

中学物理思维方法丛书

ZHONGXUEWULISIWEIFANGFACONGSHU

归纳与演绎

岳燕宁

GUINAYUYANYI
YUEYANNING
DAXIANGCHUBANSHE

大象出版社



中学物理思维方法丛书

归纳与演绎

岳燕宁

大象出版社



图书在版编目(CIP)数据

中学物理思维方法丛书:归纳与演绎/王溢然,束炳如主编;岳燕宁编著. — 郑州:大象出版社,1999

ISBN 7-5347-1330-7

I. 中… II. ①王… ②束… ③岳… III. 物理课-思维方法-中学 IV. G634.72

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 25866 号

责任编辑 谢 凯	责任校对 王 森
大象出版社出版(郑州市农业路 73 号 邮政编码 450002)	
新华书店经销	河南第一新华印刷厂印刷
开本 850×1168 1/32	印张 4.375 字数 91 千字
1999 年 9 月第 2 版	1999 年 9 月第 1 次印刷
印数 1—4 000 册	定 价 5.30 元

若发现印、装质量问题,影响阅读,请与承印厂联系调换。

印厂地址 郑州市经五路 12 号

邮政编码 450002

电话 (0371)5957860—351

在实验物理学上,一切定理均由现象推得,用归纳法推广之。

——**牛顿**

适用于科学幼年时代的以归纳为主的方法,正在让位于探索性的演绎法。

——**爱因斯坦**

序 言

在中学物理教学过程中,学生获取知识的同时,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。

思维方法是一个很大的范畴,有抽象思维、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,也是不会收到成效的。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、中学物理教学中最为常见的这些思维方法(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,都以某一两类思维方法为主线,在物理学史的恢弘长卷中,撷取若干生动典型的事例,先把读者引入到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作了较为深入、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,但却兼容了历史和方法,照顾了普及与提高,联系了中学教学实际,突出了对中学物理教学的指导作用和具体应用。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)还是中学物理教师、教学研究人员以及师范院校物理专业的大学生,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都是在一定的背景下,经过科学家精心的实验观测、复杂的思维活动后的产物。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,决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着某些重复和交叉。这是一个不足之处,但反过来却可转化为使读者的思维层次“多元化”的一个优点。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、思维活动的开掘上更为深刻一些,将会使全套书

更臻完美。

我把这套丛书介绍给读者,一方面希望引起广大中学生的兴趣,能从前辈科学家思维活动轨迹中汲取智慧,活化自己的灵感,开发潜在的智能;另一方面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。

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

1992年10月

引 言

爱因斯坦说过一段很深刻的话：“结论几乎总是以完成的形式出现在读者面前。读者体会不到探索和发现的喜悦，感觉不到思想形成的生动过程，也很难达到清楚地理解全部情况。”我想，正在中学学习物理的年轻朋友们，大约也正在经历着爱因斯坦所描述的情形——学习了物理学的完美无缺的结论，然而对物理学家们的探索过程和思维方法却知之甚少。

作者将这本小册子献给青年朋友们，就是希望读者能对“归纳与演绎”的思维方法有所了解，知道它在物理学发展中所起的作用，学会用它解决一些中学物理的实际问题。

如果本书能对青年朋友们有所裨益，则作者将感到莫大的欣慰。

作 者

1992年10月于金陵

目 录

序言

引言

一、由特殊到一般的思维方法——归纳法	(1)
1. 什么是归纳法	(1)
2. 完全归纳法和不完全归纳法	(4)
3. 求因果关系的归纳法——穆勒五法	(7)
4. 归纳法在科学认识中的作用	(37)
5. 归纳法的局限性	(43)
二、由一般到特殊的思维方法——演绎法	(49)
1. 什么是演绎法	(49)
2. 演绎法在科学认识中的作用	(51)
三、归纳和演绎的辩证关系	(57)
1. 归纳与演绎的区别	(57)
2. 归纳与演绎的联系	(58)
四、归纳和演绎的方法在中学物理中的应用	(68)
1. 归纳法在建立物理概念、理解物理规律中的作用	(68)
2. 演绎法在学习和掌握物理规律中的作用	(75)
3. 归纳法对物理实验的指导作用	(82)
4. 归纳和演绎的方法在解题中的指导作用	(95)

5.防止错误的归纳和演绎	(113)
结束语	(123)
主要参考资料	(124)

一、由特殊到一般的思维方法 ——归纳法

1. 什么是归纳法

夜空静谧,星光灿烂.我们仰视天空,深深为太空的深邃幽远、浩淼无际所陶醉.古往今来,多少人梦想过离开地球的怀抱,奔向辽阔无垠的太空,去探索宇宙的奥秘!

星际航行的奠基人、俄罗斯科学家齐奥尔科夫斯基(K. E. Tsiolkovsky, 1857—1935)说过这么一段充满豪情的话:“人类不会永远停留在地球上,为了探索宇宙空间,开始会小心翼翼、战战兢兢地突破大气层的范围,但到了后来,却一定会征服太阳附近的全部空间.”

这位科学家的豪迈预言正一步步地变为现实:1957年10月4日,第一颗人造地球卫星上天,开创了人类空间活动的新纪元;1961年第一艘载人宇宙飞船发射成功;1969年人类首次登上月球;1971年在轨道上建立了第一个空间站;1981年第一架航天飞机上天;1984年第一位宇航员乘坐“飞椅”遨游太空……总有一天,许许多多普通的人们都有可能像乘坐飞机一样,乘坐航天飞机到太空遨游一番.

但是,在宇宙飞船发射升空和环绕地球运行时,宇航员要经受超重和失重的考验(主要是失重的考验).人类能适应较长时间的失重状态吗?

科学家们首先是从动物开始研究这个问题的。为了研究宇宙飞行时的超重和失重(主要是失重)状态对动物身体的影响,科学家们先用个别的动物(如狗、老鼠和果蝇)进行实验,观察它们在失重状态下的反应以及经过宇宙飞行后身体的变化。经过许多次实验以后,科学家就从这些个别的动物能够经受长时间的失重状态推理出一条普遍性的规律——“所有的动物都能经受长时间的失重状态”。

以后,科学家们又让个别的宇航员进行相应的实验,发现这些宇航员也能经受长时间的失重状态。于是,科学家们又得出一条普遍性的规律——“人类能够适应较长时间的失重状态”。

像上面所叙述的这种从个别事实出发,推出普遍性结论的方法,叫做归纳法。

毛泽东在《矛盾论》中说过:“就人类认识运动的秩序来说,总是由认识个别的特殊的事物,逐步地扩大到认识一般的事物。人们总是首先认识了许多不同事物的特殊本质,然后才有可能进一步进行概括工作,认识诸种事物的共同本质。”

人们对电现象的认识也是经历了这样的历程。起初,人们接触到各种各样的、特殊的电现象:夏日的天空,乌云翻滚,电闪雷鸣,人们称之为雷电;非洲和南美的土人对一种现在称为电鳗的热带鱼感到很可怕,渔民在捕捉它们的时候,鱼会突然放电,以一种莫名其妙的可怕力量,狠狠地打击捕捉它的人,这种现象人们称之为生物电;摩擦橡胶棒,会使棒具有吸引轻小物体的性质,人们称之为摩擦电;伏打电池产生的电,称为化学电;电磁感应现象产生的电,称为磁电……以后,人们对这些电现象进行了比较和概括,发现它们都有共同的本质——都是由于电子的得失造成的电现象。这种从个别事物的性质中概括出共同本质的方法也是归纳法。

总起来说,归纳方法就是一种从个别事实中概括出一般概念、一般规律的思维方法.它是一种推理形式,运用归纳法进行推理时,可以分为三个基本步骤.

第一步,搜集材料.一般说,搜集的材料越多、越全面,推出的普遍结论越可靠.

第二步,整理材料.因为从自然界和实验所获得的材料,往往是纷繁杂多的,难以直接洞察内在所蕴含的规律性,英国著名哲学家培根(F. Bacon, 1561—1626)在谈到归纳法时曾说过:“……我们如果不把它(指材料——作者)归类在适当的秩序以内,则它一定会使人的理解迷离恍惚起来.”整理从观察和实验所得到的材料,这是归纳法极为重要的一步.

第三步,概括抽象.通过对材料进行比较、分析,剔除其非本质的成分,把事物的本质因素及其内在规律揭示出来.

归纳法也是人们认识自然、研究自然的一种古老的方法.古希腊哲学家苏格拉底(公元前 469—公元前 399)所提出的著名的问答法中,已有归纳的含义.不过,他的这种归纳只是简单地从许多个别事物中找出它们的共性.这种归纳法还没有科学的地位.现代归纳法是培根提出的.他第一次最完备地指出了归纳法在人们的认识过程中的科学地位.他断言:人类在认识过程中必须从因果联系,从分析个别事物、现象出发,任何可靠的真理都必须以大量的事实为根据.通过对大量事物的比较,就可能使单一的、个别的东西上升到一般,上升到结论.培根的实验——归纳法曾对自然科学的发展有很大影响,自然科学在归纳法的指导下确实也曾获得辉煌的成绩.

2. 完全归纳法和不完全归纳法

在逻辑学中,归纳法按被归纳的对象是否完全而分成完全归纳法和不完全归纳法。

完全归纳法是从所有个别对象的全部总和中归纳出一般结论的方法。由这种方法归纳出的结论当然更加可靠,但除数学外,这种方法在其它的自然科学中是难以进行的。例如,在数学中,若某一命题对所有奇数都成立,对所有偶数也成立,便可推出它对所有自然数都成立的一般结论,因为所有奇数和偶数就构成了所有的自然数。但是,在物理学中,某一类现象往往含有无穷多种事实,不可能一一枚举穷尽,因而无法作完全归纳。

另一种归纳法称为不完全归纳法。不完全归纳法又分为简单枚举法和科学归纳法。

例如,住在海边的人看到,每当月圆的时候,海上潮水最高。他们由此得出结论:月亮圆时潮水最高。他们由“在一段有限的时间内观察到的月亮圆时潮水最高”,推到“在任何月亮圆时潮水都最高”。这就用了简单枚举法。

简单枚举法没有穷举全部对象,不能保证在没有考察的对象中不出现例外,因而是一种可靠性不大的推理。例如,欧洲人在发现澳大利亚以前,观察到千千万万只天鹅都是白的,他们应用简单枚举法作出结论:所有的天鹅都是白的。后来,欧洲人在澳大利亚发现了黑天鹅,原来应用简单枚举法得出的结论就被推翻了。

因此,在物理学这种严密的科学中,已经很少单独使用简单枚举法来建立普遍性的结论。但是,作为一种初步的探索方法,即作为提供假说的方法,简单枚举法在科学研究中仍有其重要作用。

在牛顿(I. Newton, 1642—1727)发现万有引力定律的过程中,

有一次著名的月—地检验.传说牛顿在苹果树下沉思,看到苹果落地,因而想到地球对苹果的引力作用,进而又想到月球可能也受到地球引力的作用.那么,这个引力的大小与苹果受到的地球引力大小有何关系?他受布里阿德(I. Bulliadus, 法国, 1605—1694)的启发,认为可能是与距离平方成反比的关系.于是,他进行了一次估算——苹果到地心的距离较月球到地心的距离约小 60 倍,因而地面上的重力加速度应约是月球向心加速度的 3600 倍.他根据月—地距离以及月球的运行周期进行了估算,结果“差不多密合”.牛顿根据月—地检验得出的引力平方反比律,推广到一切星体间引力也遵从平方反比律.从思维方法的角度看,牛顿在这里是用了不完全归纳法.当然,万有引力定律在开始只能是一种假说,此后经过一系列实践的检验:地球形状的测定,哈雷彗星的回归、海王星的发现……才成为科学界所公认的理论.*

关于牛顿的“月—地检验”,后人有一首有趣的小诗,现抄录于下:

艾萨克爵士**在沉思散步,
遇见了一位邻居是个农夫,
邻居劝他歇一歇聊聊天,
他正在为引力定律思索良苦.
微风吹拂着盛开淡淡鲜花的苹果树.
牛顿的这位邻居是果树园的主.
吹落的果花遍地皆是,
铺满了果园里的条条小路.

* 参见本丛书《猜想与假设》一册.

** 艾萨克爵士——艾萨克·牛顿(Isaac Newton).

* * *

邻人对牛顿说：“请留步！
有句话我想对你讲述，
城里人到处在谈论，
你观察了苹果落地，
因此而声名卓著。
请告诉我，这是怎么回事？
先生，请帮我解开这个闷葫芦。”

* * *

“唔，是呀！”牛顿答道，“当然可以！
君不见这个力完全相同？
它随着距离 r 的平方而减小，
这距离直到我们忠实的月球，
直到苹果，或迟或早，
请看下一步……”

* * *

“请吧！”邻人说，“请快停住！
这都不是我想知道的内容，
我感兴趣的只有一件事：
开满鲜花的苹果树，
还有那丰硕的果实，枝枝簇簇，
它们在温暖的阳光照耀下成熟，
布满这宁静的乡村小路。
我只想要知道，
一旦你要价多少才能满足？”

在不完全归纳法中,根据某类事物的部分对象的本质分析,找出它们的内在联系,推出该事物的一般性结论,称为科学归纳法,它是优于简单枚举法的一种不完全归纳法,其结论是可靠的。例如,观察几种金属受热膨胀的现象以后,得出了金属膨胀的一般性质,这是简单枚举法,是不是会有其它的金属受热不膨胀呢?很难说。但是,如果进一步分析金属受热后分子运动状态的变化,那么受热膨胀的结果就可靠了*,这就是科学的归纳推理。

3. 求因果关系的归纳法——穆勒五法

在不完全归纳法中,还有一种对科学十分有用的方法,叫判明因果关系的归纳法,这些方法包括:契合法、差异法、契合差异并用法、共变法和剩余法。因为这些方法是英国著名逻辑学家和哲学家穆勒(J. S. Mill, 1806—1873)总结的,因此称为穆勒五法。

(1) 契合法

如果所研究的现象在两个或两个以上的场合中,只有一种情况是共同的,那么,这种共同情况就与所研究的现象之间有因果关系。

我们用 A 、 B 、 C 、 D 、 E 、 F 、 G 分别代表不同的情况, a 是我们所要研究的现象,契合法可用下图表示:

	情况	现象
场合(1)	A 、 B 、 C	—— a
场合(2)	A 、 D 、 E	—— a
场合(3)	A 、 F 、 G	—— a

.....

* 某些物质的反常膨胀例外。