

## Галилей

Известно е, че пръв Галилео Галилей (1564–1642) успява да определи плътността на въздуха (1637 г.), т.е. за него въздухът не е бил никаква безтегловна субстанция. Въпреки това, той се съмнявал в съществуването на атмосферното налягане. (Да напомним, че Торичели (1608–1647), ученикът на Галилей, прави прочутият си опит с живака и стъклената тръба през 1643 г. – година след смъртта на Галилей.)

Своите съмнения Галилей основава на следните разсъждения, отнасящи се до водата. На течността от всеки мислено отделен обем в съд с течност действат две сили – силата на тежестта<sup>1</sup> и изтласкващата сила на Архимед. Тъй като течността в избрания обем нито потъва, нито изплава, следва да заключим, че двете сили се уравнивяват. Щом силите, действащи на тази течност се уравнивяват, тя не може да оказва натиск върху намиращите се под нея слоеве. (С други думи, потопената във вода вода няма тегло.) Същото, според Галилей, важи не само за водата, но и за въздуха. Следователно въздухът не може да упражнява натиск върху телата – атмосферно налягане не съществува!

За всеки физик днес е очевидно къде е грешката в разсъжденията на Галилей. За негово съжаление, когато той е правил разсъжденията си, Нютон още не се е бил родил, така че физиците не са знаели, че на всяко действие съответства равно по-големина и с противоположна посока противодействие. Архимедовата сила наистина уравнивява тежестта на мислено отделения обем вода, но противодействието на Архимедовата сила, чието съществуване не е отчитал Галилей, действа на по-долните слоеве и точно това е причината за съществуването както на хидростатичното, така и на атмосферното налягане.

.....

По времето на Галилей господства мнението, че скоростта на едно падащо тяло е пропорционална на изминатия път. Самият Галилей отначало споделял същото мнение. Изглежда, че той изоставя тази идея не поради противоречащи й опитни резултати, а от дедуктивни (макар и неизрядни) съображения: ако скоростта бе пропорционална на пътя, падащото тяло би изминавало по-дългите пътища за същото време, за което изминава и по-кратките. Ето защо той изоставя идеята, че скоростта е пропорционална на пътя и разглежда възможността увеличението на скоростта да е пропорционално на времето на падане.

По PAUL R. HEYL, "TRANSCENDENTAL MECHANICS," *AMERICAN JOURNAL OF PHYSICS* (MAY 1941)

.....

За пръв път младият Галилей (тогава още студент по медицина) се усъмнява в твърдението на Аристотел, че тежките тела падат по-бързо от леките, когато обръща внимание на факта, че когато започне градушка, ледените зърна с различна големина достигат земята едновременно. За да бъде Аристотел прав, два пъти по-тежките зърна трябва да се образуват на два пъти по-голяма височина, три пъти по-тежките – на три пъти по-голяма височина и т. н.. Именно това се сторило на Галилей неестествено и той твърдял, че наблюдаваното явление (едновременното падане) се обяснява много по-просто, ако се предположи, че всички зърна, и големи, и малки, независимо на каква височина са образувани, падат с една и съща скорост.

<sup>1</sup> Разбира се, при възпроизвеждане логиката в разсъжденията на Галилей, ние използваме съвременна терминология.

Както е известно днес, по всичко изглежда, че историята с опитите на Галилей от наклонената кула в Пиза, е съчинена от неговия ученик Винченцо Вивиани. Наблюдения върху падането на тела с различни маси от тази кула обаче наистина са правени – през 1612 г., но от защитниците на Аристотелевия възглед, с надеждата да обортят твърденията на Галилей (който тогава е бил вече на 48 години). Оказало се, че наистина по-тежкото от две пуснати едновременно тела достига земната повърхност малко по-рано от по-лекото. За да покаже, че оттук не следва правотата на Аристотел, Галилей пише:

“Аристотел учи, че падайки от височина сто лакти, една сто фунтова топка достига земята пред една еднофунтова топка да измине един лакът. Правейки опити, вие видяхте, че голямата топка изпреварва малката само с два инча<sup>2</sup>. Сега, изтъквайки тази разлика от два инча, вие искате да скриете недостигащите на Аристотел 99 лакти и, говорейки само за моята нищожна грешка, мълчите за неговата огромна заблуда.”

Нещо от историята, което може би не знаете...

Ние знаем, а когато имаме възможност – и разказваме на учениците за прочутите опити на Галилей с топка, спускаща се по една наклонена равнина и продължаваща движението си нагоре по втора наклонена равнина. Намалвайки наклона на втората равнина той вижда, че топката отива все по-далеч и прави две *екстраполации*: една вярна и една – невярна. Вярната е, че ако няма триене и втората равнина стане хоризонтална, топката би продължила да се движи равномерно към хоризонта. Втората екстраполация се дължи на факта, че Галилей, разбира се, не разполага в експериментите си с равнина, която “достига хоризонта”. Описвайки тези опити, ние обикновено към определението **равномерно** за движението по инерция добавяме и второ определение – **праволинейно**, като по този начин обаче изопачаваме историята. Работата е там, че Галилей е знаел, че Земята е кълбо и за него движение към хоризонта означава движение по дъга от окръжност. Ето защо той мислел, че движението по инерция, когато на тялото не действат външни сили, е кръгово движение. С тази грешка Галилей плаща своя данък на древногръцките философи, за които окръжността е идеалната крива. С това си погрешно схващане той си обяснява и движението на планетите около Слънцето – за него то е движение по инерция.

Едва Рене Декарт, в десетилетията, които разделят Галилей и Нютон, осъзнава, че движението по инерция е всъщност движение по права линия.

Тези подробности са любопитни, но ако описваме опитите на Галилей пред ученици, едва ли си струва да навлизаме в тях. Както и досега, като имаме предвид огромните заслуги на Галилей, никой няма да ни се разсърди, ако му припишем и праволинейността на движението по инерция.

.....

### Галилей и езикът на математиката

Широко известна е мисълта на Галилей, че книгата на Вселената “... не може да бъде разбрана преди да се усвоят езикът и азбуката, с която е написана. Тя е написана на езика на математиката и нейните букви са триъгълници, окръжности и други геометрични фигури, без които е невъзможно да се разбере и дума от нея, без тях човек се блъска в един тъмен лабиринт.” Днес ние обикновено си спомняме само първото от тези две изречения и под термина математика си представяме едва ли не днешното състояние на тази наука. Второто изречение обаче показва какво е имал предвид

<sup>2</sup> Галилей, разбира се, не мери дължините в инчове – просто преводът е от английски.



малка единица, измерванията на изминатите по наклонена равнина разстояния, които са от порядъка на метри, осигуряват резултати с поне четири значещи цифри.

По-сложен е въпросът за измерване на времевите интервали. Тук трябва да се различават два случая. В първия става дума за отмерване на еднакви интервали, чиято продължителност е без значение. В този случай Галилей използвал музикалните си способности – тананика си позната мелодия и “единицата за време” е продължителността на един такт от мелодията. Във втория случай е необходимо съпоставяне на продължителността на различни времеви интервали. За целта Галилей свежда измерването на време до измерване на маси, т.е. до претегляне – една процедура, достатъчно проста и добре усвоена по негово време. За целта той събира и претегля водата, изтекла за измервания интервал време от съд, в който равнището ѝ се поддържа постоянно. Скоростта на изтичане била около 3 унции в секунда. Галилей регистрира масата на събраната течност в единици *гранове* (1 унция = 480 грана). Той дефинира своята единица за време, която нарича *tempo*, като времето, необходимо за изтичане на 16 грана вода. Така определената единица представлява всъщност 1/92 от секундата и осигурява възможност за измерване на времеви интервали с точност **стотна от секундата!**

Именно по този начин, избирайки достатъчно малки единици, Галилей си осигурява експериментални резултати с достатъчен брой цифри, позволяващи ме да прави изводи, без да прибегва до помощта на десетичните дробни.

### Галилей – изобретател

Въпреки репутацията си на голям учен и възможността да се движи сред влиятелни кръгове, в живота Галилео Галилей бил съпътстван от значителни финансови проблеми. Доколкото научните му занимания не спомагали за облекчаването им, той бил принуден да търси решения чрез изобретяване на различни уреди с практическо значение. Той, например, е създател на **един от първите термометри**. Уредът представлявал стъкленница, гърлото на която представлява дълга тръба. След нагриване на стъкленницата свободният край на тръбата се потапяла в съд с вода. При охлаждане на въздуха в стъкленницата до стайна температура водата се издига до определено равнище по тръбата – толкова по-високо, колкото е по-студено. При затопляне разширяващият се въздух в стъкленницата изтласква част от водата и равнището ѝ в тръбата спада. Поради очевидния си недостатък – зависимост на показанията от атмосферното налягане, това изобретение не донася на автора си очакваните печалби. (Вж. и материала от файла *termoGaliley*.)

По-успешно във финансово отношение е друго изобретение на Галилей, наречено “компас” – градуиран метален инструмент, първоначалният вариант на който се ползвал в артилерията за пресмятане наклона на оръдието в зависимост от разстоянието до целта. С последващи усъвършенствания уредът се превръща в нещо като прадыдо на съвременните джобни калкулатори – с него можело да се пресмятат разменни курсове на валути, сложни лихви и други практически важни неща. Този инструмент вече се ползвал със значителен интерес и Галилей дори наел човек, който да го произвежда. При това той показал значителна бизнес-проницателност – продавал инструмента евтино, но вземал скъпо, за да обучи човек как да го ползва (не е ли така и днес?: евтин хардуер – скъп софтуер). И този “бизнес” обаче не просъществувал дълго – да не забравяме че става дума за средата на последното десетилетие от 16. век, когато и дума не може да става за никакви патентни права: никой не можел да попречи на хората просто да копират уреда, а тези, които вече знаят как да го ползват, да обучават други желаещи.

### Гасенди и законът за инерцията

Известно е как, екстраполирайки резултатите от търкалянето на топки по наклонени равнини с намаляващ наклон, Галилей заключава, че при липса на външни въздействия телата запазват състоянието си на покой или равномерно праволинейно движение. Решителен експеримент за установяване наличието на инертност обаче провежда през 1640 г. французинът Пиер Гасенди (1592–1655) – точно две години преди смъртта на Галилей. За целта той наема най-бързия кораб на френската флота и когато корабът се движи с максимална скорост, наблюдава падането на топки от най-високата му мачта. Фактът, че топките падат в основата на мачтата, а не зад нея, показва, че по време на полета си топката запазва хоризонталната скорост, която е имала преди пускането, т. е. топката притежава свойството инертност.

.....

### Друг начин за измерване на време

В *Частичката Бог*<sup>3</sup> Ледерман отделя внимание и на начина, по който Галилей, който не разполагал с хронометър, открива, че при търкаляне по наклонена равнина изминатите за равни интервали време пътища се отнасят както 1 : 3 : 5 и т.н. Оказва се, че от баща си Галилей получил добро музикално образование и изтънченият му слух много точно откривал грешки в темпото на едно музикално изпълнение. По такъв начин тренираното му ухо можело да отмерва времена до 1/64 s! По-нататък авторите пишат:

“Галилео решил да направи от своята наклонена равнина своего рода музикален инструмент. На различни разстояния една от друга, напреки на равнината той опънал струни от лютня. Сега вече щом пуснел някоя топка да се търкаля надолу, се чувало звънване при преминаване през всяка струна. Сетне Галилео заразмествал струните надолу и нагоре, докато ритъмът, с който звънвали последователно всички струни при преминаването на топката, се запазвал един и същ. Той запявал някоя маршова мелодия и пускал топката в началото на един от тактовете. Когато най-накрая струните били нагласени съвсем правилно, топката удряла всяка следваща струна точно на следващия такт – в този случай след около половин секунда.”

Осигурил си по такъв начин равни интервали от време, Галилей трябвало да измери разстоянията между струните. (Грешката при измерване на разстоянията не надминавала 2,4 mm – експериментаторът Ледерман не може да пропусне подобен детайл!). Променяйки наклона на равнината, Галилей стига до извода, че във всички случаи движението е ускорително, с постоянно за всеки наклон ускорение и открива закона за пътя  $s = At^2$ .

Този пример сигурно ще допадне на търсещите допирни точки между физиката и изкуството. Дали някой учител–ентузиаст няма да направи и подобно лабораторно упражнение, като накара учениците си да пеят в часа по физика?

### Коя е голямата заслуга на Галилей

“...славата на този гений (Галилей) почива главно на открития и постижения, които той никога не е правил. Противно на твърденията, Галилео не е измислил нито телескопа, нито микроскопа, нито термометъра, нито часовника с махало. Той не е открил закона за инерцията, нито правилата за паралелограма на силите, нито слънчевите петна. Той няма приноси в теоретичната астрономия, не е пускал тела да

<sup>3</sup> Ледерман Л., Д. Теръси *Частичката Бог*, С., Просвета, 1997.

падат от наклонената кула в Пиза и не е доказвал истинността на Коперниковата система. Не е бил измъчван от инквизицията, не е лежал в нейните подземия, на е изричал “И все пак тя се върти!” и не е бил мъченик на науката. Това, което той наистина е направил, е откритието на модерната динамика и именно то го поставя в редиците на хората, които формират съдбата на човечеството. По този начин той осигурява необходимата добавка към законите на Кеплер, за да се стигне до Нютоновата Вселена. “Ако аз съм успял да надникна по-далече от другите, то е защото съм се опирал на раменете на гиганти.” – казва Нютон. Гигантите бяха преди всичко Галилей, Кеплер и Декарт.”

A. Koestler, *The sleepwalkers*,  
Grosset&Dunlop, N.Y., 1963, p. 353.