

学校的理想装备

电子图书·学校专集

校园网上的最佳资源

世界科技全景百卷书 (84)

物理学家

E-BOOK
网络资源 免费下载

物理学家

阿基米德

充满知识的环境

西西里真是一座宝岛。得天独厚的地理位置，使它成了海上要塞。它是地中海的咽喉，沟通欧、亚、非三洲，因此，也就成为古罗马和古希腊的必争之地。

二千多年前的叙拉古，是古希腊的殖民地，它的北面是古罗马城邦，离希腊本土却很远。在宜人的地中海海风的滋润下，它美丽、富饶。许多冒险家、航海家、商人都愿意到这里，看一看宝岛的绮丽风光；做些买进卖出的交易，各得其所。叙拉古的港口每天都很拥挤，云集着四面八方的船只，五花八门的货物堆满了码头。穿着各式服装、说着不同语言的人们凑在一起，比比划划，大声交谈。他们各显神通，开辟了一个个市场，进行贸易交流。

经济上空前繁荣的叙拉古，在观念上也不断翻新。贸易的往来和文化的交流，使古希腊成了人类文明的摇篮之一。

古希腊人知道哲学、几何学，他们计算出地球赤道的周长，知道地球自转一周要 24 小时，甚至坚信万物是由原子构成的，原子是在空间里运动着的极微小的粒子，等等。

阿基米德就出生在这样一个充满知识和思考的时代。

父亲菲迪阿斯，是个天文学家兼数学家。一辈子研究地球、太阳、月亮的关系，他用极为简陋的仪器计算太阳和月球的距离，十分严谨、认真。

阿基米德的诞生，给这位天文学家带来无比的喜悦。他按照习俗，在婴儿身上抹上油，抱在手上沿着屋子跑了三圈，并将一支橄榄插在门楣，向全城宣告：菲迪阿斯有了儿子！

菲迪阿斯发誓，一定要把儿子培养成真正的希腊人。希腊人以聪明、智慧自豪。他要让阿基米德拥有最宝贵的财富——知识。

小时候的阿基米德爱听故事，奴隶们用最生动的语言，讲述伊索寓言，讲解荷马史诗。知识性和趣味性交织在一起，极大地增强了他的想象力。

他喜欢听别人讲，也喜欢听别人争，争论的问题大都听不懂，不过看到大人们像小孩子那样争个不休，是饶有趣味的。

叙拉古的人几乎人人爱争，争论问题，当然最主要的是“人类的少年时期”面临的问题太多了。开始是要急需解决问题，后来就把争论当做乐趣来享受。大人争论的时候，也让小孩子听，因为他们认为，不会思考就不会有问题争，而小孩子首先要学会思考。他们已经意识到脑袋瓜越用越灵。

小阿基米德常常站在大人堆里听他们希奇古怪的话，他把这种活动当做游戏。菲迪阿斯也常常把儿子带到工作室去，把他抱在凳子上，让他通过仪器观察浩森的星海。深邃的夜空，高深莫测的天穹，给阿基米德留下了深刻的印象。

到了上学的年龄，菲迪阿斯把儿子送到一位很有学问的老师那里。老师把孩子们集合在一起，在铺平的沙子上，用树枝写写画画，教他们认非常难认的希腊字母，或者作算术。有时老师发给他们每人一把刻刀，在涂有蜡的木板上学刻字，刻得七歪八斜之后，又在火上融化，接下去又刻。要不就用芦苇笔，蘸上树脂和油烟做的墨水，在一些植物的叶子上写字。

晴天，阿基米德就和小朋友一起，在空地上练习；下雨就沿着墙根坐一

圈。

希腊字母和数字都混在一起，分辨十分困难，孩子们学得相当吃力。阿基米德学得很卖劲，不久就掌握了字母和运算。

随着知识的加深，阿基米德长成了一个少年。他依然像小时候那样，喜欢到港口逛逛，听听别人争论。这对他就能听得懂一些问题，而且自己对问题也有了看法。当双方争得相持不下时，他也会参加进去，支持一方的观点，另一方失去平衡也就赞同对方了。有时阿基米德的观点和双方都不一样，他也敢大胆讲出来，因为他的看法都是经过深思熟虑后提出的，所以常常使别人折服。

他喜欢观察事物，重视一切现象，每天都有许多疑点在脑子里转悠。有时甚至会迸发出一两个新思想，他就迅速记下来，进行分析、演算、验证。

大船为什么会浮起来？船帆为什么要做成弧形？船头为什么是尖尖的？

有许多问题在叙拉古找不出答案，阿基米德感到焦灼。他经常听到远航的人说到亚历山大，说那儿有第一流的科学家、学者。

到亚历山大去！

阿基米德朝思暮想，夜不能寐。亚历山大怎么具有这么大的吸引力呢？

原来，位于尼罗河河口的亚历山大，是埃及最大的海港，因亚历山大帝兴建而得名。它是地中海东部政治、经济、文化的中心，古埃及托勒密王国的首都。托勒密在这里兴建了当时世界上最大的图书馆，藏书量达 70 万卷以上。他还创办博物院，为从事科学研究的学者准备了良好的实验室；有关科研的一切费用由国家支付。这样，许多不同国度的科学家都来到这里，专心致志地从事他们的研究。

阿基米德一天也不能等待，他要远航，要去寻找解决问题的钥匙。

每天他都到码头上，打听风向、风力，找海员聊天，央求船长带他出航。求知的欲望使他锲而不舍。终于依靠与国王亥厄洛的亲戚关系，11 岁的阿基米德登上了一条开往亚历山大的船。

白帆升上了船桅，水手们解开了缆绳。阿基米德的心在“砰砰”地跳动，叙拉古向后退去，阿基米德向着知识的海洋前行。

又一个“阿尔法”

坐落在托勒密王宫花园里的亚历山大博物院，风景如画，花木繁茂，在姹紫嫣红的花坛和喷珠吐玉的喷水池之间，点缀着造型典雅的研究院、图书馆等建筑。这里，在宁静的林荫道，或者碧波涟涟的湖畔，时时可以看到三三两两的学者，他们或独自沉思，或热烈交谈，到处弥漫着浓郁的学术气氛。

这座当时世界著名的学术中心，荟萃了来自各地的著名学者。被称为“几何学之父”的伟大数学家欧几里得，曾经在这里开办自己的学校，讲述他的著作《几何学原理》，培养了一批通晓几何学的数学家。人们由衷地钦佩欧几里得的才华，说他像魔术师一样，能够把苍天和大地任意变成复杂的图案，令人不可思议。

阿基米德来到亚历山大，很幸运地成了欧几里得的弟子埃拉托色尼和卡诺恩的学生，向他们学习数学、天文学和力学。欧几里得大约是在公元前 275 年逝世的，他的学生和学生的学生一代代继续他的事业，并不断完善和发展。

很快，阿基米德在几何学的海洋中遨游自如了。他整天都在画各种各样

的几何图形，研究它们之间的联系、区别，找出带有规律性的东西。有时睡觉醒来，就用手指头在肚皮上画，他入迷了。

学习很紧张，每天都要看很多书，做深奥的演算。阿基米德和埃拉托色尼疲倦时，偶尔也去玩一玩。有时他们到大剧院去，听听音乐，欣赏一出喜剧；有时到健身房，活动一下四肢。天气晴朗，风和日丽，他们则兴致勃勃地去浏览尼罗河风光。乘着木船顺流而下，温柔的风吹开了他们的衣襟，清新的空气驱散了他们的疲劳，两岸茂密的树木、肥沃的农田尽收眼底。

这样的旅行对阿基米德来说不很多，但在这为数不多的游玩中，他十分留心观察生活中的现象，从而生发出许多联想。

埃及人一直用尼罗河水灌溉农田，但是河床低，农田地势高，农夫只能用水桶拎水浇地，又吃力又费功夫。

阿基米德想，有什么好办法代替这种笨体力活呢？想呀想，画出了一张水车的草图。

“请您按照这个样子做吧。”他对木匠说。

木匠左看右看，看不懂，自言自语地说：“这算什么玩艺呢？”

阿基米德只好比比划划，耐心地讲给他听：“噢，这是圆筒，这是螺杆，唔，就是这样……”

木匠只好接下了活。几天后，他居然做出来了，阿基米德眯着眼睛看了看，又摇摇手柄，说：“嗯，还行。”

于是，阿基米德就扛起这个怪玩艺儿，一直走到庄稼地里。

他把螺杆的一头放到河水里，安了手柄的那头放在河岸上。轻轻朝一个方向摇动手柄，哈，只见河水“咕噜噜”地从“怪物”的顶端冒出来，连续不断地摇，水就连续不断地流到田地里。

一个显然不可能的奇迹发生了：水往高处流！

农夫们放下水桶，争着来看阿基米德的新发明，既省力又省时间，大大减轻了劳动强度。

大伙儿当然喜欢。这一来，一传十，十传百，螺旋抽水机很快从埃及传到外国。人们不仅用它来提水灌溉土地，还用来排积水，扬谷物，扬沙子。以后这个机械就被称作为“阿基米德螺旋提水器。”直到今天，有的地方还在使用它。

至于飞机、大船的螺旋桨，甚至连小小的螺丝钉，那都是阿基米德螺杆的后代。

阿基米德的研究并不是凭空想出来的，他总是从生产和生活的实践中发现研究的课题，然后用数学、力学的方法加以抽象的概括，上升到理论，然后再用新的理论去解释自然现象，指导创造发明，因此，阿基米德在许多方面都取得巨大的成就。

比如，当时人们在生活和生产实践中常常和圆形的东西打交道，需要解决计算圆、圆柱、球体等几何图形的面积和体积，这在建筑、造船、丈量土地、制造生活用品时都是经常遇到的。古希腊时代，人们总结出直径为一、周长为三的求圆周的方法，但很不精确。阿基米德经过研究，计算出圆周率是3.1409至3.1429之间，这和我们今天知道的3.1415926是相当近似的。阿基米德为圆周率拟定的数据，也被称为“阿基米德数”，当时，它给人们带来很大的便利。

阿基米德还是微积分的奠基人。他在计算球体、圆柱体和更复杂的立体

的体积时，运用逐步近似而求极限的方法，从而奠定了现代微积分计算的基础。今天的大学理工科学生，都需要学习阿基米德开创的微积分。

最有趣的是阿基米德关于体积的发现：一个圆柱体中正好嵌进一个球体（圆柱体的高度和直径相等，恰好嵌入的球体就叫做圆柱体的内接球体）。这两件普通的几何模型，充分地洋溢着阿基米德的聪明和才智。

他把水倒进圆柱体，又把内接球放进去；再把球取出来，量量剩余的水有多少；然后往圆柱体里倒满水，量量圆柱体到底能装多少水。这样反复倒来倒去的测试，他发现了这个内接球的体积，恰好等于外包的圆柱体的容量的三分之二。

阿基米德得出一个结论，圆柱体和它内接球体的比例，或两者的相互关系，是 $3:2$ 。

他写了许多论述球体和圆柱体的著作，研究各种立体的表面积和体积，以及它们相互间的关系。而在圆柱体、圆锥体、金字塔形、球体、立体和平面等等几何形状中，他最偏爱的是圆柱体和它内接圆的特殊关系。他为这个不平凡的发现而自豪，他嘱咐后人，将一个有内接球体的圆柱体图案，刻在他的墓碑上作为墓志铭。

今天，我们所有的立体测量，都是从阿基米德开始的。

阿基米德惊人的才智，引起了人们的关注和敬佩。朋友们称他为“阿尔法”，即一级数学家。（——“阿尔法”，是希腊字母中第一个字母）

阿基米德作为“阿尔法”，当之无愧。

杠杆的力量

阿基米德在亚历山大城学习归来，回到他的故乡叙拉古，已是公元前240年。他提任亥厄洛国王的顾问，继续从事他醉心的数学和力学的研究。但是不学无术的亥厄洛国王对阿基米德并不满意，他常常用责备的口吻问阿基米德：“为什么你的研究只停留在学问的游戏上，而不能解决实际的重大问题？你所研究的学问到底对实际生活有什么利益？”

有一次，国王又说：“要你实际表演，不要空洞的理论……”这时，一向谦恭的阿基米德望着国王说：“陛下，给我一个支点，我可以举起地球！”

“开什么玩笑，到哪里去找一个支点能把地球举起来呢？你倒是说呀！”国王很不高兴。

“这样的支点是没的。”阿基米德说。

“那不就得了！”国王说，“要叫人信服力学的威力，怎么可能呢？”

阿基米德这时向国王鞠了一躬，“不，陛下，你误会了！”他郑重其事地说，“我能够用实例来证明我的观点……”

“好呀，我倒要看看你是怎样证明的……”

这次谈话没过多久，亥厄洛国王叫人造了一艘大船。过去，这样大的船下水，要几百个奴隶齐心协力地推，才能推动它。亥厄洛国王决定考一考阿基米德。“他不是夸下海口可以举起地球吗，这次，先让他一个人把大船推下海吧。”国王心想。

国王把阿基米德找来，宣布了他的决定，他原以为阿基米德会一口拒绝的，不料阿基米德却认真地点点头：“好吧，我试试看……”

这天，天气晴朗，雪白的海鸥不时掠过蔚蓝色的海面，微微起伏的波浪

在阳光下闪着银光，是个好日子。

海边的船坞热闹非凡，居民几乎倾城而出，把海滩围得水泄不通，人们你一言、我一语，大声喧哗或窃窃私语，汇成潮水般的声浪。

有人说：“阿基米德今儿准要失败。”

有人说：“咳，这个聪明人准是发疯了！”

人们说着闹着，对着造船架上的大船指指点点。

那是一艘漂亮的三桅大木船，船身雕刻着非常精细的图案，既结实又威风。船上还有许多人，他们是奉国王之命，加重大船的重量的。

这会儿，大船也骄傲地扬起船头，好像说：“是谁说一个人可以把我推动？”

突然，沸腾的人群一下子平静下来，亥厄洛国王和阿基米德登上了平台，千万双眼睛一下子从四面八方集中在他们的身上。

国王坐下之后，用手指着大船，笑眯眯地说：“哟，就是它。怎么样？现在认输还来得及……”

阿基米德却很冷静地说：“陛下，请您稍等片刻。”

说罢，他就忙开了。手下的人按照他的吩咐也七手八脚地忙起来。

围观的人们觉得眼睛不够用，一会儿跟着阿基米德转，一会儿盯着他们跑来跑去的身影，简直眼花缭乱。

这时，只见阿基米德指挥奴隶们往大船上系了一根粗粗的长绳，又在平台上装了一组滑轮，把一个带手柄的螺旋式的东西固定在平台上。

“好了吗？好了吗？”国王有点沉不住气，探着身子连连发问。

阿基米德没有回答，像是存心让国王大吃一惊似的，他一只手攥着螺杆柄，缓缓地摇起来。

人们屏住呼吸，目不转眼地盯住大船。

嘿，那挤满了人的大船竟然慢慢地、慢慢地滑动了。

“哗——”就像平地卷起了一阵狂风，人群中欢声鼎沸：“看啊、快看啊，大船动了！动了！”

“呵呵，他没有疯！”

亥厄洛国王揉揉眼睛，果然，大船正稳稳当地滑行。再看看阿基米德，他正得意地微笑呢。

国王惊呆了，他明白，站在自己面前的阿基米德，是一个无所不能的人。

阿基米德的滑轮装置就是杠杆理论的实际应用。不过，如果按阿基米德的说法，给他支点，就能举起地球，那么要做到这点可不像移动大船那样容易。因为地球的质量很大，必须有一根长得只能是想象中的杠杆才能轻轻将它举起，这根杠杆的长臂要比短臂长 10000000000000000000000000 倍。

但在理论上，阿基米德又是成立的。

阿基米德是第一个对杠杆作用的原理进行科学总结，并上升到理论的人。

他经常观察奴隶们劳动的场面，当奴隶们搬运巨大的石块时，他们把撬棍的一头放在石块下面，另一头放在自己肩上，使劲一扛，石块就挪动了。然后，重复刚才的运动，石块就越来越接近目的地。奴隶们用这样的方法，从很远的地方运来了石块，盖起了美丽、庄严、宏伟的宫殿和金字塔。

阿基米德也曾在尼罗河泛舟，他和朋友们一下一下地摇着桨，摇着、摇着，他发现杠杆的原理通过桨、通过船的移动而表现出来。

虽然人类很早就懂得用杠杆来减轻劳动强度，提高工作效率，发明了早期的工具和机械，但是在阿基米德以前，谁也没有进行过科学的总结。阿基米德从日常生活司空见惯的现象中，经过观察和实验，从物体重心的观点出发，对杠杆的平衡条件做了数学证明。他在《论平面图形的平衡》这本著作中提出的杠杆定律和滑轮定律，直到今天还是一切机械设计的基础，在我们的生活和生产中不断创造新的奇迹。

阿基米德后来在保卫叙拉古、抵御罗马人的战争中发明了起重机和投石机等机械，正是杠杆原理的绝妙应用。

阿基米德原理

有一次，叙拉古国王亥厄洛让人做了一顶王冠。这顶王冠是用纯金制成的。

这天，工匠把做好的王冠恭恭敬敬地送来了，国王往头上一戴，不大不小，正合适。金灿灿的王冠镂着花纹，既华贵又威严。

亥厄洛国王洋洋得意。

过了几天，国王心里直犯嘀咕。如果工匠偷了他的黄金做了手镯、戒指什么的，那不等于欺骗了堂堂的国王嘛。

于是，他找来工匠，问个究竟。

工匠一点也不慌，他对天发誓，说什么也不承认偷字。最后还说：“尊敬的国王，你可以称一称呀，您交给我黄金时，不都记着数吗？”

这句话提醒了国王，他赶快命令左右的侍从，取下王冠一称，不多不少，王冠和黄金的重量不差分毫。

国王一怔，随后一会儿看看王冠，一会儿看看工匠，不知道在想些什么。

工匠得意地领取了一笔酬金，脸上挂着胜利的微笑，走了。

国王心里仍然闷闷不乐，总像有什么堵在心里。他都不乐意带王冠了，把它放在一边。

突然，他想起了阿基米德，人们不都说他什么问题都能解决吗？

“阿基米德，如果该死的工匠往王冠里掺了银子，而这掺进的银子又和他偷的黄金重量相等，你能查出来吗？”国王很急切地问。他倒不是小器，只是觉得如果被人骗了，那就太不像话了。

国王提出的问题看起来很简单，倒是一下子把阿基米德给难住了，因为国王要求他不许损坏王冠，又要把问题搞清楚，这在许多人看来，简直是不可能的。

阿基米德把王冠带回家里。别的事情都无法干了，这个美丽的王冠倒真的让阿基米德大费脑筋。白天，他盯着王冠想；夜里，他睁大眼睛想，一连想了几天都没有结果。

王冠害得阿基米德吃不下饭，伺候他的奴隶只好把饭端到面前，一勺子一勺子地喂。这一来，他恼了，一挥手，“去去去……”把奴隶们全赶跑了。

他不洗脸，也不洗澡，头发乱蓬蓬，胡须脏巴巴，样子很狼狈。

奴隶们合计一下，得让主人洗个澡，休息休息再想问题。于是，两个奴隶拿着干毛巾和抹身体的油，来找阿基米德，同样遭到拒绝：“洗澡？不去！”

两个奴隶只好架起他，把他送到公共浴室去。“放下，你们快放下！我还有重要的事情要做呢。”阿基米德气恼地嚷了起来。

这回，奴隶没有听他的，由他手舞足蹈，大喊大叫，惹得过路的人都来看热闹。奴隶们架着他一直向前走。

等到放进澡堂的浴盆里，阿基米德还嚷着要爬出来。奴隶们只好把他往水里按。一不小心，阿基米德整个儿滑进浴盆里，水从浴盆的边沿溢了出来，流了一地……

奴隶们吓坏了，生怕阿基米德会生气。

谁知阿基米德一跃而起，跳出浴盆，笑着喊着往外跑：“我知道了，我知道了！”

奴隶们面面相觑，好一会儿才醒悟过来，阿基米德还光着身子呢。他们抓起主人的衣服，追了出去，大声呼唤：“主人、主人，您还没穿衣服！”

他像没听见一样，直往家里奔。

阿基米德知道了什么呢？原来，他知道了辨别金王冠里是否掺有其他金属的办法。

回到家，他马上做试验：他在一个空盆里放了一只瓦罐，小心地往瓦罐里倒满清水，再轻轻地放进金王冠。好，就像自己滑进浴盆那样，水沿着瓦罐的边沿溢出来，流到盆里。他把盆里的水倒出来，量一量，记下数；又一次往瓦罐里倒满水，把一块与金王冠等重量的黄金放进去，水同样流出来。于是把这些水也量了一下。两次数据一比，不一样。金块排出的水要比王冠排出的水量少！重复几次结果完全一样。接下来，他取了一块与王冠、黄金块同样重的白银块，也用同样的办法，放进装满水的瓦罐，结果，白银排出的水又多于王冠排出的水。

阿基米德立即得出了结论：王冠既不是纯金的、也不是纯银的，工匠在制作王冠时肯定是在黄金中掺了不少白银，把多余的黄金偷走了。工匠大胆地戏弄了国王。

阿基米德是怎样揭开金王冠之谜的呢？

因为他知道，不同的物体密度是不同的，因此，同体积的两种不同物体，重量也不相同；相反，重量相同的两种不同的物体，密度大的体积就小，密度小的体积就大。

根据这个道理，由于金子的密度大于银子，因此相同重量的金子和银子，必定是银子的体积大于金子，如果把它们放进水里，金子排出的水量自然比银子排出的水少。

从金王冠排出的水量，比同样重量的金块排出的水量大，又小于同样重量的银块排出的水量，阿基米德终于发现了金王冠之谜。

不过，阿基米德的贡献并不限于回答了国王的疑问，今天，潜水艇的沉浮，气球和飞艇的飞行，打捞海底沉船，制造巨型舰船……都离不开阿基米德原理。阿基米德的著作《论浮体》成为水力学的奠基石。

巨星殒落

公元前 218 年，阿基米德已经是快 70 岁的老人，罗马与迦太基之间发生了战争，叙拉古站在迦太基一边，卷入这场共同对抗罗马人的战争。

作为一位爱国的科学家，阿基米德竭尽全力用自己的知识和才能为国家效忠。为保护叙拉古，粉碎罗马人的围攻，阿基米德发明了灵巧的回转起重机，可以把逼近海岸的罗马兵船从海里抓起来，悬在半空，然后抛入城墙，

或者扔在地下，给敌人以重创。他制造可以发射大小石弹的投石机，射程有近有远，狠狠打击了攻城的罗马人。他还利用光学原理，在罗马人的战舰进攻时，用聚光镜来聚光，使敌舰的帆片燃烧，以致战舰起火。阿基米德把科学技术用于保护自己的国家，使罗马人的侵略企图一直不能得逞。

不幸的是，叙拉古的居民渐渐放松了警惕，他们认为，只要阿基米德在，叙拉古是不会失败的，殊不知罗马人并没有放弃侵占叙拉古的野心。

公元前 212 年的一天，是阿尔杰米达节（即月亮女神节），叙拉古人照例庆祝一年一度的节日，美酒、篝火、舞蹈，使他们忘记了一切。这时，罗马军队在月亮被乌云遮住时，悄悄地从一道冷僻的城门用云梯爬上城墙，几乎没有遇到抵抗，攻进了狂欢中的叙拉古城。

罗马军队的偷袭成功了。

据说罗马将军马赛拉斯进城后，立即打发一名士兵去寻找阿基米德，虽然他吃尽了阿基米德的苦头，畏惧阿基米德，但是对他的才华是敬佩的，他想保护这位杰出的大科学家。

这时，阿基米德正在家里，全神贯注地蹲在地上研究一幅几何图形。他在苦思冥想，完全没有听见街上马蹄的践踏声，嘈杂的叫喊声和杂乱的脚步声，他完全沉浸在思维的世界里。

气势汹汹的罗马士兵一脚踢开房门，不禁愣了一下，他没想到马赛拉斯将军要他找的人是个糟老头子，便大声吆喝道：“喂，老家伙，起来，赶快跟我走！”

阿基米德正在思考，对突然闯进来的不速之客很反感，尤其是他那骄横的声调。他抬起头，以不屑的口气说：“嗯，你没看见我正在工作吗？”

说罢，他仍然低头看着地上的图形。

罗马士兵一脚踩上去，正好踩在几何图形的中间。

“你踩坏了，混蛋！”阿基米德怒不可遏，用画图棍子戳着士兵的鞋。

罗马士兵后退了一步，恶狠狠地举起了剑……

这时，阿基米德方才明白站在他面前的是他的敌人。他知道他的生命危在旦夕，但是他不愿意马上就死，他请求罗马士兵给他一点时间，让他证完这条定理，免得给世人留下一道尚未证完的问题。

但是，凶残的罗马士兵手起剑落，刺死了 75 岁的阿基米德，鲜血像喷泉一样涌出，把地上的几何图形淹没了。

这位伟大的科学家直到生命的最后一刻，还在追求他毕生奋斗的事业。在他死后差不多两千年，英国出版了《阿基米德遗著全集》，这已经是 1670 年了。这是阿基米德留给全人类的财富。

伽利略

著名的实验

凡是到意大利旅行的人，谁都忘不了去参观著名的比萨斜塔的丰采。

比萨斜塔是意大利中部比萨城里一个古建筑，原是比较大教堂的一个钟楼。这座 54.5 米高的八层圆柱形建筑，在 1174 年动工的时候，由于地基不牢，刚刚建到第三层时就发现塔身倾斜，不得不被迫停工。隔了一个多世纪，人们又继续施工，因此当它在 1350 年建成时，这座罗马式的大理石建筑好像一棵长歪的大树，再也不能扶直了。从那时起，600 多年的漫长岁月过去了，比萨斜塔向南倾斜达 5.3 度，而且每年都向南倾斜约 1 毫米。但是塔身尽管倾斜，而且经受过地震，这座古塔依然屹立在比萨城内，成为遐迩闻名的世界建筑史上的奇迹。

不过，比萨斜塔所以闻名于世，除了上述的原因之外，还因为它和科学发现史上一件重大事件有着密切的关系。

这是 1590 年的一个晴朗的日子，一个红头发的 25 岁的青年科学家领着几个年轻的大学生，兴致勃勃地穿过游人熙来攘往的广场，钻进斜塔底层的拱形券门，然后沿着塔内螺旋状的楼梯拾级而上。不多一会，聚集在广场的游人发现，在比萨斜塔的好几层外围的拱形券门都有那些大学生，而那个红头发的青年科学家爬上了高高的塔顶。

“喂，他们在干什么呀？”广场上一个大胡子意大利商人迷惑不解地问旁边一个卖小吃的小贩。

“先生，他们是比萨大学的学生。”那个腰间系着白围裙的商贩答道：“听说他们是在搞什么实……实验。”

小贩说的一点不错，因为广场上还有几个大学生正在让游人离开斜塔，免得被塔上的人扔下的东西砸伤。

说话间，塔顶的那个红头发青年科学家嚷了起来：“准备好了没有？”

从每层伸出的脑袋齐声喊道：“好了，可以开始！”

这时，塔上各层的大学生伸出半截身子，他们的手里托着一个沉甸甸的盒子，身旁还有一个玻璃的沙漏，那时还没有精确的秒表，沙漏是计算时间的工具。那个盒子里装着两个重量不同的物体，有的是两个大小不同的铁球，有的是大小不同的石块，甚至还有的放着一个墨水瓶和一管鹅毛笔。盒子是特制的，安上一个按钮，只要轻轻地按下按钮，底盖会自动打开。

实验开始了。只听见塔顶的那个红头发青年科学家一声号令，最下边一层的大学生按下按钮。这时，只见盒子打开，两个重量完全不同的物体飞快下落，几秒钟后，广场上的人们听见“当”的一声，两个物体同时落地。

紧接着是二层、三层、五层……重复的实验依次进行。最后，塔顶的那个红头发的青年科学家也举着一个盒子，里面是两个大小不同的铁球，他按下按钮，铁球迅速飞落下来，结果也是同时着地。沙漏记下的时间说明这样一个道理：不同重量的物体从同样高度落下来，都是同时到达地面。

实验成功了！尽管广场上的游人对这个实验一点儿也不感兴趣，但是这个实验却动摇了几千年来谁也不曾怀疑过的一条“真理”，这个“真理”是由古希腊哲学家亚里斯多德提出的，他认为：物体从高处落下时，速度是由它的重量决定的，物体越重，落下来的速度越快。

比萨斜塔的实验，推翻了这个权威的结论。

这个敢于向权威挑战的红头发的青年科学家是谁呢？他就是意大利著名数学家、天文学家、物理学家伽利略。

选择道路

1564年2月15日，伽利略出生在意大利西海岸比萨城一个破落的贵族之家。据说他的祖先是佛罗伦萨很有名望的医生，但是到了他的父亲伽利略·凡山杜这一代，家境日渐败落。凡山杜是个很有才华的作曲家，生前出版过几本牧歌和器乐作品，他的数学也很好，精通希腊文和拉丁文，但是美妙的音乐不能填饱一家人的肚皮，他的数学才能也不能给他谋到一个好职位。大约在小伽利略出生不久，凡山杜在离比萨城不远的佛罗伦萨开了一间卖毛织品的小铺子，这完全是不得已的办法。但是为了维持一家人的生活，凡山杜只好违背自己的意愿去经商。

小伽利略是凡山杜的长子，父亲对儿子寄予很大希望。他发现，小伽利略非常聪明，从小对什么事物都充满强烈的好奇心，不仅如此，这个孩子心灵手巧，他似乎永远闲不住，不是画图画，就是弹琴，而且时常给弟弟妹妹做许多灵巧的机动玩具，玩得十分开心。

凡山杜对这一切都看在眼里，有一次，他对妻子说：“伽利略似乎对什么都有兴趣，将来他干什么合适呢？”

“是呀，他很有音乐才能，也许可以把他培养成一个音乐家，像您一样……”妻子说。

凡山杜皱着眉摇摇头，说：“不，我已经吃够了搞音乐的苦头，不能让孩子走这条路！”

妻子迷惑不解地望着丈夫，小心翼翼地问：“那么，你的意思是……”

凡山杜胸有成竹地说：“我要把他培养成一个杰出的医生，就像我们的祖辈那样，受人尊敬，有优厚的收入，能给我们家庭带来荣誉、地位和金钱……”

妻子看着丈夫激动的神情，知道这是凡山杜考虑了很久的念头，她没有反驳，只是叹了口气说：“但愿如此，也许这孩子不会辜负您的期望……”

小伽利略最初进了佛罗伦萨修道院的学校。在这所学校，他专心学习哲学和宗教，有段时间，小伽利略很想将来当一个献身教会的传教士。但是凡山杜听到这个情况后，立即把儿子带回家，他劝说伽利略去学医，这是他为儿子的未来早已设计好的一条路。

17岁那年，伽利略进了著名的比萨大学，按照父亲的意愿，他当了医科学生。比萨大学是一所古老的大学，学校图书馆藏书丰富，这很合伽利略的心意，但是伽利略对医学并没有多大兴趣，他很少上课，一上课就对教授们教课的内容提出这样那样的疑问，使教授们难于回答，在教授们的眼里，伽利略是个很不招人喜欢的坏学生。不过，伽利略只是兴趣不在医学，他孜孜不倦地学习数学、物理学等自然科学，并且以怀疑的眼光看待那些自古以来被人们奉为经典的学说。

要知道，伽利略生活的时代，正是欧洲历史上著名的文艺复兴时代，而意大利又是文艺复兴的发源地。当时，意大利的许多大城市，如佛罗伦萨、热那亚和威尼斯，发展成东西方贸易的中心，建起了商号、手工作坊和最早

的银行，出现了资本主义生产关系的萌芽。加上贸易往来的发达，印刷术的发明，新思想的传播比以往任何时候都更加迅速。于是，人们对千百年来束缚思想的宗教神学和传统教条开始产生了动摇。

一个偶然的机，伽利略听了宫廷数学家玛竇·利奇的讲课。这位青年数学家渊博的学识，严密的逻辑性，特别是他在证明数学难题时的求证方法，使伽利略深深着迷。他眼睛亮了，仿佛发现了一个神奇无比的世界，这就是他梦寐以求的数学王国！他兴奋极了，立即找到宫廷数学家玛竇·利奇，向他提出了许多百思不得其解的问题。

玛竇·利奇原是跟随托斯坎尼大公爵从佛罗伦萨来到比萨的，他给宫廷里的侍童讲数学，没有想到会有一个热心的听众，而且他提出的问题非常有趣，充分显示出超群的智慧和深厚的学识功底。

当玛竇·利奇听说伽利略是比萨大学医科学生时，不禁脱口而出：“啊，伽利略，你有天才，你会成为一个杰出的数学家的。”

伽利略的脸红了，他谈到自己对医学的厌倦，谈到父亲对他的期望，也倾诉了自己因为不能按照自己的意愿学习的苦恼。

“别泄气。”玛竇·利奇和蔼地说：“你努力自学吧，有什么困难，任何时候我都是你忠诚的朋友。”

听了玛竇·利奇的鼓励，伽利略越发刻苦钻研数学和物理学，他把从宫廷数学家那里借来的每一本书，都用心地阅读，像海绵吸水一样地吸收下来。但是，他并不是那种迷信书本的人，那些人们认为是真理的权威结论，在伽利略的脑子里常常带来意想不到的疑问，他常常为此而感到苦恼，陷入深深的思索之中。

有一次，伽利略信步来到他熟悉的比萨大教堂，他坐在一张长凳上，目光凝视着那雕刻精美的祭坛和拱形的廊柱，蓦地，教堂大厅中央的巨灯晃动起来，是修理房屋的工人在那里安装吊灯。

这本来是件很平常的事，吊灯像钟摆一样晃动，在空中划出看不见的圆弧。可是，伽利略却像触了电一样，目不转睛地跟踪着摆动的吊灯，同时，他用右手按着左腕的脉，计算着吊灯摆动一次脉搏跳动的次数，以此计算吊灯摆动的时间。

这样计算的结果，伽利略发现了一个秘密，这就是吊灯摆一次的时间，不管圆弧大小，总是一样的。一开始，吊灯摆得很厉害，渐渐地，它慢了下来，可是，每摆动一次，脉搏跳动的次数是一样的。

伽利略的脑子里翻腾开了，他想，书本上明明写着这样的结论，摆经过一个短弧要比经过长弧快些，这是古希腊哲学家亚里斯多德的说法，谁也没有怀疑过。难道是自己的眼睛出了毛病，还是怎么回事。

他像发了狂似的跑回大学宿舍，关起门来重复做这个试验。他找了不同长度的绳子、铁链，还有不知从哪里搞到的铁球、木球。在房顶上，在窗外的树枝上，着迷地一次又一次重复，用沙漏记下摆动的时间。最后，伽利略不得不大胆地得出这样的结论：亚里斯多德的结论是错误的，决定摆动周期的，是绳子的长度，和它末端的物体重量没有关系。而且，相同长度的摆绳，振动的周期是一样的。这，就是伽利略发现的摆的运动规律。

伽利略不用说多么高兴了。可是在当时，有谁会相信一个医科大学生的科学发现，何况他的结论是否定了大名鼎鼎的亚里斯多德的权威说法。

就在这时，凡山杜的铺子里越来越不景气，听说伽利略并没有按照自己

的意愿学习医学，而是成天迷恋着不相干的实验，于是，严厉的父亲决定停止伽利略继续上大学，让他回家去当一个店员。

伽利略灰心极了，他离开了比萨大学回到佛罗伦萨。但是他选择的道路却是不可动摇的。

坚信科学

佛罗伦萨一条不太热闹的道路，有一个门面不大、生意清淡的铺子，这就是凡山杜开的毛织品商店。每天，当匆匆过往的行人经过这里时，总是可以看见红头发的伽利略呆呆地坐在柜台前出神，或者旁若无人的在那里摆弄着一些莫名其妙的东西，像秤盘呀，铁块呀，盘子呀；而更多的时候，他是埋头在书本里，他看得那样专心，就连他的父亲大声叫唤都听不见。

自从回到家里，伽利略不得不违背自己的意愿在父亲的铺子里当一名店员，但是他的心里一时一刻也没有忘记数学和物理学。没有起码的学习条件，也没有老师可以求教，他就想方设法找到一些自然科学的书籍，以顽强的毅力刻苦自学。他最喜欢的书是欧几里得的《几何原理》和阿基米德的著作。

《几何原理》是世界上流传下来最早的几何学著作，而希腊科学家阿基米德的著作，包含了丰富的数学与力学知识，特别是其中的一些物理实验，对伽利略有很大的吸引力。

谈起实验，伽利略的兴趣最浓。还在比萨大学时，他就动手制作了一种“脉搏计”，这是他根据摆的运动规律设计的，可以用来测量病人的脉搏跳动的情况，很受医生的欢迎。现在，在父亲的铺子里，谈不上实验的条件，但他仍然用一些日常的器具来做实验，尽管这样做免不了又要挨父亲的骂，他还是照干不误。

他从阿基米德检验国王皇冠的实验中受到启发，一面重复这个实验，一面想到这种方法的用途。当时欧洲各国的航海事业正在兴起，航海业带动了造船业和机械制造，采矿、冶金的发展，反过来又向科学技术提出许多新的问题。伽利略于是把他的注意力转向合金的物理和力学性质的研究，不久，他通过测定物体在水中的重量发现，物体投入水中减轻的重量，刚好等于它排开的水的重量。在这个重大发现的基础上，伽利略发明了一种比重秤，可以很方便地测定各种合金的比重。他还写了一篇论文，详细地介绍了比重秤的构造原理和使用方法。这件事，很快就在佛罗伦萨和其他城市传开了。

1589年夏天，在佛罗伦萨的店铺里度过了4年自学生活的伽利略，由于得到宫廷数学家玛竇·利奇的鼓励，特别是贵族盖特保图侯爵的推荐，他终于获得了比萨大学数学和科学教授的职位。这时，他只有25岁。

现在，伽利略可以不必为生活发愁了，虽然工资不高，但是他可以在完成日常教学之外，专心从事他向往的科学研究。就在这不久，伽利略进行了本文一开头介绍的自由落体实验，他在比萨斜塔上扔下的铁球，不仅雄辩地证明了不同重量的物体由同一高度自由下落时速度是相同的，更重要的是，这个大胆的结论推翻了亚里斯多德的权威结论。在那些思想保守、头脑僵化的人眼里，这个举动无异于挖了他们的祖坟，亚里斯多德的信徒们与伽利略开始势不两立了。在比萨大学呆了一个学期，伽利略又失去了职位。原因是他得罪了一个大公爵的亲戚乔范尼。这个乔范尼是个不学无术的人，他声称发明了一台挖泥船，假惺惺地跑来征求伽利略的意见。当伽利略仔细观察了

挖泥船的模型后，直言不讳地告诉他，设计不合科学原理，根本不能使用。乔范尼碰了一鼻子灰，不但不接受伽利略的意见，反而固执地坚持下水实验，结果船沉了。事实证明伽利略的判断是完全正确的，但恼怒的乔范尼反而迁怒于伽利略，散布流言蜚语，攻击他是“阴险的人”。那些早就心怀不满的亚里斯多德的信徒，乘机对他大肆攻击，一时间闹得满城风雨。在这种气氛中，伽利略无法在比萨大学呆下去了。

伽利略再一次求助于盖特保图侯爵。这位珍惜人才的贵族再一次伸出友谊的手，他运用自己的影响，把伽利略推荐给帕多瓦大学，帕多瓦是意大利北部一个学术空气浓厚的小城，距离美丽的海滨城市威尼斯不远，属于威尼斯共和国管辖。1592年，28岁的伽利略被任命为帕多瓦大学的数学、科学和天文学教授。

从此，伽利略迎来了一生中的黄金时代。

发明望远镜

伽利略在帕多瓦大学工作的18年间，最初把主要精力放在他一直感兴趣的力学研究方面，他发现了物理上重要的现象——物体运动的惯性；做过有名的斜面实践，总结了物体下落的距离与所经过的时间之间的数量关系；他还研究了炮弹的运动，奠定了抛物线理论的基础；关于加速度这个概念，也是他第一个明确提出的：甚至为了测量病人发烧时体温的升高，这位著名的物理学家还在1593年发明了第一支空气温度计……但是，一个偶然的事件，使伽利略改变了研究方向。他从力学和物理学的研究转向广漠无垠的茫茫太空了。

那是1604年的冬天，在南方的天空突然出现一颗异常明亮的星星，这颗宇宙的不速之客吸引着许多人的注意，而后又在第二年的秋天神秘地消失。人们不禁提出一连串的疑问，这是一颗什么样的星？它从哪里来，又到哪里去？夜空中的点点繁星究竟是按照怎样的规律运动的？但是，所有这些问题，谁也说不清楚。

伽利略每天晚上都在观察着那颗神秘的星辰，只要天气晴朗，他是决不放过这千载难逢的机会的。他的脑海也不断浮想出许许多多问题，他越来越感到，人类对宇宙的秘密了解得太少了。

但是，光凭肉眼观察毕竟是有限的，当时还没有发明望远镜。伽利略一直在想，能不能想办法使人的视力更加锐敏，更加扩展，像神话中的千里眼那样可以看清遥远的星星呢？

转眼到了1609年6月，伽利略听到一个消息，说是荷兰有个眼镜商人利帕希在一偶尔的发现中，用一种镜片看见了远处肉眼看不见的东西。“这难道不正是我需要的千里眼吗？”伽利略非常高兴。不久，伽利略的一个学生从巴黎来信，进一步证实这个消息的准确性，信中说尽管不知道利帕希是怎样做的，但是这个眼镜商人肯定是制造了一个镜管，用它可以使物体放大许多倍。

“镜管！”伽利略把来信翻来覆去看了好几遍，急忙跑进他的实验室。他找来纸和鹅管笔，开始画出一张又一张透镜成像的示意图。伽利略由镜管这个提示受到启发，看来镜管能够放大物体的秘密在于选择怎样的透镜，特别是凸透镜和凹透镜如何搭配。他找来有关透镜的资料，不停地进行计算，

忘记了暮色爬上窗户，也忘记了曙光是怎样射进房间。

整整一个通宵，伽利略终于明白，把凸透镜和凹透镜放在一个适当的距离，就像那个荷兰人看见的那样，遥远的肉眼看不见的物体经过放大也能看清了。

伽利略非常高兴。他顾不上休息，立即动手磨制镜片，这是一项很费时间又需要细心的活儿。他一连干了好几天，磨制出一对对凸透镜和凹透镜，然后又制作了一个精巧的可以滑动的双层金属管。现在，该试验一下他的发明了。

伽利略小心翼翼地把一片大一点的凸透镜安在管子的一端，另一端安上一片小一点的凹透镜，然后把管子对着窗外。当从凹透镜的一端望去时，奇迹出现了，那远处的教堂仿佛近在眼前，可以清晰地看见钟楼上的十字架，甚至连一只在十字架上落脚的鸽子也看得非常逼真。

伽利略制成望远镜的消息马上传开了。“我制成望远镜的消息传到威尼斯”，在一封写给妹夫的信里，伽利略写道：“一星期之后，就命我把望远镜呈献给议长和议员们观看，他们感到非常惊奇。绅士和议员们，虽然年纪很大了，但都按次序登上威尼斯的最高钟楼，眺望远在港外的船只，看得都很清楚；如果没有我的望远镜，就是眺望两个小时，也看不见。这仪器的效用可使 50 英里的以外的物体，看起来就像在 5 英里以内那样。”

伽利略发明的望远镜，经过不断改进，放大率提高到 30 倍以上，能把实物放大 1000 倍。现在，他犹如有了千里眼，可以窥探宇宙的秘密了。

这是天文学研究中具有划时代意义的一次革命，几千年来天文学家单靠肉眼观察日月星辰的时代结束了，代之而起的是光学望远镜，有了这种有力的武器，近代天文学的大门被打开了。

现在，每当星光灿烂或是皓月当空的夜晚，伽利略便把他的望远镜瞄准深邃遥远的苍穹，不顾疲劳和寒冷，夜复一夜地观察着。

过去，人们一直以为月亮是个光滑的天体，像太阳一样自身发光。但是伽利略透过望远镜发现，月亮和我们生存的地球一样，有高峻的山脉，也有低凹的洼地（当时伽利略称它是“海”）。他还从月亮上亮的和暗的部分的移动，发现了月亮自身并不能发光，月亮的光是从太阳那里得来的。

伽利略又把望远镜对准横贯天穹的银河，以前人们一直认为银河是地球上的水蒸汽凝成的白雾，亚里斯多德就是这样认为的。伽利略决定用望远镜检验这一说法是否正确。他用望远镜对准夜空中雾蒙蒙的光带，不禁大吃一惊，原来那根本不是云雾，而是千千万万颗星星聚集一起。伽利略还观察了天空中的斑斑云彩——即通常所说的星团，发现星团也是很多星体聚集一起，像猎户座星团、金牛座的昴星团、蜂巢星团都是如此。

伽利略的望远镜揭开了一个又一个宇宙的秘密，他发现了木星周围环绕着它运动的卫星，还计算了它们的运行周期。现在我们知道，木星共有 14 颗卫星，伽利略所发现的是其中最大的四颗。除此之外，伽利略还用望远镜观察到太阳的黑子，他通过黑子的移动现象推断，太阳也是在转动的。

一个又一个振奋人心的发现，足使伽利略动笔写一本最新的天文学发现的书，他要向全世界公布他的观测结果。1910 年 3 月，伽利略的著作《星际使者》在威尼斯出版，立即在欧洲引起轰动。

但是，他没有想到，望远镜揭开的宇宙的秘密大大触怒了很多人，一场可怕的厄运即将降临在这位杰出的科学家的头上。

悲惨的遭遇

1615年冬季的一天，天气寒冷异常，天空笼罩着阴沉的乌云，伽利略孤身一人来到罗马。5年前的1610年，伽利略告别了帕多瓦大学，回到佛罗伦萨，担任了托斯坎尼公国的宫廷数学家和哲学家，兼任比萨大学的数学教授。也就在这年，他曾经访问过罗马，受到热情的接待和规格很高的礼遇。他在天文学上一系列新发现和望远镜的发明，受到罗马教皇保罗五世的重视，罗马的贵族和科学家也以结识他而感到荣耀。可是，仅仅事隔5年，罗马的面孔完全变了，没有鲜花和笑脸，到处是冷漠的没有表情的面孔，连熟悉的人也像躲避瘟疫似地离他远远的。

发生了什么事情？原来这一次，伽利略的名字上了罗马宗教裁判所的黑名单，他是被臭名昭著的宗教裁判所传讯到罗马来接受对他的审讯的。

伽利略犯了什么罪呢？这话要从头说起。

15、16世纪的欧洲，正是封建社会向资本主义社会转变的关键时期。长期以来，为了巩固封建统治的秩序，神权统治的欧洲，用神学代替了科学，用野蛮代替了自由。神学家们荒诞地宣称，宇宙是一个充满“各种等级的天使和一个套着一个的水晶球”，而静止不动的地球就居于这些水晶球的中心。他们推崇古希腊天文学家托勒玫的“地球是宇宙中心”的学说，因为在神学家看来，太阳是围绕地球运转的，因为上帝创造太阳的目的，就是要照亮地球，施恩于人类。这是永恒不变、颠扑不破的真理。

为了维护这个荒谬的理论，天主教会的宗教裁判所不惜用恐怖的暴力对付一切敢于提出异议的人们。1327年，意大利天文学家采科·达斯科里活活被烧死，他的罪名只不过说了地球是球状，在另一个半球上也有人类居住，却因违背圣经的教义惨遭迫害。1600年2月17日，意大利哲学家布鲁诺，在罗马百花广场被活活烧死，也是因为他到处宣传了哥白尼的学说，动摇了地球中心说。

伽利略是布鲁诺的同时代人，早在帕多瓦大学执教时，他就读过哥白尼的著作《试论天体运行的假说》。这位杰出的波兰天文学家在这本书中大胆地提出太阳是太阳系的中心，地球和其他行星都围绕着太阳运转的理论，即太阳中心说，一开始就引起伽利略的极大兴趣。但是伽利略是个科学态度十分严肃的学者，他想，过去都说是太阳围着地球运转，哥白尼却提出相反的看法，到底哪一个正确呢？伽利略没有轻率地下结论，他决定用自己的望远镜来证实谁是谁非。

当伽利略的著作《星际使者》出版时，他已是一个哥白尼学说坚定的支持者了。伽利略通过自己的观测和研究，逐渐认识到哥白尼的学说是正确的，而托勒玫的地球中心说是错误的，亚里斯多德的许多观点也是站不住脚的。伽利略不仅发表了批驳亚里斯多德的论文，还通过书信毫不掩饰地支持哥白尼的学说，甚至把信件的副本直接寄给罗马教会。在伽利略看来，科学家的良心就是追随真理。

但是，罗马教廷是决不会放过伽利略的，他们先是对伽利略发出措辞严厉的警告，继而把他召到罗马进行审讯。1616年2月，宗教裁判所宣布，不许伽利略再宣传哥白尼的学说，无论是讲课或写作，都不得再把哥白尼学说说是真理。

伽利略不会忘记，16年前布鲁诺就是被这些披着黑色道袍、道貌岸然的上帝的卫道士活活烧死的。他如果敢于反抗，下场绝不会比布鲁诺更好。

在教会的淫威下，伽利略被迫作了放弃哥白尼学说的声明。他怀着极其痛苦的心情回到佛罗伦萨，在沉默中度过了好些年。

但是伽利略的内心深处并没有放弃哥白尼学说，相反，继续不断的观测和深入研究，使他更加坚信哥白尼学说是完全正确的科学理论。在佛罗伦萨郊外的锡尼别墅里，伽利略过着与世隔绝的生活，他的身体大不如前，病魔在残酷地折磨他，但是他依然念念不忘宣传哥白尼的学说。经过长久的酝酿构思，用了差不多5年时间，一部伟大的著作《关于两种世界体系的对话》终于诞生了。

《关于两种世界体系的对话》表面上是以三个人对话的形式，客观地讨论托勒玫的地心说与哥白尼的日心说，对谁是谁非进行没有偏见的探讨。但是当这本书好不容易在1632年2月出版时，细心的读者不难看出，这本书以充分的论据和大量无可争辩的事实，有力地批判了亚里斯多德和托勒玫的错误理论，科学地论证哥白尼的地动说，宣告了宗教神学的彻底破产。

很快，嗅觉比猎狗还灵的教会嗅出了这本书包含的可怕思想，从字里行间流露出来的大胆结论使神学家们感到极大恐慌。那些早就对伽利略心怀不满的学术骗子立即和教会勾结，罗织罪名，阴谋策划，为迫害伽利略大造舆论。

科学和神学不可调和的斗争爆发了。1632年8月，罗马宗教裁判所下令禁止这本书出售，并且由罗马教皇指名组织一个专门委员会对这本书进行审查。伽利略预感到大祸临头，果然，到了10月，他接到了宗教裁判所要他去罗马接受审讯的一纸公文。

这时候的伽利略已是69岁的老人，病魔缠身，行动不便，许多关心他的人到处为他说情，但是罗马教皇恼怒地说：“除非证明他不能行动，否则在必要时就给他带上手铐押来罗马！”

就这样，1633年初，伽利略抱病来到罗马。他一到罗马便失去自由，关进了宗教裁判所的牢狱，并且不准任何人和他接触。

人类历史上一次骇人听闻的迫害就这样开始了。在罗马宗教裁判所充满血腥和恐怖的法庭上，真理遭到谬误的否决，科学受到神权的审判。那些满脸杀机的教会法官们，用火刑威胁伽利略放弃自己的信仰，否则他们就要对他处以极刑。

年迈多病的伽利略绝望了，他知道，真理是不可能用暴力扑灭的。尽管他可以声明放弃哥白尼学说，但是宇宙天体之间的秩序是谁也无法更改的。

在审讯和刑法的折磨下，伽利略被迫在法庭上当众表示忏悔，同意放弃哥白尼学说，并且在判决书上签了字。

“为了处分你这样严重而有害的错误与罪过，以及为了你今后更加审慎和给他人做个榜样和警告，”穿着黑袍的主审法官当众宣读了伽利略的判决书，“我们宣布用公开的命令禁止伽利略的《关于两种世界体系的对话》一书；判处暂时正式把你关入监狱内，根据我们的意见，以及使你得救的忏悔，在三年内每周读七个忏悔的圣歌……”

伽利略眼前顿时一片黑暗，等待他的命运是终身监禁和失去科学研究的自由，但是这个倔强的科学家最后在判决书上签字时，嘴里仍然自言自语地说：“地球确实是在转动的啊！”

伽利略的晚年是非常悲惨的。这位开拓了人类的眼界，揭开了宇宙秘密的科学家，1637年双目完全失明，陷入无边的黑暗之中。他唯一的亲人——小女儿玛俐亚先他离开人间，这给他的打击是很大的。但是，即使这样，伽利略仍旧没有失去探索真理的勇气。1638年，他的一部《关于两门新科学的讨论》在朋友帮助下得以在荷兰出版，这本书是伽利略长期对物理学研究的系统总结，也是现代物理的第一部伟大著作。后来，宗教裁判所对他的监视有所放宽，他的几个学生，其中包括著名物理学家、大气压力的发现者托里拆利来到老人身边，照料他，同时也是向他请教。他们又可以愉快地在一起讨论科学发明了。

1642年1月8日，78岁的伽利略停止了呼吸。但是他毕生捍卫的真理却与世长存。具有讽刺意味的是，300多年后的今天，1979年11月，在世界主教会议上，罗马教皇提出重新审理“伽利略案件”。为此，世界著名科学家组成了一个审查委员会，负责重新审理这一冤案。其实，哪里还用得着审理什么呢？宇宙飞船在太空飞行，人类的足印深深地留在月球的表面，人造卫星的上天，宇宙探测器飞出太阳系发回的电波……所有这些现代科学技术的进步，早已宣告了宗教神学的彻底破产，人类将永远记住伽利略这个光辉夺目的名字。

法拉第

贫寒的家庭

瓦特新发明的蒸汽机震撼着英国。它就像一股巨大的魔力，使新开的工厂在英国大地上林立，工厂的烟囱里冒出的烟熏得人们发财的心情更加急促了。

伦敦城里，一天到晚总是那么沸沸扬扬，机器的轰鸣声、建筑工地的杂乱、大街上的车流与人群的浮躁交织在一起。这是一个追逐财富的年代，可是流水般的黄金是朝着有钱人流去的，在这个时代里，穷人可不是好受的。迈克尔·法拉第就在这时候出生了——他出生在一个贫穷的铁匠家庭。

法拉第从小就过着贫穷清苦的生活，正像很多穷人家的孩子一样，他比较早熟。13岁时，由于家庭经济越来越困难，他不能再上学了，便成了一个装订印刷作坊的徒工。从此，法拉第走上了自己谋生的道路。法拉第手脚勤快、聪明伶俐，还很注意学习。他很快就学会了书籍装订的手艺，而且装订得又快又好，这样，他就可以抽空看看装订的那些书了。谁能想到，读书引导、培养并造就了一个未来的大科学家。

慢慢地，法拉第的头脑像一块巨大的海绵，贪婪地吸取着知识。他读了很多书，像莎士比亚的《哈姆雷特》、《李尔王》，还有《一千零一夜》，都让他大饱眼福。不过，最吸引法拉第的是《大英百科全书》中讲的那些电的现象和《化学漫谈》中讲的那些化学实验。法拉第被迷住了。

拿一根玻璃棒在毛皮上摩擦几下，玻璃棒就能吸引纸屑，这就是电。这个他知道，他在别的书上看到过而且自己也试验过小小的电的吸引力。可是现在《大英百科全书》上说，可以把这些细微的电一点一滴地贮存起来，贮存多了就可以“啪”地一下放出一个火花，像天上的雷鸣、闪电一样。在自己家里就可以制造出雷声和闪电，真是太有趣了！

还有，《化学漫谈》中说，只要把一片铜片和一块锌片浸在盐水里，就能做一个伏打电池，使电源不断地流动起来。用许多伏打电池串联起来，就能使水分解成两种气体，而这两种气体混合在一起，一点火，又会“轰”的一声爆炸，重新再变成水。啊！电，化学，太神奇了。

从此以后，法拉第经常到外面捡些旧瓶子之类的，统统用于实验。他把书上的每个实验都做了一遍，亲眼看到那些神奇的现象在自己眼前出现。科学引起了法拉第浓厚的兴趣，各种实验的操作培养了法拉第极强的动手实验能力，这些都为他以后从事科学研究打下了初步的基础。

逐渐地，他身边的书已经不能满足他的要求了，他开始去追寻更深奥的知识。

步入科学圣殿

按书本上讲的做实验已使法拉第不满足了。几年来，他的知识丰富多了，对于电方面的浓厚兴趣，已使他把自己能找到的有关电气方面的论述搜集起来，并进行了一定的分析和研究。法拉第期待着更新的科学知识，他20岁那年，强烈的求知欲望使得他把渴望的目光投向了英国皇家学会的科学演讲报告会。

法拉第坐在皇家学会富丽堂皇的大厅里。阶梯形的大厅里座无虚席，谁也没注意第7排中间位置上的法拉第。他穿得很旧，薄呢大衣早已磨得露出经纬，和满厅的听众相比，他显得很寒酸。

马蹄形的大讲台旁边，正站着—个漂亮的中年人，他讲得那么轻松，却又那么透彻，他精神抖擞，神采奕奕；天才的光华和势热力，似乎正从他的身上向外辐射。

他是戴维教授，当时英国科学界的巨子。他23岁时就被任命为皇家学会化学教授。他还不到25岁就当选为皇家学会会员，两年后又获得英国皇家学会的最高荣誉——柯普莱奖。现在，戴维教授已成为皇家学会的灵魂。由于他的努力，虽然只有33岁，已经赢得了崇高的国际声誉。他对于氯气的研究，他所发现的钠和钾，给全世界留下了深刻的印象。

法拉第被迷住了，激动得有些发抖的手正用笔飞快地记录着戴维教授的每一句话、每一个字的意图。周围的人觉得他挺可笑，那么认真干什么，听听不就行了吗！

然而，人们没有想到，这以后不久，这个贫寡的青年成了戴维的得力助手，更没想到他最终成为—代伟大的科学家。

戴维教授的讲演开拓了法拉第的视野，法拉第连续听了4次戴维教授的讲演。出于对科学和大科学家的虔诚，法拉第认真地把戴维教授的4次讲演纪录整理好，配上精致的插图，并精心地装订成册，书脊上用烫金字写着“亨·戴维爵士讲演录”。

不久，法拉第学徒期满了。出于对科学的向往，法拉第鼓起勇气给皇家学会会长约瑟夫·班克斯爵士写了一封求职信，表示愿意到皇家学会来工作，不管干什么都行，只要是为科学服务，他就满足了。然而，他只得到了班克斯爵士的一个仆人的一句话：“不予回复！”

当时，命运决不愿对穷苦出身的人露出笑脸，它永远是一副威严、凶恶的面孔，叫你对它屈服、膜拜。然而，法拉第决不屈从命运，他顽强地与之搏斗。法拉第又给戴维教授写了一封信，恳切地表达了自己的愿望和追求，他把信和自己整理、装订的戴维的讲演纪录，一起送到了皇家学会。

戴维教授觉得很奇怪，自己从来没有出版过什么讲演录，哪来这么一本书呢？难道是欧洲大陆上的国家抢在英国前面，出版了他的讲演录？看完信，原来是一个叫法拉第的小伙子编的，他的信就像这本书—样，清晰明了。戴维教授被感动了，从法拉第身上，戴维看到了自己的前尘影事——敢于向命运挑战，勇于追求理想，以及青春、奋斗、憧憬……

看，这本装订好的讲演录，它的记录、整理、撰抄、装订，做得多么漂亮！那是有条不紊、严密细致的工作作风的产物。戴维教授十分懂得，这样的习惯和作风在科学研究中有多么大的价值。

从此，法拉第进入了科学的殿堂。

了不起的成就

法拉第刚进入皇家学会是从洗瓶子开始做起的。他工作勤奋，很快地掌握了实验技术，成了戴维教授的得力助手。法拉第虚心好学，潜心研究，在科学研究上进展很快。1821年，这是他来到皇家学会的第9个年头，他以其卓越的成就就任皇家学会实验室总监和代理实验室主任。此时正值很多科学

家努力探索电与磁的奥秘之时，法拉第也以浓厚的兴趣开始了电和磁的研究。经过几个月的努力，法拉第成功地实现了电磁转动——制造了世界上第一个电动机。这就意味着，人类的工农业生产以至人们的生活，将要有巨大的改观。

这时，丹麦科学家奥斯特教授得到一个有趣的发现。奥斯特和当时的许多科学家一样，认为电和磁之间互相有联系，比如说，在雷电轰鸣的时候，磁针有偏转现象。因此，奥斯特认为，利用通过电流的导线，可以使磁针绕着磁针偏转。他设计了一个实验，立着一根导线，在与导线垂直的方向放着一根磁针，接通电源，根据他的设想，磁针将会发生偏转。不料实验时，磁针并没有偏转。奥斯特疑惑了，他又将导线转动了90度，使之与磁针旋转的方向平行，然后接通了电源。这一刹那间，磁针明显地转动了，从原来指向南北方向转为指向东西方向，并停在这个方向上。

奥斯特发表了这一实验报告，并且把它寄给了他所知道的著名科学家。这个实验引起了许多科学家的注意，他们都根据奥斯特报告重复了他的实验，并且也都陆续得到一些关于电磁现象的新发现。

英国皇家学会的化学家戴维，也看到了这份实验报告，并以极大的兴趣让法拉第和自己一起重复了这个实验。

这个实验给法拉第提供了一个新信息。这个信息表示的意义有多么深远、有多么伟大，尽管当时法拉第还不可能理解得很清楚，但是他充分地感觉到了。这就是后来法拉第说的：“它猛然打开了一个科学领域的大门，那里过去是一片漆黑，如今充满了光明。”

于是，法拉第在1822年的日记中写下了一个崭新的研究题目：“把磁转变成电”。

法拉第认识到：磁铁可以使铁块感应带磁，静电可以使导体感应带电，电流能产生磁，那么，必然地，磁也应该能产生电。

法拉第特别下了一番功夫去研究分析奥斯特实验。他发现这个实验有一个特点，就是当导线通过电流的时候，磁针都是绕着导线偏转，而不是磁针自己偏转，而许多重复奥斯特实验的科学家都没有注意到这一特点。于是，他从此入手开始了全面的研究分析，也经常做实验进行尝试，可每次都失败了。法拉第坚信自然界是统一的、和谐的，电和磁是彼此有关联的。法拉第反复实验，反复研究，并不断改进实验方案。

终于，在1831年10月17日——这是人类科学史上应当记住的一天，法拉第在圆形铁环上绕两圈铜线圈，一个接在电流计上，另一个接在串联的伏打电池上，当他把电路接通时，突然电流计的指针轻轻地动了一下，当他把电路断开时，指针向反方向又动了一下，法拉第的内心立刻明亮了。法拉第一次又一次地重复着实验，他注意到，由磁产生电流的必要条件是相对运动，他把这样产生的电流叫做感应电流。人们把法拉第由此总结出来的变化的磁场产生电流的规律，称为法拉第电磁感应规律。

法拉第的实验成功了。它说明，一根带电的导线，可以在它的周围产生磁场，这个磁场可以使磁针绕着导线转动。这是一个多么了不起的发现呀！在这以前，已经有许多科学家研究了自然界中的力，比如像万有引力、静电力和磁力，但是这些都表现为可以相互吸引的拉力，或者相互排斥的推力。而法拉第发现的力，是一种可以转动的力，多么不可思议！

然而，法拉第并没有就此止步，因为只有当磁棒在线圈中作往复运动的

时候，才有电流感应出来，而磁棒的运动一停止，电流也就随之消失，他需要制造出稳定的电源来。因为法拉第成天跟伏打电池打交道，很清楚它的缺点，伏打电池很笨重，要产生强大的电流，必须用许多伏打电池，而且制造、搬运都很麻烦。更糟的是，伏打电池用不了多久就要更换。要是能用电磁感应原理制造出永久的稳定电源，那该多好！

两个月后，法拉第创造性地发明了变压器和发电机。虽然这还都是实验室的产物，还需要一个完善的过程，但这预告了电能够大规模地产生，并且输送到遥远的地方。电将从实验室走向工厂、矿山、农村，走进每一个家庭。

1931年，后人为纪念电磁感应发现100周年，在伦敦举行了盛大的庆祝活动。人们把法拉第的电磁感应称做他最伟大的发现——为人类打开了电能宝库。从此，人类迅速进入电气时代。

法拉第的名字被全世界传颂着，鲜花和荣誉向他飞来。法拉第没有上过大学，但世界各国赠给他的各种学位头衔达94个，几乎欧洲所有大学和研究机构都给过他学位证书和金质奖章。法拉第把所有的证书和奖章都收起来，连最亲近的朋友都没见过。他依旧围着围裙，在实验室里静静地进行着一个又一个新的研究。

他冒着生命的危险，证明了导体内外空间的区别；发明了贮存电的力法；发现了著名的电解定律……

1846年，由于他出色的贡献而获得伦福奖章和皇家奖章，在皇家学会的历史上，把两枚奖章授予同一个人，是罕见的。

法拉第的一生之所以能对科学作出如此巨大的贡献，除他的刻苦努力和富于创造精神外，更主要的是他具有唯物主义的物理观和辩证法思想。

法拉第说过：“自然科学家应当是这样一种人：他愿意倾听每一种意见，却要自己下决心做出判断。他应当不被表面现象所迷惑，不对每一种假设有偏爱，不属于任何学派，在学术上不盲从大师。他应该重事不重人。真理应当是他的首要目标。如果有了这些品质，再加上勤勉，那么他确实可以有希望走进自然的圣殿。”这就是法拉第为科学事业做出巨大贡献的真实写照。

麦克斯韦

父亲的影响

在科学史上，一些重大的理论，常常要靠许多人的前赴后继、不辞劳苦的努力，才能创立起来。19世纪，导致物理学爆发一场革命的电磁理论的创立，就是这样的。从奥斯特、安培发现电流的磁效应开始，经过法拉第的奠基，到理论的完成，前后经历了半个多世纪。最后完成这个理论的人，是英国杰出的数学家物理学家詹姆斯·克拉克·麦克斯韦。

麦克斯韦比法拉第小40岁。1831年11月13日，他生在苏格兰古都爱丁堡，跟电话发明家贝尔（1847~1922）是同乡。法拉第发现电磁感应恰好也在1831年。这一年就成了电学史上值得纪念的一年。

麦克斯韦的父亲约翰·克拉克·麦克斯韦，是个热衷于技术和建筑设计

的律师，对麦克斯韦的一生影响很大。约翰·克拉克·麦克斯韦思想开通，讲究实际，非常能干。家里的大小事情，从修缮房屋、剪裁衣服到制作玩具，他样样都会做。他在爱丁堡附近的乡下有座庄园，麦克斯韦的童年就是在这座庄园里度过的。这个孩子从小喜欢思考问题，很受父母宠爱。小家伙跟着父母出去玩，一张小嘴总要不停地提出各种各样的问题。沿途所见，从路边的桑树、脚下的石块，直到行人的穿着表情，都成了他发问的内容。有些幼稚可笑的问题，常常把过路人逗乐了。一次他们看见路旁停着一辆空马车，两岁的麦克斯韦突然问父亲：“爸爸，你看那辆马车为什么不走呢？”父亲信口回答：“它在休息。”“它为什么要休息呢？”“大约累了吧，”父亲敷衍说。“不，”儿子纠正说，“它是肚子痛！”“不是肚子痛，是累了。”“不是累了，是肚子痛！”儿子一口咬定。父亲忍不住笑了起来。后来，麦克斯韦稍大一点，提的问题更有意思了，比如“树木为什么向天上长”呀，“蚂蚁会不会说话”呀。有一天，麦克斯韦的姨妈给他带来一篮苹果。小家伙缠住她问：“苹果为什么是红的？”姨妈被这个突然的问题难住了，一时不知道怎样回答才好。为了摆脱窘境，她就叫麦克斯韦去吹肥皂泡玩，谁知道个主意更糟了。肥皂泡在阳光下呈现出美丽的五颜六色，使得麦克斯韦又惊又喜，向她提出了更多的关于颜色的问题。父亲见儿子对自然感兴趣，非常高兴，后来就带他去听爱丁堡皇家学会的科学讲座，当时他的个头还没有讲台高呢！约翰·克拉克·麦克斯韦本人是皇家学会的活跃分子，儿子跟随他经常出入科学界，受到不少熏陶。

麦克斯韦童年的欢乐是短暂的。他八岁那年，母亲患肺结核不幸去世。这种病在今天是不难治好的，但是在一个世纪以前的当时，却是不治之症。因为那时没有特效药，一个人得了肺病，就等于判了死刑。和麦克斯韦同时代的英国女作家夏洛蒂·勃朗特（《简·爱》作者）三姊妹，贝尔的两个兄弟，都是因为患肺病夭折的。

母亲去世以后，麦克斯韦的父亲挑起了哺养、教育儿子的全部担子。他既是父亲，又兼做母亲，操了不少心。幼年丧母本来是不幸的，麦克斯韦失去母爱，性情渐渐变得孤僻、内向。他最大的快乐，是形影不离地跟着父亲走，给父亲当个小小的帮手。父子两人朝夕相处，相依为命，关系非常亲密。

麦克斯韦10岁那年，进了爱丁堡中学。中学的生活充满了喧闹和戏剧性。他是在学期中间插班的，第一天上课就受到全班的嘲笑。几个调皮学生

看到这个新来的同伴怯生、腼腆，直向他扮鬼脸。由于麦克斯韦童年一直在父亲乡下的庄园里生活，讲话有很重的乡土音。当老师点名叫他回答问题的时候，他刚一开口就引起哄堂大笑。有一次，大约因为发音太怪，连一位文质彬彬的女教师都忍不住笑出泪来。从此老师就很少提问他了。更糟的是，他的衣服全是父亲做的，与众不同。19世纪英国的服装很讲究。妇女把华丽当做时髦。男人却讲究戴高筒礼帽，不论老少，脖子上还要围一条紧梆梆的硬领。麦克斯韦的父亲认为这不但系起来不方便，而且也不卫生。他不顾习俗，给儿子来了个小小的服装改革。这个多才多艺的律师亲自设计、亲手剪裁，替麦克斯韦做了一套简便的紧身服，可以不用穿外套，并且甩掉硬领的累赘。麦克斯韦的皮鞋也是父亲做的，大约是为了缝合的方便，皮鞋头是方的，鞋帮上还有金属纽扣。没料到，这些“奇装异服”却给麦克斯韦招来了许多屈辱。他在班上成了一只名副其实的“丑小鸭”，处处被排挤，受讥笑。每次放学回家，他不是紧身服被人扯破，就是腰带不翼而飞。父亲看到这种情景，痛惜地摇摇头，决定取消这不走运的“服装改革”，儿子尽管眼泪汪汪，却顽强地要坚持穿到底，因为他相信父亲的设计是无可非议的，他不愿向暴力屈服。

数学才华

麦克斯韦照样穿着父亲做的衣服进出课堂。他为了保持服装的整洁，常常要用拳头自卫。

同学们发现这个新生并不是可以随便欺侮的，就有意孤立他。麦克斯韦本来就怕羞，现在更不愿意和大家往来了。在班里，面对着同学们的热嘲冷讽，他沉默着，但是却从来没有低过头。在忍无可忍的时候，他就用尖刻、辛辣的话来进行回击。下课以后，他总爱独自坐在树下读歌谣，画一些只有他自己才看得懂的图画。要不，他就一个人躲在教室的角落里，专心致志地演算父亲给他出的数学题。同班同学都不理解他，老师也认为他是个古怪的孩子。大家暗中给他取了个外号，叫他“瓜娃”。整个爱丁堡中学，只有低年级的两个学生跟他很友好。那两个学生在班上大约也是受气的，可以说是同病相怜。

就这样，麦克斯韦在冷眼中度过了中学的最初时光。

谁也没有想到，到了中年级的时候，出现了奇迹。一次学校里举行数学和诗歌比赛，评选揭晓的时候，爆了个大冷门：两个科目的一等奖都由同一个人获得。这个出类拔萃的少年不是别人，而是一向不被人看在眼里的麦克斯韦！这不但使全班同学惊奇得睁大了眼睛，连级任老师也感到意外。他们这才发现，这只灰色的“丑小鸭”原来是一只白天鹅。

这次比赛改变了麦克斯韦在班里的地位。优等生总是受崇拜的，再也没有谁取笑他的服装和说话的声音了，同学们开始尊敬他，向他请教疑难问题。麦克斯韦成为全校拔尖的学生，获得了许多奖励。他的光彩，看起来有些像彗星那样突然出现，实际上却是刻苦学习的结果。麦克斯韦对数学、物理学有浓厚的兴趣，尤其喜欢数学。他的数学天赋，最早是父亲在无意中发现的。在麦克斯韦还只有几岁的时候，有一天，父亲叫他画插满金菊的花瓶。麦克斯韦画完交卷的时候，父亲拿过他的画，边看边笑了起来。因为满纸涂的都是几何图形：花瓶是梯形，菊花成了大大小小一簇圆圈，还有一些奇奇怪怪

的三角，大概是表示叶子的。从这以后，父亲就开始教他几何学，过后又教他代数。于是，他和数学结下了不解之缘。后来，他在数学竞赛中夺得了冠军，决不是偶然的。

麦克斯韦的数学才华，使他很快突破了课本的界限。他还没满 15 岁，就写了一篇数学论文，发表在《爱丁堡皇家学会学报》上。一个最高学术机构的学报刊登孩子的论文，是罕见的，麦克斯韦的父亲为这件事感到自豪。论文的题目，是讨论二次曲线的几何作图。据说这个问题，当时只有大数学家笛卡尔（1596~1650）曾经研究过。麦克斯韦的方法同笛卡尔的方法不但不雷同，而且还要简便些。当审定论文的教授确证了这一点的时候，都感到非常吃惊。1846 年 4 月，这篇论文在皇家学会上宣读。通常宣读论文的都是作者本人，这一次却不是。因为考虑到麦克斯韦实在太年轻了，论文是由一位教授代读的。

麦克斯韦不但是个少年科学家，而且还是个小诗人。有趣的是，历史上不少著名的科学家都能做诗。罗蒙诺索夫常常把写诗当做消遣，他的颂歌很受叶卡德琳娜女皇青睐。因为这个缘故，罗蒙诺索夫几次幸免于政治迫害。化学大师戴维也是一位诗歌高手，只是因为他在科学方面的成就非常大，他的诗歌创作的光华才被掩盖了。麦克斯韦的诗歌，成就虽然不及罗蒙诺索夫，却也自成一格。他的诗常被同学传抄、朗诵。麦克斯韦一生都没有放弃过写诗的兴趣，不过，他却从来没有想过要当一个诗人。他的诗多半是即兴的作品，他常常在亲友们欢聚的时候给他们朗读自己的诗。诗的内容，有不少是科学题材。

麦克斯韦在中学时代，还喜欢玩陀螺。它类似我国儿童玩的那种陀螺，玩的时候用绳子不断地抽打，陀螺就不停地在地上旋转。据说他一生都爱玩陀螺，还教他的许多朋友玩过。另外，对一种叫做活动画筒的玩具，他也有强烈的兴趣。麦克斯韦的这两种爱好，不单纯是为了娱乐，主要还是为了探索科学的道理。这两种玩具的原理，后来都被他应用到科学上去了。

1847 年秋天，16 岁的麦克斯韦中学毕业以后，考进了苏格兰最高学府爱丁堡大学，专门攻读数学和物理学。他是班上年纪最小的学生，坐在最前排，站队总是在最后，书包里揣着陀螺和诗集。这个前额饱满、两眼炯炯有神的小伙子，很快就引起了全班的注意。他不但考试名列前茅，而且经常对老师的讲课提出问题。有一次，他指出一位讲师讲的公式有错误。那个讲师起初不相信，回答说：“如果你的对了，我就把它称做麦氏公式！”讲师晚上回家一验算，果然是自己讲错了。

到大学二年级的时候，麦克斯韦掌握的知识已相当广泛了。除了学习必修的功课，他还开始自己搞研究，选题范围涉及光学、电化学和分子物理学三个领域。这对锻炼他独立思考的能力起了很好的作用。不久，他在《爱丁堡皇家学会学报》上又发表了两篇论文。一位赏识他的物理教授，还特许他单独在实验室做实验。

爱丁堡大学给麦克斯韦留下了良好的回忆。在这里，他获得了登上科学舞台所必需的基本训练。但是，三年以后，对麦克斯韦说来，这个摇篮显得狭小了。为了进一步深造，1850 年他在征得父亲的同意以后，离开了爱丁堡。转到人才辈出的剑桥大学学习。

利器在手

剑桥大学创立于 1209 年，是英国首屈一指的高等学府，有优良的科学传统。牛顿曾经在这里工作过 30 多年，达尔文（1809 ~ 1882）也是在这里毕业的。19 岁的麦克斯韦初到剑桥大学，一切都觉得新鲜，他几乎每天都和父亲通信，报告自己的见闻、感想和学习收获。第二年，他由于考试成绩优异，获得了奖学金。当时，大学生大多数都是自费，获得奖学金的总是最勤奋的学生。按照规定，获得奖学金的学生都在一起吃饭，因此，麦克斯韦结识了一群有为的年轻人，他逐渐克服了少年时代的孤僻，活跃起来。不久，他被吸收加入了一个叫做“使徒社”的学术团体。这个团体又叫做“精选论文俱乐部”，专门评选学生中最优秀的论文。有意思是，“使徒社”的名称是根据《圣经》取的。因为耶稣只有 12 个门徒，“使徒社”也只能由 12 个成员组成，所以整个剑桥大学每届只能有 12 个学生属于这个团体。这个团体实际上是一个小小的“皇家学会”，必须是最出类拔萃的学生才有资格参加。

这个时期，麦克斯韦专攻数学，读了大量的专著。他的学习方法，不像法拉第那样循序渐进，井井有条。他读书不大讲究系统性，有时为了钻研一个问题，他可以接连几周其他什么都不管；而另一个时候，他又可能碰到什么就读什么，漫无边际，像一个性急的猎手，在数学领域里纵马驰骋。

课后，“使徒社”的成员们常在一起讨论各种问题。他们很欣赏麦克斯韦即兴创作的诗，但是要和他对话却很困难，因为麦克斯韦说起话来，和他读书一样，常常是天马行空，前言不搭后语，一个题目还没有讲完，他跳到另一个题目上去了。他的思路过于敏捷，让人难以捉摸。再加上他还保持着小时候的习惯，喜欢突然提一些奇怪的问题，比如“死甲虫为什么不导电呢？”“活猫和活狗摩擦可以生电吗？”就更使人反应不过来了。有一次，一位朋友同他到郊外散步。整个傍晚，大约都在讨论对某道难题的解法，麦克斯韦不停地说着，对方生怕不能领会，听得很仔细，但是最后还是一句都没有听懂。麦克斯韦这种机枪式讲授法，给他后来当教授带来不少困难。他一生都不被人理解。中学时候他的服装不被同学理解；大学时候他的语言不被人理解；到后来，他的学说也是很长时间不被人理解。尽管“话不投机”，社友们还是把他看做他们中间独一无二的人。麦克斯韦惊人的想象、闪电般的思维能力、讥诮的诗句，把他们征服了。

这是一个奇才，需要名师指点，才能放出异彩。幸运的是，有个偶然的机，麦克斯韦果然遇上了伯乐，那就是剑桥大学的教授、著名数学家霍普金斯。一天，霍普金斯到图书馆借书，他要的一本数学专著恰被人先借去了。一般学生是不可能读懂那本书的，教授有些诧异，向管理员询问借书人的名字，管理员回答说：“麦克斯韦”。数学家找到麦克斯韦，看见年轻人正埋头作摘抄，笔记上涂得乱七八糟，毫无秩序。霍普金斯不由得对这个青年发生了兴趣，诙谐地说：“小伙子，如果没有秩序，你永远成不了优秀的数学物理学家！”霍普金斯所说的数学物理学家，是指善于运用数学方法解决理论问题的物理学家，通常也称做理论物理学家，需要在数学和物理学上都有很高的造诣。从这以后，麦克斯韦成了霍普金斯的研究生。

霍普金斯学问渊博，培养出了不少人才。有多方面成就的威廉·汤姆生（就是著名的开尔文勋爵）和数学家斯托克斯（1819 ~ 1903），都是他的门下。麦克斯韦在导师的指导下，首先克服了杂乱无章的学习方法。霍普金斯对他的每一个选题，每一步运算都要求得很严格。那时，麦克斯韦还参加了

剑桥大学的斯托克斯讲座。斯托克斯比他大 12 岁，在数学和流体力学上都有建树，他在数学上的重要发现在科学史上曾经有记载。经过两位优秀数学家的指教，麦克斯韦进步很快，不出三年就掌握了当时所有先进的数学方法，成了有为的青年数学家。霍普金斯对他的评价是：“在我教过的全部学生中，毫无疑问，这是最杰出的一个！”

尤其重要的是，麦克斯韦不是一个抽象的数学家。这一点也要归功于他的老师。历来的数学家有两派，一派以古希腊的毕达哥拉斯（约前 580 ~ 约前 500）为鼻祖，认为世界的本原就是抽象的数，数学决定一切；另一派以 17 世纪的笛卡尔为代表，他指出数学是客观事物的定量反映，也是一种知识工具。这位解析几何的创始人，曾经针对那些纯粹的数学家说：“没有什么比埋头到空洞的数学和抽象的图形中更无聊的了。”这两种对立的态度，导致人们对数学持有两种不同的看法。一种把数学看成纯粹的符号，为数学而数学；另一种却把生动的物理学概念同数学结合起来，把数学当成研究物理学的手段。霍普金斯和斯托克斯都属于笛卡尔派。

麦克斯韦受到他们的直接影响，很重视数学的作用。他一开始就把数学和物理学结合起来。这一点对他以后完成电磁理论，是重要的。

1854 年，23 岁的麦克斯韦参加了数学学位考试。主考人是斯托克斯，题目涉及曲面积分和线积分，难度很大。事后大家才知道，那是斯托克斯刚发现的一个定理。这个定理后来对麦克斯韦的电学研究大有帮助。考试结果，麦克斯韦获得了甲等数学优等生第二名。也就是这一年，他对电磁学产生了浓厚的兴趣。法国浪漫主义作家乔治·桑（1804 ~ 1876）说过：“在抽剑向敌以前，必须练好剑术。”麦克斯韦现在掌握了过硬的数学本领，他是利器在手，只等冲锋了。

继续着法拉第的事业

麦克斯韦毕业以后留在学校工作。起初，他研究的课题是光学里的色彩论。不久他读到了法拉第的《电学实验研究》，马上被书中新颖的实验和见解吸引住了。当时学术界对法拉第的学说看法不一致，有不少非议。主要原因是“超距作用”的传统观念影响还很深，旧的大厦动摇了，但是并没有倒塌；同时，也因为法拉第的学说在理论上还不够严谨。作为实验大师，法拉第有许多过人的地方，唯独数学功夫不够，他的创见都是用直观形式表达的。一般的理论物理学家都不承认法拉第的学说，认为它不过是一些实验记录。有个天文学家就公开宣称：“谁要是在精确的超距作用和模糊不清的力线观念之间有所迟疑，谁就是对牛顿的亵渎！”在剑桥大学，学者们也有分歧意见。其中最见有见识的，要算威廉·汤姆生了。这位青年教授对电学很有研究，曾经多次向法拉第请教。在麦克斯韦毕业前一年，汤姆生发表了一篇题目是《瞬变电流》的论文，指出莱顿瓶的放电有振荡性质。麦克斯韦见到论文十分佩服，他特地写信给汤姆生，请求他告诉一些研究电学的门路。汤姆生比麦克斯韦大七岁，他后来没有能够把电磁研究坚持到底。但是，他对麦克斯韦却有不少帮助。麦克斯韦在给父亲的信里曾经高兴地谈到，汤姆生很乐意指教他。

麦克斯韦受这位先行者的启示，相信法拉第的学说中包含着真理。他在认真研究了法拉第的著作以后，省悟出力线思想的宝贵价值，也看到了法拉

第定性表述的弱点。这个初出茅庐的青年科学家决心用数学来弥补这一点。

一年以后，24岁的麦克斯韦发表《论法拉第的力线》，这是他第一篇关于电磁学的论文。在论文中，麦克斯韦通过数学方法，把电流周围存在力线这个现象，概括做一个高等数学里的矢量微分方程。根据这个方程，每一股电流都产生一条环状磁力线。这一年（1855），恰好法拉第结束了长达30多年的电学研究，他在科学笔记里写下了最后一个编号：5430。正是“芳林新叶催陈叶，流水前波让后波”，麦克斯韦接过了这位伟大先驱者的火炬，开始向电磁领域的纵深挺进。

《论法拉第的力线》这篇论文，虽然基本上是对法拉第力线概念的数学“翻译”，却是十分重要的一步。因为麦克斯韦一开始就使用了数学方法，而且选定了法拉第学说的精髓——力线思想，当做自己研究的起点。这表明麦克斯韦的科学洞察力确实是不同来凡响的。他认准了主攻方向，就坚定不移地研究下去。他后来的一系列论文，步步深入，都是沿着这条正确道路走的。这一点，是他比汤姆生高明的地方。汤姆生已经走到真理的边缘，却迟疑不前；麦克斯韦抓住了真理，就锲而不舍。所以麦克斯韦尽管起步比较迟，却第一个登上了光辉的顶峰。

科学的道路总是不平坦的。正当麦克斯韦的研究很有希望的时候，一桩不幸的事情打断了他的计划。一天，他正在埋头研究几篇新近的电学资料，邮递员送来一封家信。他拿到信，一眼看出不是父亲的笔迹，心头不由一惊。他许久以来担心的事情终于发生了。父亲年老体弱，健康恶化，突然病倒在床。那封信是父亲请别人代写的。麦克斯韦读完信，心里十分焦虑和难过。他对父亲的感情是非常深的。从幼年起，父亲就是他的良师益友，也是整个家庭的支柱。十几年来，他们朝夕相处，十分融洽。麦克斯韦离家求学以后，他们几乎每天通信，交换各种科学思想和对社会的见解，也畅谈有趣的日常生活。

为了照顾父亲，麦克斯韦只得离开剑桥大学，到离家比较近的阿伯丁工作。阿伯丁是英国北部的一个海港，那里的一所学院答应让麦克斯韦担任自然哲学讲师，可是需要等一段时间。麦克斯韦整夜守在父亲床前，尽力减轻老人的病痛。但是不论他怎样小心伺候，还是没有挡住死神的降临。1856年春天快要到来的时候，父亲终于离开了人间。这在麦克斯韦生活中，无疑是不可弥补的损失。他悲痛的心情久久不能平息。

不久，阿伯丁的马锐斯凯尔学院正式聘请他当自然哲学教授。麦克斯韦在就职以前，回到剑桥大学办理一些事务，停留了好几个月。他当时的心情很矛盾。对于母校，他是留恋的，而且父亲已经去世，他留在阿伯丁的意义也不大了，更主要的是他的电磁研究刚刚开始，他不知道在阿伯丁有没有合适的研究条件。但是，马锐斯凯尔学院已经给他下了聘书，据说院长很赏识他，他不好推脱，只得上任了。这一去，他的电磁研究竟推迟了四年。

法拉第的启发

1860年初夏，马锐斯凯尔学院的物理学讲座由于某种原因停办了。28岁的麦克斯韦离开阿伯丁港，到伦敦皇家学院去任教。他的妻子也随同前往。这次工作调动，是麦克斯韦一生事业的转折点。

在这以前，还有一段小小的插曲。麦克斯韦最初的母校爱丁堡大学，也

要聘请一个自然哲学教授。他开始是准备去那里的。应选的一共有三个人，另外两个是他在剑桥大学的同学，其中一个还是中学的同学。三个人里究竟应该取谁，当局决定通过考试来决定。要是论学问，麦克斯韦稳拿第一，但是比口才，他吃亏了。考试结果，麦克斯韦名列最后，连主考人对他的讲课能力都表示怀疑。当时一家爱丁堡杂志评论这件事，也很替他惋惜。俗话说：“塞翁失马，安知非福”，麦克斯韦没有被爱丁堡大学选中，自然是件憾事，但是他却因为这个转到了皇家学院，完成了一生中最重要的贡献。

麦克斯韦在阿伯丁的四年时间里，一直怀着一桩心事，就是想用数学工具表达法拉第的学说。他的这个愿望，1855年只开了个头就搁下了。就是在研究土星的苦战中，只要见到有关电磁学方面的文章，也都会引起他密切的关注。他经常给法拉第写信，探索电磁的奥秘。他的案头一直摆着《电学实验研究》。每次打开这部辉煌的巨著，他的情绪就十分激动。法拉第，这位他当时还没有见过的伟人，给物理学描绘了一幅多么形象的图画啊！电、磁、光、力线、波动……在它们背后隐藏着什么规律呢？

麦克斯韦到伦敦以后特地拜访法拉第。这是一次难忘的会晤。青年物理学家递上名片，不一会儿，法拉第面带微笑地走了出来。这位实验大师已经年近七旬，两鬓斑白。他同麦克斯韦一见如故，亲切地交谈起来。

这两位伟人，他们不但在年龄上相差40岁，而且在性格、爱好、特长等方面也迥然不同，可是他们对物质世界的看法却产生了共鸣。这真是奇妙的结合：法拉第快活、和蔼，麦克斯韦严肃、机智。老师是一团温暖的火，学生像一把锋利的剑。麦克斯韦不善于辞令，法拉第演讲起来却是娓娓动听。一个不精通数学，另一个却对数学运用自如。两个人的科学方法也恰好相反：法拉第主要是实验探索，麦克斯韦擅长理论概括。可以说，他们在许多方面是互相补充的；爱因斯坦曾经把他们称做一对，说他们就像伽利略和牛顿一样，相辅相成。麦克斯韦自己也谈到过这一点：“因为人的心灵各有它不同的类型，科学的真理也就应该用种种不同的形式表现，不管它是用具有生动的物理学色彩的定性形式出现，还是用朴素无华的一种符号表示出现，它都应该被当做是同样科学的。”这话自然是对的，字里行间流露出对法拉第的尊敬。不过，不同的科学方法，发掘科学的深度却常常不同。法拉第用直观而形象的方式表达的真理，麦克斯韦最后用惊人的数学才能把它总结出来，并且提到理论的高度，所以他的认识就更深刻，更透入事物的本质，因此更带有普遍性。

4年以前，法拉第曾经称赞过《论法拉第的力线》这篇论文，他没有料到论文的作者竟这样年轻。当麦克斯韦征求他对论文的看法的时候，法拉第说：“我不认为自己的学说一定是真理，但是你是真正理解它的人。”

“先生能给我指出论文的缺点吗？”麦克斯韦谦虚地说。

“这是一篇出色的论文。”法拉第沉思地说，“但是，你不应该停留在用数学来解释我的观点，你应该突破它！”

法拉第的话像一盏明灯，照亮了青年物理学家麦克斯韦前进的道路。他马上用最大的热情投入新的战斗。

他设计了一个理论模型，试图对法拉第的力线观念作进一步探讨。这个模型完全建立在机械结构的类比上，有人称它是“以太模型”，现在看上去既枯燥又很不好懂。一位英国现代科学史家，用了整页篇幅也没有说清楚。事实上，麦克斯韦在晚期的著作里也舍弃了这个模型。奇怪的是，麦克斯韦

竟把它当作跳板，成功地登上了真理的彼岸。

大厦终于落成

在讨论以太模型的时候，麦克斯韦对自己发现的一个重要事实引起了极大的注意。他分析了法拉第对电介质的研究以后，确认在电场变化着的电介质中，也存在电流，他把这称做“位移电流”。另外，他还计算出这种电流的速度。麦克斯韦惊奇地发现：位移电流的速度恰好等于光速！

这是偶然的巧合吗？天下哪有这样的巧事。他兴奋得几天都没有睡好觉，妻子帮他仔细核对了好几遍，数据确实没有差错。这意味着他计算出了电磁波的传播速度同光速是相等的，这是个非常了不起的发现，尽管他当时还没有完全意识到这一点。几天后，他写信给法拉第报告了这个结果。他在信里说，他计算出的电磁波的传播速度是“每秒 310740 公里”，而“12 年以前菲索（1819~1896）用直接实验测定的光速，却是每秒 314858 公里！”信寄出的时间是 1861 年 10 月 19 日。法拉第有没有给他回信，史料上没有记载。但是毫无疑问，正是这个发现，促使麦克斯韦 4 年以后断定光就是电磁波。

1862 年，麦克斯韦在英国《哲学杂志》第 4 卷 23 期上，发表了第二篇电磁学论文《论物理学的力线》。文章一登出来，立刻引起了广泛的注意。英国著名物理学家、电子的发现人约瑟夫·汤姆逊后来回忆说：“我到现在还清晰地记得那篇论文。当时，我还是一个 18 岁的孩子，一读到它，我就兴奋极了！那是一篇非常长的文章，我竟把它全部抄下来了。”

这的确是一篇划时代的论文，它同 1855 年的《论法拉第的力线》相比，有了质的飞跃。论文不再是法拉第观点的单纯数学翻译，而是作了重大的引申和发展。其中具有决定意义的一步，是引进了“位移电流”的概念。这以前，包括法拉第在内，人们讨论电流产生磁场的时候，指的总是传导电流，也就是在导体中自由电子运动所形成的电流。麦克斯韦在研究中感到这个旧概念存在很大的矛盾。比如在连接交变电源的电容器中，电介质里并不存在自由电荷，也就是没有传导电流，但是磁场却同样存在。麦克斯韦经过反复思考和分析，毅然指出，这里的磁场是由另一种类型的电流形成的，这种电流在任何电场变化着的电介质中都存在，它和传导电流一起，形成了闭合的总电流。麦克斯韦通过严密的数学推导，求出了表示这种电流的方程式，把它称做位移电流。

从理论上引出位移电流的概念，实在是电磁学上继法拉第电磁感应以后的一项重大突破。根据这个科学假设，麦克斯韦推导出两个高度抽象的微分方程式（方程式直到 1865 年才最后完善），这就是著名的麦克斯韦方程式。这组方程式，从两方面发展了法拉第的成就。一是位移电流，它表明不但变化着的磁场产生电场，而且变化着的电场也产生磁场；二是方程式不但完满地解释了电磁感应现象，而且还在理论上进行了总结。就是凡是有磁场变化的地方，它的周围不管是导体或者电介质，都有感应电场存在。经过麦克斯韦创造性的总结，电磁现象的规律，终于被他用不可动摇的数学形式揭示出来。电磁学到这时才开始成为一种科学的理论。

在自然科学史上，只有当某一种科学达到了高峰，才可能用数学表示成定律形式。这些定律不但能够解释已知的物理现象，而且还可以揭示出某些

还没有发现的东西。正像牛顿的万有引力定律预见海王星一样，麦克斯韦在《论物理学的力线》中，预见电磁波的存在。他指出，既然交变的电场会产生交变的磁场，交变的磁场又会产生交变的电场，那么，这种交变的电磁场就会用波的形式向空间散布开去。当时，麦克斯韦才 31 岁，这是他一生中辉煌的一年。

麦克斯韦继续向电磁学领域的深度进军。1865 年，他发表了第三篇电磁学论文《电磁场动力学》。论文发表在《伦敦皇家学会学报》上。在这篇重要文献中，麦克斯韦方程的形式更完善了。他采用法国数学家、力学家拉格朗日（1736~1813）和爱尔兰数学家、物理学家哈密顿（1805~1865）创立的数学方法，由那组方程式直接推导出了电场和磁场的波动方程，电磁波的传播速度根据那个波动方程的系数计算，正好等于光速！这同麦克斯韦 4 年以前推算的那个比值完全一样。直到这个时候，电磁波的存在是确定无疑的了！因此他大胆断定，光也是一种电磁波。法拉第当年关于光的电磁理论的朦胧猜想，就这样由麦克斯韦变成了科学的理论。法拉第和麦克斯韦的名字，从此联系在一起，就跟伽利略和牛顿的名字一样，在物理学上永放光彩。

麦克斯韦在伦敦皇家学院总共任教 5 年。这 5 年是他一生中的多产时期。除了建立电磁理论以外，他在分子物理学、气体动力学上也都有贡献。

1865 年，麦克斯韦正式宣布光的电磁学以后不久，就辞去皇家学院的教席，回到他的家乡格伦莱庄园系统地总结研究成果，撰写电磁学专著。经过几年苦干，他写的《电磁学通论》在 1873 年问世。这是一部电磁理论的经典著作，麦克斯韦系统地总结了 19 世纪中叶前后，库仑、安培、奥斯特、法拉第和他本人对电磁现象的研究成果，建立了完整的电磁理论。这部巨著的重大意义，完全可以同牛顿的《数学原理》（力学）和达尔文的《物种起源》（生物学）相比较，它也是人类智慧的结晶。

电磁理论的宏伟大厦，经过几代人的努力，巍然矗立起来了！《电磁学通论》的出版成了当时物理学界的一件大事。当时麦克斯韦已经回到剑桥大学任教，他的朋友和学生对这部书已经期待很久了。人们争先恐后地到书店里去购买，第一版几天就卖完了。

最后的评价

《电磁学通论》虽然一抢而空，但是真正读懂的人却寥寥无几。不久，就听到有人批评它艰深难懂。当然，高度抽象的麦克斯韦微分方程，毕竟不像 $2 \times 2 = 4$ 那么简单。单是两个公式、几个数学符号，就包罗了电荷、电流、电磁、光等自然界一切电磁现象的规律，这在一般人看来，确实是不可思议的。另外，还有一个更主要的原因，就是从麦克斯韦宣布他的理论以后，一直没有人发现电磁波。而能否证明有电磁波存在，是检验麦克斯韦理论的关键。因此许多物理学家都抱着怀疑态度。就连从前热情鼓励麦克斯韦的威廉·汤姆生，也不敢肯定麦克斯韦的预言是否可靠。

麦克斯韦的电磁理论，在物理学上有划时代的意义。遗憾的是，麦克斯韦本人没有能够证实自己的理论（在一定程度上可以说是“没有去证实”）。这有客观原因，也有主观原因。由于环境和工作条件的限制，麦克斯韦一直没有更多的机会从事电磁实验。热力学和分子物理学的研究，耗去了他大部分时间和精力。再有，他主要是个理论物理学家。就像他的学生弗莱明（1849~

1945) 后来所说的那样, “他从理论上预言了电磁波的存在, 但是好像从来没有想到过要做什么实验去证明它。”法拉第一辈子都没有离开过实验, 可以说没有实验就没有法拉第。麦克斯韦恰好相反, 他只是在伦敦的 5 年里进行了一些有限的实验, 而且多半是气体动力学方面的。他的寓所, 靠近屋顶的地方有一间狭长的阁楼, 那就是他的实验室。他的妻子常常给他当助手, 生火炉, 调节室内温度, 条件相当简陋。后来在皇家学院实验室里, 他作过一些电学实验, 也多只是测定标准电阻这一类工作。《电磁学通论》完成以后, 麦克斯韦忙着筹建卡文迪许实验室, 整理卡文迪许 (1731 ~ 1810) 的遗著。

由于以上这些原因, 电磁理论问世以后, 在相当长的时间里没有得到承认。最初只有剑桥大学的一些青年物理学家支持它。许多人, 包括一批有威望的科学家, 对还没有被证明的新理论, 都采取观望态度。劳厄 (1879 ~ 1960) 在《物理学史》中曾经这样评论说: “尽管麦克斯韦理论具有内在的完美性, 并且和一切经验相符合, 但是只能逐渐地被物理学家们接受。它的思想太平常了, 甚至像赫尔姆霍茨和波尔茨曼 (1844 ~ 1906) 这样有异常才能的人, 为了理解它也花了几年的力气。”

几个春秋过去了。麦克斯韦把他的心血默默地献给了卡文迪许实验室。这座实验室在 1872 年破土, 到 1874 年完工。修建经费是一位鼓励科学的公爵捐赠的。为了增添仪器, 麦克斯韦也拿出了自己不多的积蓄。在整个筹建过程中, 从设计、施工、仪器购置, 直到大门上的题词, 麦克斯韦都亲自过问。它是实验室的创建人, 也是第一任主任。后来相继接替他的是瑞利 (1842 ~ 1919) 和约瑟夫·汤姆逊, 汤姆逊以后是卢瑟福 (1871 ~ 1937), 他们都是世界第一流的物理学家。这座实验室开花结果的时期在 20 世纪。大批优秀的科学人才, 尤其是原子能物理方面的人才, 都是从这里培养出来的。

麦克斯韦最后几年的主要工作, 是整理卡文迪许留下的大量资料。这项由公爵委托给他的任务, 工作相当繁重。卡文迪许是 18 世纪一位性情怪僻的英国著名物理学家和化学家。他曾经发现氢气, 确实水的化学组成, 第一个计算地球的质量, 在静电学上也很有研究。他终身未娶, 为人腼腆, 喜欢离群索居, 死后留下二十多扎没有发表的科学手稿, 大多涉及数学和电学, 其中不少很有价值的东西埋没了几乎半个世纪。整理这些资料是一件非常细致而困难的工作, 麦克斯韦为了完成这项工作, 作出了很大的牺牲: 他放弃了自己的研究, 耗尽了精力。

除了卡文迪许实验室的日常事务以外, 麦克斯韦每学期都要主讲一门课, 内容是电磁学或者热力学。他在讲台上热心地宣传电磁理论, 推广新学说。可惜听众不多。他本来就不善于讲演, 更何况电磁理论是那样的高深, 同传统的物理学大相径庭呢! 1878 年 5 月, 他举行了一次有关电话的科普讲演。电话当时还是新事物, 刚刚破土而出。1875 年贝尔发明电话, 第二年取得专利, 1877 年爱迪生公布阻抗式送话器。这些人类电信史上的新发明, 引起了麦克斯韦莫大的兴趣。可能, 他当时已经预感到, 他的理论总有一天会给这些发明插上双翅, 传遍全球。

麦克斯韦后期的生活充满了烦恼。他的学说没有人理解, 妻子又久病不愈。这双重的不幸, 压得他精疲力尽。妻子生病以后, 整个家庭生活的秩序都乱了。麦克斯韦对妻子一向体贴入微, 为了看护妻子, 他曾经整整三个星期没有在床上睡过觉。尽管这样, 他的讲演, 他的实验室工作, 却从来没有

中断过。过分的焦虑和劳累，终于损害了他的健康。同事们注意到这位无私的科学家在渐渐地消瘦下去，面色也越来越苍白。但是，他还是那样顽强地工作。

1879年是麦克斯韦生命的最后一年。这一年的春天来得很晚，也格外冷。他的健康明显恶化，但是他仍然坚持不懈地宣传电磁理论。这时，他的讲座只有两个听众。一个是美国来的研究生，另一个就是后来发明电子管的弗莱明。这是一幕多么令人感叹的情景啊！空旷的阶梯教室里，只在头排坐着两个学生。麦克斯韦夹着讲义，照样步履坚定地走上讲台，他面孔消瘦，目光闪烁，表情严肃而庄重。仿佛他不是在向两个听众，而是在向全世界解释自己的理论。

1879年11月5日，麦克斯韦患癌症去世，终年只有49岁。物理学史上的一颗可以同牛顿交相辉映的明星殒落了。他正当壮年就不幸夭折，这是非常可惜的。他的理论为近代科学技术开辟了一条崭新的道路，可是他的功绩，在他活着的时候却没有得到人们重视。麦克斯韦的一生，是叱咤风云的一生，也是自我牺牲的一生。这位科学巨匠生前的荣誉远远不及法拉第，直到他死后许多年，在赫兹证明了电磁波存在以后人们才意识到，并且公认他是“牛顿以后世界上最伟大的数学物理学家”。

钱三强

名字的由来

钱三强出生在 1913 年。起初他父亲钱玄同给他起的名字叫钱秉穹，但为什么以后改名叫钱三强呢？这得从头说起。

钱三强出生在一个书香世家。父亲钱玄同，不满 4 岁就开始天天站在祖父的书桌前认字背书。青年时代，他留学日本早稻田大学师范学习。回国后，先在一些著名的中学任国文教员，后到北京担任北京高等师范学校和北京大学教授，是我国近代著名语言文字学家。他由于接受了章太炎、秋瑾等革命党人的思想影响，竭力主张推翻清朝统治。随后他又与陈独秀、李大钊、严复、胡适等一批有进步思想的教授一起，投入了“新文化”运动，是进步刊物《新青年》的积极支持者和轮流编辑。

在这样的家庭环境中成长起来的钱三强，从小就接受了良好的教育和进步思想的熏陶。为培养钱三强，在他 7 岁时，父亲送他进了由蔡元培、李石曾、沈尹默等北京大学教授们创办的子弟学校——孔德学校（孔德是法国哲学家的姓）。

孔德学校是一所开明的新式学校。学校除抓德、智、体三育外，还强调美育与劳动，对音乐、图画、劳作课也很重视。而且孔德学校师资力量较强、阵容整齐，老师们的水平足以胜任高中教学工作。可以说，钱三强童年时代得到的教育条件，是得天独厚的。

钱三强在这样的环境中，接受老师的教育，通过自己的努力，逐渐成为一个兴趣广泛的学生，对音乐、体育、美术，钱三强都有两下。刚进初中，年方 13 岁，就成了班上“山猫”篮球队的队员，在比赛中，他的拼搏精神和集体意识得到了同学们的一致好评。

一次，一个体质不如钱三强的比较瘦弱的同学给钱三强写信，信中自称“大弱”，而称当时还叫“秉穹”的他为“三强”。这封孩子们之间互称绰号的调皮信，恰巧被秉穹的父亲钱玄同看见了。

“你的同学为什么叫你‘三强’呀？”钱玄同风趣地问道。

“他叫我‘三强’，是因为我排行老三，喜欢运动，身体强壮，故就称我为‘三强’。”秉穹认真地回答了父亲的询问。

钱玄同先生一听，连声叫好。他说：“我看这个名字起得好，但不能光是身体强壮，‘三强’可以解释为立志争取德、智、体都进步。”

在父亲的肯定下，从此，“钱秉穹”就正式改名为“钱三强”了。

人生转折点

1929 年，钱三强在父亲的支持下考入了北京大学理科预科，同时还听本科的课程。吴有训教授的近代物理学、萨本栋教授的电磁学吸引着钱三强。两位学者的博学及严谨的治学精神也深深教育着钱三强。

科学的发展，给变化万千的世界增添了色彩。三强决定学习物理，报考了清华大学物理系，求读在吴有训教授门下。清华大学享誉国内外，培养出一代代优秀学子、国家的栋梁。校内充满浓厚的学术空气，教学严谨，学风端正，激励着三强以顽强的精神，刻苦攻读。他以吴有训教授的作风为楷模，

吴教授严谨的治学精神与教学方法滋润着三强的心田。

1936年钱三强以毕业论文90分的优异成绩毕业。经吴有训教授的推荐，钱三强大学毕业后，便到北平研究院物理研究所著名的物理学家严慈济所长的手下做一名助理员，从事分子光谱方面的研究工作。钱三强能在这样的高师手下工作，心中感到无比欣慰。

刚刚开始工作，严老师交给他做一些服务性的工作和管理图书。钱三强不因工作的繁杂细小而敷衍了事，而是认真完成老师交给的每项工作，把图书馆管理得井井有序，受到大家称赞。人家照相，他就帮助冲洗、放大，还用照相底版做分析研究工作。渐渐地钱三强能够独立地、熟练地进行照相底片的分析，并掌握了照相技术。

一个周末的下午，同学们都离开了实验室，只剩下钱三强一个人留在那里做分子光带分析。从南京开会回来的严老师进了实验室，看钱三强仍在聚经会神地工作，又看了看分析的数据结果，与国外的资料数据大致相同，心中无比高兴。他更加喜欢这位年轻人了。

一天，钱三强在图书馆查资料，严教授匆匆走来对他说：“你会法语吗？”钱三强说：“初中学过。”“还记得吗？”“忘了不少，查查字典能查资料。”“那好，我考考你。”严教授说着，便从书架上拿出一本法文杂志：“你念一段，再翻译过来。”钱三强按着老师的话去做了。严老师很满意地说：“还行嘛。”这时才告诉他：“中法教育基金会，要招考公费留学生，你把手中的工作整理一下，用主要精力准备迎接考试吧！”

钱三强万万没有想到会有这个好机会，他从心里感激自己的老师。时间紧迫，10年没有读的法语，要尽快捡起。钱三强下定决心，要克服困难，认真地准备应考。考试完不久，严老师兴致勃勃地告诉他：“你考取了，考得不错。”

钱三强收拾行李，就要离开生他养他的土地，就要离开重病在身的父亲，离开关心他抚育他的老师，他依依不舍。芦沟桥事变爆发，国难当头，又增加了他心头的沉重。他犹豫不决，不忍离开自己的故土。父亲忍着离别的痛苦劝导他：“这是一次难得的学习机会，你学的东西会对祖国有用。报效祖国，造福社会，路程远得很哩！男儿立志，不能只顾近忧啊！”

1937年8月的一天，一艘远洋客轮载着钱三强，离开了上海港，驶向了波涛汹涌的大海。

出洋求学

人的一生有几个11年？然而，钱三强的这11年，是收获巨大的11年，是决定他一生的11年，也是他难忘的11年。

1937年9月，钱三强在导师严教授的引荐下，来到巴黎大学镭学研究所居里实验室攻读博士学位。该实验室是居里夫人创建的，居里夫人谢世后，由钋的发现者德比爱纳教授任主任。但是实际上是居里夫人的大女儿伊莱纳主持。

伊莱纳·约里奥—居里夫人就是钱三强的导师。伊莱纳像她的慈母居里夫人一样，潜心于科学研究，忘我勤奋，作风严谨，品格高尚，待人谦和、热忱。在这样一个导师的教导下学习，的确是一个难得的好机会。

钱三强的住处距实验室较远。每天，天蒙蒙亮，钱三强就起床，匆匆吃

点东西，赶乘地铁，到实验室，一直很晚才回住处。每天坚持十几个小时的工作学习，钱三强并不觉得辛苦与单调，反而感到特别的充实愉快。

钱三强在实验室里主要是做“物理”工作，而放射源是要用化学方法制备的。因此，他很希望兼作“化学”工作。

一天，约里奥—居里夫人问钱三强：“钱先生，那位化学师你不是认识吗？如果你回国做放射源，就需要学会‘化学’工作，你就去和她学学吧！”

钱三强心里十分高兴，他想导师为我想得多么周到！于是欣然答应了。

化学师葛勤黛夫人是一位有名望的科学技术专家。她放手让钱三强独立做钋的放射源。钱三强一丝不苟仿效着化学师的方法开始工作。化学师每隔一段时间便过来询问指导。接着，又连续让他做了4个放射样品。做完后，化学师帮助钱三强测完放射源的强度，并告诉钱三强：“成了，3个基本一样，1个略微差一点，但在允许误差范围内。”

化学师的评价，对钱三强的工作做了肯定。而他的勤奋与好学，又赢得了化学师和同伴们的信任，同时也使他获得了真诚的合作。这一来就大大拓宽了他的科学研究领域。不久，他写出30多篇科研论文。

为了使钱三强有更多的学习机会，约里奥—居里夫人又提议，让钱三强到其丈夫约里奥先生主持的法兰西学院的原子核化学研究所学习，并允许他一段时间在这里工作，一段时间到那里工作。

在约里奥先生实验室工作，不仅向先生学到科学技术，还学到他的科学思想、科学道德。这使钱三强受益终生。

1939年1月的一天，约里奥教授让钱三强看一张照片，原来这是一张用云雾室拍下的铀受中子轰击后产生裂变的碎片的照片。这是当时第一张直接显示裂变现象的照片，是十分珍贵的。

不久，约里奥—居里夫人又邀请钱三强和她合作证明核裂变理论。在两位导师的指导下，钱三强很快完成了博士论文——《粒子与质子的碰撞》。

1940年钱三强获得了法国国家博士学位。

钱三强是幸运者，能在两位世界第一流科学家的教诲下学习、工作，使他很快进入了科学研究的前沿，还使他亲眼目睹了人类一次伟大的科学发现——核裂变。

1946年春，钱三强与他的同行合作，经过反复实验，终于发现了铀核的三分裂和四分裂。这一发现不仅反映了铀核特点，而且使人类能进一步探讨核裂变的普遍性。导师约里奥骄傲地说：“这是第二次世界大战后，他的实验室的第一个重要的工作。”为此，1946年底，钱三强荣获法国科学院亨利·德巴微物理学奖。1947年升任法国国家科学研究中心研究导师。

报国习切

11年的勤奋使钱三强获得了最高的奖赏，也赢得了留法中国人中学术水平最高的地位。在这样优越的工作条件和生活条件下，他却要回国。

1948年，钱三强找到了中共驻欧洲的负责人刘宁一，提出要求回国的心愿。刘宁一鼓励他，“回国大有作为。”

钱三强也把自己要回国的打算告诉了导师约里奥。听了学生的要求，身为法国共产党员的约里奥满意地说：“要是我，也会作出这样的决定。”钱三强又去向约里奥的夫人话别。约里奥—居里夫人语重心长地说：“我俩经

常讲，要为科学服务，科学要为人民服务，希望你把这两句话带回去吧！”

导师的话，成为他一生的座右铭。

钱三强临行前，两位导师在自己的花园里为钱三强夫妇饯行。

1948年5月钱三强和他的夫人何泽慧，抱着刚半岁的女儿，带着丰硕的科研成果，带着导师的重托和法国同行的深情厚意，离开了巴黎回国。还随身带着一份珍贵的文件，这就是导师给钱三强在法国学习与工作的鉴定。

鉴定是这样写的：“钱先生表现出科研人员所具有的特殊素质，在我们共事期间，他的这些素质又进一步得到加强。他已完成了大量的研究工作，其中有些是非常重要的。他心智敏锐，对科学既有满腔热忱，又有首创精神。我们可以毫不夸张地说，在我们实验室学习并在我们领导下工作的同一代科学家中，他是最优秀的。我们曾委托他领导几批研究人员，他用自己的才华出色地完成了这项困难的任务，并受他的法国和外国学生的爱戴。”“我们的国家对于钱先生的才干业已承认，并先后赋予他重任，先是任命他为国家科学研究中心的研究员，接着又聘任他为研究导师。他同时也是法兰西科学奖的获得者。”“钱先生还是一位优秀的组织者。他具备了研究组织工作的领导者所特有的精神、科学和技术素质。”

1948年夏，钱三强带着法国朋友的友谊和祖国人民的殷切期望，回到了阔别了11年的祖国，迈上了新的里程。

为了祖国

1949年3月的一天，钱三强忽然接到一个通知，他要作为代表到巴黎出席保卫世界和平大会。钱三强想：这次去巴黎开会如果能遇到约里奥—居里老师，请他代为订购一些原子核科学研究的仪器设备，以及图书资料该有多好。钱三强抱着试试看的心里，向代表团联系人提出，需要约20万美元。4天后，钱三强接到电话，请他到中南海。

在中南海，等候钱三强的是中央统战部部长李维汉，他热情接待了钱三强，并说：“三强，你的想法很好，中央研究过了，决定给予支持。清查了一下国库，还有一部分美金，先拨5万美元供你使用……”听了李部长的话，钱三强心里久久不能平静，他埋怨自己太书生气。战争还没有结束，城市要建设，农村要发展，国家经济困难……哪有那么多外汇呢？

不久，钱三强拿到了为发展原子核科学事业的美元现钞，心中万分激动、兴奋。他深深地晓得这美元是经历了火与血的战乱，是刚刚从潮湿的库洞中取出来的，是来之不易的。

拿着这沉甸甸的美元，钱三强思绪万千，深深感到科学工作任重而道远。

中国科学院近代物理研究所成立后，钱三强先后担任了副所长、所长职务。

1955年1月14日，钱三强和地质学家李四光应周总理召见来到了总理办公室。周总理听取了李四光介绍我国铀矿资源的勘探情况，又听取了钱三强介绍原子核科学技术研究状况。周总理全神贯注地听完后，提出了有关问题。最后告诉钱三强和李四光，回去好好准备，明天毛主席和中央其他领导要听取这方面情况，可以带些铀矿和简单的仪器，做现场演示。

第二天，钱三强和李四光来到中南海的一间会议室，里面已经坐着许多熟悉的领导人，有毛主席、刘少奇、周恩来、朱德、陈云、邓小平、彭德怀

等。这是一次专门研究发展我国原子能的中共中央书记处扩大会议会议开始了，毛主席开宗明义：“今天，我们做小学生，就原子能问题，请你们来上课。”

李四光先讲了铀矿资源以及与原子能的关系。钱三强汇报了几个主要国家原子能发展的概况和我国这几年做的工作，并做了演示。大家看着实验，会场十分活跃。主席点上了一支烟，开始做总结：我们的国家，现在已经知道有铀矿，进一步勘探，一定会找到更多的铀矿来。我们也训练了一些人，科学研究也有了一定基础，创造了一定条件。过去几年，其他事情很多，还来不及抓这件事。这件事总是要抓的，现在到时候了，该抓了。只要排上日程，认真抓一下，一定可以搞起来。

会后，大家用饭，毛主席举起酒杯站起来大声说：为我国原子能事业的发展，大家共同干杯。

1959年6月26日苏共中央来信，拒绝提供原子弹的有关资料及教学模型。8月23日，苏联又单方面终止了两国签定的新技术协定，撤走了全部专家，还讽刺：“中国人20年也搞不出原子弹，只能守着一堆废钢铁。”

讽刺变动成了动力，愤怒化作力量。中国科技工作者没有被吓倒。“自己动手，从头做起，准备用8年时间，拿出自己的原子弹”成了中国人民的誓言。钱三强作为原子核物理专家，和无数科学工作者一样，在困难面前没有低头，组织起数万名科学工作者及技术工人，向研制第一颗原子弹进军。

在苏联专家撤走后，周光召在国外召集数十名海外专家、学子，联名请求回国参战。他们归国后先后参与主持了理论的研究与实验研究工作。

为了研究一种扩散分离膜，由钱三强领导成立了攻关小组，经过4年的努力研究成功，成为继美、苏、法之后第4个能制造扩散分离膜的国家。同时成功地研制了我国第一台大型通用计算机，成功地承担了第一颗原子弹内爆分析和计算工作。

在原子弹的整个研制过程中，浸透了钱三强的智慧与心血。他不仅为原子弹的研制做出了贡献，也为我国原子能科学事业的发展呕心沥血，为培养我国原子能科技队伍立下了不朽的功勋。

牛顿

从“低能儿”到少年发明家

距今 300 多年前，英国一座山村住宅里，诞生了一个体重仅仅 3 磅的婴儿。接生婆和热心帮忙的人嘀咕着：“我看，孩子没什么存活希望，但既然生下来了，也就只好尽力而为吧！”

产妇的不幸不仅来自这个体轻瘦弱的婴儿，而且还来自不久前故去的丈夫，她再也按捺不住内心的苦楚，她哭了，母亲的眼泪引起了小男婴的共鸣，他使出浑身力气却只能发出微弱的哭声。

这个先天不足的遗腹子就是后来成为科学巨人的牛顿。

小牛顿两岁后由外婆抚养，6 岁时走进乡村小学。他体弱多病，性格腼腆，学习成绩全班倒数第几，老师把他看成“低能儿”，顽皮的学生也欺侮他。但是，牛顿意志坚强，有一股不服输的劲头。据说，一次有位功课拔尖的调皮大王朝牛顿的肚皮踢了一脚，牛顿遭凌辱后，暗自鼓起勇气，非要从功课上超过这个小霸王不可。他告诫自己说：“无论做什么事，只要肯努力，是没有不成功的。”经过刻苦学习，牛顿一跃而为全班第一名。

牛顿对学校老师讽刺、嘲骂甚至鞭笞学生的行为极为不满，他曾对外婆说：“学校是个奇怪的地方，我很讨厌到学校去。”玷污“学校”这一神圣名称的所作所为，给牛顿幼小的心灵蒙上一层阴影。他开始把主要精力用于课余时间，他喜欢亲自动手制作玩具，搞些小发明，也喜欢绘画和作诗。

在牛顿的住房里，锯子、凿子、刨刀、铁锤应有尽有。他就是借助这些工具，提高了技能，拓宽了知识，还增强了体质。

秋风将树叶和树枝吹得飘落满园，牛顿好奇地捡起一根干树枝，并将它竖直地插在朝阳的地面上，他每隔一段时间趴下去看看树枝的影子。“小牛顿，该吃饭了！”外婆亲切地呼叫着自己的外孙，“外婆，我想还不到吃饭的时间，至少比昨天早 30 分钟。”牛顿十分自信地回应着外婆的呼唤。“你怎么知道的？”“昨天在这里，今天是在这里啊！”牛顿指着地面上的阴影说。

冬天到了，庭园里显得那样沉寂和干净，牛顿观察“影子”的工作还没有停止。他突然发现庭院角落里的几块大石头，从而蒙生了新的念头。放学以后，牛顿拿起了凿子和锤子在一块石头上“吭吭”地敲凿起来。不怕寒风刺骨，也不顾石头粉末溅入眼帘的痛苦，牛顿日复一日地敲凿。善良的外婆看着外孙冻红的小手、伤痕斑斑的脸蛋，再也抑制不住连日来积下的疑问：“小牛顿，大冷的天气你没完没了地敲凿，究竟想干什么啊！”“马上会知道的，外婆！”牛顿头也不转地回答。小牛顿的耐性和自信，深深打动了外婆的心。

一天中午放学后，小牛顿飞奔归来并大声呼叫：“外婆！请来帮帮忙。”一位 9 岁的瘦弱少年和一位年过六旬的老妇，同心协力，成功地把一块石头圆盘竖立起来，并斜靠在墙上。看着外孙几十天的智慧结晶，外婆绽开了笑容：“好极了！好极了！它是一个精致的日晷仪。”

牛顿幼年时代制作的日晷仪，至今仍然原状保存在英国柯斯达教会，并嵌装在教堂的墙壁内。

少年的牛顿十分喜欢 17 世纪欧洲的风车。在那个时候还没有蒸汽机和发

电机，以风车为动力的磨粉机就很复杂了。他曾历尽艰辛、长途跋涉去看风车。进入风车磨房的牛顿，如饥似渴地观察着机器的每个部分，他看得是那么入神，那么仔细，似乎想把机器的结构全部印在自己的脑海里。归途中，朋友与他说话，他竟所答非所问，全神贯注在对风车和磨粉机结构造型的回忆中。

回到家中，牛顿一头躲进自己的住房，要把白天看到的一切画在图纸上，直至深夜这一工作才完成。他把图张贴在墙上，心满意足地观赏着一天的劳动成果，在暗淡的烛光中，牛顿显露出难得的笑容。

鼠疫的影响

正当牛顿在大学这一王国里创立了“数学花园”，并令他陶醉在数学迷宫中的时候，英国发生了一件大事：鼠疫流行。这种令人惶恐的传染病传播起来非常迅速，死者成千上万。

1665年8月一个酷热的日子，牛顿的同窗好友威尔士从伦敦返回剑桥大学。一进宿舍，就摇着正在专心读书的牛顿的肩膀喊着说：“事情不好了！伦敦正因鼠疫陷入大混乱！”“数学花园”的主人缓缓抬起头来，楞楞地看着惊惶的室友：“这是伦敦的事情，与我们有什么关系？”牛顿低下头去，仍沉缅在攻读之中。“伦敦离我们很近啊！这座几十万人口的大都市，街道上静悄悄的不见人影，大家都躲在家里不敢外出。上周就死了7400多人。”威尔士就耳闻目睹，愈谈愈激烈。牛顿终于不得不抬起头来，脑中却同时想着“光的色散”和“鼠疫流行”这两件事。

恐怖的黑死病（即鼠疫）风暴在横扫伦敦之后，蔓延到了剑桥，学校不得不关闭而停课。牛顿随着逃难的队伍回到自己的家乡沃尔索浦。

随着剑桥大学的关闭，研究学问之火也暂告熄灭。有的教授和学生被鼠疫夺去了宝贵的生命，活着的人也是在乡下过着无聊的生活。牛顿则不同，他在家乡研究学问的劲头一点也不亚于大学。他回到家乡的第二天，就把住房变成了实验室。从剑桥大学带来的棱镜、凸透镜、凹透镜、平面镜、球面镜、方解石、望远镜等等，真是应有尽有，琳琅满目。牛顿等不及阳光从窗口射入，便开始了“光的分解”的实验，一束白光透过三棱镜变成红、橙、黄、绿、蓝、靛、紫七色光，映射到雪白的墙壁上，格外生辉。

牛顿不赞成某些学者从理论到理论的研究方法，而是想方设法制作仪器，用观察和实验的手段去探索规律，检验理论。为了深入了解天空中“虹”的成因，他靠勤劳的双手和精巧的技艺硬是把一块铜板磨洼而成凹面镜，并制造出放大40倍的望远镜。科学界为了纪念他，决定将这种构型的望远镜定名为：牛顿反射式望远镜。

富有浪漫主义色彩的“苹果落地”的故事，据说也发生在牛顿的家乡沃尔索浦。在鼠疫流行的第二年夏季的一天，天气酷热，牛顿来到庭院，坐在一棵苹果树下思考着地球的引力问题，突然一个苹果从树上掉下来。对于这种理所当然的事情，竟激起他思潮翻滚，他想苹果在空间，哪一个方向都可飞去，为什么偏偏坠向地面。地球与苹果是相互吸引的，整个宇宙万物间都应有这种引力的作用。

大概是“因祸得福”吧！牛顿回乡的18个月，竟成为他一生中最丰产的“季节”。在回忆这一段生活时，牛顿曾经写道：

“1665年，我发明了极数近似法，以及把任何幂的二项式化为这样一个极数的法则。同年，我还发明了格雷戈里和斯卢塞乌切线法。11月，我发明了正流数（微分）法。次年元月，发现了颜色理论；5月，开始研究反流数（积分）法。还是在这一年，我开始想把重力推广到月球的运行轨道上去，……并得出引力与中心距离平方成反比的规律。所有这一切都是在1665~1666年鼠疫流行的年代里取得的。因为那两年我有充沛的精力去搞发明创造，而且比以后任何时候，我都更致力于数学和哲学的研究。”

多年的“修炼”

1661年5月，一辆马车驶进剑桥大学。马车内有三位乘客：衣饰标致的高尚绅士，衣着华丽的年轻女士，另一位是衣着破旧的乡下青年。这位乡下青年——牛顿，满怀希望地走下马车，开始了他的大学生涯。

牛顿是以“减费生”的身份考入剑桥大学的。“减费生”，这是人们给那些得到某些优惠的穷学生的尊称。为此，他们得按照校方规定，殷勤地为那些富家子弟服务。牛顿上大学时的年龄比一般大学生大4~5岁，人们把他称为晚熟的人。

牛顿的大学生涯并不舒心，可以说是坎坷不平。从入学的当天晚饭起，牛顿便开始了工读生的劳动。“牛顿同学，请布置餐桌。”一位老工读生对他说。身着白色长袍，腰系围裙的牛顿，从另一位工读生那里接来堆得高高的42张盘子。厨房里冒出的蒸汽弥漫全屋，由于光线太暗，牛顿抱着盘子不敢走动。一个人厉声喊道：“快拿蜡烛去吧！”在这里，工读生的一举一动、一言一行都要十分小心。为了求得学问，牛顿认为当工读生也是值得的。

由于学校经费紧张，房屋得不到修缮，工读生的宿舍阴暗潮湿。回宿舍的路上，牛顿在迂回弯曲的走廊里怯怯地走着，好像通往一个永远黑暗的世界。牛顿对于剑桥大学的向往与亲临目睹的现实形成强烈的反差。但是，所有这些，对于习惯于贫穷的牛顿构不成任何威胁。最令他烦恼的却是学习愿望得不到满足，牛顿本来是抱着学习“力和运动方面”的知识来到大学的，当时的剑桥大学却没有人能讲授这门课，牛顿只好先学数学。

走廊的阴暗，食宿的低劣，劳动的艰苦很快被牛顿置于脑后。他的心在衡量，看学校里的哪个人最令他“惊异”。……，牛顿推开房门，巴罗教授满脸笑容地迎接他。巴罗教授好像预感到牛顿的心思，便以安慰的口吻对他说：“学校是靠会员的会费维持的。由于革命的动乱，失去了许多大力支持的会员，去年复归王政，情况才稍有好转。不过，要恢复昔日盛况，恐怕得花几十年工夫呢！”“老师，我觉得学欧几里得几何，简直是多余的。”牛顿把话题一下子转移到意外的方向。教授以锐利的目光注视着牛顿的眼色。

不久，牛顿引起了巴罗教授的注意。牛顿最突出的地方，是他对当时自然科学和数学的尖端成就有着快得出奇的理解能力。巴罗教授十分谦虚地说，他对数学虽略有造诣，但和牛顿相比，只能算是一个小孩。

巴罗教授不愧是一位多才多识的“伯乐”，他发现了牛顿；牛顿也找到了令他“惊异”的人。师生协作得很好，巴罗教授指导牛顿先后钻研了开普勒的《光学》、欧几里得的《几何学原本》等名著。牛顿的非凡才华和惊人的毅力，使得他在光学、几何学的研究方面取得一些突破性进展。1665年牛顿大学毕业，取得学士学位，在巴罗教授的举荐下，牛顿留校做研究工作。

正当牛顿夜以继日、通宵达旦地学习和研究，并即将取得硕果的时候，一场鼠疫灾难席卷英国，牛顿被迫回到家乡。

1667年复活节前后，牛顿重返剑桥大学，当年秋天他被选为选修课研究员；1668年3月被任命为主修课研究员；同年被授予硕士头衔；1669年成为数学教授，时年27岁；同年，巴罗教授为了让牛顿晋升而辞去自己的职务，牛顿担任了卢卡斯讲座教授这一崇高的职位。

自1661年牛顿进入大学起，至1696年离开大学止，他一直生活在剑桥大学，在这漫长的35年中，牛顿写下了许多名著。1687年出版的《自然哲学的数学原理》，开创了自然科学发展史的新时期。牛顿工作勤奋，很少在半夜两三点钟以前睡觉，并且35年如一日。他的助手汉弗莱在回忆牛顿时说：“在他看来，如果时间不用在学问上，那简直是犯罪”。他整天钻在研究室里，很少出来。牛顿沉默寡言，终生没有结婚。

谦卑的品格

令人厌烦的英国国会内动乱，使牛顿情绪很坏。牛顿决心超脱纷繁复杂的环境，埋头科学研究。历史上最伟大的著作《自然哲学的数学原理》，就是在政情不稳、困难重重的情况下写出的。

《原理》问世的那一年，国王决定把剑桥大学的名誉博士授予跟剑桥毫无关系的天主教教士弗朗西斯，剑桥的大多数评委屈服于强权，准备对弗朗西斯破格授衔。平时一言不发的牛顿，居然起来反对，诘难国王不当。由于牛顿的勇气，才使剑桥大学保持了其权威。牛顿在关键时刻不畏强权、刚正不阿的精神，受到公众舆论的赞赏。

正是由于牛顿在科学上功勋卓著，人际上正直坦诚，威信倍增。1703年11月30日，牛顿被选为英国皇家学会会长，并年年连选连任，直到去世。

正当牛顿的事业腾飞之际，一件不幸的事件发生了！一日，牛顿和往常一样，深夜工作，整理有关光学近千次实验的数据，撰写论文。天色渐亮，疲惫不堪的牛顿急促地吹熄了蜡烛，休息片刻后，启程参加星期天礼拜。在祈祷的时候，他突然想起烛火可能没有完全熄灭。果然余烬烧着了桌上的纸，把堆积的重要原稿烧成了灰烬，幸而未酿成火灾。从教会赶回来的牛顿，见到满屋烟雾，吃了一惊，再看看那一堆纸灰，牛顿觉得吃不消了。他哀叹：苦心整理的光学讲义的原稿，这下子全完了。

这件事给了牛顿沉重的打击，牛顿的精神迟疑，眼光失去了昔日的光彩，加之过度劳累，脑力耗尽，他倒下了。

牛顿的精神刚刚复苏，永不停止思考的他，又着手地球、月球引力问题的研究。

牛顿有和凡人一样的酸甜苦辣，他也有精力耗尽的时候。1727年3月4日，牛顿参加完皇家学会会议回到家里时，病又发作了，这次发作是他的致命之因。3月20日凌晨，牛顿结束了光辉灿烂的84年的生涯。

在刻有肖像的纪念碑上，铭刻着后人对牛顿一生的评价：

“埃萨克·牛顿爵士于此安眠。以自己发明的数学方法以及神般的智慧，揭示了行星的运动、彗星的轨道、海洋的潮汐；探究了任何人没预想到的光的分解和色的本性；解释了自然界运动的性质。他一生过着朴素的生活。这位值得夸赞的人物，岂不是全人类的光荣。”

与上述评价相映生辉的是牛顿的自我评价：

“我之所以能够取得一点成就，那是由于我站在巨人们的肩上的原故；”

“我不知道，在世人眼里我是什么样的人，但是在我自己看来，我不过像是在海边玩耍的孩子，为不时拣到一块比较光滑的卵石、一只比较漂亮的贝壳而喜悦，而真理的大海在我面前，却一点也没有被发现。”

这是何等谦恭的语言，对比科学巨人牛顿的所作、所为、所言，我们活着的人还有什么理由过高地评价自己，从而丧失锐意进取、奋勇拼搏的精神啊！

卢瑟福

知难而进

卢瑟福是新西兰人，祖籍英国苏格兰，1871 年生于一个农村工匠的家里。他从小就对物理学和实验仪器制作有特殊爱好。1894 年，他在做研究生期间，发明了可用于检测无线电信号的磁检波器；1895 年，被选送到英国剑桥大学卡文迪什实验室，成了 J·J·汤姆生第一名来自海外的研究生，在这里开始了放射性的研究，1898 年发现了 α 射线与 β 射线。一年后经 J·J·汤姆生推荐，卢瑟福到加拿大蒙特利尔的麦克吉尔大学任教，在很艰苦的条件下继续研究放射性。他与欧文斯合作，发现钍不断放出具有放射性的气体，（这种气体叫做钍射气，后正式取名为 Thoron）。1900~1903 年，他与化学家索迪合作，发现了放射性衰变规律，并与索迪一起创立了放射性元素自然转变理论。1908 年卢瑟福荣获诺贝尔化学奖。

作为放射学的开创人，卢瑟福就像在荒凉的野地里一样，在黑暗中寻找道路，对于他来说，这个领域是完全陌生的，全靠自己披荆斩棘，在荒凉野地里开辟道路，通过实验逐步摸索。没有仪器，自己创造，没有理论，从头探讨，没有经费，因陋就简，就地取材。

当时卡文迪什实验室的仪器多为自制，有的甚至是木制品。价值 5 英镑的用于放射性研究的新型静电计被认为太贵。研究生们往往自己动手制作静电计。直到 1906 年，卢瑟福还介绍说金箔验电器是最理想的仪器。据说金箔、悬丝、火漆乃是当时实验家必备的基本器材，而感应圈、水银柱泵、干电池或蓄电池则是实验室中重要的一部分设备。当时甚至机械真空泵还没有，那是 1905 年才由德国物理学家盖德发明的。水银柱泵也能达到“很高”的真空度，例如 10^{-3} 毫米汞柱（相当于 10^{-5} 帕），但非常费时，需要实验者付出极大的耐力。哈恩回忆他和卢瑟福在蒙特利尔的时期（1905~1906），讲到经费不足、仪器简陋时说：

“我们用大的锡罐头皮做 α 和 β 射线静电计，在它上面焊上更小些的烟草盒或香烟盒。绝缘用硫磺，因为我们没有琥珀。”

射线实验

首先介绍卢瑟福是怎样发现 X 射线的。

大家知道贝克勒尔发现的铀辐射包含有三种成分，在磁场中它们分成三束，α 射线带正电，偏向一方；β 射线带负电，偏向另一方；中间的一束则不受磁场作用，那是 γ 射线，呈中性。它实际上是一种波长极短的电磁波。

然而卢瑟福并不是靠加磁场区分出这些成分的，当时他没有足够强的磁铁。他用的是吸收方法。卢瑟福以他观测细致、对待实验数据客观谨慎的科学作风作出了别人难以作出的发现。

他的实验很简单，在一对平板电容器极板之间插入一系列铝片，下极板上涂有小量的铀盐。由于铀辐射的电离作用，外接于电容器的回路将产生电离电流。电离电流的强度与辐射强度有关，也与铝片的厚度有关，因为铝片会吸收铀辐射。当时已经知道，吸收前后的辐射强度应按指数规律变化，即：

$$I = I_0 e^{-at}$$

式中 I_0 与 I 分别是吸收前后的辐射强度。如果以 $\ln I$ 与时间 t 作图，应是一根直线。可是卢瑟福得到的却是一根折线。当铝片厚度为百分之几毫米以下时和百分之几毫米以上时直线的斜率截然不同。也就是说，有两个不同的吸收系数。卢瑟福经过反复验证，判定这是两种穿透力不同的成分。一种成分穿透力较差，进入物质层很快就被吸收，他称之为 α 射线；另一种穿透力较强，他称之为 β 射线。这是 1898 年的事。

不久，有人从磁偏转实验证明，穿透力强的 β 射线正是高速电子流。可是 α 射线到底是什么，一直是个谜。好几年都没有人能够用磁铁使之偏转。很多人认为，也许 α 射线是与 X 射线类似的某种辐射，有人甚至认为 α 射线没有什么好研究的。

卢瑟福则不一样，他的看法是，这种射线的性质越是奇特，越值得研究， α 射线很容易被物质吸收，说明它跟物质的作用强，只有彻底摸透 α 射线的本质，才能建立完整的放射性理论。他知难而进，毅然选择了 α 射线作为自己的研究课题，甚至为付此出了毕生的精力。

电磁偏转实验是瑟福又一个用自制的简易仪器进行，但却是精心设计的杰作。他把金箔验电器置于金属盒上，中间隔以一层薄铝片，盒内底部放一点镭盐作为放射源，盒中并排架着 20 片平行的铝片当作隔板， α 射线从下而上，经隔板之间的空隙穿入金箔验电器，使金箔验电器里的空气电离。电离程度可从金箔的偏转角度指示出来。然后沿 α 射线的正交方向加上磁场，如果 α 射线发生了偏转，就会被隔板吸收掉一部分，从而影响电离电流的大小。

可是初步实验结果令人失望， α 射线受磁场作用与不受磁场作用看不出有什么不同。有丰富实践经验的卢瑟福想了一个既简单又可靠的办法解决了这个问题。他在隔板上端插进一块栅状的铜箔，栅条之间的距离正好等于隔板间距，把空隙挡去一半以上。然后改变磁场方向，再看哪一个方向会影响金箔验电器中金箔的偏转。果然经过这一改进，仪器的灵敏度大大提高，终于确定 α 射线会受磁场偏转，从偏转的方向判断 α 射线带的是正电。

接着，卢瑟福进一步对仪器作了一番改造，他把隔板互相绝缘，在相邻两板之间加上电压，于是在隔板的空隙中就有了跟磁场成正交的电场。在电场与磁场的共同作用下，测出 α 射线的荷质比与氢离子同数量级，速度大的为光速的十分之一，就这样判明了 X 射线是原子类型的带正电的粒子流。

至于是哪种类型的原子，则一时难以确定，根据种种现象和事实，有人猜测是比氢重的氦。用计数的方法已经测出 α 粒子的电荷是电子的 2 倍。再从荷质比的数据可以推得，其质量是氢原子的 4 倍，这正是氦离子的参数。含铀和含钍的矿石往往伴随有氦气，一经加热就会释放出来，似乎暗示铀、钍等放射性元素在自发衰变中会生成新的元素——氦。但是也有人说，这种氦气也许是在 α 粒子轰击之下驱赶出来的。又是卢瑟福，他于 1909 年以巧妙的方法从光谱作出了判决。方法是用一极薄的玻璃管密封着镭射气（一种镭衰变后生成的放射性气体），玻璃薄到这样的程度以至于 α 粒子可以穿越无阻，而普通气体分子却不能。他把这支射气管装在另一大玻璃器皿中，然后用水银驱赶含 α 粒子的气体至一放电管，进行放电试验。经光谱分析找到了氦的特征谱线。卢瑟福和他的学生罗依兹写道：“实验作出了判决性的证明，证明 α 粒子在失去电荷之后就是氦原子。”

经过这样一些实验，卢瑟福终于搞清楚了的 α 射线的本质，证明 α 射线就是高速运动着的氦离子 (He^{++}) 流。

提出有核原子模型

卢瑟福很善于运用简单而直观的仪器，取得精确又可靠的结果，用闪烁法观测 α 粒子的一些实验就是另一个突出的例子。观测 α 粒子散射靠的是闪锌屏，闪锌屏也叫闪烁屏，是在屏幕上涂一层硫化锌， α 粒子打到它上面会发出微弱的闪光。实验者用肉眼通过显微镜对准闪烁屏幕，一个一个地计数，再移动显微镜的位置，分别读取不同位置的闪烁数，由此可以确定 α 粒子散射的统计分布。实验者要在暗室中长时间地观测和记录闪烁屏上的闪烁数，这样的工作既单调、又乏味，但是观测结果却比照相法精确得多，所以这种方法在早期核物理学中有重要地位。

1908 年，卢瑟福的助手盖革（1882~1945）在用闪烁法观测 α 散射时，发现金箔的散射作用比铝箔强。卢瑟福建议盖革系统地考察不同物质的散射作用，以便在“这些物质的散射能力和遏止能力之间建立某种联系”，并让学生马斯登协助工作。他们的 α 射线管长达 4 米，本来是希望使 α 射束尽量地窄，以便测出准确数据。然而，出乎意料地是闪锌屏上总出现不正常的闪光，有可能是经管壁反射所致。为此，卢瑟福建议他们试试让 α 粒子从金属表面上直接反射，没有想到，这一建议竟导致了盖革和马斯登得到 α 射线大角度散射的惊人结果。

当卢瑟福知道这个结果时，实在难以置信，因为这无法用 J·J·汤姆生的实心带电球原子模型和散射理论解释。即使用汤姆生后来提出的多次散射理论，也只能定性地说明这一反常现象，因为多次散射的几率小到微不足道，与实验的结果相差得太远了。

卢瑟福对这个问题苦思了好几星期，终于在 1910 年底，经过数学推算，证明“只有假设正电球的直径小于原子作用球的直径， α 粒子穿越单个原子时，才有可能产生大角度散射。”

也就是说，只有假设原子中有一个直径很小的核，正电荷集中在核心内，才能解释为什么会出现 α 粒子大角度散射。

这就是原子核的发现经过。

我们要向年轻的读者们再一次指出，这样伟大的发现乃是从大量的观察记录中，经过反复研究后作的。

读者们也许很难想象，科学家进行实验竟是这样经年累月地用肉眼盯着闪烁屏，通过重复而频繁的计数，长时间进行统计工作，那需要何等的耐心和毅力。更有甚者，守在闪烁屏前绝不许打瞌睡。眼睛要睁得大大的，丝毫不能分心，注意力要高度集中，这确非普通人能够忍受，所以必须经过严格训练。甚至到 20 世纪 20 年代，闪烁计数还是物理学家必须受到的基本训练呢！

在这方面，作为核物理学的先驱，卢瑟福自然要吃苦在前。

1918 年 11 月 17 日，卢瑟福在给玻尔的信中曾经这样写过：“我多希望这里有您一起讨论核碰撞的意义。我想，我已经得到了一些相当惊人的结果，我的老眼统计微弱的闪烁数真够困难。不过靠了凯依的帮助，在过去 4 年的业余时间里，我还是做了大量的工作。”

凯依是卢瑟福的年轻助手。值得一提的是，卢瑟福本人这时也还不老，他当时只有 47 岁，可是他的眼睛已经不适于观测闪烁屏了。即使这样，他每

天还要把 4 小时的业余时间用于 射线的研究。

勤奋的一生

卢瑟福是非常勤奋的。查他的论文集可以算出，1899~1907 年在蒙特利尔的一段时间，收集有 70 篇论文，其中 25 篇与他人合作；1907~1919 年在曼彻斯特期间（包括战争年代）有 72 篇，其中 32 篇与他人合作。大量工作是他亲手做的。他在这期间还出版了三部专著。然而正如他的学生和亲密朋友、著名物理学家卡皮查在回忆卢瑟福的一生时说的：“一般读者只听说科学家做出成果的特殊工作，而不知道他们做了多么大量的工作。每一个接近卢瑟福的人都可以证明他做过多么多的工作。卢瑟福无休止地工作，总是在研究新的课题。他报告和发表的只是那些有积极意义的成果，这在他的整个工作中只占百分之几。其余的没有发表，甚至连他的学生也不知道。”

卢瑟福在担任卡文迪许实验室主任期间，每年总有二三十位研究人员在这个实验室工作，接受他的指导，这个实验室成了原子物理学和核物理学的研究中心。在他的带领下，查德威克发现了中子；考克拉夫特和沃尔顿发明了静电加速器；布拉开特发明自动云室观测到了核反应；奥里法特发现氙；卡皮查在高电压技术、强磁场和低温等方面取得硕果。

卢瑟福早年的同学伊夫曾对卢瑟福开玩笑地说：“你真是骑在波峰上啊！”意思是指他有这样好的运气，在恰好的时机处于恰好的位置。卢瑟福则意味深长地答复他说：“不，波是我造出来的，难道不是吗？”

波 义 耳

诚实而勤奋的少年

1627年1月25日，波义耳出生在爱尔兰的一个贵族家庭里。父亲科克公爵有钱有势，整天忙于财务账册，对书本知识不感兴趣。母亲性格温顺，在他4岁时就去世了。他的哥哥，是热衷于金钱、骏马和社交的公子哥儿。谁会想到，伯爵家的这个小儿子，后来成了杰出的科学家。

幼年时代的波义耳，就表现出与众不同的品质。有一次，姐姐凯塞琳带波义耳到花园去玩耍，叮嘱他说：这棵李子树上的果子，答应给嫂嫂了，我们不要吃。后来，小波义耳忍不住，还是吃了李子。

姐姐责备了：“不是跟你说过，不要吃这棵树上的李子吗？”

“你是说过的。”小波义耳低下了头。

“可是我看见你在吃，你一共吃了六个。”

“不是，姐姐……”

“什么，你是说你只是在那儿站着，可没有吃李子，是吗？”

“不是，姐姐。我是说我不是吃了六个，我记得是吃了二十个。”小波义耳的头更低了。

波义耳的诚实，使全家人十分惊喜。

父亲特别喜爱波义耳，专门为他请来了最好的家庭教师。8岁的时候，又送他和哥哥法兰西斯到伊顿公学学习。

在伊顿，波义耳热爱学习，成天读书，连老师都为他担心，怕年龄太小，读书过累了。

波义耳沉浸在各种各样的书本中。他特别爱看的是古典的、传奇的、历史的故事和诗歌。在这些书的影响下，他思想活跃，想象丰富，爱提问题，有很好的记忆能力。他很快成为伊顿的优秀学生。他哥哥不是这样，经常出去玩，爱骑马，对知识只是尝尝味道而已。

诚实和勤奋，是波义耳成为科学家的起点。

向权威挑战

青少年时期的波义耳，十分钦佩意大利著名科学家伽利略。伽利略叙述的哥白尼体系、新力学、研究自然的新途径和科学实验，都深深印刻在他的心中。1641年，他到了意大利，在那里学习伽利略的著作。可惜他到意大利不久，伽利略就逝世了。

波义耳决心像伽利略那样：不迷信权威，勇于开创科学实验的道路。

波义耳几经周折，直到27岁，他才安下心来，全力从事科学研究。这一年，他在离伦敦不远的工业和科学文化城市牛津，租了几间房子，建立了自己的实验室。一年以后，青年罗伯特·胡克来到实验室当助手。胡克比波义耳小8岁，他后来提出了胡克定律，也成为著名的物理学家、天文学家。

波义耳和胡克一起，首先研究和改进了德国人盖立克新发明的空气泵。改进后的空气泵，很像现在自行车上用的打气筒，不过它有一个相反的阀，不是打进空气，而是把空气抽出来。这种手动装置，今天看来十分简单，那时却是一个了不起的发明。

利用空气泵，波义耳研究了許多问题。他发现：物质在真空中难以燃烧，磁铁却能通过真空起作用。

那时候，人们对声音的传播是有争论的。声音必须靠空气传播吗？如果在真空中产生一个声音，它能在真空中传播吗？波义耳通过实验做了回答：

他用绳子把钟吊在密闭容器的中间，这时候，在容器旁边能听到钟的滴嗒声。这说明容器里有空气，声音就能传到外面。然后，他从容器中抽出空气。当空气一点点往外抽时，钟的滴嗒声越来越小，很快就听不到了；再把空气逐渐放进容器时，声音又由无到有，由小到大，响了起来。这说明声音靠空气传播，真空不能传播声音。

随后，波义耳又研究了意大利物理学家托里拆利的真空实验。

1643年，托里拆利在一根大约一米长、一端封闭的玻璃管里装满水银，然后用拇指堵住管口，把管子倒立在水银槽里。当他松开拇指以后，管子里的水银开始下降，最后停留在高出槽里水银面约76厘米的地方，不再下降。

水银柱为什么能停在那里不落下来呢？这个问题，当时争论激烈。托里拆利认为，这是因为大气压力对槽中水银面的作用的结果，所以这套装置，实际上就是一个气压计。波义耳同意托里拆利的看法，并且用实验来加以证实：

他把托里拆利实验中的水银槽放到密闭的容器中，把容器中的空气不断地抽出，管中的水银柱就不断下降。等到再把空气一点一点送进去，管中的水银柱又逐渐升高起来。这说明水银柱不掉下来，是因为外面有空气的压力。

在事实面前，也有人不同意这种看法。比利时物理教授李纳斯，就对波义耳的说法提出了异议。他认为：托里拆利实验中的水银柱所以不掉下去，并不是因为有大气压力，而是因为管子上的真空部分有一种拉力，好像一根看不见的绳索，把水银柱拉了上来，最多能拉到约76厘米的地方。

李纳斯为什么有这样奇怪的想法呢？原来，他也设计了一个实验：在一根两端开口的玻璃管里灌满了水银，用两个拇指分别按住上下两端；然后，把下端放入水银槽里，拿开按住下端的拇指，这时候，水银柱就往下下降，一直降到约76厘米的地方才停住；这时候，按在上端的手指，就会感到有一个很大的拉力。他以为手指感到的拉力，就是真空部分产生的拉力。既然真空对手指有拉力，那么，它对水银也会有拉力，这就把水银柱拉到大约76厘米的地方了。

其实，李纳斯手指感到的拉力，不是真空对手指的拉力，恰好是大气压力。因为手指按住了水银管的上端，手指底下是真空，没有压力，手指上面是大气，有压力，所以手指自然会感到被管子吸拉住了。

对李纳斯的这种错误看法，波义耳觉得，最好的回答还是实验，而不是在科学杂志上发表长篇大论的文章。

波义耳正是在收集答复李纳斯批评的实验论据时，发现了气体的压强和体积之间的比例关系。这就是波义耳定律。

波义耳用一根J形管做实验。管子短的一端是封闭的，长的一端是开口的。他往J形管里灌水银，水银顺着玻璃管流下去，但是不能升到短的一头的顶端。因为里面的空气，给堵在那一头了。

开初，长管和短管中的水银面，在同一水平上，波义耳知道，这时候，水银柱两端的压强相等。长管开口的一端，水银面上所受的压强就是大气压，它大约是76厘米水银柱高。波义耳仔细测量了短管中被封住的那段空气的体

积。因为玻璃管的粗细是均匀的，所以可以用短管中的空气的长度来表示体积。他记下的数据是 48 小格。

然后，波义耳不断往长管里加水银，封闭在短管中的空气体积就越来越小。波义耳惊喜地发现：当长管中的水银柱液面，比短管中的水银柱液面高出大约 76 厘米，也就是压强比原来加大一倍的时候，短管中的空气恰好从 48 小格缩小到 24 小格，正好缩小到原来体积的一半。

波义耳继续往长管中灌水银，发现压强为大气压 3 倍的时候，短管中的体积就缩小到 16 格，是原来的 $\frac{1}{3}$ 。

这样，波义耳就把他的实验结果，归纳为一个公式：在温度不变的条件下，一定质量的气体的压强，跟它的体积成反比。这就是著名的波义耳定律。

波义耳通过周密、精细的实验，发现真理，证实真理，批驳了李纳斯的错误观点。他的实验方法，使当时科学界耳目一新。

波义耳始终如一，保持求实精神。他总是老老实实地写出实验中的成功和失败，开诚布公，直言不讳，报告每一件事。即使在小事上，他也注意到不要违反事实。当他的第一部著作《手动机械的新实验》发表后，人们都称他研究真空所用的泵为波义耳泵。等这本著作再版的时候，他实事求是地说明：这个泵主要是胡克搞成的。

波义耳的《手动机械的新实验》出版后，不仅科学家谈论真空和空气的弹性，就连英国国王，也要求波义耳给他作一次私下的表演。朝廷要授予他贵族称号，教会要给他安排一个显赫高位，但是他对这些都不感兴趣，——婉言谢绝了。他唯一的爱好是科学实验。

1661 年，波义耳发表了他最著名的著作《怀疑派化学家》。

在波义耳那个时候，还没有真正的化学科学，只有一种行业叫做炼金术，从事炼金术的人叫做炼金术士。炼金术士企图变铅铜为金银，变普通金属为贵金属。这种想法是不可能实现的。但是，从 11 世纪到 17 世纪，炼金术士还是为人们增添了很多化学技术知识。他们从天然矿石中提取金属，发现药材，制造玻璃，蒸馏酒精，配制药剂。他们掌握了不少实验技术，认识了贵金属和其他一些物质的性质，研究出了配制和使用盐酸、硫酸和硝酸的方法。

炼金术以古希腊四元素论为依据，它的指导思想是错误的。四元素论认为：世界上所有的物质，都是由土水气火四元素组成。炼金术士根据四元素论，以为只要改变物质中的这四种元素比例，就能使普通金属变成贵金属。这使他们走上了迷途。

波义耳看到了炼金术士的荒谬之处。他通过多次实验，知道铁是铁，金是金，不可能用火一烧，铁就变成了金。他认为：把一个理论建立在概念上是十分危险的。

波义耳用实验批驳了炼金术士的错误，第一个提出了科学的元素概念，使化学的发展走上了正确的道路。他的第一本化学著作取名为《怀疑派化学家》，就是表示他对传统的四元素论的怀疑。

在这一本书中，波义耳大胆提出了什么是元素，什么不是元素的想法。他说：元素是确定的、实在的、单一的纯净物质，用一般的化学方法，是不能把元素分解成更简单的物质的。假使某种物质能分解成更简单的物质，或者能转化为其他物质，那么，这种物质就不是元素。波义耳抛弃了各种错误见解，给元素下了一个明确的定义。

由于历史的限制，波义耳没有解决怎样得到元素和元素有哪些种这两个

问题。但是，他从实验中已经得出结论：元素肯定不是只有三种、四种，而是有许多种。

波义耳提出了正确的元素概念，他被公认为近代化学的奠基人。

在波义耳的基础上，法国科学家拉瓦锡，给元素下了更明确的定义：元素是一种不能再分解的单一物质。

勇敢的探索者

波义耳每天早上很早就到实验室或者图书馆去了，在那里做实验，看书，写字，给皇家学会写报告。晚上，他在蜡烛光下读书，直到深夜。眼睛变坏以后，就请助手念给他听。这个文弱的高个子学者，总是不顾有病的身体，不停地学习和工作。

波义耳兴趣广泛，有孩子式的好奇心和不倦的探索精神。

他描述过，把铜盐放在火上，火焰就成为绿色；氨和硝酸或者盐酸相遇，就会形成白色的烟雾。

他注意到，用加银盐溶液的方法，可以测试出氯化物。如果有氯化物存在，加入银盐溶液，就会产生白色的氯化银沉淀。

他还注意到，一张浸泡过石蕊浸液的蓝色纸条，碰到酸就会变成红色，碰到碱又会变成蓝色。他指出，一些植物的液汁，可以用作确定酸性、碱性或者中性的指示剂。

波义耳为化学定性分析，作出了重要的贡献。

大约在 1669 年，一个名叫勃兰特的德国炼金术士发现了磷。化学家肯格尔听到这个消息，很想知道制造这种能发光的稀奇物质的方法，就到汉堡向这个炼金术士请教。但是，他遭到了拒绝。

后来，化学家克拉夫脱也去找这个炼金术士，想了解制磷的方法，同样遭到拒绝。他们只能自己去探索制取磷的奥妙。

1680 年，克拉夫脱带着磷的样品访问英国时，向波义耳透露人体中就有磷。波义耳仔细考虑了克拉夫脱的暗示以后，认定人体中能产生磷的部分，是骨头、尿和头发。于是，他着手研究这个问题。

波义耳花了一年多时间，经过反复摸索、试验，终于从人尿中提取出来了磷。在《关于冰冷的夜光的新实验和新观察》一文中，他谈到了不少有关磷的性能，引起了科学界的注意，被公认为独立发现磷的人。

波义耳把自己的发现，原原本本，老老实实，全部公诸于世。他十分厌恶知识保密，认为这种愚蠢幼稚的坏习气，是妨碍科学成长的巨大障碍。他一辈子同它进行斗争。他提倡，各种成果和情报共同使用，分歧观点公开讨论，并且要使用简单明白的语言。

科学的进步，不能只靠一个人努力，必须允许在别人的研究基础上前进才行。波义耳言行一致。他有什么新发现，就尽快公开发表，供大家阅读和使用。

1670 年，也就是波义耳搬到伦敦他姐姐家两年后，瘫痪病第一次迫使这位科学家，在床上躺了 11 个月。

波义耳是一个意志坚强的人。在病床上，他用各种药剂和药膏按摩麻痹的腿和脚，服用自制的各种新药。他还自己设计了恢复手臂和腿的功能的体操，坚持锻炼。

就在身体条件这样不好的情况下，波义耳仍然不肯让自己的脑子闲起来。每天，他都和助手一起工作；由助手念书给他听，记下他口授的文章，包括新实验的设想。正因为如此，在得病后的一年里，波义耳还写出了不少有价值的论文和书籍。

波义耳温和、诚实、无私，给所有认识他的人都留下了深刻的印象。在争论的时候，问题不管多大，程度不管多激烈，他绝不嘲笑或者谩骂，总是真诚相待，彬彬有礼。他的头脑清醒而冷静，没有虚荣心和嫉妒心，从来也不关心名望和高位。1680年，波义耳53岁的时候，曾被提名为皇家学会会长。这是一种极受尊敬的职务，但是他谢绝了。

1691年，波义耳和姐姐凯塞琳都病的很厉害。凯塞琳于1691年12月23日去世。波义耳4岁丧母，一辈子没有结过婚，姐姐凯塞琳是一生中对他支持最大的人，也是他最亲近的人。他的去世对波义耳的打击太大了。一个星期后波义耳也离开了人世。

波义耳的一生，的确像他自己说的那样：“我愿人们这样想我，除了自然界以外，我几乎没有看过任何别的书。我永远尊重这位最有益的作者，他不是努力去显示自己的学问，而是努力去增添他的读者的知识！”

威廉·汤姆生

高等启蒙教育

1824年，威廉·汤姆生出生在英国贝尔发斯特城，父亲是皇家学院的数学教授，性情温和，治学勤奋；母亲是富家女儿，是个典型的贤妻良母。汤姆生的兄弟姐妹比较多，他从小生活在一个和睦而热闹的大家庭里，非常快活。由于他长得最漂亮，又很聪明，在兄弟中最受父亲宠爱。他也最爱父亲。

汤姆生6岁那年，母亲不幸去世，父亲挑起了照料全家的担子。这位数学教授是农民出身，年轻的时候靠自学进入大学。他虽然疼爱失去母亲的孩子，但是对他们的教育却很严格。在汤姆生和比他2岁的哥哥杰姆都还很小的时候，父亲就向他们系统地教授数学了。他还经常在清晨带孩子们到郊外去散步，一路上提出各种有趣的问题来问他们，培养他们思考的习惯。每当这个时候，孩子们都兴奋得像小鸟一样，叽叽喳喳地发表自己的见解。

1832年，汤姆生的父亲被母校格拉斯哥大学聘请去教书，全家迁到格拉斯哥城。这座城市位于苏格兰腹地，横跨克莱德河，西临狭窄的克莱德海湾，是英国北部的第一大港，商业繁荣，造船业比较发达。汤姆生一生的主要活动都是在这里进行的。所以有的科学史家提到他的时候，都爱把他称做“格拉斯哥的汤姆生”。

这一年新学期，汤姆生的父亲开始讲课。新来的教授学问渊博，讲述有条不紊，待人亲切，很快就博得了学生们的敬仰。没有多久大家就发现，教授来讲课的时候常常带着两个漂亮的小男孩，让他们坐在教室里旁听。小的那个孩子还背着装玩具的书包。起初，同学们都以为这两个小家伙是来玩的，后来看到他们在认真的记笔记，才大吃一惊。因为这两个大学旁听生的年龄实在太小了：杰姆是十岁，汤姆生才八岁！

一所堂堂的高等学府竟准许八岁的儿童当旁听生，听起来有些荒唐，但是却是事实。人才的培养本来就应该不拘一格。我国历史上不也有甘罗12岁当宰相的佳话吗？汤姆生的父亲望子成才，也很费了一番苦心。汤姆生从接受启蒙教育直到中学教育，都是他父亲自己编教材，在家里教的。他在读大学以前，从来都没有进过学校。气宇轩昂的老教授是个天生的教育家，他的最大乐趣就是给孩子们传授知识，把他们教育成材。汤姆生兄弟也很争气，他们在大学非正式地旁听了两年，眼界开阔了不少。有一次上实验课，兄弟两个对电学实验发生了浓厚的兴趣，回家以后，竟仿制了几个莱顿瓶和伏打电堆。两个小实验家用电堆给莱顿瓶充上电，然后骗小妹妹维莉来摸，结果“啪啦”一声，把她吓得大哭一场。

汤姆生十岁的时候，和哥哥一道正式进了格拉斯哥大学预科学习。这大约是当时世界上最小的大学生。同年级的同学大多是农场主的儿子，最大的24岁。这些纨绔子弟醉心在神学里，汤姆生却在数学、物理学和天文学方面努力学习。汤姆生15岁那年，获得了学校的物理学奖；16岁获得了天文学奖，同时还因为写了一篇出色的论文《地球的图形》，得到大学的金质奖章。

1840年春天，汤姆生的父亲带着全家去欧洲大陆旅行。他们渡过多佛尔海峡，顺着莱茵河南下，旅游的区域主要在德国境里。父亲选取这条路线，主要是想让孩子们练习德语会话。为了避免分散精力，他事先规定谁也不准携带书籍。这年年初，汤姆生的指导教授，向他介绍了法国数学大师傅立叶

(1789~1857)关于热的数学分析的一本著作,要他学习。汤姆生动身以前,听说爱丁堡大学的凯伦特教授非难这部著作。他瞒过父亲,把书悄悄地藏在皮包里,旅途中一有机会就偷偷地读几页。他们在法兰克福作客的那些日子,汤姆生每天都躲进地窖里研究傅立叶的理论,终于发现是凯伦特教授自己搞错了。于是,他写了一篇反驳的论文。旅行结束以后,他把论文寄给凯伦特教授。凯伦特对这个16岁少年的挑战,最初只是付诸一笑,但是当他读完全文以后却完全折服了。第二年,这篇论文发表在剑桥大学的数学杂志上,虽然用的是笔名,但是不久,大学生们就都知道作者是谁了,汤姆生顿时名扬全校。

在以后的几年里,汤姆生发表了一连串的科学论文,内容涉及数学、热力学和电学。17岁那年,他把电力线和磁力线同热力线加以类比;18岁,接触到了热传播不可逆性(就是从高温物体传到低温物体,不能反向传递)。在研究这些问题的时候,他娴熟地运用了很多新的数学定理。剑桥大学的数学家霍普金斯(1793~1866),曾经担任他的指导教授,使他得益不小。这一切都表明,他有可能成为一个杰出的数学物理学家。遗憾的是,他成名太早,反而影响他刻苦钻研。他一生中的某些不足在这个时候已经露头。他撰写论文很少参考别人的著作,写起来也是龙飞凤舞,一挥而就。据说他习惯用铅笔写作,而且常常写在零乱的纸上就送去付印。

1845年1月,20岁的汤姆生通过了紧张的毕业考试。事前,父亲和老师们都对他寄予很大的希望。父亲确信他能够稳拿第一名,一个主考教授甚至对他的同事说,他们都不配改汤姆生的卷子。可是考试揭晓,汤姆生只得了第二名。直到第二次史密斯奖考试的时候,他才夺得了桂冠。

后生可畏

汤姆生毕业以后,首先选择了电磁学当做进军的目标。虽然热力学也在他的视野范围里,但是自从法拉第在1831年发现电磁感应以后,探索电磁的奥秘就成了很多科学家感兴趣的课题,汤姆生也受到强烈的吸引。这个高材生还在儿童时代就被电学迷住了。他很羡慕法拉第的成就,尤其是对法拉第关于电力线和磁力线的思想很感兴趣。汤姆生掌握了数学工具以后,更觉得电磁学是个大有可为的领域,跃跃欲试。

汤姆生的父亲却一心要儿子竞选教授席位。当时格拉斯哥大学有位德高望重的物理学教授要退休,父亲非常希望汤姆生能够接替这个职位。按照当时的传统,必须要对物理学有实践经验的人才才有资格。为了达到这个目的,父亲特意安排汤姆生去巴黎留学,给物理学家雷尼奥(1810~1878)当研究生。雷尼奥是搞热力学的,曾经接受法国政府的委托,测定过比热常数。汤姆生一边听他的课,一边给他当实验助手,在热力学研究上得到不少启发。但是他当时的主要精力,还是放在电磁学上。他在巴黎只逗留了四个多月,就写了第一篇很有见地的电学论文,发表在法国的数学杂志上。这家杂志的主编很赏识这个英国青年,曾经给了他不小的鼓励。汤姆生的论文根据光学倒影原理,论述了静电感应的电荷分布,这已经是个创见;更不简单的是,他还提出可以用数学方法来分析法拉第的静电感应现象。他这个闪光的思想,比麦克斯韦要早十年!

1845年初夏,汤姆生从法国回到剑桥大学,参加了英国科学协会的会

议。出席这次会议的都是著名学者，包括法拉第、焦耳（1818~1889）这样一些世界第一流的大科学家。相比之下，21岁的汤姆生不过是个孩子。但是他不迷信权威，在会上大胆发表自己的见解。

这个英俊的青年有些紧张地站在讲台前，介绍自己对电磁学的研究。他的脸颊因为兴奋而微微发热，声音也不由自主地提得很高。汤姆生在会上宣读的论文，是根据自己发表在数学杂志上的那篇文章修改的。当他谈到法拉第的磁力线可以用数学公式来表示，谈到他发现的光线在两块带不同电荷的玻璃片之间发生极化现象的时候，会场上发出了一阵热烈的议论。

当汤姆生回到自己座位的时候，旁边一个衣着简朴、态度和蔼的学者转过脸对他说：“小伙子，你谈得不错啊！”

“先生过奖了！”年轻人有些不好意思。

“我也一直在思考这个问题，”那位学者直率地说。

“请问先生贵姓？”汤姆生很有礼貌地问。

“迈克尔·法拉第。”

想不到同自己谈话的竟是法拉第！汤姆生顿时肃然起敬。法拉第从皮包里取出自己写的一本电学专著《电学实验研究》递给汤姆生，建议他抽空读一读。接着，他们的话题又回到论文上。汤姆生向法拉第请教，为什么光束通过带电介质会发生极化现象。法拉第解释说，这个问题很简单，他几次想用《电学实验研究》来验证，都没有取得成功。

“但是我相信，发生电感应现象的时候，介质一定是处在某种特殊状态中的。”法拉第坚定地说，并且表示要继续研究这个难题。

汤姆生当时很想提出来同法拉第合作。他犹豫了一下，没有把话说出口。法拉第那时已经51岁，久病初愈，刚恢复研究工作。他虽然赏识汤姆生的才能，但是没有想到这个21岁的后生是最理想的助手。所以，他们探索的目标尽管是共同的，特别是汤姆生又精通数学，却没有能够携起手来。这是很可惜的。

一个月以后，汤姆生在皇家学院重新进行这项实验，可惜法拉第已经离开了。对他们两个人来说，都失去了一次最宝贵的机会。后来，法拉第始终没有能够把自己的研究提高到理论的高度；汤姆生的愿望，也要到麦克斯韦手里才能变成现实。

以后，汤姆生有好几次想把自己对电磁的研究总结成理论性的东西，但是都失败了。他的主要缺点是不善于吸取别人的长处。他对法拉第虽然很敬重，却从没有系统地读过《电磁学研究》。对于其他人的著作，他当然就更少过目了。有人说，他在40年里没有认真读过一本书，这话虽然有些夸张，但是也说明了汤姆生的弱点。他在实验中的一些发现，有的确实闪耀着天才的光芒，有的却是重复了别人早已发现过的事实。

1846年5月，老汤姆生等候已久的机会终于到来：那位受人尊敬的老教授去世，他的职位空出来了。当时大学提出30个有才干的教师做候选人。汤姆生的父亲梦寐以求的，就是要让儿子坐上教授这把交椅。他一向训诫儿子要把数学同物理学上的实际问题互相结合起来，对汤姆生一生确实有不小的影响。父亲主要是为了适应选拔教授的考试的需要，儿子却因此转向了应用工程的研究。

走在真理的边缘

1846年11月1日，汤姆生正式担任教授的职务。他还是悉心研究电学，而且很有进展。法拉第那年从剑桥大学回去以后，做了大量实验，研究光的极化，当年就取得突破。这位实验大师发现：通过玻璃的一束偏振光，它的振动面在磁场作用下会发生偏转。这就是有名的磁致旋光效应。法拉第曾经喜悦地写着：“这样一来，磁力和光有相互关系就得到证明了！”消息传来，汤姆生很受鼓舞。在法拉第实验的启发下，汤姆生进行了反复的研究，他用数学方法进行分析，对电磁力的性质作了有益的探讨，还试图用数学公式把电力和磁力统一起来。这确实是一个天才的思想。

汤姆生把研究成果写成了一篇论文。那时，他当教授才半个多月。论文完成的时间是1846年11月28日。汤姆生在当天的日记里写下了这样的话：“上午十点一刻，我终于成功地用‘力的活动影像法’来表示电力、磁力和电流了。”

实际上，他已经走到了电磁理论的边缘，只要再向前迈进一步，就能够发现真理。遗憾的是，汤姆生就在这里停步了。他也许朦胧地感觉到了曙光在前，但是却缺少那种锲而不舍的精神。他在笔记里匆匆写下这么一行字：

促使我能够把固体对电磁和电流有关系的状态重新做一番更特殊的考察，我就会超出现在所知道的范围，不过那是以后的事了。

可惜他后来再也没有做这方面的工作。因此，建立电磁理论的桂冠，就只好让麦克斯韦来戴了。当然，汤姆生的功绩也不可否认：第一，是他作了开拓性的工作；第二，是他把自己的思想毫无保留地告诉了麦克斯韦。这是汤姆生很伟大的地方。

汤姆生没有能够把电磁理论的研究进行到底，客观上还有个原因，就是他没有能够及时得到法拉第的指导，1847年夏天，汤姆生曾经把自己的论文抄寄给法拉第。他在信里是这样写的：

亲爱的法拉第先生：

以前，我向你提到过一个问题，那就是用解释弹性体中“应力”分布的方法来解释电力和磁力之间相同的情况。现在我写了一篇论文，只从数学上论述了电力和磁力相同的地方。还不敢说这就是关于电力和磁力分布的理论。假如够得上称做理论，它也只是说明了电力和磁力之间存在着必然的联系，说明了吸铁石或者有电流通过的导体，都会产生绝对静止的磁性现象。如果这个理论能够成立，把它同光的波动理论联系起来，就完全可以解释磁性使先发生极化现象的效应了。

论文随信附上。

信中的精辟见解，在今天看来也是令人惊叹的。因为当时除了法拉第以外，还没有第二个人把电磁现象和光波联系起来。可惜的是，汤姆生没有得到法拉第的回信，在关键时刻没有得到宝贵的指导。

正当汤姆生在电磁理论的边缘徘徊的时候，他遇到了焦耳。跟这位大物理学家结识以后，他的兴趣被引上了另一条道路——热力学的研究。一位英国传记作家在《汤姆生传》中饶有风趣地写着：

说来也怪有趣的，汤姆生在年轻的时候就碰到了两个大名鼎鼎的实验家：法拉第和焦耳，可是后来只同其中的一个成了要好的朋友传记里说的“其中的一个”，指的就是焦耳。

汤姆生和焦耳的相遇，是很富有戏剧性的。1845年在剑桥大学举行的英

国科学协会的会议，焦耳也参加了。他在会上还作了关于热功当量的报告。但是那次开会，汤姆生没有能够同他结识。焦耳在 1841 年发现了电流通过导体发热的定律，1843 年又通过实验测定了热功当量，为建立能量转换和守恒定律提供了重要的实验根据，这在物理学上是个了不起的发现。但是，当时人们抱着成见，还不理解焦耳工作的意义，皇家学会也拒绝发表他的论文。

1847 年，在牛津大学召开的英国科学协会的会上，焦耳再次宣讲自己的理论。这位不屈不挠的实验家，面对怀疑和非难，坚定地声称各种形式的能都可以定量地互相转化，比如机械能可以定量地转化为热能。当时，著名的热力学学家都认为这种转化是不可能的。汤姆生也出席了这次会议，他起初打算等焦耳讲完以后马上站起来反驳，但是，听完讲演就完全明白了焦耳的学说里包含着真理。会后，他同焦耳亲切地交谈起来，焦耳深深感到是遇见了知音。当时，焦耳是 29 岁，汤姆生才 23 岁。后来，他们成了莫逆之交。在焦耳的鼓励下，汤姆生把注意力转到热力学研究方面。结果，他的天才在电磁学领域里没有充分显示出来，却在热力学的领域里显示出来了。第二年，他提出了绝对温标。在热力学的理论上，他也做出了相当大的贡献。汤姆生还同焦耳合作，发现了著名的汤姆生—焦耳效应（被压缩的气体通过窄孔，进入大容器以后，就膨胀降温）。这个效应，为近代低温工程奠定了重要基础。

海底电缆通信

汤姆生结识焦耳以后，就把大部分精力放到了热力学的研究上。转眼之间，几年过去了。在这几年里，他在格拉斯哥大学创建了英国第一所物理实验室，吸引了不少学生。后来，这所实验室成了他的基地。同时，他的家庭生活也发生了很大变化。1849 年，他父亲患病去世了。这位教授在世的时候对儿子要求很严格，亲眼看见爱子成器，临死的时候内心是满意的。老汤姆生对英国教育也有贡献。在他去世以后，苏格兰的学校仍旧采用他编的老教科书。据说，他编的有些教科书再版了将近 100 次。父亲去世 3 年以后，汤姆生成了家。妻子体弱多病，汤姆生一直对她体贴入微，细心照料，花了不少时间。

1853 年，29 岁的汤姆生在热力学研究方面取得了成就以后，才回过头来再一次对电磁学进行探索性的研究。他用很精确的实验，证明了莱顿瓶放电具有振荡性质。实际上这是发现电磁波的前兆，真理就在眼前，只不过汤姆生没有充分意识到这一点罢了。汤姆生还用数学方法推导出电振荡过程的方程和振荡频率的公式。

同年，他发表了《瞬间电流》这篇论文。这不但是汤姆生一生中最出色的一篇论文，而且也是电磁学史上光彩夺目的篇章。在这篇论文里，他指出带电体的放电有两种，一种是连续放电，一种是振荡放电。如果是振荡放电，就会形成这样一种情况：“主要导体最先失去它的电荷，然后得到比起初稍小而正负相反的电荷，这样循环下去一直到无限，而后达到平衡。”

他还认为，如果放电频率太高（电火花爆发太快），肉眼不能判断，就可以用惠斯登的“转镜法”来观测（6 年以后，另一位科学家证实了这点）。但是，汤姆生没有继续研究下去。第二年，他收到剑桥大学年轻的毕业生麦克斯韦向他求教怎样研究电磁的来信。汤姆生毫无保留地把自己研究的成果

告诉了他。后来，麦克斯韦沿着汤姆生开辟的道路一直走下去，终于完成了汤姆生没有完成的事业。

汤姆生为什么没有坚持到底，有种种原因。最主要的，是当时有项举世瞩目的工程——铺设第一条大西洋海底电缆，把他吸引住了。汤姆生不是法拉第那样的实验科学家，由于各人的经历、性格、受到的教育和所处的环境不同，因此，他身上更多地具有工程师的气质，对于实际的应用工程更有兴趣。这种倾向，在他 30 岁以后更加明显。他的“三十而立”，可以说完全立在工程界了，尽管他一直是格拉斯哥大学的教授。

从莫尔斯发明电报以后，不到 20 年，电报这种新型通信方式已经在世界上流行起来。当时无线电还没有发明，莫尔斯电报只能进行有线传送，只能在陆地上使用，称做陆地电报。随着资本主义的发展，英国和欧洲大陆以及欧美两地之间传统的利用邮船通信的方式，已经远远不能满足需要，于是制造和铺设海底电缆成了最迫切的任务。1850 年，在英法之间的多佛尔海峡铺设了最早的海底电缆，但是，它比较短。要制造和铺设几千公里长的海底电缆，工程就艰巨多了，因为有很多理论上和技术上的问题需要解决。

1854 年，也就是汤姆生发表《瞬间电流》的第二年，一个叫克拉克的科技人员发现了信号延迟现象，也就是信号通过海底电缆的时候，收报比发报要滞后一定时间。他不能解释这种现象。

汤姆生知道这件事情以后，怀着极大的兴趣进行了研究。他意识到这个问题是铺设长距离海底电缆成败的关键。因为电缆越长，信号延迟时间越长，而且衰减和失真（从脉冲波变成钟形波）也就越厉害，甚至会不能正常传递电报。经过整整一年的系统研究，汤姆生提出了关于海底电缆信号传递衰减的理论，解决了铺设长距离海底电缆的重大理论问题。这使他在还没有肩负铺设大西洋海底电缆重任以前，就已经成了这个工程的奠基人。那时，他刚 31 岁。一个有趣的巧合是，后来麦克斯韦提出电磁理论是 31 岁，赫兹（1857 ~ 1894）证实电磁波的存在也是 31 岁。

1855 年，汤姆生发表了信号传输理论的论文。它系统地分析了海底电缆信号的衰减原因，并且指出，由于海水是导体，包着绝缘层的海底电缆同海水组成了一个电容器，这就使信号传递有个充放电的过渡过程。如果增大铜线截面面积来减小电阻，加厚绝缘层来减小分布电容，而且使用小电流，就能够使信号的延滞降低到最小限度。这个理论成了后来设计海底电缆通信工程的重要理论根据。

1856 年，大西洋海底电缆公司正式组成，资本总额是 35 万英镑。按照公司章程的规定，公司董事由各个地区的股东选定，在股东还没有分到 10% 的红利以前，董事没有薪金。苏格兰的股东选聘汤姆生当董事，汤姆生高兴地同意了。一个人把工作当成了事业，他是不会计较报酬的。青年电学家盼望的是把自己的理论拿到实际中去应用，在第一条大西洋海底电缆的工程中显示威力。到 1866 年 4 月，历经种种艰难险阻，在第四次沉放大西洋海底电缆时，终于大获成功，全部工程整整进行了 10 年。

丁肇中

家庭的熏陶

1936年，在一个温馨的春夜，一颗光彩夺目的智慧之星，降临到美国密执安大学的校园里——他就是丁肇中。丁肇中成名后，曾经动情地谈到自己非同寻常的身世，他说：“我在第二次世界大战初期，出生在一个主要由教授和革命志士组成的家庭里，我的父母都希望我出生在中国，但在他们访问美国时，我提早出世，由于这个意外，我成为美国公民，这个突来的小插曲，却也影响了我的一生。”

丁肇中的父亲丁观海和他的母亲王隽英在上海光华大学读书时相识。他们先后到达密执安大学攻硕士学位。丁观海和王隽英志同道合，互敬互爱，终成伴侣。婚后不久，王隽英便怀孕了。经过刻苦攻读，两位勤奋的年轻人双双获得了学位，但却无意久留海外，他们日夜思念祖国和亲人，决心回国，以科学救国。1936年初，丁观海先期回国，到河南焦作化工学院任教。当时王隽英即将分娩，难以承受海上颠簸，独自留在了美国。直到这年春天，她怀着出生刚3个月的丁肇中历尽艰辛也回到了祖国。

丁观海教授一家人回国后不久，震惊中外的“七七事变”爆发了。孩提时代的丁肇中，伴随着兵慌马乱的岁月，跟随父母开始了在全中国范围的逃难生活。丁肇中的外祖父王以成，早年追随孙中山先生，在辛亥革命中壮烈牺牲。母亲王隽英成年后牢记父亲的遗志，决心献身于报效国家和民族的事业。当时眼看大片国土沦丧，便毅然同丈夫一起携幼子到后方的重庆参加抗战工作。抵达重庆后，丁观海教授在重庆大学和复旦大学任教，王隽英在西南教育学院担任了女生指导。由于父母忙于工作，丁肇中由外祖母抚养长大。在丁肇中的记忆中，外祖母给他留下了不可磨灭的印象。她性格刚毅，勇敢，无畏，爱憎分明，给少年丁肇中树立了做人的榜样，对他以后的成长产生了重大影响。年复一年的战争，艰难岁月的磨炼，使丁肇中从小就饱尝了生活的艰辛。由于父母和外祖母的爱抚，使他一次又一次从疾病和死神的威胁下挣脱出来。在战争、饥饿、疾病和困苦的境遇中，他渐渐地长大了，进入重庆磁器口小学读书。

丁肇中9岁那年，日本侵华战争结束，他跟随父母来到南京，进入一所小学读书。和同年龄的孩子相比，他非常刻苦用功。小小年纪便常说：“看电影是金钱和时间上的浪费，尤其是时间，那是最浪费不起的！”后来，他跟随父母到了台湾。进入中学以后，他如饥似渴地用功读书，经常与同学去附近的师范大学图书馆看书。他读书非常专心，遇到疑难问题，决不中途退缩，不是查阅参考书籍，就是向老师和同学请教，直到弄清为止。平时几乎没有什么消遣。就这样，他逐渐在数学和物理方面展现出才华和实力，为后来成为一位卓越的物理学家奠定了坚实的基础。

不同寻常的圣诞礼物

1956年9月，刚在台湾读了一年大学的丁肇中只身踏上了赴美求学的征程。抵达美国后，他寄住在布朗教授家中。作为密执安大学工学院的学生，第一年他是在语言不通、生活环境不同、学习困难的情况下度过的。后来，

他发现自己不太喜欢机械制图，却对数学和物理发生了浓厚兴趣，于是便转到理学院读书。1957年暑假时，他读了一本名叫《原子光谱》的书，第一次接触到光子的概念，以及光子在原子物理上的作用。

大学即将毕业时，丁观海教授寄来一本《量子电动力学》，作为圣诞礼物送给他。量子电动力学(QED)，是研究微观粒子运动的科学。这门科学的出现，标志着人类对自然界各种客观规律的认识，已经深入到微观世界，大大促进了原子物理、固体物理和核物理等学科的发展。丁肇中对父亲送的礼物爱不释手，他反复研读这本书，并论证了书里的许多方程。从此，量子电动力学理论成了丁肇中最喜欢钻研的科学。父亲送给他的这一不同寻常的圣诞礼物，在这位未来实验物理巨匠的心中播下了不灭的火种。这时他虽然还是一个不为人知的大学生，然而在心中却萌发了一个念头：把自己的一生献给物理学。他清楚地知道自己选择的是一条充满艰难险阻的道路，但他坚信只要埋头苦干，潜心钻研，普通人也能作出辉煌的业绩。

1959年夏天，丁肇中读完大学，同时获得了数学和物理学两个学位。大学毕业后，他获得了美国奥克瑞奇中心从事粒子物理研究的奖学金。正当准备赴普林斯顿高等研究所工作时，他结识了在密执安大学建筑系读书的凯·路易丝·库妮。于是，他放弃了去普林斯顿的计划，决定继续留在密执安大学攻读博士学位。1960年11月23日，丁肇中同凯·路易丝·库妮结为伉俪。而后，他进入密执安大学物理研究所，不久又来到旧金山附近的伯克利电子直线加速器中心，迈上了成为实验物理巨匠的征程。

验证 QED

从学生时代起，丁肇中就善于深刻地独立思考各种问题，因而刚出校门，便接连做出了惊人的成绩。

丁肇中来到哥伦比亚大学工作的第二年，哈佛大学的一位很有名的教授做了一个光子产生电子的实验，实验结果认为量子电动力学(QED)是错误的。1965年，康乃尔大学的教授们重复了这个实验，宣称得到的结果和哈佛大学教授的意见是一致的。丁肇中对著名物理学家和教授们得出的这一结论感到困惑不解。一天，他找到莱德曼教授说：“我可不可以重复一下这个实验？”莱德曼听了，不以为然地说：“这恐怕很困难，因为你从来没有在电子加速器上工作过，也不是很有名的教授，物理学界也没有人支持你。”莱德曼教授的劝阻，并未能使丁肇中止步。他想：自然科学不是以多数为主的科学，并没有少数服从多数的原则；恰恰相反，往往是少数人的意见是对的，因而纠正了多数人的看法；科学家的责任是去发现自然的真相，而不是盲目地人云亦云。既然在美国难以检验量子电动力学，那只好去德国了。他的想法得到了德国电子同步加速器中心(DESY)负责人的热情支持。

1965年10月，丁肇中风仆仆地到达汉堡后，DESY给他配备了一个小组，找了几名助手，便开始了紧张的工作。起初，听说做实验所需的磁铁要一年之后才能制造出来，他觉得时间太长了，决定自己设计出另一个谱仪。为此，他每天睡眠不超过二三个小时。为了实验，还制作了各种计数器。那时德国在高能物理研究方面，无论是实验设备还是研究水平，都远比美国落后。实验是在6个GEV的加速器上做的，为了取得确切数据，丁肇中就住在靠近技术厅的屋子里，没有回过家，总是全神贯注地盯着所有的计数器。经过反复

检验，包括改变实验条件，改变电子学条件，证明实验结果是对的，QED 是对的。

在斯坦福学术讨论会上，丁肇中报告了实验结果，用大量确凿的数据说明“QED 是正确的”，并指明了哈佛大学教授们的实验失败的原因。他的报告引起了极大轰动，这一实验使他成为令人崇敬的知名学者。

寻找 J 粒子

1971 年，丁肇中怀着渴求科学真理的急切心情，雄心勃勃地来到纽约附近的布鲁克海文实验室，开始了寻找 J 粒子的艰苦历程。

著名的布鲁克海文实验室，地处美国东海岸一个名叫长岛的地方，这里空气新鲜，树木葱郁，犹如世外桃源。在这里，科学家们正借助高能加速器的巨大威力探索着原子核里的各种粒子的奥秘。丁肇中经过同工作人员反复讨论，决定在一台能量为 30 亿电子伏特的质子同步加速器和相应的探测器上进行实验。这次实验异常艰巨，丁肇中曾对此作过一个生动的比喻，他说：“在雨季的时候，一个像波士顿这样的城市，一秒钟之内也许要降落下千千万万的雨滴，如果其中的一滴雨有着不同的颜色，我们就必须找出那滴雨！”

这次实验因非常冒险，又花费昂贵，曾受到许多非议。比如，它除了需要复杂精密的加速器和探测器外，为了防止实验进行过程中原子核分裂造成的严重辐射，在实验区里共用了 1 万吨水泥块、100 吨铅、5 吨铀、5 吨硼砂作屏障物。

实验开始后，丁肇中和他的助手们日夜守候在一台台闭路电视机前，密切注视着各种仪器的工作情况。忽然，仪器上出现了危险信号：尽管用了大量的屏障物，在实验区仍然出现了很强的核辐射。

“毛病究竟出在什么地方呢？……这么大剂量的辐射，显然人是受不了的！难道实验真的因此不能进行下去吗？”丁肇中翻来覆去地思考着。沉思良久，他又醒悟过来：“作实验就好像打仗一样，不能有丝毫的犹豫和动摇，现在唯一的办法是尽快设法查明辐射的来源，使实验按照原定的计划进行下去，而不是半途而废！”丁肇中就是这样一位非常勇敢、坚定而又沉着的科学家，他决不因为出现一点风险就放弃自己的整个计划。在他和助手们的精心检查下，很快找到了漏洞——用来阻挡发射质子束流的阻塞物的顶端这样一个十分重要的地方，却没有任何屏障！漏洞堵塞后，辐射立即降到了安全水平。

实验继续进行，从 4 月 8 日，整整紧张地工作了 4 个月。他们常常是通宵达旦，夜以继日地工作；有时，过了午夜他还守在仪器旁，一直工作到凌晨才回宿舍睡觉。丁肇中对自己对别人都要求十分严格，为了求得绝对准确的实验结果，他每作一次实验，常常不是重复验证一次，两次，而是不厌其烦地重复多次，直到结果是千真万确才罢。他认为，在科学的道路上，不脚踏实地的工作，不付出艰苦的劳动，就不可能前进；松松垮垮，舒舒服服，是搞不出名堂的。

1974 年 8 月的一天，奇迹终于出现了：他们将一束能量很高的质子束流打在铍的原子核上，发现了一个重量比质子重 3 倍的新粒子。在这个空前的重大发现面前，丁肇中既没有欣喜若狂，也没有深信不疑，却表现得十分冷静谨慎。他为了证实自己的实验结果是科学上的新发现，紧接着又用不同的

方法把新粒子散布到探测器的不同部位去，又领导助手们运用不同的计算程序进行检验，仔细检查了所有的仪器和工作环境，确认实验结果是完全正确的。至此，丁肇中才和他的助手们怀着无比兴奋的心情，决定把这个新粒子命名为 J 粒子。

J 粒子的发现，引起各国科学家和学者的空前注目和轰动，也使一度沉寂的国际高能物理学界重新活跃起来。J 粒子的问世，好比敲开了一个基本粒子家族的大门，给高能物理学的研究展示了崭新的前景。

空前规模的 L₃ 实验

近年来，凡到过欧洲核子研究中心访问的人们，在这个硕大的核子研究机构的墙壁上，都能看到一张式样奇特的挂图，图的背景是风景秀丽的日内瓦城，圆圈的中心则印着三个大写的英文字母：LEP。这是迄今为止世界上最大的正负电子对撞机的示意图。这台周长 27 公里，跨越瑞士和法国的巨型粒子加速器，能量高达 1300 亿电子伏特，它用相当一个城市的电力，让正负电子在 1 秒/亿的时间里碰撞。在对撞机的四周，设置着粒子探测系统，正负电子注入环中，反向流动，进行对撞。首期工程中建立的四个不同的大型探测系统，月的是高精度地测量对撞中产生的粒子的各种性质，包括它们的方向、通过的时间、能量、电荷、质量等等参数。

早在这台世界上最大的正负电子对撞机动工兴建之初，国际上许多物理学家就纷纷提出实验计划，希望能“中标”。然而在由各国组成的委员会进行的无记名投票中，丁肇中提出的 L₃ 实验计划以压倒多数获得通过。后来，美国、前苏联、瑞士、德国、法国的物理学家与工程人员都竞相参与这一实验。所谓 L₃ 实验即模拟宇宙的形成，也就是大爆炸，要创造这种条件，模拟宇宙开始的情形。这一实验同其他实验的不同之处，按丁肇中的解释是：“能高精度地测轻子，我们将寻找粒子质量的起源，正负电子对撞，对撞产生电子、 μ 子、丢失的粒子；通过不同的能量寻找新粒子。”

人类规模空前的 L₃ 实验，耗费了丁肇中大量的时间和精力。由于实验极为复杂，牵涉的学科又多，加之许多国家合作进行，他作为这一实验项目的总负责人，每天的工作量大得惊人。特别是在 L₃ 实验准备工作期间和实验开始以后，丁肇中可谓日理万机。这项由 14 个国家的 460 多位物理学家和 600 多位工程技术人员参加的实验，共有 4 个巨型探测器，这些探测器不仅物理设计构思复杂新颖，而且所需的原材料都没有成品。为确保实验成功，丁肇中从领导科技人员研制探测器开始，便年复一年地在世界各地奔波。

探测器设计出来以后，丁肇中和他的合作者们首先遇到的问题是：大量的错酸铋晶体从哪里来？当丁肇中了解到前苏联有氧化锆，中国有氧化铋，上海硅酸盐研究所有可能研制出大量 BGO 晶体时，他当即飞往前苏联带上氧化锆，再飞到上海，直到帮助硅酸盐所研制出大量合格的 BGO 晶体为止。

又如 L₃ 实验用的 μ 子探测器，它的主要部件是在美国的波士顿制造，激光校正系统在瑞士制造，强子量能器则由前苏联、中国和美国科学家共同设计。在它们研制过程中，丁肇中也倾注了大量心血。

总之，参加 L₃ 实验的各国科学家们能够不分国籍，不分政治见解，亲密无间地完成如此空前复杂的大规模科学实验，理应归功于丁肇中不带任何偏

见的组织与领导。

丁肇中在谈到他所从事的这项实验时，指出：“人类早期认为物质的始元是水、土；这个世纪初进一步认识到所有物质由化学元素组成；后来发现了质子、电子，观念改变了；现在，科学家们则认为物质由夸克组成；可是问题是：为什么宇宙中只有五种夸克？为什么只有电子、u子？轻子有多大？轻子人们每天都用到它，轻子的体积太小了，人们不能测量，为什么物质有质量？因此，我们有兴趣做这个实验。”

目前，丁肇中正全力以赴地带领着千百位科学家日日夜夜致力于探索物质微观世界的奥秘。人们热烈期待着丁肇中领导的L₃实验，把宇宙间的几种力统一起来，这不仅对深刻理解物质结构有深远意义，而且在未来的二三十年内，有不可估量的应用价值。

