
НАСТАНОК И СУДБИНА НА ВСЕЛЕНАТА

Наце Стојанов

Институт за физика, ПМФ, п. фах 162, Скопје

1. ЖИВЕЕМЕ ВО ЕКСПАНЗИОНА ВСЕЛЕНА

Колку наивно да изгледа, едно од најфундаменталните прашања што човекот може да го постави гласи: Зошто ноќе небото е темно? Ова прашање, познато како Олберсовиот парадокс, покажало дека има нешто погрешно во идејата за бесконечна и статичка Вселена, поточно, во Њутнова претстава дека просторот е рамен и дека се протега континуирано и целосо независно од ѕвездите и галаксиите или што било друго. Слично било и со Њутновото разбирање за времето, односно дека часовникот чука постојано и монотono секогаш, не успорувајќи и не забрзувајќи никогаш. Според тоа, лесно било да се заклучи дека Њутновиот простор и време не корелираат, што значи дека временските и просторните карактеристики на настаните се независни.

Алберт Ајнштајн покажал дека ваквиот поглед на просторот и времето е погрешен. Во неговата специјална теорија на релативност тој докажал дека мерењата со метро и часовник (настаните) зависат од движењето на наблудувачот. Од друга страна, во општата теорија на релативност Ајнштајн покажал дека гравитацијата (материјата) го закривува платото на просторот. Како резултат на тоа, материјата што ја пополнува Вселената влијае врз глобалната форма на просторот низ целата Вселена.

Кратко после формулирањето на општата теорија на релативност, Ајнштајн се обидел истата да ја примени за објаснување на еволуцијата и структурата на Вселената. Развојот на неговите истражувања довеле до тоа да тој се посомневал дека општата релативност можеби и нема да продуцира статичка Вселена туку Вселената што е динамична, односно или експанзиона или контракциона. Во безнадежност, Ајнштајн во неговите равенки додал еден регулаторен член, наречен *космолошка константа* Λ , која требало да ја презентира силата што го урамнотежувала гравитационото привлекување а со тоа да биде превентива од колапсирањето.

Во подоцнежните години Ајнштајн рекол дека космолошката константа е најголемата заблуда на неговиот живот. Бидејќи тој се сомневал во своите оригинални равенки, ја испуштил можноста да открие дека

живееме во експанзиона Вселена, а со тоа да открие нешто што Едвин Хабл го направил десетина години покасно.

Едвиг Хабл се смета за основоположник на идејата дека Вселената е експанзиона. Тој нашол проста линеарна релација помеѓу растојанието на оддалечените галаксии r и црвеното поместување на нивните спектрални линии z . Оваа релација била наречена Хаблов закон, и покажува дека кај поодалечените галаксии поголемо е и нивното црвено поместување. Според тоа, галаксиите се оддалечуваат од нас со брзина што е пропорционална со нивните растојанија, односно брзината на поместување v на една галаксија е пропорционална со нејзината оддалеченост r од Земјата, и се прикажува со равенката

$$v = H \cdot r, \quad (1)$$

каде H е Хаблова константа а r е оддалеченоста од Земјата. Бидејќи галаксиите се оддалечуваат се повеќе како што времето поминува, астрономите заклучиле дека Вселена се шири (експандира).

Што всушност значи да кажеме дека Вселената се шири?

Во согласност со општата релативност, просторот не е рамен. Големината на растојанието помеѓу просторно оддалечени локации во Вселената се менува со тек на времето. Добра аналогија на ова е прикажана на слика 1, на која човек дува балон.



Сл.1. Илустрација за значењето на Хабловиот закон. Како балонот се надувува така се зголемува растојанието помеѓу дажките (галаксиите).

Секоја од дажките претставува галаксија што е залепена на површината од балонот (Вселената). Како балонот се шири, растојанието помеѓу дажките (галаксиите) е се поголемо и поголемо. На сличен начин, како што Вселената се шири, растојанието помеѓу просторно оддалечените галаксии се зголемува. *Ширењето на Вселената всушност е ширење на просторот.*

Аналогијат со балонот што се шири во себе содржи неколку важни карактеристики на експанзионата Вселена. На пример, да замислиме дека сме стационирани на една од дажките на слика 1. Како што балонот се шири, забележуваме дека другите дажки се оддалечуваат од нас-соседните се

оддалечуваат побавно додека поодалечените многу побрзо. Притоа, може да се најди иста релација како Хабловиот закон, не водејќи сметка која дамка сме ја земале за домаќин. Значи, нашата дамка (галаксија) не е центар на балонот (Вселената), во секој случај! Тоа е така затоа што површината на балонот нема центар-може да се движиме по површината неограничено долго и никогаш да не најдеме центар. Слично на ова, балонот нема ни крајна ивица-можеме да ја бараме колку што сакаме, но никогаш нема да ја најдеме. Како што балонот нема ни центар ни ивица, и нашата Вселена нема ни центар ни крај (ивица). Без разлика која галаксија е домаќин, сите други се поместуваат во однос на нас, значи, ни една галаксија било кога не била центар на Вселената.

2. ВСЕЛЕНАТА ВЕРОЈАТНО НАСТАНАЛА ОД ЕКСПЛОЗИВЕН НАСТАН НАРЕЧЕН “БИГ БЕНГ“

Космологијата е единствена меѓу егзактните науките што зависи од некои филозофски претпоставки. Бидејќи има само една Вселена што може да ја набљудуваме, ние не можеме да извршиме експериментално споредување. Затоа, мораме да прифатиме некои претпоставки или да ја напуштиме надежта дека ќе направиме прогрес во разбирањето на природата на Вселената. Кога Ајнштајн почнал да ја применува Општа теорија на релативност во космологијата, тој направил смела претпоставка што давала прецизно значење на идејата дека ние не зафаќаме посебно место во просторот. Ајнштајн претпоставил дека на многу големи далечини Вселената е *хомогена* (тоа значи дека секој регион е ист со кој било друг регион), и *изотропна* (што значи дека Вселената изгледа иста во било кој правец). Со други зборови, ако гледаме во некој голем регион од Вселената, не можеме да го разликуваме тој дел од некој друг. Претпоставката дека Вселената е хомогена и изотропна е позната како *космолошки принцип*. Моделите на Вселената што се базирани на космолошкиот принцип покажале голем успех при разбирањето на структурата и еволуцијата на Вселената како и во тумачењето на набљудувачките податоци.

Бидејќи Вселената се ширела милијарди години, мора да имало време во многу далечното минато кога целата материја во Вселената била сконцентрирана во една состојба со беконечна густина. Притоа, најверојатно некој вид на колосална експлозија го започнало ширењето на Вселената. Оваа експлозија обично се нарекува *Биг Бенг* и го означува создавањето на Вселената.

За да го пресметаме времето поминато од Биг Бенгот до денес, ќе замислиме дека гледаме филмски сцени на кои било две галаксии што се одвоени со растојание r и се поместуваат една во однос на друга со брзина

v . Го пуштаме филмот наназад, и го набљудуваме приближувањето на двете галаксии една кон друга како што времето се враќа наназад. На овој начин, можеме да го пресметаме времето T_0 што е потребно двете галаксии да се судрат, со користење на Хабловиот закон

$$T_0 = \frac{r}{v} = \frac{1}{H}. \quad (2)$$

Заклучуваме дека времето T_0 е исто за сите галаксии (не фигурира r), и ни го дава моментот во далечното минато кога сите галаксии заеднички настанале во Биг Бенгот. Со други зборови, H ни ја дава староста на вселената

$$T_0 = \frac{1}{75 \text{ km/s/Mpc}} = 13 \text{ милијарди години}, \quad (3)$$

каде што $1 \text{ Mpc} = 3,09 \cdot 10^{19} \text{ km}$.

Меѓутоа, вредноста на Хабловата конста е несигурна за околу факро два! Некои астрономи мислат дека H е помала од 50 km/s/Mpc , додека други мислат дека таа можеби е поголема и од 90 km/s/Mpc . При вакви нагаѓање за H вредноста на T_0 варира од 11 милијарди до 20 милијарди години. Многу астрономи мислат дека вистинската старост на Вселената веројатно е околу 15 милијарди години, што е слична со староста на најстарите објекти-квazarите.

Концептот за Биг Бенг почетокот на Вселената е јасен и логички консеквентен, што не наведува на заклучокот дека пред околу 15 милијарди години Вселената била во состојба како црна јама, така што материјата имала бесконечна густина. Ваквата состојба на Вселената е наречена *космичка сингуларност*, и се карактеризира со бесконечна закривеност на просторот и времето. Во таква состојба, зборовите минато, иднина, сега или тука престануваат да имаат какво било значење. Ова се однесува и на фразите од типот: што имало во или пред самиот Биг Бенг. Науката е егзактна и покажува дека ваквите прашања се бесмислени затоа што времето и просторот реално не постоеле до моментот кога се случила големната експлозија.

Многу кратко време после големата експлозија, просторот и времето започнале да се однесуваат на начин каков што го знаеме денес. Овој временски интервал е наречен *Планково време* t_p и се определува од изразот

$$t_p = \frac{G \cdot h}{c^5} = 1,35 \cdot 10^{-43} \text{ s}, \quad (4)$$

каде G е гравитациона константа. Од Биг Бенгот, во моментот $t = 0$, до Планково време 10^{-43} s покасно, сите познати науки не важат! Не знаеме како просторот, времето, и материјата се однесувале во тој краток интервал. Како и да е, за Биг Бенгот треба да мислиме како за експлозија на просторот во почетокот на времето.

3. ИДНИНАТА НА ВСЕЛЕНАТА ЌЕ БИДЕ ОПРЕДЕЛЕНА ОД СРЕДНАТА ГУСТИНА НА МАТЕРИЈАТА

За просудување на ефектот на гравитација врз експанзијата на Вселената, пресудна улога има средната густина на материјата во Вселената ρ_0 , како и критичната густина ρ_c која што се определува со изразот

$$\rho_c = \frac{3H^2}{8\pi G}. \quad (5)$$

Земајќи предвид дека Хабловата константа е околу $H = 75 \text{ km/s/Mpc}$, добиваме дека $\rho_c = 1,1 \cdot 10^{-26} \text{ kg/m}^3$. Оваа густина е еквивалентна на околу шест водородни атоми по кубен метар простор, и за дваесет пати поголема од густината на материјата што свети $\rho_s = 5 \cdot 10^{-28} \text{ kg/m}^3$.

Ако средната густина на материјата е мала, $\rho_0 < \rho_c$, гравитацијата што произлегува од неа ќе биде слаба, па експанзијата на Вселената нема да биде компензирана. Според тоа, дури и во бесконечно далечна иднина галаксиите ќе продолжат да се оддалечуваат една во однос на друга. Во овој случај зборуваме дека Вселената е *неограничена* или *отворена*.

Спротивно на ова, ако средната густината на материја во просторот е голема, $\rho_0 > \rho_c$, тогаш гравитацијата ќе биде доволно јака да ја запри експанзијата на Вселената. На тој начин, Вселената ќе достигне максимална големина, а потоа ќе започне да се собира (гравитационен колапс). Во таков случај зборуваме дека Вселената е *ограничена* или *затворена*.

Различна од овие две сценарија е ситуацијата во која велиме дека Вселената е *маргинално затворена*. Во овој случај, густината на материјата во просторот е еднаква на критичнаа густина $\rho_0 = \rho_c$, така што галаксиите одвај успеваат да го задржат движењето една во однос на друга.

Треба да се има предвид дека секое од овие три сценарија е подеднакво несигурно затоа што и вредноста на Хабловата константа е несигурна. Меѓутоа, ако се има предвид и проблемот со црната материја во Вселената (неутрина), би преовладувал оптимизам дека средната густината на

материјата во Вселената можеби е еднаква на ρ_c , а со тоа и сценариото за мрагинално затворена Вселена.

4. ФОРМАТА НА ВСЕЛЕНАТА Е ИНДИКАТОР ЗА НЕЈЗИНАТА КОНЕЧНА СУДБИНА

Друг начин на кој може да зборуваме за конечната судбината на Вселената е определување на нејзината форма. Нашето сегашно разбирање на Вселената е засновано на Ајнштајновата Општа теорија на релативност која што објаснува како гравитацијата го закривува просторот. Имено, гравитацијата од целата материја во Вселената му дава некаква овална форма на просторот, а со тоа, како што ќе видиме, ја определува и судбината на Вселената. Значи, со определување на формата на Вселената ние би биле способни да откриеме дали Вселената е затворена или отворена.

За таа цел, да замислиме два моќни ласерски зраци кои што се насочени некаде во Вселената. Да претпоставиме дека овие два зрака се идеално паралелни кога ја напуштиле Земјата. Да претпоставиме и дека нема ништо на патот на овие зраци, така што непречено може да ги следиме милијарди светлосни години низ Вселената, односно низ просторот чија закривеност сакаме да ја определиме. Притоа, можни се три сценарија.

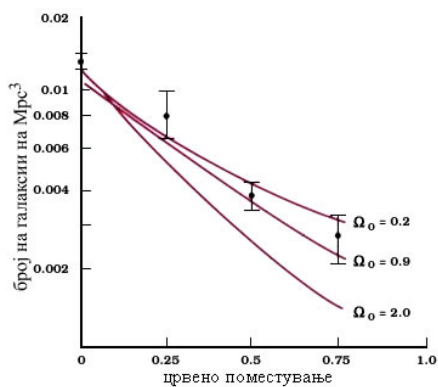
Прво, може да најдеме дека зраците останале паралелни и по изминати милијарди светлосни години, што укажува дека Вселената е со *нулта закривеност* а просторот е *рамен*.

Алтернативно, може да најдеме дека двата ласерски зрака постепено конвергираат. Во овој случај просторот не е рамен. Да се потсетиме, дека линиите на меридијаните на Земјината површина се паралелни на екваторот но се пресекуваат на половите. Според тоа, тридимензионалната геометрија на Вселената ќе биде аналогна на дводимензионалната геометрија на сферна површина. Би рекле дека просторот е *сферичен* а Вселената има *позитивна закривеност*.

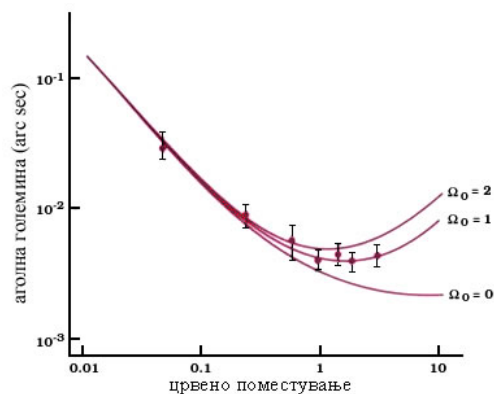
Третото сценарио е двата почетно паралелни ласерски зрака постепено да дивергираат, постанувајќи се повеќе и повеќе поодвоени како се движат низ Вселената. Во овој случај зборуваме дека Вселената е закривена, но во спротивна смисла од сферичниот простор. Тогаш би рекле дека Вселената има *негативна закривеност*. Како што сферата е позитивно закривена дводимензионална површина, така *седлото* е добар пример за негативно закривена дводимензионална површина. Паралелните линии нацртани на сфера секогаш конвергираат, но паралелните линии нацртани на седлото секогаш дивергираат. Математичарите велат дека површините со форма на седло се *хиперболични*, според тоа, во негативно закривена Вселена просторот ќе биде *хиперболичен*.

Секое од гореспоменатите сценарија кореспондира на различни судбини и поведение на Вселената. Рамниот простор соодветствува на маргинално закривена Вселена за која параметарот на намалување на брзината на ширење е $q_0 = 1/2$, така што галаксиите едвај успеваат да го задржат оддалечувањето една од друга. Ако густината на материјата е поголема од критичната густина, тогаш $q_0 > 1/2$, па просторот има позитивна закривеност. Соодветно, ако густината на материјата е помала од критичната, тогаш $q_0 < 1/2$, па просторот ќе има негативна закривеност. Закривеноста на просторот влијае врз густината на галаксиите што ги гледаме на големи растојанија од Земјата. За таа цел, астрономите ги бројат галаксиите на кубен мегапарсек на различни растојанија од Земјата. Степенот со кој густината на галаксиите опаѓа со зголемување на растојанието ќе зависи од формата на просторот, па според тоа и од *параметарот на густина*, кој при $\Lambda = 0$, има вредност $\Omega = 2q_0$, што е прикажано на слика 2.

Овој график е добиен како резултат на испитувањето на околу 1000 галаксии кои се распределени во неколку мали делчиња од небото. Иако е тешко да се избере која вредност за Ω најдобро ги фитира податоците, се претпоставува дека нашата Вселена е приближно рамна и многу блиску до маргинално затворена.



Сл. 2.



Сл. 3.

Има и друг метод за определување на закривеноста на Вселената. Светлосните зраци од оддалечените галаксии што стигнуваат до нас се благо закривени заради закривеноста на просторот. Ова скршнување на светлината го дисторзира изгледот на далечните галаксии и нормално е да се очекува дека поодалечениот објект ќе биде помал. Меѓутоа, за екстремно оддалечените галаксии закривениот простор може да ја закриви светлината така да сликите всушност бидат зголемени. Графикот на слика 3 покажува

како дијаметарот на галаксиите, изразен во аголни секунди, зависи од Ω . Треба да се испитаат галаксии чие црвено поместување е $z > 1$, за да правилно се одлучиме помеѓу различните вредности за Ω . Овие галаксии се толку оддалечени од нас, да на нашите телесопи се појавуваат како слаби, магловити пеги. Графикот на агуларната големина на овие објекти од нивното црвено поместување води кон фаворизирање на случајот $\Omega \approx 1$, што значи дека Вселената е речиси рамна а густината и е приближно еднаква со критичната ρ_c .