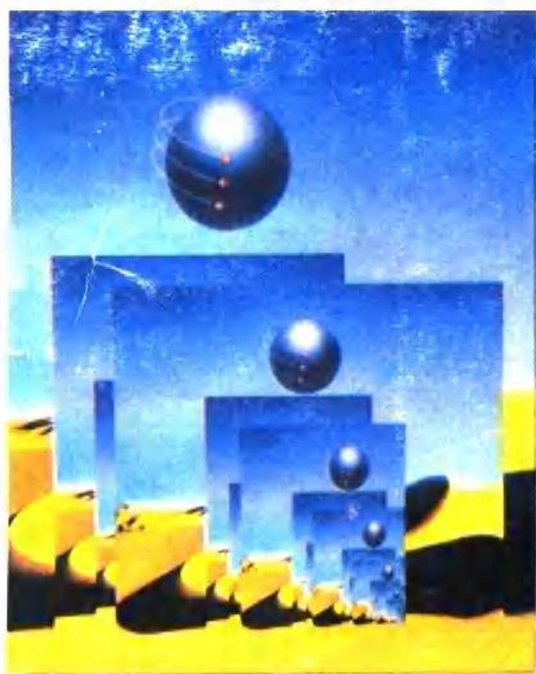


大学物理与通才教育

——大学物理教学论初探



李宝姿



福建教育出版社

大学物理与通才教育

——大学物理教学论初探

李宝姿

福建教育出版社

(闽)新登字 02 号

大学物理与通才教育
——大学物理教学论初探
李宝姿

福建教育出版社出版发行
(福州市梦山巷 27 号 邮编:350001)
福州市屏山印刷厂印刷
(福州市铜盘路 278 号 邮编:350003)

开本 850×1168 1/32 8.25 印张 字数 200 千
1995 年 10 月第一版 1995 年 10 月第一次印刷
印数:1—1,000

4

ISBN 7—5334—2003—9/G · 1592 定价:12.60 元
如有印装差错,可向承印厂调换

序

李宝姿教授这本题为《大学物理与通才教育》的著作，触发我在一些问题上的共鸣，借为她写序言的机会，发表一些个人的看法，以期引起教育界的关注和争论。

一、专业教育还是通才教育？

我不大喜欢给事物贴上标签，然后咬文嚼字地去抠名词。专业教育也好，通才教育也好，先看看我们物理课程设置几十年的历史和现状，然后谈谈自己的意见。

前苏联的教育模式，基本上是以计划经济为基础的。学校由行业部门领导，专业设置按工种划分，组成一个个小而全的自我封闭体系，分工细腻狭窄，界线壁垒森严。从理论上讲，这样培养出来的人才，应按国家计划的需要，分配到特定的工作岗位上，一辈子也不要改行。然而与市场经济相适应的人才是一种模式，他们按个人爱好和供求关系选择和调换着自己的职业，需要有较宽的口径，广阔的适应性。用人单位也希望录用有创造性的人才，因为这对提高他们企业的竞争力是很重要的。而造就富有创造性的人才需要较为宽松的环境，那种狭窄而严格的教学框架只能培养“驯服工具”。50年代初，在以前苏联的模式来改造我们教育体制的运动中，吸收苏联教育风格优点的同时，其体制中的固有缺点也被照搬过来，在某些方面还有所扩大。最严重的

后果是专业划分极端狭窄，并将理工科分设于不同的院校。

物理课程的设置，是整个教学计划的一部分，是为培养目标服务的。我这里谈的是各类高等院校中影响面最广的基础物理课程。1952年前，我国大体上采用美国当时的做法，理工医农都开设一年的物理课。1952年全面采用苏联的学制后，为不同专业开设物理课的学时数大幅度地拉开了。学时多的如物理类型专业，普通物理课长到两年或两年半，少的则不足80学时。与许多国家不同的特点是，我国工科院校物理课的学时平均说来特别少，远不如师范专科学校。应当指出，这不完全是从前苏联那里继承过来的，前苏联工科院校物理课的要求并不像我国这样低。据说是全国解放前夕，苏联专家在哈尔滨为我们制订了一个工科的普通物理课程大纲，并由杜伯夫撰写了一部“样板教材”风行全国。该教材考虑到东北老解放区的条件，其水平大体上相当于苏联的大专课程。不知是否因为当时定了这样个调子，其影响一直延续至今？另一个发生在我国的奇特现象，就每当教育改革的风浪来临之时，锋芒都要指向物理课程。尽管当前所处的政治和经济背景，已和“大跃进”或“文革”时期有了很大的不同，近来又刮起一阵砍杀物理课程学时的风浪。原因何在？可能是因为虽改革开放了十几年，我国的教育体制并没有发生根本性的变化。

关起门来习以为常的事情，打开国门一看，会使我们大吃一惊。美国著名大学中理工科一、二年级的课程是不分系、不分专业的，数学和物理课的学时与数学系和物理系一样。例如加州理工大学所有系一、二年级的公共物理课总学时约为540（包括实验课、习题课）。德国的情况也大体上如此，理工科一、二年级不分系，学习周学时4为期两年的公共物理课，以及相应的实验课。在法国，除一般的大学外，在四所特殊的“高等学校”，如

巴黎高师和理工大学，专门为培养政府的高级官员、军队的高级将领和高级工程师而设置的。中学毕业生经过竞争性很强的选拔考试进入两年的预科。在预科里理工课只分物理科学和生命科学两个方向，物理科学的课程设置大体上与德国大学理工科一、二年级水平相当。进入本科后（大体上相当于我国大学的三、四年级）仍不分系，我国物理系的主要课程（如量子力学）在本科的两年内都是公共课。学生进入第三年时（相当于我国的硕士生阶段）开始分专业，决定学习物理，还是电子工程或机械工程。总之，在工业发达的先进国家，工科的基础物理课学时基本上都是和物理专业一样的，在各科中属最高档次，估计一般都在 500 以上。而我国工科物理课总学时的“标准值”只有 200，实际执行的还要少得多，180 就算很好了，在不少院系中是 140，110，而且还有继续下降，乃至取消物理课的趋势。这种强烈的反差，不值得我们为中国教育前途而焦虑的人深思吗？当前在我国出现了理工院校合并的新潮流，这似乎是 1952 年院系调整的逆过程。若只是形式上的院系合并，而不触动上述在专业割裂和课程体制上的根本问题，是没有多大意义的。

我国用人单位的人事部门也许会提出质问：用这样宽口径培养出来的人，不能解决岗位上的实际问题。我们需要的是专业对口、来了就能上岗的有用人才。是的，在计划经济体制中培养人的模式，就是要他们能立即上岗，但其实也只是理论上如此，因为学生的专业招生时就定了，而几年后国家需要哪种专业、哪个工种多少人，从来也不可能准确地作出规划。总有相当的毕业生是“学非所用”的。60 年代以来毕业生闹专业不对口的现象已应引起我们的深思，何况今后随着市场经济搞活，人才的需求就更难规划了。培养宽口径人才，侧重打基础，适应性强，学用结合的问题不那么严重；而窄口径的知识，离了某种特定的岗位，

或工艺设备更新换代了，真可能没多大用处。在市场经济的体制下解决“上岗问题”，主要不靠正规大学，而是通过“岗前培训”。我国也应逐步建立起这种制度，作为正规教育的补充。

二、什么是物理学？

古希腊人把所有对自然界的观察和思考，笼统地包含在一门学问里，那就是自然哲学。科学分化为天文学、力学、物理学、化学、生物学、地质学等，只是最近几百年的事。在牛顿的时代里，科学和哲学还没有完全分家。牛顿划时代的著作名为“自然哲学的数学原理”，就是一个明证。物理学最直接地关心自然界最基本规律，所以牛顿把当时的物理学叫做自然哲学。

17世纪牛顿在伽利略、开普勒工作的基础上，建立了完整的经典力学理论，这是现代意义下的物理学的开端。从18世纪到19世纪，在大量实验的基础上，卡诺、焦耳、开尔文、克劳修斯等建立了宏观的热力学理论，克劳修斯、麦克斯韦、玻耳兹曼等建立了说明热现象的气体分子运动理论，库仑、奥斯特、安培、法拉第、麦克斯韦等建立了电磁学理论。至此，经典物理学理论体系的大厦巍然耸立。然而，正当大功甫成之际，一系列与经典物理的预言极不相容的实验事实相继出现，人们发现大厦的基础动摇了。在这些新实验事实的基础上，20世纪初，爱因斯坦独自创立了相对论，先后在普朗克、爱因斯坦、玻尔、德布罗意、海森伯、薛定谔、玻恩等多人的努力下，创立了量子论和量子力学，奠定了近代物理学的理论基础。本世纪随着科学的发展，从物理学中不断地分化出诸如粒子物理、原子核物理、原子分子物理、凝聚态物理、激光物理、电子物理、等离子体物理等名目繁多的新分支，以及从物理学和其它学科的杂交中生长出来的，诸如天体物理、地球物理、化学物理、生物物理等众多交叉

学科。

什么是物理学？试用一句话来概括，可以说：物理学是探讨物质结构和运动基本规律的学科。尽管这个相当广泛的定义仍难以刻画出当代物理学极其丰富的内涵，不过有一点是肯定的，即与其它科学相比，物理学更着重于物质世界普遍而基本的规律的追求。

物理学和天文学由来已久的血缘关系，是有目共睹的。当今物理学的研究领域里有两个尖端，一个是高能或粒子物理，另一个是天体物理。前者在最小的尺度上探索物质更深层次的结构，后者在最大的尺度上追寻宇宙的演化和起源。可是近几十年的进展表明，这两个极端竟奇妙地衔接在一起，成为一对密不可分的姊妹学科。物理学和化学从来就是并肩前进的。如果说物理化学还是它们在较为唯象的层次上的结合，则量子化学已深入到化学现象的微观机理。物理学和生物学的关系怎么样？对于如何解释生命现象的问题，历史上有过两种极端相反的看法：一是“生机论 (vitalism)”，认为生命现象是由某种“活力”主宰着，永远不能在物理和化学的基础上得到解释；另一是“还原论 (reductionism)”，认为一切生命现象都可归结（或者说，还原）为物理和化学过程。1824 年活勒 (F. wöhler) 成功地在实验室内用无机物合成了尿素之后，生机论动摇了。但是，能否用物理学和化学的原理和定律解释生命呢？回答这个问题为时尚早。不过，生命科学有自己独特的思维方式和研究手段，积累了大量知识，确立了许多定律，说把生物学“还原”为物理学和化学，是没有意义的。可是物理学研究的是物质世界普遍而基本的规律，这些规律对有机界和无机界同样适用。物理学和生物学相互渗透，前途是不可估量的。近四、五十年在两学科的交叉点上产生的一系列重大成就，如 DNA 双螺旋结构的确定、耗散结构理论的建立

等，充分证明了这一点。现在人们常说，21 世纪是生命科学的世纪，这话有一定道理。不过，生命科学的长足发展，必定是在与物理学科更加密切的结合中达到的。

总之，今天已不可能用研究对象来界定什么是物理学。物理学是所有自然科学和工程技术的理论基础，物理学代表着一套获得知识、组织知识和运用知识的有效步骤和方法。把这套方法运用到什么问题，这问题就变成了物理学。

三、大学基础物理课是科学素质教育

物理课的目的和任务是什么？特别是非物理专业的学生为什么要学物理？在我国现行的教育体制中占支配地位的看法是，为专业课服务。于是，专业课需要的内容就讲，不需要的内容就不讲或少讲。专业课排下来剩的时间多就多讲，剩的少就少讲。著名理论物理学家、诺贝尔奖金获得者理查得·费曼说：“科学是一种方法，它教导人们：一些事物是怎样被了解的，什么事情是已知的，现在了解到什么程度（因为没有事情是绝对已知的），如何对待疑问和不确定性，证据服从什么法则，如何去思考事物，做出判断，如何区别真伪和表面现象。”所以，大学里的物理课绝不仅仅是物理知识的教育，更不是主要为专业课服务的。我们认为，物理学是整个自然科学的基础。对于任何专业，大学基础物理课的目的，都是使学生对物理学的内容和方法，工作语言、概念和物理图象，其历史、现状和前沿等方面，从整体上有个全面的了解。这是一门培养和提高学生科学素质、科学思维方法和科学研究能力的重要基础课。下面结合物理学的科学方法和科学态度来谈这个问题。

现代的物理学是一门理论和实验高度结合的精确科学。物理学的科学方法要点可概括为：

(1) 提出命题

命题一般是从新的观测事实或实验事实中提炼出来的，也可能是从已有原理中推演出来的。

(2) 推测答案

答案可以有不同的层次：建立唯象的物理模型；用已知原理和推测对现象作定性的解释；根据现有理论进行逻辑推理和数学演算，以便对现象作出定量的解释；当新事实与旧理论不符时，提出新的假说和原理去说明它，等等。

(3) 理论预言

作为一个科学的论断，新的理论必须提出能够为实验所证伪(falsify)的预言。这是真、伪科学的分野。为什么说“证伪”而不说“证实”？因为多少个正面的事例也不能保证今后不出现反例，但一个反例就足以否定它，所以理论是不能完全被证实的。为什么要求能用实验来证伪？假如有人宣称：在我们中间存在着一种不可探知的外来生灵。你怎么驳倒他？对这种论断，你既不能说它正确，又不能说它错误。我们只能说，因为它不能用实验来证伪，所以不是科学的论断。

(4) 实验检验

物理学是实验的科学，一切理论最终都要以观测或实验的事实为准则。理论不是唯一的，一个理论包含的假设愈少、愈简洁，同时与之符合的事实愈多、愈普遍，它就愈是一个好的理论。

(5) 修改理论

当一个理论与新的实验事实不符合，或不完全符合时，它就面临着修改或被推翻。不过，那些经过大量事实检验的理论是不大会被推翻的，只是部分地被修改，或确定其成立范围。

以上步骤循环往复，构成物理学发展模式化的进程。但是物

理学中的许多重大突破和发现，并不都是按照这个模式进行的，预感、直觉和顿悟往往起很大作用。此外，且探且进的摸索、大胆的猜测、偏离初衷的遭遇或巧合，也导致了不少的发现。顿悟是经验和思考的升华，而机遇偏爱有心人，平时思想上有准备，就比较容易抓住稍纵即逝的机遇。所以科学上重大的发现不会是纯粹的侥幸。

科学实验的结果，远非尽如人愿。不管你喜欢不喜欢，实事求是的作风、老老实实的科学态度是绝对必要的。在科学研究中，一相情愿的如意算盘是行不通的，弄虚作假迟早会暴露。失误任何人都难以避免，一旦发现，最聪明的办法是勇于承认。1922年年轻的苏联数学家弗里德曼发表了动态宇宙模型的论文，遭到爱因斯坦的批评。次年，爱因斯坦在读了弗里德曼诚恳的申辩信之后，公开声明自己被说服了。据伽莫夫回忆，爱因斯坦说，这是他一生中最大的疏忽。伟大科学家这种坦荡的襟怀，是所有人的楷模。

基础科学研究的信息资源是共享的，这里没有秘不可及的玄机和诀窍。根据公开发表的文献，人人可以自己判断，独立思考。所以，在科学的王国里，真理面前人人平等。这里最少对偶像的迷信和对权威的屈从。“实践是检验真理的唯一标准”这一信条，在自然科学的领域里贯彻得最坚决。实践不是个别的实验结果，因为那会有假象，重大的实验事实必须经多人重复印证才被确认。

自然科学的主要任务是探索未知的领域，很多事情是难以预料的。实验的结果验证了理论，固然可喜；与理论不符合可能预示着重大的突破，更加令人兴奋。世界上建造了许多加速器，每个加速器都是针对某类现象而设计的。四十多年的历史表明，除了反核子和中间玻色子外，粒子物理中的所有重大发现都不是当

初建造那个加速器的理由。高能物理学界把这看作正常现象。1984年在实验室中发现了弱电统一理论所预言的中间玻色子后，曾一度较少发现出乎理论预料的实验结果。人们反而说：现在最令人惊讶的，是没有出现令人惊讶的事。这便是物理学界极富进取精神的得失观。

因为在自然科学中物理学最直接触及自然界的基本规律，物理学家对事物是最好穷本极源的。他们在研究的过程中不断地思考着，凡事总喜欢问个“为什么”。理论物理学家不能仅仅埋首于公式的推演，应该询问其物理实质，从中构想出鲜明的物理图象来；实验物理学家不应满足于现象和数据的记录，或某种先进的指标，而要追究其中的物理机理。

因为在自然科学中物理学研究的是自然界最普遍的规律，物理学家不应总把自己的目光和兴趣局限于狭窄的本门学科，而要放眼于更广阔的天地。人们公认，当今最有生命力的是不同学科杂交的领域，有志的年轻物理学工作者在那里是大有作为的。现在有不少物理系学生，甚至研究生，毕业后不搞物理。按照我国传统的看法，这是“用非所学”，是人才培养上的失误和浪费。在我看来，这是正常现象。一个人学了物理之后干什么都可以，他的物理没有白学。这不是我的话，是不少过去学了物理后“改行”的学生和我说的。过去和现在都有不少物理系的学生是以日后“改行”为目的而先学物理的，我认为这是极有远见的做法。在我看来，对于学物理的人无所谓“改行”。

四、怎样教好物理学？

在我国，学生学习成绩的好坏要由教师负完全责任。在一些学校里，教师业绩的考核按其学生所得的考分来评定，职称的晋升和工资增长都与此挂钩。有一种普遍的提法：作为一个好的教

师，应当“课堂上解决问题”，把所教的内容都“讲深讲透”，不给学生课后留下疑难。所以我国的教师都习惯于把知识组织得井井有条，对课程内容的每个细节作详尽的解说，对学生可能发生的误解——予以告诫。我粗略地估计，同样的内容，在我国现在所用的课上学时，至少比西方多 50—100%。现代物理学中的新事物，怕不能讲透而引起麻烦的，在课堂上宁可只字不提。据我所知，1952 年以前的老北大、老清华，以及抗战时期的西南联大，课从来就不是这样教的，丝毫没有影响那时候人才辈出。

著名理论物理学家和物理教育家韦斯科夫 (V. F. Weiskopf) 说：“科学不是死记硬背的知识、公式、名词。科学是好奇，是不断发现事物和不断询问‘为什么，为什么它是这样的？’科学的目的是发问，问如何和问为什么。它主要是询问的过程，而不是知识的获得（很可惜多数人认为是后者，而且是这样教的）。”国际物理教育委员会上两届主席焦塞姆 (L. E. Jossem) 说：“最好的老师，是让学生知道他们自己是自己最好的老师。”

教好物理学，关键是教思路，教方法，启发学生勤于思考，悟物穷理，自觉地努力锻炼自己自学的能力。

鼓励勤于思考，就要让学生对新的概念、定义、公式中的符号和公式本身的含义，用自己的语言陈述出来。对于定理的证明、公式的推导，最好在了解了基本思路之后，让学生自己背着书本演算出来。这样学生才能对它们成立的条件、关键的步骤、推演的技巧等有深刻的理解。

倡导悟物穷理，就要启发学生多向自己提问：哪些是事实？哪些是推论？推论是怎样得来的？我为什么相信它？……问题可以正面提，也可以反向提。过去我们在教学中经常有个口号，即“培养学生分析问题、解决问题的能力”，这固然是很重要的，但少了更重要的一条，即“提出问题的能力”。伟大的科学家之所

以伟大，往往就在这一条上。有一次记者问玻尔：“您可是那位知道科学中大部分问题答案的人。”玻尔回答说：“啊，不，不过也许我比别人多知道一点问题。”

勤于思考，悟物穷理，就要让学生建立自己的物理图象。我们反对“题海战术”，反对针对某类考试或题库的应试教育。但是做题毕竟是学生学习过程中比较主动的环节，学习物理，不做习题是不行的。但做习题不在于多，而在于精。教师要引导学生，习题做完了不要对一下答案或缴给老师批改就了事。自己从物理上应该想一想，答案的数量级是否对头？所反映的物理过程是否合理？能否从别的角度判断自己的答案是否正确？要求学生力争能够作到，习题要么做不出来，做出来就有充分的理由相信它是对的，即使它和书上给的答案不一样。老师要鼓励学生在未被说服之前敢于和自己争辩，直到学生真正明白错误之所在。万一最后证明是老师自己错了（这是教学过程中常有的事，至少我个人如此），不仅要坦率承认，而且应该对该生加以赞扬。好的老师最欣赏的是能指出自己错误的学生。

好了，我谈了这么多，可能会引起不少争议。不过争议是好事，过去我们太统一了，只能“万马齐喑”。现在回到这本书上来。李宝姿教授的这本书是她数年心血的结晶，书中全面论述了大学物理课程的地位、物理学的方法、教学原则、课程讲授与教学方法、非智力因素培养、学生学习方法、教学质量的测量与评估等各个方面，在不少问题上有自己独到的看法，是教学管理人员和教师的一本很有意义的参考书。为此我郑重向读者推荐。

北京大学 赵凯华

1995年9月4日

前 言

作者青年时代有幸在国家大中型企业“摸、爬、滚、打”十余载，先后当过工人、技术员、工程师；从事过微电子、电力拖动、冶金、以及行政管理等多种“非物理专业”的工作。转了一大圈，回过头来到高校搞大学物理教学“本行”时，却对我国大学教育的现状，以至大学物理教学的指导思想产生一些联想和困惑。在如何高效率地培养我国社会主义现代化建设高级人才的问题上，作者试图分析物理学这门“所有自然科学和工程技术理论基础”课程，以一种新的思路对待大学物理的教学。几年来，作者应邀在福建省高师培训中心讲授《大学物理教学论》，在与高等学校同行的相互探讨过程中，这种思路获得了理解、支持和赞誉，因而产生了编写此书的实践。由于作者水平有限，无论从立论的高度上，还是从阐述的角度上都可能欠妥；加上时间仓促，不当乃至谬误之处在所难免，恳请读者批评指正。

在本书编写过程中，得到了北京大学教授、中国物理学会副理事长赵凯华老师的鼓励，并为本书撰写了序言；北京师范大学李平教授、福建师范大学副校长曾民勇教授、南京师范大学李增林教授，均为本书作了认真的评审，并提出了宝贵的意见和建议；在此表示衷心的感谢。在本书出版过程中，还得到了福建师范大学汪文顶教授；福建省科技出版社王大达副编审的帮助和支持，在此一并表示谢意。

作 者

1995.9.10

目 录

第一章 概论	(1)
§ 1. 1 大学物理教学论研究的框架	(1)
§ 1. 2 我国大学教学论研究的现状	(12)
§ 1. 3 西方当代高等教育的发展趋势	(16)
第二章 大学物理的学科地位	(20)
§ 2. 1 科技进步的人才观	(20)
§ 2. 2 大学物理的基础地位	(25)
§ 2. 3 大学物理的育才功能	(29)
第三章 物理学方法	(33)
§ 3. 1 实验法	(33)
§ 3. 2 理想化物理模型法	(36)
§ 3. 3 类比法	(40)
§ 3. 4 逻辑法	(44)
§ 3. 5 整体性研究法	(48)
§ 3. 6 统计法	(50)
§ 3. 7 思想实验法	(51)
第四章 教学原则	(55)
§ 4. 1 教学与科研相结合的原则	(57)
§ 4. 2 知识掌握与智能培养相结合的原则	(61)
§ 4. 3 理论联系实际的原则	(65)
§ 4. 4 科学性与思想性统一的原则	(67)
§ 4. 5 统一要求与因材施教相结合的原则	(68)
§ 4. 6 教师的主导性与学生的主动性相结合的原则	(69)

附录 高等教育的教学原则参考资料	(71)
第五章 课堂讲授	(74)
§ 5. 1 大学物理教学方法体系	(74)
§ 5. 2 备课	(78)
§ 5. 3 课堂讲授中的技术性问题	(94)
第六章 教学方法.....	(100)
§ 6. 1 大学教学方法发展的趋势.....	(102)
§ 6. 2 问题教学法.....	(105)
§ 6. 3 教学模式探讨.....	(119)
§ 6. 4 新生学习方法指导.....	(120)
§ 6. 5 教学“鼓励创造性”倡议.....	(123)
第七章 非智力因素的培养.....	(125)
§ 7. 1 非智力因素的种类与心理特征.....	(126)
§ 7. 2 创造性劳动与心理素质.....	(128)
§ 7. 3 非智力因素培养与教学过程.....	(138)
第八章 学习方法.....	(144)
§ 8. 1 立志成才, 从“适应”起步.....	(144)
§ 8. 2 功课天天作, “脚印”步步留	(147)
§ 8. 3 自我培养, 智能为先.....	(154)
§ 8. 4 时间安排, 效率第一.....	(163)
第九章 教学质量的测量与评估.....	(167)
§ 9. 1 测验的编制.....	(169)
§ 9. 2 测验的评价指标.....	(195)
§ 9. 3 分数的转换与解释.....	(216)
§ 9. 4 大学物理测验举例.....	(229)
§ 9. 5 教学质量的模糊数学综合评判.....	(238)