

结合科技前沿加强师生互动， 奏好人才培养的三步曲 ——“电动力学”课程的拔尖计划培养实践探索

复旦大学 周磊



作者简介：周磊，教授，博导，教育部物理学类专业教学指导委员会委员，复旦大学教学指导委员会委员，复旦大学物理学系系主任。教育部“长江学者”特聘教授，国家杰出青年科学基金获得者，万人计划“领军人才”，多次获复旦大学本专科毕业生“我心目中的好老师”称号，获宝钢优秀教师奖、上海市教学成果奖、复旦大学年度教学贡献奖等。为拔尖学生讲授“电动力学”课程多年。

拔尖学生是学生中的佼佼者，他们热爱物理学科，资质高，未来志在科研。为给拔尖学生的脱颖而出提供肥沃的土壤，搭建坚实的成长平台，从而将其培养成热爱科学研究、具有扎实研究能力的科

研“后备军”，我在多年的“电动力学”课程的教学实践中，结合科技前沿加强师生互动，通过三步走，为拔尖学生量身定制了个性化培养模式。

一、抓好课堂主阵地，夯实拔尖学生培养的基石

这课堂教学是创新能力培养的源头与灵魂。“电动力学”课程设置于大学三年级上学期，此时的学生正在向科学研究能力培养阶段跨越，我们必须在教学内容及方法上有所创新，才能满足拔尖学生巨大的学习“胃口”。

1. 精彩开场，让学生对课程“一见钟情”

假设学生对课程的关注度随时间指数衰减，那一个精彩的开场白等于给了一个最大的初值+最长的半衰期。我精心讲授“电动力学”的开篇第一课：介绍我的教学理念、课程的整体结构和学习方法，每一章节知识对应的前沿科技上的精彩应用，以吊足学生的胃口，激发起他们进一步探究的热情，从

而对“电动力学”课程“一见钟情”。

2. “回头望月” + “仙人指路”，串起课程逻辑体系

物理教学特别讲究整体性和逻辑性。每次上课，我都会先“回头望月”，即回顾上次课的内容，让学生培养状态，自然过渡到本次课的内容，同时也使我自己得以从不同角度重新诠释已经教授的内容。在每次开始讲授大块新知识的时候，我会先来一招“仙人指路”：从宏观上简单介绍该大块新知识的来龙去脉、产生的原因、意义和作用。通过这样的承上启下，我将知识的碎片串联成具有内在逻辑的完整的知识体系，便于学生形成完整的知识框架。

3. “重锤出击” + 形象比喻，降低知识接受壁垒

课堂是学生学习知识的最重要的渠道，我想设法提高课堂教学效果。我上课全程板书，不要求学生记笔记（我的电子课件在课下会全部转给学生），但要求学生一直跟着我的讲解思考并与我互动。对一些貌似简单的知识点，我经常会在讲解中悄悄设置陷阱，于不经意间引导学生推导出一个“悖论”，将学生带入“坑”中，让他们在当头棒喝中警醒。这时我会反问他们究竟刚才哪一步出了问题，于是他们会仔细审视刚才的演绎过程，展开激烈讨论和深入思考。久而久之，学生会养成一个“时刻质疑”的好的听课习惯，跟随我的讲解随时思考，以免再次被老师带到“坑”里。而对许多讲解过程中产生的概念，在用数学严谨地推导出最后结论之

后，我总试图换一个角度，用一些学生更容易理解的形象比喻来加深他们对物理概念的理解。

4. 接轨前沿，为学生找到学习兴奋点

兴趣是学好一门课程的前提。随着纳米光学、超构材料、光子晶体等前沿领域的发展，“电动力学”这门“古老”的学科在近30年来重新焕发了青春，许多前沿发展给这门经典理论注入了全新的活力。我在讲授“电动力学”的过程中，在每个章节都会将与之相关的最新的国际研究前沿成果融入其中，让学生见识到经典理论的全新魅力，从而找到学习的兴奋点。比如在讲授电磁动量、Maxwell张量时，我会介绍光力、光摄；在讲解静电、静磁学时，我会谈及电磁流变液；在讲授电磁波时，我会介绍负折射、拓展的Snell定律，等离激元共振等等。而这些知识的传授，我也尽量利用不同方法进行：有的是嵌入现有的教学计划系统的讲授，有的则是以思考题的方式呈现，还有更多的我在教学生时闪现的“火花”则以小课题的形式挑战学生。

5. 结合数值仿真与实验，让理论学以致用

从这些年的教学经验中我悟出一个道理：仅从某一个特定侧面（比如解析推导）理解一个知识点是远远不够的，而结合多种形式从不同侧面理解同一个知识点，会使得学生建立更深入完整的物理图像，从而极大提升授课效果。基于这一理念，我在“电动力学”的教学实践中引入了数值仿真与实验两个环节。我们为学生购置了一套电磁场数值仿真软件的网络版，又与复旦大学物理教学实验中心合作，建立了一个教学科研两用的微波实验室。这样，

学生可以在解析计算少数可解模型之余，针对大量不能解析计算的实际问题，利用数值仿真进行研究。进一步，我尝试将一些与“电动力学”同步的前沿研究直接转化为物理实验，同时鼓励学生在“电动力学”学习中自主进行一些相关实验（如水的光波导、海市蜃楼等）。这些环节都极大地刺激了学生的探究兴趣，使得学生能从不同的侧面深刻理解物理知识；同时，优秀学生的积极参与也极大地带动了课堂气氛。



同时，优秀学生的积极参与也极大地带动了课堂气氛。

6. 不断修正，内容与形式常讲常新

兵无常势，水无常形。我讲授“电动力学”多年，但并没有用一成不变的教案纵横讲坛，而是不断地更新教学内容，反复思考一些知识点更正确、更合适的讲法，有些方法还是从与学生的交流中“学”到的。在一次次的教学实践中，我不断修正教学的内容与方法，实现常讲常新。

二、课下不断挑战，把探究的主动权交给学生

课堂教学起到打基础的作用，而要有进一步的提高和拓展，则需要利用课后的广泛时间，功夫尽在课外。

1. 通过思考题巩固和拓展课堂教学

我会在讲义中给学生留下许多思考题，这些题

目大多来源于前沿问题，有“新”和“发散性”两个特点。比如电磁流变液、光力、纳米金属颗粒的等离子共振等很多现代科学的问题，我在课堂上将背景介绍清楚之后，便会让学生课后运用“电动力学”的知识，来解决相关问题。有的，我直接将疑问（甚至有些我都不知道答案）列入思考题，激励学生自主探索，比如不同边条下介质中极化磁化能的正确表达式，等等。在科研过程中，我努力把一些前沿问题简化成学生可以解决的思考题；而教学过程学生对某些问题的独特理解又会反过来帮助到我的科研。

2. 鼓励学生做专题笔记，在不断挑战中主动学习

为了培养学生自主学习，我鼓励学生围绕一个特定的专题写独立的专题笔记，这也可以视为科研的第一步训练。专题笔记的主题可以包括：课件中的许多思考题；讲课内容的不同解读；题目的不同做法；某一部分讲授内容的延伸、争论……

撰写专题笔记，常常是一个挑战与被挑战的过程。学生取得初步结果整理成专题笔记发给我——我会给予该学生一系列“挑战”——该学生全部或者部分完成后，将更新的专题笔记发给我——如此反复多次，在我认为其课题成熟时，便会允许该生上台演讲。这个过程极大地刺激了拔尖学生的自主探索热情。有学生说，“接到挑战的那天，我兴奋得彻夜难眠，全身每个细胞都‘非常非常非常’振奋，脑海里一直在构思周磊老师要求的效果”，甚至有学生主动来要挑战——“听说我的室友收到了您的挑战，您能不能给我一些挑战？”

这个挑战与被挑战的过程主要是通过 Email 来实现的，有时需要整夜回复学生的各种邮件，但我很享受这个随时随地、一对一、平等的与学生交流的过程。

三、小班研讨课，头脑风暴激荡创新思维

经过课堂教学打基础、课后的深化拓展环节后，将进入小班研讨课阶段，实现知识的进一步升华。小班研讨课是指在正常的课堂教学计划之外，每两周再加一次（两节课）小班化的研讨。

1. 技能讲授，让学生学习如虎添翼

为使该课程回归物理本质，我从 2009 年春天起，便鼓励学生用数值计算（自己编程）和仿真模拟软件来计算不能解析计算的一些电动力学问题，

即让学生借助数值模拟来辅助学习。同时，我会在小班讨论课上，为学生讲解 CST、COMSOL 等仿真模拟软件的使用方法。这一举措取得了很好的效果。

2. 小课题的讨论与展示，模拟科研的实战演习

为进一步增强师生间、生生间的互动，培养学生的自我总结以及口头表达能力，我会邀请那些撰写了精彩的课程专题笔记的同学在小班研讨课上做小课题的演讲展示，其他同学就此展开进一步的深入讨论，而我则会给出点评、指导、总结。准备课题展示的过程是对基本科研素质的培养，让同学们实战演习了独立思考、文献调研、实验操作、口头报告、讨论等科研的流程和方法，感受到了科研的艰辛与乐趣；同学们在听取同学的报告和讨论、老师的指导点评中，进一步开阔了视野，领略了物理前沿的风光，增强了进一步探究科学奥妙的情。

四、结语

这些年的教学实践使我愈发感受到上好一门课对教师的要求很高：教师必须要具备科学家般深厚的前沿科学知识积淀，要有相声表演艺术家般出色的课堂语言驾驭能力，要有推销员般多样的知识传递能力，还要有心理学家般与时俱进的心理把控能力。而在培养学之翘楚的拔尖学生时，更需如此，只有这样，师生双方才可能在“强强”碰撞中，迸发出更夺目的创新火花！