

中学物理思维方法丛书

ZHONGXUEWULISIWEIFANGFACONGSHU

类 比

王溢然 张耀久

LEIBI

WANGYIRANZHANGYAOJIU

DAXIANGCHUBANSHE

大象出版社



中 学 物 理 思 维 方 法 丛 书

类 比

王溢然 张耀久

大象出版社

图书在版编目(CIP)数据

中学物理思维方法丛书:类比/王溢然,束炳如主编;王溢然,张耀久编著. - 郑州:大象出版社,1999

ISBN 7-5347-1334-X

I. 中… II. ①王… ②束… ③王… ④张… 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 25862 号

责任编辑 谢 凯	责任校对 吴春霞
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 5.5 字数 116千字
1999年9月第2版	1999年9月第1次印刷
印数 1—4 000册	定 价 6.35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

中学物理思维方法丛书

顾 问 周培源 于光远

序 言 阎金铎

主 编 王溢然 束炳如

编 委 (按姓氏笔划为序)

王明秋 王溢然 刘宗贤

束炳如 岳燕宁 谢 凯

本册作者 王溢然 张耀久

插 图 朱 然

每当理智缺乏可靠论证的思路时，类比这个方法往往指引我们前进。

——康德

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,都以某一二类思维方法为主线,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的某些重复和交叉。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

在新事物面前,人们往往习惯于把它们与原有的、熟知的事物相比,这里蕴含的思想方法就是类比.如果从阿基米德智鉴金王冠的简单共存类比算起,人们应用类比方法已有两千余年的悠久历史,类比曾激起许多哲学家、科学家、发明家丰富多彩的想象,结出累累硕果.

在这本小册子中,我们先就类比的一般概念作简单介绍,接着摘取物理学发展史上精彩的实例和技术上有典型意义的成果,较详细地阐述类比在人们的科学认识中的作用及其依赖于实践检验的关系.然后,结合中学物理教学实际,介绍了教学中较常见的几种类比方法、类比的教學功能及其在分析、解决具体物理问题时的应用.

希望广大读者从阅读本书中,能进一步了解和掌握类比推理的方法,并能运用类比推理帮助自己理解和掌握物理知识.更希望能有助于启迪思维、拓宽思路,在探求未知世界奥秘的道路上迸发出创造发明的智慧火花.

作者

于 1992 年秋

目 录

序言

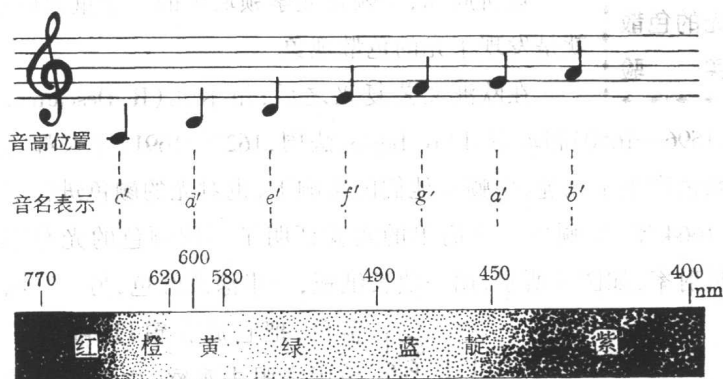
引言

一、关于类比的一般概念	(1)
1. 从乐音和颜色谈起	(1)
2. 类比的基本特征	(6)
3. 类比与比喻、比较	(11)
4. 类比与外推	(17)
二、类比在科学认识中的作用	(20)
1. 类比是提出假设的重要途径	(20)
2. 类比能有效地激发科学想象	(31)
3. 类比可导致技术上的发明创造	(43)
4. 类比为模拟实验提供逻辑基础	(54)
三、实践是检验类比结论的试金石	(59)
1. 库仑的扭秤实验和电摆实验	(60)
2. 欧姆的电流扭秤实验	(63)
3. 赫兹实验与发明家的迷离	(66)
4. 先找到儿子 再发现老子	(69)
5. 斯特恩—盖拉赫实验中的难题	(71)
6. 勒维烈的失误和汤波的成功	(77)
四、中学物理中常见的类比方法	(80)

1. 简单共存类比	(80)
2. 因果类比	(82)
3. 数学类比	(85)
4. 模型类比	(93)
五、类比对学习和运用物理知识的指导作用	(98)
1. 类比的发现功能	(98)
2. 类比的迁移功能	(104)
3. 类比的模拟功能	(111)
4. 类比的鉴别功能	(120)
六、类比在中学物理解题中的应用	(122)
1. 建立类比模型 多题归一	(122)
2. 展开类比联想 出奇制胜	(139)
结束语	(158)
主要参考资料	(159)

一、关于类比的一般概念

1. 从乐音和颜色谈起



(a) 乐音的七个音高

(b) 白光的七种色光

图 1

图 1(a) 的五线谱表示的是乐音中的七个音高, 图 1(b) 是太阳光经过三棱镜后色散成的七种色光. 这似乎完全是两码事, 但在伟大的物理学家牛顿(I. Newton, 英国, 1642—1727) 看来, 它们却很相似.

乐 音	色 光
发声体振动而发声	发光体振动而发光
按音调不同划分为七个音高 (1、2、3、4、5、6、7)	按折射率不同划分为七种色光 (红、橙、黄、绿、蓝、靛、紫)
每个音高都是一个纯音	每种色光都是单色光
不能认为两种不同的声音是一种 基本声音的不同程度	不能认为两种不同颜色是一种基 本颜色的不同程度
七个音高的组合为和声 (声音的谐和现象)	七种单色光的组合为白光 (颜色的谐和现象)

光的色散 实 验

众所周知,牛顿在光学领域中的一个重大成就,就是发现了光的色散现象.

在欧洲文艺复兴之后,笛卡儿(R. Descartes, 法国, 1596—1650)和玻意耳(R. Boyle, 法国, 1627—1691)等人都对光的颜色产生了兴趣. 牛顿在他们的影响下, 也对光的颜色进行了研究. 1664年, 牛顿用一个简单的实验证明了不同颜色的光有不同的折射率. 如图2所示, 用一块长纸板, 一半涂成红色, 另一半涂成

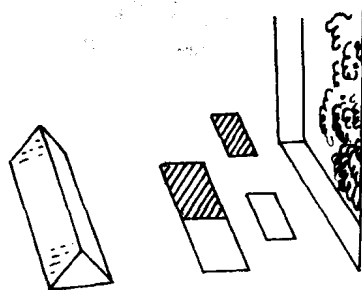


图2 不同的色光折射不同

蓝色, 把它放在窗口, 隔着三棱镜用肉眼去观察. 由于折射的结果, 通过三棱镜看到它们的像都向着顶角方向偏移, 好像被抬高了一些. 但蓝色半边比红色半边升高得更多一些. 牛顿写道: “这个实验显示出, 产生蓝色的光线比产生红色的光线折射得更多……”

后来, 在 1665—1666 年间, 牛顿正式做了著名的光的色散实

验.他在暗室的一扇窗上开了个小圆孔,让一束很窄的太阳光从这个孔进入室内,射到三棱镜的一个侧面上,再在三棱镜后放一屏,如图3所示.结果在屏上观察到一个由各种颜色的圆斑组成的像.它们色序的排列,偏角最大的一端是紫光,偏角最小的一端是红光.

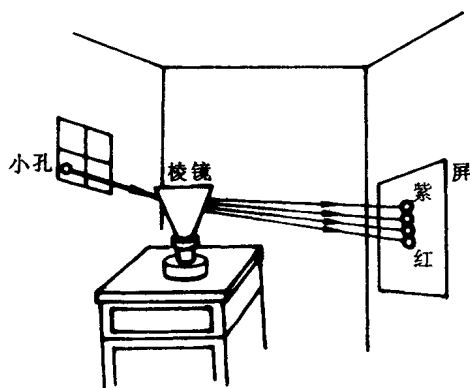


图3 白光的色散实验

不过,这一实验还不足令人信服白光(太阳光)是由这些色光组成的,因为当时有人认为,这是由于白光和棱镜发生了相互作用的结果.于是,牛顿又设计了另一个实验.如图4所示,在上述实验的屏上再开一个小孔,将其中的某种色光(如黄光)引出来再射到另一个三棱镜上.如果白光通过棱镜后变成各种颜色的光是由于白光与三棱镜发生了相互作用的结果,那么,引出的这种色光与棱镜相互作用也会改变颜色.结果,却只发现这种色光经过棱镜后仅发生了偏转,并不改变光的颜色.

为了进一步证明白光是由各种颜色的色光组成,牛顿还做了这样的一个实验:他用一个棱镜将白光分解所得到的各种色光,又让它们通过第二个顶角较大的倒置棱镜(图5),结果发现,不同的

色光又会聚起来在屏上某一区域内重现出白光。

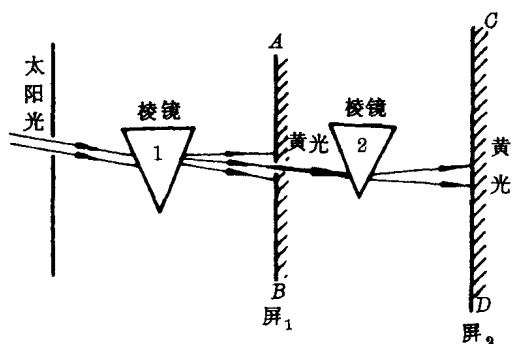


图 4 单色光通过棱镜不再色散

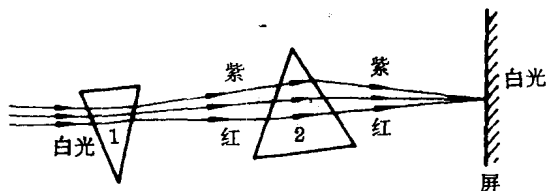


图 5 单色光的复合

牛顿的这些实验,充分证明了白光确实有着复杂的成分,它能分解成折射率不同的各种颜色的色光。

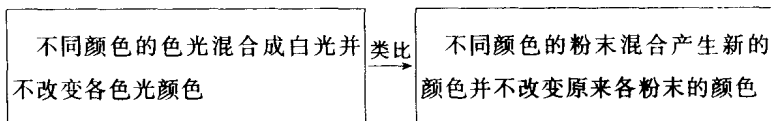
1672年2月8日,牛顿在英国皇家学会宣读的论文中介绍了这些实验,并把颜色分成简单色(或原色)和复合色两种.以后,我们就把白光分解出来的各种色光称为单色光,把白光称为复合光。

牛顿把光及其通过三棱镜后的色散现象和声音作了类比.本节开头的这张表,就是根据牛顿的意思列出来的。

**牛顿与
类比法**

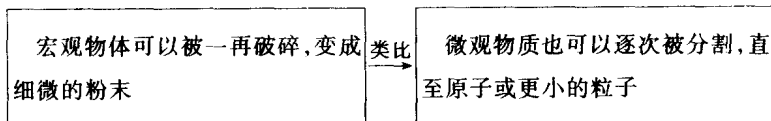
牛顿在 1666 年完成了光的色散实验后,为了说明颜色的机理,用不同颜色粉末的混合与色光的混合作了一次很成功的类比.他在 1670 年的光学讲义中写

道：“……通常观察到不同颜色的粉末混在一起时，一种新的颜色就出现了。而且，如果用显微镜观察这些粉末，可看到全都具有它们自己的颜色。因此，它们自己的颜色并未因这些粉末的混合而破坏，而却是因为混合只有一种新的颜色产生出来……”。这正像不同颜色的色光混合成白光而它们各自原来的颜色并未改变一样。牛顿的这个类比可表示为：



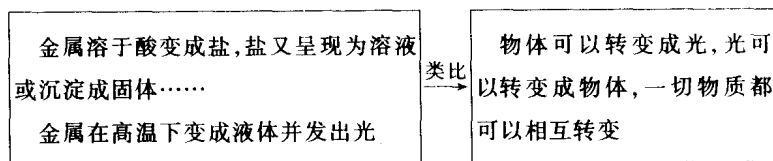
虽然牛顿也因这个成功的类比印证了他的微粒说，使它成为禁锢牛顿对光本性认识的桎梏。但它对正确阐释颜色的机理起了很重要的作用。

利用类比法，牛顿还提出了其他许多很有价值的看法。例如：



这个类比，对原子论的发展产生了很大影响。

牛顿的物质蜕变思想，也是通过对大量化学变化和物质状态变化的类比中产生的：



牛顿曾说过：“如果金子能够发酵，它就能转变成任一其他物质。”这句话既蕴含着哲学家式的幽默，也显示出作为物理学家的牛顿深刻的理性的思考。这种物质蜕变思想是十分可贵的。

牛顿还通过对“光的射线”的类比,进而推测出重力、电力、磁力也都来源于细微粒子的发射,并提出了“重力射线”、“磁射线”的概念,认为它们也会像光那样发生反射和折射,后来又演化出“磁流质”(magnetic effuvia)和“电流质”(electric effuvia)概念,对后人都是极为有益的启示。

类比法成为牛顿探索不可感知事物和了解最终原因的一种常用方法,使得牛顿的科学思想更加活跃、更加开阔。

2. 类比的基本特征

类比是一种逻辑推理,也是抽象思维中的一种基本形式。它通过联想,把异常的、未知的事物(研究对象)对比寻常的、熟悉的事物(类比对象),然后依据两个对象之间存在着的某种类似或相似的关系,从已知对象具有的某种性质推出未知对象具有相应的一种性质。



类比推理有两个基本环节:

(1) 选择类比对象

类比推理是以两个对象的比较为基础的,因此必须根据研究目的,从研究方法、形成结构、功能特征、因果联系等方面的相似之处出发,选择熟悉的、生动直观的事物作为类比对象。

(2) 进行类比推理

即通过比较,展开联想。其一般图式为:

对象 X 有属性 a、b、c、d,

对象 X' 有属性 a、b、c,

推理:对象 X'可能也有属性 d(图 6)。