

Многоликата Вселена¹
Андрей Дмитриевич Линде
Станфордски университет (САЩ), професор



Това, за което ще говоря сега, е свързано с теорията за инфлационната Вселена. Инфлационната вселена, по руски това се наричаше “раздуваща се Вселена”, но стандартното название е “инфлационна”. Напоследък се появи такъв термин – “Multiverse”. Този е термин, който заменя думата “Universe”. Значи, вместо една Вселена – много вселени наведнъж в една. Но на руски, може би, най-адекватният превод – това е “многолика Вселена”. И аз сега ще говоря за нея.

Кратка биография на Вселената

Възраст: 13,7 милиарда години

Размер на наблюдаемата част от Вселената: 13,7 милиарда светлинни години, около 10^{28} см

Средна плътност на веществото: 10^{-29} г/см³

Маса: над 10^{50} тона

Маса в момента на раждането:

Според теорията на Големия взрив: безкрайно голяма

Според инфлационната теория: по-малко от милиграм

Но в началото да направим общо въведение в космологията въобще. Откъде се взе инфлационната космология (защо се появи необходимост от нея)? Какво имаше преди нея (теорията за Големия взрив). Отначало малко биографични данни. Възрастта на Вселената по последните наблюдателни данни... ето, аз говоря за възраст, всеки път говоря, а някъде в душата си поставям малка запетая, че после трябва да се върна към това и да кажа, че всъщност Вселената може да бъде безкрайно стара. Но ето, това, което хората наричат възраст на Вселената, представлява примерно 13,7 милиарда години с точност до...да речем, по-добра от 10 %. Днес хората знаят това достатъчно добре. Размерът на наблюдаемата част от Вселената... Какво означава “наблюдаема”? Ето, светлината е пътешествала към нас 13,7 млрд години, значи трябва това число да се умножи със

¹ Превод със съкр. от запис на лекция, изнесена на 10.06.2007 г. във ФИАН (Физическия институт на Академията на науките в Москва). Записът е публикуван на сайта elementy.ru в рубриката Научная библиотека, Избранное. Там може да се намерят и въпросите и коментарите след лекцията. На места разбирането на текста се затруднява от факта, че говорейки, лекторът указва на определени места в съответните слайдове. (Бел. прев.)

скоростта на светлината и ще се получи разстоянието, на което днес виждаме обектите. Казвам аз това, а в душата ми веднага отново се появява запетая: всъщност не е така. Ние виждаме няколко пъти по-далеч от това, тъй като обектите, които са изпратили към нас светлина преди 13,7 млрд светлинни години, днес се намират от нас по-далече. И ние виждаме тяхната светлина, а те са по-далече, затова в действителност виждаме повече, отколкото произведението между скоростта на светлината и времето за съществуване на Вселената.

По-нататък. Средна плътност на веществото – примерно 10^{-29} г/см³. Много малко. Но ние живеем на място, където веществото се е концентрирало... Масата на наблюдаемата част от Вселената – над 10^{50} тона. Масата в момента на раждането...ето, това е най-интересно. Когато Вселената се е родила, ако се отчита от момента на самия Голям взрив, точно при $t = 0$, то масата ѝ би трябвало да бъде безкрайно голяма. Друга възможност е времето да се отчита от т.нар. Планковски момент, който настъпва примерно 10^{-43} секунди след началния. Това е моментът, започвайки от който можем за пръв път да разглеждаме Вселената в термините на нормално пространство-време, защото, ако вземем обекти в по-кратки времена от това, или на разстояния, по-къси от Планковото разстояние (10^{-33} см), то там пространство-времето флукутира толкова силно, че не е възможно да се проведат каквито и да е измервания: линийките се огъват, часовниците вървят някак си недобре... Затова нормалното разглеждане започва от Планковия момент. И в този момент Вселената имала необикновено голяма маса. Ще ви кажа колко – малко по-късно. А това, което направи инфлационната Вселена, е: ние се научихме да обясняваме как може да се получи цялата Вселена от по-малко от един милиграм вещество. Всичко, което ние днес виждаме...



И сега – нататък, предварителните данни. Най-простите модели на Вселената, това, което влиза в учебниците, – това са трите възможни модела на Фридман. Първият – това е затворената вселена, вторият – отворената Вселена, и третият – плоската Вселена. Тези картинки са също примерно само картинки. Смисълът им е следния.

Ето най-простия вариант – плоска Вселена. Геометрията на плоската Вселена е същата, както на плоската маса, т.е. успоредните прави си остават успоредни и никъде не се пресичат. По какво се различава от плоската маса? По това, че ако имам две успоредни прави...например, тръгват два светлинни лъча, успоредни един на друг... Вселената се разширява. За сметка на разширяването те се раздалечават, макар да остават успоредни.

Ето защо не е съвсем правилно да се каже, че това е геометрията на плоската маса. Вселената е крива в четиримерен смисъл. В тримерен смисъл тя е плоска.

По своите геометрични свойства затворената Вселена прилича на повърхността на сфера. Тоест, ако имам две линии, успоредни една на друга върху екватора, те ще се пресекат на северния и на южния полюс. Успоредните линии могат да се пресичат. А ние живеем на повърхността на сферата като бълха, която пълзи по глобус. Но и това е повърхностна аналогия, при това в двояк смисъл. Нашата Вселена е като тримерна сфера в четиримерно пространство. Налага се да рисуваме картинки, а всъщност те са само аналогии... И, освен това, тя се разширява. Ако поискаме да отидем от екватора на северния полюс, няма да ни стигне времето – такава Вселена може да колапсира, или ние няма да достигнем, защото тя се разширява твърде бързо.

По своите свойства отворената Вселена прилича на хиперболоид, т.е. ако при гърловината на хиперболоида пусна две успоредни прави, те ще започнат да се раздалечават и никога няма да се пресекат.

Това са трите основни модела. Те са предложени от Фридман доста отдавна, в 20-те години на миналия век и Айнщайн много не ги обичал. Не ги обичал, защото всичко това като че ли противоречало на онази идеология, в която били възпитани хората на онова време. Идеологията се състояла в това, че Вселената е просто координатна система, а координатите не се разширяват – това е просто мрежа. В началото хората в Европа смятали, че Вселената е крайна и статична. Крайна, защото Бог е безкраен, а Вселената е по-малка от Бога, така че трябва да е крайна, а статична... е, какво да прави – все пак е само система от координати... След това те се отказали от първото предположение, казвайки, че Бог няма да загуби много, ако отдаде един от атрибутите си на Вселената и я направи безкрайна, но все пак се смятало, че тя е статична.

Открития от последното десетилетие:

- 1. Скоро след раждането си Вселената се разширявала с голямо ускорение (инфлация на Вселената)**
- 2. Преди 5 милиарда години разширението на Вселената отново започнало да се ускорява, но много бавно (за сметка на тъмната енергия)**

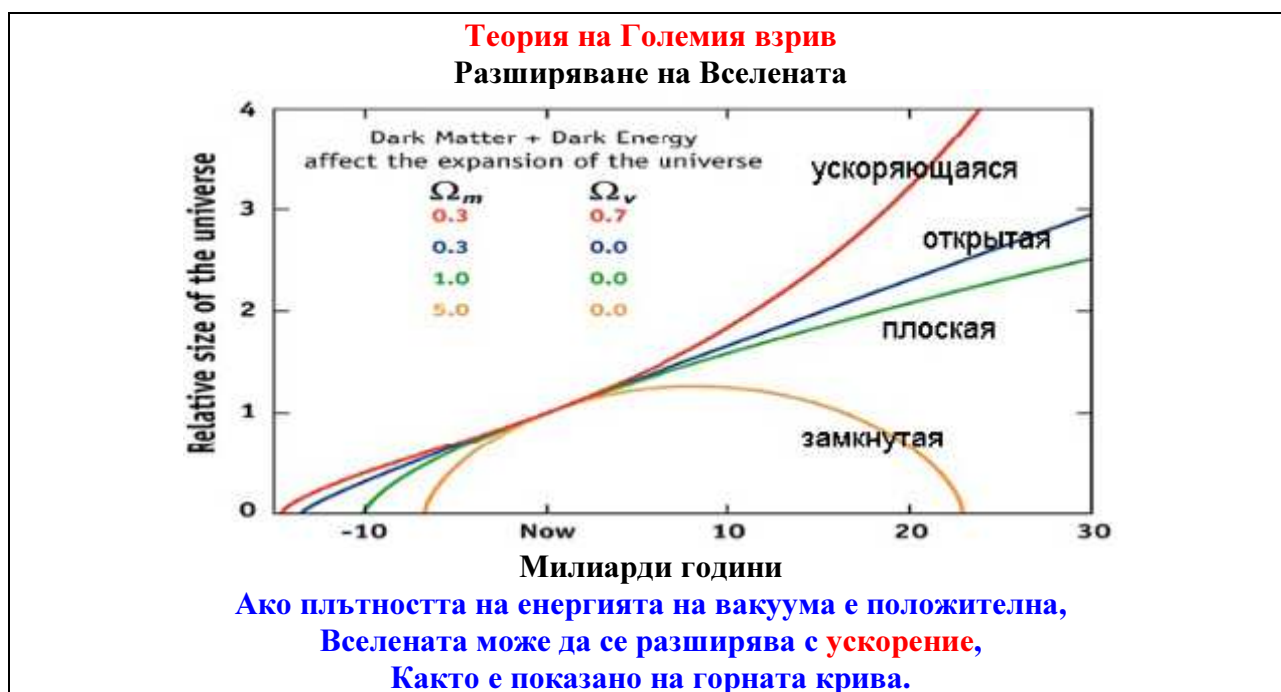
Разширяването на Вселената – това било такова странно свойство, против което се борили дълго, докато не видели, че тя наистина се разширява. Значи онова, което е станало през последните няколко години, е експериментално – не в теоретичната физика, а в експерименталната космология. Две неща се изясниха. Да започнем с второто. През 1998 г. хората видяха, че сега Вселената се разширява с ускорение. Какво значи с ускорение? Е, ето, тя се разширява с някаква скорост. Всъщност, това е малко неправилно...

Значи, нека a представлява мащаба на Вселената, а “ a с точка” (\dot{a}) – скоростта на разширение на Вселената². Да разделим “ a с точка” на a (\dot{a}/a) – това е... Нека например a е разстоянието между две галактики. Тогава това (\dot{a}/a) е скоростта, с която се раздалечават една от друга тези галактики. Тази величина ($\dot{a}/a = H$), константата на Хъбл, всъщност зависи от времето. Ако тя намалява с времето, това не означава, че Вселената е престанала да се разширява. Разширение означава, че “ a с точка” е по-голямо от нула ($\dot{a} > 0$). Това,

² Както обикновено, с точка над буквата за дадена величина се означава производна по времето. (Бел. прев.)

което хората откриха наскоро е, че този режим асимптотично се приближава към константа ($\dot{a}/a = H \rightarrow \text{const}$), т.е. не само “ a с точка” е положително, но и това тяхно отношение клони към константа. И ако се реши това диференциално уравнение, се оказва, че мащабният фактор на Вселената има асимптотично поведение приблизително по начина $a \sim e^{Ht}$ – Вселената ще се разширява експоненциално, а това по-рано много-много не се очакваше. Това именно представлява ускореното разширяване на Вселената, а преди, по стандартната теория излизаше, че Вселената трябва да се разширява със забавяне.

Ето, това е откритието от последните девет години³. Отначало хората помислиха, че някъде има експериментална грешка, какво ли още не, а после започнаха да го наричат с разни имена – космологична константа, енергия на вакуума, тъмна енергия... Та, значи, това е което се случи наскоро. Теорията, за която сега ще говоря, това е инфлационната космология. Тя предполага (и сега все повече изглежда, че навярно, това е било правилно предположение, макар че ние все още не знаем точно – има и конкуриращи теории, които не ми харесват, но това е вече въпрос на гледна точка) и изглежда това е правилното, че ранната Вселена също се е разширявала ускорено. При това – с много по-голямо ускорение от това, с което се разширява днес – с на много десетки порядъци по-голямо ускорение. Ето тези две открития ... видимо ще трябва да опитаме да интерпретираме някак си.



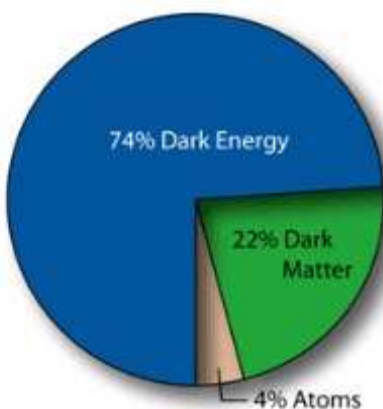
Това са картинките, които рисуват често... Ето една стандартна, от учебник (засега не гледайте тази червена крива). Ако Вселената е затворена – т.е. геометрията прилича на геометрията на сфера, на повърхността на сфера, то тя възниква от сингулярност и изчезва в сингулярност и има крайно време на съществуване. Ако е плоска, то тя възниква от сингулярност и се разширява до безкрайност. Ако е отворена, то тя също продължава да се движи с постоянна скорост.

³ Напомняме, че лекцията е изнесена през 2007 г.! (Бел. прев.)

Онова, което се изясни, което казах за тъмната енергия, космологичната константа, ускорението на Вселената – изясни се, че тя се държи по този начин. И се изясни, че тя се държи така, *независимо от това, каква е* – отворена, затворена, плоска... Днес, ако отворим учебниците по астрономия, в тях главно все още публикуват тези три криви и това е, в което бяхме възпитаване през последните години. Ето защо съществуването на тази, последната⁴ - това бе забележително откритие и то е свързано с факта, че хората повярваха, че вакуумът, празното пространство, притежава ненулева плътност на енергията. Тя е много малка: от същия порядък, както и плътността на веществото във Вселената – 10^{-29} г/см³. И ето, когато аз представям тези хора, казвам: “Вижте тези хора, които измериха енергията на ... нищото.”. Ето така стоят нещата с тази червена линия.

Обща картина на разпределението на енергията... Когато казвам “енергия”, или казвам “материя”, “вещество”, аз подразбирам едно и също, тъй като, както знаем, $E = mc^2$, т.е. тези две неща са пропорционални едно на друго... Има тъмна енергия...

**Тъмна енергия (енергия на вакуума,
или космологична константа) –
73 % от цялата материя във Вселената**



**Тъмно вещество – 23 % от цялата материя
Обикновено вещество – 4 % - 5 %**

Пълният бюджет на енергията и веществото във Вселената се представя с ето такава баница: тъмната енергия съставлява примерно 74 %. Какво всъщност е това – никой не нае. Дали това е енергия на вакуума, дали е енергия на бавно променящо се хомогенно разпределено специално скаларно поле – по този въпрос по-нататък. И, ето, това е отделна част, тя не се концентрира. Какво имам предвид? Тя не се събира в галактики. Тъмното вещество (примерно 22 % от целия бюджет) е нещо такова, което се концентрира, но ние не го виждаме. Нещо, което може да се събира в галактики, но ние не го виждаме, не свети. И примерно 4–5 % – това е “нормално” вещество. Това е бюджетът на цялата наша материя. И тук има световни загадки. Защо тези величини са от един и същ порядък, и защо все пак толкова много такава енергия има в празното пространство? Как въобще се е оказало така, че на нас, такива горделивци, които мислехме, че всичко е от типа, от който сме самите ние, са ни дали само някакви си четири процента... Ето така...

⁴ Става дума за червената крива. (Бел. прев.)

Сега – инфлационната Вселена. За сега – просто справка, за да е ясно за какво говоря, а по-нататък ще започна по същество. Та, ето какво представлява инфлацията. Ето какво имаше на предишните графики – Вселената възникнала и започнала да се разширява и, спомнете си – дъгата беше огъната на тази страна... Ако се върна назад, ще ви покажа



всичко това... ето, виждате ли, всички дъги – бяха огънати ето така. Инфлацията – това е късче от траекторията, което съществувало като че ли преди Големия взрив, в някакъв смисъл преди момента, в който дъгата започнала да се изкривява така. Това е времето, когато Вселената се разширявала експоненциално и с ускорение. По начало тя би могла да има много малки размери, след което следва стадият на много бързо разширяване, после тя става гореща, след което става всичко това, което е написано в учебниците: че Вселената е била гореща, че избухнала като горещо кълбо – всичко това протича след стадия на инфлацията, а по време на самата инфлация може и въобще да е нямало частици. Ето, това е справката.

Проблеми с теорията на Големия взрив

1. Какво е имало преди Големия взрив?
2. Защо Вселената е **хомогенна** и **изотропна**?
3. Защо всичките ѝ части започват да се разширяват едновременно?
4. Защо Вселената е **плоска**? Защо успоредните прави не се пресичат? Защо във Вселената има повече от 10^{87} елементарни частици? **Защо толкова много хора са дошли на тази лекция?**

За какво, значи, бе необходимо всичко това? А заради това, че хората гледаха вече повече от 25 години на теорията за Големия взрив и задаваха различни въпроси. Аз ще изброя тези въпроси.

Какво е имало, когато още не е имало нищо? Ясно е, че въпросът е безсмислен, защо ли трябва и да се задава... В учебника на Ландау и Лифшиц е написано, че решенията на уравнението на Айнщайн не може да бъдат продължени в областта на отрицателното време, поради което е безсмислено да се пита, какво е имало преди това. Безсмислено, но все пак хората питаха.⁵

Защо Вселената е хомогенна и изотропна? Въпросът е, наистина защо? Какво означава хомогенна? Ето, например, ако се огледаме около нас, нашата Галактика не е

⁵ Може би има смисъл да напомним, че Стивън Хокинг сравнява този въпрос с въпроса “Какво има на север от Северния полюс?”. (Бел. прев.)

хомогенна. В по-малък мащаб – в Слънчевата система – голяма нехомогенност. Но ако погледнем в мащабите на цялата наблюдаема днес част от Вселената, ето тези 13 млрд светлинни години, то наляво и надясно от нас Вселената има една и съща плътност, с точност примерно от една десетохилядна или даже по-добра. Следователно някой трябва да я е полирал, за да стане толкова хомогенна. В началото на миналия век на този въпрос отговаряли по следния начин. Има такова нещо, което се нарича “космологичен принцип”, според който Вселената трябва да бъде хомогенна.

Аз обичах да се шегувам, че хората, които нямат подходящи идеи, понякога имат принципи. После обаче престанах, защото се оказа, че специално този принцип е бил въведен от Алберт Айнщайн. Просто по онова време хората не знаели, и до сега в много книжки по астрономия се обсъжда космологичният принцип – че Вселената трябва да бъде хомогенна, защото...тя е хомогенна!

От друга страна знаем, че принципите трябва да бъдат напълно правилни. Например, не знам, но човек, който взема *малки* подкупи, не може да бъде наречен принципен човек. Нашата Вселена е била малко нехомогенна – в нея има галактики, те са необходими за нашето съществуване, следователно отнякъде трябва да разберем от къде се вземат галактиките.

Защо всички части на Вселената започнали да се разширяват едновременно? Тази част на Вселената, и онази част на Вселената, те не са си говорили една с друга, когато Вселената току що започнала да се разширява. Независимо от това, че размерите на Вселената били малки, за да може една част от Вселената да разбере, че друга част е започнала да се разширява, трябва човек, който живее в първата част – е, разбира се, въображаем човек – да научи, че втората част е започнала разширението си. А за това той трябва да получи сигнал от човек във втората част. А за това е необходимо време, тъй че хората съвсем не са могли да се договорят, особено в една безкрайна Вселена, че “ура”, трябва да започнем да се разширяваме, вече позволиха... Затова остава въпросът защо всички части на Вселената са започнали разширението си едновременно.

Защо Вселената е плоска? Това, което е известно днес, е, че Вселената е почти плоска, т.е. успоредните прави никога не се пресичат в наблюдаемата част от Вселената. Значи, защо Вселената е толкова плоска? В училище ни учеха, че успоредните прави не се пресичат, а в университета се казва, че Вселената може да е затворена и те могат да се пресичат. Та защо Евклид е бил прав? Не знам...

Защо във Вселената има толкова огромно количество елементарни частици? В наблюдаемата от нас част на Вселената има повече от 10^{87} елементарни частици. Стандартният отговор на този въпрос се заключава в това, че Вселената е голяма – ето защо... *А защо* тя е такава голяма? И аз понякога акумулирам това в следния вид: защо толкова много хора дойдоха на тази лекция? – защото в Москва има много хора... – а защо има толкова много хора в Москва? – а Москва е само част от Русия, а в Русия има много хора и част от тях са дошли на лекцията... – а защо в Русия има толкова много хора, ето например в Китай са още повече? А, изобщо казано, ние живеем само на една планета, а планетите в Слънчевата система са много, и днес откриват още повече планети във Вселената, а вие знаете, че в нашата Галактика има 10^{11} звезди и някои имат планети, на някои от тях – хора, и част от тях са дошли на лекцията... Защо звездите в нашата Галактика са толкова много? А вие знаете ли колко галактики има в нашата част от Вселената? Примерно 10^{11} – 10^{12} галактики, и във всяка от тях – 10^{11} звезди, около тях се въртят планети и част от хората са дошли на лекцията. А защо галактиките са толкова много? Е, защото Вселената е голяма... Значи...и ето тук ние приключваме.

А ако вземем, например, Вселена, типична затворена Вселена, която има единствен типичен размер, какъвто има в общата теория на относителността заедно с квантовата механика – 10^{-33} см, начален размер. Да свием, значи, веществото до възможната най-голяма, гранична плътност (това е т.нар. Планкова плътност, ρ Планково) – това е примерно 10^{94} г/см³... Защо гранична? Тя не е гранична в смисъл, че повече не може, а в смисъл, че ако се свие веществото до такава плътност, то Вселената ще започне да флукутира и ще бъде невъзможно да се опише по нормален начин. Значи, ако се вземе веществото и свие до най-голямата плътност и се напъха в естествения размер на затворената Вселена и се преброи количеството на елементарните частици там, то ще се окаже, че вътре има *една* елементарна частица. Може би – десет елементарни частици. А на нас ни трябва 10^{87} . Ето защо това е действителен проблем – откъде се вземат, защо има толкова много елементарни частици?

Откъде се е взела енергията на Вселената?

Някои факти:

1. Енергията на веществото във Вселената не се запазва:

$$dE = -pdV$$

Обемът V на разширяващата се Вселена расте, поради което енергията ѝ намалява, ако налягането p е положително.

2. Сумата от енергията на веществото и гравитационната енергия се запазва, но този закон за запазване е необикновен:

Тази сума е равна на НУЛА!

С това обаче работата не приключва. Откъде се е взела цялата енергия на Вселената? Ето, по-рано аз дори не си задавах този въпрос, докато не ме поканиха в Швеция на някакъв нобелов симпозиум, посветен на енергията... т.е. там се събраха хора, които се занимават с добив на нефт и др.п. И на мен ми предоставиха да откривам тази конференция, да докладвам първи... Аз въобще не можех да разбера какво искат те от мен? Аз не се занимавам с добив на нефт, със слънчева енергия и енергия на вятъра не се занимавам, какво изобщо да кажа за енергията? Е, и започнах аз доклада си с това, че казах: знаете ли вие откъде се е взела енергията във Вселената? Знаете ли с колко енергия разполагаме? Хайде да пресметнем.

Енергията на веществото във Вселената не се запазва. Парадокс първи. Ето, ние знаем, че енергията се запазва, а излиза, че това не е вярно. Защото, например, нека напълним сандък с газ и позволим на сандъка да се разширява... Сандъкът е нашата Вселена и се разширява. Газът упражнява върху стените му налягане. И когато този газ се разширява, той извършва работа върху стените на сандъка и когато сандъкът се разширява, газът губи енергия. Защото извършва работа, всичко е правилно, има баланс на енергията. Фактът обаче се състои в това, че по време на разширяването на Вселената пълната енергия на газа намалява. Защото има стандартно уравнение: изменението на енергията е равно на минус налягането, умножено с промяната на обема ($dE = -pdV$). Обемът на

Вселената расте, налягането е положително, затова и енергията намалява. И така, във всички модели на Вселената, в нормалните, тези, които се свързваха с теорията за Големия взрив, пълната енергия на Вселената намалява. Ако сега е 10^{50} тона, то колко е била в началото? Тъй като енергията само се е губила. Значи тогава, в началото, трябва да е била повече. Някой би трябвало да създаде тази Вселена с много по-голяма енергия, отколкото сега. От друга страна нещо все пак трябва да се запазва. За какво се изразходва тази енергия по време на разширяването на Вселената? Тя отива за промяна на размера на Вселената, за това, че Вселената се разширява с определена скорост. Съществува някаква енергия, която се крие в геометрията на Вселената. Има енергия, която е свързана с гравитацията. И ето, пълната сума от енергията на веществото и гравитационната енергия – тя се запазва. Но само ако се пресметне общата сума. Има различни начини на пресмятане – и отново там се появява някаква запетая – но при определен начин на пресмятане пълната сума от енергията на веществото и на гравитацията се оказва просто нула. С други думи енергията на веществото се компенсира с енергията на гравитационното взаимодействие, затова и се получава нула. И после, да, тя започва от нула, с нула и ще завърши, всичко се запазва, само че този закон за запазване не ни е твърде полезен. Той не ни обяснява откъде се е взела такава огромна енергия. Значи, колко?

Според стандартната теория за Големия взрив, пълната маса на веществото в самото начало превъзхожда 10^{80} тона.

Масата = Енергия: $E = mc^2$

Преди Големия взрив не е имало нищо, и изведнъж се появяват 10^{80} тона вещество...

ОТКЪДЕ?

За да се създаде Вселената, трябва да се съберат 10^{80} тона взривно вещество, да се свие до размера на грахово зърно и всички негови части да се взривят едновременно с точност до 10^{-43} сек.

Кой би могъл да направи това?...

И така, според теорията за Големия взрив пълната маса на веществото в началото, когато се е родила Вселената, би трябвало да превишава 10^{80} тона. Е, това вече е много... А даже ако всичко това аз отчислявах пряко от сингулярността, то просто в цялата Вселена би трябвало да има безкрайно количество вещество. И тогава възниква въпросът: откъде някой ни е дал това безкрайно количество вещество, ако до момента на възникване на Вселената не е имало нищо? Отначало нямало нищо, а после изведнъж станало толкова много, че даже е малко странно. Тоест, кой би могъл да направи това?... А физиците не искаха да поставят въпроса така, не искат и сега.

**Инфлационната теория
решава много проблеми на Големия
взрив и обяснява как може да се
създаде Вселена от един милиграм
материя от особен вид.**

Ето защо, може би е добре, че се намери теория, която позволява поне по принцип да обясни как може да стане всичко това, тръгвайки от късче Вселена с начално количество материя, по-малко от един милиграм. И ето, когато аз говоря това, си мисля, какво би си помислил нормален човек, ако такова нещо се кажеше отдавна, или ако при това не се пишат уравнения, и т.н....

Помня, че когато ме повишаваха в старши научен сътрудник, ме извикаха и започнаха да ме питат: “А вие с какво се занимавате?”. А аз започнах да им обяснявам, че ето, занимавам се, по-специално, с това, че може да се окаже, че в различните части на Вселената законите на Вселената може да бъдат различни: в някои части например може да има електромагнитно взаимодействие, а в други – да няма... те ми казаха: “Е, това вече е твърде много!” Но все пак ме направиха старши научен. Ето, това е и самата тази теория за многоликата Вселена, за която ще ви говоря.



Ето, преминаваме към същността, към инфлационната космология. Отначало първия, най-простия модел. Този модел изглежда по следния начин. Имате някакво скаларно поле, чиято енергия е пропорционална на квадрата на полето. Това са първите най-прости думи – и тук вече се появява въпрос: какво представлява скаларното поле? Някои хора знаят, други – не знаят. Част от хората знаят, че сега в Швейцария се строи огромен ускорител, за да се открие частицата на Хигс. Частицата на Хигс – това е частица, която представлява квант на възбуждането на специален тип скаларно поле. С други думи хората използват тези полета отдавна, повече от 30 години. Но интуитивният смисъл може да се разбере най-лесно с помощта на аналогия. Ето, тук в мрежата има 220 волта. Ако цялата Вселена бе изпълнена просто с 220 волта и нямаше нула, то не би имало никакъв ток, нищо наникъде не би текло, защото това просто би било друго вакуумно състояние. В Америка е 110 волта. Положението е същото – ако беше просто 110 волта, нищо нямаше да

тече... Ако вие се хванете с едната ръка за 220 волта, а с другата ръка – за 110, това веднага би ви убило, тъй като разликата в потенциалите – това е, което... Аз трябва да спра...

Добре. Значи, постоянно скаларно поле – това е аналог на подобно поле. Това не е точна аналогия, а примерна аналогия. А какво е векторно поле? Векторно поле е, например, електромагнитното. То има големина и посока. Какво е скаларно поле? То има големина, но посока няма. Това е и цялата разлика, т.е. – то е много по-просто от електромагнитното поле. То няма посока, то представлява лоренцов скалар. Лоренцов скалар означава следното. Ако вие започнете да тичате спрямо него, вие няма да почувствате, че бягате: нищо не се променя. Ако се обърнете, също нищо не се променя, вие няма да почувствате, че се обръщате. Изглежда като вакуум, ако не се движи, ако е постоянно. Само че това е специален вакуум, тъй като той може да притежава потенциална енергия. Това е неговото първо свойство. И, второ, ако в различните части на Вселената вакуумът е различен, то там са различни и масите на елементарните частици, различни са и свойствата, тъй като от това дали има или няма скаларно поле, а) зависят свайствата на елементарните частици и, б) зависи плътността на енергията на вакуума във Вселената, така че това по принцип е важно нещо. И ето, най-проста е теорията, в която енергията на това скаларно поле е пропорционална на неговия квадрат.

Уравнения движения

Уравнение Ейнштейна:

$$H^2 = \left(\frac{\dot{a}}{a}\right)^2 = \frac{m^2}{6}\phi^2$$

Уравнение Клейна-Гордона:

$$\ddot{\phi} + 3H\dot{\phi} = -m^2\phi$$

Сравните с уравнением для осциллятора с трением:

$$\ddot{x} + \alpha\dot{x} = -kx$$

Хайде да разгледаме уравненията. Аз сега няма да решавам никакви уравнения, само ще ги показвам, така че няма защо да се боите. Първото е малко опростено уравнение на Айнщайн, което показва, че скоростта на разширяване на Вселената, разделена на размера, т.е. квадратът на константата на Хъбл, е пропорционална на квадрата от плътността на енергията на веществото във Вселената. А сега аз ще поискам да пренебрегна всичко... ще оставя само скаларното поле. И тук би трябвало да се запише гравитационната константа, там още осем пи, делено на три...

Да забравим сега за гравитационната константа. Хората, които се занимават с тази наука, казват: да приемем за простота, че гравитационната константа е единица, че скоростта на светлината е единица и константата на Планк е единица, да решим уравнението и тогава да възстановим константите в решението.

Значи, това е малко опростеното уравнение на Айнщайн, от което аз съм изхвърлил още чифт членове, които сами се изхвърлят оттам, когато Вселената започне бързо да се раздува. Това е уравнението за движение на скаларното поле. За сега не гледайте на този член. Това е ускорението на скаларното поле, а това показва онази сила, с която полето

иска да се устреми към минимума на своята енергия. И, за да бъде ясно, сравнете това с уравнението на движение на хармоничен осцилатор. Отново не гледайте този член. Това е ускорението на хармоничния осцилатор, пропорционално на връщащата сила. Тоест силата, която привлича осцилатора в точката $x = 0$, а това е неговото ускорение. И ние знаем какво става в края на краищата – осцилаторът трепти. А ако добавим такъв член, който съдържа x с точка? Това е скоростта на движение на осцилатора. С други думи, ако пренесем този член от другата страна на равенството, той ще представлява силата, която пречи на осцилатора да се движи бързо. Това е все едно да потопите махалото във вода – водата ще пречи на осцилациите и то ще трепти все по-бавно и по-бавно. Нещо като сила на триене или вискозитет.

И ето, оказва се, че и във Вселената има аналогичен член в уравнението за скаларното поле. Това уравнение изглежда точно така. И този член прилича на онзи. Оказва се, че във Вселената възниква ефект на триене, ако тя се разширява бързо. Сега нека се върнем на предишната картинка.

Когато скаларното поле е тук, то енергията му е малка. Вселената се разширява бавно, няма никакво триене. Ако скаларното поле се намира тук, то енергията му е много голяма. Ако енергията е много голяма, да видим какво става на следващата картинка.

Енергията е много голяма, константата на Хъбл е голяма, коефициентът на триене – голям. Когато коефициентът на триене е голям, скаларното поле се смъква надолу много бавно. Ако скаларното поле се смъква надолу много бавно, то в течение на дълго време остава почти постоянно. Ако то остава почти постоянно, аз решавам ето това уравнение: a с точка, делено на a (т.е. \dot{a}/a) е почти равно на константа. Решението на такова най-просто диференциално уравнение е експоненциална функция. И в този случай Вселената започва да се разширява експоненциално.



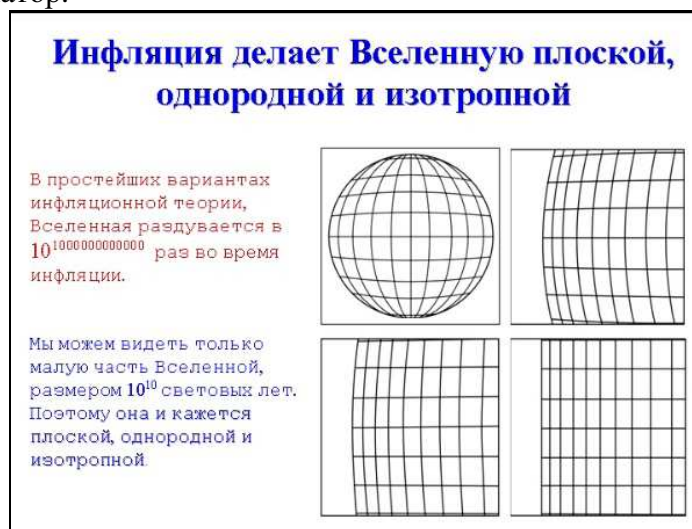
Логиката е следната: ако е голяма стойността на скаларното поле ϕ , голяма е и скоростта на разширение на Вселената, голям е и коефициентът на триене, затова полето ϕ се смъква надолу много бавно. Като решим диференциалното уравнение с константа, получаваме експоненциално решение – това е и инфлацията. Всичко е много просто.

За да се стигне до това, обаче, трябваше да се помъчим, за да се сетим как да сведем всичко до простота. В действителност, всичко започна с нещо много по-сложно. За пръв път идеи от този тип започна да изказва Альоша Старобински през 1979 г. тук, в Русия.

Неговият вариант на тази история почиваше върху квантовата гравитация с определени поправки – конформни аномалии, теорията беше много сложна, не бе ясно как и с какво да се започне, но, въпреки това, теорията беше много популярна в Съветския съюз, наричаше се “модел на Старобински”. Но все пак беше малко сложновата, не беше ясно каква е нейната цел. Той искаше да реши проблема със сингулярността, а това не се получаваше...

След това възникна онова, което сега се нарича стара инфлационна теория – предложи я Алан Гут от МИТ – той сега е в МИТ, а по-рано беше в СЛАК, близо до Станфорд. Той предположи, че Вселената от начало седи свита по енергията си в състояние на лъжлив вакуум, наникъде не се движи, енергията е постоянна, същевременно се разширява експоненциално, след което този лъжлив вакуум с трясък се разрушава, образуват се мехурчета, които се удрят помежду си... Защо бе необходимо това? Желанието му бе да реши онзи списък от проблеми, които ви показвах по-рано: защо Вселената е хомогенна, защо е изотропна, защо е толкова голяма – това бе неговата цел. И в това се състоеше значението на работата му. Не защото той предложи модел – неговата теория не работеше, а защото той каза, че ето – би било забележително ако направим така и така, и тогава ние ще решим изведнъж всички тези проблеми. А неговият модел не работеше, защото след ударите между мехурчетата Вселената ставаше толкова нехомогенна и не изотропна, че като че ли не си и струваше да се мъчим...

След това всички ние се намирахме в състояние на душевна криза, тъй като тази идея бе толкова привлекателна, толкова симпатична, и аз имах язва в стомаха, може би от огорчение, че не върви, че по никакъв начин не се получава. След това аз измислих как да се направи това, което нарекох нова инфлационна теория, а по-късно измислих ето това просто нещо с хаотичната инфлация, която беше най-простата. И тогава се изясни, че ние не говорим за някакъв трик, а всичко може да бъде толкова просто, колкото теорията на хармоничния осцилатор.



Но аз не казах за какво е всичко това. Ето защо. По време на инфлацията, по време на ето този стадий, докато аз се смъквах надолу, Вселената може да се разшири ето такъв брой пъти. Това – в най-простите модели. Какво означава ето това число? Ето, сега ще ви кажа какво означава. Примерът е от аритметиката. Най-малкият мащаб е 10^{-33} см. Да го умножим на десет с ето такава количество нули – не е съществен броят на нулите. Сега възниква въпросът: колко е произведението? Отговорът е ето това – значи 10^{-33} вече може да не пишем, тъй като това е малко число. Значи Вселената се оказва ето с какъв огромен

размер. А колко виждаме ние днес? Ето тези 13 млрд години, умножени със скоростта на светлината – това е примерно 10^{28} см. Всъщност даже не е важно дали са сантиметри или милиметри – не е важно какво. Важното е, че ето това тук е несъпоставимо по-малко от това.

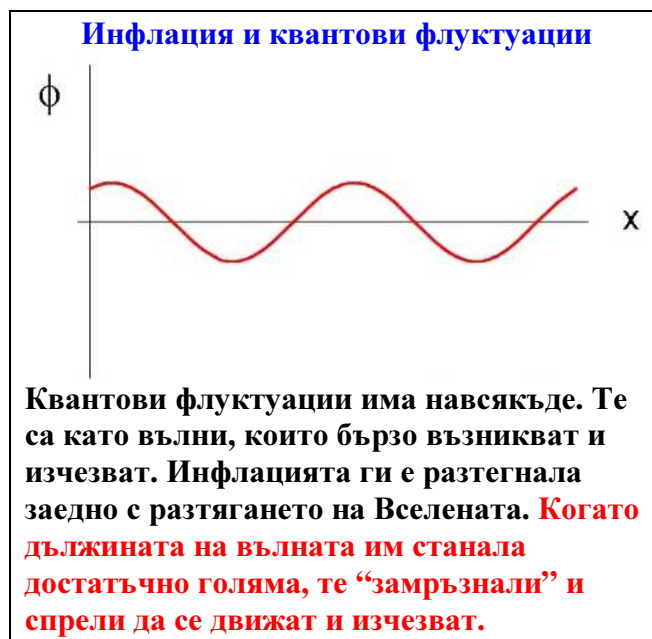
С други думи, ето това е нашата наблюдаема част от Вселената – ние сме някъде ей-тук. Вселената започнала да се разширява, раздувала се, раздувала се, раздувала се и ние живеем на повърхността на този огромен глобус. И затова успоредните линии изглеждат успоредни, затова никой не е и виждал този северен и южен полюс. Затова нашата част на Вселената, тук някъде, започнала някъде оттук, от почти точка, и затова тук всички начални свойства били примерно еднакви. Затова и тук те са еднакви.

А защо Вселената е толкова хомогенна? Е, представете си, че вземете Хималаите и ги разширите ето толкова много пъти. Тогава никой няма да тръгне с раница по тях, тъй като от долината до планината трябва да върви изключително дълго. Ето защо нашата Вселена е толкова плоска, толкова хомогенна, еднаква във всички посоки.

Защо е изотропна? Кое се нарича изотропно? Е, тя прилича като че ли на сфера, във всички посоки еднаква, но тя би могла да бъде и като краставица. Но ако аз раздуя краставицата ето толкова много пъти – а ние живеем на повърхността на краставицата – то във всички посоки тя ще изглежда еднаква, затова и Вселената във всички посоки ще стане еднаква. С други думи, о този начин ние решаваме повечето от онези въпроси, които бяха възникнали. Защо Вселената е толкова голяма? Ето защо! А колко са елементарните частици? Ето колко! Затова има и за нас...

Тоест, ние още не знаем откъде се е появило всичко това, не можем така просто да решим проблема с началната сингулярност – по този въпрос ние ще кажем нещо по-нататък – но ето заради това бе необходима тази теория.

От друга страна, би могло да се окаже, че ние малко сме се престарали. Защото ако разтеглите напълно Хималаите, то цялата Вселена ще се окаже толкова плоска и хомогенна, че ще стане невъзможно да се живее в нея, тогава няма от къде да се появят галактиките в нея.

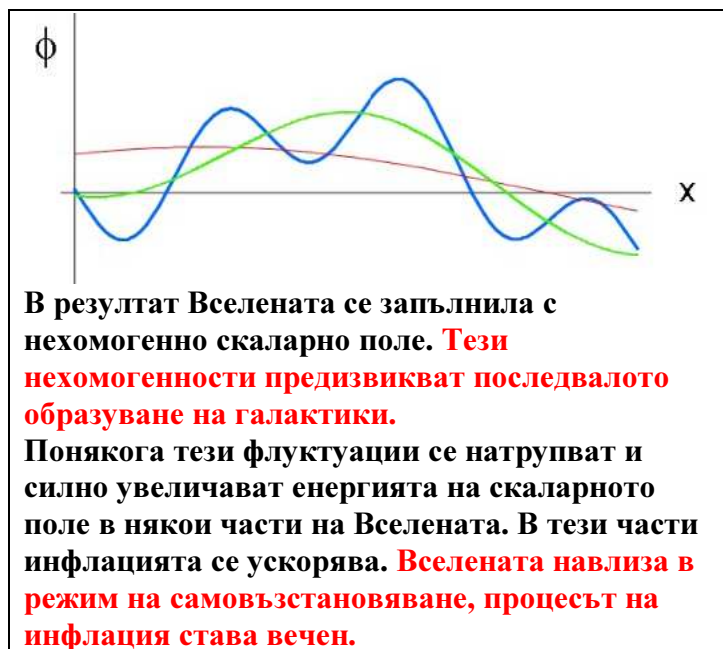


Оказа се обаче, че галактики може да се получат за сметка на квантовите осцилации. И това е, което тук във ФИАН, казваха Чибисов и Муханов. Те изучаваха модела на Старобински и видяха, че ако в него се погледнат квантовите флуктуации на пространството, а после се види какво става в процеса на разширение на Вселената, то е напълно възможно те да породят галактики. И ние ги гледахме и мислехме: момчета, какво ни приказвате? Вие говорите за квантови флуктуации, а ние говорим за галактики! Та те са реални... След това се изясни следното. Това вече се случи след като преведохме всичко на езика на скаларното поле и т.н....

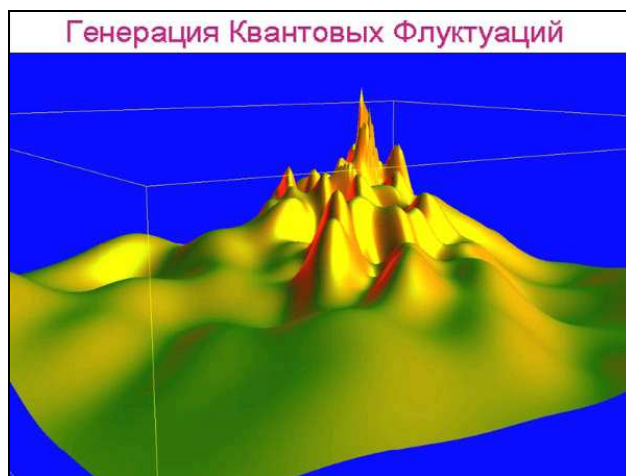
Вселената работи като лазер, само че вместо лазерно поле тя произвежда галактики. Ето какво става. Да вземем отначало високочестотно скаларно поле, квантови флуктуации. Квантовите флуктуации съществуват винаги. Тук, в аудиторията, на малки разстояния също има квантови флуктуации. Добре, че ми дадохте два часа – нямаше да мога да довърша. За два часа може би ще успея...



Та ето, квантовите флуктуации съществуват сега, точно тук, но те непрекъснато осцилират, ако ги наблюдаваме с дребноскоп и фотографираме бързо, то ще видим, че там нещо възниква, нещо изчезва. Така лесно няма да ги видиш, за нас те не са важни. Но да предположим, че по време на бързото разширяване на Вселената се е появила такава квантова флуктуация. С разширяването на Вселената тя се разтягала. Когато се разтегнала достатъчно – спомнете си уравнението за скаларното поле, в което има член $3H\phi$ с точка. Членът, съответстващ на триенето. Когато полето беше късовълново, то въобще не усеща триенето, защото енергията му е толкова голяма, че триенето въобще не може да го спре. След това обаче, когато то се разтегнало, изведнъж почувствало, че Вселената се разширява, че има триене и в резултат – застинало. Застинало и продължавало да се разширява, разтягайки Вселената. След това, на фона на тази флуктуация, която е нарисувана тук, предишните флуктуации, които по-рано били много късовълнови, енергични и т.н., те се разтегнаха, видели че Вселената се разширява, почувствали триенето и застинали – на фона на тези флуктуации, които застинали преди това.



След това Вселената продължавала да се разширява и замръзвали нови флуктуации, а нали Вселената се разширявала експоненциално. И какво се получила в резултат? Че всички тези флуктуации се раздули до големи размери.



Сега ще поясня какво представлява това: това е резултат от пресмятания, които симулират възникването на флуктуациите и по-нататъшната им еволюция. Смисълът е в следното. Че ние вземаме тези квантови флуктуации. Те замръзнали. Вселената станала нехомогенна в експоненциално голям мащаб. Тези нехомогенности стоят, стоят, стоят... След това инфлацията спира. След това, тази част на Вселената не вижда онази нейна част. Минава обаче известно време и те се виждат една друга. И тогава тази част от Вселената казала: “А, моята енергия е по-малко отколкото твоята; хайде, всички мои камъни ще полетят към тебе, защото там гравитацията е по-силна.” И флуктуациите се размразяват. Тоест, в началото те били замръзнали поради бързото разширение на Вселената. А след това, когато двете части на Вселената се видели една друга, то тези флуктуации се размразили и това буквално... като по барон Мюнхаузен.

Аз не знам, в детството сега учат ли ви да четете барон Мюнхаузен? На нас ни го четяха. Как е пътешествал по Русия. Макар че е бил немски лъжец, но е пътешествал по Русия, в Сибир. Били на лов и имало толкова лют студ, че когато искал да повика другарите си, за да се съберат, той надул тръбата “ту-туту-туту!”, но не се чуло нищо, защото звукът замръзнал в ловджийския рог. Е, след това било студено, той, като опитен човек, се заровил в пещера от сняг... На сутринта изведнъж чува: “Ту-туту-туту!”. Какво става? Звукът се размразил. Защото сутринта се появило слънце, снегът се поразтопил и звукът се размразил...

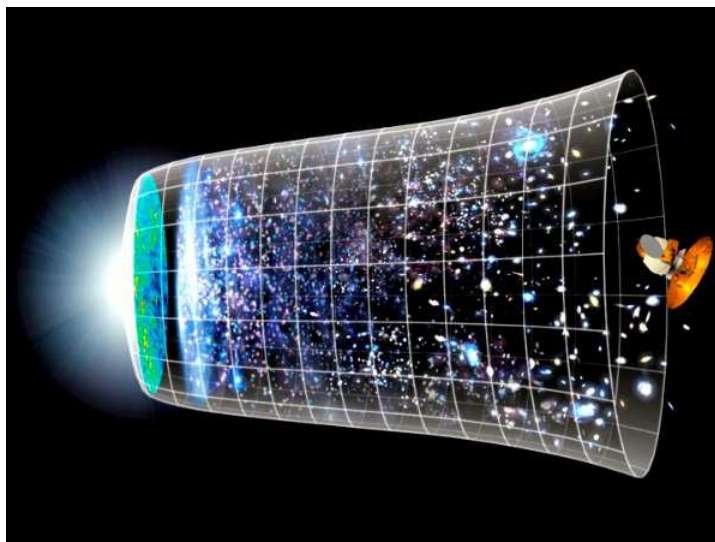
Ето, и в нашия случай става същото: отначало квантовите флукуации замръзнали, разпъззели се на големи разстояния, а после, когато работата стигнала до там, да се образуват галактики, те се размразили и нехомогенностите се събрали заедно и станали на галактика.

Отначало ние започнахме с квантовите флукуации. След това бързо ги направихме огромни. И когато ги направихме огромни, ние фактически ги направихме класически. По това време те вече не осцилирали, не изчезвали, те замръзнали... били големи. Ето това е трикът – как от нещо квантово да направиш неща класическо.

Значи, ето какво показва този филм. Ако започнем с нещо почти хомогенно, както сега, и после започнем да добавяме тези синусоиди... Всеки нов кадър показва експоненциално голямата Вселена. Но компютърът не може да се разширява, затова ние свивахме картинките. Всъщност трябва да се разбере, че всяка картинка съответства на експоненциално по-голяма и по-голяма Вселена. И дължините на вълните на всички тези значения, те са примерно същите, като в момента на създаването им. А след това те се разтягат, но ето тук не се вижда, че това е истинска синусоида. Изглежда, като че ли това е пик, там – остра кула. Това е получава поради това, че компютърът просто ги е свил.

Не се вижда също така и друго: че в местата, където скаларното поле е подскочило твърде високо, там енергията на полето се оказва толкова голяма, че на тези места Вселената започва да се разширява още много по-бързо, отколкото се разширява тук. И затова в действителност, ако правилно се рисува картината – е, компютърът просто е може да прави това и той не е виновен за това, просто физиката е такава: не можем да си представим изкривеното пространство вложено в нашето пространство, просто кривовато, като крива повърхност – това не винаги се удава, затова тук нищо не можеш да направиш. Просто трябва да се разбере, че ето този пик с размер оттук дотук, е с много по-големи размери оттук дотук. Тук всъщност имаме един хубав мехур.

И ето още една положителна черта на руското обучение – нещо, което научихме по време на практиката по военно дело в университета: че разстоянието по правата бива много по-дълго от разстоянието по кривата, ако правата минава близо до офицера... Така и тук: ако тръгнете по правата, минаваща край този пик, вие няма да стигнете никъде, защото разстоянието ще става все по-голямо и по-голямо. Кривото пространство може да се представи по два начина. Първо – може просто да се говори за разширяване на Вселената, а второ – може да се говори за свиване на човека. Нали човекът е мярка на всичко. Ако вие вървите оттук и дойдете до пика, то, може да се каже, че вашите крачки стават все по-малки и по-малки и затова ви е трудно да вървите. Това е другото разбиране на онова, какво представлява мехурът тук – това е просто място, където вие се смаявате в сравнение с Вселената. Това са почти еквивалентни неща.



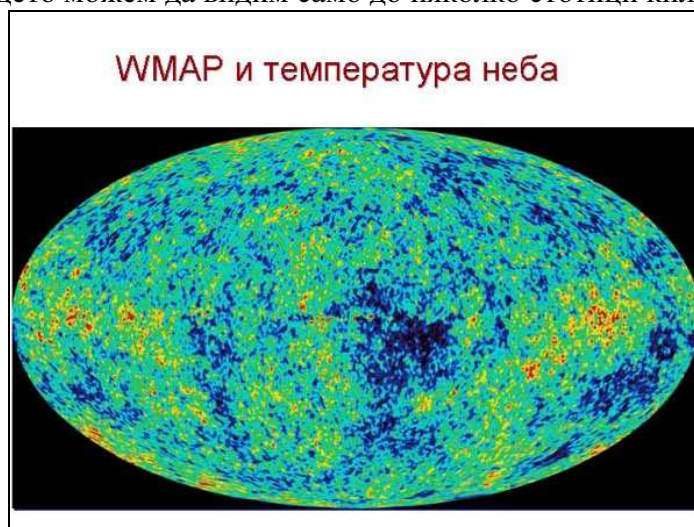
От къде знаем всичко това? От къде знаем, че е истина? Е, първо, честно казано, ние знаехме от самото начало, че това е истина. Защото теорията беше толкова красива, така просто обясняваше всичко, че като че ли след това и експериментални доказателства не бяха много необходими. Защото Вселената голяма ли е? – голяма. Успоредните прави не се ли пресичат? – не се пресичат... И тъй нататък. Друго обяснение нямаше.

Затова – ето, има експериментални данни. Но хората, все едно, искат не просто така, а и още: нещичко да се предскаже, нещо, което още не знаем, така, че то да се потвърди. И едно от тези предсказания са въпросните квантови флуктуации... Добре би било да ги видим на небето, а не сме ги виждали. И една след друга започнаха да изстрелват разни системи, спътници, първият забележителен спътник беше “Кобе” (COBE), изстрелян в началото на 90-те години и миналата година хората получиха Нобеловата награда за това. Те видяха следното. Те видяха, че микровълновото лъчение, което пристига към нас от всички страни на Вселената, е малко анизотропно. Сега ще обясня за какво става дума. В средата на 60-те години хората видяха, че върху Земята пада лъчение с температура примерно 2,7 К. Нещо като радиовълни, но с много малка енергия, но от всички страни. След това разбраха какво представлява това лъчение. При взривяването си Вселената била много гореща. После, когато се разширила, тези фотони губят енергията си и когато пристигат до нас, те вече са такива изтощени, с много малка енергия. И от всички страни енергията им била една и съща – 2,7 К. Температурата е мярка за енергията. После започнали да гледат по-внимателно и видели, че в една посока температурата е 2,7 *плюс* примерно 10^{-3} , а в обратната посока – 2,7 *минус* 10^{-3} . И защо е така? А ето защо: защото Земята се движи по отношение на цялата Вселена. Така че това е познатото червено отместване. Натам, накъдето се движим, небето става по-синьо, фотоните стигат до нас с малко по-големи енергии. А оттам, откъдето идваме, ни застиган малко по-червени фотони. Това беше прост ефект. И ние веднага разбрахме с каква скорост се движим спрямо реликтовото лъчение.

След това хората поискаха да разберат дали в реликтовото лъчение не се рие още някаква структура. И изстреляха спътници, един от тях “Кобе”, а тук, на картинката, е нарисуван спътникът WMAP. И картинката показва нещо като еволюцията във времето.

В началото е Големият взрив, след това – ускорението на Вселената – инфлацията, след това възникват квантовите флуктуации, които замръзват, след това тези замръзнали

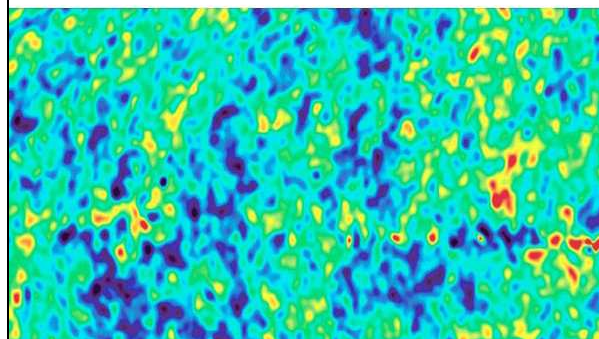
квантови флуктуации водят до възникване на неголяма структура във Вселената. По това време Вселената била много гореща – толкова гореща, че до нас просто не достигали сигнали – по същия начин както Слънцето тук е непрозрачно: то е много горещо, затова в дълбочина на Слънцето можем да видим само до няколко стотици километра. Ето...



А след това изведнъж Вселената станала прозрачна за обикновеното лъчение, защото електроните се свързали с протоните в атоми и по-нататък, когато Вселената станала повече или по-малко неутрална, светлината започнала да достига до нас. Така че ние виждаме това лъчение, което е тръгнало от онзи момент. А въпросните спътници измерили температурата на лъчението от различни посоки с точност до 10^{-5} К. Това е фантастична точност! Аз никога не вярвах, че това е възможно, но после почнах да се доверявам на приятелите–експериментатори.

И така, те измериха такива малки петънца на небето – тези петънца тук са оцветени. Ние знаем, че там, където енергията е по-голяма, това е синьо отместване, а там, където енергията е по-малко – това е червено отместване, но тук всичко е обратно. Хората, които са оцветявали тази карта, разбирали, че човешката психология работи другояче. Все едно – това е невидима светлина, радиолъчение, затова нито е бяло, нито червено – никакво. Затова те го оцветили изкуствено. Ето – там, където е червено, там се подразбира, че е по-горещо. А там, където е синьо, е по-хладно. Затова са оцветили точно обратно. Това обаче не е важно. Важното е, че ето тези петънца на небето, те са с точност до 10^{-5} .

Фотография квантовых флуктуаций
размером в полнеба



Ако се погледне внимателно това късче от небето, ето каква картина ще се получи. Ето такива например петънца. Какво е това? Ето какво. Възникнали тези квантови флуктуации на скаларното поле, разпълзели се по цялото небе, там замръзнали, променили малко геометрията на Вселената и плътността на веществото, за сметка на това променили температурата на реликтовото лъчение, което достига до нас и затова тази температура, ето тези нехомогенности, представляват снимка на онези квантови флуктуации, които възникнали след стадия на инфлацията – възникнали и замръзнали. С други думи ние сега виждаме цялото небе, и това цяло небе представлява нещо като фотографска плака, на която са изобразени квантовите флуктуации, възникнали в крайния стадий на инфлацията, примерно 10^{-30} сек. след Големия взрив. Виждаме fotografia на това, което е станало от 10^{-30} сек след Големия взрив. Е добре – истинско чудо, какво друго може да се каже!



Не стига, че гледаме тази фотография – изучавали са и нейните спектрални свойства. Тоест тези петънца при големи ъглови размери имат един интензитет, а при малки ъглови размери – друг интензитет. Пресметнали спектъра на тези флуктуации и изяснили, че спектърът е следният: черните петънца – това е онова, което експериментално вижда самият спътник WMAP. Оттогава насам се появили и други резултати, които се отнасят до ето тази област, аз тук не съм ги и представил. Но ето – червената крива

представява теоретичните предсказания на най-простия модел на инфлационна Вселена, а черните точки са това, което дава експериментът.

Тук има известни аномалии. При големи ъгли най-големите разстояния са малки. Тук I – това, което е по вертикалната ос, представлява количеството на хармоничните в спектъра. С други думи колкото по-голямо е I , толкова повече са хармоничните, толкова по-малък е ъгълът. При малки ъгли съвпадението с експерименталните данни е прекрасно. На големи ъгли обаче става нещо не докрай обяснимо. Може би то се дължи на неточността, тъй като ние разполагаме само с парче от Вселената: ние изучаваме статистиката, а каква статистика ще правите, ако вие хвърлите монета само един път? Трябва да я хвърлите сто пъти, за да видите, че става примерно 50 на 50. Ето защо на големи ъгли статистиката не е много точна. Все пак, съществува известен проблем, не е ясно какво става тук. Има някакви анизотропии във Вселената, които при големи мащаби ние за сега не можем да обясним. Главният факт обаче е в това, че всички останали точки прекрасно лежат върху теоретичната крива. И поради това съвпадението между теорията и експеримента е много впечатляващо.



За себе си аз реших, че трябва да измисля начин за обясняване на изменението на картината на света на достъпен език. А картината на света... Дотук, аз до самата тази многолика Вселена още не съм стигнал. За сега това е проста картинка. Промяната на картината на света изглежда така. Ние седим на Земята и гледаме наоколо, обградени от тази кристална сфера. По-далеч не можем да видим, а там има звезди, планети... И ние знаем, че използваме нашата космология като машина на времето. Ако вземем и погледнем Слънцето, ние ще го видим такова, каквото е било преди няколко минути. Да погледнем по-далеч, към звездите. Ние ще видим звездите такива, каквито са били преди много години, преди стотици, преди хиляди години.



Ако отидем малко по-далече, ще видим галактиките такива, каквито са били преди милиарди години.



Ако отидем още по-далече, то ще видим това място, на което Вселената току що е станала гореща и от този момент към нас са тръгнали фотони – това е картината, която виждат тези спътници, това е и този космически огън. А по-нататък Вселената е непрозрачна. По-нататък, по-близо до този Голям взрив, който станал преди 13 млрд години, не можем да отидем. Е, разбира се, ако за целта използваме неутрино, които са излъчени по онова време, – ние знаем, че можем да уловим неутрино, които идват от центъра на Слънцето, – бихме могли да уловим и неутрино, излъчени по-близо до този Голям взрив. За сега виждаме само това, което е било примерно 400 000 години след Големия взрив. Е, все пак, в сравнение с 13 милиарда четиристотин хиляди е достатъчно добре... Но ако беше с неутрино, ние бихме могли да се доближим много повече. Ако използвахме и гравитационни вълни, бихме могли да се приближим съвсем близко до Големия взрив, направо до буквално ето такива моменти след Големия взрив.



А какво казва инфлацията? Инфлацията казва следното. Че всъщност целият този космически огън възниква след инфлацията и тук има експоненциално много места, където цялата Вселена е била запълнена със скаларно поле, когато не е имало никакви частици, а даже и да е имало, то тяхната плътност би намалявала експоненциално през цялото време, тъй като Вселената се разширявала експоненциално.

Ето защо няма никакво значение какво е имало преди инфлацията. Вселената тогава е била практически празна, а енергията била в това скаларно поле. А след като то – вие помнете тази картинка: скаларното поле тръгнало надолу, след което, приближавайки дъното, константата на Хъбл станала малка, то започнало да осцилира и по това време, за сметка на своите осцилации то пораждало нормално вещество. По това време Вселената станала гореща. По това време се появил и този огън. А по-рано ние мислехме, че огънят е от началото на света. Ние просто бяхме като вълци, които се страхуват да прескочат през огън, знаехме, че ето това е началото на света. Сега става ясно, че за да обясним защо този огън е бил толкова равномерно разпределен, ние имаме нужда от стадий, който изравнява всичко. И този стадий е инфлационният стадий.



И по-нататък може да се отиде все по-далече от това място, защото Вселената е толкова голяма. И ако отидем по-нататък, ще видим тези места, където възникват

квантовите флуктуации, пораждащи галактиките. И ще видим тези места, където флуктуациите са толкова големи, че раждат нови части на Вселената, които се разширяват бързо и които се раждат и възникват *и сега*. За сметка на тези квантови флуктуации Вселената ражда сама себе си, не само галактиките, но и по-голямата част от себе си. И тя става безкрайна и самовъзпроизвеждаща се Вселена.

Многоликата Вселена

В реалистичните теории на елементарните частици съществуват много различни скаларни полета. Тяхната потенциална енергия може да има твърде много минимума. Всеки минимум съответства на ново вакуумно състояние. Елементарните частици имат различни свойства в различните вакуумни състояния.

Квантовите флуктуации по време на инфлацията могат да разбият Вселената на много части, съдържащи различни скаларни полета. Вселената заприличва на набор от много вселени с различни физични закони.

Освен всичко друго възниква още един ефект. До сега аз ви разказвах за Вселена, в която има само скаларно поле от само един тип. Скаларно поле с такъв прост потенциал... Ние знаем, че ако искаме да опишем пълно теорията на елементарните частици, са необходими много скаларни полета. Например в теорията на електрослабото взаимодействие има поле на Хигс. И това поле придава маса на частиците в нашето тяло. Тоест електроните придобиват маса, протоните придобиват маса, фотоните не придобиват маса. Други частици придобиват маса. В зависимост от това какво е скаларното поле, те придобиват различна маса.

С това обаче работата не приключва. Съществува още и теория на Великото обединение, в която възниква скаларно поле от друг тип. Това е друго поле. Ако го нямаше, то нямаше да има принципна разлика между лептоните и барионите, тогава протоните лесно биха могли да се разпаднат на позитрони, не би съществувала разлика между вещество и антивещество. За да се обясни какво е станало там, как са се разделили тези неща, се налага въвеждане на още едно скаларно поле... По принцип тези скаларни полета биха могли да бъдат много. Ако погледнем най-простата теория – суперсиметричната – теорията на Великото обединение, то ще се окаже, че в нея потенциалната енергия изглежда ето така...

Е, всъщност и това е само примерна картина. Това е някакво поле, което в действителност представлява матрица. И ето, при едно значение на това поле няма никакво нарушение на симетрията между слабото и силното електромагнитно взаимодействие, няма разлика между лептони и бариони. Има друго значение на полето, в което се наблюдава специален тип нарушение на симетрията, съвсем не това, което виждаме. Съществува трети минимум, в който попада точно физиката на нашия свят. В действителност трябва да напишем още и нашето скаларно поле, и ако запишем всичко заедно, ще се получат десетина такива минимума. В първо приближение всички те имат еднаква енергия и ние живеем в само един от тези минимума. И тогава възниква въпросът: а как ме попаднали в този минимум? А в най-ранната Вселена, когато температурата била висока, съществувал ето този минимум. И се появява проблем: как сме се промъкнали ние

тогава в ето този минимум, тъй като в ранната Вселена, според тази теория, която развивахме ние заедно с Давид Абрамович Киржниц, комуто хрумна идеята, че в ранната Вселена се възстановява симетрията между всички взаимодействия. И тогава ние би трябвало да се намираме тук. А как сме попаднали ето тук? Единственият начин за попадане тук е за сметка на квантовите флукутации, които се генерирани по време на инфлацията.

Но нали това скаларно поле също подскачало и също замръзвало. И то би могло да прескочи в този минимум, да прескочи в онзи, да прескочи обратно. След това, ако то е прескочило в един от тези минимума, частта от Вселената, в която ние сме попаднали в този минимум, тя започвала да става експоненциално голяма. И тази започвала да става експоненциално голяма, и тази... И Вселената се разбила на експоненциално голям брой части с експоненциално голям размер. Заедно с всички възможни типове физика във всяка от тях.

Какво означава това? Че, първо, може да има много скаларни полета. Второ, може да има много различни минимума. И след това, в зависимост от това, къде сме попаднали ние, Вселената би могла да се окаже разбита на големи, експоненциално големи области, всяка от които по своите свойства изглежда – локално – като огромна Вселена. Всяка от тях има огромни размери. Ако живеем в нея, ние няма да заем, че съществуват други части на Вселената. А, ефективно, законите на физиката там ще бъдат различни.

Тоест, в действителност физичният закон може да бъде един и същ, вие имате една и съща теория, но това е както водата, която може да бъде течна, твърда и газообразна. Но рибата може да живее само в течна вода. Ние можем да живеем само в ето този минимум. Затова и ние живеем тук. Не, че другите части на Вселената не съществуват, а защото ние можем да живеем само тук. Ето – възниква тази картина, която се нарича “многолика Вселена”, или “Multiverse”, вместо “Universe”.

Може да съществува един единен физичен закон, като един генетичен код за цялата Вселена. Възможно е обаче този закон на различни места да се проявява различно. Например на различни места водата може да бъде твърда, течна или газообразна. В теорията на елементарните частици проявлението на физичните закони зависи от скаларни полета и от свойствата на компактифицираните измерения на пространството, които определят свойствата на вакуума.

Квантовите флукутации по време на инфлацията могат да променят свойствата на вакуума в малка част от Вселената и след това да направят тази част експоненциално голяма.

Това е механизъм на космологични мутации.

Но къде е записан генетичният код на Вселената?

На друг език. Ние знаем, че свойствата ни се определят от генетичен код – код, който ни е завещан от родителите. Знаем също така, че съществуват мутации. Мутациите настъпват, когато се случи нещо странно. Под действие на космичните лъчи, на някаква химия – е, вие по-добре от мен знаете какво е необходимо, за да настъпи мутация. И знаем също, че цялото това огромно разнообразие от видове е било необходимо, за да има тези мутации. Така, по време на разширението на Вселената също имало мутации. Вашата Вселена, даже ако по начало се е намирала в един минимум, то след това започва да подскача от един минимум в друг и се разбивала на разни типове вселени. И ето този механизъм на квантовите флуктуации, които прехвърляли Вселената от едно място, от едно състояние в друго – можем да наречем механизъм на космичните мутации.



Ландшафт. Възникна такава терминология, защото тази терминология, тази картинка се оказа много важна в контекста на теорията на струните. Хората отдавна още говореха за теорията на струните като за лидера кандидат за теория на всички взаимодействия. На това място аз, за съжаление, “увисвам”. Макар и да съм един от съавторите на ето тази картинка, която е тук. Тоест, в течение на много години хората не знаеха как с помощта на теорията на струните да опишат нашето четиримерно пространство.

Работата е там, че е най-лесно да се формулира теорията на струните в десет мерно пространство. Но в десет мерното пространство шест от измеренията са излишни, трябва по някакъв начин да се отървем от тях. Идеята е те да бъдат по някакъв начин свити в малко клъбце, за да не ги вижда никой, така че никой да не може да тръгне по посока на тези шест измерения, а да виждаме само четирите големи измерения – трите пространствени едното – времево. И така ние бихме си се разхождаме в нашите три пространствени измерения и си бихме мислили, че Вселената е тримерна плюс времето, а в действителност, някъде в сърцето на Вселената се пази информация за това, че тя има пролетарски – десетмерен произход. И на нея ѝ се иска също да стане десетмерна. Ако в теорията на струните през цялото време се получавало, че тя иска да бъде десетмерна, а до последно време не знаеха как да я направят четиримерна, да я оставят нормална. Във всички варианти се получаваше, че това състояние е неустойчиво. През 2003 година в Станфорд Карчу, Рената Калощ, която също е от ФИАН, аз и още един човек от Индия – ние предложихме вариант на тази теория, в който може да се разбере защо шестмерното пространство не се разширява, а засяда, става стабилно. В действителност то не е такова... Между другото, в тази работа аз бях консултант по космология. Поради това моите познания за теорията на струните малко нараснаха, но не дотолкова, че да мога да коментирам това напълно грамотно. Полуграмотно обаче аз вече се научих да говоря...

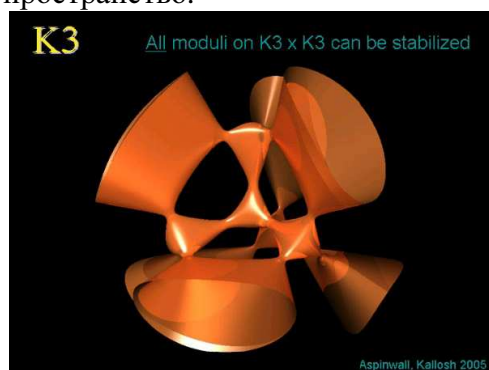
Какво е станало, значи? Станало е следното. Има ги тези шест измерения, но когато те се свивали до малък размер, те се свивали много хитро. Това шестмерно пространство притежава достатъчно хитра топология. Освен топологията, там има някакви брани, някакви потоци, които минават покрай цялата тази работа... За нас е важно следното: че Вселената е могла да се свие по огромно количество различни начини. С други думи, като добавка към онова скаларно поле, за което говорих, ма огромен брой начини да се направи нашият свят, т.е. да се свие този шестмерен свят по голям брой начини.



И ето какво се получава: ето тази картинка илюстрира как е устроено пространството на Калаби-Яу, това е един от вариантите на онова, което става в шестмерното пространство. Ще покажа още два варианта, може би тогава ще стане по-ясно за какво става дума. Хората се стараят някак си да изобразят шестмерно пространство и да пренесат рисунката на двумерна плоскост. Много е трудно да се направи това, те вземат различни сечения на тази повърхност, проекции и т.н. Каквото и да правят обаче, както и да го правят, ето какво се получава: че има повърхности, а има и огромно количество дупки в тях.



Ето още една картина, която илюстрира – разни хора опитват да направят това – илюстрира това надупчено пространство.



Ето още един вариант, който показва пространство от този тип с дупки, а също така показва, че всъщност то може да има различни свойства – понякога то е такова сингулярно, а понякога даже притежава скаларни полета, които описват размерите на свързките, които възникват. И ето, около самите тези неща могат да съществуват още потоци на полетата, които са там, всичко това е вътре в шестмерното пространство. И вариантите да се направи това са извънредно много.



По онова време – това беше през 1984 г. – Андрей Дмитриевич Сахаров, намирайки се още в Горки, написа статия, която съдържа много неща, част от които не беше ясно защо са написани, но едно място беше написано забележително. Той казваше, че ако нашата Вселена имаше много измерения, то тези измерения могат да бъдат свити до този тип, който сега виждаме, по огромно количество начини. И това огромно количество начини може да обясни защо плътността на енергията на вакуума сега е такава, каквато е. Защо? Защото тези вакууми са толкова много, че един от тях – случайно, има енергия на вакуума, която сега наблюдаваме, а ако ние живеехме малко по-нагоре, или малко по-надолу, то животът би бил невъзможен.

И ето тази идея днес се намира в основата на съвременното обяснение на това, защо космологичната константа сега е толкова малка. Но по онова време ние не знаехме как да направим това и да стабилизираме всички тези вакуумни състояния. А сега вече се научихме да го правим – и изяснихме, че има много начини за това.

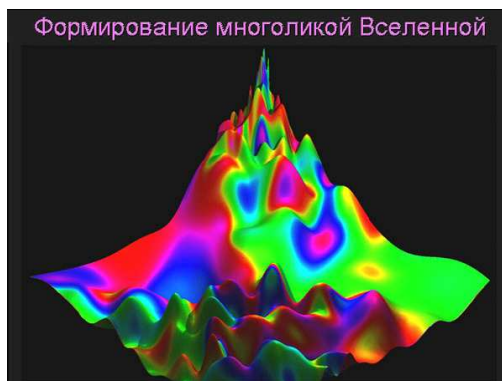
А това са тези картинки, с които илюстрираме тези възможности. Когато пристигнах в Станфорд за пръв път, аз се опитах да получа някакъв компютър, за да илюстрирам с него цялата тази работа, и... О, това бе драматична история! Защото ние пристигнахме там, аз на компютър въобще работя слабо, но един от синовете ми умее да прави това. И аз му казах: “Ей, Дима, може би ти можеш да ми помогнеш? Защото, ако се научим да показваме Вселената така красиво, може би ще ни дадат добър компютър, тогава с него ще работим добре.” Той каза: “Татко, хайде да пробваме.”. И ние започнахме да опитваме някъде в мазетата на Станфордския университет, правехме някакви опити с тази работа, научихме се да правим някои неща... А после аз започнах да звъня на местните компании и да казвам: “Ето, ако вие ни дадете вашия компютър, най-мощния, то ние, може би, ще можем да ви покажем Вселената в мащаби, които вие никога през живота си няма да видите с телескоп.”. Те казват: “О, колко интересно!” и никога повече не се обаждат. След това позвъних в още една компания, в още една... Нищо не ставаше.

След това обаче ми позвъниха от ВВС и казаха: “Искаме да вземем от вас интервю за тъмното вещество.”. А тъмното вещество... Мен тогава Вселената ме интересуваше, а не тъмното вещество. Аз им казвам: “Добре, ще ви дам интервю. Може би ще ви покажа още нещо, когато дойдете – след месец.”. И отново започнах да звъня на местните компании и да им казвам, че, знаете ли, ако вие ми дадете вашия най-мощен компютър, то след месец

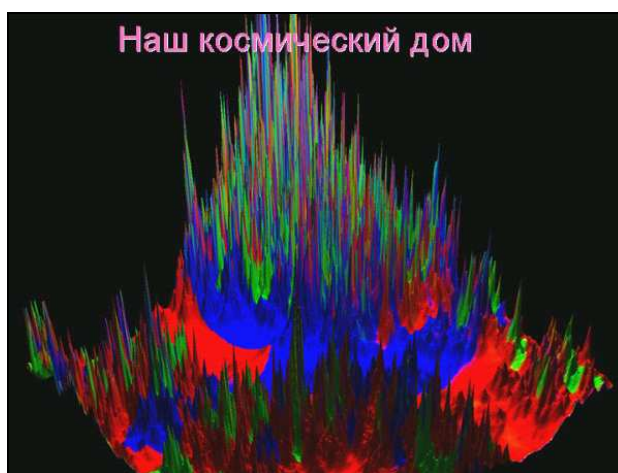
при мен идват от ВВС и аз ще им покажа на екрана на *вашия* компютър – на ВВС. Казаха: “Да, всичко това е много интересно.”, – но никой повече не ми позвъни. Последната компания, която ми позвъни с отказ, беше “Silicon Graphics”. И те ми казаха, че, за съжаление, ние окончателно разбрахме, че не можем да ви предоставим онзи компютър, който искате, но по това време аз вече бях обнаглял, беше ми все едно, и им казах: “Знаете ли какво? Вие проиграхте вашия шанс, защото тези хора идват при мен след седмица, и дори вие да ми дадете вашия най-могъщ компютър, все едно, аз не бих могъл да направя това, което искам, ето защо – довиждане.”. Те казаха: “Знаете ли, хайде ние утре да ви позвъним отново.”. На другия ден ми позвъниха и казаха: “Знаете ли, ние окончателно установихме, че такъв компютър, какъвто искате вие, ние нямаме, но не бихте ли разгледали възможността да пороботите на компютър, който е четири пъти по-могъщ?”. Аз казах: “Добре, ще разгледам тази възможност, а как да дойда за него? Мога да дойда с моята “Хонда”...”. А те казват: “Не, във вашата “Хонда” той няма да влезе.”. Е, тогава взех един университетски камион, влязох в него – никога не съм го управлявал – а той започна да прави “бип-бип”, когато го подкарах назад... И отпътувах аз в неизвестна посока на този голям самосвал, пристигнах в “Silicon Graphics”, те ме заведоха при един голям сандък, който лежеше на пода и започнаха да ми обясняват как да го включи и как да го изключи. Аз им казах: “Знаете ли, на мен това, общо казано, не ми стига. Не бихте ли могли да покажете това на моя син? Защото той ще работи на него, а той още не се е върнал от училище...”. Те ме погледнаха и казаха: “Млади човече, вие знаете ли, че този компютър струва 120 хиляди долара? Може би да отложим всичко това?”. Казах им: “Е, добре, аз ще го взема.”.

Взех го аз – как ми го дадоха, не знам – завързах го с мръсни въженца към бордовете на камиона... Докарахме го вкъщи, синът дойде, включи компютъра, започна да работи. След седмица...аз не разбирам как става това! – след седмица вече имахме всички тези картинки: Вселената святкаща, въртяща се... с помощта на “Silicon Graphics” можеше да се види, да се завърти по желание... Ние летяхме между тези пикове – това бе наслаждение! Дойдоха хората от ВВС, взеха интервюто, фотографираха ме до Станфордския университет, аз им разказах за тъмното вещество. А после казах: “Искате ли да видите нашата Вселена в мащаб, много по-голям от...?”. Казаха ми: “Знаете ли, това не ни интересува...”. Казах: “А чай искате ли?”. Те отговарят: “Чай искаме.”. Е, аз ги поканих вкъщи, нагостих ги с чай...и включих компютъра. “А какво е това?” И те започнаха да снимат тези картинки пряко от компютъра и продължиха да снимат дотогава, докато не закъснях за летището... Ето, така стана всичко това...

След седмица – на осмия ден – трябваше да върна този компютър в “Silicon Graphics”. И когато го върнах, на компютъра му стана нещо и всички тези изображения на Вселената изчезнаха. Вселената била създадена за седем дни, а на осмия – изчезнала... Те обаче успяха да запишат всичко това на магнитна лента. Показах всичко в Станфорд и те разбраха, че ние се отнасяме към работата сериозно. Купиха ни “Silicon Graphics”, чиято мощност бе четири пъти по-малка от мощността на онзи, на който получихме всички тези картинки.



А сега хайде до отидем малко по-нататък. Всички тези картинки, които показвам, бяха създадени преди почти седемнадесет години, а всичко продължава да бъде все така красиво. Значи, започнахме ние с червеното състояние. Това означава: ние седяхме в един от тези минимума, а по традиция аз рисувам моя начален минимум с червено състояние. Моят син се занимаваше с компютърните работи, а аз бях нещо като художник... Значи, започнахме с червеното състояние, след това всичко започва да флукутира. Ето това, което се рисува нагоре, това е плътността на енергията на Вселената. Това, че тук има цветове, ви показва, че ние можем да бъдем в червен минимум, в зелен минимум, в син минимум – и когато Вселената се раздува, става прескачане от едно състояние в друго. А ето тук плътността на енергията е по-голяма и всичко е стабилизирано. Скаларните полета лесно прескачат от едно състояние в друго. Все още законите на физиката се променят постоянно. А там, където ние сме близо до минимума, там те са повече или по-малко стационарни.



И ако продължим тази работа, то се получават картинки от този тип. Ето тук вече всичко е стационарно, в червения минимум. Ето тук всичко е стационарно – в синия минимум. Ето тук е близо до стационарност – в зеления. Тук плътността на енергията е огромна и затова там непрекъснато всичко продължава да прескача. Всеки от тези пикове всъщност представлява експоненциално голяма Вселена и всяка от тях си има своите физични закони, и всичко това продължава да се променя.

Ако живеем в червения минимум и желаем да се прехвърлим в синия, то по пътя ще се натъкнем на бариера. Това ще бъде стена с енергетически много висока стойност. Когато я доближим... а доближаването ще е трудно, защото разстоянието е десет на степен милион, така че трябва да живеем твърде дълго, за да я достигнем. След това, когато достигнем до тук, за да пресечем границата, трябва да имаме твърде много енергия. Но ако

въпреки всичко се засилим достатъчно и прескочим, то ние веднага ще умрем, тъй като частиците от нашия тип се разпадат, те не могат да съществуват и променят своите свойства във велена от друг тип. Затова, ето, има разни вселени, но да се възползваме от това може да се окаже не безопасно.



Ако отидем малко по-далеч, то ето илюстрация на това, как ние по онова време си представяхме устройството на Вселената. Ето – началото. Например, Голям взрив – това, което винаги сме си представяли като Голям взрив, като начало на целия свят – че Вселената започнала да се разширява и да става експоненциално голяма и локално хомогенна, т.е. локално се получавало това, което искаме. Ние обясняваме защо на разстоянията, на които днес можем да гледаме, всичко е еднакво, всичко навсякъде е едно и също като тук. Но от друга страна, същата тази теория – и в това се състои нейната ирония: ние обяснихме защо около нас всичко е така наред, но същата тази теория предсказва, че на свръх големи разстояния вселената има съвършено други свойства. Тук различните цветова показват различни типове физика в различните части на Вселената. Това възникване на мехури протича постоянно, то ще продължава вечно, Вселената никога няма да има край. В различните ѝ части възникват разни парчета Вселена, от различен тип. Ние се намираме някъде тук, или, може би, тук. Ние гледаме това парче, гледаме го и казваме: това е бил Големият взрив. А всъщност това е бил...е, изобщо, достатъчно голям взрив, порядъчен взрив, но – не *Големия* взрив. А имало ли е Голям взрив, ние в действителност не знаем. Вероятно, да. Може би, да.

Защо? Защото, ако тръгнем ето от тук и се опитаме да вървим назад, то винаги възниква място, където всяка от тези траектории преминава през сингулярност. Ето защо, все едно, трябва да мислим как се е родила цялата наша Вселена, ние от този въпрос не сме се отървали. Ние обаче го отхвърлихме достатъчно далеч в неопределеното минало, защото в действителност ние можем да живеем тук, но, може би, живеем на някое друго място. И ако вземем типична червена Вселена, то тя, изобщо казано, е безкрайно далече от самия този Голям взрив. Или там, много далече. И затова самият Голям взрив, може би някога и да се е случил, само че това, което виждаме днес – навярно, виждаме само ето тези негови... представители. И ето това представлява мутация на Вселената по време на нейната еволюция.

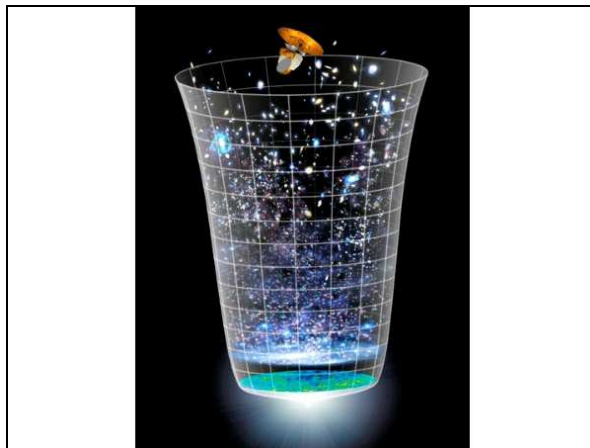
Ето, това е как рисувахме тази картинка в най-простите теории – тези, които бяха популярни по-рано.



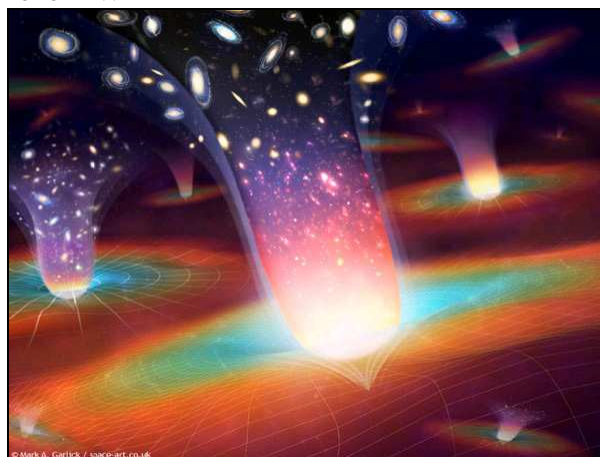
В теориите от типа на теорията на струните тази картина придобива малко по-други очертания. Ето такива плавни преходи и извивки, ето тази Вселена на Кандински – те бяха характеристики на теории, в които полето се смъква бавно, тук има такива полегати хълмчета... В струнните теории често се появява такъв ландшафт, че там минимумите са достатъчно стръмни и често са отделени един от друг с трудно проходим бариери. И тогава вие тунелирате и преминавате от едно състояние в друго, този преход става за сметка на раждането на мехури в друга фаза. И тези мехури се разширяват, всяка стена се движи със скоростта на светлината. Между мехурите се намира старото възбудено вакуумно състояние с огромна енергия.

Ето защо картината е такава. Възникват, например, два мехура. Всеки от тях се разширява много бързо, но Вселената между тях продължава да се раздува и затова разстоянието между тях става много голямо, те не се сблъскват. Възникват още – и се разширяват. Рядко някои от тях се сблъскват, но в средно – не се сблъскват. Понякога скаларното поле в тези мехури подскача назад. Тоест, ето – ние бяхме по-рано в червеното, и изведнъж от новите мехури то обратно подскочило в червено. Тази част от Вселената започнала отново експоненциално да се разширява, възникват експоненциално големи области – червени мехури.

В част от тези мехури няма никаква структура – не се е образувала. В част от мехурите е имало стадий на бавно смъкване на инфлацията, по време на който възниквали и замръзвали тези квантови флуктуации, там възниквала структура, там възниквали галактики, там ние можем да живеем. Тук свойствата са различни, трябва да се сравни. В част от Вселената ние можем да живеем, в друга част – не можем. И такива типове Вселена, такива цветове според теорията на струните, са някъде около десет на степен хиляда (10^{1000}). Всъщност, ние не знаем точно – десет на степен хиляда, или на степен сто (10^{100}) – хората продължават да пресмятат. Те понякога казват: е, изобщо казано, може би даже и безкраен брой различни възможности... Затова ние не знаем точно, знаем само, че има достатъчно много такива възможни състояния.



Това е картинката, която показва завъртната картина – това, което казвах преди – това може да се намери на страницата WMAP Satellite. Ето това е стадият на инфлацията, това са онези неща, които те фотографират – квантовите флуктуации, а това най-горе е самият венец на творението – WMAP.



И сега, това се илюстрира от художник, но който казват следното: че една вселена е ето такава, друга вселена – такава, има още други – би трябвало да се изстрелят много WMAP в различни части на Вселената. И интересното свойство на тази картина се състои в това, че по времето, когато става всичко това – тези процеси протичат неограничено дълго – възниква този кръг от събития неограничено много пъти, смятайте – безкраен брой пъти. Да разгледаме нашата част от Вселената. Тя е крайна – това, което ние сега виждаме, е крайно. В нея има 10^{87} елементарни частици, може би 10^{88} . Тези частици можем да разместваме ограничен брой начини. Както и да ги комбинираме в нашата част от Вселената, съществува ограничен брой комбинации.

На това обърна внимание Саша Виленкин, който сега живее в... Бостон. И ето, неотдавна излезе неговата книжка, хубава книжка, която също е посветена на многоликата Вселена, и твърдението е следното. Вие разполагате с безкраен брой парчета Вселена, а начините да организирате материята в тях, макар и да разполагате с 10 на хилядна степен, все едно, са ограничен брой, тъй като е ограничен броят на частиците. А това означава, че *задължително* някъде във Вселената има точно такава зала, запълнена с точно такива хора, аз по това време правя точно такъв доклад...аз го завършвам навреме...

След милиард милиарди години нашият вакуум ще се разпадне и нашата част от Вселената ще стане десетмерна или ще колапсира.

Но благодарение на самовъзстановяването на вселената Целият свят като цяло ще съществува вечно

И ето последната картинка, за която искам да кажа. Значи, какво става в тези много копия на една и съща Вселена? Вселената до нас се кани да се разпадне. Откъде знаем това? Е, всъщност, ни е известно не точно това, защото всички това е основано сега на нашите най-добри варианти на теорията, с която разполагаме. Ако ние просто знаехме това, което ни казаха експериментаторите през 1998 г. – това, че Вселената се разширява експоненциално – ако просто отчетем това, което научихме през 1998 г., това, че Вселената сега е навлязла в нов стадий на раздуване, само че ниско енергетичен – това е просто онова, с което аз сега започнах.

Ускореното разширение на Вселената е било по-рано, в началния стадий на Вселената, а сега започва ново раздуване. До какво ще доведе това? Това няма да засегне нашата Галактика. Стадият на раздуване на Вселената, който върви сега, е много бавен, веществото в нашата Галактика е така силно пристегнато от гравитацията, че макар някъде там галактиките да отлитат от нас, ние в нашата Галактика ще оцелеем. На нея, най-вероятно, в това време ще падне галактиката Андромеда, а всички останали галактики, ще отлетят от нас. Тях повече няма да ги видим. Интересно е свойството на теорията от този тип, теориите на ускоряващата се Вселена – тя напомня свойствата на черната дупка. Ето в какъв смисъл. Как, значи, е устроена черната дупка? Ако вие летите някъде там, около черната дупка, вие виждате, че тя е далече от вас, и нейните свойства асимптотично не се променят. Е, аз няма да говоря за това, че в нея пада вещество, нещо става край нея, тя свети, но не самата тя, а само за сметка на това, че веществото пада върху нея. А ето, идеалната черна дупка стои и не се променя.

След това вие решавате да разберете какво става с черната дупка. Самите вие обаче сте малко страхливи, освен това вие сте теоретик, а вашият приятел, експериментатор, иска да разбере какво става. Тогава вие казвате: “Е, тогава ти политай натам, после ще разкажеш.” Той лети натам, и когато пада в черната дупка, той пада там реално, но вие никога няма да видите, че пада там. Той като че ли прилепва постепенно към сферата на Шварцшилд, т.е. той ще се приближава до нея все по-близо, по-близо и по-близо, отначало ще ви изпраща сигнали и вие ще чувате как той ви говори отначало с нормален глас, след това заради ефекта на Доплер гласът му ще става все по-пресипнал, самият той ще става все по-червен, след това инфрачервен, след това в радиодиапазона... В резултат той ще прилепва и ще става все по-плосък. Той ще се разплесне върху черната дупка, като че ли ще стане по-тънък и ще се свърши, и повече няма да получите нищо от него. Това е начин да запазите спящата царкиня неприкосновена, тъй като за нея времето спира да тече. Единственото, което можете да направите, ако искате да я приблизите и целунете, е да полетите и да паднете там заедно с нея... Е, вероятно това е лош вариант...

Значи, защо говоря това? Ние сега се намираме в експоненциално разширяваща се Вселена. И всички нейни части, далечните от нас, всички галактики отлитат от нас. Точно така, както нашият приятел, който отлита към черната дупка, по същия начин всички тези части отлитат към някаква друга повърхност, която се нарича хоризонт на света на де Ситер за този сега ускоряващ се свят. И всички тези галактики ще прилепват към хоризонта, който се намира от нас на разстояние примерно тези самите $13,7$ – е, малко повече от това – милиарди светлинни години. И всички тези галактики ще залепнат на хоризонта и ще се стопят за нас, ще станат плоски, сигналът от тях ще престане да идва и ще остане само нашата Галактика. Енергийните ресурси на нашата Галактика постепенно ще привършат и това е нашата печална съдба...

И това мислеха хората, когато се занимаваха с такава проста теория, която казва: ето, ние наблюдавахме, всичко ще отлети от нас. Сега, когато разбрахме как да стабилизираме тези шест вътрешни измерения в теорията на струните, ние научихме също, че тази картина сама по себе си е невъзможна. Ние не успяхме да направим теорията на струните вариант на онази теория, в която можеше да се получи това състояние, в което ускореното състояние на Вселената да продължава вечно. Единственото, което можеше да се постигне – да се построи мета стабилно вакуумно състояние, в което *временно* Вселената ще се разширява експоненциално. Това мета стабилно състояние в края на краищата се разпада. Най-простите оценки в най-простите теории показват, че времето за разпадане може да бъде толкова голямо, колкото 10 на десета степен на степен 120 – години или секунди вече не е важно. Много време. Така, че ние няма да се разпаднем изведнъж.

Но, когато се разпаднем – как ще се разпаднем? – ще възникне мехурче с нова фаза. В това мехурче има два варианта. Първият вариант – вътре в него да има десетмерно пространство на Минковски. Ние не можем да живеем в десетмерно пространство. Това е казал Еренфест още през 1917 г., когато станали много и различни събития. Например, светът на де Ситер, решението за свят на де Ситер е получено през 1917 г. През 1917 г. Еранфаст обяснил защо Вселената е тримерна. Защото в четиримерен свят в петмерно пространство не могат да съществуват планетни системи. Според теорията на относителността, в двумерно, в едномерно пространство също не могат да съществуват планетни системи, там просто няма никакво гравитационно привличане между телата на големи разстояния. Само в тримерното пространство може да има планети, атомни системи, и затова, щом светът стане десетмерен, много съжалявам, но в този свят ние не можем да живеем... Значи, възниква такова мехурче, започва да се разширява, стените му се движат към нас със скоростта на светлината; в момента, когато видим стената му, в този момент ние ще престанем да виждаме каквото и да било. Така, че на никой повече няма да можем и да разкажем. Това е един вариант. Но все пак това ще бъде нормално стабилно празно състояние, свят на Минковски, но десетмерен. Ако там все пак има някой останал, той би могъл да се разхожда по девет различни направления. Вторият вариант се състои в това, че разпадът може да стане в т.нар. свят анти-де Ситер – това е свят, в който плътността на енергията на вакуума е отрицателна. Възниква мехурче, в което плътността на енергията на вакуума е отрицателно. Свят, който възниква по такъв начин... Математиците, които описват света на анти-де Ситер, обикновено говорят за безкрайно съществуващ свят анти-де Ситер. Но свят с отрицателна космологична константа, възникнал вътре в мехурчето, представлява вселена, която ще колапсира достатъчно бързо – просто всичко ще отиде в сингулярността. Ето защо пред нас са два невесели варианта. Първият вариант – че всички ние ще преминем в десетмерното пространство и там ще

умрем. Втори вариант – ние преминаваме в свят анти-де Ситер и колапсираме достатъчно бързо. Щастливи варианти никога не сме имали. В отворената Вселена Вселената става безкрайно празна и ние там замръзваме, умираме. В затворената Вселена ние всички умираме в пламъци. Ние няма защо да привикваме... Ние, вероятно, ще изчезнем – всеки от нас ще изчезне персонално – много по-рано, но все пак би било добре да помислим за бъдещето на Вселената като цяло. И ето го единственото късче, е...хубаво. Благодарение на това, че Вселената се възстановява сама, благодарение на това, че тя произвежда все нови и нови части на Вселената във всички възможни нейни комбинации, Вселената като цяло и животът като цяло никога няма да изчезне – според това, което мислим сега.

Доколкото тази теория преди 25 години не съществуваше, то трябва да се разбира, че към всичко, което аз тук говоря, трябва да се отнасяме с определено чувство за хумор. Но не към всичко, защото за част от него хора вече получиха Нобелови награди, а те не биха искали да се отнасяме с чувство за хумор към *тези* неща... Затова има неща, които ние знаем със сигурност. Навярно, нещо от типа на инфлацията е ставало. Навярно. Много малко вероятно е, че ще успеем да обясним всичко, което виждаме, без нея.

Що се отнася до цялата тази многолика Вселена... Имаме ли въобще някакви експериментални свидетелства за това, че става нещо подобно? Трябва да имаме предвид, че ние никога няма да видим онези части на Вселената, в които физиката е друга. Ако ги видим, то в този миг и ще умрем. Е, аз обясних: защото стената ще ни покрие, ще преминем в друг свят, след което никой няма да ни потърси... Затова прогнозите за експериментално откриване на части на Вселената с други свойства не са много големи. Имаме ли ние някакви експериментални свидетелства за това, че тези части съществуват? Но нали за да се отговори на този въпрос – а сега, както вече виждате, започва сезонът на въпросите и отговорите – аз задавам въпроси и аз отговарям...та ето, има въпрос, който на времето формулира Яков Борисович Зелдович. Въобще, приятно е да се помисли... Той беше гигант в науката, без когото нямаше да я има цялата картина. Та той каза следното: Има ли някакви свидетелства – експериментални свидетелства – за нестабилността на протона? Нестабилността на протона е част от теорията за великото обединение. Че действително няма абсолютна граница между лептоните и барионите, че тя е възникнала за сметка на това, че е възникнало някакво тежко скаларно поле, но по принцип протонът може да се разпадне. И хората направиха там пещера, и наляха в нея вода – вода, защото тя съдържа протони – поставиха детектори и започнаха да следят, няма ли да се разпадне протонът? Никой никакъв разпад не видя, но въпреки това хората вярваха, че тази теория е правилно. И ето, Зелдович, както казах, запита: има ли някакви експериментални свидетелства за разпада на протона? И обичаше веднага да отговори... Е, аз ще преформулирам малко неговия отговор в по-характерна форма, отколкото самият той казваше: “Да, има експериментални свидетелства за разпада на протона – това е фактът, че успоредните прави не се пресичат.”. Ето примерно такава реакция... “Що за глупост? Тук протон, а тук – успоредни прави...”.

А ето. Защо ни беше необходимо инфлационната Вселена? Трябваше да обясним защо успоредните прави не се пресичат. Единственият начин да обясним това е да създадем този стадий на инфлация, за сметка на който нашата Вселена става толкова огромна. Но същият този стадий на инфлация свежда до нула изходния излишък на протони над антипротоните. До работите на Сахаров от 1967 г. всички нормални хора вярваха, че във Вселената от самото ѝ начало е имало повече протони от антипротони. След работата на Сахаров от 1967 г. всички нормално хора, с изключение на Сахаров, продължаваха да вярват в това. Положението се промени примерно в 1976–79 г., след като

се появи теорията на великото обединение и хората започнаха да се отнасят към подобни възможности по-сериозно, изясниха, че да, наистина може да се образува излишък на вещество над антивещество, като се започне от Вселена, в която всички е симетрично и няма излишък на протони над антипротони. Та ето, за да стане това, би трябвало барионното число да не се запазва. А ако барионното число не се запазва, то нищо не пречи на протона да се разпадне. Та верижката от разсъждения е такава: ако искате да обясните защо успоредните прави не се пресичат, трябва да имате инфлация. Ако имате инфлация, то старото обяснение за това, че имаме вещество, а не антивещество, при което се приемаше, че положението е такова от самото начало, вече не работи. Защото даже ако поначало е имало само вещество, след инфлацията него вече го няма, трябва да бъде създадено. Единственият начин да го създадете се основава на възможността барионите да не се запазват, да не се запазва барионното число. По такъв начин свидетелството за не запазване на барионното число – това е фактът, че успоредните прави не се пресичат, а единственото обяснение за това е инфлацията... Ясно ли е, да? Това е общата логика...

Това е парадоксален начин за задаване на въпроси и за отговаряне на тях. Много въпроси, които се опитваше да реши инфлацията – тях дълго време никой не ги смяташе сериозни. Сега, когато говорим за тази “мулти-Вселена”, откъде знаем, че тази картина има смисъл, освен от това, че тя по естествен начин изниква в теории от този тип? В теорията на струните, в теорията за инфлацията... Има ли експериментално свидетелство? Ами погледнете: масата на електрона е 2000 пъти по-малка от масата на протона. Защо? Масата на протона е примерно 100 пъти по-малка от масата на W -бозона. Защо е така? Масата на протона и масата на неутрона са приблизително еднакви – на дай си Боже да нарушим този баланс. Ако променим масата на електрона два пъти, живот от нашия тип ще стане невъзможен. Ако изменим енергията на вакуума 100 пъти, животът от нашия тип ще стане невъзможен. Ако изменим, разсъгласуваме едва-едва съотношението между масите на протона и на неутрона, животът от нашия тип ще стане невъзможен. Изглежда така, като че ли нашата Вселена е направена специално за нас – и това ние наричаме антропен принцип. И нито един уважаващ себе си физик никога в течение на дълго време не разглеждаше сериозно подобни въпроси. До известно време, т.е. за цялата история на Съветския съюз, аз знам само един човек, който в Съветския съюз се занимаваше с антропния принцип – Йосиф Леонидович Розентал. И ходех на неговите доклади така, от вежливост, и слушах какво говори, и разбирах, че то е нелепо. А после, когато възникна инфлацията, се изясни, че може да се направи това. А защо е нелепо? Защото никой не ни е дал много вселени. Дадена ни е една Вселена и толкова. Ето, ти живееш в нея и не задавай много въпроси.

Изясни се, че инфлационната космология дава възможност да се създадат различни типове вселени. И тогава в една от тях електроните са може би по-тежки, и електромагнитната константа на връзката, може би, е по-голяма – това, с което аз отидох на онзи научен съвет, който ме утвърждаваше за старши научен сътрудник и ме утвърди. Та ето, оказва се възможно да се обсъжда въпросът за това, в каква Вселена живеем ние: ние живеем в такава Вселена, в която *можем да живеем*, а те са 10^{1000} вида, и в една от тях съществуват електрони такива, каквито са необходими, протони – каквито са необходими... Тоест, за това, ние да можем да задаваме тези въпроси, за това, да не казваме, че някой е създал Вселената специално за наше удобство, за това, да избягваме да отговаряме такъв отговор на този въпрос, тогава трябва да кажем, че сме имали много възможности за избор. И ето тази Вселена, този вариант на теория, в който съществуват много възможности, той позволява да отговорим на въпроси от този вид. Тоест, това е

експериментално свидетелство – космологичната константа, енергията на вакуума е нищожно малка. Единственият познат за сега начин да обясним този факт – това е да предположим, че тази теория за многоликата Вселена е вярна.

Най-добре е с това да завърша, а по-нататък въпросите да задавате вие. Благодаря!