

中学物理思维方法丛书

ZHONGXUEWULISIWEIFANGFACONGSHU

模型

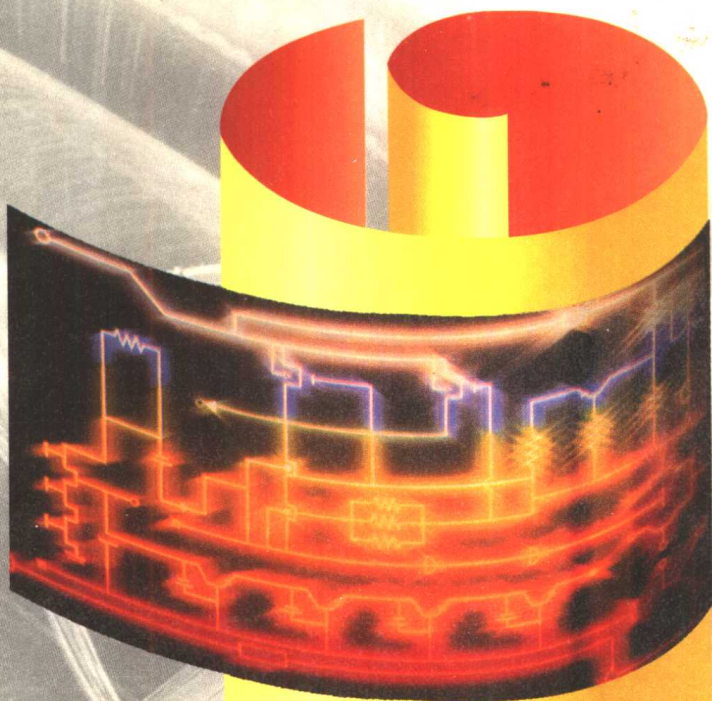
王溢然

MOXING

WANGYIRAN

DAXIANGCHUBANSHE

大象出版社

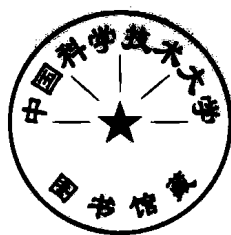


中学物理思维方法丛书

模型

王溢然

大象出版社



图书在版编目(CIP)数据

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

ISBN 7-5347-1244-0

I. 中… II. ①王… ②束… ③王… 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 25859 号

责任编辑 谢 凯	责任校对 霍红琴
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 5.625 字数 119 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 6.50 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
插 图 朱 然

科学的基本活动
就是探索和制定模型。

——阿雷
(法国科学方法论学者)

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去展开,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中,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

模型是一个广义的概念.有一类称为物质模型,它采用缩小与放大几何尺寸的办法,是制作得跟原型相似的一种实体模型(如飞机模型、大桥模型等),这是以研究原型的功能、结构性能为目的的;另一类称为理想模型,它是根据人们的抽象思维和想象力,采用理想化和纯粹化的办法,所创造的能再现原型的本质联系和内在特性的一种简化模型.后者是在物理学研究中常用的模型.物理学中的规律就是通过对理想化的物理模型的研究得出来的.本书所指的就是这一类模型.

本书中选取物理学中若干著名的、也是中学生较为熟悉和易于理解的物理模型,通过剖析它们在科学认识中的作用及它们的建立和发展、演化过程,展示物理模型所包含的丰富内涵及其重要的科学地位.同时,结合物理模型与中学物理教学实际的联系,阐述了物理模型的教学功能和在分析、解决具体物理问题时的应用.

希望广大读者能从本书中获得对物理模型的较为全面的认识,并能自觉地运用物理模型指导物理学习,提高研究和解决物理问题的能力.更希望能在开拓未知世界的过程中,通过高度抽象的创造性思维,提出新的模型,揭示未知世界的规律,认识未知世界的真相.

作 者

1992年春于苏州烟雾楼

目 录

序言

引言

一、几种典型的物理模型·····	(1)
1. 天体运行模型 ·····	(1)
2. 理想气体模型 ·····	(10)
3. 金属导电模型 ·····	(15)
4. 原子结构模型 ·····	(19)
二、物理模型在科学认识中的作用·····	(27)
1. 简化和纯化事物原型 ·····	(27)
2. 解释事物或现象原因 ·····	(28)
3. 建立或证明物理理论 ·····	(33)
4. 指出方向和作出预见 ·····	(39)
三、物理模型的建立和发展·····	(41)
1. 物理模型需要以客观实在为原型 ·····	(41)
2. 经验材料、实验事实和背景理论是物理模型的基础 ·····	(42)
3. 抽象、假设和类比是建立物理模型的基本方法·····	(48)
4. 物理模型需在实践中不断发展与进化 ·····	(56)
四、中学物理教学中常见的四类模型·····	(71)
1. 对象模型 ·····	(71)

2. 条件模型	(76)
3. 过程模型	(85)
4. 数学模型	(89)
五、物理模型在中学物理中的应用	(98)
1. 物理模型对学习和应用物理知识的指导作用	(98)
2. 物理模型在中学物理解题中的应用	(104)
结束语	(162)
主要参考资料	(163)

一、几种典型的物理模型

模型是理论知识的一种初级形式.做理论研究时,通常都要从“造模型”入手,利用抽象、理想化、简化和类比等方法,把反映研究对象的本质特征抽象出来,构成一个概念或实物的体系,即形成模型.理论的研究实际上就是对模型的研究.综观物理学发展的历史,可以说就是不断提出物理模型,并且是新的模型不断完善旧模型或者代替旧模型的历史.

下面,我们从物理学发展史上的几个片断,初步了解和认识几种典型的物理模型.

1. 天体运行模型

清晨,太阳从地平线上冉冉升起,傍晚,太阳落下,明月高挂,天空布满群星.宇宙间的日月星辰究竟是怎样运动的?人们很早就对这个问题发生了兴趣,并尝试着作出种种安排.历史上流传下来对人们影响最大的先后有过两种模型.

(1) 托勒密的九重天模型



最早尝试说明天体运动规律的,相传是公元前 4 世纪古希腊的柏拉图(Plato, 前 417—前 347). 他在一篇讲话中指出:“天上的星体代表着永恒的、神圣的、不变的存在,因此它们肯定沿最完美的轨道以最完善的方式运动.最

完善的运动是匀速圆周运动,因此它们一定是围绕着地球做匀速圆周运动的。”

但是,实际观察到的少数天体,它们的轨道看起来并不是圆周运动,而且也不是匀速的,甚至有时是逆行的.图 1 就是观察到的

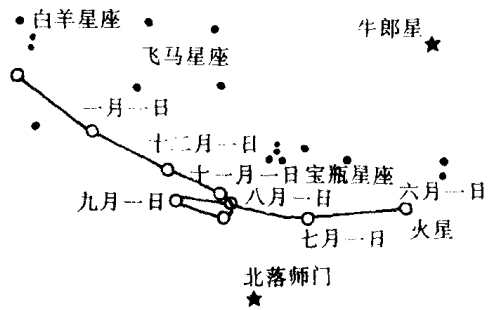


图 1 火星相对于恒星的位置

一次火星在天球的背景上运行的逆行情况,从 9 月 1 日到 11 月 1 日记录的位置可以看出,这段时间内火星向原来的反方向运动。

对此,柏拉图认为,这些不规则运动必定是一些完整的匀速圆周运动按某种方式组合的结果.于是,他向他的学生提出了如下的任务:如何通过圆周运动的组合,说明观察到的太阳、月亮以及行星的运动。

托勒密的回答 在柏拉图以后近两千年的天文学的发展,基本上是按照这个指导思想进行的.而把他这样的思想发展到顶峰的是古希腊亚历山大的数学家、天文学家托勒密(C. Ptolemaeus, 约 90—168),大约在公元 150 年,他完成了《伟大论》一书,集古代天文学之大成,提出了历史上著名的“托勒密地心说”,排列了日月行星距离地球的顺序,创造了所谓宇宙“九重天模型”,他认为宇宙由九个运动着的同心晶莹球壳组成,最低的一重天是月亮天,其次是水星天和金星天,太阳居于第四重天球上,从

第五重天到第七重天依次是火星天、木星天和土星天,第八重天是恒星天,全部恒星像宝石一样镶在这层天界上,在恒星天之上,还有一重最高天,即“原动天”,那里是神灵居住的天堂。各重天都绕地球转动,地球坐落在宇宙中心,远离诸天,岿然不动(图2)。

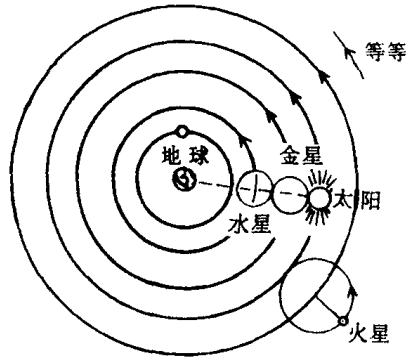


图2 托勒密的九重天模型

为了回答柏拉图提出的问题,托勒密设想行星在天球上运动时,是在较小的圆周上做匀速运动,这个圆周叫本轮,本轮的中心在围绕地球的大圆上做匀速运动,这个大圆叫均轮,如图3所示*。

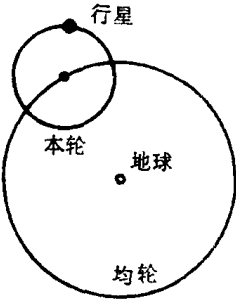


图3 均轮与本轮

当行星绕本轮转到离地球最近的位置如图4中A时,相对于均轮上的运动,行星是向后运动的。如果行星在本轮上的速度比本轮中心在均轮上的速度大,在地球上看到的行星运动就是逆行的了(图4)。

接着,托勒密又对当时人们看到的太阳周年运动夏半年慢些、冬半年快些的现象,即行星在轨道上运动速度的不均匀性作了解释。托勒密设想行星沿均轮的圆周轨道中心不在地球上,而在地球外某一点C,如图5所示。行星在圆周上运

* “本轮—均轮”运动模型是柏加的阿波罗尼亚斯(Apollonius of Perga, 约前247—约前205)首先提出的。

动是均匀的,但在地球上看来就不是均匀的了.这时行星的轨道称为偏心轮.

为了使理论和实际的观测符合得更好,后来托勒密对他的模型又作了修正:行星的运动在圆心 C 看来也不是均匀的,而在 C' 点看来才是均匀的.

C' 点和地球相对于圆心 C 是对称的,如图 6 所示.这样的圆形轨道叫偏心等距轮.

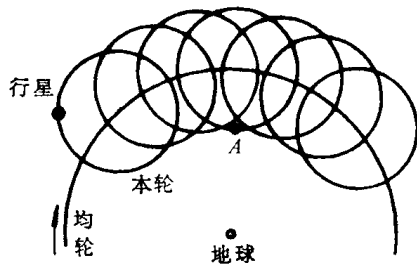


图 4 对逆行的解释

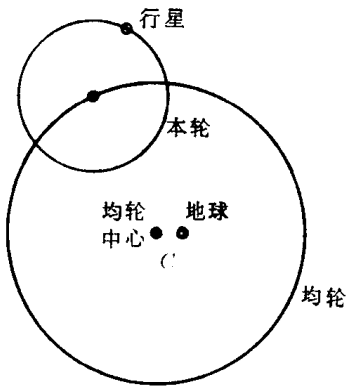


图 5 偏心轮

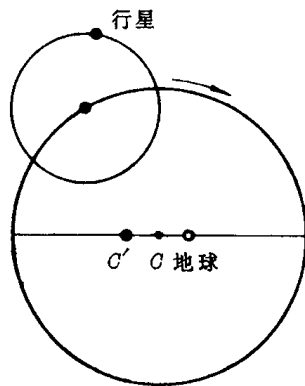


图 6 偏心等距轮

托勒密根据他的运动模型,经过严密的数学计算,巧妙地选取各个本轮和均轮大小的比例、平面的交角及运动的速度,可以预言行星的位置、日食和月食的发生,而且在相当长时期内,他的预言和实测的位置相差仅在 2° 以内,这在当时已是相当好的结果了.由于托勒密的模型也迎合了人们的心愿,即人类是生活在一个稳定不动的坚实的地球上而处于宇宙的中心,因而使世人很容易接受.

托勒密自己也傲慢地猛烈抨击公元前 270 年古希腊阿里斯塔恰斯 (Aristarchus of Samos, 约前 315—前 230) 最早提出的“地动说”:“有些哲学家曾提出一种他们认为很可信服的体系……认为天穹不动,而是地球在自西向东自转……这是滑稽可笑的。”*



值得一提的是托勒密虽然在他的模型里也构造了供奉神灵栖息的最高天,但作为科学理论提出来时与宗教并无共同之处,因此开始也为教会所不容.天体的运行竟然可由凡夫俗子来“预报”,这是高傲的教会无法容忍的大逆不道!所以在很长一段时期内曾被打入禁书之列.直到 1231 年,当时的一个颇有心计的教皇格里高利九世巧妙地改换了过去一味高压的大棒政策,让神学家们对托勒密的著作进行改头换面的改造,加进圣经的内容,使它与教义并行不悖,从此使托勒密学说变成了束缚人类进步思想的桎梏,直到 1546 年哥白尼的太阳系模型向它提出了挑战.

(2) 哥白尼的太阳系模型

哥白尼 (N. Copernicus, 1473—1543) 是波兰杰出的天文学家和数学家,早年他仔细地研究了托勒密的地心模型,认为托勒密的偏心等距轮违背了柏拉图的匀速圆周运动的原则.于是,从 1506 年起,他开始探索天体运动的更合理的安排.1543 年,哥白尼在生命弥留之际,见到了他的终生研究结晶——《天体运行论》一书.在书中他完整地提出了日心体系,即太阳系模型.

* 阿里斯塔恰斯认为:地球一方面每天自西向东自转一圈,另一方面又每年绕太阳公转一圈;其它行星也都绕太阳公转.这种先进的思想远远超过了当时的生产水平,根本无法作出论证,所以被湮灭了.

太阳系 模型

哥白尼是从驳斥托勒密的理论开始新的思考的。哥白尼认为：托勒密的那些圆运动之间的互相组合完全是任意的，它们不是原先假想的匀速运动。哥白尼尤其反对托勒密理论中的某些个别的假定（如偏心），它们破坏了所希望的运动的匀速性质。他写道：

“了解到这些不足之处以后，我常常想，能不能找到某种更加合理的组合圆的方法，由它可以把那些显而易见的不均衡现象推导出来；而且在这种圆组合中，全部运动都是围绕一个确定的中心的匀速运动……”

哥白尼从古代一些哲学家曾假定“地球是动的”见解中受到启发，也开始考虑地球的运动。他说：

“……虽然这种看法似乎很荒唐，但前人既可随意想象圆运动来解释星空现象，那么我更可以尝试一下，是否假定地球有某种运动能比假定天球旋转得更好的解释。”

“于是，从地球运动的假定出发，经过长期的、反复的观测，我终于发现，如果其它行星的运动同地球运动联系起来考虑，并按每一行星的轨道比例来作计算，那么，不仅会得出各种观测现象，而且一切星体轨道天球之大小与顺序以及天穹本身，就全部有机地联系在一起了，以至不能变动任何一部分而不在众星和宇宙中引起混乱。”

在哥白尼的太阳系模型中，太阳是宇宙的中心，所有天体（包括地球及当时已知的五颗行星）都绕太阳运转。它们在宇宙中的位置按照离太阳的距离从近到远的排列依次是水星、金星、地球、火星、木星、土星，在土星外遥远的天球上是恒星，如图7所示。

哥白尼用非常美妙的语言写下一段文字，那简直是一首散文诗，在非人文学科的科学论文中是罕见的。他这样写道：