ZHONGXUEWULIJIAOXUEDE LILUNYUSHIJIAN

中学物理教学的理论与实践

张熊飞 著



教育科学出版社

中学物理教学的理论与实践

张 熊 飞 著

教育科学出版社

内 容 说 明

本书是为了适应教学改革的形势，探讨大面积提高中学物理教学质量的客观规律而写的．第一编为中学物理教学理论．论述了中学物理教学的目标论、心理论、教材论、过程论、方法论、艺术论等．第二编为中学物理教学实践．阐述了如何备好课，如何建构学生的认知结构，如何进行爱国主义教育和辩证唯物主义教育等．

本书作者具有30年中学物理教学和研究的丰富经验，因而内容紧密联系实际，具有强烈的实用性．适宜于高等师范院校、教育学院、卫星电视教育、函授等学员的教材．特别对广大中学物理教师和教研人员，是一本难得的有价值的教学参考书．

中学物理教学的理论与实践

张熊飞 著

教育科学出版社出版
（北京北三环中路46号）
新华书店首都发行所发行
蓝田县印刷厂印刷

开本850×1168　1/32　印张14.25　插页2　字数355千
1990年11月第1版　1990年11月第1次印刷
印数：1—2000
ISBN7-5041-0540-6/G·502

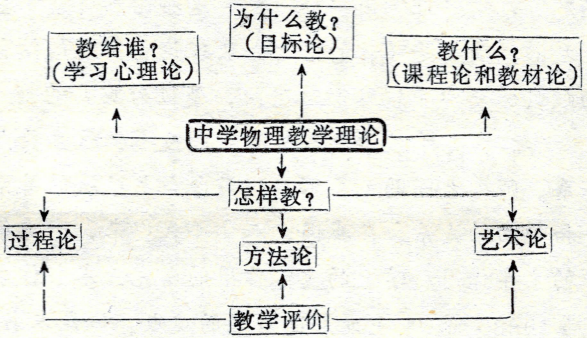
定价：7.00元

序

阎金铎

近些年来，中学物理教学理论和实践方面的研究工作，正在不断深入地开展。反映这方面成果的论著不断涌现。这本书则是其中颇具新意、颇有创见的一朵新花。

本书第一编论述中学物理教学的理论。从内容来看，其结构体系如下图所示：



在这个理论系统的指导下，第二编更具体地论述了中学物理教学实践。着重以物理实验为认识论基础，比较系统地阐明了概念教学、规律教学、习题教学、复习教学等。以丰富的教学经验和翔实的资料突

出的阐述了在中学物理教学中，如何为实现中学教育的总目标作出应有的贡献，如何以知识教学为核心，寓能力培养和品德教导于知识传授之中。并对中学物理教学中的爱国主义教育和辩证唯物主义教育，以及物理学方法论等，进行了专题研究。

本书比较广泛地涉及了当前中学物理教学的许多理论和实践问题，其中有一些论点很值得我们重视。这主要是指：

其一，关于加强思维科学的研究。本书中，作者根据自己的研究成果，在论述物理学中的形象思维的基础上，着重论述了形象思维与物理教学；并阐述了一些新论点。作者认为：目前物理教学的低效率这个世界性问题，其根本原因乃是没有充分发挥形象思维的作用；学生只所以“难以理解”，关键是“难以想象”造成的。作者提出，物理思维的最大特征是：“物理形象和物理概念是物理思维不可分离的基本细胞”。“物理物理，就‘物’论‘理’；‘物’中有‘理’，‘理’中隐‘物’；即‘物’想‘理’，喻‘理’用‘物’。”这些论点贯穿于全书的理论和实践之中，确实是可贵的探索。从理论和实践的结合上，强调中学物理教学要突出培养形象思维，是极为重要的。

其二，关于教学中人际关系的改革。这主要是指师生之间的关系。师生之间的关系不应该是命令与服从的关系，而应该是诱导和帮助的关系。在我国，八十年代以来，一直很重视教学中教师的主导作用和学生的主体作用的研究。本书作者曾在《教育研究》1988年第6期上发表过自己的观点。他在本书中把这作为一条教学原则提出。认为：学生的主体作用表现为积极性、主动性、独立性、创造性；“核心是独立性，突出的表现为思维的独立性。”教师的主导作用表现为积极性、主动性、群体性、创造性；“核心是创造性，亦即千方百计创造性地发挥学生的主体

目　　录

序……阎金铎

引论　做一名合格的创造型物理教师……（1）

第一编　中学物理教学理论

第一章　中学物理教学目标论……（11）
　第一节　中学物理教学目标……（11）
　　一、确定中学物理教学目标的基本依据……（12）
　　二、中学物理教学的学科目标……（13）
　第二节　中学物理教学目标的实施……（18）
　　一、目标系统的整体作用……（18）
　　二、目标系统的具体实施……（20）
第二章　中学物理教学心理概论……（22）
　第一节　中学生物理学习心理的一般特征……（22）
　　一、从人脑的发育看中学生脑生理特征……（23）
　　二、中学生的主要心理特征和思维特征……（25）
　　三、中学生学习物理学的心理和思维障碍……（28）
　第二节　中学生学习心理结构的基本要素……（30）
　　一、两个贯穿要素……（31）
　　二、三个交叉要素……（36）

第三节　中学物理教学中的思维能力……（43）
一、思维的两种基本形式：形象思维和逻辑思维……（43）
二、物理教学中的形象思维……（48）
三、物理教学中的逻辑思维……（62）
四、物理教学中的创造思维……（69）
第三章　中学物理学的课程和教材……（81）
第一节　物理知识的基本功能……（81）
一、知识的理论价值……（82）
二、知识的应用价值……（84）
三、知识的能力价值……（87）
四、知识的教育价值……（90）
第二节　中学物理学的课程结构和教材结构概述……（91）
一、结构、学科结构、课程结构……（91）
二、中学物理学的教材结构……（93）
第三节　中学物理教材分析概述……（98）
一、教材分析对教学的重要意义……（99）
二、教材分析的原则……（100）
三、中学物理教材分析方法的基本理论……（101）
第四章　中学物理教学过程论……（116）
第一节　中学物理教学过程概述……（116）
一、中学物理教学过程的本质……（116）
二、中学物理教学过程的基本结构……（117）
三、中学物理教学过程的基本层次……（119）
第二节　中学物理教学过程的基本规律……（120）

一、规律简述……(120)
二、中学物理教学过程的基本规律……(121)
第三节　中学物理教学的基本原则……(126)
一、教学原则概述……(126)
二、中学物理教学的基本原则……(128)
第五章　中学物理教学方法论……(142)
第一节　中学物理教学方法的灵魂——启发教学……(142)
一、确定教学方法的主要依据……(142)
二、启发教学是一切教学方法的灵魂……(144)
三、中学物理教学中启发教学的几种途径……(146)
第二节　中学物理教学的基本学法和基本教法……(164)
一、中学生学习物理的基本方法……(165)
二、中学物理教学的基本施教方法……(168)
第三节　“诱思探究教学体系”简介……(172)
第六章　中学物理教学艺术论……(180)
第一节　物理学科的科学美与教学艺术……(180)
一、物理学的科学美……(180)
二、物理学的教学艺术……(182)
第二节　中学物理教学的语言艺术……(184)
一、口头教学语言……(184)
二、板面教学语言……(187)
三、态势教学语言……(191)
第三节　中学物理教学的课堂施教艺术……(193)
一、课堂教学的引入艺术……(194)
二、课堂教学的提问艺术……(196)
三、课堂教学的结尾艺术……(198)

第四节　中学物理教学艺术的现代化……(199)
第七章　搞好教学评价，认真落实教学目标……(202)
第一节　物理教学测验……(202)
一、教育测量学的几个基本概念……(202)
二、物理测验的编制……(204)
第二节　物理测验质量的评价……(208)
一、教育统计学的几个基本概念……(208)
二、物理测验质量的评价……(213)
第三节　中学物理课堂教学评价……(217)
一、课堂教学评价的功能和目的……(218)
二、课堂教学评价的基本量化标准……(219)

第二编　中学物理教学实践

第一章　中学物理教学实践概述……(227)
第一节　备课是搞好教学工作的中心环节……(227)
一、备课的重要意义……(227)
二、备课的基本常规……(228)
第二节　突出重点，抓住关键，掌握教学中的
主要矛盾……(230)
一、重点知识及突出重点的方法……(230)
二、关键教材的确定……(234)
第三节　突破难点，为提高教学质量而努力……(235)
一、形成难点的主要原因……(236)
二、教学中突破难点的主要途径……(238)
第四节　编写教案，使教学过程计划化、条理化……(244)

一、编写教案的一般规格……(245)
二、新教师编写教案时应注意的问题……(246)
附一：《动量和冲量》教案……(247)
附二：《动量的变化》教案……(254)
第二章　加强物理实验，是中学物理教学的认识论基础……(259)
第一节　中学物理实验教学的任务……(260)
附：气体等温变化规律的研究……(263)
第二节　中学物理课堂演示实验……(266)
一、物理演示实验及其形式……(266)
二、演示实验成功的基本条件……(267)
第三节　中学物理学生实验……(270)
一、物理学生实验……(270)
二、物理学生实验的主要形式……(270)
第四节　探索性学生实验的具体实施……(273)
一、引导准备阶段……(273)
二、实验探索阶段……(277)
三、分析概括阶段……(279)
四、运用深化阶段……(280)
附：楞次定律的探索性实验教学……(283)
第三章　建构认知结构，是中学物理教学的中心环节……(290)
第一节　形成概念是建构认知结构的基石……(290)
一、物理概念及其分类……(291)
二、学习物理概念的重要意义……(293)
三、中学物理教学中，形成物理概念的一

般过程……(294)
四、物理概念的教学内容……(300)
附一：《密度》教案……(301)
附二：《比热》教案……(305)
附三：《电场强度》教案……(310)
第二节　建立规律是建构认知结构的核心……(315)
一、发现物理规律的途径……(315)
二、物理规律的知识结构特点……(317)
三、物理规律的教学内容……(318)
四、物理规律教学的基本过程……(319)
附一：单摆振动规律的探索性学生实验方案……(320)
附二：《机械能守恒定律》教案……(323)
附三：《弹性碰撞》教案……(326)
第三节　加强习题教学，促进认知结构深刻化、熟练化、智能化……(331)
一、习题教学在中学物理教学中的重要意义……(332)
二、中学物理习题的基本类型及其求解……(333)
三、物理习题教学的最优化问题……(348)
四、上好物理习题课……(367)
附一：电磁感应规律的综合应用……(368)
附二：《牛顿运动定律的应用》教案……(369)
第四节　与遗忘作斗争，搞好复习，使认知结构系统化、综合化、整体化……(373)
一、复习教学的重要意义……(373)
二、物理复习的类型……(374)

三、系统复习中应注意的问题……(375)
附：《动能定理》的毕业总复习教案……(381)
第四章　加强思想教育，是中学物理教学的重要任务……(394)
第一节　加强爱国主义教育，树立民族自尊心和自信心……(395)
一、爱国主义教育……(395)
二、中学物理教学中，爱国主义教育的基本内容……(396)
第二节　加强辩证唯物主义教育，树立唯物的辩证的自然观……(398)
一、中学物理教学中的辩证唯物主义教育……(399)
二、中学物理教学中，量变和质变的对立统一关系……(400)
第三节　重视物理科学方法的教育，是促进学生发展的基本途径之一……(412)
一、观察实验法……(413)
二、科学抽象法……(413)
三、数学工具法……(414)
四、理想典型法……(416)
五、等效替换法……(416)
六、近似处理法……(419)
七、隔离分析法……(419)
第四节　开辟第二课堂，扩大学生视野，培养创造性人材……(432)
一、开辟第二课堂的意义……(432)

二、物理第二课堂的基本内容……(433)

主要参考书目……(435)

后记……(436)

引　论

做一名合格的创造型物理教师

教师被誉为人类灵魂的工程师。人民把祖国与民族的未来委托于教师，希望那一个个含苞未放的花蕾，争艳芬芳，硕果累累。做一名合格的创造型中学物理教师，为四化建设培育各级各类人材，确实是令人羡慕、令人自豪、令人向往的。

那么，一名合格的创造型中学物理教师，应该具备那些最基本的条件呢？

一、热爱自己的事业，热爱自己的学生，为人师表，这是中学物理教师成才的起点

(一) “热爱”是教师发挥主导作用的源泉。“天才就其本质来论，——只不过是对事业，对工作过程的热爱而已。”(高尔基)如果说，学校是培养人才的摇篮，那末，教师则是培养人才的人才。做为人类最宝贵的财富——教育人才，首先要具有强烈的事业心，才能全心全意地投入自己的工作，精益求精地钻研自己的业务，从而取得成就。同时，热爱自己的教育事业，是与甘为事业而献身的精神紧密结合的。人们把教师比作火柴——用自己的生命点燃孩子们心中的火苗。这种“火柴”精神正是教师们献身精神的体现。老一辈教育家吴玉章写道：“人生在世，事业为重，一息尚存，绝不松劲。东风得势，时代更新。趁此时机、

奋勇前进。”这应该成为我们每一位中学物理教师的座右铭。

（二）人们常把热爱自己的教育对象——学生，看作教师的天职和美德，看作教师心灵美的主要体现。热爱学生是教师教育素养中起决定作用的一种品质，是师德的核心所在，是教育艺术的基础。教师的工作对象是学生，教师的事业始终是与学生联系在一起的。教师的生命历程是伴随着一批批学生的成长走完的。没有爱就没有真正的教育；离开了爱学生，教育中的一切技巧与方法，都将变得苍白无力。

教师们都一般容易喜爱好学生，这是非常自然的事情。然而，响鼓更须重锤敲，应该不断激励好学生向更高目标迈进。如果偏爱、溺爱好学生，也不利于他们健康成长，亦容易使其它学生产生逆反心理，从而损害班集体的团结。

是否热爱一般人心目中的“差生”，是衡量一个教师是否真正热爱学生的重要尺度。热爱暂时处于后进状态的学生，这是教师工作的一个难点，也是那些取得教育成就的教师的秘诀。象牛顿、爱因斯坦等为人类做出巨大贡献的人才，也曾在学生时代被人视为“差生”。尊重每个学生，信任他们，发现他们的闪光点，鼓励他们不断前进。记住：没有教育不好的学生，他们都是祖国的未来。

（三）有了高度的事业心，有了热爱学生这个教育事业的原动力，还要记住：育人只能从做人来决定。一个合格的中学物理教师，要能够为人师表，就必须有高尚的品德修养。要塑造别人的灵魂，自己首先要有一个完美的灵魂。

教师的政治素养，是构成师资质量的一个重要内容。“教”与“育”，最后都要落实到培养什么样的人这个基点上。培养人，则有一个思想政治方向问题，这只能由教师自身的思想政治方向来决定。要有正确的政治信仰，坚持四项基本原则；要学习马克

思主义基本理论；对中学物理教师来说，特别要通晓唯物辩证法，只有如此，才能唯物辩证地引导学生认识物理世界。

教师的使命是育人，育人的工作需要心灵美。要以自己的情操志向、言行举止去感染学生的心灵，使他们健康地成长起来。教师良好的性格对学生是一种持久的教育因素。热情开朗，精神饱满；耐心细致，沉着冷静；温和宽厚，心地真诚。这几方面几乎是所有优秀教师都具备的主要心理品质。人的性格特征并非与生俱来，而是在生活过程中逐步形成的。因此，要加强性格修养，刻苦地进行自我锻炼，特别要学会控制自己的情绪，它将给你带来成功。教师要知法、懂法、守法。教师要注重自己的仪表。身教重于言教。总之，人类最美好的品格，教师都应该具备。只有如此，才能塑造出一个个道德高尚的接班人。

二、有最佳的知识结构，是取得最佳教学效果的基本保证

(一) 知识结构精与博的有机结合，要求有比较精深的物理专业知识。中学物理教师的专业知识越丰富，就越能准确地把握教材，了解教材中每一部分内容的意义、地位和在进一步学习中的作用。我们所说的精深，主要是对系统、完整的物理学知识，特别是对中学教材涉及的知识具有透彻的理解。只有这样，才能居高临下，得心应手，左右逢源，把抽象复杂的物理知识，转化为形象简明的物理语言，把知识教活。

物理学是一门综合性实践性最强的自然科学。这就决定了中学物理教师要有除专业以外的广博知识，通晓数学、化学、天文、地理、生物，以及语文、哲学、逻辑学等相关学科、技术知识、文化知识。受学生欢迎的物理教师，常常是博学的“杂家”。

总之，精通专业，知识广博，方能把学生引向未来的人生道路。然而，精深广博的知识来源于辛勤的积累。要象蜜蜂一样博采酿佳蜜。要有一定数量的教学藏书；要重视读书笔记的积累，采百家之长，成一家之言，孜孜不倦地搜集教学参考资料，丰富自己的知识仓库。“凡是热忱求学的人，也就是有学问的人。”（夸美纽斯）让我们不断求学，成为一个知识渊博的中学物理教师。

（二）一个称职的中学物理教师，应该一手握有所教学科的专业知识，另一手握有教育专业知识。

自己懂得了掌握了的东西，要让学生懂得、掌握，是一件很艰巨的任务。教学既是一门科学，又是一门艺术。教学的成功，表现在最大限度地发挥学生的主体作用。这里既要会教，又要善教。因而要掌握教育专业知识，以便按教育规律去指导自己的教育实践。教育专业理论，是一个分支繁多的庞大家族。如教育学，教育心理学，教育哲学、教育测量学等等；这些学科现在深入到物理教学领域中，如物理教育学，物理教学论，物理教学心理学，等等。教师在师范院校学习时，曾学了一些这方面的理论。到工作岗位后，更要结合教育教学实际，学一点，用一点，随时指导自己的实践活动。

没有理论指导的实践是盲目的实践。那种单凭经验，若明若暗地领悟到一些教学规律，总是难以实现最优化的教学过程。要成为一名创造型的中学物理教师，就要敢当教育家，成为一名植根于学校，既有实践经验，又有教育理论的教育专家。

三、中学物理教师，要具备合理的智能结构，成为创造型的教育人

物理教学过程，就是教师运用自己的认知结构，诱导学生把教

材的知识结构、智能因素和教育因素转化为学生的认知结构①。为此，需要中学物理教师具备良好的合理的完成教学任务的能力。

一方面要有施教能力，譬如，教学组织能力，物理实验能力，语言表达能力，板书板画能力，等等。施教要发挥自己的长处，教出自己的风格。譬如：分析中肯，论证严谨，深入浅出，思路清晰，使学生“开窍”；语言生动，比喻贴切，妙趣横生，思维活跃，使学生津津有味；心灵手巧，善于实验，形象显明，生动具体，极大地引起学生兴趣；等等。

另一方面要具备相当的创造能力。教师主导作用的突出特点是创造性。即创造性地发挥学生的主体作用。或者说，培养开拓型创造人材的教育人材，必然是开拓型创造型的。中学物理教师要创造性地处理教学内容，精心设计最佳的教学方案；要创造性地选择最恰当的教学方法，设置良好的学习情境，渲染兴趣盎然的学习气氛；不断地追求教学工作的创新和最优化，创造性地把学生培养成独立思考、勇于创新的开拓型四化建设人才。

四、要具有强健的身体，永远保持朝气蓬勃的精神风貌

教师职业要耗费巨大的精力和脑力。其一是时间长，从清晨进校到晚上回家，每天都要紧张的活动十几个小时；其二是事情杂。备课、上课、改作业、搞教研、处理班级工作、做学生的思想工作等等，又烦琐，又复杂，需要教师处处用心；其三是变化多。面对活泼天真的青少年，时刻都提出许多意料之外的新问题需要思索解决，情绪处于经常变动之中，时而欢乐激动，时而苦恼忧虑，时而宽慰满意，时而沮丧泄气，也需要耗费相当的精力。

---

①本书所谈的认知结构，包含了人的智能结构和品德结构。

健康的身体和充沛的精力将带来成功和幸福。为此，要注意营养之外，还要坚持不懈的进行体育锻炼。更要有乐观、健全、科学的精神生活。

五、要经常地积极认真地开展教学研究活动

一个优秀的中学物理教师，总是凭借着自己丰富的认知结构来扩展学生的精神世界，发展他们的智力和能力，提高他们的思想和道德水平。然而，物理知识在发展，新科学技术在不断涌现，只有伴随着时代的步伐，积极参加教学研究活动，不断地革新教学思想，充实认知结构，改善教学能力，运用现代教学技术，才能更好地完成教学任务。

中学物理教师开展教学研究活动应该遵循“继承，学习，总结，创新”的原则。

所谓继承，就是要借鉴传统的经验。譬如，我国名著《学记》以及历代教育家孔丘、孟轲、荀况、韩愈、朱熹，王夫之等；近代陶行知，叶圣陶等，对教育教学理论都有精辟的论述，需要研究和继承。国外从夸美纽斯到杜威到凯洛夫也是如此。没有继承就没有发展，采取全盘否定的做法是极为有害的。

所谓学习，就是要涉猎、掌握国内外现代教育理论和教学改革的新鲜经验。譬如，被誉为三大典型学派的美国布鲁纳的“学科结构论”，苏联赞科夫的“新教学体系”，西德根舍因的“范例方法教学论”，以及影响极大的瑞士心理学家皮亚杰的“发生认识论”，等等。国内物理教学改革更积累了丰富的经验，如许国梁教授倡导的启发式综合教学等等。要“博采百家之长”，就要熟知“百家”，尤其是掌握其长；知之愈深，用之愈当。

所谓总结，就是要善于总结自己的成功经验，并在继承和学

习的基础上，把它上升成带有规律性的理论。成功的教学实践，总包含着符合教学规律的合理内核，要善于运用教学理论总结和发现这些教学规律。要坚持写好“课后分析”。不择细流必汇成大河，久而久之，就能成为某方面比较深刻的体会，而总结成文章。

所谓创新，就是把创造性劳动升华为创造性研究成果，是一种较高层次的教学研究。譬如，自己的经验积累到一定程度，就可以在现代教学理论指导下，进一步开展教学改革试验，从而提出自己的一些创造性理论和实践。这实际上就是一种再创造的过程，一种教育科学研究。没有这一创新，就没有大踏步的前进。为此，首先要根据需要性(目的)，创造性(价值)，科学性(依据)，可能性(条件)等方面确定研究课题。其次则要做大量的调查研究工作，以掌握与课题有关的各种动态，查阅有关的文献，并制定出研究计划。最后，要在积累丰富的感性资料的基础上，抽象出规律性的东西，并通过教学实践的验证，概括出规律性的理论。优秀的教师总有自己成套的具有独特风格的理论和实践，中学物理教师要向这方面努力。教学研究将促进自己业务水平的不断提高。

奋进吧！中学物理教师。你们的手中掌握着祖国的未来，民族的希望！

荣誉属于你们，人类灵魂的工程师！

第一编　中学物理教学概论

本编研究中学物理教学的基本理论体系，主要探讨中学物理教学的客观规律。将分别论述：中学物理教学的三维目标结构；中学物理教学的心理概论；课程、教材概论；中学物理教学的过程、规律和原则；以及中学物理教学的方法论、艺术论、教育测量等。

本编是中学物理教学的理论基础。没有理论经常指导的实践，是盲目的实践；没有实践不断充实的理论，是空洞的理论。我们正是本着这样的认识来进行这种探索的。

第一章　中学物理教学目标论

教学目标是教学主体通过教学过程所要达到的基本意图和目的。它解决教学的指导思想问题。

一定社会的政治经济对人材的客观需要，是一定教学目标的决定因素，是一定社会的人们对于当代教学实践活动的能动反映。因而，是一种观念形态的东西，属于一种意识现象。

教学目标对于整个教学过程起着主导的、决定性的作用，它既是教学的出发点，又是教学过程的归宿。切合实际的、科学的教学目标，是达到预期目的、获得良好效果的教学活动存在的必要条件。因而，确定教学目标，往往是教学活动的首要一步，对教学过程起着导向作用。

为了有效地进行教学工作，作为一个中学物理教师，必须正确地认识和理解中学物理教学目标。

本章我们只是从内涵上论述一下中学物理教学的总体学科目标及其实施。

第一节　中学物理教学目标

实现四个现代化，是全党和全国人民在新时期的总任务。如何适应实现总任务的要求，是整个教育战线面临的重要课题。那么，中学物理教学，如何从指导思想上，从本学科的教学目标上，适应这种形势的需要呢？

一、确定中学物理教学目标的基本依据

确定教学目标，要从全局和局部两个方面去考虑，局部服从全局，又体现全局。就是说，学科目标要服从和体现总体目标。中学物理教学目标是中学教育总目标的重要组成部分，或者说，它是根据中学教学的总目标，结合物理学科特点制定的。

首先，从全局来看，中学物理学是普通教育的一门课程，是普通教育的组成部分之一。因此，要从普通教育培养目标的全局出发，来确定中学物理教学目标。

现行中学物理教学大纲根据《义务教育法》第三条的论述，开宗明义指出："普通中学的任务，是为提高全民族的素质，培养有理想、有道德、有文化、有纪律的社会主义公民，并为培养现代化建设需要的各级各类人才奠定基础。"这是新的指导思想，改变了旧物理教学大纲关于"为国家培养劳动后备力量和为高一级学校培养合格的新生"的双重任务的旧指导思想。

为提高全民族的素质，培养四有人才奠定基础，这就是中学物理教学活动的总目标、总出发点、总任务。这就是说，中学物理教学必须为提高我国全民族的思想道德素质和科学文化素质，培养适应社会主义建设所需要的一代新人尽自己的一份责任。

其次，从局部看，也就是从物理学科的特点以及其在普通教育中的地位、作用来看。物理学是研究物质的基本结构、相互作用和物质最基本最普遍的运动形式及其相互转化的学科。物理学的研究对象具有极大的普遍性，它的基本理论渗透在自然科学的一切领域。这就使物理学成为学习其它自然科学的基础。同时，物理学与生产技术具有十分密切的关系；物理学史告诉我们：许多重大的技术进步都是以物理学的发展为先导的。正因为如此，钱

学森曾经指出：天文学、生物学、地学和化学四门学科，从现代科学技术体系的观点看，都可以归纳到物理学和数学。根本的基础学科，就是研究物质运动基本规律的物理学，加上数学工具。许多现代工程技术，也靠物理学和数学这两门基础学科作为支柱。所以物理学和数学也可以称为现代科学技术体系的基础。① 这一切都决定了物理学是中学课程中的一门重要的基础课程，对完成普通教育的总任务起着举足轻重的作用。

第三，中学物理教学目标的确定，还要根据学生年龄特征及生理、心理发展规律。这是由于物理教学有自己的层次性。小学自然、初中物理、高中物理、大学普通物理是四个主要层次。显然，不同层次所面对着不同的学习主体，只有注意学生的年龄特征及生理、心理发展规律，才能制定出恰当的教学目标，从而有的放矢的给予具体落实。否则，目标制定得过高或过低，都不利于它的实现。

教育要适应学生身心发展的要求，才能取得好的效果，这是一条重要的教育规律。结合学生的心理、生理发展特征，正确分析他们的物理、数学等基础知识，以及思维能力、实验技术水平等，认真研究初中阶段和高中阶段物理教学的具体学科目标，既要使大多数教师和学生通过努力能够完成，也要使少数基础好的学生能够充分发挥他们的聪明才智，正是我们的任务。

总之，在为祖国社会主义现代化建设培养全面发展的一代新人的总目标下，中学物理教学可以而且应该作出自己应有的贡献。

二、中学物理教学的学科目标

普通教育总的培养目标，结合物理学科的特点，就提出了中

①钱学森：《现代科学技术》，《人民日报》，1977年12月9日

学物理教学的具体的学科目标。

中学物理教学应该充分发挥本学科的优势，在教学目标上坚持“掌握知识，发展能力、形成品德”的三维结构。既授业解惑，又增长智能，并传道育人。使学生在知(知识结构)、能(智能结构)、德(品德结构)诸方面得到全面发展，培养出能适应社会主义现代化事业所需要的“四有”新人。

下面，我们对三维目标做以概括介绍。至於如何具体培养，我们将在有关部分逐步于以阐述。

(一) 掌握知识

知识是人类在实践活动中，对客观事物认识的成果。在中学物理教学中，必须使学生比较系统地掌握学习现代科学技术和从事社会主义建设所需要的物理基础知识，了解这些知识的实际应用。

为什么需要掌握物理基础知识呢？我们在前面已经有所简述。由于科学技术的迅速发展，社会生活也在迅速改变。显然，一个中学生必须获得作为一个现代的社会主义公民所常用的基本的物理知识。即是将来从事与物理关系甚少的工作，也要在日常生活中遇到许多现代化设备(如家用电器等)，也会遇到“噪声污染”，“能源危机”、“核电站的安全”等全社会注目的问题。对于从事技术工作的人，如果不懂基本物理知识，就不可能提高劳动生产率和经济效益。至于四化建设所需要的一批高级科学技术人才，更离不开物理学这门当代自然科学的中心学科之一。许多自然科学的前沿领域，都与物理学有着密切关系。

那么，什么是中学物理基础知识呢？从物理学科的总体来看，主要是指：发展比较完整、比较成熟的经典物理学，包括研究宏观现象和微观现象的力、热、电、光、原子等分支。只有在中学阶段掌握了这些知识，才能为进一步学习近代物理、近代自

然科学和技术科学打好基础。就经典物理学本身来说，基础知识又指什么呢？中学物理基础知识主要指物理概念和物理规律。学生只有掌握了概念和规律，才能理解物理现象和解决实际问题。

更具体些来说，从中学物理教学整体学科目标的三维立体结构来看，所谓中学物理的基础知识，应该符合下列“四个标准”之一：(1)物理学的主干知识和进一步学习的预备知识；(2)适应现代生活，参加现代化建设普遍需要的知识；(3)在培养学生的观察实验能力、科学思维能力和运用知识能力上能发挥重要作用的知识；(4)在培养学生的科学精神和科学态度等方面有重要作用的知识。符合“四个标准”之一的，还必须满足“一个条件”，即：符合初中或高中学生的年龄、心理、思维特征，是他们能够理解，可以学懂学好的知识，才可以列为基础知识①。

(二) 发展能力

所谓能力，是指顺利完成一定活动的心理特征，客观表现为顺利完成一定活动的本领。它总是与一定的活动任务联系在一起的，当我们提到能力时总要在“能力”前面加一个关于某种活动任务的定语，如工作能力、自学能力、思维能力等。

培养什么能力？现在提法很多，据国家教委中学司有关统计，在中学教学中所要培养的能力，就有400多种提法，据说都有一定道理。显然，我们要抓主要矛盾，要从物理学科的特点出发进行能力培养。应在中学物理教学中，结合知识的传授，着重培养四种能力：观察、实验能力；科学思维能力；运用数学工具的能力；运用物理知识分析和解决实际问题的能力。

---

①雷树人：《在江苏省初中物理实验教材研讨会上的讲话》，《物理教师》，1990年第2期。

从四方面能力来看，观察实验是基础，思维是加工过程，运用则是目的。具体来说，观察、实验是获得知识的源泉，其目的是感知物理现象，取得感性认识，这是学好物理学的认识论基础。思维是大脑对客观事物的间接的能动的反映过程；思维能力是人们在感性认识的基础上，通过大脑的一系列改造加工活动，即进行形象思维和逻辑思维，从而获得对客观事物的本质和规律的认识能力。这是学习物理学的核心环节。数学方法为物理概念和物理规律提供了简洁、精确、形式化的语言和表达方式，简化和加速了物理思维的进程，亦是进行物理问题推理、论证的有效工具和抽象化手段。运用数学工具，是学习和掌握物理学的科学语言和逻辑形式。至于运用所学的物理知识说明、解释现象，分析和解决实际问题，这是学习物理的总效果。教学效果是教学工作的灵魂。教学中，要注重培养学生逐步掌握处理物理问题的基本思路和技巧，掌握研究物理学的基本方法等。

培养能力问题，十多年来在中学物理教学中日益受到重视，取得了一定成效。但这个问题还远远没有解决。譬如，上述各种能力的具体含意如何；通过何种教学途径来培养；如何根据不同的物理内容和学生不同阶段的年龄特征，提出不同层次的能力要求；以及如何科学的评价中学生的各种能力；等等，都还有待于深入地研究。这正是每个中学物理教师的用武之地。

（三）形成品德

品德，一般是指有利于人们进行各种实践活动的智力因素以外的全部心理因素系统，一般又称为非智力因素。

心理是人脑对客观世界的主观反映，心理学是研究人的心理活动规律的科学。根据心理学的研究，人们对待客观世界的心理活动一般由两大系统构成：其一，认识活动系统，指认识过程，

也就是认识客观世界。主要包括感觉、知觉、记忆、思维等，我们称为智力因素。其二，意向活动系统，指情感过程和意志过程，也就是改造客观世界。主要包括情感、动机、兴趣、意志、习惯、性格等等，我们称为品德，或非智力因素。在任何心理活动中，智力因素和非智力因素都同时在发挥着作用，它们相互联系而又相互转化。动机、兴趣、意志等，都伴随着一定的感知、思维等过程，并以认识过程为基础；浓厚的兴趣、热烈的追求、顽强的意志、远大的理想、……都能强化大脑神经细胞的活动，调动人的主观能动性，促进智力因素的发展。一个学生学习质量的优劣，未来可能取得的成就的大小，不仅仅取决于他的智力水平的高低，而且在很大程度上还取决于他的非智力因素的发展和发挥状况。聪明反比聪明误，这样的事例比比皆是。据研究：学生学习困难，不等于智力有问题，有三分之二是非智力因素造成的。①

要培养适应现代社会需要的全面发展的一代新人，非智力因素本身就是一个重要的培养目标，它要靠学校的整体教育工作来完成，中学物理教学应从自己的特点出发承担应有的任务，主要有以下四方面：1．对科学的兴趣和热爱；2．科学态度、科学精神和科学习惯；3．对祖国、对家乡的热爱，树立民族自信心和自尊心；4．进行辩证唯物主义观点的教育。

过去对于发展学生智力因素，我们比较重视，但对非智力因素的培养则注意较少、研究不够；特别在理科教学中往往认为可有可无。近几年强调非智力因素的教育，是非常及时、非常必要的。这又是中学物理教师的一个用武之地。

---

①据《上海大众卫生报》，1990年8月8日讯。

第二节　中学物理教学目标的实施

一、目标系统的整体作用

明确了中学物理教学的学科目标的内涵，还应进一步分析目标系统在中学物理教学中的整体作用，以及实施时应该注意的问题，以便在教学实践中，充分发挥其正功能。

系统科学的整体原理认为：任何系统都是有结构的，即有内部联系的；系统内部各部分之间的联系是有规律的，但系统的整体功能不等于各孤立的组成部分的功能之和。如果整体内各组成部分间的联系是协调的、互补的，那么，这些部分的组合就会形成一个新的整体功能，其功能要大于各部分功能的总和；“三个臭皮匠，胜过诸葛亮”，就是如此。反之，如果整体内各组成部分之间的联系是失调的、冲突的，那么，整体功能就可能小于各部分功能的总和；“一个和尚挑水喝，两个和尚抬水喝，三个和尚没水喝”，就是证明。因此，系统的整体功能，等于各组成部分的功能之和与各部分相互联系所形成的结构功能的代数和，即

$$E_{整} = \sum E_{部} + \sum E_{结}$$

整体原理告诉我们：对于任何一个有其内在结构联系的整体系统，不仅要注意发挥各部分的功能，更重要的是要发挥各部分相互联系形成结构的新功能。

由此可知：中学物理教学目标系统的整体功能，存在于三维立体结构的相互联系、相互作用之中。为了使整个系统发挥正功能而避免负功能，就必须认识三维目标的内部结构，明确它们之间的相互联系、相互作用，并在教学实践中使这个不可分割的整

体优化组合，从而收到最佳教学效果。

在中学物理教学中，我们往往囿于传统思想的束缚，自觉不自觉地把传授知识作为唯一的教学目标。然而，绝大多数中学生将来从事的工作，与物理学科的关系并不大。如果忽略了物理教学在培养全面发展的人中间的教育作用，那么他们千辛万苦学来的物理知识将被逐渐淡忘，这种学习对他们又有多大意义呢？需知智力因素和非智力因素是构成人的个性不可分割的两个侧面。我们的总目标是培养德、智、体、美、劳全面发展的一代新人。在这五个方面中，均既有智力因素又有非智力因素，在人的成长过程中，必须均衡协调的发展，才能形成具有完善个性的一代创造型开拓型人材。如果我们在实际教学中真正落实了物理教学的教育作用，那么学生将来工作后，即使把所学的物理知识淡忘了，他们在学习物理过程中所受到的科学精神、科学态度、科学方法，以及科学习惯等一系列训练，对从事的任何职业都能受惠无穷。我国在1978年颁布、在1981年修订的中学物理教学大纲中，强调了能力的培养；在1989年通过的九年义务教育初中物理教学大纲中，又进一步强调了非智力因素的教导。这在指导思想上突出了三维目标结构的优化组合，正是一个可喜的发展、进步。现在的关键是如何在具体的教学过程中落实。

再就物理学科的教学进一步来分析，传授物理知识只能由本学科的教学来完成，培养能力乃是由有关学科共同来完成，而教导品德则是由学校的整体工作来完成。正因为如此，我们往往对后两者，特别是品德教育缺乏应有的重视。当然，我们必须重视知识的掌握，因为它是培养能力和教导品德的基础和素材，在三维结构中起奠基石作用；否则，“皮之不存，毛将焉附”？！如果我们重视了能力的培养，学生将形成优化的智能结构，就会如锋

刀利剑一样，促进知识的掌握和品德的形成，它在三维结构中起发动机作用；“授人以鱼，不若授人以渔”，正是阐明了能力目标的能动性。而非智力因素是掌握知识、培养能力的条件和前提，它在学生的学习中具有控制、调节、维持和强化等一系列的擎天柱作用，这是人们认识世界、改造世界的精神支柱；我国古代教育把“传道”做为教育的首要任务，我们不可忽视其现实的积极意义。

知识的奠基石作用，能力的发动机作用，品德的擎天柱作用，优化组合成一个整体，方能产生1＋1＞2的最佳效果，以实现学科教学目标，培养出全面发展的优秀人材。

二、目标系统的具体实施

具体实施时，则要注意以下诸方面：

首先，在中学物理教学过程中，应以知识教学为中心，结合知识的教学进行能力的培养和品德的教导。具体实施时，一方面要注意在确定知识教学的内容时，必须充分考虑能力培养和品德教导的需要，不要远离这两者而单纯着眼于物理知识的传授。注意非智力因素的培养，是在教学过程中，在智力因素发展过程中进行的，是自然而然、顺理成章的，而不是牵强附会、穿靴戴帽的。另一方面，还要注意在教学过程中充分发挥非智力因素的作用，创设学习情境，激发学习兴趣，点燃求知火矩，培养良好习惯……以促进知识的掌握和智力因素的发展，从而实现各项教学目标。

其次，在实际教学过程中落实能力培养要抓好三个突破口：(1) 训练学生科学地提出问题。对教师来说，善于激疑，这是一种教学艺术；对学生来说，正确的提出问题，乃是解决问题的一

半。郑板桥的“难得糊涂”，对教学工作来说，恐怕应有更积极的意义。糊涂——明白——再糊涂——再明白，如此循环往复，以至无穷，应该是学生学习的辩证法。(2) 要帮助学生自己建立认知结构，即建立头脑中的知识结构。熟能生巧，能力往往由知识转化而来，是知识的结晶、知识的硕果。诱导学生在脑海中形成知识的网络，这是培养能力的重要一步。(3) 在讲授知识的同时渗透研究问题的方法，着重诱导学生领会获得物理知识的过程及如何应用物理知识，从而使学生学到获取知识和运用知识的能力。

第三，知识的传授只要得法，往往能够取得立竿见影的成效。但培养能力、教导品德的特点则是：春风细雨、点点滴滴；寓于知识、潜移默化；持之以恒、日积月累；各科协作，共同努力。因而，要改变那种对能力和品德的训练采取想到哪、做到哪，带有极大主观随意性的作风。应根据物理学科的知识体系、教学规律及特点，对一个阶段或全程中能力及品德培养的内容、要求，按照科学的次序进行组合和排列，以便有计划有序列地实施。同时，又要与所学习知识的系统化相结合，使二者既各有相对的独立性，可自成体系，又密切联系，相互促进。

知识的教学，我们已经积累了丰富的经验，大家也比较重视。然而，如何使培养能力、教导品德科学化、序列化，真正的溶化于中学物理教学的整个过程中去，这是当前教学改革的热门话题之一，亦是深化教学改革的一个重要方面。我们在后面的有关部分，还要进一步于以具体阐述。

第二章　中学物理教学心理概论

教学理论心理化，使心理科学与教育科学结合起来，这种趋势比以往更密切、更牢固。对中学物理教学来说，当然不能例外。

现代教育思想指出：中学物理教学的主要任务，不仅仅是传授知识，更要注意能力和非智力因素的培养。中学生的学习是一种特殊形式的认识过程，亦是其智力因素和非智力因素共同起作用的过程。既然如此，一个中学物理教师如果对自己的教学对象的心理因素一无所知，或者一知半解，那么，又怎能抓住他们的心理发展变化的规律，又怎能谈得上培养能力和非智力因素呢？如果学生的能力和非智力因素不强，我们又怎么谈得上提高教学的效率，塑造出四化建设所需要的优秀人才呢？因此，进行教学改革，设计教学过程，确定教学方法的重要依据之一，就是要符合学生的心理特征，以便促进学生向着既定的培养目标转化。

总之，为了实现中学物理教学的总目标，我们必须研究在中学物理教学中，学生的一般心理特征和思维特征等。

第一节　中学生物理学习心理的一般特征

中学阶段，一般是十一、十二岁——十七、十八岁。初中学生是十一、十二岁——十四、十五岁，叫做少年期；高中学生为十五、十六岁——十七、十八岁，叫做青年初期。中学阶段可以总称为青少年期或青春发育期。这一时期，是人一生中身心发

展最迅速最旺盛、最关键的时期，也是各年龄发展阶段中的最佳时期，有人把它称为人生的黄金时代。

心理学是以生理学为基础的，不同年龄的生理特征决定了不同心理特征。在人的整个生长发育过程中，有两个生长高峰期：一个是从成胎到两岁左右；一个是从九岁到十六岁。中学阶段正是处于第二个高峰期。这表明：中学阶段对一个人的一生是多么重要。

一、从人脑的发育看中学生脑生理特征

由于思维的基础是脑生理，因而我们首先从人脑的发展看中学生的脑生理特征。

人的中枢神经系统包括脊髓与脑。大脑分左右两半球，体积占中枢神经系统总体积的一半以上；重量约为脑的总重量的60%左右。

孩子出生后，大约在四、五岁左右，大脑和神经系统的发育有一个加速期，此后处于较稳定的发展过程。大脑皮层大约从九岁开始，按照枕叶——颞叶——顶叶——额叶的顺序逐渐趋于成熟。在十二岁时，脑重量已达1400克，脑容量也已接近成人。到了十三——十四岁时，神经系统的结构已与成人无多大差别，神经纤维的髓鞘化已完成。这都表明：中学生的脑和神经系统的结构与机能、都已接近或达到成人的水平。从大脑神经系统的形态和机能来看，主要表现在神经元联系的复杂化，神经纤维髓鞘的形成，沟回的发展并导致神经活动机能的分化与完善。在脑神经系统生长的基础上，少年大脑神经活动机能的主要特点是兴奋性比较高，兴奋过程和抑制过程比较起来，兴奋过程较强一些。同时，兴奋与抑制的相互转换也较快。到十岁至十三、十四岁时，抑制过程虽然已经加强，分化能力也有很大的提高，但在青春发育

期，因机体的特殊发展与变化，如性激素的产生与增加，反过来又影响大脑的脑垂体，致使神经活动的兴奋与抑制过程不大稳定，因而对运动系统的协调作用有所降低。所以少年在动作和活动上容易出现一定的不灵活或不协调的暂时“笨拙”之感。不过，从十四岁到十六、十七岁时，神经活动对应的潜伏期缩短，在一定条件下，不论在活动或学习上，反应快而灵敏，又出现“心灵手巧”的情况。从两种信号系统的发展看，到了少年期，开始从第一信号系统（即现实的、具体刺激物，如声音、颜色等）占优势逐步转到第二信号系统（即语言中的词汇组成的刺激物）。当然，这一切的发展随着年龄的增长仍在继续之中。譬如，脑细胞的增殖和脑神经细胞树突的增加均在继续；兴奋与抑制的过程，亦待逐步趋于平衡而达到协调一致；第二信号系统的作用仍在逐步占居优势地位等等。这些都将在中学阶段的学习和实践中，继续获得发展并趋于成熟。

脑科学研究的成果表明，人的大脑左右两半球各有不同的功能：左半球是语言中枢，主管语言和逻辑思维；右半球是形象中枢，主管音乐、绘画等形象思维。这就表明：人的一生中，逻辑思维和形象思维是不能分离的。和逻辑思维一样，形象思维也有一个从低级到高级，从相对具体到高度抽象，从经验型到理论型的发展过程。随着年龄的增长，形象思维也在逐渐发展；越是思维发达的人，形象思维越高级，越具有抽象性、概括性。譬如物理学在研究半导体的机理时，如果没有载流子的形象思维，如果没有*PN*结的创造想象，仅单纯进行逻辑思维是不行的。然而，现在许多教育心理学及教学论著作中，在分析中学生的思维特征时，往往把人的思维发展分为四个阶段：婴儿期是直观思维阶段，幼儿期是具体形象思维阶段，小学、初中期是形象——抽象思

维阶段，高中以后是抽象逻辑思维阶段。从而强调：初中阶段是思维开始由形象思维向抽象思维发展，是处于逻辑思维的新起点等等。这些论断是值得商榷的。实际上，高度抽象化的形象思维，恐怕比逻辑思维还要高级；物理学中的理想化方法，难道比逻辑思维还低级吗？这些，我们将在本章第三节进一步专题论述。

二、中学生的主要心理特征和思维特征

脑和神经系统都是心理活动的器官。这些心理器官发育的基本完成，为心理的进一步发展，尤其为学习各种知识和促进智力和非智力因素的发展，提供了必要的生理基础和自然前提。

有关研究认为：从初中二年级到高中二年级时间内，是中学生智力发展上带关键性的时期。因为初中一年级学生和小学高年级学生的智力水平并无多大差别，仍需要得到感性经验的直接支持。不过从初中二年级起，将由经验水平逐步向理论水平发展，到了高中二年级便基本完成了这一转化的过程，即能够摆脱对感性材料的依赖，而应用理论作为指导的比较抽象的思维活动。表现为喜欢独立思考，喜欢寻根问底和喜欢怀疑与争论等，这都是思维逐渐趋于成熟的表现。因此，初中物理教学应以实验为基础，而高中物理教学要在重视实验教学的同时，开始重视理论思维。这就表明：学生的能力和非智力因素，培养的基础时期是在十三至十六岁的初、高中阶段，而不是在大学阶段。大学是个性心理特征更加完善的时期，而高中后期则是基本定型期。中学阶段，特别是初二到高二阶段，正是加强基础知识，加速培养能力和非智力因素的关键时期。

中学生的上述心理思维特征，表现在学习兴趣方面。初中学生往往限于直接兴趣，即对于事物本身感兴趣。因此，初中物理

教学中，学习兴趣的激发，要有形象性、显明性、具体性和实践性，要加强实验教学，多运用直观教学手段，传授知识要生动具体，联系实际。而高中学生则是直接兴趣和间接兴趣同时起作用，所谓间接兴趣，是指感兴趣的不是事物的本身，而是对它所引起的后果感兴趣。间接兴趣在高中后期开始趋于稳定，起更大作用，并且和自己奋斗的目标逐渐联系了起来。所以，高中物理教学以培养间接兴趣为重要手段，教学要突出哲理性，要注重方法论，更多的讲思路、教方法，善于从具体的物理过程引伸出具有普遍性的规律，使他们逐步举一反三，触类旁通，学会独立思考。

记忆是智慧的仓库。只有用人类创造的全部知识财富来丰富学生的头脑，才能使他们成为四化建设的优秀人材。记忆包括识记、保持、再认和重现等基本方式。识记，就是反复感知，记住知识和材料的过程。保持就是使识记过的材料，有条理地、牢固地保存在头脑之中。再认就是过去识记的事物重新出现在面前时，能够认识它们。重现就是以前感知过的事物不在面前时，我们能够重新呈现这一事物的印象。可见，“不记则思不起”，记忆是思维的基础，是学习新知识的垫脚石，亦是应用知识的前提。从同化理论来看，记忆就是巩固新的认知结构，即新的图式。

要掌握知识，就要加强记忆，就要和遗忘做斗争。凡是不能回忆或不能正确回忆已有的知识、经验的心理现象，称之为遗忘。根据德国心理学家艾宾浩斯的研究，遗忘发展的规律是先快后慢。在识记后的最初时间遗忘很快，后来逐渐缓慢，到了相当时间几乎不再遗忘了。遗忘“先快后慢”的变化规律绘成一条曲线，称为“艾宾浩斯遗忘曲线”。如图1所示。

研究表明：遗忘的重要原因再于记忆后缺乏复习巩固，也就是说复习是加强记忆、防止遗忘的有效途径。教学中，教师要依

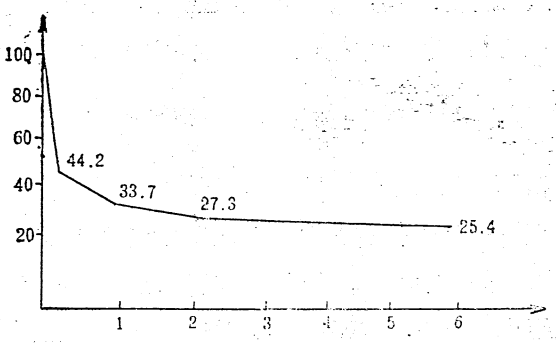


图1　艾宾浩斯遗忘曲线

据遗忘的规律，有计划有针对性地安排好复习。根据遗忘“先快后慢”的规律，复习的时间和次数就应当是：先紧后松，先多后少，及时和经常复习相结合。教师要妥善地进行安排：当堂小结复习；下节课开始时提问；讲新课及解例题时穿插复习；每章、单元、整编复习；期中、期末、以及毕业总复习等。

还应强调一点：中学生在十六岁左右，大脑已经达到人脑重量的96%，也就是说，已经基本完成了人脑生理的发育。这就为完成教学任务提供了重要的物质基础。但脑发育毕竟没有完成，脑神经细胞还很脆弱，很容易疲劳，在用脑方面，还缺乏持久性。因而，从心理学的角度，对教学过程的设计就提出了一定的限度和要求。学生的注意力最集中，学习效果最好的一段时间，称为这节课的最佳学习时间。中学一节课45分钟，根据青少年的心理特点分析，一般来说，是上课后的4分钟到30分钟(高中学生可延长到35分钟）。因为开始几分钟，学生刚从课间休息转入课堂学习，情绪比较波动。大约从4分钟开始，情绪已趋安定，又经过课间休息，精力比较充沛，注意力容易集中，这正是教学的最佳时间。30至35分钟后，大脑开始疲劳，注意力也开始涣散。课堂教学要特别注意这最佳学习时间理论。还应注意不能使教学内容

过深、过难、过量，超出了教学大纲的要求，从而有利于使学生德、智、体、美、劳全面发展，特别要注意非智力因素的培养。

三、中学生学习物理学的心理和思维障碍

这些障碍是多方面的，主要有以下几个方面：

（一）以感性认识代替理性认识，以“经验”代替“理论”

中学生的思维能力，正处于由“经验型”向“理论型”过渡的阶段。因而，他们学习物理，往往只注重感性认识所得的结论，而忽视理性认识过程。因而，往往把“经验”中非科学的感受和映象的片面性和表面性，代替概念或规律的本质属性，而造成认识上的错误。也就是所谓“前科学概念”非常顽固，影响物理概念和物理规律的形成。

譬如：(1) 力是物体发生运动的原因。(2) 摩擦力总是阻碍物体运动的。(3) 滑动摩擦力总是阻力。(4) 汽车的功率越大，发动机产生的“牵引力”越大，汽车跑的越快。(5) 拔河比赛时，胜队拉败队的力大于败队拉胜队的力。(6) 夏天在太阳曝晒下，铁质双杠的温度比木质双杠的高。冬天在冰天雪地中，则相反。

（二）负迁移的影响

学生在学习物理学的过程中，已有知识技能对新知识的学习起消极作用称为负迁移。① 有如下几种常见的表现：

1．忽视概念或规律之间的本质区别，产生干扰。学生在学习概念或规律的过程中，或者由于基础差，没有正确的知识准备；或者由于形象思维没有配合抽象思维；或者由于学习时注意力不集中等不利心理因素的影响，不能完整准确地全面掌握，造成概念混淆不清，或不恰当地生搬硬套。

① 详见41页—42页。

譬如，上述例(6)，就是热传导造成的冷热感觉，影响了学生对温度概念的正确运用。又如：(7) 物体在同一液体中下沉的越深，所受的浮力越大。(理由是：液体内部的压强是随深度的增加而增大)。(8)物体对桌面的压力就是重力。(9)速度越大的物体，其加速度也必定越大。(10) 场强为零的地方，电势也一定为零。

2. 物理问题数学化

由于学生不理解概念的物理意义及它所表征的本质特征，单纯的以数学眼光看待和处理问题。

譬如，(11) 根据$F=ma$，可知ma就是合外力。(12) 根据$R=U/I$，可知：R正比于U，R反比于I。(13) 根据万有引力定律，当r→0时，两物体间的万有引力趋于无限大。

(三) 思维定势的消极影响

这也是一种负迁移，因其特殊而单列出来。譬如：

1. 只死守一种思想，不能随机应变。

2. 只善于静态思维，不会动态思维。例如，受力分析和运动分析，最初一般为静态分析，匀变速运动先入为主，训练也多；学习简谐振动时有了动态分析，但教学中往往不重视；到了电磁学部分，当闭合回路的一部分导体在磁场中运动时，动态分析就困难重重。

3. 只善于顺向思维，不会逆向思维，“倒推法”训练不够。譬如，(14) 在抛体运动中，相等的时间内动量的增量相等。

(四) 知识本身就不明朗，形成判断上的错误

这是由于问题本身有意设置“陷阱”，灵活多变，条件隐含或多余等，学生在心理上粗心大意，审题不严。或思维加工时，以“想当然”代替科学分析，造成判断上的失误。

譬如，(14) 物体在斜面上所受的重力，可以分解为下滑力

和物体对斜面的正压力，(15) 物体沿斜面下滑，斜面所受的摩擦力的方向沿斜面向上。

排除以上障碍，要重视揭示物理现象的本质特征，阐明概念的内涵和外延，精辟地分析和揭露规律的物理意义及其内在联系。要注意培养学生的发散思维能力，使学生全面地多侧面地思考问题，消除负迁移的消极影响。更要注意培养学生的非智力因素，使学生养成良好的科学态度、科学精神，掌握基本的学习物理学的科学方法。

第二节　中学生学习心理结构的基本要素

中学生课内外学习活动的具体心理结构，乃是一个多要素、多渠道、多层次的有机整体。那么，这个结构应该由那些基本的要素组成？又怎样使这些要素整体优化？历来的教育家依据自己的教育思想，总是对此提出自己的论点。我国著名的教育家陶行知根据生活教育的观点，提出了“教学做合一”的心理结构。苏联的心理学家列·符·赞科夫依据教学促进发展的教育思想，提出了以“观察、思维、操作”三项训练为主的心理结构。在我国当前的学校教学中，绝大部分几乎仍然千篇一律的采用“感知——理解——巩固——运用　　检查”的学习心理结构。在当前风起云涌的教改实践中，也提出了不少“×步”、“×环节”之类的教学法，以至使该结构流于形而上学。然而，当我们深入到教学第一线时，就会发现真正的学习心理结构是非常灵活、非常辩证，而又丰富多彩的。

为了分清教学层次，理顺教学步骤，努力提高教学质量，必须认清学生学习心理结构的基本组成要素。总结我国近十年来教

改实践的经验教训，根据现代教育科学的新成就，吸取传统教育思想中符合教学规律的成果，我们认为：学生学习的心理结构应由五个形式要素组成，每个形式要素又对应一个基本的心理要素。即："创设情境，激发动机"；"及时反馈，促进同化"；"深入探索，丰富感知"；"精心研究，活跃思维"；"广泛运用，加强迁移"。其中，前两个要素，我们称为贯穿要素，因为它们贯穿于学习过程的始终，学习中必须处处发挥它们的功能。后三个要素，我们称为交叉要素，因为它们固然存在着因果层次性，然而在实际的学习过程中并非以死板的顺序出现，而是以非常活跃的形式交叉显现。

下面，我们就心理结构的五个形式要素及其对应的心理要素分别予以概述。

一、两个贯穿要素

"情境——动机"要素，要求在整个的教学过程中都应创造一个良好的学习环境，以便激发学习兴趣，形成学习动机，使学生始终保持一种最佳的学习心理状态，为顺利完成学习任务奠定动力基础。"反馈——平衡"要素，则要求教学双方在整个的教学过程中，及时获得反馈评价信息，及时进行控制矫正，从而使学生的认知结构的心理状态，适时地通过同化或顺应，达到高层次的新的平衡，以便保证教学效果的最优化。

（一）创设情境，激发动机

学习活动总是在一定时间和空间进行的。这就要由客观环境因素（学习场所、手段等）和学生的主观心理因素（感情、意志、兴趣、动机等）构成一定的学习情境。"没有人的感情就从来也没有对于真理的追求。"（列宁）良好的情境将触及学生的精

神需要，产生良好的心理因素，以激发学生的兴趣，启迪心灵的窗户，点燃思考的火花。教师应把创设一种学习物理的良好情境成为自觉设计的产物，做为不可缺少的教学环节而贯穿于教学过程的始终。① 一段物理学史，能够诱导学生重演前辈探索物理奥秘的历程；一个激起求知欲的问题，将成为学生研究现象的本质特征的航标；一个悬念将激起学生渴望、追求的心理状态，……总之，开窍有术，寓教于乐。现在经常谈的情感教学，甚至有同志把这称为“快乐教学法”，寓意正在于此。

应该指出的是：创设情境往往可以在课前进行。可以通过阅读课本或课外读物、完成习题、思考问题、小实验、小制作等，构成一种学习的准备阶段。——这里，不仅仅是传统意义上的“预习”，而是“起跑”前的“准备活动。”例如，讲“密度的应用”时，课前让学生阅读“王冠是纯金的吗？”提出：根据您所学的知识，说明阿基米德判断的根据是什么？想想看：利用密度的概念，还可以怎样做？上课后，即可由此诱导讨论，得出分别比较ρ、V、m的三种办法，从而生动、有趣地理解和掌握了密度的具体运用。

从形式上我们是在创设学习情境，从心理上我们则是在激发学习动机。恩格斯指出：“就个别人说，他的行动的一切动力，都一定要通过他的头脑，一定要改变为他的愿望的动机，才能使他行动起来。”就是说，只有当教学要求转变为学生本人的动机时，才能对学习发挥动力作用。在心理学中，动机是指引起和维持个体的活动，并使活动朝向某一目标的内部心理过程或内部动力。人的各种活动都是在动机的支配下，并向着某一目标进行的。这正是我们把动机作为贯穿要素的客观基础。动机是在需要的基础上产生的。需要是有机体内部的一种不平衡状态，它反映某种客

①详见第一编第五章第一节。

观的要求和必要性，并成为个人活动的积极性的源泉。当某种需要得不到满足时，它就会推动人们去寻找满足需要的对象，从而产生活动的动机。对于学生的学习来说，除了需要之外，诱因的存在亦是产生动机的重要条件。所谓诱因是指能够激起有机体的定向行为，并能满足某种需要的外部条件或刺激物。我们说创设情境，实际上就是创设一种学习的诱因。这种外部的诱因作用于学生，从而产生内部的学习需要，激发起学习的动机，最后引向具体的学习目标，而开始具体的学习活动。

对于学生的学习来说，我们要特别强调的动机是学习兴趣。学习兴趣是学生对学习对象的一种力求认识或趋近的倾向。这种趋向是和一定的情感联系着的。凡是有兴趣的事物，学生总是想办法认识它，接近它、获得它，并对它产生愉快的情绪。因而，学习兴趣是激发求知活动的重要动力，是学习的自觉性的起点。也就是说，教学中激发学生求知欲，激发学生自己解决问题的强烈愿望，乃是发挥学生主体作用的关键所在。有兴趣的学习不仅能使人全神贯注、积极思考，甚至会达到废寝忘食的境地。九年制义务教育全日制中学物理教学大纲中，把“培养学生学习物理的兴趣，激发学生的求知愿望。”列为初中物理教学目的之一，是很值得我们体会的。总之，“兴趣出勤奋，勤奋出天才。”（郭沫若）是很有启迪作用的。

可见，“情境——动机”要素的运用，如图 2 所示。当某一学习目标达到后，兴趣（动机）削弱，活动终止；这个信息反馈

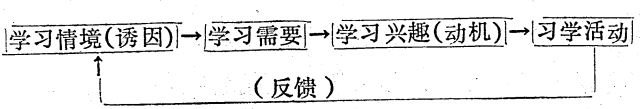


图2

回来，又要创设新的情境，激发新的兴趣，开始新的学习目标活

动。如此循环往复，贯穿教学活动始终，直至一节课，或者一个教学单元结束。

（二）及时反馈，促进同化

系统科学指出：系统的输出转变为系统的输入就是反馈。通过反馈实现有目的的活动就是控制。学生学习的每一步骤，都有具体的目标，因而必须实施控制。反馈原理明确指出：任何系统只有通过反馈信息，才能实现控制。学习系统亦不例外。只有随时通过反馈信息来掌握学习现状和学习目标的差距，才能及时评价矫正，改进教学，实现预期的最优化效果。教学系统中的双向反馈，作用是十分明显的：教对学的反馈信息，可以使学生找出差距，端正航向，强化正确，改正错误，更好地发挥主体作用；学对教的反馈信息，可以使教师掌握情况，调整部署，趁热打铁，优化效果，更好地发挥主导作用。一句话，如果不经常地及时地得到反馈信息，教学系统就不可能实现有效的控制，也就难以达到预期的目标。这就是我们把教学反馈做为贯穿要素的根据。

从心理的角度来说，皮亚杰论述儿童心理发展的同化理论，实质上指出了：认知的发生是与反馈密切相关的；形式上是实现反馈，心理上是促进同化。实际上，人的每一个认识活动都含有一定的认知结构；而人的认识活动是通过图式、同化、顺应和平衡四个基本环节来完成的。图式是人类认识客观事物在主观反映上的一种结构，我们通常把它称为认知结构。人的认识过程，实际上是一种主观图式不断形成、完善、丰富的建构过程。现代脑生理学和心理学研究表明：人脑的神经细胞（神经元）组织中有一部分专门进行信息的贮存、使人脑具有信息贮存（记忆）的功能。婴儿刚出生，人脑的信息贮存组织还是一片空白。接着，一系列的声音、图象不断地输入，并逐步地贮存于左右半脑的不同功能

区域，最初只是零碎的、联系不紧密的信息片段。随着年龄的增长，那些零散的信息彼此联系起来，形成不同的信息网，即一个个反映客观世界的主观图式，亦即认知结构，当人们与外界事物接触时，客观事物与主观图式符合，而丰富补充了原有图式，使客观纳入主观，称之同化；当主、客观不符合，同化不了时，就要调节原有图式，使主观与客观相符合，谓之顺应。于是，图式本身因而得到改造丰富，形成一种新的图式，使之始终与外界取得平衡。然后，再去同化、顺应新的事物。这就是认知结构的形成过程。

从这样的意义上来讲，教学过程就是教师运用自己头脑中的认知结构，通过教师的启发诱导和学生头脑中的同化、顺应过程，把课程的知识结构、智能因素和品德因素转化成学生的认知结构的全过程。学生在小学的自然课中学到了一些物理现象、物理知识，在头脑中形成一些零散的萌芽状态的图式。比较系统地然而又是初步地学习初中物理时，这些图式就明朗化地形成了。当学习高中物理时，由于教材的安排是初、高中各成体系，且螺旋式上升，于是原来图式中有的获得同化，有的得到顺应。譬如电流的基本规律，学习初中物理时，通过实验，认识了电路、电流等；初步理解了电流强度、电阻、电压等概念；总结出了三者的定量关系——部分电路欧姆定律；……从而形成了一定的认知结构(图式)。到了高中，首先从微观上阐述了上述知识，系统化、深刻化了其图式。在此基础上，新引入了电源电动势的概念，总结出了全电路欧姆定律；……这一过程，关于电流的基本规律的图式，经过不断的同化，把客观纳入主观，而逐渐丰满、完整了，形成了新的图式(认知结构)，达到了新的高一级的平衡。然而，关于电压的概念，初中是以水压比较来浅显地让学生理解的，显然，这与电压即电势差是不符合的。于是则要顺

应，而从电场及其性质出发，建立起新的图式，使主观顺应客观。至于物理光学及原子物理学部分，更需要重新建构新的图式，从而使主观与客观平衡。

可见，认知结构与知识结构并非一回事。后者是人类认识世界的已有成果，是已经客观存在的东西，它对每个学生来说，都是一样的。而认知结构则是学生在学习过程中，逐步形成的。由于各方面原因，对学生个体来说，有的最终可使二者一致，有的则有不同程度的差别，表现出学习效果的好坏不同。教学过程实际上是使二者逐步相互协调的过程，或者说，在不同的学习阶段的学习内容的有效范围内，尽可能地使学生的头脑建立起完善的图式，并逐步地使这些图式建立起内部和外部的联系，形成一个更加丰富的整体图式。

学生的学习过程，正是学生已有的心理水平和教学所要达到的目标心理水平之间不断地相互矛盾冲突、转化、发展的过程。这种矛盾的出现，打破了原来的心理平衡，而后通过自身的同化或者顺应，使矛盾得到解决，形成了新的图式，达到了新的平衡。显然，已有心理水平和目标心理水平之间的矛盾运动，正是通过及时反馈获得最终解决的（如图3所示）。因此，反馈原理和同化理论在学生认知发生和发展过程中起着同等重要作用，而反馈和同化也就构成了教学结构的基本贯穿要素。

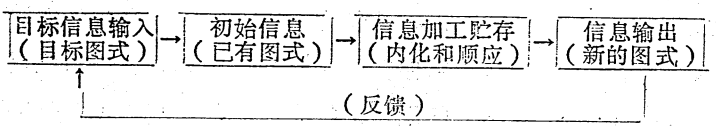


图3

二、三个交叉要素

没有感性认识，就没有物理教学。“探索　　感知”要素要

求学生在探索物理世界的过程中，获得丰富的感性认识，为思维加工提供大量的材料。然而，感性认识不能解决本质问题，“研究——思维”要素要求学生在教师的诱导下，深入研究分析，通过思维加工，形成概念，建立规律，掌握物理世界的本质。学习的目的，不仅在于认识世界，重要的是改造世界。“运用——迁移”要素要求学生把掌握的对物理世界的本质认识，运用去解决实际问题，通过知识的迁移，使认知更加深刻化、灵活化、整体化，最终实现教学目标。可见，这三个要素之间有其因果层次性，一般表现为：“探索→研究→运用”；或者：“感知→思维→迁移”。这种因果层次性既符合学生学习的认识之序，又符合物理学的知识之序。可是，在实际的教学过程中，三个要素并非以死板的顺序出现，而是相互渗透，相互配合，辩证而不僵化。探索（感知）中既有研究（思维），又有运用（迁移）；研究（思维）中既要继续探索(感知)，更要运用（迁移）已有的知识；而运用(迁移)时，更离不开进一步探索（感知）、研究（思维）。这种丰富多彩的辩证关系，正是我们称其为交叉要素的客观根据。从实际的教学过程来看，乃是把教师的诱导（讲述、演示、激疑等主导作用）和学生的领悟（观察、实验、听课、阅读、讨论等主体作用）交叉进行，使学生在课内外交替的“看一看、听一听、做一做、想一想、说一说、练一练”，以便获得知识，发展能力，形成品德。就具体的一节课堂学习来说，三个交叉要素又往往表现为各有偏重，其因果层次性往往表现的不明显，甚至一节课只有一个要素出现。譬如，实验课主要表现为“探索——感知”，而习题课则主要表现为“运用——迁移”等。具体问题、具体分析、具体对待，这是辩证唯物主义的灵魂。现代教学理论正是要从那种背道而驰的形而上学的束缚

之中解放出来。

（一）深入探索，丰富感知

探索是人们试图发现、寻求、追究客观世界的本来面目的行为。要求学生在学习中深入探索，主要是把学生的“接受学习”转变为“发现学习”。既满足学生在良好的学习情境中激起的好奇心和求知欲望，使他们享受自我获取知识的成功感，更培养学生探索物理奥秘的自信心和进行科学研究的能力。

对于物理学习来说，探索有两种形式：其一，实验探索。乃是以实验为先导，尽可能开展探索性学生实验。或者诱导学生去亲身体验，以丰富感性认识。如学习速度的概念，则在课前与体育课配合，在“比比谁快”的五十米赛跑和半分钟竞走中，去体验如何描述物体运动的快慢程度。① 还可以调动学生的生活经验，充分运用教材图文并茂的特点，运用插图去刺激学生的感官，形成鲜明的形象。② 可见实验探索的具体形式是多种多样的。其二，理论探索。乃是运用旧知识（对教学活动来说，这也是一种直观材料）去探索新知识。初中的功的概念，比热的概念等；高中的加速度概念，匀变速运动规律等，都采用这种形式。对中学物理教学来说，以实验探索为主。随着学生年龄的增长，知识的丰富，理论探索的比例将逐渐增大。

和探索要素对应的心理要素是感知。感知是感觉和知觉两种心理现象的合称。感觉是直接作用于感觉器官的当前事物的个别属性在大脑中的反映。知觉是一种较感觉稍为复杂的认识活动，它是直接作用于器官的当前事物的整体和外部联系在大脑中的反

① 详见第二编第三章第一节。

② 详见第150页。

映。因此，学生的学习是从感知开始的，或者说，感知是学生认识事物的开端和源泉。

观察是一种有目的、有计划、有思维参加的知觉，是感知的高级形态。要学好物理，只有加强物理实验，认真观察物理现象及其变化，才能认识其外部形态、各个小的过程，以及特性，为思维加工提供丰富的感性材料。这就决定了物理教学要直观形象，便于学生仔细观察。并要做到五官并用，扩大信息量，尽可能的让学生感知学习内容。

（二）精心研究，活跃思维

探索仅仅是入门的向导，学生的全面发展将主要靠研究。探求事物的本质、规律等，谓之研究。它在物理教学中一般也表现为两种形式：其一，归纳研究。主要对应于实验探索，把实验中获得的感性材料，于以归纳推理，以便抓住本质特征，明确内在联系，形成概念，建立规律。对中学物理教学来说，这也是一种主要形式。其二，演绎研究。主要对应于理论探索，从已建立的物理基础知识中，通过演绎推理，获得新的物理概念，物理规律。高中物理中的动能定理，动量定理，气态方程，洛仑兹力公式等，都是采用这种形式。不管采用那种形式，研究过程都应该对实际的物理状态进行具体的深入分析。如速度的概念，在上述探索“比比谁快”的基础上，逐步分析研究，得出s/t与t/s两种表征物体运动快慢的物理量。然后指出为什么采用$v=s/t$来定义速度？要让学生知其然，又知其所以然。其次，要诱导学生逐步理解、掌握物理学的研究方法，如理想处理法，等效替换法，数学工具法等。① 教师还要逐步潜移默化的灌输各种逻辑方法，诸如，比较与分类、分析与综合、抽象与概括、归纳与演绎、证明

① 详见第二编第四章第三节。

与反驳、假设与论证、抽象与具体等等，逐步去粗取精，去伪存真，由此及彼，由表及里。研究过程应避免枯燥无味，因而特别重视创造最佳课堂气氛。有张有弛，兴趣盎然，使学生的思维始终伴随着教师的“诱导旋律”而“翩翩起舞”，形成和谐优美的教学舞台艺术。循循善诱，一个“诱”字，概括了主导作用的精华。分析研究过程，教师要特别在善诱上下功夫。

研究对应的心理要素是思维。思维和感知一样，都是人脑对客观事物的反映。不过，感知是人脑对事物直接的、直观的反映。而思维却是人脑对客观事物的间接的、概括的反映。客观现实中的物理事物，其本身都包含着现象和本质两个方面。感知只反映事物的表面现象；思维则通过去粗取精，去伪存真、由此及彼，由表及里的加工改造过程，从而反映了事物的本质和规律。

现代教育心理学指出有三种教学水平：记忆水平的教学是层次最低的，也就是教学的起码要求，它要求学生只要记住所学的内容就可以了。理解水平的教学比它进一步，不仅要使学生系统地记住基础知识，而且要求进一步理解，既知道是什么，又知道为什么，既知其然，亦知其所以然，也就是有目的地促进学生认识能力的发展。思维水平的教学是更高层次的，它要求学生在记忆和理解的基础上再进一步，学会思考研究，促使他们重新组织以往的知识经验，通过同化或顺应，产生触类旁通、举一反三的效果，形成新的认知结构。可见，思维水平的教学，最能促进学生的智力发展。因此，思维就构成为学生课堂心理结构的核心要素。教学过程为了充分发展学生的智力，教师要在讲清基础知识的同时，着重向学生提供必要的求知线索和信息，诱导他们思考、推测或预计可能导致的结论，使学生充分发挥主体作用。关于思维，我们将在本章第三节专题阐述。

（三）广泛运用，加强迁移

学习的根本目的在于运用。在物理教学中，运用是十分广泛的，解物理习题仅仅是运用的一个重要方面。知识结构总是有其整体性、系统性，有其内在联系。因此，新知识的学习过程，也就是旧知识的运用过程。再譬如解释日常所遇到的物理现象；完成验证性、设计性物理实验；第二课堂中的小制作、小创造、小论文等等。

对应于运用的心理要素是迁移。迁移是已经学得的东西在新情境中运用时所表现的一种心理现象，也就是已有的知识和经验对新课题的解决，所表现的心理影响作用。事实上，学生在认识新事物，解释新现象，解决新问题时，都要受到已有的知识、经验的心理影响，这就是迁移。从皮亚杰的内化理论来看，迁移就是大脑中已有认知结构图式的贮存信息复活，并在新刺激物输入信息的作用下，参与同化或顺应，从而获得新认知结构图式的心理过程。

迁移现象之所以是普遍存在的，主要是由于客观事物之间本来就是普遍联系和相互制约的，反映在知识、经验上也不是彼此割裂、互不相关的。因此，学生在解决新课题时，总是要利用已学的知识和经验。“人们总是根据自己的经验来观察问题、处理问题，发表意见。”（毛泽东）那么，解决新课题是运用，利用已有的知识和经验是迁移。认识世界是为了改造世界；没有迁移，就没有运用，也就没有人类对客观世界的改造。可见，形式上表现为运用，心理上表现为迁移。

迁移是学习的重要心理要素，美国著名心理学家布鲁纳认为：原理和态度的迁移，是教育过程的核心。这是因为，首先，只有通过迁移才能使已学的知识、技能得到进一步检验、充实和

熟练。迁移是以已有的知识、技能的领会与巩固为前提的。其次，迁移也是由知识、技能的掌握过渡到形成能力的重要环节。因为能力的形成是通过对掌握了的知识、技能的概括，然后广泛迁移，并进一步概括化和系统化而实现的。因此，又提出了“为迁移而教”的著名论断。表现了迁移理论在教学中的重要地位。

迁移既可能是积极的，也可能是消极的；既可能是自觉的，也可能是盲目的；既可能是顺向的，也可能是逆向的。情况错综复杂，变化多端。从整体上看，一般把迁移分为正迁移和负迁移两种。已有的知识、技能，在新情境中的运用产生积极的影响，起促进作用，叫做正迁移，一般就叫做迁移。如果已有的知识、技能，在新情境中的运用产生消积影响，起干扰作用，叫做负迁移，一般称为干扰。排除干扰，加强迁移是提高教学质量的关键。为此，首先要切实掌握基础知识和基本技能，突出事物间的内在联系，区分知识之间的异同，为学习的迁移提供有利条件。教学中，要善于温故知新，突出新旧知识之间的内在联系，强调它们的共同因素，使旧知识成为新知识的准备，新知识是旧知识的发展。其次，要突出基本概念，深入观察思考，形成新旧知识的概括联想。旧知识越具有概括性，迁移的可能性越大。要善于引导学生独立思考，不断提高概括水平，并引导学生积极积累知识和经验，做到左右逢源，思路广阔。其三，善于运用比较，有利于排除干扰。比较是一种思维能力，就是将各种事物或其个别部分的特征加以对比，以确定他们之间的异同和关系。其四，要在巩固和熟练先前学习的基础上，再转入下一步学习。

总之，教学中要善于按照以上心理要素去组织教学、评价教学，这就叫做按心理特征和思维规律办事。据估算，学生课堂上的学习时间，要占去总学习时间的三分之二。我们要充分提高课

堂教学效率，向45分钟要质量，力争使学生当堂消化巩固绝大部分教学内容，既提高教学质量，又减轻课业负担，避免把有限的课外时间也侵占殆尽。为此，教师要善于按照学生心理结构的基本要素，精心设计每堂课的教学内容和教学方法，严密组织每堂课的教学程序，合理的安排各个教学环节，一环扣一环的循序渐进，诱导学生积极思维，主动猎取知识，发展能力，形成品德，完满的完成中学物理教学任务。

第三节　中学物理教学中的思维能力

培养学生的思维能力，是培养一切能力的核心。“一个民族要想站在科学的最高峰，就一刻也不能没有理论思维。”（恩格斯）事实上，认识世界、改造世界，时刻都离不开思维能力。

培养思维能力的关键，在于明确和掌握物理学的思维特征。本节，我们对此做一些概括介绍。①

一、思维的两种基本形式：形象思维和逻辑思维

一般认为，思维是人们对客观事物间接的、能动的反映过程。思维能力是人们在感性认识的基础上，通过大脑的一系列形象的、逻辑的活动，从而获得对事物的本质和规律的认识能力。

人们在认识世界的过程中，从感性认识上升到理性认识，靠的是科学抽象。所谓抽象，就是人们对获得的感性材料和感性经验，运用理性思维进行一番去粗取精，去伪存真、由此及彼、由表及里的改造制作工夫，抛弃事物非本质的、表面的、偶然的

①有关思维的最新理论，请参看钱学森主编：《关于思维科学》，上海人民出版社，1986年7月版。

东西，抽取出事物本质的、内在的、必然的东西，揭示客观对象的本质和规律。简单的说，抽象就是透过现象抽取本质的思维过程；为此，我们把思维总称为抽象思维。① 那些通过抽象思维而得到的认识，比起生动的感性具体来说，似乎远离客观实在的事物，看不见、听不到、嗅不出、尝不了、摸不着，但它却使人们的认识从事物的表面深入到内部，从现象深入到本质。

那么，抽象思维的基本形式如何呢？

（一）思维的脑神经基础。

思维是脑的重要功能。当人们进行思维时，人脑是怎样工作的呢？脑的哪些结构与思维活动有关呢？人脑为什么会有思维功能呢？等等。一句话，要从研究脑功能入手来阐明人的思维规律。这里，我们仅介绍一下与抽象思维的基本形式有关的脑的高级功能。

脑科学研究表明：人的大脑左右两半球各有不同的功能。左半球是语言中枢，主管语言和逻辑思维；右半球则主管音乐、绘画等形象思维材料的综合活动。人脑好比两套不同类型的信息加工系统，它们相辅相成，紧密配合，构成一个统一的控制系统。两个脑半球之间有两亿条排列得很规则的神经联络纤维叫胼胝体，在大脑半球底部，对两半球的协同活动有重要作用。通过胼胝体，每秒钟之内可以在两半球之间往返传输四十亿个神经冲动，共同完成思维活动。因而，人们很难觉察出两半球的分工。

1981年诺贝尔生理学、医学获奖者，美国加利福尼亚理工学院的斯佩里教授，关于“隔裂脑”的研究，十分成功地揭开了大脑两半球是高度专门化的，而且许多高级的功能都集中在右半球。比如，音乐、图画、图形等感觉能力，几何学和空间能力，以及综合化、

①一般把逻辑思维称为抽象思维．本书中是把思维总称为抽象思维，因为抽象性也是形象思维的基本特点，它也是抽象思维，

整体化功能，都优越于左脑。当全部切断了“裂脑人”的两半球之间的神经纤维后发现：没有左半球语言中枢的配合，右半球也可以进行相当独立的学习、记忆和思维活动。病人的视力、听力和运动能力都正常，而命名、知觉物体的空间关系，理解语言的能力等都出现选择性障碍。如果将“铅笔”两个字分别投射在病人左、右眼的半视野内，铅在左，笔在右，那么病人能说出“笔”，不能说出“铅”。这是因为“笔”投射在左半球，所以能命名，而“铅”投射在右半球，因而不能用语言描述。如果把一支铅笔放在病人左手上，他可以用动作表示铅笔的用途，但不能用语言描述它；如果把铅笔换到右手上，病人马上能用语言做出报告。如果让病人根据积木的颜色来排列某种图形，那么他可以用左手而不能用右手完成任务。这说明：两半球具有不同的功能。由此可以看出，人的大脑右半球正是形象思维活动的形象神经中枢，而左半球则是逻辑思维活动的语言神经中枢(如图4所示)。①

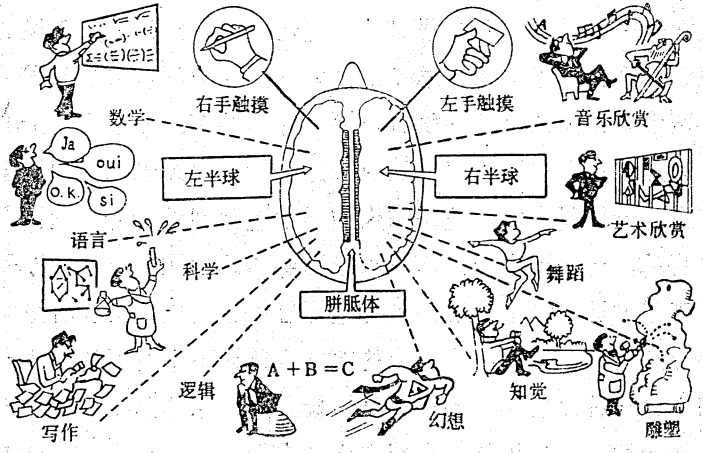


图4　大脑两半球的各自优势

①彭聃龄：《普通心理学》，北京师范大学出版社。1988年版。

（二）抽象思维的两种基本形式。

“隔裂脑”研究启示我们：形象思维和逻辑思维是人类理性认识中抽象思维的两种基本方式。它们都是在感性认识的基础上开始，但在继续前进时却走上了不同的途径。可以说，形象思维是用形象来分析、综合、抽象、概括的心理过程。逻辑思维则是用概念采用判断、推理等形式来反映客观事物的运动规律。两者都是达到对事物本质特征和内在联系的认识过程。

抽象思维的两种基本形式的根本区别在于：逻辑思维的思维材料是一些概念、理论、数字等。对逻辑思维而言，概念是思维的细胞，因而又称为概念思维、语言思维。而形象思维则不然，它是用形象材料来思维的，也可以说，形象思维是以形象为细胞的；“用形象材料来思维的”这个术语，前五个字表明它区别于逻辑思维，后四个字表明了它不同于感性认识。

人们对逻辑思维已进行了比较系统的研究，并且总结出了它的规律——逻辑学；形象思维的研究还很不够。然而，大量的事实表明：形象思维与逻辑思维都是科学抽象中不可缺少的思维手段；两种思维方式之间并没有一块绝缘的屏蔽。作家在创造典型时，总是把众多的形象熔铸于一人之身；一位建筑工程师，当他正在设计一幢新楼时，他们的大脑屏幕上陈列着各种新型楼房的生动形象；……世界上任何一种有形实体的发明创造，技术革新，工程设计等都不可能在纯粹逻辑思维中完成，必须有形象思维参与其中。其实，没有形象的概念，就谈不上逻辑的概念。当人们学习一种完全陌生的事物时，概念的形象的重要性就尤为突出。一句话：形象思维，人皆有之。在理性认识过程中，必然使用形象思维，并且与逻辑思维珠联璧合，相辅相成，这是和脑科学的研究相一致的。

再从人类的两种基本的思维形式的发展来看：动物没有语言，只可能使用形象材料来进行一些低级的形象思维；人类在没有语言之前亦如此。现在的千百万没有经过特殊训练的聋哑人主要依靠形象进行思维，而语龄前的幼儿则仅仅使用形象来进行思维。可见，语言的出现要晚于形象思维的出现，而逻辑思维的出现又远远地晚于语言的出现。只有到了语言发展的更加完善一些，人类的形象思维也发展到了更高的阶段之后，语言才能进而成为人类的思维工具。只有这时，逻辑思维才逐步发展起来；但形象思维并没有因此而退化，而是日益发展到了更高阶段。

因此，在实际的抽象思维过程中，两种思维形式的工作，恰如人的左右两只眼睛一样，彼此是互相沟通、互相反馈、互相包容、互相渗透、紧密联系、成对并存的。一种思维形式出现时，必然伴随着另一种形式的出现，极少出现单独工作的情况。人类在漫长的认识世界的过程中，总是要反复研究形象材料，反复进行逻辑思考，如此循环往复，以至无穷，最后达到真理的高峰。如果说具体思维时以那种形式为主，那只是侧重而已。譬如说，在教学中，如果说语文教学偏重于形象思维，数学的某些分支的教学偏重于逻辑思维，物理教学则两者并重，“物”“理”不分：物理物理，就“物”论“理”；“物”中有“理”，“理”中隐“物”；即“物”想“理”，喻“理”用“物”。一句话，物理形象和物理概念是物理思维不可分离的基本细胞。这可以说是物理思维的最大特征。其实，从认识论的整体来看，没有形象思维，也就没有逻辑思维。这种成对出现的规律，正是人类进行抽象思维的基本特征。

有的学者把灵感思维也做为思维的一种基本形式。关于灵感思维的生理机理人们尚探索的不够。但从思维的具体过程来看，

灵感思维既有形象思维出现，也有逻辑思维出现，它实质上也是一种综合性思维，仍然是大脑左右两半球共同作用的结果。

二、物理教学中的形象思维

（一）形象思维的基本特征

在形象思维过程中，作为思维的形象已不是原始形象，不是客观事物本身的直观形象，而是经过了加工改造了的形象。形象思维来自感性认识，却又不同于感性认识，就是因为人们根据客观事物的特点和认识目的，对那些感性形象材料进行了各种形式的加工，使之越来越能显现事物的本质。其特点有以下几点：

1. 形象性。形象思维的细胞是直观的、抽象的形象，而逻辑思维的细胞则是概念、理论等。也就是说，逻辑思维的材料是抽象的概念和理论，而形象思维则不同，它是以抽象的形象为材料进行思维活动的。这是形象思维最突出的特征。

2. 客观性。就是说，形象思维也是以感性认识为基础的。人的感性认识所感知的并不单纯是“词”，首先感知的是“形”。由实物建立起映象，经过大脑的贮存，然后再重现出来，这就是在头脑中建立表象的过程。客观事物总是以表象和词的形式贮存于人的大脑中。没有感性认识阶段的表象贮存，就没有形象思维；这就是形象思维的客观基础。

3. 抽象性。科学抽象的目的是要探究事物的本质，把握同类事物的共同特征。形象思维是用典型形象或概括性的形象来完成这一使命的。它是形象的概括，是抽象化了的形象，而不是感性的、具体的形象。形象思维中所指的形象是反映并贮存于人脑中的客体的映象，或称表象。这种映象可以用物化的形式再现出来，既可以被人感知，又可以成为思维的材料。储存于人脑中的形

象，如“苹果”、“人”、“祥林嫂”、“天平”、“质点”、“光线”等等映象，都是脱离客体的具体外观的一种抽象形式的映象。这种抽象形象，与抽象概念有区别。一个没有见过苹果的人，不会从众多的水果中找出它，也难以用物化形式再现出来。

现在，一般把逻辑思维称为抽象思维，把形象思维称为形象思维，好象它不是抽象思维。这显然是不恰当的。从形象思维所具备的抽象性这个特性可知，逻辑思维是抽象思维的基本形式，形象思维也是抽象思维的基本形式。所以，我们把思维总称为抽象思维。

4. 整体性。形象思维不是按照逻辑思维那样，用结论和推理的环节连接起来，不是以每前进一步都有充分理由为特征的，而是从全局、从整体去把握事物的本质的。一般地说，形象思维能力，就是对具体的空间形体进行整体抽象思维的能力。譬如，物理学在处理一个特定问题时，如果能够想象清楚问题的物理图景，把问题转化为一个图形，就能从整体上把握住问题的实质，然后再结合逻辑思维，就能使问题得到解决。人类在理性认识过程中，总是要从整体上去把握事物的本质，这个任务主要是由形象思维完成的。

5. 创造性。形象思维的成果是加工改造过或重新创造出来的形象。马克思所说的在头脑中建造房屋，正是这种创造性的新形象。马克思在区别人和动物的认识能力时指出：“蜜蜂建筑蜂房的本领使人间的许多建筑师感到惭愧。但是，最蹩脚的建筑师从一开始就比最灵巧的蜜蜂高明的地方，是他在用蜂蜡建筑蜂房以前，已经在自己的头脑中把它建成了。劳动过程结束时得到的结果，在这个过程开始时就已经在劳动者的表象中存在着，即已经观念地存在着。”① 建筑师在构思建筑物时的这种形象思维，

①马克思：《资本论》，《马克思恩格斯全集》，第23卷第202页。

正是一种创造性活动。再如工程技术人员的活动，基本上是设计和制造两个基本方面。那么，无论是设计师的“构思成形”，还是工艺师的“体现成物”，都必须进行复杂的抽象思维活动。这是一种把形象思维和逻辑思维交织在一起的复杂脑力劳动，明显的具有创造性。任何物理学家在以“物”论“理”时，也是这样。

6。综合性。形象思维的过程，就是把众多的表象加以综合分析，抽出其本质特点，创造出新形象的过程。任何创造性思维中，不管是“构思成形”，还是“体现成物”，都离不开这种明显的综合性。

7。运动性。当人们进行形象思维时，形象材料不是静止的、孤立的、不变的，而是游戈于大脑之中，奔驰组合，喧闹异常。我们一般所说的“过电影”就是如此。其实，任何物理图景都是活生生的物理实体；都是生龙活虎般的运动着、变化着、发展着的物质。

上述形象性、整体性和运动性这三个特点，把形象思维与逻辑思维区别开来，另四个特点表明它已跨出了感性认识的范围，而属于理性认识的范围了。

（二）形象思维在物理教学中的主要体现。

形象思维的规律，我们还研究得很不够，还没有象逻辑思维那样，形成逻辑学那样完整的理论。当规律还不明确时，我们不妨先把它们的具体表现分析清楚。

在物理教学中，运用形象思维主要有三方面：

1。充分运用想象，为掌握知识，培养能力创造必要的条件。

人们对头脑中已有的感性形象进行加工改造、重新配合，创造出新形象的过程，叫做想象。人脑在反映客观事物之时，不仅能

够产生过去感知过的事物形象，而且也能形成以前没有直接感知过的事物的形象。敢于想象，具有丰富的想象能力，是从事各种创造性劳动都需要的重要形象思维形式。对学生来说，运用想象是掌握知识、培养能力的必要条件。

想象做为形象思维，亦不是凭空产生的。想象中的形象不管如何新颖，构成新形象的材料总是来源于客观现实，特别是人们的实践活动。

在物理教学中，想象可以分为再造想象和创造想象。

(1) 物理教学中的再造想象及其基本条件

再造想象是根据语言的描述、文字的表达或图样的示意，在人们头脑中形成新形象的过程。它是人们理解物理现象、接受新知识不可缺少的条件。特别对于学生，更是如此。因为学生学习的绝大部分内容是间接经验，只有借助于再造想象才能根据课文描述或教师的讲解，在头脑中形成相应的具体鲜明的形象。

物理教学表明，中学生理解不了一些物理知识，首先是没有运用形象思维，想象不来所研究的现象。教学中要善于在解决物理问题时，诱导学生想象出完整的物理图案。

例如，我们运用“拉伸法”来进行电路分析，就是把导线想象成具有弹性的绳子。

又如，静摩擦力中的“相对运动的趋势”，是难以判断的。我们就采用想象的方法，假定用光滑的接触面“代替”物体间实际接触的粗糙面，那么，光滑时物体将要发生的相对滑动的方向，就是不光滑时物体相对运动趋势的方向。

再如，把木块放在桌面上，木块与桌面之间发生形变，从而产生相互作用的弹力。如果在木块上表面系一根绳子，竖直向上拉木块。当拉力由零逐渐增大时，由想象可知：木块与桌面间的形变逐

渐变小，相互作用的弹力也逐渐减小；当拉力等于物体重力时，形变为零，弹力就消失了。这个过程，桌面的形变及其变化是难以直接观察的，只有诱导学生利用想象来作出判断。

教学中，我们曾发现学生对这样一个问题百思不得其解："一辆匀速运动的自行车速度为v，那么，车轮的最高点和最低点的速度各是多少？"我们拿起一个茶缸盖子，让学生观察，以想象车轮的运动。学生的形象思维完成了，再结合运动的合成、问题很快迎刃而解了。

再有，物理学中有关实际物理现象的插图，亦有助于形成再造想象。譬如，左手定则、右手定则等插图，有利于学生形象直观的理解并掌握这些规律；一个手按图钉的插图(图5)，通过学生的想象，对于压强概念的实质及其应用，进行形象思维；一幅城市风光图，亦可通过动态的想象，去理解运动、静止、参照物等概念。

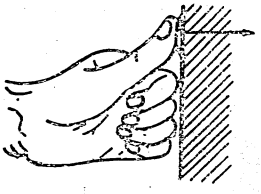


图 5

要使学生形成正确的再造想象，必须具备两个条件：

其一，必须贮备丰富而正确的记忆表象。

表象是以前感知过的事物形象在人脑中的再现。表象是想象的基本材料，头脑里的新形象是在已有的记忆表象的基础上形成的。学生头脑里的表象越多越确切，再造想象的内容就越丰富越正确。加强观察实验是丰富记忆表象的根本途径。物理教材应该图文并茂，文字描写应该生动形象。教师则应运用一切直观教学手段配合恰如其份的绘声绘色的讲述，以便唤起学生的记忆表象，从而形成知识要求的新形象，使学生如身临其境，如见其景，如闻其声，如嗅其味，形象的理解、掌

握知识。我们把“创设情境”做为教学心理结构的贯穿要素，实际上就是要加强记忆表象的贮存。

其二，必须正确而精细地理解表达的内容和描绘的图形。

再造想象是由语言文字和图形所引起的。因而就必须正确理解词语和图形所表达的意义。学习物理学时，所谓“难以理解”主要是“想象不来”。如果搞清语言文字的含意，诱导学生把物理现象、物理过程想象清楚，问题往往就迎刃而解了。试想：如果我们根据水波的表象，想象清楚了横波的形成及其传播，我们也就容易地理解它的性质及其传播规律。物理教学中，如果没有形象思维，就很难进行逻辑思维。形成一个概念，建立一条规律，求解一道习题，都需要再造想象去发挥作用。要发挥作用，就要正确的形象的理解物理课本的阐述或教师讲解的内容。同样，所谓解题要审题，就包含着想象清楚题目所描述的一切。要特别注意教育学生：一个语文课成绩很差的人，是很难学好物理学的。

(2) 物理教学中的创造想象及其基本条件

所谓创造想象，是人们在原有感性形象的基础上，经过新的配合而独立地创造出新形象的思维活动。这种形象思维是对物理研究中的未知研究对象的一种形象化的构思、联想、设想。把不能由人们的感觉器官感知的物理现象，形象化地展示在我们面前，进而揭示其本质和规律。

物理学史告诉我们，物理学家往往根据直接的经验材料，提出一个个的设想，构思一个个的图景，并以此激励自己作出新的努力，使想象成为通向真理的桥梁。

譬如，电，在十八世纪以前，一直被看作是神灵或妖魔一般的东西。后来，富兰克林根据前人研究成果和自己的天才发现，

把它设想成象水一样的“电流体”。这样，许多电学现象便立刻获得了科学的说明，为后来者研究利用电能开辟了新途径。富兰克林的伟大创造，正是他把电的运动和传递的大量实例在头脑中进行演示和分析，特别是与液体流动现象进行比较后，充分利用生动的形象材料进行形象思维而认识电的这种特征的。

卢瑟福在研究原子内部的结构时，也是充分运用了形象思维。1911年，他进行了著名的α粒子散射实验。实验指出：绝大多数粒子穿过金箔后仍沿原来的方向前进，少数粒子却发生了较大的偏转，并且有极少数粒子偏转角超过了90°，有的甚至被弹回，偏转角几乎达到180°。卢瑟福分析，大角度散射现象需要有极强的相互作用力，除非原子的大部分质量和电荷集中到一个很小的核上，大角度的散射是不可能的。此时，他运用形象思维，否定了汤姆逊的原子结构模型，设想出原子内部象是一个微观的太阳系。原子核雄踞中心，诸电子则在各自的特定轨道上运行，如群星之绕日。这就是著名的原子的核式结构学说。这种形象不是现实存在的实际的“形象”，而是由大脑以现实形象为基础，创造出来的一种思维上的形象，正是这种形象思维反映了原子结构的本质。

物理学中的流线、电力线、磁力线、磁通量、磁通密度、光线等，都是运用想象，不依靠感官而在人脑中产生的形象，构成了物理学的理论体系。这种在头脑中创造出过去未曾由感官反映过的事物的形象，正是创造想象的成果。

对于这些物理学史上的创造想象，教学时，要仔细的加以诱导分析，象物理学家当年想象那些物理图象一样，让学生也重新来一次创造想象，以培养学生的形象思维。也要尽可能运用直观手段，帮助学生去想象。譬如，运用示波器把有关电磁学的抽象

概念形象化，屏幕上显示的正弦波动，正好帮助学生直观、形象地理解正弦交流电的物理意义，并结合数学知识，把图象转化为数学表达式，使形象思维与逻辑思维结合起来，以发展抽象思维能力。有些形象学生想象不出时，一方面要加强观察实验，让学生“眼见为实”，如进行电力线、磁力线等实验。另一方面，则要运用比喻，用学生熟悉的实物形象去帮助学生“想象”出感觉不到的抽象形象。譬如，条形磁铁或通电螺线管周围的磁力线，课本上的图形或实验观察的图形都是平面图，要以学生已有的实物形象予以比喻，使学生建立起立体图形。一句话，要充分运用教学手段，帮助学生进行创造想象。

培养创造想象要有以下基本条件：

其一，要有渊博的知识经验。

想象的火花迸发于丰富的知识矿藏；知识经验越丰富，想象的翅膀飞的越高。试想，卢瑟福如果没有太阳系的结构知识，他能想象出原子的核式结构学说吗？在贫瘠的土壤中是结不出丰硕之果的。因而要教育诱导学生，为了发展自己的想象能力，必须勤奋学习，掌握丰富的知识，积累更多的经验。

其二，要有献身于科学的炽烈创造热情。

在创造性的活动中，情感是激发人的丰富想象的重要心理条件。任何一个创造发明，都倾注着科学技术工作者的全部心血和炽烈的情绪冲动，从而赋予他们美妙的遐想和对未来的憧憬。

其三，要有创造未来的艰辛劳动。

只有艰辛的劳动，才能使思维处于激发状态，使头脑中的记忆表象异常活跃，才可能创造出新的形象。这就要在教学活动中不断的发展学生的思维能力。

应该指出的是：许多专著在分析构成智力的各因素时，绘成

模式图，把智力分为观察力、注意力、记忆力、想象力、思维力，而以思维力为中心。这里，把想象力从思维力中割裂出来，是不恰当的。想象力是形象思维，是思维的基本形式的一种具体表现。

2。运用理想化方法，使所研究的物理客体典型化、理想化。

所谓理想化方法，就是人们在观察和实验的基础上，运用抽象思维的能力，把研究对象置于比较理想的纯粹的状态下，简化复杂因素，纯化主要因素，忽略偶然因素，抛开次要因素，用理想化的客体形象代替具体的客体形象，而进行科学研究的方法。那些理想客体形象都是对客观实体的一种主观反映，是现实世界中找不到的东西，而是形象思维结合逻辑思维的产物。

在物理学中，理想化方法的应用，主要包括以下三方面：

(1) 建立理想模型。

所谓理想模型，就是为了便于研究而建立的一种高度抽象的理想物理形象，并付于它一定的物理概念。

譬如，力学上所研究的只有一定质量而没有一定形状和大小的“质点”；在任何外力作用下都不能发生任何变形的，绝对坚硬的“刚体”；摆线的质量与摆球的质量相比可以忽略，摆球的线度与摆线的长度相比可以忽略的“单摆”；流体力学中所研究的没有粘滞性的、不可压缩的“理想流体”；分子物理学中所研究的分子本身的体积和分子间的作用力都可以忽略不计的“理想气体”；静电学中所研究的没有空间大小的“点电荷”；光学中所研究的能够全部吸收外来电磁幅射而无任何反射和透射的“绝对黑体”；以及弹簧振子、光滑平面、点光源、无限长导线，等等。

人们通过建立理想模型来代替具体的物理形象，在抽象过程

中，充分发挥了形象思维，以及逻辑思维的威力，把研究对象在一定条件下的主要矛盾和主要特征，以纯粹的理想化的形式呈现出来，也是对客观事物的近似反映。客观存在的复杂客体，包含着多种矛盾，因而具有多方面的特性。但在一定场合、一定条件下，必有一种是主要矛盾或主要的特性。而理想模型正突出地反映了客观事物的某一主要矛盾或主要特性，完全忽略了其它方面的矛盾或特性。譬如，作为“理想固体”的“刚体”，就是对固体的体积、形状不易改变这一特性的突出反映；“理想流体”，就是对流体的流动性的突出反映；等等。

形象思维的这种成果，从物理教学来看，其重大的意义有：

首先，简化实际过程，揭示运动规律。

在一定场合、一定条件下，作为一种近似，人们可以把实际形象当作理想形象处理，把复杂的形象经过抽象加以简化，舍去次要因素，抽取主要因素；排除偶然因素，揭示必然因素；忽略次要矛盾，抓住主要矛盾，从而揭示事物运动的客观规律。

譬如，在研究地球绕太阳公转运动时，由于地球与太阳的平均距离(约为14960万千米)比地球的半径(约6370千米)大的多，地球上各点相对于太阳的运动可以看作是相同的，即地球的形状、大小可以忽略不计，当作一个“质点”来处理。同样，平动物体上各点的运动情况相同，亦可看作“质点”。在常温常压下，研究一般的真实气体时，把它近似地当做“理想气体”，从而直接地运用理想气体的状态方程来处理。

其次，修正理想结果，促进实际研究。

对于理想模型的研究，可以作为实际问题研究的基础。对于复杂的形象和过程，可以先研究其理想模型，然后，将研究结果加以修正，使之与实际形象趋于一致。

譬如，理想气体的克拉珀龙方程，与实际气体并不符合，但经过适当修正后的范德瓦尔斯方程，就能够与实际气体比较符合了。

最后，抓住主要矛盾，培养辩证思维。

建立理想模型的过程，正是抓住被研究对象的主要矛盾的过程，不言而预，也是培养学生辩证唯物主义观点的过程。

(2) 设计理想实验。

所谓“理想实验”，又叫做“假想实验”、“抽象的实验”或“思想上的实验”。真实的科学实验是一种实践活动，“理想实验”则是一种思维活动，是把形象思维和逻辑思维紧密结合起来的一种抽象思维过程。然而，它不是脱离实际的主观臆想，乃是以实践为基础，抓住主要矛盾，忽略次要矛盾，对实际过程作出更深入一层的抽象分析，这种分析又是从长期的社会实践中总结出来，又为实践所证实了的。

譬如，作为经典力学基础的惯性定律，就是“理想实验”的一个重要结论。这个结论是不能直接从实验中得出的。伽利略曾注意到：当一个球从一个斜面上滚下来又滚上第二个斜面时，球在第二个斜面上所达到的高度同它在第一个斜面上开始滚下时的高度几乎相等。伽利略断定高度上的这一微小差别是由于摩擦而产生的。如能将摩擦完全消除的话，高度将恰好相等。然而，他推想，在完全理想光滑的情况下，不管第二个斜面的倾斜度多么小，小球在第二个斜面上总要达到相同的高度。最后，如果第二个斜面的倾斜度完全消失了，那么球从第一个斜面上滚下来之后，将以恒定的速度在无限长的平面上永远不停地运动下去。这个实验是无法实现的，因为永远也无法将摩擦完全消除掉，因而是一个“理想实验”。伽利略卓越之处，就在于他把实验与思维巧妙

的结合起来，从而打破了自亚里斯多德以来，一千多年间关于受力运动的物体，当外力停止作用时便归于静止的陈词滥调，为经典力学的建立奠定了基础。后来，这个结论被牛顿总结为运动第一定律。理想实验在近代物理的发展中更放射着不少辉煌光彩。

理想实验作为科学抽象，充分体现了逻辑思维和形象思维的有机结合，是两者交互作用的结果。在这种抽象思维过程中，人们不仅要运用概念、判断、推理、假说等逻辑思维形式，对客观对象进行逻辑上的分析，揭示现象和过程内在的逻辑关系，提出理想的实验过程；而且要运用联想、画面，图象等形象思维形式，去设想、构思客观对象的假想过程，借助于形象探求事物运动的内部机理，用自己头脑中构成的形象来思考，通过这些形象过程及其内在联系，揭示自然的本质形象。没有逻辑分析、推理，理想实验就不能说明任何问题；如果没有在头脑中构成一个假想过程的形象以及对这个过程的一系列形象联想，不用说理想实验，甚至连简单的现实实验也不可能设计出来。可见，理想实验是逻辑思维和形象思维高度发展的产物。教学中，运用理想实验进行教学，正好能培养学生的两种思维能力，特别是形象思维能力。

(3) 形成理想过程。

除了以上理想化的运用，对于所研究的物理过程也要抓住主要矛盾，用一个理想化的物理过程形象近似的反映实际的物理过程形象。譬如，力学中的匀速直线运动、匀变速直线运动、抛体运动、匀速园周运动、简谐振动；热学中的等温、等压、等容过程；电磁学中的匀强电场、匀强磁场中的各种带电粒子的运动；等等。

只有抓住了主要矛盾，抛去了次要矛盾，才能有利于认识这

些理想状态下的发展、变化过程，从而把握物理现象的本质和规律。否则，千变万化的物理过程如何认识，从而掌握它们的变化规律呢？

3。把物理规律、物理公式等抽象性理论，转化为函数图象等，以调动形象思维，从而掌握、理解知识。

函数图象有着简明、清晰、直观、形象的特点。充分地利用图象的特点进行教学，不仅有利于使学生更好地掌握基础知识，培养学生运用形象思维提高分析、解决问题的能力，而且对于学生进一步探索物理奥秘更有帮助。

函数图象在中学物理教学中的重要作用主要有以下几方面：

(1) 运用函数图象，通过归纳推理总结物理规律或研究实验结果。

譬如，在研究气体等温变化规律的探索性实验中，学生就是利用描点法绘出图象，总结出波义耳——马略特定律的。① 而在用伏安法测电源电动势和内阻的实验中，正是利用图象直观而形象地求出电动势和内阻的。

(2) 形象直观的描述物理规律。

许多物理规律，不仅可以利用文字表述，或用数学公式精确的表达，更可用函数图象形象而显明的表现。譬如，力学中的速度图象，位移图象等，热学中的等温线、等压线、等容线等；电磁学中的部分电路欧姆定律的图象等；物理光学中爱因斯坦光电效应方程的数学表达式，转化为图6，更形象地反映出光电子的最大初动能与入射光线的强度

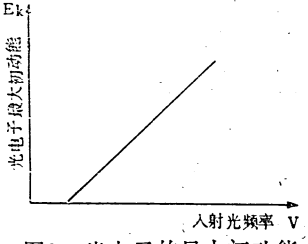


图6 光电子的最大初动能与入射光频率的关系

①详见第二编第二章第一节附录。

无关，而随入射光的频率的增大而增大的线性关系；等等。

(3) 运用图象把抽象难懂的物理现象形象地表达出来。譬如图7就形象地表现出分子和分子之间相互作用的引力和斥力是如何随分子间的距离的变化而变化的。图 8 则直观的表现出原子的能级图。

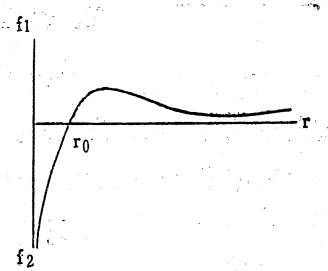


图7 分子作用力跟距离的关系

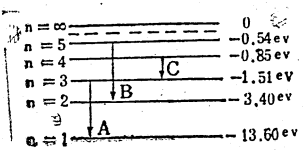


图8 原子的能级图

(4) 运用图象把形象思维和逻辑思维结合起来，推导某些物理规律。譬如，用匀变速直线运动的速度图象(图9)，推导出匀变速直线运动的位移公式。

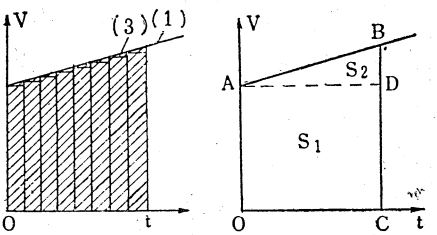


图9 利用速度一时间图象求匀变速运动的位移

(5) 运用图象简便地解答物理习题，处理实际问题。最明显的，就是透镜成象的图解法，把象与物的相互关系表现得清清楚楚。同时，在运动学、气体的性质等知识中，亦常用函数图象解题，既便于分析讨论，也简化运算过程。

总之，物理教学中要充分运用函数图象特点，认真培养学生读图、作图、用图、想图的技能技巧，使形象思维结合逻辑思维，更好地培养学生抽象思维能力。

三、物理教学中的逻辑思维

首先要强调，当我们阐述逻辑思维的时候，不要忘记：它总是与形象思维成对出现的。

在中学物理教学中，应着重培养以下逻辑思维能力：

（一）比较鉴别能力。

所谓比较，就是对比事物的共同点和差异点。人们认识事物，是从事物的感知开始，进而区别事物的本质特征，找出其差异点，这就需要比较鉴别。而且，逻辑思维总是伴随着形象思维一起进行比较的。

在中学物理教学中，尤其是在形成物理概念过程中，比较鉴别的方法是经常应用的。物理概念是从物理现象和物理过程中抽象出来的事物的本质特征，是感性认识向理性认识的第一次飞跃。只有引导学生进行分析比较，找出事物的本质特征，物理概念才能形成。

例如，交流电的概念，是在与直流电相比较的基础上建立起来的。它们都是电荷的定向移动形成的，这是共同点；但交流电的强度和方向都随时间作周期性变化，而直流电就没有这种特征，这是差异点。抓住了这一本质特征，交流电的概念就建立起来了。

又如，物体的运动状态可分为匀速运动和变速运动，而变速运动又分为匀变速运动和变变速运动。由此出发，我们就可以认识到：加速度，不是速度，也不是速度的变化量，而是速度对时间的变化率。加速度的大小和方向的变化，则应根据牛顿定运动律，取决于物体所受的合外力和它的质量两个因素，而跟其它因素无关。

对于建立起来的一些概念，其相互之间容易混淆，也要通过

析鉴别，比较清楚他们之间的异同点。

例如，作用力与反作用力这一对力和平衡力之间经常混淆，就需诱导学生认真分析鉴别：它们都是一对大小相等的力，这是相同点；但又有本质的区别，其相异点如下表所示：

相异点	作用力和反作用力	平衡力
力的性质	属于相同性质的力	两力的性质不一定相同
力的作用对象	分别作用在相互作用的两个物体上，不是共点力	作用于同一物体，是共点力
依存关系	同时存在，同时变化，同时消失	当一个力变化、消失时，一般不影响另一个力
存在范围	存在于任何运动状态下相互作用的两物体之间	只存在于平衡状态的物体上
作用效果	两力产生的效果不一定相同；两物体分别将如何运动，分别由它们的初始条件和质量决定	两力使同一物体处于平衡状态

其它如：质量和重量、动量和动能、动量定理和动能定理，动量守恒和能量守恒、功和能、振动和波动，振动图象和波动图象、电势和电势差、电压和电动势、反射定律和折射定律、裂变与聚变，等等，亦应该诱导学生比较鉴别。

（二）分析综合能力

分析和综合是从整体到部分、从部分到整体的逻辑思维形式。

所谓分析，就是把复杂的物理现象或物理过程，分解成若干个别的组成部分，或分解成一系列简单的过程，再从这些部分或这些过程中找出主要因素和次要因素，进而找出它们的本质进行

研究。与分析相反，综合则是在处理问题时，把个别的、部分的现象或过程，根据他们之间的内在依存关系，联系成一个整体来考虑，从而对这一现象或过程获得全面、完整的认识。显然，逻辑思维的分析与综合，总是伴随着形象思维。譬如，“庖丁解牛”是分析；“构思成形”则是综合。

分析和综合是彼此矛盾，而又相互结合、相互渗透、相互依存、相互统一的思维方法。它贯穿于整个物理教学过程之中，得到广泛的应用。现谈几个方面：

1。学习和掌握物理知识的全部过程，实质上就是一个分析和综合相互转化，反复结合的过程。

例如，为了掌握稳恒电流的规律，我们首先通过物理现象的研究，建立了电流、电阻、电压的概念，并且分析了串、并联电路的特征。有了这些物理现象的各个侧面的研究准备(分析)，我们进行了第一次综合，建立了部分电路欧姆定律，认识了在一段电路上I、U、R之间的内在联系。然而，这仍然是局部的规律。于是，我们又分析电源在闭合电路中所起的作用，建立了电动势的概念，于是，又进行了第二次综合，由全电路中能量变化的角度出发，建立了闭合电路欧姆定律，从而对直流电路有一个整体的、全面的认识。实质上，欧姆定律的两种表达形式。仍然是局部和全局的关系。当我们运用它们去解决实际问题时，要引导学生认识，某一部分电路组成的变化，必将影响整个电路各部分的电流和电压的重新分配。这时，既要运用闭合电路欧姆定律去分析研究总电流的变化，又要运用部分电路欧姆定律，结合串、并联电路的特征，去分析研究各部分电路上I、U、R的变化关系。这也就是一个分析和综合相互渗透、相互转化，共同作用的思维过程。

教学过程中，这样的思维过程比比皆是。请看，运动的合成与分解(匀变速直线运动和抛体曲线运动)，力的合成与分解，媒质中单个质点的振动和波动的形成，气体实验三定律和理想气体状态方程等等的研究，难道不正是运用着分析和综合的思维方法吗？关键是教师要善于诱导并加以培养。

2。凡进行物理仪器及联系工农业生产，科学技术的某些设备的结构原理的教学时，亦有利于培养分析和综合的思维能力。在明确这些仪器和设备的用途的大前提下，引导学生明确为了达到某一使用目的所采取的原理和手段。教学中，总是诱导学生具体地分析并理解各个部件的作用，明确解决整个问题的思路（分析），从而透彻理解整个装置的构造原理（综合）。天平、电磁式电流表、质谱仪、回旋加速器，离心器械，等等，均如此处理。

3。物理解题中，常采用分析法和综合法这两种基本的解题方法，① 就是其具体应用。

同时，在解链条式综合题时，正是把一个复杂的物理过程分解为许多简单的物理过程来处理的。②

4。一些基本的物理方法，一般也是采取先分析后综合来进行思维的。例如，处理动力学问题的“隔离法”③，也是分析法在力学中的具体应用。在分析隔离体受力情况的基础上求出合力，然后和该物体的质量，运动的初始状态联系起来，运用牛顿第二定律，求出结果，这就是综合、

（三）判断推理能力

---

①②详见第二编第三章第三节

③详见第二编第四章第三节

1. 所谓判断，是运用概念对事物作出肯定或否定结论的思维方式。

在物理学中，需要学生判断的东西很多．许多物理分析就是实例．力学中对物体进行运动分析，就是根据物体的受力情况和初始状态判断物体处于什么样的运动状态．热学中对气体进行状态分析，就是找出气体在各个状态的状态参量，从而判断气体的状态如何变化，以便选用规律，具体处理．电路分析就是识别电路的结构，判断电路的串、并联关系，为电路计算迈出关键性的一步．至于大量的是非判断型的选择题，正是判断这种思维形式在检查学生是否正确掌握物理基础知识时的具体运用．

2. 推理就是由已知的判断推导出另外新的判断的思维形式．推理一般可以分为三种：

(1) 归纳推理．是从个别到一般，由特殊到普遍的思维形式．它是以物理现象为基础，从一系列单一事物中抽象概括出一般性的结论和规律．

归纳推理是符合人类的认识规律的，因此，物理教学中建立概念、揭示规律常常采用这种思维形式．例如，功的概念，初中阶段是从“起重机提起重物”，“人推车前进”，“用手拉弹簧秤”等实例出发，抓住本质属性，归纳出做功的两个必要因素；到了高中阶段，又通过动能定理、重力作功的特性等，归纳出功的物理意义，概括出功是物体能量变化的量度，使学生对功有了更一般的理解．而高中阶段研究理想气体状态变化的规律时，就是采用了归纳推理，先由实验归纳出气体实验三定律，再由气体实验三定律推理出一定质量的理想气体状态方程，进而推理出克拉珀龙方程的．法拉第电磁感应定律 $\varepsilon = n\frac{\Delta\phi}{\Delta t}$ 就是从特殊形式

$\varepsilon = BLV\sin\alpha$归纳出来的；楞次定律是由大量实验归纳出来的；① 等等。

(2) 演绎推理。是从一般到个别、从普遍到特殊的思维形式。

例如，在机械振动中我们研究了简谐振动，得出了它的特征方程：$F = -kx$；当我们研究单摆振动时，分析单摆所受的回复力$F = -\frac{mg}{L}x$，得出单摆在摆角小于5°时的振动是简谐振动的结论。② 这就是演绎推理。其实，我们正是利用这一推理过程去判断任意振动是否属于简谐振动。

实质上，我们常常利用一般的结论在解决具体问题时去进行事物的判断分析的。譬如，物体是否做匀变速运动，就是根据物体是否受到恒力作用，加速度是否恒定这个匀变速运动的一般特征来演绎推理，进行判断的。

归纳和演绎这两种推理方法是相互联系和相互补充的。可以说，归纳是演绎的基础，没有归纳就没有一般的规律，也就没有演绎。而演绎仍是思维的深化，对归纳出的一般规律做进一步的认识。从辩证唯物主义认识论的角度来看，这两种思维形式，是与“实践、认识、再实践、再认识”的认识规律相一致的。因而在物理教学中总是常常相结合运用的。

(3) 类比推理。是由两种事物在一些属性上的相似性，推理出它们在另外一些属性上可能相似的思维形式。其公式为：

A对象具有a、b、c、d属性

B对象具有a'、b'、c'属性

所以，B对象可能也具有d'属性

---

① 详见第二编第二章第四节附录

② 详见第163页

例如，在初中进行“电压”的教学中，根据学生年龄特征和智力发展水平，不能做本质上的阐述，而采用水压来类比电压。这个问题在物理教学中争论了二、三十年，现行教材仍然采用。实践证明，这样的类比推理是可行的。因为对水流和电流来说，虽然本质不同，但有相似之处：它们都是物质的迁移过程，在迁移过程中，水量和电量都是守恒的，并且都要受到阻力和克服阻力做功，做功过程中都有能量转化，等等。那么我们进一步推测：要产生水流需要有水压(水位差)，是不是要产生电流也必须有电压(电位差)；并从能量转化的角度，用水泵类比电源，从而使初中学生初步建立起电压的概念，并没有什么严格的科学性错误。

在高中教材中，从重力场类比电场，从重力势能类比电势能等等，这是把本质相同或本质上有联系的概念、规律或公式进行类比。上述两种场表面上看来存在着极大差异，但它们有本质上的共同点，即场力做功与路径无关，因而都可引进势能的概念。可以列表类比如下：

重　力　场	电　　场
重力势能为重力场(地球)与物体所共有	电势能为电场与电荷所共有
重力做功与路径无关	电场力做功与路径无关
重力做正功，重力势能减少	电场力做正功，电势能减少
重力势能是标量，其值具有相对性	电势能是标量，其值具有相对性

但电场和重力场之间毕竟存在差异，不能完全等同。例如，在重力场中，物体落向地球时，重力做正功，重力势能减少。但在电场中，当电荷移向产生电场的电荷时，电场力可能做正功，也可能做负功；沿同一方向移动电荷，电场力做功是正是负，电势能是增还是减，是与电荷的电性正负有关。这是因为重力场总

是产生引力，而电场可能产生引力，也可能产生斥力。

逻辑思维是一种非常复杂的活动。上边，我们把它分解成一些基本的思维形式和思维方法，它们是构成一切复杂的思维活动的基本要素。应该明确：实际的思维过程，正是这些基本要素的综合运用，切勿割裂开来。

四、物理教学中的创造思维

定势思维和发散思维是创造思维的两大重要组成部分。这两种思维形式从已知的信息和大脑中贮存的信息中产生新的信息。它们构成了现代教学的思维特征，是学生形成创造思维的必由之路。下面就中学物理教学中，如何培养定势思维和发散思维，以及它们之间的辩证关系，进而就培养创造思维的教学有序控制过程做以概述。

（一）定势思维及其培养

定势思维，又称集中思维，收敛思维，求同思维等。它是依据研究对象所提供的各种信息，寻求信息之间的必然联系，使思维聚集、收敛，得到一个确定的解决方案，或一个最合乎惯例、最佳的答案的思维形式。它的主要特点是求同性和规范性。从教育心理学的角度看，“定势”就是人们依照既定的方案去解决某类问题的心理状态和思维特征。它促使人们遵循一定的思路去分析矛盾、处理问题。因而，把它称为定势思维，比较合适。

在教学工作中培养定势思维无疑是重要的。没有规范性，遇到问题就会束手无策。教师主导作用的一个重要方面，就是“导向”，就是从学生的心理状态出发，创造最佳情境，把注意力导入正确航道，诱导学生理出一个清晰的思维脉络，促使思维迅速定向。这是培养学生创造思维的源流，亦是未来进行科学研究的

基本训练。

定势思维的培养，历来受到普遍重视，这里仅概括的谈两个方面。

其一，知识是进行创造思维的基础；知识越渊博，越有利于创造思维。学生学习，就是要在极短时间内，获取前辈千百年来智慧的结晶。以物理概念和物理规律为核心的基础知识，实际上是一整套帮助学生形成定势思维的有序知识体系。加强基础知识教学，乃是培养定势思维的主要基石。其实，形成概念、建立规律，从思维过程来看，运用的就是定势思维。譬如，感生电流的产生，表面原因是多种多样的：或者是磁感应强度发生变化；或者是闭合回路面积增大或缩小；或者是回路中电流增强或减弱等等。分析实验提供的各种信息，总是使思维朝着一个方向收敛、集中，即产生的感生电流的方向与磁通量变化之间的关系如何，从而归纳出一个确定的规律——楞次定律。教学时，不能只简单的给出结论，而要突出其形成的物理过程。

物理学做为一门基础自然科学，由生动的物理现象到抽象的物理模型，由观察实验到基础理论，都有着完整的学科体系和独特的物理方法。不断地了解、积累和熟悉这一切，亦能形成定势思维。譬如，物理学中处处闪耀着辩证唯物主义认识论的光辉，明显的体现出“实践——认识——再实践——再认识”的自然辩证法；这既是创建物理学、也是学习物理学的认识之序。而“现象——概念——规律——运用”，既是形成物理理论，也是掌握物理理论的知识之序。遵照认识之序和知识之序，而循序渐进的掌握物理知识，这是一种基本的定势思维。物理学史中许多著名实验，如伽利略的理想斜面实验，库仑的扭秤实验、卢瑟福的α粒子散射实验，等等，以及从这些实验出发，得出一系列具有划

时代意义的物理理论，正是诱导学生通往创造思维的一座座智慧的桥梁。学生思考当代某些问题时，往往会从这些智慧中得到借鉴和启发，其它物理方法，如等效替换、正交分解，隔离分析，近似处理等等，同样都是需要继承的定势思维形式。

其二，培养程序思维能力。所谓程序思维，是人的大脑反映客观事物时，指令的有序化集合。这种思维形式将所要解决的问题，系统地分解成许多小指令，然后有序的排列起来，有程序的进行思维。按步思维的结果，培养了思维的逻辑性和条理性，形成了定势思维。

首先，迅速、准确地进行物理分析，是解决物理问题的首要一步、关键一步。因此，必须加强物理分析的训练。由于力的概念和规律贯穿于物理学的各个部分，因而受力分析和运动分析是最基本最重要的物理分析。实际上，除了纯力学问题，物理学的其它部分，尤其是电磁学的许多复杂的综合问题，实质上都是力学问题。只要按照程序，分析清楚了研究对象的受力情况和运动情况，问题就会迎刃而解。另外，热学问题要进行状态分析，各种电路要进行电路分析，几何光学要进行光路分析，等等，都要熟练掌握，形成思维定势。

其次，要加强解题思路的训练。应诱导学生理解：任何一个物理规律，在运用时的基本思路，应该从规律本身去探寻，而不要凭空苦思冥想。以动量定理来说，研究对象所受的合外力的冲量，等于物体动量的增量。那么，要求“合外力的冲量”，首先要求合外力，必然要进行受力分析；要求“动量的增量”，当然要知道初动量、末动量、初速度、末速度，必然要进行运动分析。可见，运用动量定理的基本解题思路是：(1) 确定研究对象是那个物体；(2) 对物体进行受力分析，求出合外力，进而求出

合外力的冲量；(3) 对物体进行运动分析，明确初速度和末速度、初动量和末动量，进而求出动量的增量；(4) 根据动量定理，列方程，统一单位，求解。进一步归纳可知，处理力学问题的思路，均可归结为：选对象⟶分析力⟶定运动⟶解方程。可见，运用规律处理问题的一般思路，乃是教学中重要的程序思维。

在解题思路中，应注意“异中求同”的思维训练。譬如，以圆锥摆为典型，得出处理它的基本方程：$mg\mathrm{tg}\alpha = mv^2/R$；运用这一规律，则可以解决所有倾斜型转弯问题。习题教学中的“多题一解”，或称“多题归一”就是把有共同特性而形式不同的一类习题，总结出一般的解题思路，形成规律性的程序思维。这也是一种定势思维吧！

再次，加强基本实验技能的训练；加强绘图、识图基本功的训练；等等技能的培养，则是一种强制性的程序思维。电路如何连接？天平如何调整？受力图怎样绘制？图象怎样识别？……教师都要进行准确的示范，以便成为学生模仿的楷模，进而熟练掌握，形成定势。

(二) 发散思维及其培养

机械的培养定势思维，一旦成为一种束缚，一种框框，就会使学生囿思路于陈规陋习之中，丧失灵活的应变能力和丰富的想象能力；思维的惰性，将形成负迁移，产生消极的影响。思维失去了自由性，就适应不了现代科学技术的发展趋势。所以，定势思维有待于向发散思维发展。

发散思维，又称求异思维，乃是依据研究对象所提供的各种信息，使思维打破常规，寻求变异，探索多种解决方案或新途径的思维形式。它的主要特征是求异性和多样性。它不落俗套、不

循陈规、广开思路、充分想象，使思维从封闭变为开放，从不同的侧面、不同的相互关系、不同的结构形式，获得处理同一矛盾的大量方案。教学中，努力培养发散思维，将使学生处于一种积极主动的探索状态，思维结果，新颖不俗，体现出一种创造精神。

如何在教学中培养学生的发散思维，已引起普遍注意。这里仅谈五点：

其一，揭示本质，掌握精髓，多层次、多角度的扩展基础知识，以便对其理解得更全面，更深刻。这是拓宽思路的先导，亦是引水入田的渠道。

譬如，在理解概念的内涵的基础上，应进一步更全面的明确其外延。以动量守恒定律为例，教学时，应举例从动量定理对相互作用的系统的应用中，由 $\Sigma F \cdot \Delta t = \Delta P$ 去分析，若要系统的 $\Delta P = 0$，除应满足系统所受的合外力 ΣF 为零这个条件外，还有：(1) 当 $\Delta t \longrightarrow 0$，即系统内物体间相互作用的内力远大于 ΣF (如碰撞)，则系统的动量近似守恒；(2) 系统所受的 ΣF 不为零，但某一方向上(如与 ΣF 垂直的方向上)，合外力为零，则在该方向上各动量的分量守恒。这就使学生更加明确了其外延的广泛性和近似性，扩展了运用时的视野。

另外，要充分利用“变式”教学，尽可能的变化所引用资料的内容和形式，从不同层次，不同侧面揭示出概念和规律的实质。例如，对于牛顿运动定律，则要从因果关系、量值关系、方向关系、时间关系、单位关系、矛盾关系等方面，加以全面阐述和分析，使知识活化。

同时，还要揭示物理现象和过程中的自然辩证法，促使辩证思维的发展。例如，向心加速度和向心力既与半径成正比，又成

反比；电功率既与电阻成正比，又成反比；等等，不正表明："一切都因一定的条件向其反面转化"的辩证法吗？物态变化、电磁波谱等，不正是量的积累，引起质的飞跃吗？电流的形成、加速度的产生等，不正是内因和外因辩证关系的体现吗？……

其二，培养促使"一"和"多"相互转化的能力。

首先，培养从具体问题所提供的信息出发，推想出信息之间多种不同组合的能力。当我们解决矛盾时，由于观察问题的侧面不同，思考问题的角度各异，问题所提供的信息就可能直接，或间接地满足其中的多种不同的信息组合，从而衍生出解决问题的多种渠道，形成发散思维。试看例题："一台沿水平方向运转的皮带运输机，在马达的带动下，皮带以$v=2.4$米/秒的恒定速率运动。今将一质量为$m=2.5$千克的砖轻轻地平放在皮带下，砖和皮带的滑动摩擦系数$\mu=0.6$。求：(1) 砖放在皮带上以后，经过多长时间才停止在皮带上？(2) 砖在皮带停止以前，相对于皮带滑动了多大距离？"以砖为研究对象，当砖轻轻地平放在皮带上时，砖在水平方向立即受到皮带施于的、与皮带运动同向的滑动摩擦力的作用。若以地为参照系，砖做初速度为零的匀加速运动，直到相对于皮带静止；若以皮带为参照物，砖做初速度$v_0=-v$的匀减速运动，直至末速度为零。于是，由于参照物不同，我们将结合牛顿运动定律，用不同的匀变速运动规律，生发出多种解题思路。

其次，要培养用同一规律去分析处理多种物理问题的能力。使学生善于从同一信息源泉出发，向着不同的方向探求，尽可能衍生出更多的信息输出。譬如，能的转化与守恒定律象一根红线，把物理学的各个部分紧密的联系在一起，善于从功能的观点

出发去处理各种各样的物理问题，这是发散思维流畅性的体现。

再次，要培养运用多个物理规律去处理同一物理问题的能力。这样，使脑海中储存的大量信息都调动起来，在探求问题的解决方案中，使思维极大的得到发散。以力学问题而论，一般来说，处理时往往有三种基本方法，即分别运用牛顿运动定律、动能定理、动量定理求解，有时还可以运用机械能守恒定律及动量守恒定律求解。如果从这一角度出发，前述例题又可得出多种求解方案。当然，也要善于培养运用不同的数学规律，处理同一物理问题的能力。

“一”和“多”的相互转化，既可以使学生所掌握的知识信息大量增殖，又可以开拓思路，遏止单向定势思维的消极影响。教学中已普遍采用的“一题多问”、“一题多变”、“一题多解”、“一图多用”等方法，正是培养这种发散思维的体现。① 教学中。要善于向学生提供在形式上和解答种类上均具有多样性的练习题。也要善于提出一些没有唯一的、现成答案的发散性问题，诱导学生多途径地思考、解决矛盾。

其三，培养对物理问题的逆向思维能力。逆向思维属于辩证思维，是一种重要的科学思维。当我们遇到一些难以解决的问题时，逆向思维启发我们从相反的方向，从问题的反面去进行思考。例如，静摩擦力的方向，与物体相对运动趋势的方向相反。然而，对静止物体来说，相对运动的趋势往往难以判断。可以逆向思维，假定接触面是光滑的。分析可知：光滑时，该物体可能产生的相对运动方向，就是不光滑时，物体相对运动趋势的方向。

---

① 详见第二编第三章第三节

可以运用逆向思维去诱导学生获得新知识。如：电流能够产生磁场，那么磁场能不能产生电流呢？如果能，怎样产生？凹透镜能不能会聚光线？如果能，应有什么条件？等等。

教学中，当学生对物理问题作出顺向解答后，应该再诱导他们逆向思考，以获得新的信息组合。以运动合成与分解为纽带，把斜抛运动正交分解为直线运动去处理。那么，不正交分解行吗？伏安法测电阻、测电功率、测电源电动势和内阻。那么，不同时运用伏特表和安培表能测吗？等等。

其四，创造条件，培养学生的猜测能力。“没有大胆的猜测，就作不出伟大的发现。”（牛顿）“只要自然科学在思维着，它的发展形式就是假设。”（恩格斯）因此，猜测、假设是科学发展的必由之路，是发挥科学家的创造力和想象力的产物。这种发散思维能力，应该从学生时代就注意培养。

开展探索性实验，使学生五官并用，多途径地输入信息，并从观测结果的分析研究中，总结出物理规律。这里，观测仅仅是先导，充分研究，积极思维才是获得探索成果的关键。在探索一定质量的气体等温变化时的规律的实验中，学生测得了一系列P、V值。那么，它们之间有什么关系呢？诱导学生从$P-V$图线，从$P-1/V$图线，从PV乘积等方面去猜测、验证，以获得玻意耳——马略特定律。而黑箱实验则模拟了科学研究过程，它要求学生从外部观察、测试入手，然后分析所得数据，通过猜测、推理，以认识箱内结构的方法。这些实验过程中，发散思维得到发挥，创造思维获得发展。

在教学中，当我们以旧知识引入新知识，而将内涵和外延具有相似之处的两个概念或规律进行比较，从而形成新的概念或规律时，就采用了一种科学的猜测方法——类比。在物理学史上，

类比曾经是获得许多新理论的思维火花。类比是一种由特殊推到特殊、由一类个别对象推到另一类个别对象的思维形式。① 它将启发学生由此及彼，由表及里的形成发散思维，从而由已知去探求未知。所以，类比属于创造思维。教学中，以弹性势能去类比分子势能，以重物在重力场中的各种运动去类比电荷在匀强电场中的各种运动，以弹簧振子的振动去类比电磁振荡，等等，就是引导学生运用类比去发展创造思维。

其五，要加强培养学生的自学能力，这是发散思维获得发展的重要条件。有了自学能力，学生就能更多的阅读参考书，通过博览群书，使知识面大为开阔，多识广见，考虑问题时将更加灵活，就能促进多途径的解决问题，形成发散思维能力。

（三）定势思维和发散思维的辩证关系

发散思维是创造思维的重要组成部分。特别在教学过程中，表现创造思维的主要因素是发散思维。然而，不能认为定势思维只是思维的低级形式，恰恰相反，定势思维总是发散思维的必然结果。因为发散思维的最终要求是在思维领域内去芜存精，追求解决某类矛盾的最佳方案，这个目的一旦达到，立刻又会形成一种高层次的定势思维。一般认为：人们的思维过程，总是先有发散思维，后有定势思维。然而，对学校的教学来说，一般则相反，特别是中小学生，他们学习的基础知识，就是首先形成一系列定势思维。教学中，学生最初获得的那些定势思维，正是前辈无数次发散思维和定势思维相互转化的硕果。学校教育，就是要在这些定势思维的基础上，“先死后活”，进一步诱导学生的发散思维，进而获得高层次的定势思维。举物理教学中的一个简单例子：力学中，学习牛顿运动定律，动能定理、动量定理，这是定

① 详见65页

势思维。当处理力学问题时，则运用上述规律，往往形成三种基本方法，从而获得发散思维，已如前述。然而，具体到一个特定的力学习题时，运用某个规律可能思路清晰，过程简单，运算方便(这正是最优解题思路的基本要求)，而运用其它规律则可能繁杂困难，易出错误。那么，面临一个具体力学新问题，如何迅速、准确地一下子抓住这个最佳解题思路呢？可诱导学生在明确问题所提供的各种信息的基础上，从物理过程所涉及的有关物理概念去分析、研究，从而形成如图10所示的新的思路。有了这个新的定势思维，求解前述例题时，我们立即判断出：分别用动量定理和动能定理，将十分简捷的求出时间和距离。显然，对中学生来说，这正是一种高层次的定势思维。但是，它的判断与运用又离不开低层次的定势思维，即准确的受力分析和运动分析。

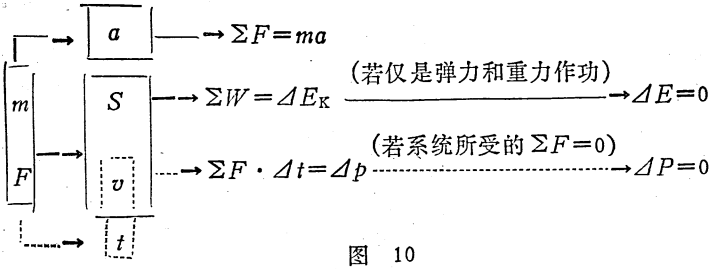


图 10

基础知识的积累，定势思维的形成，是培养发散思维的基础。忽视这个打基础的工作，发散思维将成为无源之水，无本之木。定势思维有待于向发散思维发展；没有这个发展，将导致思维僵化，创造思维难以形成、发展。因此，定势思维和发散思维总是在一定的条件下相互转化、相互渗透。定势思维既是发散思维的起点，又是发散想维的必然结果。教学中，定势——发散——再定势——再发散，循环往复，以至无穷。教师的主导作用和学生的主体作用，则应体现在创造条件，设置情境，促其不断转

化，不断渗透。犹如学剑，初始，当然要精熟前辈所创立的“剑诀”、“剑术”。训练一招一式时，必须一丝不苟，扎好根基。这些定势思维的培养和积累，正是思维处于量变阶段。量的积累，必然引起质的飞跃。所谓“勤学苦练”，“博采百家”，正是这两种思维形式在一定条件下相互转化、相互渗透，逐步形成创造思维的孕育过程。在这个过程中，教师要在“诱”字上下功夫，学生则要在“悟”字上显本领，使“剑术”日臻熟练。一经进入视无规范的境地，“剑法”将会挥洒自如，有招如无招，存招式之意，而无招式之形。临战就能“判断准确”，“决策果断”，战胜强敌，夺取胜利。至此，定势思维和发散思维将在这高层次上相互有机复合，进入新的境界，学生的思维活动将由必然王国进入自由王国，创造思维也就在这循环往复的矛盾运动中形成、发展，臻于成熟。

教学过程中，学生的定势思维和发散思维都要运用到形象思维和逻辑思维这两种基本思维形式。至于在发明创造中常常做出突出贡献的灵感思维，其主要特点是突发性和独特性。在人们从事科学研究的过程中，常常依赖丰富的想象，在紧张的酝酿思考之时，情绪亢奋，思维敏锐，象电光一闪，获得突发式的灵感而顿然领悟，取得戏剧性的重大科学突破，这就是灵感思维。显然，灵感思维并非闭门造车，苦思冥想所能得到，乃是在长期学习和实践过程中，定势思维和发散思维循环转化的必然结果。爱迪生曾引用雪莱的一句话说：“天才，就是百分之一的灵感加上百分之九十九的血汗。”表达的正是这种辩证关系。学校教育正是为此而不断的进击着。

这样看来，教学过程中培养学生创造思维的有序控制过程，可如图11所示。教师的责任，就是在教学过程中，善于创造条

件，促使这一过程尽快的形成和迅速的转化，以便培养出大批的开拓型创造型人材。

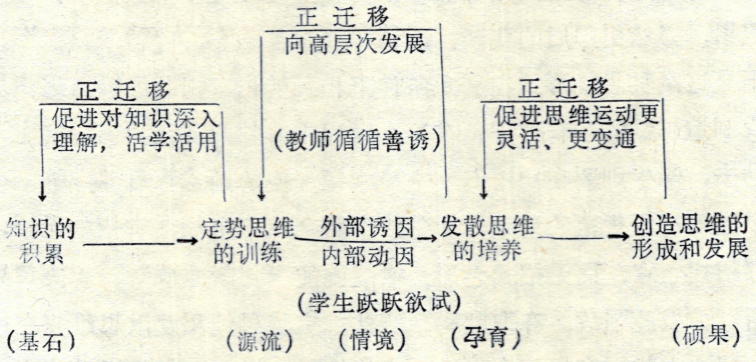


图 11

第三章　中学物理学的课程与教材

物理学研究物质运动最普遍最一般的规律、物质的基本结构及其相互作用、相互转化。它作为一门成熟的、精确的基础自然科学的标志，同时完整地具备五大特点：实验科学；严密的理论科学；定量的精密科学；应用广泛的基础科学；带有方法论性质的科学①。因此，它成为中学课程体系中一门重要的课程，对于完成普通教育的总任务起着举足轻重的作用。

本章在阐述物理知识的基本功能的基础上，从中学物理教学的总目标出发，着重论述中学物理学的课程结构和教材结构，从而为中学物理教材分析奠定理论基础。

第一节　物理知识的基本功能

教学过程不仅仅是知识的传授过程，而是一个知识、能力和品德全面发展的过程。国家对接班人的培养目标，具体地体现在教材之中。而教材则是一个包含教学基本内容的知识载体系统，也是个科学思想、科学方法和科学品德的载体系统。为了实现教学目标，必须充分发挥知识的作用，因而要特别注重对知识的基本功能进行分析。这就是现代教学论十分强调研究知识功能的出发点和归宿。这方面的研究虽然还没有一致的看法，但对知识具有理论价

①详见阎金铎、田世昆主编：《初中物理教学通论》；高等教育出版社；1989年4月版；第30页。

值、应用价值、能力价值和教育价值，在认识上却是比较统一的。本节，我们则对知识的这些功能，结合中学物理知识体系，予以概述。

一、知识的理论价值

所谓知识的理论价值，就是指学科的知识结构本身，以及每个知识单元、知识点在整个知识体系中的地位和作用。譬如，凡是力学问题，首要一步、关键一步就是对物体进行全面的准确的受力分析。而对力的概念的全面理解，乃是进行受力分析的理论基础。同样，能的概念，以及能的转化和守恒定律，象一根红线贯穿于物理学的各个部分。实际上中学物理学的五大部分，都可以通过力的概念和能的概念紧密的联系起来。这就表明了力的概念和能的概念在整个物理学中具有重要的理论价值。

分析知识的理论价值，要特别注意它的以下主要特性：

(一) 结构性。任何一门独立的学科体系，都有着自己独立的概念和规律体系。这种体系的结构不仅具有自己相对的稳定

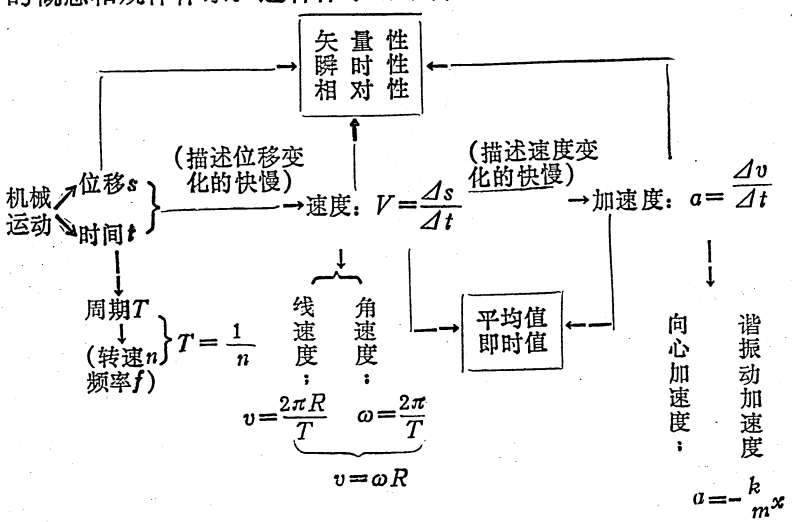


图12 机械运动中基本概念的相互关系

性，而且把握了结构，就能够把握知识的内在联系和逻辑发展。例如，描述机械运动的基本概念的整体结构，如图12所示。所谓分析知识的理论价值，就是要掌握结构、掌握联系、掌握发展，从而明确知识体系本身的来龙去脉。

（二）层次性。对于物理知识，不能眉毛胡子一把抓，无重点的平均使用精力。首先要认识知识体系发展的层次性，有层次的理解、掌握知识。

譬如，力是贯穿在高中力学甚至整个物理学中的重要概念，它是随着教材逐步扩大和加深的。如果不把力放在整个知识体系的大背景下去分析，而只限于一章一节的范围里，孤立地进行教学，就不可能很好的认识各部分教材阐述力时的地位，也就难以恰当地掌握其教学要求。如果从整体去分析，则可看到力的概念是按照以下几个层次展开的：(1) 复习初中学过的“力是物体对物体的作用”，使学生对力有一个总体的认识；力不能脱离物体而存在，从而认识力存在的物质性，这是力的本质属性，也是物体受力情况分析的基础，明确认识这一点，对避免学生脱离物体空想多余的力殊为重要。(2) 从力的合成与分解认识力的矢量性。(3) 学习牛顿第三定律，进一步定量的揭示了力作用的相互性，并指出相互作用关系的“平等性”（即：大小相等；同在一直线上、方向相反；同一种性质；同存、同灭）。(4) 逐步阐述力的动力效应，表现出瞬时效应和在时间上与空间上的积累效应。(5) 学习万有引力定律，并在电磁学中学习电场力和磁场力，指出了：实物物质间有力的作用，场物质间亦有力的作用。通过如此分析，我们将看清了知识的发展和联系，认识到力的概念在中学物理教学中是逐步扩展和加深的。这样，在处理教材时才能掌握好分寸，避免毕其功于一役，企图一次完成对力的概念的教学。

另外，还要按照教学大纲的要求，明确知识在教学要求上的层次性。一般分为三个不同的层次：一般知识(要求知道)；重要知识(要求理解)；重点知识(要求掌握)。①

(三) 适应性。就是适应于学生身心发展的特征，也就是考虑到学生的年龄特征和心理承受能力，使教学过程生动活泼、兴趣盎然，充满求知欲望，以利于学生全面发展。理论价值的这种适应性，要求知识要符合学生年龄特征去展开。也就是说，所谓要“讲深讲透”知识，是受其理论价值的适应性制约的。例如动能和势能的概念本身在物理学科中具有很高的理论价值，但在初中不可能展开，只能做初步的定性介绍；到了高中，则对动能和重力势能做了比较深入的定量研究，而对弹性势能仅做了定性研究，留待普通物理中再做定量分析。

上述三个主要特征，是相互联系不可分割的。分析知识的理论价值时，要全面考虑。

二、知识的应用价值

所谓知识的应用价值，是指运用知识去解决科学技术、生产建设、日常生活中一系列实际问题时的功能。说明确一些，就是理论联系实际。它是我国中学物理教学的优秀传统之一。在九年制义务教育全日制中学物理教学大纲中明确指出：“学习物理学的初步知识及其实际应用”，是把知识和它的应用看成同样重要，都要认真学习。因此，分析、挖掘知识的应用价值，就显得尤为重要。譬如，能的转化和能量守恒定律，是自然界的一条根本规律，在物理学的各个部分有许多具体的体现形式（如第85页的图13所示）。因而它不仅具有理论价值，而且有极大的应用价

①详见106页。

值，成为人类认识自然，改造自然的锐利武器。

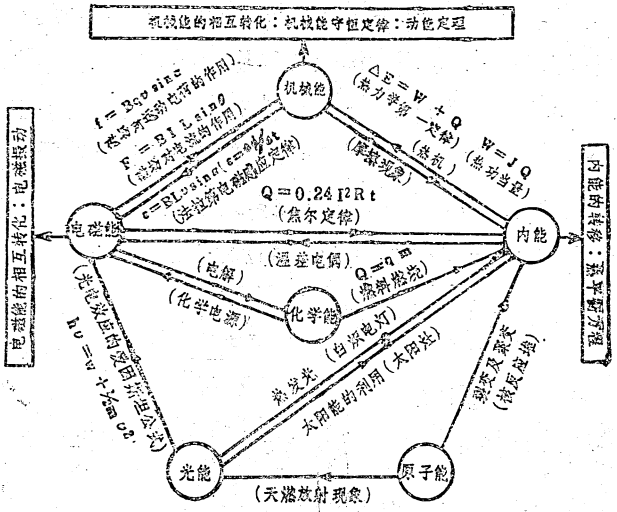


图13　中学物理中能量的转化图示

为了更好的发挥应用价值的作用，应该认识它的特征，有以下几点：

（一）广泛性。知识的应用，首先要明确，不仅仅是解几道习题（当然，对中学生来说，这是一个重要方面）。它还包括在工农业生产中的应用，日常生活中的应用，在解释自然现象中的应用，以及在科学研究、社会问题上的应用。把应用的目光放得更广阔些。

对于某个知识（特别是物理规律）的应用价值，应该从整个单元知识，以至从整个物理学的角度去考虑，全方位地找出它在各种具体情况下的应用，并绘出该知识点的应用结构图。86页图14就是牛顿第二定律在各种条件下的具体应用，全面地表达了运动和力的相互关系。

研究知识的应用价值，出发点就是为了理论联系实际。题海

战术的原因是多方面的，对知识的应用价值的片面理解，不能说不是一个重要原因。学生中学毕业后，专门从事物理专业工作的，毕竟是极少数。为了提高全民族的素质，我们必须开展第二课堂，认真研究课外的物理教学，充分发挥中学物理知识的应用价值。设想在职业高中开设《应用物理》这门选修课，正能促进这一工作的具体实施。这门课应使学生更多地了解物理知识的应用，特别是懂得在实际问题面前如何运用物理知识的方法为主要目的。

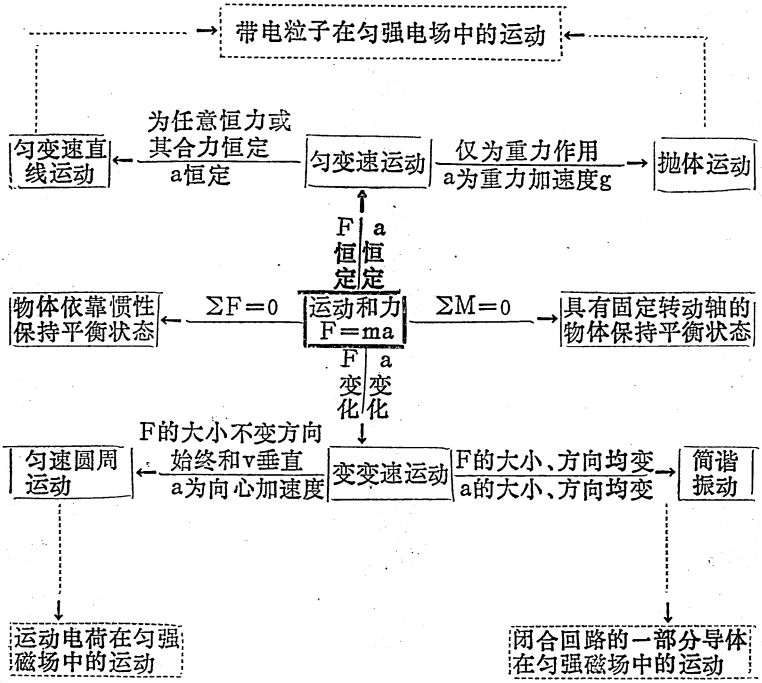


图14　牛顿第二定律应用一览图

（二）基础性。教学中联系生产实际，不能离开物理基础知识，去讲一些生产程序和技术细节，而要突出基础知识是怎样被用来分析解决实际问题的。有些实际应用问题比较复杂，应适当加以简化，以突出其物理原理。例如研究直流电动机，只要知道

电能可以转化为机械能，理解其工作原理就可以了，至于具体的构造及细节，就不要大讲特讲了。我们要吸取曾经把物理课上成“三机一泵”的教训，要特别加强应用价值的基础性，把物理基础知识的具体运用摆在首位。

（三）层次性。和知识本身一样，知识的应用也分为：一般、重要、重点三个层次，不要片面的提高要求。

（四）综合性。一个实际应用，总是综合了众多的知识点。譬如关于电能的输送，就要用到许多电学基础知识。尤其在高中知识中，更是如此。联系实际时，根据具体需要，抓住主要矛盾予以阐述。

三、知识的能力价值

所谓知识的能力价值，就是指知识本身所含有的对人的能力发展有促进作用的因素。挖掘这些因素，并充分发挥其功能，就体现出能力方面地目的要求。为了培养和促进学生的能力，则要充分发挥知识的能力价值。这就要求认真具体地分析教材中知识的这一功能。

为了分析知识的能力价值，应该明确它的特殊性质：

（一）隐蔽性。知识的能力价值凝聚在知识之中，表面上是看不出来的，因而具有隐蔽性。不着重分析，并不能一目了然看到它；掌握了知识，并不一定就发挥了它的能力价值。只有着重挖掘分析，并在教学过程中加以充分发挥，才能起到促进能力发展的作用。

（二）伸缩性。知识本身有一定的内涵和外延，但知识的能力价值就没有一定的范围。不思则无，深思则远，远思则宽，表现出很大的伸缩性。正象培养学生的发散思维能力那样，发挥知

识的能力价值的天地是十分广阔的。

（三）结构性。知识的能力价值有自己独特的结构，这种结构往往带有方法论的意义，并且和知识本身紧密结合在一起。所谓“寓能力培养于知识传授之中”。譬如，弹力的大小教材只提出用胡克定律求出，但在实际求解时，胡克定律并不能应用。如果我们指出：弹力的大小可以根据物体的平衡条件或牛顿运动定律求出。这就给学生一种求弹力大小的思路和方法。弹力的方向教材往往说：与使物体发生弹性形变的外力的方向相反。但在实际中，外力的方向并不明确。如果通过分析，诱导学生得出：弹力的方向，当挤压时，与物体的公共接触面垂直，指向被压的物体；拉伸时，沿拉伸方向，背向被拉的物体。这不仅为学生顺利进行受力分析铺平了道路，也提高了学生分析、解决问题的能力。

（四）层次性。相同的知识内容，由于知识结构上的相异，而表现出不同的能力价值，从而形成它的层次性。譬如，“运动的合成”这节知识是通过匀变速直线运动的分析归纳出来的，如果仅仅就事论事地按课文交待清楚就难以发挥它的重要的能力价值。在物理学中，我们正是通过运动的合成与分解，运用等效替换法，把复杂运动分解成简单运动，然后用简单运动的规律去解决复杂运动的问题。诱导学生掌握了这一思路和方法，就能有层次地逐步理解和顺利处理抛体运动(平抛和斜抛)；带电粒子在匀强电场中的各种运动；运动电荷在匀强磁场中的各种运动；等等。同一知识内容在不同的结构中，逐步加深地发展学生分析解决问题的能力。

（五）条件性。能力是一种个性心理特征，是在动态中形成的。因而要求教学中要充分提供知识转化为能力的条件，要和教学过程相结合，特别重视知识的形成过程和知识的应用环节。譬

如，学习物理概念，不能只让学生背定义、记定义式，而要创造条件，使学生逐步学会从物理现象和物理实验的基础上分析、归纳事物的共同特征的能力。又如实验课中，如果不是让学生亲自做实验，而是由教师在黑板上讲实验，或者给学生提供详细的实验册，只让学生按空填数，毫不动脑筋；或者有的学生只站在旁边看别人做实验，那么，就没有提供使知识转化为能力的条件，把培养能力的过程又变成了仅仅传授知识的过程，又怎么能谈得上培养能力呢？

在我们分析知识时，就要根据上述性质，认真挖掘知识的能力价值，把它做为教学的目标要求明确提出。在教学中培养学生的能力是一个多因素的综合过程，只有不失时机的抓住知识的能力价值，紧密地和教学过程相联系，从充分发挥每一个具体环节的作用入手，才能收到好的效果。

譬如，初中教材中，二力平衡的知识虽然只是一节课，但它具有重要的能力价值。教学大纲是把它做为重点知识提出教学要求的，即“掌握二力平衡的条件”。这个教学目标，就是发挥知识的能力价值，对于深化活化物理知识具有极大的作用。从教学大纲可以看出：后续的一些较复杂的重要知识，如液体内部的压强、浮力、阿基米德定律、物体的浮沉条件等重要概念和规律的得出，其关键之处都是二力平衡条件的运用。这个运用知识的过程，就是逐步把知识转化为能力的过程。教材中的关键知识，几乎都具有这种能力的价值①。

然而，在具体的教学过程中，我们往往忽视知识的能力价值。譬如，有的教师在高中力学部分进行牛顿第一定律的教学时，认为初中已学过，解题时“用处也不大”，而不重视，从而

①所谓关键知识，详见第二编第一章第二节。

失掉了一个培养学生形象思维能力和逻辑思维能力的极好机会。伽利略的理想斜面实验，其卓越之处，正在于他把实验与思维巧妙的结合起来，为经典力学的建立奠定了基础①。

四、知识的教育价值

所谓知识的教育价值，就是要挖掘出渗透于知识之中，对学生进行德育的因素。对中学物理知识来说，主要是指寓于物理知识中的辩证唯物主义观点；结合科技成就和四化建设中与物理知识有密切联系的内容，进行的爱国主义和国情教育；从中外物理学家为科学、为真理而献身的实是求是的科学态度、科学习惯、科学精神等因素；以及有利于激发和培养学习兴趣、情感、意志、性格、理想等个性心理品质的因素；等等。

知识的教育价值的主要特点是：

（一）渗透性。知识的教育价值总是渗透于知识之中的，不思则无，思之则多。所谓寓思想教育于知识传授之中。譬如进行辩证唯物主义教育，并不是讲哲学，也不是穿靴戴帽，而是运用辩证唯物主义的观点和方法来阐述物理知识，使学生在理解知识的同时受到教育。实际上，物理学知识中，处处闪烁着自然辩证法的光辉②，关键在于教师去挖掘。

（二）示范性。知识的教育价值的发挥，教师的言传身教起重要作用，而且身教重于言传。譬如，教师在物理实验时弄虚作假，又怎么培养学生的实事求是的科学态度呢？教如其人。教育者本身的示范作用就能体现出知识教学的教育价值。教师本人的学风、教风，正可以培养新一代人的科学作风、科学习惯和创造精神。

---

①参第一编第二章第三节。

②参第二编第四章第二节。

（三）自觉性。发挥知识的教育价值，要特别重视提高自觉性，把它作为每个教师义不容辞的责任，去认真对待。譬如爱国主义教育，应该从教材实际出发，反映我们中华民族历来对人类科学的发展所作的贡献，以增强民族自信心和自豪感；古今中外那些把科学奉献给自己祖国的科学家的献身精神，均应成为爱国主义教育的内容。绝不能把知识的教育价值视为可有可无的教学内容，而予以忽视。要培养全面发展的社会主义新人，缺少了非智力因素的培养，就难以实现。挖掘知识的教育价值，有血有肉地寓于知识传授之中，正是不少教师心中无数之处，这也正是我们提高自觉性，需要认真研究的课题①。

第二节　中学物理学的课程结构和教材结构概述

一、结构、学科结构、课程结构

宇宙间的任何事物，包括作为人类智慧结晶的科学技术，都存在着广泛的内在和外在的联系，都是相互依存、相互制约的。纯粹孤立的事物是不存在的。一门学科总是经过人类长期的科学实践和研究，逐渐地形成了由一定的科学事实、概念、规律等按照一定联系和方法构成的理论结构体系。所谓结构，就是诸多事物之间相互关系的组合，是一种反映事物的普遍属性的组织形式。结构总具有整体性、易变性和自我调节性三个基本特征：整体性表明结构不是诸成分的简单混合，而是有规则、有秩序地构成体系。易变性和自我调节性意味着结构不是僵化的，而是在一定条件下运动着、发展着，并且通过自我调制不断建构成新的结构。由

①详见第二编第四章。

于系统科学的长足发展，出现了力图揭示某一系统内部结构的关系，从而解释或变革其功能的科学方法，称为结构方法，或结构主义。结构方法运用于教学的理论和实践中，有助于学生理解基本概念体系，譬如图12①就有助于掌握机械运动中诸基本概念的相互关系，从而深化对各个基本概念的认识，也有助于学生记忆、再现和迁移基础理论。同时，结构方法是一种使书越读越薄的学习方法，因而有助于教师改革教学、改进教学方法。因此，在我们强调创设生动的物理情境和心理情境，以便加强基础知识的教学和智力及非智力因素的培养的同时，还必须把结构方法引入现代教学论。

人类对于某一学科的认识总和，构成的学科体系及其结构，称为学科结构，即这一学科的知识结构。以物理学的学科结构而言，它决定了人类对物理世界的观察分析和能动认识，也制约了人类运用物理基本理论解决问题的策略、思路和方法。它是一定历史时期人类对物理世界认识的结晶。

教育工作者根据社会政治、经济对人材的需求及青少年一代年龄、心理特征，以及原有知识结构水平等，对学科结构加以综合改造，就形成了以某一课程的目的、任务、基本要求、基本内容等为骨架的课程结构，即这一课程的知识结构。所谓课程，国际上公认的一般含义是：课程包括教师用来达到教学目标的一切工具和手段②。课程结构集中反映在这一课程的教学大纲上。教学大纲是根据国家教学计划而制定的一门课程的教学指导文件。一般包括两大部分：其一是说明部分，规定了课程的教学目的和要求；提出了确定教学内容的原则；指出了教学中应注意的问题等。其二是大纲部分，系统地规定了教学内容的全部主要课题，

---

①见82页。

②雷树人：《对中学物理课程改革的几点设想》，《物理教师》，86年9期

及其具体教学要求；演示实验和学生实验的内容；教学时数；等。教学大纲的权威性表现在四个方面：编写教材的依据，教学的依据，考试的依据，评价的依据。做为一个教师，必须认真学习大纲，才能提高教学质量，完成本学科的教学任务。

二、中学物理学的教材结构

课程结构，即教学大纲，最后具体体现为教材。教材是根据教学大纲要求编写的，是大纲所列教学内容的具体化。它是教师进行教学的主要根据，也是学生获得知识培养能力的主要源泉。充分发挥教材的功能，是提高教学质量的重要保证。教材的各个章节、各个单元的基础理论之间的内在联系，就形成了教材结构，或者称为该教材的知识结构。由于不同的编写思想、要求、重点，以及编者的个人特长，教材结构可以具有不同的特色。为了适应我国幅员广大，各地在各方面发展不平衡的具体国情，我国实行“一纲多本”，亦即一个大纲，多种教材。以九年义务教育初中物理教材来说，就有：人民教育出版社雷树人主编的通用物理课本；北京师范大学阎金铎主编的“五四三学制”课本；北京师范学院乔际平主编的高层次物理课本；上海试验区课本；沿海地区课本；华东地区课本；等等。

当然，课程结构确定之后，还有一个如何把它组成适合教学的教材体系的问题。组成体系可以是按照逻辑的顺序展开，即：前面的知识是为后面的知识打基础，是后续知识的必要准备；后面的知识又是前面知识的继续和深入，并且是前面知识的合乎逻辑的发展。然而，严格按照逻辑顺序展开，往往使初学者感到很大困难，而且也不易使学生了解各种思想的发展历史。

另一种体系是完全按照物理学如何在实践的基础上发展起来

的历史进程来安排。然而，亦步亦趋地跟踪认识的历史发展的全部细节来编排是非常不利的。因为“历史常常是跳跃式地和曲折地前进的，如果处处跟随着它，那就势必仅会注意到许多无关紧要的材料，而且也会常常打断思想进程。”① 还有一种实验探索体系，乃是以探索性学生实验为主线，逐步引出概念、规律、形成理论体系。我国现行的教材，一般是把物理学的各分支学科的知识，根据其逻辑展开同历史发展相互有机结合的体系组成的。实践表明：这样既可以使学生时常回顾各种思想的发展历史（如光的本性的学说），也符合学科知识的逻辑顺序，有利于发展学生的思维能力。当前已经出版的各种九年义务教育初中物理教材，一般均重视了以实验为基础，增加了学生的动手机会。譬如人民教育出版社的通用课本中，除了教学大纲规定的18个学生实验外，书中还编入了约80个既可演示又可让学生随堂做的实验，30多个小实验和大量实践性习题，其中大多数的器材易得，做法简便，效果明显。全套书图文并茂，有彩图十余幅，黑白图500余幅，从而更丰富了感性材料，突出了物理学的学科特征，更有利于学生形象思维和逻辑思维的展开和培养。

从知识层次上看，中学物理课程既是小学自然课本中有关初步物理知识的系统化和深入化，又是大学物理课程的基础。如图15所示。而且，中学物理教材的基础知识，主要是经典物

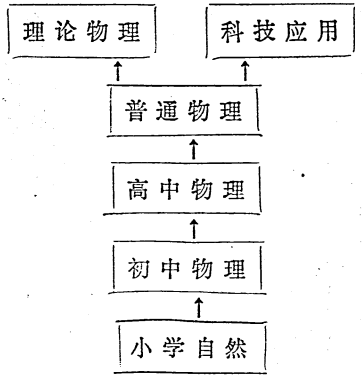


图15

①恩格斯：《马克思、恩格斯选集》第二卷；人民出版社，1972年，122页。

理学中最基本的内容。它既是提高全民族素质，顺利掌握各种专门技术的基础，又是培养高级专门科技人材的基石。至于近代物理部分，只在高中教材中做了初步定性介绍。考虑到我国的国情，初中毕业生并不能全部升入高中，因而初中毕业生也应掌握比较系统的初等物理基础知识和技能。所以，初、高中阶段物理课程的安排，并没有采取教学内容前后不重复，直线上升的所谓直线式结构。而是考虑到学生的年龄特征和心理承受能力，按难易程度分初、高中两个阶段，从定性到定量逐渐深刻化和有序化的所谓螺旋式结构。除了个别知识小单元，如流体静力学、压强、大气压强等，高中再没有重复外，绝大部分教学内容均有计划地逐步加深和扩大，恰如螺旋似的，既重复又上升。同时，初中物理教材基本属于物理学的启蒙教育，因而对物理现象和过程的阐述基本上是定性的；高中物理教材则在继续重视定性阐述的基础上，要求作较精确的定量分析和研究，形象性和逻辑性更强。

根据物理知识的基本功能和物理学科的基本特点可知，物理教材的知识结构，不能单纯理解为理论知识的逻辑图示。除了理论体系，还必须包括实验基础、物理思维和数学表述。其中，实验事实是基础，理论体系(概念、规律等)是骨架，数学形式起着表述作用，而物理思维（形象思维和逻辑思维）贯穿其中，影响着学生的思想、观点和方法，培育着学生的智力和非智力因素。因此，在教学中，用图示分析教材的知识结构，不能仅仅绘制单纯的知识逻辑结构图，而应该兼顾上述各要点。这样绘制的结构图，可以称为“知识—能力—品德结构图”，或简称“知、能、德结构图”。这样的结构分析方法，更能反映知识的功能和物理学的特点，亦有利于促使教师按照物理教学的三维目标，培养出优秀的建设人材。这点，我们将在下一节具体阐述。

明确了教材的知识结构，还必须通过具体的教学过程，采用优化的教学方法和教学艺术，才能转化为学生的认知结构。这些，我们将在本编的下几章论述。

为了中学物理教学随同整个中学教育一起，从应付考试的局面转变到全面提高学生素质的轨道上来，从1991年开始，高中物理教学实施一项较大的改革措施，即在高中一、二年级设必修课，高中三年级设选修课。现在的调整是过渡性的，条件成熟后，还可能作较大的变动。这里仅概述三点：

其一，要科学的确定教学内容。

必修课是全体学生都必须学习的课程，教学内容应当着眼于提高学生的文化素质。如前所述，物理学对现代物质文明和精神文明的发展有重要影响。物理知识是人类文化的一部分，高中学生应该学到比较全面的物理知识，包括力学、热学、电学、光学、原子物理学各部分知识。应该着眼于大多数学生，使他们有兴趣，喜欢学，从而学好、会学，大面积地提高物理教学质量。选修课则着眼于提高，也就是在必修课的基础上扩展和加深。内容要精炼些，有重点地提高一部分知识。为了便于学生形成完整的认知结构，必修课和选修课都应该各自保持一定的体系，分两个层次，螺旋式循环上升，使知识有机地逐步扩展和深化。

以力学知识为例。力学四部分知识的性质如下：第一部分是力和直线运动，包括力的概念，直线运动和牛顿运动定律。第二部分是曲线运动和万有引力，是力和运动这部分知识的扩展和具体应用。第三部分是机械能和动量，包括两个定理和两个守恒定律，是牛顿力学的进一步展开，为解决力学题问开辟了新的途径。第四部分是振动和波，是综合运用前述各知识处理复杂运动，中学阶段只做初步介绍。

按照中学阶段的要求，上述第一部分是基础知识，其余三部分是扩展性知识。明确了各部分知识的性质，必修课和选修课划分教学内容的思路也就出来了：必修课主要学习基础知识，着重诱导学生学好基本概念和规律，并适当学习一些扩展性知识，譬如机械能，侧重于功和能的基本概念，并使学生逐步习惯于用能量的观点分析处理力学问题。着眼于定性分析，知道来龙去脉，确切含义，并在不太复杂的情况下会用。选修课重点学习那些扩展性知识，是把必修课学习的基础知识扩展和加深，如匀速圆周运动和万有引力、动量和动量守恒、能量和能量守恒等。定量研究相对的加强了。

其二，要分层次培养能力。

选修课侧重于提高，这就要求既要在知识上提高，更要在能力上提高。既然知识分两个层次螺旋式循环上升，能力的培养亦应有计划、有步骤、有层次的进行培养。这一问题将通过教学实践来积累经验，进一步探讨和研究。这里谈一点设想：必修课中在培养学生学习兴趣的基础上，侧重于培养基本的实验观察能力，理解能力和初步运用知识的能力。为此，要加强定性的、探索性的实验；不仅要把实验做为教学手段，更要做为教学内容有机地引入到教学的各种环节中去，使实验的思想方法、仪器、技能有统一的要求，以培养观察实验能力；以实验为基础，对概念和规律有清楚的理解；要习惯于物理思维，逐步对问题形成正确的物理图景，并据此分析和解释不太复杂的问题，进行简单推理和运算。在选修课中，则进一步提高物理思维能力，侧重于培养分析综合能力和运用数学工具解决物理问题能力。为此，要善于分析确定复杂问题中的关键性条件、隐含条件等，把综合问题分解为简单问题，从而逐步学会驾御复杂现象的本领；要善于把物理状态和

过程转化为数学问题处理，并把数学运算结果给予相应的物理意义；要培养设计物理实验的能力；等。

其三，要切实转变教学思想。

中学生学习物理知识要有个过程。过去高一物理学习台阶高，既有知识问题，更有教学思想问题。由于怕联考、高考超纲，学生将来难以适应，又怕领导批评自己教材挖的不“深”，知识讲的不“透”，某些教师强求知识“一次到位”，毕其功于一役。高中物理教材分为必修课和选修课，使扩展性知识循环上升，这为贯彻“循序渐进与因材施教相辩证的教学原则”，① 搞好物理教学创造了有利条件。特别在必修课，一定要依据大纲要求，紧扣物理教材，不要随便变更、增删教材的基本内容。不该增加的内容，留待选修课中去讲授；要求初步了解的，了解清楚就行了，不要加深。特别要处理好习题，精心计划、恰当安排，千万不要增加负担。做题要有助于基本概念和规律的理解和掌握，不要急于追求难题，需知简单的问题也可以诱导学生掌握方法和思路；要善于分析物理过程，形成物理图景，逐步判断推理，培养学生分析解决问题的能力。总之，一定要转变教学思想，紧扣教学大纲，按教学规律办事。

第三节　中学物理教材分析概述②

要搞好教学工作，必须认真的进行教材分析，以便搞清教材的结构，为顺利完成教学任务创造条件。这是中学物理教学工作

---

①见第一编第四章第三节。

②本节内容，着重参考了汤鏊基等主编：《中学物理教学的理论探索与改革实践》，高等教育出版社，1989年5月版，第三编，中学物理教材分析研究。

中，一项最经常、最基础、最重要的工作。

一、教材分析对教学的重要意义

这可以从几个方面来看：

（一）只有通过教材分析，才能明确把知识结构转化为认知结构的途径。教学就是教师运用自己头脑中的认知结构，首先把课本上处于贮存状态的知识结构、智能因素和教育因素，转化为传输状态的知识结构、智能因素和教育因素。然后，再转化为学生头脑中的认知结构。由于各种条件的限制，编写课本时很难把这两种转化明确地全部写出来。只有认真进行教材分析，教师才能够认识和把握如何通过教学，顺利地完成两种转化。

（二）只有通过教材分析，才能明确知识的整体结构。教学只有统观全局，才能居高临下，指挥若定，打好每一个战役。为此，必须对教材进行整体研究，掌握教材的整体结构。并对每一个知识点进行多侧面全方位的分析研究，搞清它在整体中的地位和作用，以及它与其它知识点的内在联系，才能使学生由一个个知识点、串成知识线、形成知识面，最后构成知识体。同时，也才能明确知识结构的重点、难点、关键，把握概念、规律的本质和它们间的内在联系，具体地理解教学目的，更好地完成教学任务。

（三）只有通过教材分析，才能明确知识的能力价值和教育功能。教学必须对学生进行能力和非智力因素的培养。这种培养，必须寓于知识传授之中。只有深入分析教材，才能挖掘出知识的能力价值和教育价值。

（四）教学过程和教学方法的最优化设计，只有在教材分析的基础上，根据教学内容，结合学生实际，教学手段、学校设备等因素，才能更好的实现。

二、教材分析的原则

教材分析的原则，是进行教材分析时，必须遵循的客观规律的反映，是进行教材分析时的一般原理、基本要求和依据。正确地运用这些原则，对提高教材分析的质量，是至关重要的。

（一）目的性原则

进行教材分析的目的，就是为了充分发挥物理知识的基本功能和物理学科所具备的基本特点，从而最大限度地驾驭教材，为完成中学物理教学的三维目标而服务。它是物理教师进行教材分析的出发点，对整个分析过程起着方向盘的作用。为此，教材分析的内容，应该结合物理学科自身的特点，着重分析教学内容的基本功能，把着眼点放在使学生掌握知识，提高能力，形成品格上，以便使学生获得充分的全面发展。

（二）适应性原则

教材分析必须适应学生身心发展的特征，也就是充分考虑到学生的年龄特征和心理承受能力，以便教与学相互适应，从而保证更好地发挥教师的主导作用和学生的主体作用。如果不遵循适应性原则，对知识的基本功能提出过高或过低的要求，必将使教学效果适得其反。

（三）转化性原则

教材中的物理知识，是一种处于贮存状态的知识。教材分析就是要把这种贮存状态的知识活化，使其转化为传输状态的知识，以便通过教学过程，进一步转化为学生的认知结构，并且最终转化为认识和改造世界的物质力量。特别是知识的能力价值和教育价值，其突出特点是隐蔽性和伸缩性。不思则无，深思则远，远思则宽。教材分析就是要把这种隐蔽的、不思则无的功

能，转化为现实的、具体的内容，使其在教学过程中能够更好的发挥培养优秀人才的作用。

（四）整体性原则

教材分析就是要采用结构方法，从整体上掌握教材结构，掌握知识的内在联系，从而分清主次，确定知识的重点、关键和难点，并从知识结构的相对稳定性中，把握住知识的发展，为整个教学过程中的每一节课，设计一个彼此相互呼应的优化的教学实施整体方案。同时还要求教材分析按照系统科学的整体原理去进行分析。

教材分析的四项 则是互不分割的整体。目标性原则是灵魂，对整个分析过程起着决定性作用。整个教学过程是一个完整的转化工程，教材分析是转化的开始。适应是为了转化，转化又是为了更好的适应。而整体性原则乃是教材分析的总效果，是实现前三个原则的保证。教材分析则要发挥它们的整体功能。

三、中学物理教材分析方法的基本理论

中学物理教材是一个完整的知识体系，是教育工作者群体劳动的结晶。教材是一节一节编写的，课是一堂一堂上的，因此，在分析教材时，往往易于只见树木，不见森林，把着眼点放在对局部、具体问题的分析上，而忽视对知识整体的把握，造成看不到知识背景和发展变化，以及各部分知识的联系。因此，教材分析要特别强调从整体和局部两方面入手，使其互为背景，明确部分知识的特点、地位、作用，掌握知识的来龙去脉。因此，对于一个体系的分析，实际上是一个系统工程，应该遵循“整体—部分—整体”的原则。也就是从整体教材出发，分析教材的整体结构，从整体上把握知识结构。然而，这还是粗线条的分析，应该进一步把知识整体分解为若干部分，象“庖丁解牛”那样，分别对各部分知识，以至知

识点进行精细分析，搞清每个知识点的各种功能，分析学生学习该知识点的心理特征，了解学生原有的认知结构。最后，以上述诸分析为基础，使整个分析结构化，形成“知识--能力—品德结构图”，或者简称“知、能、德结构图”。这样，全局在胸，高瞻远瞩，长计划、短安排，运用自如地展开教学过程，并在具体教学中逐步把各部分知识渗透并纳入整体之中，以便在学生头脑中形成完整的认知结构。可见，教材分析既要吃透教材，又要吃透学生，以便完成“知、能、德结构图”，最终转化为学生的认知结构。

因此，从系统科学的观点出发，教材分析的基本流程如图16所示。

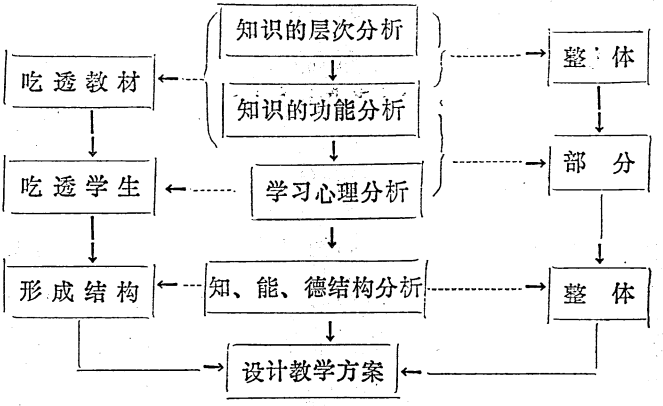


图16　教材分析流程图

根据流程图，下面简要阐述一下几种主要的教材分析方法。

(一)层次分析法

层次分析属于整体分析，其一般模式如图17所示

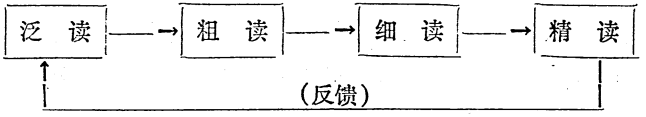


图17　层次分析法的模式

物理学科按照自身发展所形成的知识内容和逻辑程序，构成了自身的知识结构。主要分为两大部分：其一是经典物理学，它依照力学、热学、电磁学、光学和原子物理学的顺序形成知识系统。其二是近代物理，是以相对论力学和量子力学为核心的知识系统。

如前所述，教材的知识结构是与物理学科的学科结构有所不同。它要把学科知识结构，按照不同年龄学生的心理、思维特征，重新进行安排。因此，必须以物理学的学科知识结构、学生的年龄心理特征以及教学大纲为基本依据，首先分析教材的知识层次，明确各部分知识的逻辑关系，以及它们如何按照循序渐进的原则，一步步展开内容。

首先，泛读高一级和低一级教材，以及教学大纲，了解准备知识和后续知识与该级知识的相互关系，以及相应的数学、化学等有关学科的知识关系。

现行初、高中教材，是按照螺旋式结构编写的，各自形成一个比较完整的体系。分析时，首先要搞清知识的来龙去脉。对于初中教材，既要注意本身知识结构，又要注意小学自然课的知识准备和初、高中教材的衔接；对于高中教材，则要进一步注意其与普通物理知识的联系。这样，才能掌握知识的深广度、重点、难点、关键。所谓知识要“讲深讲透”，是受教材的知识结构限制的。如果片面地加以追求，任意拔高，其结果必将与自己的愿望相反。

其次，粗读整个教材，明确教材体系与学科体系的内在联系，以及其特点等。

譬如，从教材体系来看，现行高中教材是以经典物理学为骨架，只在物理光学和原子物理部分，渗透了一些近代物理学的初步概念。它是按力学、热学、电学、光学和原子物理学的顺序安排的。其中，力学和电学为重点，约占总份量的三分之一，比较系

统地研究了机械运动和电磁运动的基本规律。热学研究了物质三态的基本性质，并以气体物质为重点；光学中的几何光学阐述了光的传播、反射、折射的基本规律；这两部分基本上属于重要知识。光学中的物理光学和原子物理学则定性地介绍了一些基本内容，属于科普性的一般知识。

现行高中教材有以下特点：

1．教材突出了“立足基础，面向多数”的原则。例如，不用矢量符号表示物理量，公式不用矢量式；动量守恒定律只讨论一维情况；简谐振动不用参考园；不谈反电动势等等。我们要体会这种编写意图，更好地处理好教学。

2．教材在讲法上尽量做到符合学生的认识水平和规律。突出了四个注意：注意到学生掌握概念和规律要有个过程，不过分追求严谨；注意讲清思路，渗透研究物理的方法，重视培养学生的能力；注意联系物理学史的有关材料，启发学生积极思维；注意要求适当，便于接受。

3．继续坚持了加强实验的正确方向。学生实验的编写着重于说明实验的原理和作法，并随时提出一些问题让学生思考。从而使学生在懂得原理的基础上，不但知道怎样操作，而且知道为什么这样作，手脑并用，收到效果。为此，要强调实验前必须作好预习。尤其是电学、光学、原子物理学部分的知识显得抽象的多了，学生缺乏感性知识，要特别突出演示实验和学生实验在教学中的作用。

4．形象思维和逻辑思维的作用在高中物理中有了很大的增长。教材在讲述概念和规律时，力求说明它们在经验事实的基础上，是经过形象思维和逻辑思维而总结归纳出来的，避免简单生硬的得出结论。更多地运用了理想化方法，使学生逐步加深理解

物理研究中是怎样进行抽象思维的。教学中则应有意识地用多种办法培养和发展学生的抽象思维能力。

5。习题的深广度比初中大有提高，但仍注意到“由浅入深，由简单到复杂”的安排顺序。例题的讲解着重阐明解题的基本思路，并逐步介绍一些与解题有关的注意事项。教材中安排习题是为了巩固和加深所学知识，特别是为了培养运用所学知识来分析问题，解决实际问题的能力。教学中亦应突出此点。

第三，细读某单元知识，或者某章知识，明确其内在联系及相互地位，掌握知识单元的特点；分清重点知识、重要知识和一般知识，搞清该单元的知识层次，以便掌握各知识点在教材中的地位和具体教学目标要求。并明确知识体系的关键、难点。

以高中力学中“运动和力”这一部分教材为例，其突出特点有：

1。形象思维和逻辑思维得到加强。例如，牛顿第一定律的建立，虽然是以实验为基础的，但它不能直接用实验加以验证。它是实验和思维相结合的产物。教学时必须重视培养和发展学生的形象思维和逻辑思维能力。这种抽象思维强的特点，还突出的表现在知识的内在联系紧密上。譬如，研究匀变速直线运动这部分教材，从知识的因果关系来看，教学的主要线索是：从描述变速运动的快慢程度引出平均速度和即时速度，从即时速度的变化引入加速度，从加速度的定义式引入匀变速直线运动的速度公式并得出速度图象，进而从平均速度的概念得出匀变速直线运动的位移公式，并得出两个常用的推论公式。可见，各个知识点之间是一环套一环，环环紧相连，形象性和逻性都很强。任何一个环节的失误，都会给整个教学造成损失。

2。通过实验总结出牛顿第二定律。为此，应该结合学生实

际及教学设备，可以创造条件，通过探索性学生实验搞好教学。

3。运用数学工具来概括、表述物理规律。例如，在实验的基础上，用一个简洁的数学公式表达出牛顿第二定律的内容和物理本质。正要通过教学，诱导学生形成这种能力。

4。知识的应用价值比较广泛。质点运动学和动力学的许多综合性问题，都可以运用牛顿运动定律解决。它可以说明、解释、计算地面上、天空中的常见运动及天体运动。我们正是要发挥牛顿运动定律的这种广泛的应用价值，培养学生分析、解决问题的能力。

单元知识分析，还要着重搞清其教学要求上的层次。根据知识的各种功能不同，中学物理知识大体可以分为三个层次：一般知识，重要知识，重点知识。对于不同层次的知识，教学大纲提出了具体的目标要求。教学的具体目标要求，既是决定教学活动的依据，也是检查教学效果的标准。教学象大海航行一样，目标不明确，如何恰当地开展教学活动呢？一节课的目标要求，一方面要从学生的实际情况出发，更重要的方面，则是受知识内容的制约，也就是与认真分析知识的理论价值、应用价值、能力价值和教育价值紧密相关。可见，所谓确定教学的具体目标要求，就是通过对具体知识的认真分析，明确知识所要发挥的各种具体功能的目标要求。

根据教学大纲的明确规定，不同类别知识的具体目标要求如下：

一般知识，往往是为了扩大知识面、开阔学生的视野，或者为重点知识提供背景的作用。因而，一般知识不强调知识的完整性和系统性，也没有定量要求，只要学生了解或知道就行了。

重要知识一般只要求领会或理解。但有的也要达到掌握的程度，只是在程度上，或者定量要求上和重点知识有所差别。譬

如，静摩擦力，不要求计算最大静摩擦力，它和滑动摩擦力比较，属于重要知识。但对其产生的条件、方向，及其大小的变化范围等则要求掌握，否则就无法进行受力分析。

凡属重点知识应该要求达到牢固掌握、熟练运用的程度。所谓掌握，应该包括领会和巩固两个环节。学生的学习必须经过学生的独立思考、认真领会，才能理解和消化，转化为自己的东西。然而随着时间的消逝，所学知识可能得而复失，还必须针对人的遗忘规律，对知识不断的进行强化，向遗忘做斗争，即不断巩固所学的知识，才能使知识真正成为自身的财富，达到掌握的程度。至于知识的运用，则体现了它的应用价值，并在运用过程中，既使知识得到深化和活化，又使知识转化为分析问题、解决问题的能力。教学中如何突出重点知识，后边还要进行专门研究①。

第四，精读一节教材，分析该节教材所阐述的知识点，深入研究其基本功能。

（二）功能分析法

物理知识的基本功能，我们已经在本章第一节进行了较详细的阐述，也就是知识具有理论价值、应用价值、能力价值和教育价值。分析教材则要注意分析知识的价值，以便充分发挥知识的功能作用。所谓寓能力培养于知识传授之中，所谓寓思想教育于知识学习之中，“寓”者，必须把知识中所寓的各种价值分析出来。这就是功能分析法的理论根据，不再重复。

功能分析法既可运用于分析某单元教材，亦可分析某知识点。现以初中“浮力”一章为例，略加阐述。

1．理论价值：本章是流体静力学的重要内容之一。阿基

①参第二编第一章第二节。

米德定律是物理学的基本定律之一，该定律既是进行有关浮力计算的依据，亦是理解掌握物体浮沉条件的基础。浮力的概念→阿基米德定律→物体的浮沉条件，构成一个完整的理论体系。该单元知识又是力、重力、二力平衡、体积、压强、密度、液体的静压强等知识的综合应用，是初中物理基础知识的第一次比较严谨的综合。该单元知识，高中不再重复，更显其理论上的重要性。

2．应用价值：本单元知识有着广泛的应用。它是潜水艇、比重计、气球、飞艇、鱼雷、水下打捞作业，等等的理论基础。

3．能力价值：本单元知识从始到终均可开展探索性学生实验，对培养学生实验、观察能力、动手操作能力等十分重要，有利于学生运用形象思维。在实验的基础上归纳出概念和规律，分析、推理、综合等比较严谨，便于培养学生形象思维和逻辑思维能力。理论的广泛运用，又可培养学生分析、解决实际问题的能力。许多实验均可采用“土”办法完成，动员学生准备，可培养自己动手进行科学研究的能力等。

4．教育价值：通过对阿基米德的故事，曹冲称象，孔明灯等的介绍，潜移默化的对学生进行爱国主义教育。浮沉条件等知识的分析，进行自然辩证法的教育。在观察、实验、探索、研究中，培养科学态度，严谨学风等教育。整个知识又兴趣盎然，妙趣横溢，对初中学生来说，正可以运用各种教学艺术，生动活泼的进行教学，激发学生求知欲。

（三）心理分析法

教师是教材内容和学生群体之间的媒体，要真正发挥主导作用，不仅要吃透教材，又要吃透学生。只有按着学生的心理发展规律去组织教学，才会取得事半功倍的教学效果。因此，在熟悉教材，把握知识的层次、功能和深广度的基础上，则要以学生的

一般学习心理特征为依据，进一步地了解学生学习该具体知识的心理特点，对旧知识的掌握程度，以及思维规律，从学生学习心理的倾向去分析理解教材，为吃透教材创造心理条件。

心理分析的关键，再于准确地抓住学生在学习该知识时的思维症结，揭示产生思维障碍的具体原因及表现形式，为处理教材、设计教学过程、选用教学方法提供心理依据，也为充分发挥知识的功能打好心理基础。为此，要充分利用教学反馈，依据学生在学习物理过程中的大量表现，通过教学中质疑、答疑、观察、分析、作业、试卷，以及心理检测等手段，掌握各阶段教材中学生易出错、易混淆的物理问题，注意发现、积累、总结反馈信息，从学生的大量表面现象中找到思维焦点和心理规律。平时多流汗，战时才能少流血。分析心理，吃透学生，只能靠平时积累一般心理状态，具体教学时，才能结合具体班级的具体情况，做出具体的分析和处理。

心理分析的成果在于掌握学生群体学习该知识前，认知结构的一般初态，即“知、能、德原始结构”，并用图示表达出来，为最终完成教材分析、掌握学习该知识后所期望达到的认知结构的一般末态，做好准备。

仍以浮力一单元为例。

1．传授本章知识之前，学生已经学习了一些与研究浮力有联系的基础知识，如力、重力、密度、压力、压强等基本概念，以及二力平衡、液体内部的压强等知识。阿基米德定律和浮沉条件实际上是这些知识的综合应用。同时，学生也已受到了观察、实验，以及使用基本仪器的技能（如弹簧秤等）的初步训练。只有这些准备知识和技能掌握得比较好，才能实现迁移，为顺利学习本章教学内容创造条件。

同时，就知识本身来看，对初中学生来说，浮力产生的原因，也就是：浮力是液体对浸入其中的物体的作用，比较难接受。对于浮沉条件的分析与推理，特别是分析漂浮在液面上的物体受到的浮力等于物体的重量，比较难于理解。阿基米德定律的运用，要综合应用重力、体积、压强、密度、浮力等知识，单位制也较复杂，学生感到困难。解决这些问题的正确途径是加强物理实验，特别是尽可能完成探索性学生实验。生动、有趣、具有说服力的实验是正确进行心理引导的有效办法，也是突破难点的根本出路。另外，要按教学大纲办事，不要解超过学生理解和接受能力的难题，以免挫伤积极性。

2．学生在日常生活中，已经有了不少对浮力和浮沉现象的感性知识，这是有利于教学的一面。但是，这些先入的观念，（我们称为前科学概念）往往是用事物的现象代替本质，以“想当然”代替物理思维，以外部现象代替内在联系，往往是错误的，而且还可能根深蒂固，不易说服。譬如，学生看到木块漂浮在水面上，而铁块却沉入水底，于是认为木块受到浮力才上浮，铁块不受浮力才下沉。当看到一个小木块在水中上浮，一个大石块在水中下沉，就得出木块受到的浮力大，而石块受到的浮力小的结论。不少学生认为：浮力的大小跟物体浸没在液体中的深度有关系；物体浸没的越深，受到的浮力越大。问他们为什么？回答是：把浮在水面上的物体向水深处按时要用很大的力量，这说明越往下物体受的浮力越大，需要按的力量也越大。有的学生学完本章仍有上述认识，一了解，原来是把液体内部压强的计算式 $P=\rho gh$ 与浮力的计算式 $F=\rho gV_{排}$，这两个相似的式子混淆了。有时，由于教师对一些物理术语“咬文嚼字”不够，学生分不清“浸入”（或“浸在”）与“浸没”的物理意义，也产生错误想

法。有的学生不做全面细致的分析，往往根据某个条件做出错误判断。如问：体积相同的木块和铁块，同时投入水中，谁受到的浮力大？为什么？回答说：一样大，因为体积相同。

根据以上分析，我们得到学生学习浮力一章的“知、能、德原始结构图”，如图18所示。

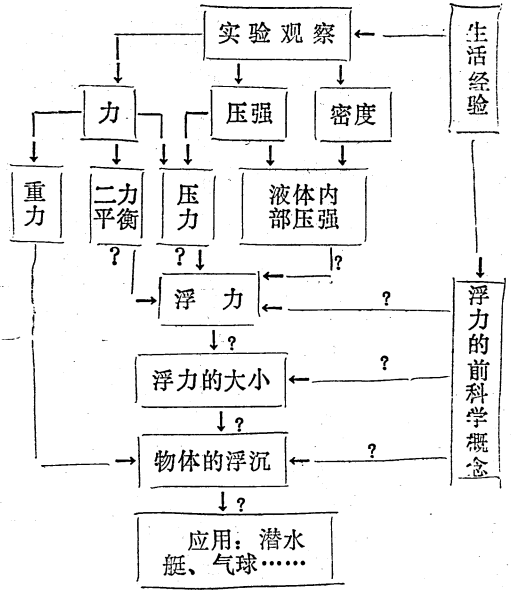


图18

掌握了学生认知结构的初态，我们就可以根据学生原有的知识基础，以及可能出现的思维障碍和心理倾向，有的放矢地采取措施，以便更好的完成教学任务。

（四）结构分析法

通过对教材的各个侧面的分析，我们应该把它们汇总起来，运用结构方法，根据教学目标的三维结构，绘出“知、能、德目标结构图”，即通过教学，学生应该达到的末态认知结构。只所

以称为目标结构图，就是在图上全面地反映出所要达到的知识、能力和品德的预期效果，也就是教学所要达到的最后具体地目标。图19就是浮力一章的“知、能、德目标结构图”。这样的结构图有如下的一些特点。

1。结构图分为五个区域。图的中间一行为中心地带，其中央部分反映知识的理论价值，主要显示知识本身的重点及内部主要逻辑联系(即层次发展)。体现了物理教学以知识为主干、为骨架，其它则“寓”于知识之中。中心地带上方突出了物理学科的特点，即以“实验和经验”为基础，更是初中教材中一切逻辑箭头出发的源头。这部分包括科学发展情况、物理学史料、生活经验等，是知识的源泉，可属于背景知识。中心地带下方则为知识的

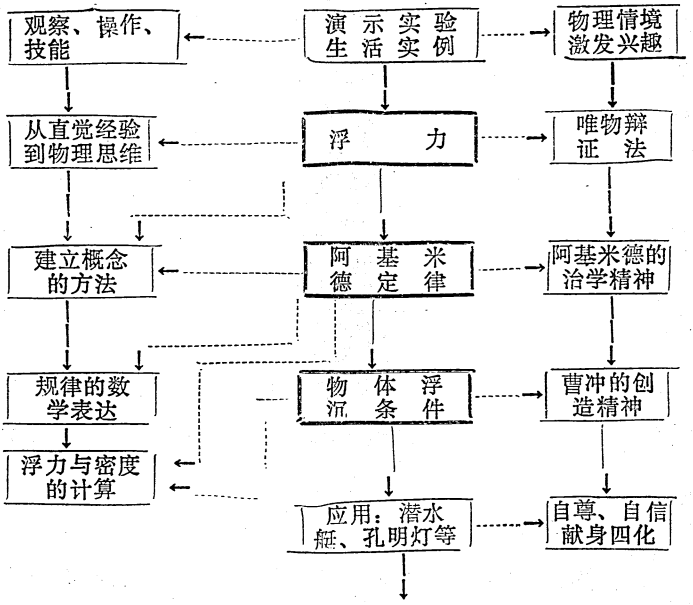


图19《浮力》的知、能、德目标结构图

应用部分，反映知识的主要应用价值，属于扩展性知识。结构图中心地带的上、中、下，体现了基本概念和基本规律的内在联系。同时，也形象地反映了“实践——理论——实践”的辩证唯物主义识识论观点。亦符合了物理学习心理结构中，三个交叉要素的因果层次性，着重突出了物理教学过程中，探索与研究两大层次。

2。结构图的左方一行属于能力部分，阐明通过教学在培养能力方面应该达到的主要要求，包括以物理思维能力为核心的观察、操作能力，运用数学工具能力，分析、解决具体问题的能力，以及物理方法论中有利于培养能力的因素等。结构图的右方一行属于品德部分，即非智力因素的培养。包括学习兴趣、科学精神、态度、爱国主义，以及辩证唯物主义教育等，还包括物理方法论中有利于培养非智力因素的内容。中、左、右三部分全面的体现了物理教学目标的三维结构，故名曰：“知、能、德目标结构图”。

3。结构图中用粗体方框突出了基本概念和基本规律，均为教学的重点或关键。图中的箭头，实线表示了逻辑或层次关系；这些属于硬任务，一般易于完成。虚线表示出需要特别重视，必须“寓”于知识传授之中，才能实现的可能性联系；这些是软任务，重视与否教学效果则大不相同。如果实现了将有助于能力和品德的培养，造就既有能力又有高尚品德的接班人，这才是社会主义建设所需要的人才。

总结起来，教材分析必须以知识的功能分析为主线，以知识的层次分析和学生的心理分析为基础，最后则以知识的结构分析集大成。“知、能、德目标结构图”不宜过于繁杂，亦不宜过于死板（譬如，亦可将“能”、“德”标于逻辑箭头旁边）。总之，以便于教学为宜。这种图示，是教师教材分析的结晶，是指

导教师完成教学任务的航标。对于学生来说，只要给出纯知识结构图也就可以了。115页的图20就是高中物理力学基本规律结构图，它有利于学生掌握知识的理论体系，形成认知结构的骨架。

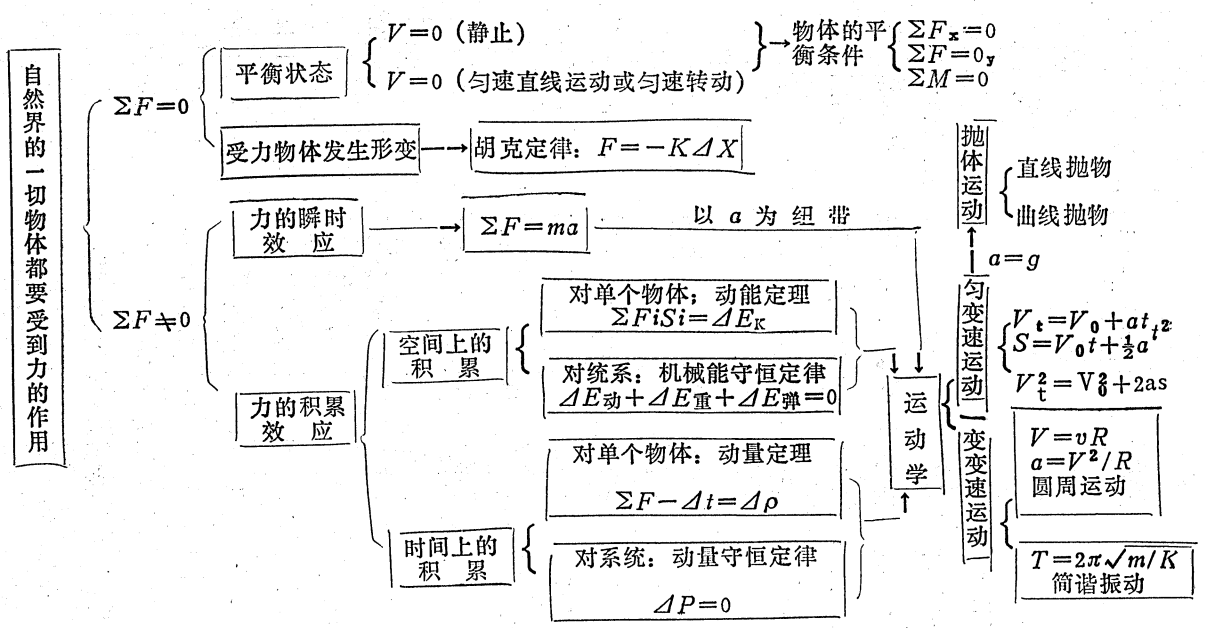


图20　力学基本规律整体知识结构

第四章　中学物理教学过程论

教学过程论是教学论的核心内容。

研究教学过程，其目的在于揭示教学过程的本质、结构和基本规律，以便为科学地确定教学原则，恰当地选择教学方法体系，合理地组织整个教学活动，最终达到预期的教学目标提供理论根据。

本章着重研究中学物理教学过程论。

第一节　中学物理教学过程概述

教学过程是具有连续性和阶段性的发展过程，是处于动态中的时间和状态的序列。一句话，它具有时态序列的规定性。本节我们着重探讨中学物理教学过程的本质、结构和层次。

一、中学物理教学过程的本质

国内外教育界对教学过程本质的认识有个发展过程，而且至今也没有完全一致的看法。

社会主义学校是专门培养共产主义接班人的场所。教学则是实现教育目标、培养人才的基本途径，亦是学校一切工作的中心。从这个基本点出发，我们认为中学物理教学过程的本质是：在教师组织和诱导下，学生以认知为基础的全面的心理活动过程和以能力为核心的个性心理全面培养、塑造和发展的过程。

所谓全面的心理活动过程，主要指认识过程、情感过程、意

志过程，以及个性心理特征和行为习惯等得到培养和发展的过程，是以认识为基础，知、智、情、意、行全面协调发展的过程。

认识过程是教学过程的本质特征之一。我们之所以没有单纯提中学物理教学过程是个认识过程，是因为认识过程实质上是一种心理活动过程，虽然它是整个心理活动的中心，是个性全面发展的基础，是中学物理教学过程的主要本质特征。然而实践表明：教学不单纯是个认识过程，总是自始至终充满着多种多样的心理活动——学生不仅需要借助于物理知识体系去认识客观物理世界，而且也要改造自己的主观世界，使身心获得全面的发展。因而要有强烈的动机和兴趣，集中的注意力，坚强的意志，并要伴随以种种色彩的情感等。

正是在这样的意义上，我们又强调教学过程的另一本质特征，即：以能力为核心的多方面心理活动获得全面协调发展的过程。

因此，我们也可以说，中学物理教学过程的本质，就是通过“教”与“学”的双边活动，学生认识物理世界，实现中学物理教学目标的过程，即实现“掌握知识，发展能力，形成品德”的过程。可见，中学物理教学过程成败的关键，主要体现在教学目标是否获得全面的实现。

二、中学物理教学过程的基本结构

中学物理教学过程是一个多因素、多层次的复杂结构系统，也就是说，它是由许多相互联系、相互作用、相互依赖的因素，有机地结合成为具有教育功能的复杂系统。包括学校、家庭、社会，等等。然而，构成这个系统的基本因素只有三个：

（一）认识和发展的主体，即学生。之所以如此，正是中学物理教学过程的本质所决定的。它明确地指出了：中学物理教学

的终极目的，是充分发挥学生在中学物理教学过程中的主体作用，以最好的教学效果来实现学生最理想的全面发展水平。

（二）被认识的客体，即物理课程内容。所谓课程，包括用来达到教学目标的一切工具和手段。而课程内容则是指课程所包含的反映客观世界及其规律的知识结构、智能因素及品德因素，亦即学生所学习的对象。当然，被认识的客体，归根结底是客观世界，但人不可能事事靠直接经验，事实上，主要靠间接经验。于是，对中学物理教学来说，即是反映客观物理世界及其规律的物理知识结构体系，以及它所包含的智能因素和品德因素。当然，这些物理课程内容，都是经过精心选择、科学组合，并且适应中学生心理、生理发展特征，有利于实现中学物理教学目标的结构体系。

（三）媒体。学生的认识一般不是主体与客体的直接关系，而是通过教师和课程等媒体达到主体对客体的认识。这里，教师是第一媒体，教材是第二媒体，其它教学工具、教学手段是第三媒体。学生乃是通过这些媒体，以学习间接经验为主；当然也要适当地直接接触客体，获取必要的可能的直接经验。

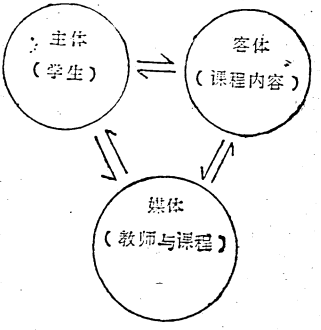


图21

三个基本要素缺一不可，从而构成了教学活动中的三个基本矛盾，即：主体与客体间的矛盾，主体与媒体间的矛盾；媒体与客体间的矛盾。如图21以示。这三对矛盾的发展、变化和相互作用就构成了基本的教学活动过程。

根据系统科学的整体原理，我们当然要发挥三个基本要素各自的功能，更要处理好三个基本矛盾关系，发挥其结构功能，以

实现最佳的整体功能。同时，也要善于抓住主要矛盾。我们知道，一切教学活动的出发点和落脚点都是培养人材，促进学生的全面发展。也就是说，是为了解决好主体和客体之间的矛盾。不言而喻，其它两对矛盾的发展变化，其目的都是为了解决主客体之间的矛盾；这对矛盾解决了，也就反映了其它两对矛盾亦解决了。因此，主体(学生)与客体(课程内容)之间的矛盾，是教学过程的主要矛盾；抓住了主要矛盾，其它矛盾也就迎刃而解了。

正是在这样的意义上，我们说，教学就是教师运用自己所具有的认知结构，把课程内容所包含的知识结构、智能因素和品德因素转化为学生的认知结构。教师在这个过程中所起的作用乃是创造良好条件，促进主体与客体之间的转化，实现主体的最优化发展。我们把教师的这种作用称为教师在教学过程中的主导作用。一般来说，在中学物理教学过程中，学生和教师是两个最活跃的要素，而其它要素则处于相对稳定的状态。因此正确认识和处理中学物理教学过程中，学生的主体作用和教师的主导作用之间的辩证关系，是实现教学过程最优化的关键。

三、中学物理教学过程的基本层次

根据物理学科本身的特点和中学生学习心理结构的基本要素①，中学物理教学过程始终贯穿着“探索”与“研究”两大基本层次，构成了中学物理教学活动，并不断向前发展，推动着教学目标的逐步实现。

在两大基本层次中，探索层次，即感知阶段，一般表现为两种形式，即实验探索和理论探索；研究层次，即思维阶段，一般也表现为两种形式，即归纳研究和演绎研究。这些，我们已进行

①详见第一编第二章第二节。

了详细的论述①，这里不再重复。

两大基本层次既具有时态序列性，构成由探索到研究的因果层次性，这是符合辩证唯物主义认识论规律的。同时，两大基本层次又相互渗透、相互配合、相互作用，表现出层次之间的能动作用。也就是说，探索中有研究，研究中要继续探索；在具体运用知识时，更离不开及时探索、认真研究。两大层次相互渗透的能动作用，特别明显地表现于理论探索和演绎研究这两种形式的层次之中。到了大学阶段学习理论物理之时，教学过程几乎大都如此进行，这又和初中的启蒙教学形成显明的对比。

两大基本层次不是什么僵化的模式，只是在我们安排教学过程时，提供一种思考方法，便于我们分清教学途径，理顺教学步骤，使教学活动沿着一定的阶梯逐步提高上升。具体教学时，应注意分清教学实验和科学实验的区别，教学发现与科学发现的区别。既注意变“接受学习”为“发现学习”，并使两者辩证地统一起来；又反对千篇一律地采用某种教学模式，如“发现法”、“程序法”等。——这些曾风行一时的方法，在教学实践和理论中的失败，又一次表明：做为教育学的一个分支，教学论是一门最辩证、最灵活的科学，亦是一门最多样化、最整体化的科学。一分耕耘、一分收获，来不得半点唯心主义、形而上学，这正是我们的理论与实践的基本指导思想。

第二节　中学物理教学过程的基本规律

一、规律简述

辩证唯物主义认为，规律是事物内部固有的、本质的、必然

①详见第一编第二章第二节。

的联系。列宁指出："规律就是关系……本质的关系或本质之间的关系"①。具体说，规律有三个特点：其一、客观性。它不依人的主观意志为转移、是事物自身所固有的；其二、稳固性。它是相对稳定的，在一定条件下，以一种必然的趋势出现；其三、普遍性。它所反映的是同类事物的共性，是能被人们认识的。

由此可见，中学物理教学规律就是在中学物理教学领域中，客观存在的、各种稳定的、必然的本质关系。

我们研究中学物理教学规律的核心问题，就是如何以最优化的教学效果达到学生最理想的全面发展。中学物理教学过程的三个基本因素，形成了三个基本矛盾，各对矛盾的双方互相依存、互相联系、互相作用，生动地反映了中学物理教学过程内部的本质联系，成为中学物理教学规律的具体体现。我们正是要从基本因素之间的关系中探寻中学物理教学规律。

二、中学物理教学过程的基本规律

(一) 社会制约性规律

中学物理教学过程的三个基本因素，总是处于社会这个大环境之中，因此，中学物理教学过程总是要适应于广泛的社会进程和社会需要的。对我国社会主义初级阶段来说，就是要适应社会主义社会发展的需要，适应世界和未来社会发展的趋势。1983年9月，邓小平同志对景山学校的题词："教育要面向现代化，面向世界、面向未来。"就是社会主义现代化对当前中学物理教学的制约性的具体体现。

"三个面向"要求我们培养的人才，"应当有理想、有道

①《列宁全集》，第38集，第161页。

德、有文化、有纪律，热爱社会主义祖国和社会主义事业，具有为国家富强和人民富裕而艰苦奋斗的献身精神，都应该不断追求新知，具有实事求是、独立思考、勇于创造的科学精神”①。

因此，中学物理教学过程的社会制约性规律要求我们把中学物理教学转到“三个面向”的正确轨道上来。

（二）促进青少年全面发展规律

主体和客体之间的矛盾是中学物理教学过程的主要矛盾，处理好这个矛盾的目的，在于促进青少年德、智、体、美、劳诸方面获得全面发展。这正是中学物理教学过程的客观规律，反映了主体和客体之间的必然关系。

中学物理教学遵循这条规律，关键在于正确处理掌握知识与全面发展的关系。如前所述，掌握知识与全面发展是辩证统一的关系。要立足于掌握知识，而又着眼于全面发展，寓全面发展于掌握知识之中。那种把两者分割开来，或者混为一谈的论点，都是错误的。离开了知识、技能和技巧的掌握，培养能力和非智力因素就成为无源之水、无本之木，而成为一句空话；同时，全面发展又反过来保证掌握知识的顺利展开，并为学生的未来打下坚实的根基。

（三）简约性规律

任何教学都具有简约性的特点。它主要反映了课程的编写以及教师与课程之间的本质关系。在中学物理教学中，学生对客观物理世界的认识，主要是在教师的引导下，借助于书本知识，以获得间接经验来实现的。人类丰富的经验和知识体系，只有通过浓缩的、简化的表达方式，而使学生在短时间内掌握。学生学习

①见《中共中央关于教育体制改革的决定》。

的书本知识，主要是根据社会发展的需要及学生生理、心理特征，从人类知识宝库中，精心挑选和提炼出来的。它删除了人类实践经验中许多非本质的，或已为新的科学发展所否定和淘汰了的，以及那些与学生身心发展不相适应的内容，从而保证了所选择的材料是其中最基本最重要的基础知识。

在中学物理教学中，不但知识本身有简约性的特点，而且掌握这些知识所采取的途径也是经过提炼了的认识和实践。这就是说，在教学活动中，指导学生的学习活动，它所采取的任何手段和步骤都应该既是最有效、最合理的，也是最节约时间的。从教师主导作用这个意义上说，“名师出高徒”，教师对简约性规律认识得越深刻，驾驭课程，掌握教学方法的水平就越高，教学的效果就越好，教出的学生就越优秀。违背这条规律，教学的基本特性也就不复存在了。

简约性规律要求当前中学物理教学的一切改革都要极大的提高45分钟的课堂效率，不能延长时间，不能增加师生负担，又便于大面积提高教学质量。正因为如此，布鲁纳的“发现法”在教学实践中碰壁就是必然的了。

（四）教与学相适应的规律

中学物理教学总是包括着“教”与“学”两个方面，教与学的关系是中学物理教学过程赖以存在的基础，也是中学物理教学过程区别于其它认识过程的基本特征之一。

从教学过程的本质可以看出，在中学物理教学过程中，学生处于认识和发展的主体地位；或者说，在教与学的关系中，学生要发挥主体作用。而教师则起媒介作用、引路作用，对学生的主体地位而言，乃是“催化剂”、“导航器”，发挥主导作用。表现为：既“传道、授业、解惑”，又“开窍有术，促进转化”。

在传统教学中，一方面往往表现为忽视学生的主体作用；另一方面又往往表现为授业有余，而开窍不足。

教与学的辩证关系，则表现为既发挥学生的主体作用，又发挥教师的主导作用。发挥主导作用是为了更好的发挥主体作用；而要更好的发挥主体作用，必须更好的发挥主导作用。这种教与学的关系，可用如图22模式表示。这种模式反映了教师的两种主导作用，即：既直接向学生授业开窍，又诱导学生通过自学和实践活动独立地获得认识和发展。模式又反映了学生主体作用的两条途径，即：既间接的通过教师的诱导、点拨获得认识和发展，又直接地通过自学和实践活动独立地获得认识和发展。

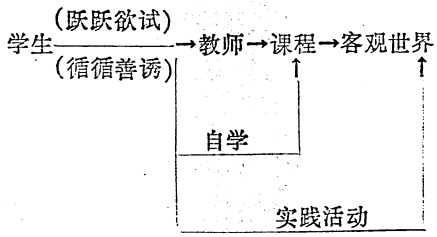


图 22

这个模式启示我们：不仅要注意教与学的辩证关系，而且特别要注意两者相互关系的变化和发展。随着年龄的增长，年级的增高(小学→初中→高中→大学)，教学内容的深化，学生的知识和能力的不断提高等，教与学的关系亦将随着发生变化；教师的直接作用将由强减弱，而间接作用则由弱增强；学生对教师的依赖性由强减弱，而学习的独立性将由弱增强。应该强调指出：这种变化和发展只是量的积累，主体作用和主导作用的本质却是不变的。只要教与学的关系存在，这个结论都是正确的；即使是博士生导师对博士生来说，主导作用在质的方面也是不可缺少的。中学阶段正是这种变化和发展的关键时期，正确处理两

者的关系，就是至关重要的了。对教师来说，如何发挥学生的独立性和创造性，正是主导作用的核心所在，亦是我们要深入研究的课题。

（五）适应学生身心发展规律

心理是在生理的基础上发展出来的，生理活动是心理活动的物质基础。我们所说的学生身心是包括学生的生理和心理两个方面，而以心理为主，这是因为学生的心理发展是其生理发展的反映。

如前所述，人的心理过程，既包括智力因素，又包括非智力因素。人材的成长，主要表现在心理活动的逐渐丰满成熟。教学工作就是创造一种环境，以便有目的、有计划、有组织地培养人、教育人，而人的培养教育也就是对受教育者的身心施加影响，使学生的身心按照预期的教学目标发展变化。为了科学地组织中学物理教学过程，正确地认识和处理好教学过程的三个基本要素和由其构成的三个基本矛盾，就必须使中学物理教学过程适应学生的心理活动和年龄特征的规律。

进一步而言，教师是人类灵魂的工程师，他的工作就是科学地塑造学生的灵魂。所谓“灵魂”，也就是心理。教书育人，育人即育心，而育心必先知心。这又表明中学物理教学必须与学生的身心发展相适应。

总之，只有遵循学生身心发展的规律，才能科学地组织教学活动，最有效地促进学生的身心发展；同时，中学物理教学活动能否达到预期的教学目标，又依赖于学生身心发展的现有水平。中学物理教学工作，就是要在学生身心发展的现有水平的基础上，遵循学生身心发展的规律，以达到最大限度地促进学生身心的全面发展。教学和身心发展的这种辩证关系，就是教学与学生身心

发展相适应规律的精要所在。正因为如此，教学理论心理化，教育科学和心理科学更密切、更牢固地结合起来，已成为现代教学的显著特征。绝大部分卓有成效、享誉各国的现代教学理论学家，如美国的布鲁纳，苏联的赞科夫等，其本人就是著名的心理学家，就是一个无可辩驳的证明。

以往，在中学物理教学中，对本规律的认识和运用十分忽视。当前，已经出现了从物理学科的具体教学情况出发，深入研究物理教学过程中，学生和教师的心理活动及其律规的一门应用学科——物理教学心理学。

第三节　中学物理教学的基本原则

一、教学原则概述

教学原则是根据人们对教学过程中客观规律的能动认识，而确定的指导教学过程的一般原理，是对教学工作的基本要求，是进行教学的依据。

教学原则是依据分析教学过程的本质、特点和客观规律，并结合学生学习时显示的认识活动的特点及其规律，分析学生身心发展的年龄特征和个性心理特征而确定的。因而也可以说：教学原则就是对教学过程中基本矛盾关系所反映出来的具体矛盾的具体处理准则。

教学原则有以下特点：

（一）理论性。由于教学原则是对教学规律的主观反映，是第二性的，属于教学理论范畴，是教学论的重要组成部分，因而具有理论性的特点。

应该清楚认识：教学原则同教学规律既有严格的区别，又有

密切的联系。

从区别来讲，教学规律是客观存在的，是第一性的，决定了教学过程的“必然”；教学原则是主观对客观的反映，是第二性的，它回答了教学工作的“必须”。只有主观正确的反映了客观，才能对教学实践产生巨大的指导意义。

从联系讲，教学原则是教学规律的反映和具体体现，是由教学规律所决定的。因此，教学原则是建立在对教学规律的认识的基础上，并且要尽可能地反映教学规律的客观要求。这里，应注意：教学原则反映教学规律并不是一种简单的对应关系，有的教学原则反映某一特定的教学规律，而有的则是多种教学规律的综合反映，或者几条教学原则从不同的角度反映了同一教学规律①。

（二）实践性。教学原则来源于教学实践，同时对教学实践起直接的指导作用，因而它具有实践性。它实际上是教学的基本理论和教学实践之间的桥梁。

（三）结构性。教学原则是一个有机整体，每条原则均按逻辑顺序与教学规律相互对应，又指导于整个教学过程。同时，教学原则的指导作用，是个别教学原则的作用与原则体系的整体作用的统一。虽然某一原则的提出，总有它特定的意义和针对性，但各原则是相互联系的，不能孤立地运用某一原则。具体的教学实践中，应该综合运用各个原则，发挥原则体系的整体作用，使其作用效果大于各项原则简单的总和。

（四）发展性。教学原则不是千古不变的教条。我们既要继承先辈遗产，并借鉴适应于外国情况的教学原则，也要随着社会的发展、心理科学和教育科学的发展，根据新的经验和认识，对

①详见141页表格。

教学原则做出新的概括。

二、中学物理教学的基本原则

对于中学物理教学来说，我们既要注意到一般适用于各个学科的教学原则的共性，又要突出适应于中学物理教学特点的个性。

由于出发点不同，认识不同，强调的侧面不同，中学物理教育界对于中学物理教学提出的教学原则也不尽相同。然而，目标却是一致的，都是为了优化教学效果，实现中学物理教学目标。

教学过程是一个多因素、多功能、复杂的动态过程，不能面面俱到地提出一些甚至相互重叠的原则。应该抓住主要矛盾，根据中学物理教学过程中的最基本的具体矛盾，提出一些便于大家执行的具体的处理准则。

根据中学物理教学过程的本质及其规律，中学物理教学中最基本的具体矛盾有：教书与育人的矛盾；知识与能力的矛盾；教与学的矛盾；实践与认识的矛盾；教学的统一要求与学生的个别差异的矛盾；教学效果的优化与劣化的矛盾。从整体看，前两个矛盾反映了培养什么人才的问题，后四个矛盾则反映了如何培养人才的问题。

于是，处理这六条最基本的具体矛盾，则有六条基本教学原则。应该指出：由于这些具体矛盾实际上贯穿于整个教学过程的始终，因而六条教学原则亦是贯穿于教学过程的各个环节。在具体的教学活动中，我们必须辩证地运用以下原则，并有机地结合为一个整体，科学的指导整个教学过程。

（一）科学性和思想性相辩证的原则

中学物理教学既要重视科学性，又要重视思想性。本条原则

用以处理中学物理教学中教书与育人的矛盾。

1。科学性和思想性的含意：

所谓科学性，是指：所传授的物理基础知识，都必须是可靠的、正确的科学知识，是经过实践考验的对客观物理世界及其规律性的准确反映的科学知识；这些知识必须是系统的、完整的科学知识体系，而不是支离破碎的、没有层次、没有结构的知识堆积；这些知识必须力图符合中学生的心理和年龄特征，是他们力能胜任、“跳一跳能摘到桃子”的科学知识。

所谓思想性，是指结合物理教学向学生进行非智力因素的教导，主要是辩证唯物主义教育和爱国主义教育，以及通过教师言传身教，潜移默化地形成良好的道德品质和优秀的情感、意志及性格等。

2。科学性和思想性的辩证关系：

在中学物理教学中，科学性和思想性总是辩证统一的，是相辅相成、互相促进、密切联系、不可分割的。

一方面，科学性是思想性的基础和前提，没有科学性就谈不上思想性。就是说，物理教学的思想性在很大程度上取决于教学的科学性，因为物理世界本身就是唯物的、辩证的，物理基础知识本身就是自然辩证法的具体体现。另一方面，思想性是科学性的内在属性，科学性不能脱离思想性，缺乏思想性，就不能真正体现科学性。总之，既要充分发挥知识的理论价值，又要充分发挥知识的教育价值。问题的关键是：教学中传授了物理知识，并不等于进行了辩证唯物主义教育，需要教师认真地挖掘知识的思想性，并且在传授知识的过程中，有意识的、有血有肉地加以诱导和灌输。至于爱国主义教育，以及其它非智力因素方面，更要有机的结合科学性加以强化。同时，教师的一言一行，一举一

动，都将在学生头脑中留下深刻的印象，教师要以身作则，言传身教，使学生的道德情操日益高尚，道德意志得到磨炼，道德行为不断巩固。一句话，把育人寓于科学知识传授之中。如前所述，这一工作的特点是：春雨润物，点点滴滴，日积月累，潜移默化。切忌操之过急。

3。贯彻这一原则，教师本身的科学水平和思想水平是先决条件。教学中，充分地挖掘教材的科学内容和思想内容，并贯彻到教学的全过程中，则是成功的关键。

（二）掌握知识和培养能力相辩证的原则

本条原则用以处理教学工作中掌握知识与培养能力的矛盾。

1。时代要求知识和能力并重：

历史是一面镜子。片面的强调传授知识，而忽视能力的培养，学生必将成为读死书和墨守成规的书呆子；片面强调能力，忽视打好扎实的知识基础，学生将成为志大才疏、不学无术的空谈家。无知与无能总是相伴而行、形影不离的。一个适应当今时代所需要的创造型、开拓型人才，应该既有丰富、扎实的知识，又有认识世界和改造世界的各方面实际能力。这就决定了在教学过程中，知识的掌握和能力的培养，应该两者并重。

2。知识和能力的辩证关系：

掌握知识和培养能力是辩证的统一。知识是基础，知识的传授是教学的核心。脱离物理知识的传授和掌握，谈能力的培养，就是空谈。实验能力，是在观察物理现象、进行物理实验的过程中培养的；思维能力则是在形成概念、建立规律、运用知识时，进行形象思维和逻辑思维的过程中培养的；等等。形象地说：在跳一跳摘桃子的过程中，既摘到桃子，又获得依靠跳跃来摘取桃子的本领。同时，能力培养起来了，又反作用于认识活动。譬

如，观察能力强的人，由于平时观察的细致、深入，知识就积累得多。教学既要使学生“学会”，又要使学生“会学”；既要掌握真理，又要获到发现真理的本领。

3. 贯彻这一原则，要求教师不仅仅是真理的传播者，也应该是和学生一起做真理的探求者；不仅仅引导学生去掌握真理，也应该设身处地和学生一起模拟前辈走过的道路，共同开山铺路，攀登主峰。

（三）教师的主导作用和学生的主体作用相辩证的原则

本条原则用以处理教学中，教与学的矛盾。

1．主体作用和主导作用的含意：

从教学规律可以看出：我们所说的学生的主体作用，就是把学生做为认识的主体，发展的主体，处理信息的主体，充分发挥这个主体的主观能动作用，动用全部的身心力量，进行充分的智力劳动。这种主体作用，在教学过程中，首先表现在非智力因素方面，即主动性和积极性。同时，还表现为智力因素方面：一方面是独立性，凡属在教师科学组织下，学生能够通过动手、动眼、动口，特别是动脑独立完成的一切学习活动，教师绝不包办代替。另一方面则是创造性，因为以独立思维为特征的学习过程，实质上也就是前辈曾经进行过的科学探索、科学发现、科学发明、科学创造的模拟和重演。只要诱导得法，学生的这种认识客观世界，并使自身得到发展的“模拟和重演”就明显地具有创造性。实际上，当学生完成作业，进行实验，自学阅读等等独立思考的过程，特别是在第二课堂进行小发明、小创造等过程，不都包含着一定的、不同程度的各种各样的创造性劳动吗？学生的主体作用，其核心是独立性，突出的表现为思维的独立性。没有独立思考，主动性和积极性将会落空，创造性也不会实现。

同时，在教学过程中，教学目标的确定、教学方法的选择、教学进度的安排、教学计划的实施等等，都要由教师掌握；即是学生的主体作用，也要教师去调动和诱导。教师是教学的组织者、施教者、引路者，在教学过程中起主导作用。这种主导作用，既表现在非智力因素方面，即主动性、积极性和群体性(在培养学生的能力和品格方面，要求教师群体的共同努力)，又表现在智力因素方面，即创造性。教师的主导作用，核心是创造性，亦即千方百计创造性地发挥学生的主体作用，以获得最佳教学效果，提高教学质量。

2. 两者的辩证关系：

显然，在任何一个具体的教学活动中，开始阶段，教总是处于支配地位，起主导作用，是矛盾的主要方面，学生则处于相对的次要方面。然而，“教”是为了“学”，教的出发点和归宿乃是把人类积累的科学财富，转化为学生在知识、能力、品格等方面的全面发展。一方面，“学”离不开“教”的导航，另一方面，“教”代替不了“学”。只有使“学”转化为矛盾的主要方面，发挥其主动性、积极性、独立性、创造性，真正做到自我研索、自求解决，才能使科学真理转化为自身的财富。因此，教师的主导作用在每一实际教学过程中的具体目的，则在于绞尽脑汁，创造条件，促使自己的主导作用尽快尽好地转化为学生的主体作用，使“教”的主观意图转化为“学”的实际行动，从而一步一步地达到最终目的。同时，我们强调学生的主体作用，正是为了更加重视和加强教师的主导作用。在学校的教学环境中，没有主导作用创造条件，两者的转化是难以实现的，学生也难以发挥主体作用。可以说，只有能够充分发挥学生主体作用的主导作用，才是真正的主导作用。总之，教师的主导作用的最大特点是

创造性，即创造性的发挥学生的主体作用。学生的主体作用的最大特点是独立性，主要是思维的独立性，没有这一特点，学生的所谓学习，只是空话而已。学生的学习不是靠记忆来完成的，而是要思考、要领悟、要独立地探求客观世界的奥秘。

所以，既要发挥主导作用，又要发挥主体作用；发挥主导作用，是为了转化为发挥主体作用，而要发挥主体作用，必先充分发挥主导作用。只有从这样的角度去理解两者的辩证关系，才能在理论和实践的结合上，正确的指导教学工作，才能使教师摆脱“堂堂讲，节节灌”的实际上的注入式，也才能真正放手使学生处于主动积极状态，成为学习的主人①。

3．贯彻本原则，体现在教学中，则要求任何教学方法的灵魂，都应该是启发教学②。

（四）实践和认识相辩证的原则

本原则用于处理教学过程中实践和认识之间的矛盾。

1．提出本原则的历史反思。

列宁指出：“从生动的直观到抽象的思维，并从抽象的思维到实践，这就是认识真理，认识客观实在的辩证的途径。”③不言而喻，物理学本身的产生和发展是符合辩证唯物主义认识论的这个认识之序的。其实，中学物理教学亦是如此。就中学物理学的知识之序来看，每一个完整的知识单元，都是按照下页图23的顺序发展变化的：

---

①本原则详见，张熊飞：《试论教师的主导作用和学生的主体作用的辩证关系》，《教育研究》，1988年第6期。

②具体论述见第一编第五章第一节。

③列宁：《黑格尔〈逻辑学〉一书摘要》，列宁全集，第38卷，第181页。

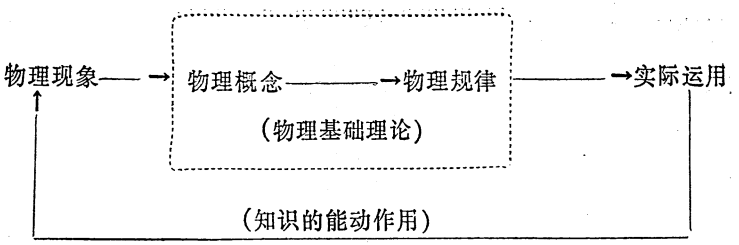
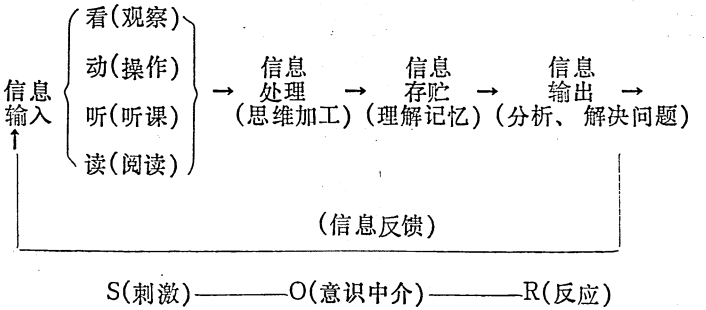


图 23

从信息科学的角度来看，学习主体(学生)的认识过程，是遵循“S—O—R”理论的，即符合图24所构成的完整的信息加工系统，其中，任何一个要素均不可缺少：



S(刺激)————O(意识中介)————R(反应)

图 24

可见，中学物理教学的知识之序与认识之序是和辩证唯物主义的认识之序完全一致的。然而，在一些教学论中阐述教学原则时，往往是把“直观性原则”和“理论联系实际的原则”并列为两条各自独立的原则。这实质上是把辩证唯物主义认识论的两个飞跃分裂开来，显然是不恰当的。应该把两者辩证的统一起来，成为一个完整的、系统的教学原则，这就是我们提出本原则的根据。

2. 实践和认识的辩证关系。

列宁的上述论述是本原则的精要。实际上，中学物理教学始终强调实验观察，以便使学生获得生动的、具体的感性认识，为

学生进行思维加工准备丰富的感性材料。在此基础上，通过发挥教师的主导作用和学生的主体作用，对物理现象和过程进行认真地分析综合、推理概括等一系列的形象思维和逻辑思维的加工，形成概念，建立规律。学习了基础知识，并不等于就掌握了它们。必须通过具体的运用，才能进一步的领会和巩固，使所学的知识强化、深化、活化，从而真正转化为学生自身的财富。在此基础上，更上一层楼，学习更多的新知识，并获得更全面的发展。掌握的关键在于理解。因为：理解是掌握的前提和基础；掌握是理解的成果和发展。因此，中学物理教学要特别重视在实践基础上的知识运用环节，充分地发挥知识的理论价值和应用价值。物理学的研究方法主要包含两个方面：实验观察和理论探讨。两者的关系又是辩证的：实验观察离不开必要的理论思考；理论探讨又必须以实验观察为基础。不可能有不与思维相联系的纯感性认识，也不可能有不与感性认识相联系的纯理性认识。既辩证又统一的把认识的两种飞跃运用于物理教学之中，必将不断地提高教学质量。

3．贯彻本原则，首先，一定要加强物理实验教学，真正的把物理课从以解题为中心的教学中的解放出来，转变为以实验为先导的教学，并在此基础上，诱导学生通过独立思考归纳出知识。一定要改变教学中教师只介绍空洞的理论，又单调地让学生死记硬背定义、规律、公式的现象。杨振宁在浙江大学演讲时谈到两种物理学：其一是从一个公式推演到另一个公式，可谓演绎物理学；其二是从现象开始，从现象逐渐归纳出一个物理规律，称为归纳物理学。杨振宁十分赞赏后者，认为这种归纳法的好处是它永远与现象比较近，而不会走进牛角尖、死胡同。我们当然不能完全否定前者，该演绎时还必须进行演绎；但对中学物理教学来说，无

疑应该以归纳物理学为主，应该以实验做为物理教学的基础。其次，要理论联系实际，既活化、深化知识，又培养学生分析问题和解决问题的能力。联系实际的内容不能只局限在解计算题，而要依据教材的要求，广泛地联系日常生活、工农业生产、科学技术的新成就等实际问题。突出基础知识对实践活动的能动作用，运用它们对生动的物理过程作出本质的解释和合乎逻辑的说明。

总之，为了改变学生学习物理时普遍存在的，使具体的现象与抽象的理论处于分离状态的现象，就必须千方百计地认真贯彻实践与认识相辩证的教学原则。

（五）循序渐进与因材施教相辩证的原则

循序渐进和因材施教，都是教学中必须遵循的客观规律。把它们辩证的统一起来，为的是解决统一要求和个别差异的矛盾。

1．循序渐进和因材施教，及其辩证关系。

当前中学的主要教学形式乃是以班级为单位的课堂教学。循序渐进是指课堂教学中的统一要求。循序渐进则要有序可循。首先，要遵循物理教学大纲及物理教材之序，以及每一具体知识单元的知识之序(图23)。其次，要遵循学生学习物理知识的认识之序(图24)和辩证唯物主义认识论的认识之序，——具体而言，由特殊到一般和由一般到特殊之序；由易到难、由简到繁、由近及远、由表及里之序；由已知到未知，温故而知新之序；等等。第三，要遵循相同年龄阶段在生理、心理、思维等方面的共同特点之序，以及研究并处理好各种能力的发展变化规律之序。第四，要遵循一般的教学规律之序。“渐进”者，依序而进也。这些都是教学中的统一要求。

然而，如果死板的、单纯地强调统一要求，忽视了学生个体的差异，采用“一刀切”的办法处理，只能事倍而功半，收不到

大面积丰收的效果。因此，要配合以因材施教。“因”是根据、适应的意思；“材”就是学生实际，就是学生的才能、志趣、性格、气质和特长等。学生的个别差异是客观存在的。因而，在集体教学条件下注意个别对待，应贯穿于全教学过程中，以便充分发挥每一个学生的个性，调动他们的学习积极性，发展他们的聪明才智，使得每个学生都能够学有所得、学有所爱、学有所长。譬如，对程度较好的学生提出较难的问题，以提高其学习兴趣和学习要求，并启发他采用多种解决办法，以发挥其特长；而对程度较差的学生要以亲切的态度提出较易的问题，以加强其信心，并多加帮助，给予必要的辅导。

只有循序渐进，我们才能在统一的要求下获得一致的质量标准；只有因材施教，我们才能适应个别差异，有的放矢地照顾到每个学生。循序渐进是前提和基础，因材施教是落实和提高。把两者辩证地统一起来，才能保证教学质量的大面积丰收，为祖国培养出大批的适应各方面需要的各级各类优秀人材。

2. 贯彻本原则，首先，要深入了解每个学生的情况，以便从大多数学生的实际出发进行集体教学，又兼顾学生的个别差异而区别对待。这就是教师在备课时，一定要“备学生”的理论根据。其次，教学时起点要低，以便面向大多数，并使弱智者也能步入科学之门；教学落点要高，以便使勇进者跃跃欲试，跳一跳能摘到桃子，亦有利于强智者拔尖择优。第三，加强实验教学，在条件许可时，多进行探索性学生实验，为学生创造因材施教的情境。并积极开展第二课堂活动，发挥每个学生特有的聪明才智。

（六）控制与反馈相辩证的原则

教学效果是教学工作的灵魂。提出本原则，正是为了解决教

学效果的优化和劣化的矛盾。

1．控制和反馈的含意

任何系统的有目标的行为，为了达到最终目标，都需要对行为进行控制；为了有效实现最优化的控制，必须获得反馈信息。教学是有目标的行为，当然需要控制和反馈。这点，我们在论述中学生学习心理结构的基本要素时，已经进行了概述①。

根据系统科学，所谓系统是指由相互关联、相互制约、相互作用，并具有整体功能的要素按照一定的规律结合而成的、具有某种特定功能的有机体系。中学物理教学体系就是一个由主体、客体和媒体这三个基本要素所构成的具有培养全面发展的人材这一特定功能的系统。我们还把认识的主体所感受和所表述的某事物运动的状态和方式，称为信息。在中学物理教学过程中，客体(课程内容)所具有的各种信息，就是通过媒体(教师和课程)向主体(学生)传输的。所谓控制，对教学系统来说，就是指教师根据学生所具有的初始信息(现有心理水平)和教学所要达到的目标信息(教学目标)而对学生所施加的调整过程。好象司机对方向盘的调整，控制着汽车向目的地奔驰。教师将控制信息输送给学生后，通过学生个体自身的矛盾运动，是否达到了目标信息的要求，这就需要得到反馈信息。教师将控制信息输送给学生，经过学生自身的加工、贮存等后，再将输出的信息送回教师，用以检查、纠正和调整教师原来所发出的控制信息，这一过程称为反馈。由于反馈的存在，使教学体系形成一个闭合回路。

2．教学系统中的双向反馈，以及控制和反馈的辩证关系。

教学是“教”与“学”的双边活动，要取得最佳效果，必须

---

①见第一编第二章第二节。

是师生双方协调，也就是师生双方都要获取反馈信息。因而，在教学系统中，通常有两条反馈途径：一条是由学生的输出信息直接向教师提供的反馈，用以调整“教”的部署、内容、方法等，可以称为“学对教的反馈”。譬如，学生将自己的“疑”、“惑”反馈给教师，教师则给以释疑，解惑；而学生反馈来的学习中的错误，教师则给予纠正；等。另一条是教师根据学生的输出信息，对“学”作出相应的评价，向学生提供反馈信息，用以纠正学生学习中的偏差与失误，可称为“教对学的反馈”。譬如，教师对学生的错误予以纠正后，学生就要调整自己对知识的领会与理解，使学习有序地向前发展。

在中学物理教学过程中，对“教”与“学”的任何一方来说，控制和反馈互为对立面：同时并存，互为前提，形成中学物理教学工作中的一对基本矛盾运动。同时，从教与学的双向及时反馈来看，控制和反馈在一定条件下又是可以相互转化的。可以说，教对学的新控制，也可以看做是反馈，是学对教的反馈的反馈；学对教的新反馈，也可以看做是控制，是教对学的控制的控制。在这样意义下的转化，循环往复，直至一个具体的教学目标的实现，然后再开始新的循环。这充分地反映了教学过程中因果关系的非单一性和非直线性，形成控制和反馈相辩证的教学原则。这一原则，实际上并非全新的发明，而是从来客观存在的，只是没有明确提出而已。

应该指出的是：对教学工作来说，总是先有反馈，后进行控制。教师在备课时，在备内容的同时，亦要备学生——掌握学生的心理、思维特征、智能状况、知识基础等，才能更好的设计教学过程，选择教学方法，把可能出现的偏差，消灭在萌芽之前。学生在课前也需要预习，以便了解知识的难易、疑惑等反馈信

息，为新的学习做好准备。当然，谈到预习，教师应注意在安排教学时，不要把过多的学习内容推到课外让学生去完成，而要充分提高课堂效率。这表明：对教学过程来说，“反馈——控制——再反馈——再控制”，循环往复，直至一个教学阶段结束。

3。教学过程中的反馈一般有：超前反馈，主要应用于教师的备课和学生的预习之中，根据反馈信息，估计出可能出现的偏差，防微杜渐，提前予以正确控制。及时反馈，是在课堂内随时了解情况，而进行反馈的主要形式，譬如，教师的“察言观色”，师生双方的提问、听谈等。延时反馈，即从作业、考试、实验等反馈来的信息，以便检查教与学存在的问题，及时作出评价。相互反馈，学生之间，教师之间互为信息源，而讨论研究问题，交流信息，以调整教学进程。自我反馈，即通过自我检测、自我反思，对教学过程的正误得失得出判断，加以纠正，实现自我控制。

师生双向及时反馈，以便调整“教”与“学”的控制行为，以便保证教学过程处于最优化的运行状态，并在一定条件下获得最优化的效果。

教学过程是一个十分复杂的矛盾运动过程。六条教学原则用以解决的只是六个最基本的具体矛盾。它们是分别论述的，各具有相对的独立性，但又是具有内在联系的统一体，彼此密切相关，相辅而又相成。因而，在具体教学工作中，必须全面的有机的予以贯彻，以便发展其整体功能。

总的来说，教学过程的基本问题、基本规律和基本原则之间的相互关系，如下表所示：

基本问题	基本规律	基　本　原　则
培养什么样的人？	社会制约性规律 促进青少年全面发展规律	科学性和思想性相辩证的原则
		掌握知识和培养能力相辩证的原则
怎样来培养？	简约性规律	实践和认识相辩证的原则
	教与学相适应的规律	教师的主导作用和学生的主体作用相辩证的原则
	适应学生身心发展的规律	循序渐进与因材施教相辩证的原则
		控制与反馈相辩证的原则

第五章　中学物理教学方法论

任何教学思想在具体实施的过程中，都要表现为教学方法。也就是说，教学方法要受到教学思想的制约，又反过来体现教学思想。因此，我们研究、设计、选择教学方法，是离不开前边所提出的一系列的教学思想。

某些传统教学理论认为教学方法仅仅是教师“教”的方法，这显然是错误的。教学方法不仅应该包括“教”的方面，也应该包括“学”的方面。从教学过程的三个基本矛盾来看，教学方法是具体体现教学规律、具体实施教学原则的过程中，主体、客体和媒体之间的相互作用、相互联系的途径和方式，是具体展现教师如何教，学生如何学的工作方法体系，因而是“教法”和“学法”的辩证的统一。

第一节　中学物理教学方法的灵魂
——启发教学

一、确定教学方法的主要依据

中学物理教学过程是一个包含许多因素的相互作用的复杂过程，它涉及到教学目的、教学思想、教学内容、教学对象、教学组织形式，以及教学艺术的运用等多方面因素的复杂问题。随着这些因素的变化，教学方法必然发生相应的变化。因而，教学方

法从来都具有多样性、灵活性和创新性。教学方法不断改革的历史进程从来也没有停滞过。正是在这样的意义上，我们主张：教无定法。然而，选择和设计教学方法，必然有客观的依据。就是说：教有定规，有规可循。一般说来，其主要依据如下：

（一）中学物理教学的出发点和落脚点，就是要把物理学的知识结构、智能因素和品格因素转化为学生的认知结构。因此，要把研究学生的心理、思维特征、已有的知识、能力基础、学习的一般规律，以及不同学生的心理特点，作为确定教学方法的重要依据。就是说，教学方法要符合学生的年龄心理发展和学习认知过程的一般规律，尽可能创造条件，发挥学生的主体作用，诱导学生积极主动地学懂、学会，进而会学物理知识，并促进学生全面发展。

（二）教学方法是服务于教学内容，并且取决于教学内容的特点。中学物理教学方法的确定，要突出中学物理的教学特点。物理学的主要研究方法是实验观察和理论探讨。结合中学生的实际情况，中学物理教学要始终突出以观察实验为教学的基础。随着学生年级的增高，理论上的分析论证也要逐步增加。从施教的角度讲，教师只有创造性的对教材重新加工，真正地占有教材、掌握教材的特点，把教材转化为自己的认知结构和自己的教学艺术，才能有选择和创新教学方法的自由权和驾驭教学活动的指挥权。脱离教学内容及其特点，去谈教学方法，或者千篇一律地运用某一种教学模式，显然是错误的。

（三）任何教学方法都要考虑教学条件、教学手段的制约性；都要注意不增加学习时间，不增加师生负担，从而有利于广大师生接受，便利于大面积推广。

（四）教学理论是一门最辩证、最灵活的科学，亦是一门最多样化、最整体化的科学。体现这门科学的教学方法也是如此。

教学实践早已证明：没有一种教学方法是万能的，各种教学方法在具体运用时也没有固定的模式。从实际意义上来说，“教学方法”的概念总是综合性的。如果我们说在某个时间选择某种方法，那只是意味着这种方法在这个时候起了主要作用，对解决基本的教学任务做出了重大的贡献。教学过程总是千变万化，丰富多彩的。古曰：教亦多术。其含意正是说：教学有法，然无定法，各用已法，即算得法。具体的教学方法，要从实际出发，做到：因文而异，因境而变，因时制宜，因才施教。要具体分析、具体处理，使各种教学方法相辅相成，构成一个生动活泼、激发学生学习兴趣，调动学生积极思维的教学过程。我们要坚持唯物辩证法，绝勿犯教育史上那些形而上学的形式主义做法。

二、启发教学是一切教学方法的灵魂

我国自孔夫子以来，就有提倡启发式、废除注入式的优秀传统。从古至今，不管具体的教学方法的名目如何繁多，具体做法如何多变，但是，凡符合教学规律的教学方法，其灵魂必然是启发教学。

启发教学不是一种教学方法，而是一种教学思想。它的实质在于认真贯彻教师的主导作用和学生的主体作用相辩证的原则，从而充分调动教与学两方面的积极性、主动性，以便创造性地完成教学工作。

在我国，启发教学至少在春秋战国时代已由孔子明确地提出来了。孔子说：“不愤不启，不悱不发。举一隅，不以三隅反，则不复也。”（《论语·述而》）愤者，心求通而未得；悱者，口欲言而未达。所谓“启”、“发”，朱熹注释为：“启，谓开其意；发，谓达其辞。”教师要充分发挥主导作用。“开其意”、

“达其辞”，创造一种学习的最佳环境，使学生变得“心求通”、“口欲言”，处于一种“心愤愤”“口悱悱”的心理状态，才能更好地发挥主体作用，使教学效果最优化。所谓“则不复也”，就是要求教师不要再重复使用学生不能达到举一反三的那种教学方法了。后来，把启与发连接起来，就形成了启发教学这种教学思想。因此，著名教育家叶圣陶明确指出：“愤悱启发是一条规律”①。我国历代都有一些教育家极力主张采用启发教学。譬如，“君子既知教之所由兴，又知教之所由废，然后可以为人师也。故君子之教，喻也。道而弗牵，强而弗抑，开而弗达。道而弗牵则和；强而弗抑则易；开而弗达则思。和易而思，可谓善喻矣。”（《学记》）这里，启发的道理讲得十分透彻。然而，这些都是经验性的概括，描述性的论断。直到马克思主义哲学的诞生和心理学科的发展，才为启发教学奠定了科学的理论基础。譬如，辩证唯物主义关于主要矛盾和矛盾的主要方面的理论、关于认识的能动作用的理论、关于内因和外因的辩证关系的理论等，以及我们在本编第二章介绍的关于教学心理学的有关概述，都使启发教学以崭新的面貌获得新生。如果说传统的启发教学只在于启发学生掌握知识，现代启发教学则立足于教学目标的三维立体结构，强调寓能力培养和品德教导于知识传授之中，其目标在于培养全面发展的一代新人。

那么，从现代教学理论来看，启发教学的核心思想是什么呢？

启发教学，从教师的角度看，不是把学生背进来，抱进来，而是“诱”进来。“君子之教，喻也。”这里的喻，就是启发诱导。循循善诱，一个“诱”字，概括了教法的宗旨。——变教为

①见《论教育规律及其它》一书《叶序》；湖南教育出版社，1982年版，第1页。

诱，变教为导，这就体现了教师主导作用的实质。从学生的角度看，不是被动的接受，而是主动的猎取。“学而不思则罔，思而不学则殆。”一个“思”字，概括了学法的要害。“学贵心悟”①。学习当然要五官并用，但都要靠大脑来指挥，来独立思考。——变学为思，变学为悟，这就是学生主体作用的精华。

总之，变教为诱，变学为思，这种教法和学法相结合的方法，就是启发教学的核心思想，亦是一切符合教学规律的教学方法的灵魂。前面我们再三论述中学物理教学过程要突出探索和研究两大层次；强调教师的主导作用的最大特点是创造性，即创造性的发挥学生的主体作用，而学生的主体作用的最大特征是独立性，即思维的独立性，独立思考；等等，就是启发教学的核心思想的体现。

三、中学物理教学中启发教学的几种途径

进行启发教学的途径是很多的，从教育心理学的角度出发，中学物理教学在施教方面可注意以下主要方面：

（一）激发兴趣，调动内因

“知之者不如好之者，好之者不如乐之者”。所谓“乐”，兴趣也，是学生愉快而有选择的力求探索某件事物的心理倾向。兴趣是影响学习自觉性的最直接的因素，是学生学习动机的体现，成为学习活动的推动力。因此，教学要善于激发学生的学习兴趣。一般可从以下三方面入手：

1．教学要有新异感，努力创设良好的学习情境

学生常常被新异的现象和新颖的对象所吸引。因而，灵活多样，颇有新鲜感的教法，能激发学生的直接兴趣。从学习心理结

①张载：《经学理窟》。见黎顺清等编：《中国古代教育名著选读》，陕西师范大学出版社，1989年12月版，第383页。

构的基本要素来看，设置带有启发性的物理情境，是培养学习兴趣的有效手段。

教学活动总是在一定的时间和空间构成的环境里进行的，这就由师生的主观心理因素（感情、意志、行为等）和客观环境因素，构成一定的教学情境。每一个教学过程，都是在一定的情境中发生、发展的。良好的情境产生良好的情绪。情绪好脑子灵，脑子灵反应快，才能在一种情感的渲染下比较顺利地探索、理解、掌握和运用知识。实际上情绪具有形成动机的推动力，它能够提高或者降低学生的活动能力。一堂课的成败，首先取决于学生学习的情绪；评价一堂课的质量，学生的情绪也是一个重要指标。这一切都取于教师所采用的教学方法是否触及学生的精神需要，使学生在生动活泼、充满新奇感的气氛中得到主动的发展。

为此，要求教师把情境变为自觉设计的产物，而不仅仅是教学过程自然而然的产物。为了创设一个良好的学习物理的情境，可从下列诸方面努力：

(1) 利用实验观察，展现物理情境

一个物理实验就是一个完整的物理情境。

首先要善于设置鲜明有趣的小实验，并善于把好奇心引向分析、思考。譬如，把一枚钢针轻轻放置在水面上，竟然没有沉下去，学生无不瞪大眼睛："钢针怎么能静止在水面上呢？"由此诱导学习表面张力。又如，事先在纸盒里放上厚厚的塑料泡沫，将纸盒放在地面的桌旁。讲课时，拿起一个鸡蛋，问：让鸡蛋自由落到讲台上，会怎么样？学生爽朗的笑了，意思是说，那还用问？教师对准纸盒，真的让鸡蛋自由落下，结果并未碎。为什么呢？展示塑料泡沫，并加以分析，由此形成冲量的概念。再如，弹簧秤下挂一木块，手一托，弹簧秤读数减小了；让木块浸入水中，读

数也变小了。为什么？引入浮力的概念。学生在可见的物理情境中，带着兴趣，展开了形象思维和逻辑思维，减少了繁琐的语言表述，进而达到对物理概念的本质认识。

阎金铎教授曾将兴趣划分为“好奇——求知——探新”三个层次。据此，对学生实验也要善于创设良好的物理情境，让学生在探索中获得真知。初中教材：“用天平测量物体的质量”，传统教法是教师先讲天平的构造、天平的调节、天平的使用、天平的保护等知识以后，让学生作操作性的实验，这是一种定势思维过程，对训练模式化有好处。它的缺点是使学生思维呆板。我们在讲了质量概念后，第二课时就让学生亲自动手，“用天平测量质量”。学生进入实验室后，看到一台台天平放在实验室，产生了一种尝试性好奇心理(第一层次)。教师则提出了实验要求：请你想办法测出金属块的质量。学生面对从来没有使用过的天平，要完成测质量的任务，他就要观察、思考、想办法。首先看到天平不平衡：有人发现了螺母，用玩撬撬板的道理开始调平；有的没有发现螺母，想出了用纸片调平；有的加砝码调平。开始测量质量了，学生们都会把被测物体置于一盘，在另一盘加减砝码，都会利用标尺及指针摆动判断平衡。但绝大多数读不出砝码的总质量数，及乎100%的学生用手抓砝码。经过二十分钟的实验，教师问学生：大家会用天平测质量吗？学生高兴的回答：会。又问：有问题吗？学生又齐声回答：有。此时，学生具备了一定的感性知识，又产生了一些问题，积极求知的心理状态(第二层次)形成了。抓住时机，老师开始讲课，内容是：托盘天平的构造，要求同学们记住各部分名称；观察砝码盒中的砝码，要求记住每个砝码的质量数；托盘天平的调节步骤；使用天平的注意事项。学生听讲的过程中，他们在心里把老师讲的内容跟自己的操作进行

了对照，知道了自己做对的地方和做错的地方，形成了正确的概念。第三课时再上一节实验课，要求学生测量固体、液体、化学药品等各种物质的质量。这节实验课绝不是上节课的重复，而有更高层次的要求。第一，要求学生正确使用天平；第二，要测出准确的质量数；第三，要创造性的完成对液体及化学药品的质量测量(第三层次：探新)。由于教学方法的改革，既强化了操作能力的训练，又加深理解和巩固了所学的基础知识，还锻炼了学生独立解决问题的能力。学生对天平的有关知识掌握较好，期中考试，参加了西安市目标测试，卷中有关天平的使用及实验的考查题，96%的学生全部掌握、获得满分。

(2) 讲述小故事，造就物理情境

物理小故事，包括物理学史，物理学家小传及与教学内容有关的传说、成语、格言、寓言或自编故事等。在教材中有目的地、恰当地设置生动活泼、引人入胜的小故事，对于激发学生学习热情和活跃思维的作用也是不可低估的。如：讲授“大气压强”时，教师一上课就讲了这样一段话：早在1654年，马德堡市的市长表演了一个惊人的大型实验。他把两个直径30多厘米的空心铜半球紧贴在一起，用抽气机抽出球内空气，然后用两队马沿相反方向拉两铜半球，结果用了八对马，还没有把它拉开。讲到这里，学生思维活跃起来了，产生疑问：这么大的力拉不开，到底是什么东西在作怪呢？待教师提出大气压强课题时，学生茅塞顿开：原来空气有这么大的压强啊！随之学生头脑中又产生了第二层思维：这个压强有多大呢？采用怎样的方法才能测出这个压强的数值？学生思维顺序与本节课的教学程序相吻合，调动了学生的学习积极性。讲故事时，学生仿佛置身于现场情境中，讲故事的过程，正是激发学生学习兴趣的过程。

又如，学习惯性的概念前，教师自编了这样一个小故事，借以引入课题，激发兴趣。前几天，西兰公路上发生了一起行车事故（学生一下子产生了好奇），两辆卡车险些相撞（原来一场虚惊）。由于刹车及时，车保住了，但坐在司机旁的乘客（睡着了）的头却撞到车前面的玻璃上，造成轻微脑震荡（学生兴趣复生），事故的受害者是那位乘客，但事故的祸手还是那位乘客。这是怎么回事呢？（学生异常兴奋）今天我们所学习的惯性，就能解释这个问题（学生精力十分集中）。课堂一开始就抓住了学生好奇、爱探究的心理特点，使之在较短的时间内达到兴奋高潮，为下面的学习做好了积极的情绪准备。这正是利用故事情境激发学习兴趣的目的所在。

（3）利用插图、挂图，创设物理情境

教学实践证明，充分利用插图在情境教学中的作用，也是培养学生学习兴趣的好办法，这也符合形象思维的心理特征。为了说明什么是力，教材安排了六幅小插图。教学时，在让学生详细观察插图之后，教师再总结出力的六种“动作”——举、推、吊、拉、压、吸，即包含在六个物理情境（人—举—铃，人—推—车，机—吊—物，汽—拉—拖，机—压—路和磁—吸—铁）中。学生在兴趣盎然地观察插图，分析物理现象，认真进行思维。在教师诱导下抓住力的本质，形成力的概念。在教材中，配合教学设置生动有趣的小插图，创造适宜的物理情境，有利于诱发学生的学习兴趣。在兴趣中学，学中有兴趣。

教学中，还要善于运用挂图，表现出一定的物理情境。挂图往往把一定的机械、设备、装置的内部结构展现出来，使学生理解物理知识的应用价值。例如：磁电式仪表，内燃机，原子反应堆等。有时，教师也可以自制一些挂图。例如，在讲初中《运动和静止》时，教师自制了一幅城市风光图。上课时，向学生提出

的第一个问题是：你们看见了什么？同学们争先恐后举手发言：我看见了山、水、桥梁、房屋、汽车和船只。另一位同学说：我看见了飞机、火箭发射塔、接收天线。接着有人抢着补充还有小鸟，船上还站着人。太好了！同学们的观察力真强。进一步提问，你们看见了哪些运动的物体呢？同学们的思维又沸腾起来了，他们说，汽车在奔驰、船在航行、河水在流动，火箭在起飞，发射塔在发射无线电波，接收天线在接收空中的电磁波，高压线中在输送电流。还有的同学说，天上鸟儿在飞翔，飞机在飞行，天上白云在飘动。教师进一步启发：还有吗？经过短暂的切切私语，有的说：我坐在汽车中，看见了高楼、电杆、树木也在动。有的说：高楼大厦、发射塔等，都随着地球在天空中运动。然后，教师再提出：当你判断一个物体运动时，是把哪个物体看做静止不动的物体？通过学生的回答及教师的诱导，最后总结出“运动”，“静止”，“参照物”等一系列概念。学生们有声有色的描述，从静中看到了动，又从动中认识了静，一幅幅物体的各种运动和变化的情境展现在眼前，帮助学生理解和学习了新知识。

（4）选用情境习题，再现物理情境

物理习题往往是某一物理情境的再现。教师要善于诱导学生从习题的情境中判断情境发展的趋势和结果，解释情境变化的原因，概括出物理现象的本质和规律。

例如：工程上常用爆炸法开山劈岭，设某工人师傅在钻孔内装好炸药后，用一条96厘米长的引火索引燃炸药。引火索燃烧速度是0.8厘米/秒，点火人点燃引火索后，以5米/秒的速度跑开，他能不能在爆炸前跑到离点火处500米远的安全区？

对初中学生来说，这个题目的难度较大：①运动的物体不是一个，而是点火人和火点两个，给了两个速度，两个长度，学生

理解题意时有困难，在计算时容易张冠李戴。②抽象思维程度比较高，解题方法要求两种以上。如何处理这个例题呢？教师在教学中采用了情境教学法。即创立物理情境，师生共同进入到情境中去分析研究问题。首先把题中的意思绘制成一幅形象的图画(图25)，并在图中标明每个物体运动的速度、路程。让学生搞

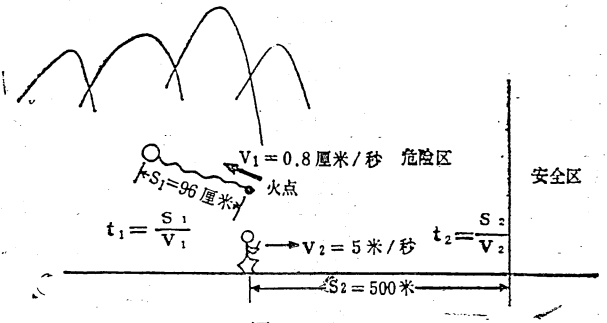


图 25

清题意和要解决的问题。教师启发：假设在坐的每位同学就是那个点火人，你能跑到安全区吗？通过什么方法进行分析计算呢？一个同学立即回答：比较两个物体运动的时间，$t_1 = S_1/V_1$，$t_2 = S_2/V_2$，若$t_2 < t_1$，则可以跑到安全区。因为点火人跑到安全地带时，炸药还不到爆炸时间。教师小结：想的很好，他用比较t的办法。那么能不能通过比较别的物理量呢？经过认真思考，一个同学举手发言：可以比较S，看点火人跑到安全区，火绳燃烧了多长。若$S_1' = V_1 t_2 < S_1$，则可以跑到安全区。受到启发，另外一个同学发言：还可以比较$S_2 < S_2' = V_2 t_1$；老师小结：大家想的很好，比较t有一种解法，比较S有两种解法？那么还能比较哪个物理量呢？学生的思路已经打开了，小声议论：因为$V = S/t$，还可以比较V。但是怎么比较呢？这里抽象思维程度比较高。教师启发，可不可以比较点火人实际跑的速度和假设火药爆炸前这段时间内点

火人应该跑的速度呢？有同学立即回答：$V_2' = S_2/t_1 < V_2$。由于下课时间已到了，教师说：比较V也有两种解法，请课后继续思考。课间，有同学找老师说，她想出来了，即比较：$V_1' = S_1/t_2 < V_1$。

这个题目围绕“能否安全离开”，设置了两层情境，并通过速度公式的变型，用多种方法求解，既激发了学生运用物理知识解决实际问题的兴趣，又培养了学生的创造思维。

(5) 开展竞赛评比，设置竞争情境

根据现代生理学和医学的研究。当前人脑的功能只有百分之十左右被利用，还有90%的潜力可以挖掘。通过竞争，可以引起大脑某些部位“兴奋”起来，刺激处于“休息”状态的部位进入工作状态。在正常情况下，有压力，有紧迫感，才能砥砺人的才智，激发学生内在的责任感，积极向上的斗志和克服困难的决心。

因此，教学中适当开展一些竞赛、评比之类的教学活动，创设一种人人力争上游的情境，亦有利于激发兴趣，调动内因，提高教学质量。

(6) 师生感情交流，激励好学情境

师生之间要善于感情交流，主要依靠口、眼、耳这些器官进行。就是说，教师的口头语言、表情、姿势都是创设情境的重要手段。带着微笑进课堂，使学生在亲切的气氛中愉快的进入角色；教师的一个眼神，会鼓励学生大胆地发表意见；教师的一个手势，可以起到“此处无声胜有声”的情境。

2. 教学要有层次性，尽量符合学生心理、思维一般规律

任何学习活动，都要符合学生心理、思维的一般规律，使学生不断产生新的需要，而满怀激情地继续钻研下去。因而，有层次、成梯度地启发教学，能使学生的学习兴趣不断的高涨，亦有利于理解、掌握基础知识。教学的层次性是大有可为的，譬如：

(1) 深入浅出，步步探求

深与浅是一对矛盾，但又是一个统一体。深是本质，是从教学内容来谈的；浅是现象，是从教学方法来讲的。就是说：所谓深，是指深入物理事物的本质，抓住物理事物质的规定性，阐述清楚反映物理事物本质属性带有规律性的知识，如物理概念、物理规律等；所谓浅，是指施教要浅显易懂、生动有趣、明白清楚，引人入胜。所谓教授知识时，起点要低，落点要高，就是这个意思。这是符合学生由简单到复杂、由浅近到深远等的认识规律的。对教师来说，要深入浅出，由备课时的深入到授课时的浅出；对学生来说，由浅入深，使掌握知识的过程循序渐进，化难为易。两者的关系如图26所示。教与学的共鸣点在“浅”字上；关键显然是教师的深入。备课越深入，方能得心应手，左右逢源，达到浅出。教师出的浅，学生才能由易到难，顺利地达到入深的目的。

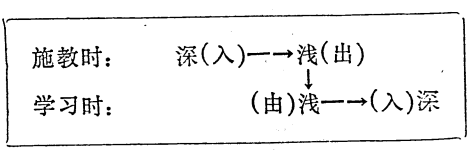


图 26

以运动电荷在匀强磁场中的各种运动及规律为例。首先，我们运用洛仑兹力演示仪使学生观察了运动电荷可能的各种运动，使学生眼见为实，获得了感性认识。此后，我们没有完全按照教材去传授，而是由浅入深，使学生获得系统知识。运动电荷在匀强磁场中，可能受到洛仑兹力的作用，该力的大小，一般表示为：$f=Bqv\sin\theta$。式中θ是电荷运动的方向与磁场方向间的夹角。θ不同，运动电荷所受f不同，电荷将做不同的运动。

① 匀速直线运动。这种情况学生容易理解，点到即可。

A. 产生的条件：电荷运动方向与磁场方向平行，即$B\|v$；或$\theta=0°$及$180°$，因而不受洛仑兹力的作用，而作匀速直线运动。

B. 运动轨迹：如图27，为平行于B的直线。

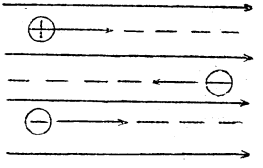


图 27

C. 运动方程：$s=vt$

② 匀速圆周运动。这是本节课的重点，要重兵参战。

A. 产生的条件：电荷运动方向与磁场方向垂直，即$v\perp B$；或$\theta=90°$。

B. 运动轨迹：这是关键，要启发诱导，深入分析。

a. 由于粒子的初速度和它受力的方向都在跟磁场方向垂直的平面内，没有任何作用使粒子离开这个平面，所以粒子只能在这个平面内运动。

b. 由于洛仑兹力总是跟粒子的运动方向垂直，不对粒子做功，它只改变粒子运动的方向，而不改变粒子的速率。所以，粒子在匀强磁场中运动的速率v是恒定的，因而力$f=Bqv$的大小也是恒定的。

于是，这个大小恒定的力f对于运动着的粒子来说，起着向心力的作用。因此，粒子的运动一定做匀速圆周运动。

c. 要绘出运动电荷做匀速圆周运动的轨迹，关键是：准确的运用左手定则，正确判断出洛仑兹力的方向，充分发挥形象思维能力，恰当的绘出轨迹及电荷沿轨迹旋转的方向。如图28所示。特别要注意运动负电荷的运动轨迹中旋转方向的判断。

③运动方程：

由于带电粒子做匀速圆周运动所需要的向心力是由洛仑兹力

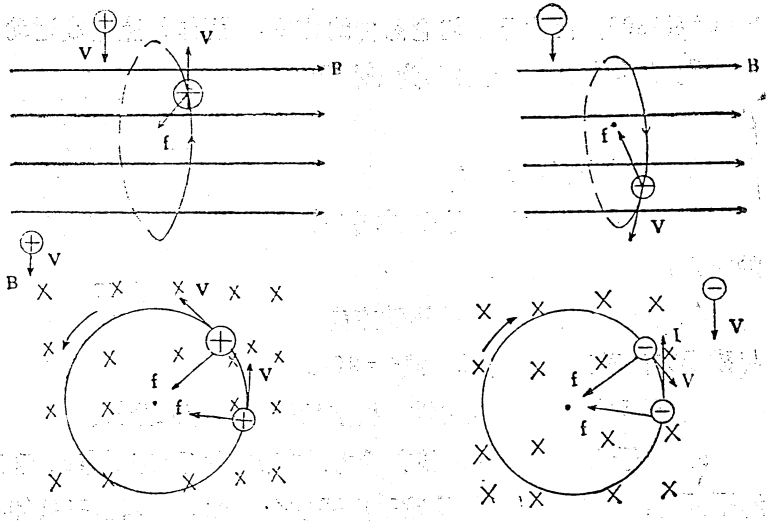


图 28

来提供的，即

$$\frac{mv^2}{r}=Bqv$$

得粒子做匀速圆周运动的轨道半径为：$r=\dfrac{mv}{Bq}$

利用匀速园周运动的线速度的公式($v=2\pi r/T$)，即可求出粒子绕行一周所需要的时间，即粒子做匀速园周运动的周期为：

$$T=\frac{2\pi r}{v}=\frac{2\pi m}{Bq}$$

可以看出：带电粒子在磁场中做匀速圆周运动的周期跟轨道半径和运动速率无关。这个很重要的结论在科技上有重大的应用。

③ 等矩的螺旋运动：

这种运动，课文没有要求，但习题中要求做定性分析。由于学生掌握了前两种运动，再来定量分析也是可以接受的。

A．产生的条件：电荷运动的方向与磁场方向间的夹角为任意角度(不包括0°、90°、180°)

B．运动轨迹：此种情况，可将运动电荷的速度v进行分解，由于$v_{\perp}=v\sin\alpha$垂直于B．因而受有洛仑兹力作用，且$f=Bqv\sin\alpha$，使电荷以$v_{\perp}=v\sin\alpha$为线速度做匀速圆周运动．而$v_{//}=v\cos\alpha$与B平行，因而不受洛仑兹力作用，则电荷将沿$v_{//}$方向以$v_{//}=v\cos\alpha$为速度做匀速直线运动，电荷的运动实际上正是上述两种运动的合运动，其运动轨迹是轴线平行于磁力线的等矩螺旋线(如图29和图30所示)

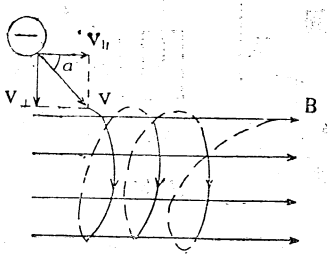


图 29

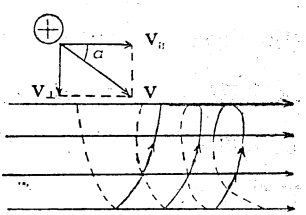


图 30

这里运动轨迹的作图，关键是充分运用形象思维，在图示中显示出空间概念

显然，这种运动的周期，即电荷沿螺旋线旋转一周所用的时间，仍为

$$T=\frac{2\pi m}{Bg}$$

而螺旋线的半径则应为：

$$r=\frac{mv_{\perp}}{Bq}=\frac{mv\sin\alpha}{Bq}$$

螺旋线的螺距，则为电荷沿$v_{//}$方向(即螺旋的轴线方向)，在同一个周期内前进的距离应为

$$h = v_{//}T = \frac{2\pi mv\cos\alpha}{Bq}$$

(2) 铺路搭桥，安排伏笔

学生接受新知识，不能突然引入。传授前面的知识，要为后面的知识铺路搭桥，象文艺作品描述情节一样，要善于安排“伏笔”。

譬如，为了让学生理解和掌握碰撞时，为什么动量总是守恒的。早在学习动量定理时，我们就给学生举了这样一道例题：质量是一千克的铁锤以4米/秒的速度竖直向下打在质量1克的铁钉上，打击时间为0.02秒，铁锤以2米/秒的速度反跳，求铁锤的打击力.若打击时间为0.2秒，或0.002秒时，打击力又是多少？说明什么问题？

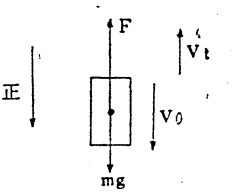


图 31

解：取铁锤为研究对象，其受力情况与运动情况如图31，规定向下为正方向，则：

$$(mg - F)\Delta t = -mv_t - mv_0$$

$$F = \frac{mv_t + mv_0}{\Delta t} + mg$$

式中，$mg = 10$牛顿。于是可以求出：当 $\Delta t = 0.02$秒，$F = 310$ 牛顿；$\Delta t = 0.2$ 秒时，$F = 40$牛顿；$\Delta t = 0.002$ 秒时，$F = 3010$ 牛顿。可见，当作用时间极短时(一般小于百分之几秒)，物体相互作用的内力就会远远大于一切外力，则外力可以忽略不计。

然后，在研究动量守恒定律的适用条件时，则可推论出：当作用时间极短时，由于物体系统相互作用的内力远远大于外力，外力可以忽略不计，则系统的总动量守恒(当然是近似的)，

最后，阐述碰撞的物理意义时明确指出：物理学上的碰撞并非一碰一撞谓之碰撞，而是指一切相互作用时间极短的物理过程。至此，水到渠成，学生将会很自然地得出结论：凡是碰撞过程，互相碰撞的系统，其总动量是守恒的。

(3) 联系实际，启发深思

经过认识的第一个飞跃，学生学会了基础知识，但要使知识强化、深化、活化，则要促使认识的第二个飞跃实现。此时，紧密联系一些日常生活、工农业生产、科学技术上的实际，启发学生深思，从而进一步掌握知识。譬如，在自感现象以后，即专门研究日光灯的基本构造原理和电炉炼钢(涡流)等，在联系实际中进一步激发求知欲望。这一过程中，把重点放在物理原理的分析上，而不要过分地谈技术细节。

(4) 遵标识路，以线串珠

教学时教师启发诱导的思路，要始终一致，要以一条红线贯穿始终。千万不能把一个完整的知识体系搞的支离破碎。譬如，讲述电场及其性质时，要始终以力的概念为一根红线，把前后知识连贯起来：电荷间有相互作用力——→库仑定律——→从力存在的物质性，认识电场的物质性——→从电场的基本性质，即放在电场中的任何带电体都要受电场力的作用，认识电场的力的特性：电场强度——→从电场力作功的物理意义(功是能量变化的量度)，认识电势能，进而认识电场的能的特性：电势，等等。

3．教学要使学生有成功感，在不断的成功中保持旺盛的求知欲

教育心理学指出：学生的学习兴趣能否持久保持，能否一浪更比一浪高，关键在于能否使学生在学习过程中不断看到成果，在精神上得到某种满足，产生愉快的情感，进一步会使学生产生

新的需要，而满怀乐趣地继续钻研下去。要使学生越学越想学、越爱学，不要越学越没劲。学生能“学有所得”，内心就会充满喜悦，就会不以为苦，就会有持续的求知欲望。因此，教学要千方百计在“学有所得”上下功夫，在使学生经常享受成功乐趣上下功夫。

（二）发现问题，设疑诱导

一个成功的教学过程，教师总是要有目的、有意识、有层次地步步设疑、导疑、解疑，学生则要不断生疑、质疑、释疑。亚里斯多士德说的好：“思维自疑问和惊奇开始。”朱熹说：“读书无疑者，须教有疑，有疑者却要无疑，到这里方是长进。”“群疑并兴，寝食俱废，乃能骤进。”（《朱子语类》）教师在步步诱导、启发，学生在不断深思、领悟，这就是启发教学。

对施教而言，设疑、导疑、解疑是一个统一的发展过程。设疑，就是创设疑问，“无疑者须教有疑”。导疑，就是有了疑问，要及时诱导学生“心愤愤”、“口悱悱”。解疑，就是善于答疑。显然，关键在于设疑。设疑成功了，就能推动导疑，解疑。为此，需要注意以下几点：

1．教师的诱导启发，在于善于设疑。一篇好文章，一场成功的文艺演出，往往一开始就把尖锐的矛盾冲突呈现在观众面前，紧紧扣住观众的心弦，使人们欲罢不能。教学也是这样，必须以疑问引路，使学生产生强烈的求知欲望，激起他们思维的浪花，并把他们的注意力迅速吸引到所要研究的课题上来。“大疑大进，小疑小进，无疑不进。”教学过程正要遵循这一思想诱导学生发现问题、揭示疑点、解决矛盾。

当然，并非任何问题都能激起学生的思维。教育心理学指出：只有新的需要、新的要求与学生原有的心理水平相适应，只

有所提问题的难易程度适中，才能把客观矛盾转化成学生自身的思维矛盾，因而才能激起学生的思维活动，最终导致矛盾的解决和认识的飞跃。“行不行？”“对不对？”绝不是激疑。“力学中的三种力，除了弹力和重力，还有什么力？”这也不是激疑，最多只能引起学生回忆。

在讲力的合成时，老师先提出一个问题：请问“1＋1＝？”对于高中学生来说，总觉得这是一个不值得一提的问题。于是，第一个反应是淡淡的一笑。然而，不少学生转眼又想：老师为什么要提这个问题？莫非“1＋1≠2”？有位同学笑着说：“一滴水加一滴水仍然等于一滴水”。全班哄堂大笑。教师及时引导：“其实不用笑。一切都因一定的条件向其反面转化。这里条件是重要的。”由于问题和学生的旧知识发生了冲突，便激发起强烈的求知欲望，从而触及了学生的精神需要。接着进行共点力合成的演示，或探索性学生实验，从而得出结论：在矢量加法中，1＋1可能等于2，也可能小于2，也可能等于零。

我国历来有一条教学经验：教学中，一切安排都要让学生“跳一跳能摘到桃子”。桃子在天上，学生只能望桃兴叹，没法摘到，谁还考虑去摘桃子；桃子满地，俯首皆是，也会索然无味。教学时，太难太高，象听天书；太易太低，也没有什么兴趣。只有选择一个“最佳智能培养高度”，让学生能“跳一跳摘到桃子”，他们就有兴趣，有欲望、有奔头去奋力跳跃，从而既吃到桃子，也增长才干。激疑时，教师正是要准确地选择这个“最佳智能培养高度”。这就要求教师要认真贯彻“控制与反馈相辩证的原则”，善于从学生在课堂上的表情、动作、注意力、等，以及作业、试卷等方面反馈回来的信息，把教学调整到适应学生原有的智力水平和认知结构，使其最大限度地保持在激发学

生积极思维的“高度”上。

2。激疑还表现在回答学生所提的问题上。一个教师要善于拒绝回答学生没有想过的问题。对于学生的提问，不要一问就忙于仔细回答，而要善于反问，让学生先谈自己是怎样想的，或者启发他当时去思考。

一位学生问老师：电场中的导体处于静电平衡时，其内部的电场强度等于零，为什么其内部的电势不为零呢？

教师：你怎么想的？

学生：昨晚我问哥哥，他让我用高斯定理去考虑。我没有学高斯定理，听不懂，也没法考虑(“智能培养高度”定高了)。

教师：请想一下，你所提的问题，前题是什么？

学生：放于电场中的导体处于静电平衡状态。

教师：那么什么是静电平衡状态。

学生正确地回答了。

教师：好！你再从电场强度和电势两个角度想一想，满足怎样的条件，导体才能保持静电平衡状态？

学生想了想，笑着说：我明白了！

教师点了点头，又说：你说说看。

学生正确地回答了。

教师：好！看来你只所以发生这样的问题，关键在于电场强度和电势这两个基本概念，以及他们间的联系和区别还没搞清楚。你把这些问题再认真考虑一下，类似的问题就不会发生了。

最后，教师又向学生指出了应该阅读课本上的有关内容。过了几天，再问学生考虑地如何？他能完满地回答了。

3。课堂上，还要善于导疑，点拨。就是说，当学生在学习过程中陷于困境，或对某个问题发生争执，深入不下去的时候，

教师就需要细心分析学生成疑的原因，及时调整课堂程序，以适当的方式点破迷团，另辟道路，引导学生深入学习新知识。

譬如，当学习单摆的振动特点时，教师是这样启发引导，帮助学生释疑，并获得正确结论的：

[激疑]“单摆的振动就是简谐振动”，这种说法对吗？

[指出]对于物理规律要特别注意它的适用条件。这就是我们反复强调：“对概念和规律中的每个字词或短语都要仔细推敲，咬文嚼字”的原因所在。

[引导]显然，在单摆振动过程中，回复力应为：$F=mg\sin\alpha$，这个力有什么特点呢？

[启发]出示小黑板，标出以下$\sin\alpha$的值与α的弧度值：

α度数	正弦值	弧度数
1°	$\sin1°=0.0175$	0.0175
2°	$\sin2°=0.0349$	0.0349
3°	$\sin3°=0.0523$	0.0524
4°	$\sin4°=0.0698$	0.0698
5°	$\sin5°=0.0872$	0.0873

可见，当α极小(小于5°)时，$\sin\alpha\approx\alpha$(弧度值)。而α(弧度数)=所对弧长/半径。当α极小时，因弧近似地看成弦长，即$\overset{\frown}{OP}\approx\overline{OP}$

$\overline{OP}$即为位移X；设摆长为L，即为半径。则：

$$\sin\alpha\approx\alpha(\text{弧度值})=\overset{\frown}{OP}/L\approx\overline{OP}/L=X/L$$

代入回复力公式，得：$F=-\frac{mg}{L}X$

式中负号表示力F跟位移X方向相反

[小结]在摆角小于5°的情况下，单摆的振动是简谐振动。

（三） 联想推理，温故知新

善于抓住新旧知识之间的内在联系，把新课教成旧课，这是一种教学艺术。旧知识相对于新知识来说，可以看做是一种特殊的直观感知。以旧知识为基础，层层分析、步步探求、顺理成章、水到渠成，从而得出新的知识结构。如此承前启后，自然衔接，是启发教学的一种行之有效的方法。特别是对那些难以通过实验观察而归纳出来的基础知识，更应如此。

譬如，“电场是一种物质”。为什么？你一问学生，他会说：因为那是不以人们主观愿望为转移的客观规律。这样来学习物理，就太概念化、抽象化了！其实，从“力存在的物质性”出发，通过回忆、分析、联想、推理是可以很具体的让学生理解。

实施启发教学的途径是多方面的，以上介绍的只是抛砖引玉。让我们在丰富多彩的教学实践中，创造更多的经验吧！

总之，启发式教学要求教师在中学物理教学中，不管采用什么样的具体方法都应该做到：变教为导，变学为思；循循善诱，激发兴趣；实验开路，设疑搭桥；研究探索，不断飞跃。

第二节　中学物理教学的基本学法和基本教法

教师的教，是为了学生的学。学生学习的如何，既是教师施教的出发点和依据，又是施教的落脚点和结果。为了使得学生取得最优化的学习效果，既要研究学生的学法，又要研究教师的教法。而且，学法是教法的依据，教法是学法的体现。只有了解学，才能更好教。这是我们分别论述学法和教法的根本原因。这样的论述，不能使两者割裂开来。学法与教法的辩证统一，正如主体作用

与主导作用的辩证统一。一句话，教与学是一个矛盾的统一过程。

一、中学生学习物理的基本方法

关于学习的分类，即说明学习内容、学习过程、学习水平的分类，是近三十年来发展起来的。由于出发的角度和着眼点不同，提出了许多理论，各有偏重。其实，在任何学习过程中，知识、能力和品格的形成在每一个学习环节，都是互相渗透、互相依存、互相转化的。对中学生来说，学习物理的过程，可用图32表示。

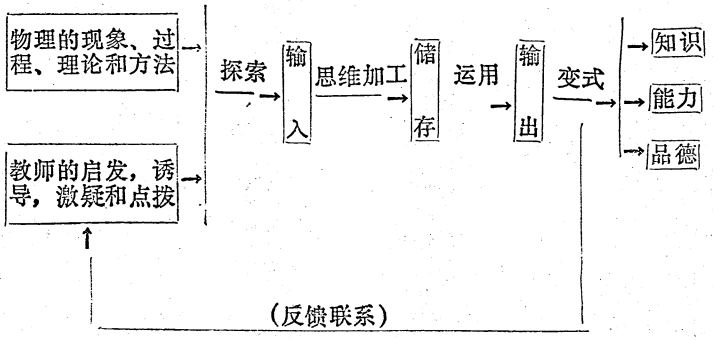


图32　中学生的物理学习过程

一切教的规律应该符合学的规律；一切教法应该与学法相适应。这就是我们研究中学生学习物理的方法的出发点和归宿。根据中学生学习心理结构的基本要素的分析，结合物理教学的特点，中学生学习物理有以下几种主要的基本方法：

（一）感知探索法

感知主要是指通过视觉、听觉等分析器官求得感性认识。对物理教学来说，指的是：要注意观察，善于观察。通过观察实验，在教师诱导、点拨下，学生探索、研究物理现象、物理过程

的内在联系和本质属性，模拟和重演前辈科学家发现真理的过程，从而形成概念、建立规律。这是中学生学习物理的主要途径和方法。这里，首要的一步就是观察。巴甫洛夫曾说过一句名言："观察，观察，再观察。"就是强调观察的重要性。对物理学习来说，观察要求五官并用，特别重视用脑。

（二）思维顿悟法

认真思考、领会、消化，这是学习的基本经验。思维加工学习对象，以便达到豁然开朗，"柳暗花明又一村"的境界。这是又一种基本的学习方法。在感知探索法中，当然离不开思维加工。但对那些难以通过实验观察而获得的知识，则更需要通过形象思维和逻辑思维的加工，以便实现顿悟而达到学习目的。

在物理学中，那些由理论演绎而发现的定理，如动能定理、动量定理、波的叠加原理、等，另外，如平均速度、即时速度、牛顿第一定律、简谐振动、理想气体状态方程、电磁场及其性质，以及近代物理的许多理论等等，都是主要依赖这一基本方法学习的。

（三）模仿接受法

模仿学习是别的学习方法所不能代替的。它主要解决技能的学习。技能是一种符合法则的行动方式，是人类为了顺利地完成某种行动所不可缺少的调节因素。

技能和知识有区别，它主要是指"做什么"、"怎么做"，它是人类社会经验的组成部分。技能的学习和知识的学习既有联系，又有区别。学习技能不仅要解决知与不知的矛盾，更主要的是解决会与不会、熟与不熟的矛盾，因而成为一种特殊的学习类型，即模仿学习。就是说，模仿是学习技能的捷径。各种量具怎么用、电路怎么接、受力图怎么绘，如此等等都需要教师做出准确、严格的示范，引导学生通过模仿去学习。如果让学生去慢慢

摸索，无疑是浪费生命。

模仿学习的突出特点是具有强制性。安培表只能串联在电路中，砝码只许用镊子夹……只有按一定的规则、程序去严格要求，才能达到学习目的。否则，触电就要伤人，乱动就要损坏仪器。

（四）自学阅读法

阅读教材，阅读课外读物，以培养自学能力，这是一辈子受用的学习方法。

教师要从指导学生阅读课本入手，使学生逐步学会抓住中心和思路，进而发现问题，分析问题，求得问题的解决。课本中浅显的内容，旧知识占比例大的内容，都要诱导学生自学阅读。还要鼓励和指导学生课外阅读科技普及读物等，以增长知识，开阔眼界，不断提高自学能力。

（五）运用增殖法

学习的目的在于运用。而运用的过程则是学习内容的强化、活化，学习信息的增殖和学习能力提高的过程。同时，也是发展非智力因素的主要途径——热情的追求，刻苦的钻研，顽强的拚搏、……一个创造型人材所具备的优秀品格的培养，在运用中表现得最为突出。

运用增殖法的显著特点是学习的目的性和方向性。运用就要提出任务，一道习题的求解，一个实验方案的设计，一个小创造的制作，……都要运用已知的知识、技能，去探求新的知识、技能、在达到目的的奋斗过程中，也必然使学生形成新的智能结构。可见，这种学习方法既是活化、增殖已有知识、技能的过程，更是获得运用知识、技能解决实践中具体矛盾的本领的过程。

（六）总结提高法

物理知识是一个具有内在联系的完整的知识结构。列宁说："人的认识不是直线(也就是说，不是沿着直线进行的)，而是无限地近似于一串圆圈，近似于螺旋的曲线。"这表明：学习不可能"毕其功于一役"，而是必然要经历一个由浅入深，由特殊到一般，……的认识过程。力的概念，功的概念，能的概念及能的转化和守恒定律等等，几乎是学完了整个高中物理，学生才会有一个比较完整的认识。总结提高法要求学生经常性地回顾总结，及时做好复习提高工作。这种"回头望"的学习方法，既总结经验，又接受教训，更能"温故知新"，为以后的学习奠定基础。信息科学的整体原理要求总结提高过程使知识结构化。从一节所学习的"知识点"，形成某部分内容的"知识链"，编织为了一个单元内容的"知识网"，最后发展成完整的"知识体"。只有这一工作完成了，才可能使知识转化为能力，才可能使学生逐步从"学会"知识，转化为"会学"知识，并获得全面发展。

以上六种基本方法，不仅是学生学习的基本活动方法，也是学生学习的基本思维方法；既是对学习的思维形式和思维活动过程的划分，也是根据学生的心理特征而形成的学习规律的反映。在教学过程中，教师应该有目的有要求地指导学生具体、灵活、相互配合的运用这些科学的学习方法，养成良好的学习习惯，不断地提高学习效率。

二、中学物理教学的基本施教方法

在近十年的教改实践中，战斗在教学第一线的中学教师，创造了许多自成体系的教学方法。同时，学习国外的经验，也引进一些有系统理论的教学方法。这些教学方法各有千秋。但实践证

明：没有一种是万能的。有一些失之偏颇，譬如布鲁纳提出的发现法，则操之过急，并不完全符合教学规律。

近几年来教学方法向着综合化发展。实际的教学过程并不是采用单一的某种方法；认真分析某些行之有效的方法，实质上也是综合性的。我们认为：从一般的意义上来说，教学论是一门最灵活、最辩证的科学，也是一门最多样化、最复杂的科学。因而，教学方法亦应如此，只要其灵魂是启发教学就行了。

为此，我们仅介绍几种课堂教学中最基本的施教方法。

(一) 讲述法

这种方法主要是教师运用生动、形象的语言，并适当地运用演示实验及直观教材(实物、挂图、电化手段等)，向学生展现、描绘物理现象和过程，叙述、解释及论证物理基础知识、基本物理方法和技能、技巧，并培养学生能力的教学方法。

教学实践表明：许多物理知识，尤其是揭示物理现象的内在本质以形成概念时；分析各个物理量之间的复杂关系，而建立规律时；以及论证物理理论、结合物理意义推导物理公式时；往往需要教师的系统讲述诱导，学生才能比较容易地理解接受，少走弯路，也才能牢固的掌握、运用。因此，讲述法仍然是中学物理教学中最常用最主要最基本的一种教学方法。

讲述要有启发性。要善于运用启发因素，一个表情、一个眼神、一个动作、一个比喻等，都会对学生有启发作用，以便清晰地把物理现象、过程、图景描绘得确切、生动，展示得活灵活现，有利于学生积极主动地思维加工。并善于运用各种思维形式，把发展学生能力作为讲述的立足点。

讲述要有形象性，以便给学生提供丰富的感性认识，因而要配合以各种直观手段，或以生动形象的物理实例唤醒学生积累的

感性认识，应该指出：相对于新知识来说，旧知识也是一种直观；把新课讲成旧课，也是一种直观性的教学艺术。

讲述要有逻辑性。要突出重点，抓住关键，条理清晰地揭示现象的内在矛盾，以便由此及彼、由表及里、去粗取精、去伪存真地按照学生的认识规律，恰当的诱导学生理解、掌握、运用知识。

讲述法不等于“满堂灌”。所谓“满堂灌”，乃是不顾学生学习认识过程的客观规律及他们的知识水平，理解能力等，把现成的知识结论注入式地灌输给学生，使学生处于被动接受的境地，机械地呆读死记，“食而不化”。有的教师，为了避免“满堂灌”的嫌疑，不敢独占讲台：该系统讲述的不敢多讲，而是生搬硬套，用大量提问来充塞课堂，以为这就是启发式；每堂课总要安排一些时间让学生阅读课文，以为这就是培养学生独立工作能力；片面的运用“读读、议议、讲讲、练练”，搞许多花样，以为这就不是“灌”了。他们只求形式，不讲实质。提问没有启发性，仍是让学生死记硬背；学生虽有了自己活动的时间，但并没有积极独立求知；好象让学生“动”了，实际没有脱离以教师为主的填鸭的形式，他们并没有脱离实质上的“满堂灌”。

“苟知学问犹饮食，则贵其自化。记问之学，入而不化者也。”（清·戴震）只要贯彻启发教学，即使教师独占讲台，一讲到底，也是可取的。我们一定要辩证地对待教学方法。

（二）实验法

这种教学方法乃是由教师创造一定的实验环境和条件，引导学生亲自动手、动脑，实际操作，通过观察、思考等思维活动，获得知识。

物理学是一门实验科学。因而，实验法也是一种常用的、基

本教学方法。对于中学物理教学来说，尤其如此。这种方法亦包括教师的演示实验。

（三）讨论法

这种方法是由教师拟定一些问题，让学生通过相互讨论，分析、研究、领悟达到掌握知识、培养能力的目的。

讨论法要求教师根据教学内容，提出具有启发性的问题，有层次有程序地诱导学生掌握知识。并且，对于学生在讨论中可能提出的突发性疑问有充分的估计，以便更顺利地驾驭讨论进程，使学生能始终围绕主题进行讨论。

讨论法要求学生事先做好充分准备。要阅读课本和一些其它参考资料；要进行一些实验，观察物理现象，发现问题，做出记录；要写出有具体内容、有分析议论、有观点结论的发言提纲。讨论时要勇于发表自己意见，也要善于听取别人看法，修正、充实自己的结论，也要勇于改正自己错误的见解。

讨论法要求教师对讨论做出明确的结论，并对有代表性的学生议论做出有说服力的分析。

讨论法对教师提出了更高的要求。没有驾驭讨论进程的本领，没有对学生透彻的了解和对教学内容深刻的掌握，要慎用之。

（四）阅读法

此种方法是由教师拟定一个读书提纲，指导学生阅读教材，或有关读物，通过自学，掌握知识的一种方法。通过反馈，了解疑难，再配合以教师讲授诱导，才能完成任务。

（五）参观法

即组织有计划有目的地到工厂、科研单位等现场参观，把课本知识与生产技术，生活实际结合起来，增加学生的感性认识，或了解物理知识的具体应用。

第三节　“诱思探究教学体系”简介

从81年以来，我们在中学物理教学中，试验了以加强学生实验为先导，以夯实基础知识为根本，以发展学生能力为主线，以培养创造型人材为指导思想的“诱思探究教学体系”，简称“探究教学法”，取得了一定成效。1987年9月至1989年7月，我们在三所学校七个初中教学班进行了两年系统试验，效果十分明显。例如，参加试验的长庆石油勘探局新疆钻井公司礼泉子校，原有基础并不好。试验教师李斌系1987年延安大学毕业，刚走上工作岗位的新同志，没有任何教学经验。学生均系油田子弟，流动性大，基础差。他所带班级最初48人中，有30名学生思想混乱、不爱学习；有60%的学生有留级史，有的连续三届留级；学生年龄相差较大(最大的十八岁，71年生；最小的十四岁，75年生)。这些都给教学和改革带来一定困难。该校86年新建，87届、88届初中毕业班在全油田毕业会考中均处于落后状态。两年试验结束，学生动手实验能力有所加强，基础知识掌握较好，分析问题解决问题的能力有所提高。下表是两年中，学生学习成绩统计。

	第一学期期中	第一学期期末	第二学期期末
平均分	57.8	58.7	63
及格率	50%	58.5%	60.4%
优秀率	2.3%	9.4%	9.4%
标准差	21.5	22.5	17.2
参考人数	48	43	48
	第三学期期中	第三学期期末	初中毕业局会考
平均分	74.3	67.9	77.2
及格率	84.4%	80%	86.1%
优秀率	15.6%	6.7%	40%
标准差	14.6	14.2	17.7
参考人数	51	51	65

从以上成绩可以明显看出，经过两年教改试验，学生学习成绩逐年上升；从表中所列标准差逐渐减少可看出，学生两极分化现象逐渐缓和。全油田毕业会考，19所学校中，一举取得第一名。第二名至第五名的平均分数和及格率分别为：71.66分，76.4%；71.65分，76.6%；70.49分，75.82%；70.29分，75.93%。

这些成绩表明：探究教学法是有生命力的，是一种可以大面积提高教学质量的教学理论体系。

下边，我们对探究教学法予以扼要介绍。

探究教学法是一个系统教学理论体系。我们在本书所阐述的基本理论问题，就是它的理论基础。这里仅强调以下几点：

（一）探究教学法在总的教学目标上坚持“掌握知识，发展能力，形成品德”的三维结构。既授业解惑，又增长智能，并传道教人，使学生在知（知识结构）、能（智能结构）、德（品德结构）诸方面得到全面发展，培养出能适应社会主义现代化事业所需要的“四有”新人①。

（二）探究教学法在组织学生课内外学习活动时，注意辩证的、灵活的运用中学生学习心理结构的两个贯穿要素和三个交叉要素，特别重视激发兴趣，及时反馈②。由此引伸出中学物理教学过程始终贯穿着“探索”和“研究”两大基本层次③。并在探索层次中，尽可能创造条件，开展探索性学生实验④。我们只所以把它称为“探”“究”教学法，就是突出了两大基本层次。

（三）探究教学法特别强调发挥教师的主导作用和学生的主

---

①见第一编第一章

②见第一编第二章第二节。

③见第一编第四章第一节。

④见第二编第二章第四节。

体作用，并把它做为一条教学原则① 加以贯彻。并且强调：教师的主导作用的核心是创造性，即创造性的发挥学生的主体作用，归结为一个字："诱"，循循善诱；学生主体作用的关键是独立性，主要是思维的独立性，归结为一个字："思"，独立思考。把诱和思辩证的结合起来，就构成了探究教学法的灵魂——启发教学②。教学过程，从认识论来看，是学生的认识过程；从个性心理来看，是学生获得发展的过程；而从信息科学来看，学生感知、理解、记忆和运用教学内容，就是接收、处理、储存和输出教学信息。这一切都必须通过学生的个体因素及自我调节能力，使认知结构不断得到同化或顺应。而"探究教学法"正符合事物发展的根本原因，在于事物内部的矛盾性。教学中，正是要充分发挥学生的主体作用，在教师的诱导下，完成学习任务。我们把这种教学理论体系只所以称为"诱思探究教学体系"，根据正在于此。

（四）探究教学法特别注意实践和认识的辩证关系。从辩证唯物主义认识论来看，教学是一个认识过程，虽然这种过程有其认识上的特殊性，但仍然始终符合"实践——认识——再实践——再认识"的认识之序。运用探究教学法，就是自觉地遵循这种认识之序。同时，就物理学本身而论，它是一门实验科学。毫不夸张的说：没有实验，就没有物理学，特别是没有经典物理学；没有实验，就没有物理教学，特别是没有中学物理教学。在中学物理知识体系中，几乎每一个完整的知识单元，都是按照"现象——概念——规律——应用"的知识之序形成结构的。这和上述的认识之序是完全一致的。从而为"探究教学法"的认识论根据提供了坚实的基础。从心理特征来看，初中学生的学习兴

①见第一编第四章第三节。

②见第一编第五章第一节。

趣，一般偏重于对事物本身感兴趣，也就是多处于直接兴趣的水平上。学习时，他们总是对新颖、生动的物理现象所吸引，产生“好玩”、“有意思”的好奇心。并且总有一种企图亲自动手做一做物理实验的心理冲动。因此，物理教学中，激发兴趣要具有直观性、形象性，应充分发挥实验的教学功能。这就是为开展探索性学生实验提供了心理根据。一句话：把实验探索和分析研究有机地结合起来，在探索中研究物理现象，又通过研究去探索物理奥秘。当然，在高中物理教学中，许多课题不能进行实验探索，我们则进行理论探索，但仍要处理好实践与认识的辩证关系，充分发挥旧知识的直观作用。

（五）探究教学法把培养学生的思维能力作为教学的一根主线。学生学习当然要五官并用，但都要靠大脑来指挥：“学而不思则罔，思而不学则殆。”一个思字，概括了学法的要害。变学为思，变学为悟，这就是学生主体作用的精华。探究教学法把发展学生思维能力和培养学生良好的思维品质，做为贯穿教学始终的一根主线。既注意培养学生的逻辑思维，又特别重视培养学生的形象思维。在探索层次，即感知阶段，主要是通过培养观察能力，明确思维的对象性和方向性，培养学生独立探索的思维品质。因此，既要明确地提出观察的现象、目的和要求，还要引导观察的方法、途径和步骤；既要培养观察的习惯，提高观察的速度，还要逐步地训练观察的细微性（捕捉现象的细节）、系统性（抓住现象的整体联系）、深刻性（善于从司空见惯的现象中提出创造性的问题）。通过观察猎取基本的感性知识，丰富思考的材料。在研究层次，即思辩阶段，通过教师和学生、学生和学生、学生与课程之间的进一步信息交流，形成思维交锋、撞击，促使思维发散。又经过教师的导疑、导思、导向等主导作用，使思维收敛、

定势。这亦是学生的认识结构通过“同化”和“顺应”达到新平衡的建构过程，既发挥了思维的主观能动作用，又陶冶了思维的抽象性和独立性的品质，从而培养了创造性思维。总之，在整个教学阶段，使学生始终处于发展变化的动态思维过程。诱字为主导，思字为主线，完成“探索”、“研究”两大基本层次，达到知识、能力、品德三大丰收。

下面，以初中“密度”一章的教学为例，阐述一下“探究教学法”的具体实施。

密度是物理学中重要的基本概念之一，它在知识整体中起着承上启下的作用，因而是知识链条中的重点；它又历来是初中物理教学的分化点，构成了教学中的难点。教学成败的关键在于使学生准确地理解密度的概念，并在反复运用中牢固掌握。该章教材的安排是：1.体积的测量；2.密度；3.密度表；4.实验：测定物质的密度；5.密度的应用。按照编辑的指导思想：教材中以‘密度是物质的一种特性’贯穿全章的始终。教材按照探索的方法，从实验入手，经过分析，最后归纳总结出密度的概念。我们认为：课本为顺利运用“探究教学法”提供了便利条件。我们提倡钻研教材，并不是忠实于教材。因此，为了更好地在教学中贯彻“探索”、“研究”精神，我们又将教材作了适当的调整。

学习“体积的测量”时，我们向学生介绍了各种测量体积的方法。并且，让学生自己动手测不规则形状的物体的体积。此后，我们突出地抓了体积单位的换算，为学生掌握密度概念分散难点，铺平道路。教学时，为了使各层次的学生均有收获，我们贯彻了“起点要低，落点要高；循序渐进，逐步深入”的精神，培养学生的程序思维，使体积单位的换算分解为：会变、会换、会算三步。如：

$$3\text{米}^3 = 3\times 1\text{米}^3 = 3\times(100\text{厘米})^3 = 3\times 10^6\text{厘米}^3$$

(变)　(换)　(算)

$$3\text{厘米}^3 = 3\times 1\text{厘米}^3 = 3\times\left(\frac{1}{100}\text{米}\right)^3 = 3\times\frac{1}{10^6}\text{米}^3$$

$$= 3\times 10^{-6}\text{米}^3$$

教方法、引思路，这是诱导学生“研究物理”，培养思维能力的基本途径之一。

为了贯彻“探索”精神，为引出密度概念提供充分的感性认识。我们将原教材具有验证性的第四节实验课的前部分内容，提前按照探索性实验去完成，课题是：“测1厘米^{3}的铜、铁、铝的质量”。这样安排的好处是：(1) 使学生又一次使用了天平，进一步熟悉了体积测量，并使二者结合起来，有了进一步要求；(2) 实验中，许多学生测量很不准确。但是，绝大部分学生所测的三个数值明显的不同，这关键性的一点为引出密度概念埋下了“伏笔”，为突破难点创造了条件。(3) 实验后，让学生思考：相同体积、不同物质的质量不同，表明什么问题？请分别计算出1克的铜、铁、铝的体积。数值相同吗？又表明什么问题？有的同学带着问题又阅读教材，培养了学生的自学能力。

有了上述几节课的感性知识准备，接着，我们紧扣“如何鉴别区分不同的物质？”通过“看一看”，“嗅一嗅”，“压一压”，“尝一尝”后，立即启发：如果条件不允许，不能凭感觉鉴别区分物质时，又如何办？学生十分活跃，从议论中不少学生结合上节课的实验提出：用1厘米^{3}的物质的质量不同去区分。在教师的诱导下，学生逐步认识到：1厘米^{3}物质的质量是多少，是由构成物体的物质本身决定的。同种物质1厘米^{3}的质量是一个

恒量，它与物体的质量、体积、形状等无关；而不同种类的物质因为物质结构不同，1厘米^{3}的质量一般情况不同。为了反映物质的这种特性，物理学上把单位体积物质的质量叫做这种物质的密度。我们则可以从不同物质的密度不同这一特性去鉴别、区分不同的物质。至此，学生比较自然，亲切地建立起完整的密度概念，初步获得了从物理现象逐步揭示本质的思维训练。由于学生已经有了探索性实验过程中的一系列训练，接着抽象出密度的定义、公式，以及单位，都可诱导学生通过互相讨论、阅读课文，自己动脑筋得到。水到渠成，顺理成章，理解深刻，记忆牢固①。

在“密度表”这节课的开始，向同学提出：前边测1厘米^{3}的铜、铁、铝的质量时，由于各种原因，数值误差太大，要求大家重新测一遍，并且用千克/米^{3}的单位表达出来。这次运用实验的手段加强基本训练，绝大部分学生都能得到比较准确的结果。由此转入“密度表”的教学，进一步理解和掌握密度的概念就自然的多了。

在“密度的应用”一节，开始时，我们根据阅读教材《王冠是纯金的吗？》所讲的小故事，紧扣：阿基米德是怎样鉴定王冠是不是纯金的？请考虑：还可以怎样鉴定呢？一步步诱导学生根据定义式$\rho=m/V$，只要知其二，即可求得另一。于是，若知道某种物质的体积V、密度ρ，可求其质量为$m=\rho V$；或知其m和ρ，求得$V=m/\rho$；或知其V和m，求得$\rho=m/V$。在这些基本训练的基础上，发扬“研究”精神，通过一题多解，培养学生的发散思维能力。例如，从m、V、ρ三种角度来鉴别空心球，还是实心球？

①此节教学详见第二编第三章第一节附一。

突出培养思维能力。

做为“密度的应用”的教学补充，我们又增加了一节设计性实验课：1。测盐水的密度(即用量筒、和天平测盐水的体积和质量，进而求得其密度)。2。请用弹簧秤，墨水瓶(课前布置各人自带)及一杯水自己设计、重测盐水密度，并与第一次所测数值进行比较。由于仪器限定了，学生非常活跃，互相研究、争论、设计、安排，五官并用，综合运用学过的知识，绝大部分都能完成学习任务。学习充满了主动性、积极性、独立性、创造性，极大地发挥了学生的主体作用。

第六章　中学物理教学艺术论

教学既是一门科学，又是一门艺术。教师不是枯燥说教的教书匠，而是塑造灵魂的高超的艺术家。中学物理教师是导演、是导游，他诱导学生进入角色，步入丰富多彩的物理世界，观察千姿百态的物理现象，探索、研究隐藏在现象里面的自然规律，使学生成为一个个改造世界、造福人类的能工巧匠。

本章将概括地论述一下中学物理教学的主要教学艺术，意在抛砖引玉。更具体更丰富的教学艺术，需要我们在实践中去创造、去总结。

第一节　物理学科的科学美与教学艺术

一、物理学的科学美

艺术总是和美溶为一体的。物理学科的教学艺术，当然离不开物理学科的科学美。

什么是美？“美是包含或体现社会生活的本质、规律，能够引起人们特定情感反映的具体形象（包括社会形象，自然形象和艺术形象）。”①可见，美的东西是具有形象性、情感性和创造性。是人们在认识世界和改造世界的过程中，创造出来的，符合

①王朝闻主编：《美学概论》；人民出版社；1981年；第29页。

自然和社会规律的，能够引起人们愉悦情感感受的具体形象。

科学美当然具有美的一般特征，它是科学家研究自然界时，所创造的符合自然规律，并能引起人们情感反应的具体形象。同时，科学美不同于艺术美，它又有着自己特殊的衡量标准。爱因斯坦在论述物理学理论的创立时，提出了可以作为衡量科学美的三条重要标志。这就是：适应性，即科学理论适应于科学事实；简洁性，即科学原理在逻辑上的简洁；统一性，即科学理论要给予自然界高度统一的完备说明。①数千年的科学成就，在揭示自然规律的同时，也给人们描绘出一幅幅令人赏心悦目的、美的自然图景，它正是科学美的体现。

物理学科的科学美既具备着美的一般特征，又体现了科学美的特殊标志。具体表现在以下几方面。

（一）形象而和谐

物理学是“物”和“理”的高度统一体，是形象思维和逻辑思维密切配合的产物。物理学所反映的任何一个物理概念和规律，无不展现出一幅幅生动而具体的物理图景。高度抽象的物理理论总是和显明的物理形象溶为一体的。同时，物理学是一门实验科学，任何一个理论的出现，都经受了实践的考验。实践是检验真理的唯一标准，实验则是物理理论的认识论基础。物理假说仅仅只是理论成熟前的雏形，它只具有神话般的瑰丽色彩；一经验证，立即放射出耀眼的理论光辉。这在物理学史上是不乏实例的。也充分地表现出物理理论适应于物理事实，两者总是和谐的。

物理理论的形象性，物理概念、规律与物理现象的和谐一致，这是物理学科科学美的首要特征。

---

①许良英等编译：《爱因斯坦文集》（第一卷）；商务印书馆；1977年；164页，170页，等。

（二）简洁而完备

物理理论往往是简洁与完备的对立统一体，它用最简单的形式概括了最大量的多侧面的物理事实。以许多物理公式而言，表面看来是简单的形式，却包含着丰富、完备、深邃的内容。一个理论的结构越简洁，也就越能给人以形式美的感受。当开普勒把第谷的大量观测数据，概括为行星运行第三定律 $T^2 = D^3$ 时，如此复杂的天体运行规律，就这样简洁而又完备地被“公转周期的平方”和“同太阳平均距离的立方”而概括殆尽了。而麦克斯韦方程组用罕见的简洁而完备的形式为电动力学奠定了基础。

简洁的形式概括了完备的内容，这是物理学科科学美的又一特征。

（三）统一而辩证

建立统一的物理学理论，正是许多物理学家梦寐以求的奋斗目标。牛顿的经典力学，把地上和天上的力学统一了起来；麦克斯韦电磁场理论，把电、磁、光统一了起来；爱因斯坦的相对理论，把牛顿的和麦克斯韦的理论统一了起来；狭义相对论⟶广义相对论⟶统一场论，爱因斯坦还在追求着更高的统一。这种理论上的不断统一，是辩证的、相容的。一切都因一定的条件向其反面转化。相对真理和绝对真理的这种辩证关系，又使物理学统一理论中的各个子理论相对独立地辩证地存在着。现代物理学把“对称加破缺”作为一条重要美学原则，正是辩证性的具体化。

理论上的统一性和辩证性，则是物理学科科学美的突出特征。

二、物理学的教学艺术

物理学科的科学美为物理教学艺术创造了客观基础。艺术作为一种社会意识形态，或者是通过形象、声音、色彩等来表达

一定的思想情感，如音乐、绘画、文学等；或者属于某种富有创造性的工作方法、方式等，如领导艺术、书法艺术等。教学艺术则二者兼备。

首先，形象性是教学艺术的突出要素，而这正是美的特征，尤其是物理学科的科学美的首要特征。后者成为前者的物质基础。物理教学要创设一个学习物理的情境；最主要的物理情境要由物理实验来造就。物理学科离不开形象思维，而物理教学正要借助于形象化的描绘和生动的比喻，把抽象的理论具体化、形象化。就象卢瑟福的原子核式结构学说一样。运用教学语言的艺术水平，晓之以理，绘之以形，动之以情，用语言艺术诱导学生掌握知识、开发智能、形成品德。

其次，情感性是教学艺术的基础要素。物理教学要通过物理情境，创设心理情境，使学生兴趣盎然，满怀热忱地去发挥主体作用。教师带着微笑进课堂，热爱学生，尊重学生；眼睛是心灵的窗户，通过眼神交流情感，察颜观色，获取反馈信息；语言生动，满怀感情，条理清晰，富于鼓动；等等。教学实践也表明，许多学生正出于对教师本人的热爱，而转化为热爱教师所教的学科；对教师的逆反心理，则导致教师所教学科的成绩下降。总之，没有情感交流的教学，是难以取得优良教学效果的。

第三，教学艺术的生命在于创造性。教师的主导作用突出地表现在创造性上，即创造性地发挥学生的主体作用。物理学科的科学美正适宜于创造性的发挥，也适宜于创造思维的发展。

第四，和谐性亦是教学艺术必不可少的要素。和谐而又奇异的教学、才能引人入胜。教学内容要详略得当，教学速率要快慢适宜，遗忘规律要恰当运用，教学时间要劳逸结合，等等，都要运用和谐，都要奇峰突起，柳暗花明又一村。而物理学科的和谐、美妙、奇异正

有利于教学艺术的发挥，这正是教师要挖掘而巧妙运用的。

总之，塑造美的形象性、激发美的情感性、发挥美的创造性、达到美的和谐性，正是物理教学艺术的基本要素。一个物理教师做为塑造人类灵魂的艺术家，正是要充分发挥物理学科的科学美，去展现物理教学的艺术美。具有高度艺术水平的教学，应该具有科学家的严谨、哲学家的雄辩、艺术家的激情、军事家的指挥若定、导演家的循循善诱、母亲的深沉慈爱。这就是教学的艺术魅力，也就是每一个中学物理教师获取最佳教学效果的一整套娴熟的技能技巧。

第二节　中学物理教学的语言艺术

语言是人类交流情感，传输信息的工具。教学语言是教师完成教学目标的重要手段。它既不等同于自然科学和社会科学的用语，也不等同于文学艺术的用语。教学语言具有多种语言的优秀风格，既具有科学语言的抽象性、逻辑性、简洁性、又具有艺术语言的形象性、情感性、创造性，是集科学性、思想性和艺术性于一体的统一物。教师正是通过教学语言准确地传送教学信息，恰当地运用教学方法，完美地组织教学过程，顺利地完成教学任务。

物理学科的教学语言，一般有三种形态：

一、口头教学语言

是指以声波为载体的口头语言，学生是以听觉为接收器的。它是课堂教学使用最多的教学语言。做为教学艺术，要求达到：

（一）显明准确，具有科学性

物理知识，必须借助于物理学的语言来表达。因而要有物理

学的科学性。

在教材所要求的范围内，物理语言在表达物理概念，阐述物理规律时，要严密准确，甚至要“咬文嚼字”。譬如，在表达物体在液体中浮沉时，“浸入”和“浸没”含意就不同；“加速度不是速度，不是速度的变化量，而是速度的变化率”；等等。物理语言，往往一个字变了，物理意义就全变了。用语含混，模棱两可，实乃大忌。“把体积相同的木块和铁块投入水中，所受的浮力的大小是一样的。”“磨擦力总是做负功。”“所有的凸透镜都是会聚透镜。”等等，都会引起学生判断上的错误。失之一字，谬之千里。

（二）干净简洁，具有逻辑性

为此，要求做到明白、简炼、口语化；要少说废话，避免口头禅。

说话明白是教学语言的起码要求。讲课时，要恰如其分地遣词造句，准确地讲清楚各种物理概念、公式、规律等，使学生一下子就能领会教师所讲的意思。为此，必须吃透教材和了解学生。如果备课不熟，就抓不住物理现象内部的本质联系，语病满嘴，语言既不连贯、又不准确。如果不从学生实际出发，就会空话连篇，使学生不得要领。教学语言要求语句连贯，层次分明，具有内在的逻辑力量和高度的概括水平，以便启发学生思考，打开学生思路。

说话简炼，主要是指语言要“少而精”，言简意赅，有的放矢。切忌拖泥带水，罗嗦繁杂；或者夸夸其谈、华而不实。讲课要紧扣重点，抓住关键，突破难点，切忌无选择的旁证博引，无目的地大肆发挥。

语言要口语化，就是要善于把书面语言转化为有生命力的口头语言。如果照本宣科，必然听起来机械呆板、枯燥无味。这种转化过程，实际上是把容易产生视觉形象的书面语言的功能，转

化为容易唤起听觉形象的口头语言功能的过程。口语化还要符合普通话的要求。

（三）生动直观，具有形象性

物理教学要富于感情，形象直观、趣味幽默，善于把抽象的概念具体化，深奥的道理形象化，枯燥的知识趣味化。

讲课是一种情感的交流，因而要富于感情，情绪饱满，生气勃勃地进入角色。教师的感情最根本的是对教学工作、对学生、对科学的满腔热忱。同时，表达不同的内容，也要自然地流露出不同的情感，做到情理交融。教师的感情、神态、气质、声音等，无时无刻不在潜移默化地感染学生。一定要有声有情，声情和谐，切忌“小和尚念经，动口不动心”。

语言要直观形象。从物理学科的教学特点来说，语言要善于塑造出富有美感，又真实生动的物理艺术形象。尤其对于描述性的内容，表达得好，就能引起学生的联想，达到直观的效果。也就是绘声绘色，闻其声，如见其景。如磁力线应有立体比喻。同时，还要善于以姿势助说话，把姿势、手势等和讲课内容紧密配合起来。讲课应结合教材，做到言之有物，言之有理，言之有据，言之有情，掌握分寸，恰到好处。

（四）抑扬起伏，具有节奏性

主要是运用声调的高低快慢、轻重缓急、抑扬顿挫，吸引学生的注意力，加深他们的印象，启发他们的思维，帮助他们理解和记忆。特别要注意速度的快慢。

语言的节奏，要根据教学内容和表达的需要来决定，譬如讲到重点，难点或关键的地方，语言应放慢，语气应加重；课堂秩序出现混乱时，不妨有意变换声调、压低嗓门，采取声缓而语重的方式。要善于寻找最佳的教学口语速度，一般应比日常口语略慢，

讲授新课，要多用短句子；说到词与词组时，一般可不停顿；说到较大的词组或短语时，应做瞬时停顿（据研究，对于重点难点内容，句与句之间的停顿至少为2秒）；一段话或一个推导，特别是概念的定义及其表达式、规律的归纳表述及其讨论，停顿时间应该长些。总之，语调和语言停顿均要有节奏感，这里包含了教师对科学内容的评价和态度，是语言表情达意和渲染强调的重要手段。

（五）平易亲切，具有幽默性

教师的语言应该平易、亲切，具有诚恳待人之心，满含循循善诱之意。最忌讽刺挖苦、粗鲁刻薄，不许恶语伤人。这是沟通师生情感交流的重要途径之一。

讲课要有点戏剧成分，有幽默、有诙谐、有趣味、有笑声。幽默既是一种素质和修养，也是一种艺术和学问。它以奇巧的方式“表感受以诚挚、寓深思于嬉笑”。它所孕含的智慧、机巧和创造性使它充满了魅力。“教育家最主要的，也是第一位的助手是幽默。”（苏联：斯维特洛夫）① 物理知识通过教师幽默的语言创造性地把概念和规律的本质属性和内在联系含蓄、巧妙地概括、总结和升华，虽片言只语，却能使学生乐于接受，甚至铭心刻骨。当然不是单纯以趣为主、为乐而乐，无原则地逗人一笑。教学中运用幽默语言要求做到：有趣而不失于严谨；动人而不流于庸俗。

口头教学语言，是教师时刻也不能脱离的教学手段。要形成自己的语言风格，确实要下一番功夫。

二、板面教学语言

是指以光波为载体的板面教学语言，学生是以视觉为接收

①转摘自：《演讲与口才》，1986年第6期第5页。

器。一般称为板书、板画。

黑板是最根本的教学手段，因而板书和板画是获得良好课堂教学效果的重要一环。

(一) 板书

教师在课堂上书写在黑板上的字，谓之板书。主要包括：课题；教学内容的提纲；概念和规律的表述；公式及推导；例题和它的解题过程等。

完整的板书，能够诱导和控制学生的思路；体现物理现象中诸因素的因果关系和从属关系；能一目了然的表达科学的知识结构；能引诱学生把形象思维和逻辑思维结合起来更好地实现认识的两个飞跃。好的板书设计能帮助学生加深印象、加深理解，加深记忆。优美的板书，更是一种艺术，它能激发兴趣，产生美感，陶冶情操。

板书的设计应遵循以下几点：

1．精心设计，合理布局；一堂一板，一目了然

2．边讲边写，系统有序；纲目分明，层次清晰

如图33所示，可将闭合电路中路端电压的变化规律，设计成“S”形思路的板书：

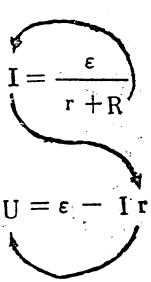


图33

该图表示，当ε。r一定时：

$R \longrightarrow I \longrightarrow U_{内} \longrightarrow U$

3．浓缩精炼，言简意赅；重点突出，了若指掌

如场强的定义，板书为：“电场力、电量、比值、该点”。

4．字迹工整，秀丽规范；巧用彩笔，画龙点睛

这里再强调两点：(1) 黑板左侧2/3板画，书写要保留到下课

的“持久性”内容，右侧的1/3板面，则书写可随时擦掉的“临时性”内容；(2) 要强调“三忌一注意”，即忌小、忌草、忌乱，注意错漏。

（二）板画

教师画在黑板上的各种图，谓之板画。大致包括：实物简图或示意图，如内燃机、原子弹等示意图；物理现象、物理过程的示意图，如物体的受力图、四步冲程图、电路图，光路图等；图表和图象，如速度图象、等温线等；以及其它图形。它较之板书是更为直观的教学手段。是诱导学生进行形象思维的得力手段。

板画也不能随心所欲，任意乱画。除了应该遵循板书的上述原则外，还应注意以下几点：

1．目的明确，科学性强

板画的主要目的，是形象的增加学生的感性认识，因而要紧扣教学目的，认真设计。如图34。受力图能一目了然的表达出物体的受力情况。绘时要注意科学性要强。要注意比例，定性的表示出力的大小。线圈则要虚实结合，有立体感。

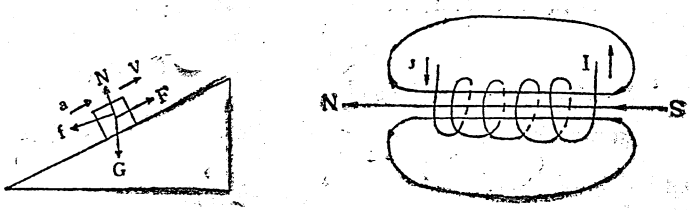


图 34

2．笔画简洁，重点突出

板画不是绘画，亦不是素描，而是科学的示意图，因而应寥寥数笔，反映出主要特征。这些方面，有些是统一规定的符号，如下页图35。

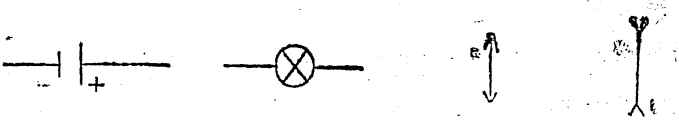


图 35

有的则要根据具体教学目的，认真设计。如图36。

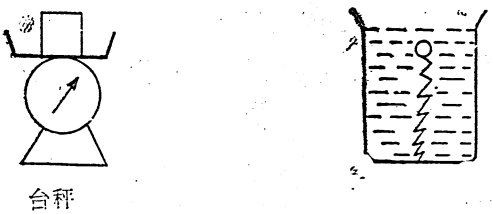


图 36

3．形象逼真，激发兴趣

板画虽不是绘画，但为了给学生以强烈的感性刺激，应尽可能形象、直观、逼真。如图37。

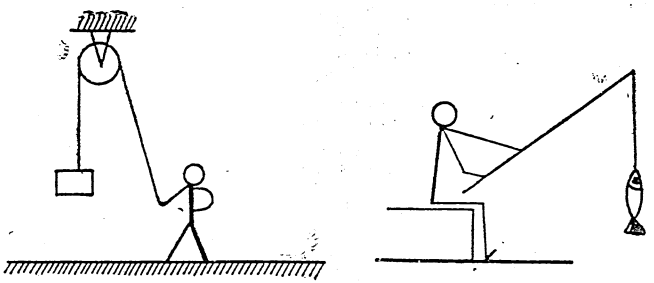


图 37

4．边讲边画，有机结合

如受力图、光路图等。这是优于挂图或书上的插图之处，有利于调动学生的思维活动。

对新教师来说，要练就自己一身过硬本领。有些图--定要用绘图工具(如光路图)，一般则可不用。要求线要画直，圆要画圆等。①

①可参看安静华：《物理教师要掌握板画的基本功》，《物理教师》，1988年第6期，第38页。

三、态势教学语言

亦是以光波为载体的语言，学生以视觉为接收器。又称体态语言，体语等；国外称举止神态学（kinesics）或人体动作学。它是用非语言性手段，譬如以眼光、表情、姿态和动作进行人际沟通，是人们内心情绪在人体动作上的反映。身体即信息。人们的思想、态度、愿望等，不管你是否有意掩饰，都会在自己的举止神态上得到表达，这就给我们认识他人、了解他人增添了一个途径，即运用态势语言去沟通师生的信息交流。它更能表达前两种语言难以表达的更微妙、更丰富、更复杂的情感，而且更具有艺术性。据研究：感情的表达＝7%的言词＋38% 的声音＋55% 的面部表情。它反映出教学中恰当运用态势语言的重要性。

（一）仪态的表率作用

一个教师的仪态、风度，往往反映出他的学识、涵养、品德和精神风貌。在日常，特别在课堂上，教师的一举一动，都是学生注目的对象。不注意应有的仪态，就会影响教师的主体形象和教育效果。因此，要特别注意它的表率作用。譬如，衣着要整洁、朴实。切忌异服奇装，不修边幅，给人以懒懒散散的印象。站立应自然，庄重、沉静，勿双手拄着讲台，或插入裤兜，给人以立坐失态之感。总之，站要有站象，坐要有坐象，时刻要注意自己的风度和仪态，注意为人师表。为此，特录周恩来总理年青时经常用以对照检查自己仪容的“容止格言”于下：“面必净，发必理，衣必整，纽必结；头容正，肩容平，胸容宽，背容直；气象勿傲、勿暴、勿怠，颜色宜和、宜静、宜庄。”“容止格言”的内容，全面的反映了一个人的文化教养和精神风貌，很值得我们学习。

（二）眼神的传情作用

眼神是态势语言中的一个重要方面。我们平时所说的“使眼色”、“眉目传情”等，就是情感的一种交流方式。只有开启心灵的窗扉，才能息息相通、心心相印，才能通过这无声的语言，彼此沟通、相互交流。在物理教学中，恰当地运用眼神，有着启发学生思维、集中学生注意力、调节课堂气氛，以及维护课堂纪律等作用。

师生的精神状态是一节物理课成功的关键。这种精神状态是可以相互感染的：明亮而神彩飞扬的眼神，能使学生振奋而精力培增；暗淡而麻木不仁的眼神，却使学生疲劳而昏昏欲睡。因此，教师的眼神要亲切、慈祥、饱含感情；教师的目光要坚定、聪慧、炯炯有神。为了充分发挥教与学的主导作用和主体作用，师生之间的关系越融洽越好。教师温暖如春的眼神，正是弥合师生关系的最好溶合剂。绝不能因一个问题回答不上便怒目相视。

每一个学生都期望得到教师的注意和理解，也总是很敏感地从教师的眼神中，判断自己在教师心目中的地位。课堂上，学生的目光总是追随着教师移动。因此，教师的目光则要公平使用，照顾全体，扫视每个学生。不要使某个学生感到自己是被遗忘的角落，而挫伤学习积极性。新教师往往不了解学生的这一心理状态，上课时，眼睛不是总盯着黑板，就是老看着教案，这是一种备课不充分而缺乏信心的表现，也失去了运用眼神与学生进行情感交流的机会，当然也难以调动学生的学习积极性。

教学中，教师灵活使用眼神，往往可以把自己所需要表达的愿望、态度、情感等迅速的传递给学生，使学生从这无声的语言中，体验到教师的慈母之心，从而知理、知情、知错，并及时作出动心、动情、动行的反应。所以，当学生回答问题有独特的见解时，应该以赞许的目光给予肯定；当学生遇到疑难而胆怯犹豫

时，应以期待的眼神给予壮胆；神情专注时，应以热情的目光给以鼓励；心不在焉时，应以郑重的眼神给以提醒……。这些，都能恰当地起到“此处无声胜有声”的良好作用。

（三）手势的配合作用

用手势配合口头语言，以传递信息，构成态势语言的一个重要方面。在中学物理教学中，手势除了一般的表达教师的情感，如振臂、挥手等之外，主要有两方面的作用。

其一是象形手势，主要用手势状物模形，给学生展示一种直观的物理形象，特别是把抽象的事物具体化，帮助学生更好地理解掌握。譬如用手掌的动作表示纵波的波源的振动，以想象和理解纵波的传播；以伸直的手掌的蛇行运动，表示横波的传播等。有时，又配合以全身的姿势表示一种形象，引起学生的联想。譬如飞机的转弯等。

其二指示手势，用以表示进行的方向，或者事物的方位等。譬如“向东”、“向南”、“上边”、“下边”、……给学生一种实感。

总之，态势语言是近年来新兴的一个研究领域。在中学物理教学中几乎还没有系统地整理和运用。正因为如此，更应引起我们重视。

第三节　中学物理教学的课堂施教艺术

上好一堂物理课，除了重视语言艺术之外，还有多方面教学艺术值得认真探讨。这里，我们仅仅概括地介绍一下课堂教学的引入艺术，提问艺术，结尾艺术。

一、课堂教学的引入艺术

巧妙地引入新课，是课堂教学的重要环节之一。它具有引起学习兴趣，激发思维活动，诱导学生进入角色的作用。从课堂心理结构来说，引入新课的艺术，实际上属于“创设情境，激发动机”这个基本要素。因此，应该根据物理知识的特征，从创设情境出发，来设计教学的引入艺术。在中学物理课中，引入新课的主要方法有以下几方面：

（一）利用实验引入

通过演示实验，或者学生小实验引入新课，既突出物理学科特点，又容易引起学生惊奇而产生疑问，有利于激发学生学习动机。

小实验的设计应该有利于给学生一个刺激，出奇、反常，激起学生兴趣。例如，让学生将一束纷乱的细塑料丝抹拢，他们以为一抹就拢，殊不知越抹分得越开。诱发了他们的求知欲望，由此转入“摩擦起电、两种电荷”的教学。又如，利用阴极射线管演示磁场对电子流的作用，由此开始罗仑兹力的教学。

学生做的小实验，要尽可能取材简单，效果明显，简明新颖，奇趣生动。譬如用一枚硬币和一小片纸表演自由落体运动。

有些实验信手取来，使学生饶有兴趣。两手一拍，问学生：有什么感觉？为什么？由此引出作用力和反作用力的概念，开始牛顿第三定律的研究。

（二）联系实际引入

学生在日常生活中积累了不少经验，对工农业生产中的某些过程也观察或体验了一些具体事例。联系这些实际引入新课，可以引起联想，并感到自然而亲切。

这样的例子是很多的：闻到花香、饭里放调料、堆煤的墙角

泥土是黑的，分别是气体、液体、固体的分子运动。下雨时，旋转打湿的雨伞，雨滴离伞飞出；泥泞的路上自行车、汽车等运动时，轮子上泥水飞溅；砂轮旋转时火星的飞出等是离心现象。针为什么要尖？书包带为什么要宽？而引入压强。等等。

（三）温故求新引入

这是运用迁移原理，把新课讲成旧课的教学艺术，一般运用于理论探索、演绎研究的课型中。其中“温故”是手段，“求新”是目的。

可以由复习有紧密联系的现有知识引入。学习“比热”，可由“热量的单位‘卡’是怎样规定的？”导入，然后问：1克其它的物质（如煤油、铁等）温度升高或降低1℃时，吸收或放出的热量是否也是1卡呢？从而启发学生思维。讲“物体运动状态的改变”时，让学生复述牛顿第一定律的内容，然后问：如果外力或合外力不为零时，物体将处于什么状态呢？等等。

亦可以由解物理习题引入，然后对结果加以物理分析，给予一定的物理意义，得出新结论。这种引入，习题解完了，新课往往也学完了。习题可以由学生自己解，更能发挥学生学习的主体作用。例如，动能定理、动量定理等，均可如此引入；只是设计的习题中，已知量和所求量均用文字来表示，不给出具体数值。

还可以由分析旧理论本身暴露的矛盾引入。例如光的本性的研究，就是顺着这一线索展示各个新学说，最后归结为“光具有波粒二象性”的。

又可以逆向思维引入，有利于学生发散思维的培养。例如：电流能产生磁场，那么，磁场能产生电流吗？

（四）讲述史实引入

运用物理学史料或有启发性的事例引入，往往是十分生动的。

尤其对于初中物理，最适宜少年的心理特征。关键是教师要学习一些物理学史，并注意搜集一些趣味物理学的事例。例如用阿基米德检验皇冠的故事或曹冲称象的故事引入阿基米德定律；秦始皇为防刺客而命令工匠用磁石砌成阿房宫的北阙门的故事，或者介绍我国的四大发明之一的指南针，引入“简单的磁现象”等。

总之，引人入胜的序幕，往往能起到“一石激起千层浪”的效果，很值得教师研究、设计。

二、课堂教学的提问艺术

思源于疑，疑生于问。教师的课堂提问既是一门学问，又是一种教学艺术。不在于“多问”，而在于“善问”。既能设计出适合学生实际的问题，又能掌握巧妙的提问时机，才能发挥提问的教学功能，促进教学质量的提高。

如何提高提问的艺术处理质量呢？

（一）提问要启发学生思维

问题要有启发性，要有利于迫使学生思维。如果问题只停留在要求学生重复记忆所得，不需要作多少思索就能回答的水平上，学生的思维就会变得迟钝、呆板。如果提问难度过大，高不可攀，也只能挫伤学生积极性，畏而避之。提问是课堂上的信息反馈，用以检查学习效果，调动学习积极性，激发创造思维。因而切忌背诵式、高难度。好比摘桃子，既不能伸手可得，也不能望桃兴叹，总要设计得让学生跳一跳能摘到桃子。同时，课堂提问一定要在教案中有计划，巧安排，切不可灵机一动，随心所欲，信口设问。这对新教师更应注意。

（二）提问要有中心，且有目的性，层次性，逻辑性

提问要围绕教学内容的重点、关键、难点设置，并设计一个

个递进式的有层次、有节奏，由浅入深，由易到难，前后衔接，相互呼应的问题，诱导学生一环套一环，一步步攀上高峰。譬如，先设问，诱导学生准确理解物理意义；再反问，把思维引向正确方向；最后又给予追问、深问，使学生的认识更上一层楼。切不可东一锄头，西一棒锤，无重点、无中心地发问。物理习题课的提问，要善于沿着一定思路，既培养学生的定向思维，又有利于发散思维的形成，以达到引思路、教方法，举一反三的目的。

（三）要创设灵活多样的问题情境

课堂提问若能形成各种不同的问题情境，就能达到优化的效果。“设疑式”，能引起学生的有意注意和独立思考。“逗趣式”，能激发学生兴趣，使学生深思。“对比式”，会诱导学生通过比较，去鉴别概念之间的联系和区别。“刨根式”，能帮助学生揭示物理现象的本质，促使学生认识深化。“比喻式”，能诱导学生去联想、去想象，有利于形象思维的发展。“幅射式”，恰如一题多问、一题多变，能引导学生从多方面去分析解决问题，有利于发散思维的培养。“求同式”，好比多题归一，使学生从相异的物理事物中，找出相同的特征，有利于定势思维的发展。“伏笔式”，铺路架桥，暗示出物理事物发展的途径或方向，为研究新理论埋下伏笔。

（四）要善于掌握提问时机

教师要根据物理知识的特点，学生的心理特征，以及课堂教学的阶段性，善于不失时机地安排提问。以便引疑发思，点拨指路，使学生达到独立求索，解决问题的效果。为此，要抓住知识的兴趣点设问，以满足学生的求知欲望，发挥非智力因素的促进作用。要抓住知识的疑难点发问，以便有的放矢，帮助学生突破难点，形成柳暗花明又一村的境界。要抓住知识的模糊点提问，使学生片面

的、孤立的、形而上学的认识转化为更全面、更辩证的认知结构。

（五）要讲究提问的方法

教师提问态度要亲切慈祥，以消除学生紧张情绪。提问要面对全班学生，调动每个学生思考问题的积极性，然后再指名回答。提问的对象要有计划，使每个学生都获得回答的机会，切忌只提问优等生，更不许把提问变成惩罚学生的手段。根据问题的难易程度，恰当地提问不同程度的学生，以收因材施教的目的。要仔细认真听取学生的回答，答错者要鼓励，有创见者要赞扬，与众不同的见解要尊重。要善于运用夸奖的语气和鼓励的言词，去激发每个学生的求知欲望。

三、课堂教学的结尾艺术

万事开头难，然而结尾亦不易。根据教学内容设计一个余音缭绕、耐人寻味、印象难忘、言尽而意无穷的结尾，亦是一种教学艺术。只有善始善终，才能避免虎头蛇尾，保证学生统揽一堂课的要领，系统掌握知识结构。

结尾艺术主要有以下几种形式：

（一）概括式结尾

教师以精炼准确的语言，提纲挈领地总结概括出一堂课的知识要点；或者利用本堂课系统的板书，运用彩色粉笔，标出知识要点；或者启发学生梳理归纳学习内容，由教师给以评价肯定。这是最常用的一种方式，着重于画龙点睛之笔。

（二）悬念式结尾

这是一种“且听下回分解”的方式。教师以一些富于启发性的立论或问题，设“悬”立“疑”，然不作答，预示新知，为以后教学埋下伏笔。既激发学生预习新课的兴趣，又提示了预习的

重点，使新旧衔接，知识整体化。

（三）呼应式结尾

这是把引入新课时的悬念、伏笔，运用新知识给以释疑解难。既巩固了新课，又从新知识的运用中，使知识活化、深化。

（四）运用式结尾

知识的运用是教学结构不可缺少的一环。根据知识的重点和关键，精心设计、选编一些习题，诱导学生动脑动手，从运用中掌握知识要点，并使知识转化为智力因素和非智力因素。

（五）结构式结尾

一般用于单元或整章知识的复习性总结。主要将教材的知识结构展示给学生。或者提前布置学生先行归纳，再由教师加以评价总结，并将比较好的知识结构图选几份介绍给全班学生，既鼓励先进，又树立榜样，从相互交流中，共同提高。

第四节　中学物理教学艺术的现代化

随着教学手段的现代化，运用手段的教学艺术亦日益向现代化转化，这是值得我们研究的一个新课题。

在中学物理教学中，采用电教媒体，借助幻灯、电视录象、教学电影，以至电子计算机的声、光、形、色等因素，以生动、形象、鲜明的视听效果，大大激发了学生的学习兴趣和求知欲望，使学生对学习内容获得充分的感知，从而加深了对物理知识的理解和记忆，收到了其它教学手段难以达到的教学效果。我们称为电化教学，国外称为视听教学。

研究表明：人们从听觉获得知识，能够记忆15%，从视觉获得的知识能够记忆25%。如果把视听结合起来，能够记忆的内容

可达65%。这正是电化教学的突出特点。以形象性、情感性和创造性来衡量，电化教学彻底改变了教师仅仅利用黑板加粉笔进行口授，学生被动接受的方式，大大地提高了教学艺术性。

目前运用比较普遍的投影器，以及正在探索研究的电视录象，突破了传统教学技术在时间、空间和地域上的限制。在短时间内呈现大量声象材料，既能丰富学习内容，又能开阔知识领域。小至核裂变、分子结构、微粒碰撞等微观世界，大到天体运动、星象活动等宏观世界，均可充分发挥其威力。无论是物体的各种运动状态，还是具有危险性的难以在教学环境中进行的实验（如X线辐射、原子反应等）均可形象表达。电视录象可以利用特技摄像，将本需要数十小时、数十天，甚至数十年才能完成的演变过程凝聚于几分几秒时间内，又可将原来高速运动，瞬息即变的短暂过程延缓、拉长。即是用投影器，也可利用复合可动幻灯片，表现物理现象的变化、发展过程，如波动过程，均可如此处理，且可动可静，动中有静，静中有动，动静结合，更有启发性。亦易于观察某些装置（如日光灯的启动器等）的工作过程和内部结构。学生用不着仅根据教师的讲解，自己在头脑中去形成物理图象，而能生动具体的运用视觉和听觉，直接地观察到即是利用实验也难以表现的物理现象。更有效地运用形象思维，情趣横溢，激动人心，更富有教育意义。电化教学更有效地增大了知识容量，增加了知识的广度和深度，既可节省不少描述、讲解，以及板书、板画的时间，又有利于及时有效地反馈教学信息。

电子计算机在中学物理教学中的运用，近几年来已经积累了一定的经验，并有不少成果。根据我国的国情，目前还难以在全国推广。但大好形势的发展，激励我们进一步探索，为教学艺术在电子计算机方面的应用，早日做好准备。

总之，电化教学运用鲜明的色彩、变换的画面，又可配合优美的音乐，是促使教学艺术现代化的有效途径。九年义务教育初中物理系列教材，已注意了这方面的努力。随着教学改革的进一步深入发展，将会在电化教学中创造出更优美的教学艺术！

第七章　搞好教学评价，认真落实教学目标

搞好教育测量，是教学过程的有机组成部分，是贯彻“控制与反馈相辩证的原则”，落实教学目标的必要环节。测验，或称考试，有三种功能：检查功能，即检查教学目标的实现情况；引导功能，即平时所说的指挥棒作用，教师怎么考，学生就怎么学；反馈功能，师生双方及时获得双向反馈信息，既检查和总结教学成果，亦为后续教学提供依据，做好准备。

第一节　物理教学测验

一、教育测量学的几个基本概念

测量、测验和评价，是教育测量学的三个基本概念。

（一）测量

任何存在都有数量，既然有数量就可以进行测量。测量就是根据一定的规律，对事物的质量进行数量上的判断。教育测量就是对教育对象的学习成果进行量化分析。学生的学习成绩就是一种测量结果。

测量如果是用规定好的某个标准与被测对象进行比较，称为直接测量。显然教育测量不可能对学生的知识、能力进行直接测量，只能通过学生的外显行为对其内在特质进行判断，也就是通

过完成试题的错、对、好、坏、快、慢等水平，来推断其学习成绩。因而，教育测量是一种间接测量。

（二）测验

测量的方法有多种，如观察法、实验法、测验法等。教育测量一般用测验法。测验所用的手段是试卷。就是把一组物理试题提供给学生，然后根据学生的反映对其行为进行推断。

教学测验，按参照的标准不同，而分为两类：

1．目标参照测验

这是一种绝对标准，通常是根据教学目的、要求作为标准，用以测验学生达到教学目的、要求的程度，以确定其是否升级。单元、期中、期末、毕业等考试都属于目标参考测验。

2．常模参照测验

这是一种相对标准，通常是以学生所在集体的平均分数（常模）为标准来说明他所具有的相对水平。他表明该生的水平在集体中的相对位置。

常模与目标不同：目标是教学的目的要求，是学生应该达到的程度；常模是学生实际上达到的平均程度。

常模参照测验，主要是对学生进行分类排序，编班分组，或者选择优秀学生而进行考试。物理竞赛、升学考试等，都是常模参照测验。它用于学生之间的相互比较，以明确学生在集体中的相对位置。

（三）评价

所谓评价，就是根据一定标准，对事物的质量赋予价值的判断。譬如，教学评价就是根据教学大纲的要求，对教学工作作出价值（如是非、优劣、美丑等）的判断。

评价与测量不同：测量只是提供学习情况的描述；评价则是

利用这种描述确定这种学习情况的价值，以进行教学反馈。可见，测量是评价的前奏和依据，评价是测量的发展与归宿，是控制教学的必然要求，具有反馈作用。上述两种测验中的教学目的要求和常模就是进行评价的标准。测验后教师进行的讲评，就是评价。显然，评价为教学双方提供反馈信息，以便调控教学进程。

二、物理测验的编制

测验就要命题。如果凭经验命题，难免出现偏难、偏易等情况。为了把命题建立在科学的基础上，就要遵循一定的程序和规则。一般有如下程序：

（一）确定测验目的和取样范围

编制测验的前提条件是明确测验的目的，即明确测验是属于目标参照型，还是常模参照型。

所谓取样范围，就是命题的内容。譬如，升学考试的内容就应严格按照教学大纲和教材的规定。但物理竞赛则可广一些，也可适当增加一些较高层次的内容。

（二）确定测验目标

测验目标就是对学生学习水平和教学实际内容的具体要求，现代教学目标是由美国芝加哥大学布卢姆创导而发展起来的。但对于他的目标分类法，目前尚有不同看法，也需要结合我国实际予以具体化。

测验目标当然应与教学目标保持一致。九年制义务教育全日制初级中学物理教学大纲，明确地提出初中物理课程结束时应达到的目标，分为以下三个层次：

1．知道

是对知识的初步认识，要求知道的知识，能够说出它的要

点、大意，在有关的问题中能够识别它们。

2。理解

是对知识的进一步认识，除了包含“知道”的要求外，还要了解知识的确切含意，并能用来分析、解决简单的问题，如解释简单的物理现象，进行简单的计算。

3。掌握

除了包含“理解”的要求外，主要是运用知识的要求比理解高一些，应灵活地用来分析、解决简单的问题，如能比较灵活地运用知识解释简单的物理现象，能比较灵活地运用知识进行简单的计算。

除了以上三个层次外，对于技能的要求用“会”来表示。所谓“会”，就是要求能正确操作并得出结果。

该目标是我国经验的总结，是符合我国初中物理教学的实际情况。我们必须认真研究体会，并在教学实践中进一步完善。

（三）制定编题计划

即根据测验目的和具体的教学目标，规划出各项物理知识测验中相对比例，制订编题计划。其一般形式是列出“双向细目表”，说明在什么知识范围内，考查那些学习水平，各占比例是多少。下表是初中物理双向细目表的一般形式：

目标 / 分数 / 知识点	知道	理解	掌握	会	合计
合　　计					100

各单元的双向细目表最好在备课时就能列出，它亦有利于平时教学工作的量化目标管理，使整个教学过程走向标准化、科学化。

（四）编选测验试题

试题是构成试卷的“细胞”，是教育测量的最基本工具。应该根据编题计划编选试题。试题的形式一般分为两大类：

客观性试题：其答案是唯一的，完全不受外界干扰，因而是客观的。这类题主要是选择题，也可以是简单的填空题(其答案要客观、评分简单、可靠)，实验题中的排序题，等。其特点是：属于基本题，每题信息量少，但总题量大，因而知识的覆盖面大；易于实现预期的测验目标；评分客观、迅速，能排除评卷者的主观偏见。其缺点是：不能考查学生的独立见解和创造能力，特别是不能考查综合性、实践性较强的技巧和能力；学生对答案易于猜测。

主观性试题：主要由学生提供答案，学生在选择知识、表述观点、组织答案等方面可以充分发挥自己的见解和创造才能。这类题包括简单问答题、推理论证题、综合计算题等。其特点是：每个题包含的知识点多，即信息量多，而题量则少；适合于测量学生的思维能力，尤其是创造思维能力。其主要缺点是：试题取样不易均匀，知识覆盖面窄；评分带有主观性，从而可靠性略差，易受无关因素的影响，故称主观性试题。

经实践，我国坚持客观性和主观性相结合的原则。其题量的比例约为7：3。这样相互扬长补短，有利于测量教学目标和选拔优秀人材。以1988年物理高考试题为例：共33个大小题目配成七个大题。第一、二题分别为单一、多重选择题各占24分；第三题为填空题，占15分；第四题为实验题，占12分；五至七题为计算题，占25分；其中客观性试题占73分，因而知识覆盖面大；高中物理共

20章，除“固体和液体的性质”和“电子技术初步知识”两章外，其它18章的内容都涉及到了。试题共考查了62个知识点，大纲和教材中的重点知识在试题中多次出现。试题粗略的划分为两部分：第一部分，单一选择题较容易，多重选择题难度增加，填空题、实验题相对有了一定的难度。每个大题中开始的小题是识记性的，或基础知识作简单地转换、直接推导，或对某个知识点在新的情境中作一次直接应用，再逐步上升到将几个知识点结合，转几个弯子的题目。第二部分(五、六、七题)较第一部分要求高了一个层次，但这三个题的难度也形成一个比较适当的梯度，分别要求应用力学、热学和电学的多个重点知识，通过分析和综合，理清思路，才能解决问题。从全卷看，有19个共占50分的题目基本取材于教材而加以引伸：有些直接来自课文，有些在课本的练习、习题上能找到它们的雏形。如第四至七题分别取材于“把电流表改装为伏特表”、“用冲击摆测弹丸的速度”、“导出气态方程的示意图”、“回旋加速器”等，而加以改造为新的试题。从整体看、试题重视考查对所学知识的内在联系，融会贯通和灵活应用的能力，记忆性的题最多占8分。

这样的命题有利于加强基础知识教学和加强基本技能训练，有利于克服用偏、难、怪题来进行教学的错误作法，有利于中学物理教学改革。试题由易到难的偏排符合认识事物和解决问题的规律，能稳定考生情绪，发挥出各自的实际水平，以提高测量的可靠性。试题取材于课本，有利于引导中学物理教学重视课本知识的学习，重视课本知识的引深发展，从而加强基础知识的教学。试题的灵活性，要求平时教学要善于培养学生的能力——审题能力，综合应用知识解决实际问题的能力，应用数学工具解决物理问题的能力等。

从1988年物理高考试题的上述简要分析，也许对我们如何编选试题有所启发。

（五）试题的试用和分析

试题编选后，最好经过试用，至少也要经过试做，在此基础上加以认真分析。然后对试题进行筛选，对有缺陷的试题进行必要的修改和替换。

（六）组合成测验试卷

在试用和分析的基础上，经过调整后组合成试卷。组合时应注意上述分析高考试卷时所阐述的要点：内容要全面体现双向细目表的要求；知识覆盖面大；整体结构要有序，把同类型题集中安排，要由易到难。试卷一般除正题外，还应有一份同等效力的副题。

（七）制定测验要求

为了保证测验科学化、标准化，并顺利进行，还必须控制无关因素对测验的不良影响。为此，要求试卷应有解答要求的说明，使考生明确怎样解答；要求测验的环境相同，时间统一；考生和监考者要有统一的规定，防止任何启发和提示等。制定统一的答案和评分标准，保证尽可能的客观评分。

第二节　物理测验质量的评价

一、教育统计学的几个基本概念

要客观地评价测验的质量，就要对学生测验后所获得的原始分数进行统计处理和分析解释。教育统计学所研究的就是这方面问题。下面仅介绍几个基本概念。

（一）次数分布

一个集体测验后，为了知道其平均水平和分数分布的特点，

我们常将各分数段的数据分类、排列成序，编绘成次数分布表。一般先划分出区间，即等距离的组距，然后，将数据列入各相应的组内，得到一个简明、形象、直观的次数分布表。例如下表是某次物理测验的次数分布表：

分数段	100-90	89-80	79-70	69-60	59-50	49-40	39-30	29—20	19—10	9—0
人 数	1	7	11	18	21	16	10	4	2	1
百分比	1.1	7.6	12	19.6	22.8	17.4	10.9	4.3	2.2	1.1

我们也可以绘制出分数分布图。图38是某省1988年物理高考抽样统计的次数分布图。从表和图可看出分数的分布是有一定规律：两头小，中间大。教育统计学称为近似正态分布。从图看，80分以上和30分以下的是少数，分别约占5.5%和4.7%；多数集中在50分～70分之间，占52%；70分～80分之间占13.4%。各分数段得分分布比较合理，符合目前中学物理教学实际。

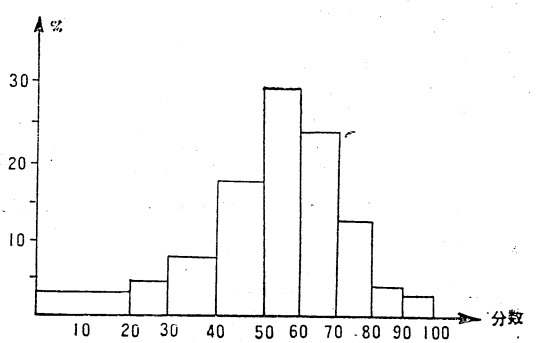


图 38

可见，次数分布描述了学生一般成绩的状况及成绩差异的大小。这是它的两个基本特征。

（二）平均分数

它是集体分数的代表值，用来描述被测团体的集体水平，并

可对不同团体间进行比较。反映出分数向某点集中的趋势，属于集中量数。

设被测人数为N，每人的原始分数分别为X_1，X_2，……X_N，则平均分数的计算公式如下：

$$\overline{X}=\frac{\sum_{i=1}^{N}X_i}{N}$$

（三）差异量数

平均分数仅代表了分数的集中趋势，并不能描述分数的离散程度。例如，有两组学生，每组有六人，他们某次物理测验成绩为：

甲组；40，40，50，50，60，60；

乙组：10，20，40，60，80，90；

两组的平均分数$\overline{X}_{甲}=\overline{X}_{乙}=50$。然而，两组的物理水平显然是不同的，即两组内得分的差异情况(离散程度)是不同的。

用来描述分数的差异情况（离散程度）的量数，叫做差异量数。常用的差异量数有：

1．全距

它是最简单直观的差异数量，等于某团体中最高分与最低分之差，用符号R表示。显然，$R_{甲}=20$，$R_{乙}=80$。全距计算简便，但仅决定于极端值的影响，中间数据未完全起作用，并不能反映全部分数的差异情况。

2．平均差

每个学生的分数与平均分数的差，叫做离均差，用符号x表示，即：

$$x=X-\overline{X}$$

每个学生的离均差的绝对值的平均值，叫做平均差，用符号

AD表示，即：

$$AD=\frac{|X_1-\bar{X}|+|X_2-\bar{X}|+\cdots\cdots+|X_N-\bar{X}|}{N}=\frac{\Sigma x}{N}$$

例如，上述甲组的平均差为：

$$AD=\frac{10+10+0+0+10+10}{6}=6.67$$

同理，得乙组的$AD=26.7$

3．标准差

平均差计算时要取离均值的绝对值，不符合代数运算法则。故采用统计分布计算，先将各个离均差自乘以取消负号，再将各个离均差的平方取平均值，最后再开方，所得的数值叫做标准差，用符号S表示。即

$$S=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}(X_i-\bar{X})^2}{N}}=\sqrt{\frac{\Sigma x^2}{N}}$$

标准差是最能反映分数离散程度的量数，其值越小，该团体的离散程度亦越小。它通常与平均分数一起用来描述被测团体的水平。可以求出，上例中，$S_{甲}=8.16$，$S_{乙}=29.4$。可见，甲组比乙组的离散程度小的多。

4．标准分数

是又一种记分方法，以标准差为单位，反映一个学生的成绩在全体学生中所占的地位，叫做标准分数。用符号Z表示，也称Z分数，其定义式为：

$$Z_i=\frac{X_i-\bar{X}}{S}=\frac{x}{S}$$

由定义式可以看出，当$X_i=\bar{X}$时，$Z_i=0$；$X_i>\bar{X}$时，$Z_i>0$；$X_i<X$时，$Z_i<0$。可见，Z_i的意义就是：第i个学生的成

绩高于(为正)或低于(为负)平均分数多少个标准差。例如，上述甲组第六名学生的标准分数为：

$$Z_6 = \frac{60-50}{8.16} = 1.23$$

表示该生成绩高于1.23个标准差。

根据标准分数可以更好地分辨学生的成绩优劣。例如，甲、乙两个学生的三门成绩分别为：

	数	物	化	总分
甲：	55	35	72	162
乙：	50	30	87	167

仅从原始分数看，两学生的化学成绩均最好，而乙生的总成绩优于甲生。

如果用标准化来比较，可得：

		数	物	化
若：	平均分数	52	32	75
	标准差S	5	4	7
则：	$Z_{甲}$	1	0.75	−0.43
	$Z_{乙}$	0	−0.5	1.71

可看出，甲生的数学最好，化学最差；而乙生则相反。从各人总的标准分来看，$\Sigma Z_{甲} > \Sigma Z_{乙}$，甲生优于乙生。可见，该结论与仅由原始分数比较而得的结论更科学。

(四) 相关系数

1. 相关：二列变量之间的相互关系，叫做相关。

如果一列变量变动时，另一列变量也发生变动，而且变动的方向相同。即一列增大(或减小)，另一列也增大(或减小)，我们称这两列变量为正相关。如果一列变量变动时，另一列量也发生

变动，而且变动的方向相反。即，一列增大(或减小)，另一列却减小(或增大)，我们称这两列变量为负相关。如果这两列变量是两次测验的成绩，那么，从测量的角度看，负相关的稳定性极差，它们不能反映学生的真实水平，从而测验是完全不可相信的。而正相关则相反。这当然属于两个极端情况，实际上同一学科的两次测验，或任意两门学科的测验成绩，总是有相互关系的。只是相关的程度不同而已。

2。相关系数：

它表示的是两变量数列之间变化的方向和一致性程度。也就是说，两列变量X、Y之间的相关程度，用相关系数r表示。它的计算公式为：

$$r=\frac{\Sigma xy}{NS_XS_Y}$$

式中$x=X-\bar{X}$，$y=Y-\bar{Y}$；S_X与S_Y分别为X变量和Y变量的标准差，用前述公式计算。

显然，相关系数r的取值范围限于：

$$-1.00\leqslant r\leqslant+1.00$$

$r>0$表示正相关，$r<0$表示负相关，$r=0$表示相互完全独立。r的绝对值越大，这种变化越趋于一致。$r=\pm1$，两列变量的变化呈直线关系。

计算r时，N的数值一般应在30以上，才有意义。为了避免手工计算的繁琐，应利用计算机进行。

二、物理测验质量的评价

物理测验的质量如何，可以用四个主要指标大体上反映出来。

(一) 试题的评价

对试题质量的评价包括两方面：定性的分析，其内容包括文字表述是否清晰准确，题目相互是否重复，结构是否合理；定量分析则有两个指标，即难度要恰当，区分度要好。

1．难度：

是指每个试题的难易程度。一般认为：被测团体中能答对某题的考生所占比例的越大，该题就越容易；反之，则越难。因此，可用统计学生在某题上的得分来计算难度。其公式为：

$$H=1-\frac{\text{某题所得分数的平均值}}{\text{某题满分}}=1-\frac{\overline{X}}{X_{满}}$$

对选择题，上式可写为：

$$H=1-\frac{\text{某题答对人数}}{\text{总人数}}=1-\frac{R}{N}$$

可见，难度是个相对概念。难度的最高值为1，表示没有一个考生能在该题上得分；最低值为0，表示全体考生均在该题上得满分。显然，难度越大，题目越难。一般说来，难度值在0.3～0.7为适中；0.7～0.9为较难；0.3～0.1为较易。因而，难度的平均值，应在0.5左右为宜，能较好的反映被测团体的实际水平。

2．区分度：

区分度是试题对学生的水平或能力的区分指标。好的试题应对每个学生学习的优劣进行有效区分。

教学测验一般常用两个极端组通过率的差异，作为区分度的指标。将全体学生按成绩排序后，取上下两端各27%作为高低分组，中间略去。如果高分组(代表能力较强的学生)在该题上得分也高，而低分组(代表能力较差的学生)在该题上得分也低，则表明该题有区分能力。

分度用D来表示，计算公式为：

$$D=\frac{\text{高分组在该题上的平均分}-\text{低分组在该题上的平均分}}{\text{该题满分数}}$$

即：

$$D=\frac{\bar{X}_H-\bar{X}_L}{X_{满}}$$

对于选择题，亦可写为：

$$D=\frac{\text{高分组答对人数}-\text{低分组答对人数}}{\text{高分组与低分组的总人数}}$$

即：

$$D=\frac{R_H-R_L}{N}$$

区分度D的取值范围$+1.00\sim-1.00$之间．D值越大，对学生的区分能力越强，试题的质量越好．对区分度的要求应考虑测验目的，选拔性测验要求高区分度．美国埃贝尔(L·EbeI)1965年提出对试题评价的区分度指标为：$D>0.40$为优秀试题；$0.3\leqslant D\leqslant 0.39$良好，如能改进更佳；$0.20\leqslant D\leqslant 0.29$则尚可以，但需修改；$D<0.2$则很差，必须淘汰或修改．对于目标参照测验则可以不考虑区分度指标．

难度和区分度从两个侧面反映了试题的质量，难度反映的是试题对被测团体的适宜程度，区分度则反映试题对学生的区分能力．两者之间同时存在一定的制约条件：一般来说，难度适中的题目，区分度较高；当难度为0.5时，D达到最大值．难度太低或太高，试题的区分度必然很低；当难度为0或1时，$D=0$．

（二）测验的评价

测量总是有误差的．为了减少误差，在工程测量和物理实验中往往选择恰当的测量工具，并采取多次测量取其平均值的方法．这两点在教育测量中是难以实现的，因而教育测量的误差是

难以避免的。为此，评价测验，就引入了分别描述准确性和可靠性的两个指标：效度和信度。

1．效度：

是反映测量准确性的指标，即测量有效程度。表示所测量到的与所要测量的两者相关的程度，或者说，这个测量究竟在多大程上达到测量的目的。

对于物理测验来说，效度可从以下两个方面评价：

(1) 内容效度：

是指一次测验能否测量到具有代表性的教学内容和教学目标，它体现了试题的内容与应考的内容之间一致性的程度。

为了考查学生对物理知识的掌握情况，只能从整体知识中挑选出有代表性的内容编成试题，进行测验，从学生的得分推断出对知识的掌握情况。因此，假若从总体范围的内容中取样适当，使所测量到的内容和应测量的内容之间很好的符合，则内容效度就高。

提高内容效度的基本途径，是在前述编写试卷时，测验内容一定要严格符合双向细目表。也可对照下列问题对测验进行评价：

① 试卷所测知识的覆盖面如何？

② 各层次的教学目标所占的分数比例是否恰当？

③ 各个试题的内容是否合理？与要求符合吗？

内容效度是物理测验中最重要而且最常用的效度。

(2) 效标相关效度：

是以一个已确认是准确的测验结果(如某位教学经验丰富的教师对其所熟悉的学生所作的物理成绩等级评价)作为标准，即效标。然后求实际物理测验成绩与该效标之间的相关系数，用它来表示该测验有效性的指标。

效标相关效度最重要的是所选效标本身的可靠性和有效性。

一般情况下，要求效标相关效度在0.40到0.70为宜。

2。信度：

是测验可靠性的指标，它说明测验结果的可信程度，反映测验结果的稳定程度。测验的信度较高，表示它受其它因素的干扰越少。

由于相关系数是反映两变量之间的一致性程度的，因而用相关系数表示信度指标，称为信度系数。方法有多种，我们仅介绍常用的折半法。

通常是将测验中的全部试题，等值(即两半的内容、难度、得分大致相同)地分成两半，相当于两份试卷，也就相当于两次测验，然后分别统计每个学生在两半题目上的得分，并求出两半之间的相关系数r。

r仅是一半测验的信度系数，还要用下式予以校正，以求得整个测验的信度为：

$$r_{xx}=\frac{2r}{1+r}$$

影响信度的随机因素是多方面的，如测验本身，测试，评分过程等。采用折半法，只要严格掌握等值性原则，误差不大。

信度系数的大小反映信度的高低：r_{xx}为最高值1.00时，表示测验结果完全稳定，不受随机因素影响；为最低值0时，表示测验分数完全由随机因素造成，与学生水平无关。国外一般的标准化测验信度在0.90以上；国内由教师自编测验，从用折半法的统计看，一般在0.70～0.85之间。

第三节　中学物理课堂教学评价

对一堂物理课堂教学的评价，是贯彻“控制与反馈相辩证的

原则”的一种有效方法。它是教师吸取反馈信息、积累教学经验、及时调整控制、不断改进教学工作、提高业务水平的一项有力措施。

课堂评价是学校教育评价的一个组成部分。它以课堂教学为研究对象，从党在新时期培养适应社会主义现代化建设的人才出发，依据中学物理教学大纲、中学物理教材和教育、教学规律等，通过对一堂物理课的观察和分析，对物理教师的教学思想、教学内容、教学方法、教学效果，亦对学生的学习活动、学习效果，进行客观地、科学的评价和评定。由于学校教育是以课堂教学为中心环节，因而课堂教学评价无疑是整个学校教育评价中最主要的内容。

一、课堂教学评价的功能和目的

中学物理课堂教学评价具有以下功能：

其一，评价功能。即从课堂教学的各个具体教学环节分析该节物理课堂教学的质量，研究、评价课堂教学结构的优劣，促进课堂教学不断科学化。

其二，反馈功能。即为教师研究、改进、提高教学质量提供及时的调控反馈信息，促进教师钻研业务、改革教法、更好地遵循教学规律、教学原则去组织教学，以适应社会主义现代化建设的需要。

其三，管理功能。评价的最终目的，在于为进一步完善教学过程，促进教学改革提供依据，指明方向。亦为加强教学管理，形成良好的教学指挥系统创造条件。并为考察教师素质提供第一手资料。

根据课堂评价的功能，就可明确课堂评价要达到两方面的目的：

（一）对于教学领导和教研人员来说，通过教学课堂评价，具体地研究中学物理教学的理论和实践，进一步认识中学物理教学规律，优化课堂教学过程和课堂教学结构，帮助教师提高业务水平，促进教学质量的不断飞跃。

（二）对于任课教师来说，则是一次最好的学习机会。促使教师根据反馈信息，深入地学习教学理论，更新教学观念，钻研业务，提高施教能力，进一步调控自己的教学实践，以便更好地落实三维教学目标，更多的培养优秀的接班人。

一般来说，课堂教学评价应包括任课教师的课后自我分析评价和听课人员的分析评价。

任课教师的自我分析属于自我反馈，它贯穿于整个教学生涯之中。要求教师课后及时记下教学中的体会和感受，以及批改作业、辅导交谈、批阅试卷之后的反思。教案最后都有“课后分析”一栏，就是供教师及时记录，日积月累，不断提高教学质量的。应坚持经常进行。

听课人员的分析评价，属于教学集体中的相互反馈。一般是在观摩课或公开课后进行的评议，是一种开展教学研究，充分酝酿讨论，互相学习，取长补短的好形式。观摩课都有主要的研究问题及达到的目的要求。一般先由任课教师介绍自己从备课到上课的各方面情况、想法和体会，然后由听课教师评议分析，最后由主持者进行必要的小结。

二、课堂教学评价的基本量化标准

一节课结束后，教学效果已经是客观存在的了，它是由师生双方的教学实践确定的。因而就有一定的客观评价标准。

下面我们简要的谈一下评价物理课堂教学的基本量化标准。

（一）教学目标

教学目标是教学的出发点和归宿。我们已经具体的给予了阐述。教案中写出了本节课具体的教学目的，它是中学物理教学总目标的具体化，应从知识的功能和学生的实践出发，分析是否达到了“三维目标”，是否恰当。

更重要的是：一节好课决不在于把教学目标写在教案上，而在于是否真正地达到了教学目标。确定不易，达到更难。这要从课内外学生的反馈信息，根据知识、能力、品格三方面去具体分析评价。具体说，就是：

1．知识的理论价值体现了教学大纲和教材的精神，符合学生的年龄、心理特征，并确实落实。

2．注重了能力和技能的培养。能根据物理学科的特点，落实了知识的能力价值，培养了学生的观察、实验能力，思维能力，以及分析问题解决问题的能力等。

3．能挖掘知识的教育价值，自然而然地恰当地对学生进行了思想教育，培养学生的非智力因素。

我们把子因素在总因素中所占的比例值称为权重值。教学目标的权重值是0.15，亦即占评价总分的15%。分为四个评价等级：*A*级为13～15分；*B*级为10～12分；*C*级为6～9分；*D*级为0～5分。

（二）内容处理

教学目标是通过教学内容的科学处理来体现的。教师要善于把教材中处于储存状态的物理信息，转化为传输状态的信息，以利于学生接受，而转化为学生头脑中的认知结构。具体要求是：

1．教学内容组织严密，一环扣一环，环环紧相连。具有系统性、逻辑性。重点突出，难点突破，关键之处，一锤定音。

2．能适应学生的年龄、心理特征，知识的科学性强，而在

广度、深度、难度上有利于学生“跳一跳能摘到桃子”。

3。物理实验准备充分，设计合理。现象显明，可见度大，效果良好，确实促进了学生由物理现象上升为物理概念和规律的思维进程。

4。例题和习题具有典型性、针对性、新颖性、实践性；与基础知识配合紧密，数量适宜；有利于培养学生思维能力。

内容处理的权重值是0.22。*A*级为19～22分；*B*级为14～18分；*C*级为8～13分；*D*级为0～7分。

（三）教学方法

教学方法能采取启发教学，充分发挥教师的主导作用和学生的主体作用。教学方法既是一门科学，也是一门艺术。教师能否科学的选择和运用这种教学艺术，对提高教学质量尤为重要。具体要求是：

1。教师能根据物理学科的特点及学生的年龄、心理特征，循循善诱，因材施教，善于调动学生的主体作用。学生能勤于思考，勇于发表自己的见解。教与学双边活动和谐，教学信息反馈及时。

2。课堂结构的各个环节设计合理，层次清晰，有张有驰，循序渐进。又注意承前启后，富有整体性，有节奏地诱导学生进入物理情境。

3。能充分发挥物理实验的教学功能，注意理论联系实际，善于进行物理思维方法和研究方法的训练。

4。善于利用电教等现代化教学手段进行直观教学。学生形象思维活跃。

教学方法的权重值是0.23。*A*级为21～23分；*B*级为16～20分；*C*级为9～15分；*D*级为0～8分。

（四）教学效果

教学效果是教学工作的生命线。是指在教学时间内完成教学目标的实况。应坚持在不增加学生负担的原则下，提高效率，讲求实效。具体的要求是：

1。课堂气氛活跃，兴趣盎然，心理情境和物理情境明显，学生求知欲望高，始终保持旺盛的精力。

2。学生能准确、迅速地运用所学知识完成课堂提问、书面练习，或巩固性测验等。回答问题的正确率高。

3。学生对物理实验的观察细致、操作准确、实事求是，具有创造性。

4。课后对书面作业、课外实验、达标测验等，认真完成，成功率高。

教学效果的权重值为0.21。*A*级为18～21分；*B*级为14～17分；*C*级为7～13分；*D*级为0～6分。

（五）教学素质

主要是指任课教师在一节课中的施教能力。具体要求是：

1。尊重爱护学生，善于驾驭教学进程，处处诱导学生积极思维。对意外特殊情况应变能力强。

2。教学语言生动准确，深入浅出，逻辑性强，无科学性错误；板书板画规范，条理清晰，概括性强，重点突出，字迹工整；教态亲切，仪表庄重自然，师生信息交流畅通。

3。演示实验操作规范，干脆利索，准确、形象、直观，富于启发性。

4。善于联系实际，教书育人。有自己独到的教学技能、技巧。

教师素质的权重值为0.19。*A*级为17～19分；*B*级为13～16分；*C*级为7～12分；*D*级为0～6分。

课堂教学评价的这五个方面是相辅相成，相互依存，相互

包含的。教学目标是课堂教学的出发点和归宿，它要体现在教学内容的处理之中，又要由优化的教学方法来实现，最终达到最佳的教学效果，良好的教师素质又是这一切的保证。各个标准的具体要求又是相互渗透，绝不可割裂评价。

传统的课堂教学评价是一种定性的方法，群众议论，领导定音，具有很大的随意性。当前的教学实践中，大家正在探讨上述半定量化标准。评价因素的量化还不统一，亦欠具体，离真正客观的、公正的标准还差距极大。这正是我们需要进一步探讨的。

第二编 中学物理教学实践

本编以中学物理教学的基本理论为指导，探讨中学物理教学中各种实践活动的基本规律。分别研究了实验教学、概念教学、规律教学、习题教学、复习教学等。力求紧密结合实例，论述了在这些实践活动中，如何以知识为中心，培养能力及非智力因素；如何突出重点、抓住关键、突破难点；如何落实三维教学目标等等。

第一章　中学物理教学实践概述

中学物理教学实践的第一步，是备好课，形成教案。为此，就必须突出重点，抓住关键，突破难点。本章即概述这方面的一般常规及做法。

第一节　备课是搞好教学工作的中心环节

一、备课的重要意义

对于一个中学物理教师来说，最大量、最经常、最基本的任务是搞好教学工作。要搞好教学工作，备好课是中心环节。为什么呢？

首先，备好课是实现教学目标的保证。中学物理教学的总目标是“掌握知识、发展能力、形成品德”。这个总目标要落实到每节课的具体目标上。备课的方向就是要在总目标的指导下，确定教学的具体目标，并为实现它而采取相应的措施，选择最佳的教学方法。

其次，备好课是提高教学质量的关键。要教好课，提高教学质量，当然要了解这节教材在知识单元，以至整个物理课中的地位。以及它与其它教材的内在联系，从而掌握知识的重点、关键和难点，并在了解学生的实际情况、年龄心理特征的基础上，设计教学过程，为更好地发挥教师的主导作用和学生的主体作用做好准备。有备无患，不打无准备之仗。缺少了备课这一关键性的环节，所谓提高教学质量只是一句空话。

最后，备好课亦是教师不断提高业务水平和教学能力的必由之路。《学记》指出："学然后知不足，教然后知困。知不足，然后能自反也；知困，然后能自强也。故曰：教学相长也。"要给学生一杯解渴的水，教师要有一桶清凉的饮料；要让学生获得知识和发展，教师要真正融会贯通，运用自如；自己掌握了的东西，要让别人掌握，还有个教学艺术问题；何况，人类在进步，科学在发展，教师本人的知识也要不断更新。这一切矛盾，只有通过认真备课，不断提高教师的业务水平和教学能力，才能获得解决。

二、备课的基本常规

既然备课如此重要，那么，应该从那些方面"备"呢？

教学过程有三个基本因素，构成三个基本矛盾。既然教学过程就是不断妥善解决这三个基本矛盾的过程，那么，为了处理好媒体（教师）和客体（物理知识）之间的矛盾就要备教学内容；为了处理好媒体（教师）和主体（学生）之间的矛盾，就要备学生实际情况；为了发挥教师的主导作用，处理好主体（学生）与客体（知识）之间的矛盾创造有利条件，就要备教学过程中的方法和措施。因此，备课就应该从三方面去备。

（一）备内容

备内容并非一般地了解教材内容，而是要根据教材分析的一系列理论和方法①，认真地分析和研究教材。

备内容包括备实验，以贯彻"实践与认识相辩证的原则"。亦要备习题，一个好的例题，往往在教学中能起画龙点睛的作用；教材中的习题要亲自做过，多想一些为什么；要精选一些补

①详见第一编第三章第三节

充题，以备课内外使用，并且要逐步归类配套，形成适合于自己特色的、利于学生掌握知识、培养能力的习题系列。

对于参考书，我们应记住苏东坡的名句："博观而约取，厚积而薄发。"吸取其知识精髓去丰富教学内容。但切忌脱离教材和学生实际去随意采用，其结果必然适得其反。

（二）备学生

教学方法改革的重点，在于激发学生学习兴趣，充分发挥学生的主体作用。为此，要在备内容的同时，认真对学生进行心理分析。① 要研究学生的心理、思维特征，现有的知识、能力基础，学习的一般规律，以及不同学生的特点，作为改革的重要依据。只有这样，我们才能更加明确教学难点，设计更加优化的教学过程，以便对症下药，有的放矢，因势利导，使学生学有所得。

调查学生实际情况的途径，可以间接了解，即从班主任、家长、上届带课教师、带其它课的教师、或其它学生处去了解；亦可直接了解，即通过谈话、问卷、答疑、批改作业、测验，以及开座谈会等了解。更为重要的是：要把收集的这些第一手资料积累起来，使自己逐步成为经验丰富的中学物理教师。

（三）备教法

就是在前两备的基础上，设计教学过程，确定"战斗"方案，解决过河的"桥与船"的问题。这是备课的落脚点。

对于不同的教学内容、不同的学习对象，应该采用不同的最优化的教学方法。这主要是指如何体现教学规律以及由其引伸出来的教学原则；如何达到具体的教学目标；如何体现物理学科的特点；如何适应学生的实际情况；如何抓住关键、突出重点，突

①详见第一编第二章及第三章第三节。

破难点；等。从而运用什么手段，采取什么措施。

这里要再次强调：任何教学方法的灵魂都是启发教学，都要充分发挥教师的主导作用和学生的主体作用，都要把教师创造性的诱导和学生的独立思考结合起来①。

应该指出：过去往往对一节课确定所谓课型，并对各种课型又提出一系列教学环节。这些死板的做法已失去了它的生命力。实际的教学过程总是具体情况具体处理，因为教学艺术总是最灵活最辩证的。丰富的教改实践已证明了这点，需要我们去认真的总结。

第二节　突出重点，抓住关键，掌握教学中的主要矛盾

物理基础知识的教学，必须分清主次、突出重点、抓住关键。中学物理教学中，有一些最重要最基本的知识，是教学的重点；有一些知识对学习某一部分教材有决定性的作用，是教学的关键。突出重点，抓住关键，可以使学生较快较好地掌握所学的知识。因此，对重点和关键内容，必须使学生能够正确理解，牢固掌握，灵活运用。

一、重点知识及突出重点的方法

中学物理知识大体可分为三类：重点知识；重要知识；一般知识。② 由于这三类知识在教学中有不同的要求，因而在备课时要认真分析。

---

①详见第一编第五章第一节。

②详见106页。

(一) 重点知识的确定

确定某个知识是不是重点，主要是由知识本身的性质和价值决定的；同时，也不能脱离教学的具体情况的约束。具体来说，有以下几点：

1. 从知识的理论价值来看，则应分析知识在整个物理学中所占的地位。重点知识应该是那些主干的、基本的、关系全局性的知识。由于中学物理教学的基本任务是要求学生系统地掌握物理学的基础知识，因此，一般说来重点知识都是基本概念、基本规律和物理学基本研究方法（包括基本实验原理与方法）。

譬如，从大的方面来看，力、能、场、波等概念在整个物理学中占有重要地位。由它们所派生的概念，如各种具体的力（从性质分，以及某些从效果分——浮力、向心力等），功和功率，动能和势能，电场和磁场、及其性质等等。从某部分教材来看，往往由最基本的概念和规律形成重点，如牛顿运动定律、机械能守恒定律、动量守恒定律、理想气体状态方程、欧姆定律、法拉弟电磁感应定律等等。

另外，有些知识虽不属上述“三个基本”，但却是具有生命力的，对后续学习有影响的必要的基础知识，也应是重点。譬如，“匀变速直线运动”这一单元的知识，特别是即时速度、加速度、匀变速直线运动的速度公式和移位公式，乃是后续学习牛顿定律、功和能、动量和冲量，以及抛体曲线运动的必要的基础知识，因而是教学的重点知识。

2. 从知识的应用价值来看，对科学技术和生产实际有广泛应用的知识，亦是重点知识。这些知识在整个物理学的知识体系中，可能并不处于重要地位，如高中“稳恒电流”一章知识，就具有较高的应用价值，跟日常生活和生产实际联系极为密切。

这些知识在学生毕业后参加四化建设以及日常生活中有较大的作用，因而也可列为重点知识。

3．从知识的能力价值来看，那些对培养学生的能力有重要影响的知识，应列为重点。譬如，高中“电磁感应”一章教材，乃是从介绍电磁感应现象的一系列实验开始的。这些实验对这一章知识都是十分重要的，电磁感应现象的主要规律——楞次定律和法拉弟电磁感应定律，就是从分析这些实验得出的。更为重要的是这些实验把形象思维和逻辑思维密切结合起来，强有力地培养着学生的思维能力。学生平时的观察往往是静态的观察，这些实验则是动态的观察：只要穿过闭合电路的磁通量发生变化，闭合电路中就会产生感生电流。这对学生认识场的概念及其形象化描述——磁力线和磁通量是很有价值的，对培养学生从现象中抓本质特征及内在联系，从而概括出理论的科学思维能力是极为有利的。因此，做好这些实验，并且认真分析这些实验，应该成为教学的重点。如果把教学重点放在所归纳出来的规律上，并不在观察分析实验上下功夫，而是仅仅对规律本身的字句反复讲练，久而久之，学生头脑中是一些静止的孤立的知识，而失去了形象化的内涵，搞不清知识的来龙去脉，怎么能灵活运用呢？学生往往感到定律抽象难懂，恐怕和教师处理教学重点不当，有直接关系吧？

为了摆脱传统教学中的不利影响，我们一定要重视知识的能力价值在教学中的重要地位。譬如解答习题，应该把分析物理过程，认真进行物理分析放在主要地位，不能只是在数学推导上转圈子，这样才能发挥知识的能力价值。

4．要从教学的具体情况出发，由不同阶段的教学目标，学生的心理特征和实际基础等因素来确定。离开了教学的阶段性、层次性这个前提，单纯从知识本身去考虑重点亦是错误的。譬如

牛顿第三定律是高中物理的重点，但在初中物理中，只简单的叙述了“物体间力的作用是相互的”；密度、浮力、阿基米德定律是初中物理的重点，但在高中物理中就不是重点。和其它学科比较，物理教学突出的要求学生具有一定的数学水平和准备知识的基础上进行。确定重点知识必须考虑这个教学因素。如动能和势能的概念本身是物理学中很重要的基本概念，但初中不可能展开，因而只做初步的介绍。原子物理学在整个物理学中占有重要地位，但由于它研究的是物质的微观属性，深入学习需要较多的基础知识，中学学生不具备这些基础知识，因而中学阶段无法展开，只能做简单的定性介绍。有些知识，由于学生的年龄、心理、思维特征的限制，如静摩擦系数、弹性势能、机械振动与机械波等，在高中阶段也只能定性研究，不能成为重点知识。

（二）突出重点知识的基本方法

为了突出重点，可以从以下几方面入手：

1．教学过程要以重点知识为中心展开。如高中磁场一章的重点是：磁感应强度、磁场对电流的作用力和洛仑兹力。其中，磁感应强度乃是全章知识的核心，由此出发安排教学活动，则可一环套一环，突出后两个重点。首先，应做好通电导体在磁场中发生运动这个演示实验，使学生具备形象化的感性认识，然后把这个真实的实验理想化，运用形象思维设计一个“理想的实验”采取类比的思维方式，以电场强度类比磁感应强度，讨论F和I、L的关系，通过逻辑推理得出B的定义式。要层次分明地诱导学生积极思考，得出结论。然后由该定义式移项，得出安培力的公式，并配合阴极射线在磁场中偏转的演示实验，明显地得出左手定则，明确安培力的方向。最后利用电荷定向移动形成电流和安培力的知识，本着“安培力是洛仑兹力的宏观表现，洛仑兹力是

安培力的微观本质；安培力是各个电荷所受洛仑兹力的合力，各个电荷所受的洛仑兹力是安培力的分力”这一科学思路，推导出洛仑兹力的公式，并明确其方向。再引伸到回旋加速器等的应用上，于以巩固。有条件的学校，再用洛仑兹力演示器加以表演，使学生亲眼看到运动电荷在匀强磁场中的各种运动，就更直观了。这样以来，重点知识的地位就很自然的在全章突出来了。

2. 要突出重点知识的应用，使学生达到牢固掌握，熟练运用的程度。所谓应用不能狭隘地理解为解计算题。具体问题是多种多样的，应用的形式要多样化。这样才能在反复应用中学会具体分析问题，既提高分析问题解决问题的能力，又使概念和规律具体、丰满、活化，最终达到熟练运用的程度。现在常说的所谓“三线串珠”，就是指牛顿运动定律、功和能、动量和冲量这三根红线，几乎贯穿了整个高中物理的各个部分。在教学中，就要善于加强这三条红线的应用，以保证学生牢固掌握。

3. 要善于使重点知识成为启发教学的引爆点，即所谓围绕重点知识设置教学情境，诱导学生开动脑筋，积极领悟。①

应该指出：教学中平铺直述，平均使用精力，眉毛胡子一把抓是错误的。但把重点知识孤立起来，轻视非重点知识也是不对的。应该处理好重点和一般的关系，以重点为核心，又以一定数量的非重点为外围，体现知识的不同层次，形成一个合理的知识体系，才能有利于实现教学目的。

二、关键教材的确定

那些对学习某部分教材有决定性作用的知识，称为教学的关

---

①详见第一编第五章第一节。

键。抓住了关键，就能顺理成章，水到渠成，有利于学生理解和掌握这部分知识。

具体来说，关键知识的确定可从以下三方面入手：

（一）对理解某部分知识具有决定意义的内容

譬如圆锥摆的向心力的分析及定量研究，是理解物体做倾斜性转弯问题的关键；功的物理意义，即功是能量变化的量度，乃是理解“机械能”这一章知识，甚至是理解整个物理学中的功能关系的关键知识；等等。

有一些“知识点”中的关键字句，也要在教学中紧紧抓住。例如，“阻碍”、“变化”乃是理解楞次定律的关键；“相对”二字乃是理解摩擦力的关键；等等。

（二）对于掌握某部分知识具有决定意义的内容

譬如，光密媒质和光疏媒质的概念，以及光从一种媒质进入另一种媒质时偏转方向的分析，乃是掌握光的折射现象中一系列问题的关键所在；前述磁感应强度的概念，亦是掌握“磁场”全章知识的关键；等等。

（三）对于运用基础知识具有决定意义的内容

譬如，运用隔离法对物体进行受力分析，乃是运用力学规律解决实际问题的关键一步。这个基本功不掌握，甚至会影响整个物理学的学习。

第三节　突破难点，为提高教学质量而努力

在物理教学中，往往碰到一些知识难点。如果不突破难点，消灭这些拦路虎，则将影响学生掌握基础知识，甚至转化为分化点，使学生失掉学习的兴趣和信心，造成教学工作难以弥补的损失。

一、形成难点的主要原因

要突破难点，必先分析难点形成的原因，才能有的放矢，对症下药，采取有效措施，化难为易。一般说来，形成知识难点的原因主要有以下几方面：

（一）思维定势带来的负迁移

迁移原理是教学的重要规律之一。正向迁移有利于学生在原有知识的基础上掌握新知识，然而由思维定势引起的负迁移却严重的干扰学生对基础知识的准确理解和掌握。①

学生积累了一些生活经验和某方面的知识，形成了所谓前科学概念，然而没有经过严谨的科学分析。有些是正确的，有些则是粗浅、片面，甚至违背科学的。这样形成的思维定势先入为主，根深蒂固，从而产生负迁移，表现出经验与科学之间的矛盾，形成难点。譬如说：

1．观察的表面性形成为“概念”与物理概念相冲突。如“力是物体运动的原因”，“力越大物体运动越快”，等直观错觉，干扰“力是产生加速度的原因”的形成。学生往往一碰到具体问题就和亚里斯多德观点一样了。这都表现出经验的绝对观念和物理学中的相对概念发生冲突。

2．生活中的某些概念和物理概念冲突。如，功的概念与“做工”、“工作”等概念矛盾，学生总想不通：搬着重物满头大汗地站在地面上，人怎么会没有做功？沿着平地行走，重力怎么不做功？等等。

3．想当然的把数学规律用到物理公式中去，用数学概念代

①详见第一编第二章第二节。

替物理概念，忽视了公式的物理意义。如把标量的代数和迁移到矢量的矢量和上去，疑惑不解；等等。

4．概念相通，方法相似，混淆不清。如，速度和加速度总区别不清，总认为速度大、加速度一定大；速度为零时，加速度也为零；压力和重力、压强也困惑不清；等等。

（二）相关知识准备不足

物理学科本身是一个严密的体系，教学内容的安排也要强调系统性，一环套一环。如果不注意前面的学习为后面的学习打基础，后面的学习要充分运用前述的准备知识，就难以取得好的教学效果，而形成难点。当分析教学难点时，不能只注意产生困难的知识点本身，还要看相关知识的掌握情况，有时还有其它学科，如数学知识的准备情况。特别是那些综合性强的知识。譬如，由于力学知识理解掌握不好，电磁学部分许多问题“想象”不来；匀变速直线运动的规律不熟悉，匀变速曲线运动怎么能顺利学习呢？

（三）思维过程复杂，感性认识欠缺

这一原因形成的难点，或者是由于概念抽象而学生缺乏亲身的实践经验（如速度和平均速度学生比较好理解，而即时速度就难理解）；或者由于现象本身比较复杂而知识的文字叙述概括性强（如楞次定律）；或者由于学习水平所限，不能深入地阐述（如初中讲电压，高中讲光的干涉和衍射等）。

（四）教学要求和教学方法不当，形成心理上的疑难

中学生的心理、思维特征往往是“眼见为实，耳听是虚”。对于由实验归纳的概念和规律容易理解和掌握，但同样的内容如果由理论演绎得出，就感到有虚无缥缈之感，难以接受。如，楞次定律若从探索性学生实验逐步得出，总比从能的转化和守恒定律导出容易掌握。

再如，前节所述，教师把知识的重点确定错了，也要形成难点。有的难点完全是人为而造成的。某些教师总以为自己懂了的东西，学生也应该懂，从而加深加宽知识的深广度，而造成学习上的难点。

二、教学中突破难点的主要途径

针对上述形成的主要原因，可采取以下途径于以突破①：

（一）感性领先，形成概念

丰富的感性知识，是防止抽象，帮助学生理解并掌握知识的有力手段。把学生的亲身体验与知识的学习融合起来，学生所得到的概念才是具体而有内容的，才能牢固地掌握它而不觉得抽象。

1．重视观察，加强实验

对于中学物理教学来说，重视观察，一方面要加强课堂演示（包括实验、模型、图示、实物等），并配合适当的参观和现场教学；另一方面，也必须充分利用学生的日常生活经验。由于学生有亲身的体验，有解释这些现象的强烈要求，因此，这样做也是最直观、最具有说服力的。

开展探索性学生实验，让学生亲自动手，通过实验来研究物理现象，然后在分析实验结果的基础上，学习新知识，也是突破难点的良好途径。

2．先定性后定量

问题定性的一面，总是比定量的一面容易理解，具体的一面总比抽象一面容易形成概念。因此，当交待一个物理公式时，应该从实际出发，先阐明定律的物理内容，然后再推导出数学表示

①以下内容见：张熊飞，《物理教学中突破难点的点滴体会》，《物理通报》，1965年第2期.

式。特别对于那些在教材中直接给出而未经推导的公式，如 $T=2\pi\sqrt{LC}$，更应结合学生的已有知识，力求具体地解释清楚。

对于已导出的物理公式，则要搞清每一项的物理意义，使学生能够解释它们，并能对推导公式的思路顺利地进行叙述。例如公式 $\varepsilon=BLV\sin\alpha$ 中，B，L，V，α 各代表什么意义？LV 代表什么？$LV\sin\alpha$ 代表什么？$BLV\sin\alpha$ 呢？这样处理公式，就把公式变“活”了。就容易避免由于死记硬背所造成的计算上的困难和错误。

3．温旧出新

应尽量利用学生已掌握的旧知识，把学生掌握新概念建立在旧知识的基础上。这样，才能使他们在思想上对新概念的接受感到比较自然。

在建立电场强度的概念时，总是说 E/q 是一个恒量，这个恒量表明了电场的一种性质——电场的力的性质。为什么这个比值是一个恒量，就能表明它是电场的一种性质呢？可以从比热的概念引入。实验指出：由不同物质构成的、质量相同的物体，升高（或降低）相同温度时吸收(或放出)的热量是不同的；但对同一种物质构成的质量相同的物体来说，吸收（或放出）的热量与温度变化之比则是相同的。这说明：在温度变化过程中，吸收（或放出）热量的多少跟组成物体的物质有关系，于是，就引入了比热这个概念来表示各种物质在这方面的特性。比热是由物质本身的性质决定的：同一种物质的比热是一个恒量；不同的物质的比热是不同的恒量。比热是物质的性质，电场强度也是物质的性质，不过是表示不同物质形式的性质；比热是实物的一种热学性质，电场强度是电场的一种电学性质。

（二）整体入手，逐步占有

物理学是一门系统性很强的科学。如果对前面的知识没有彻

底理解和熟练掌握，就会给后面的学习造成困难。因此，应该从整体知识体系出发，根据教材的内在联系，在各个教学的环节上予以加强，使教学工作一环套一环，环环紧相连，一步一个脚印地走下去，达到分散难点、逐步掌握知识的目的。

为此，必须注意以下几点：

1．抓住关键

所谓关键，就是对学习并掌握某部分教材起决定性作用的内容。诱导学生掌握这些教材，就能为突破难点创造有利条件。

2．安排伏笔

讲课时，为了给突破难点创造有利条件，要及时安排“伏笔”。

例如，“用附加电阻增大伏特计的量度范围”这个实验，学生不易理解。为此，在讲完全电路欧姆定律后，就布置了这样一道题：如图39所示，R_1和R_2是同一个电阻的两段，滑动接头B可以在该电阻上来回移动，从而改变R_1和R_2的电阻数值。R_3是一个较(R_1+R_2)大很多的高电阻。问：(1)接头B不动，增大R_3，V_{AB}是否变？为什么？(2)R_3不变，移动接头B，V_{AB}是否变？为什么？如果变？向哪边移动电压就增大？向哪边移动电压就减小？

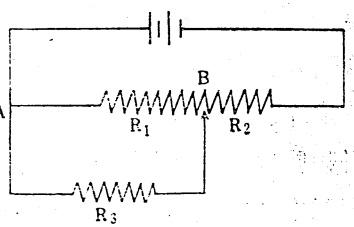


图 39

当预习实验时，只要把题目中的R_3换成伏特计，就能引导学生顺利地理解实验原理。

另外，就一个单元来说，应该从知识的整体出发，抓住知识本身的内在联系，讲解前边的知识时，就有意识地为讲后边的难点教材做一些准备。

譬如，“物态变化”一章中，露点是比较抽象、难以理解的

教材。为了突破它，应在开始讲饱和汽和未饱和汽的时候，就注意为讲这节课准备条件。特别当讲把未饱和汽变成饱和汽的方法时，甚至采取了语文课串讲的方式，把课文逐字逐句加以解释，使学生彻底理解。讲气体的液化时，将上述知识予以回顾，并注意空气的湿度的教学。这样，当讲“露点”时，就可用上述知识为提问内容，在学生回答问题的基础上，稍加引深，就可以不费力地把露点的物理意义交待清楚。再利用演示，把露点的测定方法交待清楚，学生就能比较轻松地在回忆旧知识的过程中，建立起新概念。

3. 揭露矛盾

掌握知识的过程，就是解决“知”与“不知”的矛盾。因此，讲课中要善于找出学生容易产生疑问的地方，抓住矛盾，揭露矛盾，解决矛盾。课堂上多提问“为什么”，少提问“是什么”，以便启发学生积极思维，调动学生的主动性，达到消除疑问，突破难点的目的。譬如，物体在做斜上抛运动过程中，在那个位置，总的机械能最大？为什么？

提出一些反面的、似是而非的问题，往往不仅能把正确的知识衬托得更明显，而且会使学生对基本概念理解得更彻底、更清楚，留下深刻的印象。譬如，在图40中，导线沿着箭头所指的方向运动，将产生什么方向的电流？为什么？

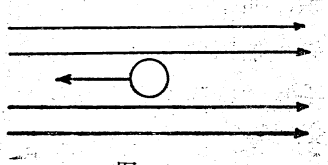


图 40

（明确感生电流产生的条件）或者问：若导线垂直于磁场向上运动，导线中电流方向如何？

（三）区别本质，明确联系

物理学知识，或者由于内容丰富，并且错综复杂，学生感到眼花缭乱；或者由于概念相类似，彼此有密切的联系，又有本质的区

别，容易混淆不清，从而使学生不易掌握，使用时更觉困难。

为了突破这一困难，可从以下两方面着手：

1．鲜明对比

进行具体比较，是人类认识客观事物的一种方法。在教学工作中，对那些容易混淆不清的知识，应该加强对比，使学生思想明确，便于理解掌握。例如一些有本质区别，又有密切联系的基本概念，如速率和速度、温度与热量、电势能与电势等等，就应该列表对比找出差别，通过实例加以分析，反复强调。

对于同一个物理量的不同表达公式，譬如，电场强度的公式：$E=F/q$，$E=Q/\varepsilon r^2$和$E=V/d$，应使学生掌握它们在物理意义上的区别以及各自所适应的条件。只有这样，学生在应用公式时，才不会硬套乱用。

列表对比，对于单元复习则更为重要，它能使学生获得条理分明的系统知识。

2．归纳整理

反映自然界固有规律的各个现象，不是杂乱无章的偶然堆积，而是有着内在联系的统一整体。因此，在一个单元之后，把知识加以整理归纳，形成基础知识结构图，以便抓住主线，统帅全局，从而变复杂为简单，变混淆不清为眉目清晰，把“厚”书变“薄”，使学生能一目了然。

（四）加强练习，掌握解题规律

学生最感困难的不是对课文的理解，而是理论的应用。常听见他们说：“书看懂了就是不会做题。”其实，这并不奇怪。理论的应用，是人类认识过程的第二个飞跃。为了促进这个飞跃及早完成，做一定数量的习题是必要的。但是，由于学生是在教师指导下获得知识的，属于间接知识，因此，教师在教学中给予学生

的，不应只是让他们会做几道题，而是给学生一把金钥匙，让他们掌握解题的一般规律，达到举一反三、触类旁通，会解更多的题。

例如，在动力学教学中，我们把习题分为三类：一个力作用在一个物体上；许多力（即力系）作用到一个物体上；力系作用到互相关联的许多物体（即连接体）上。

第一类比较简单，一般没有困难。但这类题是基本训练，也不能放松。教学时突出三点：（1）初步掌握物体受力情况的分析；（2）能根据力的大小和方向确定物体运动的性质，并善于把$F=ma$与运动学公式综合加以运用；（3）统一单位制。在此基础上，对第二类题要突出两点：（1）作图，进一步掌握物体受力情况的分析，并求得合力；（2）根据$F=ma$及相应的运动学公式列方程求解。一般说来，这类题困难也不很大。

难点在于解第三类题。但由于学生对上述解题规律掌握了，教学的重点则是解题的特殊方法。我们特别突出两点：（1）隔离体的选择；（2）联立方程组的建立。

这样处理后，学生反映："题虽然不易，但因为掌握了要领，运算时也不难，只要按规律一做就出来了。"这不是死套公式，而是一种定势思维的培养。这样就克服了那种拿到题无法下手的困境。

当学生掌握了解题规律以后，就要加强训练。如果上习题课时，老师连讲带运算，写了一黑板。学生端坐静听，课堂死气沉沉。或者，老师只把解题思路讲一下，就直接给出答案。学生不仅怀疑答案的可靠性，而且对讲的内容也理解不深，课后做题仍感困难。如果先让学生读题、思考，搞清题中描述的现象，分析物理状态和过程，从而找出解题步骤，并启发学生谈自己的解题看法。教师在总结归纳的基础上，进一步阐述解题思路，着重突

破难点和解题关键，然后由学生自己动手运算；教师在巡回中发现问题、进行指导。最后，教师再予以讲评，统一答案。这样，整个课堂师生共同活动，而以学生的活动为主，既可以调动学生的主动性和创造性，也培养了学生独立思考和独立工作能力。同时，也发挥了教师的主导作用。气氛活跃，收获较好。

当然，上述种种做法虽然是分别叙述的，但在实际工作中，正象所举例子那样，却是相辅相成，不可分割的。

应该指出：所谓难点，对学生来说，或者是不易理解，或者是不易掌握。上述前两点，主要是解决不易理解的困难，突出如何“讲”；后两点，主要解决不易掌握的困难，突出如何“练”。

还应该说明：所谓“难点”，并不是绝对的，而是相对的。特别是对于不同的学生、不同的班级，由于以往的知识基础不同，生活环境的差异造成的实践知识不同等等，难点也不尽相同。同时，教师本身的知识水平，特别是业务水平不同，以及教师安排教学的一些失误，造成的难点也不相同。

诸如此类的问题，我们这里都没有谈到，但对这些因素必须予以重视，必须加强教学工作中的调查研究，摸清底细，才能有的放矢。

第四节　编写教案，使教学过程计划化、条理化

教案，是一节课的教学实施方案的简称，又叫课时教学计划。

编写教案的目的，是制定实施教学的具体书面文件，以保证具体教学过程计划化，条理化。它是一系列备课工作的硕果，是上课时有案可循的依据，亦是教师检查质量和教学效果的凭证，

又是教师积累教学资料、提高业务教学能力的重要手段。因此，每个教师必须认真写好教案。

一、编写教案的一般规格

教案的规格和繁简程度不拘一格，因人而异。有经验的老教师可以简略一些；新教师则尽可能详细一些。一般说来，可包括以下内容：

（一）课题。即本课时的教学主题。一般可用课本上现成的标题，亦可是自拟的贯穿本节课的主题。课题可在开始传授新课时予以板书，画龙点睛，使学生留下深刻的印象。

（二）教材简析。扼要地写出教师分析教材后的认识体会等。

（三）教学要求。即本节课的具体教学目标。要写的简明扼要，尽可能具体，便于上课时目的性强，心中有数，也便于课后检查。

（四）教学的重点，关键和难点。

（五）教时。即本节教材所需要的课时是几节课。

（六）教学方法。即根据不同教材特点及设计的教学过程，而采取的主要教学方法。

（七）教具。应包括实验仪器、实物模型、挂图，图表和工具等项。要求具体写清楚。既有利于课前检查准备，也有利于以后教学参考。

（八）教学过程。这是教案的核心部分，整个的教学过程就体现在其中。它包括整节课的教学内容，知识段落和逻辑关系的有序安排，以及各部分采取的具体教学方法等。设计时要注意：

1．可大致有个时间分配，以便临堂掌握，保证突出重点、突破难点。

2．实验要附简图、步骤、分析的思路及结论等。

3．举什么实例，说明什么现象或规律，要具体、层次分明，避免“即席发言”，信手取来，而造成失误。

4．公式推导，典型例题要有简明步骤和结果。切忌临堂抱佛脚，难免出现错误。

总之，要考虑周到，层次分明，思路清晰，便于实施。千万不可麻痹大意。

（九）板书、板画设计。这不仅是为了加强计划性，亦可使教学具有条理性和系统性。既便于教师小结，又便于学生课后巩固。对新教师尤为必要。

（十）课后分析。是教师对教学过程及其效果的课后自我检查和小节，是贯彻“控制与反馈相辩证的原则”的具体实施，属于滞后反馈。也是将来实施新教学时的超前反馈。其内容主要包括教学计划的执行情况，达到什么程度、效果如何；有那些经验和教训，原因何在，今后如何改进；学生的反馈信息；听课者的意见；以及批改作业、课后辅导发现的问题；等。这是提高业务水平、积累教学资料的有效手段和重要步骤。有经验的教师都非常重视这一环节。

二、新教师编写教案时应注意的问题

自己掌握了的东西，要让别人掌握，并不是轻而易举的事情。尤其是刚走上讲台的新教师更是如此。因此，编写教材要注意以下几点：

（一）在思想上认识编写教案的重要意义，提高自觉性，这是新教师成长的必由之路。

（二）编写教案时应考虑的周到些，写的具体些、详细些。例如，对每个演示实验，必须用简图表示装置图（课本上有附图的

例外），列演示步骤，扼要分析过程和结论；对概念和规律要列出引入的实验、分析过程和结论，公式要有推导过程；对例题要写出物理过程的分析、求解过程，以及解题步骤；对提问学生的问题必须写出答案要求；布置的作业要有简要演算过程及答案；等等。

（三）教案形成后，要默讲、试讲几次。以便达到：熟悉内容，抓住纲目；吃透重点，抓住关键；融会贯通，突破难点；要求明确，过程清楚；一气呵成，运用自如。所有实验都要课前试作几次，掌握仪器的性能及可能出现的问题，以保证正式上课时获得应有的效果。只有认真准备，课堂上才能临阵不慌，教态大方，讲述生动，也才能与学生有感情交流，相互呼应，顺利完成教学任务。

（四）重视课后分析，认真积累教学经验，尽速提高自己的教学业务水平，力争早日成为一个优秀的中学物理教师而努力！

附一：《动量和冲量》教案

Ⅰ．教时：3课时。

Ⅱ．教材简析：在实验的基础上，理解冲量和动量的概念及它们间的联系——动量定理．本节教材是掌握本章知识的关键，因而要充分重视．要通过演示实验及实例，使学生领会引入冲量和动量的必要性．然后才能理解概念的物理意义，从而掌握它们，在此基础上掌握动量定理．教材顺序是先讲冲量后讲动量，这样处理有助于讲清动量的概念．注意应用本节知识解释一些物理现象。

Ⅲ．教学要求：

1．通过演示实验及实例，领会引入冲量和动量的必要性，进而理解和掌握它们的定义，单位和矢量性．

2. 理解动量定理，并熟练掌握其应用，理解其适用范围，并在具体运算中，能正确地反映出它的矢量性.

3. 培养学生研究物理现象的一般方法，使它们认识到：任何自然现象可以抽象为一些物理过程和物理状态. 研究自然现象的物理本质，就是要从各方面去掌握物理过程的各种特征和规律. 为此，必须引入相应的物理量来对这些特征和规律加以描述和计算，并创造条件，利用来为人类服务. 这就是说：引入任何一个物理量都是由于描述物理现象或物理过程时，为了阐述某些必不可少的特殊性质才提出来的.

Ⅳ. 教具：鸡蛋、厚塑料泡膜.

Ⅴ. 教学过程：

第一教时（初步领会冲量与动量，以及它们间的关系）

[引入] 简述本章重要性及安排.

[激疑] 鸡蛋从高空掉下，用什么办法才能不碎？为什么？

[演示] 让鸡蛋掉到厚塑料泡膜上，并未碎.

然后，再仔细分析：从同一高度落下，末速度相同，触地后，可以认为静止了. 那么落到水泥地上和澎松的塑料泡膜上为什么结果不同呢？（起了缓冲作用）

[又激疑] “缓冲”就是时间长了，这时，鸡蛋未打碎，说明受的力小了；在水泥地上作用时间短，鸡蛋打碎了，说明受的力大了.

[小结] 使物体速度的变化量ΔV一定，可以有两种方法：较大的力，作用较短的时间；较小的力，作用较长的时间.

这就说明，为了获得一定ΔV，既要考虑F，又要考虑力的作用时间.

[介绍研究物理现象的一般方法] 研究物理现象，就要概括出一些反映该现象本质的物理概念，找出这些物理量间的关系——物理规律，并把这些规律运用于实践，达到为人类造福地目的.

[读书] 那么，为了研究上述物理现象，我们将引入怎样的物理量呢？（让学生阅读课文有关内容）.

（学生看书时板书以下内容）

一、冲量和动量.

1．冲量：

(1) 引入冲量的必要性；

(2) 定义：$I=F\cdot\Delta t$；

(3) 单位：牛顿/秒及千克·米/秒；

(4) 矢量性：I的方向，即F的方向.

[引伸] 根据$F=ma$，对同一物体，F仅仅决定a，即单位时间内速度的变化量$\Delta V/\Delta t$；而要决定物体速度变化的大小ΔV，仅仅F就不够了，还必须决定于力的作用时间．换句话说：要想使一个确定的物体（m一定）获得一个确定的速度的变化量ΔV，决定于两个因素：力F和F作用的时间Δt．由此，我们提出了冲量.

[口算] 你用3牛顿的力把一个物体推动0.5秒，你给它的冲量是多少？

[激疑] ①质量相同、速度不同的两辆汽车，要在同一时间内停下来，那一辆比较困难？

②速度相同，质量不同的两辆汽车，要在同一时间内停下来，哪一辆比较困难？

[小结] 可见，只用“速度”来描述物体的运动状态是不够的．还必须考虑物体的质量，要用物体的速度和质量同时来描述它们的运动状态。因此要提出另一个新的物理量．（让学生阅读课文有关内容）

（学生看书时板书以下内容）

2、动量：

(1) 引入的必要性；

(2) 定义：$p=mV$；

(3) 单位：与I一样；

(4) 矢量性：p的方向，即V的方向。

[简述板书内容]

[举例] 物体在分别做匀速直线运动，匀加速运动，匀速圆周运动时，动量变化吗？为什么？

(二)动量定理

[激疑] 按照物理学的一般研究方法，我们提出了I和p，那么，它们间有什么关系呢？

让我们从牛顿第二定律来看看其结果。

[推导] $\Sigma F=ma=m\cdot(V_t-V_0/\Delta t)$

即：$\Sigma F\cdot\Delta t=mV_t-mV_0$

可见，只要物体受到的冲量I一定，则获得的动量的变化量Δp也一定；这就是它们间的关系.

那么，上式的物理含义是什么呢？(逐步分析之)即：物体所受合外力作用的冲量等于该物体的动量的增量.——动量定理 [板书：(二)动量定理]

[口算下列两题]

(1) 一个质量是8.0千克的物体，速度增加了4.0米/秒，它的动量增加了多少？

(2) 3千克的物体在12牛顿的力的作用下，速度由10米/秒增加到18米/秒，它受到的冲量是多少？力的作用时间是多少？

[应用]

①用动量定理解释鸡蛋落地问题；联系玻璃杯落地问题.

②运动员用手去接对方抛来的篮球时，手在接触篮球后，为什么手先往后缩一下，再把球刹住？

③ [学生实验] 将粉笔(或钢笔帽等)立于桌上，下压纸条的一端，将纸条慢慢的抽去时粉笔倒下；将纸条迅速抽去，粉笔仍然直立不倒.

[激疑] 为什么呢？

根据$F\cdot\Delta t=\Delta p$，当慢慢抽去纸条时，纸条给粉笔一个摩擦力F，作用时间Δt长，引起粉笔的动态变化Δp大，所以粉笔倒下；迅速抽去时，F仍一定，Δt极小，Δp极小，粉笔的状态几乎还没有来得及变化，作用力已消失，故不倒.

Ⅵ. [课外补充作业] 试根据下表中的五种情况的已知量(m、V_0、F、Δt)，求出各未知量[$F\cdot\Delta t$、V_t、$\Delta(mV)$]并将结果填入下表：

题序	质量 m（千克）	作用力 F（牛顿）	作用时间 Δt（秒）	冲量 $F\cdot\Delta t$（牛顿·秒）	初速度 V_0（米/秒）	末速度 V_t（米/秒）	动量的增量 $\Delta(mV)$ 千克米/秒
1	10	10	20		20		
2	20	10	20		0		
3	20	20	10		0		
4	20	20	10		5		
5	40	40	5		10		

试分析试验结果，将(2)和(1)比较；(3)和(2)比较；(4)和(3)比较；(5)和(3)比较．你都能分别得出那些规律性认识？

解：(2)和(1)比较：质量不同的物体，在相同力的作用下，经过相同的时间，获得不同的速度．质量越大，获得的速度越小，质量越小，获得的速度越大．只要$F\cdot\Delta t$相同，则物体获得的动量的增量$\Delta(mV)$相同．

(3)和(2)比较：要使物体获得相同的动量的增量$\Delta(mV)$，既可用较小的力，作用较长的时间(F小，Δt长)，也可用较大的力，作用较短的时间(F大，Δt短)，作用力F与作用时间虽不同，但两者的乘积($F\cdot\Delta t$)却相同．

(4)和(3)，(5)和(3)相比较：不论物体的质量，受到的力，力的作用时间怎样不同，也不论物体有无初速度，只要物体受到的冲量相同，那么，它们的动量的增量也相同．

第二教时：加深对上节的概念、规律的理解．

[教法] 由于要加深对概念和规律的理解，故以精讲为主．注意诱导学生思考．

一、为什么要引入冲量和动量这两个物理量？

引入任何物理量，都是研究自然现象的需要．人们面对爆炸，碰撞等实际问题时发现，不但要应用牛顿运动定律来研究和描述力的瞬时作用效果和规律，还要研究力的持续作用效果和规律．当研究力的持续作用对时间的积累效应中发现：物体机械运动的状态随力的持续作用而变化．就是说：在物体运动的过程中，无论力F如何变化，力F和它作用的时间Δt的乘积，只由物体在该过程中的起点和终点这两个位置(时刻)的即时速度和质量的乘积的矢量差来决定，而与中间的具体变化无关．这就是力对时间的积累效果的特

性，从而得到：

$$\Sigma F\cdot\Delta t=mV_t-mV_0$$

为了描述这个特性，我们引入冲量和动量这两个概念.

二、冲量和动量的突出特点是什么？

(一) 冲量(I)的突出特点：

1．矢量性。注意：课本指出冲量的方向“就是作用力的方向”这句话，只在作用力方向不变时才正确(作用力的大小可以变)。如果作用力的方向是变化的，由动量定理可知：冲量的方向就是动量的增量的方向。也就是说：冲量的大小和方向，总等于物体始末状态的动量的矢量差。这个结论是普遍适用的.

2．冲量是一个过程量，它总对应着某一时间间隔或空间的两个位置，而不是对应某一时刻或空间某一位置.

(二) 动量(p)的突出特点：

1．矢量性：动量的方向就是该时刻(或位置)即时速度的方向.

2．相对性：同一物体相对于不同的参照系的速度不同，因而动量也不同。当我们要比较物体之间的动量时，必须选择同一参照物(一般取地球).

3．动量是一个状态量．它总对应于某一时刻或空间某一位置(点)，并且是唯一确定的.

三、对动量定理的进一步认识：

(一) 表达式：$F\cdot\Delta t=mV_t-mV_0$　　即：$I=\Delta p$

该式的物理意义：物体在运动过程中，所受合外力的冲量，等于该物体的动量的增量.

(二) 注意：

1．所谓“合外力”可能是一个力，也可能是几个外力的合力；可能是重力，弹力等，也可以是这些力的共同作用；作用的时间可能较长，也可能较短，甚至极短．该力不一定是恒力，而常常是变力．是变力时可用一个平均力$\bar{F}$表示变力F的大小；$\bar{F}$和时间的乘积应等于变力F在同一时间内的冲量．但不论那种情况，动量定理都是成立的.

2. 冲量和动量都是矢量，因而$I=\Delta p$是一个矢量式，表示物体的动量变化是沿着冲量的方向产生的. 如果合外力的冲量方向与物体初动量方向一致，物体的动量就增大；反之，则减小. 如果合外力的冲量为零，物体的动量不变.

应用$I=\Delta p$计算时，要特别注意冲量和动量的方向，若选定某一方向的动量为正时，则相反方向的动量为负.

3. 两物体碰撞时，相互作用的时间极为短促，这种量值很大、变化很快、作用的时间又很短的力，一般称为冲力.

冲力和冲量是两个不同的概念：冲力是力，一般指作用时间特别短暂的力；冲量包含力和时间，冲量中的力的作用时间不一定是短暂的.

如果物体所受的冲力，比物体所受其它外力极大时，在计算中，就可以忽略其它外力，把冲力当做合外力，误差不大.

4. 在所研究的过程中，若合力中各个分力作用的时间相同，则合外力的冲量：$I=\Sigma F\cdot\Delta t$；即先求各分力的合力，再乘以共同作用的时间.

若各分力的作用时间不同，则合外力的冲量：

$$I=F_1\cdot\Delta t_1+F_2\cdot\Delta t_2+\cdots+F_n\cdot\Delta t_n$$

即把过程中各分力的冲量求出后，再求矢量和.

当外力是变力时，由$I=F\cdot\Delta t$所计算出的力$F=I/\Delta t$，只是该过程中的外力的平均作用的效果. 这就是我们求“平均冲力”的依据.

5. 动量定理的适用范围：

(1) 在碰撞、冲击一类的问题中，因为冲力是个变量，它随时间变化的关系很难测定，所以表示瞬时关系的牛顿第二定律就无法应用. 但从动量定理可以看出：物体在一段时间内动量的变化，只和它在这段时间里所受的冲量有关，而可以不考虑作用在物体上的力是怎样变化的. 这正是应用动量定理解决力学问题的优越处.

(2) 动量定理的应用，不局限在力作用的时间很短的碰撞，冲击等问题中. 对于物体受外力时间长的力学问题同样适用，如用绳拉一条静止在水面上的船，拉力越大，力作用的时间越长，船的动量变化就越大.

(3) 当物体的运动速度接近光速时，它的质量将显著地随着速度而改变，这时牛顿第二定律$\Sigma F=ma$就不再成立．但实验证明：在这种情况下，动量定理仍然有效．因此，动量定理比牛顿第二定律具有更大的普遍意义（此内容只简述一下）．

6．应用动量定理解题的一般思路（注意诱导学生从定理本身得出）：

(1) 确定研究对象；

(2) 进行受力分析，并据此求出对象所受的冲量．

(3) 分析物体始末状态的速度，从而确定动量的增量．

(4) 根据动量定理列方程，统一单位，求解．

(5) 分析解题结果，总结规律性认识．

(注)第三课时为习题课(略)

附二：《动量的变化》教案

Ⅰ．教时：一课时．

Ⅱ．教材简析：动量守恒定律在力学及至整个物理学中占有重要地位，它是自然界最重要最普遍规律之一．教学大纲指出：动量守恒定律要以实验为基础，是通过对实验的分析总结出来的，而不是根据牛顿第二、第三定律推导出来的．而“动量的变化”这节教材为动量守恒定律的引出打下基础．因此，要重视这节内容的教学，要引导学生从分析实验结果入手，找出物理规律，从而培养学生分析问题的能力．

Ⅲ．教学要求：

1．明确动量守恒定律是通过大量观察和实验总结出来的规律，它是自然界的最重要最普遍的规律之一．

2．本节教材是培养学生实验观察能力，并从分析实验结果入手，寻找物理规律，从而培养分析问题的能力．并且使学生明确物理学是以实验为基础的科学．

3．在观察分析实验过程中，培养学生实事求是的科学态度和严谨的学

风.

Ⅳ. 教学方法：实验探究法.

Ⅴ. 教具：汽垫导轨和全套附件.

Ⅵ. 教学过程：

[引入] 从所学的知识和我们的经验可知：当物体在相互作用时，它们各自的速度都发生变化，这就是意味着他们的动量都要发生变化. 例如：打克朗球，打乒乓球等等.

二、[定性演示] 打开汽源开关，调节导轨螺丝，使其水平.

[演示1] 使等质量的两滑块作对心碰撞. 让运动的滑块A碰撞原来静止的滑块B时，会看到滑块B开始运动时，滑块A却停止下来. 这表示：两滑块相互作用时，它们的动量都会发生变化. A滑块失去动量，B滑块得到动量，说明动量可以传递.

[演示2] 给A滑块增加质量，使A碰撞原先静止的B，B被撞击后发生运动（表示动量增加），而A速度立即减小（表示动量减小），A尾随B前进（两者向同一方向运动）.

[演示3] 改用质量小的B去碰撞原来静止的A，A被撞后向前运动（动量增加），而B被反弹回来（其动量先减小到零，然后反向增大）.（注意让B的原速度小点）.

[结论] 任何两个物体相互作用时，它们的动量都会发生变化.

[强调]

1. 单个物体无相互作用而言，说到相互作用，则至少有两个以上的物体. 为了研究方便，物理学把相互作用的物体称做系统.

2. 系统里的每个物体，既可受到系统内其它物体的作用，也可受到系统外其它物体的作用. 前者称为内力，后者称为外力. 要注意在分析系统的受力情况的基础上分清内力和外力.

[激疑] 既然系统内的物体相互作用时，动量各有变化，那么，这种变化有没有规律可循呢？唯物辩证法向我们指出：世界是物质的，物质是运动的，运动是有规律的，规律是可以认识并加以运用的. 让我们通过实验来发

现这个规律吧！

二、［定量研究系统动量变化的规律］

［演示1］在A滑块上装上∧形弹簧，用细线系接两滑块的小钩，使弹簧有一定程度的压缩．将两滑块置于60厘米处，使其静止．

［提醒］若烧断细线，弹簧恢复原状，则滑块各受到弹力的作用；将怎样运动？（向相反方向运动）质量不同的两滑块获得速度相同吗？（不同，质量小的速度大，质量大的速度小）

［介绍实验步骤及应记录的数据］在全部实验里，数字计时器的“工作状态”开关置于“$S_2^{\square}$”位置，“量程”开关置于“$1ms$”的位置．在每次实验开始时需“置0”，即令数字显示为“0”．为了能来得及记录两次时间，将数字计时器的光电输入装置S_1靠近质量小的B滑块放置，而将S_2则稍远离质量大的A滑块放置．

烧断细线，迅速记下两个滑块分别通过 S_1，S_2的时间Δt_1，Δt_2(选用$L=5cm$挡光框)，以便算出即时速度．(注意：滑块到达两端时，迅速抓住，以免返回．提醒学生：如何记录Δt_1，Δt_2)．将实验各数据记录于下（指出：记录数据一律用国际单位制）．并用计算器迅速算出结果．

$m_1=$　　$m_2=$

$V_1=0$　　$V_2=0$

$p_1=0$　　$p_2^{\square}=0$

$V_1^{\square}=L/\Delta t_1=$　　$V'_1=L/\triangle t_2^{\square}=$

$p'_1=m_1V'_1=$　　$p'_2=mV'_2=$

$\Delta p_1=p_1=$　　$\Delta p'_2=p'_2=$

［结论］　　$\Delta p_1=-\Delta p_2$　　（强调在误差范围内）

这个结论如何理解呢？从理论上来看：$F_{21}=-F_{12}$，Δt相同，故$I_1=-I_2$，由动量定理：$\Delta p_1=-\Delta p_2$．（牛顿第三定律）

再做一次实验，记录下Δt_1与Δt_2，让同学课外计算。

[演示2] 使质量大的A滑块静止置于60cm处（不插挡光框）．置B于导轨始端，插上L=5cm挡光框，靠近光电门S_1．另一光电门S_2放于85cm处，在两滑块的相对端面上涂上少许凡士林。

轻轻的推动A向B运动，相碰后粘在一起，继续向前运动．迅速记下A通过S_1及共同通过S_2的时间间隔Δt_1，Δt_2算出相应的即时速度．记录于下：

$m_1=$	$m_2=$
$V_1=L/\Delta t_1=$	$V_2=0$
$p_1=m_1V_1=$	$p_2=0$
$V_1'=L/\Delta t_2=$	$V_2'=V_1'=$
$p_1'=m_1V_1'=$	$p_2'=m_2V_2'=$
$\Delta p_1=$	$\Delta p_2=$

[结论] $\Delta p=-\Delta p_2$ （误差范围内）

再做一次实验，记录下Δt_1与Δt_2，让同学们课外计算。

介绍课本上的闪光照片图．指出：如何读出闪光照片的位移，如何计算各自的即时速度？然后引导阅读课文有关内容．

[激疑、引伸] 上述情况是比较特殊的：物体在碰撞前后都在同一直线上运动，这种碰撞叫正碰．那么，对于一般的斜碰，即碰撞前后物体的运动方向没有在同一直线上，情况又怎样呢？有兴趣的同学，可以自己思考研究一下．高中阶段不深入研究这一问题．

三、[总结] 从上述实验可知：相互作用的两个物体的动量要发生变化，但各自动量的增量总是大小相等，方向相反．即：$\Delta p_1=-\Delta p_2$．这就意味着一个动量的增加，恰好等于另一个动量的减小．那么，就整个系统来说，总的动量的增量则为零，即：$\Delta p=0$．

这就是动量守恒定律，我们下节课再做进一步探讨．

Ⅶ．课外作业：

认真阅读课文，自己动手量一下闪光照片，具体计算一下，以求真正的

理解。

Ⅶ. [课后简记] 自己动手能力太差，实验技能过不了关，造成实际教学与设想有不少差距。如果实验再顺利一些，效果会更好些。

第二章　加强物理实验，是中学物理教学的认识论基础

物理学是一门以实验为基础的科学。物理学的概念和规律大部分是在实验观察的基础上，经过分析、综合而概括总结出来的；即使从原有的知识演绎出新的理论，也必须经过实验验证，才能被确认下来。根据物理学的知识之序及辩证唯物主义的认识之序，可以说，没有实验，就没有物理学。

我们所要阐述的，是物理教学实验。我们知道：科学实验的目的，在于发现新的物理现象、探索或验证新的物理规律、或者探求新理论在实践中的具体运用；它是按照有待探索的新事物而确立的，它的最大特点是在未知中探求。然而，教学实验，则在于创造学习物理的环境，沿着一条正确的轨道，使学生在认识活动中，去学习人类已经掌握而学生有待认识的事物，达到物理教学的目的；它是按照一定的教学目的，结合教学的实际情况而设计确立的；它的最大特点是必然能获得确定的物理理论。中学物理教学必须以实验为基础。可以说，没有物理实验，也就没有中学物理教学。为了更好地贯彻实践和认识相辩证的原则，必须切实加强实验教学，把物理课从以解题为中心的教学转变为以实验为基础的教学。使物理实验不仅做为教学手段，更重要的是：要使物理实验切切实实的成为物理教学的内容。

第一节　中学物理实验教学的任务

中学物理实验教学应充分体现中学物理教学的总任务。具体来说，它的任务如下：

（一）是学生获得牢固的物理学基础知识的认识论基础。目前，不少学生反映“物理难学”，究其原因，难就难在没有创造一个学习物理的良好情境，没有真正地重视物理实验教学。既然物理学本身就是一门实验科学，为了让中学生掌握物理学基本理论，只有首先创造学习物理的环境，使学生通过观察实验，既激发学习兴趣，又获得丰富的感性认识。然后才能更好地从探索阶段转化为研究阶段，顺利地通过形象思维和逻辑思维活动，活生生地形成物理概念，总结物理规律。

（二）通过实验教学，既可使感性材料转化为概念和规律时，促进思维能力的发展，又可使学生掌握实验的技能和方法，更重要的是培养学生实验能力。具体来说，实验能力包括观察能力，操作能力，数据处理能力，以及实验设计能力等。

1．观察能力

物理教学中的观察，是指学生直接运用感觉器官，或间接借助于直观手段对物理现象的一种有目的，有计划，并且持续反复的知觉过程。特点是人为地创造条件促进观察的顺利进行。

观察的目的，一是感知物理现象，了解其特点和发展变化，体现观察的敏感性和全面性；二是获取感性资料，如数据等，体现观察的准确性；三是积极进行思维，挖掘出细微的、不平常的、但却很有意义的内容，体现观察的深刻性。

观察作为一种能力，需要在教学中认真培养训练。为此，应

该做好：

（1）要结合实际，启发学生养成认真观察物理现象，勤于思考问题的自觉性。譬如，利用物理学史的许多生动事例（如伽利略在比萨教堂观察吊灯的摆动，发现等时性定律等），对学生诱导教育。并在教学中，有意识的布置一些观察作业，如讲“汽化”让学生观察家里烧开水时，锅底“汽泡”的变化情况，等等。

（2）课堂要创造条件，引导学生学会观察什么？如何观察？这就要介绍实验的仪器结构，具体的观察点，重点看什么、想什么，等等。譬如，在引导学生探索等温条件下，气体状态变化规律时，就有意识地提出一些实验中应注意的问题，诱导学生去观察。

（3）教给学生进行观察的一些具体的方法。譬如：①对比观察法。如：用单摆演示共振现象；水沸腾前与沸腾后，水中气泡上升过程中有何不同；自感现象的演示实验中，切断或接通电键时，对比两灯泡亮度变化的差异；等。②分步观察法。复杂的物理现象，则引导学生按照一定的步骤，一步一步的仔细观察。如：利用内燃机模型一步步地观察四步冲程时，进气阀门、排气阀门，活塞各如何运动；用波动演示仪观察横波的形成过程时，从一个个振动质点的运动看横波是如何形成的，等。恰如电影的慢镜头一样，采用庖丁解牛的方法，让学生在分解动作中全面地观察物理现象。③归纳观察法。即从一个个的现象观察中，先得出一个个结论，然后归纳出一般的规律，是一种由特殊到一般的认识过程。如：力的概念的形成，就是由推、拉、举、压、吸引、排斥……现象中，最后归纳出来的；又如，牛顿第二定律就是控制条件，分别研究：F一定，a与m的关系，及m一定，a与F的关系，最后归纳出来的；而一定质量的理想气体状态方程 $PV/T=K$，就是从气体实验三定律归纳出来的；等等。

2. 操作能力

主要是指基本仪器的使用和读取数据的能力；仪器及直观设备的组装能力；排除设备故障的能力等。着重于培养学生使用仪器的技巧。对学生来说，属于模仿性学习。因而，具有强制性。譬如，要学会正确使用仪器，严格遵守安全操作规则等。教师应认真做好示范，一丝不苟地要求学生学好。例如，安培表、伏特表和电流表要注意电表上的符号和量程；使用时若预先估计不出电流强度或电压的大概值，则应先使用大量程；电流表一般都只有微安数量；连接导线时，要注意电表的正负接线柱，不能接错；接通电路时，应手持电键，眼看仪表；等等。

中学物理实验的基本仪器和量具有：米尺、游标卡尺、螺旋测微器、停表、天平、弹簧秤、打点计时器、气压计、量筒、温度计、电池、安培表、伏特表、电流表、滑线变阻器、电阻箱、万用电表，以及示波器，惠斯通电桥等。

3. 数据处理能力

中学阶段，处理实验数据的主要方法是图线法。即依据取得的实验数据，建立坐标系，找出实验数据点，描绘出图线，然后根据图线分析出变量间的关系，"发现"物理规律。下述附录中，研究气体等温变化规律的探索性实验，就是利用图线法总结出波义耳——马略特定律的。

4. 实验设计能力

就是诱导学生根据所学的物理知识，按照一定的目的任务，自己独立设计实验方案的能力。

例如：对于以下各实验，要求回答：(1) 将采取什么方法？(2)记录哪些数据？(3)根据什么物理原理列式？(4)推导出所测物理量的表达式。

(1) 只有卷尺，想要测定玩具手枪子弹的出口速度。

(2) 给你一台磅秤、一个卷尺、一只秒表，设计一个测定在水平公路上滑行的自行车所受阻力的方案。

(3) 给你一杆秤、一条绳和一根米尺，估测出水平抛出的石块的动能。

(4) 需要哪些测量仪器或器材，就可以自制一个秒摆？设当地的重力加速度 $g=9.81$米/秒^2。

(5) 用几根圆铅笔垫起一块木板，让一辆玩具小车从木板的一端开到另一端，出现了什么现象？你怎样解释这个现象？你能用这个方法估测出小车的速度吗？

(6) 给你一个长约50厘米，一端封闭粗细均匀的玻璃管（管内有一段10--15厘米长的水银柱封住一段空气柱）和一个米尺，测定出当地的大气压强。

(三) 在整个实验教学过程中，培养学生实事求是、一丝不苟的科学态度；勤于动手，善于操作，踏实认真的科学习惯等一系列非智力因素，使学生成为健全的接班人。

附：气体等 变化规律的研究

作为完成中学物理实验教学任务的具体体现，下面我们特举出一个研究气体等温变化规律的探索性学生实验的具体实施过程，供大家参考.

一、预习和实验的启发性讲义(印发)

(一) 引言：对于一定质量的某种气体来说，它所处的状态是由压强、体积和温度这三个参量来描述的。那么，一定质量的气体的状态参量的变化，到底有什么规律呢？

我们在研究F、m、a之间的变化关系，从而总结出牛顿第二定律时，曾采用了“控制条件”的研究方法。即：先保持一个量不变，通过实验，研

究其它两个量之间的变化关系，最后达到认识F、m、a三参量间相互变化的关系．研究P、V和T间的关系，也是如此．

（二）实验目的：研究温度不变时，一定质量的气体的压强随着它的体积的变化而变化的规律．

（三）实验过程的设计：

1．在一端封闭的粗细均匀的玻璃管内，注入一段长为h厘米的水银柱，水银柱下封闭了一段空气．已知大气的压强为p_0厘米高水银柱，试确定在下列各种情况下，被封闭空气柱的压强是多少？气体的体积如何求得？气体的温度有无变化？为什么？(1)玻璃管开口向上，竖直放置；(2)玻璃管开口向上，倾斜放置(管子与水平面的夹角分别为30°，45°，60°等)；(3)玻璃管水平放置；(4)玻璃管开口向下，竖直放置；(5)玻璃管开口向下，倾斜放置(倾斜角度如上)．

2．给你下例器材，试自己设计一个实验，来研究温度不变时，一定质量气体的压强与它的体积间的变化关系．(1)一端封闭的粗细均匀的玻璃管，长为50厘米，直径为2—3毫米，管的一端有一段被10—15厘米水银柱封住的空气柱。(2)有毫米刻度的米尺．(3)量角器(或含有30°，45°，60°角的三角板)(4)水银气压计(全班用一个)．

3．在你所设计的上述实验中，请注意以下问题：(1)实验的目的是什么？(2)实验时研究的对象是什么？(3)实验时，如何保持研究对象的等温变化？(4)实验时，如何量度水银柱的长度？(5)实验时，如何保证水银不漏出，不使水银柱断裂？如果发生了，应该怎么办？

（四）实验记录的整理：

1．从实验记录的状态参量P与V的值，你能否定性的看出来：当某个量增大(或减小)时，另一个量是如何变化的？请猜想一下P与V间存在着什么关系？

2．如果一下子看不出来，试以图线法加以研究：根据你测定的几组P、V值，在坐标纸上以V为横坐标，P为纵坐标，找出几个代表气体的某一平衡状态的对应点，然后，将这些点连成一条光滑的曲线．你能否从曲线看出，P与V间的变化属于哪种函数关系？

3. 如果看不出，试再以$1/V$为横坐标，P为纵坐标，找出一些对应点，并把它连成一条曲线，再看看P与V间属于哪种函数关系？

4. 如果还看不出来，那么，请求一下各平衡态的P与V的乘积PV，并比较一下各个PV乘积，在实验误差范围内看看它们是否大致相同？从而找出P与V间的函数关系是什么？

5. 在实验报告中，请你写出“分析整理的思维过程”。即：如何归纳现象，整理记录数据？如何由现象和数据的分析中，猜想、假设出规律？你如何证实这些猜想、假设？分析整理的最后结论又是什么？还有哪些疑问和想法？总之，你是怎样分析整理的，你就怎样写。

二、一位学生分析整理的思维过程

陕西省西安中学高八六级五班刘向东同学实验后，在实验报告中写道：

首先，从我们观察实验的数据可以看出：在温度一定的条件下，随着气体体积的增大，气体的压强减小；反之，随着气体体积的减小，气体的压强增大。由此，我们可以初步猜想：气体的体积V和压强P之间的关系有可能是“反比例关系”。

为了证明猜想是成立的，第二步我们根据实验数据绘出了V—P图象，如图41(甲).从图上可看出，所绘图象接近于双曲线的一支，表达的是反比例函数关系；为了更准确更明显地证明假定的正确性，又绘出$1/V-P$图象，如图41(乙).从图象上可以看出，这些点所连成的线可近似地看作一条直线，

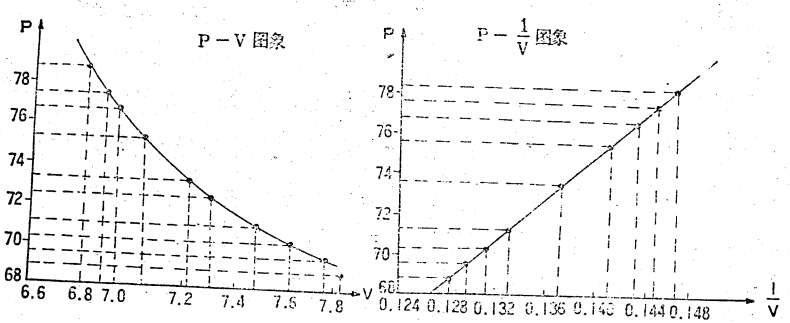


图 41

它表达的是P和$1/V$之间的正比例函数关系，也就是P与V之间的反比例关系．为了证实P和V之间的反比例关系，我们由实验数据计算出PV的值，所得到的数字误差不大，可以近似地把它看作一个常数，即$PV=K$，从此式中明显地看出P和V是反比例关系．

由以上三步，我们得到结论：在实验误差允许范围内，在温度一定的条件下，一定质量的某种气体的体积和压强是反比例关系．

三、体会

学生经历了一次“发现”物理规律的实践过程。然而，学生在学习过程中的“发现”是与科学发现不同的．这里，要充分发挥教师的主导作用，在“诱”字上下功夫．从刘向东同学的思维过程可以看出，她由猜测、假设，到一步步验证，最后总结出规律．这正是教学中，创造思维的培养过程，也是科学态度、科学精神等非智力因素的培养过程．

第二节　中学物理课堂演示实验

中学物理教学实验，从完成实验的主体来看，可分为课堂演示实验和学生实验两类．本节只论述前者．

一、物理演示实验及其形式

演示实验是指课堂上紧密配合教学内容，而由教师操作表演的实验．

中学物理演示实验的形式是多样的，譬如，教学挂图，可以利用多种色调，通过剖视，把一些复杂设备的内外结构清晰地展现在学生面前；实物模型，则可突出机械的主要部分，形象逼真地演示其基本动作；幻灯投影，有静止的图片，更发展为活动的投影片，甚至把仪表做成小型、透明的示教型式，投影于银幕上，变化无穷，大显神通；运用仪器演示各种物理现象，以便形成概念、建立规律，这是演示实验的主体；等等，

二、演示实验成功的基本条件

效果是演示实验的生命。成功的演示，给学生以令人信服的深刻印象，保证教学的顺利进行；如果演示失败，则容易转移学生注意力，引起不必要的阻力。因此，任何演示实验都必须做到：只许成功，不许失败。为了确保演示实验成功，应该注意以下基本条件：

（一）目的明确，科学性强

演示实验要以揭示现象的本质，说明物理问题为目的，不能认为演示越多越好。学生已有了丰富的感性认识，如引入机械运动，力的概念等，就无必要烦琐地演示了。要在知识的重点、关键处，出乎学生意料处，安排设计实验，以利于学生形成概念。譬如，帕斯卡裂桶实验，马德堡半球实验，等。

实验中可以出现误差，但不允许出现科学性错误。教师不可弄虚作假；更不能把演示搞成“变魔术，耍把戏”；不能出现实验原理上的失误（如用两个质量相等的金属球，从倾斜度不同的斜面上滚下，来验证牛顿第二定律）。

（二）结构简单，主体突出

实验中，能用简单的仪器，绝不用复杂的、精密的、贵重的仪器，以免喧宾夺主，影响学生注意力。例如，“低压沸腾”的演示实验，课本上往往介绍利用抽气钟罩抽气的方法；或将烧瓶中的水加热沸腾后，倒置过来再浇上冷水的方法。这两种方法设备都比较复杂，演示时间较长。如果改用玻璃瓶代替抽气钟罩，内盛满不低于85℃的热水，拧紧瓶塞(瓶塞中穿一段细玻璃管)，再用注射针筒代替抽气机，用一段橡皮将注射筒与瓶上的细玻璃管连接，然后利用针筒抽气，玻璃瓶中空气压强减小时，瓶中热水就会出现沸腾现象。较之前两种实验方案，它的优越性是明显的。又如：演示自由落体运动，如果用洋“毛线管”，必须用抽

气机抽气。如果采用一个硬币和一小片纸也就演示了。总之，如果仪器设计得简单明瞭，制作起来就能省工省料，演示介绍也很方便，让学生观察的主体也重点突出了。土法上马，很解决问题。

为了让学生观察清楚所要观察的主体现象，必须排除与演示的主要矛盾无关的其它物体、声音、影子及气味的干扰。譬如：为了避免其它物体的阻挡和影响，除了与演示有关的仪器、模型外，桌上不放其它东西，以免干扰学生视线，喧宾夺主；即使是需要的仪器，放置时也要层次分明，应把重点观察的仪器、仪表放在最明显的位置，避免次要的细节分散学生注意力。教师站的位置不要遮住学生视线；必要时还应把仪器依次转向各个方向，让所有的学生都能看清。杂声的影响，如气垫导轨的鼓风机燥音太大，影响学生情绪和教师讲解；当用火药打炮演示反冲运动时，声音巨响，造成学生心理上的威胁，有的学生捂着耳朵，提心吊胆地观察实验，能有好的效果吗？光学实验及幻灯教学要排除不必要的影象出现。要及时通风，排除各种有刺激性的气味（如火药味、酸味等）的影响。当干扰排除后，要把学生注意力集中到要观察的物理现象处，以便加深感性认识，便于进一步思维加工，形成概念。

（三）能见度大，清晰度好

演示时所用的仪器应选择大一些，以便使坐在最后的学生也能看清楚。如果仪器太小，即使实验做得很准确，但只限于教师或个别学生看准，而全班绝大多数学生看不清，或者根本看不见，就失去了演示的意义和作用。为此，做力学实验时采用大型电动表或大型数字式电子计时器；热学实验选用大型温度计；电磁学演示实验，则采用立式、长指针、高灵敏度的大型万用电表，使学生看清电流、电压等现象的变化及读数。有时，教师要创造条件，自制一些能见度大的仪器，如做电流的磁场演示时，

自制一个大型螺线管，在管的上下、左右、内外均放置一些小磁针。通电时，全班学生都能直接看到磁针的转动及其南北极指向，并据此绘出磁力线，收到很好的演示效果。

为了达到清晰度好，表现力强，一般采用以下一些措施：1.背景衬托法：如用白色的背景显示黑色球的运动，以增大色彩的反差；用红色液体突出玻璃管中的液面；白色的仪器或运动物体却以黑板为背景。2.染色醒目法：把要观察的要害部分染上醒目的色彩，如杠杆、仪表上的指针、磁针的端点等都染上颜色；对力的方向、磁场的方向，电流的方向，以及物体运动的方向等，则以有色的矢量箭头显示出来；用喷烟法显示空气中的光路；用有色液体做流体实验；等。3.投影放大法：对于细小物体，或仪器本身不可能做得太大，以及一些只能水平放置、不便于学生观察的实验，则利用投影器投影而放大于屏幕上。如分子的扩散，布朗运动、发波水槽、磁力线、电力线，以及日光灯起辉器的工作原理，等。4.固定细观法：把一动就扰乱了的物理现象，设法固定起来，以便仔细观察。如铁屑形成的磁力线用熔化的蜡固定起来，发给学生轮流细看。5.变静为动法：把某些物理现象（如波动过程、波动的干涉、衍射等）制成可动的幻灯片，再利用投影器加以演示，效果显著。

（四）生动有趣，形成悬念

生动而有趣的演示实验，不但能最大限度地调动学生学习的积极性，而且留给学生的印象是深刻的。例如，用“烧金鱼”的实验来演示水是热的不良导体，学生看到烧瓶口的水在沸腾，而烧瓶底部的金鱼却在自由自在的游动；学生可能一辈子也忘不掉这样生动有趣的演示。比用一块冰块，或用一支温度计演示，更能引起学习的兴趣。生动的演示，还容易形成悬念，使学生顿生疑问：为什么？然后再去诱导理解，更能留下终生难忘的记忆。

（五）及时诱导，启发思维

演示前，要让学生明确演示目的，介绍使用的仪器及作用。演示过程中，要集中学生注意力于主要的观察目标上，告诉学生观察什么，怎样观察，并及时地诱导学生思考现象的本质属性或现象之间的因果关系，把“动眼”所看到的现象，通过“动脑”去认识现象的本质，以便逐步引出规律性的认识。如果需要定量演示，则要说明如何测量，如何读数，怎样作数据处理，等。总之，从始到终都要及时诱导学生：观察现象，发现问题，获取数据，分析思考，总结规律。

第三节　中学物理学生实验

一、物理学生实验

学生实验，就是由学生亲自动手作的物理实验，它是相对于由教师动手所做的演示实验而言的。两者相对比，演示实验以教师演示和讲解为中心，学生缺乏主动探索的精神，难免对所学的知识理解不深，对发展学生的智能不利。而学生实验更容易使学生变被动接受为主动学习，成为学习的主人，更能激发学生强烈的求知欲和浓厚的学习兴趣。

二、物理学生实验的主要形式

学生实验一般有三种形式：边学边实验、分组实验、课外实验。

（一）边学边实验

就是在课堂上，学生一边学习老师讲授的新课，一边在教师指导下做有关实验。这是把新课学习与学生实验同时并进式的教学形式，也是变演示实验为学生实验的最好方式。在仪器设备允许的

情况下，或者“以土代洋”，自己制作一些仪器的情况下，均可以这样进行。学生亲自动手，物理现象观察清楚，既发挥了学生的主体作用，调动了学生积极性，提高了学习兴趣，又培养了实验能力。又由于边学习边实验，有利于学生更具体更形象地形成概念，建立规律。近年来，为了配合物理课堂教学，研制了成套的学具，更使边学边实验这种形式得到新的发展。

边学边实验教学，通常采用提出问题，进行实验，分析现象，总结规律等四个环节。其中提出问题是启发，实验是基础，分析是关键，总结是硕果。

（二）分组实验

就是在实验室内，利用整节课，在教师指导下进行的实验。这类实验，一般要求学生课前做好预习，掌握实验所需要的理论知识，明确实验目的、方法和步骤，并尽可能在课前向学生供提数套仪器，让他们有机会了解待用仪器的性能和注意事项。在完成上述工作的基础上，准备好实验报告。这样，实验时就能有备无患，尽快地进入操作过程。教师则巡回辅导，诱导启发学生自觉地专心致志地做好实验，帮助学生充分发挥主体作用。待到大部分学生完成了实验，则可诱导学生进行讨论与总结，分析影响实验误差的因素。然后，在课外完成实验报告，总结出理论。

关于实验课文的写法，初二教材仍是按“目的”、“器材”、“步骤”等格式来叙述。这是考虑到初二学生刚进行实验，便于理解实验目的，按步骤做好实验，并养成良好的实验素养。教师要认真诱导，避免机械的“照方抓药”。从初三教材开始，即取消上述写法，着重于说明实验的原理和作法，并随时提出一些问题让学生思考。要求学生通读课文后，理解课文内容，知道实验原

理和目的，自行确定实验步骤，从而避免盲目按书上规定操作，更有利于培养学生能力。教师要教育学生实验前做好预习，认真阅读课文。初三开始时，可适当地对实验原理、目的、步骤给以讲解，到了高中则要逐步提高要求。应诱导学生在弄懂原理的基础上，既要知道怎样操作，又要知道为什么要这样作，使学生在实验过程中手脑并用，取得更好的效果。

(三)课外实验

目前的教材中，都安排了不少学生课后做的课外实验。这类实验，仪器简单，易找易制，操作也很简明容易；主要是实践性的实验，有趣味，或有一定的实际意义，要求学生运用所学的知识去处理实际问题或解释观察到的物理现象。它是物理教学的一种极好的补充形式，更有利于培养学生的独立工作能力，更富于创造精神。

做课外实验，也应写出简单的实验报告，以培养严肃认真的科学态度。亦可和课外科技活动结合起来，给予必要的指导。同时要注意安全，譬如，不要布置用交流电做某些实验，以免意外事故。

实验教学，特别是学生实验，目前仍是中学物理教学的薄弱环节。没有学生实验，将不成其为物理教学。因而要尽量设法予以加强。编入教材的学生实验，要争取全部做好。条件差时，可用类似的代替，至少也要给学生加以演示。教师要创造条件，发动学生，以土代洋，自己动手做一些仪器。条件好的学校，尽可能把演示实验变为学生实验。特别是多开展一些探索性学生实验，这将在下节专门介绍。

第四节　探索性学生实验的具体实施

为了让学生真正地理解知识，培养他们获取知识的各种能力，必须把物理实验做为教学内容及探索物理知识的重要手段，把学生实验的主动权交给学生。开展探索性学生实验教学，正可以为达到这一目的而创造一个良好的学习环境。

所谓探索性学生实验，就是在教师的诱导下，让学生亲自通过实验观测，去探索研究，总结出物理规律的学生实验。这种教学形式，不是让学生用实验来验证已经知道了的物理知识（这种实验是验证性实验），恰恰相反，新的原来并不知道的结论，要从观测结果的分析研究中得到。学生自己以实验的手段解开了科学之谜，激发了浓厚的求知欲，调动了学习的积极性和主动性，培养了向科学进军的独立工作能力和创造能力，领会了研究自然科学的一般方法，亦有利于正确世界观的形成。

根据中学生学习心理结构的基本要素，① 开展探索性学生实验教学一般应该经历以下四个阶段。

一、引导准备阶段

探索性学生实验只是具有“探索”的性质，既不是创造发明，也不是让学生象前辈那样，在荆棘满布的科学小径上模索。因而，要充分发挥教师的主导作用，坚持有准备地进入实验室，而不能盲目上阵，无的放矢。课前，教师要做必要的有目的的引导，使学生对探索的目的和途径有比较明确的认识。

①详见第一编第二章第二节。

如何进行引导准备呢？一般有两种做法：

一种是由教师根据实验目的，设计一系列程序性实验。课前印成讲义，发给学生预习准备。楞次定律的探索性实验就是如此。通过电磁感应现象的分析，学生已经知道了产生感生电流的条件；也观察到某些条件不同，感生电流的方向也不同。那么，如何判断感生电流的方向呢？围绕着感生电流的磁场与原磁场的磁通量变化之间的关系这一主题，设计了八个程序性实验，印成讲义，布置学生在实验课前认真预习准备(详见本节所附教案)。

另一种则由教师创造必要条件，启发学生自己设计实验。本章第一节所述的玻意耳——马略特定律的探索性实验就是这样做的。讲完“气体的状态参量”后，为了让学生明确探索目的，先介绍全章研究P、V、T三参量间相互关系的方法和步骤。着重让学生明确，象研究牛顿第二定律时一样，采用“控制条件”的方法，先保持一个量不变，研究其它两个量之间的关系，最后达到认识P、V、T三参量间的相互关系。首先通过实验“研究温度不变时，一定质量的气体的压强随着他们的体积的变化而变化的规律”(目的)。为了把被激起的探索兴趣和欲望引导到探索行动中去，教师要善于及时的创设疑问，用问题启发学生在实验课前自己设计好实验步骤，绘好实验记录表格，订好实验计划等。所谓由学生设计实验，其实是个“仿制品”，是由教师创造必要的条件，用“问题”启迪学生进行定势思维活动完成“模仿性设计”。没有“样品”，完全让中学生独立的去设计探索性实验，一般是不现实的。当然，随着学生年级的增高，亦应逐步减少模仿性因素，不断增加创造性活动。

上述两种做法，不论属于哪一种，都应该注意以下几点：

其一，探索性学生实验的设计，可以利用原课本的学生实验

或演示实验进行加工改造，也可以另行设计新的实验。如果实验条件充许，在不搞形式，不搞繁锁哲学，不过多的浪费课时的原则下，教材中凡是由教师演示得出的物理规律，再由学生去进行验证的实验，以及很多课堂演示实验，一般都可以变成探索性学生实验。关键是需要我们在教学实践中不断挖掘。实验所用的器材应该尽量简单，便于操作。显示的物理现象，必须鲜明，易于观测。这样才能便于强化感性认识，有利于学生进行形象思维，也有利于抽象出结论。

其二，问题是心灵的钥匙，教师在设计教学过程时提出的所有问题，都是为了诱导学生进行定向思维活动，为完成探索的目的而精心创设的。这些问题，必须鲜明生动、重点突出、富有启发性，以便激发学生探索的情趣，使他们的思维始终处于高度活跃状态，跃跃欲试，步步登高。所有问题，还必须难易适度，便于学生跳一跳能够摘到桃子，过难或过易都不利于能力的培养。对于程序化问题，必须紧扣主题，注意问题的逻辑顺序；各个问题之间，还应遵循由近及远，由浅入深，由具体到抽象，由现象到本质的循序渐进原则。

其三，探索性学生实验的准备工作，往往是较长时间内铺路搭桥、安排伏笔的结果。临阵磨枪，容易分散精力，效果就不理想了。在这个问题上，应该重视布鲁纳提出的主张：原理和态度的迁移，是教育过程的核心。充分运用迁移的原理，使以往所学过的知识和技能在实验探索过程中发挥积极的影响。例如：从知识的系统性及科学性来看，以往的教材处理，要全局在胸，瞻前顾后，长计划，短安排，为进行探索性实验做好铺垫。比如，我们在运动学中使学生理解了即时速度和加速度的概念，又在“研究匀变速运动的规律”的实验中，掌握了运用打点计时器测定即时速

度和加速度的原理和作法，就为学生研究牛顿第二定律及机械能守恒定律，开展探索性实验做好了知识上和能力上的迁移准备。

又如，某些基本仪器，象天平、温度计、电流表、电压表等，学生要比较熟练地掌握。对于一些比较复杂的，或者学生不太熟悉的实验，则要求采取措施，以便为学生正式实验铺平道路，使他们在探索过程中，把精力放在主要矛盾上。比如，学生一节课完成楞次定律的八个探索性实验，时间紧张，完不成任务，原因主要是观察识别实验仪器化费时间较长。可采用两种方法加以解决：一种是实验课前安排“实验仪器预习展览”。着重让学生熟悉原副线圈的缠绕方向和灵敏电流表的指针偏转方向与电流流向的关系。另一种则是课后开放实验室，让少数没有做完和有兴趣进一步研究的学生，再去动动手。这样的措施，也是一个再训练的学习迁移过程。

其它的技能技巧，也要在平时注意培养。比如，学生在分析整理探索楞次定律的实验结果时，图示技能非常重要。为了培养这种能力，应从开始学习磁场时，就十分重视让学生熟悉并从各个角度图示各种磁力线谱。同时，在教学的各个环节也注意培养学生的空间概念和抽象思维能力，能让学生想象出各种磁力线谱在空间的分布情况。这样以来，学生在绘制磁力线和分析感生电流的磁场与原磁场的磁通量变化之间的关系时，由于旧知识促进了新问题的解决，增加了学习的迁移，进行的就比较顺利了。有时，开展探索性实验教学时，效果总是不好，甚至搞得师生手忙脚乱，究其原因，主要是没有做好这些铺路搭桥工作。

引导准备阶段一般是预习时，在实验课前完成的。它将主要培养学生的自学能力和运用已有知识解决新问题的创造能力。

二、实验探索阶段

这个阶段学生将亲自动手进行实验。要求他们：细观测、勤思索、善总结。

物理现象是错综复杂，相互交织在一起的。有些现象好比电闪，瞬间即逝；有些现象因各种原因，并不明显；有些现象的测量容易出现误差；有些现象的研究，则要求保持一定的物理条件。学生不会观察，就不会学会思考，就不能积累起明确的物体概念。学生在实验中，由于缺乏观察的自觉性和精确性，常常忽略了一些很重要的细节，或者虽然看到了变化的现象，却不会进行比较，不会把前后的变化联系起来进行思考。这就需要使学生在观察过程中，明确观察目的，始终把注意力定向的集中在有关的物体上，“捕捉”住变化中的物理现象。

怎样突出观察的目的呢？

如果实验是教师设计的，在印发讲义时，应向学生提出明确的观察要点，使他们抓住观察的重点，定向观察主要现象。例如，探索楞次定律的实验就是这样做的。

如果实验是学生设计的，也要给他们以必要的启示。例如，为了避免玻意耳——马略特定律实验中出现过大的误差，教师在流动辅导时，要根据学生的操作，随时提醒他们：整个实验过程如何保持等温变化？水银柱上下两端面间的竖直距离如何度量？等等。

另外，为了透过纷繁的物理现象，看到物质运动的实质。避免照方抓药，动手多，动脑少的现象，必须引导学生从观察现象入手，积极展开思维活动，使观察和思维有机地结合起来，把观察引向深入。为此，在教师设计的程序性实验中，要根据实验过

程，抓住时机，及时提出一些与所观察现象紧密相关的，富有启发性的问题。例如在探索楞次定律的每个实验之后，都要求学生搞清：副线圈中，原磁场的磁通量是增强还是减弱？感生电流的磁场方向和原磁场的方向是什么关系？等等。这样，边实验，边思索，边总结，就会水到渠成，为最后归纳出物理规律奠定了良好的基础。

在实验探索阶段，还需要加强观测方法的指导，以提高观测效果。这是培养学生独立观测能力和良好观测习惯的有效途径。例如，在探索单摆振动规律的实验中，明确的向学生指出：为了使振动周期测量的比较精确，要从摆球经过平衡位置的时刻开始计时（为什么？）。为此，应使摆球距离地面不要太高，并在摆球的平衡位置的下方地面做一个标志。一般可以这样做：拉开摆球，用量角器粗测一摆角，使其不大于5°（为什么）？然后放开手，让它摆动。等小球摆动几次后，当它经过平衡位置（即标志处）时开始读数，以后每经过一次平衡位置读一次，读法是：5、4、3、2、1、0、1、2、3、4、……。从读“0”时开始计时，读至$N=100$为止。最好一边读一边用铅笔在纸上划一短横，以便校对。记下读完N次所需时间t（即完成$N/2=50$个完全振动所需的时间），再算出单摆振动的周期。

在观测方法的培养方面，还要引导学生特别注意物理现象产生的条件。例如，在波义耳——马略特定律的实验中，有的学生在观测空气柱长度时，不自觉地用手拿着封闭着空气柱的那段玻璃管，而使观测结果出现较大误差。有的学生在处理了水银柱断裂的现象后，不重新从头实验，而是接着以前的数据继续观察，造成更大的误差。对于这些情况，则引导学生分析原因，重新进行观测。

实验中还要重视逐步培养学生的实验修养。例如，仪器要自己动手组装；操作要一丝不苟；现象和数据要如实记录；等等。

实验探索阶段是不可能一帆风顺的。学生在实验中遇到了困难，教师应给予启发性帮助。既不要使他们由于碰壁过多而灰心丧气。又要让他们经受挫折，总结教训，从荆棘中踏出成功的道路，这样才能逐步形成独立操作的能力。例如，波义耳——马略特定律的实验中，如何防止水银柱断裂或水银漏出？如果发生了，又应如何处理？对于实验的失败，教师不要包办代替，应诱导学生自己去探究原因。对于学习比较吃力的学生，则要给予较多的启发和热情帮助。以增强他们的自信心，使他们也确有收获。

关于实验小组的人数，以2—3人为宜，这样既可以使每个学生都能独立地进行操作，有亲身体会，又可以相互协作，相互启发，交流信息，共同提高。

实验探索阶段将主要培养学生的观测能力和独立操作能力。

三、分析概括阶段

观测仅仅是先导，是基础，感性认识飞跃为理性认识，是学生获得知识的关键。为了做好这个转化，避免简单生硬地得出结论。必须在实验后，及时地把观察到的一系列现象，或记录的一组组数据做为入门的向导，向学生提出一些总结性的程序问题，使学生产生追根究底的迫切感，通过分析、综合、比较、归纳、抽象、概括，最后形成理性认识，这是培养创造能力，获得探索成果的关键阶段。

进行分析整理，写出实验报告，往往能反映出一个学生思维能力的强弱。对于有独创性的学生，教师总结时，应给予及时的表扬和鼓励。恩格斯说："只要自然科学在思维着，它的发展形式就是假设。"牛顿说："没有大胆的猜测，就作不出伟大的发现。"应经常以这些论断和物理学史诱导学生，使他们认识到科

学发展的一般途径是：观察、实验——（经过科学思维）——提出假设——（经过实验的检验与修正）——形成科学的理论，如此循环往复而不断深入。因此，猜测、假设是科学发展的必由之路、是发挥科学家的创造力、想象力的产物。作为一个未来的科学家，应该从学生时代就培养自己这方面的能力。

有的实验，学生虽然得到某些具有一定规律性的东西，却往往难以单独得出明确结论。例如，楞次定律，要得到象课本上那样确切的表述，就需要教师在学生做出实验分析的基基上，第二节课时先启发他们汇报交流自己的成果，并针对学生的发言，画龙点睛的给以点拨，总结出确切的理论。然后引导他们阅读课文，（在此以前，不让学生预习课文，否则，又成为验证性实验了），注意物理规律的语言表达和数学表述，进一步领会规律。

分析概括阶段将主要培养学生的科学想象能力，分析综合能力，逻辑推理能力，创造思维能力和语言表达能力。

四、运用深化阶段

一个认识不能一次完成，物理规律总结出来了，作为认识过程并没有结束。学生不可能一次就理解、掌握了规律，还需要继续创造学习环境，让他们反复体会，反复思考，经历一个再实践，再认识的深化过程，一个量变引起质变的积累过程。

为了深化由探索性实验教学总结出的楞次定律，可首先给予理论证明，即从能量转化和守恒定律出发，重新分析推断出感生电流的方向，重新得出楞次定律。这样做，一方向可以使学生从本质上理解和掌握楞次定律，深化对它的认识，为进一步学习法拉第电磁感应定律，安排伏笔；另一方面也有利于学生认识能量转化和守恒定律是普遍的自然规律。然后，通过一定数量的典型

例题，进一步具体的剖析楞次定律，从而把定律再总结为：“感生电流对产生它的原因有阻碍作用”。以便学生进一步学习自感、互感(变压器)、交流电、电磁振荡等现象时，能灵活熟练地加以应用。

在此基础上，启发学生总结出应用楞次定律确定感生电流方向的基本步骤，并要求学生严格地按照这个一般思路完成一些基本练习题，从而形成思维定势，达到熟练应用的程度。还要通过典型例题的分析，认识右手定则和楞次定律是统一的，前者仅仅是后者的一种特殊情况，后者才有普遍意义。

为了不使学生形成的思维定势僵化，避免一碰到难题就稀里胡涂的硬套基本步骤，导致错误的倾向，在学习法拉第电磁感应定律后，又布置了这样一道题让学生分析研究。如图42所示，线圈M与P，Q与W相互靠近，而线圈P与Q相距较远。导线AB和CD能够在图示的磁场中，沿各自的轨道独立运动。试判断：在下列三种情况下，当导线AB向右做切割磁力线的运动时，导线CD将向什么方向运动？

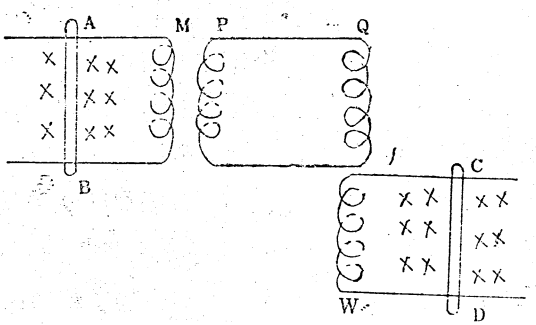


图 42

(1) 导线AB匀速运动；

(2) 导线AB加速运动（包括匀加速运动；加速度越来越大的变加速运动；加速度越来越小的变加速运动）；

(3) 导线AB减速运动（包括匀减速运动；加速度越来越大的变减速运动；加速度越来越小的变减速运动）。

通过此类习题的分析，开拓了学生的新思路，使他们认识到具体应用楞次定律时，还必须结合法拉第电磁感应定律以及全电路欧姆定律等予以分析判断。这就使学生在学习物理的征途中逐步地从必然王国进入自由王国。

还有些物理规律，由于条件限制，难以通过实验找出某些物理量间的函数关系，更需要配合以理论分析，使探索与论证相结合，找出现象变化的规律。譬如，研究单摆的周期公式，由于无法在实验条件下证明$T \propto 1/\sqrt{g}$；更无法单独通过实验得知周期公式中的比例常数为2π。为了突破这点，讲完简谐振动后，做为特例引导学生分析了在摆角很小的情况下，单摆的振动是简谐振动，得出了单摆在做简谐振动时回复力的公式为$F = -(mg/L)X$。然后，在研究简谐振动的周期公式后，先让学生进行单摆振动的探索性实验。[①] 学生自己动手，清楚地看到：当摆角很小时，单摆的振动周期跟振幅的大小无关，跟摆球的质量无关，跟摆长的平方根成正比。再让学生在摆球为钢球的单摆下放置一块强磁铁，先测单摆周期的变化情况，经过分析，定性的认识到：T与g有关，g大了，T小了。最后布置一个题目，启发学生去论证：试根据单摆振动的回复力表达式$F = -(mg/L)X$及简谐振动的周期公式$T = 2\pi\sqrt{m/K}$，导出单摆的周期公式，并与你的实验结论加以比较。

---

①详见第二编第三章第二节附一。

这样处理，使学生通过探索性实验，结合推理论证，得到了单摆的周期公式，而且也起到了验证简谐振动周期公式的作用，使学生对它的理解更深刻了。此后，在单摆周期公式的运用上，也使学生建立起思维定势，并逐步使其灵活化。

运用深化阶段主要是培养学生理论思维能力和综合运用能力。

上面所介绍的教学过程，并不是一个模式。只是表明，进行探索性学生实验一般需要经过这么几个教学阶段。而各阶段间实际上是相互渗透，互为因果的，实践中则应该加以灵活掌握，切勿割裂进行。但贯穿于四个阶段的一根红线应该是，使学生始终是知识的探索者，研究者，充分发挥学生的主体作用。

根据中学生学习心理结构的基本要素来看，上述教学过程实际上是按照："激发动机——实验探索——归纳研究——实际应用"这样的教学环节，完成教学任务的。这是运用归纳法学习物理的典型途径，亦是实验探究教学法的典型过程，需要我们认真加以体会。

应该指出：开展探索性实验教学，是一种要求较高的教学形式，应该因学校制宜，因学生制宜，因教师制宜，因设备制宜，不能强求一律。既要创造条件大胆探索，也要讲求实效，实事求是。

附：　次定律的探索性实验教学

学习楞次定律，学生总感到抽象难懂，不易掌握。运用时则常常出现错误。究其原因，主要是缺乏足够的感性认识。为了突破这个难点，许多同志做了很多努力，创造了不少成功的经验。我们在学习经验、吸取教训的基础

上，曾进行过多次探索性学生实验教学，效果比较明显.

一、教学方案(印发给学生)

实验目的：研究如何判断感生电流方向的规律.

实验器材：原副线圈、灵敏电流表、滑动变阻器、电键、条形磁铁、蓄电池、电池、20千欧以上的定值电阻一个、导线数根.

(一) 课前预习思考题：

1. 怎样用右手螺旋定则确定通电螺线管内部和外部的磁力线的方向？如何图示？如果知道了电流所产生的磁场方向，怎样用右手螺旋定则确定产生该磁场的电流方向？如何图示？

2. 当用条形磁铁插入螺线管的过程中，螺线管中条形磁铁的磁场的磁通量是如何变化的？抽出的过程又如何？

3. 将通电的原线圈放入副线圈中，当增大原线圈中的电流时，副线圈中该电流的磁场的磁通量是如何变化的？减少原线圈中的电流时，又如何？

(二) 实验中具体的探索内容及图示记录：

第一步：观察、识别实验仪器，做好实验准备工作.

1. 看清原线圈和副线圈上导线的缠绕方向，根据观察结果，把原副线圈的缠绕方向画在图43上.

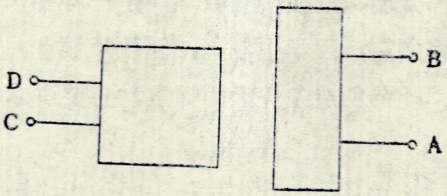


图 43

(1) 原线圈的缠绕方向如何？(在图43上画出来)

(2) 副线圈的缠绕方向如何？(在图43上画出来)

(3) 根据你的观察结果，在讲义上把各图中原副线圈的缠绕方向都画出来.

2. 看清电流表指针的偏转方向与电流流入方向之间的关系.

[做法] 将20千欧以上的定值电阻与一节干电池串联后，用其两端的导线与灵敏电流表的接线柱碰接一下（严禁把干电池与电流表直接相接. 为什么？），然后回答以下问题：

(1) 如图44左：当电流表的指针向右偏转时，电流流入的方向如何？（在左图与电流表接线柱相连的导线上，用箭头表示出来）.

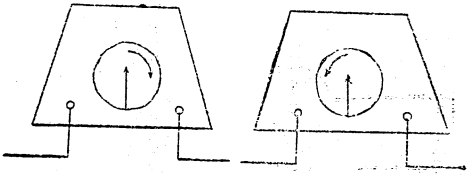


图44

(2) 如图44右：当电流表的指针向左偏转时，电流流入的方向如何？（在右图与电流表接线柱相连的导线上，用箭头表示出来）.

(3) 就你所用的电流表来看，电流的流动方向与指针的偏转方向是一致呢还是相反？

3. 你能回答下列问题吗？

(1) 将副线圈与电流表连成闭合回路. 如图45所示，在图上画出你所用

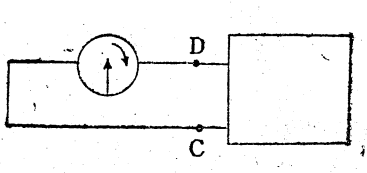


图 45

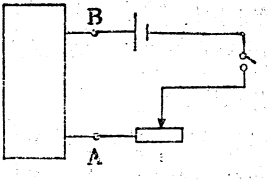


图 46

的副线圈的缠绕方向. 假定实验中电流表指针偏转方向如图所示(向右偏转)。那么你能在图上画出副线圈中的电流方向吗？根据电流方向，你能画出副线圈内部和外部的磁场方向吗？试画一下.

(2) 将原线圈、蓄电池、电键和滑动变阻器连接成闭合回路. 如图46所示。在图上绘出你所用的原线圈的缠绕方向. 你能根据电流方向画出原线圈

内部和外部磁力线的方向吗？试画一下.

第二步，进行以下实验，并根据观察结果，回答每个实验所提出的问题.

[实验一] 利用图45电路，如图47所示，当条形磁铁的N极插入副线圈的过程中.

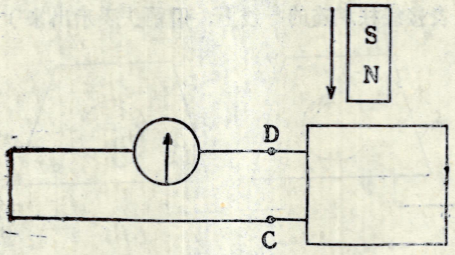


图 47

1. 条形磁铁的磁场方向如何（在图上用兰笔画出其磁力线）？此过程中副线圈中该磁场的磁通量如何变化？

2. 电流表的指针怎样偏转？通过副线圈的感生电流的方向如何？（在图上用箭头表示出来）

3. 副线圈中感生电流的磁场方向如何？（在图上用红色笔画出其磁力线）

4. 感生电流的磁场方向与原磁场方向之间有什么关系？

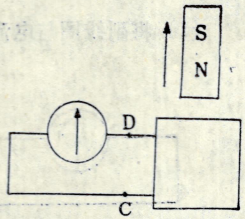


图 48

[实验二] 当条形磁铁的N极从副线圈中抽出的过程中，重新回答上述问题，并在图48中画出结果.

[实验三] 当条形磁铁的S极插入副线圈和从副线圈中抽出的过程中，重新回答上述问题，并在图49和图50中画出结果.

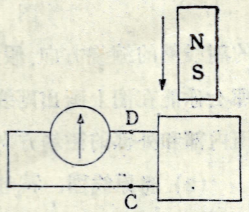


图 49

请再观察下述现象，记录下来，以后要进行分析：

1．当条形磁铁插入副线圈处于静止状态时，电流表的指针是否还偏转？说明什么问题？

2．当将条形磁铁很快插入与较慢插入（或很快抽出与较慢抽出）时，电流表指针的偏转角度有什么不同？

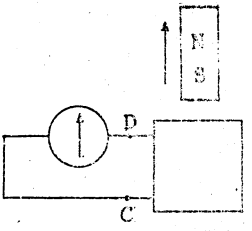


图 50

3．当条形磁铁从线圈上端插入，而从下端抽出时，电流表的指针偏转的方向是否改变？如何改变？

[实验四] 接通图46所示电路的电键，使原线圈成为一个电磁铁，判断出它们的N极和S极后，用它重新做上面的任一次实验，看看结果与原来的是否相同？

[实验五] 将原线圈放入副线圈中，组成如图51的电路．当关闭电键，接通原线圈电路的瞬间：

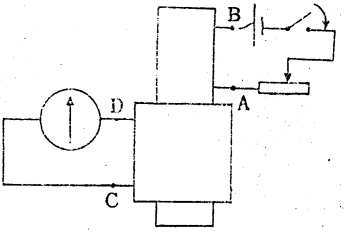


图 51

1．通过原线圈的电流方向如何（在图上用箭头表示出来）？该电流是在增加还是减弱？

2．原线圈中电流的磁场方向如何（在图上用兰色笔画出其磁力线），该磁场是在增强还是减弱？

3．电流表的指针怎样偏转？通过副线圈的感生电流的方向如何？（用箭头在图上表示出来）

4．副线圈中感生电流的磁场方向如何？（在图上用红色笔画出其磁力线）

5．感生电流的磁场方向与原磁场方向之间有什么关系？

[实验六] 如图52所示，当打开电键而切断原线圈电路的瞬间，重新回答实验五中的问题，并在图52中画出结果.

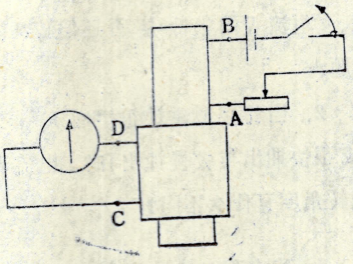


图 52

[实验七] 如图53所示，接通原线圈电路，当减小滑动变阻器电阻过程中重新回答实验五中的问题，并在图53中画出结果.

[实验八] 如图54所示，接通原线圈电路，当增大滑动变阻器电阻的过程中，重新回答实验五中的问题，并在图54中画出结果.

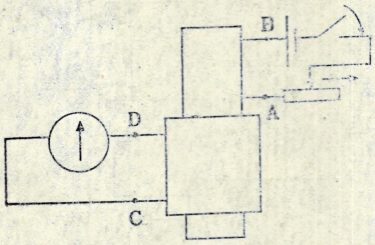


图 53

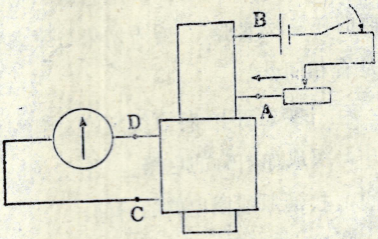


图 54

请再观察下述现象，记录下来，以后要进行分析：

1. 当原线圈中的电流稳定后，电流表的指针是否还偏转？说明什么问题？

2. 当改变滑动变阻器的阻值时，快改变和慢改变两种情况下，电流表的指针偏转的角度有什么不同？

(三) 课后分类整理实验记录，回答下列问题：

1. 上述那几个实验的副线圈中，原磁场的磁通量是增强的？这几个实验中，感生电流的磁场方向与原磁场的方向是否一致？是怎样的关系？

2. 上述那几个实验的副线圈中，原磁场的磁通量是减弱的？这几个实验中，感生电流的磁场方向与原磁场的方向是否一致？是怎样的关系？

3．根据前两个问题的回答，你能看出感生电流的磁场与原磁场的磁通量的变化(即磁通量的增强或减弱)之间有什么关系？前者是帮助后者变化呢还是阻碍后者变化？

二、点滴体会

课后回答的以上三个问题中，前两题是实验记录的汇总，一般不会出错．在此基础上，大多数学生能够答出第三题，而第三题的正确答案正是楞次定律的内容．第二节课时，教师只要稍加点拨，就会使学生不是从字面上的死记硬背，而是从对现象的本质理解上，自然而然地、比较具体形象地掌握了楞次定律．然后，再以能量转化和守恒定律加以论述．并通过典型例题分析，明确运用定律的一般思路，学生将会进一步加深理解，并逐步熟练应用．同时，在实验探索中观察到的一些现象，已隐含了磁通量变化率的概念，这对理解和掌握法拉第电磁感应定律也提供了亲身体会，有利于全章知识的教学．学生普遍反映：这样上课理解深、记得牢．头脑里有许多鲜明的印象，应用起来比较顺利．我们并不感到楞次定律难懂、难记、难应用．

教学实践表明：学生一节课完成上述探索性实验，时间比较紧张．原因主要是观察和识别实验仪器化费时间较长，我们采用了两种办法加以解决：一种是实验课前安排“实验仪器预习展览”，着重让学生熟悉原副线圈和灵敏电流表；另一种则是课后开放实验室，让少数没有做完和有兴趣进一步研究的学生，再去动手．

学生在分析整理实验结果时，图示技能非常重要．为了培养这种能力。我们从开始学习磁场时，就非常重视让学生熟悉并从各个角度图示各种磁力线谱．同时，在教学的各个环节也注意培养学生的空间概念和形象思维能力．能让学生想象出各种磁力线谱在空间的分布情况．这就是说：探索性学生实验的准备工作，往往是较长时间内铺路搭桥、安排伏笔的结果．临阵磨枪，效果就常常不理想了．

第三章　建构认知结构，是中学物理教学的中心环节

人的每一个认识活动都含有一定的认知结构，也就是皮亚杰的所谓图式。它是人类认识客观事物在主观反映上的一种结构。中学物理教学实践过程，实际上就是促使学生的认知结构不断形成、完善、丰富的建构过程。

在物理理论体系中，每个完整的知识单元的基本结构如图23所示①。可见，以知识教学为核心建构认知结构，就是要逐步地帮助学生学习物理基础理论，即形成概念、建立规律，再通过实践（在中学物理教学中，求解习题是重要的实践活动）使认知结构强化、深化、活化，并且适时地搞好复习，使认知结构综合化、系统化、整体化。

本章主要阐述一下在具体的教学实践中，如何促进学生认识上的两个飞跃，帮助学生有层次　有步骤的建构认知结构。

第一节　形成概念是建构认知结构的基石

物理概念和物理规律是构成物理大厦的砖石和框架结构。因而，诱导学生形成概念、掌握规律，并在这一过程中使其能力和

见134页

品德得到充分的发展，就成了中学物理教学的核心问题，亦是学生学好物理学的关键所在。

因此，中学物理基础知识主要指物理概念和物理规律。学生只有掌握了概念和规律，才能理解物理现象和解决实际问题。

本节，我们先谈物理概念的教学。

一、物理概念及其分类

（一）物理概念是反映物理现象、物理过程的本质属性和内在联系的一种思维形式。它已经不是现象的表面、不是现象的各个侧面、不是现象的外部联系，而是表示现象的本质、现象的全体、现象的内在联系了。因此，凡是物理概念，都是观察、实验与科学思维的产物。

例如，从推、拉、提、压、托、吸引、排斥……等一系列现象中，由人对物体能施加力的作用，扩展到一切物体对其它物体都能施加力的作用。归纳出：

施力物体 ——（作用于）——→ 受力物体

最后抽象出：力是物体对物体的作用，形成了力的概念。力是最基本的一个物理概念。

（二）物理概念大体上可以分为两类：

一类是基本上定性反映物理本质属性的概念。如机械运动、平衡、简谐振动、干涉、偏振等。

这类物理概念，表面看来是不定量的，实质上，它们也间接地具有定量的含义。例如，简谐振动是定性概念，然而，一个振动是不是简谐振动，要看它是否符合$F=-KX$这一定量关系，因而它具有定量的含义。又如，匀速直线运动是与V=恒量联系

的；平衡是与$\sum F=0$，$\sum M=0$联系的；等等。

另一类乃是明显定量反映物理事物本质属性的概念，如力、质量、速度、温度、磁感应强度……。它们均可以用数学和测量联系起来。这类物理概念一般称为物理量。

凡是物理量都具有以下特点：能明显地定量表征物理事物的物理属性，因而是可以测量的；能运用数学逻辑写出它的定义式，该定义式亦是它的量度式；定义式不反映物理量间的函数关系；凡物理量均具有单位。

在物理量中，有一些是反映物质的基本属性的，如密度ρ、比热c、电阻率ρ、等，称为物理常数。物理学中，有三个最基本的物理恒量，即：光速c、万有引力恒量G、普朗克恒量h。

物理量按其反映的客观事物属性的性质，又可分为：

1．矢量。具有矢量性质的物理量，如，位移、力、冲量、磁感应强度等，其值既有大小，又有方向，是矢量。其运算遵循矢量的运算法则。

2．相对量。运动是绝对的，而运动的描写则是相对的。凡是与选择参照物或坐标系有关的物理量，如：速度、动量、动能、势能，以及电场、磁场等，都具有相对的性质，称为相对量。

3．过程量。凡描写物理过程的物理量，如功、冲量、热量等，都称为过程量。一般来说，不同的物理过程，具有不同的量值。

4．状态量。凡描述物理状态的物理量，如速度、加速度、能量、动量，以及描述气体状态的压强、体积、温度等，称为状态量。研究对象的状态一定，它就有确定的量值。

5．统计量。凡是描写大量分子、原子、基本粒子运动而表现出来的具有宏观性质的物理量，如：气体的压强、温度，以及物质波、电子云等，称为统计量。它们都是大量微观量的统计平

均值，具有统计平均的含义。

二、学习物理概念的重要意义

为什么说，物理概念教学是中学物理教学的关键呢？

（一）物理学科的理论体系是以物理概念为砖瓦而建构的。首先，物理概念体系，是物理学作为一门独立科学的重要标志。譬如，图12反映了机械运动中，有关基本概念的相互关系、正是这些基本概念，构成了机械运动的学科体系①。

其次，物理规律作为物理理论体系的骨架，无一不是物理概念之间的相互依存、相互制约的内在联系。学生如果片面的、或者不理解物理概念的物理意义，又怎么能够对物理规律的深刻含义融会贯通呢？试想：如果学生对速度与加速度的理解模糊，又怎么能理解匀变速运动规律的速度公式和位移公式的丰富内容呢？又怎么谈得上灵活运用呢？

（二）物理概念是进行物理思维活动的“细胞”之一。任何一门独立的学科，如果没有一系列概念作为思维加工的“细胞”之一。就不能揭示这门学科的客观规律，也不可能运用其去解决实际问题。因而也失去了存在的价值。物理概念，有的贯穿于整个物理学，如力、功、能等；有的仅在特定情况下使用，如简谐振动、质量亏损等。能否真正地理解，将直接影响整个物理学或某一部分知识的学习和掌握。知识落空了，又怎么谈得上能力和品德的培养呢？因此，从打好基础、培养能力、形成品德三方面来说，中学物理教学必须重视概念教学。

总之，物理概念是物理理论的“砖瓦”、“细胞”，是基础

---

①见82页

的基础，是物理基础理论中最重要最关键的东西。教好学好物理概念，对提高中学物理教学质量是至关重要的。

三、中学物理教学中，形成物理概念的一般过程

一般来说，物理概念的形成过程，是与辩证唯物主义认识论的认识过程相一致的，具体说来，是符合中学生心理结构的三个交叉要素的①。因此，一个物理概念的形成，大致可分为三个阶段：

（一）探索感知阶段

主要是贯穿探索精神，把学生的“接受学习”转变为“发现学习”。属于认识的感性阶段。

感知是感觉和知觉的总称。感觉是人脑对于直接作用于感觉器官的客观事物的个别属性的反映；知觉是把头脑中各种事物的感觉按事物的联系和关系，综合成为一个较为完整的映象，是人脑对直接作用于感觉器官的事物整体的反映。

1。感知的方式有两种：

(1) 直接感知。就是让学生直接接触物理现象，以便获得一个鲜明的印象，形成生动具体的观念。这主要是靠观察实验。还可诱导学生亲身体验，以丰富感性认识。这在初中和高中的力学教学中比较常见。例如压强的概念、浮力的概念、速度的概念、等等。或者还可运用直观教具，利用学生的生活实践中已有的正确观念感知物理现象。譬如，教学中运用插图去刺激学生的感官，形成鲜明的形象，以便为形象思维提供丰富的资料。

(2) 间接感知。我们以为：旧知识相对于新知识来说，也是一种直观，也可以视为获得新知识的感性材料。其实，物理学中，有一些概念，是难以通过实验获得感性认识的，如电场强度，电势等。

①详见第一编第二章第二节。

我们则应抓住物理概念之间的内在联系，在旧概念的基础上，建立新概念。我们总是从带电体在电场中受到电场力的作用这一基本事实出发，从电场力与带电体所带电量的关系，逐步引入电场强度这个概念的。这一过程，正是所谓理论探索过程。本节的附二，即初中《比热》的教案，亦是一个实例；同时，还配合了直接感知，即实验观测，以加深理解。

2。感知的具体感性材料要“精选”。否则，零碎不全的事例，学生难以信服，甚至会形成错误的概念。例如，在学习压力概念时，仅仅举物体处于水平面上的各种实例，学生容易产生“正压力就是物体的重量”这一错误认识。应再举物体处于斜面上，物体紧压在竖直墙壁上等。这里如果概念错了，当学生学习摩擦力时，就容易形成“摩擦力的大小与物体的重量成正比”的错误概念。

因此，选择感性材料的原则是：(1)与所形成的概念有明显本质联系的典型事例。(2) 包含主要类型的。如引入力臂的概念，应如图55所示。强调：力臂是指从转轴O到力的作用线，或其延长线(向前沿长或向后沿长)的垂直距离。(3)实验所观察的现象一目了然，清晰可靠的。(4) 与学生已有的错误观念之间矛盾尖锐的。如讲“力的合成”前，问学生：一个加一个等于几？然后具体分析二力相“加”，破除其“等于二”的思维定势。进而明确矢量的合成法则。

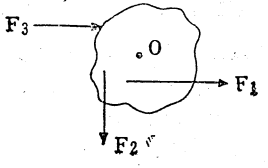


图 55

(二) 研究理解阶段

感知仅仅是入门的向导，揭示物理现象的本质特征才是形成概念的关键。以便使感性认识飞跃为理性认识。为此，首先要把形象思维和逻辑思维密切的结合起来。对感知的物理现象或过程

进行具体的分析研究。在教学中，开展探索性学生实验，就是为此创造条件。本节的附一，即初中《密度》的教案，就是一个实例。根据学生在探索性实验中所测的1厘米^{3}各种物质的质量，逐步的诱导学生得出密度的概念，从而让学生知其然，又知其所以然。其次，教师要潜移默化的灌输各种逻辑方法，诸如：分析与综合、抽象与概括、归纳与演绎、等等。并诱导学生逐步理解、掌握研究物理的方法，如，理想处理法、等效替换法、近似处理法等等。拉普拉斯曾说过："普遍的定律表现在特殊的现象里，而特殊的事例里常参杂有许多外来因素，只有用最巧妙的心思才能把它们分开而发现规律。"这里强调的"用最巧妙的心思"就是指上述抽象思维方法。

这一阶段应特别重视创造最佳课堂气氛，避免枯燥无味。教师要在诱字上狠下功夫，使学生逐步抓住现象的本质特征和内在联系，比较准确地得出概括性结论，从而形成概念。

（三）运用深化阶段

学习的一切目的在于运用。运用的过程则是学习内容的深化、知识信息的增殖、自身能力的提高，以及非智力因素得到发展的过程。这是使理性认识回到实践中去，实现认识的第二个飞跃的过程。

在这一阶段，要特别重视培养学生的创造思维能力，树立创造意向，提高创造才干。使学生从"学会"知识，转化为"会学"知识。至于运用深化阶段的具体做法，我们将在以下几节去阐述。

应该指出，形成概念的上述一般过程，并不一定是在一节课完成的，可能是若干节课构成一个有机的整体。譬如，在我们介绍探究教学方法时，谈到初中学生形成密度的概念时，就是在整个

一章教学中完成的①。

下面，我们再举在初中和高中教学中，是如何使学生形成“速度”概念的。

在初中进行《速度》这节内容时，课前与体育老师配合，在操场进行“比谁跑的快”活动，学生兴趣很大，测试两项内容：(1) 记录每个学生跑完50米路程所用的时间；(2) 记录每个学生半分钟跑的路程，然后排出名次。这种决定名次的原理学生是比较清楚的。在这些感性知识基础上，再进行《速度》这节内容的教学。教师提出：比较两个物体运动快慢都有哪些方法？学生根据比赛情况总结出：(1) 路程相同时，用的时间越短，物体运动得越快；(2) 时间相同时，运动的路程越远，物体运动得越快。教师又启发：那么两个物体运动的路程不相同，所用的时间也不相同，又如何比较呢？学生通过思考议论回答道：可以把这个问题转化为上面两种情况进行比较。在老师的启发下，写出两个比式s/t和t/s，两式的物理意义不同，但都可以比较两个物体的运运快慢。s/t是把问题转化为相同时间(单位时间)内，看哪个物体的运动路程远；t/s是把问题转化为相同路程(单位长度)，看哪个物体运动所需的时间短，但是s/t越大则物体运动越快，这个比值更有普遍意义，所以用$V=s/t$表示物体运动的快慢，这就是速度的概念。而t/s较小则反映物体运动快；这与我们生活习惯不协调，尽管它是有物理意义的，也可以比较物体运动快慢，但物理学上不用这个式子。按公式$V=s/t$计算，从而用速度大小决定的名次与前述比赛结果相同。至此，学生从小建立的朦胧的速度概念通过物理课的学习，已逐步地建立在科学的基础上，而且对

①详见第一编第五章第三节。

公式的物理含义，来龙去脉搞得一清二楚。这种教法的改革比传统的讲解，学生体会更深，掌握得更牢；而且从开始学习物理概念，就受到科学思维的训练，对以后的学习起了很大的作用。

这里，我们要特别突出贯彻“教师的主导作用和学生的主体作用相辩证的原则”。主导作用和主体作用谁处于矛盾的主要方面，并不是僵化的，而是转化的。这种转化并非使“学”逐步的转化为矛盾的主要方面，而是在每一个具体的教学过程中及时的迅速的获得转化。这样的转化，根据教学内容不同，可能在一节课中转化一次，也可能贯穿于一节课中每一个教学环节，反复多次。每一次，都要由“教”起支配地位的“诱导”，转化为由“学”起支配地位的“领悟”。在高中物理“变速直线运动，平均速度，即时速度”一节课的教学开始，教师从匀变速直线运动的特征引入，诱导学生阅读课文，领悟变速直线运动的特征乃是“在相等的时间里的位移不相等”(这是课本的阐述)。然后，让学生思考，议论：还可以怎样表达？得出：“在相等的位移上所用的时间不相等”，“是速度不断变化的运动”等。这是主导作用与主体作用的第一次变化。接着，根据每个学生在体育课跑百米所记的时间(记了三个时间：分别在20米处、50米处，100米处各记一次；这点与初中教学时略有不同)，计算自己在各段位移及全程的运动速度，诱导他们体会：这些速度并非是自己真实的运动速度，而是粗略地近似地描述了自己的运动情况，是把变速运动当做匀速运动来处理，是一种等效速度，叫做平均速度。并由此领悟到平均速度总是和某一段位移、或某一段时间相对应的。这可以说是第二次转化。有了上述准备，教学进入本节课的重要内容——即时速度。学生往往想不通：运动物体怎么还会在某一时刻(或某一位置)还有速度。教师运用实例，从“快”和

“慢”的表面印象上，让学生首先从感性上体验到这种速度确实是存在的，这才是物体运动的真实速度。然后，再利用小球从斜面上滚下这个具体的运动状态为例，采用“逼近法”，逐步地细微地加以诱导，使学生从极限的初步概念对即时速度有一个定量的理解，从而完成第三次转化。最后，又启发学生阅读课文，举出实例，去思考、争论，并运用概念处理实际问题，实现了又一次转化。整节课中，教师有节奏有层次地发挥主导作用，启发学生有节奏有层次地发挥主体作用。这种不断的转化，把教师的主导作用即时地真正地落实在学生的主体作用上，正是每一个具体的教学活动发展变化的辩证法。即使在课后，“善教者”在课堂上的诱导，仍在促使学生去深思、去运用、去发挥主体作用。只要学校的教学过程不结束，转化就会循环往复，永无止境。

从上述初中和高中关于速度概念的教学，我们对概念教学如何进行是会有体会的。同时，我们更要认真体会主导作用和主体作用的辩证关系。

从以上论述和举例可以看出，在学生形成概念的过程中，教师应该起引路作用，诱导作用。说具体些，教师要注意以下几点：

(1) 传授概念之前，要把形成概念的具体思路和过程考虑得很周到，不能走一步看一走。并要适时地把这些思路介绍给学生，以发挥其主动性和积极性，避免被动性和盲目性。

(2) 教师要精心挑选最好的事例、最好的演示或实验，诱导学生去观察、分析、研究、理解。在形成概念的三个阶段中，应分别培养学生的观察、实验能力，思维能力，分析问题解决问题的能力，以便沿着一定的思路实现认识的两个飞跃，逐步的接近教学目标。

(3) 教师要掌握好形成概念的阶段性。学生的认识有一个发展的过程，教学如果企图毕其功于一役，一次讲深讲透是违背学

生的认识规律的。要分阶段逐步扩大、加深；每一阶段又要相互呼应，形成一个整体。有的概念可以在一节课形成，如浮力的概念；有的是在一章完成；如“功是能量变化的量度”，就是在机械能这一章逐步渗透的；有的甚至通过一编教材，才能形成一个完整的概念，如力的概念即如此。教师要长计划、短安排，有步骤的达到教学目标。

四、物理概念的教学内容

对于物理概念，应该从以下几方面内容认真的进行教学。

(一) 要着重理解物理概念的物理意义。即概念的内容是什么？它反映了客观物理现象的那些本质属性？

有些过程量的物理意义，如功、热量等，并不是一下子就认识了，需要通过许多物理过程，最终概括出来。这些往往被忽视，要特别重视。

(二) 要掌握物理概念的外延，即它的使用条件或适用范围。例如，速度有平均速度、即时速度、线速度、角速度等，其使用条件各不同。又如，时刻、时间和瞬时；位置、位移和路程；平均加速度、即时加速度、向心加速度和切向加速度；等。

(三)要掌握每个物理量的定义和定义式，也就是如何量度才可反映出这个物理量的物理意义。如，$V=\Delta s/\Delta t$；$W=FS$；$P=mV$，等。有时还要区别物理量的定义式和决定式。如，$R=U/I$及$R=\rho L/S$；$E=F/g$，$E=U/d$，及$E=KQ/r^2$；等。

给概念下定义，应注意以下几点：1. 要在感知探索的基础上下定义，一般不要直接给出定义。2. 定义的用语不可用比喻，含混不清的词语，或否定语，而要确切、简明。3. 定义时使用的概念和被定义的概念的外延要相等，并且两者位置可以互

换。4. 定义不可循环。

（四）要掌握每个物理量的单位。

（五）要从效果认识每个物理量是标量还是矢量，以便对它正确进行运算。

（六）要掌握用什么仪器、或者如何通过实验测量该物理量。

（七）要明确每个物理概念与有关物理概念的差异。如，a不是V，不是ΔV，而是$\Delta V/\Delta t$；平衡力与作用力和反作用力的区别；等等。

（八）掌握该物理量和相关物理量的联系，或者说，建立物理规律时，该物理量所处的地位。如，$F=ma$；$W=\Delta E_k$；等。

总之，物理概念教学中，切忌只让学生死记硬背其定义，而要全面地、准确地阐述，并使学生真正理解每一个概念。

至于对学生来说，是否掌握了物理概念的标志，主要有以下几点：

（一）看学生是否明确概念是从那些物理现象中抽象、概括出来的。也就是每个具体概念的形成过程是否清楚。以及对上述八方面教学内容是否有清晰的理解。

（二）看学生是否能运用概念解释、说明有关物理现象、解决某些简单的物理问题。

（三）看学生通过一定阶段的学习，是否能建立起完整的概念体系。如果满脑子的一堆支离破碎、杂乱无章的片段知识，怎能说是“概念清楚”了？

附一：《密度》教案

[注] 初中“密度”的教学中，在学生已掌握测质量和测体积的基础

上，安排一节探索性学生实验："测1厘米^{3}的铜、铁、铝质的量。①下。面是紧接着实验课而安排的"密度"这节课的教案.

Ⅰ．教学目的：

1．通过分析研究，使学生明确密度是物质的一种特性，运用密度可以鉴别物质。并掌握密度的概念、公式、单位.

2．初步知道如何利用密度的概念来鉴别物质.

3．继续培养学生的归纳推理能力和实验能力.

Ⅱ．重(难)点：密度的概念.

Ⅲ．关键：密度概念的引入.

Ⅳ．教学方法：探究教学法(着重实验归纳).

Ⅴ．教具：天平、砝码、量杯(或量筒)、烧杯、水、涂有同样颜色的金属块、棉线若干.

Ⅵ．教学过程：

[引入] 请同学们回忆一下，在日常生活或生产实践中，我们是怎样鉴别各种不同的物质的？

诱导学生根据自己的经验，归纳出运用感觉器官鉴别物质的一般方法.

(1) 根据物质的颜色不同，可以通过"看一看"鉴别，如铁和铜；

(2) 根据物质的气味不同，可以通过"嗅一嗅"鉴别，如醋和酱油；

(3) 根据物质的味道不同，可以通过"尝一尝"鉴别，如糖水和盐水；

(4) 根据物质的轻重不同，可以通过"掂一掂"鉴别，如铁和铝；

(5) 根据物质的软硬程度不同，可以通过"压一压"鉴别，如软木和硬木；等等。

[小结] 说明颜色、气味、味道、轻重、软硬程度等是物质的特性．利用物质的特性可以鉴别物质.

[激疑] 现有两具出土文物，都是黄色的，要鉴别它们是金还是黄铜；又有一杯硫酸和一杯硝酸，要鉴别哪一杯是硫酸，哪一杯是硝酸．或者说，如果难以用感觉器官鉴别某些物质，怎么办？让同学们思考、议论，这时可

①见177页

启发学生考虑上节的实验课“测1厘米^{3}某物质的质量”，让学生汇报上节课的实验数据，并和学生共同分析和比较实验数据：

A．体积相同的铁块和铝块：

物质	组次	体积V(厘米^3)	质量(m)克	1厘米^{3}的质量(克)
铁	1	10	78.18	7.818
	2	10	78.8	7.78
铝	1	10	27.6	2.76
	2	10	27.3	2.73

B．体积不同的铁块和铝块：

物质	组次	体积V(厘米^3)	质量m(克)	1厘米^{3}的质量(克)
铁	1	10	78.18	7.818
	2	5	38.9	7.78
铝	1	10	27.6	2.76
	2	5	13.7	2.74

从“A”表得出结论：物质不同，1厘米^{3}的物质的质量不同；

从“B”表得出结论：对同种物质，1厘米^{3}的物质的质量相同。

综上所述，我们可以看出：不论物体的形状、体积的大小如何，只要是同种物质，1厘米^{3}的质量数是一个恒量。可见1厘米^{3}的某种物质的质量相同，是这种物质的一个特性，为了描述物质的这种特性，物理学中引入一个新的物理量——密度。

[板书课题]

1．密度的定义：单位体积某种物质的质量，叫做这种物质的密度。

[说明]：

①物理学里把1厘米^3、1分米^3、1米^{3}都叫做单位体积。国际单位制中体积的单位是1米^3。

②每种物质都有一定的密度，不同物质的密度一般是不同的。可见密度是物质的一种特性，所以我们可以用密度来鉴别物质。

[激疑] 那么，我们如何求物质的密度呢？(学生议论，发言，师生共同总结)

2．密度公式：

$$\text{密度}=\frac{\text{质量}}{\text{体积}} \quad \text{即：} \rho=\frac{m}{V}$$

[激疑] 密度的单位如何呢？

3．密度单位：

国际单位制：千克/米^3——→读作千克每立方米，

常用单位：克/厘^3——→读作克每立方厘米。

吨/米^3——→读作吨每立方米。

4．密度表：

对课本中密度表作一扼要介绍，并根据密度表议论下列问题。若时间紧，(4)至(7)题可课外完成。

(1) 一小杯水和一大杯水的密度是不是一样？为什么？

(2) 一支蜡烛，燃烧一段时间后，还剩下半支。下面哪个说法是对的？

①蜡烛质量减半，它的密度增大一倍；

②蜡烛质量减半，它的密度也减半；

③蜡烛体积减半，它的密度没变；

④蜡烛体积减半，它的密度也减半。

(3) 由密度表查出：水的密度是_____千克/米^3，它表示的意思是_____。

如果换个单位，水的密度是_____克/厘米^3，它表示的意思是_____。

(4) 由密度表查出：冰的密度是_____，它的含义是_____

_____。水蒸汽(100℃时)的密度是_____，它的含义是_____

由此可知，物质的密度与它是固态、液态、还是气态有关.

(5) 查密度表，举出两种密度比水小的固体，一种密度比铁大的液体，两种密度比空气小的多的气体.

(6) 根据密度表判定：密度为1.29千克/米^3、13.6×10^3千克/米^3、8.9×10^3千克/米^{3}的物质各是什么？

(7) 根据密度表判定：相同体积的水和煤油，哪个质量大？相同质量的水和酒精，哪个体积大？并说明理由.

(8) 让学生自己动手，测一块金属的密度，然后根据密度表，指出被测金属是哪一种物质.

把学生汇报的数据填入下表中：

体积V(厘米^3)	质量m(克)	密度(克/厘米^3)	何种金属
5	39.1	7.82	铁
20	177.7	8.9	铜
10	27.4	2.74	铝

Ⅶ布置作业(略)

附二：《比热》教案①

Ⅰ．教学目的：

1．掌握影响物体温度升高时吸收热量多少的因素.

2．掌握比热的概念和单位.

3．学会查比热表.

①此教案由李斌同志提供，并经修改.

4．了解比热的实际应用．

Ⅱ．教学重点：1．比热的概念和单位；2．比热表．

Ⅲ．教学难点：比热概念的建立．

Ⅳ．教学用具：温度计(2×6只)，酒精灯(6盏)，烧杯(6个)，铁架台(6个)，水，酒精(10×6克)，试管(2×6个)．

Ⅴ．教学方法：探究教学法(理论演绎，配合实验归纳)．

Ⅵ．教学过程：

一、影响温度升高时吸收热量多少的因素．

(一) 展示习题：(学生尝试练习回答)

1．将20℃的1千克水和2千克水分别加热到100℃需要吸收的热量各是多少？

已知：m_1=1千克，m_2=2千克，t_0=20℃。t=100℃

求：Q_1=？　　Q_2=？

解：(1) 已知1千克水升高1℃，需要吸收的热量是1千卡，那么1千克水从20℃升高到100℃，即升高

$$100℃-20℃=80℃,$$

需要吸收的热量为：1千卡×80=80千卡．

(2) 已知1千克水升高1℃，需要吸收的热量是1千卡，那么2千克水升高1℃需要吸收1千卡×2=2千卡，2千克水升高100℃−20℃=80℃，需要吸收2千卡×80=160千卡．

[讨论] 对于水来说，升高相同的温度。质量越大吸收的热量_____．(板书)

2．将质量为1千克的水从20℃升高到40°C与升高到100℃时所需要吸收的热量各是多少？

已知：m=1千克，t_0=20℃，t_1=40℃，t_2=100℃

求：Q_1=？　　Q_2=？

解：已知1千克水升高1℃，需要吸收热量为1千卡。那么将1千克水分别升高40℃−20℃=20℃和100℃−20℃=80℃吸收的热量分别为20千卡和80

千卡.

[讨论]：对于水来说，质量相同时，升高的温度越高吸收的热量____(板书)

前面我们已经知道1千克水温度升高1℃，吸收1千卡的热量，那么，1千克别的物质，温度升高1℃吸收的热量，是否和水一样也是1千卡呢？我们用实验来研究这个问题.

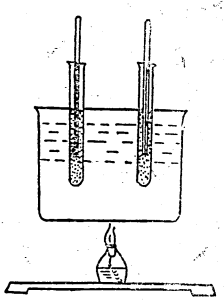


图 56

[学生实验] 如图56所示.在一个烧杯中放入水.再把装有质量相同的水和酒精(各5克)的试管放入烧杯中，记录初始温度. 然后用酒精灯给其加热，观察在相同的时间内各自温度的变化.

[找一组学生上黑板填写]：

(1) 水的初温_____，末温_____，升高的温度_____。

(2) 酒精的初温_____，末温_____。升高的温度_____。

[讨论] 质量相同的水和酒精吸收相同的热量，_____比_____温度升高的快.(板书)

[提问] 若要使水和酒精升高相同的温度，对水加热的时间是否要比酒精加热的时间长？

[讨论] 质量相同的酒精和水，升高相同的温度，水吸收的热量比酒精_____。(板书)

[板书] 物体升高相同温度时吸收的热量的多少与物质的种类有关。

[转折] 为了比较各种物质的这种特性，在物理学中引入了“比热容”(简称“比热”)这个概念.

二、比热(板书)

定义：单位质量的某种物质，温度升高1℃时吸收的热量。叫做这种物质的比热。用符号c来表示。(指导学生阅读课文并板书)

[尝试过渡题] 质量为10克的水，经过加热，温度从20℃升高到25℃，吸收的热量是50卡．试求水的比热．

[尝试计算] 已知：$m=10$克　$t_1=20$℃，$t_2^{末}=25$℃，$Q=50$卡．

求$c=$？

解：10克水温度升高$t_2^{末}-t_1=25℃-20℃=5℃$吸收的热量是50卡．

1克水温度升高1℃吸收热量应为

$$\frac{Q}{m\cdot(t_2^{末}-t_1)}=\frac{50卡}{10克\times5℃}=1卡/克℃$$

$c=1卡/(克℃)$

可见

$$c=\frac{Q}{m\cdot(t_2^{末}-t_1)}$$ [板书]

实验证明：单位质量的某种物质，温度降低1℃时放出的热量，跟温度升1℃时吸收的热量相等．（指导学生阅读课本）

比热的单位是卡/克℃或千卡/千克℃．读作："卡每克摄氏度"及"千卡每千克摄氏度"．

比热是物质本身的一种热学属性，它不随物质的形状、质量等的变化而变化．

三、比热表（板书并让学生看书）

表中的比热单位：卡/克℃或千卡/千克℃

[思考题] 1．查表说出铝的比热．并说明它表示什么意思？如果将铝铸成铝环或铝块，它的比热是多少？

2．填出下表的空格，并对比两种物质在吸收热量相同时和升高温度相同时，有何区别．

物质	比　热	质　量	热　量	温度升高
干泥土	0.2卡/克℃	1克	0.2卡	
		1克		10℃
水	1卡/克℃	1克	0.2卡	
		1克		10℃

3．比热的两种单位，哪个大？为什么？

四、比热的应用：

1．海洋性气候与大陆性气候比较

在沿海地区白天水吸收大量的热量而气温升高并不多；夜晚水又可以放出大量热量，而气温降低的并不多，因此沿海地区昼夜温差小，属海洋性气候．

山地的土和石头则相反，白天吸收热量少，周围气温升高快；晚上放出热量少，使周围气温下降幅度大．因此山区气温早晚温差变化大，这就是为什么我国新疆有句俗话“抱着火炉吃西瓜”的道理．

2．比热在农业生产中的应用

农业生产上往往利用水的比热大这一特征．在培育秧苗的时候，为了保护秧苗，夜间向秧苗田里多灌些水，这样夜间的秧苗的温度不致降低的太多，秧苗就不致冻死．第二天再把田里的水放出来一些，以便于在阳光照射下，秧田的温度可以提高些，有利于秧苗的生长．

Ⅶ．［形成性测试题］

1．1克水温度升高1℃，需要吸收1卡热量，1克煤油温度升高1℃需要吸收_____卡热量．1克水银温度升高1℃，需要吸收_____卡热量．1克冰温度降低1℃，放出_____卡热量．

比热表：　　卡/(克℃)

煤　油	0.51	酒　精	0.58
冰	0.50	水　银	0.033

2．质量相等的水和煤油升高相等的温度，吸收热量较多的是_____．质量相等的水和煤油，吸收相等的热量，温度变化较大的是_____．

3．查表可知，酒精的比热是_____．读作_____．它表示的意思是_____．

4．比热是物质的属性。1克水和5克水相比较，它们的比热是_____的；一滴水和一桶酒精相比较，_____的比热较大.

附三：《电场强度》教案

Ⅰ．教时：1课时.

Ⅱ．教材简析，电场的概念学生难接受，可借助于类比的方法，利用学生熟悉而又比较具体的力的物质性于以论述.

在全节的教学过程中，要十分重视培养学生形象思维和逻辑推理的能力。要使他们认识到：物质的某种性质可以借助别的物体来检验或量度，掌握从物理量的引入，定义直到单位规定等，一整套思想方法，为以后学习电势、电容、电动势等打下思维方法的良好基础.

Ⅲ．教学要求：

1．理解电荷周围存在着电场，电场是一种物质，电荷间是通过电场发生相互作用的.

2．掌握电场强度的概念、定义、单位和矢量性，了解电场的迭加原理.

3．利用电场的教学，尽力培养学生形象思维和逻辑思维能力.

Ⅳ．教学方法：探究教学法(理论探索，演绎研究)

Ⅴ．教学过程：

一、电场：

[诱导]

①力是物体间的相互作用，力不能脱离物体而存在，这是力存在的物质性.

②两个物体间的相互作用，或者是由于直接接触而发生；或者是通过别的物质作媒介间接作用而发生，二者必居其一．例如：两个球中间的碰撞是由于直接接触而发生；人用绳拉车，是通过绳子为媒介间接作用而产生.

[激疑] 那么，两个电荷相吸引或相排斥，但其并未直接接触，又是通

过什么物质为媒介而间接作用的呢？

[引入] 原来，每个电荷(或带电体)周围都存在着一种物质，叫电场(板书标题).

[论断]

(一) 每个带电体都能改变它周围空间的状态，使周围所处的这种状态不同于该带电体不存在时的状态. 这就是说，带电体的周围空间存在着一种物质——电场.

(二) 只要把一个检验电荷，放在带电体周围的任一点上，该检验电荷就要受到静电力的作用. 根据力存在的物质性，电场能对引入电场区域的任何一个电荷有力的作用. 这是它的物质性的证明.

(三) 电场和其它由原子、分子构成的物质一样，都是依赖于我们的感觉器官而客观存在的一种物质，并且也都是在跟别的物体发生相互作用时，表现出自己的特性. 我们正是通过电场所产生的效应来认识理解电场这种物质的存在.

[引伸] 其实，场这种物质，我们已经学过了几种：

1. 两个磁极之间的推斥或相吸是通过媒介物质即磁场而发生的.

2. 两个物体之间的万有引力，就是通过媒介物质，即万有引力场而发生的.

3. 地球周围存在着重力场，地球对它周围重物的作用就是通过重力场而间接作用的. 重力场实际上是万有引力场的一种具体体现.

[转折] 既然电场是一种物质，这种物质必然存在自己的特性. 下边就让我们进一步认识电场的特性吧！

[启示] 我们是怎样认识物质的性质呢？让我们回忆一下电阻.

[进行类比，开拓思路] 我们在初中电学部分研究影响电流强弱的因素时，通过实验发现：

1. 用相同的电压加在不同的导体两端，通过导体的电流强度一般是不同的，这个事实表明：导体存在着某种性质，不同的导体这种性质不同，影响着通过该导体的电流强度不同.

2．为了研究导体的这种性质，我们用同一导体来做实验。实验结果表明：不同的电压加在同一导体两端，通过的电流强度不同，但导体两端的电压U跟通过它的电流强度I的比值都是一个恒量.

3．进一步实验还表明：对不同导体来说，U/I一般是不同的。可见比值U/I反映了导体本身的一种性质，我们分析实验记录发现，在相同的电压下，U/I越大，电流越小，这说明比值U/I反映的是导体对电流的阻碍作用，我们把它叫做电阻，如果用R代表电阻。那么：$R=U/I$

4．导体的电阻既然是导体本身的一种性质，它的大小自然应该由它本身的一些因素决定．进一步实验，我们得到了电阻定律：$R=\rho L/S$

可见，无论是否有电流通过导体，导体的电阻总是客观存在的导体本身的属性，通过测量加于导体两端的电压U跟通过它的电流强度I，只不过是把导体的电阻量度出来而已.

[转折] 物质都存在着自己各种各样的特性。现在，我们来研究一下电场的特性.

二、电场的力的特性——电场强度：

从电荷间的相互作用，我们可以想到电场的最基本的特性是：它对放于其中的电荷发生力的作用.

现在先来分析研究这个问题.

[精讲、引导、分析] 按课本的阐述逐步诱导.

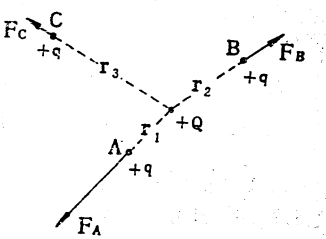


图 57

假设有一个正电荷Q在真空中形成电场(图57)．我们把另一个正电荷q放入电场中的A点．q就要受到电场的作用力F_A，设A点跟Q的距离为r_1，从库仑定律知道，$F_A=KQq/r_1^2$.同样，如果把正电荷q'放入A点，q'受到的电场的作用力$F_A'=KQq'/r_1^2$。可以看出，

$$\frac{F_A}{q}=\frac{F_A'}{q'}=\frac{KQ}{r_1^2}$$

这就是说，放入A点的电荷受到的电场的作用力跟它的电量的比值，是一个跟放入该点的电荷无关的恒量.

如果把电荷放入电场中的B点、C点，设B、C跟Q的距离分别为r_2、r_3，同样可以证明，电荷在B、C受到的电场的作用力跟它的电量的比值分别是KQ/r_2^2、KQ/r_3^2，都是跟放入的电荷无关的恒量.

可见，电荷在电场中某一点受到的电场的作用力跟它的电量的比值，由该点在电场中的位置所决定，而跟放入的电荷无关. 这个比值越大的地方，放入那里的单位电荷受到的电场的作用力就越大.

[小结]

(一) 电荷周围存在着电场，把一个检验电荷引入到电场里，它在电场中不同的点都要受到电场力，这说明电场中各点都具有力的性质. 然而，把同一检验电荷放在电场不同的地方，它所受到的电场力一般是不同的. 这表明：电场的不同地方具有不同的力的性质.

(二) 对电场的同一点来说，用不同的检验电荷实验，它所受到的力不同，但力与电量的比值是一个恒量，这个恒量反映了电场中这一点的力的性质，把这个比值叫做电场在该点的电场强度.

用E表示电场强度，即

$$E=F/q \qquad (1)$$

从定义式说明：电场中某点的电场强度，在数值上等于单位电量的检验电荷在该点所受的电场力.

(三) 跟力一样，电场强度也是矢量.

[思考题] 以点电荷Q为球心，以R为半径，做一个球，在球面上各个点的电场强度是否一样？

[激疑] 电场强度为什么是矢量呢？

在球面上各个点上放同一个检验电荷，它所受到电场力的大小虽然一样，但电场力的方向都不相同. 这说明电场强度这个物理量不仅有大小，而且在空间有一定的方向.

[激疑] 正负电荷在电场中受力的方向相反，能不能说，电场中同一点

有两个电场强度呢？或者说：电场中同一点有两个力的特性呢？

[规定] 电场中某点场强的方向跟正电荷在这点所受电场力的方向一致.

(四) 在国际单位制中，场强的单位为牛顿/库仑.

[激疑] 那么，电场中某点的场强为2×10^3牛顿/库仑，它的含义是什么呢？

它说明：假如在这点放1库仑电量的检验电荷，那么，这个检验电荷一定受到3×10^3牛顿的电场力. 显然，这个数字说明了电场在这一点的力的性质.

[思考] 根据(1)式，是否可以说电场中某点的电场强度跟放在该点的检验电荷所受的电场力成正比，跟它所带的电量成反比？

(五) 从上面讲的容易知道：点电荷Q在真空中形成的电场中，在距离Q为r的某点的场强E的大小为

$$E=K\frac{Q}{r^2} \tag{2}$$

这个恒量与检验电荷无关，只与A点的位置和场电荷Q有关，因而它反映了Q形成的电场中，该点的力的属性. 正象$R=\rho L/S$反映了导体本身的固有性质一样，电场强度E反映了电场本身的固有性质.

应该注意：(1)和(2)式虽然都表示电场中某点的场强，但它们的意义是不同的. (1)式是场强的定义式，对任何电场都是适应的. (2)式是点电荷在真空中的电场中场强的计算式，只适用于点电荷在真空中的电场.

(六) 电场强度和电场力是两个不同的物理量. 电场强度是反映电场力的性质的物理量，电场力是指电荷在电场中所受的力，两者的联系是：$F=Eq$.

(七) 电场的迭加原理：如有几个点电荷同时存在，它们的电场就互相叠加，形成合电场. 于是某点的场强，就等于各个点电荷在该点产生的场强的矢量和，如图58所示. (为电力线教学的伏笔)

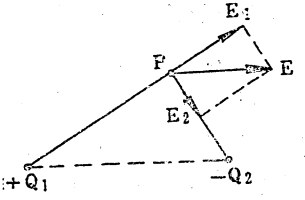


图 58

[例] 在一直角坐标系中，坐标原

点处有4×10^{-8}库仑的一个点电荷，在$X=4$米，$Y=0$处有另一点电荷-4×10^{-8}库仑。求下列各点的电场强度。

(1) $X=2$米，$Y=0$处；

(2) $X=0$，$Y=2$米处；

(3) $X=2$米，$Y=2$米处。

Ⅵ．课外作业(略)

第二节　建立规律是建构认知结构的核心

物理规律是物理现象或过程的内在的本质联系，在一定条件下发生、发展和变化的必然反映。它反映了有关物理量之间在特定条件下的制约关系。

一、发现物理规律的途径

物理规律的发现，一般有两种途径：

(一) 实验归纳

此种途径符合人类一般的认识规律，即在对物理现象观察的基础上，或设计探索性实验，以获取大量数据的基础上，通过综合归纳，发现在一定条件下有关物理量之间必然的内在联系，从而总结出规律；或者提出假说，再通过实验验证而建立规律。

通过这一途径发现的规律，一般叫做定律。如牛顿运动定律、动量守恒定律、机械能守恒定律、波义耳——马略特定律、欧姆定律、法拉弟电磁感应定律、光的反射定律等。

(二) 理论演绎

这一途径乃是发挥理性认识的能动作用，即从已有的物理理

论或规律出发，对某一特定的物理现象进行演绎推理，从而得出在一定范围内有关物理量之间的制约关系，再通过实验验证建立规律。

通过该途径发现的规律，一般叫做定理或原理。采用这两个术语，表明它们不再仅仅是对经验事实的概括，而是成为科学理论系统本身的出发点，如动能定理、动量定理、功的原理、波的叠加原理等。

上述两种发现途径，既是科学研究的途径，亦是物理教学中建立规律的基本途径。领会它，更好地指导物理规律的教学。特别重要的是：这两种途径，正是我们提出的中学物理教学过程必须具备两大层次的重要理论根据。

这里，有三点说明：

1．有些带有普遍意义，可以作为其它规律基础的物理规律，并没有给予定律或定理的名称，而以方程、公式或方程组命名。如：运动方程，克拉伯龙方程，麦克斯韦方程组、安培公式，洛仑兹力公式，等。

2．有些物理规律，从发现它的历史来看，称为定律比较恰当。随着人类认识的逐渐深入，按物理现象内在联系来划分，把它作为某些基本规律的推论，更为合适，从而也可以把它叫做定理、原理。譬如，阿基米德定律和帕斯卡定律，其内容实际上可以作为静止流体内压强分布规律的两个推论。因此，又叫阿基米德原理和帕斯卡原理。

3．有些物理规律，用以判断某些物理现象之间的内在联系，称之为定则。如左手定则，右手螺旋定则，右手定则等。有些属于运算规律，称为法则，如平行四边形法则，三角形法则等。

二、物理规律的知识结构特点

作为反映物理现象在一定条件下发展、变化的内在联系的物理规律，一般有以下知识结构上的特点：

（一）客观性。物理规律和其它规律一样，是不以人们主观愿望为转移的客观实在的反映。它是物理现象或过程的发展、变化的必然规律的主观反映。因而只能发现，不能创造。

（二）因果性。任何物理规律都直接或间接的反映了物理现象或过程中，物理量之间的因果关系。教学中则要重视这种因果性。如牛顿第二定律，$F=ma$中，F是因，a是果。又如，光的反射定律中，只能叙述为："反射角等于入射角"，而不能相反。这就要求：在物理规律及其应用的教学中，要认真分析物理过程。

（三）逻辑性。任何物理规律都由某些概念所组成，反映了物理量之间的制约关系。这些关系又是用逻辑或数学逻辑表达出来。例如，部分电路欧姆定律由导体、电流强度、电压、电阻等概念组成。研究对象是导体，电流强度、电压、电阻是表达导体电学特点的三个物理量。该定律反映出通过导体的电流强度与加于导体两端的电压和导体本身的电阻的定量关系。

（四）近似性。物理学的基本研究方法，是用科学抽象方法，把实际的物理客体或现象予以理想化，建立理想模型或理想过程；另外，物理学是实验科学，限于仪器的精密程度，操作技术的准确程度，难免出现测量误差。因此，反映各物理量之间关系的物理规律，只能近似的反映客观世界。

（五）相对性。任何物理规律都由两部分构成：条件、结论。也就是说，物理规律总是有它的适用范围和适用条件，它是相对真理。

（六）统一性。任何规律都是某个更广泛的规律在一定条件下的特殊表现形式。这反映了相对真理与绝对真理的辩证关系。

（七）形象性。物理规律是物理现象或过程的主观反映。物理学研究的都是理想化模型，物理规律应用时的关键在于首先确定理想化模型。物理物理，就“物”论“理”；“物”“理”交融，互不脱离。因而，物理学的研究，逻辑思维和形象思维总是交叉互补，互不分离的。因此，形象思维成为研究物理规律绝不可缺少的关键一环。

理解物理规律的知识结构特点，是为了搞好教学。针对上述特点，教学时应该：抓现象分析，体现客观性；抓形成过程，体现因果性；抓内在联系，体现逻辑性；抓误差分析，体现近似性；抓控制条件，体现相对性；抓整体结构，体现统一性；抓以物讲理，体现形象性。

三、物理规律的教学内容

物理规律的教学，应按以下内容进行：

（一）要明确每个物理规律的研究对象。如，牛顿第二定律的研究对象是质点；克拉珀龙方程的研究对象是理想气体；库仑定律的研究对象是点电荷；机械能守恒定律和动量守恒定律则是以系统为研究对象；等等。

（二）要明确每个物理规律反映了哪些物理量间的哪些相互关系。如，牛顿第二定律反映了F、m和a的制约关系。具体的说，反映了；1．F和a的因果关系；2．F、m和a的量值关系；3．F和a的方向关系；4．F和a的瞬时关系；5．F、m和a的单位关系。

（三）要掌握每个物理规律的具体逻辑表达关系，包括文字表达、公式表达、图象表达。如，气体实验三定律的三种表达。

（四）必须掌握每个物理规律的适用范围或适用条件。如，

动量守恒定律的适用条件可以表述为三条：系统所受的合外力必须等于零；合外力远远小于内力，合外力可以忽略不计——这是近似处理；合外力虽不为零，但垂直于合外力的方向的外力为零，该方向动量的分量则守恒。

（五）必须掌握如何用实验验证该物理定律，或如何由其它物理规律推导出该物理定理。如库仑如何以库仑纽秤实验总结出库仑定律。而动能定理和动量定理是如何由牛顿第二定律与运动学方程推导出来的。

（六）要明确每个物理规律与有关其它规律的联系和区别。并掌握描述同一物理现象的有关规律之间的整体知识结构。例如，牛顿第二定律和动能定理之间的相同点是：1．研究对象都是单个物体；2．都是力的动力效应的具体体现；3．应用时的基本思路是一致的。相异点是：1．前者是矢量式，后者是标量式；2．前者是力的瞬时效应，后者是力在空间上的积累效应。又如，用克拉珀龙方程统帅整个理想气体的状态规律。

（七）要熟悉运用每个物理规律时的基本思路。例如，力学基本规律的基本思路乃是一致的：选对象——分析力——定运动——解方程。应该明确：一个物理规律在应用时的基本思路，应该从规律本身去考虑，而不要脱离规律去苦思冥想。

四、物理规律教学的基本过程

和物理概念教学一样，物理规律的教学，不仅仅是使学生掌握物理规律，而且要使学生掌握物理学的基本研究方法，提高观察、实验能力，思维能力和运用规律分析问题、解决问题的能力。

物理规律教学的基本过程，当然是与物理规律的发现途径是一致的，也是和形成物理概念的基本过程相一致，至于具体如何进

行，则要根据教学要求，学生原有基础、学校设备和条件等来确定。

下面，我们针对单摆振动规律的教学，谈一下教学中的两种处理过程。

第一种方案：理论演绎法。现行教材是先推导出单摆振动过程回复力公式$F=-(mg/L)X$，然后结合简谐振动的周期公式$T=2\pi\sqrt{m/K}$，推导出单摆振动的周期公式$T=2\pi\sqrt{L/g}$。这里不再详述。

这种教学过程学生感性认识缺乏，虽然教材安排了一个“运用单摆周期公式测重力加速度”的验证性实验，但学生对规律本身的得出，感性认识是不足的。

第二种方案：实验归纳法。为了提高教学质量，我们将教材做了必要的调整，然后通过探索性学生实验，配合理论分析，总结出单摆振动规律，得出单摆的周期公式，从而进一步巩固和加深了对简谐振动的认识，扩大了学生的知识范围。

在讲完“简谐振动”后，做为一个实例，我们介绍了摆角小于5°的情况下，单摆的振动是简谐振动①。得出了这种情况下单摆的回复力公式$F=-(mg/L)X$。这样，既使学生对理想化的简谐振动有了一个具体而生动的物理模型，加深了对简谐振动的理解和掌握。又为在讲完简谐振动周期公式后，进行探索性学生实验创造了必要的条件。

附一：单摆振动规律的探索性学生实验方案

（印发给学生）

课题：研究单摆的振动规律

①详见第163页。

器材：三个摆球(包括$m_1=m_2\neq m_3$的实心带孔小球)；长100至120厘米的摆线两根；带铁夹的铁支架、停表、米尺、游标卡尺、量角器、强磁铁各一只。

一、预习思考题：

(一) 什么是理想化的单摆？怎样保证单摆的振动是简谐振动？

(二) 所谓单摆的摆长应怎样测量？在所给的器材中，应用哪些量具进行测量？还可以用哪些量具测量？怎样测量？

(三) 怎样测量单摆的振动周期才能比较精确？

(四) 预习以下实验，明确目的与步骤．设计好实验记录表格．

二、单摆振动规律的实验探索：

[准备工作]

(一) 把铁支架放在实验桌边，使固定在支架上的铁夹伸出桌边。实验时，把单摆固定在铁夹上，使摆球自然下垂．

(二) 为了使振动周期测量得比较精确，要从摆球经过平衡位置的时刻开始计时(为什么？)．为此，应使摆球距离地面不要太高，并在摆球的平衡位置的下方地面放一个标志．

一般可以这样做：拉开单摆，用量角器粗测一下摆角，使其不大于5°(为什么？)．然后放手，让它摆动，等小球摆动几次后，当它经过平衡位置(即标志处)时开始读数．以后每经过一次平衡位置读一次．读法是：5、4、3、2、1、0、1、2、3、4……从读“0”时开始计时，读至$N=100$为至．最好一边读一边用铅笔在纸上划一短横，以便校对．记下读完N次所需时间(即完成$N/2=50$个完全振动所需的时间)．再算出单摆的振动周期．

[实验一] 单摆的振动周期与振幅的关系：

1．让单摆振动，测出其周期．再改变单摆的摆角(即振幅)，重测几次．那么，每次测得的周期是否相等？

2．用两个完全相同的单摆，固定在铁夹上，使它们同时做不同偏角(即不同振幅)的振动．试观察，它们的周期是否相同？

3．从以上实验中，你能得出什么结论？

[实验二] 单摆的振动周期与摆球质量的关系：

1．换用与实验一中摆长相等，而摆球质量不同的单摆，测出其周期．那么，这次测得的值与实验一测得的值是否相等？

2．用两个摆长相等，摆球质量不同的单摆，固定于铁夹上，让它们同时在小于5°的偏角下开始振动．试观察：它们的周期是否相同？

3．从以上实验中，你能得出什么结论？

[实验三] 单摆的振动周期与摆长的关系：

1．使单摆的摆长分别为0.25米和1米，然后分别测出它们各自的周期．从记录数据，你能看出单摆的振动周期与摆长有什么关系？

2．再任意取几个不同长度的摆长，测出它们各自的周期．根据这些数据，验证一下你的上述结论，看看是否符合？

[实验四] 单摆的振动周期与重力加速度的关系：

1．取一摆球为钢球的单摆，验出其振动周期．然后，在该单摆下方，放置一块强磁铁，再测出其振动周期。比较一下：所得的两个周期，那个大？那个小？

2．可以这样分析一下：摆球自然下垂时，它的下方放置强磁铁后，由于磁铁吸引钢球，相当于摆球的重力G增大了．然而，摆球的质量恒定．根据$G=mg$，则相当于g变大了．那么，根据上述测量，能否定性地看出：g变大了，单摆的振动周期是变大了呢？还是变小了？

三、分析整理：

(一) 试根据单摆振动的回复力表达式$F=-(mg/L)X$及简谐振动的周期公式$T=2\pi\sqrt{m/k}$导出单摆的周期公式．

(二) 把你的实验结论与导出的单摆振动周期公式比较一下，看看是否一致？然后总结一下单摆的振动规律．

(三) 根据单摆的周期公式，试设计一个实验，测定一下你所在地区的重力加速度g的值．还可考虑一下：根据你所设计的实验及记录，如何用图线法求出重力加速度g？

四、点滴体会

第二节课时，我们在学生汇报所做实验的基础上，总结出了单摆振动规

律，并且结合实例进一步分析了引起单摆摆长L和重力加速度g变化的原因，使学生对单摆周期公式的应用扩大了眼界，开拓了思路。然后引导他们阅读课文(为了避免把探索性变成验证性，在此之前，我们并不让学生阅读有关课文)，进一步理解掌握知识.

单摆振动规律的探索性学生实验表明：有些物理规律，由于条件限制，不能单纯依靠实验得出某些物理量之间的函数关系(如该实验中T与g的关系)，就需要我们在探索性实验的基础上，配合以理论分析，使探索与论证相结合，从而顺利的完成了教学任务.

附二：《机械能守恒定律》教案

Ⅰ．教时：1课时；

Ⅱ．教材简析：机械能守恒定律是力学中的一条重要规律．也是能的转化和守恒定律在力学中的一个具体表现．故应特别重视．要强调机械能守恒定律的适用条件，要对学生进行辩证唯物主义教育.

Ⅲ．教学目的：

1．通过对具体事例的分析，使学生知道势能(重力势能和弹性势能)和动能是可以互相转化的，动能和势能(重力势能和弹性势能)统称为机械能.

2．掌握机械能守恒定律的内容，了解动能和势能的转化是普遍的；但机械能守恒则是有条件的，并明确机械能守恒的条件.

3．对学生进行辩证唯物主义教育，使他们明确：转化是一个伟大的过程，对自然的全部认识都归结于对这一过程的认识.

4．使学生体会研究自然规律的一般科学方法.

Ⅳ．教具：单摆、麦克斯韦滚摆、弹簧、钢球.

Ⅴ．预习思考题：

1．试举例说明：动能和势能(重力势能和弹性势能)是可以互相转化的.

2．如图59，一个质量为1千克的物体，沿光滑斜面滑下，当经过位置A时所具有的速度为1米/秒．若位置A和位置B距地面的高度分别为2米和0.8

米，斜面倾角为30°时，试分析物体在位置A和位置B时，动能和势能各是多少？由位置A到达位置B时，动能和势能各变化了多少？再比较物体在位置A和位置B所具有的机械能是多少？ g取＝10米/秒^2.

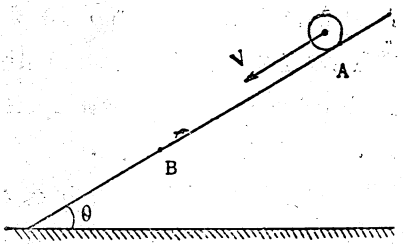


图 59

3．通过上例的求解，你能得出怎样的结论？

Ⅵ．教学过程：

一、通过演示和实验，说明重力势能与动能，弹性势能与动能，重力势能与弹性势能之间是可以互相转化的.

(一) 物体自由下落或沿着光滑斜面滑下的时候，重力对物体作了功，物体的重力势能减少了，那么，减少的重力势能到哪里去了呢？我们不妨来分析一下物体在这个过程中的速度变化情况.

在这个过程中，物体是做什么运动？(初速度为零的匀加速运动)．速度是如何变化的？(越来越大)．那么，物体的动能是怎样变化的呢？(也越来越大)．

[小结] 可见，当重力对物体做正功的时候，物体的重力势能转化为另一种形式的能—— 动能.

(二) 那么，动能能否转化成重力势能呢？

我们不妨来分析一下竖直上抛的物体，或物体沿光滑斜面向上运动的情况。物体上抛的过程中，什么力做功(只有重力做功，且做负功，根据动能定理，它的动能越来越小)．在此过程中，重力势能呢？(越来越大)．

[小结] 可见，当重力对物体做负功时，物体的动能转化成了重力势能.

[演示] ①演示并分析单摆的振动过程．②演示麦克斯韦滚摆，并引导学生分析之.

(三) 那么，弹性势能与动能，重力势能与弹性势能是否可以相互转化呢？

[演示] 如图60，边演示边分析.假定不计空气阻力.

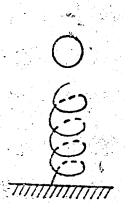


图 60

小球落下，而没有接触弹簧前，什么能转化为什么能？(重力势能转化为动能). 小球接触弹簧后，到弹簧被压缩，什么能转化为什么能？(动能和重力势能转化为弹力势能). 弹簧恢复原状过程，小球没有离开弹簧前，什么能转化为什么能？(弹性势能转化为动能和重力势能). 小球离开弹簧后继续上升，什么能转化为什么能？(动能转化为重力势能).

[结论] 在重力或弹力做功的时候，物体或物体系的动能、重力势能和弹性势能可以互相转化.

二、机械能守恒定律：

[强调] 在初中，我们已经知道：物体的动能和势能统称为机械能. 上述演示可知：通过重力，或弹力做功，机械能可以从一种形式转化为另一种形式. 那么机械能在转化过程中，遵循怎样的规律呢？

(一) 先以动能和重力势能的相互转化为例来进行定量分析. 为此，求解前述预习思考题2.

$E_{KA}=0.5$焦耳；$E_{pA}=20$焦耳；

$E_{KB}=12.5$焦耳($V_B^2=V_A^2+2as$，而$a=g\sin 30°=5$米/秒^2)；

故$V_B=5$米/秒)；$E_{pB}=8$焦耳.

可见： $\triangle E_K=12$焦耳　　$\triangle E_p=-12$焦耳

$E_A=20.5$焦耳　　$E_B=20.5$焦耳

[说明什么结论呢？] 在只有重力做功的物体系内，动能和重力势能可以相互转化，且总的机械能保持不变.

如何论证呢？(让学生阅读课本).

(二) 同样，只有弹力做功的情况下，物体系内动能和弹性势能也可以互相转化，总的机械能保持不变.

为什么呢？因为根据动能定理，弹力作的功：$W=E_{K2}-E_{K1}$。又根据弹力做功与弹性势能的关系知道，$W=E_{p1}-E_{p2}$。所以，同样可证明：E_{K2}

$+E_{p_2}'=E_{K1}+E_{p1}$.

(三) 综合上面的讨论，我们可以得到怎样的结论呢？

在只有重力和弹力做功的物体系内，动能和势能(包括重力势能和弹性势能)可以互相转化，而总的机械能保持不变，这就是机械能守恒定律.

(四) 根据“对于物理规律要特别注意适用范围”，重点强调机械能守恒定律的适用条件. 动能和势能的转化是普遍的，但机械能守恒则是有条件的：

1. 在只有弹力和重力做功的物体系内，机械能既可以互相转化，其总量亦守恒. 这里的弹力是指弹性限度内的弹力，而非超过弹性限度的弹力.

2. 如果除弹力和重力作功外，物体系还受其它外力作用，但该外力不做功，或诸外力所做功的代数和为零，则机械能仍守恒；

3. 如果除弹力和重力做功外，还有其它外力或内力做功，则将发生机械能和非机械能的转化，机械能就不守恒了.

(五) 试思考：应用机械能守恒定律解题的基本思路是什么？它和动能定理的应用，有什么不同？

Ⅶ. 课外作业(略)

Ⅷ. 课后简记：讲述守恒时，亦可先按课本上的论述诱导学生理解. 着重先强调$E_{K_2}-E_{K1}=E_{p1}-E_{p_2}$的物理意义；后强调$E_{K_2}+E_{p_2}'=E_{K1}+E_{p1}$之物理意义. 最后再以思考题(2)的计算结果验证之.

附三：《弹性碰撞》教案

Ⅰ. 教时：2课时.

Ⅱ. 教材简析：碰撞过程在自然界中广泛地存在着. 在经典力学中，碰撞是一类传统问题，对力学的基本规律的建立上起过重要作用. 在生产实际(如锻铁、打桩等)和科学研究(如分子间的碰撞)中，亦有不少应用. 而近代关于原子和原子核的很多知识就是由观察它们间的碰撞得到的，从而使传统问题获得了新生命. 因此，学生掌握碰撞的基本特征及其规律，是十分重要的. 这正是本节的核心问题，应予以重视.

Ⅲ．教学要求：

1．了解碰撞现象及其广泛含意，掌握弹性碰撞、非弹性碰撞和完全非弹性碰撞的区别，各自的特征及遵循的规律．

2．从分析碰撞的物理过程中，培养分析矛盾，解决矛盾的思维能力．

Ⅳ．教具：弹性碰撞演示仪

Ⅴ．教学过程：

第一教时：碰撞的意义及碰撞的过程．

一、碰撞的物理意义：（精讲）

（一）在物理学中，碰撞的含义较之日常的所谓碰撞，其含义要广泛得多。几个相对运动的物体在相遇中，无论它们是否真正接触，物体之间相互作用仅持续了一个极为短暂的时间，而物体的运动状态却发生了显著的变化，这个物理过程，就叫做碰撞．因此除了物体的撞击、打桩、锻铁外，分子、原子、原子核等微观粒子的相互作用过程等也都是碰撞过程．其它如人从车上跳下，子弹打入墙壁等现象，在满足上述定义的条件下也可看作是碰撞．

（二）在碰撞过程中，由于相互作用的时间极短(10^{-2}至10^{-4}秒)，一般说来相互作用的弹力是极大的，其它的作用力相对说来都很小，可以忽略不计．因此，在处理碰撞问题时，将相互碰撞的物体作为一个系统来考虑，就可以认为系统内仅有内力的相互作用．所以：任何碰撞都是遵守动量守恒定律的．

二、碰撞过程分析：（启发思维，精讲为主）

以两球碰撞为例．两球碰撞的全过程，一般地说可以分为两个阶段，如图61所示．

设两球质量各为m_1，m_2，碰前速度为V_1，V_2，且$V_1>V_2$，第一球追上第二球后，碰撞过程开始．（以下精讲，要仔细的诱导启发学生，分析两球的运动性质、所受弹力、速度、加速度、动能、弹性势能等的变化情况．必须调动学生独立思维，充分发挥主体作用．以下内容是概述．）

第一阶段叫做压缩过程，两球由于相互碰撞而挤压，从而发生形变（压

缩)产生相互作用的弹力.m_1推m_2，m_2加速；做加速度越来越大的变加速运动．m_2反推m_1，m_1减速；做加速度越来越大的变减速运动．随着形变增大，两球相对速度减小，直到两球速度相等，即两球相对静止时为止．此瞬时两球形变量最大．此后，由于两球之间反方向的相互排斥力继续存在，从而使m_2继续加速，将做加速度越来越小的变加速运动．m_1继续减速，将做加速度越来越小的变减速运动．结果使m_2的速度大于m_1的速度，于是两者开始分离，碰撞过程进入第二阶段——恢复阶段．如果在碰撞的第一阶段发生的形变全部是弹性形变，那么第二阶段末形变将全部消失，恢复原状．而且在第二阶段中相互作用的力的变化过程逆着相反的方向完全经历了第一阶段所经历过的所有状态，犹如两弹簧在弹性限度内相互挤压，又相互恢复原状．

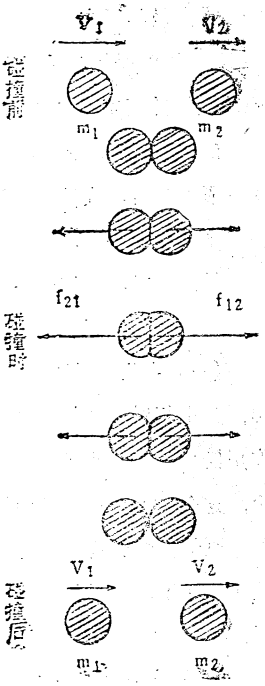


图 61

从能量观点来看：第一阶段两球相互碰撞，使两个球的动能变化，并使对方发生弹性形变，从而增加了弹性势能，结果两球运动的一部分动能转变为两球的弹性势能．在第二阶段弹性势能又全部转变为动能．所以碰撞前后两球的总动能守恒．

三、碰撞的分类：

(一) 我们把动量和动能同时守恒的碰撞叫做弹性碰撞．显然，这是一种理想情况；真正的弹性碰撞，只有在分子、原子以及更小的粒子之间才会遇到．

(二) 在实际的碰撞中：第一阶段发生的形变并不是完全弹性形变，在第二阶段中只是部分地恢复原状，留下了部分范性形变，就是说第一阶段损失的动能只有一部分转化为弹性势能，这一部分弹性势能在恢复阶段中，仍转变为动能；但还有一部分由于范性形变和摩擦等已转化为物体的内能，造成一部分动能的损失，撞碰前后的总动能并不守恒了，这种只是动量守恒，而动

能并不守恒的碰撞称为非弹性碰撞.

（三）如果碰撞在第一阶段中发生的形变完全是范性形变，不能再恢复，那么，当两物体的速度达到相等时，相互挤压的作用力消失，即不产生相互排斥的弹性力，于是两物体合二为一，以相同的速度一起前进．两球损失的动能转化为内能及声、光等能量．这种碰撞叫做完全非弹性碰撞．这种碰撞只有压缩阶段，没有恢复阶段．

[小结]（1）根据物理过程的不同，碰撞可以分为弹性碰撞、非弹性碰撞、完全非弹性碰撞．

（2）凡是碰撞，动量都守恒．弹性碰撞时动能守恒；非弹性碰撞时动能不守恒；而完全非弹性碰撞乃是动能损失最大，其特点是：碰撞后两物体合二为一，以同一速度运动．

四、利用弹性碰撞演示仪进行演示；并阅读课文，结合上述讲述，议论消化．

课外作业(略)

第二教时：弹性对心碰撞的规律．[精讲为主]

一、碰撞的两种形式：

（一）正碰：两球在碰撞前的速度在两球的中心连线上，碰撞后的速度也一定都在这一连线上，这种碰撞称为对心碰撞，或称正碰．

（二）斜碰：两球在碰撞前的速度不在两球的中心连线上，或者说两球在碰撞前的速度间夹一角度．于是碰撞后的速度也不在这一连线上，或者说两球在碰撞后速度也一定成一角度．这种碰撞称为非对心碰撞，或称斜碰．

二、弹性对心碰撞的规律：

设质量为m_1、m_2的两个弹性球，做对心弹性碰撞．碰撞前分别具有速度V_1及V_2，求两球碰撞后的速度V'_1及V'_2．

动量和动能同时守恒的碰撞，叫做弹性碰撞．由此得联立方程：

$$m_1V_1+m_2V_2=m_1V'_1+m_2V'_2$$

$$\frac{1}{2}m_1V_1^2+\frac{1}{2}m_2V_2^2=\frac{1}{2}m_1V'^2_1+\frac{1}{2}m_2V'^2_2$$

将两式分别改写为：

$$m_1(V_1'-V_1)=-m_2(V_2'-V_2) \tag{1}$$

$$m_1(V_1'^2-V_1^2)=-m_2(V_2'^2-V_2^2) \tag{2}$$

(2)÷(1)，得：

$$V_1'+V_1=V_2'+V_2$$

或：

$$V_2'-V_1'=V_1-V_2 \tag{3}$$

(3)式表明：碰撞后两球相互分开的相对速度等于碰撞前两球相互趋近的相对速度。联立解(1)、(3)两式，得：

$$V_1'=\frac{(m_1-m_2)V_1+2m_2V_2}{m_1+m_2} \tag{4}$$

$$V_2'=\frac{2m_1V_1+(m_2-m_1)V_2}{m_1+m_2} \tag{5}$$

根据这个结果，下面分析几种特殊情况：

(一) 如果两球质量相等，即$m_1=m_2$，则由(4)、(5)：

$$V_1'=V_2, \qquad V_2'=V_1$$

这表明：质量相同的小球碰撞后相互交换速度。

如果碰撞前m_2静止，即$V_2=0$，则$V_1'=0$、$V_2'=V_1$，即碰撞后m_1停止运动，m_2获得m_1的速度，这就是课本阐述的实验结果；打康乐球时，则常常看到这种情况。

(二) 若$m_1 \ll m_2$，且$V_2=0$(即m_2碰前静止)，则由(4)(5)式：

$$V_1'=-V_1, \qquad V_2'=0$$

即碰撞后质量为m_1的小球将以原来同样大小的速率，从质量m_2的大球上反跳回来，而大球仍保持静止。皮球对墙壁的碰撞，气体分子与容器壁的碰撞都属于这种情况。

(三) 从(二)我们可以得出这样的结论：如图62所示，如果弹性球斜射到坚硬的静止墙壁上，而发生弹性碰撞，若碰前V_1与墙壁法线间夹角为θ_1，则

小球碰撞后其反射速度的反射角θ_2'，必等于入射速度的入射角θ_1.

论证如下：球与墙壁间作用力均为正压力，沿X轴方向. 那么，将碰撞前后的速度分别沿X、Y上正交分解，碰撞结果，在Y轴方向(即竖直方向)无任何作用力，故速度分别无变化，即$V_{1Y}=V_{2Y}$： 而在X轴方向(即水平方向)其碰撞速度发生了大小不变，而方向相反的变化(如图63)。可见：$\theta_2'=\theta_1$

(四) 在我们所讨论的情况中，若m_2'原来静止，即$V_2'=0$， 则(4)、(5)两式即为课本例题结果，可对比思考.

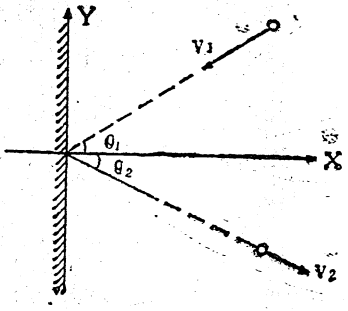


图 62

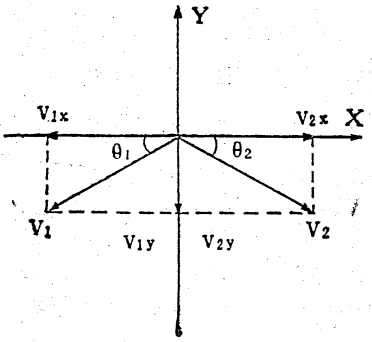


图 63

第三节 加强习题教学，促进认知结构深刻化、熟练化、智能化

根据物理教学的知识之序，学习基础知识后，就要运用。对于中学生来说，解答习题是运用的主要方面。因此，认识习题教学的重要意义，探讨习题教学的规律，对提高物理教学质量具有很大的现实意义。

一、习题教学在中学物理教学中的重要意义

习题教学是中学物理教学的重要组成部分。它同实验教学、概念和规律教学一起，构成了中学物理教学的三大支柱。

习题教学是深化基础知识的通道，是联系各部分知识的纽带，是理论联系实际的桥梁，是学习过程实现认识第二次飞跃的必由之路。具体说来，其重要意义有：

（一）使基础知识活化、深化。习题教学把抽象的概念和规律与具体的物理现象和物理过程紧密地联系起来。它可以在各种具体现象中，使知识活化，变成活生生的，可以感觉到的具体知识。又可以在运用中暴露知识的缺陷和误解，从而得到纠正。还可以在具体的运用中，加强对知识的理解。

由于教材内容要受到系统性和课时的限制，有些和基础知识有关的、学生应该知道的知识，可以通过习题使学生的物理知识得到扩展。譬如，在磁场一章，可以通过习题向学生介绍运动电荷在磁场中做等距的螺旋运动、磁流体发电机等。有时，教师也可以通过习题，补充必要的某些知识。如，物体在三个不相互平行的共面力作用下，若处于平衡状态，则三力必相交于一点。

（二）通过习题教学，教给方法，开拓思路，达到培养学生分析问题、解决问题的能力。在解答习题的过程中，学生的思维处于兴奋状态，主观能动性表现得更明显。此时既可以培养学生的形象思维，又可以培养学生的逻辑思维；既可以培养定势思维，又可以培养发散思维等，从而提高处理实际问题的能力。

（三）求解习题，更需要学生刻苦的钻研，热情的追求，顽

强的拚搏，……这正是培养学生非智力因素的大好机会。

二、中学物理习题的基本类型及其求解

中学物理习题有以下一些基本类型：

（一）基本训练题

所谓基本训练题，就是仅仅依据一、两个概念或规律即可解答的习题，简称基本题。习题教学要以基本题为主，它对达到教学目的，较之其它类型更为重要。教学实践表明：一个钟头完成若干道基本题，其收效较之很长时间求解一道综合题更好。

一般来说，基本题有如下一些类型：

1. 填空题

这类题是以概念性的为主，计算性的也只需要进行一些简单的计算。因而它实质上是简单问答题和简单计算题的一种变形，着重于用来理解掌握基本概念和基本规律。它只要求填出结果，而不必写出具体分析、计算的过程。譬如：

(1) 物体在力F作用下作匀加速直线运动，如果力F逐渐减小，那么，物体的加速度将变_____，速度将变_____，且两者的方向_____。

(2) 一个体重600牛顿的人，肩上放着一根轻木棒（重力不计），木棒的一端挂一个50牛顿的重物，另一端用手垂直向下拉着，拉力是100牛顿，这时人对地面的压力是_____。

(3) 如图64所示，在电解槽中，通过三秒后，有9库仑的正离子和9库仑的负离子穿过截面XX'，则离子定向

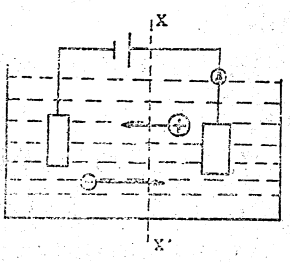


图64

移动形成电流的方向是_____；安培表的示数是_____安培。

(4) 我们能在教室里各个位置，看清黑板上的粉笔字，是由于光的_____。

(5) 在原子反应堆装置中：

a。石墨或重水所起的作用是_____。

b。镉棒所起的作用是_____。

在具体的教学过程中，有的填空题是由一道比较复杂的计算题改写而来；有的则答案可以这样答，也可以那样答；有的单纯的只回答“是什么？”，（如密度是指_____）等等，都是不可取的。

2。选择题

选择题的特点是把若干正确的答案与错误的答案混在一起供学生选择。若仅选一个答案时，称单一选择题；可选多个答案的，称多重选择题。题中所列的错误答案，往往似是而非，鱼目混珠，如果对物理基础知识掌握的不太牢固，就会上当受骗，选错答案。

选择题一般有如下几种类型：

(1) 是非判断型。这是选择题的主体，是大量的。如：

①在某电荷附近的任一点的电场强度有以下的说法，对的是：

a。如果在该点没有放置检验电荷，则该点的电场强度等于零；

b。该点的场强随着放置不同的检验电荷而改变；

c。该点的场强与检验电荷q成反比；

d。该点的场强是定值。

②关于光电效应的规律，下列论述正确的是：

a。对某种金属，入射光的频率越高，产生光电子数目越多；

b。对某种金属，入射光的强度越大，产生光电子的最大初动能越大；

c。用同一频率的入射光照射不同金属，如果都能产生光电效应，那么逸出功大的金属产生的光电子的最大初速度小；

d。对于任一金属，入射光的频率必须大于某一极限频率才能产生光电效应。

(2) 基本计算型。这种类型只要进行简单的计算，就可得出正确答案。如：

③氘核的平均结合能为1.1兆电子伏特，氦核的平均结合能为7.1兆电子伏特，当两个氘核结合成一个氦核时，放出的能量为：

a。4.9兆电子伏特；　　*b*。6兆电子伏特；

c。24兆电子伏特；　　*d*。26.2兆电子伏特。

有时，计算的结果，也可能有两个答案。如：已知初速度V_0，求竖直上抛运动的物体经过抛出点以上某高度处h所需要的时间。

(3) 图解图象型。如：

④如图65所示，物体在竖直上抛后又落向地面，设向上的速度为正，它在整个运动过程中速度V跟时间t的关系是：

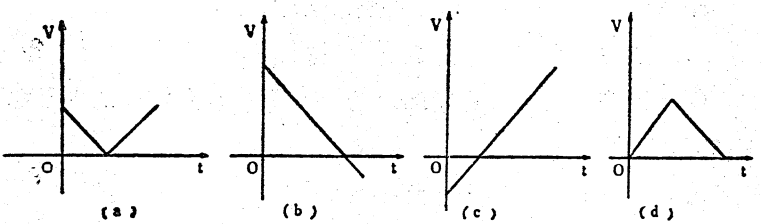


图 65

⑤如图66所示，一个矩形线圈以匀速V自没有磁场的空间进

入磁感应强度为B_1的均匀磁场中去，然后再进入磁感应强度为B_2（$B_2<B_1$）的均匀磁场，最后进入没有磁场的右边空间。问图66中哪个曲线图正确表示了矩形线圈的感生电动势ε与时间t的关系。

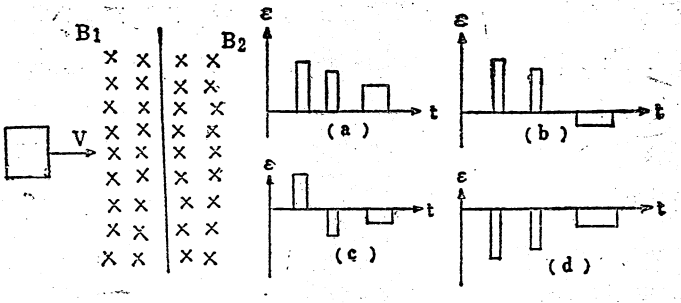


图 66

(4) 推理论证型。这种类型要进行简单的推理论证。如：

⑥如果质量为M千克的物体，在力牛顿F的作用下从静止开始运动，在t秒内位移L米，则下列说法错误的是：

a。F的力在$t/2$的时间内，把$M/2$的物体推进$2L$；

b。$F/2$的力在相同的时间内，把$M/2$的物体推进相同的L；

c。F在$2t$时间内，把$2M$的物体推进$8L$；

d。$2F$在$2t$时间内，把$2M$的物体推进$4L$；

e。$2F$在$2t$时间内，把M的物体推进2L。

(5) 技能技巧型。这种类型要运用某些物理学技能。如：

⑦一架梯子斜靠在光滑的墙壁上，下端放在粗糙地水平地面上，它所受的力是：

a。两个竖直的力，一个水平的力；

b。一个竖直的力，两个水平的力；

c。两个竖直的力，两个水平的力；

d。三个竖直的力，两个水平的力。

解答选择题，最主要的是应该真正理解和掌握物理概念和规律。只要电场强度的概念和光电效应的概念熟悉了，就很容易选出①题的答案是*d*(如果你不理解电场强度的物理意义就可能认为前三个答案也对)。②题的答案是*c*和*b*。假如能正确的理解结合能和平均结合能的物理意义，③题的正确答案就选为*c*，否则，把平均结合能认为是结合能，就会错误的选为b。基础知识要牢固，这是根本。对竖直上抛运动的规律及速度图象掌握了，就很容易选出④题答案为b。

选择时，要抓住关键语句，直接运用有关知识，选出正确答案。如⑦题是运用受力分析的技能求解。在题中，“光滑”和“粗糙”是关键性的字眼。“光滑”者只有弹力而无摩擦力；“粗糙”者则兼有。故选b。

同时，要全面分析答案，根据基础知识，运用逻辑学的排中律，沙里淘金，排除那些错误答案。如第⑤题，首先，我们要对四个曲线作分析，其共同点是一次产生三个大小不同而先后次序完全一样的感生电动势，不同之处是方向不尽相同，其中(*a*)和(*b*)曲线三次同向，(*b*)和(*c*)曲线有反向电动势出现。根据线圈进出匀强磁场，感生电动势方向相反，可将(*a*)、(*b*)曲线排除。然后，分析穿过矩形线圈磁通量变化的先后次序是：进入B_1，Φ增；从B_1到B_2，Φ减；从B_2出来，Φ减；可以判断后两次ε的方向相同，应选*c*。又如第⑥题则要运用动力学方程和运动学方程推导出关系式$L=\frac{1}{2}(F/M)t^2$，然后运用排中律选出答案为*d*。

3。问答题

这类题一般是回答“是什么”和“为什么”，既有叙述，又

有简单的论证。它特别有利于培养语言表达能力。回答时应该条理清晰、层次分明、语言精练。

(1) 把两个异种电荷间的距离增大一些，电场力做了正功还是负功？电势能是增加还是减少？为什么？把两个同种电荷间的距离增大了一些呢？为什么？

(2) 在重力场中可以把物体的重力势能跟它的质量的比值叫做重力势。如果取物体在地面上的重力势能为零，试写出重力势的表达式。

(3) 布朗运动是不是就是分子运动？为什么悬浮在液体中的颗粒越小，它的布朗运动越显著？

(4) 为什么在计算电子与其围绕的原子核之间的引力作用时，可以不考虑万有引力？

4. 作图题

是指仅仅依靠作图即能直接求解的习题。例如，力学中的受力分析题；稳恒电流部分的电路分析题；电磁感应现象中感生电流等的分析判断题；几何光学中完成光路图；等等。作图时要求规范、准确，一目了然。

(1) 图67中物体均静止，斜面是光滑的，$G_B > G_A$，试分析物体A和B的受力情况。

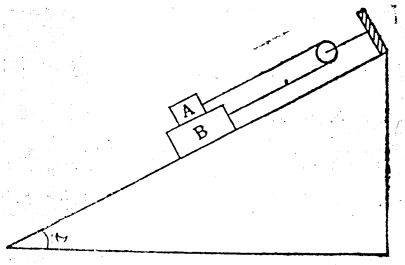


图 67

(2) 图68中，MN是一个透镜的主轴，S'是S通过这个透镜所成的虚象，用作图法找出透镜的位置及其焦点，并判断出此透镜是凸透镜还是凹透镜。

(3) 在图69中，当电流通过线圈时，磁针的南极指向读者。试确定线圈中电流的方向。

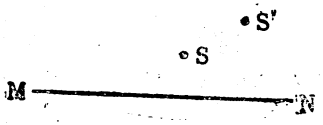


图 68

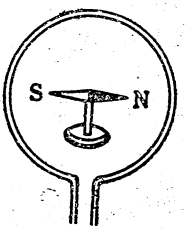


图 69

5. 计算题

此类题是通过计算来研究物理问题。求解时一般要通过领会题意、分析过程、推理判断、具体运算四个环节。解题关键是分析过程环节。即运用形象思维和逻辑思维，对题目所描述的物理过程进行分析综合。对基本计算题来说，解题一般有两种解法：分析法和综合法。

所谓分析法是从一般到特殊的推理过程。是从题目中要解答的问题出发，利用含有所求量的物理公式，逐步扩展，直至公式中的物理量均由题设已知量表示出为止，揭示出已知量和所求量之间的内在联系。所谓综合法则是从个别到一般的推理过程。就是从已知量开始，利用物理规律逐步推向所求量，使问题得到解决。

下面举一个简单的例题来予以说明。

用起重机吊起3.2吨的货物，在刚吊起上升时做匀加速运动，在2.0秒内速度由0增加到2.4米/秒。求钢丝绳对货物的拉力。

分析法：从所求量出发，由动力学方程：

$$T - mg = ma \qquad (1)$$

要求T，必先求出a；由题设条件，建立运动学方程：

$$V_t = at \qquad (2)$$

由(2)求得a，代入(1)，即得：$T = m\left(g + \frac{V_t}{t}\right)$

综合法：由已知量出发，先建立运动学方程：

$$V_t = at$$

由此求得a。再根据动力学方程：

$$T - mg = ma$$

再代入a，仍可求得T。

在实际的解题过程，往往是既用分析法，又用综合法。一般首先用分析法，运用物理规律搞清已知量和所求量之间的内在联系。然后，根据其内在联系，利用综合法使问题得到解决。分析往往是前题、是关键。

(二)实验题

物理学是以实验为基础的科学，因而亦构成了实验题。它也和基本题一样，有着类似的几种类型。例如：

(1) 使用物理天平，称量前要进行调节：

①调节的方法是：a._____；b._____，

②当重锤偏到小锥体尖端的左侧时（或气泡偏到水平仪圆圈的右侧时），应使_____侧的螺钉升高，或者使_____侧的螺钉降低。当指针偏向标尺右侧时，应调节横梁左侧螺母向_____移动，或调节横梁右侧螺母向_____移动。

③把两个质量相等的砝码分别放在已调节好的天平的两个盘上，发现天平的指针向右偏转，若将两个砝码对调，天平指针仍向右偏转，说明天平_____。

(2) 在测定直流电源的电动势和内阻的实验中，用下列那几

组电器元件均可：

a。安培计和电阻箱；

b。伏特计和电阻箱；

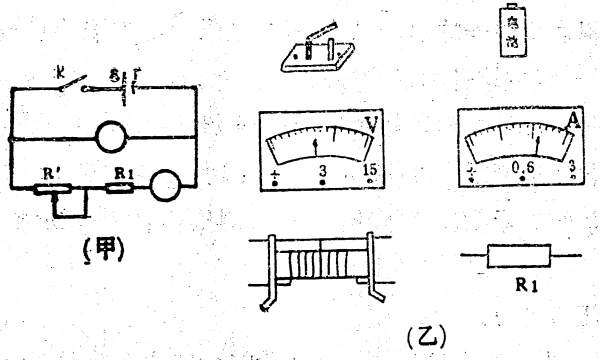
c。安培计和滑动变阻器；

d。伏特计和滑动变阻器；

e。安培计、伏特计和滑动变阻器。

(3) 在用伏特计和安培表测定电池的电动势和内电阻的实验中，所用的安培表量程有0～0.6安培和0～3安培两档；电路如图70(甲)所示。

①在图70(甲)上标出各电表的符号及表的正负极。



(甲)　　(乙)

图 70

②R_1在电路中的作用是_____。

③在连接好电路并按下电键以前，安培表应先接在_____档，滑动变阻器的滑动触片应先处在_____位置上。

④将图70(乙)的实物连线。

⑤实验测得四组数据如下表

安培计读数(A)	0.50	0.75	1.00	1.50
伏特计读数(V)	1.35	1.35	1.20	1.05

这四组数据中，明显存在过失误差应弃去的是$I=$_____；$U=$_____。

⑥画出U—I图线，根据图线得到电动势$\varepsilon=$_____伏特，电池内电阻$r=$_____欧姆。当外电路发生短路时，电路中的电流强度是_____安培。

⑦实验时要进行的步骤有：

a。打开电键。

b。按照电路图连好电路。

c。滑动变阻器的滑动触片，减少电阻，使安培计的示数足够大，记录一组安培计和伏特计的示数。

d。把变阻器的滑动触片滑到一端使阻值增大。

e。再滑动变阻器的滑动触片，减小电阻，记录一组安培计和伏特计的示数。用同样的方法测量几次并记录多组I、U值。

f。闭合电键。

把以上步骤的字母代号，按实验的合理顺序填写在以下横线的空白处：

A_____，　B_____，　C_____，

D_____，　E_____，　F_____。

⑧在测定实验中，若被测电源为三节干电池串联组成的电池组。现有的实验器材及规格如下：量程为0—0.5—2.5A的安培表和量程为0—3—30mA的毫安表各一只；量程为0—1.5—3V和量程为0—3—6V的伏特表各一只；规格为1000Ω，0.1A和20Ω，

2A的滑动变阻器各一个；导线和电键。为了使实验得到较好的结果，应该使用哪些器材（注明规格及选用档次）？

⑨用伏安法测电源电动势和内电阻时，可用图71的两种电路。为了减少误差当$R<R_V$时，采用_____电路；当$R>R_A$时，采用_____电路。

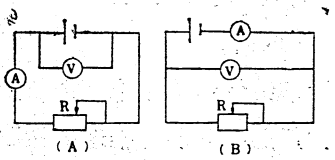


图 71

本实验题的第⑦问称为排序题，一般用来考查学生对实验步骤的掌握情况。是选择题在实验题中的一种变形。

(三)综合题

一般分为两种：

1。说理题

即比较复杂的、综合性的问答题。它涉及较多的概念和规律，并要综合起来，一环扣一环的进行分析、推理、判断、论证，才能得到解决。

高中物理课本磁场一章中，运动电荷在匀强磁场中作匀速圆周运动的阐述，就是一道说理题的范例。我们以其为例，简述一下如何解答说理题。

在匀强磁场中有一个运动的带电粒子，它的初速度方向跟磁场方向垂直，在洛仑兹力$f=qVB$的作用下，粒子要偏离原来的运动方向。那么，粒子运动的径迹将是怎样的呢？

(1) 认真审题：就是认真剖析题意，以便对题目有全面的概括的认识。一般着重从以下三个方面进行剖析。

题目描述的现象：在匀强磁场中有一个运动的带电粒子；

题目已知的条件：带电粒子初速度的方向跟磁场方向垂直；

题目要解决的问题：粒子的运动径迹是什么样的曲线。

(2) 寻找依据：就是从已学过的知识中找出跟题目有直接的联系、对解题起决定作用的物理概念及规律做为依据。

题中带电粒子受到洛仑兹力的大小和方向起了决定作用。因此，运用左手定则判断得出的洛仑兹力f，磁感应强度B和粒子初速度V三者相互垂直的关系就是解题的依据。

(3) 推理分析：找到依据以后，紧密结合形象思维，进一步揭示论据和解决问题间的逻辑关系，进行层次分明的推理，然后用文字把推理过程表达出来，写成答案。

由于粒子的初速度和它受力的方向都在跟磁场方向垂直的平面内；没有任何作用使粒子离开这个平面，所以粒子只能在这个平面内运动；由于洛仑兹力总是跟粒子运动的速度方向垂直，不对粒子做功，它只能改变粒子运动的方向，而不能改变粒子的速率，所以粒子运动的速率V是恒定的。正是由于其恒定，力$f=qVB$的大小也是恒定的。这个大小恒定的力f对于运动着的粒子来说，起着向心力的作用。因此粒子的运动一定是匀速圆周运动。

(4) 检验答案：就是基本上按上述解题顺序进行复查。着重围绕：审题是否正确，解题依据跟要解决的问题是否有必然的因果关系，条理是否清楚，结论是否正确等方面进行检验。

2. 综合计算题。物理学中的基本题，一般只涉及某个单纯的物理过程，而综合题则反映了自然界错综复杂的物理变化，包含了多个物理过程，这样就更加结合实际。它把物理各部分基础知识，按照千变万化的物理现象的本来面目，有机地联系了起来。求解物理综合题能够加深我们对基础知识的理解和巩固，扩大我们对各部分知识之间内在联系的认识和掌握，培养我们综合运用理论知识分析解决实际问题的能力。因此，应该给于必要的重视。

对事物进行分类，出发点不同，分类亦将相异。如果从题目所反映的物理过程发展转化的情况来看，物理综合计算题有两种基本形式：

(1) 链条式综合题

这类题所反映的各个物理过程的相互关系，从发生的时间上来看，有先后顺序。它们首尾相续，依次转化，一个物理过程完了，紧接着出现另一个物理过程；各个物理过程之间，象一根链条一样，一环套一环，环环紧相连。

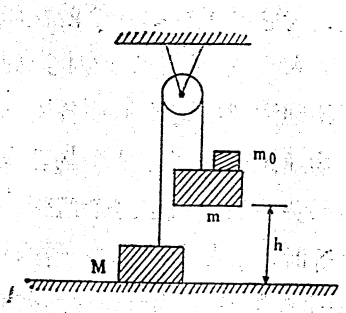


图 72

例一，一段不能伸长的轻绳穿过一个定滑轮，绳的一端在离地面高$h=11$米处挂一重物$m=0.9$千克，其上放另一重物$m_0=0.2$千克。绳的另一端悬挂放在地面上的重物$M=1$千克，如图72所示。在重力作用下，它们从静止开始运动。当m触地瞬间，m_0因振动而自行脱落。取$g=10$米/秒^2，求重物M在空中运动的总时间。

分析可知，M在空中先后经历了四个物理过程：①由于重力作用，M和整个连接体一起，从静止开始做初速度为零的匀加速运动，直至m触地瞬间。②m触地后，m_0振落，M将以m触地瞬间，它们的共同即时速度做竖直上抛运动，直至M又重新落回h高度处。③当绳拉紧瞬间，可根据动量守恒定律求得两物体的共同速度V。④绳拉紧后，由于m_0已振落，加速度方向改变，M和m又开始一起做初速度为V的匀加速度运动，直至M通过h距离重新落回地面。

不难看出，M所经历的各个运动过程象一根链条似的，首尾

相续，依次转化，构成了典型的链条式综合题。分别求出各物理过程的运动时间，即得M在空中运动的总时间为11.35秒。

其实，几乎所有的纯力学综合题，带电粒子在静电场中的各种运动问题，包括物态变化在内的热平衡方程问题，有关气体状态变化的问题，以及光具组的成象问题等等，均属于这种链条式综合题。如果我们把整个“链条”的各个环节拆开来看，这类综合题无非是几个较简单的基本练习题相互有机地衔接在一起。求解时，不要为错综复杂的表面现象所迷惑，首要的一步，应该冷静、认真、仔细地分析现象的全过程，看它都是由那几个阶段组成，各阶段之间是怎样相互转化的。力求运用形象思维对全过程了如指掌、图象清晰。这里，还要特别注意要善于抓住各阶段之间相互转化的“纽带”，即前一个物理过程是通过那个物理量为桥梁，而与后一个物理过程发生因果关系的。找出这个纽带，往往是解题的关键。在此基础上，求解时，就象庖丁解牛一样，使链条分解为一个个环节，把整个物理过程转化为一个个基本题，一个环节接一个环节地逐步求解。也就是在分析的基础上，把综合题转化为基本题去求解。

(2) 交织式综合题。这类题乃是整个过程（或状态），在同一时间内是由几个物理现象相互依存、相互渗透、相互转化、交织出现；反映各个现象的物理规律互相制约、互为条件。较之链条式综合题，这类交织式综合题更为复杂，分析起来也比较困难。链条式综合题所描述的物理过程，是一个接一个地发生，过程的各个环节，象时间的流逝一样，不可逆转。而交织式综合题所描述的物理过程，其变化好似一串上升的螺旋曲线，过程在循环，然而在发展；各个物理过程不是依次消失，而是交替显现；好象织布机上的梭子，交织出现，循序渐进，直至达到某一平衡状

态，过程才会稳定发展．而这个平衡状态，则往往是解决此类综合题的关键．

例二、如图73所示，有水平方向的匀强磁场，其方向垂直纸面向外，在垂直磁场方向的竖直平面内放一矩形金属框，框的一边ab可紧靠着框架无摩擦地上下运动，并且在滑动过程中，ab边永远保持水平．已知ab的质量$m=2\times10^{-14}$千克，长度$L=0.1$米，ab边电阻$R=0.2$欧姆，而框的其它三边电阻不计．磁感应强度$B=0.1$特斯拉．取$g=10$米/秒，空气阻力不计．试求：

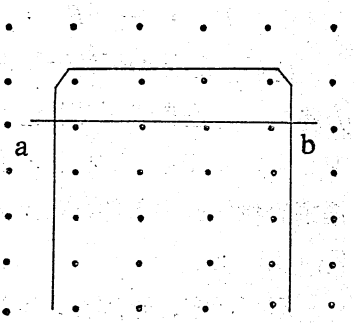
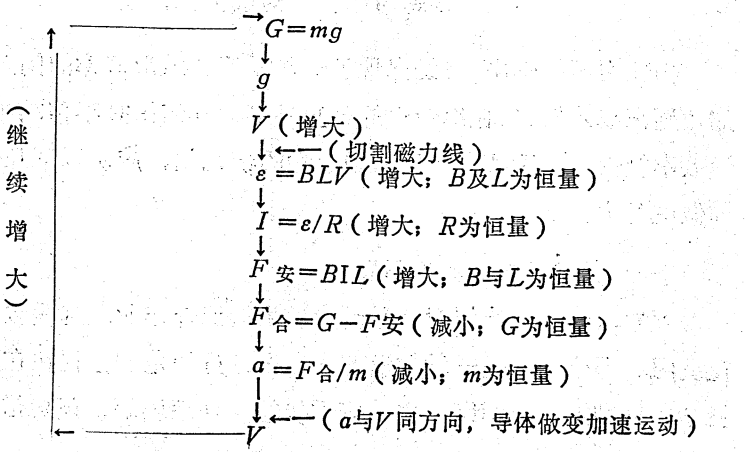


图 73

(1) ab边匀速下落时的速度多大？

(2) 在ab运动过程中，若框架上边突然断开，ab将怎样运动？

[分析] 在闭合的框架上，初始瞬间ab仅受重力$G=mg$的作用，开始加速向下运动．于是，就发生了以下物理变化过程：



看吧！整个物理过程循环往复，交替前进，形成交织式的变化过程。但这种变化并不是无穷尽的，当$F_{安}$达到最大值G时，则有：

$$F_{安}=G\longrightarrow F_{合}=0\longrightarrow a=0\longrightarrow V=V_m$$

此后，导体ab则处于平衡状态，即由原来的变加速运动转化为稳定的匀速直线运动状态。这时的速度就是它运动的最大速度V_m。显然，$F_{安}=G$则是导体的运动处于平衡状态的必充条件；准确的找出这个条件，就是解交织式综合题的关键。由此可解得$V_m=4$米/秒。

可以看出，求解交织式综合题，要认真分析全过程中有那些物理现象参与其间，这些现象是属于力学的、热学的、还是电磁学的。这些现象又是如何转化、交织显现的。然后，找出支配每一现象的物理规律，并从这些规律所反映的各物理量间的关系中，获得所求量的定性解释或定量计算。如上所述，解题的关键是：准确地找出交织发展的运动过程，最后能够达到平衡状态的必充条件。

三、物理习题教学的最优化问题

物理习题教学中，曾经出现了一些不符合教学规律的问题，诸如“题海战术”，只抓综合性的计算题等，其结果是事倍功半，教学效率极低。为了实现物理习题教学的最优化，应从以下几个方面做些努力。

(一) 关键是精选物理习题

习题教学既要选例题，又要为学生选课外作业，这是教学的重要组成部分，亦是一种教学艺术。一个好的范例，往往在区分概念，辨别异同，铺路搭桥，安排伏笔，消除误解，预防错误等

方面有着其特有的教学功能，运用得当，常能起画龙点睛的作用。一个反例在纠正学生形成的某些错误概念方面，往往比多次正面的阐述更奏效。在教学过程的任何一个环节，都离不开举例。可以说，一个物理教师的知识宝库里，如果没有一整套与教材密切结合的、具有科学性、针对性、典型性、启发性、实践性、趣味性的教学范例，就难以取得良好的教学效果。

首先，要注意充分发挥课本上例题和习题的作用，它们都是编辑下了一番苦功夫选定的。教师要在准确理解其意图和作用的基础上，和教学紧密配合，全面安排，科学布局，合理搭配。这就要从教学的全局出发，认真的设计教学程序，环环紧扣，浑然一体，准确地体现教学目的，力求教学的最佳效果。

其次，教师要成为积累范例和习题的有心人。这里，既要结合自己的实际情况，去理解、消化、吸收别人的东西；也要善于向自己的教学对象学习，及时收集学生的思想火花；更要从自己成功和失败的亲身体验中，自编、改编、或指导学生编题，逐步形成自己的一整套习题体系。题型要全面，不能只解综合计算题。

最后，对于范例和习题，应该统筹规划，具体安排。譬如，哪些习题安排在课堂提问或知识巩固上；哪些在习题课上选为范例，哪些留给学生为家庭作业；哪些在阶段复习或总复习时选用；等等。

（二）物理习题教学，要把培养学生的思维能力放在首位

我们已在前边对此从理论与实践的结合上给予了必要地论述。这里，我们再从知识的运用上给予具体阐述。

1。习题教学要在教思路讲方法上下功夫。譬如，要教给基本的解题方法，如隔离分析法，正交分解法等。要训练解习题的

基本技能，如力学的受力分析和运动分析、热学的状态分析、电学的电路分析等；要归纳基本规律运用时的一般思路。同时，还要培养学生善于运用数学工具去处理物理问题等等。

2。在对习题的处理方法上，要突出培养学生的创造思维能力。这些，我们已从理论上论述过，①下面再给予具体阐述。

(1) 一题多解

一题多解在解题中有着重要的意义。通过一题多解，不仅能促进基础知识和基本技能的牢固掌握，而且可以开拓思想，沟通不同部分的知识之间的内在联系，使知识贯通起来成为一个整体。

寻找一题多解的途径在于对问题的条件和结论进行全面地分析，从中挑选出多种可资采用的属性，多方面地使问题得到类化。因此要做到一题多解，必须知识全面，分析透彻，思路敏捷。

抓住典型习题，从不同角度分析求解，既可以使学习的基础知识得到熟练掌握，灵活运用，又可以从多种解法的分析比较中，找出其中最佳解法。譬如，下题就解的比较“活”，有些解法还十分巧妙。应诱导学生从中学到一点东西，举一反三，勤于动脑，灵活解题。

例一 气球以10米/秒的速度匀速上升，从气球上掉下来一个物体，经17秒落到地面。求物体刚脱离气球时的高度。

[第一类解法]如图74所示。以A为研究起点，则物体作竖直上抛运动。

[解法一] 根据位移的矢量性，物体在抛出点以下的位移为

①详见第一编第二章第三节关于创造思维的论述

负。

$$-h=V_0t-\frac{1}{2}gt^2$$

$$\therefore h=\frac{1}{2}gt^2-V_0t=1275(\text{米})$$

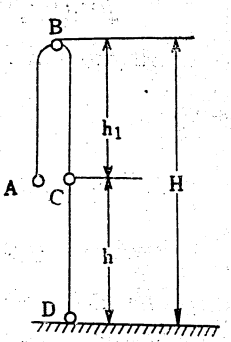


图 74

[解法二] 物体着地时的速度

$$V_d=V_a-g_t=-160\text{米/秒}$$

$$V_d^2-V_a^2=2gh,$$

$$h=\frac{V_d^2-V_a^2}{2g}=1275(\text{米})$$

[解法三] 因为整个竖直上抛运动可看作是匀减速直线运动，所以整个运动的平均速度：

$$\overline{V}=\frac{V_a+V_d}{2}\quad(V_d\text{在上述解法中已求出}),$$

$$h=\overline{V}\cdot t=-1275(\text{米})$$

负号表示位移在抛出点以下。

[第二类解法] 以B为研究起点，则物体从B开始作自由落体运动。

[解法四] 物体由A到B的高度

$$h_I=\frac{V_0^2}{2g}=5(\text{米});$$

所用的时间：

$$t_{ab}=\frac{V_0}{g}=1(\text{秒})$$

$\therefore AB=BC=5$米，　　$t_{ab}=t_{bc}=1$秒

$$H=\frac{1}{2}g(t-1)^2==1280(米)$$

$$h=H-h_1==1275(米)$$

[解法五] 因为物体从B开始作自由落体运动，所以$V_b=0$米/秒

$$\therefore V_d^2=2gH,\ H=\frac{V_d^2}{2g}=1280(米)$$

$$h=H-h_1=1275(米)$$

[解法六] 因为自由落体是初速度为零的匀加速运动，所以整个运动的平均速度

$$\overline{V}=\frac{V_0}{2}=\frac{160}{2}=80(米/秒)$$

$$H=\overline{V}\cdot t=1280(米)$$

$$h=H-h_1=1275(米)$$

[解法七] 因为初速度为零的匀加速运动，在第一秒内，第二秒内……的位移之比等于从1开始的连续奇数之比，即：

$$S_1:S_2:S_3\cdots\cdots S_{16}=1:3:5\cdots\cdots:31$$

由$S_1=5$米得：$S_2=15$米，$S=_325$米，

$S_4=35$米，$S_5=45$米，$S_6=55$米，

$S_7=65$米，$S_8=75$米，$S_9=85$米，

$S_{10}=95$米，$S_{11}=105$米，$S_{12}=115$米，

$S_{13}=125$米，$S_{14}=135$米，$S_{15}=145$米，

$S_{16}=155$米，

$$\therefore H=S_1+S_2+\cdots\cdots+S_{16}=1280米$$

$$h=H-h_1=1275米$$

[解法八] 因为初速为零的匀加速运动在第1秒末和第17秒末的位移的比等于时间的平方比。即：$S_1 : S_{16} = t_1^2 : t_{16}^2$

得：$S_{16} = 1280$(米)

$h = H - h_1 = 1275$米

[第三类解法] 以C为研究起点，则物体作初速度不为零的匀加速运动

$|Vc| = Va = 10$米/秒，　　$g = 10$米/秒^2

[解法九] $h = V_0(t-2) + \frac{1}{2}g(t-2)^2 = 1275$(米)

[解法十] 因为物体作匀加速运动，所以整个运动的平均速度：

$$\bar{V} = \frac{Vc + Vb}{2}$$

$$h = \bar{V}t = \quad \times 15 = 1275\text{（米）}$$

[解法十一] $V_d^2 - V_c^2 = 2gh$

得：$h = \dfrac{V_d^2 - V_c^2}{2g} = 1275$米

[第四类解法] 图象解法。

[解法十二] 如图75用速度时间图象求“面积”的方法。

由于$S_{\Delta ocf}$与$S_{\Delta oab}$抵消，所以h在数值上等于梯形$ABCD$的面积，即

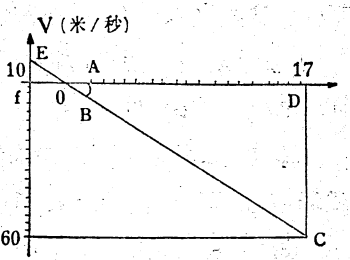


图 75

$$h = \frac{1}{2} \times (AB + CD) \times AD = \quad = 1275\text{(米)}$$

〔解法十三〕用位移一时间图象。这种解法可直接描点得出图象，再从图象直接读出数据。但是，这种解法有其局限性：从上述解法中可得$S=1275$米。这样大的数值表现在图象上，位移轴线很长很长，如果把坐标单位取的过大，那么，时间轴线上方的位移则为+5米，就会显的微乎其微，反映在图线上就几乎趋近于零了，所以不太适用。这个图象示意图大致如图76所示。

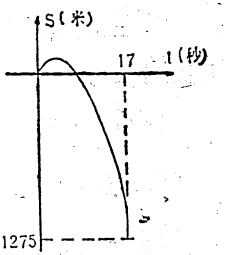


图 76

总之，以上解法中，利用位移的矢量性、平均速度等几种解法，较为方便，尤其〔解法一〕最简便。所以，今后若遇到这类题最好用解法一。

(2) 一题多变

所谓一题多变，就是在原题的基础上，进一步指出一些设想，变换某些条件，从许多不同的角度变化题意，然后去求解，达到巩固、活化所学知识，培养创造思维能力的目的。

例二 一个质量$m=0.016$千克，宽$d=0.1$米，电阻$R=0.1$欧姆的矩形线圈，从$h_1=5$米高处由静止开始自由落下，如图77所示，然后进入一个匀强磁场。

① 若刚进入磁场时，由于磁场力的作用，线圈正好做匀速运动。求磁场的磁感应强度。

② 在上述情况下，如果线圈的长$L=0.5$米，且其上边通过磁场所经历的时间$\Delta t=0.15$秒。求磁场区域的高度h。

③ 若线圈足够长，磁场区域足够高，且磁感应强度为0.2特斯拉。求：从线圈的ab边进入磁场，到全部进入磁场这段时间内，它运动的最大加速度和最小加速度各为多少？运动达到稳定状态的速度为多少？这个速度是最大值，还是最小值？

④ 在③的情况下，若磁感应强度为0.8特斯拉，则各答案又如何？

⑤ 在④的情况下，线框ab边与匀强磁场区域的距离h_1为多大时，开始下落，线框才能从ab边进入匀强磁场区域，就立即开始做匀速直线运动？

⑥ 在①的情况下，从线框ab边开始进入匀强磁场，直至ef边刚好进入磁场这段时间内，线框消耗多少电能？试从能的转化和守恒的角度，说明计算结果的物理意义。

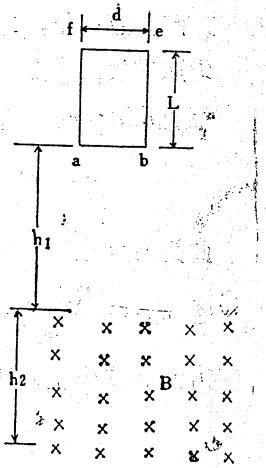


图 77

解 ① 线圈下落5米时的速度V为

$$V=\sqrt{2gh}=10(\text{米/秒})$$

线圈刚进入磁场时重力和磁力平衡：

$$mg=IBd=\frac{\varepsilon}{R}Bd=\frac{aVB}{R}Bd$$

$$\therefore\quad B=\sqrt{\frac{mgR}{Vd^2}}=0.4(\text{特斯拉})$$

②匀速运动时间 $\Delta t_1=\frac{L}{V}=0.05$（秒）

竖直下抛运动时间：$\Delta t_2=\Delta t-\Delta t_1=0.1$(秒)

故：$h_2=L+(V\cdot\Delta t_2+\frac{1}{2}g\Delta t_2^2)=1.55$(米)

③ $F_{磁}=BId=Bd\cdot\frac{BVd}{R}=0.04$牛顿，$mg=0.16$牛顿

则：$a_m=\frac{mg-BIa}{m}=7.5$（米/秒^2）

方向竖直向下，即与mg同向。

匀速直线运动后，$a_{小}=0$，此为最小值。

根据$BId=mg$，即：$B^2d^2V_m/R=mg$，得：

$$V_m=\frac{mgR}{B^2d^2}=40(\text{米/秒})$$

此为最大速度，方向向下。

④ $a_m=\frac{BId-mg}{m}=\frac{B^2L^2V/R-mg}{m}=30(\text{米/秒}^2)$

方向竖直向上，即与$F_{磁}$同向。

$$a_{小}=0,$$

而 $V_{小}=\frac{mgR}{B^2L^2}=2.5(\text{米/秒}^2)$

⑤ 根据平衡条件 $F_{安}=mg$，即：

$$\frac{B^2d^2V}{R}=mg,\qquad V=\frac{mgR}{B^2d^2}=2.5(\text{米/秒})$$

又根据机械能守恒定律：$mgh=\frac{1}{2}mV^2$

$$\therefore\quad h=\frac{V^2}{2g}=0.3125(\text{米})$$

⑥ 在(1)的情况下，由于线框作匀速运动，故在et边进入磁场之前，消耗的电能为：

$$W=\frac{\varepsilon^2}{R}\cdot\Delta t=\frac{(BdV)^2}{R}\cdot\frac{L}{V}=0.08(\text{焦耳})$$

若注意到：$W=mgh=0.08$(焦耳)

根据能量守恒定律，重力势能减少了0.08焦耳，产生的感生电流所做的功也正好是0.08焦耳。重力克服安培力作功，使机械能（重力势能）转化为电能，恰好表明功是能量转化的量度。

克服安培力作的功：$W_{安}=F_{安}\bar{V}t=\frac{B^2L^2V}{R}\cdot V\cdot\frac{L}{V}$

$=0.08$(焦耳)

(3) 一题多用

就是利用一道题从多个角度提出问题，达到用以巩固多个概念和规律的目的。譬如下题即可帮助学生巩固位移，速度和加速度的大小，方向及它们的相互关系等基础知识。若设吊装箱的质量为m，则本题还可以回忆和运用牛顿第二定律，功和能，冲量和动量等内容。

例三 建筑工地的一个起重吊装箱，在一次上升和下降过程中，其速度图象如图78中的折线$OABCDEF$所示。设向上为正方向，试回答下列问题：

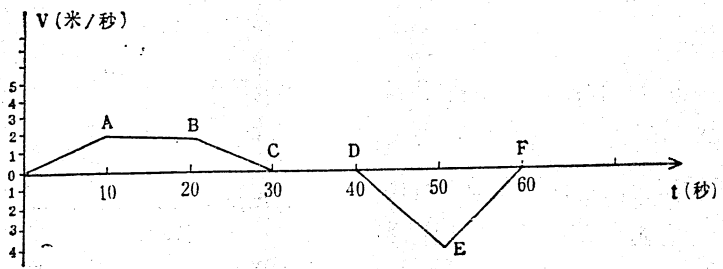


图 78

1。图中线段OA、AB、BC、CD、DE、EF各表示吊装箱作什么运动？

2。在头10秒内及50秒至60秒间，其位移，速度的方向如何？

3。什么时刻其速度为零？对应的加速度是否为零？

4。在$t_1=5$秒和$t_2=25$秒的时刻，速度是否相同？加速度是否相同？头5秒和头25秒内所通过的位移是否相同？

(4) “同”、“异”相求。

有些题目，表面上看毫无共同之处，但实质上是同一类问题；有些题则相反，表面看来相同，实质并不一样。求解习题时，不要为完成任务去做，要常总结，多比较，以便开拓思路，诱导学生逐渐变得聪明起来。这样做，其目的就是从“题海”中解脱出来，把注意力放在灵活运用和思路方法的锻炼上，培养“同中求异”与“异中求同”的思维变通能力。

第一组题

① 一个质量为2千克的铅球从离地面2米高处自由下落，陷入沙坑中2厘米深处。求沙子对铅球的平均阻力f(g取10米/秒^2)。

② 密度为0.6克/厘米^3，质量是120克的木球，从离水面10米高处自由落下，若空气阻力和运动阻力不计，木球能落入水中多深处？

③ 如图79所示，质量$m=3\times10^{-9}$千克，带电$q=-8.5\times10^{-14}$库仑的油滴，从D点自由下落，而由小孔进入平行板电容器，由于电场力的作用降到下板时速度恰好为零。已知D点距上板的距离为20厘米，两板间距离为15厘米；取$g=10$米/秒^2。求

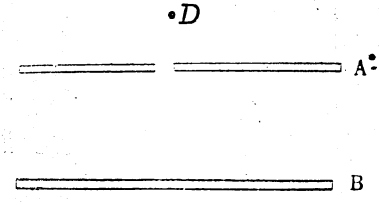


图79

a。两板间电场强度？

b。哪板电势高？两板电势差是多少伏？

三个题表面看起来各不相同，但解题的思路完全相同。只要根据动能定理列方程：

$$mgH-Fh=0$$

即可求得：① $F=2020$牛顿；② $h=15$米；③ $E=8.24\times10^5$牛

/顿库仑，$U=1.24\times10^5$伏特。

这类题属于“异中求同”，也可称为多题一解。这是一种定势思维的训练。

第二组题

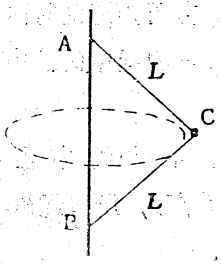


图 80

①如图80所示，一质量为$m=1.0$千克用两根长均为L=1.0米的轻绳系的物体，在竖直杆上A、B两点，$AB=1.0$米。当物体以4.5米/秒的速度绕AB轴作匀速圆周运动时，绳中的张力各为多少？（g取10/秒^2。）

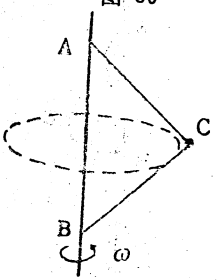


图 81

② 如图81所示，两根长为$L=1.0$米的轻绳系住一个质量$m=1.0$千克的小球，两绳的另一端分别固定在相距$L=1.0$米的棒上两点，若小球在水平面内作匀速圆周运动，且可视为质点，g取10米/秒^2。求：

a。当角速度ω为何值时下面的一根绳子刚好伸直？

b。当$\omega=10$弧度/秒时，绳AC、BC对小球的拉力是多大？

c。当$\omega=2$弧度/秒时，绳AC、BC对小球的拉力是多大？

第①题：如图82是小球的受力图，设上、下两绳中的拉力分别为T_1、T_2，绳与水平方向夹角$\theta=30°$，小球运动半径$R=L\cos30°$。小球的运动方程为：

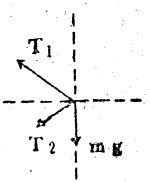


图 32

$$\begin{cases} T_1\cos60°-T_2\cos60°-mg=0 \\ T_1\cos30°-T_2\cos30°=mv^2/L\cos30° \end{cases}$$

解得：$T_1=23.5$（牛顿），$T_2=3.5$（牛顿）。

第②题：本题与第①题基本类似，不过在解第a问时，要注意“下面一根绳刚好伸直”的含意，即此时下面的一根绳刚好不受拉力。注意到这一点就不难解出$\omega=4.5$弧度/秒。在解第b问时，应将第b问中的条件与第a问的结果比较，方可知道此时两根绳中均有拉力，类似第①题的解法可得：上面一根绳中的拉力是60牛顿，下面一根绳中的拉力是40牛顿。

解第c问很容易发生错误。其一，误以为下面一根绳中还有拉力。事实上由于$\omega=2$弧度/秒，小于4.5弧度/秒，所以绳BC并不拉直。其二，有些同学虽然知道BC不拉直，AC竖直方向夹角比原来要小些(见图83)。但在处理方法上不当。由图83可列方程：

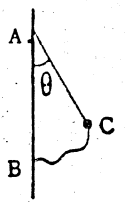


图 83

$$\begin{cases} T_{AC}\cos\theta' = Mg & ① \\ T_{AC}\sin\theta' = mR\omega^2 & ② \\ R = L\cdot\sin\theta' & ③ \end{cases}$$

将③代入②即得$T_{AC}=4$(牛顿）。然而$T_{AC}=4$牛顿是错误的。因为$T_{AC}=4$牛顿代入①式时，$\cos\theta'=5/2>1$，没有意义。经检查，所列方程不错，那么错在哪里呢？让我们来考察一下ω与θ之间的关系。①、②、③式整理得：$\omega=\sqrt{g/L\cdot\cos\theta'}$可见，当$\theta'\to 0$时，$\omega\to\sqrt{10}$（弧度/秒）$>2$弧度/秒。这说明，要使小球“飞起来”，$\omega$最小应为10弧度/秒，在题设$\omega=2$弧度/秒的情况下，小球已不能在水平面内作圆周运动。因此，绳AC处于竖直位置，$T_{AC}=mg=10$牛顿。

本题的第c问在解法上很有思考意义，反复推敲一下，定能从中受到启发的。

第二组题的思路是一致的，但却是逐步引深的。这有利于培养思维的敏捷性和深刻性。

第三组题：

①子弹以速度V_0，穿过三块同样材料的板后，速度恰减小到零。设子弹在板中运动时受到的阻力不变；在每块板中所经历的时间相等。求这三块板的厚度之比。

②子弹以速度V_0，穿过三块同样材料、同样厚度的板后，速度恰减小到零。设子弹在板中所受的阻力与子弹的速度无关。求子弹穿过这三块板所用的时间之比。

这两道题在叙述上只有细微的差别，第①题，子弹穿过每块板的时间相同，求板的厚度比；第②题，板的厚度相同，求穿过的时间比。但所用规律方法根本不同；前者需用动能定理，后者则需用动量定理。结果分别是：①5：3：1；②$(\sqrt{3}-\sqrt{2}):(\sqrt{2}-1):1$。

貌似相同的两道题，实质上处理时所用的物理规律是不同的，这就是“同中求异”。它有利于培养思维的细微性，诱导我们细心地分析问题，解决问题。

3.解答习题时，要把分析物理过程做为首要一步，关健一步。实践证明，不管是任何题，只要把题目所描述的物理过程分析清楚了，解题的途径和思路也就清楚了。下一步就只需要列出方程，统一单位，求解了。

前述的例题二，是一道交织式综合题，如果不分析物理过程，让学生直接求解，中学生往往感到无从下手。其实，下列分析表明：求出结果是在物理过程分析之后，而非之前。

下面，我们就来定性的分析一下，矩形线框在匀强磁场中下落过程中，可能做的各种运动。

我们假设磁场是一个定域的匀强磁场，线框长为L_1小于定域磁场高度h_2；宽为d，小于定域匀强磁场的宽度。

将线圈下落过程分为三个阶段进行分析。第一阶段，线圈ab边进入匀强磁场到ef边刚要进入匀强磁场，所经历的时间为Δt_1。第二阶段，线框全部进入匀强磁场，所经历的时间为Δt_2。第三阶段，从ab边刚离开匀强磁场到整个线圈离开匀强磁场所轻历的时间为Δt_3。

线圈ab边进入匀强磁场后，af、eb边不切割磁力线，对产生感生电流没有影响，只有当ab或ef边切割磁力线时，线圈中才有感生电流，这时线圈受到的重力mg和磁场力F的作用。先设运动过程中重力始终大于磁场力。

第一阶段，ab边以速度V_0进入匀强磁场时，ab边切割磁力线，闭合线圈中，感生电流大小$I=BLV_0/R$，方向由右手定则（或楞次定律）可判定，线圈所受磁场力大小$F=BIL=B^2L^2V_0/R$，方向由左手定则可知竖直向上。此时加速度为a，由牛顿第二定律得

$$mg-(B^2L^2V_0/R)=ma \qquad (1)$$

式中m、L、R为线圈本身所决定的物理量，与运动无关，我们也忽略感生电流的磁场对匀强磁场的影响。由(1)式知：a竖直向下与V_0方向相同，且$a<g$。从这一时刻开始，线圈运动的趋势是：a减小，速度继续增大，将趋近一个稳定速度V_1，由于假定运动中mg始终大于F，因此，未达到稳定速度时，线圈已进入第二阶段的运动。可见，在Δt_1时间内，线圈作a不断减小的变加速直线运动。

第二阶段，线框全部进入匀强磁场，在Δt_2时间，ab、ef边均切割磁力线，线圈中无感生电流，则$F=0$，线圈在重力作用

下，加速度为g，速度继续增大，线圈作加速度为g的竖直下抛运动，最后速度达到V_2。

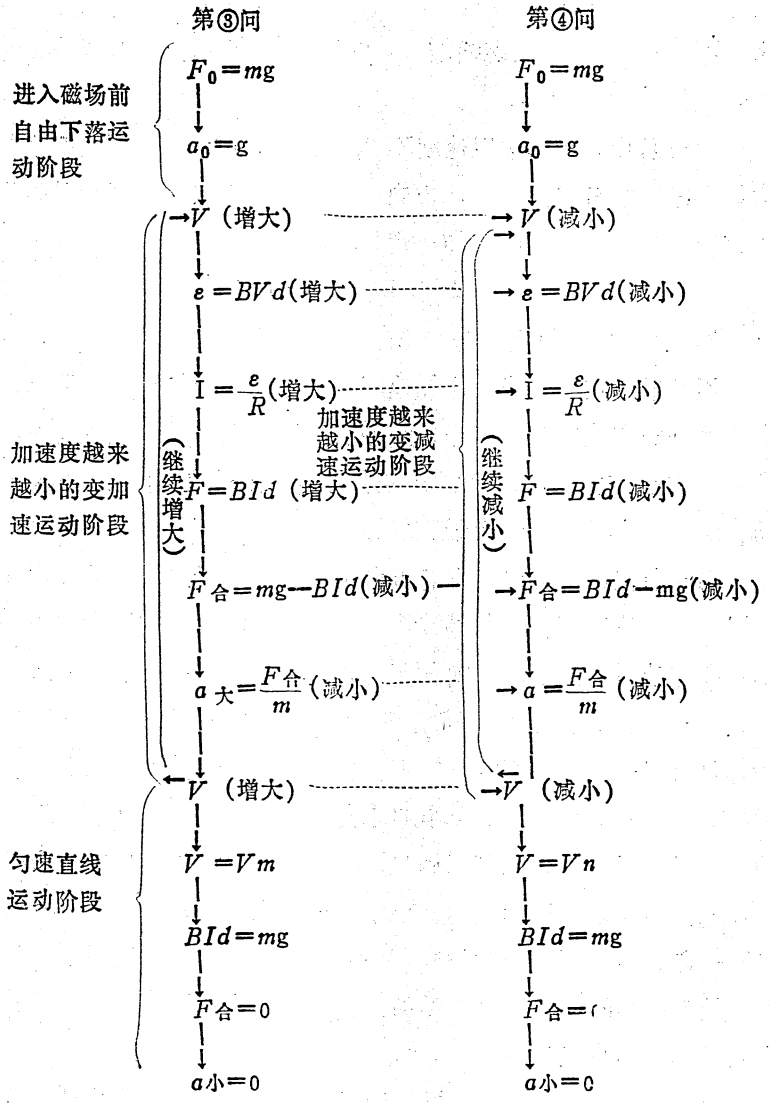
第三阶段，当ab边以速度V_2离开的匀强磁场后，ef边切割磁力线，线圈中有感生电流，方向由右手定则判定，线圈所受磁场力方向仍竖直向上，此时加速度为a'，则

$$mg-(B^2L^2V_2/R)=ma' \qquad (2)$$

a'、V_2均竖直向下，且$a<g$。从这一时刻开始，在Δt_3时间内，a减小，速度继续增大，线圈作加速度不断减小的变加速直线运动，在未达到稳定速度前已离开匀强磁场。当线圈离开匀强磁场后，$F=0$，只受重力作用，线圈以初速度V_3、加速度g作竖直下抛运动。若不假定重力始终大于磁场力，则分析如下：

第一阶段，线圈的运动有五种可能性：①ab边通过匀强磁场全过程中，线圈所受的力始终满足$F<mg$，线圈作加速度越来越小的变加速直线运动，即前面所分析过的情况。②线圈以速度V_0。刚一进入匀强磁场就满足$F=mg$。由(1)式可知：线圈在Δt_1时间内以稳定速度V_0作匀速直线运动。③线圈通过匀强磁场时，始终满足$F>mg$，线圈作加速度越来越小的变减速直线运动。④ab边刚进入匀强磁场满足$F<mg$，先作加速度越来越小的变加速直线运动，当速度增大到某一值V_1时，$a=0$，则$F=mg$线圈作匀速直线运动。⑤ab进入匀强磁场满足$F>mg$，线圈先作加速度越来越小的变减速直线运动。当速度减小到V_1时，$F=mg$，线圈又作匀速直线运动。

于是，根据上述简要分析，例二中、第③、④问的物理过程的详细分析如下：



第二阶段，线圈只以某一初速度和加速度g作竖直下抛运动一种可能性。

第三阶段，线圈的运动情况，有和第一阶段相同的五种可

能性。

4。解比较复杂的综合题时，要善于铺路搭桥，逐步深入。先用基本题引路，理解和掌握基本的简单的思路，然后再逐步引深，以到达最后全面掌握的目的。

下面一组题，就是这样安排的。它便于接受、理解。不是一步跨上一个高台阶，而是搬来一架梯子，一步步攀上去。这种修些小台阶，以便登上高台阶的教法，也是一种精心安排的教学艺术。

(1) 在一个开口向上竖直放置的试管中，有一段长为H的水银柱，水银柱下方封闭着长为L的空气柱，设外界大气压为P_0厘米高水银柱，求：试管自由下落时，空气柱长度如何变化？变化了多少？

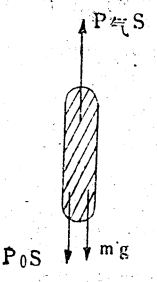


图 84

解：以水银柱为研究对象，其受力情况如图84所示。根据牛顿第二定律：

$$mg + P_0S - P_{气}S = ma = mg$$

可见，$P_{气} = P_0$；这表明：由于失重，水银柱本身的重力已对气体不产生压强了。

再以空气柱为研究对象，因为自由下落时温度不变，故满足玻意耳——马略特定律，即：

$$(P+H)\cdot L = P_0 \cdot L_x \text{得：} L_x = \frac{P_0+H}{P_0}\cdot L$$

且：$\Delta L = L_x - L = \frac{H}{P_0}\cdot L$；这是说，试管自由下落时，空气柱变长，长度增加$HL/P_0$

试问：若试管开口向下自由下落，如何？若试管开口向上，

以$a=\frac{1}{2}g$匀加速下降又如何？（此即一题多变）

(2) 一个粗细均匀的U形玻璃管在竖直平面内放置，如图85所示，U形管左端封闭，右端通大气，大气压为P_0。管内装入水银，两边水银面的高度差为h，左管内空气柱的长度为L。如果让该管在原来的竖直平面内自由下落，求两边水银柱面的高度差。

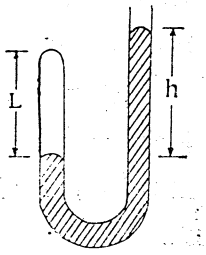


图 85

解：仍如上题解题思路。未下落时$P_1=P_0+\rho gh$；自由下落时$P_2=P_0$；依玻——马定律：$PL_xP_2=LP_1$，即：

$$L_x\cdot P_0=L(P_0+\rho gh)$$

得：$$L_x=L(I-\rho gh/P_0)$$

即闭端管内水银面下降为$\Delta L=L_x-L=\rho ghL/P_0$，所以两管内液面高度差为$h_x=h+2\cdot\Delta h=h+2\rho ghL/P_0$。

(3) 一端封闭，粗细均匀的玻璃管中，有一段16厘米长的水银柱，将管内空气与外界隔绝，玻璃管开口向上竖直放置时，空气柱长8厘米。如果把玻璃管放在倾角为30°的斜面上如图86所示，使玻璃管沿斜面下滑时，求玻璃管内空气柱的长度。已知玻璃管与斜面间的滑动摩擦系数$\mu=\sqrt{3}/6$，外界大气压为标准大气压。取g=10米/秒^2。

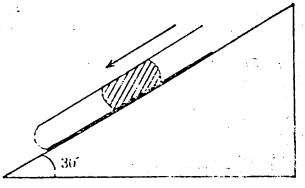


图 86

解：以试管和水银为研究对象，设其质量为M，根据牛顿第二定律：$Mg\sin\alpha-\mu Mg\cos=Ma$，消去$M$，解得$a=g/4$。

再取水银柱为研究对象，设其质量为m，则其受力情况如图

87．根据牛顿第二定律

$$mg\sin30° + P_0S = ma$$

式中各量均取国际单位制。

代入a，解得：$P = P_0 + mg/4S$

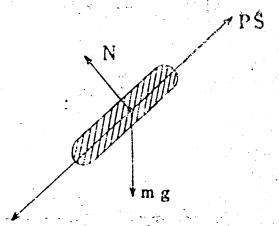


图 87

显然式中mg/S是水银柱竖直放置时，对气体产生的压强。换算单位，则$mg/S = 16$厘米高水银柱，而$P_0 = 76$厘米高水银柱，于是，得：$P = 80$厘米高水银柱。

以封闭端空气柱为研究对象，根据玻意耳——马略特定律：

$$(76+16)\times 8 = 80 \times L$$

得：$L = 9.2$厘米。

（三）习题教学更有利生贯彻“循序渐进和因材施教相辩证的原则”。

这就是说，物理习题教学要从大多数学生的实际情况出发，提出统一要求。同时，又能更好地因材施教，照顾到部分优等生和学习吃力者的实际情况。优等生可布置一些高层次的习题，多在发挥创造思维能力上提出一些较高的要求；对感到学习吃力的学生则让他们完成最低数量的必作习题，并对他们多给鼓励和辅导，使他们经过努力也学有所得。

四、上好物理习题课

物理习题课是课堂教学的主要形式之一。必须在教学计划中给予充分安排。习题课要认真贯彻前述的种种要求。同时，要注意加强基本训练题，以巩固基础知识；要注意不能只由教师讲述，应充分发挥学生的主体作用；要在培养学生能力上显本领。

现提供一份习题课的习题设计和一份教案，供参考。

附一：　电 感应规律的综合应用

为了加深对电磁感应理论的理解，打开思路，扩大视野，培养科学的思维方法，可以利用习题课，做如下处理：

一、细微分析、明确过程.

例一，见第一章交织式综合题的例二.

二、条件多变、开拓思路.

例二，在例一中，如果让金属框架倾斜，并使其与水平面的夹角$\alpha=30^\circ$，匀强磁场仍与框架平面垂直，而其它条件不变，答案如何？

例三，在例二中若将框架的固定边cd断开，接入一个电动势$\varepsilon=1$伏，内阻$r=0$的电源，而其它条件不变，答案如何？

例四，在例三中，若ab与框架间的滑动摩擦系数为$\mu=0.25$，其它条件不变，答案如何？

例五，在例四中，若匀强磁场与水平面垂直，而其它条件不变，答案如何？

例六，在例二中，将框架水平放置，使匀强磁场方向竖直向下，如图88，其它条件不变，求导体杆以4米/秒的速度匀速向右移动时，导体杆ab所需的外力是多少？

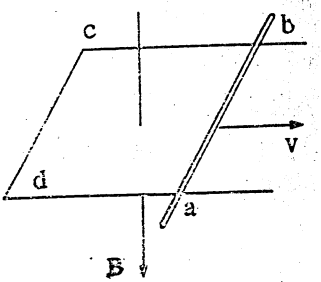


图　83

例七，在例六中，将框架的固定边cd也改为可动边，其它一切已知条件与ab边相同，并与ab边平行放置。若对ab施一垂直于ab的恒力$F=10$牛顿，方向水平向右.

(1) 试分析ab和cd的运动状态将会发生怎样的变化？

(2) 求稳定状态下，ab和cd的速度差及加速度，分析其能量转化的情况。

例八，在例一中，若将框架的cd边断开，接入一个$c=0.1$微法的电容器，忽略所有电阻，且其它条件不变，试分析ab边将怎样运动？流过电路的电流强度是多少？

例九，如图89所示，将例七中两平行框架固定于水平绝缘板上，一部分与绝缘板平行，另一部分与绝缘板成30°的夹角，ab和cd仍与框架垂直放置，它们之间的静摩擦系数$\mu=0.25$，匀强磁场方向竖直向上，其它条件均如前。

(1) 试分析ab和cd的运动状态将发生怎样的变化？

(2) 让cd由静止开始从斜面顶端下滑，当ab开始运动时，电路中感生电流是多少？

(3) ab才开始运动时，cd的加速度是多大？

(例七、例八和例九只要求部分优等生掌握)

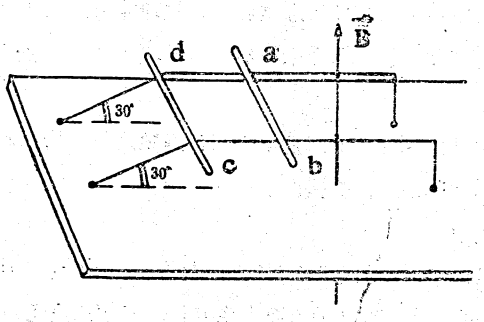


图 89

附二：《牛顿运动定律的应用》教案

Ⅰ．教材分析：运动和力的关系，是动力学的核心内容，亦是经典力学的理论基础．这正说明学习牛顿运动定律的重要性．然而初步掌握了理论，

再把它用去解决实际问题，才能促使学生在认识上来一个飞跃，这是设置本节习题课的目的所在.

这部分内容是高中物理中，学生第一次接触综合性纯力学习题，在解题思想上也是一次突变.因此，如果教学上处理恰当，不仅使学生进一步理解掌握牛顿运动定律，而且可以使学生在分析问题，解决问题时来一个突破，为今后的学习打下良好的基础.

Ⅱ．教学目的：

1．使学生学会在多个力作用下，运用动力学和运动学知识处理较复杂的综合题的本领，明确牛顿运动定律应用的两类问题.

2．通过对不同类型习题的分析研究，引导学生自己综合，归纳出应用牛顿运动定律的一般解题规律和思路，从而培养学生处理实际问题的能力和抽象思维能力.

3．通过探索、研究，培养学生科学态度和科学精神.

Ⅲ．重点和难点：重点是引导学生归纳出应用牛顿运动定律的一般规律和思路；难点是培养学生的形象思维和分析推理能力；关键是教师要善于激疑，启发学生始终要处于积极思维的学习境界，从而培养处理实际问题的能力.

Ⅵ．教学方法：探究法（启发学生探索解题规律，研究解题思路，并在自己归纳、总结的基础上．掌握之）.

Ⅴ．教学过程：

[引入] 根据牛顿第二定律，物体所受的合外力不为零时，就要产生加速度，运动速度的大小，或方向就要发生变化，或做加速运动，或做减速运动.

可见，力和物体运动状态之间，是以加速度为纽带联系起来的，即：

力————→加速度————→运动状态（板书）

这就是说：有怎样的力，就产生怎样的加速度，再结合初始条件，物体就会处于怎样的运动状态.

[转折] 为了理解这种联系，让我们来看一个例题.

请看课本121页例题一（只看题，不看解）。

[例题一] 一个静止在平面上的物体，质量是2.0千克，在水平方向受到4.4牛顿的拉力，物体跟平面间的滑动摩擦力是2.2牛顿。求物体4.0秒末的速度和4.0秒内发生的位移。

[激疑] 怎样分析求解这道题呢？

[启发] 我们研究物体的运动状态，则选物体为研究对象；要知道物体受力情况，则要进行受力分析；要明确物体的运动状态，应进行运动分析；有了这些分析研究，就可以选择公式，列出方程，统一单位，求解。可见，我们解题的基本线索是：

选对象——→分析力——→定运动——→列方程（板书）

[激疑] 请同学们依据这个思考问题的基本线索，看看怎样求解这道题？（教师启发，学生自己动手作）

问：选谁为研究对象？

答：物体。

问：请分析物体的受力情况。

答：如图90。

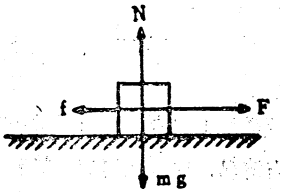


图 90

[强调] 注意受力图的绘制。

问：知道了物体的受力情况，如何根据牛顿第二定律求物体运动的加速度呢？

答：$F-f=ma$。

问：物体做什么运动？为什么？

答：初速度为零的匀加速运动。

问：那么，根据该运动的运动规律，如何求物体4秒末的速度和4秒内通过的位移呢？

答：$V_t=at$；　　$S=\frac{1}{2}at^2$。

[引伸] 启发学生思考回答以下问题：

1．如果题中没有直接给出滑动摩擦力f，而给出的是物体与水平面间

的滑动摩擦系数，如何求f？

2．如果物体运动的初速度$V_0\neq0$，而拉力F又与V_0同向，物体将做什么运动？V_t与S又如何求？

3．如果物体运动的初速度$V_0\neq0$，而拉力F又与V_0反向，物体将做什么运动？V_t与S又如何求？

4．如果本题要求物体通过20米的位移时的速度多大，如何求？

[归纳小结，并板书]

一、第一类问题：已知物体的受力情况，求其运动情况。

（板书）其一般的解题思路是：根据受力分析建立动力学方程，从而求得加速度a；然后根据运动分析，建立运动学方程。最后求得物体的运动状态。即：

$$F_{合}=ma \xrightarrow{a} \begin{cases} V_t=V_0+at; \\ S=V_0t+\frac{1}{2}at^2; \\ V_t^2=V_0^2+2as; \end{cases}$$ （板书）

[激疑] 如果出现了完全相反的情况，也就是已知物体的运动情况，求其受力情况，应该如何思考呢？

[例题二] 1000吨的列车由车站出发做匀变速运动，列车经过100秒通过1000米的路程．求机车的牵引力，已知运动阻力是车重的0.005倍。

（仍如上，逐步分析归纳，小结出一般解题思路，并板书）

二、第二类问题，已知运动情况，求其受力情况．

$$F_{合}=ma \xleftarrow{a} \begin{cases} V_t=V_0+at; \\ S=V_0t+\frac{1}{2}at^2; \\ V_t^2=V_0^2+2as \end{cases}$$ （板书）

[总结] 可见，无论那种类型，关键是求出加速度a，a是动力学与运动学联系起来的桥梁和纽带．

其实，如果题目的所求量是V_0、V_t、S、t等，不用问，题中一定给出了物体的受力情况，一般的解题思路是：根据受力分析，建立动力学方程，得加速度a，再代入运动学方程，求得运动情况；如果题目的所求量是F、m、μ，则思路正好相反。

因此，读完题后，我们的脑海中就应该马上反映出解题的一般思路.

[激疑] 选择课本上包括两类问题的几道习题，让学生分析，以熟悉解题规律及思路.

[强调] 不管哪种类型，其总的解题思路是：(诱导阅读最后一段课文).

[伏笔] 今天，我们只是通过一些例题，初步归纳出了应用牛顿运动定律的一般解题规律和思路，下边几节习题课，我们还要通过其它例题，熟悉它们，并进一步理解掌握.

第四节　与遗忘作斗争，搞好复习，使认知结构系统化、综合化、整体化

一、复习教学的重要意义

牢固地掌握知识是灵活地运用知识和进一步学习新知识的前提和基础。要牢固地掌握知识就必须经常地进行复习。因而，复习是教学过程的一个重要环节。所谓“温故知新”，所谓“学而时习之，不亦乐乎”，正是其重要性的体现。具体来说，复习的重要意义表现在以下几个方面：

其一，与遗忘作斗争，保证记忆，巩固和加深所学知识。我们已具体地阐述了遗忘的规律，① 这里不在多述。

其二，使所学知识系统化、综合化、整体化，以便形成完整的知识体系。前面曾经谈过，中学物理知识是一个完整的知识体系，任何体系都有其内部联系。平时学习，基本上是把整个知识体系分解为若干部分，象“庖丁解牛”那样，分别学习了各部分知识，如果不把它们按其内部联系组成一个整体结构，学生头脑中

①详见第一编第二章第一节

只能是一些知识堆积，没有一个完整的知识系统。譬如，线速度和角速度总是和速度的概念联系不起来，认为他们是新东西。复习的目的，不是把知识再重复一遍，而是首先要按照知识的内在联系，引导学生从整体上把握知识结构；然后，再对各个部分，按它们在整体结构中的地位，予以深化和提高；最后，再进一步的理解和掌握整体结构，总之，复习更有利于根据系统科学的整体原理，按照“整体——部分——整体”的程序组织教学过程，从而有利于知识的系统化、综合化、整体化。

其三，复习过程，更有利于基础知识的综合应用，以便进一步提高学生分析问题和解决问题的能力。

二、物理复习的类型

按照教学达到的要求和目的不同，复习有以下几种类型：

（一）平时及时复习。平时复习是复习教学的基本形式，主要是针对遗忘的规律是先快后慢，先多后少而安排的及时复习。它主要包括：

1．讲授新课前的复习。亦即在引入新知识前复习回忆，复习的内容主要是检查前节课所学的知识，以及与新课有直接关系的旧知识。其目的在于既加强记忆，又为接受新知识做好准备。

由于旧知识是理解新知识的基础，而新知识往往又是旧知识的扩展，深入或更高的概括。因此，利用旧知识引入新知识，把新课讲成旧课，这亦是一种教学艺术。这也是毛泽东提出的十大教授法之一——“后次复习前次的既念”。同时，从旧知识中提出探索性新问题。也有利于学生逻辑推理能力的培养。“电能生磁，磁能生电吗？”进而引入电磁感应的学习。“原子核能裂变，能不能几个原子核会聚在一起形成一个新的原子核呢？如果能，是吸

收能量呢？还是放出能量？”如此等等。

2．寓复习于新知识学习之中。亦即边教边复习的形式。就是围绕主题，循序展开；步步为营，段段小结；善于边教新课边巩固边复习，把新知识即时纳入整体结构之中，促使学生头脑中的认知结构早日形成。从而克服了孤立的知识总比有某种联系的知识难于记忆的困境。这就要求我们在课堂上有意识的把新概念和新规律与有关的已知概念和规律进行比较，发现它们的内在联系，明确它们的异同。譬如，学习加速度，与速度对比；学动能定理与动量定理对比；学折射定律，与反射定律对比；等等。

3．新课之后的复习。包括课堂上的提问，小结、课堂练习，以及小实验等；亦包括课后的复习巩固，即完成作业前，先阅读课本，消化、理解、记忆当天所学知识，再通过练习，巩固新知识。要培养学生课后“过电影”的习惯，要指导学生阅读一些课外读物，也要安排必要的习题教学，达到复习巩固的目的。

（二）阶段系统复习

这种复习主要包括单元复习、期末复习、以及毕业总复习等。主要是使所学知识条理化、系统化。这种复习往往以复习课的形式进行。尽可能抓住一章、一编、或者整个高中知识的主线，经过归纳，整理，找出知识之间的内在联系；查漏补缺，让学生系统地掌握基础知识；抓重点关键知识，使书越读越薄；抓综合提高、培养解决实际问题的能力。

三、系统复习中应注意的问题

为了搞好阶段系统复习，应注意以下几点：

（一）做好调查研究，收集反馈信息，以便查漏补缺，有的放矢的做好复习工作。

复习课的最大困难在于教学内容都是学生学过的知识，处理不好，往往学生“乏味”，老师“费劲”，达不到复习教学的目的。为了达到预期效果，一方面教师要进一步分析教材，向知识做调查，抓住重点、关键及知识的内在联系，从更高角度去组织、安排复习课，使学生有新鲜感。把旧课上成新课，更是一种教学艺术。另一方面则要向学生做调查分析，从学生的反馈信息中，确定学生的知识难点、缺陷等，以便更好的安排复习的主攻方向，只有情况明，才能决心大，方法对，收到良好的效果。

（二）根据知识的内在联系，重新组织知识体系。这里有两种做法：首先，复习教学不能逐节逐章再学一遍，而要打乱教材中的先后顺序，重新组织知识体系。譬如，在毕业总复习时，可以按照以下体系，分四个单元重新组织力学教材，使学生在整体和部分的相互联系上，更加明确知识的内在联系：1，运动和力。包括：(1)各种机械运动；(2)力和物体的受力分析；(3)牛顿运动定律及其在匀变速直线运动、匀速圆周运动和简谐振动中应用。2。机械能。包括：(1)功和能的概念；(2)动能定理及其在物理学中各部分中的应用；(3)机械能守恒定律及其在力学中的应用。3。动量。包括：(1)动量和冲量的概念；(2)动量定理及其在物理学各部分的应用；(3)动量守恒定律及其在物理学各部分的应用。4。振动和波。这里则联系电磁振荡与电磁波等。其次，根据知识体系，编织知识结构图，使学生对知识形成一个整体认识。这方面，我们在前面已举了一些例子，下列的图91是力学中“功和能的知识结构”。

总之，从一节课所学习的“知识点”形成某部分内容的“知识键”（如图12）编织成为一个单元内容的“知识网”（如图20），最后发展成完整的“知识体”（如图13）。只有这一工

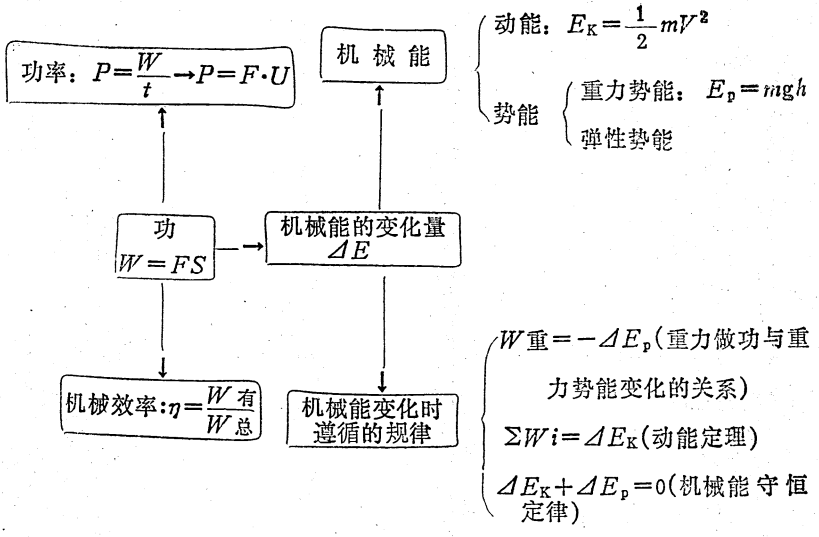


图91　功和能的知识结构

作真正完成了，才能系统地掌握知识，也才能使知识转化为分析问题解决问题的能力。

（三）从整体出发，狠抓知识的深化和活化。并结合知识，重视能力的培养。

明确了整体知识结构，理解了每个知识点在整体结构中的地位，还必须在大量信息反馈的基础上使学生对每个概念和规律有进一步的理解和深化。

学生的最大毛病，是靠死记硬背定义、公式等来学习物理的，并不是从物理现象、物理过程的仔细分析中灵活地运用基础知识。因而造成“一学就会，一放就忘、一用就错”。实际上“会”是假的，于是“忘”和“错”就是必然的，学生不能很好地分析和解决实际的物理问题。并非“技巧”不掌握，根本原因是概念不清。

例如，如图92，小车从光滑的斜面上滑下，质量$m=0.4$千克的物体A水平放在小车上，且对小车无相对运动。问：物体A受几个力？各等于多少？有些学生能分析物体A受的重力和小车对A竖直向上的支持力，对它们间的静摩擦力，或者认为没有，或者觉得应该有，但不会分析，或者把方向分析错了。实际上，是对静摩擦力产生的条件、方向，以及如何判断没弄清楚。有的学生根据课本的叙述，认为静摩擦力产生的条件是："接触"，"有相对运动的趋势"。其实，这是不完全的。应该是："接触"，"挤压"，"粗糙"，"有相对运动的趋势"。有的学生说："物体是相对静止的，这相对运动的趋势怎么判断？"应该诱导学生掌握：当相对运动的趋势难以判断时，可假定接触面是光滑的，那么，光滑时物体间相对运动的方向，就是不光滑时相对运动趋势的方向。还有的学生不会求各个力的大小，认为题设条件不足，原因是找不出隐含条件，即物体A运动的加速度。可见，所谓的"一用就错"，主要是概念不清造成的。从这个例子还可看出：基础知识理解了，掌握了，亦会转化为分析、解决实际问题的能力；概念清楚了，处理矛盾的基本思路也就解决了。如此讲思路、教方法，正可使知识转化为能力。

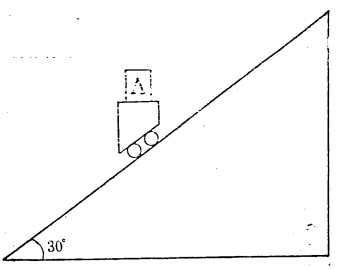


图92

因此，明确了知识结构，还必须从整体再过渡到"部分"，认真地扎实地从整体的角度深化对物理概念和物理规律的理解和掌握。有的教师复习时，总认为让学生多做些题，就能复习好。其实，不掌握知识，题做得越多，效果越差。甚至会使一部分中

等程度的学生丧失信心，一败涂地。

怎样复习概念和规律，应该注意以下几点：

1．实践性。要理解每个物理概念的物理意义，它是根据哪些现象引入的？引入的必要性如何？如何用实验测量？它应用时应注意什么？每个物理规律反映了物理现象中哪些物理量间的关系？如何通过实验探索(或验证)它？等等．总之，要把概念和规律建立在物理事实的基础上；或者说把逻辑思维建立在形象思维的基础上，让它们成为活生生的知识。

2．确切性。要在中学教材的范围内，对概念和规律理解得确切些，深刻些，不能含糊其词，模棱两可。物理学作为一门基础自然科学，是很严密的。往往一个字不同，物理意义就截然不同。例如，“第t秒内”，“时刻t”，“瞬时t”等概念的物理含意均不相同，表明学物理也要“咬文嚼字”．学生对多重选择题感到困难，其根本原因就在于此。

有些概念要多角度、多层次的理解．如：匀速圆周运动，不是匀速运动，而是变速运动；不是匀变速运动，而是变变速运动；不是变减速运动，而是变加速运动．要让学生按这三个层次确实理解掌握。规律也是这样。如牛顿第二定律就揭示了：F和a的因果关系；F，m和a的量值关系；F和a的方向关系；F和a的瞬时关系；F，m和a的单位关系。这一切在运用$F=ma$时，都要用到。

3．内在性。就是要系统地全面地既掌握各个概念或各个规律之间的本质差异，又必须掌握它们之间的内在联系，使基础知识条理化，系统化，整体化，形成一个整体结构．已如前述．同时，还要根据知识的内在联系，通过思维加工，抓住主要矛盾，找出重点，用关键环节来带动整体知识。比如，用$Vt=V_0+at$，$S=V_0t+1/2\cdot at^2$，来统帅所有直线的和曲线的匀变速运动；用圆锥摆的

规律，去概括所有的倾斜性转弯问题；用功的物理意义，即功是能量变化的量度，去驾驭机械能全章的知识，并为以后的复习（如电场的能的性质）铺平道路。总之，突破一点，带动全面，这是掌握知识内在性的重要方面。这样，也易于使学生举一反三，触类旁通。

4。灵活性。就是运用概念和规律去分析问题，解决问题。或者说，把知识转化为能力。这一点在前面小车沿斜面滑下的例子中已经谈到。其实，“形象和概念是思维的细胞”，灵活的运用物理概念和物理规律，将促使思维能力的提高。然而，不能仅仅依赖把知识转化为能力，而要下大功夫有意识地培养能力。

抓住以上四点，扎扎实实地抓好基础知识，还要注意：对于每个概念和规律都要从整体结构出发去理解加深；然后，又要回到整体结构中去，使其成为知识体系中的一个“知识点”。

（四）要善于诱导和督催学生认真读书，自己理解、消化和归纳知识。要诱导学生明白：只有把书读“薄”了，才能真正地掌握知识。读书时不能只记结论，要突出知识的形成过程。有人认为书上的题太浅，这种认识是片面的。这些例题及习题一般都是经过考验的有启发性、典型性、针对性的传统题。只有在熟练掌握这些题的基础上，再去补充一些必要的课外题。还要认真体会课本所提供的各种表达问题、研究问题的方法。

（五）充分发挥习题的作用，是重要的复习方法。要在综合性上下功夫；在物理规律运用于物理学各个部分上下功夫；习题的类型要多样化，重视客观性试题，特别是是非判断性的选择题；对于计算题更应注意物理过程的分析和解题思路的领悟。不要为解题而解题，要通过解题总结思路，归纳方法。

附：《动能定理》的毕业总复习教案

动能定理是力学中的一条重要规律，它严谨地指明了诸外力对物体所做的功跟物体动能变化的关系，是能量的守恒和转化定律的一个具体的表达形式，

一、对动能定理的理解

牛顿第二定律$\Sigma F=ma$表明：如果合外力是恒定的．物体则做匀变速运动。通过一段位移S后，速度将由V_0变为V_t，上式两边同乘以位移S，并注意到$V_t^2-V_0^2=2as$，则得：

$$\Sigma F\cdot S=\frac{1}{2}mV_t^2-\frac{1}{2}mV_0^2$$

式中S是沿ΣF方向的位移。但对于任一分力Fi来说，其位移应是S沿该分力方向的分量Si。于是，上式又可写为：

$$\Sigma Fi\cdot Si=\frac{1}{2}mV_t^2-\frac{1}{2}mV_0^2$$

或
$$\Sigma Wi=\Delta E_K \qquad (1)$$

即：诸外力对物体所做功的代数和，等于物体动能的增量．这就是动能定理。该规律从力在空间上的积累效应，从做功引起物体能量变化的角度．阐述了物体运动状态的改变跟所受作用力的关系．牛顿运动定律的这个重要推论，虽然是根据匀变速运动导出的，实质上对任何简单的或复杂的运动都是完全适合的．

理论来源于实践，而又指导于实践。这就要求我们对理论有准确的理解．动能定理向我们表明了功和能的因果关系：没有外力做功，就没有物体动能的变化；没有物体动能的变化，也无所谓做功。同时，动能定理又确定了外力所做的功，与物体动能的增量之间在数值关系上是等量的．然而，就在这个“等号”上，往往会产生一些误解：或者把功和能等同起来，或者又认为功和能可以相互转化。

功和能是两个完全不同的物理量。能是反映物体动运状态的物理量，处

于一定状态的物体具有一定的能量，因而它是一个状态量．能量可以从一个物体转移给另一个物体，这个转移过程往往是与外力做功或热的传递相联系．当我们用做功的方法使某个物体的能量发生变化的时候，在本质上就是这个物体和另一个物体之间发生了能量交换，而这个能量的交换在数值是用功的大小来量度的．这就表明：功是用来反映物体能量改变过程的物理量，是物体能量变化的量度，因而它是一个过程量．一个物体动能的增量，不是由力对物体所作的功转化而来，而是通过作功的过程，能量从施力物体转移到受力物体．动能定理并没有说：功和能可以相互转化；而是说：外力所做的功是物体动能变化的量度．

让我们来看一下动能定理、功能原理和机械能守恒定律之间的关系。

诸外力所做的功，可以包括重力所做的功$W_{重}$，弹力所做的功$W_{弹}$，以及其它外力所做的功W_F，于是，如果注意到$W_{重}=-\Delta E_{p重}$，$W_{弹}=-\Delta E_{p弹}$，即可根据动能定理导出：

$$W_F=\Delta E_K+\Delta E_{p重}+\Delta E_{p弹}$$

或

$$W_F=\Delta E \tag{2}$$

就是说：除重力和弹力之外的力对物体所做的功，等于物体机械能的增量。这个结论反映了功跟机械能变化的关系，称做功能原理，可见，动能定理和功能原理是一致的；然而适用范围不同．动能是属于某个物体的，因而动能定理乃是就单个物体而言的规律；势能是物体系由于其中各物体之间存在着相互作用而具有的能，是属于某个系统的，因而功能原理是就系统而言的规律．

从(1)式的推导可知：动能定理中所指的“外力”，包括该物体所受外界的一切作用力，ΣW_i中当然也包括重力和弹力所做的功．而从(2)式的推导可知，重力和弹力对功能原理而言，不是外力，而是内力，并不计算在W_F中．以往的传统教材中，把功能原理做为重点，突出功能原理在解决力学问题时的应用．教学中，教师总是反复强调：在(2)式中，W_F不包含重力所做的功，重力所做的功由重力势能来量度；等等．然而，即使在毕业复习中，学生也往往在这里出问题。他们总认为：物体自由下落时，重力当然是“动力”了．物体沿斜面向上运动时，重力沿斜面方向的分力，当然是阻碍物体

运动的“阻力”了；如此等等．教师经常为此付出许多精力．现在，教材用动能定理取代了原来功能原理的宝座，从而避免了上述困难。只要对运动物体的受力分析全面、准确，那么，ΣW_i则为所有外力对物体所做的功的代数和，并不要求学生去判断这些外力应该如何划分、如何分别对待，这就在具体运用中带来极大的方便．因此，教材把动能定理摆于突出地位，这在理论上和实践上都是非常恰当的．

在(2)式中，如果除重力和弹力外，再没有其它外力作用，即$W_F=0$，于是，

$$\Delta E=\Delta E_K+E_{p重}+\Delta E_{p弹}=0$$

这就是机械能守恒定律．这说明了该定律和动能定理的一致性，从而反映了动能定理在功能理论中的普遍意义．当然，和功能原理一样，机械能守恒也是就系统而言的规律，应用时要注意它的适用条件．

以上论述，将结合一定数量的选择题，使学生在运用中加深理解．

人们对一种理论的认识，只有通过实践，才能更深刻、更全面、更具体．下面，让我们来探讨一下动能定理在中学物理教学中的应用！

二、在中学物理教学中的应用

动能定理本身就指出了应用它解答力学问题时的基本步骤：谈到功的问题，离不开受力分析；因此，首先要分析物体的受力情况，绘出受力图，据此列出各个力所做功的代数和．其次，分析物体在始末两状态的运动情况．从而确定动能的增量．最后，即可根据动能定理列出方程，统一单位，求解．

例1．密度为0.6克/厘米^3、质量为120克的木球，从离水面10米高处自由落下，若空气阻力和水的运动阻力均不计木球能落入水中多深处．

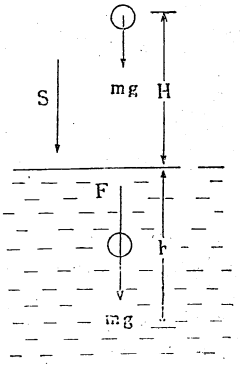


图 93

解：受力分析如图93所示。显然，

$\Delta W_K=0$，则：

$$mg(H+h)-Fh=0$$

式中，$F=V\rho_{水}g=\frac{m}{\rho_{水}}\rho_{水}g$，统一单位，代入

数据，得$h=15$米.

从例1能得到那些规律性认识呢？

1．如果物体在整个的运动过程中，所受的作用力有变化，则应根据题意进行多次受力分析，然后把各次所有外力的功求出，其代数和即等于物体在整个运动过程中始末两状态动能的增量.

2．在受力图上，应标出物体的位移方向，借以顺利判断各个外力所做功的正负，从而准确确定各外力所做功的代数和.

3．ΣW_i的S_i是分别代表各力作用时间内相对应的位移，不一定是物体的总位移，各个力的S_i有时也不一定相同.

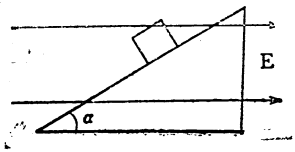
4．要注意统一单位制，一律用国际单位制.

试解上题：

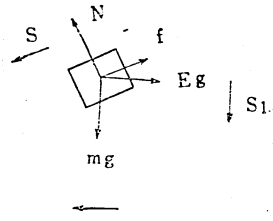
在水面上离水面20米处有一质量$m=2$千克、体积$V=5$升的空心金属球用绳拴于河底.试求：(1)绳所受的拉力多大？(2)绳断裂后，球向上运动时水对球的平均阻力为1千克，那么，球冲出水面后，能上升多高？(3)球重新落入水中，能到达多深处？取g=10米/秒^2.

((1)30牛顿；(2)20米；(3)10米)

例2 电场强度为4200牛顿/库仑、方向水平向右的匀强电场中，放置一个倾角为30°、高为40厘米的绝缘斜面，如图94(甲)所示.有一质量为5克、带正电量6×10^{-6}库仑的带电体，沿斜面顶端由静止开始滑到底端时，



(甲)



(乙)

图 94

速度为2米/秒．取$g=10$米/秒^2，求带电体与斜面间的摩擦系数．

解：带电体的受力情况，如图94(乙)所示．显然，斜面长$L=2h$，根据动能定理：

$$mg\sin\alpha\cdot L-Eq\cos\alpha\cdot L-\mu N\cdot L=\frac{1}{2}mV_t^2 \qquad (1)$$

式中，$N=mg\cos\alpha+Eq\sin\alpha$，代入整理，得：

$$mg\cdot h-Eq\cdot\cot\alpha\cdot h-\mu(mg\cos\alpha+Eq\sin\alpha)\cdot L$$
$$=\frac{1}{2}mV_t^2 \qquad (2)$$

统一已知量单位，代入解得：　$\mu=0.23$．

我们之所以把(1)式改写成(2)式，只是为了着重表明：重力、电场力，以及在弹性限度内的弹力等所作的功，只由物体沿该力方向的始末位置所决定，而与物体通过的实际路径无关，如物体绕闭合路径绕行一周，上述诸力所做的功恒为零．可是，摩擦力、媒质阻力，以及非弹性碰撞中的冲力，超过弹性限度的力所作的功，则与物体运动的实际路径有关；物体经过的实际路径越长，这些力所做的功越多．从做功的角度来看，我们把前一类称为保守力，后一类力称为耗散力．

当应用动能定理时，如果注意到这个特征，将有利于简化运算过程，而不必将保守力沿物体运动方向分解后，再求其所做的功．为此，如果物体在几个方面有位移，在受力图上均应标出这几个位移的方向(如图93(乙)所示)以便迅速、准确地判断各个力所做功的正负．实际上，某些方向的位移，往往是物体总位移在该方向的分量，例如93(乙)中的S_1和S_2，就是S在竖直方向和水平方向的分量．

为了对上述规律性分析有一个完整的理解，请看下例：

例3、有一物体从静止出发，沿倾角为30° 的斜面下滑6米后，接着沿水

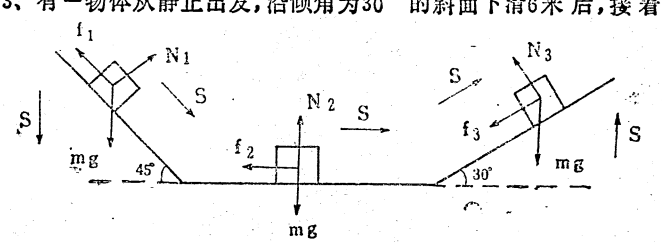


图 95

平面滑行10米，最后又沿倾角为30°的斜面上滑4米停止下来．若平面和两斜面是同一性质的材料构成，试求物体和它们的摩擦系数．

解：物体在整个运动过程的受力情况如图95所示。根据动能定理：

$$mgh_1-f_1s_1-f_2s_2-f_3s_3-mgh_3=0,$$

式中，$h_1=s_1\sin45°$，$f_1=\mu mg\cos45°$，$f_2=\mu mg$，$f_3=\mu mg\cos30°$ $h_3=s_3\sin30°$ 代入各已知量，解得：$\mu=0.125$．

试解下题：

有一雪撬从$h_1=2$米，倾角为37°的坡顶由静止滑下．到坡底滑过一段水平距离$L=20$米，又冲上另一倾角为30°的坡，设雪撬与地面间的摩擦系数均为0.01，试求它又能冲到多高处？（约为1.92米）

一般说来，动力学综合题的求解有三条途径，即根据牛顿运动定律和运动学公式，或根据动能定理，或根据动量定理求解．然而，对于一个具体的习题来说，某一种方法比较方便，其它的方法就可能麻烦了．以例3来说，若应用牛顿运动定律结合运动学公式求解，就相当繁杂。而应用动能定理求解，由于仅仅考虑运动物体始末两状态的动能变化情况，而不涉及整个的运动过程，因而思路清晰、过程简捷、运算准确，显得十分方便．

那么，哪些题能够顺利地直接应用动能定理求解呢？一般说来，动力学综合题中，除作用力和物体的质量外，若运动学的各物理量仅仅涉及位移和速度，直接应用动能定理求解，必定简捷方便．然而，下述三种情况则例外：

1．由于动能定理不涉及物体运动过程的加速度和时间，因而凡是牵扯到这两个物理量的习题，一般应用牛顿运动定律和运动学公式求解，难以直接应用动能定理．

2．动能定理只考虑外力对物体做功的情况，因此，凡是连接体的运动，需要求解各个运动物体之间相互作用的内力时，一般用隔离法求解，而难以直接应用动能定理．

3．动能定理是通过外力做功，而引起动能发生变化的，对于运动的始末两种状态，并非通过外力作功，而发生机械能和非机械能直接转化的情况，如手榴弹的爆炸，火箭的发射，非弹性碰撞中动能与内能的转化等等，

一般借助于动量守恒定律求解，不能应用动能定理。

当然，物理现象总是千变万化的，任何规律性的东西、也要根据具体情况予以具体对待，不能把它绝对化了。譬如时间t的问题，如果牵引力所做的功可以直接由功率求得，即$W=Pt$，则往往可以直接应用动能定理求解。

例4 重2吨的汽车功率为120马力，匀速驶上一个与水平方向成30°角的斜坡。设汽车在爬坡的过程中遇到的阻力是200千克，问汽车需要多少时间才能爬上150米的斜坡？

先受力分析，如图96所示，根据动能定理即可列出方程：

$$Pt-mgL\sin\theta-fL=0$$

解得$t=20$秒。

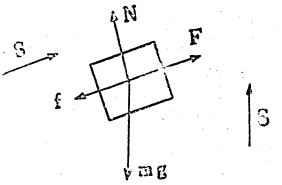


图 96

也有这样的情况，整个运动过程难以应用动能定理。但某一运动阶段却可应用，那么，只要我们灵活掌握，也可得到满意的结果。

例5 质量为10千克的物体，由一个半径为$R=0.5$米的四分之一的圆轨道上端A点由静止释放(如图97)，沿轨道滑行到最低点B时的速度为2.8米/秒。此后，该物体沿一个水平面滑行2米而静止于C点。求：

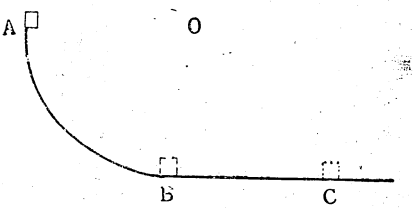


图 97

(1) 物体在圆轨道运动时，所受的平均阻力多大？

(2) 水平面的滑动摩擦系数是多少？

此题第(1)问运用其它力学规律很难求解。如果我们根据动能定理列出方程$mgR-W_{阻}=\frac{1}{2}mV^2$，先求得物体在圆轨道上克服摩擦所做的功$W_{阻}$为10.8焦耳，则平均阻力$f=W_{阻}/\frac{1}{4}(2\pi R)=13.8$牛顿。请读者自己求第(2)问($\mu=0.196$)。

应该指出：如果机械能和非机械能的直接转化，是通过外力做功而实现

的，则应用动能定理求解也是十分方便的．譬如，物体克服摩擦力所做的功，往往转化为物体的内能，而使其温度升高，或状态发生变化，即

$$W_{阻}=J(\lambda m+cm\Delta t+Lm)$$

此时，则可顺利运用动能定理．

例6 质量为100克的A物体放在粗糙的桌面上，用细绳通过轻滑轮与300克的物体B相连，如图98所示。当B物体从静止开始下降400厘米时，其速度为7米/秒．若由于摩擦产生的热量有80%被A物体所吸收，则其温度将升高多少？A物体的比热为0.2卡/克度。且g＝10米/秒^2．

显然，连接体在整个运动过程中只有A物体所受的摩擦力及B物体的重力做功(如图98)．根据动能定理：

$$m_Bgh-W_{阻}=\frac{1}{2}(m_A+m_B)V^2$$

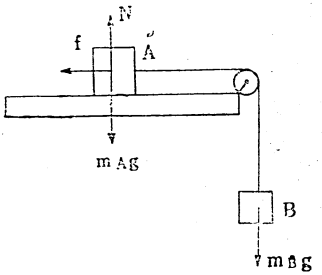


图 98

依题意，

$$\eta W_{阻}=Jcm_A\Delta t$$

统一单位。联立解得：$\Delta t=0.021℃$

例6还向我们表明，对于连接体，只要不求其相互作用的内力，在已知条件和所求条件中，又不牵扯加速度和时间，我们则可把连接体看为一个整体，同样可以顺利的应用动能定理求解．此时要注意：在受力分析时，不得考虑连接体间相互作用的内力．

试解下列各题：

1．拖拉机自重5.6吨，后面挂一钢底爬犁送木材。爬犁与木材共重1.4吨．它们由静止爬上一冰雪坡路，钢与冰雪间摩擦系数$\mu=\sqrt{3}/100$，拖拉机所受阻力是车重的0.02倍．当他们行驶S＝70米，升高h＝10米时，车速增加到1.4米/秒。求拖拉机的牵引力是多少？取g＝10米/秒^2．(1145.8千克)

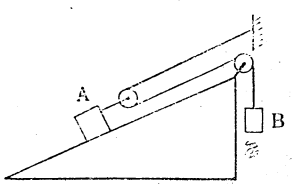


图 99

2．如图99所示，已知物体A和B质量相

等，A与斜面间滑动摩擦系数为$1/\sqrt{3}$，斜面倾角为30°，绳子、滑轮的质量及它们间的摩擦均不计。求物体B从静止下降1米时的即时速度。取g=10米/秒^2.

(约2.8米/秒. 提示：要认真分析其运动特点，由于连接体中存在动滑轮，两物体运动的加速度满足：$a_A=a_B/2$；因而，他们在任意瞬间的即时速度满足：$V_A=V_B/2$

物体在变力作用下发生运动，这类习题在中学阶段难以运用牛顿运动定律求解，如果借助于动能定理，则可天堑变通途。

例7 一质量为m千克的正方形木箱，某人要用翻滚的方法将它移动S米，假定滚翻中没有滑动，试求此人至少要做多少焦耳的功？

解 推动中木箱所受的力如图100所示.显然，支持力N和静摩擦力f不做功，既然我们求所做功的最小值，则假定没有其它能量损耗，推动亦是极缓慢的，即动能的增量为零。推力F是变力，先求出该力，再求其所做的功是困难的，但可运用动能定理直接求之.

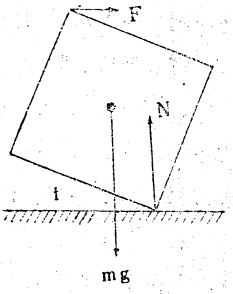


图 100

假定木箱边长为a米，那么，每翻滚一次，木箱前进a米，则共翻滚s/a一次显然，每翻滚一次需要克服重力做功为：$-mgh$焦耳，其中，$h=\frac{a}{2}(\sqrt{2}-1)$米，若推力所做的总功为$W_F$，根据动能定理：

$$W_F-\frac{s}{a}mg\frac{a}{2}(\sqrt{2}-1)=0$$

故：

$$W_F=\frac{1}{2}mgs(\sqrt{2}-1)\quad(\text{焦耳})$$

例8 在光滑的水平面上，竖直向上用3千克的力提起一条长1.5米，质量3千克的铁链，求整条铁链离地瞬间的速度多大？取g=10米/秒^2.

解：从整条铁链的运动情况来分析，作用在铁链上竖直向上的力虽然是恒力，但力的一部分用来平衡已被提起的那部分铁链的重量，另一部分使整条铁链产生加速度。显然，产生加速度的力是越来越小的变力，铁链是在变

力作用下做变加速运动，难以应用牛顿运动定律求解．如果我们把铁链的运动理想化，也不考虑水平方向的动量变化等，可用动能定理求解．

铁链在整个运动过程中，只受到两个力的作用：向上的拉力F，它通过的距离为链长L；向下的重力mg，若认为铁链是均匀的，其重心在向上运动时，通过的距离是$h=L/2$．于是，

$$FL-mgh=\frac{1}{2}mV^2$$

解得：$V=8.37$米/秒．

关于重力做功，也可以这样考虑：由于提起铁链时，重力是变力，且均匀的由零增加到mg，故可看为是平均重力$G=0+mg/2$，通过L位移而做功，亦可得同样结果。这就启示我们：对于和位移成线性关系变化的变力做功问题，即可用平均力作功来处理．

试解下列各题：

1．用铁锤把铁钉打入木板，如果木板对铁钉的阻力与进入木板的深度成正比，在铁锤第一次打击时，能将铁钉打入1厘米，问打击第二次时能打入多深？设铁锤两次打击铁钉的速度相同．

2．一弹簧的倔强系数为K，一端固定在A点，另一端连一质量为m的物体，靠在光滑的上部半径为r的圆柱体表面上，弹簧原长为AB，如图101所示。在变力F作用下，物体极缓慢的沿表面从位置B移到C。已知$r=2$米，$\theta=60^\circ$，$m=10$千克，$K=90$牛顿/米，取$g=10$米/秒^2，求变力F所做的功W．

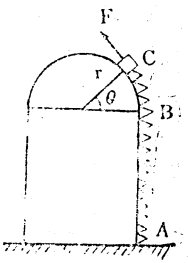


图 101

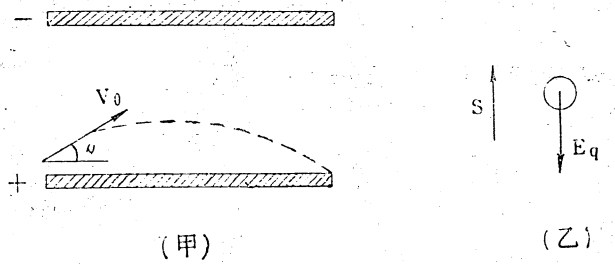
(370.2焦耳。提示：弹簧的形变量$x=r\theta$，注意θ的单位为弧度．则

$$W-mgr\sin\theta-\frac{1}{2}K(r\theta)^2=0)$$

从例2可以看出：不仅是纯力学问题，凡是牵扯到外力做功的问题，均可应用动能定理．譬如，带电粒子在匀强电场中的运动问题，特别带电粒子的初速度方向与电场方向成某一角度时，其优越性将更显著．应该注意．带电粒子在电场中运动，一般只受到重力的作用；这两个力

属于保守力，故其做功仅与沿力方向通过的位移有关。对于质量极小的注电都子、质子等基本粒子，往往不计其重力，于是就仅仅有电场力做功．还应意：能量是标量，因而不要把动能也象矢量V那样进行“正交分解”。所谓“竖直方向的动能”和“水平方向的动能”等说法，显然是不恰当的。

例9 在电场强度为6×10^3牛顿/库仑的匀强电场中，一个电子以$V_C=10^7$米/秒的初速度，沿与水平方向成$\theta=30^\circ$的斜角向上抛出，如图102(甲)所示．试求此电子所能上升的最大高度。



(甲)　　(乙)

图 102

解：不计电子重力，故其仅受到电场力$F=Eq$的作用，如图102(乙)，电子做类似于重力场中的斜上抛运动，故其到达最大高度H时，仅有水平分速度：$V=V_0\cos\theta$。于是，根据动能定理：

$$-EqH=\frac{1}{2}mV^2-\frac{1}{2}mV_0^2$$

$$=\frac{1}{2}mV_0^2(\cos^2\theta-1)$$

解得：$H=1.17$厘米。

试解下题：

一水平放置的平行板电容器的两板距离为1.2米，现有一带负电微粒从距低电势板1米的O点进入电容器的电场中，微粒在O点的速度大小为2米/秒，该速度的方向与水平面成$\theta=30^\circ$角，如图103所示。微粒所受的电场力为微粒重力量的1.5倍，求

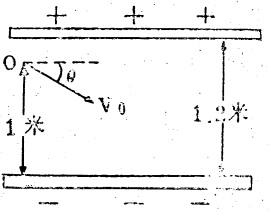


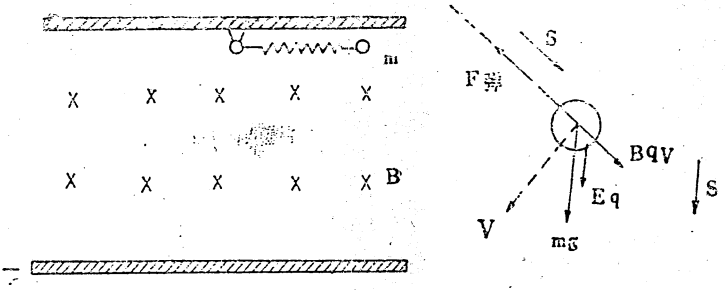
图103

微粒从O点到达极板时的速度的大小和方向($g=10$米/秒^2)

(答：落到上板，$V=2.42$米/秒，与水平夹角45°)

最后，我们通过例10，对上述一系列规律性论述加以综合运用。

例10 相距$d=3$米的两平行板间的电势差U为1.8×10^4伏特，磁感应强度$B=2\times10^{-5}$特斯拉的匀强磁场和电场正交，方向如图104(甲)所示.原长$L=100$厘米、倔强系数$K=16$牛顿/米的轻质弹簧一端挂在O点，另一端拴一质量$m=500$克、所带正电量$q=10^3$库仑的球，设弹簧两端绝缘，且小球所带电量恒定。开始时，弹簧处于水平位置，将球再向右平拉$L/4$，并给其一



(甲)　　(乙)

图 104

个竖直向下的速度$V_0=4$米/秒，任其运动.当m到达O点正下方时，弹簧长度为L，试求此瞬间小球的速度多大？$g=10$米/秒^2.

解：任一时刻小球的受力情况如图104(乙)所示. 不难看出，球沿重力mg和电场力Eq方向通过的位移均为$2L$；洛仑兹力BqV始终与瞬时位移方向垂直，故其不做功；弹力F弹的大小和方向时刻在变，它所做的功难以计算，但可根据该功等于弹性势能的增量的负值求得。于是，由动能定理：

$$mg\cdot2L+\frac{V}{d}q\cdot2L-\left[\frac{1}{2}KL^2-\frac{1}{2}K\left(\frac{L}{4}\right)^2\right]$$

$$=\frac{1}{2}mV^2-\frac{1}{2}mV_0^2$$

由此得小球到达O点正下方的速度为：

$$V=\sqrt{V_0^2+\frac{4L(mg+\frac{V}{d}q)-\frac{15}{16}KL^2}{m}}$$

代入已知量，并特别注意统一单位，得$V=8$米/秒.

弹力所做的功，亦可由平均弹力所做的功求得. 显然：

$$F_{弹}=\frac{1}{2}(KL+\frac{KL}{4})$$

沿弹力方向的位移为：$S_{弹}=L-\frac{L}{4}$， 并且$F_{弹}$与$S_{弹}$反向，则：

$$\begin{aligned}W_{弹}&=-F_{弹}\cdot S_{弹}\\&=-\frac{1}{2}K(L+\frac{L}{4})\ \ (L-\frac{L}{4})\\&=-\frac{1}{2}K\ [L^2-(\frac{L}{4})^2]\end{aligned}$$

与上述结果相同.

第四章　加强思想教育，是中学物理教学的重要任务

教学中的思想教育，我们称为德育，国外称为培养非智力因素。在中学物理教学中加强思想教育，是教育规律决定的，亦是“科学性和思想性相辩证的教学原则”的具体体现。

道德是做人的根本；德育是教学的最高目的。教学实践表明：在中学物理教学中，不具有任何思想性的纯教学活动是没有的。“传道”与“授业”总是不可分割的。一个中学物理教师，总是自觉或不自觉地以某种思想观念、品德行为去影响学生。通过“教书”来“育人”，这是实现三维教学目标不可缺少的教学实践。这里必须特别强调指出：为了贯彻科学性与思想性相辩证的教学原则，只有做到深入的理解并掌握物理知识的科学性，才能更好地挖掘知识的教育性。或者说，必须紧紧围绕物理知识的理论价值，去深入地挖掘其教育价值。

德育是中学物理教学内容的组成部分，因而必须遵循中学物理教学的一般教学原则。同时，根据德育的特殊性，又必须遵循一些具体的教学原则。这主要是：

1．渗透性原则。中学物理教学中的德育，必须寓于知识传授之中，必须把知识的科学性与教育性、理论价值和教育价值有血有肉的相互渗透起来。不是采取游离于教材之外的简单说教，也不是生硬的穿靴戴帽。只有使“传道”与“授业”相统一，才

能真正完成培育新人的重任。

2。示范性原则。德育的明显特点是身教重于言传。一个唯心主义者，是难以对学生进行唯物主义教育的。德育是包括学校教育、家庭教育、社会教育在内的环境、气氛和风气的潜在教育因素。这里，教师的示范作用最为突出。

3。转化性原则。教学中，教师要善于把物理知识的教育价值转化为学生的品格结构，把道德认识转化为相应的行为习惯。

4。持久性原则。这里，一方面是指德育的积累需要较长时间的、不易觉察的量的积累，才能达到明显的质的飞跃。另一方面是指学生所学的物理知识可能遗忘，但在学习中所获得的思想观念、行为品格等却可能长期保持下来，甚至贯穿于人的一生。因此，中学物理教学中的德育，要贯穿于每节课的具体教育目标之中，要打持久战。既反对可有可无，又不能一曝十寒。

德育的内容是十分丰富的。中学物理教学要发挥本学科的特点和优势，认真完成自己的德育任务。这就要认真研究渗透思想教育的结合点。① 某些内容，如科学兴趣、科学态度、科学习惯等，我们已贯穿于其它教学实践中做了介绍。本章我们只概括的介绍一下爱国主义教育、辩证唯物主义教育，以及物理学科研究方法的教育等。

第一节　加强爱国主义教育，树立民族自尊心和自信心

一、爱国主义教育

加强爱国主义教育，树立民族自尊心和自信心，坚持独立

①见第一编第一章第一节。

自主、自力更生的方针，是中华民族自立于世界民族之林，取得中国革命和社会主义建设胜利的一条根本经验。中学物理教学应根据本学科的特点，重视和加强爱国主义教育，是非常必要的。

爱国主义就是对祖国的热爱和忠诚。正如列宁所说的："爱国主义就是千百年来固定下来的对自己的祖国的一种最深厚的感情。"①中华民族世世代代在神州大地上生存繁衍；我们时时刻刻得到黄河、长江的哺育之恩；我们开发着祖国大地的资源，继承和发扬着民族的文化传统；华夏的兴衰存亡与每一个炎黄子孙息息相关；……这种深厚的爱国主义感情深深地植根于我们的心田，以极大的凝聚力和向心力，成为我们生命的源泉，使中华民族经受了无数自然的和社会的难以想象的艰难险阻的考验，从而团结统一，生机盎然。

爱国主义是一个历史范畴。在不同的历史时期，爱国主义包含着不同的具体内容。今天讲爱国主义，就是要坚持四项基本原则，这是社会主义爱国主义的政治基础和思想基础。这是每个中学物理教师必须身体力行的要旨，才能对学生进行爱国主义教育。

二、中学物理教学中，爱国主义教育的基本内容

(一) 中学物理教学进行爱国主义教育，具有丰富的教育内容。中华民族以自己的勤劳智慧创造了灿烂文化，对人类进步做出过重大贡献，美国科学史家贝尔纳指出："中国许多世纪以来，一直是人类文明和科学巨大中心之一。"我国古代和现代，在物理学上都有不少卓越的贡献，有很多鼓舞人心的、先于或优于外国的发明和发现。活字印刷、火药和指南针是我国古代三大发明，英国学者培根曾高度评价道："这三种东西曾经改变了整个世界的

①《列宁选集》第三卷，人民出版社，1972年版，第608页。

面貌和事物的状况。第一种在文字上，第二种在战争中，第三种在航海上，从那里接着产生了无数的变化，变化是如此之大，以致没有一个帝国、没有一个学派、没有一颗星星能比这三种发明对人类事业产生更大力量和影响。”

在力学方面，成书于公元前二～四世纪之间的墨家经典著作《墨经》中指出：“力，形之所以奋也；力，重之谓，下与重也。”指出了力是改变物体运动状态的原因；“重”是一种力，其方向向下，是物体下落的原因。均明显的具备牛顿力学的思想。成书于公元前一世纪的《尚书纬·考灵曜》中叙述道：“地恒动不止，而人不知，譬人在巨舟中闭牖而生，舟行而不觉也。”这是对运动的相对性的科学论述，比哥白尼、伽利略的认识早一千六百多年。这方面，南朝梁元帝《早发龙巢》诗中的句子：“不疑行船动，唯看远树来。”；敦煌曲子《浪淘沙》词：“五里竿头风欲手，张帆举棹觉船行。柔艣不施停却棹，是船行！”等，更是把生活经验、艺术欣赏和力学分析结合起来，更便于对学生进行教育。

在声学方面，以回音建筑为例，我国明代著名建筑北京天坛里有一个“回音壁”。人在壁前呼之，回声起。如果一个人近壁小声说话，另一个人在远处贴耳于壁上，则可听到说话人的声音。话音虽低，象耳语一样，却听得十分清楚，如同打电话。此外，山西省蒲州的普救寺，河南郏县有座蛤蟆塔，山西太原的镇风塔，四川省潼南县大佛寺石琴等，都是生动的实例。

电磁学方面对静电、雷电等的解释；光学方面对小孔成象、色散等的论述等等，都曾处于昔日世界领先地位。

（二）我国近代物理学家的成就，也是物理教学中介绍的内容。例如，1946—1947年间钱三强，何泽慧夫妇在法国发现的铀核三分裂和四分裂现象，被约里奥·居里誉为一代科研人员中最优秀的

代表。叶企孙1921年测得的普朗克恒量的数值与现代最准确的数值相差甚少，曾被国际上引用了十年之久。

（四）从“起火”到今天能掌握一箭多星技术，达到火箭、卫星技术世界先进水平；从三千多年前力学原理的应用到今天超导体研制的领先地位等等，都是我们进行爱国主义教育、增强民族自豪感与自信心的极好教材。

（五）介绍我国和外国科学家热爱祖国的事迹，亦可取得良好的教育效果。

为了强化爱国主义教育，中学物理教师要勤于搜集一些更富有感染力和说服力的资料。这样在教学时就不会空泛其辞，而能紧密结合教材得心应手，运用自如。另外还可阅读一些有关我国物理史的著作。例如，戴念祖：《中国力学史》（河北教育出版社，1988年出版）；王锦光、洪震寰：《中国古代物理学史话》（河北人民出版社，1981年版）；等等。

进行爱国主义教育，教师要善于运用丰富的情感、生动的语言、形象的图片等，介绍事迹，讲述贡献，展示成就。从而既提高学习兴趣，振奋学习精神，又能在掌握物理知识的过程中受到深刻的爱国主义思想熏陶。还可以在第二课堂举办物理学史讲座，利用比较充裕的时间，集中的加强教育，激励学生振兴中华，奋力赶超，增强历史责任感。

总之，中学物理教学中的爱国主义教育，是大有可为的。

第二节　加强辩证唯物主义教育，树立唯物的辩证的自然观

培养非智力因素，其中包括加强辩证唯物主义教育，既是培

养什么人这个根本问题的需要，也是物理学本身的性质所决定的。就是说，既有利于学生辩证唯物主义世界观的形成，又有利于学生准确地理解知识体系。

一、中学物理教学中的辩证唯物主义教育

物理学本身充满了唯物辩证法。物理概念和物理规律本身就是其具体反映。请看，能量的转化和守恒定律，这条自然界的基本规律不正是这样吗？同时，人类认识物理现象本质的历史也充满了唯物辩证法。试看人类对光的本性的认识，不正是既唯物，更辩证吗？物理学史也反复表明：任何一个物理学家在他们取得成就的领域内，起码是一个朴素的唯物主义者，都具有着朴素的或多或少的辩证观点。

结合物理教学对学生进行辩证唯物主义教育，既不是上哲学课，也不是贴标签，而是寓教育于教学之中。为此，教师本身的水平是基本的。而关键在于深入的挖掘物理知识本身隐含的辩证唯物主义因素。譬如：

世界是物质的（实物物质和场物质），物质是运动的（机械运动，分子运动，电磁运动等），运动是有规律的（牛顿运动定律，动量守恒定律，克拉珀龙方程，欧姆定律，法拉第电磁感应定律，爱因斯坦光电效应方程等），规律是可以认识的（整个物理学成就就是例证），认识世界就是为了改造世界，造福于人类。（火箭，人造卫星，无线电电子技术，回旋加速器，原子反应堆，等等）。

向心加速度和向心力，既和半径成正比，又和半径成反比；电功率既和电阻成正比，又和电阻成反比；凸透镜既能会聚光线，又能发散光线；等等。这不正表明：一切矛盾都因一定的条件向其反面转化。在这里，条件是最重要的。

物理学是一门实验科学。这一切不正表明：实践是检验真理的唯一标准吗？

作用力和反作用力；吸引与排斥；加速与减速；匀速与变速；正电荷和负电荷；转化与守恒；南磁极与北磁极；凸透镜和凹透镜；负电子和正电子；等等。无一不是对立统一规律的例证。

牛顿第二定律指出：物体获得的加速度，既和物体本身的质量（内因）有关，也和外力（外因）有关；导体中形成电流的条件，一是导体中有载流子（内因），二是导体两端加有电压(外因)；等等，不都证明内因和外因的辩证关系。

恩格斯指出："转化是一个伟大的过程，对自然的全部认识都归结于对这一过程的认识。"（《自然辩证法》）物理学理论体系本身，不就是一个个无可争辩的范例吗？

如此种种都表明，物理教材中充满了辩证唯物主义因素。关键在于教师挖掘知识的这些教育因素。由于篇幅所限，我们不一一详述。做为举例，下面仅较详细的谈一下中学物理教学中，量变和质变的对立统一关系。

二、中学物理教学中，量变和质变的对立统一关系

（一）变的观点，是马克思主义哲学的精髓。那么，事物是怎样发展变化的呢？

毛泽东同志指出："无论什么事物的运动都采取两种状态，相对静止地状态和显著变动的状态。两种状态的运动都是由事物内部包含的两个矛盾着的因素互相斗争所引起的。当着事物的运动在第一种状态的时候，它只有数量的变化，没有性质的变化，所以显出好似静止的面貌。当着事物的运动在第二种状态的时候，它已由第一种状态中的数量的变化达到了某一个最高点，

引起了统一物的分解，发生了性质的变化，所以显出显著地变化的面貌。……事物总是不断地由第一种状态转化为第二种状态。”（《矛盾论》）这就是说，世界上的一切事物总是在不断地发展变化着。这种发展变化，首先表现为数量的变化，当数量变化到一定程度时，就会产生一个飞跃，引起事物质的变化，即由量变引起质变。当这一质变结束后，则又转化为新的量变，开始了新的矛盾发展史。

恩格斯指出：在自然界存在着“度量关系的关节线——在这里，在量变的一定点上骤然发生质变”。并举出一个极著名的例子：“水在标准压力下，在摄氏零度时从液态转变为固态，在这摄氏一百度时从液态转变为气态，可见，在两个转折点上，仅仅是温度的单纯的量变，就可以引起水的状态的质变。”（《反杜林论》）

通常情况下，物质（以场的形态存在的物质除外）存在的形态有固态、液态和气态。但是，物体的状态不是固定不变的。同一种物质，在一定的条件下，可以从一种状态转化为另一种状态，这种现象称为物态变化。恩格斯说：“在这里每种变化都是量到质的转化，是物体所固有或所承受的某一形式的运动量在数量上发生变化的结果。”（《自然辩证法》）这就是说，物态变化的过程，就是由量的逐渐积累，最后发生质的飞跃；直至质的飞跃结束，又开始新的量的积累。它是对立统一规律的一个比较明显、比较能说明问题的自然现象，它具体的表明了量和质的对立统一关系，是矛盾的同一性的一个很好的例子。

我们知道，影响物态变化的主要外部原因是温度和压强，以标准状态下，50℃的水来看，此时，如果给它加热，它的内能就增加，温度上升；然而，它并没有明显的性质的变化，显示出好像平静的样子。当它的温度上升到100℃时；平静打破了，它沸

腾了，显示出显著地变动，发生了性质的变化，此时，温度并不上升，而物体则由液态转变成汽态。——这一变化过程，显然是量变引起质变。直至液态全部变为汽态后，如果外界继续加热，则汽态的温度又将开始上升。——质变转化为量变。否则，假若这个质变不结束，新的量变就不会出现；也就是说，当液态没有全部转化为汽态时，它的温度就只能保持在沸点，而不能上升。

如果使50℃的水降温，则量变转化为质变是向另一个方向发展的，即温度降到0℃时，液态开始变为固态，直至质变结束，又转化为新的量变。

所以，使－5℃的冰变成110℃的水蒸汽，正是一个量变转化为质变，质变又转化为量变的反复过程；当然不是简单的重复，而是无限地近似于一串圆圈、近似于螺旋的曲线。（列宁：《谈谈辩证法问题》）它非常明显的表现出事物发展变化的一般规律。

这里，我们顺便说一下“转化”的问题。毛泽东指出：“矛盾着的对立的双方互相斗争的结果，无不在一定条件下互相转化。在这里，条件是重要的。没有一定的条件，斗争的双方都不会转化。”（《关于正确处理人民内部矛盾的问题》）

这里有着两层含意：一方面说明转化必须具备一定的条件，这个条件不具备，矛盾就不会转化；另一方面又说明矛盾转化的方向，也取决于一定的条件，条件不同，转化的方向也不同。比如，熔点是固态和液态共存的温度，在这个温度时，加热可以使固体熔解，放热可以使液体凝固，——同样是冰水混合物，吸热则冰熔化为水，放热则水凝固为冰。这不正说明：共处于一个统一体中的、相互矛盾着的固态和液态，不仅在一定条件下（或者吸热，或者放热），向着不同的方向转化（或者熔解，或者凝

固）。在沸点时，气液共存的状态，不也是如此吗？不同的条件，发生不同的质变；同样情况下的质变，条件不同，质变的方向也不同。自然界就是这样的既唯物，又辩证。

马克思主义哲学认为：在一个长过程中，在进入最后的质变以前，一定经过不断的量变和许多部分的质变，如果没有大量的量变，没有部分的质变，最后的质变也不可能来到。

“大量的量变”如前所述；“部分的质变”，如何理解呢？以汽化为例。物质从液态变成气态的过程叫做汽化。而汽化的方式有两种：液体表面缓慢地汽化现象叫做蒸发；蒸发在任何温度下都能够进行。液体表面和内部同时进行的汽化现象叫做沸腾，沸腾只是在温度达到沸点时才能发生。显然，我们在前面所说的质变，指的是沸腾；而“进入最后的质变以前”的“许多部分的质变”，乃是指在沸腾以前，在任何温度下都发生的蒸发现象。

量变中有部分的质变，那么，质变中有没有量变呢？当然是有的。只是表现形式不同而已。如在熔解(或沸腾)的过程中，当固态全部转变成液态（或液态全部转变成汽态）以前，温度虽然不变，但外界却仍然供给热量，增加了分子的内能，促成了物质的聚集状态发生质的飞跃。这正说明：质变（熔解或沸腾）的过程，仍然有量变（不停的吸收熔解热或汽化热）。显然，凝固或液化的过程，亦是如此。

所以我们说：量变和质变是对立统一的。量变中有部分的质变，质变中有量变，这显然是对立统一规律的必然结论，不仅在人类社会和人们的思想中是正确的，在自然界更是如此。物态的变化过程，正是这个辩证规律最明显的实例之一。

“事物发展的根本原因，不是在事物的外部而是在事物的内部，在于事物内部的矛盾性。”（《矛盾论》）物态变化的本质原

因，是由物质分子聚集状态的变化决定的。这种变化也符合量变和质变的对立统一规律。

分子运动论告诉我们：物质分子间不但存在着吸引力，同时还存在着排斥力。这一事实看起来好象是矛盾的，其实正反映了事物对立统一的法则。固体和液体内部的分子，之所以既不是一个挨一个紧紧靠拢在一起，又不能自由的飞散，则正是分子间这种既互相吸引，又互相排斥的必然结果。实验和理论都一致表明：当分子间的距离等于某一数值（此数值随物质分子的不同而略有差异）时，它们之间的引力和斥力恰好平衡。当分子间的距离稍大于这一数值时，它们的相互作用表现为吸引力；稍小于这一数值时，则表现为排斥力。显然，分子间距离的量变，引起分子间相互作用力性质的质变，而分子间的距离的那个平衡位置，则是量变到质变的“转折点”。

从另一方面来看，分子的热运动有使分子向四面八方扩散的趋势，分子间的吸引力则倾向于使分子相互靠拢，使它们聚集在尽可能小的体积里，而分子间的排斥力，却又使分子不能一个和一个紧紧的靠拢在一起。正是这些互相矛盾的倾向在不同条件下，处于不同的地位，即某一倾向在某种条件下，处于支配地位，从而促使着物质分子处于不同的聚集状态，构成物态变化的基本因素，我们只要分析一下固体、液体和气体的分子热运动情况，就不难理解：正是这些基本因素规定和影响着它们具有不同的性质。这正是从微观方面反映出物态变化中量变和质变的对立统一关系。

“客观现实世界的变化永远没有完结，人们在实践中对于真理的认识也就永远没有完结。”（《实践论》）物质在通常条件下是固、液、气三态。但条件变了，物态也要变化。近代科学已

经发现物质的第四态（等离子态）和第五态。而这些状态的转化，同样是在一定条件下，量变与质变的对立统一关系。

人类对物态变化的认识仍在深入着。

（二）在中学物理教学中，不仅是物态变化，而且，还可以举出更多的物理现象和规律，是完全符合质与量的对立统一关系的。

我们知道，牛顿第二定律是力学的核心内容，它指出：在没有摩擦的情况下，不管作用力多么小，物体都要产生加速度。然而，量的积累，到了一定的转折点，就要发生质的飞跃——当作用力为零时，物体的加速度也为零，处于平衡状态了；这时，牛顿第二定律就转化为第一定律了。所以，我们说牛顿第一定律，是第二定律的特殊情况。同样，匀变速直线运动的特征，乃是运动物体存在着恒定的加速度，速度随时间而变化。不管加速度怎样大，或如何小，物体运动的规律都符合匀变速运动的三个基本公式。然而，当加速度为零时，匀变速直线运动就转化为匀速直线运动；匀变速直线运动的基本公式，也就转化为匀速直线运动的基本公式。在这里，量的变化（即作用力趋于零，加速度亦趋于零），在转折点上，就变为物体运动性质的转化。

对于人造天体来说，其速度的量的积累，在其转折点，即速度等于环绕速度、脱离速度及第三宇宙速度时，就引起了它的运动状态的质的转化。

当物体的运动速度达到环绕速度时，它才能环绕地球运行，成为人造卫星，此时，其轨道是圆。如果它的速度大于环绕速度时，其轨道就不再是圆，而是椭圆了；进入轨道时的速度越大，椭圆轨道的离心率越大，即椭圆轨道就越扁平。然而，人造卫星还是围绕地球运转的。当物体进入轨道时的速度达到脱离速度这个转折点时，物体就挣脱地球引力的束缚，发生了质的飞跃，成

为环绕太阳飞行的人造行星了；此时，它的轨道不再是椭圆，而是抛物线。当速度大于脱离速度时，抛物线轨道又成为双曲线轨道；然而，它还是围绕太阳运行。直到速度达到第三宇宙速度时，物体就挣脱太阳引力的束缚，飞到太阳系以外的宇宙空间去了。看！速度的量的积累，同样引起了物体运动状态的质的飞跃。

从导电性能方面，我们把物质分为导体、半导体和绝缘体。其实，它们之间并没有严格的界限，只是在导电的程度（或对电流的阻碍作用）上，有着大小的差别。这种差别的存在，正反映了质和量的辩证关系。

当我们根据全电路欧姆定律，考察在直流电路中，随着外电阻的变化而引起路端电压的变化，从而出现断路和短路现象时，也是量变转化为质变。断路时的路端电压为其最大值，在数值上恰好等于电源的电动势；而短路时的路端电压则因外电阻等于零而等于零，致使电流强度过大，从而造成严重事故。

当光从一种媒质射入另一种媒质时，一般是同时发生反射现象和折射现象的。然而，当光线从光密媒质射入光疏媒质，若入射角增加到等于或大于临界角时（量变），折射现象就没有了，发生了全反射现象，入射光全部反射回原来的媒质里了(质变)。

再看透镜成像，则完全遵守这个辩证规律。当物体位于凸透镜焦点以外任何位置时，它的像总是倒立的实像；这里，物距的变化，只是引起实像大小的变化——当物体由无限远处向焦点移动时，像由小（小到成为一个点）而逐渐变大。——所成的像与物体总在透镜的异侧。然而，当物体由焦点外移到焦点内时，像即发生质的突变，成为正立、放大的虚像，且与物位于透镜的同侧。可见，像的质变，是通过物距的逐渐量变而完成的。而焦点，则是恩格斯所指出的：量转化为质的转折点——“在这里，

在量变的一定点上骤然发生质变。”不难看出：发生这种质变的条件是：把物体由焦点外移到焦点内；当物体处在焦点上时，像在无限远处，即不成像——既非实像，亦非虚像。

量变和质变的对立统一关系，在电磁波谱中，更是表现得有血有肉、生动而具体。

光的电磁学说的理论和实践指出：宇宙线、γ射线、伦琴射线、紫外线、可见光线、红外线，以及无线电波，它们在本质上都是电磁波，不过在波长方面不同——从最短的宇宙线（仅约千分之一埃），连续地延伸到最长的无线电波（长达数公里）。如果将它们按照波长的顺序（或者按照频率的顺序）排列起来，则组成完整的电磁波谱。这些波长范围不同的电磁波，它们的特性也呈现出明显的不同——有的能引起视觉，有的则不能；有的具有极大的穿透本领，而其它则不能；就可见光而言，随着波长的量变，显示出不同质的颜色；等等。所以，从本质上看，都是电磁波，但在现象上却显出极大的差异性，以致人们很难觉察出它们的统一性来。

在胡克定律中，形变随着外力的增大而增加。当外力超过弹性限度（转折点）时，固体的弹性形变将转化为范性形变。

当我们根据阿基米德定律，讨论物体的浮沉条件时，不也是符合这个辩证规律吗？

“必须有一定的最低强度的电流才能使电灯泡中的白金丝发光，……每种气体都有其临界点，在这一点上相当的压力和冷却能使气体变成液体。一句话，物理学的所谓常数，大部分不外是这样一些关节点的名称，在这些关节点上，运动的量的增加或减少会引起该物体的状态的质的变化，所以在这些关节点上，量转化为质。”（恩格斯：《自然辩证法》）

总之，在物理现象中，由于一定的条件而构成的矛盾着的东西，从这个变到那个，都要经历一个量变到质变的转化过程。这种转化过程正反映了质和量的对立统一规律。

（三）让我们再来看看两种特殊情况。

“许多力量溶合为一个总的力量，用马克思的话来说，就造成‘新的力量’，这种力量和它的一个个力量的总和有本质的差别。”（恩格斯：《反杜林论》）这种量变到质变的辩证关系，在中学物理教学中，也有着例证。

金属导体中的自由电子，在原子之间作无规则的运动。当某一时刻电子可能向某个方向运动的多一些，然而，它并不表现出特殊的性质。可是，当着金属导体两端由于外因而产生电势差时，大量电荷就要沿一定方向移动，从而“溶合为一个总的力量”，发生了质的变化，形成了电流。在导电溶液里，正负离子的无规则运动，和它们在电场作用下作定向移动，而形成的电流情况，亦是如此。

在磁性起源的安培假设中，各个原子的安培电流的旋转方向是杂乱无章的，它们的磁作用在内部相互抵消，铁磁体不显示磁性。然而，当外因促使安培电流的旋转平面转成互相平行时，“就造成‘新的力量’”，发生了质的飞跃，铁磁体被磁化了。

恩格斯指出：“化学可以称为研究物体由于量的构成的变化而发生的质变的科学。”（《自然辩证法》）他以同系列的碳化物为例说明：“由于元素的单纯的数量增加——而且总是按同一比例——而形成的一系列在本质上不同的物体。”（《反杜林论》）这种量变不是渐变式的，可以说是台阶式的。请看：在电子元件中，真空电子管的极数每增加一个，都引起其基本性能的变化。比如，三极管与二极管相比，虽然只多了一个控制栅极，但

这一量变引起了质变，使电子管能够用来放大信号，栅极电位的微弱变化，将引起屏极电流大幅度的变化，从而使电子管的运用更为广泛。可是，三极管由于过大的极间电容，限制了它的工作频率；栅极对屏极的屏蔽不完善，也使放大系数难以提高。这就使三极管在无线电高频段的应用受到了限制，从而导致了四极管的诞生。可是，四极管因二次电子发射又产生了新的矛盾；于是，又出现了五极管。五极管不仅克服了二次电子发射的缺点，同时由于抑制栅极的存在，增加了对屏极的屏蔽作用，使屏压对屏流的控制能力更小，放大系数就更大了。加之屏极与控制栅极之间又多了一个抑制栅极的屏蔽，使跨路电容变得更小，也就更适用于高频放大了。对于多极管来说，比如常用的七极管，则主要用来担任超外差收音机的变频工作，又发生了质变，可见。真空电子管极数的“这种量的变化，每一次都引起一个质上不同的物体的形成。”（《反杜林论》）

（四）列宁教导我们：“任何真理，如果把它说得‘过火’……加以夸大，把它运用到实际所能应用的范围以外去，更可以弄到荒谬绝伦的地步，……。”量变引起质变的对立统一规律，正说明了这一真理。

让我们再回到牛顿运动定律来看看。一百多年来，古典力学在牛顿运动定律的基础上，不断发展并逐步完善。同时，它的基础理论在物理学其它部分、其它自然科学，以及工程技术各个方面的应用，也获得了辉煌的成就。然而，古典力学的基本定律只是在这样的范围内建立起来的：运动物体是由大量原子、分子所构成宏观物体(例如大小可以和人体相比拟的房屋、机器、弹丸，或者比人体大得多的星体)，并且它的运动速度远比光速小得多。

在绝对真理的长河中，人们对于在各个一定发展阶段上的具

体过程的认识只具有相对的真理性。（《实践论》）古典力学也不例外。随着科学技术的发展，人们对自然现象的观察范围越来越广。十九世纪末叶，人们发现：当所研究的运动物体的速度大到可以和光速相比时，古典力学不适用了。同时发现：在研究原子、电子等微观世界的粒子运动时，古典力学也不适用了。由于物体运动速度和物体质量的量变，引起了反映自然规律的科学理论的质变。1905年，爱因斯坦发表了著名的相对性原理，使力学可以适用于运动速度接近于光速的物体；1900年普朗克提出了量子概念，以及以后薛定谔等人创立的量子力学，使力学可以处理分子、原子等微粒的运动情况。这样以来，古典力学的理论转化为相对论力学和量子力学的特殊情况，它包括在更普遍的理论之中。事实上，在研究速度比光速小得多的宏观物体运动规律时，从相对论力学和量子力学得出的结论，跟古典力学的结论几乎完全一样。这一理论上的质变，正是由于物体运动速度和物体质量的量变而引起的。

中学物理教学中，还有一些理论，也属于这种情况。在教学中，我们应根据实际情况，扼要的点明这些理论上的飞跃，以利于学生初步以辩证唯物主义世界观来认识和掌握这些物理规律。

（五）自然界是辩证的，人类认识的发展也是辩证的。

近代实验科学产生后，以大量的实验材料，丰富和发展了古代关于物质结构的朴素唯物论和朴素辩证法的光辉思想，突破了微粒和分子的界限，又为我们提供了质与量对立统一关系的又一显明例证，使人类认识到：分子是机械分割的极限，原子是化学分割的极限。

一八六七年六月十六日，恩格斯在给马克思的信中指出："作为物质的能独立存在的最小部分的分子"，"是在分割的无

穷系列中的一个‘关节点’，它并不结束这个系列，而是规定质的差别”；并且指出：“从前被描写成不可分性的极限的原子，现在只不过是一种关系。”在《自然辩证法》一书中，恩格斯又多次的论述了上述思想。十九世纪末，放射性和电子的发现，证明恩格斯上述关于原子可分，原子不过是一个“关节点”的预见。此后，自然科学的发展，同样证明了列宁“电子和原子一样，也是不可穷尽的。”（《唯物主义和经验批判主义》）的预言。毛泽东继承和发展了这些光辉思想，多次论述了物质无限可分的观点，并且高度概括地指出：“一分为二，这是个普遍现象，这就是辩证法。”（《党内团结的辩证方法》）

这一切更加生动地阐明了量变和质变的对立统一规律。它不仅指明了物质绝对的无限可分性，即承认物质分割的无穷系列；而且，也指出了：在分割物质的过程中，出现质变的关节点，在这些关节点上，具有相对的不可分割性。我们现在已经知道的分子、原子、电子、中子、质子、光子等等，以及我们还将知道的许多更简单更“基本”的粒子，就是那无穷系列中的无数的关节点。

看吧！量变在关节点上引起了质变，机械方法能够分割微粒，而不能分割分子；化学方法能够分割分子，而不能分割原子；衰变能够分割原子，而不能分割中子和质子；如此等等。任何关节点都是可分的，这是矛盾的绝对性和普遍性。然而，在不同层次上，“分”的内容和形式却依具体条件不同而相异，这是矛盾的相对性和特殊性。

物质世界是不可穷尽的，人类的认识能力也是无限的。物质无穷的层次结构，正是事物由量变到质变、又由质变到量变的无尽发展变化过程的又一生动例证；它再一次雄辩的证明了：唯物辩证法是关于自然界、人类社会和思维发展的普遍规律的科学。

我国自然科学工作者正在上述光辉思想照耀下，向着物质结构学说的新的珠穆朗玛峰跃进着。我们在中学物理教学中，正应该向青少年初步地灌输这些辩证思想，引导他们为实现四个现代化而愤发攻读、贡献毕生。

第三节　重视物理科学方法的教育，是促进学生发展的基本途径之一

人类在探索未知的自然规律时，总是要运用一定的研究方法。“科学研究不仅需要热情、勤奋、毅力、知识和胆略，还需要科学的方法。方法对头，可以事半功倍；反之，采取错误的方法，便可以把本来有希望做成的事情搞坏。所以许多科学家都很重视科研方法。”（王梓坤）物理学的全部发展史表明：许多物理学家之所以能作出重大的贡献，与他们运用正确的科学方法是密切相关的。为了提高全民族的素质，要重视科学态度和科学方法的教育，要鼓励独立思考和创造精神。

在物理教学的全过程中，有意识地经常对学生进行物理学的科学方法的教学和训练，是培养能力，促进学生发展的基本途径。物理学的研究方法，主要是以观察、实验为基础，经过科学抽象，运用数学工具，概括总结出经验规律，再经过实验的检验，发展成为理论。如此循环往复，使物理理论不断丰富，不断深化，不断完善。中学物理教学亦不例外。因此，观察实验法，科学抽象法，数学工具法是应该培养的三种基本方法。此外，结合中学物理教学的特点，还应该紧密结合知识传授，诱导学生逐步掌握理想典型法，等效替换法，隔离分析法，近似处理法等，这些特殊的物理学研究方法。

下面，我们结合实际，分别阐述一下这些方法。

一、观察实验法

观察和实验是搜集物理事实，获取感性知识的基本途径，亦是形成、发展和检验自然科学理论的实践基础。因此，观察和实验是物理学研究中十分重要的认识方法。

观察是人们对物理现象在自然发生的条件下进行考察的方法；也就是对物理现象不加控制的情况下去获取感性材料。实验则是人们根据研究的目的，利用科学仪器、设备，人为地控制和模拟物理现象，排除干扰，突出主要因素，使物理过程以纯粹、典型的形式表现出来，以显示其在自然条件下无法暴露的特点，在最有利的条件下去研究物理规律。

观察和实验都是为了探索物理奥秘，都是人类有目的、有计划地认识自然、改造自然的活动。两者是相互依存的；观察是实验的前提，实验是观察的证实和发展。在现代物理学研究中，实验往往和观察紧密结合在一起，观察依赖于实验，实验又离不开观察。然而，实验优于自然条件下的观察，克服了其局限性，极大地加强了人们获取感性材料的主动性。可见，两者既有密切的联系，又有严格的区别。

观察实验法在物理教学中的运用，我们已经在本编第二章做了详细论述，这里不再重复。

二、科学抽象法

物理事实都有它的现象和本质。现象是指事物的外部形态、外部联系；本质是指事实内部的矛盾运动、内部联系。本质隐蔽在现象背后，难以为人们直接感知。科学抽象就是通过现象认识

本质，就是通过取粗取精、去伪存真、由此及彼、由表及里的思维活动，使概念和规律形成的过程。

“普遍的定律表现在特殊的现象里，而特殊的事例里常掺杂有许多外来的因素，只有用最巧妙的心思才能将它们分开而发现定律。”（拉普拉斯）在物理教学中，要使学生真正的理解和掌握物理概念和物理规律，只有诱导学生通过科学抽象，运用“最巧妙的心思”，亦即运用形象思维和逻辑思维，才能达到目的。教师的主导作用和学生的主体作用在科学抽象中表现的最为明显。我们曾在第一编第二章第三节比较详细地阐述了在物理教学中，如何使学生受到科学抽象方法的训练，从而培养学生的思维能力。这里亦不再重复。

三、数学工具法

“一种科学只有成功地运用数学时，才算达到了真正完善的地步。”(马克思)物理学是一门精密的定量的科学；数学是专门研究量的科学。在物理学的研究和教学中，不论是观察实验，还是理论探讨；不论是从感性认识上升到理性认识，还是运用物理理论指导实践，数学都是一种不可缺少的认识手段和辅助工具。

数学工具法在物理学研究和教学中的重要意义，概括起来主要有以下三个方面：其一，为物理学提供最简洁、最精确、最概括、最深刻的形式化语言。物理规律除了用语言表达以外，还可用数学公式和图象表达，后两者就是形式化的数学语言。一组麦克斯韦方程，概括地描述了经典电磁理论的全部基本定律。中学物理教材中的几乎所有的概念和规律，都可以用数学公式表达。譬如$\rho=m/V$、$C=Q/m\Delta t$、$F=ma$；$F_1=-F_2$；$\Delta E=0$；$\Delta P=0$；$I=\varepsilon/R+r$；$\varepsilon=n\Delta\phi/\Delta t$；$E=C^2m$；等等。其二，提供了对物

理学进行数量分析和计算方法，促进了物理学从定性的描述进入定量分析和计算，是它达到比较成熟阶段的重要标志。自从伽利略开创了把物理实验和数学方法相结合的研究途径以后，力学、物理学才迅速发展为“精密科学”。现代物理学研究工作，是离不开数学计算的。原子反应堆、高能加速器、宇宙航船等的实现，如果不进行周密的理论分析和精确的数值计算，不仅难以达到目的，还会发生事故，造成灾难。中学物理教学就要初步培养这方面的能力。其三，为物理学提供了推理工具和抽象能力，有助于抓住物理现象的主要矛盾，揭示其内在联系。“数学：辩证的辅助工具和表现方式。”（恩格斯）这是对数学的一个很好的评价。牛顿在开普勒观察得到的行星运转规律的数据基础上，利用数学的方法，导出了万有引力定律。就是数学导致新规律的发现和新理论的建立的最好例证之一。物理学越发展，这方面越表现得突出。

在中学物理教学中，要认真培养学生运用数学工具解决物理问题的能力。这就是说，一方面是用数学的语言来表达物理概念和规律；另一方面则是对物理问题进行推导、论证和运算，即所谓解题能力。在中学物理教学中，往往忽视前者，而过于偏重于后者，把物理教学变成了解计算题的教学，造成了物理难学的原因之一，应切实纠正。

物理概念中有许多属于矢量。而矢量是可以合成与分解的。因此，处理矢量的数学方法，就构成了物理学常用的正交分解法。一个物理学矢量方程成立，则它在空间中任意方向的分矢量方程亦成立。这一原理恰是正交分解法的理论根据。当然，根据上述原理及实际需要，亦可以进行斜交分解。譬如，斜上抛运动既可以分解为：沿水平方向的匀速直线运动和沿竖直方向的竖直上抛运动；亦可以分解为：沿运动方向的匀速直线运动和沿竖直方向

的自由落体运动。中学物理教学要切实引导学生掌握正交分解法；特别是对于物理爱好者，这对他们将来的发展特别重要。

四、理想典型法

自然科学方法论中的理想化方法，我们把它称为理想典型法。因为不管是理想模型，还是理想过程，或者是理想实验，都是经过形象思维和逻辑思维而抽象出一定的物理典型。这种理想化方法，在第一编第二章第三节阐述形象思维时，已有详细论述，我们也不再多述。

五、等效替换法

在中学物理中，我们可以看到这样一些情况：两个不同的物理现象或物理过程在某一侧面有共同性，或者用其中的一个在某一方面替换另一个，而获得相同的结果。这个重要的思想方面，我们称其为等效替换法。譬如，运动学中的合运动与分运动就如此，我们正是根据它，往往把复杂的运动分解为简单的运动，然后用简单运动的规律去处理复杂运动的问题。这样以来，斜上抛运动就可以分解为：水平方向以初速度的水平分量为速度的匀速直线运动和竖直方向以初速度的竖直分量为初速度的竖直上抛运动，从而用匀速直线运动和竖直上抛运动的已知规律去解决斜上抛运动的未知问题；而带电粒子在匀强磁场中的等距离螺旋运动则可分解为：沿磁场方向以速度的平行分量为速度的匀速直线运动和垂直于磁场方向，以速度的垂直分量为线速度的匀速圆周运动，于是，即以匀速直线运动和匀速圆周运动的规律顺利地解决了等距的螺旋运动的问题；等等。

可见，等效替换法的实质是指两种不同的物理现象和物理过

程，相互替换时，在某种意义上有相同的效果。所谓“等效”并非是说两者在一切方面都相同，而是说在某种意义上，或者在某个侧面的效果相当。上述举例，只是根据运动的叠加原理表明：一个物体的运动可以等效于它同时参与几个运动；或者一个物体同时参与几个运动，可以等效于一个运动。实质上是找一个等效的运动过程。至于在等效运动中物体是否由于与空气摩擦而上升相同的温度，是否发生形变，是否能够导电，是否有电磁感应，等等，则并不考虑。这就是说，在运用等效替换法时，必须明确这种等效替换是在何种意义上，或者在那方面具有等效性。忽视了这个实质，而去运用这种方法，则难免出现错误。

同时，从所举的例子可以看出：等效替换法不仅对两种物理现象或过程的物理实质得到更深刻的认识，更重要的是给学生提供了一种处理物理问题的科学方法。学生掌握了它，就获得了一种探索物理问题的锐利武器。如果学生在学习曲线抛体运动时，就理解和掌握了上述例子的处理方法，那么在学习带电粒子在匀强电场中的运动时，就不会感到那么难了。用同一思想去处理等距的螺旋运动，也就易于为学生接受了。这正是物理教学中重视这一方法的重要意义所在。

在中学物理中，许多基础知识是建立在等效替换的基础之上的。下面，我们再举一些实例。

运动中的平均速度，就是一个等效速度。我们正是通过平均速度的概念，用一个等效的匀速直线运动去替换一个变速直线运动，而运动的效果不变。因此，在谈平均速度的时候，必须特别明确指出它是在那一段时间内，或者那一段位移上的平均速度，这样才能在等效替换时，获得相同的结果。

根据力的合成与分解，求合力，就是要寻求一个等效力，去

替换物体所受的那些具体的外力，而使物体的运动状态的改变相同。譬如，重心就是一个等效力的作用点，即物体的各部分所受的重力的合力的作用点。同样，具体分解力时，也是根据物体所受的这个力所产生的效果去判断的。

从使物体内能发生改变具有相同效果这点出发，提出了热功当量这个概念，也就是在内能的改变这一意义上做功和热传递是等效的，即所谓“相当量”也。

在电路分析中，我们提出了等效电路和等效电阻的概念，就是指几个电阻串并联形成的电路，可以等效于一个电阻组成的电路，当用这个等效电阻替换这部分电路时，在电路中消耗的电功率是相同的。正是在这个意义上，它们是等效的。

交流电的有效值也是等效概念，是假定有一直流电和正弦交流电分别通过相同的电阻，在相同的时间内产生的热量相等，于是，就把这一直流电的有关物理量称为该正弦交流电的同一物理量的有效值。

几何光学中的作图法，就是以三条特殊光线等效的替换更多条实际光线，它是一种等效作图法。

虚像是人们在感觉上的一个等效发光物体，因而也是一个等效概念。这在运用“追踪法”求光具组的成像问题时，其优越之处就显得更重要了。如此等等。

等效替换法还有一种中学物理中少用的情况，即不涉及物理现象或物理过程的物理实质，而用一种比较简便的方法去处理某些复杂的现象或过程，但在某一方面得到相同的结果。譬如，当研究简谐振动的规律时，用引入参考圆来表征，就方便的多了。这方面，我们不再多述。

六、近似处理法

当两个物体相互作用时，如果作用时间极短，相互作用的内力远远大于一切外力，则外力可以忽略不计。由此出发，我们得出了，在碰撞过程，相互作用的物体系统的总动量是守恒的。——这就是近似处理法。这种近似处理与真实情况，在误差充许的范围内亦是真实的。

实际上，物理规律都是在一定的适用范围内成立的，都是不完备的，有条件的，近似的相对真理。强调物理规律的适用条件，这是物理学必须特别重视的问题之一。学生在运用规律时出现的许多错误，都与此有关。

同时，前述的一些方法，也包含着近似性。例如，物理实验过程中，总不可避免地存在着误差，这种由实验原理的不完整性（如伏安法测电阻），或者仪器本身的不完备而造成测量结果的不精确性等等，亦是造成规律的相对性的原因之一。理想典型法的运用，排除了非本质因素和次要现象的干扰，使得物理规律仅仅是实际物理现象或物理过程的近似模写等等。

绝对真理是无数相对真理的总和，我们要通过让学生掌握近似处理法更好的发展辩证思维，以便一步步的经过人类的长期努力，逐步地接近于绝对真理。

七、隔离分析法

在自然现象中，任何物体总是和周围其它物体相互联系着，“为了了解单个的现象，我们就必须把它们从普遍的联系中抽出来，孤立地考察它们……”（恩格斯）。这种处理方法，在力学习题解法中，就形成了独特的“隔离体分析法”，简称隔离法。

隔离法，就是根据解题的需要，把所要研究的对象，与周围物体“隔离”开来，然后单独考虑被隔离部分（称为隔离体）的受力情况和运动情况，从而列出方程式或方程组解得所求量。

解力学习题的关键性步骤，是对物体进行全面地、正确地受力分析，而受力分析的首要一步就是认准分析对象，也就是把被研究的运动物体“孤立”起来，单独分析周围物体对它的作用，然后列方程求解。可见，当我们解任何力学习题时，从对物体进行受力分析，到列方程求解的整个过程中，实质上运用的都是隔离法。在这样的意义上，我们说：隔离法是力学研究中最基本最重要的方法，几乎所有研究物体宏观性质的力学都要应用它。必须诱导学生认真掌握。

下面主要想通过应用隔离法研究连接体的运动，来探讨一下隔离法的几个有关问题。

（一）选择隔离体的原则

几个连接在一起的物体称为连接体。应用隔离法处理连接体的运动问题时，当然也遵循解力学习题的一般规律，但也有其特殊之处，其关键性步骤乃是选择恰当的隔离体，如果把隔离体选择的不合适，运算起来就会很不方便。因此，必须慎重对待，绝不可掉以轻心。

为了说明这点，让我们来分析一下这样一个问题：质量为M的盘中，放着一个质量为m的砝码，被绳子拉着向上作匀加速运动（图105）。那么，为了求得绳子所受的张力，或者砝码对盘的压力，应该怎样选择隔离体呢？

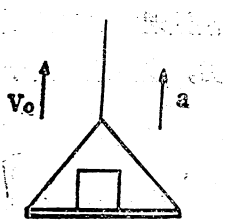


图 105

显然，这里有三个隔离体可以选择：单独取砝码为隔离体；

单独取盘为隔离体；把砝码和盘合在一起当作一个隔离体。

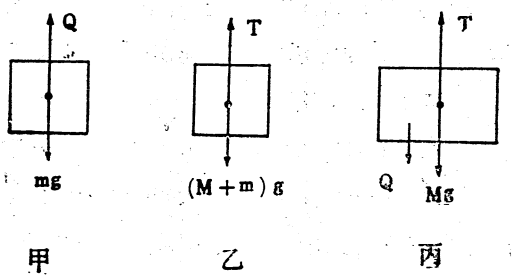


图 106

若取砝码为隔离体，则它受到两个力的作用：重力mg和盘对它的弹力(支撑力)Q；如图106(甲)所示。若把盘和砝码合在一起当做隔离体，则它受到两个力：重力$(M+m)g$和绳子对它们的弹力(拉力)T；如图106(乙)所示。若是取盘为隔离体，则它受到三个力：重力Mg，砝码对它的弹力(压力)Q'(显然，$Q'=Q$)，以及绳的拉力T；如图106(丙)所示。

因此，若求砝码对盘的压力，取砝码为隔离体方便；若求绳子所受的张力，把盘和砝码合在一起取为隔离体方便。这样的选择，都只有一个未知数，所建立的方程也只有一个，求解时十分方便。然而，如果我们取盘为隔离体，无论是单独求砝码对盘的压力，或者单独求绳子的张力，就都比较复杂了。因为这时有两个未知数，单独建立一个运动方程来求解是不行的，还必须再建立另一个运动方程，这不仅往往是办不到的，即是可以办到，运算起来也是繁杂的。一般说来，选择隔离体应该满足这样的原则：在保证习题中的所求量均能求出的前提下，隔离体的数目应该尽可能的少，以保证各个隔离体的运动方程中所包含的未知数尽可能是题设的所求量，而不是多余的未知量。

为了明确这些原则，再来研究这样一个例子：在水平桌面的一端固定一个滑轮，用细绳联结质量均为m的三个物体A、B、C，如图107放置。在不考虑摩擦力的情况下，试求它们运动的加速度，以及A、B物体间绳的拉力。

如果我们分别选A、B、C为隔离体，那么，虽然题设的所求量均可求出，但却多余一个未知数(即B与C间的拉力)不是习题的所求量；隔离体B和C的运动方程中也多余一个并非所求的未知量。让它们混杂在方程组中，只能增加运算的繁难，并不符合上述原则。然而，如果选A为一个隔离体，B和C合选为一个隔离体，则上述原则就都满足了：运动方程式中的未知量恰为所求量，没有多余的；同时，隔离体的数目也最少。

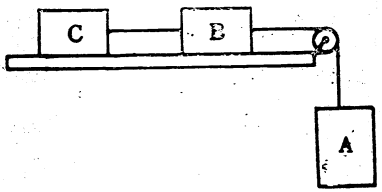


图 107

当然，对于这些问题，在选择隔离体时，虽然我们“尽可能”避免混进去多余的未知数，但为了解题方便，往往又是不可避免的。例如，在图108中，甲、乙两物体的质量分别是m_1和m_2。已知甲、乙之间的静摩擦系数为K_1，乙和桌面间的静摩擦系数为K_2，求F力最小应是多少，才能使甲开始运动？

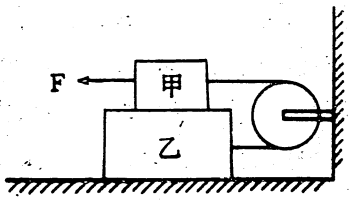


图 108

此时，分别选取甲、乙为隔离体，列联立方程式解得：$F=2K_1m_1g+K_2(m_1+m_2)g$；不难看出，在所列的联立方程组中，绳的张力T就是解题过程中多余的未知数，然而，又是不可避免的，运算时只要将它消去就行了。

(二) 所谓“轻绳”和“轻滑轮”

在解如图107所示的一类连接体习题时，我们认为：A与B之间，以及B与C之间的相互拉力都是处处相等的。那么，这样处理的条件是什么呢？我们不妨利用隔离法来分析一下这个问题。

把一条绳子的两端拉紧时，绳子发生微小的伸长，其内部处处产生弹力。如果把绳子隔离成许多小段，于是每相邻两小段之间的相互作用力就能转化为外力而表现出来，如T_1、T_2等等(图109)。这些和绳子的伸长相联系的弹力，称为张力。

如果绳子在外力f_1和f_2的作用下，以加速度a运动。设各小段的质量为Δm_1，Δm_2等等，那么，根据$F_{合}=ma$。得

$$f_1-T_1=\Delta m_1 a;$$

$$T_1-T_2=\Delta m_2 a;$$

……

$$T_{n-1}-f_2=\Delta m_n a.$$

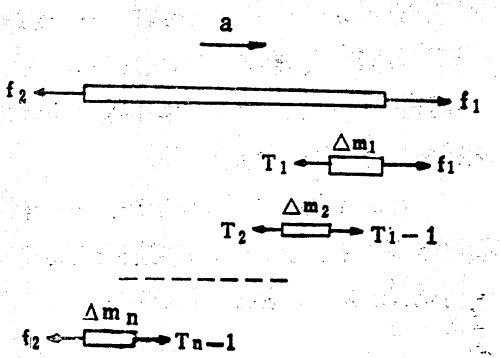


图 109

于是

$$T_1=f_1-\Delta m_1 a;$$

$$T_2=T_1-\Delta m_2 a$$

……

$$f_2=T_{n-1}-\Delta m_n a.$$

由此可知，当绳子作变速运动，并且质量不能忽略不计时，绳子各处的张力并不相等，也不等于加于绳子两端的外力。然而，在下列两种特殊情况时，绳子上各点的张力则相等。

(1) 当绳子处于平衡状态时，即静止状态或匀速直线运动状态时(这种状态下，f_1必然等于f_2)，加速度$a=0$，从而$\Delta m_1 a=0$，$\Delta m_2 a=0$，……$\Delta m_n a=0$。于是

$$f_1=T_1=T_2=\cdots\cdots=f_2. \qquad (1)$$

(2) 当绳子的质量极小，可以忽略不计时，即使绳子处于变速运动状态，因 $\Delta m_1 \to 0$，$\Delta m_2 \to 0 \cdots\cdots \Delta m_n \to 0$。故 $\Delta m_2 a \to 0$，$\Delta m_2 a \to 0$，$\cdots\cdots \Delta m_n a \to 0$。

(1)式仍然成立。

因此，在研究连接体的运动时，为了简化问题，突出主要矛盾，抓住本质联系，我们一律把绳子视为没有质量的柔软轻绳，从而认为连接体中各物体之间的相互拉力是相等的。

这里，我们还认为：在产生张力后，轻绳不再伸长。所以，在运动过程中的任意时刻，连结体中各部分的速度和加速度在数值上必然相同；也就是说，各部分物体在整个运动过程中的任意时刻的运动情况是完全一致的。——这就是连接体的运动特点。绳子不再伸长，则是该点成立的条件。在以隔离法处理连接体的运动问题时，我们认为各个隔离体的运动方程中加速度a均相等，所根据的，正是这个特点。

我们再来看，如果绳子跨过一个滑轮，而绳子与滑轮之间有摩擦力F存在。当绳子以加速度a运动时，绳子与滑轮接触的任意一小段(图110)，应满足以下关系：

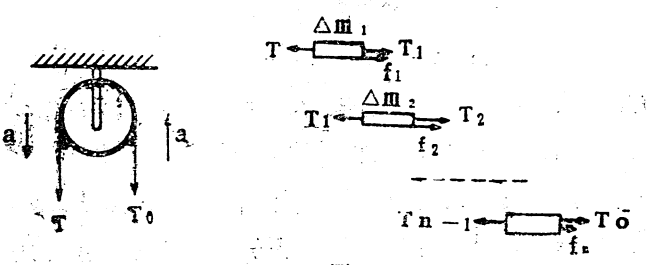


图 110

$$T - T_1 - f_1 = \Delta m_1 a;$$

$$T_1 - T_2 - f_2 = \Delta m_2 a;$$

……

$$T_{n-1}T-_{0}-f_{n}=\Delta m_{n}a.$$

式中Δm_1，Δm_2……Δm_n为该小段绳子的质量。于是

$$T=T_1+f_1+\Delta m_1 a;$$

$$T_1=T_2+f_2+\Delta m_2 a;$$

……

$$T_{n-1}T=_{0}+fn+\Delta_{n}ma.$$

可见，当跨过滑轮的绳子作变速运动时，如果它和绳子间的摩擦力及绳子的质量不能忽略不计时，则绳子各点的张力并不相等，也不等于加于绳子两端的外力；此时，$T>T_0$。显然，如果要使$T=T_0$，除非首先满足以下条件中的任意一个：

其一，绳子处于平衡状态，而静摩擦力(或滑动摩擦力)为零；其二，绳子处于变速运动状态，而绳子的质量及绳子与滑轮之间的滑动摩擦力均可以忽略不计。

上述条件之一满足了，还不够，还必须考察滑轮的受力情况及运动情况。设滑轮质量为m，既然它在转动，有角加速度β，则必受一使其转动的合力矩。由于滑轮的重力和轴承对它的支持力都通过转轴，力矩为零；若滑轮轮轴光滑，亦不产出摩擦力矩。于是，外力矩必然由绳的两个张力所产生。既然力臂同为滑轮的半径r，而二力矩转向相反，由图110可知，左边的张力T必然比右边的张力T_0大。根据刚体动力学的基本原理，由于滑轮可看成为一质量均匀的圆盘。因而它对轴的转动惯量为$\frac{1}{2}mr^2$。于是，由转动定理可得：

$$T_1-T_0r=\tfrac{1}{2}mr^2\beta \qquad (2)$$

由(2)式可以看出，上述条件之一满足的前提下，只有当滑轮的质量也可以忽略不计时，才能认为$T=T_0$。在中学物理教材

中，不涉及刚体力学问题，因而根据上述讨论，总是把滑轮看成一个无质量的轻滑轮，跨过它的物体则按题设条件而加速运动，滑轮本身的转动不予考虑。

任何一个自然现象，往往总是受到各种因素的影响，如果我们在观察分析这些现象时，不能唯物辩证地认识这些因素，眉毛胡子一把抓，就容易被表面现象所迷惑，从而得出错误的结论。为了正确地认识自然现象，就应该创造一定的条件，尽可能地排除那些次要因素的干扰，使事物的本质清晰地显示出来。“物理学者考察自然过程，就是要在它表现得最为精密准确，并且最少受扰乱影响的地方进行；或是在可能的时候，在各种条件保证过程纯粹进行的地方进行实验。”（马克思：《资本论》）

基于上述讨论，在中学阶段应用隔离法解题时，不管试题中是否明确指出，我们均一律假定：连接体中物体之间相互连接的绳子的质量、绳子所跨的滑轮的质量、绳子与滑轮之间的摩擦力、以及滑轮与轴承之间的摩擦力，全部忽略不计，也就是说，在连接体中所用的绳子和滑轮，全部是轻绳和轻滑轮，这样以来，不论整个连接体是处于平衡状态($a=0$)，或者处于变速运动状态($a\neq0$)，都把各段轻绳上的张力看作是相等的；这个张力，也就等于轻绳拉所联系物体的力。于是，我们认为：通过轻绳（及轻绳跨过的轻滑轮）而联系起来的两物体之间的相互拉力是相等的。

（三）隔离法的另一种表现形式

我们再来研究这样一个问题：质量为M和m的两个物体，分别系在线的两端，架在桌边的滑轮上(图111)。已知物体M与桌面间的摩擦系数为K，试求物体m由静止开始运动t秒末的速度为若干？

不难看出，如果能求得物体m的加速度a，那么，它由静止开始运动t秒末的速度就可以求出来。当然，我们可以利用隔离法，分别选物体M与m为隔离体，建立两个方程，亦可以解得a.但方程组中有一个多余的未知数(即M与m之间的拉力)增加了不必要的麻烦。

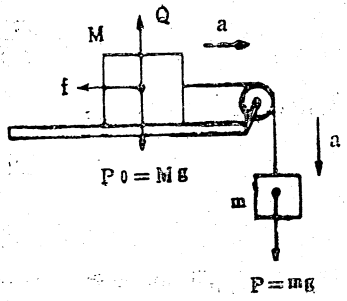


图 111

前边我们谈到连接体的运动特点，即：连接体中每个物体的运动状态，是和整个连接体的运动状态完全一致的。因此，我们只要把整个连接体的运动状态掌握了，那么，连接体中某一物体的运动状态也就掌握了。

于是，在解诸如此类的习题时，就是说，如果题目中所要求的未知量，并不包含连接体中各部分物体之间的受力情况，仅需要求解连接体或连接体中某部分物体的运动情况，如求a、s、v、t等时，就不必生硬的运用隔离法，而是把连接体看为一个整体，求出整个连接体的总质量$m_{总}$，找出作用在连接体上的各个外力，并求出它们的合力$F_{合}$，然后利用公式：

$$F_{合}=m_{总}a.$$

求得加速度a；这个加速度就是连接体运动的加速度，也就是连接体中任意一个物体运动的加速度。有了加速度a，我们就可以根据目的要求，利用相应运动学公式，解出未知量S、V_t、t等。

譬如，对于上述例题，$m_{总}=M+m$，$F_{合}=F-f=mg-KMg$；于是，由$F_{合}=m_{总}a$得。

$$mg-Kmg=(M+m)a.$$

所以，

$$a=\frac{(m-Km)}{(M+m)}$$

所以，由$V_t=at$，得：

$$V_t=\frac{(m-Km)}{M+m}gt$$

可以看出，这样的解题方法，就是把连接体当做一个物体来处理，从而把问题转化为一般的动力学和运动学综合题了。可是，这里发生这样一个疑问：连接体的各个物体的运动方向并不一致，各物体所受的各个力的方向也不一致，因此建立运动方程$F_{合}=m_{总}a$求解，解释起来似乎很免强。其实，由于连接体总的运动趋势(或者总的运动方向)是和产生加速度的力的方向是一致的，而我们所研究的，是整个连接体的运动情况，并不是一个个"隔离体"的运动情况。假如把连接体割裂开来去考虑，显然是错误的。隔离法，可以把连接体中的一个个物体隔离成一个个隔离体。但当把连接体当做一个整体看待时，我们是看总的运动趋势而不是看某一部分的运动趋势。

因此，这种把连接体看做一个整体的解法，实质上是隔离法的另一种表现形式。我们只要将隔离法所建立的联立方程组的各个方程中，应用数学方法消去各物体间的相互作用力，就会得到整个连接体的运动方程式$F_{合}=m_{总}a$。这就证明了这种解法的正确性。

"马克思主义的最本质的东西，马克思主义的活的灵魂，就在于具体地分析具体的情况。"（毛泽东：《中国革命战争的战略情况》）是把连结体隔离为一个整体，还是隔离为一个个隔离体，不能绝对化，而要根据问题的具体情况，加以灵活运用。

我们来看这样一个例题：如图112所示，物体A的质量$M=1000$克，α角是30°，物体B的质量$m=500$克，已知A、B间及A和

水平地面之间都没有摩擦力，问作用在物体A上的水平推力应该多大，才能用A和B之间没有相对运动？

我们当然可以选A、B为隔离体，从而建立联立方程组解之．但对A的受力分析相当麻烦，求解也很不容易．怎样选择隔离体比较合适呢？就本题来说，既然A和B之间没有相对运动，在水平

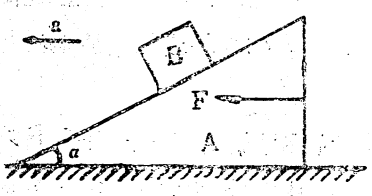


图 112

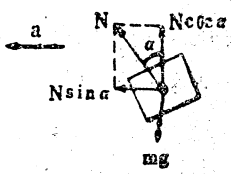


图 113

推力F的作用下A和B一起沿水平方向作匀加速运动(注意：加速度a是水平方向)．于是，我们把A、B看为一个隔离体，则：

$$F=(M+m)a \tag{3}$$

为了求得F，必先求得a．为此，我们又选B为隔离体，其受力情况如图113所示．于是

$$N\sin\alpha=ma; \tag{4}$$

$$N\cos\alpha-mg=0 \tag{5}$$

联立(3)、(4)、(5)式，得：$F=8.48$牛顿．

从本题的求解中，我们又一次看到：前边虽然提出了选择隔离体的原则，但是，为了解题的方便，本题中又不可避免地混进了多余的未知数N和a，这又一次地说明了：原则不是出发点，必须结合实际，灵活运用．

（四）隔离法的本质

存在于系统内部的各部分之间的相互作用力，称为内力．于是，从上述分析中，我们对运用隔离法，又得到一个极重要的结论：如果需要求解物体或连接体内部的某个内力，我们就必须以

相互产生该内力的两部分物体为分界线，划分隔离体，从而运用隔离法求解。否则，一般都把物体看为一个整体，而不分割成一个个隔离体。

我们知道，应用牛顿第二定律解决问题，只涉及外力，不能求解内力。然而应用隔离法求解，正可以使内力转化为外力，这就为应用牛顿运动定律求解某个内力创造了条件——这正是隔离法的本质和优越之处。认识到这点，我们将能更加灵活地更加准确地运用隔离法。

这样以来，如图114一类习题也就迎刃而解了：把一根质量为m、长度为L的均匀矩形铜棒AC放在滑动摩擦系数为K的水平桌面上，用一大于摩擦力的恒力F推棒的右端。使$AB=3L/5$。问BC段上受AF段的作用力F_1为多大？AB段将以多大的加速度运动？

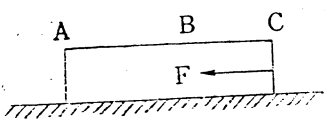


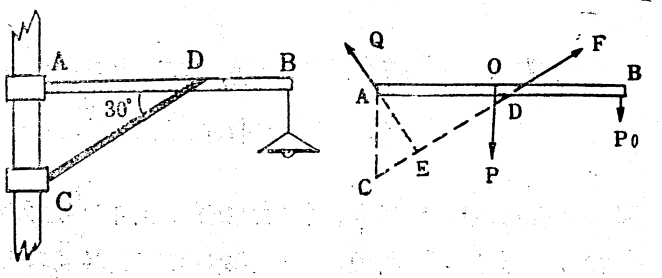
图 114

（五）应用隔离法解物体的平衡问题

应用隔离法，选择恰当的隔离体，对解物体的平衡问题，亦是十分重要的。这类问题中的物体，往往是由几部分组成，在平衡状态下，各部分之间相互作用力显然是内力，当需要求这些内力时，我们则可应用隔离法，将内力转化为外力，列出相应的平衡方程求解。

例如：图115(甲)是电杆的悬挂式路灯支架，均匀横梁AB的重量是2公斤，其B端悬挂的电灯重1公斤，量得AD长2米，AB长3米，$\angle BAC=90°$，$\angle ADC=30°$。若斜杆CD的重量略而不计，求斜杆CD对横梁AB的支持力。

选横梁AB为隔离体，其受力情况如图115(乙)所示：重力P作用在均匀横梁的中心O，方向竖直向下；P_0为电灯的重力，方



(甲)　　(乙)

图 115

向竖直向下，作用在B点；F为斜杆CD的支持力，方向沿CD指向AB；Q为电杆的拉力，方向、大小均未知．既然横梁处于平衡状态，那么它对任意转轴的合力矩为零；为了消去不必要的未知力Q，我们选A为转轴，于是，

$$P\cdot AO + P_0\cdot AB - F\cdot AD\sin 30^\circ = 0;$$

解得：$F=6$公斤．

某些动力学问题，亦可根据题设条件，转化为物体的平衡问题，而运用隔离法求解．例如：列车内挂一重锤，用以测量列车的加速度，当挂重锤的绳与竖直方向的夹角为θ时，如图116(甲)所示，列车运动的加速度是多大？

显然，我们可以选重锤为隔离体，对其进行分析，如图116(乙)，然后利用共点力的平衡条件，可解得：$a=g\mathrm{tg}\theta$．

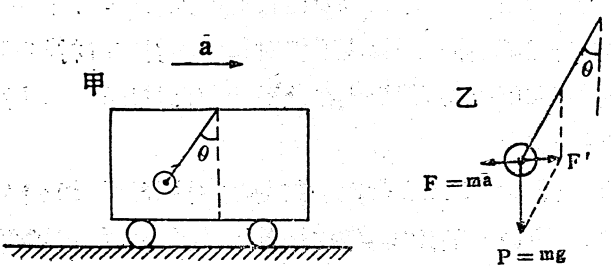


图 116

第四节　开辟第二课堂，扩大学生视野，培养创造性人材

第二课堂是指教学大纲和教材所规定的教学内容之外的所有的学习活动。它是物理课堂教学这一基本形式的续继和扩展，是中学物理教学的一个组成部分。

一、开辟第二课堂的意义

中学生不仅应在第一课堂获得较为系统的物理知识，而且还应利用一切条件开展好物理学科的或者与其它学科相结合的第二课堂活动。这不是可有可无的软任务，更不是中学物理教师的额外负担，而是有其深远意义的。是更好实现中学物理教学三维目标的必要环节，是扩大学生知识视野，培养能力，是体现中学物理特点的重要手段。

具体说来，有以下几点重要意义：

（一）可扩大学生的知识面，是第一课堂的续继

譬如高一在课内学习《三种宇宙速度》后，在第二课堂举办《宇宙飞行》的讲座，从我国第一颗人造地球卫星，讲到我国的通迅卫星、卫星回收技术，以及当代的航天飞机等。这不仅是第一课堂的补充和延伸，还解决了相对稳定的现有教材与不断引进最新科学知识的矛盾，使学生在获得“昔日信息”的同时，也获得“即时信息”。

何况，开展好第二课堂，能鼓励学生更好地学好规定的课程。譬如，要搞小创作《声控水泵》，就需要掌握声学和电磁感应等知识，从而体会到掌握基础知识的重要，激起了求知欲，增

强了学习的自觉感，促进了课堂教学。

（二）培养能力，发展智力

学生在各方面存在着差异，这是客观存在。而第二课堂则能更好地贯彻“循序渐进与因材施教相辩证的原则”。学生可以根据自己的爱好与兴趣，扬其所长克其所短，参加与自己相适应的课外活动。使智能得到充分发展。即使是小论文，小制作的本身也是带有创造性的劳动，要动很多脑筋，要发挥自己的形象思维和逻辑思维。一位学生在资料上看到一种斜面式自动上料机，就联想物理课上的简单机械——螺旋，就想能否把斜式变成螺旋式。在老师的诱导下，经过课余多次试制和修改，终于制成了螺旋式自动上料机。

有经验表明，第二课堂这项活动对中差学生，尤其是男学生最适宜，他们象鱼儿得水似的，充分利用课余时间发挥自己的才能。

（三）能培养学生严谨细致的科学作风和百折不挠的科学精神等非智力因素。

二、物理第二课堂的基本内容

开辟第二课堂必须是多形式、多层次的，才能在不增加学生过重负担的情况下获得良好的效益。

首先，要形成多层次的组织结构。有的组织“小小物理协会”，以学有余力成绩优异者为对象，对现有知识从深度、广度等方面加以研究、探讨，使之不断得到提高和深化。通过教师的定时辅导，访问科学家，参观科技成果，以及指导学生刻苦攻读，使这批学生成为物理学科的尖子，成为参加各级物理竞赛的种子选手，成为未来攻克科技尖端的有志者。另外又建立各种物理“科技小组”、“兴趣小组”等，引导学生根据自己的兴趣爱

只去参加无线电、摄影、天文、气象、地震、航模、舰模，以及物理仪器制作等课外活动，使各类各级学生的课外活动都丰满起来。

其次，形式要多种多样，“掌握时机，见缝插针”，以便使活动渗透到各个领域。适时地举办科普报告会及科技知识讲座。如《日食》、《电子世界》、《神奇的激光》、《迷人的超导》等。成立物理学史研究小组，介绍物理学家的事迹等。组织观看科技电影及电视录象，如《半导体》、《电子计算机》、《离心运动》等。有目的的组织学生参观工厂，科技宫、现代化设施等，以扩大视野。组织三小活动，即小创作、小发明、小论文。组织学生参加各级物理竞赛，以发现人才，着力培养。节假日举办物理晚会。暑假举办物理夏令营。等等。

总之，不仅在课内，也要在课外，均应形成一个学习物理的环境，以便潜移默化，日积月累地培养物理人才。为了搞好这一教学工作，更要发挥教师的主导作用，领导重视，人人主动工作；也要发挥学生的主体作用，注意培养一批活动骨干，使之持久开展下去。对于如何开展课外物理教学，每个中学物理教师亦应认真积累经验，及时总结，加以推广。

主要参考书目

[1] 许国梁：《中学物理教学法》；高等教育出版社；1981年版。

[2] 阎金铎、田世昆：《初中物理教学通论》；高等教育出版社；1989年4月出版。

[3] 阎金铎等：《中学物理教学》；光明日报出版社；1987年8月出版。

[4] 汤肇基等：《中学物理教学的理论探索与改革实验》；高等教育出版社；1989年5月版。

[5] 王策三：《教学论稿》；人民教育出版社；1986年6月版。

[6] 潘　菽：《教育心理学》；人民教育出版社；1980年2月版。

[7] 钱学森：《关于思维科学》；上海人民出版社；1986年7月版。

[8] J·皮亚杰等：《儿童心理学》；商务印书馆；1980年5月版　。

[9] 邵瑞珍等：《教育心理学》；上海教育出版社；1983年10月版。

[10] 彭聃龄：《普通心理学》；北京师范大学出版社；1988年10月版。

[11] 《自然辩证法讲义》（初稿）；高等教育出版社；1979年8月版。

[12] 黎顺清等：《中国古代教育名著选读》；陕西师范大学出版社；1989年12月版。

后　记

我曾长期在中学担任物理教学工作。现在，仍然搞这方面的教学和研究。当这本书即将出版之际，我不禁思绪万千，浮想联翩……

一

记得1956年高中毕业时，我因为对教物理课的魏至旺老师的崇敬和热爱，毅然地选择了师范专业，报考了物理系。1960年从陕西师范大学毕业，到目前，恰好已经在教育战线上渡过了三十个春秋。三十年：日日夜夜，风风雨雨；讲台上，油灯下；揉皱了一本本教科书，送走了一批批接班人；……回首往事，虽然也有一些令人心烦的记忆，但我始终热爱着我所献身的事业，勤勤恳恳的耕耘在这禾苗茁壮的田野上。

1987年3月7日，我又回到了培育我的母校任教。当时，我并非看不起了自己已经献身26年之久的中学物理教学工作，我只是朴素的想：自己仍然是在搞原来的工作，但具体的任务变了，可以更好的发挥个人的特长，把以往积累的丰富经验加以总结归纳。如果能从理论和实践上对提高中学物理教学质量有所贡献，那将是我毕生极大的欣慰。

我常想：人总是生活在希望之中的。只有理想之光，才能照亮自己前进的道路。我时刻提醒自己：忠诚党的教育事业，是教

师的天职。

二

忆往昔，心潮澎湃。刚走上工作岗位时，年青体壮，精力旺盛，也没有任何负担。一心只是扑在工作上，整天想的就是如何把课教好。一本一本地买书，一份一份地订阅报刊……。那几年，可以说是我为所献身的事业奠定基础的年华。平时，也开始把一些心得体会积累起来。终于，1965年在当时的中国物理学会会刊《物理通报》第二期上，发表了我的处女作：《物理教学中突破难点的点滴体会》。谁知不久，一场风暴冲散了我准备继续攀登的满腔热情，……

1977年，科学的春天终于又来到了神州大地。教育事业获得了新生。压抑在胸腔中的火苗，迎着春风燃烧起来了。我又开始为送走一届届毕业生拚命地奋战着；报刊上重新出现了自己的一篇篇文章；……

1981年11月，我应邀参加了在广州召开的“中国教育学会物理教学研究会”成立大会。在那里，有幸结识了我们这个学科领域中的许多前辈、专家和同行。会上的聆听，会后的交谈，我的眼前展现出一幅更加广阔的天地。此后，遵照会议的精神，我满怀激情地投入到教学改革的洪流中去。这期间，我曾形式主义的运用过上海育才中学的经验，又依样画葫芦的试验过发现法、讨论法、程序法、……也开始片断地阅读过一些教学理论，逐渐地在头脑中点点滴滴地形成了自己的一些想法。也模糊地感到：自己往往是在干一些并不符合教学规律的蠢事；而对外国的一些东西，也往往采取了生吞活剥的态度；……由于这些在当时并不是我的主要职责，也就只是想想罢了。

调回母校后，任务成了培育教育人材。面对未来的中学物理教师，我才发现自己头脑中的教学理论竟是一片空白。“一杯水和一桶水”的训导，促使我重新开始深夜苦读，虚心求教，认真总结，反复构思。只有此时，往日的片断积累，才逐渐地系统化、整体化了。

只要耕耘，必有收获。教案、讲义、论著，三年跨了三大步。可以说，这本书是我在30年中，读书、教书、治学的一串足迹！她凝结着我许许多多地耕作。——虽然，她不过是一只丑小鸭而已。

我总是满怀信心的去迎接明天，因为我奋战过昨天，而又特别的珍惜着今天。写到这里，我不由得翻开自己在一本读书笔记的扉页上所写的一首自勉诗：

韧

“一丝而累，以至于寸；累寸不已，遂成丈匹”。

——《后汉书·列女传》

粒粒稻谷积巨箩，
涓涓细流汇大河。
水滴石穿千百载，
无限风光步步夺。

三

中学物理教学改革的步伐，从来也没有停止过。

八十年代初，改革主要是在教学方法上兜圈子，追求的是模式化。好象只要运用了某种方法，就可以“最优化”了。“发现法”曾经风靡一时；“发现学习”成了最时髦的说教；有的学者还把它做为启发式的核心层次加以论述。看到别人运用“讨论法”是那样的自如，学生是那样的活跃；但自己实行时却往往一

败涂地，啼笑皆非。那时，谁要是一讲到底，那就是“满堂灌”；谁在课堂上不点缀些“读读”、“议议”，那就是坚持传统教学；……

实践是检验真理的唯一标准。大家逐渐的领悟到：教学论是一门最灵活、最辩证的科学。在这个阵地上，来不得半点唯心论，形而上学。古曰：教亦多术。这正是教学领域的辩证法。企图千篇一律的搞一种方法，坚持一种模式，历史已经做了响亮的回答：此路不通。当时，许国梁，雷树人，阎金铎等老一辈专家、学者又及时的倡导启发式教学。大家开始走综合化的道路。这一时期，百花竞开地的局面也极大的促进了教学质量的提高。

实践在不断深入，人们发现真理的进程也永远不会穷尽。近几年来，大家又进一步认识到：方法只解决“船”与“桥”的问题，它不过是思想、理论在实施时的具体体现。不能只是在战术上显本领，应该在战略上下功夫。只有切实地认识中学物理教学的客观规律，并且遵循规律去办事，才能真正的解决物理课难教难学、物理教学低效率这个世界性的问题。这种规律，我们在实践中已经认识了一些。譬如：中学物理教学，特别是初中物理教学，必须以实验观察为基础；不仅要把物理实验当做教学手段，而且要切切实实的做为教学内容去抓。要创设教学情境，认认真真地培养学生的学习兴趣；并且把它做为物理教学的一项目的任务，写入了教学大纲。要切实地发挥教师的主导作用和学生的主体作用；教，要循循善诱，学，要独立思考；不处理好教学中师生之间的这个人际关系问题，教学质量是难以提高的。……

我也紧随着这个历史进程，一步一步地走过了10年。这期间，有徬徨，也有奋进；有伤感，更有欢乐。正是在这日夜兼程的奔驰中，逐渐地形成了一些想法。并且把探索中学物理教学的

客观规律，当做自己的奋斗目标。现在，把这初步的成果奉献在大家面前，就是为了抛砖引玉，以求继续认识真理。校对时，我又发现本书有许多不足之处，虽然做了一些努力，但必竟难于另写。殷切地期望朋友们赐教，我将终生难忘。

四

1987年秋，一个偶然的机会，我买到了钱学森主编的《关于思维科学》一书。攻读过程，结合自己在物理教学工作中接触的大量事实，逐渐地领悟到：学生在学习物理时，只所以“难以理解”，主要是由于“难以想象”。以往的教学工作中，只注意了培养逻辑思维能力，或者干脆是逻辑解题能力。然而，教学中，凡是学生理解的好，掌握地比较牢固的地方，正是自己诱导学生仔细地分析了物理状态、物理过程的地方，也就是充分发挥了形象思维的作用的地方。过去，我只知道：“概念是思维的细胞”。其实，形象和概念乃是思维不可分割地基本细胞；没有形象的概念，也就谈不上逻辑的概念——这才是物理思维的显著特征。过去，我只把形象思维当作感性认识，或者当做思维的初级阶段。其实，伽利略建立惯性定律时的斜面演示，牛顿提出微分概念时的无限小量，爱因斯坦发现狭义相对论时的追光实验，电磁场中的电力线、磁通量，半导体中的载流子、PN结，……这才是比逻辑思维还要高级的形象思维。没有形象思维的纯逻辑思维是不存在的。我认为：解决物理教学低效率的正确途径，乃是认真的培养学生的形象思维能力。其实，我们以往所强调的加强物理实验；创设物理情境；使教材图文并茂；等等，就是为加强形象思维创造条件。教学中，我们总是强调：要选择好研究对象（其实就是确定理想模型）；要认真分析物理状态、物理过程；要充分发

挥想象能力；等等，其实，就是在诱导学生进行形象思维。

我把加强形象思维能力的培养，贯穿于本书的始终。这只是个尝试。我自己也刚开始有一些皮毛的理解，也许还有违背思维规律之处。希望和大家共同探讨。

五

1983年，教育部和中国物理学会共同在西安召开了“全国中学学生物理实验教学经验交流会”。我在大会发言时，介绍了自己的教改心得：《试谈探索性学生实验的实施》。获得了许多专家和同行的肯定。此后，我总是一堂课一堂课的继续摸索着，从来也没有停止过教学改革。即是离开中学后，仍然和魏至旺老师一起，成立了“西安市初中物理教改试验小组”，并且取得了初步的明显效果。我们把试验的想法和做法，称为“诱思探究教学体系”（简称“探究教学法”）。并且在本书中扼要的做了介绍。也可以说，这本书是十年教改试验的一个小结，还需要继续充实、提高、完善。

现在，国家教委已经把这个试验做为探索大面积提高中学物理教学质量的一个科研课题，当做一项任务下达了下来。我们希望和更多地同行们一起，共同来完成这一光荣任务。

六

人生的道路总是曲折的。但是，用一句口语来说，我所交往的前辈、朋友和同志们，以及我的亲人们，都是一些好人。没有他们的理解、关怀和支持，我将一事无成。

我周围的亲人，都是我事业的支持者。欢乐时，共享受；伤悲时，共分担。他们甚至牺牲了自己的许多，给于了我无微的体

贴和无私的奉献。

难以忘记陕西省物理特级教师魏至旺老师对我一生的影响。难以忘记我的老师贺瑞灵教授对我的谆谆教诲。

深深地感谢阎金铎教授对本书写作的关怀。我们虽然难得见面，但每一次都获益匪浅。他对本书从提纲到内容，都给了我热情的指导。承蒙他又亲自写了序言，寄于我殷切的激励。

深深地感谢雷树人编审、娄傅仁教授、倪汉彬教授。他们在百忙中写信给我，不吝赐教，对初稿提出了详尽的修改意见，使我茅塞顿开。乔际平副教授和田世昆副教授也给了我许多启示和帮助。

深深地感谢和我一起搞教改的老师们，是它们的辛勤劳动给了我灵感。这本书里也有他们的汗水。

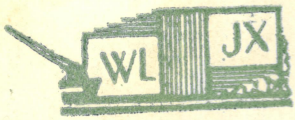
我曾经拜读过许多著作和论文。是这些取之不尽、用之不竭的营养哺育了我。深深地感谢这些相识地和不相识地朋友们！

我更要深深地感谢培育我、关怀我、支持我的陕西师范大学的各级领导、老师和同志们！

深深地感谢所有的亲朋好友！

作　者

1990年10月20日凌晨
于陕西师范大学



装帧设计　张　功

ISBN7-5041-0540-6/G·502
定价：7.00元