



Космолошке хипотезе еволуције космоса

Космологија проучава постанак, еволуцију и коначну судбину васионе полазећи од физичких теорија, посматрачких чињеница, али и неких филозофских претпоставки. Када се посматра звјездано небо, онда се поставља питање шта се налази иза звјезда и галаксија. Да ли се васиона може посматрати као бесконачан простор испуњен звјездама и галаксијама? Њемачки астроном *Олберс* показао је да је таква претпоставка противрјечна. **Олберсов парадокс** се састоји у томе што да је свемир бесконачан са бесконачним бројем звјезда и галаксија, небо би било бљештаво много више него сада.

Друго битно питање у вези васионе је њено стање. Њутн је изнио хипотезу да је васиона стационарна, међутим даљим физичким истраживањима је доказано да то није истина. Снимајући спектре галаксија 1917. године, први је *Весто Слиффер* уочио да се у већини спектра јављају помаци линија ка црвеном (црвени помак). **Црвени помак** је заправо последица Доплеровог ефекта- повећава се таласна дужина свјетлости коју шаљу звјезде и галаксије, услед њиховог кретања у односу на Земљу.

Едвин Хабл је, пак, 1929. године уочио да постоји једноставна релација између растојања до далеких галаксија и црвеног помака линија у њиховим спектрима. Ова релација је данас позната као **Хаблов закон**. Према овом закону, што је галаксија даља, брзина њеног удаљавања (изведена из црвеног помака) је већа:

$$v_r = H_0 \cdot D$$

гдје је v_r радијална брзина галаксије (брзина којом се галаксија удаљава од Земље), H_0 **Хаблова константа** ($H_0 = 2,3 \cdot 10^{-18} s$), а D растојање од галаксије до Земље.

Пошто нема разлога да наша галаксија има повлашћен положај у васиони, Хаблов закон је значајно не само да се све друге галаксије удаљавају од наше, већ да се галаксије међусобно удаљавају односно да се васиона шири. За разлику од доплеровског помака који настаје због кретања тијела кроз простор, црвени помак који је последица ширења



васионе, тј. ширења самог простора назива се **космолошки црвени помак**. Ширење васионе се најбоље може визуелизирати балоном на чијој су површини налијепљени папирићи који представљају галаксије и који полако надувавамо. Надувавањем балона повећава се растојање међу папирићима као што се ширењем простора повећава растојање међу галаксијама.

Ширење простора обашњава зашто фотони који путују из удаљене галаксије трпе црвени помак. Док фотон из далеке галаксије путује кроз простор, простор се шири па се и таласна дужина фотона повећава. Што је даља галаксија из које фотон долази, то дуже траје пут фотона, па и његова таласна дужина постаје већа. Иако је у астрономији уобичајено да се космолошки црвени помак доводи у везу са брзином (удаљавања), то није коректно. Он је последица промјене величине васионе и мјера је тога колико се пута повећала васиона откад је фотон емитован.

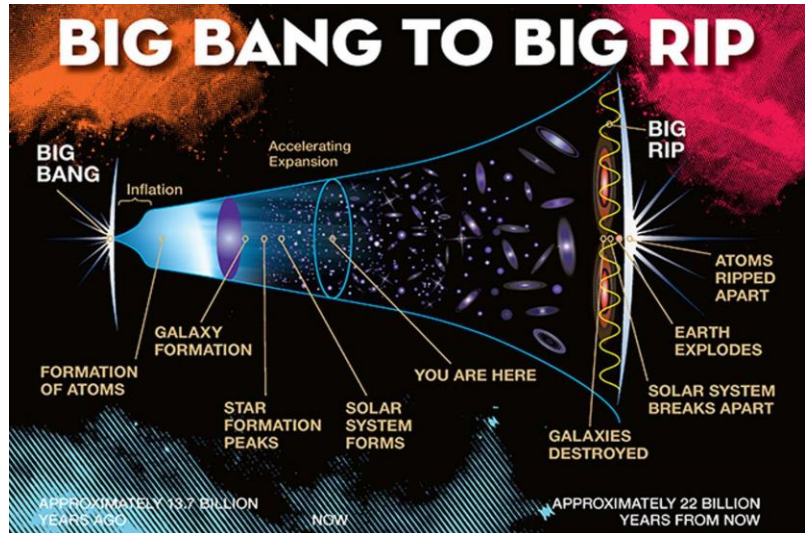
- Велики прасак и позадинско (реликтно) зрачење

С обзиром на то да се васиона шири, природно је претпоставити да је у неком тренутку у прошлости цијела васиона била сабијена у бескочно малу запремину, у сингуларитет бесконачне густине. Тако се данас сматра да су сва материја и зрачење, као и сами простор и вријеме настали у експлозији, познатој као **Велики прасак** (*Big bang*). Пошто је сам простор био сведен на тачку, Велики прасак се "десио свуда", послије чега се сам простор и сва материја у њему нашли у експанзији. Сам Велики прасак се може описати као "експлозија простора на почетку времена".

У току првих 10^{-43} s од Великог праска (**Планково вријеме**) васиона је била толико густа да познати физички закони не могу описати понашање простора, времена и материје.

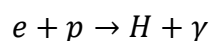
Модел вреле Велике експлозије у модерном облику формулисао је *Гамов, 1948.* године. Према овом моделу, сва материја (фундаменталне честице) и зрачење налазили су

се сабијени у екстремно врелој ($10^{12}K$) и супергустој првобитној кондензацији која се од тренутка експлозије шири и хлади. Сматра се да се у први дијеловима секунде десила огромна експанзија васионске материје (**инфлаторно ширење васионе**), када се васиона повећала за фактор 10^{50} . Послије овог периода инфлације, васиона је била испуњена честицама и античестицама и високоенергетским фотонима у термодинамичкој равнотежи.



Сматра се да је у почетку постојала иста количина материје и антиматерије, као и да је непосредно послије Планковог времена наступила неравнотежа у њиховом произвођењу, односно да је асиметрични распад неких елементарних честица довео до доминације материје. Од кваркова су се формирали протони и неутрони, а осим њих у првој секунди су постојали само лептони и фотони. Када је 3 – 4 минута послије Великог праска температура пала на око 10^8K дошло је до термонуклеарних реакција фузије протона у језгра хелијума. Тада је произведено око 98% хелијума који се данас налази у васиони (**примордијални хелијум**). Управо је **примордијална нуклеосинтеза** један од доказа Великог праска јер објашњава велику заступљеност хелијума на звијездама, много већу од оне која је могла бити произведена у фузионим реакција у звјезданим језгрима.

Васиона је у почетку била потпуно јонизована и непрозрачна. Високоенергијски фотони су се расијавали на протонима и електронима; зрачење и материја су били у термодинамичкој равнотежи. Када је око 300 000 година након Великог праска температура пала испод $3\,000K$, протони и електрони су почели да формирају водоникове атоме (**ера рекомбинације**) уз ослобађање зрачења:





Везивањем електрона у атомима, фотони су могли слободно да се простиру и васиона је одједном постала прозачна. Материја је почела међусобно да интерагује, што је резултовало стварањем звијезда и галаксија.

Гамов је предвидио да бисмо, због ширења и хлађења васионе, морали да детектујемо ове древне фотоне (из доба рекомбинације) као зрачење црног тијела температуре око $3K$, које равномјерно испуњава васиону. Према Виновом закону очекивало се да је максимум интензитета у микроталасном подручју на око $1mm$. Групе научника у Принстону и у Бел лабораторији су открили ово **микроталасно позадинско (реликтно) зрачење**. То је био коначан доказ у прилог космолошком моделу Великог праска. Сателит *Cobe* је доказао да то зрачење одговара зрачењу апсолутно црног тијела температуре $2,97K$, као и да је ово зрачење изотропно што указује на хомогеност ране васионе.

- Космолошке хипотезе

У интерпретацији Хабловог закона претпоставили смо да се не налазимо у центру васионе, у шта су нас увјервала и раније учења. Имајући то у виду, односно да у васиони не постоји ни приоритетни положај ни правац, у основи свих савремених космолошких хипотеза лежи претпоставка да је васиона у великим размјерама хомогена и изотропна, Ова претпоставка је позната као **космолошки принцип**. Васиона би сваком посматрачу, без обзира гдје се налази изгледала исто. То значи да бисмо и у било којој другој галаксији открили Хаблов закон. Да би била хомогена и изотропна, васиона не може имати ни центар ни границе!

Да би конструисао модел васионе, *Ајнштајн* је 1917. године примијенио једначине своје опште теорије релативности на васиону као цјелину. Међутим пошто је сматрао да је васиона осим што је хомогена и изотропна још и стационарна (идеалан космолошки принцип), морао је да модификује своје оригиналне једначине.



С циљем да уравнотежи гравитацију увео је један додатни члан (**космолошку константу Λ**), који представља дејство неке одбојне силе. Прве космолошке моделе нестационарне васионе дали су руски научник *Александар Фридман* и белгијски свештеник и астроном *Жорж Леметр*. Сматрајући гравитацију једином силом која дјелује на великим растојањима (одустају од Ајнштајнове претпоставке о космолошкој константи) и усвајајући космолошки принцип, извели су двије класе нестационарних модела: затворен и отворен. У оба модела васиона почиње са ширењем из стања бесконачне густине, док њена даља судбина зависи од средње густине материје. Ако је средња густина материје већа од критичне вриједности, ширење ће се под дејством гравитације успоравати и васиона ће се потом сажимати до сингуларитета (**затворени модел**). Овај модел се назива и пулсирајући због могућности понављања Великог праска и наизмјеничног ширења и скупљања васионе. Ако је средња густина мања од критичне, васиона ће се заувјек ширити (**отворени модел**). Наравно, Хаблов закон је потврда нестационарних модела васионе. Ако је средња густина васионе једнака критичној, тада ће гравитационе силе зауставити ширење васионе и то се назива **раван модел**.

Данас знамо да ови модели не одговарају реалности. Посматрањем далеких супернових 1998. године, откривено је да се данас васиона брже шири него у доба када су супернове експлодирале. То значи да постоји нека непозната одбојна сила која дјелује супротно од гравитације, односно нека непозната (**тамна**) **енергија** која испуњава цијели простор. Сада опет у жижу доспјева Ајнштајнова космолошка константа, али овог пута не да би обезбиједила васиони стационарност како је Ајнштајн желио, већ да би се објаснило њено убрзано ширење. Имајући у виду све посматрачке чињенице, конструисан је **Λ CDM модел** према којем, поред обичне видљиве материје (5%), васиона садржи око 25% тамне материје и око 70% тамне енергије. Дакле, како сада стоји, ми живимо у вјечно ширењем универзуму. Међутим, ко зна шта будућност доноси? *Big rip?*