

物理解题 思维研究

郑青岳 著

大象出版社



自序

物理(91C)目录浏览图

物理解题思维研究

郑青岳 著

大家出版社

图书在版编目(CIP)数据

物理解题思维研究/郑青岳著. — 郑州:大象出版社,
2000

ISBN 7-5347-2464-3

I. 物… II. 郑… III. 物理课—中学—解题—研究
IV. G634.75

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 18646 号

责任编辑	谢 凯 樊洪涛	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 12.5	字数 307 千字
2000 年 4 月第 1 版		2000 年 4 月第 1 次印刷	
印数 1 - 4 325 册		定 价 16.00 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

自序

笔者进行物理解题之研究已有十多年时间,近年来取得较大的进展.1995年初完成的《物理解题理论》一书(此书已于1996年12月由大象出版社出版),虽然把物理解题的研究引导到一个崭新的境界,但当时仍感意犹未尽.于是紧接着从解题思维角度切入,对物理解题的思维形式、思维方法和思维过程展开了全面、深入的研究.1996年,笔者承担了浙江省“九五”期间教育科研课题“物理解题思维研究”,本书即为该课题的研究成果,它又是《物理解题理论》的姊妹篇,两书紧相呼应,互为补充.

本书遵循理论联系实际的原则,以思维科学理论为指导,以物理解题和物理教学的实践为基础,结合大量的典型例证,深入探讨了物理解题许多深层次的理论问题.在书中,笔者刻意把物理解题活动放在一个巨大的理论背景之上加以审视,把物理解题的研究上升到对认识论和思维规律的研究的高度,目的在于提高广大物理教师的理论修养和对物理解题过程的认识水平,改善教师的教学行为,从而从根本上提高学生解决新问题的能力.

虽然本书所列举的“题”大多是物理习题,但对物理解题思维的研究却具有普遍的意义.所以,我更愿意把这个“题”推广为具有普遍意义的问题和课题,希望关于物理解题思维研究的成果对整个物理教学以及解决其他学科和社会生活中的诸多问题提供积极的启示.

本书对物理解题思维的研究方式既有演绎式,又有归纳式.一方面,运用一般的思维科学理论,对物理解题过程进行剖析和考察;另一方面,则力图从具体的解题过程中提炼出规律性的东西.

目 录

第一篇 物理解题思维形式

第一章 逻辑思维	(3)
一、逻辑思维概述	(3)
二、概念——逻辑思维形式之一	(5)
三、判断——逻辑思维形式之二	(15)
四、推理——逻辑思维形式之三	(23)
第二章 形象思维	(31)
一、形象思维概述	(31)
二、形象思维在物理解题中的作用	(34)
三、物理解题中形象思维的基本形式	(40)
四、物理解题中形象加工的主要方式	(46)
五、如何培养形象思维的能力	(52)
第三章 直觉思维	(55)
一、直觉思维概述	(55)
二、直觉思维与物理解题	(58)
三、直觉思维的类型	(68)
四、审美情感与思维直觉	(72)
五、如何培养直觉思维的能力	(75)
第四章 聚合思维与发散思维	(81)
一、聚合思维概述	(81)
二、聚合思维在物理解题中的作用	(82)
三、发散思维概述	(89)

四、发散思维在物理解题的作用	(91)
五、物理解题中发散思维的主要方式	(98)
六、聚合思维与发散思维的辩证关系	(102)
第五章 习惯性思维与创造性思维	(116)
一、习惯性思维概述	(116)
二、定势思维——一种典型的习惯性思维	(117)
三、习惯性思维对物理解题的作用	(120)
四、创造性思维概述	(123)
五、创造性思维在物理解题中的体现	(125)
六、利于创造性解题的思维方式	(128)
七、习惯性思维与创造性思维的辩证关系	(133)

第二篇 物理解题思维方法

第六章 分析与综合	(141)
一、分析方法的意义	(141)
二、物理解题中常用的分析方法	(143)
三、分析方法的基本环节	(151)
四、微元分析法——一种特殊的分析方法	(152)
五、综合方法的意义	(154)
六、综合方法在物理解题中的典型应用	(155)
七、分析和综合的辩证关系	(160)
第七章 归纳与演绎	(167)
一、归纳方法的意义	(167)
二、物理解题中常用的归纳方法	(169)
三、演绎方法的意义	(175)
四、演绎方法在物理解题中的典型应用	(176)
五、归纳与演绎的辩证关系	(186)
第八章 抽象与概括	(191)

一、抽象方法的意义	(191)
二、物理抽象和数学抽象	(194)
三、具体与抽象的沟通	(197)
四、概括方法的意义	(201)
五、物理解题中常用的概括	(202)
六、概括方法的正确运用	(206)
第九章 比较与类比	(212)
一、比较方法的意义	(212)
二、比较与迁移	(214)
三、比较方法的正确运用	(220)
四、类比方法的意义	(223)
五、物理解题中常用的类比	(225)
六、类比方法的正确运用	(232)
第十章 联想与猜想	(235)
一、联想方法的意义	(235)
二、物理解题中常用的联想	(236)
三、猜想方法的意义	(245)
四、物理解题中常用的猜想	(247)
第十一章 特殊化与一般化	(256)
一、特殊化的意义	(256)
二、特殊化在物理解题中的主要功能	(258)
三、一般化的意义	(265)
四、一般化在物理解题中的典型表现	(267)
五、特殊化与一般化的综合运用	(276)

第三篇 物理解题思维过程

第十二章 物理解题的思维过程	(281)
一、物理解题思维的进程	(281)

二、物理解题思维途径的探索模式	(289)
三、物理解题思维过程的实质	(294)
第十三章 物理解题的思维调控	(309)
一、思维调控概述	(309)
二、从思维调控角度看物理解题	(314)
三、如何对物理解题思维进行调控	(317)
四、物理解题思维调控范例	(321)
五、如何培养思维调控的能力	(325)
第十四章 物理解题的思维缺陷	(332)
一、顾此失彼	(333)
二、想当然	(338)
三、生搬硬套	(343)
四、定势障碍	(348)
五、潜在假设	(356)
第十五章 物理解题的思维品质	(362)
一、思维的深刻性	(362)
二、思维的严密性	(367)
三、思维的灵活性	(374)
四、思维的独创性	(380)
五、思维的批判性	(386)
附录一 物理解题的思维方法	(175)
附录二 物理解题的思维方法	(176)
附录三 物理解题的思维方法	(177)
附录四 物理解题的思维方法	(178)
附录五 物理解题的思维方法	(179)

第一篇 物理解题思维形式

-
- 第一章 逻辑思维
 - 第二章 形象思维
 - 第三章 直觉思维
 - 第四章 聚合思维与发散思维
 - 第五章 习惯性思维与创造性思维
-

逻辑对于他,有如比例和透视规律之于画家一样,逻辑思维的基本形式是概念、判断和推理。就物理解题而言,物理概念和物理规律(即原理)是物理学理论体系的核心,是物理解题的基本依据。物理解题实质上就是一个运用物理概念和规律(已有判断),以及问题提供的条件(题给判断)进行严格的推理,以获得结论(新判断)的过程。逻辑性是物理解题最普遍最基本的要求。由此可见,逻辑思维是物理解题最基本、最重要和最普遍形式,是物理解题思维的核心。

逻辑思维的基本特点是:

1. 抽象性

物理解题的过程是解题主体对问题信息进行思维加工的过程。虽然大多数物理问题都来自实际问题,但是,非物理的实际事物是不能搬进我们的头脑进行逻辑思维的。一方面,逻辑思维的基本材料是概念,而概念则是从大量的客观事物中抽象概括出来的。另一方面,要使物理的概念和规律能够有效地作用于实际问题,必须

13.12. 物理问题是单途还是多途模式	(330)
----------------------	-------

13.13. 物理问题是经过题的实质	(334)
--------------------	-------

第十三章 物理问题的思维训练 第一章	(334)
--------------------	-------

13.1. 思维训练的目标	(335)
---------------	-------

13.2. 从思维训练的角度看物理问题	(334)
---------------------	-------

13.3. 如何对物理问题进行思维训练	(337)
---------------------	-------

13.4. 物理问题的思维训练 第二章	(341)
---------------------	-------

13.5. 如何培养思维的灵活性 第三章	(325)
----------------------	-------

第十四章 物理问题的思维训练 第四章	(332)
--------------------	-------

14.1. 思维训练的目标	(333)
---------------	-------

14.2. 思维训练的目标	(338)
---------------	-------

14.3. 思维训练的目标	(343)
---------------	-------

14.4. 思维训练的目标	(348)
---------------	-------

14.5. 思维训练的目标	(356)
---------------	-------

第十五章 物理问题的思维训练 第五章	(362)
--------------------	-------

15.1. 思维的逻辑性	(362)
--------------	-------

15.2. 思维的严密性	(367)
--------------	-------

15.3. 思维的灵活性	(374)
--------------	-------

15.4. 思维的独创性	(379)
--------------	-------

15.5. 思维的批判性	(385)
--------------	-------

第一章 逻辑思维

一、逻辑思维概述

所谓逻辑思维是以概念为基本单元,按照一定的逻辑规则而进行的思维形式,也称概念思维和抽象思维。

逻辑思维是科学研究主要的思维形式,逻辑思维能力是科学家应具备的最重要、最基本的思维能力。列宁在《哲学笔记》一书中赞同过黑格尔的一句话——“任何科学都是应用逻辑。”^[1]爱因斯坦则认为:作为一个科学家,他必须是一个“严谨的逻辑推理者。科学家的目的是要得到关于自然界的一个逻辑上前后一贯的摹写。逻辑之对于他,有如比例和透视规律之对于画家一样。”^[2]

逻辑思维的基本形式是概念、判断和推理。就物理解题而言,物理概念和物理规律(即判断)是物理学理论体系的核心,是物理解题的根本依据。物理解题实质上就是一个运用物理概念和规律(已有判断),以及问题提供的条件(题给判断),进行严格的推理,以获得结论(新判断)的过程,逻辑性是物理解题思维最基本的要求。由此可见,逻辑思维是物理解题最基本、最重要的思维形式,是物理解题思维的核心。

逻辑思维的基本特点是:

1. 抽象性

物理解题的过程是解题主体对问题信息进行思维加工的过程。虽然大多数物理问题都来自实际问题,但是,赤裸裸的实际事物是不能搬进我们的头脑进行逻辑思维的。一方面,逻辑思维的基本材料是概念,而概念则是从大量的客观事物中抽象概括出来的;另一方面,要使物理的概念和规律能有效地作用于实际问题,应当

将实际问题抽象为理想化的物理问题.在这个过程中,要突出问题的主要特性及影响问题的主要因素,舍弃问题的次要特性及影响问题的次要因素.可见,抽象性是逻辑思维最基本的特性.

抽象使事物变得简单和纯粹,这使得主体更容易透过事物的外部现象揭示事物的内在本质,所以,逻辑思维是一种深刻的思维.

2. 严密性

物理解题希望沿着正确的、最少障碍的路线行进,并在行进中不至于步入歧途,这需要遵守一定的规范和准则.逻辑学对逻辑思维规定了许多规则,这些规则使得逻辑思维成为一种十分严密、很有说服力的思维形式.违反了这些规则,逻辑思维就无法正常、顺利地进行,或者就会得出错误的结论.可见,逻辑思维的严密性对物理解题的成功提供了有力的保证,也使得逻辑思维成为一种具有很强确定性的思维形式.尤其是演绎推理,只要前提正确,严格按逻辑规则进行,就能推出确定的结果.

3. 系列性

逻辑思维,尤其是逻辑推理,是按照一定的逻辑程序,首尾相接,环环相扣,一步一步进行的;是一个系列加工的过程,既不跳跃和重复,也不可能循着几条思路同时进行.正如钱学森教授所说的:“抽象逻辑思维是一步步推下去的,是线型的,或又分叉,是枝杈型的.”^[3]逻辑思维的系列性也决定了物理解题中,对思维材料的逻辑加工总是按一定的步骤进行,只有完成了前一个步骤,才能进行后一个步骤.因此,它是一个速度较为缓慢的、渐进的系列加工过程,不可急于求成.

逻辑思维的基本规律是:

1. 同一律

即在同一个思维过程中,每一个概念或判断必须是确定的,前后一致的.其公式是:“ A 是 A .”例如,我们由“两个电阻串联后的总电压等于各电阻两端的电压之和”,得出“两个电阻串联后所能

承受的最大电压等于各电阻所能承受的最大电压之和”，就违反了概念的同一律，因为前一叙述中的电压指的是“实际电压”，而后一叙述中的电压则是指“电阻所能承受的最大电压”。

2. 矛盾律

在同一个思维过程中，两个互相矛盾的概念或判断不能同时为真。其公式是：“ A 不是非 A 。”例如，一条小船在河水中漂流，我们不能认为小船既受到河水的推力，又受到河水阻力的作用。因为推力存在的条件是“水的流速大于船的行速”，而阻力存在的条件则是“水的流速小于船的行速”。承认两个力同时存在，就等于承认两个相互矛盾的条件同时存在，而这是矛盾律所不允许的。

3. 排中律

在同一个思维过程中，两个互相矛盾的概念或判断必有一个为真。其公式是：“ A 或者非 A 。”例如，一只刚性小球沿刚性的水平面匀速滚动。如果我们通过分析力和运动之间的关系，判断出地面对小球既没有向前的摩擦力，又没有向后的摩擦力，就能确认在水平方向地面对小球没有力的作用。因为在水平方向，地面对小球只可能产生摩擦力，这个力要么存在，要么不存在。否定了存在的可能，也就确认了它的不存在。

4. 充分理由律

在推理过程中，一个判断被确定为真，必须有充分的理由。其公式是：“ A 真，因为 B 真并且 B 能推出 A 。”例如有人说：“一个物体受到几个力的作用而处于静止状态，当撤去某个力 F_i 后，物体将向 F_i 的反方向做初速度为零的匀加速直线运动。”这种推理的条件是不充分的，正确的说法应当再加上“其他各个力保持不变”这一条件。

二、概念——逻辑思维形式之一

概念是逻辑思维最基本的形式和单位，是逻辑思维的“细胞”。概念反映了人对事物本质的认识，是科学抽象的成果。物理概念是

反映物理现象和过程本质属性的思维形式,是构建物理学理论体系的基本材料.物理概念既是对物质的结构及其运动规律认识的一种结晶,又是解决物理问题的基础和出发点.物理解题的基本过程,就是一个以物理概念形成判断,再运用物理规律(以判断的形式表达),进行一系列逻辑推理的过程.离开了物理学的基本概念,我们就难以对物理问题进行深刻的思维,就无法对问题信息进行逻辑加工.如果没有质点、速度、加速度、匀速直线运动、匀变速直线运动等概念,我们就根本无法对物体的运动进行描述,更谈不上求解各类力学问题.

物理学是定量的科学,许多物理概念都有定量的表达,它们也称为物理量.对它们,我们不仅要知道“是什么”,还要知道“等于什么”.例如,电容器的电容是描写电容器容纳电荷本领大小的物理量,它等于电容器所带的电量 Q 与两极板之间的电势差 U 的比值,即 $C = Q/U$.

1. 概念的内涵和外延

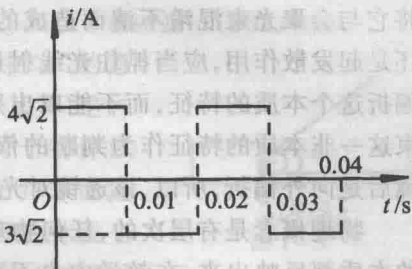
内涵和外延是概念的两个基本特性,明确概念既要明确它的内涵,又要明确它的外延.概念的内涵是指反映在物理概念中的物理对象的本质属性,是该事物区别于其他事物的本质特征.我们平时所说的概念的物理意义,就是指物理概念的内涵,它是对物理概念质的规定.例如,场强是描述静电场力的性质的物理量,其大小可由式 $E = F/q$ 量度,它取决于电场的本身,而与检验电荷 q 的大小和性质无关.这些都是场强概念的内涵.深刻、全面地理解物理概念的内涵是正确求解物理问题的重要基础.

例 1 图 1-1 表示一交流的电流随时间而变化的图象,此交流的电流的有效值是

- (A) $5\sqrt{2}\text{A}$; (B) 5A ; (C) 3.5A ; (D) $3.5\sqrt{2}\text{A}$.

求解本题首先必须理解交流有效值概念的内涵,即同一电阻,在相同时间内能与交流产生相同热效应的直流的数值,叫做该交

流的有效值.具体地说,即应当明确:1)有效值是等效替代交流的直流的数值;2)有效值是根据电流通过电阻时产生的热效应来定义的;3)所谓等效的前提条件是“同一电阻”和“同一段时间”;4)



考察时间应足够长,对周期性的交流,应取周期的整数倍.据此,可作如下解答:

图 1-1

设该交流对电阻 R 供电,一周期内产生的热量为

$$Q = I_1^2 R \frac{T}{2} + I_2^2 R \frac{T}{2}. \quad (1)$$

据等效原理,有 $Q' = I^2 RT$, (2)

且 $Q' = Q$. (3)

由方程①~③,可解得

$$I = \sqrt{\frac{I_1^2 + I_2^2}{2}} = \sqrt{\frac{(4\sqrt{2})^2 + (3\sqrt{2})^2}{2}} A = 5A.$$

对物理概念的内涵模糊不清,对概念的物理意义理解得肤浅或有偏差,对物理概念未能抓住其本质的特征加以认识,是物理解题出错的一大原因.

例 2 如图 1-2 所示, L 为一薄透镜,试据图判断透镜的性质.

对本题,不少学生这样认为:凸透镜对光线是起会聚作用,而凹透镜对光线是起发散作用.图中光线射过透镜后会聚于一点,表明透镜对光线起会聚作用.可见, L 是凸透镜.

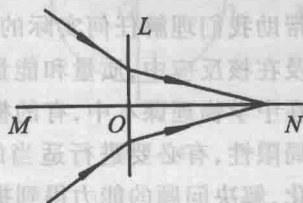


图 1-2

上述解答的错误是由于对会聚作用概念缺乏正确的理解,并

将它与会聚光束混淆不清而造成的.看透镜对光线是起会聚作用还是起发散作用,应当抓住光线射过透镜后是向内偏折还是向外偏折这个本质的特征,而不能以出射光束是会聚光束还是发散光束这一非本质的特征作为判断的依据.从图 1-2 看,光线穿过透镜后是向外偏折,所以,该透镜对光线是起发散作用,是凹透镜.

物理概念是有层次的,任何物理概念都不可能一下子把所有的本质都反映出来,在教学中也不可能一下子把某一物理概念的所有本质都揭示出来.物理概念的层次性既反映了人对客观事物认识的渐进性,也反映出学生学习物理知识的阶段性.正如列宁所说的:“人的思想由现象到本质,由所谓初级的本质到二级的本质,这样不断地加深下去,以至于无穷.”^[4]例如对质量概念,学生最初的认识是:“质量即物体含物质的多少.”这一本质可帮助学生理解同一物质的质量与体积成正比的关系,并建立起密度的概念.随着学习的深入,学生又认识到:“质量是物体惯性的量度”及“物体受到的万有引力(及重力)与质量成正比”的本质,这些本质有助于学生理解牛顿第二定律的深刻意义,理解物体的加速度为什么跟质量成反比,而在同一地点,不同的物体下落时为什么具有相同的加速度,以及在许多问题中要建立轻杆、轻绳等理想化模型的原因.今后的学习还将看到,物体的质量并不是绝对的,它的大小还与物体运动的速度有关;物体有静质量,也有动质量.所有这些,能帮助我们理解任何实际的物体都不可能加速到光速的原因,以及在核反应中,质量和能量的各自守恒是如何得到保证的,等等.在中学物理课本中,有的概念的物理意义在叙述上存在着一定的局限性,有必要进行适当的修正,以使学生对概念的理解得到深化,解决问题的能力得到提高.

例 3 如图 1-3,物块放在水平地面上,沿通过物块上滑轮的绳子(绳的一端固定在墙上)用一恒力 F 拉动,使物块沿水平面发生位移 s ,则此过程中动力对物块所做的功为