

[美] 库 珀 著

物理世界

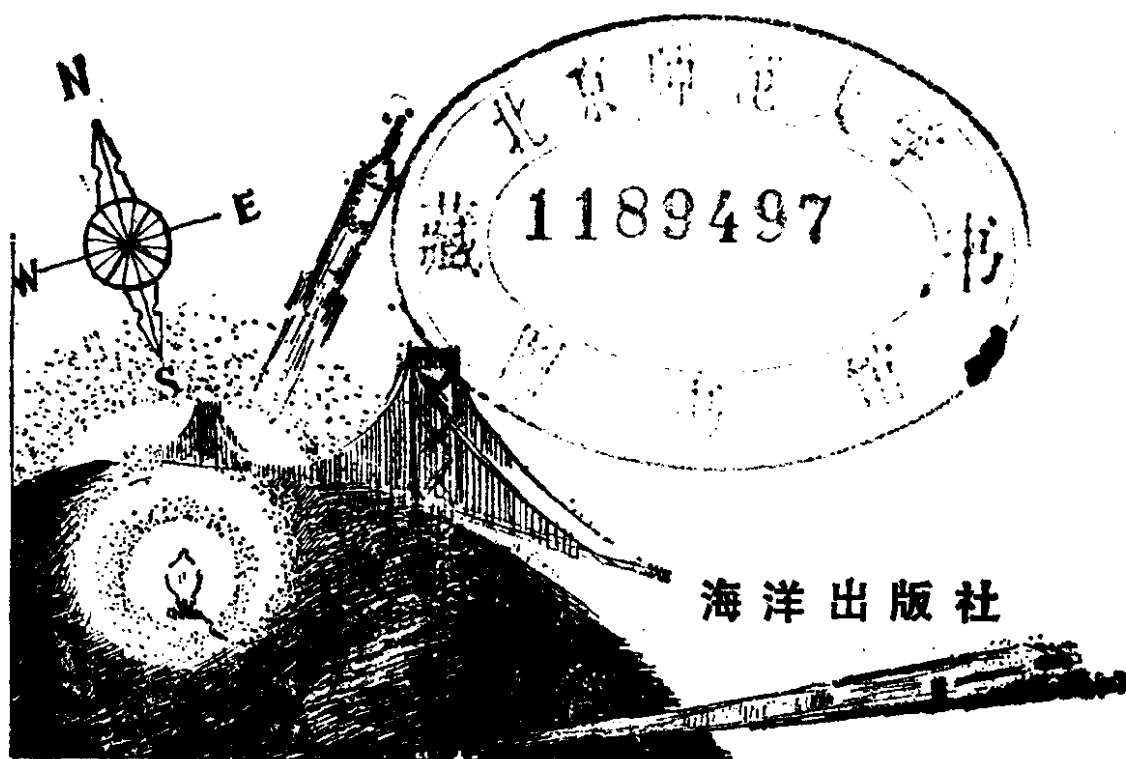
上 卷

物 理 世 界

上 卷

〔美〕 库 珀 著
杨基方 汲长松 译
黄高年 张 朋 校

2011152118



内 容 简 介

本书是一本中级科普读物，作者库珀是美国著名物理学家、诺贝尔奖金获得者。作者站在现代科学技术水平的高度，以生动的语言叙述了物理学的主要内容。本书的特点是图文并茂、举例引人入胜，概念清晰；选材独到，形式新颖。全书只使用一些简单的数学公式，不但使初学者能看懂，而且连大学教师也会感到受益不浅。

本书分两卷出版。上卷为经典物理学，包括力学、光学、电学、分子物理学和热力学；下卷为近代物理学，包括相对论、量子力学基础、原子和原子核结构以及基本粒子物理学。

本书适用于高年级中学生、低年级大学生、大学和中学的物理教师、工程技术人员。本书也可供具有中等文化程度的物理学爱好者自学之用。



致中国读者

我愉快地获悉，我的《An Introduction to the Meaning and Structure of Physics》（中译名《物理世界》

——译者注）一书已译成中文，被介绍给中国读者。在此，请转达我对中国读者的问候和祝愿。我希望，此书将对他们有所裨益。

布朗大学理科教授
神经科学中心领导人

列昂·库珀

1981. 10. 27.

序 言

一般人都认为物理学很难，连物理学家们自己也承认这一点。但是建立新物理理论和掌握别人已作过的工作，看来并不比创作诗歌、研究外语和其它体现人类创造才能的事业需要更大的顽强精神或想象力。差别仅仅在于得到的报酬不同。音乐和绘画能够直接触动我们的情感，但在物理学中，我们既听不到小提琴的哀怨泣诉，也看不到艺术形象令人惊叹的表演。在这里，剧情在创作过程中展开，威力蕴藏在它的结果之中。而我们的工作热忱来源于科学理论的优雅、严谨和完美（可能对于一本完美无瑕的小说来说也是这样）。遗憾的是，与图画、歌剧或小说中遇到的艺术形象相比，我们对物理图象还不太习惯。但是对于很有鉴赏力的人来说，它们的魅力并不差。我希望这本书能帮助那些虽然爱好科学，但不具有特殊技术才能的人进入物理世界，并能领会到物理学与组成人类文明的其他活动形式之间的明显的联系。

人们事先曾告诫我，写书不容易。然而为了确信这一点，就需要写本书试一试。在写这本书的过程中许多人帮过我的忙。我引用了许多书中的资料，其中有：莱恩·库珀的《亚里士多德、伽利略和比萨塔》，盖列斯比的《客观的界限》，迈基的《物理文选》，鲍尔斯与莫茨的《原子世界》，物理科学研究会出版的《物理》，鲍尔克的《麦克斯韦电磁理论基础》和库恩的《哥白尼革命》。

在我写书过程中许多学者、教师和学生给予我很大帮助，我对他们表示感谢。

列昂·库珀

1968年

译 者 的 话

列昂·库珀是美国著名物理学家，现代超导理论的奠基人之一。他提出的“库珀电子对”概念是建立超导量子理论的关键，为此，他与巴丁、施里弗一起荣获1972年诺贝尔物理学奖金。

在向读者推荐的《物理世界》这本书中，库珀显示了他另一方面的卓越才能。他除了曾在美国的伊利诺斯大学、俄亥俄州立大学和布朗大学执教外，还受法国、意大利、挪威等国的一些著名学府的聘请，担任顾问教授。在本书中，他以精心选择的例子、简洁而生动的语言，向我们展示了物理世界中的各种奇妙现象。在介绍一些重要的物理概念和原理时，作者巧妙地插入了历史上有关物理大师们的一些有趣的（也是很有意义的）资料和轶事，把物理学发展史上一些重大的变革象一幕幕戏剧（有时是剧情冲突很尖锐的戏剧）似地展现在读者面前。这不但使阅读变得兴趣盎然，并且能使读者更好地了解新物理概念是在什么背景下提出和发展起来的，了解到物理学发展的一般规律和特点，从而把读者逐步引进物理学宝库，去领略千余年来人类智慧的结晶——物理原理和物理定律——的无穷奥妙。

本书是一本中级科普读物。它具有科普作品形式上生动活泼的特点，但在物理定律和概念的表达上又是极其严格的。书中只使用了一些简单的数学公式，就详尽描述了一些物理量之间的相互关系。具有中等文化程度的读者应当能毫无困难地阅读它。书后的附录及思考题将有助于读者更好地理解所叙述的内容。

诚然，学习自然科学，即使是阅读优秀的科普作品，也不可能象茶余饭后躺在沙发上阅读晚报那样轻松惬意。有志于提高自己物理知识的青年在阅读本书时，应当不吝惜自己的时间和精力。

库珀的这本书虽然不是一部教科书，但它会使中学及大学的物理老师们感到兴趣。新颖的事例、独特而引人入胜的类比将会帮助他们更好地吸引住自己的听众。它也将帮助工程技术人员以及物理学爱好者、自学者们开阔眼界，加深理解。

在本书的翻译过程中还有一段小小的插曲。我们首先看到的是本书的俄译本（1973年莫斯科世界出版社出版）。当时在北京的主要图书馆中都没有找到英文原著。后来才从北京大学图书馆中发现了该书，它是杨振宁教授赠给北京大学的。书上有杨振宁教授的亲笔签名。

物理学是一门飞速发展的科学，它的成就对人类活动的一切领域具有重大影响。在向四个现代化进军及提高全民族的科学文化水平的进程中，普及和提高物理知识，把更多的青年引进物理世界的大门，无疑是一件很有意义的工作。我们希望，本书的出版对上述目的将有所裨益。

原著的书名为《物理学的本质和结构概论》，中译本取名为《物理世界》。原著是一卷本，为了出版上的方便，我们参照了俄译本的版式分为二卷出版，上卷为经典物理学（包括力学、光学、电学、分子物理学和热力学），下卷为近代物理学（包括相对论、量子力学基础、原子物理学和基本粒子物理学），附录放在上卷的末尾。

由于译者水平有限，译文中难免有一些错误和不妥之处，谨希读者不吝指正。

译者

1981.5.30.

目 录

第一篇 运动	(1)
第1章 比萨塔	(1)
§ 1.1 亚里士多德对物体运动的看法	(3)
§ 1.2 对亚里士多德思想的批判	(5)
§ 1.3 物理概念的修正	(8)
第2章 新的学科	(12)
§ 2.1 直线运动	(12)
§ 2.2 抛物体运动	(22)
第3章 什么是力	(25)
§ 3.1 自然界中的几种力	(37)
§ 3.2 用矢量表示的其他物理量	(38)
第4章 “根据狮爪识别狮子”	(42)
§ 4.1 自然哲学的数学原理	(43)
§ 4.2 力与质量的量度单位	(51)
§ 4.3 匀速圆周运动	(52)
第5章 球面谱写的乐章	(57)
§ 5.1 哥白尼太阳中心系	(65)
§ 5.2 开普勒行星系	(72)
第6章 牛顿世界体系	(76)
§ 6.1 万有引力	(79)
第二篇 经验 定律 系统	(93)
第7章 经验与定律	(93)
第8章 物理语言	(102)
§ 8.1 物理学是定量科学吗	(102)
第9章 空间结构	(110)
§ 9.1 欧几里德“基本原理”	(110)
§ 9.2 是欧几里德空间吗	(113)
§ 9.3 作为数学体系的欧几里德几何学	(115)
§ 9.4 作为物理体系的欧几里德几何学	(118)

§ 9.5 作为普遍约定的欧几里德几何学	(119)
第三篇 牛顿世界	(127)
第10章 力与运动	(127)
第11章 质点碰撞	(128)
§ 11.1 第三定律	(128)
§ 11.2 动量守恒定律	(131)
§ 11.3 动量守恒定律应用于质点碰撞	(140)
§ 11.4 机械能	(142)
§ 11.5 弹性碰撞	(151)
第12章 能量守恒定律	(158)
§ 12.1 位能	(158)
§ 12.2 位能的美妙特性	(163)
§ 12.3 机械能守恒定律	(167)
§ 12.4 几个简单力系的位能	(172)
第13章 多质点系统	(183)
§ 13.1 多质点系统的最简单模型	(185)
§ 13.2 多质点系统的平动定律	(188)
§ 13.3 质心	(191)
第14章 刚体的运动与静止	(197)
§ 14.1 某些刚体的质心	(198)
§ 14.2 平动	(200)
§ 14.3 转动	(202)
§ 14.4 静力学: 静止刚体	(213)
§ 14.5 动力学: 运动刚体	(215)
第15章 宇宙象一部机器	(230)
第四篇 关于光的本性	(233)
第16章 网球	(233)
§ 16.1 光的反射和折射	(239)
§ 16.2 笛卡儿对光的反射和折射的看法	(247)
§ 16.3 光与网球	(252)
第17章 波	(258)
§ 17.1 什么是波	(258)
§ 17.2 一维波的某些性质	(261)

§ 17.3 波函数	(238)
§ 17.4 一维的周期波	(271)
§ 17.5 一维波在媒质界面上的行为	(275)
§ 17.6 驻波	(277)
§ 17.7 二维、三维以及N维的波(惯性性质)	(291)
第18章 光是波	(302)
§ 18.1 干涉	(307)
§ 18.2 衍射	(310)
§ 18.3 偏振	(312)
§ 18.4 光是什么?	(316)
第五篇 电磁力和电磁场	(321)
第19章 静电力 静电荷	(321)
§ 19.1 电荷	(321)
§ 19.2 导体和绝缘体	(323)
§ 19.3 库仑力	(324)
§ 19.4 电质量的性质	(326)
§ 19.5 单位制	(328)
§ 19.6 电场	(331)
§ 19.7 电位	(387)
§ 19.8 带电粒子行星系	(344)
第20章 磁力 运动电荷	(347)
§ 20.1 电流	(347)
§ 20.2 磁力	(352)
§ 20.3 作用于运动电荷的力	(357)
§ 20.4 磁场	(360)
§ 20.5 几个结论	(365)
§ 20.6 带电粒子在均匀磁场中的运动	(366)
§ 20.7 磁铁	(372)
第21章 感应力 电荷和交流电	(375)
§ 21.1 迈克尔·法拉第: 电流感应	(375)
§ 21.2 法拉第定律	(381)
§ 21.3 导线在均匀磁场中的运动	(383)
§ 21.4 发电机	(385)

第22章 电磁理论	(390)
§ 22.1 安培定律和电荷守恒定律	(392)
第23章 电磁辐射	(403)
§ 23.1 光是电磁波	(403)
§ 23.2 赫兹观察到了麦克斯韦的辐射	(408)
第六篇 热的性质	(411)
第24章 能量守恒 (热力学第一定律)	(411)
§ 24.1 温标的确定	(412)
§ 24.2 热	(415)
§ 24.3 热功当量; 热是能的一种形式	(421)
§ 24.4 亥姆霍兹能量守恒定律	(424)
第25章 热寂 (热力学第二定律)	(428)
§ 25.1 什么情况下热能够作功	(428)
§ 25.2 卡诺热机	(430)
§ 25.3 卡诺证明的现代形式	(433)
§ 25.4 熵	(439)
第26章 分子运动论 (热、温度和 熵的力学解释)	(442)
§ 26.1 气体的行为	(444)
§ 26.2 从分子运动论推导出理想气体的状态方程	(450)
§ 26.3 温度的力学定义	(456)
§ 26.4 一些结果	(457)
§ 26.5 什么情况下热能够作功	(460)
§ 26.6 分子运动论中的一些假设	(462)
第27章 统计力学	(464)
§ 27.1 引言	(464)
§ 27.2 最大概率分布	(466)
§ 27.3 混乱度和熵	(469)
§ 27.4 时间的可逆性和熵	(472)
附 录	(474)
1. 数 · 代数	(474)
2. 集合和函数	(481)

2.1 数值函数.....	(482)
3. 方程式的求解.....	(486)
4. 变化的速度·极限.....	(492)
5. 几何.....	(497)
6. 矢量.....	(502)
6.1 标量积.....	(503)
6.2 矢量积.....	(504)
7. 单位制及其换算.....	(505)
思考题与习题.....	(508)
参考文献.....	(561)

第一篇 运 动

第 1 章 比萨塔

根据季奥根·拉尔茨基的说法，亚里士多德是个“发音不清……，腿瘦弱，眼睛很小而且装束、指环以及发型都与众不同”的人。他于公元前384年生于斯塔基尔。十七岁时，他来到了雅典。在那里生活了二十年，与其他学生一起向柏拉图学习。柏拉图死后，亚里士多德离开了雅典。在他42岁完全成熟并能干点事业的时候，他同意在佩列主持一个学校，这个学校是为菲利普·马其顿斯基^①的13岁的儿子亚历山大开办的。六年后，菲利普突然死去，学校便关闭了，因为新国王亚历山大已经不再需用教师。

公元前335年前亚里士多德回到了雅典，在城市附近成立了第一所“大学”——利凯。据说，亚历山大送给他八百塔兰^②，这是很大一笔钱。同时他还命令渔夫和猎人们，只要亚里士多德对什么感兴趣，他们就向他报告什么。建立了当时大学的样板之后，亚里士多德为它制定了校规，规定了所有大学生的共同饮食标准，也许还创建了博物馆。此外，他每月都举行讨论会。这样他比别人先搞起了当时的专门学派，广泛地组织了研究活动。亚历山大死后（公元前323年）雅典多变的政治局势，对亚里士多德这个过去公认的亚历山大国王的宠儿极为不利。当人们向他提出了关于无神论这个传统的指责之后，亚里士多德便离开了这个城

①菲利普·马其顿斯基(公元前382—336)，即马其顿国王腓力二世。——译者注

②塔兰：古希腊货币单位。——译者注

市，从而使雅典幸免了再次蒙受杀害哲学家的耻辱（苏格拉底^①的命运仍记忆犹新）。一年之后他去世了。

亚里士多德告诫他的儿子尼科玛赫，做任何事情都要选中庸之道。他说，诗人不应该去描摹生活，而应当努力去组织生活。他制定的逻辑学直到现在仍被应用，他曾试图划分科学各领域的界限，并使得用一个领域的原理去论证其他领域的定理成为不可能。他认为每一门科学——几何学、算术学等等都应当有自己本身的公理。亚里士多德把处处可以观察到的性质称作公理，意思是指公认的看法和观点。关于自然界的史，他写了很多而且很详细，他不仅是一位哲学家，而且还是一位教育家、政治家、文学评论家、物理学家、生物学家、实验自然科学家、伦理学家和教师。他制定了方法，构思了词汇，进行了观察，收集了标本；他归纳、怀疑和思考了前人所作的几乎一切。他似乎想对当时所存在的所有问题都表明自己（或别的什么人）的见解。可能不幸也就在这儿，亚里士多德的讲课成了古希腊思想的百科全书。它包括各种各样的论题，又包含着非常完整的对世界的看法。结果使文艺复兴时代以前的欧洲科学思想完全处在亚里士多德思想的影响之下。

亚里士多德死后，在一段时间内，他的笔记保存在离他的房子不远的—个山洞里，后来卖给了亚历山大里亚图书馆。在希腊的城市国家衰落以后，该图书馆成了科学思想的中心。公元二世纪，在西方曾出现过几篇原著。这是关于过去发生过的事件的百科全书和评述。但在七世纪，到阿拉伯人入侵前，科学活动基本上停顿了下来。以后几百年间，也就是我们现在所说的黑暗的中世纪，甚至那些以前已经弄懂了的东—西也基本上被忘却了。仅仅在某些修道院中，一些古代文件仍一代—代地被传抄着。同时，文件不断丢失而内容也被歪曲了。欧几里德^②的著作仅仅保

①苏格拉底(公元前469—399年)，古希腊唯心主义哲学家。因被指控为传播异说等罪名，被害于雅典。——译者注

②欧几里德(约公元前330—275年)古希腊数学家。——译者注

存下来一些不完整的拉丁文译文，这是鲍埃齐在六世纪翻译的，托勒玫^①的著作实际上什么也没留下；而从亚里士多德的著作中也仅仅留下了有关逻辑学方面的几点解释。

在十一—十二世纪，即文化全面高涨时期，发现了一些用阿拉伯文记载的各式各样的古代经文。它们被译成了拉丁文。在那些进行过非正式学术讨论的地方产生了欧洲的大学。在这些学术活动中，讨论了那些被发现的经文，重新研究了那些译成拉丁文的亚里士多德著作。在翻译时出现了一些错误，这些错误产生了一些不可思议的混乱，并导致了一种新职业学者的出现。这是指后来出现的一些人，他们竭力探索古希腊文件的真实含意。这些人被已发现的丰富历史文物所震惊，为了弄清这些文化遗产，他们付出了巨大的努力和精力，把自己的一生完全献给了这一事业。

在这一期间，作为西欧主要政治和文化势力的教会，对古经文的立场发生了根本的变化。起初它对古经文表示怀疑，因为古经文的内容不完全符合基督教教义。在巴黎曾禁止教授亚里士多德的物理学。但是由于基督教学者们的努力，才使得亚里士多德的思想与基督教教义一致起来。其中最杰出的要算是圣徒福玛·阿克文斯基(1225—1274)。从那以后，亚里士多德关于宇宙结构的学说——他自己本人的研究结果、评论性的意见、有关别人的猜测和想法的笔记——变成了基督教救世剧中的一幕。从这时开始，对亚里士多德学说的攻击便被看作是对教会本身的攻击了。

§ 1.1 亚里士多德对物体运动的看法

亚里士多德认为，地球是宇宙的中心，也是物理学的中心。重物体应当落到地球上，而轻物体则应当向上升起。亚里士多德写到：

“我把那些在没有其他干扰的条件下总是向上运动的东西称

^①托勒玫(约公元90—168年)古希腊天文学家、数学家，他创立了以地球为中心的、解释天体运动的托勒玫体系(见本书第5章)。——译者注

作轻物体，总是向下运动的物体称作重物体”。

他继续写道：

“……地球的自然运动，与其各个部分的运动一样，是朝着宇宙的中心；这也就是为什么地球现在位于宇宙中心的原因……象火之类的轻物体，它的运动与重物体的运动方向相反，它趋向于宇宙的边缘。”⁽¹⁾

亚里士多德认为，宇宙是封闭的，它由球面天幕包围着，天幕里面充满空气、土、火、水以及天体物质。所有的行星、太阳与月亮都位于天幕边界与地球之间，地球又位于宇宙的中心。而所有这些天体都围绕地球旋转。它们之间的整个空间充满着“pleneia”——一种类似以太，象空气一样透明的物质。

除了那些其自然运动方向朝上，或者朝下的物体而外，亚里士多德还引入了一种天体物质（即组成星球与行星的物质）的概念，它们的自然运动是围绕宇宙中心的旋转。这样，他把所有的运动形式分成两组：自然运动，即取决于物体本质，而不需要任何外部作用的运动；受力（受迫）运动，即与物体本质无关，而取决于外力的运动。

亚里士多德用以建立其宇宙的那些元素的相互差别，主要不在于它们的物质内容，而在于它们的自然运动的特性和在空间占据不同位置的趋势，按照亚里士多德的理论，如果物体不是处于其自然运动的状态，这就意味着，有外力作用在物体上。例如沿马路行驶的马车没有朝着中心作自然运动是由于马给了它作用力。而星球和月亮为了绕地球旋转却不需要任何力，因为它们是由天体物质组成，并处于自然运动状态。因此，物体占据的位置具有绝对的意义；宇宙的中心不同于它的外缘。这便是物体的空间几何位置与其运动性质之间的基本联系。

亚里士多德的物理理论是对那个时期的观点的系统化，亚里士多德对事物理解的程度也就是这些理论与事实符合的程度。亚里士多德所引用的现象是很简单的。例如：为了在一条平坦的路上

拉车,马需要不断地用力;或者,一块石头落到了湖底。由这类现象可以直接得出这样的结论:为了拉动马车需要用力。重物体比轻物体下落得快。看来,唯一不需要外力作用的几种运动是物体下落(如果它们是重物)、物体升高(如果它们是轻物)和围绕地球旋转(如果它们是由天体物质组成的)。沿直线以恒定速度运动的物体(如马车)应当受外力的作用。因此,亚里士多德从来也没有研究过我们现在所说的摩擦或者阻力,也没有把它们看作是不同于运动的力。直到最终弄清楚了力与运动之间的区别之后,才出现了惯性的概念,并形成了关于物体运动的现代观点^①。

§ 1.2 对亚里士多德思想的批判

当亚里士多德的物理学在欧洲取得了盛名之后,它的详细内容便成了许多经院哲学家的研究对象。十四世纪时,巴黎学派的成员尼科拉·奥列斯姆驳斥了亚里士多德认为地球具有特殊地位这一观点。他提出了一种看法,那就是不能根据从地球上看到的星球的位移来确定星球的运动,因为星球和地球的运动是相对的:可能星球是不动的,而地球是运动的,或者相反。在这两种情形下,看到的效果是相同的。他说,“这种情况正如坐在一条行驶着的船上的人觉得河岸上的树木在移动一样”。亚里士多德提出的关于枪弹运动的理论一直受到批判。难以理解的是,为什么当作用于枪弹的力终止之后,枪弹还继续向上运动(对它来说,这是非自然运动)。对亚里士多德进行批判的人提出了新的理论。根据这种理论,物体在力的作用下得到了一种推动(现在我们称之为动量),这种推动使物体继续运动。

①也许希腊人很少遇到如此平稳的运动(类似于乘飞机或巨型轮船),即假若不向窗外看就无法确定自己到底是否在运动。这种情况会立即使人联想到那种后来被称作惯性定律的现象:为保持匀速运动,不需要附加外力。要想经历这种感受,对于古希腊人来说只有在沿平静的海面行驶的船只内才有可能。然而爱琴海的特点却又不平静的。(对亚里士多德物理学的分析可见库恩的书〔2〕。)