



物理 其实很简单

Physics Made Simple

[美] 克里斯托弗·G. 普利博士 著
李贵莲 张卓伟 译

上海图书馆
上海科学技术文献出版社



物理其实很简单

Physics Made Simple

[美] 克里斯托弗·G. 普利博士 著

李贵莲 张卓伟 译

图书在版编目 (CIP) 数据

物理其实很简单/(美)普利博士著;李贵莲,张卓伟译. —上海:
上海科学技术文献出版社, 2014.1

书名原文: Physics made simple

ISBN 978-7-5439-6015-2

I . ① 物… II . ① 普…② 李…③ 张… III . ① 物理学—普及
读物 IV . ① 04-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 243708 号

Physics Made Simple.

Copyright © 2004 by Broadway Books, a division of Random House, Inc.

Copyright © 1990 by Doubleday, a division of Random House, Inc.

This translation published by arrangement with Broadway Books, an imprint of the
Crown Publishing Group, a division of Random House, Inc.

Copyright in the Chinese language translation (Simplified character rights only) ©

2013 Shanghai Scientific & Technological Literature Publishing House Co., Ltd.

All Rights Reserved

版权所有, 翻印必究

图字: 09-2012-456

责任编辑: 张 军 林 朔

封面设计: 樱 桃

物理其实很简单

[美] 克里斯托弗·G. 普利博士 著 李贵莲 张卓伟 译

出版发行: 上海科学技术文献出版社

地 址: 上海市长乐路 746 号

邮政编码: 200040

经 销: 全国新华书店

印 刷: 常熟市人民印刷厂

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 9.5

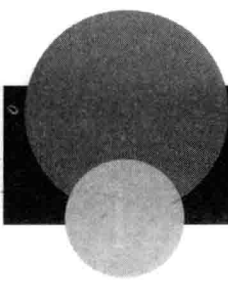
字 数: 224 000

版 次: 2014 年 1 月第 1 版 2014 年 1 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-5439-6015-2

定 价: 30.00 元

<http://www.sstlp.com>



简 介

物理变简单？这种措辞不是和“工作派对”、“特大小虾”一样矛盾么？非也。物理学是一门富有挑战性的学科，要求扎实的数学知识，以及多年的学习和实践。但是，物理学也可以是一门用简单话语来解释物质世界的学科，而这恰是来自这个物质世界。

或许你不一定主观上想了解物理，但意识到为了实现某种目的，你需要掌握一些物理知识。可能你报名了无微积分的物理课程，需要再找一些实例或是另一种方法。还有一种可能，就是你以前物理就学得不太好（当我有一次坐飞机旅行，与别人交谈时，我发现这其实是很多人都共有的不幸），时隔多年，如今你想重新拾起它。本书写给那些想要获得一些基本工具来探索 and 了解这个物质世界的外行人。

不论你是在正儿八经的课堂上学习，还是自学，此书都为你而作。前提只是你对代数和三角法有最基本的了解。另外，不管是对于无微积分的物理课程，还是对于带微积分的基础物理课程，此书都是一本合适的伴侣读本。

我们将从一些最为基础的测量原理着手，进而对**运动、力、功、能量、声、光、电和磁**等这些更为人们熟悉的话题进行探讨，最后涉及**量子力学、相对论和核物理**等人们较为陌生的近代物理领域。

本书大部分篇幅用于描绘宏观世界的物理模型，囊括球体、汽车、火车、飞机、行星等。20世纪伊始，人们就已明白，适用于微小物体（原子或者比原子更小的粒子）和高速运动（接近光

速）物体的规律，同以正常速度运动的普通物体所遵循的规律稍有不同。这一认识引起了人类在物理学领域的两次飞跃：量子力学和相对论。本书的最后几章将对这些令人着迷的话题进行探讨。

本书主要分为六个部分：（I）物理和世界，（II）力、功和能，（III）物质的状态，（IV）声和光，（V）电磁学，和（VI）近代物理。每一部分大体包括三章内容。

每章以相似的方式展开，有关重要概念的关键词都在这一章的最前部分罗列出来，并在文中用黑体进行标注。每章设有两个边栏，一个叫做探索，另一个叫做物理在身边。探索部分呈现一些简单的实验和计算，通过亲身实验和计算，读者能去体验一番物理学家所做的事情，来观察和验证这个世界到底是如何运作的。物理在身边这一栏主要是用物理学来解释一些日常生活中的情景，以帮助你更好地理解它们。例如，飞机飞离跑道前为什么要达到一定的速度（和压力有关）？为什么要有一根腱连到脚跟处（跟腱），你的脚才能向前弯曲（杠杆原理）？每章末尾都给出一些物理课上常见的问题，让你尝试解答。这些问题的答案将在本书最后部分给出。

希望此书能引导你用一个物理学家的眼光去思考世界，使你明白为什么会有那么一些人选择一辈子从事物理学。不久你就会发现，物理学其实可以很简单。

让我们开始这段旅程。

目 录

简 介

第一章 作为基础科学的物理学	1
认识物理学	1
物理和其他科学的关系	2
物理和非自然科学的关系	2
物理学和人类的好奇心	3
第二章 测量与估算	5
度量单位	5
米千克秒单位制	6
长 度	6
质 量	7
时 间	7
面积、体积和密度	8
面 积	8
体 积	9
密 度	10
科学计数法	11
乘除运算	11
有效数字	12
数量级计算	12

习 题	12
第三章 物体的运动	15
位置、速率和加速度	15
位 置	15
速率和速度	16
加速度	18
自由落体：一种特殊的加速过程	19
二维运动	20
习 题	22
第四章 力和运动	23
什么是力？	23
多力问题	24
力的平衡	25
牛顿运动定律	26
牛顿第一定律	26
牛顿第二定律	26
牛顿第三定律	27
习 题	28
第五章 功、能、碰撞	29
功和力	29
势 能	30
动 能	30
能量消长和守恒	31
动量和碰撞	31
习 题	32
第六章 圆周运动和万有引力	35
角运动	35

角速度	36
角加速度	36
力 矩	36
角动量	37
角动量守恒	37
圆周运动中的力	38
引 力	39
习 题	39
第七章 液体和固体	41
原子、分子、元素和化合物	41
原子的结构	42
分 子	42
化学键的种类	42
元素、周期表和化合物	43
固 体	44
密 度	44
合 金	44
液 体	45
压 强	45
浮 力	45
表面张力	46
习 题	47
第八章 热、温度和物质的状态	49
温度和温度的测量	49
摄氏、华氏和开尔文	49
热量和比热	50
相 变	51
固体和液体的性状	51
线性膨胀系数	52

热力学定律和理想气体定律	53
热力学	53
理想气体和气体定律	53
传导、对流和辐射	54
传 导	54
对 流	55
热辐射	55
习 题	56
第九章 波与声音	59
波的剖析	59
波长、波幅与波速	59
横波与纵波	60
干涉、反射、折射与衍射	61
驻 波	62
声 波	62
多普勒效应	63
冲击波	64
声音强度等级	65
习 题	65
第十章 光与光学	67
光是什么?	67
光 速	68
光与照明	68
光 源	68
发光强度	69
光 线	70
反射与折射	71
反 射	71
反射的种类	71

折 射	72
折射率	73
镜子与透镜	74
镜 子	74
透 镜	75
成 像	76
光学仪器	77
相机与人眼	77
显微镜与望远镜	78
习 题	78
第十一章 颜色与光的波动性	79
光 谱	79
颜色与色素	80
色 素	80
不同类型的光谱	81
光学的多普勒效应	82
电磁波谱	82
干涉与颜色	82
衍 射	83
习 题	84
第十二章 电荷与电势	85
静电与电流	85
原子与电荷	86
库仑定律	86
导体与绝缘体	87
摩擦起电、接触起电与感应起电	87
电 场	88
电势能与电势差	89
习 题	89

第十三章 电流与简单电路	91
电动势与电流	91
电阻与欧姆定律	91
电功率	92
串联电路	93
并联电路	93
保险丝与断路器	95
电 容	95
习 题	95
第十四章 磁性 with 电磁感应	97
磁铁及其工作原理	97
磁 场	98
地磁场	98
电与磁	99
电磁铁	99
电流受到的作用力	100
测量电流与电压	101
电动机	101
电磁感应	102
发电机	103
变压器	103
习 题	104
第十五章 原子与量子力学	105
量子与光的性质	105
原子的结构	106
玻尔模型	107
量子化能级	107
粒子的波动	108
薛定谔与量子力学	108

海森堡不确定性原理	109
习 题	109
第十六章 相对论	111
狭义相对论	112
时间膨胀	112
双生子佯谬	113
长度收缩	113
相对论中的运动与能量	114
最著名的公式	114
广义相对论：引力的新理论	114
习 题	115
第十七章 核物理, 粒子与宇宙	117
原子核	117
同位素	118
作用力, 核聚变, 核裂变	118
强 力	118
弱 力	119
太阳上的核聚变	119
总结：基本粒子与作用力	120
宇宙大爆炸	121
习 题	122
附录 A 公式及其关系	125
附录 B 二维空间中的运动	127
附录 C 习题答案	129
专业词汇表	135

关键词

物理学;化学;生物学;假设;理论

认识物理学

为什么要学习物理?对很多学生而言,学习物理不过是为了实现某种目的的必须途径。例如,医学预科生想要成为一名医生,首先就必须展示出他们在物理学方面的娴熟。想当一名成功的工程师首先也得吃透物理。另外,学生们想要在生物学、化学、建筑科学、环境科学或航天学等领域获得学位,就必须学习物理这门必修课。偶尔还会有学生在学习物理之后,认识到再也没有其他学科能像物理学一样令

人着迷,因为它从根本上解释了世界如何运转这件事。

那么,物理学是什么?远古时期,物理学这一术语指的是对自然世界和发生在自然世界中的各种现象的研究。这种研究有时也被称为自然哲学。近代,物理学被定义为研究物质和能量,以及两者间相互作用的科学。物理学科体现了一套在基础水平上对自然世界进行观察、建模和理解的技术手段。

数千年来,科学家们发现世界上的物体似乎遵循一些特定的规律。抛出的小球会在空中沿曲线路径回落到地面。苹果从树上掉下要经过一定时间才会落在地面上。物理学家们对这些宏观的、大范围现象进行仔细的观察,然后总结出了关于物体如何运动及物体运动成因的一

物理在身边

当你神秘地坐在机舱里有点脏污的座位上等待飞机起飞时,你会听到飞机引擎和系统开启发出的独特声音。机舱门关闭(密封好),机内的压力和温度都由驾驶舱控制。唯有如此,你才能在10千米的高空中仍可感受压力和温度适宜,而事实上在这个海拔,机舱外的温度和压力是绝不会让人产生舒适之感的。

压强和温度都会随着海拔的升高而降低,在10千米以上时就已降低到相当的水平。在你去往目的地的途中,飞行员会广播旅行

时间和飞行速度,加上你知道速度乘以时间等于距离,你很快便能计算出家已经被你抛在800千米以外的地方了。引擎呜呜响起,飞机开始在跑道上加速,到达一定速度时,由于机翼的外形轮廓,机翼下方的压力大于其上方的压力,机翼受到的合力向上,飞机便开始离开地面,你从此踏上旅途。飞行员小心翼翼地将飞机控制在一定的海拔和速度,以使机翼所受的向上的作用力(由压力差形成),正好等于机身重量对其施加的向下的作用力,从而保持机身平衡。

些基本规律。一切自然科学都有一个共同的特点,那就是科学家为之构建出的模型都具有预测能力。也就是说,任何解释事物机理的模型都应该能正确预测同样的事物在下一次试验中会如何发生,并且还能预测尚未被观察到的现象。如此,一个解释抛掷的小球将落何处的物理模型,应能预测下一次抛掷的终点,而这一次,可能小球会以另一个速度被抛出,也可能小球被换成了其他物体。

读者需记住重要的一点,那就是物理和其他任何学科一样,不是存在于真空中,而是和人类探索认知的所有其他领域有着千丝万缕的联系,联系的纷杂程度丝毫不亚于其他学科。当然,物理学家和历史学家的世界观有着天壤之别。如果说在文科大学就职教会了我什么的话,那就是让我认识到了这一点。

不过,即使都是科学家,从事的学科不同,看待世界的方式也还是相差迥异的。比如,面对太阳,化学家们可能会着迷于那些被称为分子、能存在于太阳大气层最外层的原子集合;令物理学家们惊叹不已的,却是日心处每秒都有 60 千万公吨的氢被融合成氦;天文学家则在想太阳的直径竟然是地球直径的 109 倍。不过,总体而言,所有科学家的研究都始于一个假设,即认识世界的最好方法是对它进行观察,为它的行为建立模型,然后对这些模型进行验证。

物理和其他科学的关系

在美国高中课程中,“生物、化学和物理”顺序表上,物理往往排在最后。然而,从物质世界的角度来看,这个顺序某种程度上应该反过来。先学物理,再学化学,最后学生物这样的安排可能更加合理。不仅是原子和亚原子的微观世界,而且是宏观世界(大体上与我们人类大小相

当的物体)的物质和能量的相互作用。化学建立在物理学的许多理论之上,以解释组成化合物和分子的原子的相互作用,它从根本上探讨物质的性质。在我们对原子的研究中,物理学和化学有重大的重叠和交叉。从原子结构研究转向对物质结构和性质、化合物间的相互作用、分子的形成,以及反应速率的研究,就意味着脱离物理学,直接走进化学领域。

某些化学化合物(含碳)被称作**有机化合物**。研究有机化合物的学科叫**有机化学**。化学和生物的中间地带(有时称为**生物化学**)涉及对这些有关各种生命进程的特殊分子的研究,一旦研究范围缩小至最小生命体,这门学科基本就被看作**生物学**。生物学家研究的是一切生命体,现在生物和物理之间就有了超越分子水平的交叉。事实上,物理学领域发展最快的一个新学科就是**生物物理学**,即将物理知识运用于生物现象中。这一交叉领域覆盖宽广,小至细胞合成蛋白质的微观结构,大至鸟类和昆虫飞行的物理学原理。

另一个和物理相关的学科是**工程学**,指科学原理在实际中的一般运用。物理学和工程学的联系更为明显。工程师从事的活动之一就是构建结构,这些结构需要能够承受自身的内力,以及偶尔受到的外部力量(如地震、风切变等)。工程师必须要吃透力学,才能对材料性质有特殊的了解,进而设计出牢固的物体和结构。鉴于这些和其他一些原因,扎实的物理基础能让很多领域的科学家受用,那么基础物理课程就是未来的化学家、生物学家和工程师们所必须学习的知识。

物理和非自然科学的关系

物理的方方面面也和非自然科学脱不了干系。对于音乐家了解乐器和操控声音来说,声

学就至关重要。再例如,艺术家会根据光学原理处理有色玻璃,来制作光雕塑。物理学家就世界运作方式所提出的种种问题,本质上和神学家们在这个命题上问的问题是相通的。比如,神学家会问:我们是如何来到这里的?有普遍的法则存在吗?如果有,它们又是怎样产生的?存在普遍法则是否意味着有一个造物主?或者这些法则只是宇宙的一个基本部分?另外,物理学家用于为复杂物理体系建立模型的数学方法,同样也可被经济学家用来为复杂市场体系构建模型。

物理学和人类的好奇心

人类对世界的认知源自自然科学和人文学科。物理是人类好奇心连续体上的组成部分,但物理学家们看待世界的视角是独特的,这点你也将会在本书中看到。物理学家通过对物质世界的观察,创立假说,再通过进一步观察来证实或证伪这些假说。他们必须放开思想,愿意修正或者摒弃旧的想法,勇于展开新的想象。

任何有价值的假说都能、也将会从更多的

观察中得到验证,尽管验证可能是由其他的研究者获得。在多次验证中都站住了脚跟,并能用于对其他自然现象进行预测的假说叫做理论。

此书在探索物理学时,从最为人们熟悉的课题切入,依次逐渐过渡到人们较为陌生的物理学领域。最先解释的是测量和运动,最后对构成宇宙的(名为夸克、胶子之类的)基本粒子进行综述。需要记住的是,所有这些知识都是相互贯通的。

人类的好奇心,使得社会早早就开始了对世界的测量,后来又促进了对宇宙由什么构成的探索。人类的这种知性,最初观察了月球运动的规律,发展了数学,最近则设计建造了巨型地下容器,用以探测到日心聚变反应所产生的一种名为微中子的近似无质量粒子。人类的这种本能,合乎顺序地首先规定了英尺和磅(或米和千克)的含义,然后假设了暗物质,一种有质量,但组分未知、明显充斥于宇宙的材质的存在。

人类永远不能确切地知道,所有这些观察和假说会把我们引向哪里,这也正是物理学令人兴奋的地方。

关键词

基本单位;米千克秒(MKS)制;导出单位;重量;质量;面积;体积;密度;科学计数法;有效数字;数量级计算

物理在身边

或许你会纳闷计量单位和你的生活有什么关联,你可能会问,把英尺换算成米或把米换算成英尺会有什么用处?加利福尼亚州帕萨迪纳市的喷气推进实验室和美国国家航天航空局(NASA)最近刚刚领教了这些单位的重要性。一个未将发动机推力值从英制转换为公制的失误,让探测器撞上了火星的表面,给 NASA 的火星任务造成了灾难性的失败。报道上对火星气候探测器(MCO)的失踪做出了这样的解释:“MCO 失踪的根本原因是在对一款用于轨道计算的软件文件进行编码时没有使用公制单位,而在轨道模型中用了‘小单位’”。轨道是指任一抛射物的运动曲径,不论是棒球还是宇宙飞船。这些项目组因为没能使用正确的单位而导致了价值 3.28 亿美元的任务泡汤。所以说,你要好好读一读这一章。

度量单位

科学大都离不开测量,物理也如此。早在

远古时期,人类就找到了度量世界的各种方法。我的羊圈里有多少只羊?还有多少天才到冬至?这片地有多大?这头小牛有多重?测量当然是任何自然科学的基础,对物理这门研究范围横跨原子和星系的学科而言,更是如此。

下面我们开始介绍测量长度、质量和时间的基本要素。物理学家会使用 MKS 单位制,(MKS 分别代表米、千克和秒)表示长度、质量和时间的基本单位。我们还将以多种方式把这些基本单位组合在一起,用这些单位组合去探索物质世界的很多其他方面。(顺便提一下,天文学家们采用的是 CGS 单位制,全称为厘米克秒。)基本单位的组合叫做导出单位,例如,用来测量速度的每秒米(m/s)就是这样一个导出单位。

有些物理量相对来说比较容易测量。例如,你可以用卷尺量出房间的大小,用秤称出自己的体重。然而,要想知道一个星系的直径,就必须采用不同的方法,要涉及星系离地球的距离,以及在天空中显现出的大小等知识。一个电子的质量也无法用天平称出,不过可通过在磁场中运动电子所受的力来计算出(这是方法之一)。有各种等式关系可以表示电子从真空管的受热灯丝中溢出,经过小孔到达阳极时的速度、加速度和动能。通过测量电流、电压差和磁场,可间接确定电子的质量。测量分子和原子的大小不能用直尺,而要用 X 射线。测量太阳和太阳系中行星的质量,要用到开普勒的行星运动定律。

人们测量物质世界时,需要进行一些重要的选择,选择和被测物体大小相适应的单位。因此,天文学家一定不会用厘米来谈论恒星的距离,而是用**光年**——即一个光子以光速($3 \times 10^8 \text{ m/s}$)传播一年时间所经过的距离(**光子**是一个电磁“波包”。光或其他电磁辐射,如无线电波、微波、X射线,都是以光子为单位进行传播的)。同样,核物理学家不会用亩和公顷来测量原子核的截面积,而是用靶恩(barn,符号表示为 b)。1b(这个带着几分幽默感的单位)等于 10^{-28} m^2 ,是一个极小的面积。

物理小贴士

顺便说说,一个新的计量单位就很可能使一名物理学家名垂千古、流芳百世。现今物理学界和日常生活中所使用的单位,有很多都是以发明它们的科学家的名字来命名的。例如,表示电磁频率的赫兹(Hz)就来自海因里希·鲁道夫·赫兹(1857—1894年,德国物理学家)的名字;能量单位焦耳(J)也是根据詹姆斯·普雷斯科特·焦耳(1818—1889年,英国物理学家)来命名的。

在物理学和天文学领域内运用合适的计量单位往往能起到事半功倍的效果。然而,天文学家和物理学家们在计算导出物理量(如,某颗恒星的能量产生速率)时,他们常常又会回归基本单位制(厘米克秒制或米千克秒制)。

1960年,国际科学家委员会为规范这些基本物理量制定了一个标准体系,即国际单位制,也叫SI单位制。

表 2.1 国际单位制的基本单位及缩写

物理量	单 位	缩 写
长度	米	m
质量	千克	kg
时间	秒	s

米千克秒单位制

测量长度或距离是我们日常生活中司空见惯的事情,如,汽车的里程计会测量显示汽车所经过的英里数和千米数;一年一度的体检中医生会测量你身高多少米;在游泳池中游泳时你会来回数上若干个25米。

如前所述,选作什么样的单位来对某个长度或距离进行测量,要根据被测物的大小而定。因此,英制中表示长度有小到英寸大到英里的一系列单位。然而,这些不同长度单位间的换算关系却似乎并不统一的:1英里(mi)等于1760码(yd);1码等于3英尺(ft);1英尺等于12英寸(in)。建立公制单位制(最早于18世纪后半叶被法国采纳)的出发点之一是避开这些不定的换算比率,代之以十进位。于是,有了1千米(km)等于1000米(m);1米等于100厘米(cm);1厘米等于10毫米(mm)。公制单位制是为除美国外其他国家所有科学研究及工程制造业中所使用的标准单位制。

物理小贴士:

在坚持使用英制单位(英寸、英尺、加仑等)上,美国说得上是独一无二的。英制中,一码的标准长度是指伦敦财政办公厅拱门的青铜铤上两个断面标记之间的距离。然而,近代人们开始用米来定义码(1码等于0.9144米)。本书中,偶尔会提到英制单位制,但测量长度和质量基本会采用公制单位。值得庆幸的是,不管是英制还是公制,度量时间的单位(秒)都是一样的。

长度

公制中的基本长度单位是米(m)。米最初在1799年被定为赤道与北极间距离的千万分