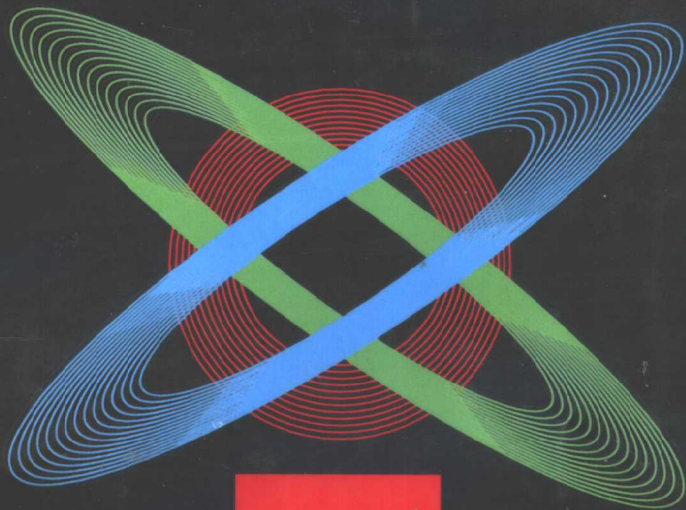


首都师范大学出版社

乔际平 刘甲珉 著



物理

创造思维能力的培养

WULI



WULI CHUANGZAO SIWEI NENGLI DE PEIYANG
物理创造思维能力的培养

乔际平 刘甲珉 洪立人 著

首都师范大学出版社

(京)新 208 号

图书在版编目 (CIP) 数据

物理创造思维能力的培养/乔际平,刘甲珉著, -北京:首都师范大学出版社, 1998

ISBN 7-81039-885-7

I. 物… II. ①乔… ②刘… III. 物理课-中学-教学法

IV. G633. 72

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (97) 第 22223 号

首都师范大学出版社

(北京西三环北路 105 号 邮政编码 100037)

北京国马印刷厂印刷 全国新华书店经销

1998 年 4 月第 1 版 1998 年 4 月第 1 次印刷

开本 850×1168 1/32 印张 10.25

字数 233 千 印数 0,001~3,000 册

定价 12.60 元

序

随着我国改革开放的不断深入，人们已经越来越认识到，社会的竞争，主要是人才的竞争，而人才竞争的实质就是人才创造力的竞争。所以对开拓型、创造型人才的培养就日益受到社会和学校的重视。物理教育作为学校教育的重要内容之一，对学生创造思维能力的形成与发展起着重要作用。随着物理教学改革和教学研究对能力培养的重视，多年来，全国广大物理教育工作者对物理创造思维能力的组成及其培养与训练，进行了较为深入的系统的教学理论研究和教学实践活动，为本书的撰写积累了基本素材，本书就是在此基础上编著而成的。

我们认为，物理创造思维能力的结构由12个基本因子组成。按照这12个因子对整体物理创造思维能力的作用和功能，可以把它们分为三个层次，即初级层次、中级层次、高级层次。

初级层次的物理创造思维能力是一种基础性的物理创造思维能力，它主要包括物理观察思维能力、物理实验思维能力、物理模型思维能力、物理等效思维能力、物理类比思维能力、物理逻辑思维能力等6个因子。

中级层次的物理创造思维能力是一种应用性的物理创造思维能力，它主要包括物理创造性思维能力、物理发散思维能力、物理直觉思维能力、物理灵感思维能力等四个因子。

高级层次的物理创造思维能力是一种开发性的物理创造思维能力，它主要包括物理美学思维能力、物理哲学思维能力等两个因子。

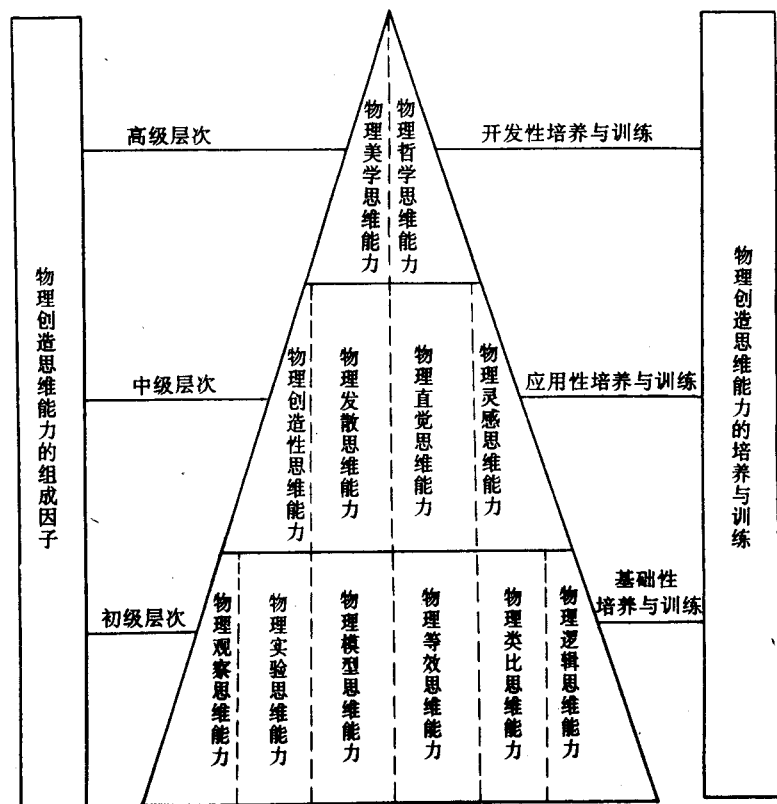
根据以上对物理创造思维能力组成与结构的研究，我们把物理创造思维能力的培养与训练分为三个阶段：

第一阶段是物理创造思维能力的基础性的培养与训练，培养与训练的主要内容是初级层次的物理创造思维能力的六个组成因子；

第二阶段是物理创造思维能力的应用性的培养与训练，培养与训练的主要内容是中级层次的物理创造思维能力的四个组成因子：

第三阶段是物理创造思维能力的开发性的培养与训练，培养与训练的主要内容是高级层次的物理创造思维能力的两个组成因子。

本书的基本内容和基本结构就是依据以上思想设计的，并可概括为下表。



本书共分 3 篇 13 章，其中物理逻辑思维能力分为 3 章（第六章、第七章、第八章），物理直觉思维能力和物理灵感思维能力合为一章（第十一章），其他每种思维因子各占一章。每一章的编写都分为两部分。第一部分为概述，包括该思维因子的定义、作用与功能、类型、特点等；第二部分是如何在教学中对该思维因子进行培养与训练，包括培养途径与方法、培养与训练中的注意事项以及参考实例等。

本书在编写过程中，参考了大量的书刊资料，吸收和采纳了许多物理教育、研究工作者的研究成果，并直接或间接引用了许多作者的理论观点和资料，在此一并表示衷心的感谢！限于作者水平，书中定有许多疏漏和不妥之处，恳望读者批评指正。

编 者

1993 年 6 月

目 录

序.....	1
第一篇 物理创造思维能力的基础性的培养与训练.....	1
第一章 物理观察思维能力.....	2
第一节 观察思维能力概述.....	2
第二节 观察思维能力的培养与训练	5
第二章 物理实验思维能力	17
第一节 实验思维能力概述	17
第二节 实验思维能力的培养与训练	25
第三节 理想实验思维及其培养与训练	33
第三章 物理模型思维能力	44
第一节 模型思维能力概述	44
第二节 模型思维能力的培养与训练	51
第四章 物理等效思维能力	65
第一节 等效思维能力概述	65
第二节 等效思维能力的培养与训练	68
第五章 物理类比思维能力	89
第一节 类比思维能力概述	89
第二节 类比思维能力的培养与训练	97
第六章 物理比较思维能力与物理分类思维能力.....	109
第一节 比较思维能力概述	109
第二节 分类思维能力概述	113
第三节 比较思维能力与物理分类思维能力的培养与训练 ..	114
第七章 物理分析思维能力与物理综合思维能力.....	127
第一节 分析思维能力概述	127
第二节 综合思维能力概述	129

第三节	分析思维能力和物理综合思维能力的培养与训练	132
第八章	物理归纳思维能力与物理演绎思维能力	147
第一节	归纳思维能力概述	147
第二节	演绎思维能力概述	156
第三节	归纳思维能力和演绎思维能力的培养与训练	160
第二篇	物理创造思维能力的应性的培养与训练	169
第九章	物理创造思维能力	170
第一节	创造思维能力概述	171
第二节	创造思维能力的培养与训练	179
第十章	物理发散思维能力	230
第一节	发散思维能力概述	230
第二节	发散思维能力的培养与训练	232
第十一章	物理直觉思维能力与灵感思维能力	255
第一节	直觉思维能力与训练	255
第二节	灵感思维能力与训练	269
第三节	机遇及其捕捉与利用	279
第三篇	物理创造思维能力的开发性的培养与训练	284
第十二章	物理美学思维能力	285
第一节	美学思维能力概述	285
第二节	美学思维能力的培养与训练	300
第十三章	物理哲学思维能力	311
第一节	哲学思维能力概述	311
第二节	哲学思维能力的培养与训练	312

第一篇 物理创造思维能力的基础性的培养与训练

本篇主要包括物理创造思维能力的初级层次的六个基本因子及其培养与训练，即物理观察思维能力及其培养与训练、物理实验思维能力及其培养与训练、物理模型思维能力及其培养与训练、物理等效思维能力及其培养与训练、物理类比思维能力及其培养与训练、物理逻辑思维能力（包括物理比较思维能力与物理分类思维能力、物理分析思维能力与物理综合思维能力、物理归纳思维能力与物理演绎思维能力）及其培养与训练。它们属于初级层次的物理创造思维能力，相应进行的是基础性的培养与训练。

第一章 物理观察思维能力

第一节 观察思维能力概述

一、什么是物理观察

物理观察是指人们对物理现象在自然发生的条件下进行考察的一种方法。人类探索自然和改造自然的一切实践活动都离不开观察方法，观察是最基本、最古老、最直接的科学方法，也是现代物理学研究中最常用的方法之一。从某种意义上说，没有观察就没有科学研究。要在科学研究上有所发现、有所创造，就必须掌握观察方法，发展观察能力。

观察方法源远流长，历史悠久。但古代观察是以纯感官为主的。只有到了近代，随着科学技术的发展和观察手段的进步，观察方法才得以广泛应用和迅速发展。物理观察对物理学的学习和研究极为重要，特别是对那些不易控制或改变条件的物理过程更只能依靠观察。如爱因斯坦广义相对论的三大预言就是在天文观测中得到验证的。在高能物理的研究中，通过对宇宙射线的长期观察而发现了许多基本粒子，丰富了人们对微观世界的认识。近年来，由于遥控、遥感技术和空间科学的发展，观察技术和观察手段正在发生质的变化，观察的广度、深度和精度大为提高，观察的作用日益增强。利用射电望远镜等工具，可以观测到非常遥远的天体；电子显微镜的研制成功及改进，加深了人们对微观结构的认识。因此，随着物理观察方法的不断发展，物理学的研究逐步深入。随着学生物理观察能力的发展，学生的物理创造思维能力也随着提高。

二、物理观察的特点

1. 物理观察有明确的观察目的、观察任务和观察对象，并采用一定的观察方法。物理观察总是与一定的研究课题相联系，为解决一定的科学问题而进行的。这也是观察与感知的明显区别。例如在一次戈廷根的心理学会议上，突然从门外冲进一个人，接着后面追着的人也冲了进来。两人在会场中央混战并打响了一枪，这两个人又冲了出去。事情发生的时间只有 20 秒钟。这件事是事先安排的，并全部照了像。会议主席当即请与会的心理学家写出自己目睹的经过。结果在上交的 40 篇报告中，仅有一篇在主要事实上的错误少于 20%，其中 14 篇有 20% 至 40% 的错误，另外 25 篇有 40% 以上的错误，有 20 篇以上的报告中有 10% 以上的细节是纯属虚构的。这种情况之所以会发生，就是由于他们所进行的是一般的感知活动，而不是观察，它是在没有目的、任务、对象和方法的前提下进行的。

2. 物理观察有明确的理论作指导，讲究科学的观察方法，带着明确的目的任务。在经典物理学中，一般是通过观察和实验，把所获得感性材料进行归纳整理加工，从中总结出物理规律。而在现代物理学中，更多的则是运用观察去检验某一假说、预言及理论的正确与否。所以科学观察发展的一个显著特点，是理论对观察的指导作用越来越强。可以说，现代物理学中的观察活动是离不开理论指导的。

3. 物理观察要综合运用各种感官的作用，要有思维的积极参与。物理观察不仅要通过视觉，而且要综合运用听觉、触觉、嗅觉、味觉等感觉器官。更重要的是要有思维的积极参与，进行一定的分析、综合、比较、分类、判断和推理。没有思维的观察是无法进行、也是不存在的。

4. 物理观察需要准确而周密的观察记录。要用规定的术语、约定的符号、标准的计量单位并借助绘图、摄影、微机等手段，把观察结果详细地记录下来，用以作为进一步分析整理的原始资料。

5. 物理观察在必要的时候要借助于先进的科学仪器。特别是在现代物理观察中，已离不开科学仪器。

三、物理观察的作用

1. 观察是科学认识的重要源泉。通过观察发现问题是形成物理学研究课题的重要方法，正如法拉第所言：“没有观察就没有科学，科学发现诞生于仔细地观察之中。”

2. 观察是获得感性材料的基本途径。观察的任务是考察自然、记载事实和描述自然发生的各种现象。在物理学习和研究中，如果没有研究对象的第一手资料，就无法认识其本质和规律，可以说，物理概念、规律和理论都是在观察实验所获得的第一手资料的基础上形成和建立的。正如爱因斯坦所说：“理论所以能够成立，其根据就在于它同大量的单个观察关联着，而理论的‘直理性’也正在于此。”

3. 观察可导致理论发现与技术发明。如对X射线和放射性现象的观察研究，导致原子结构理论的问世；通过实际观察的启发后，发明了威尔逊云室、电子蛙眼、气泡室等。

4. 观察是检验科学理论的重要方法。任何假说，只有经过科学事实的反复检验，才能最终确定为科学理论，而观察就是重要的检验手段之一。如万有引力理论预言的地球形状、哈雷彗星的回归周期、海王星和冥王星的存在，都相继被科学观察事实所证实，从而确立了万有引力定律的正确性。爱因斯坦的广义相对论，也是经过光线在引力场中的弯曲、水星近日点的进动及光谱线在引力场中的红移等天文观测检验后，才得到了人们的普遍承认。

5. 物理观察是培养能力、发展智力的重要途径。首先通过观察可培养发现问题和提出问题的能力；其次在物理观察中，必须结合初步的分析与综合、比较与分类、抽象与概括、归纳与演绎等思维活动，所以在这些活动中，必然能增强思维能力。捷克教育家夸美纽斯说得很好：“一个人的智慧，应从观察天上和地上的实在东西而来。同时，观察越多，获得的知识也越牢固。”

6. 观察能力是人类创造思维能力的重要组成部分。观察能力在人的一切活动领域中都是必需的。观察力强的人观察速度快、观察准确、并且在单位时间内观察客观对象的数目多,能够迅速、准确、全面地获得事物的信息。达尔文曾自我评价说:“我既没有突出的迅速理解力,也没有过人的机智。……但在发觉那些稍纵即逝的事物并对它们进行仔细观察的能力上,我是超过常人的。”就是达尔文这种超常的观察能力,使他发现了生物进化论。再如千百万人都见过苹果落地,唯有牛顿以此为思路悟出万有引力定律;许多人都分离过空气,唯有瑞利发现了惰性气体;几乎家家都有水壶,唯有瓦特发明了蒸汽机;看到过 X 射线的不乏其人,但唯有伦琴发现了它。这些科学家之所以能作出发现或发明,就是因为具备了超常的观察能力。

第二节 观察思维能力的培养与训练

一、物理观察的基本素质的培养与训练

1. 激发学生进行物理观察的兴趣

因为兴趣是最好的老师,所以要培养和训练学生的观察能力,首先必须激发学生对观察的兴趣。在教学中,首先要让学生了解观察的重要意义,这可从教材中的序言、物理学家的故事,科学发现的生动史实,向学生介绍观察的意义。并可结合教学,布置观察任务、进行有关的竞赛等,并在教学中教师以身作则,以实验观察为基础进行物理教学,形成物理观察的气氛与环境。

观察兴趣的培养可从有趣→乐趣→志趣进行逐步培养,自然现象、生活中的物理现象以及一些演示实验,感染力强,都能使学生对观察感到有趣。教学中再进一步把有趣,发展为乐趣。使学生在知识的学习中,进行有目的的观察,把观察与思维结合起来,深入到事物的内部,边观察边思维。在乐趣的基础上进一步把观察发展为志趣,从而积极主动地去观察,去探索,并亲自动手实验和创造性地设计实验,通过观察实验现象,以探索自然界

的奥秘。

2. 思维积极参与观察

在观察的过程中,各种感觉器官分别接受各种不同的刺激,并将刺激转化为神经冲动,经感觉神经传入脊髓或大脑,建立有机体同内外环境间的联系。因此,观察并不只是感觉器官同外界的作用,而且也包括感觉器官与大脑的相互作用,所以观察应与思考相结合,观察离不开思维。在教学活动中,让学生的思维积极参与观察,而且还要延伸到观察之前和观察之后。在观察之前,训练学生确定观察的对象、观察的目的、计划和方法等;在观察过程中训练学生多思考、多分析,以便获得真实可靠的感性材料;在观察结束后,训练学生分析处理观察结果,总结规律。可以说,没有思考的观察是不存在的,只有在观察前、观察中、观察后积极引导学生去思考,学生的观察能力才能得到发展,正如俗话说:“处处留心皆学问,勤察深思出真知。”

3. 积极使用观察工具

由于人的感官都有一定的阈值,超出一定的限度,观察对象的一些属性就不能在观察中被感知,如人眼看不见X射线、红外线、无线电波等,人耳听不到超声和次声等,而且感官使观察的精确性受到限制,如人无法准确判断气温、物重、微小时间、运动速度等等,所以学会使用观察工具是观察的基本素质。如望远镜、显微镜、天平、钟表、压力计、温度计、分光计等等。对观察仪器的使用和掌握可逐步达到以下程度。一是了解它的性能和作用;二是了解各部分的功能和作用;三是学会使用方法和简单的维修方法;四是了解保养方法,使用中能按要求正确使用。

4. 学会做观察记录

对观察的结果会准确地记录在表格中,并能逐步设计记录表格,自行填充。一般的观察记录包括观察对象、时间、地点、条件、环境特点,以及特定的记录数据和记录内容,并能采用规定的术语、约定的符号、标准的计量单位并借助绘图、摄影、微机

等手段,把观察结果正确记录下来。还要对观察记录进行整理,并用文字和语言表达出来。

5. 养成实事求是的科学态度

观察记录的数据要真实,符合与不符合自己预想的结果,都要如实记录,不要为减小误差而涂改自己观察到的原始数据,实事求是地作出应有的结论,如误差太大应寻求原因,予以改进。最好几个同学一同实验、观察,相互配合,培养合作精神。

6. 遵循物理观察的基本原则

在物理观察能力的培养与训练过程中,要让学生了解物理观察的基本原则,在物理观察中要遵循客观性、全面性、连续性、典型性、重复性等基本原则。

客观性原则要求在观察中获得真实准确反映客观世界的各种事件和科学事实。这样才能保证研究成果的真实性。坚持观察的客观性,就要尊重事实,不带任何主观偏见。反映客观对象时,不能扩大,也不能缩小,更不能臆造。如果观察中掺入了主观的感情因素,把希望看到和愿意看到的事实当作观察事实,必将使科学研究走向谬误。

全面性原则要求在观察中透过各种现象揭示出事物多方面的本质。因为事物的现象是多种多样的,事物的本质也是多方面的,只有对自然事物的各种关系和各个方面进行客观全面的观察,占有丰富而系统的观测资料,才能够发现规律。这就要求全面进行观察。如从空间上说,观察由线到面再到立体,观察全部有关空间内发生的现象,也可从时间演化上观察它的各个发展阶段和发展全过程;还可从客观对象的内部关系以及与其他事物的相互联系上,观察它的整体特征。当然这也不影响对某一局部的特殊重点观察。如果不遵从全面性原则进行观察,往往会得出片面的、甚至是错误的结论。

连续性原则要求在观察上,系统地把握研究对象的整个变化进程,从而找出其发展的规律,物理学史上许多科学家几十年如

一日地坚持连续观察，并导致重大发现的事例，充分说明了坚持观察连续性的重要意义。如第谷、哥白尼、法拉第等都是在连续性观察的基础上获得重大发现的。

典型性原则要求在观察上，对有代表性的对象，在比较典型的条件下，观察其比较纯粹的状态，让其主要的方面和过程充分暴露出来，保证观察结果的典型意义和代表意义。因为自然界的事物和现象千差万别，我们要研究的对象在范围上极其广泛，数量又极其多，性质和形式更是多种多样。但我们所能观察到的事物和现象是有限的，这样要通过对有限事物的观察，而获得全面、准确的科学事实，就必须坚持观察的典型性原则。典型性观察主要包括两方面，一是选择典型的观察对象，即观察对象要有代表性；二是选择典型的观察条件，即选择自然过程少受干扰的环境和条件，以便得出更为符合实际的观察结果。

重复性原则要求在观察上，对所观察到的现象，能多次重复观察到。这是因为同一观察对象的发展变化是复杂的，其本质属性的表现有时也会出现异常，有时甚至被隐蔽起来。因此，通过一次或少数几次的观察就轻易下结论，往往会出现错误，所以要坚持观察的重复性原则。

二、在物理教学中，让学生学会和掌握正确的观察方法

掌握正确的观察方法，才能从似乎平常的事物和现象中找出有关方面的联系，从众多的事物和现象中找出规律。所以要在科学上有所发现、有所创造，就要学会和掌握正确的观察方法。

1. 有意观察法。有意观察法就是针对所要了解的问题，进行有的放矢的观察。在教学中观察的目的一般有两种：一是学生迄今未知或未加阐明的事实，让学生从观察中得到知识和发现问题；二是判断理论是否符合事实，让学生去证实理论或验证知识。根据观察的目的来制定计划，在观察同一现象时，由于学生的兴趣爱好不同，他们注意到的事物就会有所不同。这就需要教师去引导学生对某一现象，或某一现象的某些方面进行有意观察，达到

观察的目的。

2. 长期观察法。自然事物或现象的发展变化微妙曲折，周期长短不一，有时需要进行长期观察，才能得到系统的资料。运用这种观察方法就要制订周密的计划，并作好观察记录。

3. 细微观察法。事物的变化有时是细微的和偶然的，而细微的变化中往往蕴藏着质的飞跃，偶然的変化中包含着必然性。所以对偶然观察到的异常现象也不能轻易放过。许多重要发现虽然常常在特定的条件下带有偶然性，但在偶然性观察中也会发现必然的规律。例如伦琴发现 X 射线、贝克勒尔发现放射性现象、奥斯特发现电流的磁效应等，无一不是从观察到的某种偶然现象开始的。细微的观察要求学生注意力十分集中。因此教师要让学生明白细微观察的意义，根据学生的年龄心理特点增强学生的观察兴趣，使学生的观察不致于漫不经心、走马观花。对于短暂的现象教师要注意适当的重复。引导学生多动脑筋，提出问题。

4. 精确观察法。观察贵在精确，既要注意事物状态的变化，又要注意事物量的变化，这样才能更有效地揭示事物的变化规律。

5. 归纳观察法。反映物理现象、物理过程的本质属性，总结物理现象和物理过程的一般规律、或研究变化因素较多的问题时，通常采用归纳观察法。即通过对个别现象的分别观察，得到一些个别的结论后，再归纳概括得出一般的规律。例如为了研究电流强度、电压和电阻三者之间的关系，就是先在确定电压不变的情况下，观察电流强度和电阻之间的关系；然后在确定电阻不变的情况下，观察电流强度和电压之间的关系；最后归纳得出欧姆定律。

6. 对比观察法。对两个事物、现象进行对比，或对某一现象发生前后情况进行比较是人们认识物理世界的重要方法。例如在观察水的沸腾现象时，对水沸腾前后进行比较就会发现，在沸腾前，水内部形成的气泡在上升过程中逐渐变小，以至未达液面就消失了；在水沸腾时，气泡在水中上升过程中逐渐变大，达到液