

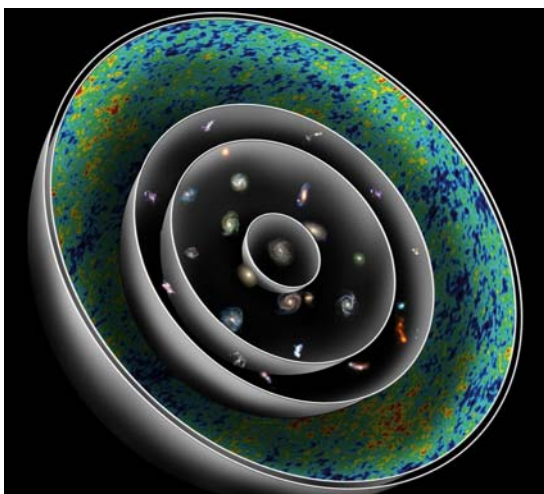


სამყაროს ევოლუცია

## ლექცია 12

დიდი აფეთქების თეორიის პრობლემები  
ინფლაციის თეორია

დიდი აფეთქება: გაფართოებადი სამყარო



## წინა ლექციაში

- დიდი აფეთქების თეორია
- ადრეული სამყარო
- რელიქტური ფონური გამოსხივება

დიდი აფეთქების თეორიის პრობლემები

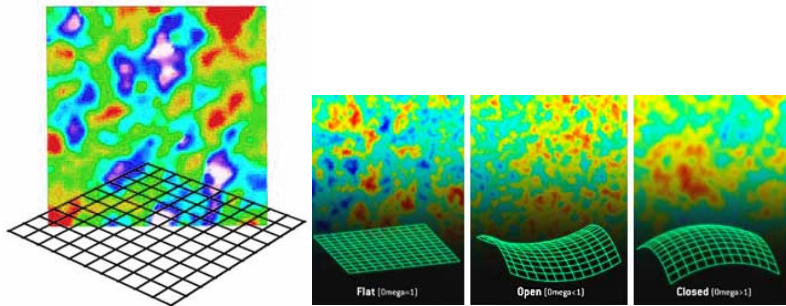
- სამყაროს ბრტყელი გეომეტრია;
- ჰორიზონტის პრობლემა;
- მაგნიტური მონოპოლები და ტოპოლოგიური დეფექტები;

დიდი აფეთქების თეორია ხსნის მხოლოდ სამყაროს  
დღევანდელი გაფართოების დინამიკას  
(ჰაბლის კანონი)

### ბრტყელი სამყარო

დიდ მასშტაბებზე სამყაროში სივრცე არ არის გამრუდებული:

სამყაროს დიდი სიზუსტით ბრტყელია



### საწყისი პირობების პრობლემა

დიდი აფეთქებისას სივრცემ უნდა დაიწყოს ზუსტად იმ სიჩქარით გაფართოება, რაც აუცილებელია დღევანდელი "ბრტყელი" (გაუმრუდებელი) სივრცის მისაღებად

გამალითად: ბურთი ავაგდოთ ზუსტად იმ სიჩქარით რომ იგი ავიდეს და ზუსტად გაჩერდეს დროშის ბოძის თავზე.



სამყაროს სჭირდება გაცილებით მეტი სიზუსტე გაფართოების საწყისი სიჩქარის არჩევისას

### ბრტყელი სამყარო

სტანდარტული დიდი აფეთქების თეორიის პრობლემა: *ბრტყელი ამონახსნი არამდგრადია*

სიმრუდის მცირე შეშფოთებები დაიწყებენ სწრაფ ზრდას და შეცვლიან დღევანდელ სურათს.

დღეს ბრტყელი გეომეტრიიდან გადახრა: **0.001%**  
ადრეულ სამყაროში შეშფოთების სიდიდე: **10<sup>-60</sup>**

საწყისი პირობების არაბუნებრივად ზუსტი არჩევა

### ჰორიზონტის პრობლემა

კოსმოლოგიური ჰორიზონტი:  $R_H \sim C t$   
C – სინათლის სიჩქარე

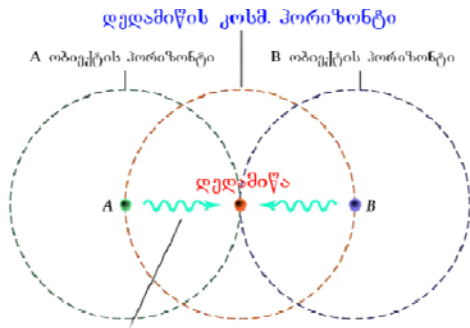
სამყაროს გაფართოების სიჩქარე < C, კოსმოლოგიური ჰორიზონტი იზრდება და მოიცავს უფრო და უფრო მეტ სივრცეს;

ჰორიზონტს შიგნით:დაკვირვებადი სამყარო, ურთიერთქმედება და ინფორმაციის გაცვლა

ჰორიზონტს გარე სამყარო ჩვენგან განსხვავდება?

### ჰორიზონტის პრობლემა

ჩვენ ვხედავთ სამყაროს შორეულ უბნებს რომლებიც ერთმანეთთან კავშირში არაა, მაგრამ მაინც ერთნაირად გამოიყურებიან



### სითბური გამოსხივება

“შავი სხეულის” გამოსხივების სპექტრი ახასიათებს სითბურ გამოსხივებას - როდესაც სხეული დაახლოებით ერთ ტემპერატურაზეა

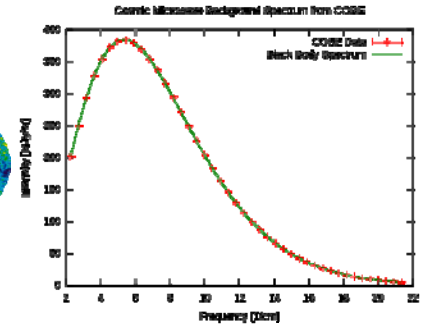
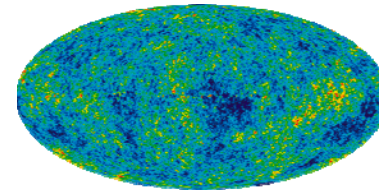
მაგ. გავარვარებული ნივთიერების სფერო: მზე (~5700K)



სითბური წონასწორობა - სხეულის სხვადასხვა ნაწილები ერთმანეთთან ურთიერთქმედებენ

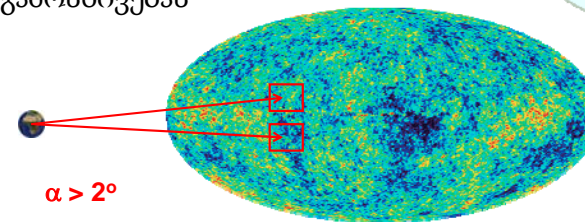
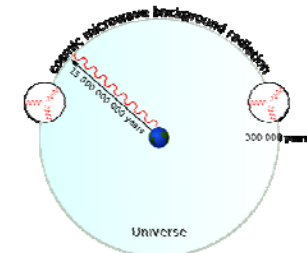
### რელიქტური ფონის გამოსხივება

რელიქტური ფონის გამოსხივების სპექტრი დიდი სიზუსტით ემთხვევა სითბურ გამოსხივებას (შავი სხეულის გამოსხივება 2.725K ტემპერატურაზე)



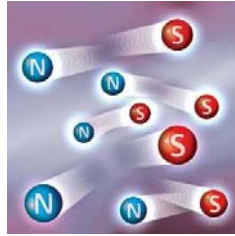
### ჰორიზონტის პრობლემა

რელიქტური ფონის უბნები, რომლებიც ერთმანეთს ვერ ხედავენ ასხივებენ ერთიდაიგივე ტემპერატურის სითბურ გამოსხივებას



### მაგნიტური მონოპოლები

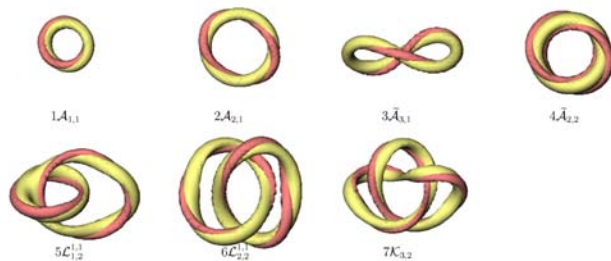
ელექტრული ველი:  
დადებითი და უარყოფითი  
ელექტრული მუხტები  
პროტონი +, ელექტრონი -



მაგნიტური ველის მუხტი - მონოპოლი?  
მაგნიტური ველის პოლარობა:  
“ჩრდილოეთი”, “სამხრეთი”  
**ჩრდილოეთ და სამხრეთ მონოპოლები?**

### სივრცის ტოპოლოგია

ტრეფოილის კვანძი



### ტოპოლოგია

ტოპოლოგიურად მსგავსი ობიექტები

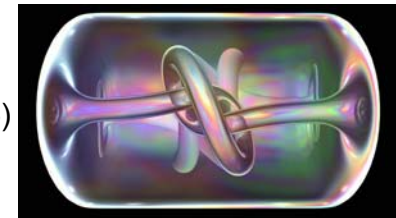


### სივრცის ტოპოლოგია

რთული ტოპოლოგიის  
ორგანზომილებიანი  
ზედაპირი - მეზიუსის ლენტი



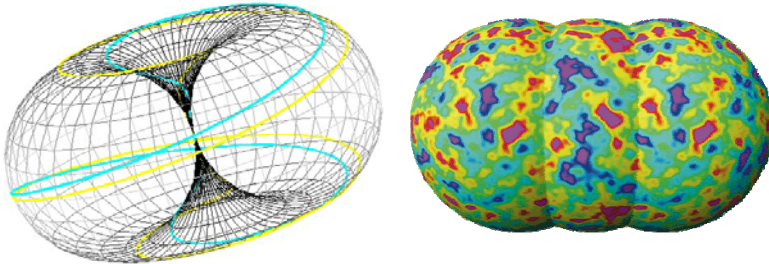
სივრცის ტოპოლოგიური  
დეფექტის მაგალითი  
(სივრცე ბოთლის შიგნით)





## სივრცის ტოპოლოგია

ტოპოლოგიურად რთული სამყაროს რელიქტური ფონი



## კოსმოლოგიური ინფლაცია

Starobinsky model (1970)

Alan Guth – Inflation (1981)

Andrei Linde (1982)

ინფლაციის თანამედროვე მოდელი

სამყაროს აჩქარებული გაფართოება:  
გაფართოების სიჩქარე მნიშვნელოვნად აღემატება  
სინათლის სიჩქარეს

გაფართოების ფაქტორი:  $\times 10^{60}$

## დიდი აფეთქების პრობლემები

დიდი აფეთქების თეორიის ფარგლებში არ არის  
გამორიცხული შემდეგი ფაქტორების არსებობა:

მაგნიტური მონოპოლების  
(ველის თეორია)

სივრცის ტოპოლოგიური დეფექტების  
(გრავიტაციის თეორია)

დღეისათვის არცერთი დამზერილი არ არის ...

## კოსმოლოგიური ინფლაცია

სამყაროში სივრცის გაფართოების მიზეზი:  
**ინფლაციური ველი** (განმზიდავი)

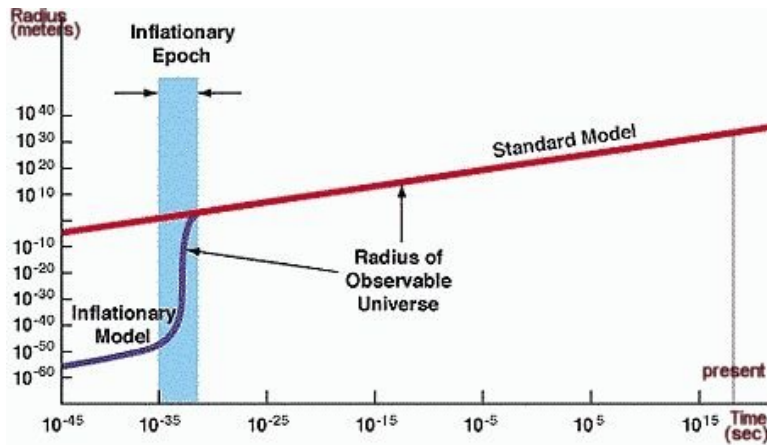
ინფლაციური ველის ენერგია პროპორციულია  
სივრცის მოცულობის

რაც მეტია სივრცე, მით მეტია ინფლაციური ველი,  
მით მეტია განზიდვა, მით უფრო სწრაფად  
ფართოვდება სამყარო

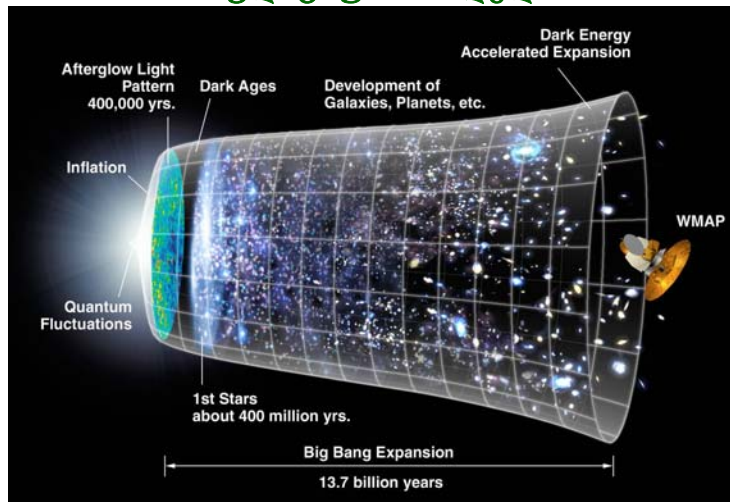
რადაც მომენტში ინფლაციური ველი ქრება და  
ენერგია გადადის ჩვენთვის ცნობილ ფორმებში  
გამოსხივება+მატერიაში  
**ცხელი სამყაროს დაბადება**

### ინფლაცია

აჩქარებული გაფართოების ეპოქა:  $10^{-35}$ – $10^{-30}$  წ.



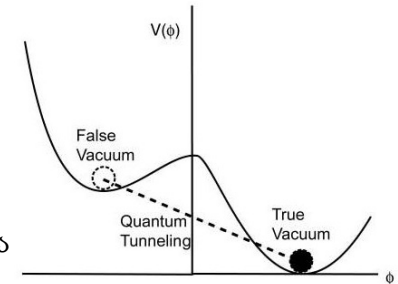
### ინფლაციური მოდელი



### ინფლაცია

საწყისი მდგომარეობა: ცარიელი ბუშტი, ვაკუუმი  
სკალარული ველის თვისება: "ცრუ ვაკუუმი"

ცრუ ვაკუუმიდან  
გადასვლა რეალურ  
ვაკუუმში



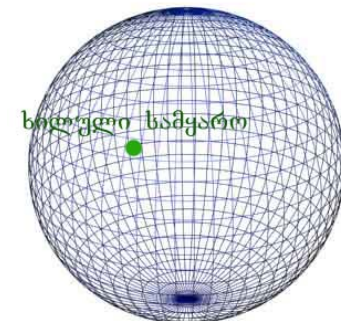
სკალარული ველის ენერგია

↓ ↓ ↓ ↓  
მატერიის ენერგია (ცხელი სამყაროს დაბადება)

### ბრტყელი სივრცე

ინფლაციური მოდელი:  
სამყაროს ზომა გაცილებით აღემატება ხილული  
სამყაროს რადიუსს ( $10^{60}$ )

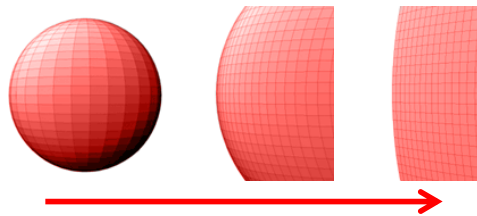
ანალოგი:  
სფეროს ზედაპირის  
მცირე უბანზე  
სიმრუდე არ იგრძნობა



## ბრტყელი სამყარო

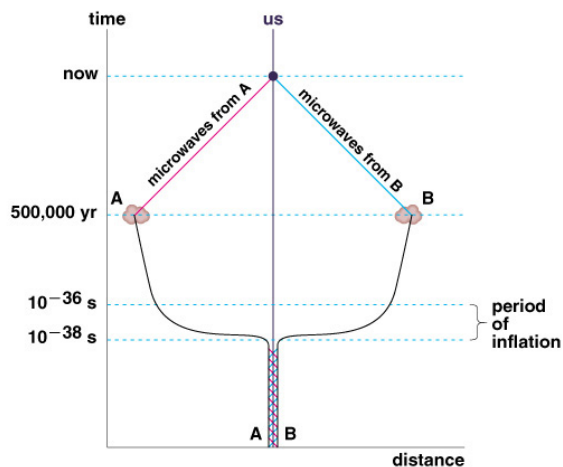
სამყაროს გეომეტრიას გააჩნია დადებითი სიმრუდე

ჩვენთან მიზეზ-შედეგობრივად დაკავშირებული სამყაროს ნაწილი (ჰორიზონტს შიგნით) დიდი სიზუსტით ბრტყელია



## ჰორიზონტის პრობლემა

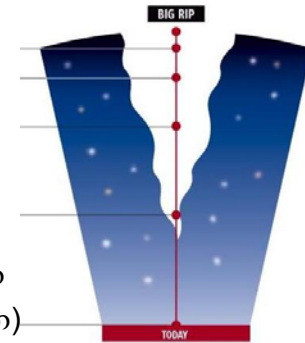
ადრეულ სამყაროში ახლოს მდებარე უბნები ინფლაციური გაფართოების შემდეგ აღმოჩნდნენ ჰორიზონტს გარეთ



## დიდი გახლეჩვა

სივრცის სინათლის სიჩქარეზე უფრო სწრაფი გაფართოება იწვევს სივრცის “გახლეჩვას”

განცალეხული სივრცის ნაწილებს ჭირდებათ გარკვეული დრო რომ კვლავ დაინახონ ერთმანეთი (კოსმოლოგიური ჰორიზონტი იზრდება სინათლის სიჩქარით)



## ქვანტური ქაფი

ბუშტის ზომა. პლანკის მასშტაბი:  $10^{-35}$  მ  
საწყისი მომენტი? პლანკის დრო:  $10^{-44}$  წ.

ჰაიზენბერგის განუზღვრელობის პრინციპი; არ შეიძლება კოორდინატისა და დროის ერთდროულად გაზომვა;

განუზღვრელობა: დროის ღერძის მიმართულება, მიზეზ-შედეგობრიობა, აზრს კარგავს შეკითხვა: რა იყო მანამდე?

### ქვანტური ქაფი

საწყისი მდგომარეობა: დრო-სივრცის ქვანტური ქაფი;



### სამყაროს ასაკი

დიდი აფეთქება: ~ 15 მილიარდი წელი  
ინფლაციური მოდიფიკაცია: ~13.7 მილიარდი წელი

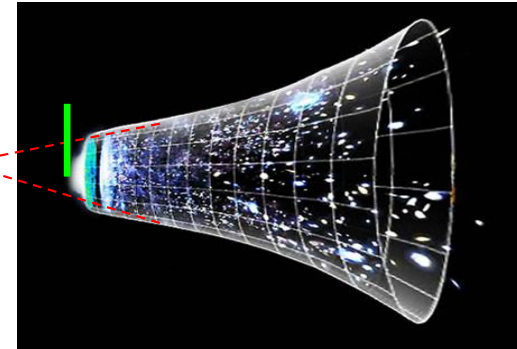
დღევანდელი წარმოდგენებით ინფლაცია დიდი აფეთქების თეორიის სტანდარტული მოდიფიკაციაა ადრეულ ეტაპზე

დიდი აფეთქების მოდელი: სამყაროს ზომა ნაკლებია ჰაბლის რადიუსზე

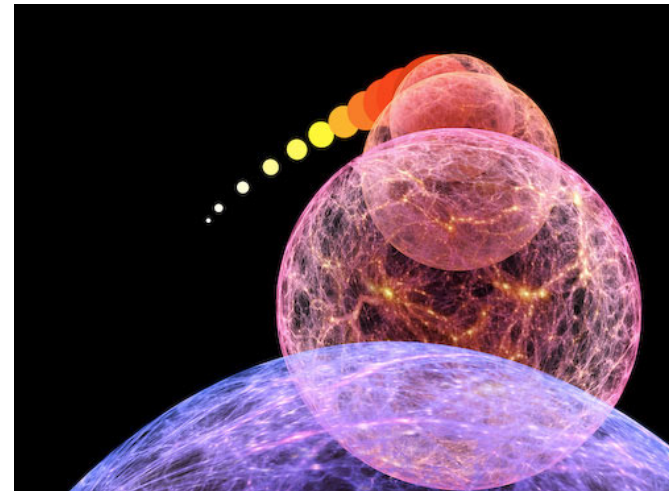
ინფლაცია: სამყაროს ზომა აღემატება ჰაბლის რადიუსს

### სამყაროს ასაკი

ინფლაციის თეორიაში სამყარო უფრო ახალგაზრდაა დიდი აფეთქების თეორიასთან შედარებით



### ინფლაციური კოსმოლოგია





[www.tevza.org/home/course/universe2012](http://www.tevza.org/home/course/universe2012)