

图书在版编目(CIP)数据

守恒/王溢然,徐燕翔编著.—合肥:中国科学技术大学出版社,
2015.1

(中学生物理思维方法丛书)

ISBN 978-7-312-03658-3

I.守… II.①王…②徐… III.中学物理课—教学参考资料
IV.G634.73

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 297666 号

出版 中国科学技术大学出版社
安徽省合肥市金寨路 96 号,230026
<http://press.ustc.edu.cn>
<http://shop.109383220.taobao.com>

印刷 安徽省瑞隆印务有限公司

发行 中国科学技术大学出版社

经销 全国新华书店

开本 880 mm×1230 mm 1/32

印张 10.75

字数 270 千

版次 2015 年 1 月第 1 版

印次 2015 年 1 月第 1 次印刷

印数 1—4000 册

定价 28.00 元

物理学的任务是发现普遍的自然规律。因为这样的规律的最简单的形式之一表现为某种物理量的不变性,所以对于守恒量的寻求是合理的,而且也是极为重要的研究方向。

——劳厄(德国物理学家)

序 1

在中学物理学习过程中,学生在获取知识的同时,还要重视从科学宝库中汲取思维营养,加强科学思维方法的训练.

思维方法的范畴很大,包括抽象思维、形象思维、直觉思维等.以抽象思维而言,又有众多的方法,在逻辑学中都有较严格的定义.对于以广大中学生为主的读者群,就思维科学意义上按照严格定义的方式去介绍这众多的思维方法,显然是没有必要的.由王溢然、束炳如同志主编的这套丛书,不追求思维科学意义上的完整,仅选取了在物理科学中最有影响、中学物理教学中最常见的思维方法(包括研究方法)为对象,在较为宽泛的意义上展开,立意新颖,构思巧妙.全套丛书共 13 册,各册彼此独立,都以某一类或两三类思维方法为主线,在物理学史的恢宏长卷中,撷取若干生动典型的事例,先把读者引入饶有兴趣的科学氛围中,向读者展示这种思维方法对人类在认识客观规律上的作用.然后,围绕这种思维方法,就其在中学物理教学中的功能和表现,以及其在具体问题中的应用做了较为深入、全面的开掘,使读者能从物理学史和中学物理教学现实两方面较宽广的视野中,逐步领悟到众多思维方法的真谛.

这套丛书既不同于那些浩繁的物理学史典籍,也有别于那些艰深的科学研究方法论的专著,它融合了历史和方法,兼顾了一般与提高,联系了教学与实际,突出了对中学物理教学的指导作用,文笔生





动、图文并茂,称得上是一套融史料性、科学性、实用性、趣味性于一体的优秀课外读物.无论对广大中学生(包括中等文化程度的读者)还是对中学物理教师以及高等师范院校物理专业的学生,都不无裨益.

科学研究是一项艰巨的创造性劳动.任何科学发现和科学理论的诞生都是在一定的背景下,科学家精心的实验观测、复杂的思维活动的产物.在攀登道路上充满着坎坷和危机,并不是一帆风顺、一蹴而就的.科学家常常需及时地(有时甚至是痛苦地)调整自己的思维航向,才能顺利抵达成功的彼岸.因此,任何一项科学新发现、一种科学新理论的诞生,绝不会仅是某种单一思维活动的结果.这也就决定了丛书各册在史料的选用上必然存在某些重复和交叉.虽然这是一个不足之处,却也可以使读者的思维层次“多元化”.不过,作为整套丛书来说,如果在史料的选用上搭配得更精细一些、在思维活动的开掘上更深刻一些,将会使全书更臻完美.

我把这套丛书介绍给读者,首先希望引起广大中学生的兴趣,能从前辈科学家思维活动中汲取智慧,活化自己的思维,开发潜在的智能;其次希望中学物理教师在此基础上继续开展对学生思维方法训练的研究,致力于提高学生的素质,以适应新时期的需要;最后我也真诚地希望这套丛书能成为图书百花园中一朵惹人喜爱的花朵.

阎金铎

序 2

“中学生物理思维方法”是一个很诱人的课题.如果从我比较自觉地关注这个课题算起,要追溯到 20 世纪 80 年代.开始时,朴素的动因就是激发学生兴趣,丰富上课内容;后来,通过对许多科学研究方法论著作、思维学著作等的学习和教学实践,认识上逐步从传授知识层面提高到了对学生的学习能力乃至思维品质进行培养的高度.于是,在 90 年代中期,经过比较充分的积累,策划编写了这套思维方法丛书.

《中学生物理思维方法丛书》问世后,受到了广泛的关注,被列入国家新闻出版总署“八五”规划重点图书,还被推介到台湾出版了繁体字版(中国台湾新竹“凡异出版社”).因此,作者受到了很大的鼓舞.

光阴荏苒,如今已进入 21 世纪.科学技术飞速发展,教学理念不断更新,教学的要求也随着时代前进的脚步有了很大的变化.当前,国际教育界大力提倡“科学的历史、哲学和科学”教育,希望借此更好地提高学生的科学素质.我国从新世纪开始试行的《高中物理课程标准》也明确提出同样的要求.中外教育家一致的认识——结合物理教学内容,回顾前辈科学家创造足迹,无疑是了解科学本质、培养科学精神的一个重要途径.

本丛书的新一版继续坚持“科学史料、思维方法、中学教学”三结合的内容特色,并补充了反映科学技术方面的新成果、新思想,尤其



在结合中学物理教学方面有了很大的进展——删去或淡化了与当前中学物理教学联系不够紧密的某些枝叶,突出了主干知识;撤换了相对陈旧的某些问题,彰显了时代风貌;调整了某些内容,强化了服务对象。值得说明的是,在新一版中还选入了相当数量的近年高考题,这些问题集中反映了各地专家、学者的智慧,格外显得光彩熠熠、耐人寻味。因此,新一版内容更为丰满多彩,也更为贴近中学教学和学生实际,更好地体现了科学性、方法性、应用性、趣味性。希望能够继续被广大读者喜欢,也希望能够更好地使读者受到启发,有所得益,有所进步!

今后,随着时代的发展和中学物理教学要求的不断更新,新思想、新成果和教学中的新问题势必会层出不穷,但前辈科学家崇高的科研精神、深邃的思想和创造性思维方法的光辉,必将永远照耀着人们前进的道路!

在新一版问世之际,首先要衷心感谢我的良师益友、苏州大学物理系束炳如教授。从萌发编写丛书的想法开始,束先生就给予作者极大的鼓励、支持。编写过程中,作者与先生进行了难以计次的深夜长谈,他开阔的思路、活跃的创见和对具体问题深刻的分析指导,都给了作者极为有益的启发和帮助,让作者从中得到了强大的精神力量,也给作者留下了永不磨灭的记忆。借此机会,同时衷心感谢两位德高望重的原顾问周培源先生*和于光远先生**以往对本丛书的关爱;衷心感谢为本丛书作序的阎金铎教授***对作者的鼓励;衷心感谢吴保让先生、倪汉彬先生、贾广善先生、刘国钧先生等曾为丛书审读初稿

* 周培源(1902~1993),著名物理学家,中国科学院院士,曾任中国物理学会理事长、中国科学技术协会主席、北京大学校长等。

** 于光远(1915~2013),著名经济学家,中国社会科学院哲学社会科学学部委员,曾任国家计划委员会经济研究所所长、中国社会科学院副院长等。

*** 阎金铎,著名物理教育家,北京师范大学物理系教授、教科所所长,曾任中国教育学会物理教学研究会理事长等。

并提出了宝贵的修改意见；衷心感谢曾为丛书绘制精美插图的朱然先生；衷心感谢被引用为参考资料的原作者们；衷心感谢曾经对丛书大力支持的大象出版社；衷心感谢广大读者朋友对本丛书的厚爱。

本丛书相当于一个“系统工程”，编辑、出版需要花费大量的人力、物力。新一版的问世，跟中国科学技术大学出版社的鼎力支持是分不开的。在此，也代表所有作者对中国科学技术大学出版社和有关编辑室表示衷心的感谢。

不知哪位作家说过这样的话：写作的最大乐趣首先是在写作的过程中，作者与读者心灵交流；其次是作品出版后，能够被读者认可。虽然这套丛书不是文学创作的作品，我们也只是站立三尺讲台的中学老师，但是在编写过程中，内心时时有着一种极为强烈的冲动，有一个声音呼唤着：把我们在长期教学实践中所积累和思考的有关中学物理教与学的点滴认识、心得与中学物理教学界同行，尤其是广大的中学生朋友们进行交流、分享与探讨。实际上，书中有许多地方都包含着从以往学生的思维火花中演绎的方法。

本丛书的新一版，尽管我们思考了比较长的时间，编写中也都作了努力，但仍然难免会有疏漏乃至错误的地方，请读者发现后予以指正。

王溢然

2014年2月于苏州庆秀斋



前 言

在物质世界的不断运动过程中,一个具体系统中各个物体的某些物理特征量的总量,在满足一定条件时可以保持不变,即守恒.这是系统的一个重要特征.在现代粒子物理学中,守恒量与对称性密切相关.粒子的对称性表现为它们在反应过程中的守恒律.物理学家常根据方便,交替使用过程对称性和相应的守恒律.但这些较为艰深的内容,不属于本书的任务.

在这本小册子中,我们先简单阐释了守恒思想的产生、完善和发展;接着,以物理学史上某些典型事例指出守恒思想在人们科学认识上的作用;最后,联系中学物理教学实际,探讨了守恒思想的教学功能,并列举了较为丰富的例题,说明它在分析和研究具体物理问题中的应用.

如果广大读者,尤其是中学生朋友们,通过阅读本书,能加深对守恒思想的认识,有助于应用守恒思想去分析和研究有关的实际问题,作者将感到无比欣慰.

作 者

目 录

序 1	(i)
序 2	(iii)
前言	(vii)
1 守恒思想的形成与发展	(001)
1.1 守恒思想的历史渊源	(001)
1.2 守恒思想的实验基础	(003)
1.3 守恒思想的完善发展	(024)
2 守恒思想的科学意义	(040)
2.1 解释新现象	(040)
2.2 预言新事物	(051)
2.3 指导新理论	(059)
2.4 启迪新发明	(068)
2.5 开发新能源	(076)
3 守恒思想的教学功能	(085)
3.1 帮助理解概念	(085)



3.2	揭示规律内涵	(092)
3.3	解释物理现象	(107)
3.4	辅助实验设计	(114)
3.5	澄清易混问题	(119)
3.6	指导解题实践	(126)
4	守恒定律的物理学地位和应用特点、步骤	(133)
4.1	守恒定律的物理学地位	(133)
4.2	应用守恒定律解题的特点	(134)
4.3	应用守恒定律解题的步骤	(146)
5	机械能守恒定律的应用	(152)
5.1	正确理解机械能守恒定律	(152)
5.2	机械能守恒定律应用中的几点认识	(155)
5.3	机械能守恒定律的应用实例	(163)
6	能的转化和守恒定律的应用	(183)
6.1	能的转化与守恒的普遍性	(183)
6.2	摩擦生热与热力学第一定律	(189)
6.3	电场中的能量转化	(197)
6.4	电流的功及其能量转化	(205)
6.5	磁场中的能量转化	(212)
7	动量守恒定律的应用	(223)
7.1	正确理解动量守恒定律	(223)
7.2	动量守恒定律的应用要点	(230)
7.3	动量守恒定律中的速度	(235)



7.4	动量守恒定律中的“人船模型”	(244)
7.5	动量守恒定律中的临界问题	(254)
7.6	碰撞——动量守恒与动能守恒的综合应用	(258)
7.7	动量守恒与总能量守恒的综合应用	(273)
8	动量矩守恒定律的应用	(279)
8.1	动量矩守恒定律	(279)
8.2	动量矩守恒的实例分析	(284)
9	电荷守恒和质量守恒的应用	(289)
9.1	电荷守恒	(289)
9.2	质量守恒	(298)
10	守恒定律在核反应中的应用	(304)
10.1	质量、电量守恒	(304)
10.2	质-能守恒	(307)
10.3	动量守恒、能量守恒	(312)
10.4	质量、电量、动量和能量守恒	(317)
	结束语	(323)
	主要参考资料	(324)



1

守恒思想的形成与发展

古希腊伟大的哲学家柏拉图(Plato)在 2300 多年前就说过：“真正爱好知识的人永远追求实在，不肯止于只是表面存在的种种现象。”守恒思想以及作为其具体体现的守恒律，正是蕴藏于自然界色彩缤纷的表面现象之中的某种“实在”，如同其他伟大思想一样，经过了漫长的孕育过程。



1.1

守恒思想的历史渊源

“守恒”思想最先是从物质不灭、运动永恒中开始萌芽的。中国战国时代的一个重要学派——墨家所著的《墨经》中已经含有朴素的物质不灭和运动永恒思想。《墨经》中说道：本来没有的就不会有；已有的也不可能消灭；并且指出，具体事物可以有增减变化，但物质的总量却不会增加或减少，加起来的总量还与过去的一样多。《墨经》中还认为，当物体运动时，若要让它停止运动，就要对它施加作用，如作用不够强，物体的运动就不会停止。

到了中世纪*，中国科学因不像西方那样受到教会粗暴的干涉，一度非常繁荣。宋、元时期达到了高峰，出现了一大批杰出的科学家，

* 欧洲通常把公元 5 ~ 15 世纪称为中世纪。



对物质和运动也有了更加深入的认识。如王夫子(别号船山先生)就曾明确地指出,运动既不能创生,也不能消灭;并从燃烧、汽化和升华三种物质形态变化现象提出了物质不灭的观点。

英国著名科学史专家李约瑟在评价中世纪的中国科学时说:“在公元3世纪到13世纪之间,(中国)保持一个西方所望尘莫及的科学知识水平……”

不过,当时的中国科学,主要还只是零星的贡献,大多是定性的描述,缺乏定量的分析,没有提出科学的基本概念,也没有形成系统的科学理论;对物质不灭、运动永恒的认识同样如此,其中许多论点还停留在哲学的思辨上。

对于能的守恒和转化的认识,更是可追溯到距今四五百万年前我们祖先对火的利用。原始人学会摩擦取火,这个人工取火的过程就是把机械运动转化为热的过程。以后人们又学会了用风力、水力来运转机械、驱动车船,这些都是在机械能作用下实现势能与动能的转化。

在西方,特别是古希腊,由于它那时是一个城邦制国家,不像中央集权制的古老王国。相对来说,思想比较开放,各种学派共存,因此在古希腊出现了许多著名的哲学家,也诞生了许多很珍贵的物理思想。“守恒”思想就是其中的一种物理思想。

“守恒”思想在西方古代的最初萌发,是人们出于对死亡的恐惧和对永生的企望,于是便创造了灵魂不灭的说法安慰自己。虽然它的初衷可以说跟物理学毫无关系,但是套用一句物理术语,可以把这种说法戏称为“灵魂守恒”。

到了古希腊时期,一些哲学家通过对自然界中万物的周而复始、循环往复的各种现象的思考,逐渐形成了物质不灭、运动永恒等各种守恒思想。

例如,克塞诺芬尼(Xenophanes)说:“世界不是产生出来的,而是



永恒的、不可毁灭的。”原子论者阿那克萨戈拉(Anaxagoras)曾说：“万物的生灭只是由于结合与分离，此外并无其他意义的生灭，万物是永恒存在的。”可以说，几乎所有古希腊哲学家提出物质本源的同时，都认为这种本源应该是守恒不变的。对于物质、运动、变化的普遍性和永恒性，古希腊思想家赫拉克利特(Herakleitos)留下了至今脍炙人口的两句名言：

“太阳每天都是新的。”

“人不能两次踏进同一条河流。”

在人类文明史上称得上第一个有意义的守恒学说，是古希腊原子论学说的创始人留基伯(Leucippus)和他的学生德谟克利特(Democritus)提出的物质不灭说。他们认为，宇宙万物都是由看不见和不可分割的原子组成的。它们既不能创生，也不能消灭，亘古以来就在无限的虚空中永远运动着。除物质不灭外，他们还主张运动不灭——运动只能由一个物体向另一个物体转移，但绝不会完全消灭。

对后世科学发展有重要影响的亚里士多德，在他的名著《物理学》一书中，更为具体地运用了守恒思想作为论述的依据。他认为世界的基础是物质。他在批驳了“运动是产生出来的”和“运动能灭亡”的说法以后，明确主张运动是永恒的，自然界是永恒运动着的。^{*}这是非常难能可贵的。

由此可见，关于守恒思想东、西方都有着悠久的渊源。



1.2 守恒思想的实验基础

爱因斯坦(A. Einstein, 德国)说过：“纯粹逻辑思维不能给我们任何经验世界的知识；所有真实的知识都是从经验出发并在经验中

* 亚里士多德所说的运动有时也称为变化，包括实体的变化(产生和灭亡)、性质的变化、数量的变化(增加和减少)以及位置的变化等。

结 束 语

在人类文明史上,曾经有许多哲学家、科学家(包括物理学家)都在按照自身的思维方式,“总想找出那个在根底上控驭这个变幻无常的世界的不变的本质”。诚如爱因斯坦所说的:“希望用少到不能再少的假设或原理作逻辑的演绎,能够控驭多到不能再多的经验事实。”本书所介绍的守恒思想及其具体体现——守恒定律,在某个方面已经具有相当的概括性。

守恒思想及守恒定律,在以往指导人们进行科学技术发展中的作用是十分显然的.我们深信,今后在人们创新发明、探索未知世界真相的漫漫征途上,守恒思想依然可以像一盏明灯一样,照亮人们前进的道路.

“守恒”是一个宏大的课题,涉及的内容非常丰富.因此,本书自出版以来,我们也一直在思考:如何更好地反映这个课题,并把它尽可能完善、恰当地呈献给读者.这样的思考和积累,无异于也是一个极好的学习过程,使我们能够不断地吸收新的营养,始终紧跟中学物理教学的步伐,也得以在执笔撰写新版时为融入比较丰满的内容奠定了基础,能给读者有更好的启迪.

希望我们的青年学生,今天在学习中能够自觉地领会和把握守恒思想,明天在参与实现中国梦的历史重任中,继续沐浴在这盏明灯的光辉之下,在破解难题、突破困难、攀登成功的道路上做出创造性的贡献.

作 者

2014年5月于苏州庆秀斋

主要参考资料

- [1] [德]M·V·劳厄. 物理学史[M]. 上海: 商务印书馆, 1978.
- [2] 申先甲. 物理学史教程[M]. 长沙: 湖南教育出版社, 1987.
- [3] 北京物理学会. 物理学史专题讲座汇编[G].
- [4] 林德宏. 科学思想史[M]. 南京: 江苏科学技术出版社, 1985.
- [5] 束炳如. 物理学家传[M]. 长沙: 湖南教育出版社, 1985.
- [6] 郭奕玲. 近代物理发展中的著名实验[M]. 长沙: 湖南教育出版社, 1990.
- [7] 谭树杰, 王华. 物理学上的重大实验[M]. 北京: 科学技术文献出版社, 1987.
- [8] [美]巴涅特. 相对论入门[M]. 仲子, 译. 上海: 三联书店, 1989.
- [9] [英]G·司蒂文逊, C·W·凯尔密司特. 狭义相对论[M]. 沈立铭, 译. 上海: 上海科学技术出版社, 1963.
- [10] 史斌星. 量子物理[M]. 北京: 清华大学出版社, 1982.
- [11] 倪光炯, 李洪芳. 近代物理[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1979.
- [12] [美]J·M·考克. 放射学与原子核物理学[M]. 赵炳林, 译. 上海: 上海科学技术出版社, 1962.



- [13] 佟盛勋.普通物理专题研究[M].北京:北京师范学院出版社,1990.
- [14] 漆安慎,杜婵英.力学基础[M].北京:人民教育出版社,1982.
- [15] 程守洙,江之永.普通物理学[M].北京:人民教育出版社,1961.
- [16] 《化学发展简史》编写组.化学发展简史[M].北京:科学出版社,1980.
- [17] 刘海生.苏联高考与竞赛物理试题精选[M].上海:上海科学普及出版社,1992.
- [18] 赵凯华,罗蔚茵.力学[M].北京:高等教育出版社,1995.
- [19] 杨仲耆,申先甲.物理学思想史[M].长沙:湖南教育出版社,1993.
- [20] 束炳如,何润伟.物理 3-3:教师用书[M].上海:上海科技教育出版社,2005.
- [21] 梁绍荣,管靖.基础物理学[M].北京:高等教育出版社,2002.
- [22] 王溢然,徐燕翔.守恒[M].郑州:大象出版社,1994.