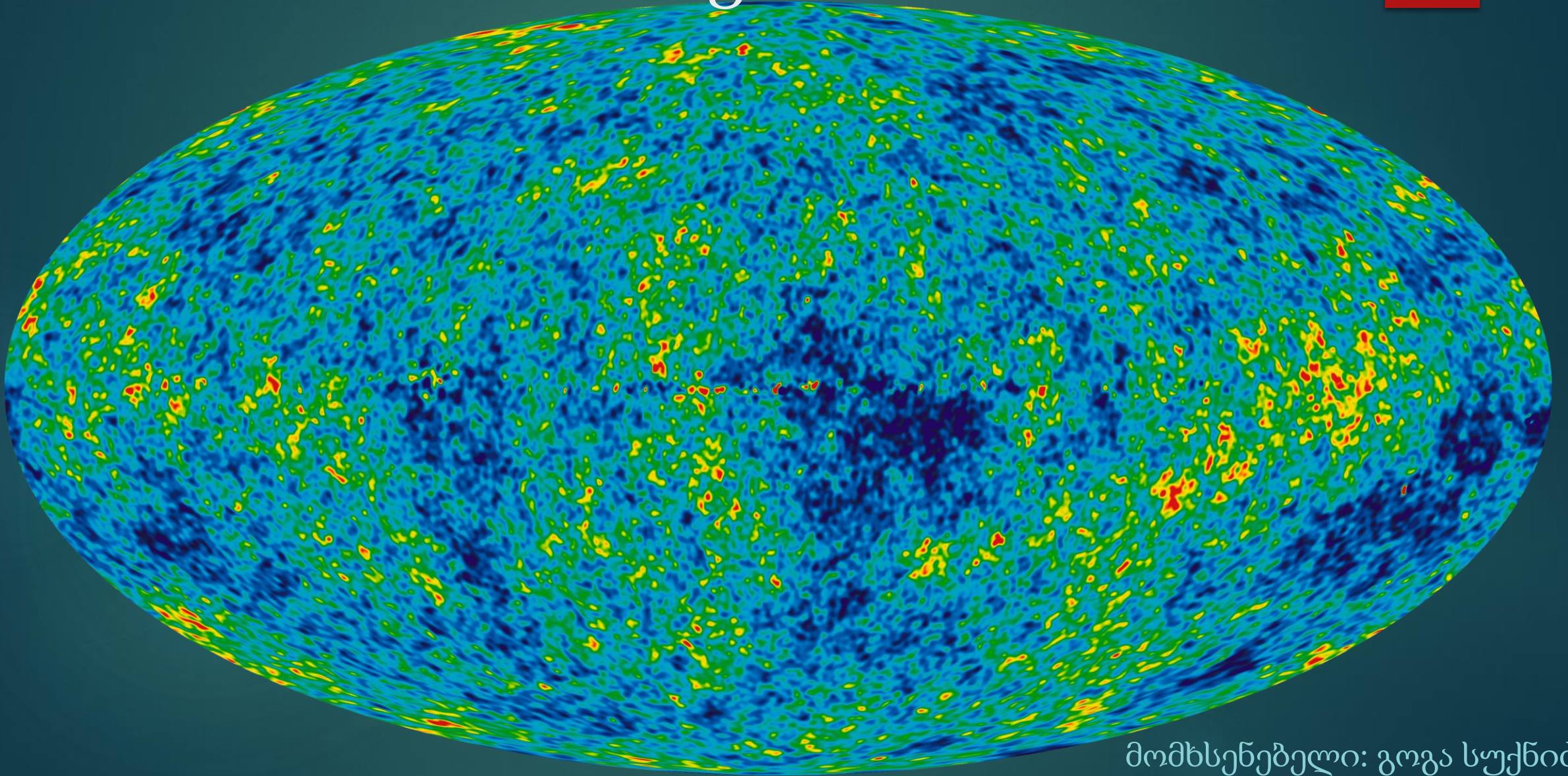


კოსმოსური მიკროტალღური ფონი



მომხსენებელი: გოგა სუქნიძე

წითელი წანაცვლება

წითელი წანაცვლება არის მოვლენა, როდესაც სხეულიდან გამოსხივებული ელექტრომაგნიტური რადიაციის ტალღის სიგრძე იზრდება.

- ობიექტები შორდებიან ან უახლოვდებიან ერთმანეთს სივრცეში. ესაა დოპლერის ეფექტის მაგალითი

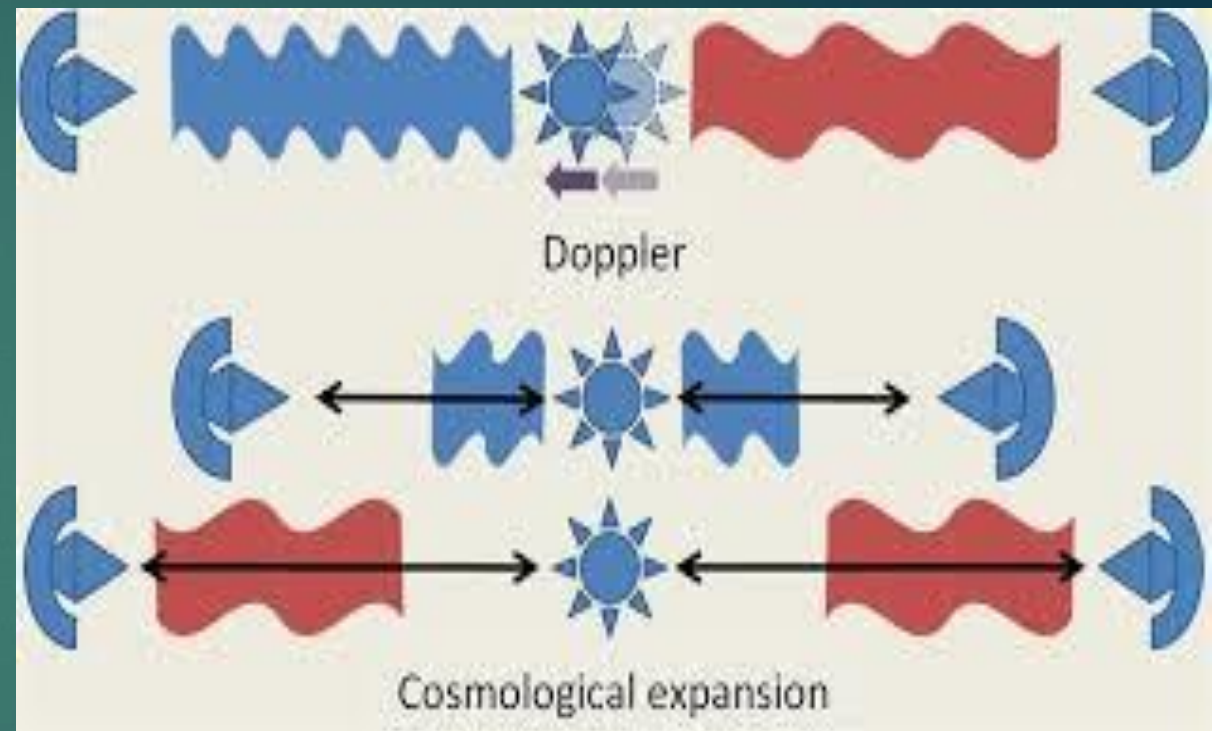
$$z = \frac{\lambda_{obs} - \lambda_{emit}}{\lambda_{emit}}$$

$$z = \frac{f_{emit} - f_{obs}}{f_{obs}}$$

- თვითონ სივრცე ფართოვდება, რაც იწვევს ობიექტების დაშორებას ისე რომ მათი მდებარეობა სივრცეში არ იცვლება. ეს მოვლენა ცნობილია, როგორც კოსმოლოგიური წითელი წანაცვლება

$$1 + z = \frac{a_{now}}{a_{then}}$$

- გრავიტაციული წითელი წანაცვლება, რაც რელატივისტური ეფექტია, გამოწვეული ძლიერი გრავიტაციული ველებით.

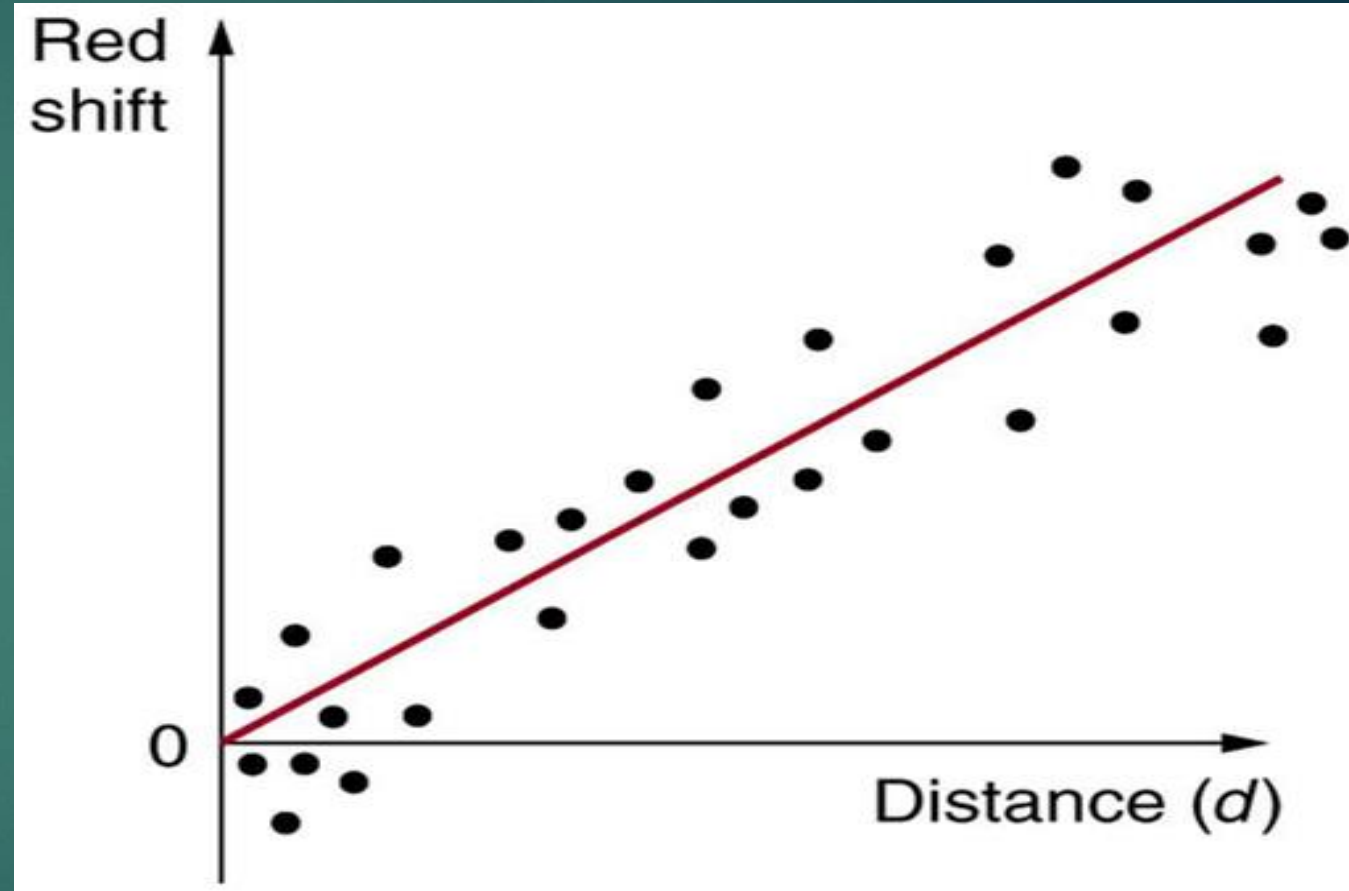


ჰაბლის კანონი

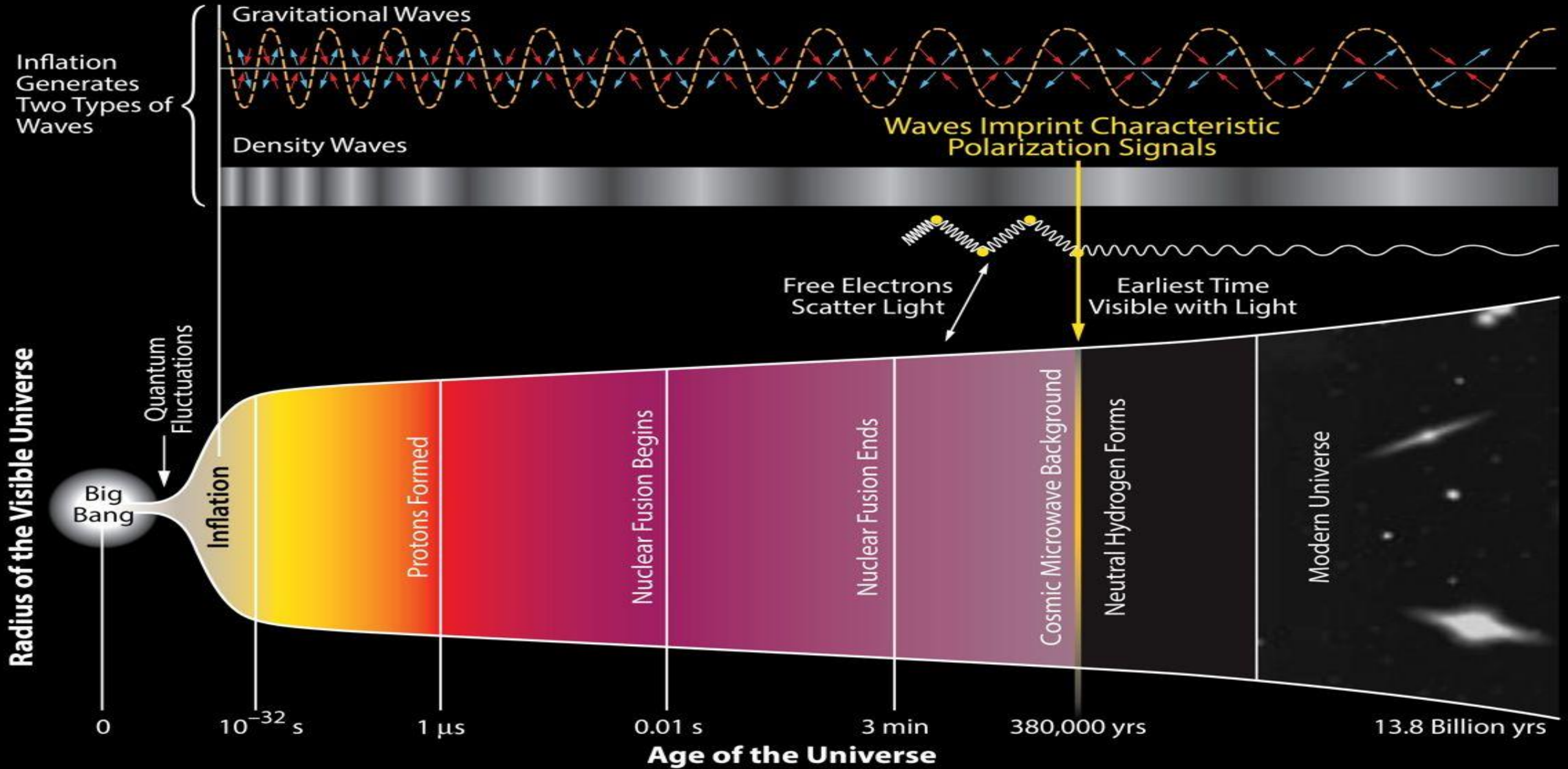
ჰაბლის კანონი გვეუბნება, რომ გალაქტიკები შორდებიან დედამიწას სიჩქარეებით რომლებიც პროპორციულია მათ შორის მანძილის. ჰაბლის კანონი არის პირველი, ექსპერიმენტულად დაკვირვებადი კანონი სამყაროს გაფართოების შესახებ.

ჰაბლმა აღმოაჩინა პროპორციულობა, სხეულის წითელ წანაცვლებასა და მის მანძილს შორის. ჰაბლის კანონი ჩაიწერება შემდეგნაირად:

$$V = H_0 d$$



History of the Universe



კოსმოსური მიკროტალღური ფონის საფუძვლები

1. სპექტრი ნებისმიერი მიმართულებით ცაზე არის თითქმის იდეალური შავი სხეულის სპექტრი

2. ამ შავი სხეულის ტემპერატურა არის $2.725 \pm 0.001 K$

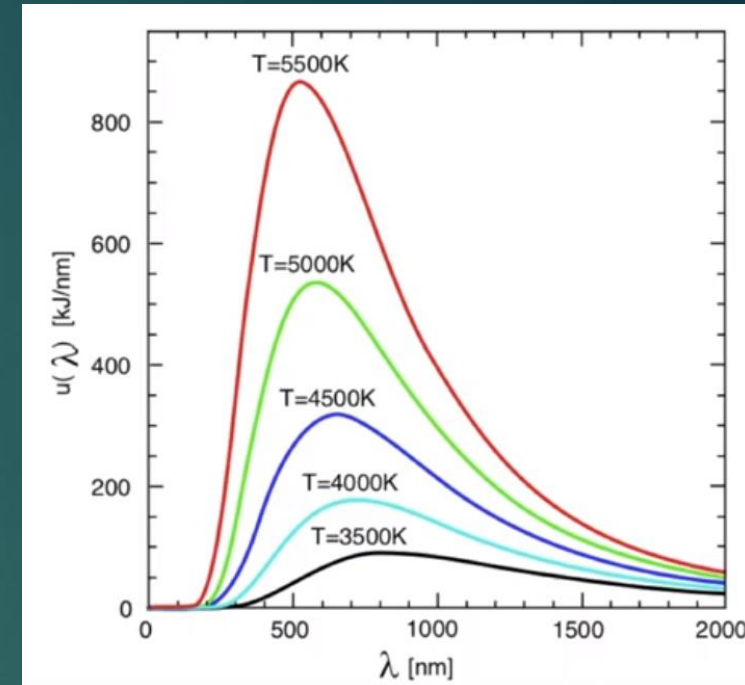
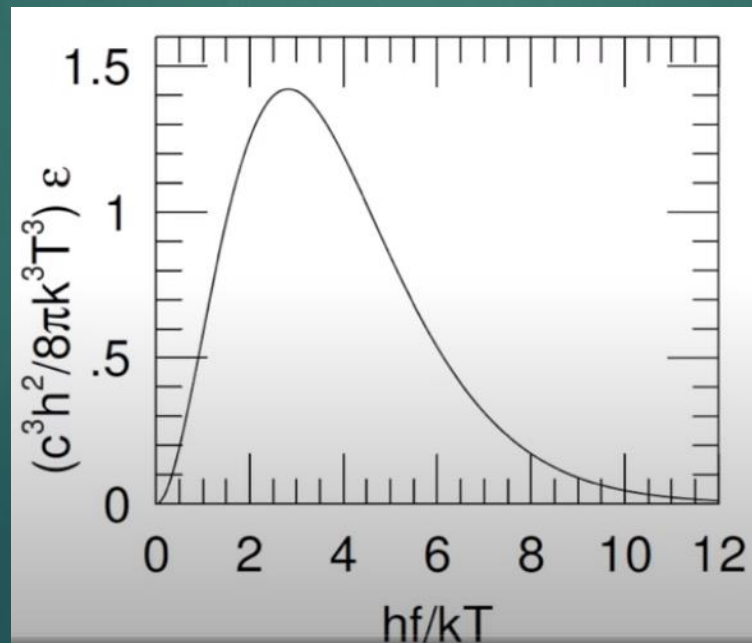
$$T(t) = T_0 \frac{1}{a(t)} = T_0(1 + z)$$

3. ტემპერატურა რომელსაც გავზომავთ თითქმის იდეალურად იზოტროპულია

4. გვაქვს მცირე ანიზოტორპიები კოსმოსური მიკროტალღური ფონის ტემპერატურაზე.

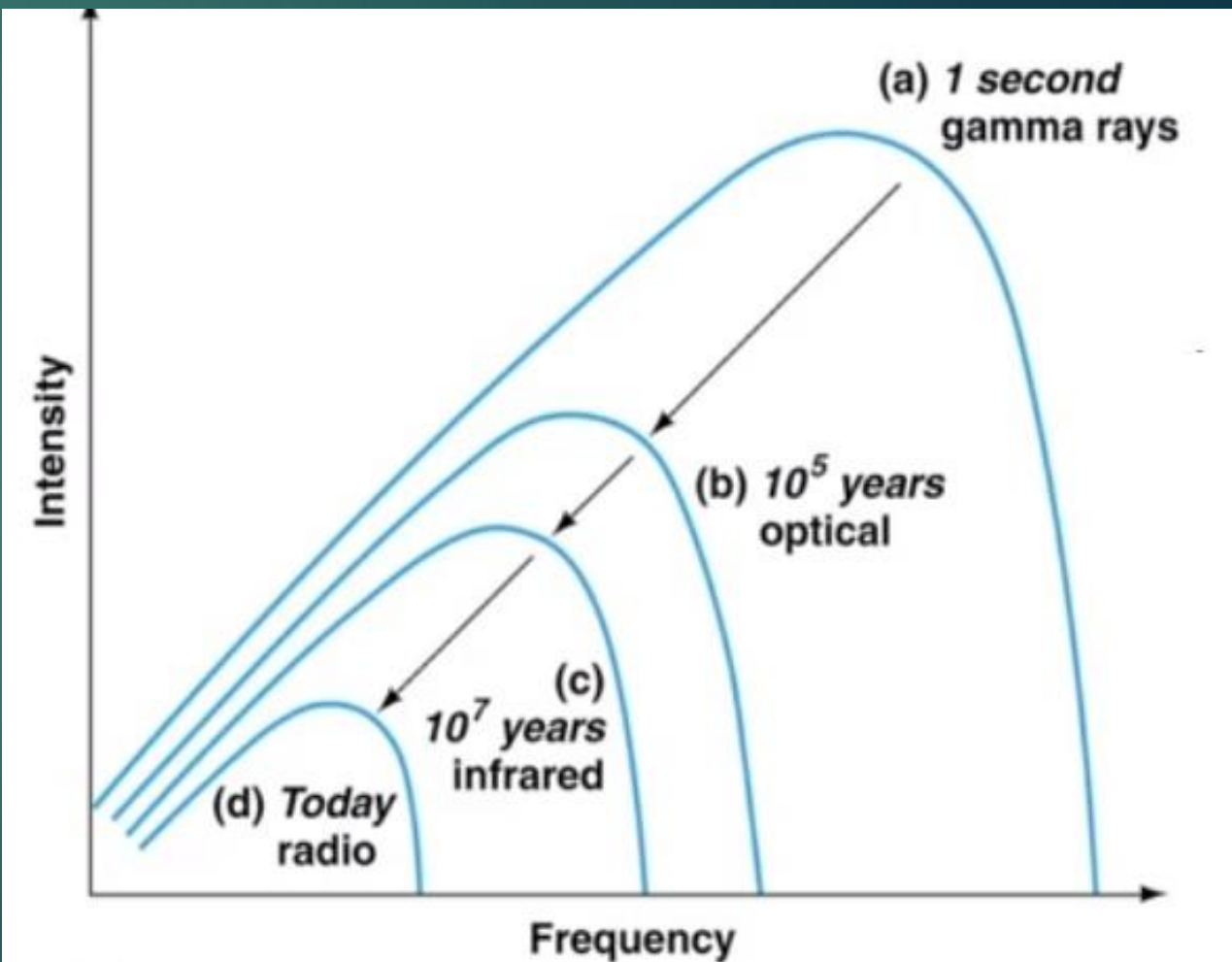
ყველა შავი სხეულის სპექტრი იდენტურია

ერთადერთი სხვაობა ტემპერატურაა. ტემპერატურის გაზრდა არ იწვევს მრუდის ფორმის ცვლილებას, მხოლოდ ინტენსივობას ყველა ტალღის სიგრძეზე. ეს ნიშნავს რომ თუ ჩვენ ვხედავთ ამ ფორმის მრუდს, მაშინ წყარო უნდა იყოს თერმულ წონასწორობაში.



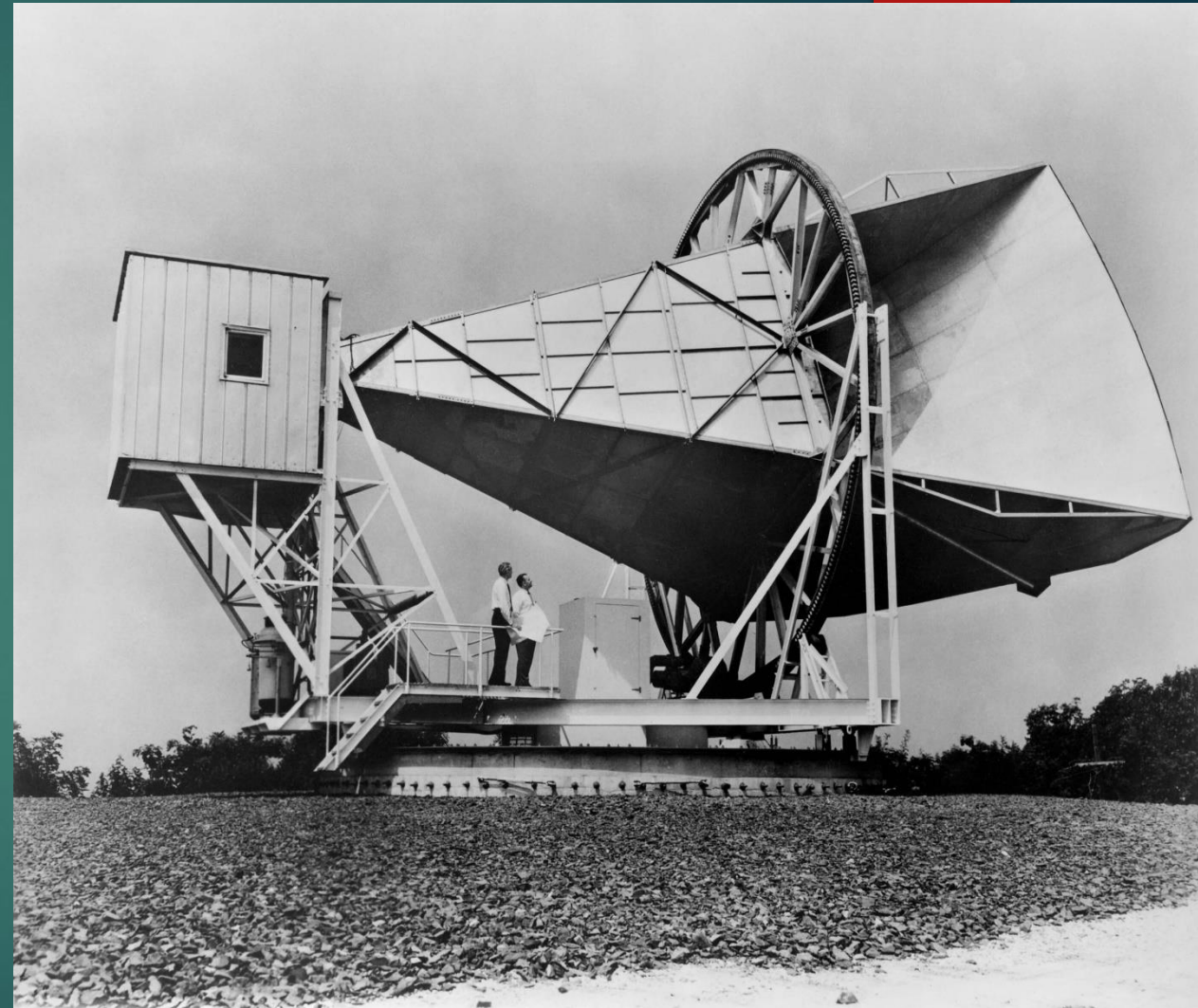
გაფართოების ეფექტი კოსმიური მიკროტალღური ფონის სპექტრზე

როდესაც ფოტონები შეიქმნენ დიდი აფეთქებიდან 1 წამი იყო გასული და ძლიან მაღალი ენერგია ქონდათ. სამყაროს გაფართოებამ მათი ტალღის სიგრძეები წითლად წაანაცვლა, შესაბამისად ახლა ისინი არიან რადიოტალღები, შავი სხეულის მრუდით, რომელიც შეესაბამება 3K.



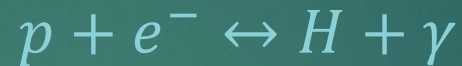
ისტორია

- კოსმიური მიკროტალღური ფონი პირველად იწინასწარ, ეტყველეს 1948 წელს რალოფ ალდერმა და რობერტ ჰერმანმა.
- მათი იდეა ახლიდან აღმოაჩინა ზელდოვიჩმა 1960ი წლების დასაწყისში და დამოუკიდებლად იწინასწარმეტყველა რობერტ დიკმა. 1964 წელს ვილკისონმა და პიტერ როლმა დაიწყეს დიკის რადიომეტრი შექმნა მიკროტალღური ფონის გასაზომად.
- 1964 წელს არნო პენზიასმა და ვილსონმა ააშენეს დიკის რადიომეტრი, რომლის გამოყენებასაც აპირებდნენ რადიო ასტონომიაში ექპერიმენტების ჩასატარებლად. 1964 წლის 20 მაისს მათ პირველად გაზომეს მიკროტალღური ფონი.

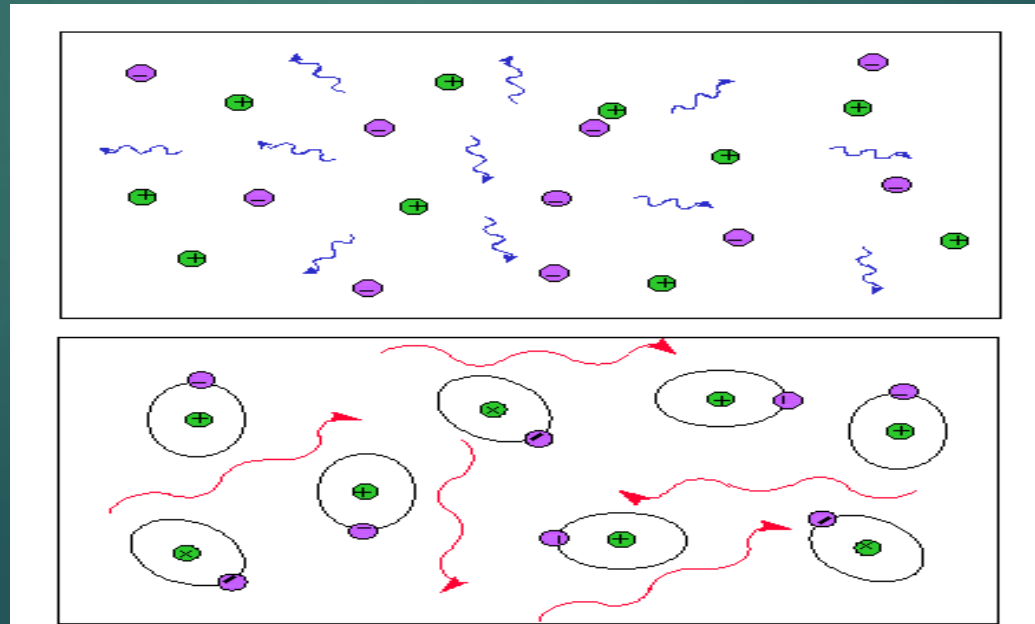


რეკომბინაციის ეპოქა

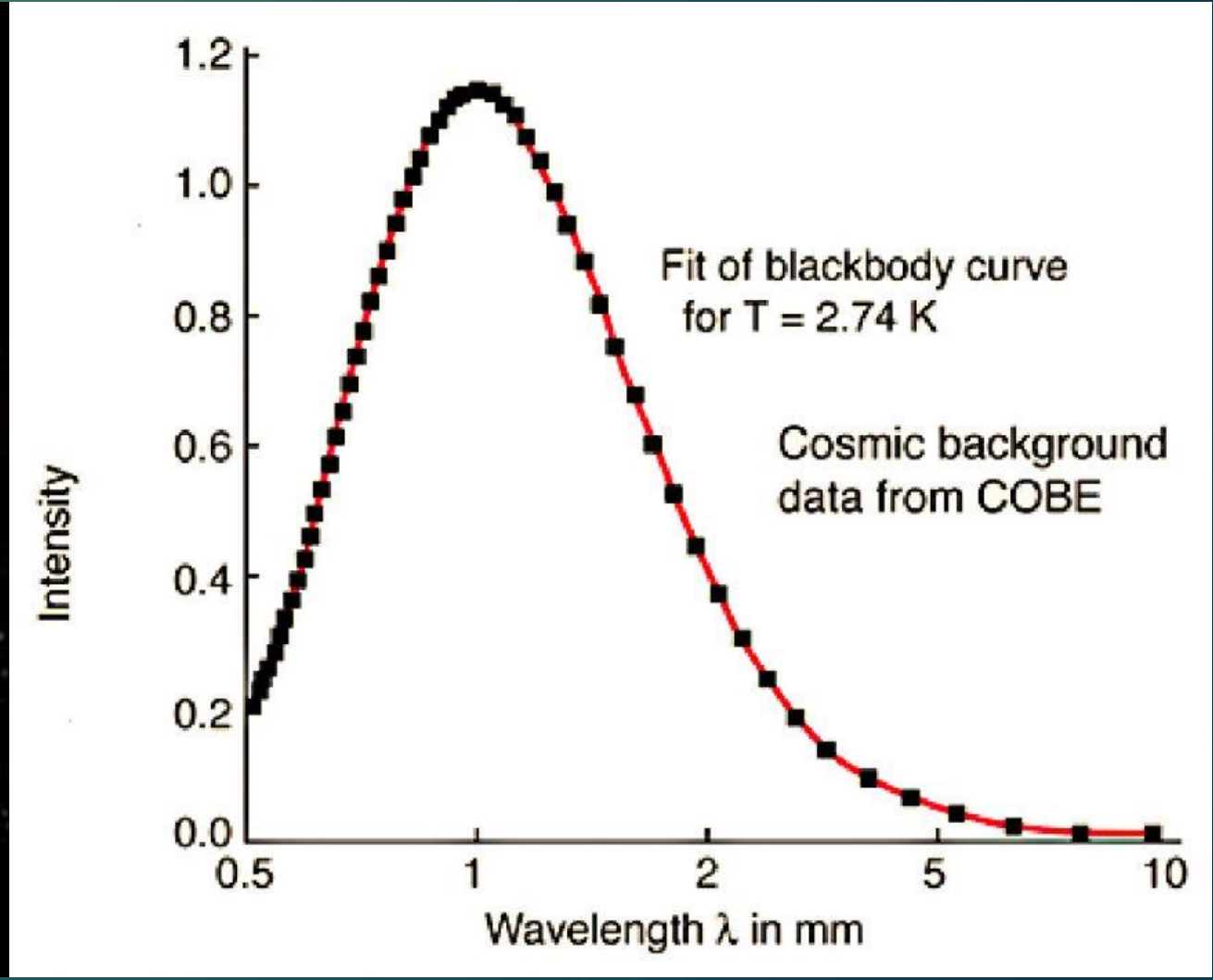
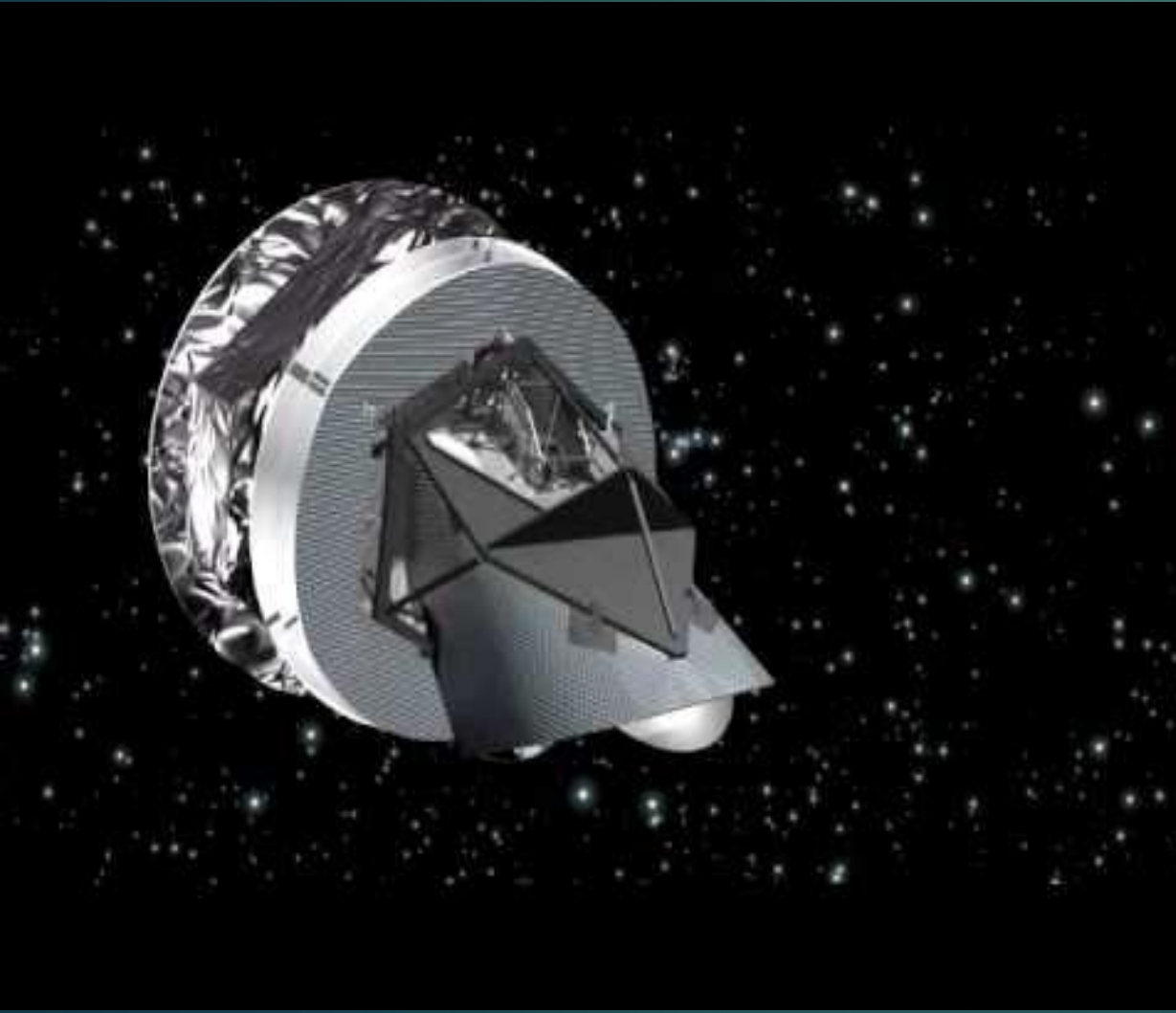
რეკომბინაციის ეპოქის დროს ელექტრონები და პროტონები პირველად შეერთდნენ და წარმოქნეს ნეიტრალური წყალბადის ატომი. რეკომბინაცია დაიწყო დიდი აფეთქებიდან 370,000 წლში.



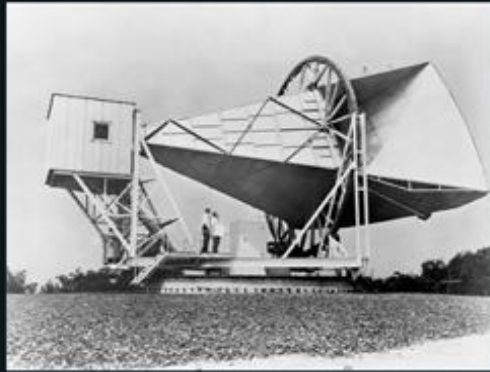
შესაძლებელია გამოვთვალოთ, რომ ტემპერატურა რეკომბინაციის დროს იყო 4000K და შესაბამეა წითელ წანაცვლებას $Z=1500$



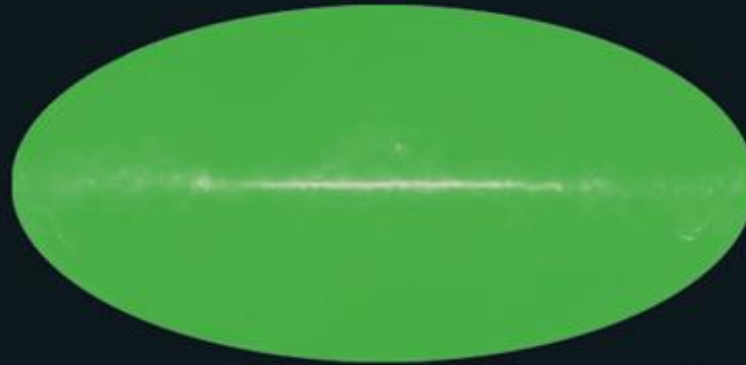
COBE'S გაზომვები კოსმიური მიკროტალღური ფონისთვის



1965



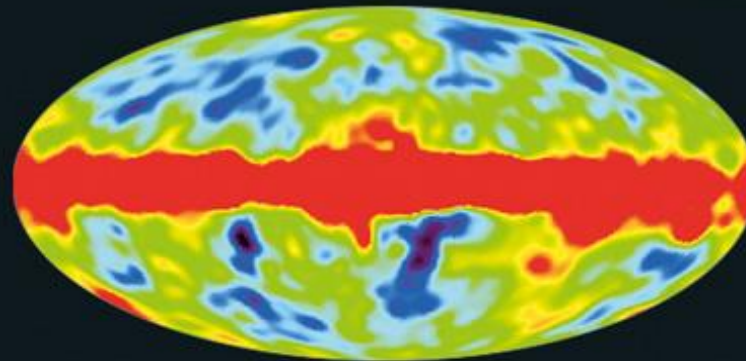
Penzias and Wilson



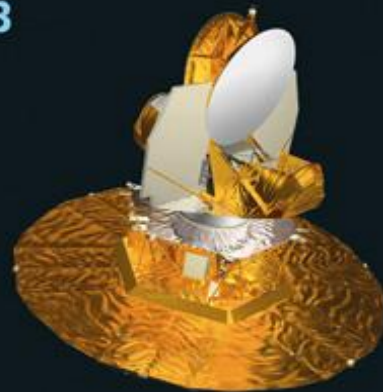
1992



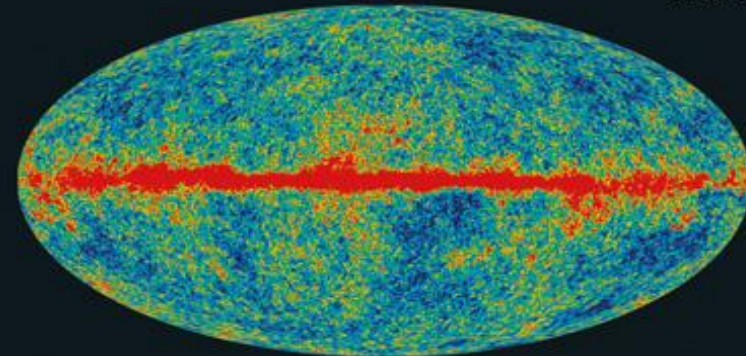
COBE



2003



WMAP

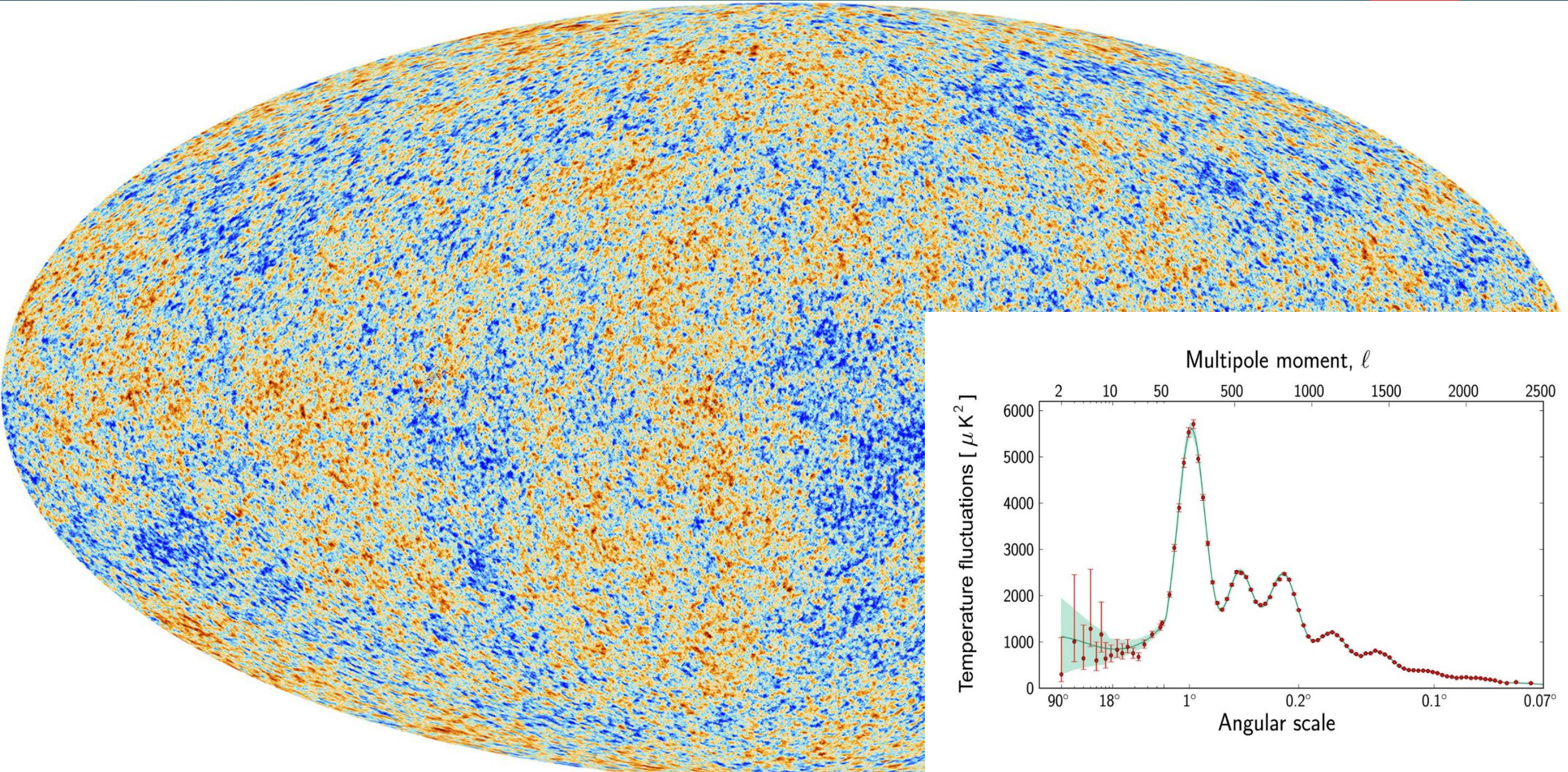


Planck Exposes



Ancient Light of the Universe

Power Spectrum



პლანკის ძირითადი შედეგები

სამყაროს ასაკი 13.799 ± 0.021 მილიარდი წლის. სამყაროს უმეტესი ნაწილი შედგება ისეთი ნივთიერებისგან, რომელიც არ ვიცით რა არის, ვიცით თუ როგორ მოქმედებს. ასევე ერთ-ერთი დადასტურება იყო სამყაროს ინფლაციური თეორიის. 10^{-36} წამიდან 10^{-32} წამამდე მოხდა სამყაროს გაფართოება 10^{26} ფაქტორით. რაც დაახლოებით ნიშნავს, რომ ატომის ზომის ნივთიერება გაფართოვდეს სინათლის წელიწადის ტოლ სიგრძემდე.

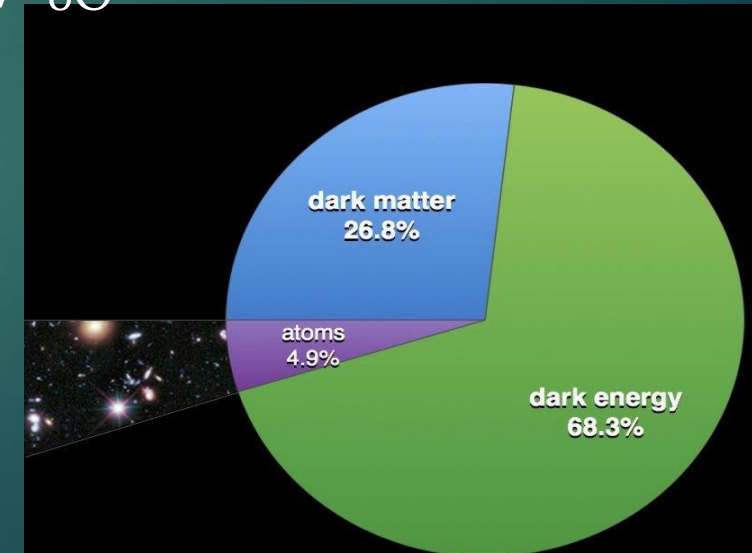
1) $H_0 = 67.31 \pm 0.96$ კმ/წმ/მპსკ

2) $\Omega_\Lambda = 0.685 \pm 0.0103$

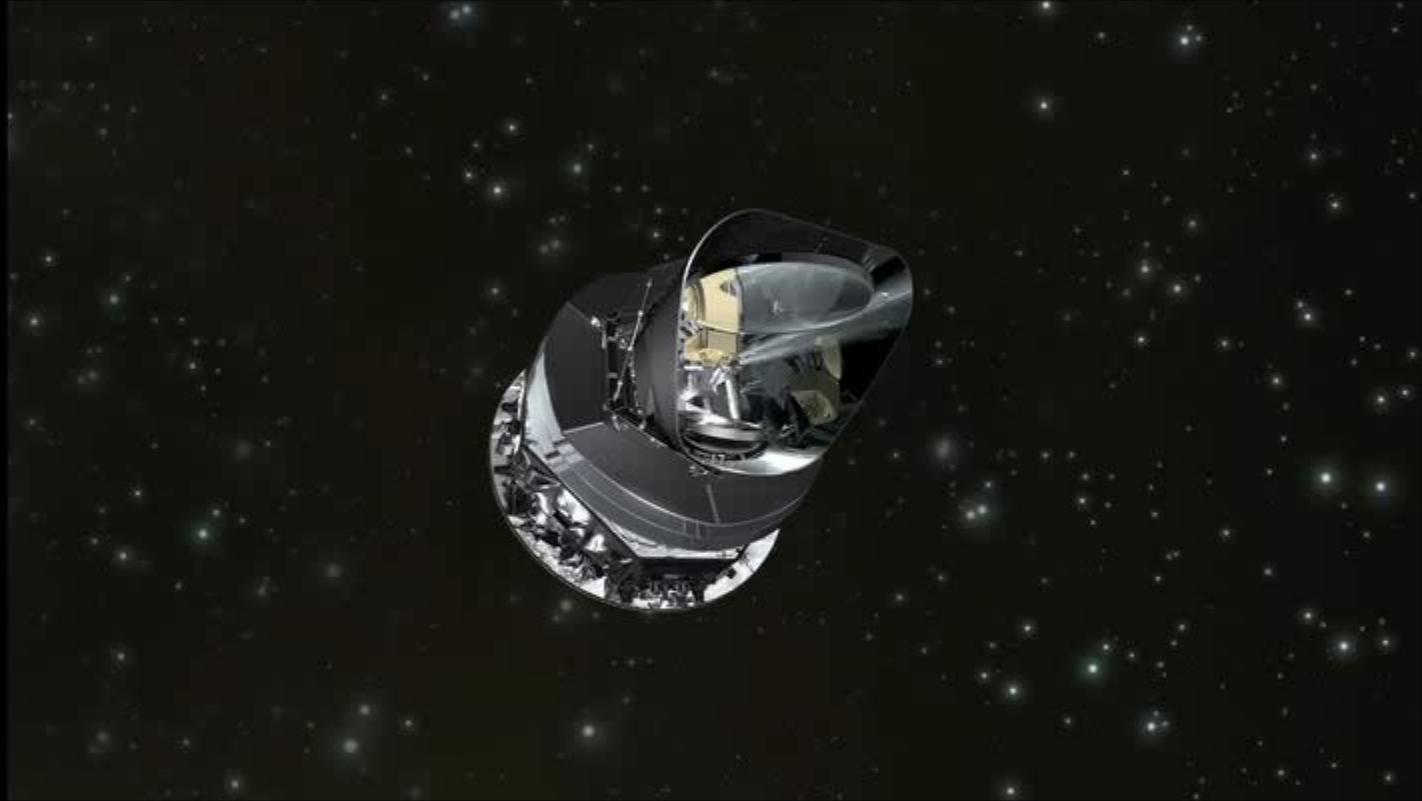
3) ბარიონული მატერიის სიმკვრივე $= 0.416 \pm 0.00455 \times 10^{-24}$ გრამი /მეტრი³

4) ცივი ბნელი მატერიის სიმკვრივე $= 2.23 \pm 0.032 \times 10^{-24}$ გრამი /მეტრი³

5) ბნელი ენერგიის სიმკვრივე $= 7 \times 10^{-24}$ გრამი /მეტრი³



A Journey of Light



through Space and Time



მადლობა ყურადღებისათვის