

Дейвид Линдли

ИЛЮЗОРНАТА ВСЕЛЕНА
Как фундаменталната физика
изгуби пътя си

София, 2020

Преводът е направен по изданието:

David Lindley

THE DREAM UNIVERSE

How Fundamental Physics Lost Its Way

Copyright © 2020 by David Lindley

All rights reserved.

This translation published by arrangement with Doubleday, an imprint of The Knopf Doubleday Group, a division of Penguin Random House, LLC.

© Издателство „Изток-Запад“, 2020

Всички права запазени. Нито една част от тази книга не може да бъде размножавана или предавана по какъвто и да било начин без изричното писмено съгласие на издателство „Изток-Запад“.

© Елена Филипова, превод, 2020

© Деница Трифонова, оформление на корицата, 2020

ISBN 978-619-01-0695-1 (мека)

ISBN 978-619-01-0715-6 (твърда)

ДЕЙВИД ЛИНДЛИ

И ЛЮЗОРНАТА
ВСЕЛЕНА

КАК ФУНДАМЕНТАЛНАТА ФИЗИКА
ИЗГУБИ ПЪТЯ СИ

Превод от английски
Елена Филипова



В памет на Гуен Линдли (1924–2011)

Съдържание

Прегovor..... 7

Част I

КАК Е ЗАПОЧНАЛА НАУКАТА?

1	Галилео изобретява науката	13
2	Коперник не изобретява напълно астрономията.....	23
3	Онази старовремска философия.....	35
4	Свещената Римска империя отвърща на удара.....	44
5	Как науката използва математиката?	59

Част II

КЛАСИЧЕСКАТА НАУКА ВЛАСТВА ВСЕСИЛНА

6	Овластяване на движението.....	69
7	Езикът на математиката	81
8	Границите на прагматизма.....	92

Част III

**ФУНДАМЕНТАЛНАТА ФИЗИКА
ПОЕМА ПО СВОЙ СОБСТВЕН ПЪТ**

9	Дирак изобретява антиматерията.....	111
10	Енигматичният въпрос на Уигнър.....	119
11	Цялата тази безполезна красота?.....	130
12	Наука или инженерство?	142

Част IV

НАУКА ИЛИ ФИЛОСОФИЯ?

13	Последните проблеми.....	155
14	Вселената от байтове.....	170
15	Само математика ли е всичко?.....	180
16	Илюзорната вселена.....	190

	Благодарности.....	211
	Бележки	213
	Библиография.....	219
	За автора	223

Прегovor

Преди близо трийсет години аз издадох първата си книга, „Краят на физиката“ (*The End of Physics: The Myth of Unified Theory*). На вас несъмнено ви е известно, че физика все още се прави в изобилие. Но моят фокус в „Краят на физиката“ беше по-конкретен. Аз разглеждах фундаменталната физика, дисциплината, която се занимава с природата на материята на нейното най-първично ниво, с произхода на силите, свързващи материята, и с образуването на самата Вселена. По онова време, в началото на 90-те години на ХХ в., много учени бяха силно запалени по възможността да бъде създадена „теория на всичко“ – една съгласувана интелектуална рамка, която да обхваща цялата фундаментална физика в един спретнат и удовлетворителен пакет. Идеята на моята книга беше да заявя, че тази амбиция е заблудена, защото подобна теория никога не би могла да бъде адекватно проверена. Никакви телескопи или ускорители на частици, казвах аз, никога няма да са достатъчно мощни, за да видят най-фините вътрешни подробности на различните предложени теории на всичко, така че връзката между онова, което теориите казваха, и онова, което можехме действително да наблюдаваме и проверим, представляваше в най-добрия случай дълга и несигурна верига от умозаклучения.

Бях сложил на книгата си подзаглавието „Митът за обединена теория“. Под „мит“ имах предвид, че ако физиците приемеха дадена теория на всичко за единствената истинна теория, то нямаше да е, защото са могли да докажат правотата ѝ. А защото колективно щяха да са решили, че тя върши достатъчно добра работа, че е най-доброто, което разумно може да се постигне. Но аз бях скептичен, че дори тази по-скромна амбиция би могла да бъде осъществена – невъзможно е да си представи човек теоретичните физици като общност да стигнат някога до заключението, че са направили всичко, което

изобщо са могли, че са им свършили въпросите за задаване и че е време да спуснат кепенците и да се захванат с боулинг на трева.

В едно отношение онова, което казах в „Краят на физиката“, се оказа правилно. Самата фраза „теория на всичко“ се чува рядко в наши дни, а когато това става, то е предимно с тон на многозначителна ирония. Теоретиците, които продължават да размишляват върху фундаменталните въпроси относно нашата вселена, до голяма степен са прегърнали една много различна, но също толкова грандиозна идея – идеята за Мултивселената, всеобхватната концепция, според която съществуват всевъзможни вселени, някак си паралелно, че нашата вселена е една от многото (и вероятно нищо особено на всичкото отгоре) и че онова, което се брой за фундаментална физика, ще се различава съществено във всяка една вселена.

Несъмнено беше голямо изхвърляне да се смята, че физиката би могла някога да обясни и последната точка и запетайка в устройството и съдържанието на нашата вселена, но сега търсенето като че отиде в обратната крайност. Според хипотезата за Мултивселената отговорът на кажи-речи всеки въпрос за това как и защо нашата вселена изглежда по начина, по който изглежда, е, че няма отговор. В нашата вселена нещата изглеждат така, но в някоя друга може да изглеждат иначе. Това си е явно падение в сравнение с неударжените надежди отпреди само няколко десетилетия.

И то поставя предизвикателния въпрос: Какво точно се опитват да постигнат специалистите по фундаментална физика днес? Ако техните теории нямат конкретна обяснителна сила, що се отнася до нашата вселена в частност, то на какъв по-голям въпрос, ако изобщо на някакъв, се опитват да отговорят те? Тази нова книга, „Илюзорната вселена“, е моето изследване по този въпрос и то стига до някои заключения, които малцина физици, работещи по фундаментални и космологични въпроси, ще се радват да чуят.

Когато пишех „Краят на физиката“, току-що бях изплувал от моето собствено професионално потапяне в изследванията, след като бях работил в Кеймбриджкия университет, а после във „Фермилаб“, върху връзките между физиката на частиците и космологията. Когато напуснах академичните изследвания и реших да пиша за науката, вместо да я практикувам, се запалих по историята на науката. Оттогава насам съм написал редица книги с отявлено историческа перспектива. Моето изследване на научното минало

вече е направило пълен кръг и ме е довело обратно до старата ми тема – състоянието на съвременната авангардна фундаментална физика. Четенето и писането за историята ме научи нещо, което почти не ми е минавало през ума, докато съм практикувал наука – а именно, че идеята как трябва да изглежда една добра научна теория, не е изсечена в камък като някаква древна божа заповед. Тя е по-скоро нещо, което съществува в научната атмосфера на своето време; тя е здравият разум на своята епоха, неизреченият идеал, който учените приемат за даденост, но не мислят много за него. И все пак тя се променя дълбоко от една епоха до следващата.

Затова реших да започна „Илюзорната вселена“ с историята на Галилео Галилей, който е положил основите на съвременната наука, доказвайки, че прозорливото съчетание на наблюдение и разсъждение може да разкрие как действа природният свят. Галилео, както всеки знае, е бил осъден от църквата заради еретичните си възгледи, но в първата част от тази книга аз задълбавам в изследване на истинския източник на църковната съпротива, който не е бил на първо място теологически, а по-скоро философски, идващ още от древногръцката мисъл. В хода на това разглеждам приноса на гърците към науката – те са били заплениени от разума и логиката, без съмнение, и са ценели високо теоремите на геометрията, но в голямата си част или са отминавали, или определено са презирали типа знание, достижимо чрез внимателно вглеждане в света, в който са живеели. Измерено по съвременните стандарти, онова, което гърците са приемали за разбиране на Вселената като цяло, е било форма на идеалистическа философия, много различна от начина, по който ние днес схващаме научната физика и космологията. Едва след като разкъсал хватката на тази древна ортодоксия, Галилео е бил в състояние да мисли по разпознаваемо съвременен начин. В частност, той е използвал математиката по нов начин – не като източник на основополагащи истини за света, а като инструмент за работа с истините, които наблюдението и експериментът са доставяли.

В тази идея навлизам по-подробно във втората част на книгата, която разглежда как учените от класическата епоха – горе-долу до края на XIX в. – са прилагали все по-сложни математически конструкции, но винаги са мислели за тях като за средства за разбирането на света, а не като за съдник или източник на основополагаща истина.

Тази нагласа е започнала да се променя в зората на XX в., когато физиците се заели да изследват един свят на фундаментални явления, все по-отдалечени от непосредствения опит. В третата част на книгата разглеждам възхода на физиката на частиците и съвременната космология и излагам тезата, че макар силата на математиката да е била от съществено значение за постигането на дълбоко теоретично разбиране, тя също така е разширила пропастта между теорията и наблюдението и понякога е отклонявала от пътя учените, които са имали твърде много вяра в онова, което им казва математиката.

Тези аргументи съставляват последната част на книгата, където правя оценка на някои от най-крайните тенденции във фундаменталната физика и задавам въпроса дали занимаващите се с тази дисциплина могат наистина да бъдат разглеждани като учени в стария Галилеев смисъл. Фундаменталната физика се е развила до някакъв вариант на философия – силно математизирана форма на философия несъмнено, но споделяща с другите области на философско изследване безкрайната способност да задава дълбоки въпроси и впечатляващата неспособност някога да им отговори.

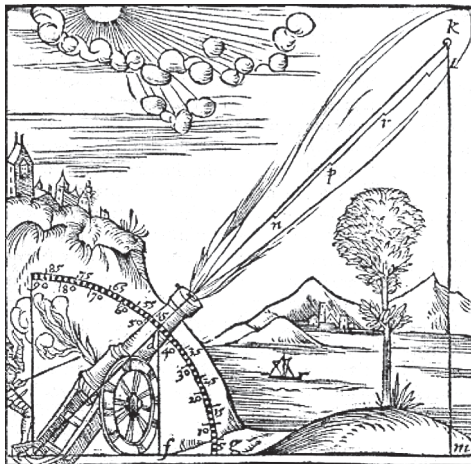
Част I

КАК Е ЗАПОЧНАЛА НАУКАТА?

Онова, което разбираме днес под научен метод на изследване, е възникнало по времето на Ренесанса в Европа, а човекът, най-силно свързан с неговото зараждане, е Галилео Галилей. Историята често е разказвана опростенчески, като история за един свободомислещ първопроходец, разбунтувал се срещу задушавашата ортодоксия на католическата църква, но това не изчерпва нещата. По въпросите на астрономията и математиката църковната ортодоксия не е била особено християнска, а е имала корените си в определени течения на древногръцката философия. На онези древни философи често се приписва заслугата за най-ранните догадки на научната мисъл, но това е преувеличение. В своите възгледи за естеството на Вселената древните гърци развили своя собствена ортодоксия и именно разбивайки тези ограничения, Галилео открил пътя към съвременната наука.

Галилео изобретява науката

Един учебник със задачи по геометрия, издаден през 1561 г., включва анализ на това колко далеч би стигнало гуле в зависимост от ъгъла, под който е изстреляно във въздуха. Обсъждането е придружено от пленителна илюстрация. Тя показва гуле, което излита от дулото на оръдие по идеално права линия, а после, след като е достигнало максималната си височина, пада право надолу към земята.¹ Отношението между ъгъла на изстрелване, височината и изминатото разстояние е представено като упражнение по елементарна тригонометрия – задача, която всеки средношколец днес би сметнал за проста и ясна, но тема сравнително нова за кандидатите за инженери, земемери и военни плановици през XVI в.



Онова, което изглежда чудато за нашия съвременен поглед, не е използването на тригонометрия, а триъгълният път на гюлето. Траекторията в стария учебник е пример за аристотелската догма.

Древните били озадачени от движението. То като че имало две разновидности. Горе в небето Слънцето и Луната, планетите и звездите следвали своите предсказуеми траектории с неизменно постоянство. Боговете, както изглеждало, били задвижили небесата и всичко небесно продължавало да се движи завинаги по един и същи път, без допълнителна помощ. Небесното движение било вечно.

Долу на земята работата била друга. Камък, ритнат на земята, се търкаля известно време, а после спира. Можете да бутате количка по някакъв път, но ако не продължавате да бутате, тя бързо ще спре. Животните и хората могат да се движат насам-натам, но те трябва да се напрягат, за да го правят. За земните обекти, решил Аристотел, естественото състояние на нещата е да бъдат не в движение, а в покой. Движението се случва само когато нещо го накара да се случи.

Само дето и това не било съвсем вярно. Пуснете камък и той пада на земята. Количката ще се спусне по нанадолнището без чужда помощ. Това е така, защото, според Аристотел, всички материални обекти са привлечани от центъра на Земята, който в действителност е центърът на Вселената. Движението надолу е естествен резултат от тази склонност. (Безтегловните неща, като пламъците, са привлечани вместо това от небесата и затова отиват нагоре.)

Но това създава друг проблем. Какво става, когато подхвърлите камък във въздуха? Той отива нагоре и после слиза надолу. Всеки може да го види. Но според Аристотел движението се случва само когато нещо го кара да се случи. След като камъкът е напуснал веднъж ръката ви, той продължава да се издига. Нещо трябва все още да го бутат, но какво? Това било истинска загадка, за която никоой не намирал много добър отговор. Най-убедителното, макар и по общо признание, неясно решение, било, че когато подхвърлите камък във въздуха, действието на ръката ви има също и последицата, че някак си запалителният въздух непосредствено около камъка; този въздух се надига зад камъка, бутайки го нагоре за известно време, докато

се разплете. А после естествената склонност надолу взема превес. Какво кара въздуха да се надига зад камъка? По-добре не питайте.

Една версия на тази аргументация тъй или иначе води към аристотелската картина на начина, по който ще лети нашето гюле. То се движи по права линия, бутано по дължината ѝ, докато въздухът, събран зад него, не загуби сила, а после пада надолу.

Илюстрацията, възпроизведена тук, е от книгата *Problematum astronomicorum et geometricorum* („Астрономически и геометрични задачи“) на Даниел Сантбек, нидерландски математик. Би могло да се помисли, че дори и най-повърхностният наблюдател би забелязал, че истинските гюлета не летят така. Те следват някакъв тип извита дъга в небето. Предполага се, че хората, обстрелвани с оръдия, е трябвало да забележат, че гюлетата идват към тях странично, а не падат отвесно върху главите им, но може умът им тогава да е бил зает с други неща.

Ето един любопитен момент, който изглежда непонятен днес – Даниел Сантбек, както и други от неговата епоха, е бил съвършено наясно, че гюлетата не следват триъгълни траектории. Ако го е смущавало да нарисува диаграма, явно противоречаща на онова, което всеки можел да види, то той е направил всичко по силите си да го прикрие. Целта на диаграмата е била да изобрази приетата ортодоксия на аристотелската физика и да я свърже с едно просто тригонометрично изчисление. Защо изглеждало, че истинските гюлета следват извити траектории? Това бил мъчен въпрос несъмнено, но древната философия ценяла разума и логиката над всичко друго, включително над свидетелството на сетивата. Разумът бил начинът за установяването на фундаментални истини и неизбежни заключения. Хората и техните сетива били погрешими и ненадеждни.

До Средновековието аристотелската философия вече била застинала в едно установено и неоспоримо учение, съхранявано в древни книги, наследени от едно по-мъдро и по-просветено време. Много от това знание се било сраснало с ортодоксията на католическата църква, така че да се поставя под въпрос аристотелското учение дори по такъв привидно извъндоктринален въпрос като летежа на гюле, значело да се рискува да се извърши ерес. (Инквизицията, онова страховито оръдие на римската църква, преценявала кое е ерес и кое не, а разискванията на нейните чле-

нове имали обичая да преминават в мистерии, цепещи косъма на две и непроницаеми за непросветените.)

Ако имало явно противоречие между ортодоксалното учение и наблюденията на света около теб, най-добре било да се придържаш към ортодоксията и да съчиниш някакви правдоподобни причини защо човек не трябвало непременно да вярва на онова, което вижда. Това била мъчна работа несъмнено, но Аристотел го нямало, за да сложи нещата по местата им, така че неговите интелектуални наследници и ученици трябвало да се борят със задачата да измислят как този най-превъзходен интелект би разрешил мъчнотията.

Правилното обяснение на летежа на гюлето се появило през 1638 г. на страниците на *Discorsi e Dimostrazioni Matematiche intorno à due nuove scienze* (в превод „Беседи и математически доказателства относно две нови науки“*) – последната книга, написана от Галилео Галилей. Роден в Пиза през 1564 г., Галилео бил по онова време на 72 години и живеел под домашен арест в селцето Арчетри край Флоренция, след като бил осъден от католическата църква заради възприемането и разгласяването на идеята, че Земята се върти около Слънцето, а не обратното. Църквата била забранила публикуването на каквото и да било, написано от Галилео в домашния му арест, но „Беседите“ след продължителни усилия видели бя свят в Нидерландия, където протестантството било изместило католицизма и думата на папата вече не всявала страх. Или поне не толкова, колкото преди.

Неприятностите на Галилео с църквата произтичали от неговото участие в разгорещения спор относно коперниканството – хипотезата, че Слънцето се намира в центъра на Вселената, Земята и другите планети обикалят около него, а Луната се върти около Земята. При всичките беди, които му донесла, астрономията изобщо не била първоначалният интерес на Галилео. Неговите първи прозрения още от времето му като студент били свързани с въпроса за движението. Той експериментирал и теоретизирал върху движението през целия си живот, но едва

* Галилей, Г. *Избрани произведения в два тома*, т. 2. София, Наука и изкуство, 1985. [Всички бележки под линия са на преводача.]

в самия му край, затворен против волята си в Арчетри, намерил време да събере мислите си в подреден вид и да ги изложи на хартия. „Двете нови науки“ от беседите били движението и свойствата на твърдите тела (тяхната сила, еластичността им и т.н.); и в двете области мисленето на Галилео било революционно. Но аз искам да се съсредоточа върху нововъведенията му в движението и механиката.

Галилео бил най-голямото от седем деца, чийто баща Винченцо бил професионален музикант и донякъде музикален теоретик; за майка им не се знае много. Семейството се преместило от Пиза във Флоренция през 1574 г., когато Галилео бил на десет години. Известно време младият Галилео се образовал при монасите от „Валомброза“, бенедиктинско манастирско училище на около трийсет километра от Флоренция. Нещо в манастирското образование го привлякло и той станал послушник, може би с намерението да приеме църковен сан. Но баща му, явно практичен човек, го прибрал оттам, за да го направи студент по медицина – по онова време, като и днес, това било надежден начин за един интелигентен млад мъж да намери пътя си към преуспяващо бъдеще. Като най-голям син, отговорността по грижите за семейството, когато родителите му вече нямало да ги има, щяла да падне най-вече върху раменете на Галилео. През 1581 г. той се записал покорно в Университета на Пиза да следва медицина.

Две години по-късно Галилео чул една лекция върху Евклид, изнесена от Остилио Ричи, математик на служба при великия херцог на Тоскана. Галилео бил запленил от ясения разум и елгантната логика на геометрията. Това бил предмет, който носел неопровержими истини. Ричи бил впечатлен от ентузиазма на младежа и го запознал с творчеството на Архимед, един от най-великите математици в човешката история, а също и практичен човек, който изобретил най-различни устройства и машини. Ричи писал на Винченцо Галилей, увещавайки го да разреши на сина си да се прехвърли да учи математика, предмет, към който той проявявал явна любов и истинско проникновение. Да бъдеш математик в онези дни обаче далеч не било сигурен път към благоденствие или уважение. Математиците били до голяма степен презирани от философите и теолозите, господстващите интелектуалци от онази епоха, и смятани за не много по-горе от „групите механи-

ци“, ако заимстваме израза на Шекспир.* Математиците можело да откриват зависимости в природата, но те определено нямало да намерят причините и основанията зад тях. Проникването в тайните на природата (или на Бог, което било равнозначно) било от компетенцията на философията. Малък брой математици, като самия Ричи, можели да си изкарват прехраната като част от двора на някой благородник – занимавайки се с обучение и земемерство, помагайки в мореходните и военните изчисления и пр. Останалите можело да вършат същото, но несистемно, намирайки си според силите си временна работа тук-там. Математикът от XVI в. можел също да си докарва по някоя пара, правейки хороскопи. Изучаването на небесата, геометричните пътища на Слънцето, Луната и планетите, било смятано за раздел на математиката, а астрологията била една от по-доходоносните ѝ страни.

Накратко, Винченцо не споделял въодушевлението на сина си от математиката и настоял той да продължава с медицината въпреки увещанията на бележития Ричи. В крайна сметка никой от двамата не надделял. Галилео, установявайки един модел, който щял да бележи целия му живот, хванал по свой път. Постепенно изоставил медицинското си обучение, посещавал лекции по математика и философия и напуснал Университета на Пиза през 1585 г. без диплома по никой предмет.

В продължение на няколко години Галилео се препитавал криво-ляво, като преподавал математика и правел хороскопи. Но той вече настъпвал към една неизследвана интелектуална територия. Съвременните академични проучвания не разкриват много за личността на Галилео – или по-скоро те разкриват множество противоречия си личности. Той бил предпазлив; бил безразсъден. Бил скромен; бил безочлив. Уважавал църквата; кипял срещу нейните сковавачи правила. Всички тези неща биха могли да са истина.

Една история разказва, че дори като начинаещ студент в Пиза Галилео обичал да противоречи на учителите си.² Основното задължение на университетския преподавател в онези дни, трябва да се отбележи, било не да пробужда духа на интелектуално търсене или

* Шекспир, *Сън в лятна нощ*. Фразата е произнесена от Пък по адрес на актьорите аматьори, изнасящи пиеса в пиесата, с намек, че те са прости занаятчии.

да подтиква най-добрите студенти към търсенето на ново знание, а да обучава учениците в сигурните неща, изложени в древните книги. Учителят по философия излагал аристотелската мъдрост със съответния съвременен коментар, предназначен само да изглади тук-там някои слабости, и то строго в духа на оригинала. Учителят по математика излагал Евклид заедно с геометрията на небесата съгласно сложната система на Птолемей, според която Земята стояла в центъра, а Слънцето, Луната и планетите се въртели около нашия неподвижен дом, движейки се не по прости окръжности, а по окръжности върху окръжности върху окръжности (трябвало да бъдат окръжности, защото философията изисквала небесата да са изградени от съвършени геометрични форми, а окръжностите били най-съвършената от всички).

Аристотелската физика твърдяла, че по-тежките обекти падат към земята по-бързо от леките. Галилео, както се твърди, започнал да се съмнява в това, когато му хрумнало, че при градушка ледените зърна с всякакви размери, големи и малки, пристигат всичките заедно. Това е труднообяснимо, ако всички зърна падат от една и съща височина. Ако някой аристотелец се е замислял за това, реакцията му ще да е била пренебрежителна. Ние знаем, че по-тежките обекти падат по-бързо. Това е истината от големите мислители на миналото. Простите наблюдения на някакво случайно явление на земята са ни в клин, ни в ръкав. А и кой знае откъде идват изобщо зърната градушка?

До 1589 г. Галилео вече бил успял да се сдобие с място на преподавател по математика в Университета на Пиза. Това била зле платена позиция, а и самият университет не бил сред най-добрите, но пък и удостоверенията на Галилео били оскъдни. Най-вече той се бил сприятелил с неколцина видни люде, които били впечатлени от неговите знания и плам, и така били задвижени някои връзки в негова помощ.

Може би най-трайната история за Галилео, освен по-късната му разпра с католическите власти, е за това как пускал предмети от наклонената кула в Пиза, за да провери дали, както вярвал той, всички те щели да падат с една и съща скорост и да стигнат земята за едно и също време. Сведенията за това се изчерпват с по-късни спомени, плюс слухове, преразказани от неколцина души, и известно време съвременните историци се съмнявали дали тези

експерименти действително са се случили. Сега тежестта на мнението, изглежда, отново се накланя обратно към идеята, че Галилео наистина е правил подобни експерименти, но не е ясно кога – като студент или по-късно като преподавател?

Много години по-късно, през 1612 г., един скептичен философ от Пиза опитал същия експеримент и съобщил, че когато пускал предмети с различно тегло от една и съща височина, те не падали за точно едно и също време. В своите „Беседи и математически доказателства относно две нови науки“ Галилео дава изпепеляващ отговор на това дребнаво възражение. Аристотел бил заявил ясно в „За небесата“, че „ако определена тежест се придвижва на определено разстояние за определено време, по-голяма тежест ще се придвижи на същото разстояние за по-кратко време и каквото съотношение имат тежестите една към друга, такова ще имат и времената едно към друго“.³ С други думи, Аристотеловите принципи изисквали камък, десет пъти по-тежък от друг, да пада на земята за една десета от времето. Професорът по философия, продължавал Галилео, бил пуснал два предмета с подчертано различно тегло и открил, че по-тежкият стигал земята миг или два преди по-лекия. И на тази основа, питал Галилео, професорът искал да твърди, че Аристотел бил прав, а той, Галилео, грешал?⁴

По същество Галилео признавал, че експеримент като неговия можело и да не бъде съвършен – той си давал сметка за такива тънкости като съпротивлението на въздуха, както и за практическата трудност да пуснеш два предмета напълно едновременно. Решаващият момент бил, че неговото твърдение – че всички обекти падат с една и съща скорост – било много по-близо до истината, отколкото твърдението на Аристотел, че по-тежките обекти падат по-бързо. Галилео разбирал, че достигането по-близо до истината е важното нещо. Това била радикална идея. Философите обичали да работят с абсолюти. Твърденията са верни или не са верни. Галилео казал, че малко неточност нямало защо да буди притеснения. За философите това било обезпокоително и опасно допускане.

По времето, когато написал „Беседи и математически доказателства относно две нови науки“, Галилео, след няколко погрешни първи опита, вече бил проумял по-точно как падали предметите. Скоростта на падане расте пропорционално на времето на падане, а изминатото разстояние съответно се увеличава с квадрата на

изтеклото време. Провеждането на експериментите по установяването на тези правила не било никак лесна работа. Галилео нямал хронометър. В началото, по думите му, той отчитал времето, броейки пулса си (предполага се, че не е бил много възбуден, когато експериментите му са вървели добре). По-късно използвал махало като брояч. Прозрението, че тежест, вързана на шнур и люлееща се напред-назад, отмерва еднакво време, било друго забележително постижение (това не е съвсем вярно, както се оказва, но е достатъчно близо до истината, за да бъдат часовниците с махало основното средство за отчитане на времето векове наред).

С годините Галилео започнал да се съмнява и в крайна сметка отхвърлил и друг аристотелски принцип – че движението в земната сфера, за разлика от движението в небесата, изисква постоянен тласък, за да не спира. В късните си години той приел напълно идеята на Николай Коперник, че Слънцето е в центъра на Вселената и че Земята и другите планети се въртят безкрайно около него, както и че Луната по подобен начин се върти около Земята. Защо същото правило да не важало и на самата Земя? Какво спира гюлето да не лети вечно? Защото то пада на земята и всъщност започва да пада, както в крайна сметка осъзнал Галилео, още щом напусне дулото на оръдието. Двете движения – по линията на полета и надолу към земята – стават едновременно. А не, както вярвали последователите на Аристотел, първо да се случва едното, а после другото.

Имало и друг спорен момент между стария и новия начин на мислене. В аристотелската философия обектите падали към центъра на земята, защото търсели най-ниското място. За съвременния начин на мислене това изобщо не звучи като обяснение. То изглежда като пълна тавтология – нещата падат, защото съдбата им е да падат. Но за убедения аристотелец това имало смисъл; то давало обяснение, коренящо се в идеята за цел. В аристотелския свят нещата се случвали, за да бъде постигнато някакво крайно състояние. Задачата на философа била да открие тези цели, колкото и повърхностна да ни изглежда тази аргументация на нас сега.

Галилео, за разлика, не казал нищо по въпроса *защо* падат предметите. Неговият метод бил да наблюдава внимателно *как* падат те и въз основа на това да изгради точно количествено описание. Работата не била там, че той не бил любопитен защо падат предметите на земята, а че виждал в това въпрос, който можел да отложи,

без това да накърни способността му да състави математически израз на начина, по който падат нещата. За аристотелския ум това било безсмислено – количественият анализ бил разглеждан само като външна фасада, в най-добрия случай. Какъв бил смисълът от просто описание на събитията, без отдаването им на някаква причина? Къде, с други думи, била интелектуалната тежест на онова, което правел Галилео?

Днес ние гледаме другояче на нещата. Галилео имал правилната идея – не захапвай повече, отколкото можеш да преглътнеш, и не се преструвай, че знаеш нещо, които не знаеш. Въръжен със своите идеи за движението, за Галилео сега било сравнително лесно с помощта само на класическата геометрия да пресметне какъв трябва да е пътят на гюлето. Отговорът бил: *парабола* – крива, известна на древните от техните изследвания на геометрията. Това била крива от несвършен вид, ако вярвате, че само окръжностите и частите от окръжности носят божествения отпечатък, но Галилео намерил място за нея в реалния свят. Той бил взел едно обичайно прозаично явление – летежа на гюле, – анализирал го в светлината на пожизнените си наблюдения, теоретизирайки и проверявайки правилата на движението, и установил математическата форма на траекторията на гюлето. Бил доказал, че тя е парабола. Бил използвал информация от наблюдения и експерименти, за да извлече надеждно математическо правило.

Бил изобретил науката.