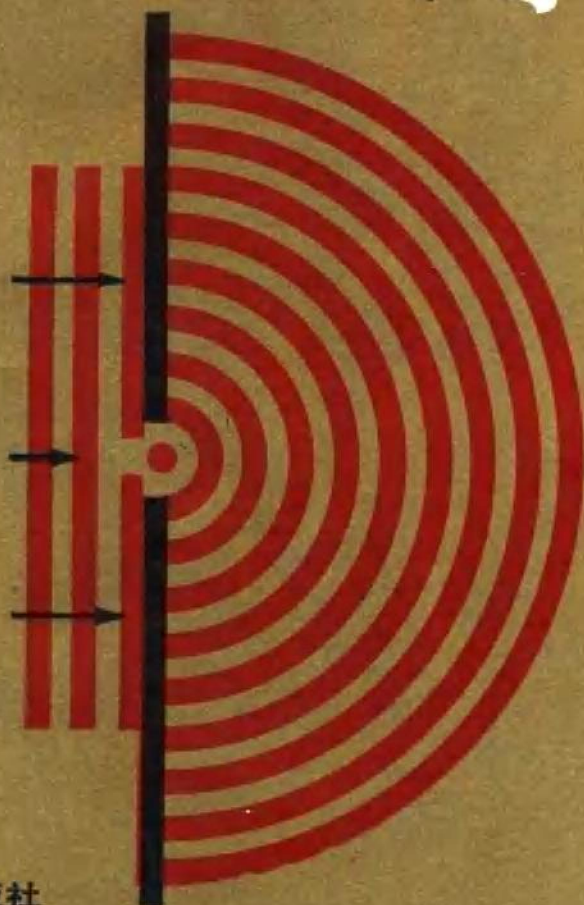


物理学

〔日〕小出昭一郎著
郭永江 关文铎译



高等教育出版社



物 理 学

(修 订 版)

[日] 小出昭一郎 著

郭永江 关文铎 译

高等教育出版社

1987

本书根据日本裳华房出版的东京大学教授、理学博士小出昭一郎著《物理学》1984年修订版译出。著者用较少的篇幅简明地讲述了基础物理的主要内容。取材适当,注意物理概念,便于阅读。在日本是一本受到广大读者欢迎的教学用书。

本书可作理工科大学物理课程的参考书,也可供一般物理工作者参考。

本书由郭永江译前言、第1章、第5—9章以及附录,由关文铎译第2—4章。全稿由郭永江、王路校订,并由郭永江最后定稿。

责任编辑 汤发宇

物 理 学

(修订版)

[日]小出昭一郎 著

郭永江 关文铎 译

高等教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

北京二二〇七工厂印刷

开本850×1168 1/32 印张13.25 字数320 000

1988年11月第1版 1988年11月第1次印刷

印数0 001—2 270

ISBN 7-04-000539-5/O·175 定价5.20元

中文版序言

这次,通过郭永江和关文铎二位先生的手笔将拙著《物理学》(修订版)译成中文出版,这对本人来讲是极大的光荣。在各种学科领域中,物理学是特别难学的一门学科。对怎样思考才能理解和怎样学习才能掌握物理本质的问题,自学生时代起在较长时间内自己就想了各种办法,并在课堂上进行了现场试验。将这些经验归纳成一册书的形式,就是这本教科书。十分荣幸,这本教材,在日本为许多大学和其它学校所采用。如果这本教材对贵国也能有所帮助,并对中日两国的科学教育交流多少有所贡献的话,那就没有比这更为欣喜的事了。最后衷心祝愿中国的四个现代化早日实现。

1985年4月

小出昭一郎

修订版序言

本书初版问世以来将近十年了。在此期间,采用此书作为教材的大学和高等专科学校的数目之多,是完全没有预料到的。对此,著者感到非常光荣。将这种程度的物理学内容归纳成一卷的书很少,也许是大家愿意采用本书的主要原因,但作为著者却感到责任重大。

决定趁本书出版十年之际来进行修订时,曾向采用此书的各位教授发出了征求意见书,承蒙甚多教授给予回答和指教,不胜感激。修订时,尽可能地采纳了这些意见;但是也常有两种意见相反的情况,例如:一种意见认为“流体的欧勒方程不必要”,而另一种意见认为“请写到纳维叶-斯托克斯方程”。在这种情况下,常是采取相加后除二而保持本书原状的稳重态度,采用此书的学校情况各有所异,不可能全部满足各校的要求。不足之处,只能请各位教授以自己的学识给予补充,这一点请各位谅解。另外,加*号的部分,象在无止境的学科深山的登山路口隔墙相望一样,让学生窥视一下也可以,或者跳过去也可以。著者执意留下这些部分,是想让学生知道一个学科并不是一个完美的“封闭”体;为什么又说跳过去也可以呢,这是因为考虑到没有必要把所有的东西都塞进每一个人的头脑。

这次所作的主要修订如下:首先,重新绘制了全部插图,尽可能使其妥贴易懂。将补习数学知识的记述归纳在卷末作为附录,并加了一段微积分初步。在各节中加了较容易的问答题。将光学合并到振动、波动的一章;将气体分子运动论和统计力学初步合并为热学的一章。将伽利略变换移到第一章;将相对论、原子物理和量子论等合在一起成为近代物理学一章。此外,在电磁学中,将初

版中的 $E-B$ 对应改为 $E-H$ 对应。

著者认为在有限的时间内作了最大的努力,但是难免还有不少不足之处。愿望各位读者今后也不吝批评指正。……

1984 年 10 月

著 者

初版序言

任何学问,可以说深度都是无限的,所以若从教的立场上说,材料是无边际的;写书的时候想要写的内容也是无止境的。对有些学科来说,确实也有必要首先多知道一些;然而对于作为自然科学根基的物理学来说,“理解”比什么都更重要。不理解的事物,无论“知道”多少都是无用的。而且就“理解”来说,象物理学这样难的学科恐怕不太多了罢。

物理学是一切自然科学的基础,所以希望有尽可能多的人来学习它。但是,对于不是特别爱好物理学的人,过多地塞给他的话,就要产生拒绝反应,这也是无可非议的。从物理学具有的这种情况来考虑,与其杂乱无章地知道得很多,倒不如踏踏实实地努力理解基础内容,这才是学习物理学的正确方法。

最近,优秀而亲切的教科书很多,已出版的有兴趣的启蒙书和详细的参考书多到难于选择的程度。求知欲旺盛的人只要有学习物理的愿望,就有可能根据这些书籍学习到任何深度和广度。

根据以上理由,本书取材,限制在对攻读自然科学系任一领域都是必不可少的基本内容。想到编写一本不太厚的教科书也许是有意义的,所以在裳华房的远藤恭平先生的推动下试编了此书。一般的教科书多分为两册,而这本书却归纳整理成一册。回想自己做学生时的情况,这次编书时就将那些可能引起消化不良的内容断然删去。另外,就象初学者会把作用和反作用定律同力的平衡混淆那样,过后想起来犯了莫明其妙的错误,或因思路不对而陷入混乱的一些问题,想不到在各种书中都没有讲到,令人仍然感到难办。¹⁰本书尽可能联系这些问题,想创出一种特色,但究竟作到了什么程度,只能等待读者给予评论了。

也许很多人这样想：若是可称物理学者的人，对于大学低年级物理学这种程度的内容，无疑地能完全理解，但是著者并不以为然。这是因为任何人都有自己的疑难问题。况且作为学问来说，它的“底”并不怎么清楚，而任何一种学问都是日新月异地发展。因此，如果说用本书这种形式，把搜集整理得很好的像“份饭”那样的物理学提供出来，学生学了这些就可以算是“毕业了；”应该说，我是丝毫没有这种奢望的。倒是期望读者感到读了这本书不满足，而激起进一步深入学习的愿望。为了这种读者，我在卷末列出了各种参考书。还有，各章末尾的习题数目不算太多，同时习题也有作为本书内容的补充这一层意思，所以希望读者一定要亲自全部试作一下。正文中附有*号的部分属于程度稍高的内容，初学者可以跳过这些部分向前阅读。对于解释不充分和不易理解之处等等，希望读者不吝指正。

.....

1975年1月

小出昭一郎

目 录

第 1 章 质点力学

§ 1.1	质点	(1)
§ 1.2	矢量	(2)
§ 1.3	位移和速度	(5)
§ 1.4	加速度	(7)
§ 1.5	力和惯性	(10)
§ 1.6	抛体运动	(11)
§ 1.7	简谐振动	(14)
§ 1.8	单摆	(16)
§ 1.9	功和动能	(17)
§ 1.10	约束运动	(21)
§ 1.11	保守力和势	(23)
§ 1.12	位能(势能)	(27)
§ 1.13	平面运动的极坐标表示	(28)
§ 1.14	万有引力与行星运动	(31)
§ 1.15	伽利略变换和转动坐标系	(35)
习题		(39)

第 2 章 质点系和刚体

§ 2.1	二体问题	(43)
§ 2.2	质心及其运动	(46)
§ 2.3	动量和动量矩	(48)
§ 2.4	动量守恒定律和碰撞	(51)
§ 2.5	质心运动和相对运动	(57)
§ 2.6	质点系的动量矩	(60)
§ 2.7	刚体及其平衡	(63)

§ 2.8 绕固定轴转动的刚体运动	(64)
§ 2.9 转动惯量的计算	(68)
§ 2.10 刚体的平面运动	(71)
习题	(73)

第3章 弹性体和流体

§ 3.1 应变和应力	(76)
§ 3.2 伸缩和体积变化	(80)
§ 3.3 刚性系数(切变弹性模量)	(82)
§ 3.4 弹性体的能量	(85)
§ 3.5 金属丝的扭转	(88)
§ 3.6 棒的弯曲	(90)
§ 3.7 静止流体的压强	(93)
§ 3.8 流速场	(96)
§ 3.9 伯努利定理	(99)
§ 3.10 粘滞性和阻力	(101)
习题	(105)

第4章 振动、波动和光

§ 4.1 简谐振动及其合成	(108)
§ 4.2 阻尼振动	(114)
§ 4.3 受迫振动和共振	(116)
§ 4.4 耦合振动	(118)
§ 4.5 弦的振动	(123)
§ 4.6 沿棒传播的纵波	(126)
§ 4.7 波动方程及其解	(129)
§ 4.8 平面波和球面波	(132)
§ 4.9 光波	(135)
§ 4.10 几何光学	(138)
§ 4.11 光的干涉	(142)
§ 4.12 相干性和非相干性	(146)

§ 4.13 单缝衍射	(147)
§ 4.14 衍射光栅	(150)
§ 4.15 偏振光	(152)
习题	(155)

第5章 温度和热

§ 5.1 温度	(158)
§ 5.2 状态方程	(160)
§ 5.3 准静态过程	(163)
§ 5.4 热力学第一定律	(165)
§ 5.5 热容和比热容	(168)
§ 5.6 理想气体的绝热变化	(169)
§ 5.7 卡诺循环	(171)
§ 5.8 热力学第二定律	(175)
§ 5.9 热机效率和热力学温标	(177)
§ 5.10 熵	(180)
§ 5.11 不可逆变化和熵	(184)
§ 5.12 自由能和资用能	(188)
§ 5.13 气相、液相和固相	(192)
§ 5.14 气体分子运动论	(196)
§ 5.15 温度和能量均分定律	(199)
§ 5.16 麦克斯韦速度分布函数	(202)
§ 5.17 固体的比热容	(208)
习题	(211)

第6章 静电场

§ 6.1 电场	(216)
§ 6.2 高斯定律	(219)
§ 6.3 电位(电势)	(223)
§ 6.4 导体	(227)
§ 6.5 静电容和电容器	(231)

§ 6.6 电介质极化	(235)
§ 6.7 电场能量	(239)
习题	(241)

第7章 电流与磁场

§ 7.1 欧姆定律	(244)
§ 7.2 焦耳热与电动势	(247)
§ 7.3 基尔霍夫定律	(249)
§ 7.4 磁铁和磁场	(252)
§ 7.5 磁质	(255)
§ 7.6 电流所受的磁力	(259)
§ 7.7 电流的磁场	(262)
§ 7.8 安培定律	(263)
习题	(268)

第8章 电磁感应和电磁波

§ 8.1 电磁感应	(272)
§ 8.2 互感应和自感应	(274)
§ 8.3 交流电	(276)
§ 8.4 电磁振荡	(281)
§ 8.5 位移电流	(284)
§ 8.6 麦克斯韦方程组	(286)
§ 8.7 电磁波	(289)
§ 8.8 作为电磁波的光的反射和折射	(291)
习题	(296)

第9章 近代物理学

§ 9.1 洛伦兹变换	(300)
§ 9.2 洛伦兹变换的诸性质	(305)
§ 9.3 质量与能量	(307)
§ 9.4 加速系和等效原理	(310)

§ 9.5 热辐射与量子假设	(312)
§ 9.6 光电效应和康普顿效应	(316)
§ 9.7 晶体与X射线	(318)
§ 9.8 阴极射线与电子	(321)
§ 9.9 原子模型与玻尔量子论	(322)
§ 9.10 电子的波动性	(325)
§ 9.11 薛定谔方程	(327)
§ 9.12 能量本征值举例	(329)
§ 9.13 波函数的意义和测不准原理	(331)
§ 9.14 原子结构和周期律	(333)
§ 9.15 物质和电子	(337)
§ 9.16 原子核	(340)
§ 9.17 基本粒子和高能物理学	(344)
习题	(347)

附录

物理学中使用的数学	(350)
A-1 函数的微分	(350)
A-2 函数的泰勒展开和麦克劳林展开	(352)
A-3 函数的积分	(355)
A-4 偏微分	(357)
A-5 矢量的散度和高斯定理	(359)
A-6 矢量的旋度和斯托克斯定理	(361)
物理量和单位	(364)
B-1 SI基本单位	(364)
B-2 导出单位	(365)
B-3 SI词头	(366)
问题和习题答案	(367)
为愿进一步学习的读者推荐的参考书	(381)
索引	(387)

章末专栏

力学和自由意志	(41)
将能量贮存于旋转体	(75)
伯努利	(107)
超声波的应用	(157)
卡诺和拿破仑	(214)
库仑	(243)
欧姆和安培	(270)
感受不存在的磁场?	(298)

第 1 章 质点力学

用一点代表物体来研究它的运动是本章的目的。首要的问题是牢固地掌握如下三个概念。以矢量表示位置，表示位置的时间变化率的速度以及表示速度的时间变化率的加速度。

运动定律是力学的基本定律，在以后几章中也起重要作用，要切实地理解它的意义。对于由运动定律导出的能量守恒定律，也不要只记住结论而不知其含义，有必要结合各种日常经验来加以体会。

象推导开普勒定律之类的技术性工作，从物理学上来讲并不是非常重要的。

§ 1.1 质点

在研究物体的运动时，有些情况下只注意整体的平移运动而不考虑变形和转动。这时可用一个点来代表物体，并在它所具有的诸性质中只考虑质量。这样抽象化(或模型化)为具有质量的点这种形式的物体，称为质点。

象原子那样微小的物体，在考虑其内部结构时也不是质点而是质点系，像地球那样大的物体，在讨论其绕太阳公转时也可看作质点。

为了表示质点的位置，要适当地选定坐标系，即采用直角坐标 (x, y, z) 、极坐标 (r, θ, ϕ) 、圆柱坐标 (ρ, ϕ, z) 等适合于所讨论问题的坐标。不管何种情况，坐标一般都需要一组三个数值，因此说质点的自由度为 3。当运动限制在一个平面内时，只用两个数就可以表示，如直角坐标 (x, y) 或极坐标 (r, θ) 。

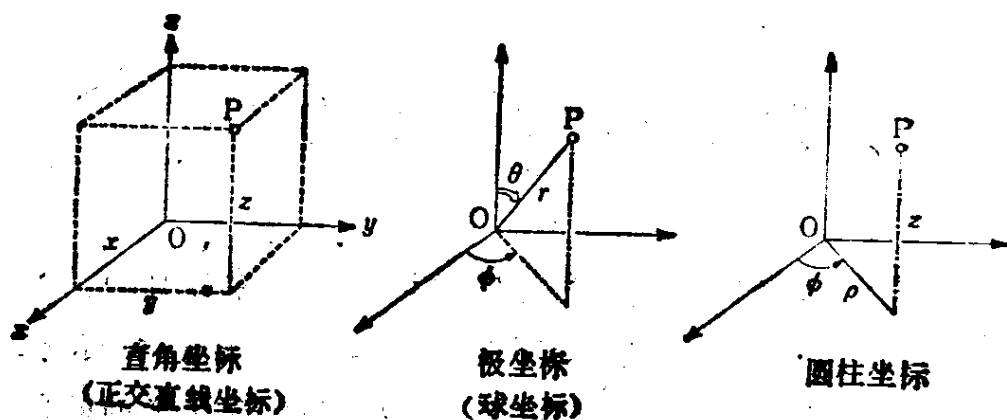


图 1-1

当质点运动时，这些坐标作为时间 t 的函数而变化。这种情形在数学上表示成 $x=f(t)$ ，但有时为了节省文字的种类，在物理学中常写成 $x(t)$ 。如果已知 $x(t)$ 、 $y(t)$ 、 $z(t)$ ，对一切 t 值求出 (x, y, z) ，将它所表示的点连接起来就是该质点的轨迹。在平面运动中从 $x=x(t)$ 和 $y=y(t)$ 消去 t 而求出 x 和 y 的关系 $y=F(x)$ 或 $G(x, y)=0$ ，这就是轨迹方程。

例 若 $x=a\cos \omega t$ ， $y=b\sin \omega t$ ，则利用 $\sin^2 \omega t + \cos^2 \omega t = 1$ 的关系消去 t ，可得下式

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1 \quad (\text{椭圆})$$

问 若 $x=a+bt$ ， $y=ct$ ，其轨迹如何？

§ 1.2 矢量

质点从位置 P_1 运动到位置 P_2 时，用以 P_1 为起点 P_2 为终点的箭号表示位移。 P_1 与 P_2 的距离是位移的大小，箭号的方向为位移的方向。位移 $\overrightarrow{P_1P_2}$ 和 $\overrightarrow{P_2P_3}$ 合成后变为 $\overrightarrow{P_1P_3}$ ，把这种关系写成

$$\overrightarrow{P_1P_3} = \overrightarrow{P_1P_2} + \overrightarrow{P_2P_3} \quad (1.1)$$

当说到位移时，只注意大小和方向而不问起点在何处，所以位移

$\overrightarrow{P_2P_3}$ 可用箭号 $\overrightarrow{P_1Q}$ 表示。因此从图上即可以看出,位移的合成服从熟知的平行四边形法则。

象位移那样,用大小和方向来确定,而且其合成服从平行四边形法则的量,叫做矢量。

有些量虽然也要用大小和方向来确定,但却不能称为矢量。例如,物体的转动是由转轴的方向(右螺旋的方向)和旋转角来确定的,但绕 x 轴转 180° 后接着再绕 y 轴转 180° 的结果,不等于绕 x 轴和 y 轴之间夹角的平分线旋转 $\sqrt{2} \times 180^\circ$ 。由此可知,对转动不能用矢量来表示。

为了表示质点的位置,常使用由连接原点 O 和 P 的 $\overrightarrow{OP}$ 所确定的位置矢量。这时,起点 O 有特殊的意义,不能把箭号随便移动。从这种意义上讲,位置矢量有点特殊性,这种矢量也称为束缚矢量。一般的矢量(称为自由矢量),虽然也常用箭号表示,但箭号的位置并无意义,只是其长度(与矢量的大小成正比)和方向及指向有意义^①。位置矢量 $\overrightarrow{OP_1}$ 和位移 $\overrightarrow{P_1P_2}$ 相合成,便得到表示新位置

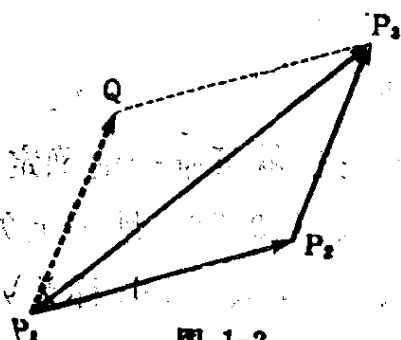


图 1-2
平行四边形法则

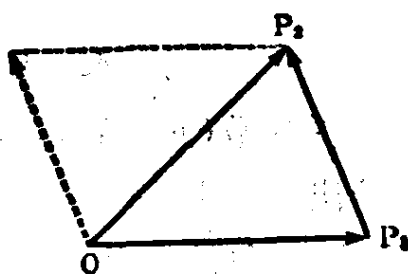


图 1-3

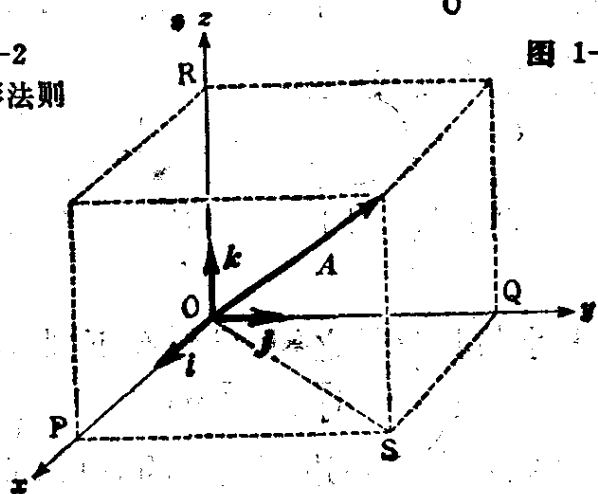


图 1-4 矢量的分解

① 有人对方向(例如竖直方向)和指向(向上或向下)不特别加以区别。