

• 智慧知识书系 •

W u L i X u e Y u Z i R a n

物理学与自然

D e Y i S h u

的艺术



马文东
著

国家行政学院出版社

• 智慧知识书系 •

Wu Li Xue Yu Zi Ran

物理学与自然

De Yi Shu

的艺术



马文东
著

国家行政学院出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

物理学与自然的艺术/马文东著. —北京: 国家行政学院出版社, 2013. 6

ISBN 978 - 7 - 5150 - 0842 - 4

I. ①物… II. ①马… III. ①物理学—普及读物
IV. ①04 - 49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 147365 号

书 名 物理学与自然的艺术

作 者 马文东

责任编辑 刘正刚

出版发行 国家行政学院出版社

(北京市海淀区长春桥路 6 号 100089)

(010) 68920640 68929037

<http://cbs.nsa.gov.cn>

编 辑 部 (010) 68928800

经 销 新华书店

印 刷 北京天正元印务有限公司

版 次 2013 年 7 月北京第 1 版

印 次 2013 年 7 月北京第 1 次印刷

开 本 690 毫米×975 毫米 16 开

印 张 15.5

字 数 214 千字

书 号 ISBN 978 - 7 - 5150 - 0842 - 4

定 价 30.80 元

本书如有印装质量问题, 可随时调换。联系电话: (010) 68929022



自序

乾坤定数草木变，
古今圣贤一管见；
有无相伴常相随，
海角天涯物是非；
天地浮沉谁做主，
简单法则奥卡姆；
纵创妙计千万方，
难解数理无穷尽；
感谢匠人时空小，
面对后辈憾事生。



• • • • • 目 录

绪 论	1
第 1 章 有无相存	10
第 2 章 认识的可能性	21
第 3 章 相似性	46
第 4 章 定量的方法	66
第 5 章 测量问题	78
第 6 章 不变量和不确定性	103
第 7 章 时空感觉	129
第 8 章 物理技术	161
第 9 章 对应和变化	186



第 10 章 对物理学的反思	202
附录 1:部分共同体及著名人物的信念	221
附录 2:物理学重要实验年序	224
附录 3:电子的前世今生	227



绪 论

问题一：物理学是如何表达这个世界的？

自然世界的发展，就像是一个家族的族谱越来越复杂。如果把自然世界比作地球，物理学就可以比作是地图上的经纬线，是确定时空位置的一种方式。然而，地球上本来并不存在什么经纬线。

物理学对自然的表达方式，是由仪器、观察者和物理语言共同实现的。是诸多对自然表达方式中的一种。如，宗教就有自己独特的对自然的表达方式（自然万物都来自上帝的意图）。说物理学只是对自然表达中的一种，另一个原因是其自身对同一个物理现象的表达也有不同的形式。例如，在对天体运动的表达方式中，托勒密通过用本轮和均轮的方法曾不无自豪地说：“天体运动是不规则的，可我们却用正常的圆周运动解释了！”。而哥白尼对此却不以为然：“如果允许别人通过任意组合轮子来解释行星的运动，为什么不能允许我把太阳作为宇宙的中心呢？”。

需要注意的是，物理学通过仪器的过滤和筛选所反映的世界并不是全面的。由于仪器的局限性，它所反映的只能是真实世界的一小部分（日心说和地心说，单从仪器的观察来看并没有什么本质的不同），还有大量的信息隐藏在环境之中。然而，随着主观认识和客观本体之间的信息反馈，现如今人们几乎忘记这种主观和客观之间原本就有的差异了。有一个事例



也许能让我们体会到这一点：两个中学生参加一个油画展，当看到众多伟人中的毛泽东画像时，竟然惊呼其真像唐国强！

要把自然（现象或规律）表达出来，物理学要说清楚两个要点：其一，是构成事物诸要素的“基”或叫做“参考点”；其二，是构成事物诸要素的“权”或叫做“强度”及其随时间的变化。如果用 C_{ij} 表示“权”（ $i=0, 1, 2, 3, \dots, n$ ； j 表示时间因子），用 Φ_n 表示“基”，则事件 A 可用下式表达：

$$A = \sum C_{ij} \Phi_n$$

也可以写成

$$A = \begin{matrix} \Phi_1 & \Phi_2 & \Phi_3 & & \Phi_n \\ C_{11} & C_{21} & C_{31} & \cdots & C_{n1} & t_1 \\ C_{12} & C_{22} & C_{32} & \cdots & C_{n2} & t_2 \\ C_{13} & C_{23} & C_{33} & \cdots & C_{n3} & t_3 \\ \cdots & & & & & \\ C_{1n} & C_{2n} & C_{3n} & \cdots & C_{nn} & t_n \end{matrix}$$

对于不随时间变化的要素，公式可简化为 $A = \sum C_i \Phi_n$ 。

三维空间中的距离 $r = xi + yj + kz$ 是我们比较熟悉的一个物理表达方式，当时间不变化时，公式 $A = \sum C_{ij} \Phi_n$ 中的 j 为 0，而 i 等于 3。现在以 2011 年江苏省普通高校录取结果为例，某高校的录取结果用上式可表达为：

东南大学录取 = $A \cdot \text{物理} + B \cdot \text{另一门} + 395 \cdot \text{总分最低分} + 278 \cdot \text{辅助排序分}$

由此可看出，如果各学科所占分数的“权”不同，就会直接影响录取的结果（如下图）。



江苏省2010年普通高校招生本科第一批投档线（理科）

院校代号	院校名称	选测等级	投档最低分	辅助排序分
1101	南京大学	AA	397 (地质393)	281
1102	东南大学	物理A, 另一门B	395	278
1103	南京航空航天大学	物理A, 另一门B	388	282
1104	南京理工大学	物理A, 另一门B	387	271
1105	河海大学	AB	383	275
1106	南京信息工程大学	BB	358	246
1107	南京农业大学	AB	359	261
1108	南京师范大学	AB	355	255
1109	中国药科大学	AB	363	265
1110	南京工业大学	BB	368	264

图 0-1 2011 年江苏省普通高校招生，
选测等级和辅助排序分直接影响录取的结果

又如，物理学对声音的表达。黑管的发音频率可简单表示为：

$$f = C_1 \cdot 100 + C_2 \cdot 300 + C_3 \cdot 500 + C_4 \cdot 600 + \dots$$

其中 C_n 为各种泛音频率的强度。

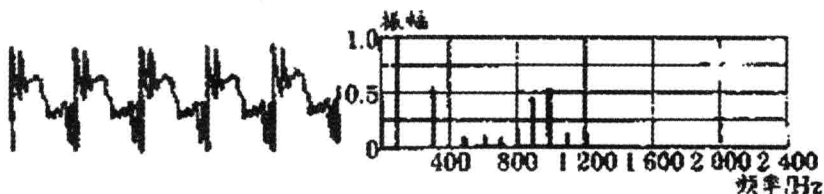


图 0-2 黑管所发出的声音，由不同强度和频率的泛音决定

上图为黑管所发出声音的频率分析图谱。从图谱中可以看出，黑管所发出声音的基音频率是 100Hz。但它是由于不同的泛音及其强度决定的。黑管的泛音由频率分别为 300Hz、500Hz、600Hz … 9 个强度较弱的音组成。正是这些泛音把黑管和其他乐器所发出的音区别开来。

由式 $A = \sum C_i \Phi_i$ 可以看出，物理学对事物的表达方式是“统计意义上



的”，这种统计意义主要表现在两个方面：

第一，在事物发生以前，物理学对事物发展的表达上， n 是不确定的，具有许多可能的值。当事件发生后， n 就是确定的了，具有确定的值。这就像投骰子，在投出之前，一个骰子具有 6 个可能的点数，当投出之后，就只有一个确定的点数了。

第二，构成事物诸要素的“权”或叫做“强度” C_i 是不确定的。虽然 ΣC_i 具有 100% 的性质，但随着相应“基”上的 C_i 的不同，表达出的结果会有很大的差异性。在前文高校录取的事例中，如果东南大学录取物理学等级要求为 B，所录取结果就会大不相同。

物理学所要做的工作，就是去发现具体物理问题的“基”以及测量其相应的“强度”。

问题二：简单的物理现象是否联系着复杂的物理背景？

“夜是黑色的”这个看上去再简单不过的现象，自从 1721 年英国著名天体物理学家哈雷首先提出“为什么？”之后，1744 年，瑞典天文学家斯诺、1823 年，德国天文学家奥尔伯斯先后又提出过相同的问题。这个问题困扰了近一个世纪的天体物理学，原因就是人们无法理解充满恒星的无限空间为什么就照不亮我们的黑夜？

读者通过阅读本书，能对简单物理问题及表达方式进行探讨，并能从多个突破口接近并深入到物理学中，去认识这种方式。在阅读过程中，读者可重点关注以下几个方面的内容：

1. 猜测是物理学表达方式的开始

当科学还沉醉在亚里士多德对自然的定性描述时，乔治奥·科瑞西奥（Giorgio Corasio）就曾劝告人们：“那些不想在黑暗中工作的人必须向亚里士多德求教，他是一位优秀的自然解说者”^[1]。事实上，亚里士多德的学说中充满了猜测。物理学发展到了伽利略时代，这种状况才有所改变。伽利略认为，科学家应当倾听自然本身所发出的声音。并由此开始了真正的实验研究。



物理实验无疑是重要的。

2011年7月，我在医院陪护父亲治病，邻床的一位肺病老人以他所能理解的医学知识向我这样描述他上午所挂的5瓶水：“这5瓶水每一瓶都不一样，水稀的盐水滴得快而水稠的盐水滴得慢”。这位病人所说的话，前半句有一定道理，而后半句就纯属于臆测了。我们对诸多事物的认识又何尝不是如此呢？有一个解决问题的办法，那就是实验。当科学家说气候变暖，冰山融化导致海平面上升时，如果你有所怀疑，只要把一块冰浮在装有浓盐水的杯子中，看冰融化后水面是否上升就可以了。

物理学要表达的思想往往并不像看上去的那样直观。

如果有人告诉你，一辆马车走了5km，一列火车行驶了2km，你会发现要比较它们的快慢是困难的，原因是你只有空间的距离而缺少时间的印象。一些人之所以感觉到物理学不好学，原因是物理学实验所表达的内容并不像看上去的那么直观。一个人在看到猎狗追逐野兔时，发现猎狗比野兔跑得快，这是一件很普通的事。但只有当你把这个现象上升到“相同时间内，猎狗跑的距离大于野兔跑的距离”时，科学的观念才真正诞生。我们以对一个常见物理问题的研究为例，来说明这种对现象的描述和科学活动的差异：

如图，让一个小球从斜面上滚下，去撞击平板上的木块，以下是两种看上去相似的表达方式：

(1) 只停留在对现象的描述：小球从越高的斜面上滚下，木块就被撞击得越远。

(2) 物理学用这个实验真正要表达的用意是：同一个物体，其速度越大，动能就越大。



图 0-3 同一现象，两种不同的描述反映的是表达的深度不同

事实上，能使木块被撞一定距离的方法是很多的。如，用弹簧枪打击小球就可以达到同样的目的，但对现象的描述就不同了：“斜面的不同高度”就变成了“弹簧被拉到不同长度”。而科学活动对结果的描述（2）却是相同的。

把对事物的描述停留在现象上，在古代医学典籍中也是常有的。东汉张仲景在其《伤寒杂病论》中，不仅对伤寒病的特征作了详尽的描述，还提出了诸如“汗、吐、下、温、清、补、和、消”等有效的治疗方法。但由于缺少对病原体的科学认识（科学发展水平也不允许），一直到近代才发展成科学的治疗体系。

2. 物理学的表达方式以拥有证据和逻辑自恰为基石

证据对物理学的发展是重要的，它为人们比较完备地表达自然提供了事实。例如，中学生刚开始学习物理时通常都会认为，人眼可以看到物体是因为人的眼睛发出的光照射到物体上的缘故。其实这并不可笑，在古代希腊神话中也曾有过这样的认识：

“人的眼睛是女神阿芙洛狄忒（Aphrodite）用火点燃的，当火元素从人的眼睛里喷出到达物体时，人们就得以看见物体”^[2]。

但是这个解释不能说明人眼为什么在黑夜里看不到物体。事实上，正是这个原因，人们才认识到月亮本身也是不发光的。

3. 物理学所表达的问题和不断拓展了的时间以及空间相联系

就像我们在数学中所做的自然数的减法题一样， $8-3$ 的结果 5 仍是自然数，我们说这个结果是有意义的。但当出现 $3-8$ 时，我们发现这个结



果-5在自然数中找不到它时，我们就说它是没有意义的一样，物理问题不断和拓展了的时间以及空间相联系。

当你想从南京新街口到中央门长途汽车总站，你就得坐向北行驶的公交车，如果你坐了反方向的车，你就到达不了目的地。但这只是对一般人而言的，如果是葡萄牙人麦哲伦那就另当别论了：1519年9月20日，麦哲伦率领探险船队驶离西班牙，向着相反的方向，历时1080天，航行46280海里，于1522年9月6日，又返回了目的地——西班牙巴拉麦拉港，只是船上记录的时间比当地少了一天。人们对物理学时空的认识发生了一次不同寻常的变化。

对简单物理学问题进行思考，也许一次小的灵感，就能让我们看重自身的潜在价值。同样，一次小的疏忽，也可能把我们的缺点放大，从而失去信心。需要解释的是，书中所涉及的物理学问题并不是系统的。所以，一方面读者不必为不具有专业水平而害怕阅读本书。另一方面，由于物理学是一门注重实验和思考的科学，所以书中除了若干实验外，出现一些公式也是不可避免的，但所及的公式，尽可能地少和简单。如果读者对公式没有兴趣，绕过它并不会影响阅读本书的其他内容。

4. 物理学表达的自然体系是有趣的，同时也是令人费解的

物理学是有趣的，这是许多朋友对物理学喜欢的原因之一，但由于缺少把物理现象和深层次的物理学问题联系起来思考的过程，最终对物理学敬而远之：当我们小的时候，看到无线电收音机就想把它拆开看看，长大后你会发现这种心情就没有了，一个人的兴趣一旦错过就很难再回来。为此，在阅读过程中，你不必对本书的每个细节都太在意，更不必希望自己的物理学水平能有太大的提高。如果你能从阅读本书中获得了物理学持续的兴趣就足够了。

关于物理学知识的作用，有一个说法是这样的：两名小偷把盗来的军用光缆用火烧，企图从中能取出金属铜。这两名给国家造成重大损失的家伙很明显缺少应有的物理学基本知识：光缆不是用金属传递信号的。



物理学同时也是令人费解和着迷的。从发端于二十世纪初的微观粒子的波粒二象性开始，物理学突破了源自于古希腊柏拉图学派所创立的演绎逻辑体系。微观粒子既是波同时又是粒子，这种不统一性，一度困扰量子力学的创始人普朗克，让他承受莫大的心理痛苦。以至于普朗克两次修改量子假设，但从许多文献中我们仍能体察到这位科学家的不安和忧虑。

事实上，在宏观领域，这种特殊的统一性也随处可见：物体所处的静止状态和匀速直线运动状态就是看上去相互矛盾的同一种状态（如果只是测量其受力情况或是比较内部发生的物理现象，你将无法确定其到底是静止状态还是匀速直线运动状态）。如果说量子事实颠覆了传统逻辑推理基石的话，那电子的双缝衍射行为，又把演绎推理引向了绝路（详见本书第6章），它同时也造就了物理学令人费解和着迷的原因之一。

5. 物理学对自然的表达方式，离不开两个睿智的朋友

基础物理学如今得到了长足的发展，但其体内处处留有数学和宗教的血液。物理学发展的两个重要基础——观察和猜想就是从宗教那学来的。

哥白尼（Nicolaus Copernicus, 1473 ~ 1543）在其《天体运行论》一书中就假设，力是由宇宙之神施于物体之上的^[3]。这一假设表明，力不是地球上所独有的，太阳系乃至整个宇宙都存在着力，最终成为万有引力被发现的基础。事实上，意大利的布鲁诺（Bruno, Giordano, 1548 ~ 1600）曾是多米尼修道院的修道士、伽利略（Galileo Galilei, 1564 ~ 1642）则是一位虔诚的天主教徒、波兰的哥白尼是一位费劳恩译格大教堂教士、德国的开普勒（Johannes Kepler, 1571 ~ 1630）是格拉茨新教神学院的教师。他们都是科学史上泰斗级人物，虽然他们的观点和宗教教义相左，但整个科学活动都和宗教活动相联系。

而思维则是直接来源于数学。

参考文献：

- [1] [美] Mario Livio 著，黄征译，数学沉思录，北京：人民邮电出



版社，2010 年，第 79 页。

[2] 曹天元著，量子物理史话，沈阳：辽宁教育出版社，2008 年，第 7 页。

[3] [美] Robert P. Crease 著，马潇潇译，历史上最伟大的 10 个方程，北京：人民邮电出版社，2010 年，第 53 页。



第 1 章 有无相存

从古希腊先贤泰勒斯把水当成是万物的本质开始，人们从本体论出发，把宇宙和虚空分离开来，从此虚空被忽视，甚至无形的神也被物质所取代。也正是从这个时候起，人们开始丢失了“看不见”的东西。

值得庆幸的是，这种“无”的观念一直在哲学家的头脑中存在着。有一个传说是这样的，比泰勒斯稍晚一些的苏格拉底（Socrates，前 469 ~ 前 399）有一次，几位弟子怂恿他去热闹的集市逛一逛，苏格拉底同意了弟子的建议。当第二天学生们问苏格拉底是否满载而归时，苏格拉底说道：我发现在这个世界上，原来还有这么多我并不需要的东西！

到了德谟克里特（Democritus，约前 460 ~ 前 370）时代，虚空重新被重视。德谟克里特认为：“虚空是空虚而又稀疏的，所以是非存在。虚空尽管是非存在，然而它并不是纯粹的虚无。存在并不比非存在多点什么，因为虚空并不比物体少点什么，它们同样都是实在的”^[1]。

证实“虚空”存在意义的应是从 19 世纪 J. J. 汤姆逊发现电子开始，到 1930 年，狄拉克提出“物理上的真空状态实际上是所有负能态都已填满电子的状态”，“虚空”才有了真正的物理意义。

1. 无中生有，虚空和物质相生互补

如果说研究世界中存在什么是重要的话，那么，研究不存在什么同样

是重要的。为了说明虚空和物质同样重要，我们看下面的例子：

一个透镜，许多人认为就是由玻璃或是水晶打磨做成的，学生戴的眼镜就是这样做成的。实际上，透镜的性质不全由本身的材料决定，还与周围的环境有关，图1-1中的图a透镜是凸透镜，而图b中的透镜则是凹透镜。

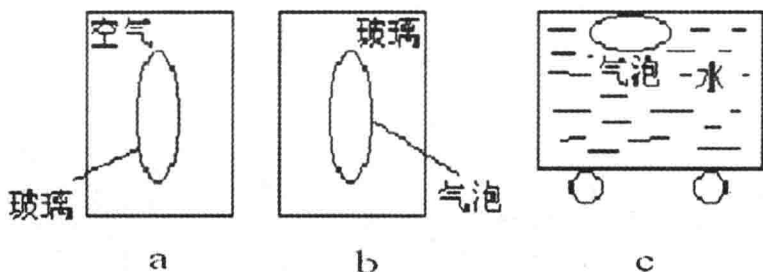


图1-1 物体的性质不完全由“物质”决定，还依赖于“虚空”

如果我们让含有气泡的车子向右运动（如图1-1c），这时你会发现气泡立即向右一起运动。这一现象我们可以这样解释：水的质量比气泡的质量大，惯性也大，当车向右运动时，静止的水有继续保持静止的特性，所以气泡被水挤向了右侧，看上去和车一起运动；这一现象我们也可以这样解释：气泡的质量小，惯性也小，运动状态易改变，看上去和车一起运动了。

如果是把空气改为虚空，道理是一样的，所以说虚空和物质同样重要。这就像一个杯子，杯子作为一个物体的组件是重要的部分，但其所围的空间部分是同等重要的。《老子》有云：“三十辐共一毂，当其无，有车之用也。埴埴（shān zhī）以为器，当其无，有器之用也。凿户牖，当其无，有室之用也。故有之以为利，无之以为用”^[2]。其中“埴埴（shān zhī）以为器，当其无，有器之用”说的是和泥制作陶器，中空而有器具之用。

事实上，在生活中如果所有的人家都把窗帘拉起来并且人都在房子里，那么你家的窗帘拉起来（有）和不拉起来（无），是没有区别的。这