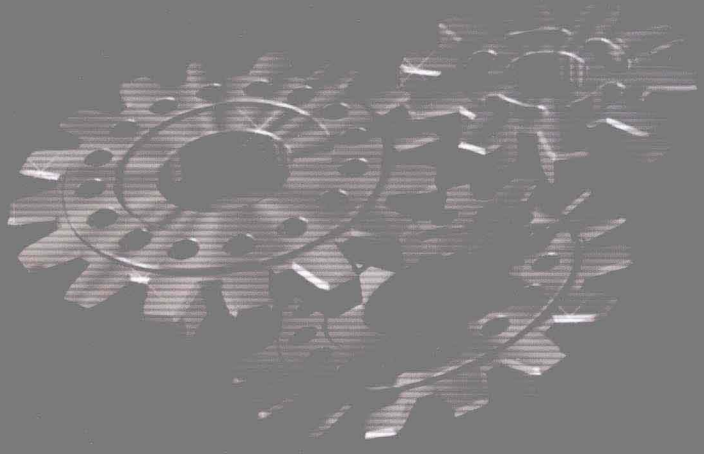
物理学史

A HISTORY OF PHYSICS

世界名著译丛

[美] 弗·卡约里 著
戴念祖 译 范岱年 校



GUANGXI NORMAL UNIVERSITY PRESS
广西师范大学出版社

[物理学史]

世界名著译丛

[美] 弗·卡约里 著
戴念祖 译 范岱年 校

广西师范大学出版社
·桂林·

图书在版编目(CIP)数据

物理学史/(美)弗·卡约里著;戴念祖译,范岱年校.—2版.—桂林:广西师范大学出版社,2008.12(2009.2重印)
(世界名著译丛)
ISBN 978-7-5633-3688-3

Ⅰ.物… Ⅱ.①弗…②戴…③范… Ⅲ.物理学史
Ⅳ.O4-09

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第028066号

广西师范大学出版社出版发行
(桂林市中华路22号 邮政编码:541001
网址:www.bbtpress.com)
出版人:何林夏
全国新华书店经销
发行热线:010-64284815
山东新华印刷厂临沂厂印刷
(临沂高新技术产业开发区新华路东段 邮政编码:276017)
开本:787mm×1 092mm 1/16
印张:22.5 字数:325千字
2008年12月第2版 2009年2月第2次印刷
印数:3 001~8 000 定价:38.00元

如发现印装质量问题,影响阅读,请与印刷厂联系调换。

再 版 序

自从这本物理学史初版问世以来，在物理学发展的进程中出现了许多事物。对许多年轻的理科学生而言，放射性现象的发现和电子概念的引入不是在他们的那个时代发生的事情，而是像伽利略的落体实验和牛顿的引力定律一样，完全是过去的事件。由于这个缘故，给年轻的学生介绍这个历史概况是合乎需要的，而就较老的一代来说，这个概况是他们自己的智力活动和经验的一部分。

叙述20世纪物理学的主要成就是一项困难的任务。有些实验和假说，现在似乎是重要的，以后可能成为不重要的了。关于最近的[物理学]事态，我们缺乏眼力。对最新发展所作的历史性的叙述肯定只会有暂时的意义。但是，提出一种近似的观点或许比完全没有观点毕竟要好一些。

这本书的修订不单是增加关于20世纪所作的许多研究的新材料，对这部历史书的前一部分也作了许多补充和修改。

我感谢加利福尼亚大学伦曾博士(Dr. V. F. Lenzen)提出的宝贵意见，并感谢他帮助我阅读了校样。

加利福尼亚大学
弗·卡约里
1928年12月

第一版序

这本物理学史主要是供物理学的学生和教师们使用的。作者相信，读一点科学史有助于对科学产生兴趣，并且由阅读科学史而得到的关于人类知识发展的总的观念本身是鼓舞人心并有助于解放思想的。

奥斯特瓦尔德在他的《精密科学的经典作家》一书的预告中讲了如下的很有意思的话："虽然，用现在的教授方法很成功地讲授了在现今发展状态中的科学知识，但是杰出的和有卓识远见的人不得不一再地指出时常出现在当前我们的青年科学教育中的一个缺点，这就是缺乏历史感和缺少关于作为科学大厦基础的一些重大研究的知识。"

我们希望，本书提供的有关物理学进展的概述可能有助于弥补奥斯特瓦尔德教授如此明确地指出的这个缺点。

因为最好不要增加本书的篇幅以免超过原定的限量，所以有必要删去属于初等物理学的少数主题。

我很高兴地在这里向科罗拉多学院（Colorado College）的哲学博士 S.J. 巴涅特（S.J.Barnett）先生和文科学士 P.E. 多德纳（P.E.Doudna）先生表示谢意，感谢他们帮助我阅读校样，并且提出了许多重要的意见和批评。

弗·卡约里
科罗拉多斯普林斯·科罗拉多学院
1898 年 11 月

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

目　录

再版序 …… 1
第一版序 …… 2

巴比伦人和埃及人 …… 1

希腊人 …… 2
力学 …… 3
光学 …… 7
电和磁 …… 8
气象学 …… 9
声学 …… 10
原子论 …… 11
希腊物理学研究的“失败” …… 12

罗马人 …… 14

阿拉伯人 …… 16

中世纪时期的欧洲 …… 19
火药和航海罗盘 …… 19
流体静力学 …… 22

光学 …… 22

文艺复兴 …… 24
哥白尼体系 …… 24
力学 …… 27
光学 …… 34
电和磁 …… 37
气象学 …… 41
科学研究的归纳法 …… 42

17 世纪 …… 44
力学 …… 44
光学 …… 64
热学 …… 74
电和磁 …… 77
声学 …… 79

18 世纪 …… 81
力学 …… 83
光学 …… 83
热学 …… 86
电和磁 …… 94
声学 …… 106

19 世纪 …… 108
物质结构 …… 110
光学 …… 112
热学 …… 148
电和磁 …… 165
声学 …… 206

20 世纪 …… 211
放射现象 …… 211

热学 …… 224
光学 …… 234
力学 …… 250
物质结构 …… 259
电和磁 …… 273
声学 …… 278
回顾 …… 278
物理实验室的进化 …… 281

译后记 …… 295
事项索引 …… 308
人名索引 …… 325

巴比伦人和埃及人

古代苏美尔人和巴比伦人给后人留下了计量时间和角度的重要单位。7天为1星期,将昼、夜各自划分为12小时都始于巴比伦人。巴比伦人在记整数和分数[的方法上]* 广泛地应用了六十进位法;他们使用同样的方法把1小时分为60分钟,把1分钟分为60秒钟。他们把圆分为360度,1度分为60弧分,1弧分分为60弧秒。今天,绝大多数的工人都以小时来计算工作时间,就像巴比伦人在约5 000年前所做的一样。今天,最著名的工程师和最杰出的天文学家以度、分和秒来计量角度,就像在幼发拉底(Euphrates)和底格里斯(Tigris)时代以前的天文学家所做的一样。这些经过精心选择的计量单位,使积累古代巴比伦人的显示惊人精确性的天文记录成为可能。一项头等重要的成就是发现了被称为岁差的黄道上二分点的缓慢运动(约每世纪1.2度)。这是巴比伦人天文学家西德奈斯(Cidenas)发现的,他在约公元前343年指导过处在幼发拉底河岸边的西普拉(Sippra)天文学校。[②] 西德奈斯先于希腊的天文学家希帕克[③][作出这个发现],直到前不久还有人认为这个发现是属于希帕克的。

原始的日晷和水钟是用于计量时间的。为了找出太阳(在正午时候)的角高,他们用了一根主要由已知长度的直竿构成的日圭。直竿的日影长度和方向给出了(计量时间的)必要的数据。

梁式天平(beam - balance)被用于称药和贵重物品。[④]写在埃及纸草"爱伯斯"(Ebers)上的药方表明天平有效称重可小到0.71克。

---

* 正文中中括号部分为译者所加。

② Paul Schnabel in *Zeitschrift für Assyriologie*, N.S., Vol.3, 1926.1—60.

③ 希帕克,英文为Hipparchus,原著中把字母i误写成y。——译注

④ F.Dannemann, *Die Naturwissenschaften in ihrer Entwicklung und ihrem Zusammenhange*, 2d Ed., Vol.I., Leipzig, 1920.39; Th.Ibel, *Die Wage im Altertum und Mittelalter*, Erlangen, 1908.

希腊人

在数学、逻辑学、形而上学、文学和艺术方面，希腊人曾表现出惊人的创造天才，在天文学和自然史方面，他们也显示了毋庸置疑的观察力和关于宇宙学的思辨能力。但是，他们在物理科学方面成就比较小。[①] 这就证明，从观察上升到实验这一步是困难的。在柏拉图和亚里士多德以后将近两千年，实验方法才在物理科学的[研究]过程中取得了巩固的地位。在观察中，科学家只注意到自然界碰巧出现在他各个天然的感官前的一些现象。在实验中，科学家则在自然界中创造了新的情况，并要求对这些情况作出正确的解释。一般说来，古代的希腊人还不知道这种实验方法。而且，他们早期的绝大部分物理学思辨是含糊的、微不足道的和无价值的。只是在希腊科学史的后期，即大约从阿基米德的时代开始，我们才发现有实验工作的迹象。和我们所知道的希腊人完成的大量的关于自然界的理论推断相比，希腊人进行过的实验的数目是少得惊人的。希腊人很少或从未试图以实验证据来验证他们的思辨。我们可以举亚里士多德关于世界是**完美**的证明来作为这种模糊的哲学探讨的明显例证：[②] “构成世界的物体是固体，因此，物体是三维的。可见，三是最完美的数，也就是说，三是数字中的第一个数，因为我们不把一当成数，而称二为双，只有**三**才是我们称为**全部**的第一个数。况且，它具有一个起始、中间和末尾。”

---

① 有关一般古代科学史的详细情况，可参阅 George Sarton *Introduction to the History of science*, Vol. Ⅰ. Baltimore, 1927。

② *De Cœlo*, I.1, 由 Whewell 翻译。

力　学

亚里士多德论力的作用和他的落体定律

4

在**亚里士多德**的著作中讨论了力学问题。这个伟大的逍遥学派领悟到在矩形这种特殊情况下力的平行四边形的概念。他曾试图建立杠杆理论，他说：距支点距离较大的力更容易移动重物，因为它画出了一个较大的圆。他把杠杆端点的重物的运动分解为切向运动和法向运动两部分。他称切向运动为**合乎自然的**[运动]，而把法向运动称为**违反自然的**[运动]。现代的读者不难看出，**违反自然的运动**这种说法用到自然现象上是不恰当的，而且会引起混乱。

亚里士多德的关于落体的一些观点和真理相去甚远。但是，它们仍然值得我们注意，因为在中世纪和文艺复兴时期，亚里士多德的权威性是如此之大，以致他的这些观点在科学思想上起着重要作用。他说："体积相等的两个物体，较重的下落得较快。"[①]他在另一处讲到，物体下落的快慢精确地与它们的重量成正比。[②] 没有比这种说法距真理更远的了。

一个现代的作者极力为作为物理学家的亚里士多德开脱，他说："如果亚里士多德有某种现代的观测仪器，诸如望远镜或显微镜乃至温度计或气压计在他的手中，他会多么敏捷地利用这种有利的条件呀！"[③] 可是，在落体这个例子中，实验是亚里士多德伸手可及的事。 5
取两块不同重量的石头并让它们同时落下，比如说，一块石头比另一块重10倍，他不难看到，这块石头不会比另一块快10倍地降落。近来有人声称，亚里士多德被人们误解了，[④]实际上他心目中的意思是，当介质的"减速度"恰好等于引力的加速度时，物体的速度是通过有阻力

---

① *De Cœlo*, Ⅳ.1.308.

② 这个定律是他以如下的推论所假定的："……设 α 没有重量，而 β 具有重量；并让 α 通过空间 γ_δ，而 β 在同样的时间内通过空间 γ_ϵ——因此，有重量的 β 将通过较大的空间。如果现在以空间 γ_ϵ 对 γ_δ 之比把重物分割……**如果整个物体穿过整个空间 γ_ϵ，那么，肯定的是，有一部分物体在相同的时间内穿过 γ_δ**……"——*De Cœlo*, Book Ⅲ., Chap.Ⅱ。

③ 参阅 *Encyclop(a)edie Britannica*，第9版，"Aristotle"条。

④ *Nature*(London,1914), Vol.92.584,585,606.

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

的介质(空气)下落的"收尾速度"。"一个硬币在空气中下落决不会快于每秒30英尺。"像这样的收尾运动的例子还有"在空中垂直下落的雨滴或冰雹"的运动、"从烟筒里出来的烟粒"的运动。同样大小的球通过有阻力的介质落下时的收尾速度是和它们的重量成比例的,这已由牛顿在圣保罗大教堂的实验所证实,并在他的《原理》第二部第40个命题中加以解释了。亚里士多德是否被伽利略等人误解了呢?这只能根据亚里士多德的著作来作出判定。[①]亚里士多德在讨论物体的运动和真空存在的可能性时曾多次应用了他的落体定律。对这些有关章节的批判性的考察表明,他认为,当物体从静止开始运动时,当物体是任何一种不同重量的金属(如金或铅)时,以及当运动的时间减少或增加时,他的落体定律都是适用的。他甚至想到把他的定律应用到真空中的运动上,如果真空可能存在的话。由此可见,亚里士多德承认他的定律在应用上的广泛性,而且包括伽利略在约2 000年后进行的著名实验的那些特殊条件下的应用。我们的结论是,伽利略正确地理解了亚里士多德[的观点]。

6 **阿基米德论杠杆和流体静力学**

作为一个力学的研究者,**阿基米德**是远远胜过亚里士多德的。[②]他是力学这门学科的真正创始人。我们把重心(质心)和杠杆的理论归功于他。在他的《板的平衡》中,他一开始就提出了关于作用在支点两边等距的等重物体是处于平衡状态的公理,然后,他致力于建立这样的原理,即"在杠杆上的不同重物仅当与悬挂它们的与支点相距的臂成反比时才处于平衡状态"。他对杠杆效率的评价反映在他的(据说)警句中:"给我一个可依靠的支点,我就能把地球挪动。"

我们从瓦里格农于1867年在巴黎出版的一本力学著作中复制了下面这幅图(图1),他用此图来例示这句名言。图中的拉丁文标语可以翻译为:"碰到它,你就能挪动地球。"

如果说《板的平衡》一书论述了固体或固体的平衡,那么,阿基米德的《浮体》一书则论述了流体静力学。当希隆王请他来检验制造者

---

① Aristotle's *Physica*, Book Ⅳ, Chap.8. Aristotle's *De Cœlo*. Book Ⅰ, Chaps. 6,8; Book Ⅲ, Chap.2; Book Ⅳ, Chaps.1,2.

② 参阅 *The Works of Archimedes*,由 T.L.Heath 对全书以现代的表述进行编辑校订,包括序言性的章节。剑桥大学出版社。

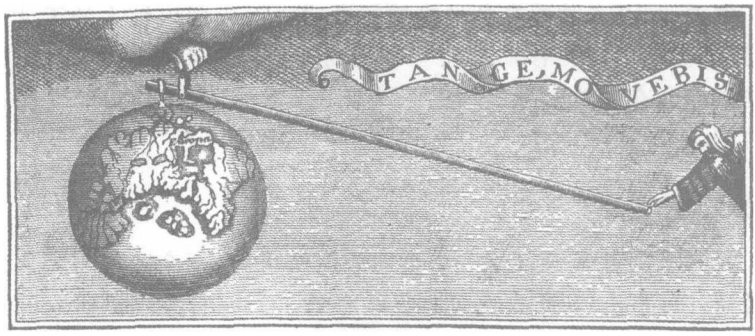


图 1

自称是用纯金制成的一顶王冠是否掺了银子时，他的注意力首先被密 7
度这个问题所吸引。这个故事讲到，当这位贤哲正在洗澡时，他头脑中突然闪现出解决这个问题的正确方法。他立刻从澡盆跳出来，在回家的路上边跑边喊："我找到了答案！"他分别用和王冠重量相同的一块金子与一块银子来解决这个问题。根据一个作者的说法，[①]他分别测定了金块、银块和王冠所排出来的水的体积，并据此计算了王冠中金和银的含量。另一位作者则说，[②]他分别称出浸在水中的金块、银块和王冠的重量，由此测定了它们在水中减少的重量。从这些数据中，他轻易地找到了答案。也有可能，阿基米德在解决这个问题时同时用了这两种方法。

阿基米德在他的《浮体》一书中，建立了以他的名字命名的重要的原理，即：浸没在水中的物体重量的减少等于它所排开水的重量，浮体在它本身的重量中排除了水的重量。从阿基米德那个时候起，有能耐的人曾经做出一些关于液体压力的不正确的推论。所谓"流体静力学佯谬"（应用于这样的事实：底部受到相等压力的各个容器，未必会把相等的压力传给支持它们的物体），表明了在这个问题上的含糊不清。我们特别赞赏阿基米德的研究特点——概念的清晰和接近完美的逻辑严格性。[③]

---

① Vitruvius, Ⅸ.3.

② *Scriptores metrologici Romani* (ed. Hultsch. 124—208).

③ Chap. Thurot's. *Recherches Historiques sur le Princip d'Archimède*, Paris, 1869 (extrait de la *Revue Archèologique*, Années 1868—1869). 这是一篇附有许多著作摘要的有价值的论文。

据说,阿基米德曾在各种机械的发明方面表现出惊人的天才。据报道,他借助滑轮组移动重船一事使希隆朝廷感到吃惊。人们认为,
8 一些武器和在船舱中排水用的无头螺旋(阿基米德螺旋)的发明是属于他的。

希龙和其他希腊发明家

大约在阿基米德以后一个世纪或两个世纪,两个亚历山大人泰西比乌斯(Ctesibius)和**希龙**在希腊活跃起来了。他们对理论研究的贡献很少,但是他们显出惊人的机械发明天才。压力唧筒可能是泰西比乌斯发明的。吸水唧筒是比较古老的并在亚里士多德的时候就已经为人所知了。根据维特鲁维乌斯的说法,泰西比乌斯设计了古老的救火机,它是由两个交替喷水的压力唧筒联合组成的。这种机器没有气室,因此,它不能产生稳定的水流。希龙在他的《唧筒的气体力学》(*Pneumatics*)一书中记述了这种救火机。中世纪时期的人们并不知道这种救火机。据说,这种救火机于 1518 年第一次在奥格斯堡(Augsburg)被使用。[①]泰西比乌斯被认为是水力风琴、水钟和弩炮的发明人。希龙在他做的称为"原始小涡轮"(eolipile)[②]的玩具中最早把蒸汽作为动力使用(图 2)。它是由一个带两臂的中空的球组成的,这两臂跟球的固定转轴成直角,并且各自的一端弯向相反的方向。当蒸汽在球内产生时,蒸汽能从它的两臂喷出并引起它转动。它是巴克尔水磨和现代涡轮机的始祖。希龙写了一本关于大地测量学的重要的书,题为《测量高度及角度用的光学装置》(*Dioptra*)[③]。

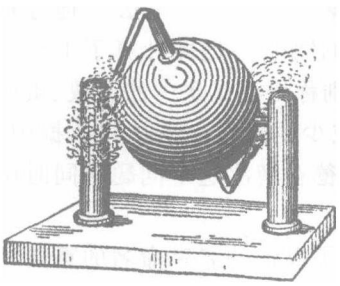


图 2

可能是在公元后 4 世纪,希腊人发明了比重计。看来好像还没有
9 足够的证据表明它的起源是属于阿基米德的创造。西内苏斯主教在

---

① A. de Rochas in *La Nature*, Vol. Ⅺ., 1883. 13, 14.

② "eolipile"中,"eoli"是拉丁语中"风神"之意,"pile"是"门"之意。这里意译为"原始小涡轮"。——译注

③ 关于"第一个工程师"希龙的详细叙述,参阅 W. A. Truesdell: *Jour. of the Ass. of Engin. Soc.*, Vol. ⅩⅨ.; Philadelphia, 1897. 1—19。

给希帕西亚的信中详细地描述了比重计。它是由一个中空的、带有刻度的、在下面加重物的锡制圆筒组成的。它首先在医学上被用于测定饮用水的性质，硬水在那时被认为是有害于健康的。按照德扎古利埃的说法，晚到18世纪时它还被用于此种目的。①

光　学

在埃及发现的希腊文稿的残篇中记载了各种光的幻觉现象。例如，太阳在地平线上比在近天顶时显得更大。② 的确，光学是最古老的物理学分支之一。据说在尼尼微(Nineveh)的遗址发现了水晶做的会聚透镜。③在希腊，似乎在很古老的时候就已制造了火镜(阳燧)。阿里斯托芬在喜剧《云》的第二幕(公元前424年写成)中，写了一段关于"用透明度极好的石头(玻璃)点火"的对话，把这种石头放在阳光下，人们就能够"通过某一距离熔化那全部刻写"在蜡面上的"稿本"。柏拉图学派曾经讲授过关于光的直线传播以及入射角和反射角相等[的知识]。在公元139年亚历山大城处于全盛时期的天文学家**托勒密**(Ptolemy)测量了入射角和折射角，并把结果整理成一张表。他发现，入射角和折射角成比例，这在角度小的情况下是近似正确的。

在遥远的古代似乎已制造过金属镜。"窥镜"[的铜锡含量比]在[圣经]"出埃及记"中记为38:8；在[圣经]"约伯"中记为37:18；在古埃及人的木乃伊墓中已发掘出这种类型的镜子。希腊人还知道球形和抛物面形的镜子。在**欧几里得**(Euclid)的著作《反射光学》(*Catoptrics*)中探讨了反射现象。在这本著作中我们发现了关于球面镜的焦点的 10
最早论述。在该书的定理30中讲到，④ 凹镜对准太阳时也能点火。在一份可能是特拉耳斯的安塞谬斯写的稿本"博比安瑟残篇"(fragmentum Bobiense)⑤ 中，论证了抛物面形反射镜的聚焦性质。有几个希

① E.Gerland in *Wiedemann's Annalen*, Vol.I., New Series, 1877.150—157，也见他的 *Gesch. d. Physik*.40。

② K.Wessely. *Wiener Studien*. Vol.13, 1891.312—323.摘要见 *Wiedemann's Beiblatter*, Vol.17, 1893。

③ E.Gerland, *Geschichte der Physik*, Leipzig, 1892.9.

④ *Euclidis Opera Omnia*, Vol.7, Edidit I.L.Heiberg, Lipsiae, 1895. 也见 E.Wiedemann in *Wied. Annalen*, Vol.39, 1890.123。

⑤ "Bobiense"即 Bovianum，是古罗马的一个地区，相当于现今意大利的 Bojano 城。

腊的作家看来论述过凹面镜。传说当罗马人包围叙拉古(Syracuse)时，阿基米德用了反射太阳光的镜子来保卫他祖国的城市，当敌人到达距城墙一个箭程时，[用这镜子]使敌人的船队起火。这可能是一个虚构的故事。

希腊人精心推敲过关于视觉的一些理论。按照毕达哥拉斯(Pythagoras)、德谟克里特和其他人的说法，视觉是由所见的物体射出的微粒进入到眼睛的瞳孔所引起的。另一方面，恩培多克勒、柏拉图主义者和欧几里得主张奇怪的眼睛发射说，根据这个学说，眼睛本身发出某种东西，一旦这些东西遇到物体发出的别的东西就产生了视觉。①

电和磁

关于电和磁的几个孤立的观察我们归功于希腊人。古希腊的"七贤"之一，**米利都的泰勒斯**(Thales of Miletus)被认为有这种知识——他知道，摩擦了的琥珀会吸引轻小物体，现在称之为磁铁矿或天然磁石的某种矿物具有吸铁的力量。琥珀，一种矿物化的带黄色的树胶，在古代用于装饰。琥珀和光亮的金银合金以及金子一样，被称为"琥珀金"(electron)——由此产生了"电"(electricity)一词。大约是在泰勒斯以后三个世纪，提奥弗拉斯特在他的《论宝石》(*On Gems*)的论著中，叙述了另一种摩擦起电的矿物。现在我们知道，所有的物体都能这样起电。普林尼曾说过，无知的人把天然磁石称为"活铁"(quick - iron)。关于牧人玛格内斯(Magnes)的寓言表明这种磁吸引现象曾大大地激励起人们的想像，玛格内斯在克里特岛的艾达山上(Mount Ida)，他的皮鞋底的钉子和手杖的铁尖是如此牢固地被大地所吸引，以致他很难使自己离开。他努力探究其原因，发现了一种奇妙的石头(磁铁矿)。另一个寓言讲到，一座有很大吸力的磁山吸出了甚至是距它相当远的船上的铁钉。②

普林尼讲了另一个关于天然磁石的故事。在亚历山大城亚西诺

① 关于柏拉图的学说，见 *The Dialogues of Plato*, Vol. Ⅱ., 由 B. Jowett 翻译, C. Scribner's Sohs, New York. 537et seq。

② 这个故事还经常在文学作品中出现。例如，《Arabian Nights》的第三个僧人的故事中就讲到了类似的事。

(Arsinoe)寺庙里用磁铁矿建成的拱形屋顶结构是为了要把皇后的铁铸像悬吊在空中。随着时间的流逝,这个故事经过了许多润色。这样,按照可敬的比德的说法,在罗德岛上的贝利罗丰(Bellerophon)的骑马有5 000磅重,这匹马被磁铁吊起来了。[①]关于穆罕默德的灵柩也有一个类似的故事。当然,这样悬吊在空中,用机械的方法是不可能的。

在古代,铁主要是在爱琴海沿岸和地中海的岛屿上开采的。上述磁铁矿物据说也是在小亚细亚靠近玛格尼西亚(Magnesia)的地方被发现的。按照卢克莱修的说法,"magnet"(磁铁)一词来源于"Magnesia"。在萨摩色雷斯(Samothrace)岛上有铁矿。该产地的矿工们看见了和所谓的萨摩色雷斯环有关的天然磁石的作用。苏格拉底说:"……这石不仅吸引铁环,而且还使铁环具有类似的吸引其他铁环的能力;有时你可以看到一些铁片和铁环彼此勾挂以至于形成一个十分长的链,而 12
它们的悬吊力全都来自原磁石。"[②]

古希腊人还不知道磁铁的极性和可以存在于电荷之间或磁极之间的排斥现象。

气象学

我们知道,在15世纪中叶以前无论在什么地方都没有保存有系统的气象记录。[③]还是希腊人多少注意到了气象学。正是在雅典,我们发现了最古老的观察风向用的装置。大约在公元前100年建造的"风向塔",其主要的部件直到今天依然如故。献身于科学的这个小小的八角形的大理石建筑物,具有令人感兴趣的神话式的装饰。在塔上部的外面有一条描绘希腊风神(Æolus)的儿子的薄浮雕饰带;他把风幽禁在洞穴里,并按照他看来是适当的程度释放出来,或者像上级神命令他的那样把风释放出来。在这里的科学仪器包括放在塔对面用于计量白天时间的日晷,放在塔内部的水钟和以海神形式架在塔顶最高处的风信鸡。风信鸡在希腊或罗马未必会很普遍,因为在希腊文或拉

① Beda, *De Sept*, *Mircc*. *Mundi*;本杰明(Park Benjamin)把这个故事引用在 *The Intellectual Rise in Electricity*, New York, 1895.46。(此后这个故事被认为是本杰明的。)

② *Jowett*, *The Dialogues of Plato*, Vol. Ⅰ., 223.(Ion.)

③ G.Hellmann, *Himmel und Erde*, Vol. Ⅱ., 1890.113.

此为试读,需要完整PDF请访问: www.ertongbook.com