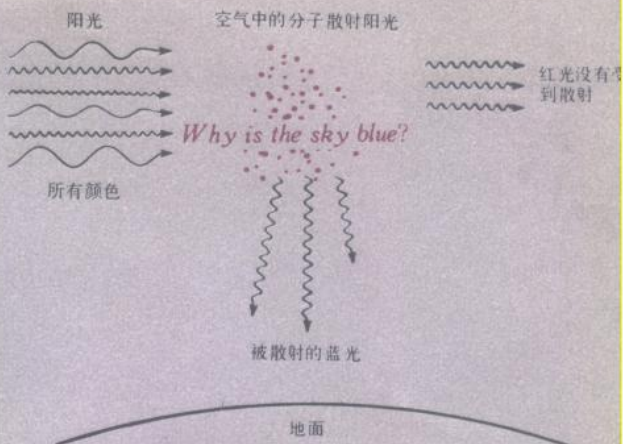




文科学生自学理科读物

无数学的物理

知识出版社

3841

出版说明

随着人类知识的发展,各学科间进一步相互渗透、相互联系,出现了越来越多的边缘学科。如果你要想更深入地探索 and 发现各个学科内的奥秘,除了需要具备本学科扎实的专业理论外,还必须具有其他方面的广博的知识。大学是培养各种科学人才的重要基地。为了扩大学生的知识领域,改善目前大学文理科相互联系不够紧密、学生知识不够广博的缺陷,使他们毕业后能更好地适应国家经济建设和在工作岗位上继续深造的需要,本社将编译出版一套既有系统理论又具体生动、易学易懂的理科读物,供大学文科学生或具有高中以上文化水平的读者自学理科知识之用。本书就是其中的一种。

本书是美国加利福尼亚大学伯克利分校出版,专供文科学生学习的物理教程。考虑到文科学生的数学基础一般较弱,本书的体例以叙述为主,避免复杂的公式和数学计算,所以定名为无数学的物理。

本书取材新颖,涉及面广,尤其着重对日常现象作出物理的解释,读来饶有兴味。每章之后,都附有名词术语解释和思考题目。术语解释可以帮助学生复习一章的内容,思考题目虽无计算之苦,却同样要求学生根据学得的知识,进行认真的推理,方能得以解决。

学习一种科学,必先掌握逻辑的思维方法,以便对所观察到和准备研究的事物进行合理的分析。本书第一部分通过实例,对科学和科学理论的发展,作了生动的叙述和说明,对读者通读全书很有帮助。

序 言

正象一个不识乐谱的人也能欣赏贝多芬四重奏的魅力一样，人们不必解方程，也可以了解对自然界进行科学解释的广阔的天地，巨大的力量和无穷的奥妙。

多年来，加利福尼亚大学伯克利分校已提供了物理学教程“描述性物理学入门”。这是一个一学期的教程，目的是使文科学生对现代物理有一个了解。它可以作为各个领域(例如企业管理、体育教育或园林建筑等)学生的选修课，而这种学生几乎很少被要求选读物理课程。他们从各种课程中选修此教程，是为了使自己在接受文科教育的同时具有较宽广的知识面。大多数的美国学院与大学都有类似的要求。

在伯克利分校中选修此教程的千万学生当中，很可能有人会成为美国国会议员。有些人可能被选为法官或被任命为其他政府官员。更有许多人将成为企业经理和各级政府官员。他们都将去做许多决策，而某些决策需要作出科学的判断。本教程则很可能是他们与科学思想的最后正规接触，对他们来说这也许是唯一的一次机会。

编写此教程面临两方面的问题。一方面，教程必须对这些学生有吸引力，使他们愿意选修；另一方面，它又必须为他们提供有用而耐久的物理知识；它还必须向他们传授某些现代自然科学的观念，使这些观念在他们的一生中发挥作用。

在美国学校中，许多学生对科学抱着固有的偏见。他们认为科学与数学是分不开的。他们最后接触到的数学课程很可能是高中的代数课。由于他们对数学缺乏兴趣，代数课的内容早已淡忘

了。正是对于这样的学生,本课程和教材是会有很大帮助的。

许多科学知识的传授并不需要全面的数学描述。我们只要用语言描述和定性推理的方法就可以告诉学生,科学家是怎样工作的,他们能做什么,不能做什么。

但这不是一本普通的教程,它要求学生进行深入的思考。书中的推理过程常常导出意想不到的、有意义的结论。在必要的地方,我们也采用了逻辑推理的方法、图示的方法或者数字计算的方法。这些内容通常是用仿宋字排印,使其能与教程的主要部分有所区别。对于那些只求了解物理学基本概念的学生或教师,这些部分可以略去。每章末尾的问题,一般只要经过认真思考后就可作出简单的回答。本教材中贯串了几条线索,我们将探讨新的科学观念获得公认的过程;我们认识到,当我们开始接触全然超越日常经验的事物时,我们的常识就会靠不住;我们发现即使伟大的、天才的科学家有时也可能犯错误。

我希望学生们记住一条经验,这就是科学定律有时也会限制我们能力的发挥。在学习相对论时,我们证明了运动的速度存在一个极限。热力学定律告诉我们,人体和社会所需要的能量并不能从虚无中产生。即使存在能量,也不可能以绝对的效率取用。甚至量子力学的测不准原理也限制了对周围世界的认识。

只要能使学生记住以上几点,这就是本教程的很大成功了。

要在一学期中介绍现代物理的所有方面,有些部分的内容就必须简化或省略。书中对牛顿的力学原理在物理学发展中的作用作了明白交代,虽然对原理本身只作了简略介绍。象加速度和动量等传统物理教程中的核心内容,我们只简单提了一下。有些实际应用的内容,象几何光学或电子电路等则已完全略去。编写此教程采用的基本方法是:避免让学生忙于应付习题解答和套用公式而不能纵观科学的全貌。

本教程的程度比传统的高中物理教程要难,而比大学教程来得容易。由于略去了详细的数学计算,使得那些数学基础较差的学生容易接受,但是对于学生在智力方面的要求并不比研究莎士比亚

亚戏剧来得低。所以学习本教程也并不是是一件轻而易举的事。

假如平均每周讲授一章的话,本教程可在一学期中完成。但在伯克利是以 10 周为一学期的,就不能在一学期中完成全部课程。我们认为介绍化学能的第 8 章可以略去,并不影响整个教学效果。由于最后四章的内容与其他各章没有密切的关系,因此它们都可以单独进行讲授。如果情况需要,第 6 章“波动和声音”也可以略去,但在我自己的教学中还从未这样做过。

由于我们的说明是非数学性的,因此遇到的数字都避免精确的表示。例如,当我们必须表示一个极大或极小的数时,我们偶尔就全用 0 来表示,但这样做的时候也不多,因为这些数无论怎样表示,对于我们的学生来说同样是无意义的。

在通俗科学、科学传记及科学史方面,以及有关科学和社会各方面,有不少很好的书。我通常要求学生在一学期中阅读两本这样的书,并且做读书报告。这样做,大大丰富了学生的知识和经验,并且使学生能对本教程中特别有兴趣的部分进行更深入的学习。伯克利分校采用的参考书目附于书末。

吉尔伯特·夏皮罗

目 录

序 言

第 1 部分 科学理论的产生

第 1 章 解释的性质	1
引言	1
解释的种类	3
阿基米德和阿基米德定律	7
阿基米德定律的进一步解释	8
气体动力学	9
科学理论怎样才能被人们接受	11
词汇表	14
问题	15
第 2 章 行星的运动——一个科学理论的例子	17
引言	17
星球的运动	18
托勒密系统	21
哥白尼	24
伽利略：惯性和相对论	26
第谷和开普勒	27
椭圆	29
行星运动定律	29
卫星和彗星	31

牛顿	33
水平运动和竖直运动的相互独立性	34
力学原理	38
引力的其他结果	39
词汇表	41
问题	45
 第3章 光的速度	 46
引言	46
电荷	49
磁力	51
电磁理论	58
电荷和电流	56
相对论	62
哪个先发生? 一场不可调和的争论	65
时间和空间	68
相对论是一种科学的理论	70
相对论的一些其他结果	71
词汇表	74
问题	77

第2部分 能的概念

第4章 能——一个物理基本定律	79
引言	79
守恒定律	80
“水守恒定律”: 一个不十分成功的定律	80
能量的定义	84
重量和质量	87
动能	88

定标: 计算转换系数	92
重力势能	93
弹性势能	97
机械能	99
词汇表	99
问题	102
 第 5 章 能量概念的应用	 104
引言	104
弹簧上的重物	105
能量的损耗	106
撑杆跳运动	107
功率	109
骑车和跑步	110
力	111
用能量定义的其他物理量	112
大气的压强	113
电池中的能量	116
词汇表	119
问题	120
 第 6 章 波动和声音	 122
引言	122
波的定义	124
波的种类	125
频率、周期和波长	127
乐器的原理	129
波是沿直线传播的吗?	133
波的干涉	135
正激波和声爆	138

物理学中的波	140
词汇表	141
问题	142

第7章 热能	144
引言	144
温度	145
热能	147
温度混合问题	149
比热	151
潜热	152
热是一种能量形式	152
实验:测量1卡热能是多少焦耳	153
热能和分子动力学	156
词汇表	158
问题	159

1

第8章 化学能——原子和光合作用	161
引言	161
燃烧热	162
原子和分子	164
能量的贮存	168
火的产生	170
人体内的能量	171
光合作用	172
我们的能量来源	174
词汇表	178
问题	180

第9章 热机——热力学第二定律	182
-----------------------	-----

引言	182
热机	183
热机的特性	185
热机的低效率所产生的后果	187
卡诺热机	189
冰箱	193
热力学第二定律	194
克劳修斯命题和开耳芬命题是等价的	196
第二定律的分子观点	199
词汇表	202
问题	203

第 3 部分 电 磁 频 谱

第 10 章 电磁波	205
引言	205
电动势的测量	206
电磁波的产生	209
波的产生	209
频率和波长	211
无线电波和雷达	212
AM 和 FM 无线电广播	213
电磁波的检测	215
红外线	216
辐射热测量仪	217
红外线源	217
人体的红外辐射	218
词汇表	219
问题	221

第 11 章 可见光和紫外线——波和粒子	223
引言	223
颜色	224
为什么天空是蓝的	226
可见光的波长	229
光是一种电磁波	229
紫外线	232
量子理论	234
波和粒子	236
哲学问题	237
20 世纪物理学——量子力学	239
词汇表	240
问题	242
第 12 章 X 射线、 γ 射线及 $E = mc^2$	244
引言	244
X 射线	245
X 射线的发现	247
小物体的检测	251
一个量子能量的大小	252
高能加速器	254
γ 射线	257
正负电子偶的产生	258
质量和能量	260
词汇表	262
问题	263

第 4 部分 边缘科学

第 13 章 原子能	265
------------	-----

引言	265
原子核	267
中子和同位素	269
放射性和半衰期	271
结合能曲线	276
裂变	279
连锁反应和原子能反应堆	281
中微子	284
反粒子	286
亚核粒子	287
词汇表	290
问题	292
 第 14 章 太阳系外	 294
引言	294
太阳的年龄	295
恒星的诞生	296
恒星的死亡	298
广义相对论	304
星系	307
宇宙的膨胀	309
类星体	312
结论	313
词汇表	313
问题	315
附录(专名表)	317

第 1 部分 科学理论的产生

第 1 章 解释的性质

引 言

我们经常不免对种种现象作出解释，因为这是我们大脑的思维活动。我们看到、听到和感觉到的事物是非常复杂的、千变万化的。为了能更容易地分析我们的经验，我们通过思考来把它们分类。

很多情况下，我们只需给某个事物起个名称。一个农夫在听到天上巨大的声音时会说：“这是雷声。”一个医生在检查一个虚弱的病人时会得出结论说：“他得了流感。”虽然事物名称本身并不能告诉我们有关该事物的详细内容，但是我们知道某事物的名称，就说明我们以前曾经有过同样的经验，并且能够识别它。这同时说明，别人也曾经看到、听到或感觉到这类事情。

我们可以凭自己的经验告诉人们下一步可能会发生什么事情。农夫说：“天很快将要下雨。”医生认为：“这个病人的健康不久会好转。”我们已经能够分析和归纳我们的感性认识，所以我们能认识事物的共性。我们都已学会利用这些信息来处理日常生活中发现的问题。

然而，人们并不仅仅满足于认识事物，人们试图把各种知识相互联系起来以了解事物发生的原因。我们常会问自己，某一种经验与其他经验之间有何关系。

农夫可能会说：“上帝发怒了，向我们发出雷电。然后，上帝又感到难过而施雨于我们。”在另一种情况下，同一个上帝也可能施予我们阳光、风或雪。

医生得出的结论可能是：“一种病毒已经感染了你的身体。”别的病毒会引起别的疾病。

使农夫满意的解释对医生来说是毫无意义的。这很大程度上取决于我们已有的知识，或者取决于我们已学到的思考方式。一旦我们已习惯于某种思考方式，就很难改变。这一点无论对于博学的科学家或者迷信的农夫来说都是一样的。

我们有充足的理由不放弃已有的、老的思想方法。假如我们有一天把以前克服了许多困难才学到的东西都忘记掉，我们的思想马上就会变得十分混乱。仅仅因为有人提出了新思想，我们就马上抛弃所有的旧思想而去接受新思想，这也是毫无道理的。所以很自然的，人们改变思想是一个缓慢的过程。

然而，人类进步的历史，就是一个不断要求人们接受新思想、新观念的过程。对于科学来说尤其是这样，科学就是对自然界发生的事物不断进行观察、解释和利用的产物。新的观念总是来自科学。其中很多被人们置于一旁，但一旦某个理论显示了充分的说服力时，科学家们就会接受它。但这种情况并不是经常发生的。一种新的理论被科学家接受时，科学的思想方法往往会产生戏剧性的改变。

不能认为凡是你的老师或者某些著名学者的见解就是正确的。也不能认为凡是写在这本书中的东西就是正确的。我们现在的某些科学知识将来有可能被证明是完全错误的。真正的科学是建立在能以简单而有效的方法解释自然现象的基础上的。

在这一章里，我们将探讨对自然现象进行科学解释的涵义。我们试图说明，为了让人们接受一个新的科学观念，它必须具有什么特点。通过本章和以后各章给出的例子，我们希望能说明什么是科学，科学是怎样发展的，从科学中我们又可以获得什么。

一个简单的实验 我们先来做一个简单的实验。很多人以前已经见到过类似的现象。假如你从未见到过这种现象，那你可能会有些惊讶。

对发生的事情要尽可能作客观的描述，也就是说，不要加上你

自己的解释。我们所要的就是事实本身。

你可能不会意识到在你的大脑中已有许多固有的观念。例如，你可能想要谈论所谓“空气”这样的事物。而在你头脑中“空气”的概念并不是客观的，空气并不是我们所看到、听到或者感觉得到的东西。当我们还是孩童时，为了解释其他能够直接感知的事物，人们教给了我们“空气”这个概念。尽管“空气”这个概念人人皆知，但在此阶段我们必须十分注意，不能以我们的直接经验来解释它。

示范实验：热空气球

准备一只很轻的塑料袋，它有一个很大的开口，可以在它的开口处固定一个环。这个开口放在一个热的物体——如一块热金属板或者一盏煤气灯——上面。

这只塑料袋就会竖立起来，并且不断膨胀。然后，教师释放它。这只袋就升到天花板上去了。它在那里停留了一会儿，就又慢慢地落到地板上。

发生了什么现象？为什么会发生这些现象？

解释的种类

可以用许多不同的方法去解释自然现象。我们采用哪一种解释方法，取决于我们已经了解了什么和我们要得到什么。一个人认为是好的解释可能完全不能使另一个人感到满意。用下面的例子，我们就能够说明，在不同的历史时期，人们采用了不同的解释方法。甚至于在今天，各种人也可采用各种不同的解释方法，同一



图 1-1

个人在不同的年龄时期也会采用不同的解释方法。我们还能说明，为什么科学家比其他人更能接受某些解释。

现在的问题是：“为什么这只塑料袋会升到天花板上？”

泛灵论者的回答 泛灵论者认为自然界的事物（象石头、树木、风等）都是有生命有灵魂的。

“因为它要离开火。”这样的回答只能使小孩子和原始部落的人感到满意。对他们来说，一切事物是有生命的，并且有它们自己的意志。塑料袋能够上升与小孩能走到门口去一样是不足为奇的。

泛灵论者的世界是一个混乱的、模糊不清的世界。在他们看来，自然界一切事物都是按照一时的怪念头来运转的。就象你不能告诉人们一个小孩——他是一个有活动能力的生物——五分钟后将做什么一样，你也不能预言这只塑料袋将做什么。

但生存在这个世界上，你必须能够知道将会发生什么事情，可能的话，还要在一定程度上加以控制。很快小孩和原始部落人达到了以下的解释水平。

巫术的解释 巫术就是用法术、咒语和宗教仪式来影响和控制事物的一种妖术。

对于空气袋上升这一现象，巫术的解释是：“表演者是一个巫师，他知道一个秘密的诀窍。”人们认为教师知道某些巫术、特殊的程式和花招，这些能使观众大吃一惊。一个多世纪以前，科学家们常常为了赚钱而用乱飞的电火花和四溅的化学泡沫来表演魔术。即使在目前，把科学家当作能玩弄各种妖术的魔术师的看法可能还是普遍存在的。

原始人必然会遇到他无能为力的情况。起初他认为只要能掌握正确的秘诀，任何事情对他来说都是可能的。但是经验渐渐使他懂得，有些事情是无法控制的。这使他进一步信仰更高级的生物，他们能做人类做不到的事情。

超自然论的解释 超自然论是指一种假想的超自然的力量。

超自然论对此实验的解释为：“这是一个奇迹。”也就是说，他们认为存在着一种能左右世界万物的神奇力量，它能在世界上引

起奇迹般的变化。就象中世纪某些专横跋扈的国王一样，这种力量能够随意破坏它自己原先订下的自然法则。另一种与此同类但似乎更令人信服的解释则为有神论。

有神论者的解释 有神论认为上帝是世界万物的创造者和统治者。

他们解释说：“这是上帝的旨意。”无论是否有奇迹发生，一切事物都服从万能上帝的意志。假如存在自然法则的话，那它就是由上帝创造的。假如有什么事物违反了这些自然法则的话，这也是上帝安排的。归根结蒂，一切事物都是直接或间接地按上帝的意志来运动的。

许多真诚的人们，甚至包括有些科学家，都抱有同样的或类似的信念。在这本书中，我们不准对此进行批评和讨论。

然而在科学家看来，这种用自己来说明自己的方法，虽说似乎是解释了一切，实际上是什么也没有解释清楚。假如一切事物都是天意，是超出人们的认识能力的，那么我们就什么也不能认识了。另一方面，假如真的存在神，他创造了自然界，创造了自然法则，并且整个世界都服从这些法则，那么探索并描绘出这些自然法则正是科学家们的目的。这些自然法则是存在的，并且在本质上是简单的，这是一个不言而喻的科学原则。

目的论的解释 目的论认为世界的一切都为某种目的所决定。

目的论者的回答是：“热空气总是要上升的。”这几乎就是亚里士多德的原话。这是第一种对我们的实验本身所进行的解释。的确，只有当我们加热塑料袋后，它才会开始上升。当它离开了热源，冷却以后，它又会落下来。通过各种实验，我们可以证明，热确实是塑料袋上升的原因。

现在，我们要来说明一种奇妙的物质——空气，我们看不见它，也不大能听到它、闻到它或感觉到它的存在。正是塑料袋中的空气吸收了热量以后，温度升高，就带着塑料袋升到天花板上去了。为什么我们认为存在这样一种看不见的物质呢？这并不是因