

Тъмна енергия¹ Р. Крийзе

Откритието

Историята на откритието на ускоряващата се Вселена започва през 1987 г., когато физиците от Националната лаборатория Лорънс в Беркли и в Университета на Калифорния в Беркли започват работа по проекта SCP (Supernova Cosmology Project) за търсене на определени далечни избухващи звезди, известни като свръхнови от тип Ia. Те се надяват да използват тези звезди за пресмятане, между другото, на темпото на забавяне на разширяването на Вселената. Това забавяне бе очаквано поради отсъствието на това, което Айнщайн нарича космологична константа – една антигравитационна сила, Λ , която отблъсква телата. Много хора мислят, че Ω_M , което представлява наблюдаваното количество материя във Вселената като част от критичната плътност, е достатъчно да забави, ако не и евентуално да спре разширението на Вселената.

Начело на изследователската група застава Сол Перлмутер, който в дисертацията си за получаване на PhD е работил върху роботизирани методи за търсене на близки свръхнови. Между колегите му е и Джерсън Голдхабер, друг физик, запознат подробно с техниките за получаване на образи във физиката на частиците. Откриването на ефирните свръхнови, които се появяват неочаквано и след няколко седмици избледняват, е изключително трудно. Всъщност, горе-долу по същото време изследователи в Дания, ръководени от Ханс Ньоргаард–Нилсен, отделят две години за интензивно търсене на далечни свръхнови от тип Ia, но успяват да намерят само една, 1988и. Нещо повече, тя вече е преминала с няколко седмици критичния максимум на своя блясък, който се използва за калибриране на свръхновите, така че не може да се използва за желания вид измерване. Независимо от тях, колективът на SCP, който тогава наброява по-малко от половин дузина, разработва известен брой нови експериментални подходи, за да посрещне предизвикателството и да продължи работата по проекта си. Те използват широкоъгълна камера, която позволява за една нощ да се наблюдават хиляди далечни галактики.

За разлика от датските изследователи, колективът на SCP търси свръхнови по метода “двукратна визита”, който включва получаване на изображение на една и съща област от небето два пъти между две новолуния. По план второто наблюдение трябва да разкрие група от кандидати за ярки свръхнови, които не присъстват в първото наблюдение; след това учените планират следващите детайлни наблюдения на свръхновите с помощта на други телескопи. Те въвеждат също така и още новости. Например, докато астрономите обикновено използват логаритмична скала за блясъка, в SCP използват в статистиките си действителните единици за поток и енергия. Колективът измисля също така усъвършенстван метод за “К-корекции” при свръхновите, в който се използват различни филтри за регистриране на червено- и синьо-отместена светлина. Този метод понякога е използван за изучаване на галактики, но сега вече е възприет от всички колективи, изучаващи свръхнови.

В ожесточено конкурираща се свят на астрономите членовете на групата SCP, като относително новодошли, първоначално имат проблеми за осигуряване на наблюдателно време на претоварените основни телескопи като този в чилийската обсерватория Серо Тололо. На колектива са необходими няколко години за борба с пристъпите на лошо време и съпротивата на програмните комитети да отпускат време на телескопа за една още непроверена техника. За следващите спектроскопични измервания учените

¹ Превод от декемврийския брой на Physics World от 2007 г. Въпреки, че статията е писана преди четири години, съдържанието ѝ стана особено актуално след присъждането на Нобеловите награди за 2011 г., защото разкрива детайли от ожесточеното съревнование между две групи, в което се ражда откритието. (Бел. прев.)

търсят и получават помощ от астрономи с вече одобрени програми. През 1992 г. учениците от SCP най-накрая откриват една свръхнова – 1992bi – най-далечната, откривана до тогава, и публикуват статия. Тя се превръща в първата публикация за далечна свръхнова, която е регистрирана достатъчно рано, за да се измери нейният максимален блясък. Обаче – не веднага. Нейният рецензент, харвардският астрофизик Робърт Киршнер, решил, че е открил принципни грешки в статията. Между другите възражения, той не е съгласен с подхода на авторите от SCP за третиране на праха. (Заради праха свръхновите изглеждат по-бледи и следователно – по-далечни, отколкото са в действителност, като по този начин може да се изкривят космологичните изводи.) Статията на SCP-групата не е публикувана чак до 1995 г. (*Astrophys. J.* **440** L41), когато най-сетне убеждават един втори, добре известен старши рецензент, Алън Сандедж, че тяхната техника, включително новия, а сега стандартен начин за третиране на К-корекциите, са заслужаващи доверие и той признава, че колективът може да не се безпокои за праха.

До 1995 г. SCP-групата представя редовно кандидати за свръхнови, открива и измерва седем, и демонстрира удобството и ефективността на подхода си. Брайан Шмид, един бивш студент на Киршнер, обръща внимание, преценява правилно трудностите, които има SCP-групата с праха и се сеща за по-добри начини за процедиране. Той събира няколко други астрономи и те образуват друга група, наречена High-Z Supernova Search Team (група за търсене на свръхнови с голямо Z^2). Шмид казва, че продължаващите безпокойства, свързани със спорния въпрос за праха, повече от всичко друго водят до формирането на High-Z-групата. Той пише също, че групата решава да използва неговата “вещина в разбирането и измерването на свръхновите като негово предимство при конкуренцията”, особено по отношение на сложния въпрос за праха. Други водещи членове в групата са Николас Сунцев, който тогава е в Серо Тололо, Киршнер и неговият бивш студент Адам Рийс, който в дисертацията си изследва междувъзвездния прах. Алекс Филипченко, един световноизвестен специалист по спектрален анализ на свръхнови, бързо напуска колектива на SCP и се присъединява към групата на High-Z. Астрономите от последната бързо си осигуряват време на телескопа в Серо Тололо. Въпреки това, High-Z-групата все още изостава и Киршнер дори се съмнява дали не е твърде късно да се състезават с изследователите от SCP. Неговите съперници не се колебаят. Както отбелязва Голдхабер, “Небето е достатъчно голямо.”

Групата SCP изпраща статия, описваща техните техники и данните за първата група от седем свръхнови (1997 *Astrophys. J.* **483** 565). Тъй като примерите са малко, интервалът на грешките е твърде голям. Данните сочат като стойност за Ω_M във Вселената 0,88. Това е мъчително близо до господстващия тогава, относително прост теоретичен модел, в който $\Omega_M = 1$, което означава, че Вселената е на ръба на предстоящ колапс. Учените знаят, че пътят към окончателния отговор включва набиране на повече статистика, и отбелязват в статията си, че са измервани и други 18 свръхнови. “Анализът на нашата следваща поредица от свръхнови с голямо червено отместване ще тества и подобри тези резултати.” – заключава статията.

Групата SCP скоро включва по-голям брой свръхнови и техният анализ, включително 1997ap, най-далечната свръхнова, регистрирана за тогава. Тъй като 1997ap бе толкова далечна и чисто измерена от космичния телескоп Хъбл, тя силно повлия на анализа. Когато групата SCP я включи в една статия, публикувана през януари 1988 (*Nature* **391** 51), данните показаха стойност за Ω_M , по-ниска от 0,88. Както отбелязва един съпътстващ коментар в този том на *Nature*, ако стандартната инфлационна теория за началото на Вселената е вярна, такава стойност предполага съществуването на кос-

² Z е мярка за червеното отместване в спектъра на един астрономически обект, т.е. – мярка за разстоянието до него. Определението “звезда с голямо Z ” е друг начин да се каже, че става дума за много далечна звезда. (Бел. прев.)

мологична константа. На 7. октомври 1997 г., седмица след като групата SCP изпраща статията си в *Nature*, групата High-Z независимо от тях изпраща своята първа статия, водещ автор в която е Петер Гарнавич. Тази статия, която е публикувана през февруари, 1998 г. в *Astrophysical Journal*(493 L53), също дава ниска стойност за Ω_M .

Две съвсем различни групи, групи с различни стилове и традиции, търсят далечни свръхнови, и – нещо повече, темпото на забавяне на Вселената. Всяка група работи трескаво, осъзнавайки присъствието на другата; понякога те даже използват време на телескопа една след друга. И тъй като общността на учените, интересувани се от свръхнови е малка и тясно преплетена, взаимодействията между двете групи са неизбежни. Шмид казва: “ние споделяхме помежду си добрите идеи.”. Групата High-Z помага на SCP чрез размяна на наблюдателно време по време на криза за такова, а групата SCP помага на High-Z за измерване на спектрите в периодите, когато времето е лошо, и осигурява пресмятане на К-корекциите преди публикация. Всъщност, няколко публикации от онова време включват като автори членове на двете групи. Като отправна точка и двете групи използват ценната база данни за свръхнови от типа малко-Z, компилирана от група чилийски и американски астрономи, известна като групата Калан/Голлоло, всички членове на която (включително Сунцев) от тогава се включват в групата High-Z. Междувременно, няколко члена на предишната датска група се включват в групата SCP.

Тъкмо тогава започват неяснотите.

Съобщаване на новината

Есента на 1997 г. групата SCP завършва статистиката си, откривайки 40 далечни свръхнови. Членовете на групата работят непрекъснато върху различните етапи на анализа. Правейки начален преглед на изводите за космологията, в тетрадката си Голдхабер чертае графика на величината на свръхновите в зависимост от тяхното червено отместване, т.е. това, което е известно като диаграма на Хъбл. Той забелязва – както и другите от групата са започнали да подозират – че данните сочат отрицателна стойност за плътността на веществото, Ω_M . Този резултат е абсурден и единственият начин да му се придаде смисъл е да се въведе космологична константа – една насочена навън сила на отблъскване. Това от своя страна означава, че разширението на Вселената се ускорява.

Въпреки че данните на групата SCP от статията в *Nature*, която по това време е под печат, съдържат указания за наличие на космологична константа при сценарий за една инфлационна Вселена, сегашните данни дават доказателство за наличие на космологична константа независимо от това дали живеем или не живеем в една инфлационна Вселена. Това указание, което отхвърля интерпретацията от тяхната предходна статия, подчертава загрижеността относно факта, че статията на групата на SCP съдържа твърде много интерпретации, основаващи се на малък брой примери.

Междувременно, в групата High-Z Шмид ръководи усилията за търсене и откриване на свръхнови, като сега Рийс е водещ при калибриране и анализ на данните. Лабораторният дневник на Рийс от есента на 1997 г. показва, че той също вижда знаци за космическо ускорение във вид на отрицателна маса, и членовете на групата High-Z също съставят предварителна диаграма на Хъбл, съдържаща обекти в областта на ускоряването. В публичните представяния обаче групата остава агностична, отговаряйки “Ние не знаем!” на въпроса дали Вселената се ускорява или забавя. След това се разгръща поредица от събития, чието значение все още е предмет на горещи дебати от страна на някои членове на двете групи.

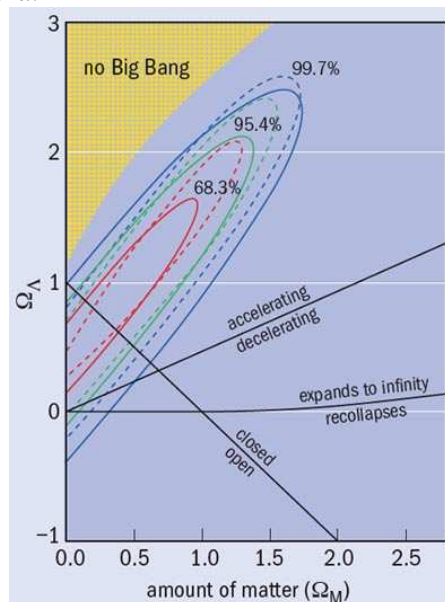
На 24 септември 1997 г. Голдхабер показва пред групата SCP своята предварителна диаграма на Хъбл. Скептични, но възбудени, колегите му започват кръстосан

разпит относно подробностите. Перлмутер и Голдхабер излагат на семинар текущите си резултати. На 8. януари 1998 г. на срещата на Американското астрономическо дружество (AAS) във Вашингтон, DC, групата на SCP прави своето първо голямо представяне на своите данни пред научната общност. Групата прави доклад, дава пресконференция и показва постер.

Постерът (поставен онлайн след няколко месеца на адрес www.supernova.lbl.gov и на 30. декември 1998 г. – на сървъра за препринти *arXiv.org*) обсъжда техниките и съвкупността от данни. Той включва диаграмата на Хъбл, както и графика на Ω_M в зависимост от Ω_Λ (плътността на енергията на космологичната константа), която има лесно видна форма, показваща ясно доказателство за космологична константа. При най-лошия сценарий диаграмата все още допуска възможност за отсъствие на космологична константа само в една малка опашка, в особения случай на Вселена със силно изкривено пространство и много малка маса. Според постера трябва да се отбележи, “че сигурните области не включват “стандартният модел” на инфлационна Вселена без космологична константа”. Той също така предупреждава, че “пунктираната линия на областта на сигурност на дясната диаграма показва предварителната ни оценка за систематичната неопределеност... по-нататъшният анализ трябва да ограничи тази неопределеност”.

Съобщението за пресата на групата, озаглавено “Далечните избухващи звезди предсказват съдбата на Вселената”, е фокусирано върху откритието, че Вселената няма да колапсира. На пресконференцията един теоретик е запитан да обясни на журналистите какво представлява космологичната константа и защо е толкова важна. Малка част от тях разбраха посланието. Един от тях бе Джеймс Гланц от списание *Science*, който написа статия, озаглавена “Избухващите звезди свидетелстват за универсална сила на отблъскване”. Друг бе Чарлз Петит, чиято водеща статия на следващия ден в *San Francisco Chronicle* бе озаглавена “Учените наблюдават усилване на космическото разширение”, и чиито материал “Няколко звездни и общовалидни истини” в *US News & World Report* няколко дни по-късно съдържа съобщение за това, че астрономите са съобщили за “ускорено разширяване” на Вселената.

“Щом това бе очевидно за мен, то е очевидно за всеки космолог.”, ми каза Петит. “Аз бях много учуден, че това не стана по-голяма сензация.” Други кореспонденти обаче не осъзнаха това, което осъзна Петит, и съобщиха само, че Вселената ще се разширява безкрайно. Представянето на систематичната неопределеност може би бе уплашило кореспондентите, че крайният отговор може би все още не е получен. Както Гланц цитира Перлмутер: “[Той] предупреди, че групата все още прави поправки за възможното намаляване на светлината заради праха и, че заключенията все още може да се променят.”.



Между другото, Шмид и Рийс говорят за техните предварителни резултати. Те завършват анализа си на 8. януари 1998 г., ден след срещата на AAS и нямат време да направят съобщение, като не знаят какво се готвят да кажат от SCP. Няколко дни след срещата, всички изследователи от High-Z-групата започват да обсъждат техните данни. Рийс, който на 10. януари 1998 г. прави сватба и анализира данните по време на меде-

ния си месец, два дни по-късно пише в имейл до останалите си колеги “данните изискват ненулева космологична константа! Погледнете тези данни не със сърцата или главите си, а със своите очи”, добавяйки, че “резултатите са много изненадващи, дори шокиращи”.

Съзнавайки, че участват в състезание, групата High-Zteam пази заключенията си в очакване на официално съобщение – опасявайки се, както казва Рийс, да не извикат преждевременно “Вълк!”. В своя имейл Рийс се шегува: “хората на LBL³ дебнат наоколо” и настоява колегите му “да работят внимателно и ефективно, и тогава може би костенурката ще хване заека”.

Високият дух на групата High-Z почива отчасти на самосъзнанието за способността им да се справят с поправките за праха – дисертацията на Рийс от 1996 г. в тази област е спечелила награда, както и на подозренията, че групата SCP все още няма адекватна стратегия за справяне с проблема. Освен това групата все още разполага само с по-малка база данни за свръхнови, която да анализира: 10 напълно анализирани и четири само “фотографии” на свръхнови (едната – с по-слаби данни), плюс две от публикувани преди това от SCP работи, включително 1997ар (въпреки че в следващите публикации не бе идентифицирана като такава).

На 18. февруари на конференцията за тъмната енергия в Калифорния Голдхабер и Перлмутер обсъждат изводите на SCP–групата. Те са последвани от Филипенко, който напуска тази група няколко години преди това. Филипенко съобщава заключението на High-Z–групата, че Вселената се разширява с увеличаваща се скорост.

Костенурката (High-Z) наистина хваща заека (SCP), що се отнася до публикациите. По-малко от месец след това, High-Z–групата изпраща в *Astronomical Journal* подробна статия за своите 16 свръхнови (10 анализирани напълно, четири “фотографирани” и две от свръхновите на SCP). Статията е озаглавена безапелационно “Наблюдателни доказателства от свръхнови за ускорено разширяване на Вселената и за космологична константа”. Статията е рецензирана, качена онлайн през май и публикувана през септември 1998 г. (A. G. Riess *et al.* *Astron. J.* **116**1009). На SCP е необходимо повече време за завършване анализа на нейните 42 свръхнови и изпраща статия за публикуване на 8. септември 1998 г. Следвайки физичната традиция да се дават безстрастни заглавия на статии, които съдържат драматически открития, те я озаглавяват “Измервания на омега и на ламбда от 42 свръхнови с голямо червено отместване”. Тя е публикувана онлайн през декември 1998 г. и публикувана през юни 1999 (S. Perlmutter *et al.* *Astrophys. J.* **517** 565).

Признанието

Комбинацията от доказателства за наличие на космологична константа, получени от две групи, убеди по-голямата част от научната общност със скорост, която е забележителна за такова драматично и неочаквано ново откритие. През март 1998 г. във Фермилаб членовете на двете групи представят заключенията си, като в края присъстващите са приканени да вдигнат ръка, ако вярват, че съществува космологична константа. В огромното си мнозинство те потвърждават. През декември 1998 г. списание *Science* избира работата за откритие на годината. През 2001 г. едно (методологически спорно) изследване, проведено в Принстънския университет от Ричард Гот и колегите му (*Astron. J.* **549** 1), подчертава, че достоверността на подобен род изненадващи резултати силно зависи от наличието на достатъчна статистика и твърди, че данните на групата SCP отговарят на това изискване. Всяка от двете статии за откритието – и тази на

³ LBL - Lawrence Berkeley Laboratory – предишното название на Lawrence Berkeley National Laboratory. (Бел. прев.)

Рийс и др. от 1998 г., и другата на Перлмутер и др. от 1999 г. до днес⁴ са получили над 3000 цитирания.

Две години след откритието други опити елиминират възможността, спомената в постера на SCP-групата от януари 1998 г., за комбинацията от изненадващо изкривено пространство, малка маса и заговор от отклонения, които биха могли да оставят отворена възможността за отсъствие на космологична константа: опити, свързани с реликтовото микровълново лъчение показват, че пространството не е плътно закривено, докато измерванията на галактичните купове показват, че масата на Вселената не е малка.

Оттогава насам работата получава редица престижни награди. Перлмутер печели през 2002 г. наградата на Е. О. Лоурънс, през 2005 г. – наградата Фелтринели, а през 2006 г. споделя с Рийс и Шмид наградата Шоу. През 2003 г. наградата Уорнър и през 2004 г. наградата Саклър са присъдени на Рийс, докато наградата Падуа за 2005 г. е поделена между Перлмутер и Шмид. По една четвърт от Космологичната награда Грубер за 2007 г., възлизаща на \$ 500 000, е присъдена на Перлмутер и на Шмид, а останалите две четвърти – на другите членове на двете групи⁵.

Оттогава насам ръководителите на двете групи – SCP и High-Z – работят заедно дружелюбно и спокойно. Перлмутер и Шмид публикуват обща обзорна статия през 2003 г. (arXiv:astro-ph/0303428v1), а Перлмутер и Рийс правят същото през 1999 г. При получаване на наградата на Грубер, Перлмутер и Шмид произнасят една забавна съвместна реч, редувайки изреченията си с всеки слайд и предавайки си лазерната показка напред–назад, като на състезание. Междувременно, членове на групата High-Z започват да претендират за приоритет въз основа на датите на окончателните публикации. В книгата си *The Extravagant Universe* Киршнер пише, че High-Z-групата се възползва от несигурността на SCP-групата относно космологичната константа, но заядливо озаглавява две от главите на книгата “Да разбереш първи” и “Да разбереш правилно”. От тогава ръководителите и основните членове на колективите – включително Голдхабер, Киршнер и Перлмутер – разменят писма и имейли, спорейки за хронологията и значението на няколко от събитията.

Критичната точка

Според известната приказка, законите са като саламите, тъй като колкото по-малко знаете как се правят, толкова повече уважавате продукта. И понякога човек се изкушава да каже същото и за научните открития. Приказката обаче е по-остроумна, отколкото вярна. Зависи какво очаквате; тези, които наистина разбират човешкото творчество, нямат затруднения да схванат идеята, че един обективен ефект може да изникне от една объркана човешка практика.

Науката възниква от много по-изобилни, по-неопределени и по-дълбоки основания, отколкото предполагат учебническите изложения. Съревнованието не е единственият път към откритието, но историите за състезания, подобни на описаното, показват неясните черти на този процес – по отношение природата на откритието, известието за него и престижа – по начин, по който останалите истории не го правят. Те внушават, че на пръв поглед незначителни детайли, такива като кой кога, какво и кому е казал нещо, могат силно до повлияят на отделните учени и на колективите как да провеждат изследванията, да правят открития и да обявяват и публикуват резултатите. Историите за съревнованията могат да покажат, по-нататък, че не винаги е ясно дали дадено откритие трябва да се свърже с датата, когато определена статия е изпратена за публикуване, с датата на първото публично съобщение, или когато е публично съобщено в пълно-

⁴ Ясно е, че авторът има предвид годината на публикацията (2007). (Бел. прев.)

⁵ Разбира се, връх на този “дъжд” от награди е присъждането на двете групи на Нобеловата награда по физика за 2011 г. (Бел. прев.)

та и без каквито и да е възражения. Трябва ли за дата на откритието да се смята денят, в който е направено първото ясно представяне пред научната общност, или когато е докладвано на среща на тясна група специалисти? Или едно откритие следва да се свързва с деня, когато първото доказателство за него се появи в нечий лабораторен дневник?

Подобни истории подсказват също така за неяснотите в природата на съобщенията, които се различават в зависимост от това, дали човек говори пред колега, пред по-широка научна общност или пред медия. Кой печели съревнованието – този, който предлага доказателство за заключението и възможните възражения, или онзи, който не допуска съмнения? Тези истории внушават също, че може да се окаже трудно да се присъди заслуга, когато групите взаимодействат.

Тази история също така разобличава представата за едно научно откритие като нещо, което се появява изведнъж, с яснота и пълнота, които позволяват да бъде съобщено със завършеност и сигурност, като нещо извънредно романтично и всъщност вече остаряло. Откритията, които се раждат бавно от статистиката, не са подходящи за гръмки заглавия, но е възможно да се окажат на гребена на вълната в бъдеще.

Когато и ако Нобеловата награда бъде присъдена за това удивително откритие, Нобеловият комитет ще бъде принуден да вземе соломоново решение как да разпредели наградата, така че да бъде споделена най-много от трима учени от двете групи. Тъй като голяма част от малката общност на астрофизиците, занимаващи се със свръхнови, помага на едната или на другата група – или и на двете – повечето членове на групите биха били щастливи, ако признанието се разпредели. Финалът на тази драматична история за едно ожесточено съревнование може да бъде престижът да отиде при двете групи – фактически, към цялата общност от учени, занимаващи се със свръхнови.