

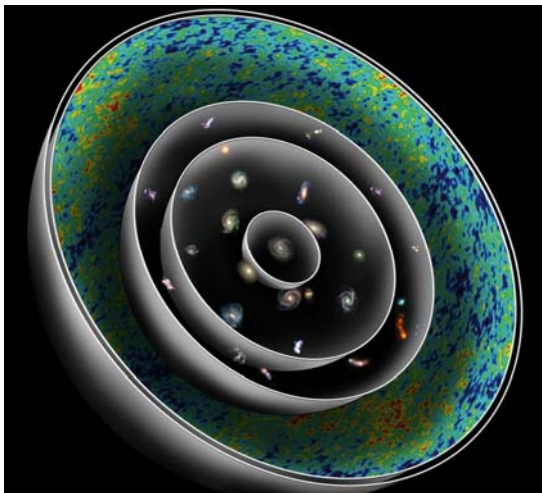


სამყაროს ევოლუცია

ლექცია 13

დიდი აფეთქების თეორიის პრობლემები
ინფლაციის თეორია

დიდი აფეთქება: გაფართოებადი სამყარო



წინა ლექციაში

- დიდი აფეთქების თეორია
- ადრეული სამყარო
- რელიქტური ფონური გამოსხივება
- კოსმოლოგიური დაკვირვებები

დიდი აფეთქების თეორიის პრობლემები

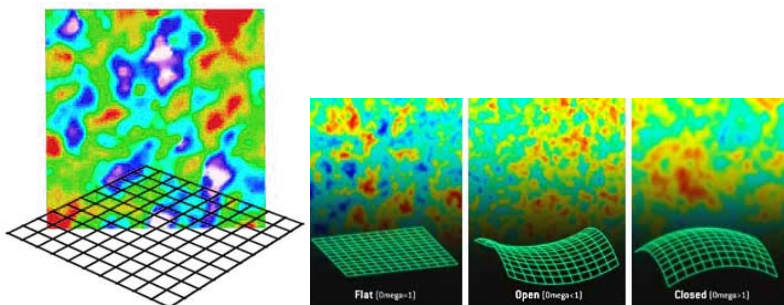
- სამყაროს ბრტყელი გეომეტრია;
- ჰორიზონტის პრობლემა;
- მაგნიტური მონოპოლები;
- ტოპოლოგიური დეფექტები;

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” (გამრუდებული) 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^{-60}**

საწყისი პირობების არაბუნებრივად ზუსტი არჩევა

ჰორიზონტის პრობლემა

კოსმოლოგიური ჰორიზონტი: $R_H \sim C t$

C – სინათლის სიჩქარე

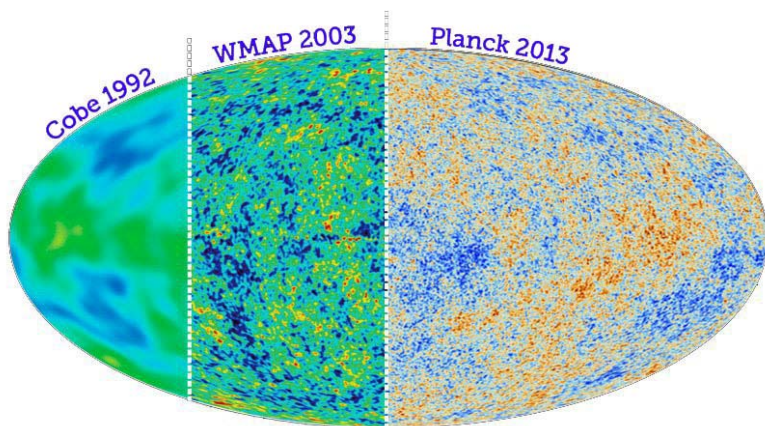
დროის სვლასთან ერთად კოსმოლოგიური ჰორიზონტი იზრდება და მოიცავს უფრო და უფრო მეტ სივრცეს;

ჰორიზონტს შიგნით: დაკვირვებადი სამყარო, ურთიერთქმედება და ინფორმაციის გაცვლა

ჰორიზონტს გარე სამყარო ჩვენგან განსხვავდება?

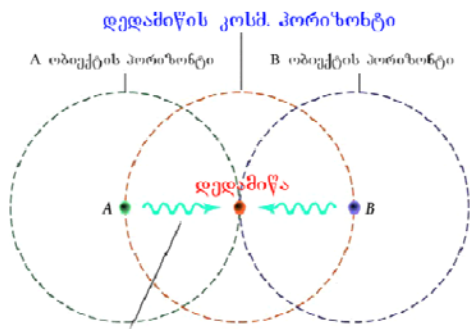
რელიქტური ფონის გამოსხივება

უკანასკნელი დაკვირვებები: PLANK თანამგზავრი



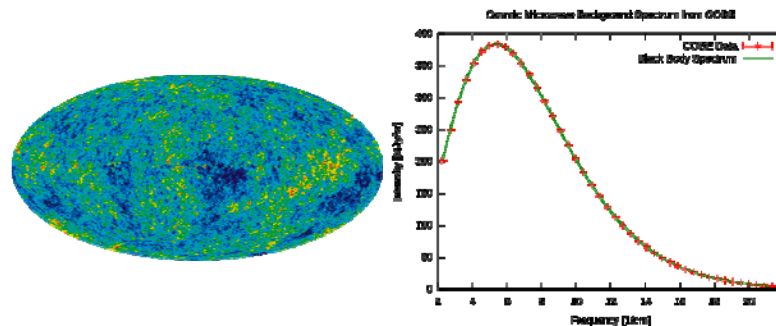
ჰორიზონტის პრობლემა

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



რელიქტური ფონის გამოსხივება

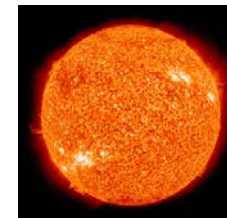
რელიქტური ფონის გამოსხივების სპექტრი დიდი სიზუსტით ემთხვევა სითბურ გამოსხივებას (შავი სხეულის გამოსხივება 2.725K ტემპერატურაზე)



სითბური გამოსხივება

სითბური გამოსხივების სპექტრი ახასიათებს სითბურ გამოსხივებას - როდესაც სხეული დაახლოებით ერთ ტემპერატურაზეა

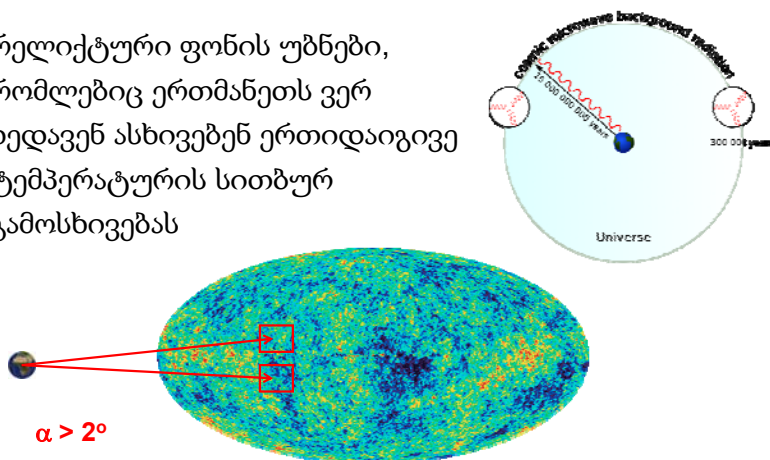
მაგ. გავარვარებული ნივთიერების სფერო: მზე (~5700K)



სითბური წონასწორობა - სხეულის სხვადასხვა ნაწილები ერთმანეთთან ურთიერთქმედებენ

ჰორიზონტის პრობლემა

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



ტოპოლოგია

ტოპოლოგიურად მსგავსი ობიექტები



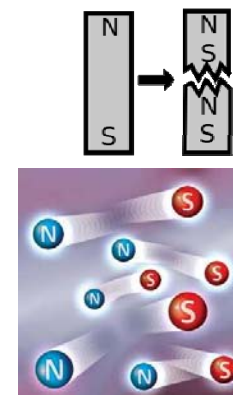
მაგნიტური მონოპოლები

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

მაგნიტური ველის მუხტი:
მონოპოლი?

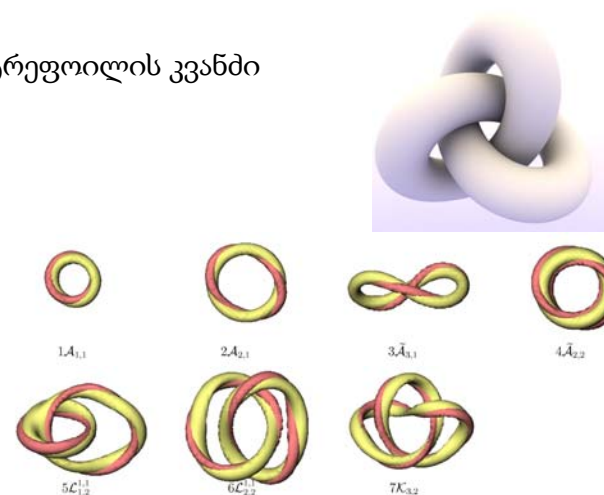
მაგნიტური ველის პოლარობა:
“ჩრდილოეთი”, “სამხრეთი”

ჩრდილოეთ და სამხრეთ მონოპოლები?



სივრცის ტოპოლოგია

ტრეფოილის კვანძი

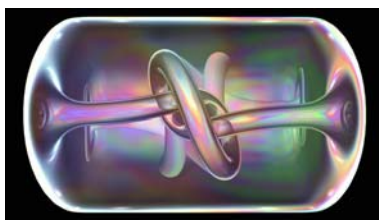


სივრცის ტოპოლოგია

რთული ტოპოლოგიის
ორგანოზომილებიანი
ზედაპირი - მებიუსის ლენტი



სივრცის ტოპოლოგიური
დეფექტის მაგალითი
(სივრცე ბოთლის შიგნით)



დიდი აფეთქების პრობლემები

დიდი აფეთქების თეორიის ფარგლებში არ არის
გამორიცხული შემდეგი ფაქტორების არსებობა:

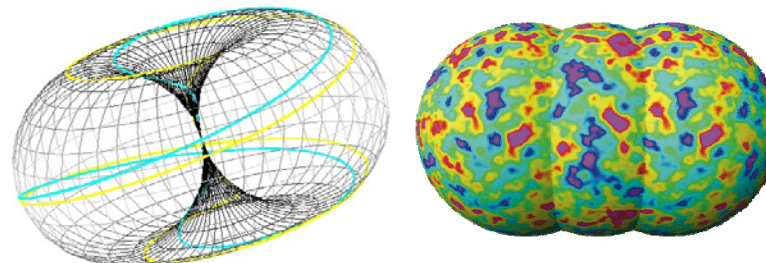
მაგნიტური მონოპოლები
(გელის თეორია)

სივრცის ტოპოლოგიური დეფექტები
(გრაფიტაციის თეორია)

დღეისათვის არცერთი დამზერული არ არის ...

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: $\times 10^{60}$

კოსმოლოგიური ინფლაცია

სამყაროში სივრცის გაფართოების მიზეზი:
ინფლაციური ველი (განმზიდავი)

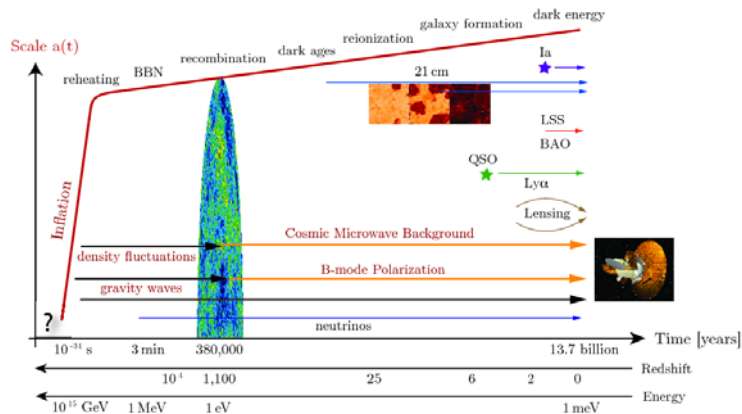
ინფლაციური ველის ენერგია პროპორციულია
სივრცის მოცულობის

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

რადგან მომენტში ინფლაციური ველი ქრება და
ენერგია გადადის ჩვეულების ცნობილ ფორმებში
გამოსხივება+მატერიაში

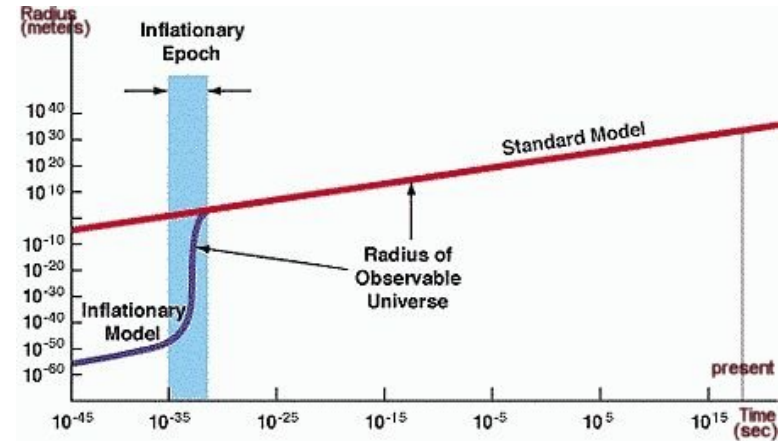
ცხელი სამყაროს დაბადება

ინფლაციური მოდელი



ინფლაცია

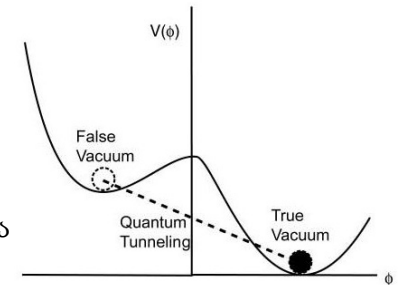
აჩქარებული გაფართოების ეპოქა: 10^{-35} – 10^{-30} წ.



ინფლაცია

საწყისი მდგომარეობა: ცარიელი ბუშტი, ვაკუუმი
სკალარული ველის თვისება: “ცრუ ვაკუუმი”

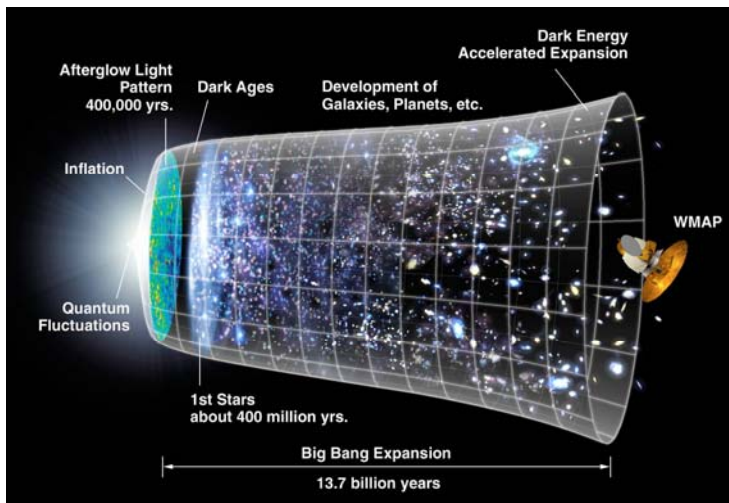
ცრუ ვაკუუმიდან
გადასვლა რეალურ
ვაკუუმში



სკალარული ველის ენერგია

↓ ↓ ↓ ↓
მატერიის ენერგია (ცხელი სამყაროს დაბადება)

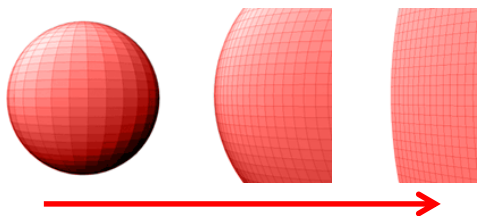
ინფლაციური მოდელი



ბრტყელი სამყარო

სამყაროს გეომეტრიას გააჩნია დადებითი სიმრუდე

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



ბრტყელი სივრცე

ინფლაციური მოდელი:

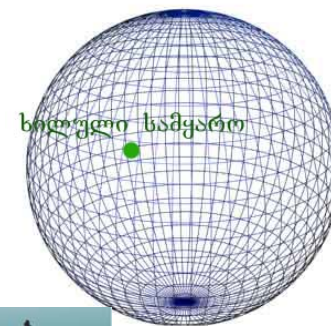
სამყაროს ზომა გაცილებით აღემატება ხილული სამყაროს რადიუსს (10^{60})

ანალოგი:

სფეროს ზედაპირის

მცირე უბანზე

სიმრუდე არ იგრძნობა



დიდი გახლეჩვა

სივრცის სინათლის სიჩქარეზე უფრო სწრაფი გაფართოება იწვევს სივრცის “გახლეჩვას”

განცალეხული სივრცის

ნაწილებს ჭირდებათ

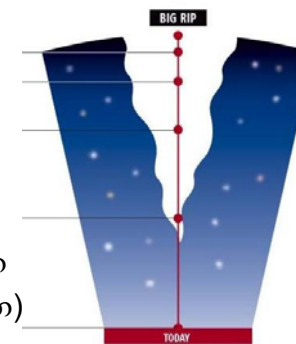
გარკვეული დრო

რომ კვლავ დაინახონ

ერთმანეთი

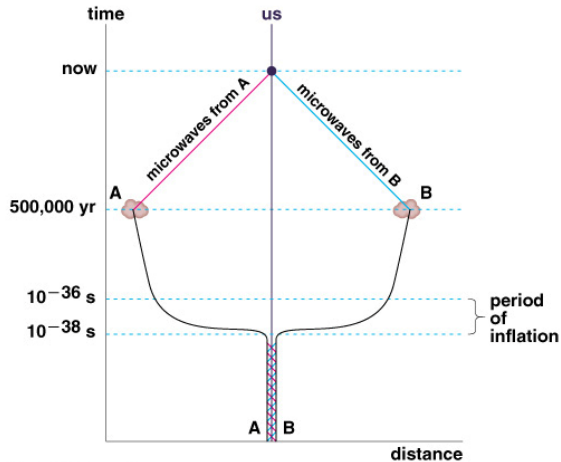
(კოსმოლოგიური ჰორიზონტი

იზრდება სინათლის სიჩქარით)



ჰორიზონტის პრობლემა

ადრეულ
სამყაროში
ახლოს
მდებარე
უბნები
ინფლაციური
გაფართოების
შემდეგ
აღმოჩნდნენ
ჰორიზონტს
გარეთ



მაგნიტური მონოპოლების პრობლემა

სამყაროს ასაკი მაგნიტური მონოპოლების
გაჩენისას: 10^{-36} წმ. (ინფლაცია: 10^{-35} – 10^{-30} წმ.)

ჰიპოთეზა: მაგნიტური მონოპოლები გაიფანტნენ
სამყაროში ინფლაციური გაფართოების დროს.

შეფასებულია, რომ დღევანდელი
კოსმოლოგიური ჰორიზონტის შიგნით
უნდა იყოს საშუალოდ ერთ
მონოპოლზე ნაკლები.

ANITA

Antarctic Impulse Transient Antenna – balloon experiment



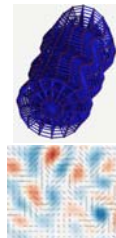
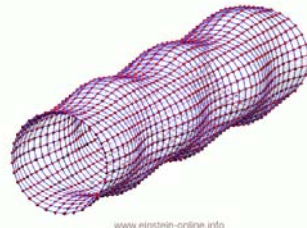
რელიქტური გრავიტაციული ტალღები

ინფლაცია-სივრცის აჩქარებული
გაფართოება: გრავიტაციული
ტალღების წყარო;

“პირველადი” გრავიტაციული
ტალღების რელიქტური ფონი.

შესაძლო დაკვირვებები:

1. პირდაპირი:
(გრავ. ტალღების იზოტროპული ფონი)
2. არაპირდაპირი:
ელ.მაგ. ტალღების რელიქტ. ფონის პოლარიზაცია;



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,
აზრის კარგავს შეკითხვა: რა იყო მანამდე?

ქვანტური ქაფი

საწყისი მდგომარეობა: დრო–სივრცის ქვანტური ქაფი;



სამყაროს ასაკი

დიდი აფეთქება: ~ 15 მილიარდი წელი
ინფლაციური მოდიფიკაცია: ~13.8 მილიარდი წელი

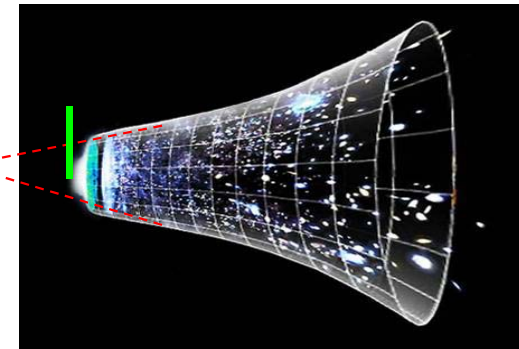
დღევანდელი წარმოდგენებით ინფლაცია დიდი აფეთქების თეორიის სტანდარტული მოდიფიკაციაა ადრეულ ეტაპზე

დიდი აფეთქების მოდელი: სამყაროს ზომა ნაკლებია ჰაბლის რადიუსზე

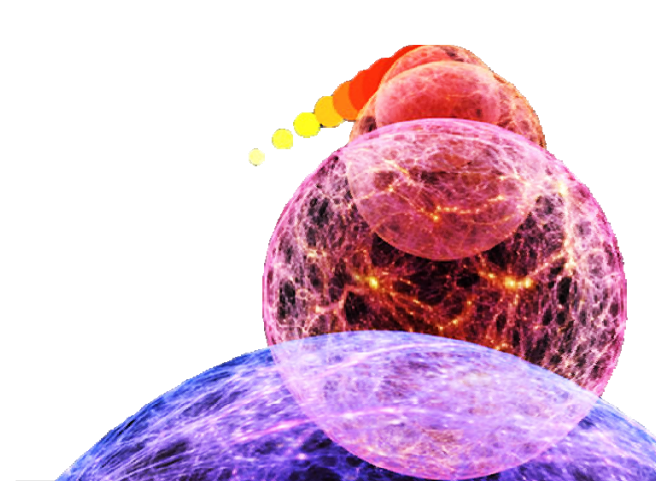
ინფლაცია: სამყაროს ზომა აღემატება ჰაბლის რადიუსს

სამყაროს ასაკი

ინფლაციის თეორიაში სამყარო უფრო ახალგაზრდაა დიდი აფეთქების თეორიასთან შედარებით



ინფლაციური კოსმოლოგია



www.tevza.org/home/course/universe2017