

Osluškivanje svemira zvučnim skulpturama

Dr. Edi Bon, viši naučni saradnik na Astronomskoj opservatoriji u Beogradu
Doc. Ivan Bon, Fakultet savremenih umetnosti u Beogradu

Tema:

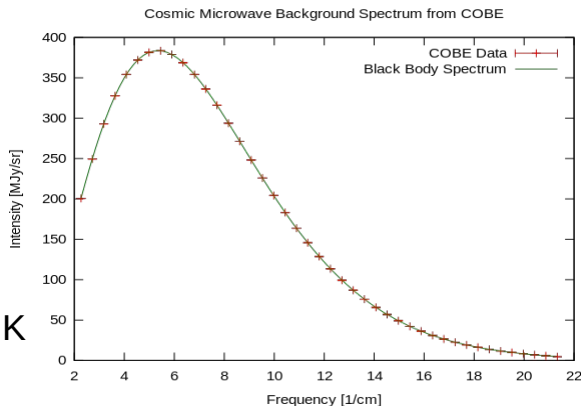
Ovaj projekat je zamišljen kao kreativni spoj nauke i umetnosti.

- Baziran je na nedovoljno poznatoj činjenici da svaki radio prijemnik može da prima signale iz svemira, kada je podešen van frekvencije na kojoj se nalazi emisija zemaljskih radio stanica, u kom slučaju prijemnik prima radio šum iz drevnih epoha vrlo blizu Velikom prasku, odnosno prima zračenje staro 13.7 milijardi godina.
- Akustičko osluškivanje skulpturama vrši se pomoću antene i radio prijemnika u zvučnim skulpturama, koje svojim oblikom podsećaju na stare radio teleskope u obliku roga (tzv. "horn" antene), koje su korišćene za pronalazak pozadinskog mikrotalasnog zračenja.
- Pretvaranje ovog signala u zvuk, koji slušamo iz skulptura, zapravo simbolizuje prve akustičke talase u svemiru, nastale u barion-fotonskoj plazmi ranog univerzuma.
- Ovi talasi su ostali zamrznuti u slici pozadinskog zračenja u trenutku kada je svemir postao prozračan, a vidimo ih na filamentima velikih struktura svemira.

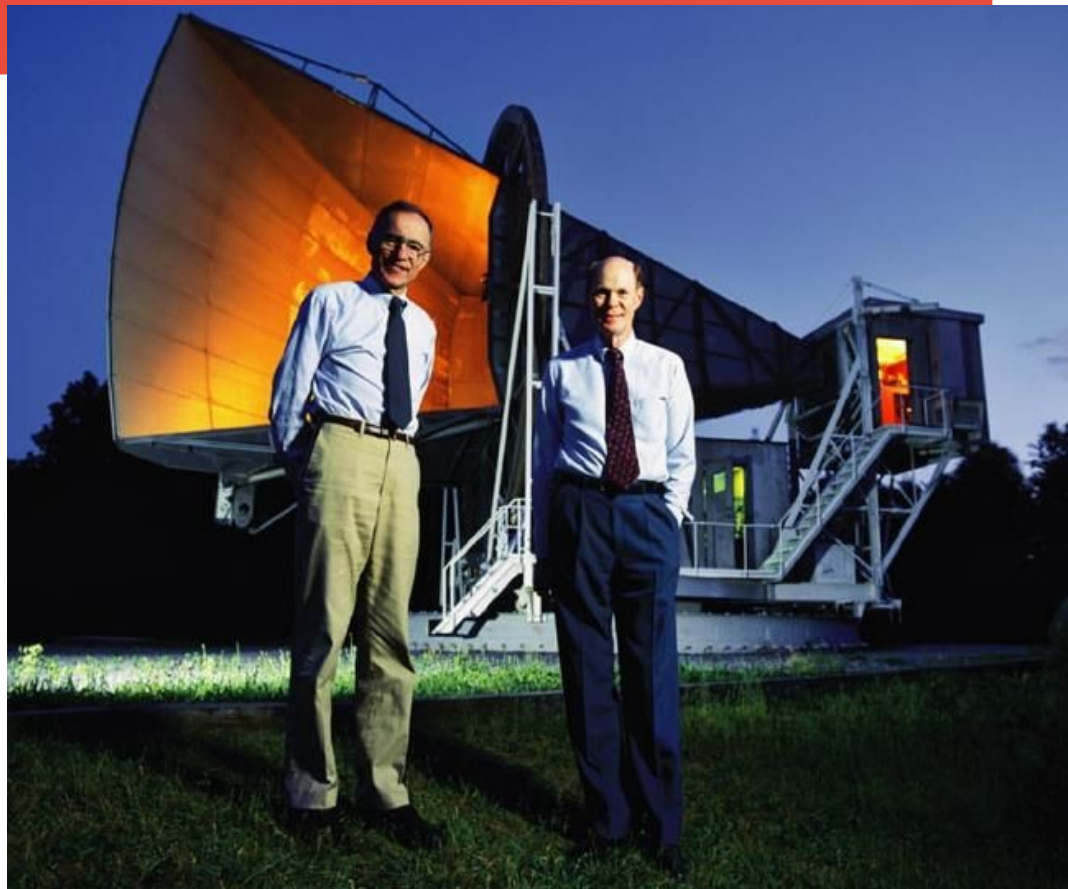
Kosmičko pozadinsko zračenje

Cosmic microwave background (CMB)

- Prvi su ga detektovali Arno Penzias i Robert Wilson (1964), kao pozadinski šum temperature od oko 3K (za to su dobili Nobelovu nagradu 1978. godine, i pored toga što nisu znali šta su zapravo detektovali)
- Koristili su usmerenu, tzv. “horn” radio-teleskop antenu (horn antenna je nazvana tako zbog svoje sličnosti sa oblikom roga) na brdu Holmsdejl u Nju Džersiju.
- Objašnjenje porekla ovog šuma su dali Dickie and Peebles i to objavili u istom broju ApJ u kome je izašao rad o detekciji tog zračenja.



Spektar crnog tela na 2.7 K

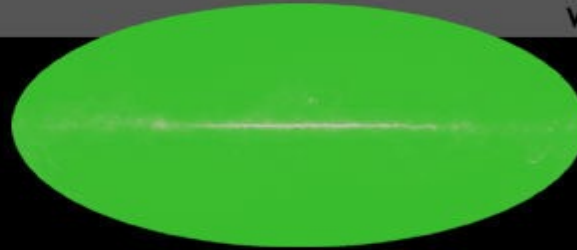


Pozadinsko mikrotalasno zračenje

1965

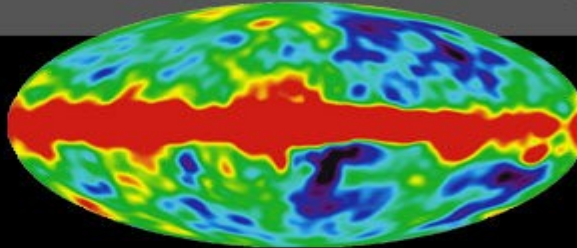


Penzias and
Wilson



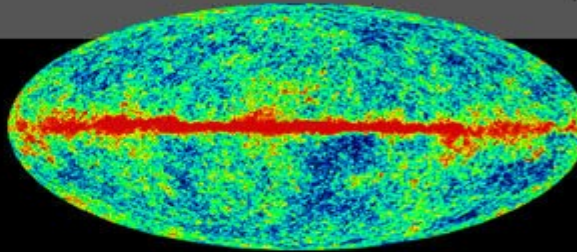
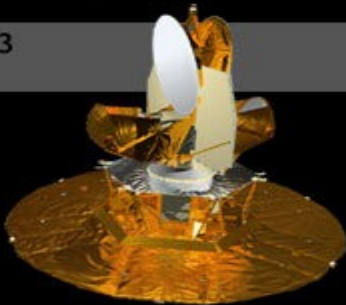
1992

COBE

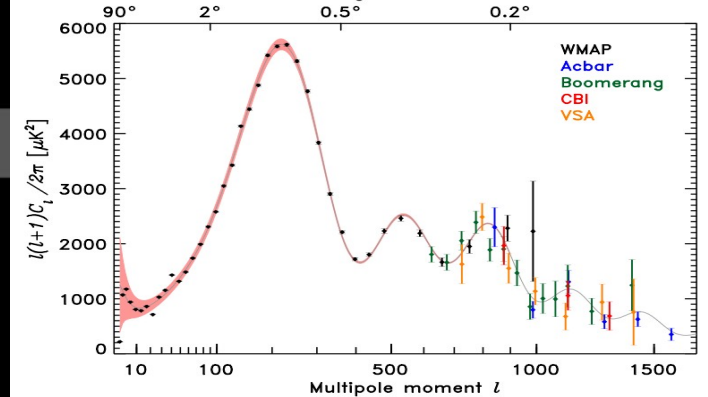
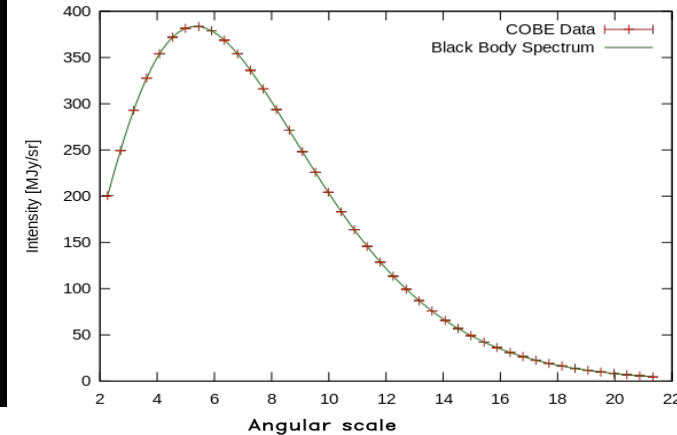


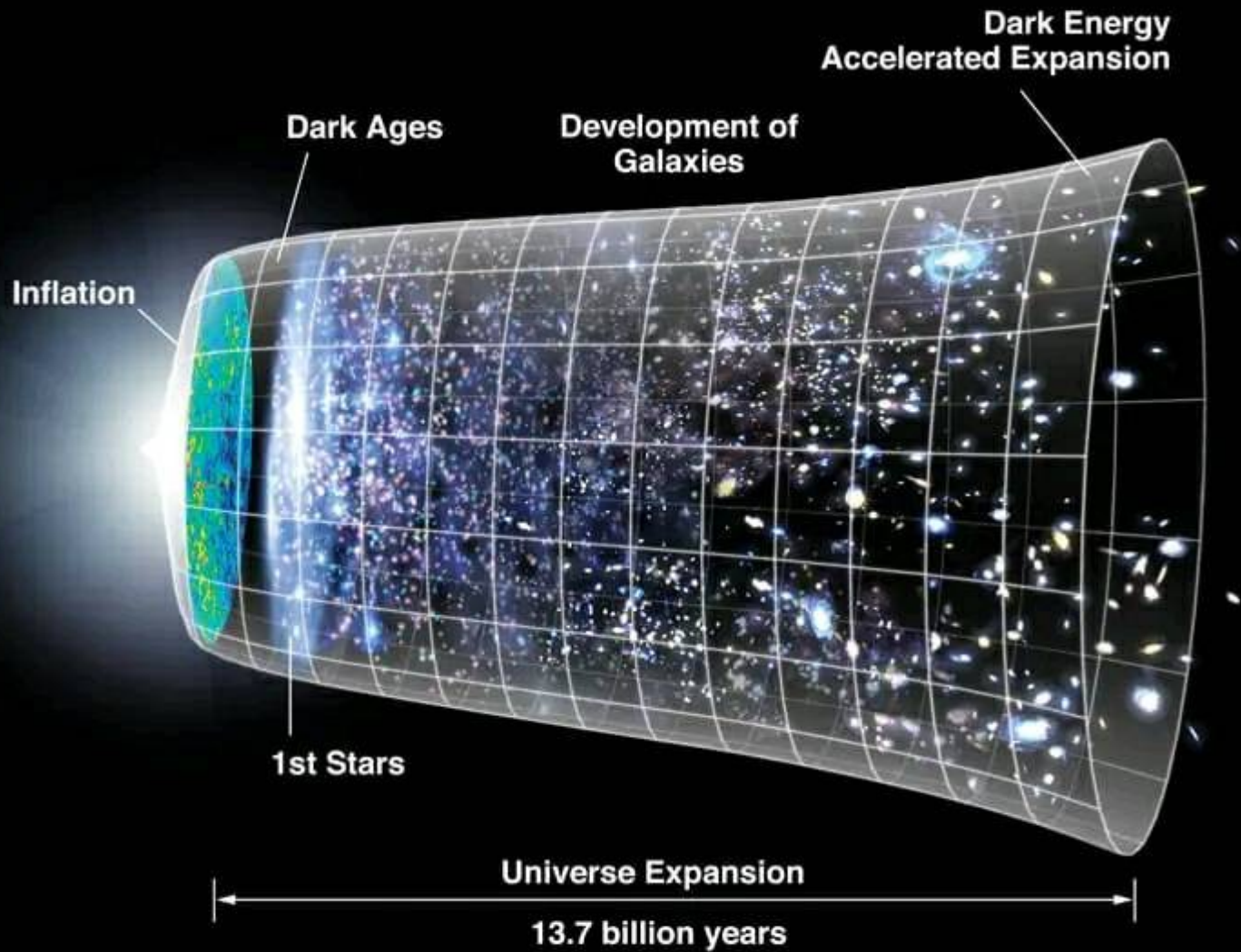
2003

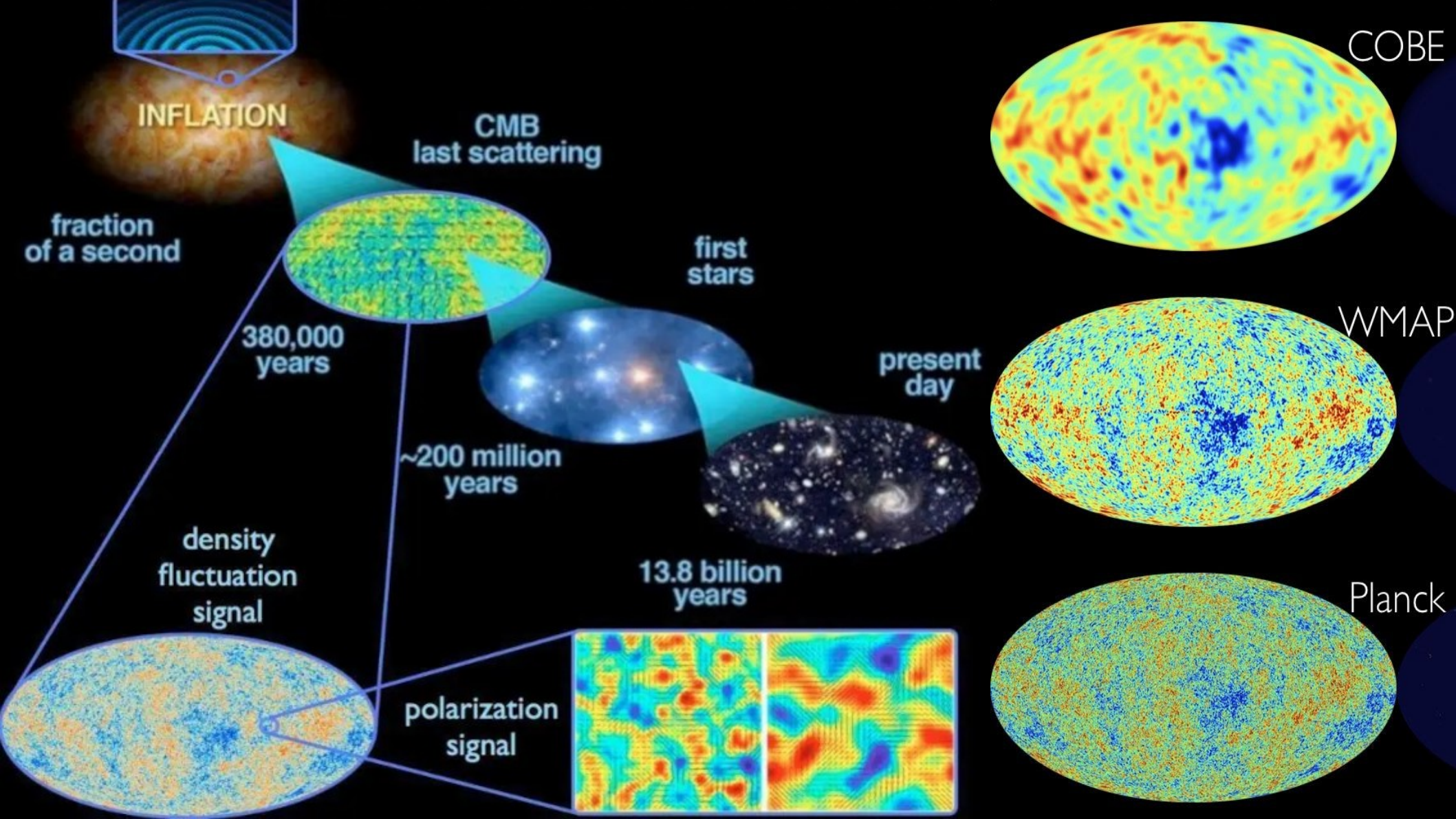
WMAP



Cosmic Microwave Background Spectrum from COBE



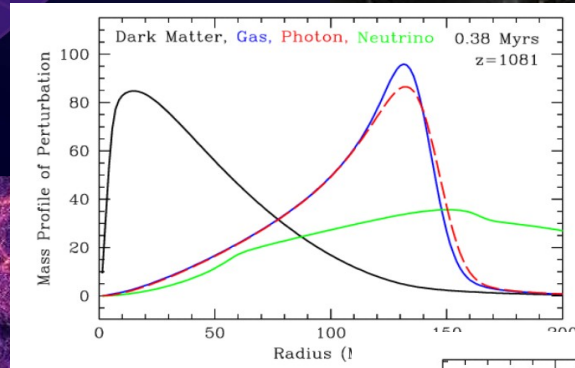
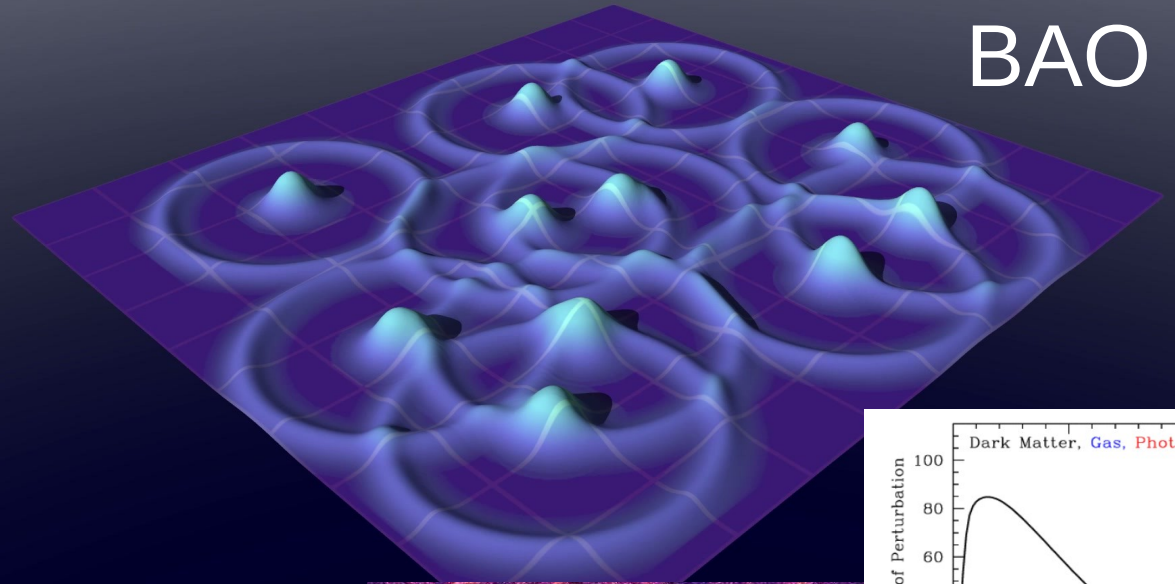
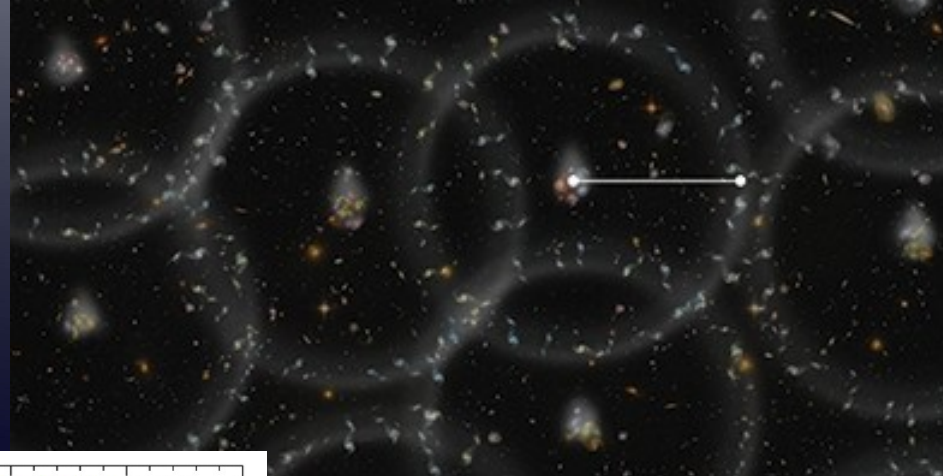




BAO

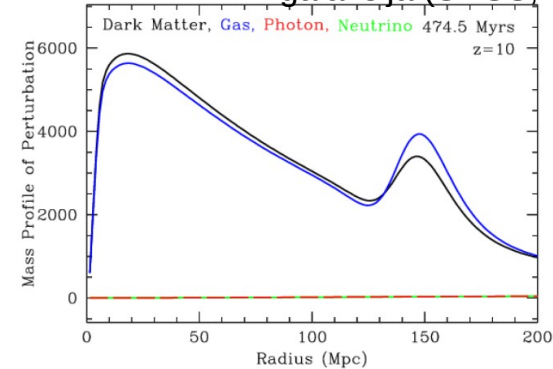
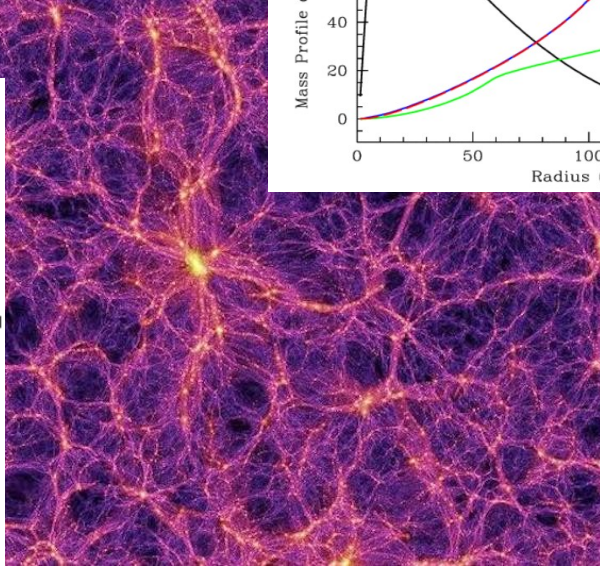
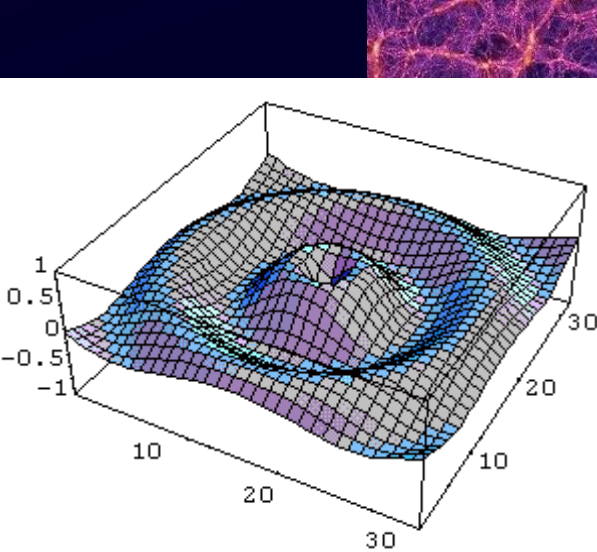
- Prvi akustički talasi u istoriji našeg svemira nastali su u ranoj foton-barionskoj plazmi kao rezultat interakcije gravitacionog dejstva bariona i protiv dejstva velikog pritiska zračenja, odnosno fotona koji su bivali rasejani o barione, proizvodeći kontra pritisak u odnosu na gravitaciju.
- Ta sprega je rezultovala formiranjem prvih akustičkih talasa u toj plazmi.
- Talasi su se širili brzinom od **0.57c**, a sa njom i svemir.
- Oko 380 000 godina nakon Velikog praska, plazma je se ohladila do kritične temperature na oko 3000 K (epoha rekombinacije), nakon čega je svemir postao prozračan.
- Brzina zvuka je naglo opala na svega nekoliko stotina m/s, pa je slika zgusnutih talasa prakticno, ostala zamrznuta u tom trenutku vremena.
- BAO se mogu videti na prostornoj slici pozadinskog zračenja u obliku malih fluktuacija temperature, kao i duž filamenata, duž kojih se nagomilavaju galaksije.

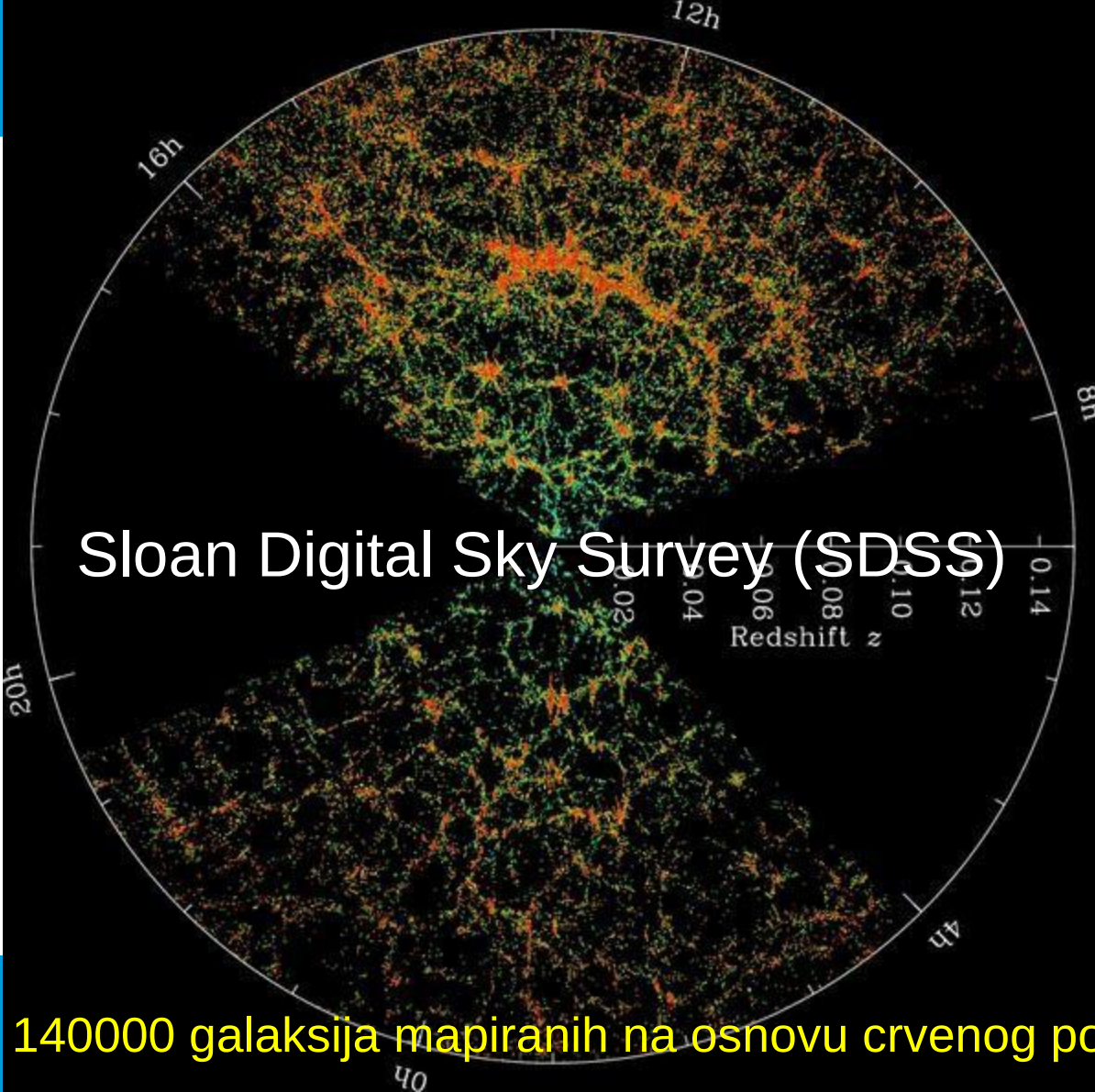
BAO



Formiranje struktura na velikim skalama

- Zgusnjavanja služe kao semena za formiranje galaksija i jata.
- Galaksije se formiraju u gravitacionim potencijalima koji prate BAO skale.
- BAO se detektuju u raspodeli galaksija (SDSS, DESI, BOSS).

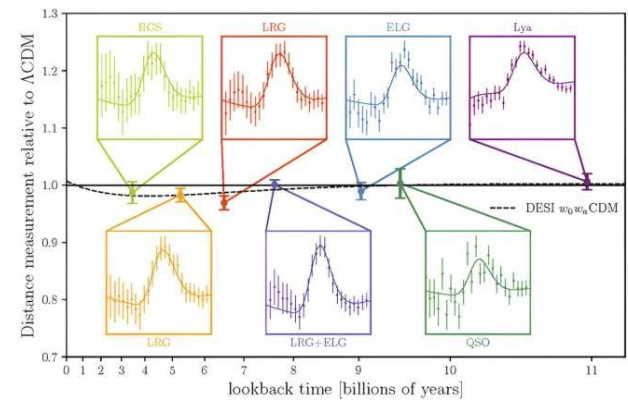




- Formiranje struktura velikih razmera
- Zgušnjavanja služe kao semena za formiranje galaksija i jata.
- Galaksije se formiraju u gravitacionim potencijalima koji prate BAO
- skalu.
- BAO se detektuju u raspodeli galaksija (SDSS, DESI, BOSS).

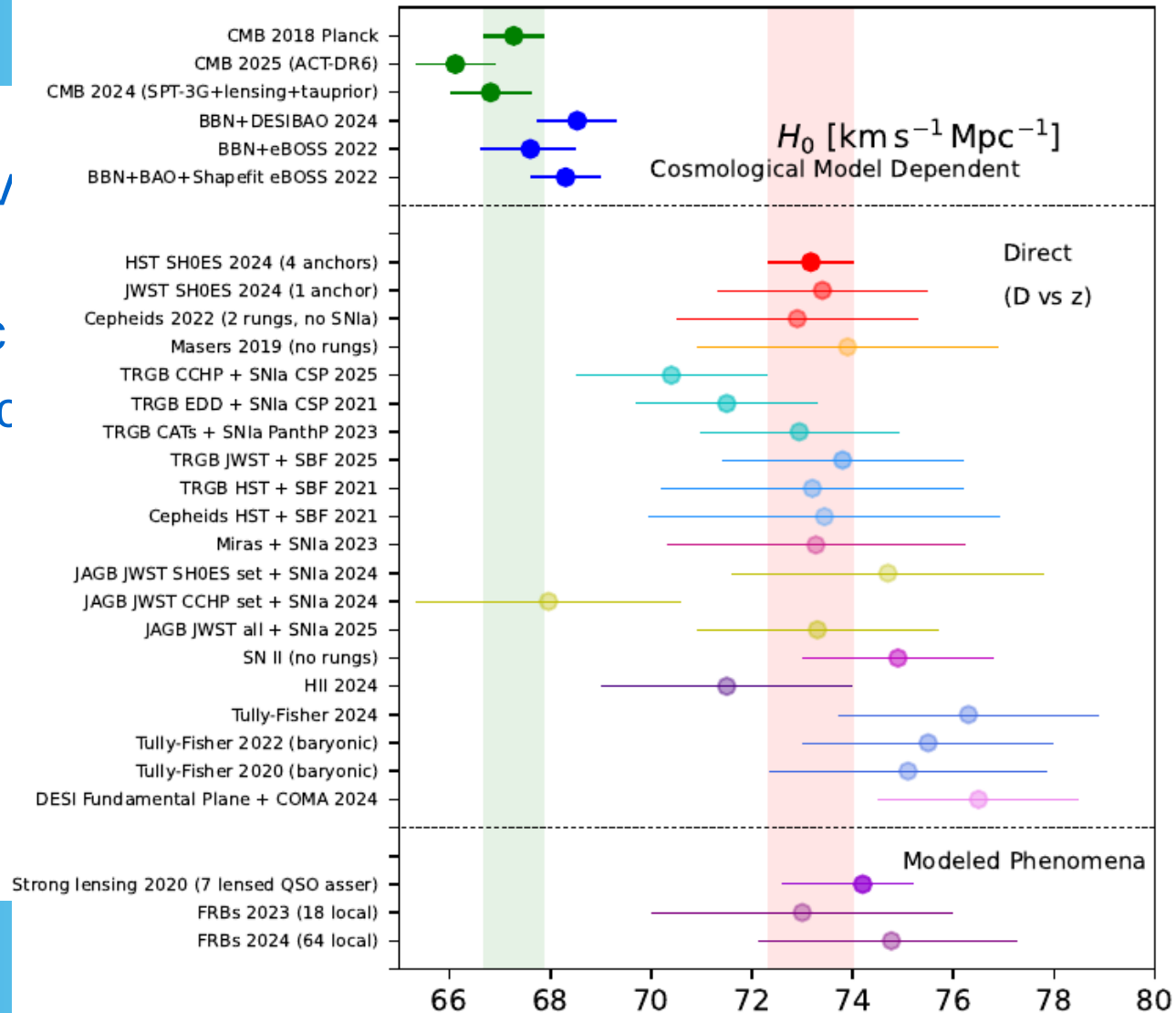
140000 galaksija mapiranih na osnovu crvenog pomaka

DESI



Habloba tenzija

- Rezultati merenja Hablov konstante:
 - BAO : $H_0 = 67$ km/s/Mpc
 - SN : $H_0 = 73$ km/s/Mpc



- Kombinacija gravitacije i radijacionog pritiska uzrokuje oscilacije u gustini.
- Oslobađanjem fotona tokom rekombinacije, BAO se zamrzavaju u raspodeli materije.
- BAO postaju standardni lenjir u kosmologiji
- tipicna razdaljina ~ 150 Mpc

Karl Jansky – prvi radio teleskopi 1933

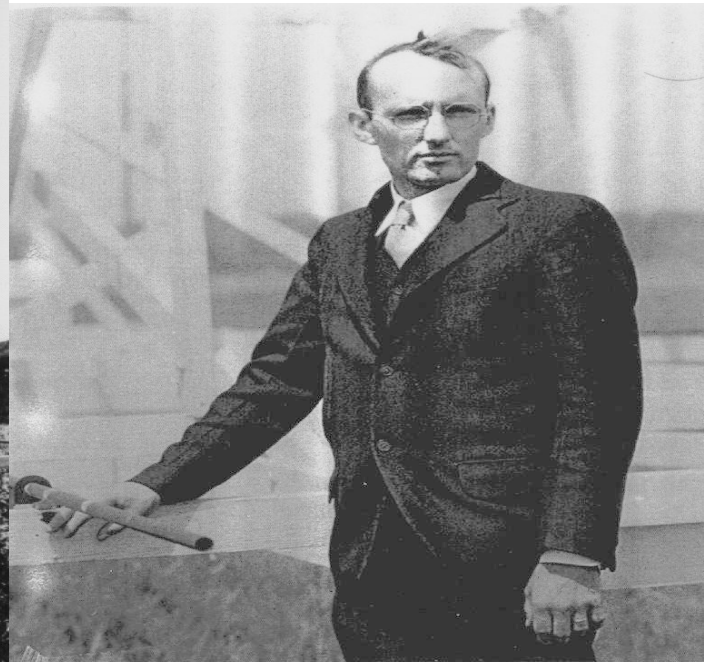
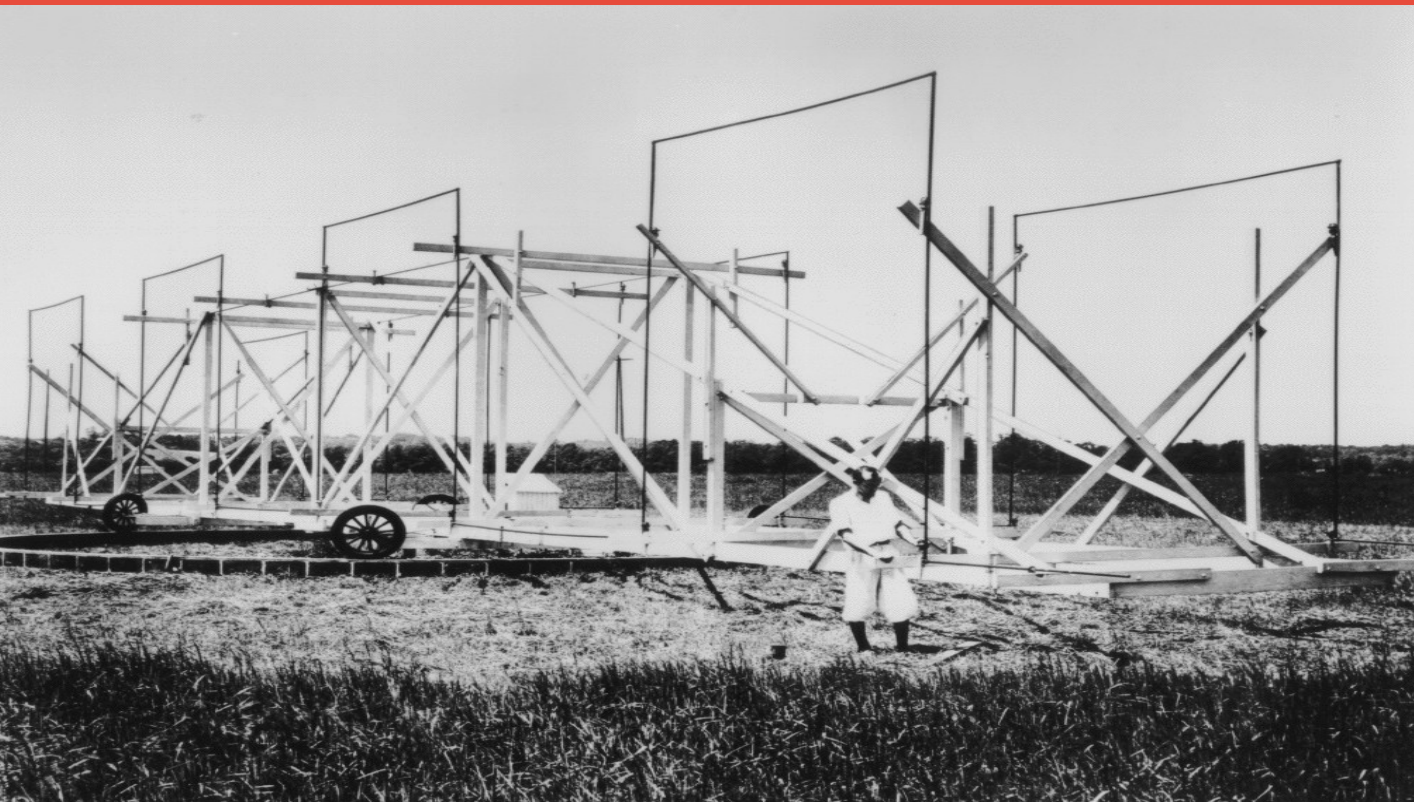
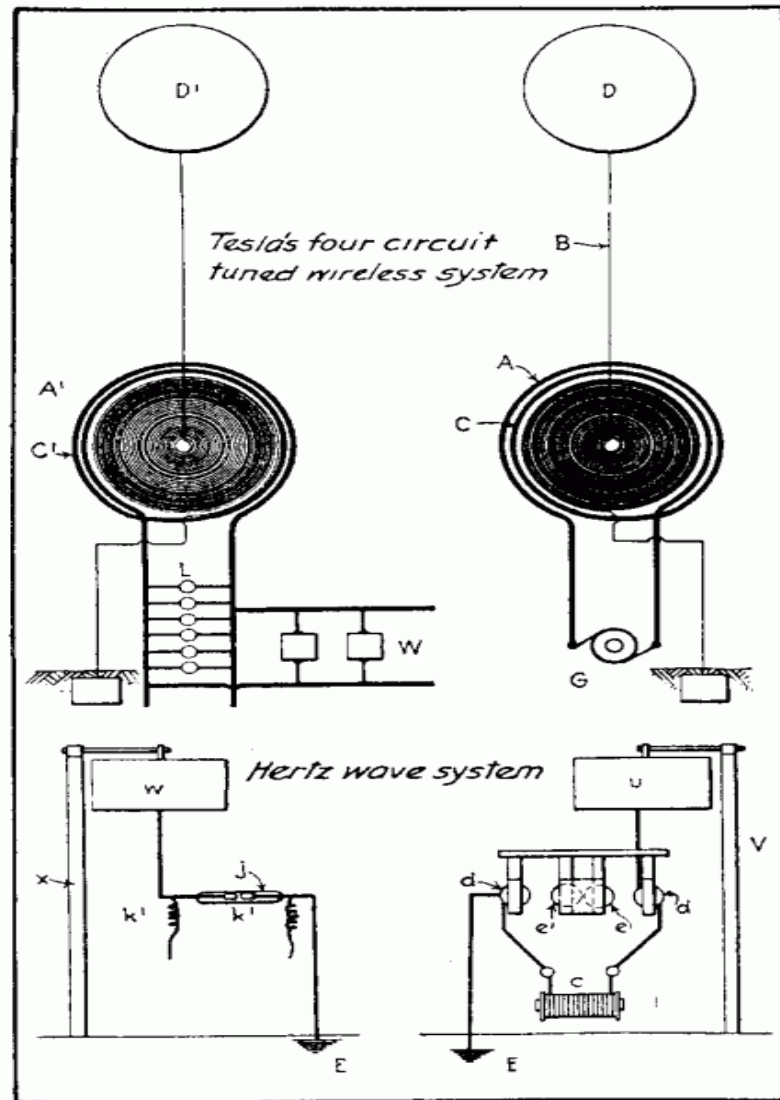
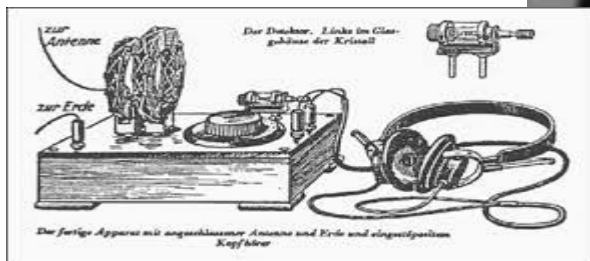
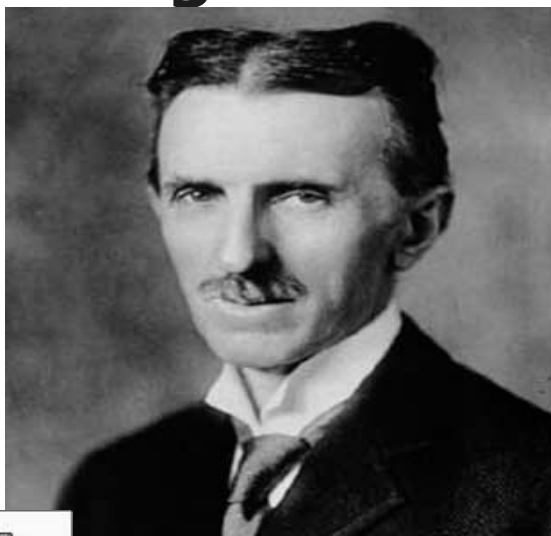
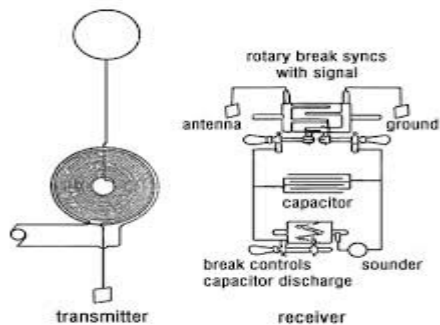


FIG. 1—Karl Guthe Jansky, about 1933.

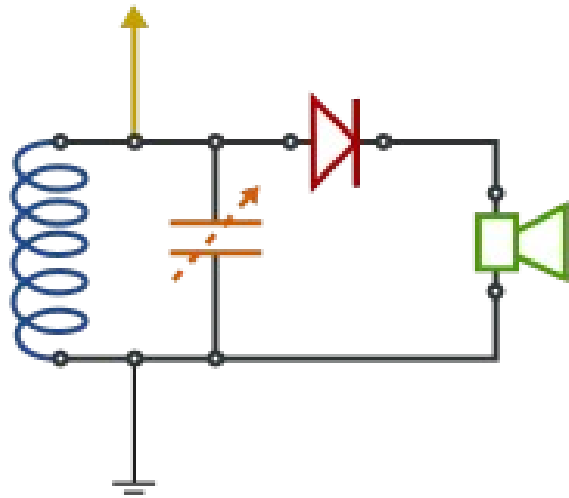
Radio prijemnik je pronašao Nikola Tesla

Prvi je detektovao signale iz
Kosmosa



Tesla's Four Circuit Tuned System Contrasted With the Contemporaneous Hertz-wave System. Fig. 11.

Radio prijemnik



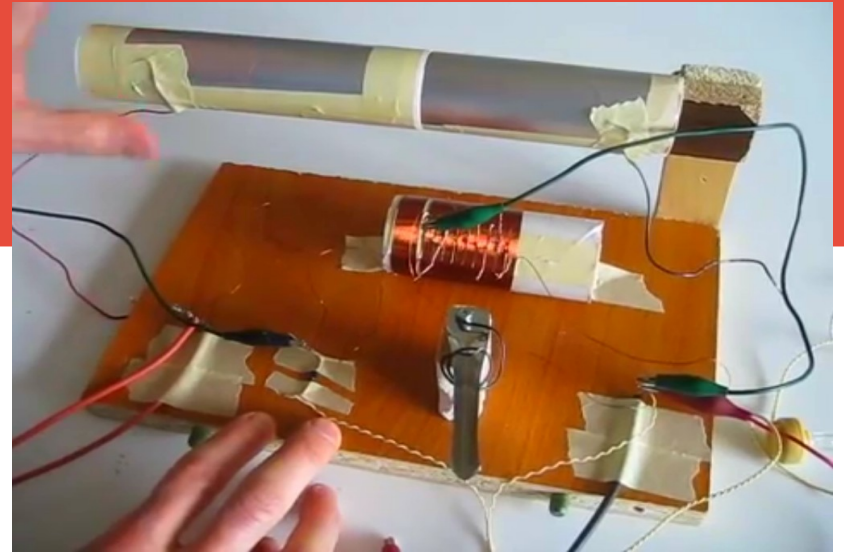
antenna

diode
demodulator

capacitor

earphones

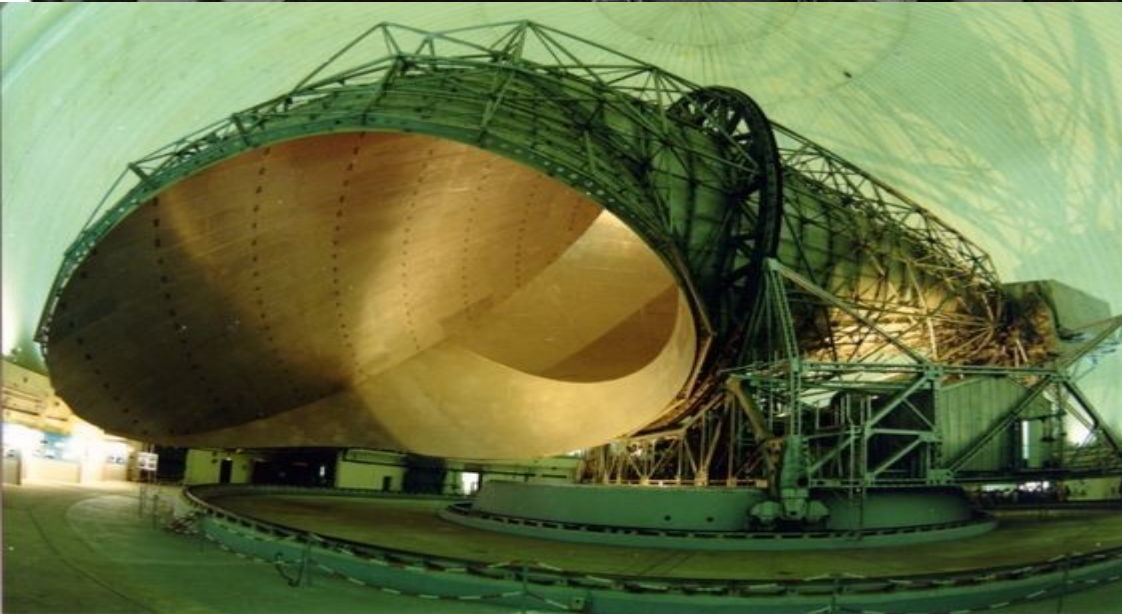
inductor



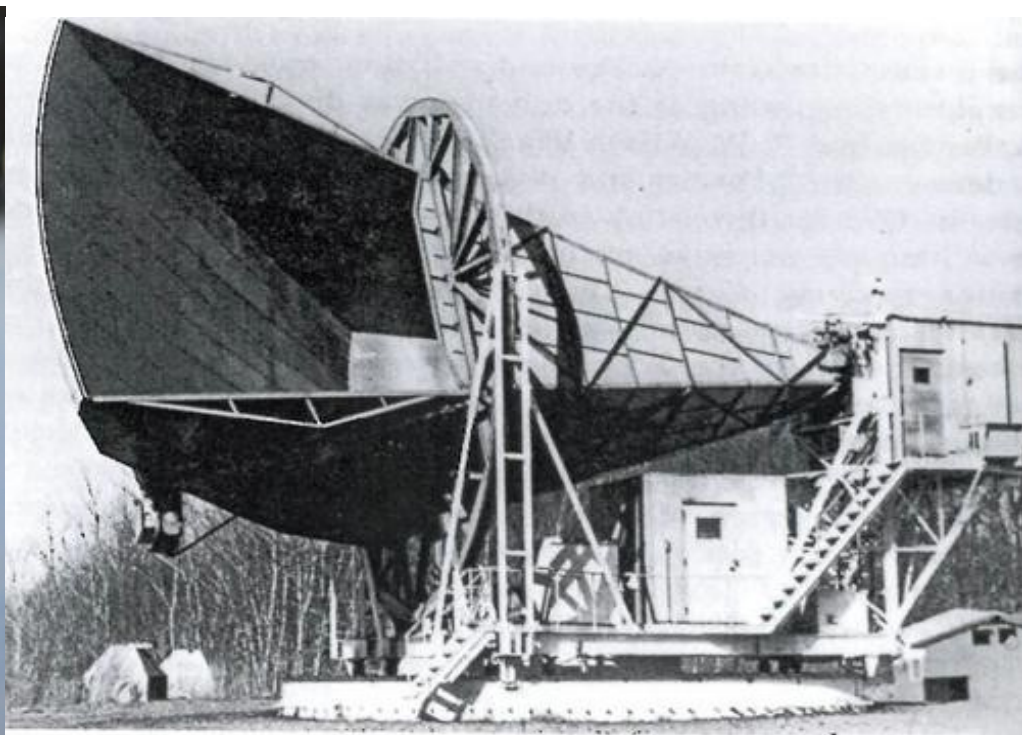
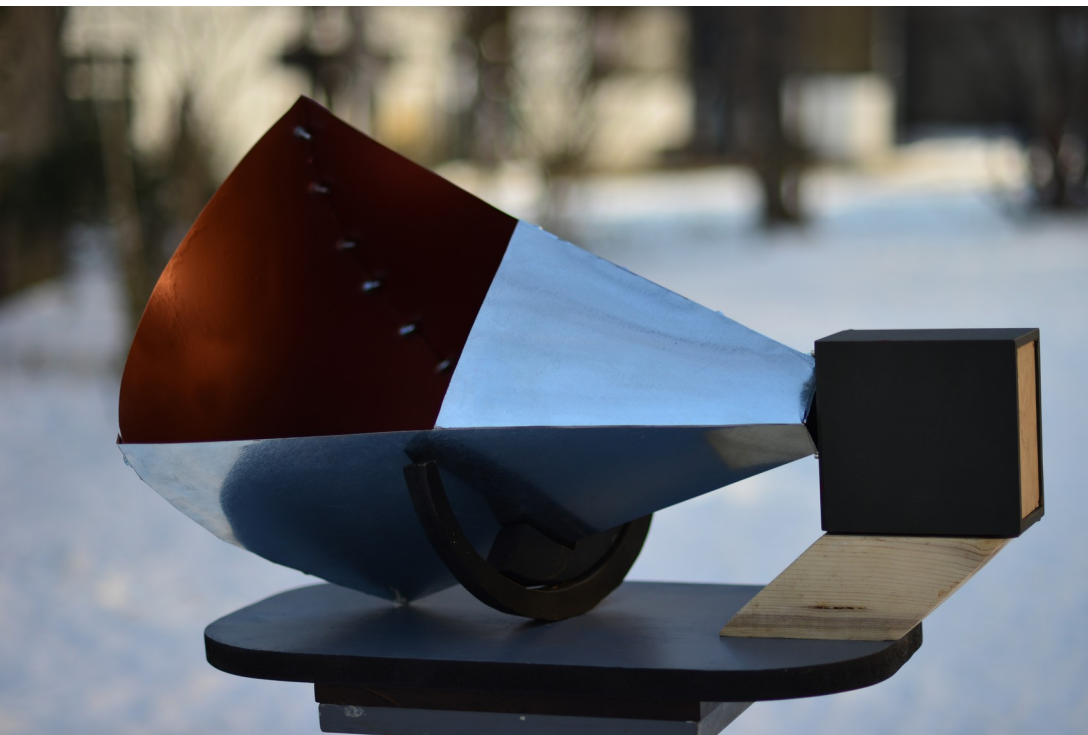
Radio wave



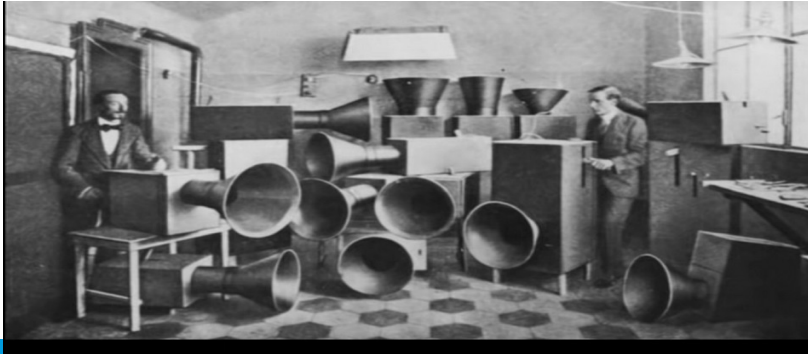
Horn antene



Inspiracija

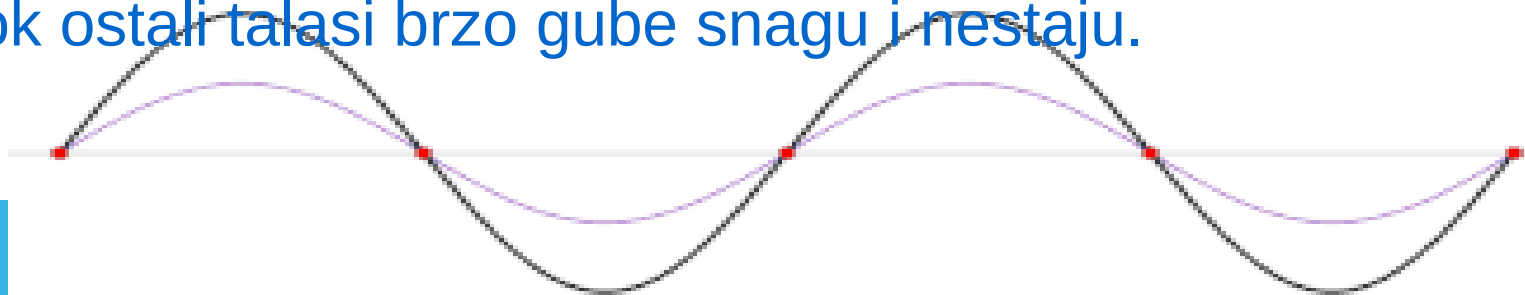


- Forme ovih usmerenih antena veoma podsećaju na akustičke pojačivače zvuka (oblici slični obliku roga), poput futurističkih instalacija Luigi Russol-a, sa početka dvadesetog veka
- Russolo je autor manifesta “The Art of Noises” – “Umetnost buke/šuma” (*Luigi Russolo, “L’arte dei Rumori”-1913*).
- U ovom slučaju bi umesto buke mašina i industrijskih postrojenja, ove zvučne skulpture emitovale šumove ranog svemira.

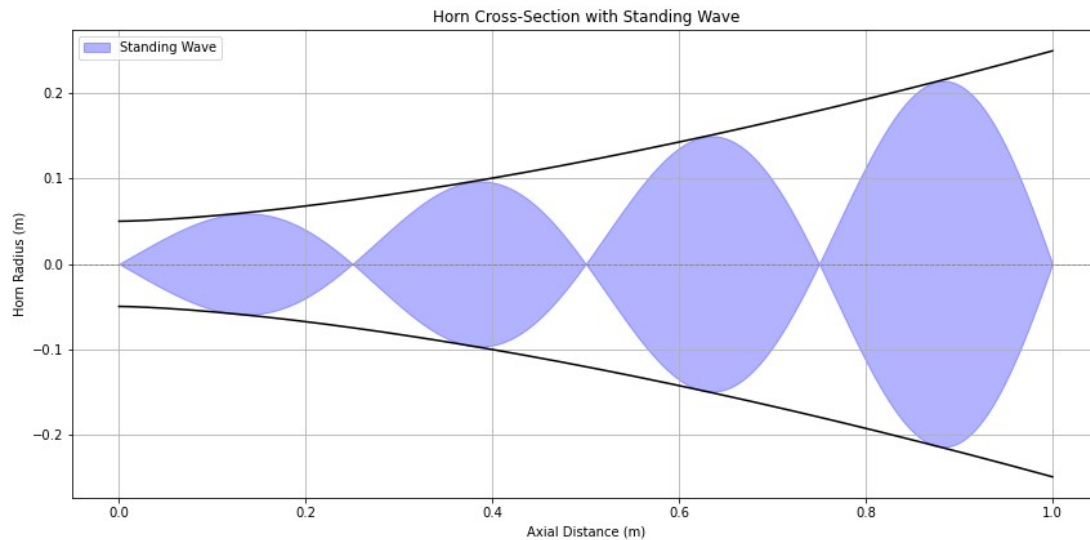
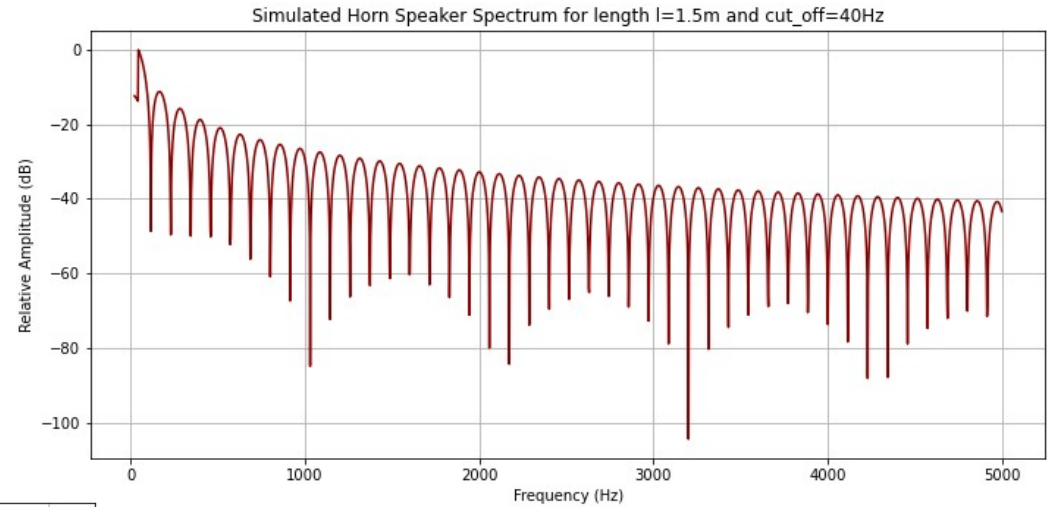
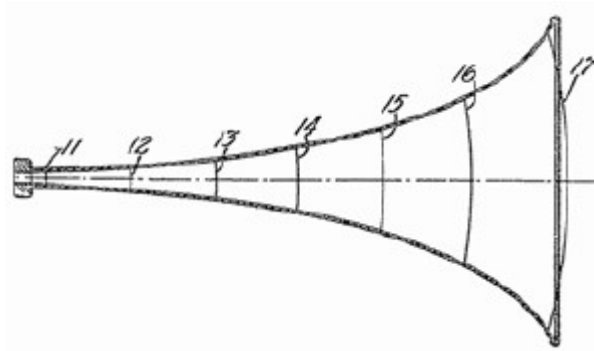


Rezonatori

- Zvučne skulpture su rezonatori zvuka.
- Rezonator je pojava u kojoj akustički sistem pojačava zvučne talase čije frekvencije odgovaraju rezonantnim frekvencijama sistema.
- Rezonanca je osobina fizičkog sistema da osciluje na odredjenim frekvencijama sa pojačanom amplitudom.
- Svi muzički instrumenti su rezonatori. U njima se zvučni talasi odbijaju, pri čemu se neki talasi određenih frekvencija pojačavaju (harmonici), dok se ostali stišavaju i gube. Samo se stojeći talasi pojačavaju i opstaju duže, dok ostali talasi brzo gube snagu i nestaju.



Akustika horne



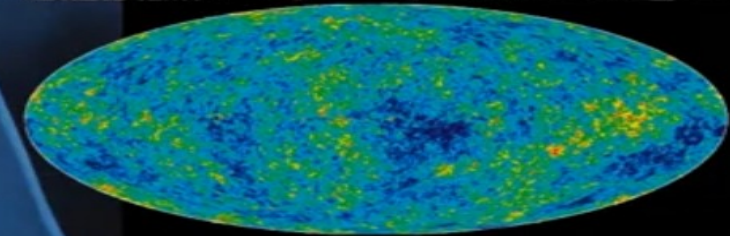
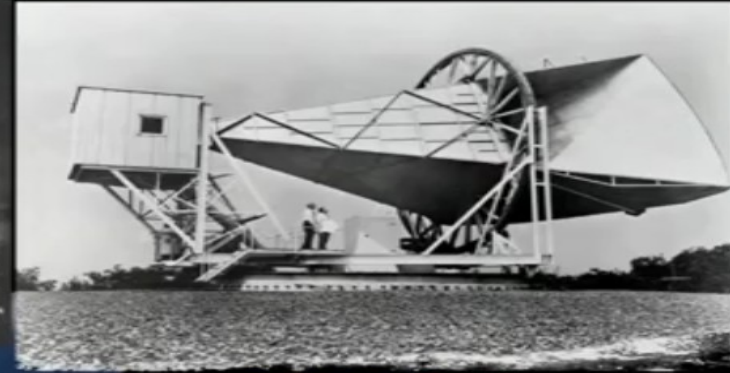
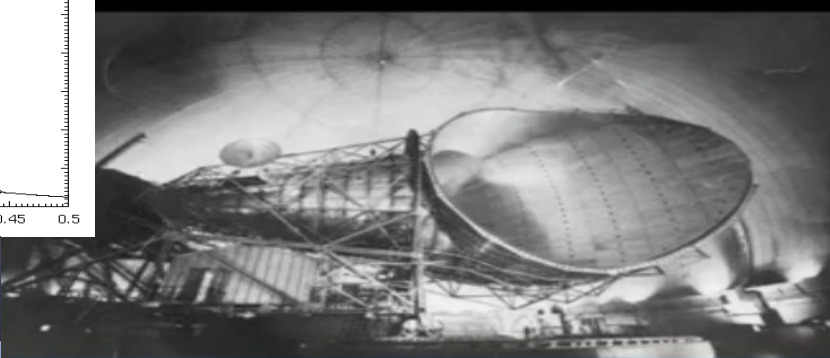
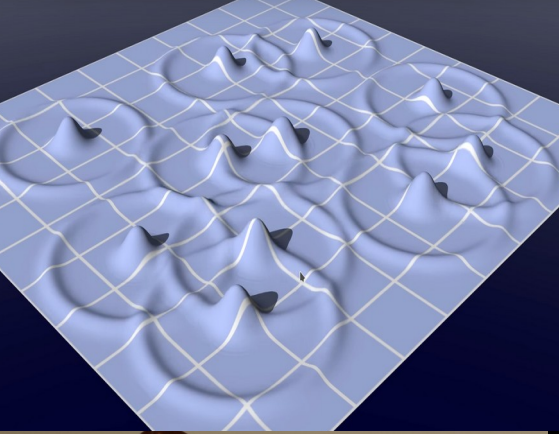
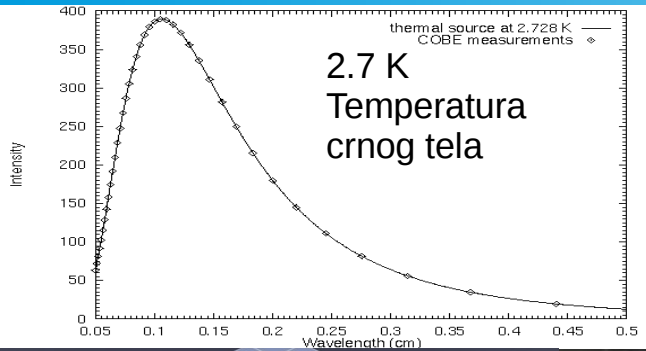
Izložba “Zvuci Kosmosa” DOB 2017.



Zvučne skulpture

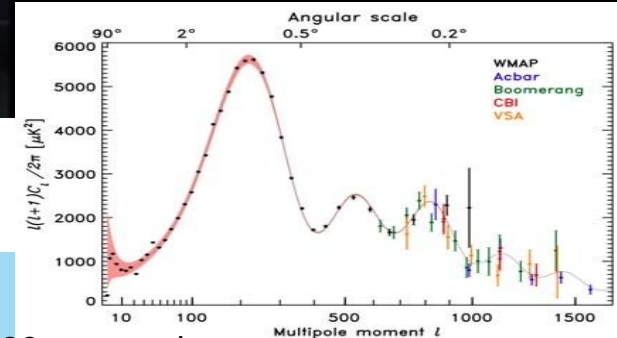
- **Umetničke instalacije koriste princip horn antena za prikaz CMBR-a.**
- **Radio receiver, antena i zvučnik ugrađeni u skulpture.**
- **Emituju šum koji simbolizuje akustične talase ranog svemira.**
- **Kombinacija nauke i umetnosti**

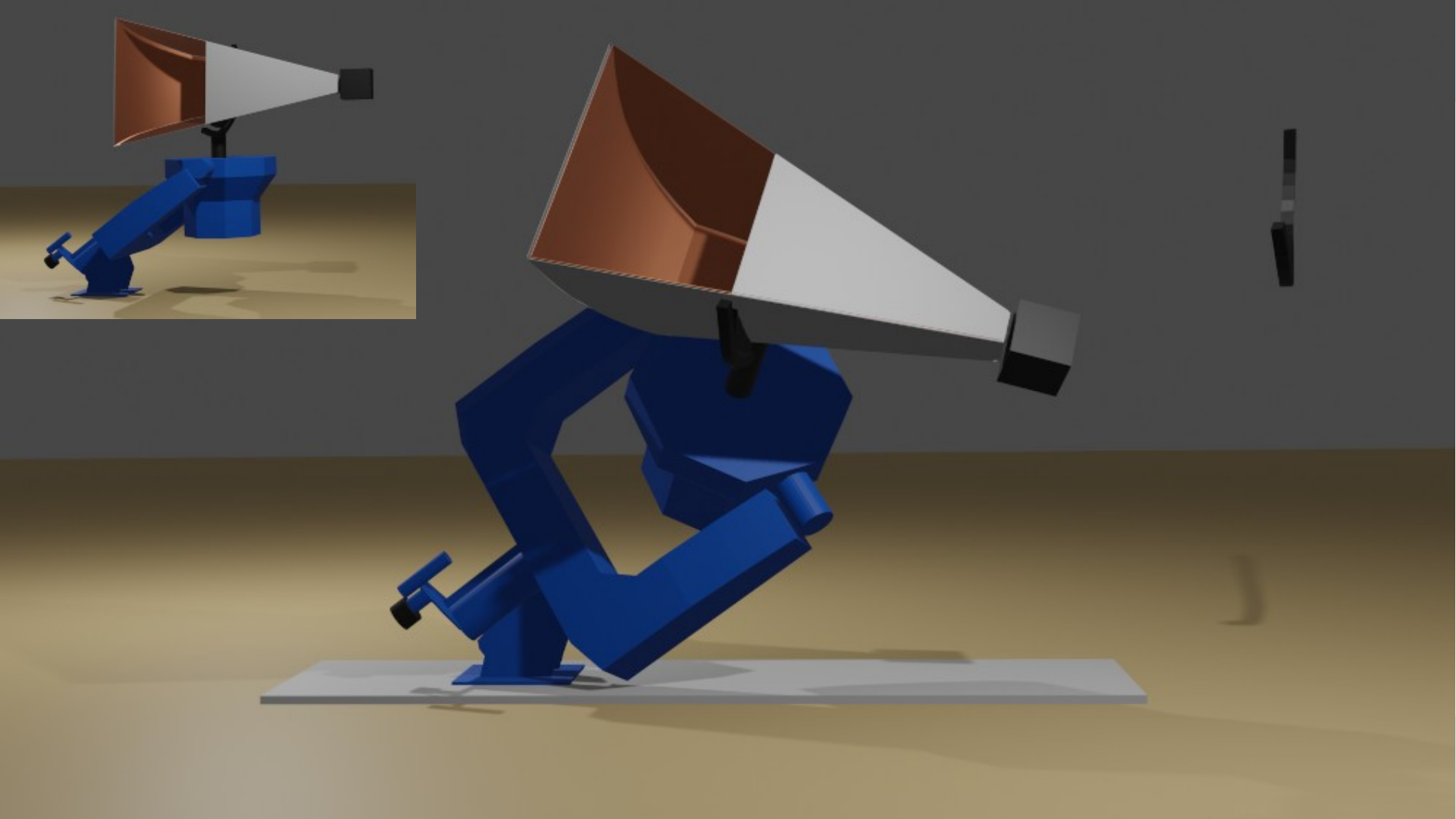
Osluškivanje svemira zvučnim skulpturama



BarionAcousticOscilation
(Barion-photon plasma)

Vide se talasi: "Standardni lenjiri"
 $0.58 c * 380\,000 \text{ god.} * \text{faktor}_{\text{širenja}} = 500\,000 \text{ svet.god.}$





Hvala na pažnji

