

中国人有中国人的学习方法

博士

与中学生

谈物理学习方法



钱盛友 周心一 肖长明 著
湖南师范大学出版社

82250

博士与中学生

谈物理学习方法

BOSHI YU ZHONGXUE SHENG

 湖南师范大学出版社

博士与中学生 谈物理学习方法

钱盛友 周心一 肖长明 著

责任编辑：阙永忠

责任校对：刘琼林

湖南师范大学出版社出版发行

(长沙市岳麓山)

湖南省新华书店经销 长沙市银都教育印刷厂印刷

850×1168 32开 6印张 150千字

1999年12月第1版 1999年12月第1次印刷

印数：1—5200册

ISBN7—81031—832—2/G·377

定价：6.80元

* 卷首寄语 *

物理是中学阶段新增的一门重要课程。由于物理学研究的力、热、电、光等现象与生活密切相关，同学们刚开始接触物理时兴趣比较大。学过一段时间或者经过几次考试后，一些同学可能会泄气，大部分同学都感觉到物理难学。物理难学究竟难在哪里呢？本书根据中学生的认知特点、中学物理知识体系及考试命题的趋势，详细阐述了学好物理的方法。

全书共分八讲，涉及中学物理学习的各个方面。第一讲介绍了学习物理的基本方法和技巧；第二讲通过对生活中一些物理现象的分析，引导同学们学会应用物理知识和从生活中学习物理；第三讲和第四讲在对中学物理内容进行总结和归类的基础上，讨论了如何正确理解物理概念和掌握物理规律；第五讲介绍了物理学中常用的一些数学方法和思维方法；第六讲分析了中学物理实验的类型、方法，实验题的特点及实验的重要性；第七讲以大量的实例揭示了解答物理习题的过程及基本方法；最后介绍了中、高考物理复习及应试的技巧。虽然书中所举的例题均为中学物理教材中的关键问题，但是本书的目的并非为了讲清教材中的某些内容，而是为了全面地提高同学们的能力。

本书由钱盛友、周心一和肖长明三位博士合作完成。三位博士一直在从事应用物理或理论物理的研究和教学工作，书中的学习方法集中了三位博士自己学习物理的体会。具体编写分工为：二、三、六、七、八讲由钱盛友博士负责，第一讲及第四讲由周心一博士负责，第五讲由肖长明博士负责，最后由钱盛友博士负责统稿。编写过程中参阅了许多相关的书籍，同时得到了刘发明老师、孙国武硕士的帮助，在此一并表示诚挚的谢意。

由于时间匆忙，书中难免有些失误，敬请读者指出。本书如能对广大中学生朋友学习物理有所帮助和启发，我们会感到非常欣慰。

编者

1999年10月

目 录

第一讲 学习物理的基本方法和技巧	(1)
第二讲 从生活中学习物理知识	(17)
§ 2.1 生活中的力学问题	(17)
§ 2.2 生活中的热学问题	(23)
§ 2.3 生活中的电磁学问题	(27)
§ 2.4 生活中的光学问题	(34)
§ 2.5 生活中的其它物理学问题	(37)
§ 2.6 小结	(39)
第三讲 正确理解物理概念是学好物理的关键	(40)
§ 3.1 运动和力	(41)
§ 3.2 振动和波	(49)
§ 3.3 热和能	(52)
§ 3.4 电和磁	(55)
§ 3.5 声和光	(58)
§ 3.6 原子和物质	(60)
§ 3.7 小结	(63)
第四讲 如何掌握物理学中的基本定律	(64)
§ 4.1 自然界中的基本守恒定律	(66)
§ 4.2 力学与运动学定律	(76)
§ 4.3 热学与分子物理学定律	(85)
§ 4.4 电磁学定律	(90)

§ 4.5	几何光学定律	(99)
§ 4.6	小结	(107)
第五讲	物理学中的数学方法	(109)
§ 5.1	数学方法在物理学中的作用	(109)
§ 5.2	物理量的函数表示	(114)
§ 5.3	物理量的平均值及近似计算	(122)
§ 5.4	物理问题的几何化	(130)
§ 5.5	物理学中的逻辑方法	(132)
§ 5.6	小结	(139)
第六讲	实验方法和实验技能在物理学习中的地位	(140)
§ 6.1	实验在物理学研究、发展中的重要作用	(140)
§ 6.2	学好物理实验的方法	(144)
§ 6.3	中学物理实验的类型	(147)
§ 6.4	实验数据的处理方法	(149)
§ 6.5	实验题的特点	(152)
§ 6.6	小结	(159)
第七讲	如何正确解答物理习题	(160)
§ 7.1	解答物理习题的过程	(160)
§ 7.2	力学习题的解法	(164)
§ 7.3	热学习题的解法	(168)
§ 7.4	电磁学习题的解法	(171)
§ 7.5	光学习题的解法	(175)
§ 7.6	小结	(176)
第八讲	中、高考物理应试策略与技巧	(178)
§ 8.1	中、高考对考生的要求	(178)
§ 8.2	近几年高考物理命题的特点和趋势	(179)
§ 8.3	考前准备	(181)
§ 8.4	临场应试	(184)

第一讲 学习物理的基本方法和技巧

在和中学生朋友交往的过程中，常常有人问：怎样才能学好中学物理课程？

这是一个看似简单，其实却不容易回答的问题，因为这不是用一句话或几句话就可以给出令人满意的解答的。我们大家都知道，在知识的学习、能力的培养，特别是科学思维方式的形成上是不能靠投机取巧的。既没有窍门好找，也没有捷径可走。要学好任何知识，都需要经过长期不懈的艰苦努力。学习物理知识自然也不例外。如果硬要说有什么诀窍的话，那就应该是认真真、踏踏实实地学好每一个环节，打下坚实的基础。

不过，我们说没有捷径并不意味着学习物理时没有规律可以遵循，而只能靠死记硬背。恰恰相反，物理学有着它自身的本质规律，要想学好物理，首要的问题正是应该按照物理学自身的特点，努力掌握正确的方法，才能真正把握学习的主动性。只有掌握了科学的思维方法和一定的解题技巧，学习中才会收到事半功倍的效果。

那么，什么是正确的方法呢？又怎样才能掌握正确的学习方法呢？本书试图来回答这个问题。当然对于每一个具体的人，在能力、条件等方面都会有一些差别，所以，在学习应用各种学习方法和技巧时应当结合自身的实际。我们这儿所要介绍的是学习物理时所应遵循的一些基本规律和方法，以及我们自己在学习过程中的一些经验和体会。

物理学是一门成熟的科学，不但有系统完整的理论体系、先进的实验手段，而且有许多完善而巧妙的方法值得我们认真学习。物理学中的每一个成就几乎都是由以下几个基本环节组成的：从自然或实验现象→概括总结出规律、定律，形成概念→通过实际应用进行检验→最终建立系统的理论。这是人类认识客观物理世界规律的一般过程，是符合马克思主义认识论的。就学习物理知识的过程来说，大致可分为以下五个相互联系的阶段：

(1) 感知阶段。通过观察获得丰富的有关物理现象的直观印象；(2) 概括阶段。在感知的基础上，对获得的有关物理现象的直观印象进行比较、分析、综合，经过抽象、概括，形成科学的概念和知识点；(3) 系统阶段。将片面的、部分的知识加以综合，纳入自己已经有的知识系统中，形成较为全面的知识体系；(4) 运用阶段。这是学习的目的；(5) 反馈、巩固阶段。通过对学习效果的分析、检验，加深对所学物理知识的理解和掌握，进一步提高分析和解决问题的能力。这五个阶段实际上包含了两个基本环节，前面三个阶段是吸收、积累知识的环节，后两个阶段是运用知识、加深认识的环节。我们如果在学习中能遵循这样的规律，学会了科学的思想方法，就能举一反三、触类旁通，从而学好物理。为此，在学习中应注意以下几个方面：

1. 明确学习目的，提高学习兴趣；
2. 了解学习要求，掌握学习方法；
3. 细心观察，不断积累，就会有所发现；
4. 勤于动手，敢于探索，才能加强认识；
5. 深入思考，大胆想象，促使认识的飞跃。

除此之外，还要注意适当的解题训练，掌握一定的解题技巧，以培养自己分析问题、综合应用知识的能力。现在我们就一起来讨论这些话题。

一、兴趣是学习最好的动力

要学好物理，我们首先应从培养兴趣入手。任何一个人只要对某一样东西发生了浓厚的兴趣，就自然会想方设法去了解它，主动去学习相关的知识，并从中获得极大的快乐和满足。相反，如果他对此毫无兴趣，也就是说没有强烈的求知欲，他就不会去了解、掌握它，即使由于某种客观原因而不得不去学习（例如学校开设了这一门必修课），那学起来也完全是被动的、乏味的。中国古代最伟大的教育家孔子就曾经说过：“知之者不如好之者，好之者不如乐之者。”这里的“好”、“乐”都是指兴趣，只是程度上还有差别，可见古人早已认识到了这一点。

在学校里，老师总是教育我们从小就要明确学习目的，树立为建设社会主义祖国、为服务人民大众而学好科学文化知识的观点，这无疑是正确的。但仅有明确的学习目的作为动力实际上是不够的，青少年具有自身的生理心理特点，爱玩是其天性。如果我们靠说大道理而要求同学们强迫自己抑制天性，仿效古人头悬梁、锥刺股，整天埋头学习枯燥乏味的书本，可以肯定，对绝大多数人来说是不会有的学习效果的。惟有针对青少年的身心特点，提倡寓教于乐的教育方式，让同学们感到学习是一件轻松愉快的事情，在充满快乐的气氛中学习掌握知识。只有这样，教育才能发挥其有效作用。当然这是针对教育者来说的，作为受教育者也应该自觉地、主动地培养学习兴趣，从学习中寻找乐趣，“乐”才是能积极主动学习的起点。随着时间的推移，知识逐渐增加，思想逐步成熟，兴趣慢慢上升为志趣，学习就有了更高的自觉性和目的性。爱因斯坦也曾说过，在学校里和生活中，工作的最重要的动机是工作中的乐趣，是工作获得结果时的乐趣，以及对这种结果的社会价值的认识。培养学习兴趣不仅是应该的，而且也是完全做得到的。

记得杨振宁博士曾经针对一些介绍他求学时代生活的文章说

过一段话，大意是这样的：那些文章说他在西南联大时，学习、生活条件十分艰苦，但他仍坚持认真、刻苦地学习数学和物理，“每天都要做大量枯燥无味的练习题”。他认为其它所说的都不错，惟有“刻苦”两字用于描述学习物理不确切。他觉得学习物理是引人入胜的，做那些物理练习题使他感受到了无限的乐趣，因而他从不觉得学习物理是一件苦事。这些话也同样说明了一个道理，即学习物理对于那些非“好之者”也许是一件苦差使，而对于“乐之者”则恰恰相反。因此我们说兴趣是学习最好的动力。

那么，兴趣从哪里来呢？我们该怎样去培养学习的兴趣呢？兴趣绝对不是靠父母的督促或老师的说教所产生的，而是主要来自一个人对生活的热爱，对大自然的耐心细致的观察，以及对事物本质的探求精神。

人们对自己周围所发生的事情总是深感兴趣的，希望了解和控制自然界是人类的本性。所有的人从孩提时起就有一种健康的天生的好奇心，这种天生的对周围世界的好奇心是十分可贵的。为了满足这种好奇心，许多科学家花费毕生的精力在进行研究和探索、实验和推测，并为整个人类文明的发展积累了大量的知识。同样，我们每个人都会在某些时刻以自己的方式表现出想要了解物理世界的欲望。例如，我们在孩童时期就开始对周围的种种有趣的现象提出问题了：天上的星星为什么眨眼？雨后的天空为什么会出现彩虹？金蛇似的闪电、震耳欲聋的雷声究竟是怎么回事？陀螺为什么转得越快站得越稳？……当然我们那时并不是从物理学的角度去发问的，家长们的回答也各种各样，可能包含浅显的自然知识，也可能是一些美丽的神话故事。随着我们的成长，我们碰到的物理问题就更多了。以风为动力的帆船在海上航行时为何能朝上风行进？雨天路面积水上的汽油膜又为何会显得色彩斑斓？为什么自行车停着的时候要倒下而骑着行驶时却不

倒?……我们提出的问题更理性化了,同时也希望得到的答案包含更多的科学道理。我们不仅希望得到详尽的解答,可能的条件下还希望能亲手试验一番,以便得到更直接的感受,留下更深刻的印象,特别是能从中享受到科学活动的乐趣。由于物理学是研究人们周围的物质世界的基本运动规律的,物理知识与我们的日常生活密切相关,只要注意观察,随时随地都能发现物理知识在现实生活中的用武之地。

另一方面,教师教学时对课程内容中有趣的、耐人寻味的因素的发掘,以及灵活多样的教学方法和生动活泼、富有感染力的语言等,也都有助于激发学习的兴趣。例如在学习物理知识时,如果老师讲课时能将所授知识与日常生活密切联系起来考虑,从周围人们所熟悉的事物中,通过分析、归纳与综合,抽象出相应的物理概念,总结出相关的物理规律,同学们就会感到具体、生动、自然,使物理知识浅显易懂;对物理概念和规律既便于理解,也易于记牢。而同学们如果能在老师的帮助下运用所学知识来解释日常生活中观察到的一些自然现象和疑问,则不仅能看到知识的作用,而且能感受到学习物理的无穷趣味,有助于提高学习物理知识的兴趣。

同学们都爱看电影或小说,一部引人入胜的惊险小说或电影,总是设置一些扣人心弦的悬念,而结果往往是出乎意料之外,又合乎情理之中,给人留下深刻的印象。

爱因斯坦就把物理学的进展过程看做一部侦探小说,这不是没有道理的。在物理学的发展进程中,出乎意料之外的实验事实和现象层出不穷,之所以出乎意料是因为这些现象与原来已知的常理不相符,然而正是这一点促使物理学家去寻找发现新的物理规律,建立新的理论来作出恰如其分的解释,一旦有所突破,意料之外的事情也就变为合乎情理之中了。爱因斯坦本人就是物理学这部侦探小说中一位出色的侦探,他在现代物理的两大支柱

——量子力学和相对论上都作出了重大贡献。

学习物理的过程同样也是侦破物理世界奥秘的过程，同样也会碰到许多出乎意料之外的事件。有经验的教师往往有意识地通过一些巧妙设置的悬念来激发同学们的学习兴趣，再启发学生去悟出其中的道理，从而给学生留下强烈的印象，甚至终生难忘。另外，参加业余科技活动，阅读课外科普读物如《趣味物理学》等，都有助于开阔眼界、启迪智慧、增强兴趣。总之只要我们热爱生活，善于观察，勤于思考，就能激发学习的兴趣，并通过学习来满足自己的求知欲。

二、理解掌握物理概念是基础

物理概念是学习物理的基础，每一本介绍物理学习的书中都十分强调理解掌握基本物理概念的重要性。同学们在解答物理题时出错，归根结底往往还是对一些基本物理概念理解不透，方法没有真正掌握。而高考、中考时常考的大量选择题、填空题，主要就是看同学们对基本概念的理解和掌握，但遗憾的是很少有同学能完全答对，说明大家对基本物理概念还没能很好掌握。许多中学生在学物理时，甚至有些老师在教物理时，常常将主要精力放在背记公式和定理定律上，而忽视了对物理概念的理解和掌握，这不能不说是中学物理教与学中的一个误区。在大力提倡推进素质教育的今天，学习物理应作为培养学生基本科学素养的重要环节，所以我们就更不该试图靠死记硬背公式定义，生搬硬套书中范例来学习物理，而应通过学习物理知识来培养我们基本的科学思维方式，提高科学认识水平。其中如何透彻地理解和真正地掌握物理概念则是学好物理的基础。

然而，物理概念的学习不仅同学们觉得不易掌握，教师也觉得不好教。其主要原因一是由于数量多，据统计，中学物理中的物理概念达 129 个之多，且其中有一些比较抽象，例如功和能、波动以及场等重要概念对初学者来讲较难理解。二是日常生

活中的某些常识、经验等所造成的错误印象妨碍了正确认识的形成，例如由于汽车、自行车等失去动力就要停下来，因而错误地认为力是维持运动的必要条件（其实力是改变运动状态的条件而非维持运动的条件）；又因为用力越大自行车就骑得越快而认为物体运动的速度与其所受作用力成正比（实际上作用力只与加速度成正比）等。三是其它方面的一些外来影响有时会引起概念上的混乱，例如物理学中关于物体的质量和日常生活中关于产品的质量是两个完全不同的概念；再如关于运动的相对性，本来并不难理解，但由于政治课上讲授哲学时说运动是绝对的，静止才是相对的，如果教师没有能讲清这里面的本质差别，就可能使同学们感到无所适从；等等。另外如教师或学生一方或双方对学习掌握物理概念重视程度不够等，也都是造成物理概念学习效果不佳的原因。

由于学生的年龄特征、知识基础、思维水平发展的阶段性，中学物理中的许多重要概念的内涵和外延都是在纵向不断深化、横向不断扩展，最后才能达到比较全面深刻的认识水平的。例如质量，初中时只是说质量是物体所含物质的多少（即物质质量）；到高中学习了牛顿运动定律、动能定理、动量定理等之后，才能理解质量是物体惯性大小的度量（惯性质量）；学习了万有引力定律之后，就能理解质量是物体间产生引力作用本领大小的度量（引力质量）；而爱因斯坦质能方程则进一步表明了质量与能量之间的内在联系。通过所有这些内容的学习，才能最终对质量的概念形成较为完整的认识。又如能量守恒、质量守恒是自然界最基本的规律之一，中学力学中开始只讲到机械能守恒；学习了热力学、电磁学等之后就可以理解各种形式的能量都能相互转化，并遵循能量守恒定律；学习了原子物理，特别是爱因斯坦质能方程之后，就将原本似乎不相干的质量和能量守恒联系到了一起，并遵循统一的质能守恒律。

在我们刚开始学习物理时，对强调掌握物理概念会有一些不适应，慢慢地养成了习惯，就会觉得自然起来。随着学习内容的增加，接触到的概念越来越多，重又感到有一定难度；但只要坚持不懈，当我们的物理知识积累到一定程度并逐步系统化，就会渐渐觉得真正需要记忆掌握的概念又变得少起来。例如力的概念，我们从重力、弹力、摩擦力等开始，逐渐又接触到浮力、万有引力、库仑力、安培力、克里奥力、洛仑兹力、分子力、核力等等，显得越来越多；以后我们会知道，宇宙中任何物体的相互作用最终均可归结为四种基本作用，即万有引力作用、电磁作用、强相互作用和弱相互作用，而在经典物理中，则只需要考虑前两种作用。又如，中学电磁学中有几个左、右手定则，用来判断电磁场或其作用力的方向，同学们都会感到容易混淆，有些老师还特意想出种种记忆方法来帮助判断。但当我们完整地学习了电磁场理论后，特别是使用了矢量场这一数学工具后就会明白，所有这些都是电磁场理论自然的结果，这些判断定则并无独立的意义。因此，我们在学习物理概念时，须要循序渐进，由易而难，逐步深化物理概念的内涵，提高自己的认识水平。

三、正确理解公式的物理意义

物理概念固然重要，但仅仅掌握概念对于真正学好物理是不够的。物理学发展到今天早已是一门成熟的科学，对于任何物理问题，我们已不满足于仅仅停留在逻辑思维的概念论证阶段，而且需要准确的定量结果以用于解决实际的问题。这就需要用适当的数学工具。中学物理中大多数定义、定律、定理等都是借助数学公式来表达的，这样做不仅可以将物理规律的意义简洁明了地表示出来，同时也表现出了公式中各物理量之间的定量关系，使得我们可以充分利用数学工具来实际问题。但有些同学在学习物理公式时，却往往忽视了其中的物理意义，而仅仅从数学关系上来理解，这是十分错误的。

在解答物理问题时常常要用到大量的数学计算，可见物理学与数学密不可分。事实上，近代科学史上有许多方面数学和物理学的发展是相辅相成的。但是，物理学与数学毕竟是两门不同的学科。数学主要面对的是抽象的“数”，而物理学尽管其基本规律也是经抽象出来的，但它面对的仍然是具体的物质世界。数学与物理学之间的这种差别主要就体现在数学表达式的物理意义上。

例如，由数学表达式 $z = x/y$ ，我们说 z 正比于 x 而反比于 y ；将上式改写成 $y = x/z$ ，则可表示 y 正比于 x 而反比于 z 。在电学里欧姆定律表述为：导体中的电流跟它两端的电压成正比，跟它的电阻成反比，即 $I = U/R$ 。也可将此式改写为 $R = U/I$ ，初中物理中导体电阻的导出就用了此式。但如果由此认为电阻正比于其两端的电压而反比于流过它的电流那就大错特错了。导体的电阻是物质本身的特性，取决于其材料性质及几何形状等，而与其所在的电路特性无关。那么为什么会出现这种概念性错误呢？就是因为这些同学只是根据数学公式的表面现象看待上述关系，而没有能真正理解公式的物理意义。在上面的数学表达式中，变量 x 、 y 、 z 都只是一个符号而已，本身没有特殊的含义，因而地位是完全相同的。习惯上我们称等式右边的为自变量，左边的为应变量。该表达式只是表明了三者之间的关系，即应变量随两个独立的自变量而变。在电路中电压 U 、电阻 R 可看做是独立的变量，电流 I 是由 U 、 R 所决定的应变量，欧姆定律就说明了这样的关系。但在改写后的表示式中， U 和 I 并非相互独立的自变量， R 也不是由 U 和 I 所决定的量。后一种写法仅仅表示我们可以通过测量导体两端的电压降和流过导体的电流来求其电阻值，可以通过它们来求但并不等于由它们所决定，这就是物理与数学概念上存在的差别。又比如，由电功率公式 $P = IU$ 和欧姆定律，导出了直接由流过导体的电流 I 或导体两端的

电压 U 来计算电功率的两个公式 $P = I^2 R$ 和 $P = U^2 / R$ 。在讲述为何要采用高压进行远距离输电时就是根据前一式：为了减少输电线路上的功率损耗，通过提高电压、减小电流来实现。曾有一个思考题问，若根据后一公式电功率与电压平方成正比，升高电压将导致功率损耗增加，又该怎样解释？这既是一个典型的概念性问题，也是一个综合理解和实际运用有关物理知识的问题，并且确实很容易给人以迷惑，很多同学都曾被问住。回答这个问题所用到的知识都是中学物理课程以内的，但如果头脑里没有清晰的物理概念和物理图像，试图从数学上去推导几个公式的关系的话，则是很难解释得清的。

首先这里牵涉很多概念：输出功率、损耗功率、负载功率、路端电压、输出电流、负载电阻，还有变压器等等，若是概念不清自然难以弄懂这个问题。书上在讲远距离输电时只提到输出功率和线路损耗功率，因为从发电站角度考虑是无法事先确定用户负载的大小的，但要回答上述问题，则要用到负载的概念。要完整地、严格地解释略显烦琐，这里我们仅简单分析一下，不妨假设电路负载均为纯电阻。

先考虑如图 1.1 所示电路， r_1 表示负载， r_2 表示线路的电阻， $R = r_1 + r_2$ ， U 为电源电压。由欧姆定律， $I = U / R$ ， U 则负载消耗的电功率和线路损耗的电功率分别为： $P_1 = I^2 r_1$ 和 $P_2 = I^2 r_2$ 。

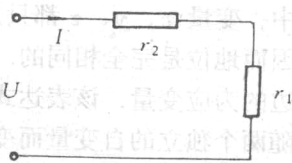


图 1.1

用电压来表示则有： $P_1 = U^2 r_1 / R^2$ ， $P_2 = U^2 r_2 / R^2$ ，两种表示形式没有任何本质上的差别。也就是说，在这个电路中，升高电压不仅不会减少线路的功率损耗，反而会增加损耗。事实上欧姆定律告诉我们电流是与电压成正比的，电压增加电流也将成正比地增加，故电功率将以平方的比例增加。这么说是不是高压输电的想法错了呢？当然不是。由能量