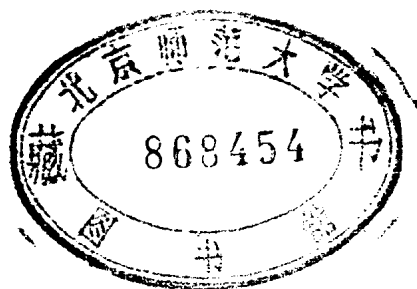


物理学发展史

〔美〕乔治·伽莫夫著

高士圻译 侯德彭校



商务印书馆

1981年·北京

George Gamow
BIOGRAPHY OF PHYSICS
Hutchinson Science Library
London

物理学发展史

〔美〕乔治·伽莫夫著
高士圻译 侯德彭校

商 务 印 书 馆 出 版

(北京王府井大街 36 号)

新华书店北京发行所发行

一二〇二工厂印刷

统一书号：2017·251

1981 年 7 月第 1 版

开本 850 × 1168 1/32

1981 年 7 月北京第 1 次印刷

字数 238 千

印数 1—9,000 册

印张 10 1/2

定价：1.30 元

译者前言

本书的作者乔治·伽莫夫,美籍俄人,1904年出生于敖德萨,列宁格勒大学毕业。他曾在乔治·华盛顿大学任教多年,从1956年起担任博尔德的科罗拉多大学物理学教授。1968年去世。

伽莫夫主要从事天文学的研究,并在物理学、生物学等方面也做过一些贡献。例如,他曾在1948年提出过一种理论,认为中微子比电子小20—800倍,当它速度极大时就发出一种力波,这种力波就是重力的来源。目前得到公认的遗传密码概念,也是他最先提出来的。除此之外,伽莫夫还是一位杰出的科普作家,他的著作很多。他经常为《科学月刊》、《现代物理》、《美国科学家》、《科学的美国人》等杂志撰稿,并写了很多深受国内外广大读者欢迎的科普读物:《太阳的生与死》、《地球小史》、《从一到无穷大》、《宇宙的创始》、《月球》、《物质、地球和天空》等等。由于他在写作科普读物方面的卓越贡献,曾在1956年获得联合国教科文组织颁发的卡林格科普奖金。

《物理学发展史》出版于1962年,是一本既介绍物理学发展史,也涉及物理学主要内容的普及读物。作者的文笔流畅生动,饶有风趣,书中穿插了很多科学家的轶事,并由作者本人做了许多有趣的插图。这样,一些枯燥难懂的物理学定律在他的笔下变成了生动活泼的故事,物理学发展的过程和史实也与物理学内容的本身结成了有机的整体。对于缺乏物理学知识的读者,他们可以从本书中学到一些基本的物理概念,并激发起进一步学习的兴趣。

对于学过物理学课程的高中和大专学校学生,也能够从本书中了解物理学的发展过程,从而使学过的知识进一步深化,融会贯通。

应当指出,作者在本书中提出的论点,有些是有争议的。例如,他认为目前已知的质子、中子、电子等“基本粒子”是一些不能再分的真正的基本粒子,认为它们就是物质的终极结构。但是,近二十年来的大量的实验结果和理论都支持与此相反的观点,人们相继提出坂田模型、夸克模型、层子模型等理论,都认为“基本粒子”是有内部结构的,“基本粒子”并不基本。就在十几年前,高能物理工作者中能接受这种“基本粒子也有内部结构”思想的人还只占少数,而现在这种看法已被大多数高能物理工作者所接受,并在寻找“夸克”和“层子”的实验中取得了重要的进展。当然,探索“基本粒子”的内部结构并非易事,物理学家至今仍然未能用实验方法把“基本粒子”轰开,理论方面的状况也远远不能令人满意。但是,随着物理学的进一步发展,我们相信目前的“基本粒子”并非物质的终极结构这一理论一定会取得最后胜利。读者在阅读的时候,对书中这部分内容要注意分析,不要把它们全当成物理学的定论来接受。

由于译者的水平不高,加之时间仓促,译文中容有讹错,恳切地希望读者批评指正。译文承侯德彭同志校订,特此致谢。

译者

1979年春节于天津

目 录

原序.....	1
第一章 物理学的开端.....	3
第二章 中世纪和文艺复兴.....	28
第三章 上帝说：“让牛顿去吧！”.....	53
第四章 热是能量.....	89
第五章 电学时代.....	121
第六章 相对论的革命.....	151
第七章 量子定律.....	199
第八章 原子核和基本粒子.....	261
照片(I—VIII)	317
文献.....	325

胡

原 序

物理学方面的书有两种。一种是教科书，目的是要教给读者种种物理事实和理论。这种书往往略去科学发展的整个历史面貌，有关古往今来的伟大科学家的唯一资料，仅限于在他们的名字后面划上一个括号，标明其生卒年代（如仍在世，就以“——”表示）。另一种书基本上是历史书，专写传记性材料和科学大师的个性分析，而仅简单地列出他们的各种发现，认为读者在研究某门科学的历史时，对这门科学本身已经谙熟了。

本书试图采取的是一种折衷的办法，即在公正的基础上讨论伽利略的受审和他所发现的基本力学定律，或在详细讨论玻尔的原子模型的同时，谈谈我个人对他的一些回忆。全书共有八章，每一章的讨论都以一两个伟大人物为中心，旁及当时其他的物理学家和他们对物理学的贡献。所以我略去了许多科学家的名字，而在大多数物理学史的书籍中，这些名字是会找到的。同样的，我也略去了正规的物理教科书中“必然具备”的许多课题。这本书的目的，是要读者弄清楚什么是物理学，物理学家是一些什么样的人，从而激起读者充分的兴趣，去寻找写得更系统的有关这门学科的书籍来学习。

人们在读到有关古今伟大人物的文章时，总是希望知道他们长的是个什么样子。但是鉴于本书插页的篇幅有限，我决定把它们全部用于复制各种物理现象的真实照片，诸如光谱结构、电子衍射和原子核粒子在云室中的径迹等等的照片。因此只好把物理学

家的肖像改成了十张速写画。我不是艺术家，不得不采用一些辅助的办法，例如把照像底片投影在纸上画出，结果还算相当逼真，因而值得把它们印在书中。

我希望这本书会激起青年读者（或许也有一些年纪较大的读者）学习物理学的兴趣，这是本书的主要目的。

乔治·伽莫夫
于科罗拉多大学

第一章 物理学的开端

追溯物理学的起源就象寻找许多大江长河的发源地一样十分困难。细小的溪流在热带植物绿叶下潺潺作响，或从北方荒野中苔藓覆盖的岩石下悄然溢出；山坡上哗哗淌下的水流聚成小河，小河又汇成真正的“河流”。河床越变越宽，随着支流的不断加入最后变成了汹涌澎湃的巨流——变成密西西比河或伏尔加河，尼罗河或亚马逊河——最后注入大洋之中。

使物理学大河诞生的小溪遍布在人类居住的整个地面上。但其中多数似乎是集中在巴尔干半岛南端，那里居住的人们我们今天称之为“古希腊人”，至少在我们这些继承了那些早期“知识分子”的文化的人看来是如此。值得注意的是，虽然其它的古代民族，例如巴比伦人和埃及人，对数学和天文学的早期发展做出了巨大贡献，但对物理学的发展却是毫无作为的。同希腊科学比较起来之所以有这种缺陷，一种可能的解释是：巴比伦人和埃及人的上帝都高居在九天之外，而古希腊的诸神却生活在海拔只有 10,000 英尺左右的奥林匹斯山之巅*，这样，要了解地球上的问题就接近得多了。传说“磁学”一词就是起源于一个牧羊人的名字 *Μάγνης*，他惊奇地发现，他的包着铁皮的牧杖被路旁的一块石头吸过去了（磁铁矿石）。类似地，“电学”一词是从希腊字 *ἤλεκτρον* 演化而来，这个字的意思是琥珀。大概是因为另一位希腊牧羊人想用羊

* 译注：Olympus 是希腊北部 Thessaly 和 Macedonia 交界处山脉东头的高山，相传太古时代希腊诸神就住在这座山上。

皮把琥珀擦亮，从而发现琥珀具有一种可以吸引碎木屑的神秘性质才这样起名的。

毕达格拉斯的琴弦定律

尽管这些传说很难找到什么确凿的证据，但公元前六世纪中叶的希腊哲学家毕达格拉斯的发现却是有据可查的。他确信世界是由数字主宰的，并研究了乐器上琴弦的长度之间的关系，这些琴弦能产生和谐的乐声。为此，他使用的是所谓一弦琴，即一根长度可以变化的弦，并用悬挂重物的办法使它受到不同的张力。他用同样的重物而改变弦长，发现当弦长之间有简单的数字关系时，就可得到一对对谐音。 $2:1$ 的弦长对应于大家都知道的八音度， $3:2$ 对应第五音， $4:3$ 对应第四音。这一发现大概是物理定律的第一次数学公式表示，完全可以认为是今天所谓理论物理学发展的第

一步。用现代的物理术语来说，我们可以这样表述毕达格拉斯的发现：在给定的张力作用下，一根给定弦的频率（即每秒内振动的次数）与其长度成反比。因此，如果第二根弦（图 I-1b）的长度是第一根弦（图 I-1a）的长度的一半，它的振动频率就高一倍。如果两根弦长成 $3:2$ 或 $4:3$ 的比例，它们的振动频率就成 $2:3$ 或 $3:4$ 之

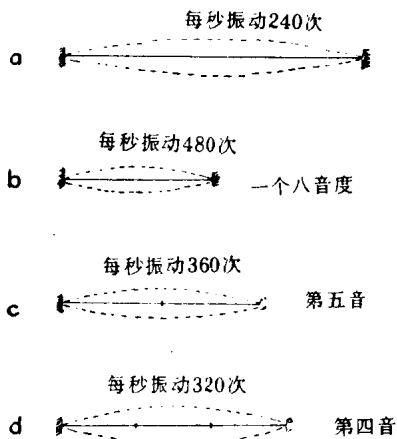


图 I-1 毕达格拉斯的琴弦定律

比（图 I-1 c, d）。因为人脑中从耳朵接受神经信号的那一部分的

构造使得只有简单的频率比——例如 3:4——才是“悦耳的”，而复杂的比例——例如 137:171——则是“刺耳的”（这要等将来的大脑生理学家来解释这个事实了！），所以要得到完美的和音，弦长必须成简单的数字比关系。

毕达格拉斯试图向前更进一步，他提出：因为行星的运动“必须是和谐的”，它们到地球的距离也一定与希腊民族乐器七弦琴上产生七个基音的琴弦（在同样的张力下）的长度一样，有相同的比例关系。这个推测大概就是现在常称之为“病理物理理论”的第一个例证吧！

原子论者狄谟克瑞特

另一个重要的物理理论是由大约公元前 400 年的另一位古希腊哲学家狄谟克瑞特提出的。用现代术语来说，这个理论可以称之为“没有任何实验基础的理论”，但事实是，“梦话道出了真情”。狄谟克瑞特所抱的观念是认为所有的物体都由数不清的、小得人眼无法看到的粒子集合而成的。他把这些粒子称为“原子”，在希腊语中就是“不可分的”（ $\alpha\tau\omicron\mu\omicron\varsigma$ ）意思，因为他相信这些粒子代表着把物体分为越来越小的部分的最后阶段。他认为有四种不同的原子，即石原子，干燥而重；水原子，重而潮湿；气原子，冷而轻；火原子，易变而热。他认为这四种不同的原子结合起来，就造成了所有已知的物质。土壤是石原子与水原子的结合。在阳光照耀下从土壤中生长出来的植物是土壤中的石原子和水原子与太阳中来的火原子结合而成的。这就是为什么干燥的枯木在失去其所有的水原子时会燃烧的原因，燃烧时放出火原子（火焰），而只剩下石原子（灰烬）。当我们把某种石块（金属矿石）放入火焰时，石原子就与火原子结合在一起产生出称为金属的物质。象铁那样廉价的金

属,因为所含的火原子数量很少,所以显得有些笨重,金子含火原子最多,所以灿烂夺目而价值昂贵。当然,谁有办法给普通的铁加进更多的火原子,他就可以造出贵重的黄金了!

如果一个学生在他的初等化学考试中讲这些话,他肯定会得零分。然而,关于化学变化本性的这些特例虽然无疑是错误的,但只用少数基本的化学元素的组合来得到几乎无数种不同物质的基本思想,却是完全正确的,并且现已成为当代化学的基础。但是,从狄谟克瑞特时代到道尔顿*的时代,花了22个世纪的光阴才把事情弄清楚。

亚里斯多德的哲学

亚里斯多德是古代希腊世界的巨人之一。他的成名有两方面的原因:其一,因为他是一位真正的天才;第二,因为他曾任马其顿的亚历山大大帝的私人教师,后来又成了亚历山大大帝的门徒。他在公元前384年生于爱琴海上一个希腊的殖民城市斯塔基拉,出身于一个原先是马其顿王室宫廷医师的家庭。十七岁的时候,他去雅典加入了柏拉图的哲学学派,并一直是柏拉图的热心追随者,直到柏拉图于公元前347年去世。此后,亚里斯多德进行了广泛的周游,最后又回到了雅典,在里西姆创立了当时称为“逍遥学派”的哲学学派。流传至今的大多数亚里斯多德的著作,差不多都是他在里西姆传授各门科学时的讲稿。其中有关于他所创建的逻辑学和心理学的论文,还有关于政治学和各种生物学问题,特别是

* 译注:约翰·道尔顿是英国科学家(1766—1844),纺织工人的儿子,因家贫十二岁就开始自谋生路。长大后与一位盲人往来,得到他的指导,学会了希腊文,拉丁文,数学及自然科学。起先研究物理,后来又研究化学,对二者均有发现与贡献,最著名的成就就是化学上的原子论。

动植物分类问题的论文。但是，尽管亚里斯多德在所有这些领域中都做出了巨大的贡献，并在死后影响了人类的思想达两千年之久，他在物理学领域中最重要的贡献也许却只是创造了这门学科的名字，这是他从希腊字 $\phiύσις$ (意为自然) 一词推演而来的。亚里斯多德哲学对于研究物理学现象是不足的，这是因为他的哲学思想没有象许多其他古希腊哲学家那样与数学结合起来。他关于地上物体的运动和天体运动的思想对科学进步所起的作用几乎是害大于益。到了文艺复兴时期科学思想再度活跃起来时，伽利略等人不得不为了挣脱亚里斯多德哲学的羁绊而进行艰苦的斗争，因为当时公认亚里斯多德的思想是“知识的权威性结论”，完全不必去进一步探讨事物的本质了。

阿基米德的杠杆定律

在亚里斯多德之后大约一个世纪，另一位伟大的古代希腊人是阿基米德 (图 I-2)。阿基米德是力学之父，住在希腊殖民地西西里的首都锡拉丘兹。他是一位

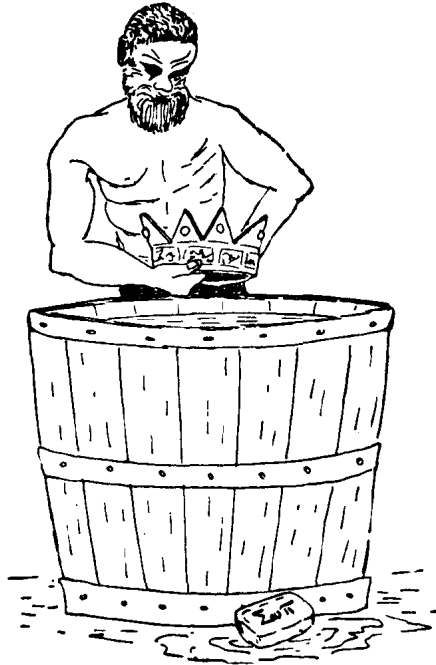


图 I-2 阿基米德与皇冠

天文学家的儿子，所以很早就对数学有兴趣并且掌握了熟练的数学技巧。在他的一生中，曾对数学的各个分支作了许多很重要的

贡献。他在纯数学方面最重要的工作，是发现了球体及其外接圆柱体的面积与体积之间的关系。事实上，按照他本人的意愿，他的墓地就是用一个球内接于圆柱体作为标志的。在他写的一本名为“数沙者”的书中，他提出了一种书写很大数字的方法，按位置不同赋予一系列数中每个数字以不同的“序”，并用这种方法来解决如何写下地球那样大的一个球体中所包含的沙粒数目的问题*。

阿基米德在其名著“论平面的平衡”(两卷本)一书中提出了杠杆定律，并讨论了如何求任一给定物体的重心问题。今天的读者会感到阿基米德的著作体裁太累赘又冗长，在很多方面都与欧几里德的几何书的体裁类似。事实上，在阿基米德那个时代，希腊的数学几乎完全局限于几何学，代数是很久以后由阿拉伯人发明的。因此，数学领域和其它物理学分支中的各种证明当时都是用几何作图来完成的，而不是象我们现在这样去解代数方程。和欧几里德几何学——许多读者在学校学习它时都曾累得满头大汗——一样，阿基米德表述“静力学”(即平衡问题)的基本定律的方法也是先提出一些“公设”，然后再从中推演出若干“定理”。在这里我们把这本著作第一卷的开头引述如下**：

1. 相同的重物放在相同的距离上就处于平衡状态；而相同的重物放在不同的距离上则不平衡，杠杆要朝着放在较远距离上的那个重物倾斜。

2. 当放在一定距离上的重物处于平衡时，如果在其中一个重

* 我们现在是用十进制记数的方法，即多少个个位，多少个十，多少个百，多少个千等等。

** 本章援引阿基米德，普鲁塔奇，维特鲁维乌斯，赫伦和托勒密的文字，曾征得下述著作出版者的同意：Marris R Cohen and I. E. Drabkin, *A Source Book in Greek Science*, Cambridge, Mass: Harvard Univ. Press Copyright 1948 By the President and Fellows of Harvard College.

物上加一点份量，它们就不平衡了，杠杆要向加了份量的那个重物一端倾斜。

3. 同理，如果从其中一个重物取出一点份量，它们也不平衡，杠杆向没有取出份量的那个重物一边倾斜。

4. 全等的平面图形如果互相重叠地放在一起，则它们的重心也同样重合。

5. 如果图形是不相等的但是相似，则其重心也有相似的位置。所谓相似图形的有相似位置的点，我的意思是指如果过这些点分别到相等的角作直线，则它们与对应的边所成之角也是相等的。

6. 如果处在一定距离上的两个重物处于平衡，则另外两个与它们相等的重物处于同样距离时也会处于平衡（这不是显然的吗？）。

7. 任何一个图形，如果沿同一方向其周边都是下凹的，其重心必在图形之内。

从这些公设出发，靠直接的逻辑论证可以推出十五条定理。我们这里给出前五个定理，而略去它们的证明，同时引述第六条定理的严格证明，因为其中包括了基本的杠杆定律。

定理：

1. 在相同距离上处于平衡的重物是相等的……
2. 在相等距离上不等的重物不平衡，杠杆向较重的重物倾斜……
3. 不等的重物也会（或者说可以）在不同的距离上达到平衡，较重的物体应在较近的距离上……
4. 如果两个相等的重物没有共同的重心，则整体的重心是在它们重心的联线的中点上。

5. 如果三个相等重物的重心处在一条直线上,并隔开相等的距离,则整个体系的重心与中间重物的重心重合。

我们现在转向第六个定理的证明,为了方便读者,我们多少将它现代化了:

6. 两重物平衡时,所处的距离与重量成反比。

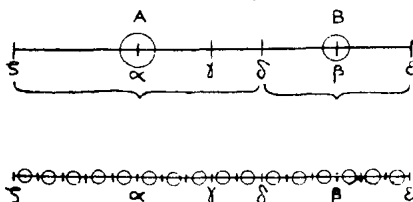


图 I-3 阿基米德对杠杆定律的证明

假定重物 A 和 B 是有公测度的*,图上的点表示它们的重心(图 I-3 a)。

过 α 和 β 作一条直线,它在 γ 处被分成两段,使得

$$A:B = \overline{\beta\gamma}:\overline{\gamma\alpha}$$

我们要证明 γ 是这两个重物总体的重心。因为 A 和 B 是有公测度的,所以 $\overline{\beta\gamma}$ 和 $\overline{\gamma\alpha}$ 也有公测度。设 $\overline{\mu\nu}$ 是 $\overline{\beta\gamma}$ 和 $\overline{\gamma\alpha}$ 的公测度,并使 $\overline{\beta\delta}$ 和 $\overline{\beta\varepsilon}$ 各等于 $\overline{\alpha\gamma}$, $\overline{\alpha\varepsilon}$ 等于 $\overline{\beta\gamma}$ 。因为 $\overline{\beta\delta} = \overline{\gamma\alpha}$,故 $\overline{\alpha\delta} = \overline{\gamma\beta}$,又 $\overline{\delta\varepsilon}$ 在 β 处被平分, $\overline{s\delta}$ 在 α 处被平分,所以 $\overline{s\delta}$ 和 $\overline{\delta\varepsilon}$ 必须分别是 $\overline{\mu\nu}$ 的偶数倍。

今取一重量 Ω ,使得 A 中包含 Ω 的倍数与 $\overline{s\delta}$ 中包含 $\overline{\mu\nu}$ 的倍数同样多,于是:

$$A:\Omega = \overline{s\delta}:\overline{\mu\nu}$$

但是因为

$$B:A = \overline{\gamma\alpha}:\overline{\beta\gamma} = \overline{\delta\varepsilon}:\overline{s\delta}$$

因此

$$B:\Omega = \overline{\delta\varepsilon}:\overline{\mu\nu}$$

或者说 B 中含 Ω 的倍数与 $\overline{\delta\varepsilon}$ 中含 $\overline{\mu\nu}$ 的倍数同样多。因此 Ω 是

* 这就是说,这两个重量之比可以用一个有理分数如 $\frac{5}{3}$, $\frac{117}{32}$ 等等来表示。

A 和 B 公测度。

现把 $\overline{s\delta}$ 和 $\overline{\delta\epsilon}$ 分成许多等分, 每份各等于 $\overline{\mu\nu}$, 把 A 和 B 也分成许多等分, 每份等于 Ω 。于是 A 被分成的份数将等于 $\overline{s\delta}$ 被分的份数, B 于被分成的份数等 $\overline{\delta\epsilon}$ 分的份数。把 A 的每一份放在 $\overline{s\delta}$ 中每一份 $\overline{\mu\nu}$ 的中点, 把 B 的每一份放在 $\overline{\delta\epsilon}$ 中每一份 $\overline{\mu\nu}$ 的中点 (图 I-3b)。

于是等距离地分布在 $\overline{s\delta}$ 上的 A 的诸等份的重心位于 $\overline{s\delta}$ 的中点 α 上, 而等距离地分布在 $\overline{\delta\epsilon}$ 上的 B 的诸等份的重心位于 $\overline{\delta\epsilon}$ 的中点 β 上。但是 A 和 B 的诸等份 Ω 所组成的体系, 是等距离地分布在 $\overline{s\epsilon}$ 上的数目均匀的相同重量的体系。此外, 因为 $\overline{s\alpha} = \overline{\gamma\beta}$ 和 $\overline{\alpha\gamma} = \overline{\beta\epsilon}$, $\overline{s\gamma} = \overline{\gamma\epsilon}$, 所以 γ 是 $\overline{s\epsilon}$ 的中点, 因此 γ 是分布在 $\overline{s\epsilon}$ 上的整个体系的重心。所以作用在 α 上的 A 和作用在 β 上的 B 对 γ 点来说处于平衡。

这个定理接下去就是第七定理, 它在 A 和 B 是无公测度* 的情况下证明了同样的陈述。

杠杆原理的发现和各种应用在古代引起了一场轰动, 我们可以在普鲁塔奇的“玛塞勒斯生平”一书所作的描写中看到这种情形。玛塞勒斯是第二次罗马与迦太基战争中占领了锡拉丘兹的一位罗马将军, 他对杀害阿基米德要负部分责任, 当时阿基米德由于建造了灵巧的战争机械而对锡拉丘兹的城防做了很大的贡献。普鲁塔奇写道:

“阿基米德是锡拉丘兹的海罗大王的亲戚和朋友, 他曾写信给海罗说, 用任何给定的力能够移动任何给定的重物, 而且正如我们所知道的, 他由于受到自己的实验演示的巨大鼓舞, 便宣称假如另

* 就是说, 这两个重量之比是无理数, 例如 $1/\sqrt{2}$ 。

外有一个世界,他又可以到那里去的话,他就能移动地球!海罗大为惊奇,要他把他的主张付诸实施,表演一下怎样用微小的力去移动很大的重物。于是阿基米德决定用一艘皇家船队的三桅货船,这种船通常要用很多劳力在岸上拉纤才能靠岸。在船上乘有许多旅客并装满了普通的货物后,阿基米德就呆在离船一段距离的地方,安静地转动他手里的一套滑轮组,毫不费力地就把船向自己平稳地拉过来了,仿佛船在水中行驶一样。”

杠杆原理在生活的各方面都起着十分重要的作用,从农民用撬棍撬开重石直到现代工程技术中使用的错综复杂的机械都要用到它。阿基米德所提出的杠杆定律,使我们有可能引入作用力做功这样一个十分重要的力学概念。假定我们想用撬棍撬起一块大石头(图 I-4),其臂比是 $\overline{\alpha\gamma}:\overline{\gamma\beta}=3:1$ 。

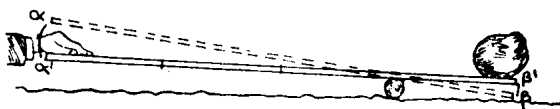


图 I-4 如果杠杆的左臂比右臂长三倍,那么左臂末端的移动 $(\overline{\alpha\alpha'})$ 比右臂末端的移动 $(\overline{\beta\beta'})$ 也大三倍。

我们在撬棍的把手处施加一个比作用在石头上的重力小三倍的压力,就能把石头撬起来。从图中可以清楚地看出,当石头离开地面比如说 1 英寸 $(\overline{\beta\beta'})$ 时,撬棍的把手就要压下 3 英寸 $(\overline{\alpha\alpha'})$ 。由此可以得出结论,我们用来推动撬棍把手的力与把手向下位移的乘积,等于石头的重量与它向上位移的乘积。力与其作用点的位移之乘积,称为这个力所做的功。这样,根据阿基米德的杠杆定律,把撬棍的长端推向下的手所做的功等于抬起石头的撬棍短端所做的功。例如,家俱搬运工把一架大钢琴运到三楼所做的功,等