

ЗА ПОТЕКЛОТО НА МАТЕРИЈАТА ВО ВСЕЛЕНАТА

Наце Стојанов

nacestoj@yahoo.com

ВОВЕД

Прашањето поврзано со потеклото на материјата во Вселената може во себе содржи или навестува и многу други прашања, како на пример: зошто нашиот свет е свет а не антисвет, од каде потекнува материјата и антиматеријата во Вселената, зошто има повеќе материја од антиматерија и многу други помалку или повеќе слични но и суштински различни прашања. Одговорот на овие прашања ќе го започнам со размислувањата на слична тема на германскиот физичар Е. Вихерт од крајот на 19-от век, кој вели:

„Што се однесува до современата наука, во целост треба да забораваме на помислата дека со навлегувањето се подлабоко и подлабоко во областа на малото, некогаш ќе ја достигнеме конечната граница. Уверен сум дека од оваа идеја треба да се откажаме без жалење. Вселената е бесконечна во сите правци, не само во големиот свет околу нас, туку и во најмалиот. Ако за размер ја земиме нашата човечка скала и ја изучуваме Вселената се подалеку и подалеку, на крајот и во големото и во малото ќе достигнеме таква нејасна далечина каде во почетокот најпрво ќе откажат нашите сетила а потоа и нашиот разум.“

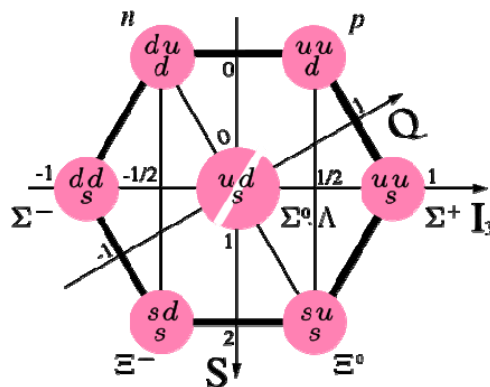
Навистина, ова размислување е извонредно храбро и парцијално точно и од денешна гледна точка, и многу добро ја одсликува ситуацијата во која се наоѓа науката која се занимава со ваквите фундаментални прашања. Идеите или поточно теориските модели за објаснување некоја физичка појава секогаш биле полесно остварливи, но нивното експериментално докажување е нешто сосема друго.

Кога станува збор за потеклото на материјата во Вселената, како и асиметријата на материјата и антиматеријата, теориски модели посто-

јат и се надополнуваат веќе педесетина години, но нивното експерименталното докажување ќе биде недостижно уште долго време затоа што енергии со ред на големина 10^{14} GeV ќе бидат надвор од можностите на нашата цивилизација уште многу долго време.

Од друга страна, астрономските набљудувања, како посебен вид на експериментални истражувања, укажуваат дека такви услови во Вселената некогаш постоеле. Ова ни кажува дека Вселената е единствен лабораториски систем кој нуди можност да се направи врска помеѓу физиката на елементарните честици и космологијата. Уште повеќе, во определени области, како на пример определувањето на времето на распаѓање на антипротонот, p , кој е составен дел на космичките зраци, астрофизичарите успеале први да направат мерења кои биле $5 \cdot 10^8$ пати поточни од оние на нивните колеги што работеле на акцелератори.

Врската помеѓу космологијата и физиката на микросветот се продлабочува и со фактот што во Вселената постои асиметрија во бројот на бариони и антибариони. Да се потсетиме дека бариони се сите честици што се направени од кваркови, како на пример протонот и неутронот што се прикажани најгоре на слика 1.



Сл. 1. Шематски приказ на барионската структура на честици составени од три кваркови: u , s и d .

Значи, Вселената е единствена што нуди експериментална потврда на една од најкомплексните теории што се занимава со асиметријата

на барионите и антибарионите а тоа е *Теоријата на големото обединување*. За жал, за да биде поточно кажано, зборот „нуди“ треба да се замени со „нудела“ затоа што Вселената од моментот на нејзиниот постанок постојано се лади преку неповратен процес, што значи дека условите неповратно се менуваат и губат.

Сепак, ако лабораториските условите за докажување на барионската асиметрија се недостижни, тогаш постојат други нешта што може да бидат докажани а произлегуваат од теоријата на големото обединување, како на пример обединувањето на слабата нуклеарна сила и електромагнетната сила, но за овие достигнувања ќе кажиме повеќе понатаму во текстот.

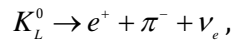
АСИМЕТРИЈА НА МИКРОСВЕТОТ

За да може да ја објасниме барионската асиметрија, неопходно е да се запознаеме со асиметријата на физичките појави во микросветот. Станува збор за една специфична појава што е карактеристична само за елементарните честиици и тоа не во сите случаи, туку само понекогаш! Би рекле дека клопчето идеи почнало да се одмотува во 1956 година кога е откриено дека *парноста* или *P-симетријата* во микросветот не е секогаш запазена. Имено, претходно се мислело дека сите физички процеси, меѓу кои се и трансформациите на елементарните честиици, се инваријантни при огледалната симетрија или просторната замена на „лево“ во „десно“ и обратно, слика 2.

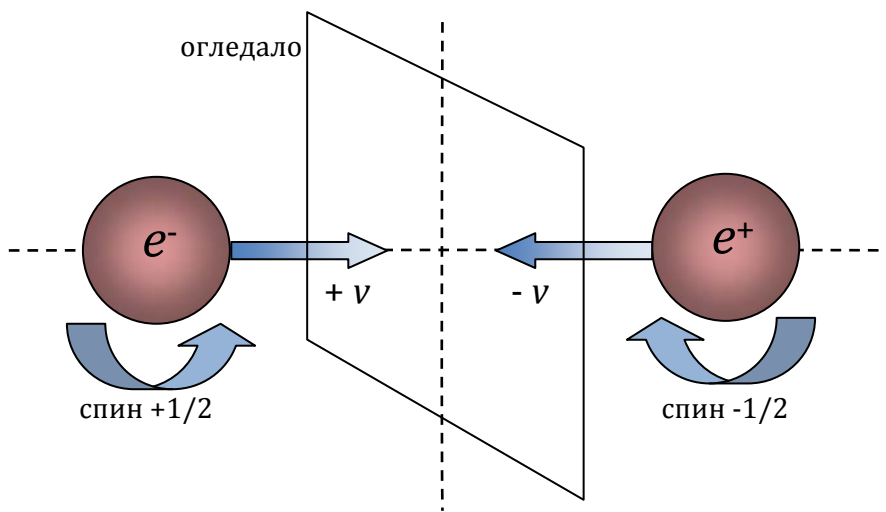
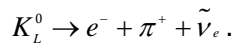
Набргу, по експерименталната потврда дека парноста понекогаш се нарушува, откриено е и дека се нарушува и *C-симетријата* или симетријата на физичките процеси при замена на знакот на електричниот полнеж, што физички значи замена на честиица со античестиица и обратно, слика 2. Како и да е, важен заклучок е дека ваквата „дискриминација“ на честииците не е глобална.

Веќе во 1957 година, претпоставено е дека може да биде нарушена и *CP-симетријата* или истовремена замена на парноста и електричниот полнеж, но биле потребни дури 7 години за да се најди само една експериментална потврда на оваа идеја. Станувало збор за

распаѓањето на неутрални К-мезони кое се одвива во два различни канали. Првиот е со емисија на позитрони e^+ и веројатност за реализација p_1 :



а вториот е со емисија на електрони e^- и веројатност за реализација p_2 :



Сл. 2. Шематски приказ на P-симетрија и C-симетрија. P-симетријата се огледува во промена на насоката на брзината на честицата од десно во лево, или насоката на спинот $\pm 1/2$, а C-симетријата се огледува во промена на електронот e^- во позитрон e^+ .

Доколку CP-симетријата не се нарушува, тогаш веројатноста за двата канала мора да биде иста $p_1 = p_2$, а со тоа и бројот на произведени позитрони и електрони да биде ист. Но, експериментално е утврдено дека „природата“ го фаворизира првиот канал па затоа $p_1 > p_2$. Ова значи дека CP-симетријата е нарушена при распаѓањето на К-мезоните а со тоа се зголемува бројот на добиени позитрони во однос на бројот на добиени електрони. Од овој пример јасно се заклучува дека нарушената CP-симетрија нуди можност за создавање на различен број честици и античестици, но во дадениот случај тие се лептони (немаат структура од

кваркови) така да не може да произведат барионска асиметрија за која зборуваме.

Сепак, останува уште една можност а тоа е влијанието на уште посложената *CPT-симетрија*. Во овој случај, покрај Р-симетријата и С-симетријата имаме и Т-симетријата или замена на директниот тек на времето со инверзниот тек на времето. Од CPT-симетријата произлегува дека времето на распаѓање на честичите и античестичите се исти. Доколку веројатноста за распаѓање на честичата е поголема, дотолку е пократко нејзиното време на живот. Ако овој принцип го примениме на некоја непозната честича X , тогаш нарушувањето на CPT-симетријата доведува да веројатноста за распаѓање на честичата X биде поголема од веројатноста за распаѓање на античестичата \tilde{X} , а со тоа и нивното време на живот е различно!

Овој заклучок може да го запишеме погзактно на следниов начин. За распаѓањето на честичата важат релациите:

$$\begin{aligned} X = b + \text{нешто}, & \quad \text{со веројатност } p_{11} \\ X = l + \text{нешто}, & \quad \text{со веројатност } p_{12}' \end{aligned}$$

а за распаѓање на античестичата имаме:

$$\begin{aligned} \tilde{X} = \tilde{b} + \text{нешто}, & \quad \text{со веројатност } p_{21} \\ \tilde{X} = \tilde{l} + \text{нешто}, & \quad \text{со веројатност } p_{22}' \end{aligned}$$

CPT-симетријата бара вкупната веројатност за реализација на каналите да биде иста, или $p_{11} + p_{12} = p_{21} + p_{22}$, но дозволено е да парцијалните веројатности бидат различни. Доколку дојди до нарушување на CP-симетријата, при што $p_{11} > p_{21}$, тогаш мора да важи $p_{12} < p_{22}$, што ни кажува дека во целост CPT-симетријата останува не променета. Ако со b означиме барион (честича) а со l лептон, релацијата $p_{11} > p_{12}$ ни кажува дека распаѓањето на хипотетичката честича X ќе произведе повеќе бариони од бројот на антибариони што се добиваат при распаѓање на нејзината античестича \tilde{X} , што значи дека ја имаме посакувана барионска антисиметрија.

Но, не е време за „славење“ затоа што во целава приказна има голем проблем а тоа е дека доколку дојди до ваква барионска асиметрија ќе биде нарушен еден од главните столбови на физиката на елементарни честиици а тоа е *законот за запазување на барионскиот полнеж B* . Според овој закон сите честиици имаа барионски полнеж $B=1$, античестииците имаат барионски полнеж $B=-1$, додека лептоните немаат барионски полнеж. Ако земиме предвид дел од процесот на хипотетичкото распаѓање на протонот

$$p \rightarrow e^+ + \pi^0$$

$$B: \quad 1 = 0 + 0$$

ќе видиме дека законот за запазување на барионскиот полнеж теоретски може да биде нарушен. Според досегашните истражувања ваква реакција не е забележана, но гледаме дека е возможна. Ова ни дава за право, да претпоставиме дека иако запазувањето на барионскиот полнеж во областа на енергии што сега ни се на дофат важи, возможно е да на некои екстремно високи енергии, на пример 10^{14} GeV, каде би можело да постои нашата хипотетичка X честиица, дојди до негово нарушување.

Со оваа претпоставка, веќе имаме „рецепт“ за добивање на барионска асиметрија во Вселената, но преостанува тој да биде „зготвен“ во некоја „кујна“.

КАКО ДА СЕ НАПРАВИ СВЕТ?

За да видиме дали и како може да се реализира „рецептот“ за правење на свет, најпрво ќе ја разгледаме табелата 1 во која се прикажани основните карактеристики на четирити сили во природата. Уште на прв поглед се гледа дека силите во природата навистина имаат различни карактеристики што ни кажува дека треба да споиме речиси неспоиви нешта. Но за среќа, тоа не е така ако предвид се земи температурата на околината во која се разгледуваат нивните карактеристики.

Теорискиот модел со кој „на хартија“ се обединети две фундаментални сили, а тоа се електромагнетната и слабата нуклеарна сила, напра-

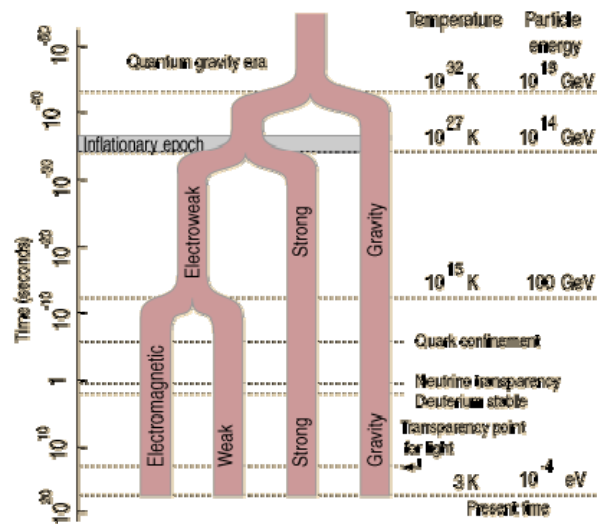
вен е кон средината на шеесетите години од минатиот век од страна на Ш. Глешоу, А. Салам и С. Вајнберг. Тие покажале дека на температури од неколку стотина GeV јачините на овие две сили се изедначуваат така може да се опишат со исти законитости затоа што имаат ист преносител на електрослабото заемодејство а тоа се вектрските бозони W и Z . За практичното откривање на овие носители на електрослабото заемодејство К. Рубија и С. ван дер Мер добиле Нобелова награда во 1984 година.

Табела 1.

Сила	Теориски модел	Преносител	Релативна јачина	Домент на дејство (m)
Јака	Квантна хромодинамика	Глуони	10^{38}	10^{-15}
Електро-магнетна	Квантна електродинамика	Фотони	10^{36}	∞
Слаба	Електрослаба теорија	W и Z бозони	10^{25}	10^{-18}
Гравитациона	Општа релативност	гравитони	1	∞

Кога станува збор за Теоријата за Големото Обединување (ТГО) би рекле дека ситуацијата е само на изглед слична на претходната. Целта е да се дојди до област на енергии кога заедничко поведење ќе имаат двете нуклеарни сили и електромагнетната сила, а според проценките тоа се фантастични 10^{14} GeV. Носител на ова обединувачко заемодејство треба да биде честица со извонредно голема маса со ред на големина како енергиите на кои доаѓа до обединувањето. Овие хипотетички честици, каква што е веќе спонатата X честица (бозон), се нарекуваат *лепто-кваркови* затоа што треба да ги обединат кварковите кои заемодејствуваат со јаката сила и лептоните што заемодејствуваат со слабата сила. Масата на овие честици е толку голема што е речиси слична со масата на некои едноставни бактерии, така да веројатноста за распаѓање на енергии или температури што сега се актуелни во Вселената се многу мали. Тоа е основната причина зошто една од основните градивни честици на материјата-протонот денес е стабилен со времетраење на распаѓање од приближно 10^{36} години.

Според теоријата за Големата експлозија (Биг Бенг), состојбата на Вселената со енергии од околу 10^{14} GeV била околу 10^{-35} s после големата експлозија, слика 3. Значи, ако сакаме да дознаеме зошто има барионска асиметрија треба да ја осознаеме состојбата на Вселената во тој период, посебно што се случувало со поведението на силите. Затоа, да ја погледнеме сликата 3, на која шематски е прикажано како се менувале јачините на фундаменталните сили во зависност од температурата или енергијата на Вселената.



Сл. 3. Шематски приказ на еволуцијата на фундаменталните сили со промена на условите во Вселената.

Патувањето низ историјата на вселената ќе го започниме некаде 10^{-35} s после Големата експлозија кога температурата била околу 10^{27} K. Во тој период Вселената била исполнета со високоенергетски фотони, лептони, кваркови, глуони, W-бозони, лептокваркови и некои други супертешки честици како што е Хигсовиот бозон. Сите биле во состојба на топлинска рамнотежа, а димензиите на Вселената се проценуваат на околу 4 cm!

За нас, од интерес е да видиме што се случило со лептокварковите, поточно да напишеме само некои од каналите по кои може да се распадат тие честици:

$$\begin{array}{rcl}
 X & \rightarrow & q + q \text{ соверојатност } p_1 \\
 B = & 0 & \frac{1}{3} \quad \frac{1}{3} \\
 Q = & \frac{4}{3} & \frac{2}{3} \quad \frac{2}{3}
 \end{array} ,$$

$$\begin{array}{rcl}
 \tilde{X} & \rightarrow & \tilde{q} + \tilde{q} \text{ соверојатност } p_2 \\
 B = & 0 & -\frac{1}{3} \quad -\frac{1}{3} \\
 Q = & -\frac{4}{3} & -\frac{2}{3} \quad -\frac{2}{3}
 \end{array} .$$

каде q е кварк, B е барионски полнеж а Q е електричен полнеж. Може да забележиме дека и во двата канали е нарушен законот за запазување на барионскиот полнеж. Доколку е нарушена и CP-симетријата, тогаш веројатностите p_1 и p_2 може да бидат различни, и ако $p_1 > p_2$ тогаш веројатноста за распаѓање по првиот канал е поголема, па ќе се појави вишок на бариони или кваркови.

Во рецептот за создавање на свет има уште еден мал „детал“. За да можи овој барионски вишок да опстани, неопходно е топлинската рамнотежа во Вселената да се промени, бидејќи во спротивно кварковите и антикварковите преку повратни реакции ќе се обединат во X и \tilde{X} честици. За среќа, заради ширењето на Вселената температурата и се намалува, така да вишокот на кваркови иако извесно време се намалува заради повратните реакции во X честици после 10^{-33} s веќе е фиксиран. Со ова завршува ерата на бариосинтеза, а од примордијалната смеша на честици засекогаш исчезнува хипотетичката X честица а еволуцијата на Вселената оди кој една друга многу важна етапа од нејзиниот развој а тоа е нуклесинтезата или креацијата на првите атомски јадра.

ЛИТЕРАТУРА

[1] М. Сапожников, Антимир-реалностъ?, Знание, Москва, 1983.