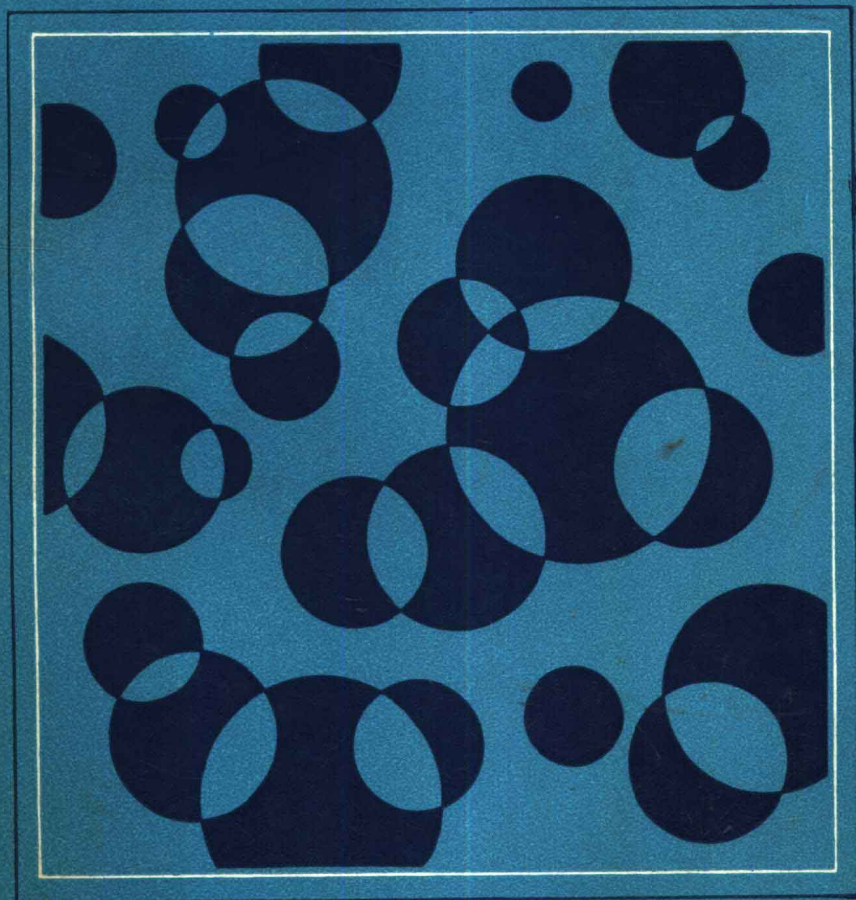


自然科学基础

93
第一册 物理学

[美] K. R. 阿特金斯 著



科学出版社

自然科学基础

第一册 物理学

〔美〕K. R. 阿特金斯 著

符知微 陆水发 译

科学出版社

1984

内 容 简 介

本书深入浅出地阐述了近代自然科学的基础理论。分为三部分,即物理学、化学和地学。中译本将分三册陆续出版。

第一册物理学是该书的第一部分,成书于七十年代末,内容新颖,包括经典力学和现代物理学的主要理论。全书讲解生动,图文并茂,繁简得当,避免了复杂的运算,较成功地将物理学极为丰富的内容压缩在目前这篇篇幅不大的一册书中。每章末均附有问题和习题,可借此加深理解。

本书的读者对象广泛,既可为缺乏高等数学知识的中学生和有志自学物理学的青年自修阅读;亦可供高等院校的教师和学生参考,尤其适用于中学教师教学参考。

K. R. Atkins J. R. Holum A. N. Strahler

ESSENTIALS OF PHYSICAL SCIENCE

John Wiley & Son, Inc., 1978

自 然 科 学 基 础

第一册 物理学

〔美〕K. R. 阿特金斯 著

符知微 陆水发 译

责任编辑 林 娜

科 学 出 版 社 出 版

北京朝阳门内大街137号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1984年3月第一版 开本:850×1168 1/32

1984年3月第一次印刷 印张:10 3/8

印数:0001—14,000 字数:268,000

统一书号:13031·2513

本社书号:3452·13-3

定价: 1.55 元

序 言

在自然科学的教学中，人们往往侧重于科学的现象而不重视科学结构的统一。这样处理的原因之一是由于他们对自然科学各个领域的实质缺乏透彻的了解，因而难以凭直觉来掌握科学的统一。在本书中我们所采用的方法则是依次阐述自然科学中三大领域的基本理论，独创一格：物理学部分由物理学家撰写，化学部分由化学家撰写，而地学部分由地学家撰写。这些科学家目前正在或曾经在几个不同的教育部门和学术机构任职，从而使全书的三个部分保持了不同的风格。物理学家、化学家和地学家不仅对自然研究的范畴不同，而且他们一般在受教育的过程中就形成了不同的治学态度。如果读者通过本书去理解自然科学，就能在不同的观点上得到较理想的统一。

我们力图从物理学家的微观世界、化学家的亚微观世界一直叙述到地学家、天文学家的宏观世界。对于读者来说，从探索自然现象入手要比应付科学领域内的生硬的同类概念容易得多。我们按自然现象的规模、范围设置课程的方法是合乎逻辑的。它可能会受到惯于用同一个简单的主题把不同的课题有机地结合起来讲课的教师们的欢迎。

物理学部分主要阐述经典物理学和现代物理学的基本概念。我们决心只选用有助于加深理解基本概念的课题，使读者便于接受，这样必然对不少有趣的课题就不得不割爱。书中叙述的重点是物理学的基本定理，至于这些定理在特殊情况下的运用则不加评述。不过，化学和地学部分还是详细介绍了某些定理在特定环境中的具体运用。

本书并没有完全撇开数学，但却尽可能讲得简略些。在用代数符号表示重要数学方程式的同时也用文字加以说明。如果学生没有足够的代数知识，可以不去理会它们，也几乎没有什么损失。但是略懂数学的读者却能感到这些方程式有助于他们的理解，这部分读者不应忽视。至于那些不喜欢数学的读者，他们可以把用文字表述的方程式看做重要的物理定律的简单概括。

第二部分化学是关于物质和物质发生变化的科学。许多变化过程要吸收或释放能量和产生不平衡的力。物理学部分所论述过的大部分有关原理因而也适用于化学，化学则被称为物理学的广泛应用。化学变化产生新物质。化学的化合规律、辨认物质的基本形式的法则和化学变化多种类型的区分等等都是化学对科学的独特贡献，非其它科学所能比拟。

为了既能讲清物理学和化学这两门科学的不同之处，又能说明它们的相互关系，从而把它们联系起来，我们就需要研究最基本的物质——化学元素和它们的物理性质。正是这些不同的性质决定了各种元素在人类生活中所独具的特殊用途。在把这些物质当作宏观物质进行研究，并描绘了它们的某些周期性质之后，我们又回到化学的亚微观世界。物理学部分的某些章节已阐述了原子结构的基本概念，化学部分要进一步阐明元素的电子排布，这对于学习化学键和分子结构是很关键的，而分子结构决定物质的性质这一论断又是化学最重要的原理之一。

物理学论述了把原子核和原子结合起来的力，化学部分的某些章节中我们还可以看到这些力又如何使化合物——分子、离子和它们的宏观集合体——分子化合物和离子化合物结合在一起的。

考虑到地学研究的需要，化学部分中还特别研究了几种类型

的物质和它们的重要性质。地球的物质包含无机物和有机物，忽略了这两大类物质就谈不上学习完整的自然科学。接着，我们还用一些篇章研究金属和非金属两类物质，并探讨如何从地球的化合物中提取有用元素。与此同时，也用一些段落讲述一部分元素是怎样置身于大自然的规模宏伟的地球化学循环之中；而另一些元素又如何变成各种污染物给人类造成灾难。最后，还探讨了复合物和有机物质，它们都是既存在于我们充满生命的细胞中，也存在于化学合成物世界中。至此，我们可以看到化学部分主要是讲述人们所熟悉的物质，重点讨论它们的结构、性质和促其变化的力等方面。同时，我们还可以看到物质世界纵然千变万化、光怪陆离，但物理学和化学却揭示了它们又是何等的和谐有序。

本书的地学部分涉及一个极为广阔的领域。我们试图用彼此联系的概念来说明地球各个自然过程同产生它们的各种环境之间的统一性。至于地学部分中的化学一节则着重叙述了自然物质的结构和自然物质组成的过程。在讲解固体地球以及它的成份和演变的同时，我们也同样重视地球可流动的外壳——海洋和大气，对它们进行了研究。

最后章节介绍天文学，先谈谈距离我们最近又为我们所熟悉的领域——太阳系。然后再把视野扩展到银河空间及其外限，最后以对几种主要宇宙模式的评论而结束全书。

做为自然科学的教师和研究人员，经验告诉我们，好的教科书能使学生产生与好的教师同样的效果。我们诚挚地希望，我们所做的努力能使自然科学教学工作更容易些。

K. R. 阿特金斯 (Atkins)

J. R. 霍勒姆 (Holum)

A. N. 斯特拉 (Strahler)

目 录

序言	vii
第一章 运动的粒子	1
1.1 物理学的性质	1
1.2 宇宙——粒子的集合体	5
1.3 单位	8
1.4 10 的幂	11
1.5 国际单位制 (SI)	12
1.6 速率	14
1.7 加速度	15
1.8 重力加速度	16
1.9 水平抛射物	17
1.10 矢量	19
1.11 矢量的表示法	21
1.12 矢量的合成	21
1.13 圆周运动	23
第二章 运动定律	29
2.1 相互作用和运动	29
2.2 决定论	30
2.3 力	32
2.4 牛顿第二运动定律	34
2.5 力的单位	35
2.6 万有引力	36
2.7 牛顿第三运动定律	37
2.8 牛顿的万有引力定律	38
2.9 地球的引力	40
2.10 重量和质量	41

2.11	重力加速度	42
2.12	一本自由下落的书	43
2.13	静置在桌子上的书	43
2.14	原子间力	45
2.15	牛顿第二定律和第三定律的不同作用	46
2.16	有关轨道中卫星的数学	47
2.17	有关卫星运动的定性讨论	49
2.18	失重	50
第三章	动量、角动量和能量	55
3.1	动量	55
3.2	反冲	56
3.3	动量的守恒定律	58
3.4	角动量	60
3.5	力矩	61
3.6	角动量守恒	63
3.7	能量	65
3.8	动能	65
3.9	引力势能	66
3.10	能量守恒	67
3.11	火箭的动量守恒	69
3.12	火箭的能量守恒(数学分析)	70
3.13	火箭的能量守恒(文字讲解)	74
3.14	火箭的逃逸速度	74
3.15	火箭燃烧期的能量守恒	75
3.16	功	76
3.17	功率	78
3.18	举重	78
3.19	重物的降落	80
第四章	原子和热	87
4.1	原子	87
4.2	观察原子	88
4.3	理想单原子气体	90

4.4	理想单原子气体的内能	92
4.5	温度	93
4.6	压强	95
4.7	理想单原子气体的压强	97
4.8	理想气体方程式	98
4.9	玻意耳定律,查理定律和阿伏伽德罗定律	100
4.10	热的实质	102
4.11	热力学第一定律	103
4.12	绝热过程	104
4.13	有关热发动机的简单注释	106
4.14	有序和无序	107
4.15	熵和热力学第二定律	109
4.16	热力学第三定律	110
4.17	混乱造成死亡?	110
第五章	电学	117
5.1	电荷	117
5.2	电荷守恒	119
5.3	两个静电荷之间的力	120
5.4	电力和万有引力的相对强度	121
5.5	电势能	122
5.6	场的概念	122
5.7	电场	125
5.8	电场线	126
5.9	一点上的电势	128
5.10	电势差或电压	128
5.11	电流和电池组	129
5.12	安培	131
5.13	欧姆定律	132
5.14	电功率	134
5.15	电热	135
5.16	交流电	136
第六章	磁学	143

6.1	运动电荷之间的力	143
6.2	磁场	145
6.3	单个电荷的磁场	146
6.4	长而直的电流的磁场	147
6.5	环形电流的磁场	150
6.6	磁力	150
6.7	磁棒	152
6.8	磁罗盘	155
6.9	磁棒间的力	157
6.10	电磁感应	159
6.11	电磁感应和相对性	161
6.12	麦克斯韦方程	163
6.13	时滞	164
第七章	波	171
7.1	简谐运动	171
7.2	横波	173
7.3	波的速度	175
7.4	纵波	176
7.5	声	177
7.6	电磁波	178
7.7	常数 c	180
7.8	电磁波的种类	181
7.9	光压	184
7.10	电磁波的能量和动量	185
7.11	光的波动性	186
7.12	杨氏干涉实验	188
7.13	水面波纹的干涉	190
7.14	干涉条纹的理论	192
7.15	菲涅耳的衍射实验	192
7.16	衍射条纹理论	194
7.17	衍射什么时候显得重要	196
第八章	相对论	202

8.1	提出问题	202
8.2	寻求答案	204
8.3	爱因斯坦的答案	205
8.4	爱因斯坦果敢的回答	207
8.5	运动的钟走得慢	209
8.6	过去、现在和将来	212
8.7	运动物体的收缩	213
8.8	质量、动量和力	214
8.9	最大允许速率	215
8.10	质量和能量	217
8.11	加速运动的观测者	219
8.12	马赫原理	220
8.13	牛顿第二运动定律的新定义	221
8.14	广义相对论的基本原理	224
8.15	落入引力场中的光	225
8.16	弯曲的空间	226
8.17	在弯曲空间中的观察	228
8.18	万有引力红移	228
第九章	量子论	234
9.1	20 世纪的革命	234
9.2	黑体辐射	235
9.3	普朗克的能量子	238
9.4	光电效应	240
9.5	康普顿效应	241
9.6	物质的波动性	243
9.7	波动性和粒子性	246
9.8	波与粒子的协调	247
9.9	概率论的作用	249
9.10	哲学推断	250
9.11	海森堡测不准原理	252
9.12	原子光谱	254
9.13	原子的性质	255

• ▼ •

9.14	量子数	257
9.15	自旋	259
9.16	泡利不相容原理	261
第十章	原子核和基本粒子	267
10.1	原子核	267
10.2	核力	269
10.3	质量亏损	269
10.4	稳定的原子核和不稳定的原子核	270
10.5	核反应	272
10.6	裂变	274
10.7	聚变	277
10.8	放射性	278
10.9	β 衰变	279
10.10	中微子	281
10.11	阳电子(正电子)	283
10.12	反粒子	285
10.13	反物质	288
10.14	种类繁多的粒子	289
10.15	力和基本过程	291
各章奇数习题的答案		298
术语汇编		301
译后记		317

第一章 运动的粒子

1.1 物理学的性质

物理学试图尽可能从根本上透彻地描述我们周围世界的性质和状态。这听起来未免使人觉得作者是为了开宗明义而使用的那种抽象和不可捉摸的哲学语言。还是接受这个意见,就请你抬起眼睛,丢开书本,看看周围的一切吧。当我这样做时,首先映入眼帘的是大量不同的色和形。墙纸的色调浅淡柔和,红色的地毯鲜艳舒展。窗外,枝桠交错的绿树与湛蓝广袤的天空相映成趣。墙上悬挂着毕加索“少年和马”画卷的复制品。书架上引人注目的是硕大的单卷本《莎士比亚全集》。唱机里传来舒伯特“F 大调八重奏”的乐声。亲爱的读者,无论你周围的环境怎样,你总不会离开现实从远处寻找同样复杂奇妙的境界吧!这是因为你用以思考事物的头脑本身就是一个最复杂奇妙的结构。

显而易见,要想完整地描述我们周围的一切就必须涉及树木、人类的头脑、毕加索的艺术、莎士比亚的戏剧和舒伯特的音乐。然而,更加显而易见的却是所有这些具体事物并非都是物理学首先要研究的问题。可是如果我从挂钩上摘下毕加索的画卷,并松开手,画卷就会落在地上。如果我对《莎士比亚全集》和舒伯特的唱片也采用同样的做法,也会发生同样的情况。另外,如果将这三种东西举到同样的高度,并同时松手,那么它们将同时撞击地面。这点便是物理学要研究的问题。

与毕加索的画卷的美学感染力有关的任何因素显然和画卷落地的速度毫不相干。因而我们得出一个非常一般而又本质的论断：“所有无支撑的物体都是以同样的速率朝地心降落。”当然，我们以后还要更精确地阐明“以同样的速率”的含义。我们也还需要规定这些物体是在真空中降落，以消除空气的影响，因为在特殊的情况下，空气能使气球上升。

现在我们来循着 17 世纪物理学家伊萨克·牛顿爵士的足迹，将上述论点修改为：“任何两个物体是以万有引力互相吸引，这种引力的大小与它们的质量的乘积成正比，而与它们距离的平方成反比。”由此，我们得到了物理学最基本和最重要的定律，即牛顿万有引力定律。本书将在第二章里更详尽地讲解。

斑驳的色彩是我们直接感受到的最基本的现象之一。可以用一个称为分光镜的仪器把它分解，分光镜实际上是一块玻璃棱镜。如果有一束白光（比如太阳光）通过窗口射到玻璃棱镜上，它就展开成一条彩虹般的彩色频谱，如图 1-1 所示。所有光线都被棱镜偏折，但如图所示，红光偏离原方向而折射的程度最小，紫光最大，

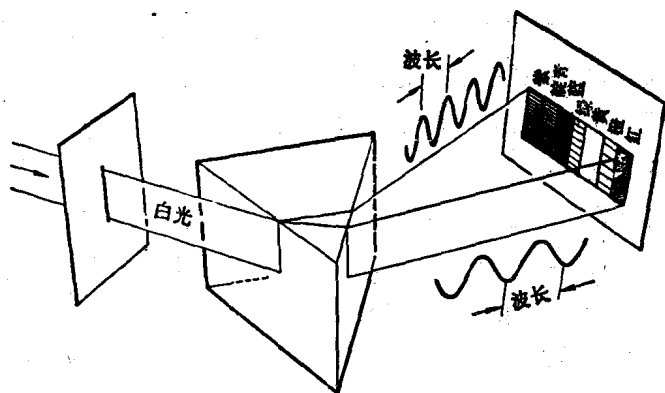
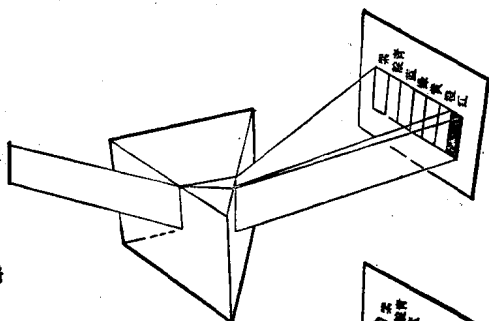


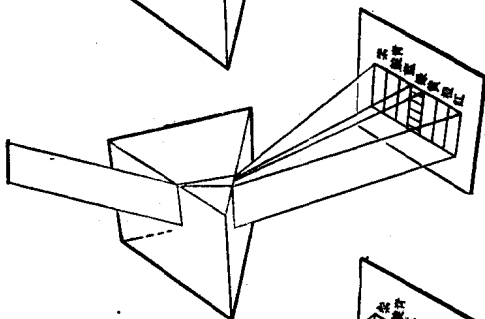
图 1-1 玻璃棱镜将白光变成基本色光谱。不同的颜色分别与不同的波长相对应。



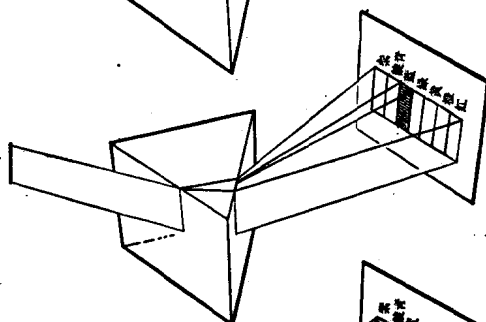
(a) 红地毯的光谱



(b) 绿树的光谱



(c) 蓝天的光谱



(d) 彩色物体的光谱

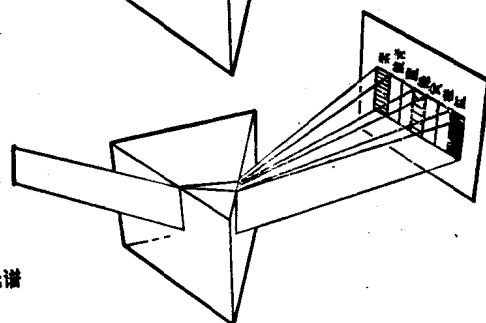


图 1-2 玻璃棱镜将光分解为组成它的基本色的例子。

其他各色光线居中。光谱上的颜色是所有可见光的基本组成部分。

如果调整分光镜,使它仅仅接受红地毯射出的光线,那么光谱上就只有红光区被照亮;如果光线是来自绿树,则它只照亮光谱上的绿光区;如果光线是来自蔚蓝的天空,就只照亮蓝光区(见图 1-2)。然而,如果使分光镜接受彩色墙纸的光,那么如图 1-2(d)所示,光谱上将会有几个区域被照亮。应用这种方法,任何可见光都可以分解为按适当比例调和的白光光谱上几种或全部基本颜色。

在此,我们又在进行与物理学有关的分析了,但是物理学却不会满足于停留在这个阶段上。它将更深入到事物的内部,并且提出了“光的性质是什么?各种基本色的不同之处是什么?”这个特殊问题使人们的推测延续了几个世纪,终于在 19 世纪初达到了高潮。那时人们进行了一系列有独创性的实验活动,这些实验活动提供了答案:“光是一种波,一种与海洋表面的波浪相似的波。”而决定色的量是波长,或叫做相邻两波峰间的距离。红光的波长为紫光波长的两倍(见图 1-1)。

关于光的性质可说的太多了,决不仅仅限于这一点。海洋的波浪有赖于海洋的存在,而光波却能在真空中传播,就如它在太阳和地球之间的传播一样。19 世纪后期对此的解释是:“光是一种电磁场中的波。”而今日的分析已变得如此深刻,竟难以用人们所熟悉的词汇加以表达。不能期望初学的读者能理解其含义,哪怕是粗略的含义也不可能。

关于对光的解释实在是过于复杂,只能留待以后再说。即便加以阐述,也不过是 19 世纪的见解。今天,物理学家更确切地说:“光是由粒子(或量子,或光子)所组成的,而这些粒子的性质是由电磁场中的波所决定的。”对于这一切,以后我们还要进行解

释。

现在我们已了解到物理学是如何不断地、越来越深刻地剖析事物本质的奥秘，让我们也再次强调一下事物的另一方面。涉及光的种种论述中正确的部分，也同样适用于从红地毯或从毕加索的画卷中射出的光线。这些论述是试图找出对所有直观感受来说都具有的共同规律。

1.2 宇宙——粒子的集合体

现在让我们安下心来认认真真地进行讨论，从伽利略、牛顿和

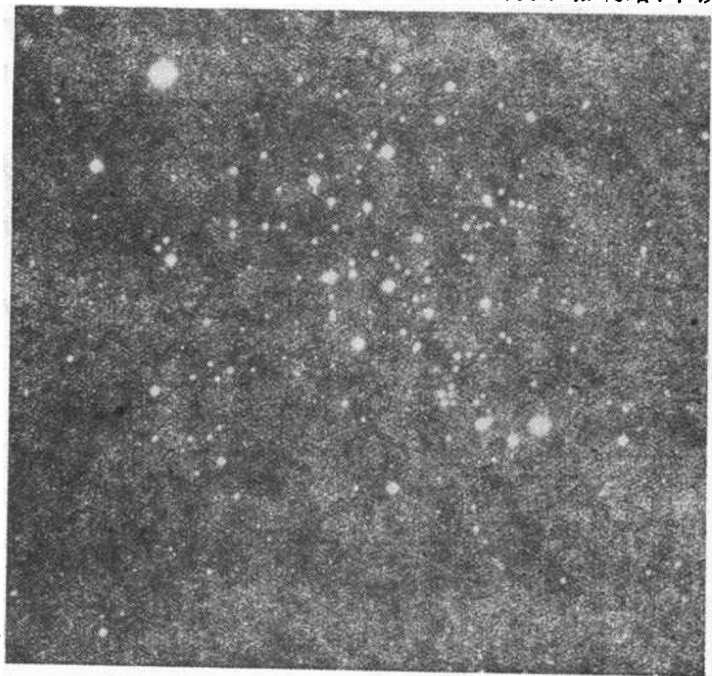


图 1-3 夜空的一部分。“被广阔空间分隔的孤立的物体。”