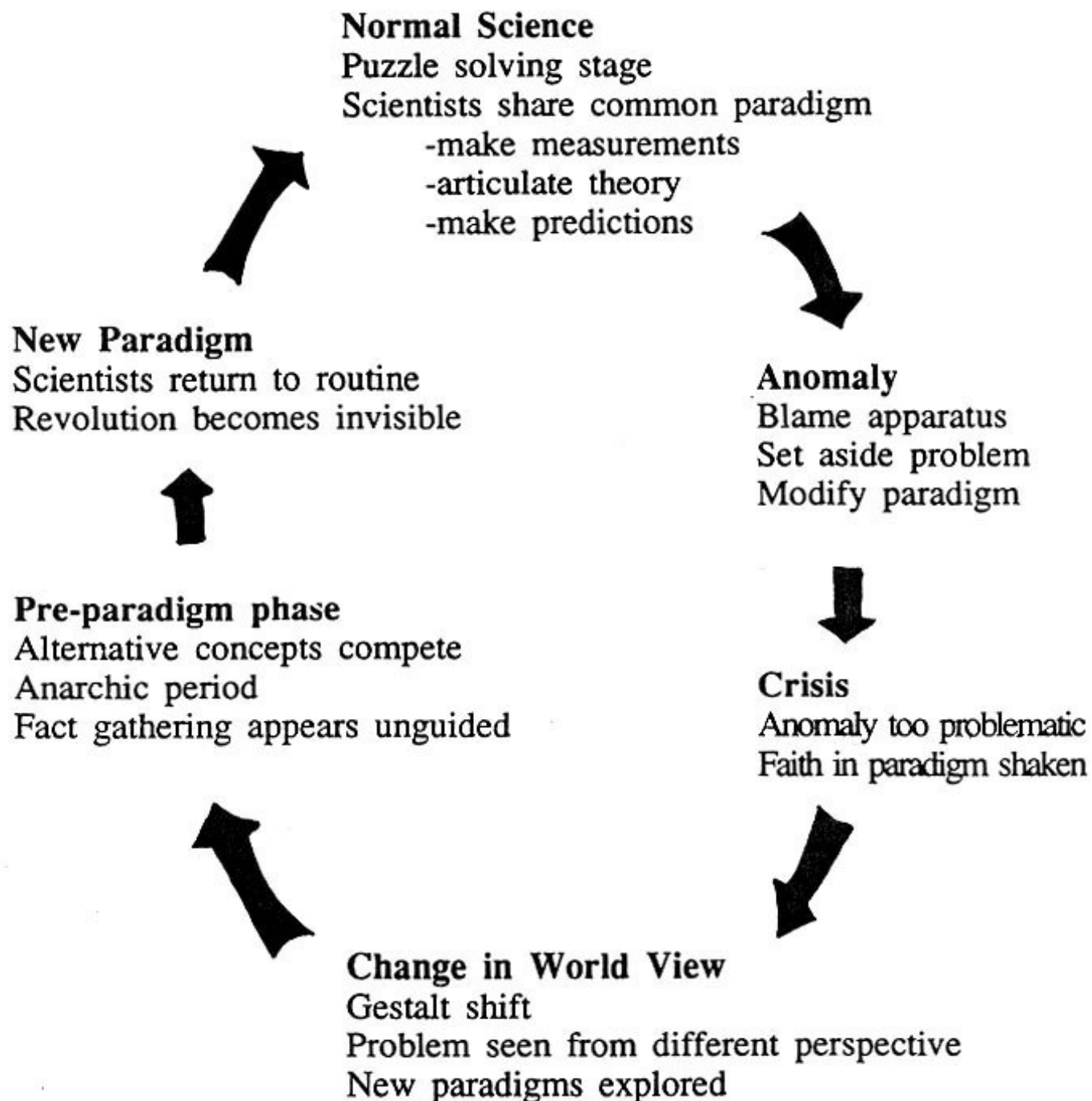
- Logika i matematika su isključene, tice se empirijskih znanosti...
- Ono što neku teoriju čini znanstvenom je to da ju možemo verificirati
  - Formuliramo znanstvenu teoriju na temelju nekih opažanja i tražimo daljnja opažanja koja potvrđuju teoriju
- Problem: sve univerzalne tvrdnje se ne mogu empirijski verificirati, pa je verifikacionizam prezahtjevan
  - Npr. Empirijski utvrdi točno značenje riječi “boca”

# Falsifikacionizam

- Karl Popper
- Tice se empirijskih znanosti...
- Znanstvena teorija treba biti opovrgljiva u nekim uvjetima
  - To su one stvari o kojima teorija ne govori
  - Teorije koje su univerzalno točne i nisu podložne falsifikaciji su pseudoznanost
  - “[Neka je zivotinja A sisavac i neka je A zenka i neka je A pred potomstvom]. Svaka zivotinja A rada zive potomke.”
- Znanost napreduje odbacivanjem falsificiranih teorija
  - Nova teorija ima veću eksplanatornu moc nego stara

# Promjena paradigmi

- Thomas Kuhn
- Promjena teorija nije takva. Nova teorija nema nužno jacu eksplanatornu moc od stare
- Promjena (empirijskih) znanstvenih teorija je promjena paradigmi: periodicne revolucije, gdje se mijenja stari nacin gledanja s novim
- Nije moguće usporediti dvije paradigme, nego je odluka stvar njihove reasirenosti, a ne racionalnog odabira s obzirom na eksplanatornu moc





# Empirijska subdeterminiranost znanstvenih teorija

- Quine
- Ako uzmemo da se znanstvena teorija empiriski verificira (pa ako ne uspije onda se odbacuje) imamo odmah problem
- T je teorija, i ona je konjunkcija nekih “recenica”
  - $((t_1, t_2, t_3, \dots$
- Q je stvarnost

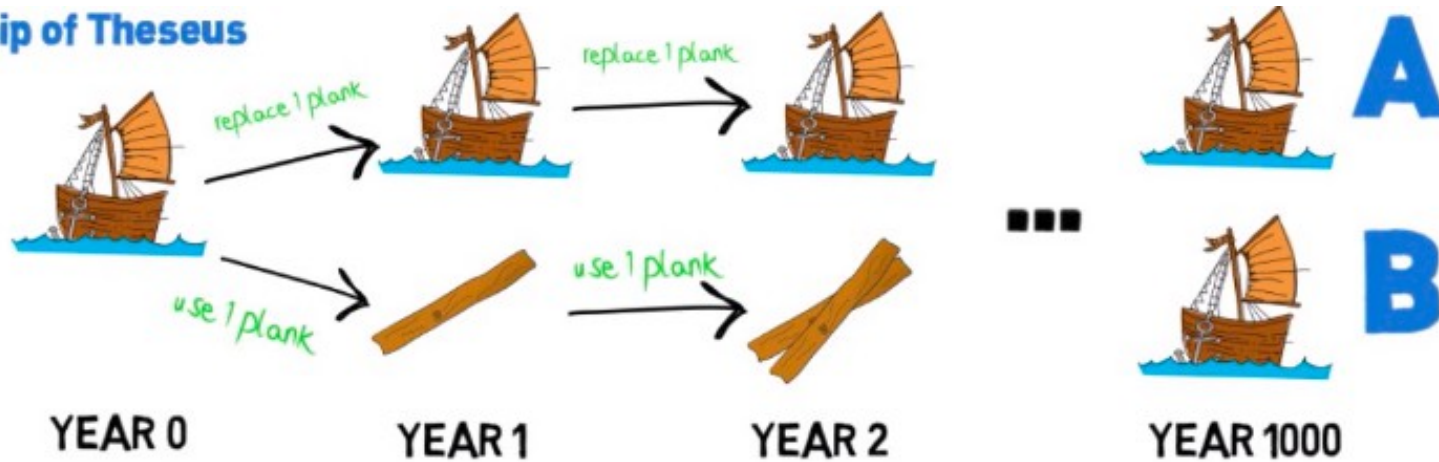
# Subdeterminiranost

- Ako zelimo reci da teorija predvidja neko stanje stvari, ispravna formalizacija je:
  - $T \Rightarrow Q$
  - Ali, to znaci  $(t1 \wedge t2 \wedge t3 \wedge \dots) \Rightarrow Q$
  - Da bismo falsificirali teoriju, trazimo  $\neg Q$
  - Ali, onda slijedi  $\neg T$ , odnosno  $\neg t1$  v  $\neg t2$  v  $\neg t3 \dots$
  - Odnosno, ne znamo koja recenica je kriva. Da bismo to otkrili neophodan je vrlo strogi oblik realizma, gdje se  $Q$  sastoji od  $q1$ ,  $q2$ , itd. I oni ODGOVARAJU redom  $t1, t2, t3 \dots$
  - Kako smo napomenuli, realizam u danasnjoj znanosti je skoro u potpunosti nestao...
  - Zato znanstvene teorije najcesce nije moguće “revidirati” nego samo prosiriti, a ako prosirenje ne uspije, dolazi do smjene paradigme.

# Misaoni eksperimenti

- Cesto se navode kao dio filozofije znanosti, no oni su dio filozofije a ne (eksperimentalnih) znanosti
- Tezejev brod
- Schrodingerova macka
- Kineska soba

## Ship of Theseus



Ship of Theseus = A ?  
 Ship of Theseus = B ?

