

**Човекът, който направи “Големия взрив” “Голям”:  
Алън Гут за инфлацията<sup>1</sup>  
Д. Каstellвеки**

Преди 32 години, през нощта на 6. декември, 1973 г., Алън Гут получи едно “вълнуващо прозрение”, което скоро преобърна космологията с главата надолу. Той си представя едно стряскащо въображението кратко събитие, протекло в самото начало на Големия взрив, по време на което цялата Вселена се разширява експоненциално, преминавайки от микроскопични към космически размери. Тази нощ се ражда понятието **космическа инфлация**.

Такъв експлозивен растеж, по предположение предизвикан от някаква мистериозна сила на отблъскване, би могъл да реши с един удар няколко от проблемите, които тормозят младата тогава теория за Големия взрив. Той би обяснил защо пространството е почти плоско (“проблема за плоскостта”) и защо разпределението на енергията в ранната Вселена е толкова равномерно, въпреки че не е имало достатъчно време, за да се изгладят нехомогенностите (“проблема за хоризонта”), както и да реши загадката от физиката на частиците: защо изглежда, че не съществуват магнитни монополи, или, с други думи, защо никой не може да изолира полюсите “N” и “S” така, както можем да разделим положителните от отрицателните електрични заряди (теорията предполага, че магнитните монополи би трябвало да бъдат нещо обикновено).

Фактически, както сам той описва в книгата си *Инфлационната Вселена*, по онова време Гут е специалист по физика на частиците (вършейки всекидневната си работа в Станфордския център с линеен ускорител и упорито търсейки постоянна работа) и идеята му хрумнала докато се мъчел да реши проблема с монополите. Двадесет и пет години по-късно, през 2004 г. аз разпитвах Гут – тогава вече редовен професор в Масачузетския технологичен институт и водеща фигура в космологията, какво мисли за последиците и как те се съчетават с откриването на тъмната енергия и с настоящите идеи, следващи от струнната теория.

За да отпразнуваме “деня на инфлацията”, публикувам взетото тогава интервю в леко редактиран вид.

**Двадесет и пет години Космическа инфлация:  
интервю с Алън Гут**

**Дейвид Каstellвеки: Какво е космология?**

**Алън Гут:** Космологията изучава историята и структурата на Вселената в голям мащаб, а моето собствено ъгълче в космологията е много ранната Вселена – първата малка част от секундата в историята на Вселената.

**Д.К.: Как е възможно хората да разберат Вселената чрез изучаване на нейното съдържание?**

А.Г.: Ние разполагаме с определен брой късчета информация, които можем да съединим и да опитаме да ги използваме като основа за изграждане на теории. Това са например наблюденията върху разпределенията на галактиките във видимата част на Вселената, както и движенията на галактиките. Сега са много важни и наблюденията на фоновото космическо лъчение – лъчението, за което вярваме, че представлява зарево от избухването на самия Голям взрив. Днес ние разполагаме с изключително точните измервания както на спектъра на това лъчение, така и на малките промени в интензитета по неговата карта. Лъчението е почти идеално еднородно. Във всички небесни посоки наблюдаваният интензитет е един и същ с точност до 1:100 000. Въпреки това, наблю-

<sup>1</sup> Превод със съкращения от страницата на Scientific American от 06.12.2011 г. Интервюто е взето преди 7 години, но фактът, че такова реномирано списание го публикува отново, показва, че има какво да се научи от него. (Още повече, че българският читател едва ли познава публикацията от 2004 г.) (Бел. прев.)

дават се нищожни разлики между различните посоки. Тази схема на промените на интензитета е тясно свързана с две неща: с теориите за тяхното възникване – където се вмъква и инфлацията, и също – с теориите за пресмятане как от тези нищожни промени се формира структурата на Вселената. Друга важна съставна част в наблюдателната основа на космологията са количествата на химичните елементи, които откриваме във Вселената. Те се измерват от спектралните характеристики на газовите облаци и звездите, и може да бъдат сравнявани с теориите за това, как се формират химичните елементи през първите няколко минути от историята на Вселената. Удивително е, че резултатите от пресмятанията съвпадат много, много добре с количествените разпределения на най-леките елементи.

**Д.К.: Когато за пръв път Ви хрумна идеята за инфлацията, очаквахте ли, че тя ще се окаже толкова влиятелна?**

А.Г.: Предполагам, че отговорът е отрицателен. Но с течение на времето осъзнах, че тя представлява удобно решение на проблема с монополите и на проблема за плоскостта на пространството. Аз се развълнувах много от факта, че ако тя е правилна, ще доведе до много важна промяна в космологията. Но по онова време, ако идеята и да изглеждаше голяма, това бе само в главата ми. След това последва един постепенен процес на утвърждаване на вярата в нейната правота.

**Д.К.: Какво е положението 25 години по-късно?**

А.Г.: Бих казал, че инфлацията е обикновен работен модел в космологията. Трябва да се получат още много данни, тъй като наистина е много трудно инфлацията да се потвърди в детайли. Истината е, че тя не е една подробна теория, тя представлява клас от теории. Сигурното е, че ние все още не знаем подробностите за инфлацията. Мисля, че е много убедителна правилността на основния механизъм на инфлацията. Но не мисля, че хората с необходимост го разглеждат като доказан.

**Д.К.: Наскоро писахте, че “случаят с инфлацията е покоряващ”, което звучи в известна степен като предпазливо заявление.**

А.Г.: Със сигурност тя не е така добре потвърдена, както теорията на Големия взрив. Но предполагам, ще ми бъде трудно да повярвам, че биха могли да съществуват каквито и да е алтернативи за решаването на основните проблеми, които решава инфлацията – например проблемите за хоризонта и за плоскостта.

**Д.К.: Имате ли свой любим вариант на инфлация измежду многото, които са предложени?**

А.Г.: Всъщност не, с изключение на това, че според мен космологията върви към описание на нещата в термините на струнната теория. Съществува известен брой опити за описание на инфлацията в този контекст. Мисля, че там е бъдещето.

**Д.К.: Тоест, Вие мислите, че в края на краищата струнната теория ще се окаже вярна?**

А.Г.: Да, вярвам. Мисля, че тя може да се промени много в сравнение с това, което представлява понастоящем, но определено като теория тя има какво още да даде.

**Д.К.: какво представлява струнната теория за сега – физика, или математическо фантазиране?**

А.Г.: Аз я разглеждам като физика. За сега тя със сигурност е спекулативна физика – за нещастие тя работи в режим, в който няма възможност за пряка експериментална проверка. Въпреки това съществуват тестове за съгласуваност. Ако целта на струнната теория е да изгради квантова теория, съвместима с общата теория на относителността, това е много силно ограничение, а за сега струнната теория е единствената, която изглежда е убедила мнозина, че тя удовлетворява това изискване. Просто от гледна точка на обществото, физиците–теоретици търсят последователна квантова теория на грави-

тацията от поне 50 години, и сега за сега има само една теория, която е придобила преобладаващо влияние – струнната теория.

**Д.К.: Наистина ли струнната теория е станала основно направление във физиката?**

А.Г.: Да. Бих казал, че в наши дни теоретиците, занимаващи се с физика на частиците, не могат да не се съобразяват със струнната теория.

**Д.К.: Като говорим за обществото, във Вашата книга описвате първите си опити в качеството на млад теоретик, занимаващ се с физика на частиците, да запознаете космолозите с идеята за инфлацията и как комуникацията с тях пропада, тъй като хората използват различен език. Сега положението по-различно ли е?**

А.Г.: Мисля, че що се касае до физиката на частиците и космологията, положението се подобри изключително много. Мисля, че почти всеки космолог владее свободно речниците на двете области, и всеки осъзнава, че има силна връзка между тези две области. Същевременно сега, с откриването на тъмната енергия, има важни заключения в обратна посока.

**Д.К.: Дали тъмната енергия е по-важна за физиката на частиците, отколкото тъмната материя?**

А.Г.: Бих казал да. Не съм сигурен, че всички ще се съгласят с това – зависи от гледната точка. Мисля, че тъмната материя е по-важна за следващия етап от експериментите във физиката на частиците – да се надяваме на суперсиметрията и може би на други интересни неща, които бихме открили. От друга страна, съществува най-малкото известна вероятност тъмната енергия да се окаже енергия на вакуума, така че изглежда тя ни казва нещо за фундаменталната структура на физичния закон, което е голяма изненада. За теоретиците, занимаващи се с физика на частиците, търсенето на енергията на вакуума е основен проблем още от създаването на квантовата теория на полето през 30-те години на XX век. От квантовата теория на полето знаем, че вакуумът не е просто състояние: той представлява много сложно състояние, в което съществуват всички видове квантови флуктуации. И въобще няма причина, поради която енергията на вакуума да се окаже нула или малка величина. Всъщност, никой не знае как да пресметне енергията на вакуума, но ако учените, занимаващи се с физика на частиците, трябва да я оценят, естественият отговор би бил нещо по мащаб приблизително 120 порядъка по-голямо, отколкото експерименталното ограничение. Това винаги е било голяма мистерия, но до идването на тъмната енергия се вярваше, че истинското число е нула – заради определена симетрия, която ние не разбираме съвсем, едно точно унищожаване на положителните и на отрицателните приноси. Ако тъмната енергия представлява енергия на вакуума, сега трябва симетрията да я направи почти нула, а след това някакво малко нарушение на симетрията да я направи малко число, което не е нула. И всичко става много сложно и странно. Никой няма и най-малка представа как би могло да стане това. Освен това съществува възможността вакуумната енергия да не се определя въобще от фундаменталните физични закони, като вместо това се определя антропно, като се използва идеята за многократни вселени<sup>2</sup>. В контекста на струнната теория е напълно възможно да съществуват множество подобни на вакуум състояния и всяко от тях да бъде достатъчно стабилно, за да може да осигури съществуването на една вселена. А тази, в която се оказва, че се намираме ние, е резултат от случаен избор. Можем да си представим, че Вселената ще се раздува вечно посредством всички различни възможни вакууми на струнната теория, с безкрайни количества създавани от вакуума пространства от всеки тип – евентуално.

**Д.К.: Това ли представлява т.нар. идея за пейзажа в струнната теория?**

<sup>2</sup> Използваме този термин вместо английския мултивърс (multiverse). (Бел.прев.)

А.Г.: Да, това е модното название. Ако то е вярно, би означавало, че в повечето области на пространството космологичната константа  $e$  огромна, но има и рядко срещани области, в които космологичната константа е много малка. Живот обаче може да възникне само, ако космологичната константа е много малка. Ето защо не е изненадващо, че ние се оказваме жители на една от тези области. Подобна на тази идея преди пет години би била абсолютна анатема за физиците, занимаващи се с частици. Тя и все още е анатема за някои, но сега хората обръщат много по-голямо внимание на тази идея.

**Д.К.: Това свързва ли идеята за вечната инфлация с множествените вселени, издуващи се като мехури от първичния вакуум?**

А.Г.: Да, тук се обединяват две идеи. Едната идва от струнната теория и се състои в това, че съществува огромен брой от възможни вакуумни състояния. А другата е идеята за вечната инфлация, според която веднъж започнала, инфлацията никога не спира и тя изследва всички възможни вакууми.

**Д.К.: Наскоро космологът от Станфордския университет Андрей Линде, който също има плодотворни приноси към инфлационната теория, се сработи със специалисти по струнната теория в опит да съгласуват двете теории.**

А.Г.: Да. Аз разглеждам това като най-интересен подход. Голям привърженик съм на тази работа, макар че не съм измежду авторите. Струва ми се, че това е стартовата позиция към онова, което ще се превърне в твърдо обвързване на инфлацията в контекста на теорията на струните. Преди това никой нямаше каквато и да е идея за това, как в рамките на струнната теория да се опише състояние, което би имало положителна космологична константа.

**Д.К.: Предполага ли съществуването на тъмната енергия положителна връзка между състоянието на “фалшив вакуум”, който поражда инфлацията, и състоянието на “истинския вакуум” на космологичната константа?**

А.Г.: По принцип – да, макар че вакуумните състояния в струнната теория са по принцип много сложни състояния, с много степени на свобода, които ги описват. Сигурното е, че състоянието, което управлява инфлацията на ранния етап от нашата Вселена е имало голяма, положителна космологична константа. Накрая те ще бъдат описвани с езика на теорията на струните и ще бъдат много подобни. Съществуват обаче и много значителни различия. Това са преди всичко много различни енергийни мащаби. Ето защо мисля, че дали има или няма тясна връзка, или далечна връзка, донякъде е въпрос на гледна точка.

**Д.К.: би ли могло тогава да се окаже, че има два различни вида “отблъскващата гравитация” – една, която е действала по време на инфлацията, и друга, която действа сега?**

А.Г.: Това, в което аз вярвам и което представлява шаблонната вяра е, че отблъскващата гравитация всъщност е ефект на самата обща теория на относителността – и действително самият Айнщайн я използва през 1917 г., когато въвежда космологичната константа и опитва да я използва за обяснение как е възможно Вселената да бъде статична при наличие на обикновената гравитация, която се стреми да събере всички тела, и на отблъскващата гравитация – космологичната константа, която отблъсква всичко. По такъв начин общата теория на относителността поначало включва възможността за наличие на отблъскваща гравитация. Отблъскващата гравитация се поражда от отрицателни налягания. Това е особеност на космологичната константа и също на състоянията на скаларните полета, доминирани от тяхната потенциална енергия, което представлява и начина, по който действа обикновената инфлация. Със сигурност най-приемливото обяснение за разширението днес и за инфлацията в ранната Вселена е, че Вселената съдържа вещества, които притежават отрицателни налягания. На това равнище на описание механизмът е един и същ – тъй като това е единственият познат ни механизъм. Но

какво представляват веществата, пораждащи отрицателни налягания, вече е въпрос от по-друго равнище. Мисля, че всъщност ние не знаем колко тясно са свързани истинското състояние, което управлява инфлацията в ранната Вселена, и състоянието на Вселената днес с тази бавна инфлация, чиято причина смятаме тъмната енергия.

**Д.К.: Би ли могло някога да се осъществи експеримент във физиката на частиците, с който да изучим тъмната енергия?**

А.Г.: Аз не виждам как тъмната енергия би могла да окаже влияние на, или да бъде повлияна от експериментите във физиката на частиците в предвидимото бъдеще. Тя със сигурност е много съществена за астрофизичните наблюдения. Едно важно нещо, което бихме желали да узнаем, е дали плътността на енергията е или не е константна във времето, както би трябвало да бъде, ако тя е космологична константа. Или тя би могла да се променя с времето – във всеки случай нашето най-добро обяснение би било, че енергията е бавно променящо се скаларно поле, което изпълва пространството. Това обикновено се нарича квинтесенция. Съществува известна надежда на този въпрос да може да се отговори чрез по-подробни астрономични наблюдения. И най-доброто средство да разберем това е все още далечната свръхнова, с експериментите като SNAP (предложената космическа обсерватория Supernova Acceleration Probe).

**Д.К.: Дали тъмната енергия не е много важна за експерименталната физика на частиците поради отворения въпрос в нейните теоретични основи, т.е. предсказанието, че вакуумът на квантовата теория на полето трябва да произвежда много по-голяма отблъскваща сила?**

А.Г.: Да, от гледна точка на усилията да разберем основите на теоретичната физика на частиците, аз мисля, че е много важно. В частност, изглежда то предполага, че няма физичен принцип, който определя какво представлява вакуумът на струнната теория. Може би просто всички възможни вакууми се реализират на всички възможни места. Е, аз наистина се надявам, че случаят няма да се окаже такъв, защото предпочитам да си мисля, че физиката има по-голяма предсказателна сила от това. Но несъмнено това е посоката, в която сочи тъмната енергия, и може да се окаже, че това е върнатата посока.

**Д.К.: Във всеки случай, едно по-добро разбиране на тъмната енергия би ли хвърлило светлина върху инфлационната космология?**

А.Г.: Да, така мисля. Ако се окаже, че единственото обяснение за тъмната енергия е идеята за пейзажа, т.е. ако искаме да разберем как действа инфлацията, ние трябва да я разберем в контекста на пейзажа от теорията на струните.

**Д.К.: Инфлацията предсказва, че Вселената е пространствено плоска, факт, който е в съгласие с нашите най-добри космологични наблюдения, в частност – на космическия микровълнов фон. Отхвърля ли инфлацията възможността Вселената да бъде пространствено затворена – това, което математиците наричат топологично компактна? Преди да се говори за инфлация и за тъмна енергия съществуваха представа, че една плоска Вселена ще се разширява вечно, докато една, която е затворена, би реколапсирала обратно.**

А.Г.: Не напълно. Твърдението, че Вселената е плоска, е само едно приближение. Инфлацията води Вселената към плоскост – фактически, ако се осъществи достатъчно инфлация, това би я довело невероятно близо до състоянието да бъде плоска. Но вие все още можете да си представите една Вселена, която започва като затворена, а в края да бъде огромна, но все още затворена. Тя би изглеждала плоска, защото радиусът на кривината ѝ би бил огромен. От друга страна, всичко става много по-сложно, след като си представим, че ние говорим за пространство-време, а не просто за пространство. А инфлацията усложнява силно пространствено-временевата структура, като в някои области тя продължава, а в други спира. Като си представим този вид усложнения, които могат да се развиват, мисля, че истинското заключение е, че думите отворен и затворен всъщ-

ност не може да се използват повече. В много голям мащаб всъщност Вселената не е нито едното, нито другото.

**Д.К.: Поправете ме, ако греша: Тъй като началото на инфлацията е много локално явление, Вселената, към която прилагаме нашите физични закони изглежда няма интересна топология, тъй като е възникнала от една локална флукуация.**

А.Г.: Вярно е. В мащаби, много по-големи от тези, които можем да наблюдаваме, може да съществува интересна топология. Но инфлацията предполага, че в мащабите, които можем да наблюдаваме, топологията би била локална  $R^3$  (тримерно евклидово пространство). Това обаче не е спряло космолозите да разглеждат и други възможности. Една от аномалиите, с които се занимават хората сега е наблюдаваните от WMAP (апаратът Wilkinson Microwave Anisotropy Probe на NASA) много малки стойности на  $L$  – малката кратност. Онези флукуации са значително по-малки от очакваното в различни инфлационни модели. Това би могло да бъде просто късмет, но хората предлагат и други възможности, като една вселена, която е периодична в пространството с период, който е от порядъка на настоящото разстояние до хоризонта. За сега обаче хората не са намерили нещо по тази линия, което е в съгласие с наблюдателните данни.

**Д.К.: Миналата есен математикът Джефри Уиикс и група физици публикуваха в *Nature* една спорна статия. В нея изследват данните от WMAP и твърдят, че те разкриват пример за “къща с огледала”, и заключават, че Вселената е пространствено крайна и с топологията на додекаедърно пространство на Поанкаре. (В медиите това бе описано като т.нар. “Вселена – футболна топка”; Уиикс и съавторите му описват своя метод за проверка дали Вселената е пространствено крайна в априлската книжка на *Scientific American* за 1999 г.) Ако тези факти се потвърдят, това би ли представлявало проблем за инфлацията?**

А.Г.: Да, мисля, че би било много трудно да бъдат примирени с инфлацията.

**Д.К.: Почти всички космолози и астрономи, с които съм говорил, изглежда мислят, че следващият голям пробив в изследването на инфлацията би дошъл от намирането следи от първичните гравитационни вълни в поляризацията на космическото фоново лъчение. В частност, ако бъде открита т.нар. наречената  $B$ -мода, тя би предоставила информация за първите мигове на Вселената и следователно – и за механизма на инфлацията. (Вж. статията “Ехо от Големия взрив” от Робърт Колдуел и Марк Камиионковски в януарския брой на *Scientific American* от 2001 г.)**

А.Г.: Да, това е много интересно.  $B$ -модата, ако съществува, би била знак, че сме открили ефекта от гравитационните вълни, а не просто пертурбации на плътността. Гравитационните вълни биха ни предоставили средство за разбиране енергийните мащаби, в които се развива инфлацията. Една от големите неопределености в широк клас инфлационни теории се състои в това, че инфлацията може да се е случила във всяка от извънредно широк обхват области възможни енергии. Видът на физиката, върху която искате да разсъждавате, да разберете как се е случило, зависи много силно от това. Ето защо би било много важно да получим някаква информация от наблюденията.

**Д.К.: Ще Ви бъде ли интересно да видите как се развиват нещата?**

А.Г.: Разбира се. Още от времето на COBE (Cosmic Background Explorer на НАСА, чиито резултати спечелиха на учените Нобелова награда за физика през 2006 г.) то си е невероятно интересно. В началото, когато се появи идеята за инфлацията, когато аз и малък брой други учени опитвахме да пресметнем нехомогенностите на плътността, които биха били породени от инфлационните модели, аз всъщност мислех, че никой няма да може да измери тези неща. Представях си, че ние пресмятаме нещата просто така, за забавление. Ето защо бях донякъде шокиран, когато хората от COBE направиха първите измервания на нехомогенностите във фоновото космично лъчение. А сега те ги измерват с такава висока точност, че е направо фантастично.

**Д.К.: И това би могло да се случи отново – експерименти, които днес разглеждаме като невъзможни, да се окажат реални?**

А.Г.: Да, изглежда, че сега това се случва почти ежегодно.