



*აგრეთვე ჭრებნიშუაღანს ხახვლმანს
ბძილანს ხახვლმნიშუა ანახვერსიქეფი*

სამყაროს ევოლუცია

ლექცია 9

კლასიკური ფიზიკა და კოსმოლოგია,
ფარდობითობის ზოგადი თეორიის ეფექტები,
სამყაროს გაფართოება, წითელი წანაცვლება

წინა ლექციაში

- მანძლის გაზომვა შორეულ ობიექტებამდე
- სამყაროს დიდმასშტაბოვანი სტრუქტურა
- კოსმოლოგიური პრინციპი

კოსმოლოგია

ფუნდამენტური შეკითხვები (დრო):

- არის თუ არა სამყარო სამარადისო, თუ მას გააჩნია დასაწყისი;
- იარსებებს თუ არა სამყარო მუდმივად თუ მას გააჩნია დასასრული;
- არის თუ არა სამყარო სტატიკური და უცვლელი თუ ის დროში ცვალებადია;
- სამყარო იცვლება ერთი მიმართულებით თუ ციკლურად;

კოსმოლოგია

ფუნდამენტური შეკითხვები (სივრცე):

- არის თუ არა საყარო სასრული თუ უსასრულო სივრცეში;
- თუკი სამყარო სასრულია, აქვს თუ არა მას საზღვარი;

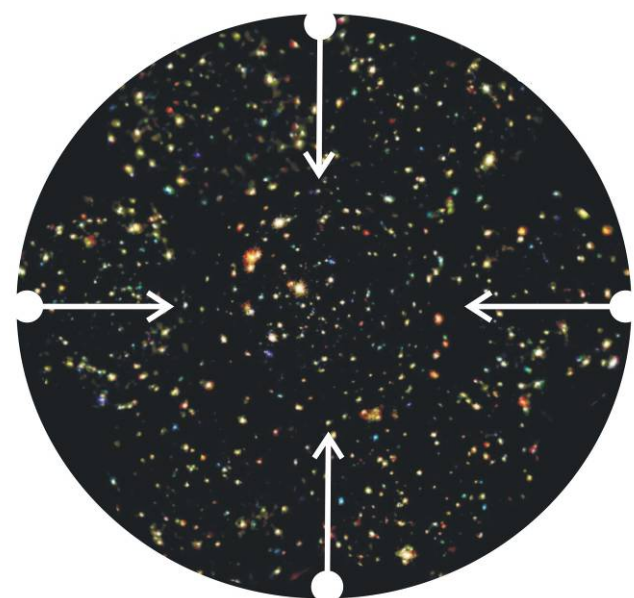
ფიზიკურ კოსმოლოგიამდე შეკითხვებზე
პასუხობდა რელიგია; (სხვადასხვა მიდგომები)

კლასიკური ფიზიკა და კოსმოლოგია

დინამიკა:	ნიუტონის კანონები;
ათვის სისტემები:	გალილეის გარდაქმნები;
გრავიტაცია:	ნიუტონის მსოფლიო მიზიდულობის კანონი;

სამყარო: სტატიკური, სამარადისო;
უსასრულო

სასრულო სამყაროში მოხდება
გრავიტაციული კოლაფსი;



ღამის ცა

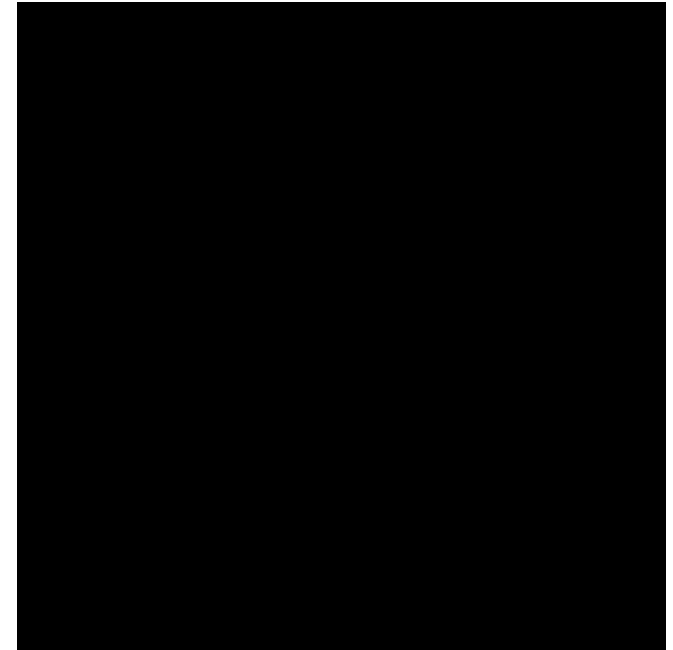
ოლბერსის პარადოქსი (Olbers 1826)

“უსასრულო ერთგვაროვან სტატკიურ სამყაროში
ღამის ცა უნდა იყოს განათებული”

ნებისმიერი მიმართულებით
ახლო თუ შორ მანძილზე უნდა
ვხედავდეთ მნათობს.

ოლბერსის ამოხსნა:

ვარსკვლავთშორისი გაზის და მტვრის შთანთქმა



კლასიკური ფიზიკა და კოსმოლოგია

პრობლემები: 1. ღამის ცის პარადოქსი;
2. მდგრადობა;

ნიუტონის უსასრულო სამყარო გრავიტაციულად არამდგრადია;

ნებისმიერი მცირე შეშფოთება (მასის ლოკალური ზრდა) გამოიწვევს გრავიტაციულ არამდგრადობას და კოლაფსს;

ფიზიკური კოსმოლოგია, კოსმოლოგია როგორც მეცნიერება სათავეს იღებს თანამედროვე გრავიტაციის თეორიის დაფუძვნიებიდან (აინშტაინი)

აინშტაინის თეორია

რელატივიზმი: ფარდობითობის თეორია;

პოსტულატი:

სინათლის სიჩქარე: მაქსიმალური შესაძლო სიჩქარე;
(მასის, გამოსხივების, ინფორმაციის გადატანა)

გალილეის გარდაქმნები \Rightarrow ლორენცის გადაქმნები;
სინათლის სიჩქარე მაქსიმალური სიჩქარეა ყველა
ათვის სისტემაში;

სივრცე, აბსოლუტური დრო \Rightarrow დრო-სივრცე
(ლოკალური დრო)

აინშტაინის თეორია

გრავიტაციის ახალი თეორია

დრო–სივრცე შეიძება იყოს გამრუდებული;

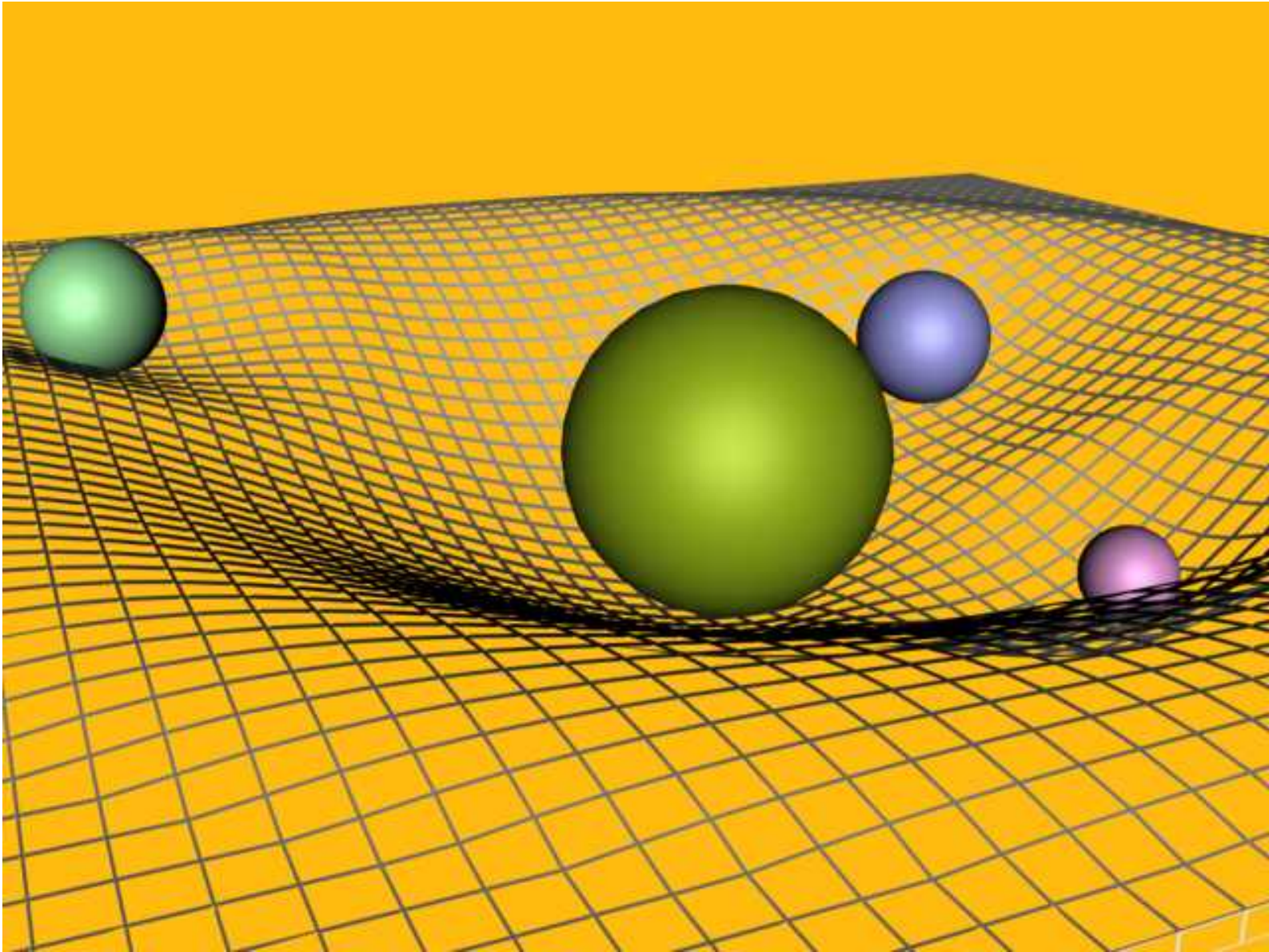
გეომეტრიული წარმოდგენები

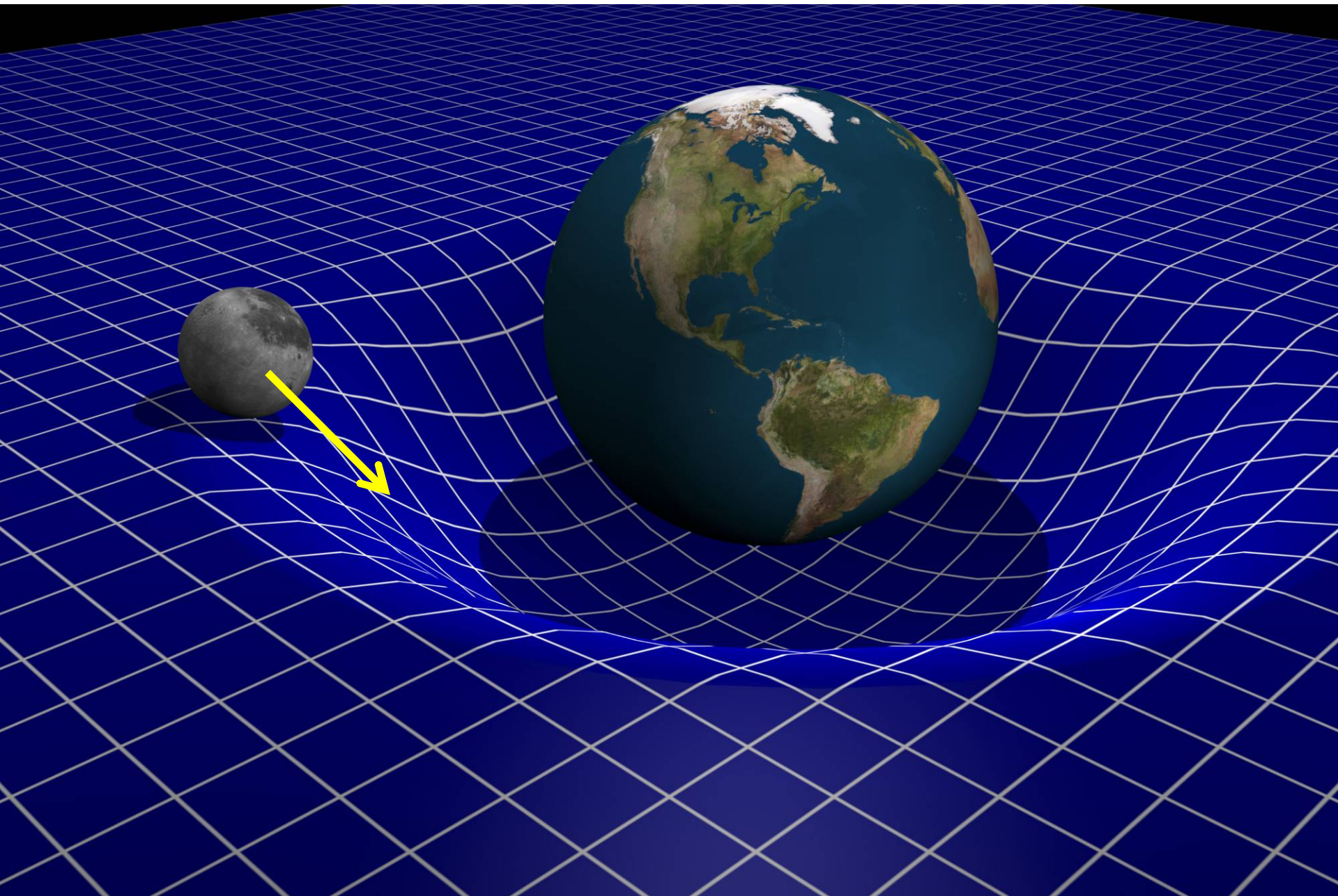
სიმრუდე განისაზღვრება მასის განაწილებით;

იტერპრეტაცია:

- მასა განსაზღვრავს სივრცის სიმრუდეს;
- სივრცე განსაზღვრავს მასის მოძრაობას;

მასის განაწილება და სივრცის სიმრუდე



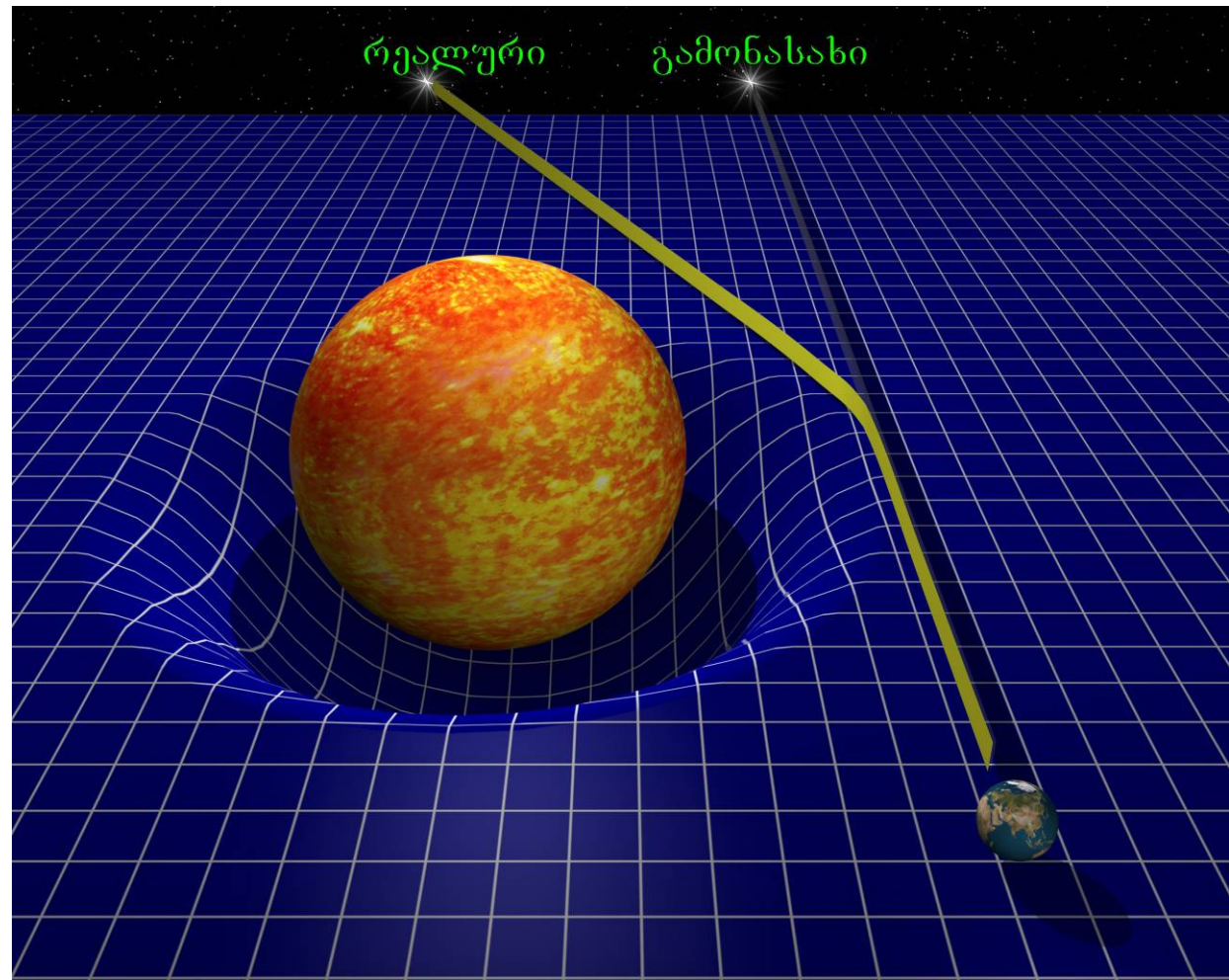


სინათლის სხივის გამრუდება

მასა/ენერგია: $E = mc^2$

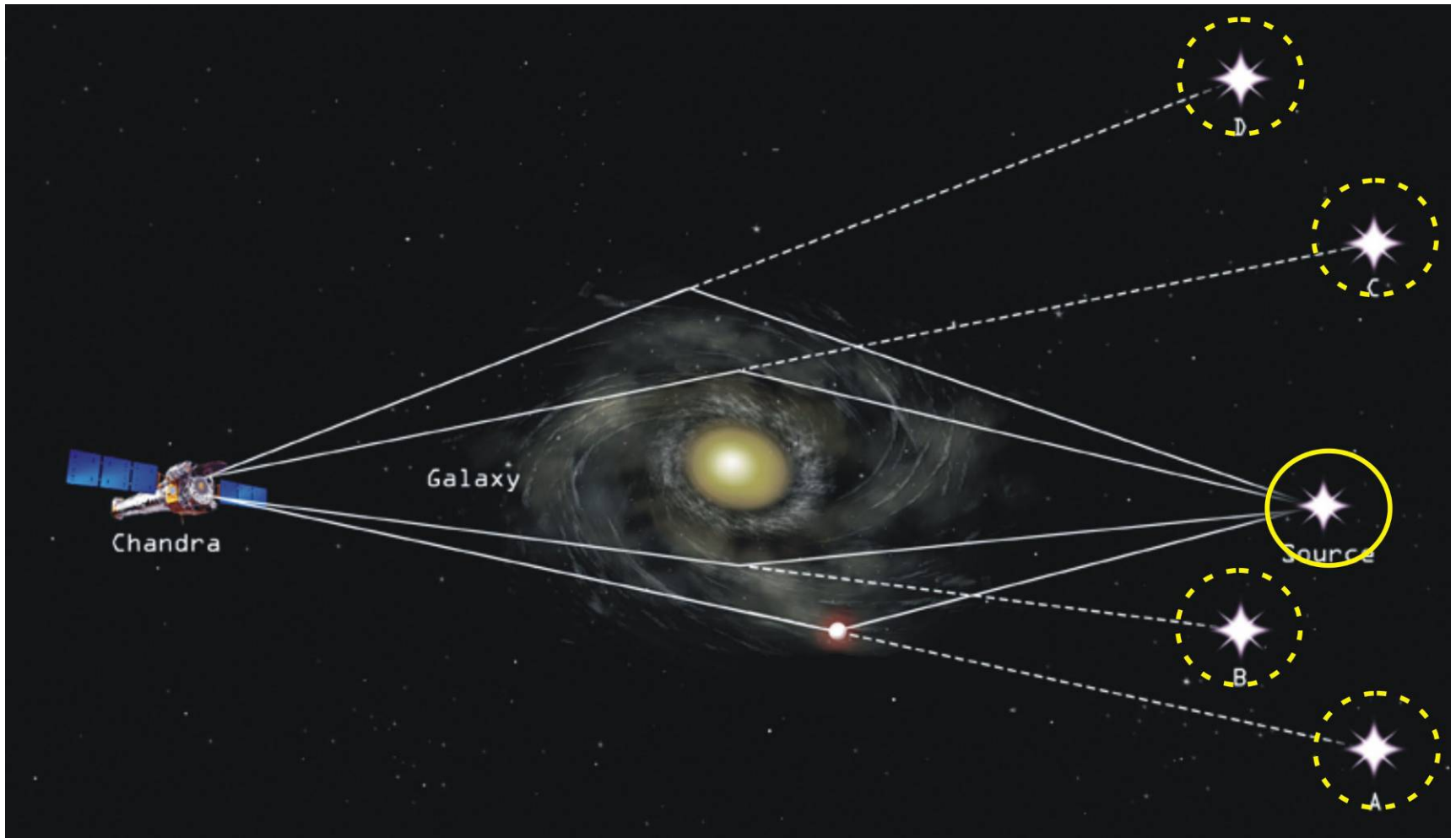
სინათლის სხივი:
ფოტონი
(ეფექტური მასა)

ფოტონის
გრავიტაციული
მიზიდვა



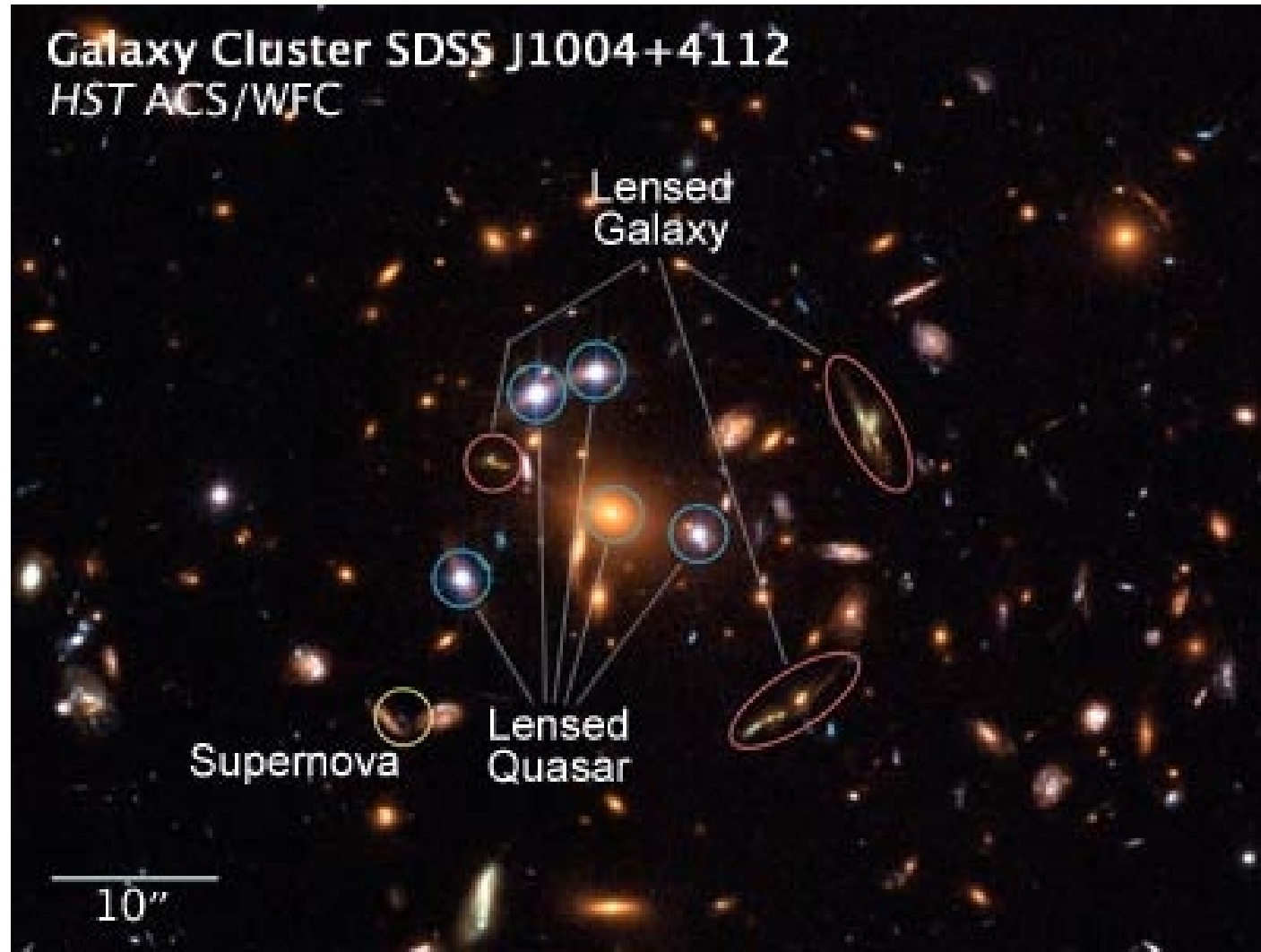
გრავიტაციული ლინზირება

შორეული ობიექტის ოპტიკური გამოსახულების გრავიტაციული მოდიფიკაცია: ლინზირება



გრავიტაციული ლინზირება

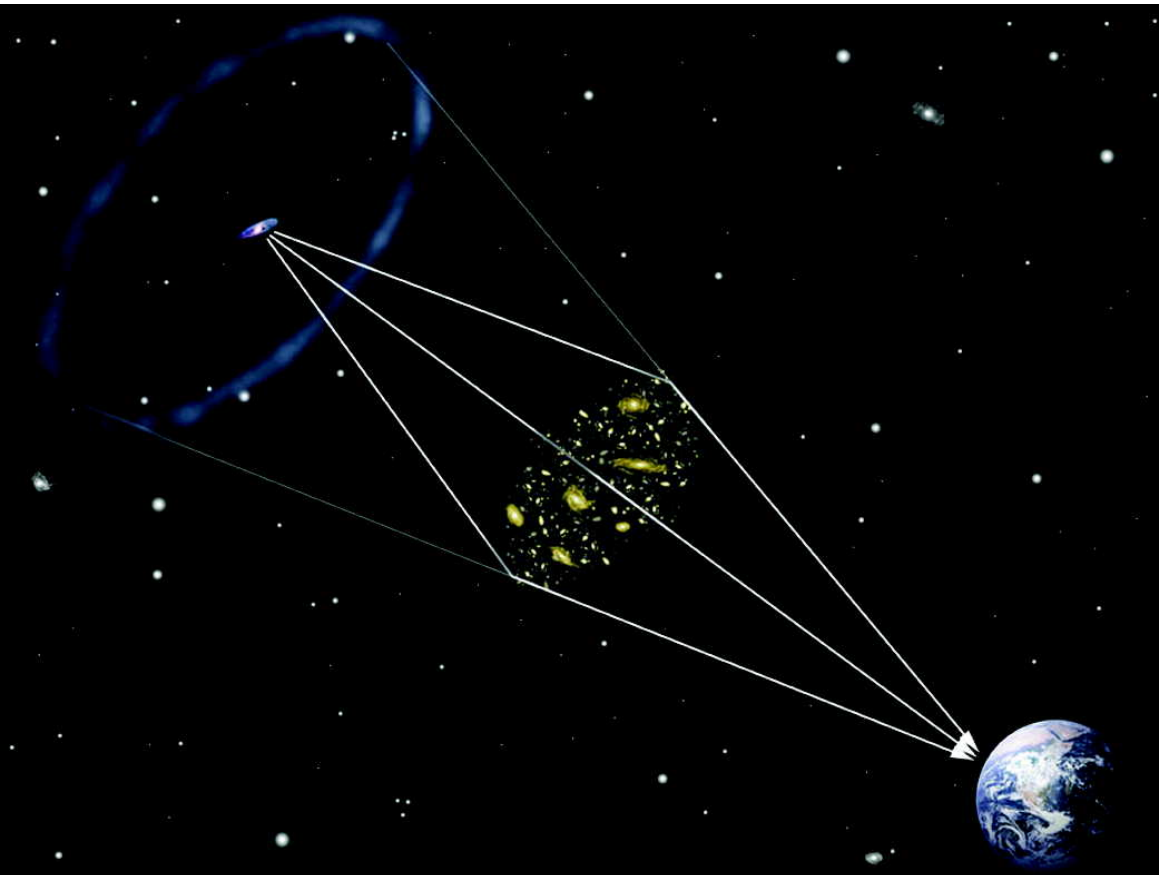
ერთი ობიექტის მრავალჯერადი გამოსახულება



გრავიტაციული ღინზირება

რკალური გამონასახი

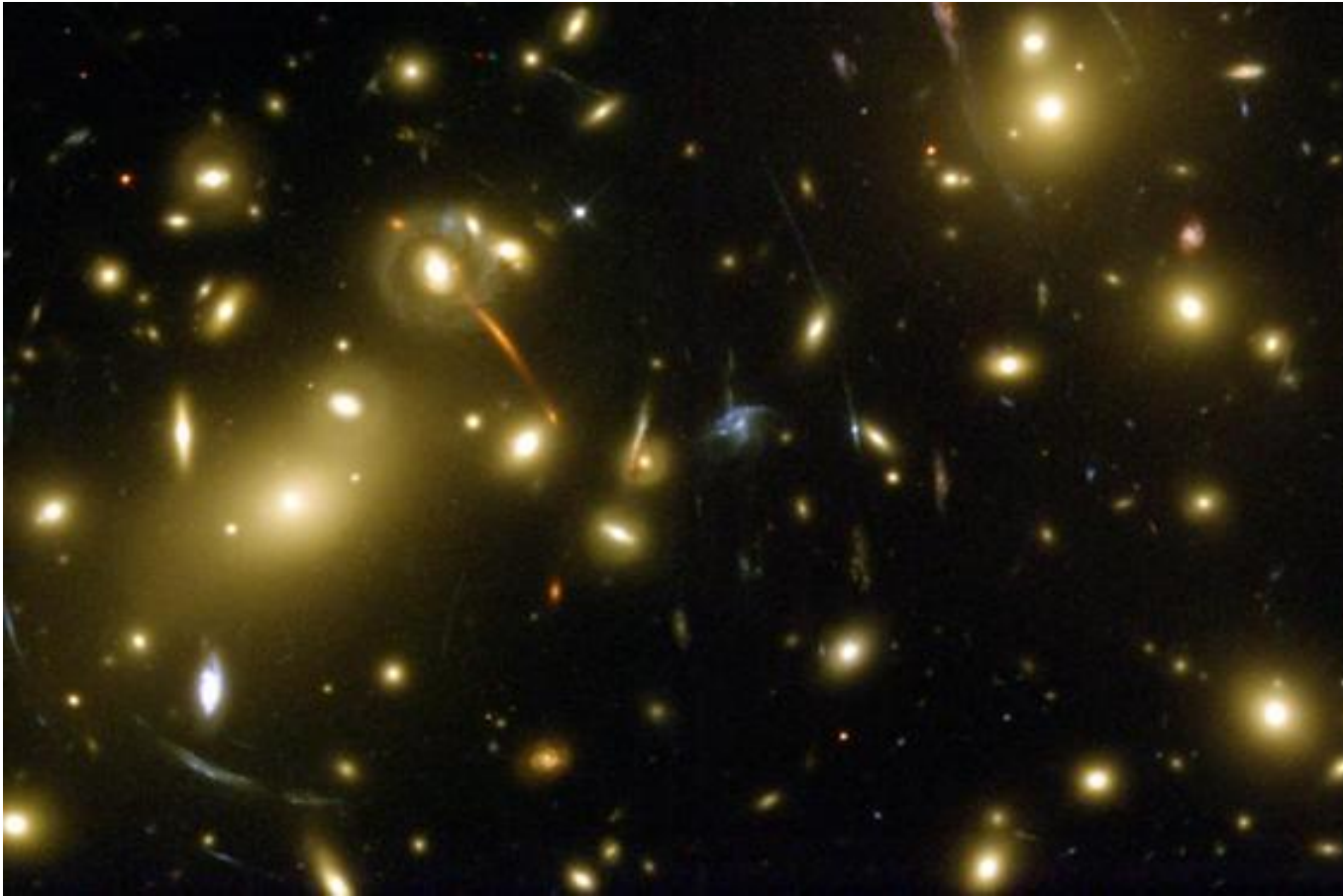
თეორია



დაკვირვება

შორეული კოსმოსი

გრავიტაციული ლინზირება უპირატესად
დაიკვირვება შორეული ობიექტებისათვის
(საჭიროა ორი ობიექტი დაკვირვების სხივის გასწვრივ)



სამყაროს გეომეტრია

სამყაროს გლობალური გეომეტრია:

სიმრუდე:

დადებითი,

უარყოფითი,

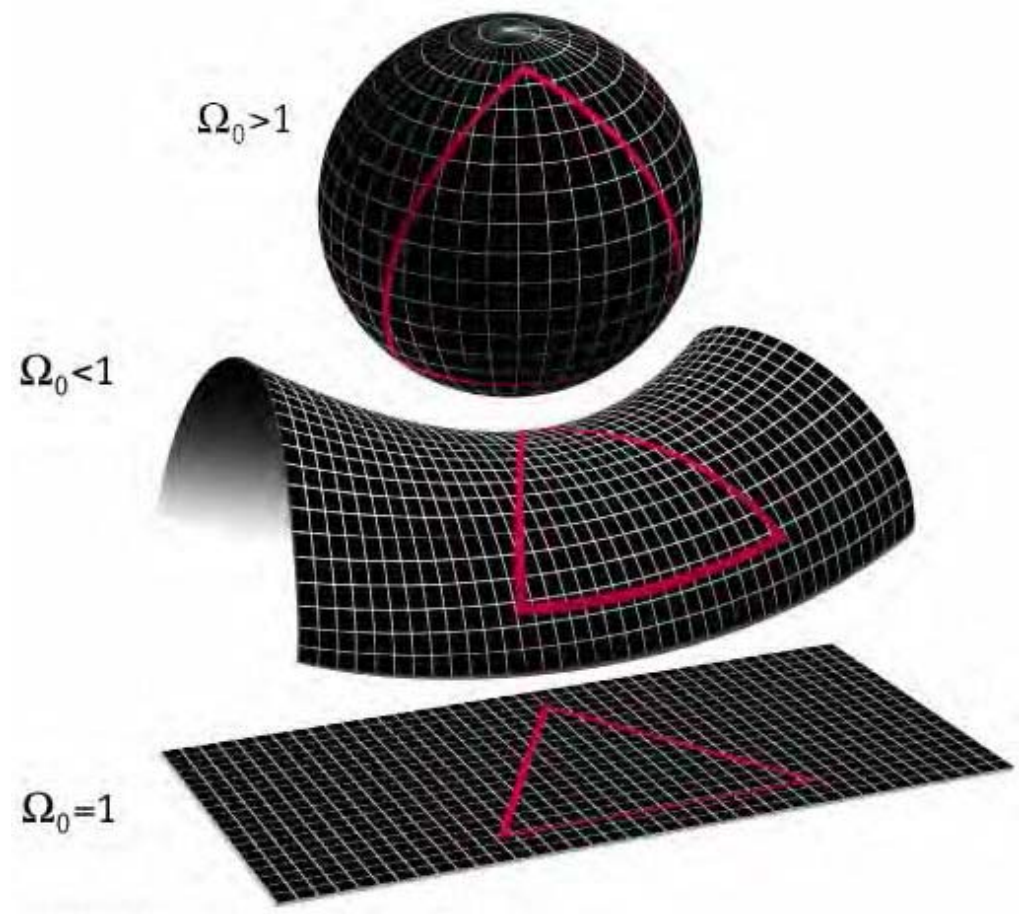
ნულოვანი (ბრტყელი);

სამკუთხედის შიდა

კუთხეების ჯამი:

ბრტყელი: 180°

დადებითი: $>180^\circ$, უარყოფითი: $<180^\circ$;



აინშტაინის კოსმოლოგია

აინშტაინის განტოლება: $G \sim T$

G - მეტრიკა (სივრცის სიმრუდე)

T – ენერგია–იმპულსი (მასა, ენერგია)

$T > 0$: გრავიტაცია მხოლოდ მიმზიდველი ძალაა

$G > 0$: სივრცის დადებითი სიმრუდე ?

სტატიკური სამყარო: გრავიტაციული კოლაფსი

აინშტაინის კოსმოლოგია

ნულოვანი სიმრუდე დიდ მასშტაბებზე (ბრტყელი სამყარო);

$$G \sim T - \Lambda$$

Λ - აინშტაინის ლამბდა წევრი: სივრცის განზიდვა;

აინშტაინის ჰიპოტეზა: სტატიკური სამყაროსათვის საჭიროა განმზიდავი ძალა – ლამბდა წევრი

სამყაროს გაფართოება

დაკვირვებები:

ედვინ ჰაბლი (Hubble 1929)

გალაქტიკის წითელი წანაცვლება პროპორციულია დედამიწამდე მანძილის;

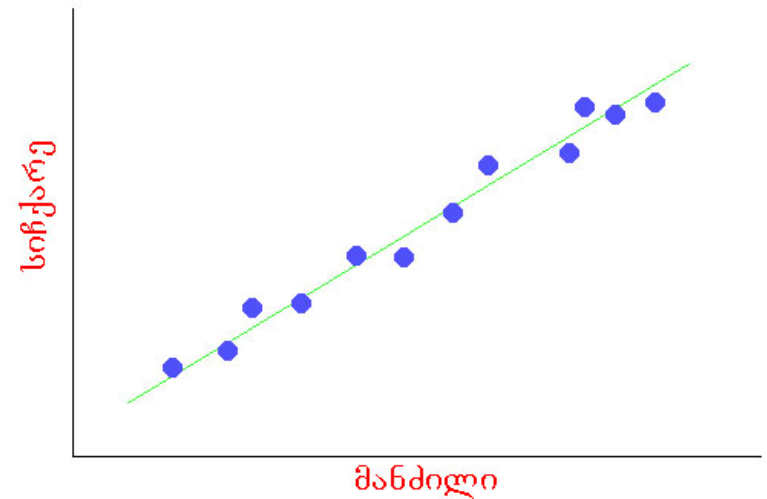
ჰაბლის კანონი:

$$V = H D$$

V - დაშორების სიჩქარე

D – მანძილი მნათობამდე

H – ჰაბლის მუდმივა: $H \approx 72$ (კმ/წ)/(მეგა პარსეკი)



სამყაროს გაფართოება

გაფართოება: არასტატიკური სამყარო (!)

გაფართოების ცენტრი:

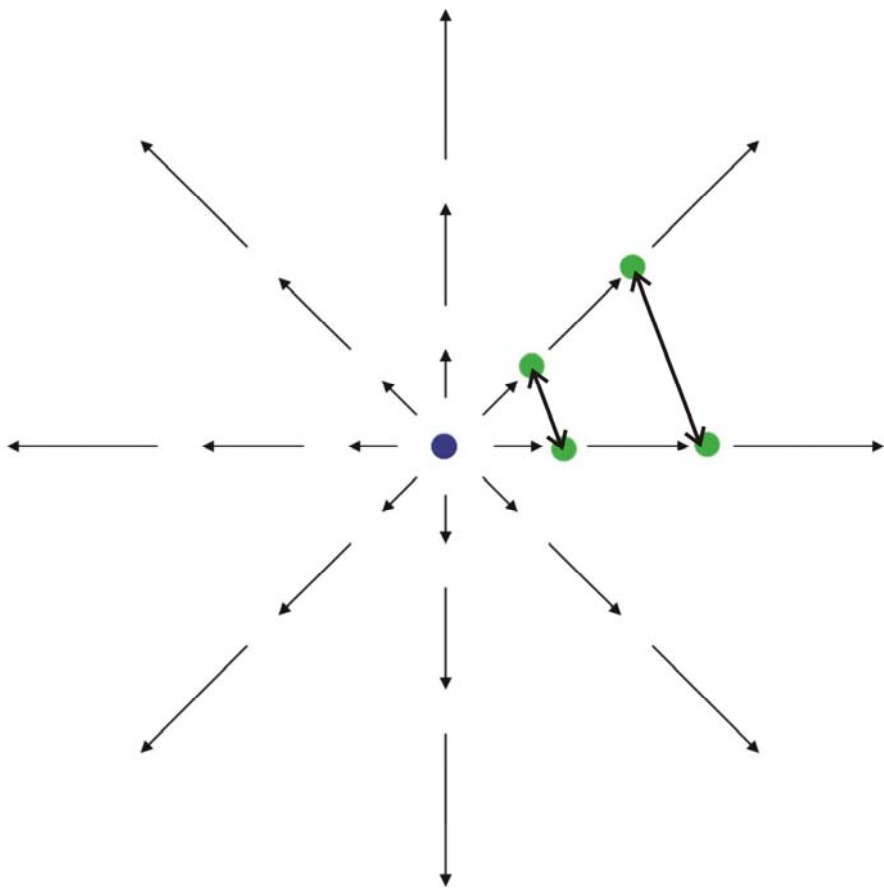
დედამიწა?

კოსმოლოგიური პრინციპი:

ერთგვაროვნება;

სამყარო ფართოვდება

ყველგან



წითელი წანაცვლება

სამყაროს გაფართოება საშალებას იძლევა მანძილი გავზომოთ წითელი წანაცვლებით:

ჰაბლი: მანძილი პროპორციულია სიჩქარის;

დოპლერი: წითელი წანაცვლება პროპორციულია დაშორების სიჩქარის;

z - წითელი წანაცვლება;

$$z = \frac{v}{c}$$

რელატივისტური ფორმა ($v \sim c$)

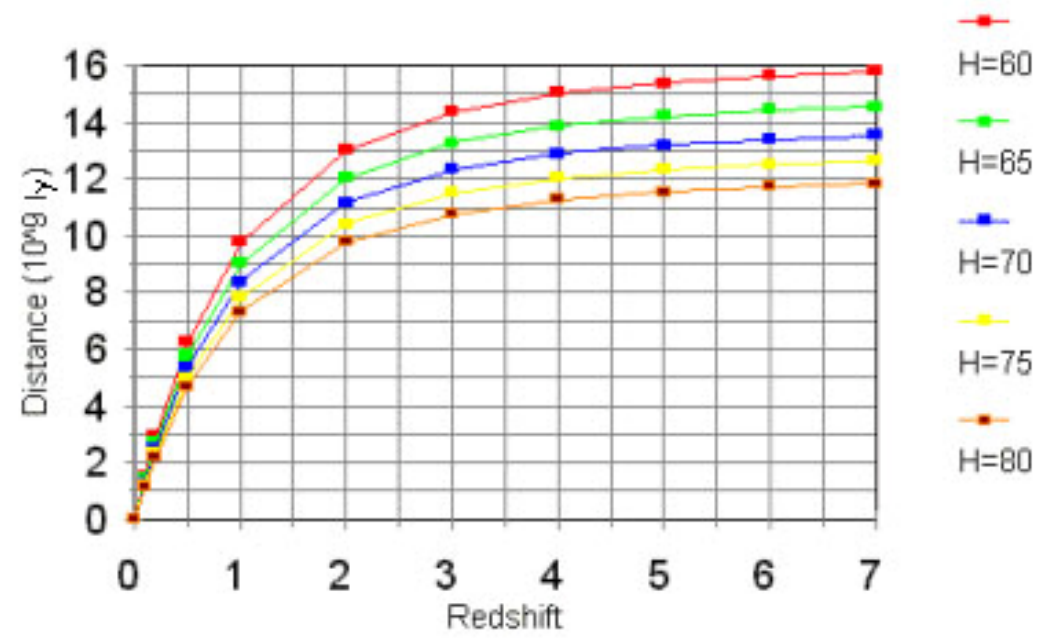
$$z = \sqrt{\frac{c+v}{c-v}} - 1$$

Z მანძილი

მანძილი/წითელი წანაცვლების სკალა დამოკიდებულია ჰაბლის მუდმივის ზუსტ მნიშვნელობაზე:

შორეული ობიექტი:
მაღალი Z ობიექტები
($z > 0.1$)

მაგ. კვაზარები,
ზეახალი ვარსკვლავები



კოსმოლოგიური ჰორიზონტი

დაკვირვებადი სამყაროს ზომა: ჰაბლის რადიუსი

$$R_H = C T$$

C - სინათლის სიჩქარე

T – სამყაროს ასაკი

სამყაროს ის ნაწილი რომელიც ჩვენთან დაკავშირებულია მიზეზ–შედეგობრივად;

მაგ. სამყაროს ასაკი: 13.7 მილიარდი წელი

ჰაბლის რადიუსი: 13.7 მილიარდი სინათლის წელი

სივრცე და დრო სამყაროში

ხილული სამყაროს დაკვირვება:

ჩვენამდე შორეული ობიექტიდან მოსული სინათლე მნათობმა გამოასხივა წარსულში;

დროში განსხვავება პროპორციულია მნათობამდე მანძილის;

დიდი მანძილი – შორეული წარსული;

ღრმა კოსმოსი: ადრეული სამყარო;

კოსმოლოგიური ჰორიზონტი (ჰაბლის რადიუსი):

სამყაროს დაბადება?

www.tevza.org/home/course/universe2010