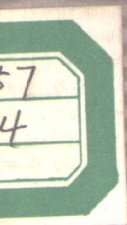


物理学上的重大实验

谭树杰 王 华 编著



科学技术文献出版社

53.057
210.4

物理学上的重大实验

谭树杰 编著
王 华

科学技术文献出版社

1987

049648

内 容 简 介

本书收集了从经典物理到近代物理各个时期中重要的实验约60个，内容涉及力学、光学、热学、电磁学、原子物理和原子核物理等方面。它不是以科学家为线索来叙述他们所进行的实验，而是着重对每个实验产生的历史背景、实验过程、以及在物理学中的地位、作用和影响作比较详细的阐述。本书是在收集大量国内外资料的基础上，进行比较、整理和分析而编写成的，尽量少用或不用数学推导和专业术语，内容全面，通俗易懂。

可作为大、中学生学习物理学的辅助读物，也可作为广大读者的科普读物，对于大、中学的物理教师，也是一本良好的教学参考书。

物理学上的重大实验

谭树杰 王 华 编著

科学技术文献出版社出版

中国科学技术情报研究所印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

787×1092毫米 32开本 11印张 236千字

1987年2月北京第一版第一次印刷

印数： 1—6000册

科技新书目： 136—50

统一书号：13176.206 定价： 2.45元

编 者 的 话

物理学归根结底是一门实验的科学。物理实验在物理学的发展中占有极其重要的地位，离开了物理实验，就无法了解物理学的发展。物理学与其他自然科学分支一样，从它的产生、发展到成为一门学科，都要经过不少曲折与反复，有些还会由于“偶然”的遭遇而一时“蒙难”夭折，而一般的教科书上的理论都经过抽象概括十分精炼地表达出来。我们的教师对学生传授知识时也常常应用这些经过多次消化的材料来讲授，这样的教学方法往往使学生和青年失去观察和实验的兴趣，容易发生误解，以为书本上的结论与规律都是一蹴而就地很容易得到的，或者认为这些结论与规律都可以用数学推导得到的，尤其现在特别强调考试，因而助长了背书的倾向，使学生们不了解科学本身是怎么来的，把本来内容十分丰富生动的一门学科当作死教条，变成了干巴巴的一些“骨头”。因此到以后从事教学或科学研究时，思想呆板，思路狭窄，这是当今不少青年与学生的一大通病。

因此很需要向青年与学生比较系统地介绍科学技术发展的过程，特别对于物理这门学科，从根本上来说是一门实验性的学科，所以更需要向学生介绍物理学史上各个重大实验的发现过程与背景，让学生了解物理学这座宏伟大厦是如何建立起来的，这样能启发学生探求物理世界奥秘的兴趣，也有利活跃学生的思想，开拓学生的思路。从长远来看，这样

做对培养“四化”建设需要的人材是十分有用的。

为了达到以上目的，我们结合教学实践，广泛收集了国内外有关物理学史的书刊、杂志，以各个时期的重要实验为主体编写成本书。（主要参考书目见附录三）。全书分力学、光学、热学、电磁学和近代物理几部分，每一部分大体以时间为次序，每个实验均可独立成篇，每篇主要介绍实验产生的背景、过程、意义，以及在物理学上的地位、作用等。本书力求通俗易懂，使具有中学物理水平的人阅读不感困难，因此尽量避免少用高深的数学公式和专业词汇，同时注意阐述的科学性与真实性，以还历史的真实面貌。全书共写了六十余个实验，有些实验在物理学上虽然也是十分重要的，只是由于没有收集到足够的资料，故而未写入。

还有一点需说明，根据国家有关规定自1986年起均应使用国际单位制（SI），但考虑到本书是写物理学的发展历史，引述的是当时物理学家的的工作，为真实地历史地反映当时情况，故不得不仍然使用一些非国际单位制的单位。不过在附注中注明了与国际单位制的换算关系。

本书由许国保教授审阅，他不顾八十四岁高龄，认真仔细地审阅了全书，在此向许老表示衷心感谢。此外，华东师大的曹尔弟、万东辉同志也阅读了部分初稿，提出了不少宝贵意见。在编写过程中，顾元吉、杨奕龙、王祖庚等同志也提供了有关资料，在此一并表示谢意。

由于编者水平有限，资料不全，恐有不少缺点和谬误，谨希广大读者批评指正

1985. 11

目 录

一	力学部分	(1)
1	物理学作为系统实验科学的确立	(1)
2	阿基米德和浮力实验	(6)
3	伽利略和落体实验	(9)
4	托里拆利和真空实验	(17)
5	哥白尼和日心说的实验论证	(24)
6	牛顿和万有引力的实验论证	(32)
二	光学部分	(42)
1	光的反射和折射定律的发现	(42)
2	牛顿发现光的色散实验	(46)
3	牛顿环	(50)
4	杨氏干涉实验	(53)
5	菲涅耳衍射实验	(58)
6	光的偏振和马吕斯实验	(62)
7	光速的测定	(66)
8	激光的诞生	(74)
三	热学部分	(84)
1	气体定律的发现	(84)
2	伦福德-戴维实验	(90)
3	热功当量的测定	(94)
4	布朗运动与佩兰实验	(99)
5	气体的液化与绝对零度	(106)

四	电磁学部分	(113)
1	吉尔伯特的小地球实验	(113)
2	莱顿瓶的发明与富兰克林的实验	(116)
3	伽伐尼-伏打实验	(122)
4	库仑电秤实验	(127)
5	欧姆实验——欧姆定律的发现	(134)
6	电流磁效应的发现	(142)
7	法拉第电磁感应实验	(148)
8	法拉第电解定律的发现	(155)
9	法拉第磁致旋光效应的发现	(159)
10	电的同一性的实验验证	(162)
11	电磁波的发现——赫兹实验	(166)
五	近代物理部分	(171)
1	阴极射线的发现	(171)
2	电子的发现	(177)
3	X射线的发现	(186)
4	放射性的发现	(191)
5	塞曼效应	(195)
6	密立根油滴实验	(201)
7	镭的发现	(205)
8	α 粒子散射实验和原子的有核模型	(210)
9	黑体辐射实验和量子概念的产生	(216)
10	迈克尔逊-莫雷实验	(223)
11	光电效应的发现	(233)
12	X射线衍射实验	(240)
13	康普顿效应	(246)

14	电子衍射实验	(252)
15	氢光谱规律的发现	(259)
16	同位素的发现	(265)
17	夫兰克-赫兹实验	(272)
18	斯特恩-盖拉赫实验	(279)
19	中子的发现	(284)
20	铀裂变的发现	(290)
21	正电子的发现	(296)
22	宇称不守恒的实验验证	(301)
23	穆斯堡尔效应	(308)
24	质子衰变实验	(313)
25	J/ψ 粒子的发现	(315)
附录一	重要物理实验年表	(321)
附录二	诺贝尔物理学奖金获得者及其研究成果	(332)
附录三	参考书目	(339)

一、力 学 部 分

1. 物理学作为系统实验科学的确立

物理学的目的是研究物质的组分及其相互作用，科学家根据这些相互作用，来说明宏观物质的性质，以及我们观察到的自然现象。为了达到这个目的，必须依靠观察和实验。

所谓实验就是在预先安排的、严密控制的条件下观察一个现象。这样，科学家就能任意改变这些条件，从而易于查明这些条件对这种过程的影响。如果没有实验，现代科学永远也不会达到它目前所获得的进步。

物理学能发展成为今天这样有系统的实验科学，不是一帆风顺的，是经历过一段漫长的曲折的发展过程。

人类的生产劳动是以创造工具开始的。从开始制作第一把石刀的时候起，人们逐渐从经验中发现，锐利的刃部可以集中较大的力（压力）。工具的进一步发展和改进，导致简单机械的出现。由于运输、举重物的需要，逐步出现了杠杆、滑轮、斜面等装置。由此可见，人类在运用工具进行劳动的长期实践过程中，同时也就逐渐孕育了力学知识的萌芽。

公元前十世纪到公元前二世纪半，奴隶社会科学发展的巅峰在古希腊，它是欧洲古代科学文化的中心，也是近代科学的主要源泉之一，对后来的科学发展有着极其深刻的影响。恩格斯说：“在希腊哲学的多种多样的形式中，差不多

可以找到以后各种观点的胚胎萌芽。因此，如果理论自然科学想要追溯到自己今天的一般原理发生和发展的历史，它也不得不回到希腊人那里去。”



亚里士多德

当时，古代文明发达的地中海沿岸涌现了一大批自然哲学家，亚里士多德（Aristotle，希腊，公元前384—322）则是他们的智慧集中的代表，在科学史上占有特殊重要的地位，被马克思誉为“古代最伟大的思想家”。他不仅集古代知识之大成，构成了一个几乎是无所不包的庞大的知识体系，而且最早明确地区分了哲学和自然科学研究的对象。他把对处在被观察之中的运动和变化着的对象的研究，统称为“物理学”，而对始因、本质、存在的基础等等“实体的本性和最后确定的原则”的研究则作为哲学的任务，统称为“物理学续篇”，亦称“形而上学”。可见在亚里士多德时，自然科学（物理学）和哲学已经开始分化，这就揭开了古代自然科学独立的序幕。

亚里士多德的“物理学”中对后来影响最大的则是运动学。他把世界分为质料（物质）和形式两部分，认为形式可以独立于质料而存在，质料是僵死和被动的，形式才是“现实的”，“具有活动性的”，是“目的”和“推动者”，即运动的源泉，而最后的“目的”和“第一推动者”就是上帝，他由此断言，自然界的万物各有其天然的处所，其自然倾向是回归本位，运动就是在物体回归其本位而发生的。如

石头下坠而重回本生的土地，火向高飞而接天火，这是物归其位，相应的运动称为天然或本性的运动。物体下落时，如果它越重，下落的倾向越大，落得越快。如果它较轻，下落的倾向小些，落得就较慢，这就是亚里士多德从天性论导出的有名的落体理论。

物体的运动除了天然运动外，还有一种非天然运动或强迫运动。如马拉车行进，奴隶牵船行驶……，这些运动必须有一个推动者。但一支箭射出去，是什么维持它连续不断地疾进呢？亚里士多德认为空气就是箭连续疾飞的推动者。箭前的空气分裂开道，箭尾的空气合拢而推进之。一切抛射体的运动都需要空气的推动，因此，自然界不可没有空气，真空是不可能存在的，于是他提出了一个命题：“自然界憎恶真空。”

亚里士多德关于运动学的一些观点是十分错误的，但是这些理论仍然值得我们去注意，从物理学史的角度看，近代物理学的产生，恰恰是与推翻亚里士多德的错误学说分不开的。

由于古代生产水平低下，人们对自然界规律的认识，除了直接的生产经验积累外，就是靠对自然界的观察和在这些观察、经验的基础上进行的思辨，他们很少或从来未试图以实验证据来验证他们的思辨。只是从希腊科学史的后期，即大约从阿基米德（Archimedes，希腊，公元前 287—212）的时代开始，我们才发现有实验工作的迹象。

到了中世纪（公元五世纪到十五世纪），欧洲处于最黑暗的封建时代，因奴隶制衰落而兴起的基督教成为国王君主统治的工具，为了给宗教披上一层科学的外衣，他们需要寻

找一种能与宗教教义相容的科学，为此他们去掉亚里士多德等人学说的唯物部分，构成一个与基督教教义一致的坚固大厦。比如，亚里士多德说：“凡是运动都需要不断地施加力量”，他们便由此推论：“天体是被有智慧的本质所推动”，这个智慧的本质，当然就只有上帝才能胜任。亚里士多德主张世界万物有一个基本属性，就是物各有其位，物知其位，土居最下，水居土上，风高于水上，火居最上，蚁自知勤奋，狗忠于主人……，这个物性图象，正好满足封建等级制度的要求。

至此，人们思考问题，观察现象，都不能违背这些与教义相一致的权威思想，在这种观点的统治下，人们对实物观察与实际经验（当然谈不上有目的地进行实验）采取完全蔑视的态度，比如亚里士多德关于落体的理论与实际相去甚远，要判定真伪，做一个极简单的实验就能决定，可是对这类问题，由于宗教思想的桎梏，人们只能一味地翻来复去地争论不休，却没有人愿意去做实验，拿两块石块扔扔看！

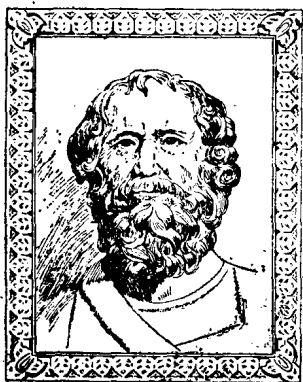
这种学术风气流行于宗教学院之中，所以又称之为经验哲学，它的基本特征是：人的知识不必源于自然界，而是已存于教义之中，科学和哲学的根本目的，在于适应神学，恩格斯说：“这个时期的科学已经变成神学的侍女。宗教统治已经严重妨碍自然科学的发展”。

到了十六、十七世纪，随着航海贸易的兴盛，风力和水力的利用，采矿和冶炼的发展，印刷术和火药的传入，提出了一系列的问题，要求科学家冲破宗教的约束，用崭新的观点来正视世界。面对自然、科学、技术在蕴酿着一场饱含火与血的革命。首先发难的是波兰的哥白尼（N. Copernicus）。

nicus, 公元 1473—1543), 他在踌躇了三十年之后, 于临终前公开出版了《论天体的运行》一书。该书提出了太阳中心论, 指出地球仅是宇宙中的一个普通行星, 和其它行星一样, 绕着太阳转动。这样, 将上帝的特殊地位一扫而光, 当然遭到了教会的竭力抵制, 被列为禁书。意大利哲学家布鲁诺(Bruno, 1548—1600) 因为宣传支持、发展哥白尼学说, 就遭到宗教的残酷镇压, 1600年2月17日被活活烧死于罗马的鲜花广场。但是新的萌芽既已破土而出, 它的发展是不依人们意志而转移的, 人们在怀疑、抵制旧科学的同时, 也酝酿着研究自然科学的方法, 这第一个探索新方法的是英国哲学家培根(Bacon, 1561—1626), 其代表作就是《新工具》一书(书名与亚里士多德的《工具篇》相对立, 从而表明他的方法与亚里士多德全然不同)。他主张把经验和理性的职能统一起来, 他认为要获得科学知识首先是要广泛地收集材料, 进行实验, 继而从大量的经验和实验结果中归纳出科学的结论, 他认为实验就是改变自然物使隐藏在自然背后的规律暴露出来。在科学史上公认的近代实验科学的创始人则是伽利略(G. Galileo, 意大利, 1564—1642), 他发展、完善了培根的思想, 他认为真正科学就在经常展示在我们眼前的这部最伟大的书中, 即宇宙、自然界。人们必须通过实验去阅读这部“自然之书”, 为此他首先进行了大量的实验工作, 得出许多崭新的结论, 是他将物理学建立在实验的基础上, 尽管以今天看来, 他实验工作似乎过分简单、原始, 但就这原始形态的东西, 已经包含有最本质的特征。现代实验科学固然十分复杂, 但实验设计归根结底是人为控制的, 它的基本道理与原始形态是一样的。

现在我们可以有把握地说，培根、伽利略在实践和理论上的工作已给科学研究指出了方向，从此，自然科学才完全从自然哲学中分化出来，成为一门独立的科学，并随着科学的系统的实验方法兴起，逐步发展成为真正有系统的实验科学。

2. 阿基米德和浮力实验



阿基米德

阿基米德是继亚里士多德一个世纪之后的又一位古希腊学者。当时的物理学绝大部分是思辨的，古代人轻视实验，只是从古希腊科学史的后期，即从阿基米德生活的时代起，才发现有实验工作的迹象。

据传说，海罗大帝在锡拉丘兹称王以后，为了标榜自己的功绩，决定在一座圣庙内安放一顶金王冠，以奉献给不朽

的神灵。

海罗与制造商谈好价钱，签了合同，将有精确重量的黄金交给来人。到了交货日期，制造商果然送来了加工精致豪华的王冠，海罗王非常满意。不料后来有人告发，说制造商盗窃了金子，换进了等量的白银。海罗认为自己受了骗，实在是奇耻大辱，但又苦于没有办法把窃贼的嘴脸揭露出来，于是就命阿基米德想办法。这位贤哲由此就开始注意比重这个问题。

阿基米德虽然知识渊博，有过不少发明创造，但遇到这样的难题还是第一次，一时也不知如何着手解决。可他是个十分专心的人，研究起问题来常常废寝忘食，因此他接受了国王任务后就日夜思考这个问题。一天洗澡时，由于澡盆的水放得太满，以致于他一进澡盆水就溢出，他发现身体浸入水中越多，水流出得也越多，并且感到水对他的身体的托力也越大，这件事引起了他的注意，他好象发现什么秘密似的，把身子在澡盆里沉下浮起、浮起沉下，一遍遍地试验着，一次次地思考着，他感到身子沉入水里多少不同（即排开的水多少不同），受到的浮力也不同，沉入越多，受到的浮力也越大，由此他联想到，对于这顶王冠来说，在水里受到的浮力应该等于同样重量的黄金受到的浮力。如果王冠里掺了银，则由于银子的体积比同样重量的黄金大，所以受到的浮力也会增大。至于浮力的大小可以用这样的方法得出：先称出王冠在空气中的重量，再称在水中的重量，两者相减就是浮力的大小。

他想到这里，高兴得简直发了疯，立即从澡盆里跳出来，向王宫跑去，边跑边喊道：“我知道了！我知道了！”

他用这样的方法证明了王冠中的确掺了白银，把制造商的盗窃行为揭露无遗。在此基础上，他又继续研究，测定了各种不同物体在水中减少的重量，根据这些数据以及运用数学方法，得出了这样的结论：把一个物体放在液体中，受到的浮力等于排开的同体积液体的重量，这就是阿基米德定律。

阿基米德还研究了杠杆原理。人们在生产实践中运用杠杆的知识，那是很早的事情了。阿基米德的功绩不是发明，而是把大量的杠杆的知识给予系统的分析和整理，概括出普

遍适用的一般原理。在他亲自对平面图形和物体的平衡条件（即重心问题）作了大量的实验和研究之后，提出两个公设：（1）同重的物体放在和支点距离相等的地方，则保持平衡；（2）同重的物体放在与支点距离不等的地方则不平衡，离其支点较远的一端必定下坠。不难看出，这些公设就其涵意来说，已经包含了杠杆原理，即重量与作用力之比等于其两个力臂长度的反比。阿基米德在其名著《论平面的平衡》一书中从若干“公设”出发，依靠数学的逻辑推导出了杠杆原理：“两重物平衡时，所处的距离与重量成反比。”不过，阿基米德的著作叙述累赘又冗长，这与欧几里德的几何书的体裁类似。这是因为在那个时代，希腊的数学几乎完全局限于几何学，数学和物理学的各种证明，当时都是用几何作图完成的。阿基米德能够从一些公认的简单道理出发，运用数学和实验的方法来推演出杠杆原理，这不仅方法高明，而且使其理论具有严谨的逻辑依据。

由于受到自己实验演示的巨大鼓舞，阿基米德曾给海罗大帝写信说，假使另外一个世界，人又可以去那里的话，他就能移动地球！图1-2-1是根据1867年巴黎出版的一本力学著作复制而得的，图中的拉丁文其意思是：“碰到它，你就能挪动地球。”海罗大帝看了大为惊奇，要其把主张付诸实施，表演一下怎样用微小的力去移动很大的重物。有一艘皇家船队的三桅货船，通常要用很多劳力在岸上拉纤才能靠岸，阿基米德决定用这艘沉重的货船进行表演。那天，船上乘有许多旅客，并装满了货物，阿基米德站在离船有一段距离的岸边，安静地转动他手里的一套滑轮组，把船平稳地拉过来了，仿佛船在水中行驶一样。此事在当时立即引起了

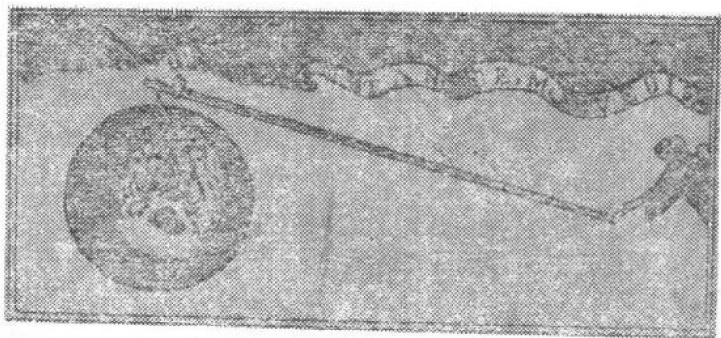


图 1-2-1

一场轰动。

在阿基米德的科学生涯中，对物理学影响最大的是静力学、流体静力学方面的贡献。尤其是他用实验的方法发现了著名的浮力原理和杠杆原理，被人称为“古代世界第一位也是最伟大的近代型物理学家。”

3. 伽利略和落体实验



伽利略

在伽利略的一生科学活动中，进行了大量的实验工作。落体实验是其中最著名的实验之一，他前后花了十年时间，经历了许多曲折，最后才得到了落体定律。其过程简述如下：

一、落体速度与落体和介质的密度差成正比。