

根据动力学方程

$$(Q|\dot{P} > = (Q|F >$$

并考虑

$$|F > = (|F_A >, |F_B >)^T = \begin{bmatrix} 0 \\ -mgj \end{bmatrix}$$

$$|\dot{P} > = (Mai, mai + ma'i')^T = \begin{bmatrix} Mai \\ m(ai + a'i') \end{bmatrix}$$

可得

$$\begin{bmatrix} i & i \\ 0 & i' \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Mai \\ m(ai + a'i') \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} i & i \\ 0 & i' \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ -mgj \end{bmatrix}$$

即

$$(M + m)a + ma' \cos \alpha = 0$$

$$a \cos \alpha + a' = g \sin \alpha$$

由此得到与解法 1 相同的结果.

3 结 论

用 Dirac 符号表述的动力学方程 (4) 形式简单且不依赖于坐标系, 具有较大的对称性; 采用了狄拉克符号, 可以用左矢和右矢分别表示行矢量和列矢量, 圆矢表示投影基向量; 该方程不含约束力, 计算简单方便; 采用了矩阵的解题方法, 可以引用计算机程序求解理论力学问题. 总之, 动力学方程 (4) 具有简单性、普遍性、方便性与实用性.

参 考 文 献

- 1 朱照宣, 周起钊, 殷金生. 理论力学. 北京: 北京大学出版社, 1982
- 2 李俊峰主编. 理论力学. 北京: 清华大学出版社 -Springer, 2001
- 3 陈振和. 非完整系统力学方程的一种探讨. 力学与实践, 1994(2): 50~53
- 4 Hauser W. Introduction to the Principles of Mechanics. Addison—Wesles Publishing Company, 1987

关于美国几所著名高校的流体力学新生研讨课

朱克勤 任仲泉

(清华大学工程力学系, 北京 100080)

摘要 在大学的本科教育中, 新生研讨课的历史较短, 但普遍受到学生的认可和好评. 介绍美国几所著名大学, 包括哈佛大学、麻省理工学院、普林斯顿大学、加州大学及伯克利分校和圣地亚哥分校的流体力学新生研讨课.

关键词 新生研讨课, 流体力学, 教学改革

新生研讨课源于哈佛大学的教改探寻之路, 由教授直接面向一年级新生开设, 至今已有五十多年的历史, 它现已成为世界很多大学所采用的新生教育模式, 以培养更富竞争力的人才. 清华大学从 2003 年起开设新生研讨课, 已经得到新生的普遍欢迎和好评. 本文第一作者在开设新生研讨课“智能流体及应用”的同时, 与学生一起对国际上著名大学流体力学的新生研讨课进行了调研, 这里介绍美国几所著名高校的新生研讨课的基本情况以及流体力学新生研讨课的例子, 作为国内教学改革的参考.

1 哈佛大学

作为世界著名大学之一, 哈佛大学具有闻名遐迩的声誉和得天独厚的教育资源. 新生研讨课的模式源于哈佛, 1959 年春天开始实行, 在此之前, 已经有了几年的试学期 (从 1957 年开始试行), 1963 年开始作为正式课程的一部分. 开创这门课程的目的是让新生入学的第一年更加富有生气, 尽快地

了解科学、热爱科学和融入科学.

新生研讨课实行仅一年后, 就受到了很高的评价, 新生研讨课的学生管委会赞扬道: “它是一门令人神往的课程. 从一个原始想法到成熟方案, 新生研讨课在大学生中所带来的学术与交流热潮归功于教师的睿智和对工作的热情. 我们更加深刻地领会到了, 哈佛要想提升教育质量, 就必须不断地探索教育改革之路.”

“微流动的应用: 树的结构, 功能, 进化”是哈佛所开设新生研讨课中涉及流体力学的一个例子. 树是自然界中最神奇的生命体之一, 它可以达到 100 m 的高度, 可以在极端恶劣的条件下生存, 并不断地与环境和其它生物作斗争. 研讨课启发学生从流体力学的角度探寻树如何来抵御气候的起伏变化. 在它的微流动系统中, 包括筛管、导管的营养物质运输、是否和其它生物的神经系统具有相似的特性. 课程采用实验和实物参观相结合的方法, 鼓励学生到大自然这个广博的天然实验室中寻找奥秘. 让新生了解科学的研究方法, 懂得观察自然, 并从中获取有用的信息.

通过新生研讨课, 一批深受学生爱戴的老师涌现出来, 师生关系融洽, 科研和学习的热情高涨. 更为重要的是, 它提供了和谐与奋进的学术气氛. 在不断改革和完善的同时, 新生研讨课在数量上不断突破, 比如: 2001~2002 年为 65

门, 2002~2003 年增长到 89 门, 2003~2004 年已经达到了 103 门. 为了保证教授和学生之间的充分交流, 学生人数限制在 12 人. 一般情况下, 授课教授每年都会有一门课程为新生提供选择, 且每年的主题都会发生变化或完全不同.

现阶段哈佛新生研讨课有以下两大特点: 1) 学习不局限于书本知识, 而是更接近学术前沿, 甚至是还没有完全成熟的理论. 目的是启发学生思考, 有自己独特的见解. 每年课程的门类都不一样, 但都保持一致的风格: 大量的独立工作, 深入的独立思考, 小团队的协作精神. 2) 课程的设置更多地考虑了人的因素, 每门课程题目的选择都是基于老师和学生的兴趣. 引导学生在多种方式下与老师密切合作, 让老师和学生从正规的教学解放出来. 考查方式以论文、课程总结的形式为主, 没有正式的考试. 课程结束时分为通过和不通过两种.

2 麻省理工学院

麻省理工学院有其独特的教育理念, 使其学术科研、人才培养都有独到之处. 麻省理工学院的新生研讨课从 1986 年开始, 每门研讨课的学生为 8~10 人, 强调交互式学习, 每周两个小时的上课时间, 每年大约有 800~900 名新生参加. 这样的教学模式将老师和学生紧紧连在一起, 共同领悟科学的真谛. 麻省理工的新生研讨课由于非常成功, 相继开展了大二学生研讨课.

通过流体力学新生研讨课的学习, 学生开始认识到力学并不是那么令人枯燥, 今后两年的数学和物理成为他们将来从容研究流体力学的有力保证. 每节课的开始都有几分钟的开场白来激活课堂的气氛进而引出本节课的话题. 在新生研讨课讨论中, 学生可以交到朋友, 听到中肯的建议, 感到早期的潜在的竞争. 老师不仅了解了新生在学习中的困惑, 在课程终结时还将了解他们的朋友、家庭、生活境遇和对未来的设想. 通过这些交流, 增进了老师和学生之间的相互了解. 新生研讨课通过实验教会新生如何处理真实自然现象, 分析试验现象数据、理论和模型之间的关系. 不仅学生增长了知识, 开阔了眼界, 老师也受益匪浅. 一位执教新生研讨课的教授说道: “在麻省理工, 虽然额外的奖金很少, 但是当你晚上回家, 你会感觉到你做了一件很棒的事情, 那已经足够了!”. 为了保证有足够的教授主动来为新生提供研讨课的机会并与他们进行全方位的接触, 麻省理工为老师们提供了课程津贴.

“航行到底能有多快?” 是教授 Pauld Sclavounos 所讲授流体力学新生研讨课的主题. 该主题表明: 在麻省理工, 最重要的事之一就是提出问题, 然后解决它, 探索精神的培养对新生尤为重要, 用敏锐的科学眼光观察光怪陆离的世界, 敢于向一切发问, 并用聪明的大脑和灵巧的双手来解决它, 这形成了与众不同的麻省理工风格.

3 普林斯顿大学

在普林斯顿大学, 新生研讨课是一门正规的课程. 除非有特殊说明, 否则新生是不需要有预备知识和提前准备的.

它强调讨论, 论文写作, 课堂表述, 而不是测验和考试. 同样, 普林斯顿为了新生的学习, 也为其开放图书资源, 希望通过这样, 将新生和世界连在一起. 启发新思想, 接触新领域, 新生研讨课向新生提供了检验自己想法, 向别人学习的机会.

这里新生研讨课主要形式是演讲. 新生研讨课“流体力学, 应用物理, 控制理论在机械与宇航工程的应用”就是以演讲形式展开的. 课堂上的讨论非常热烈, 往往使学生和老师错过了用餐时间, 并兼有其它多种多样的形式: 系列影片、客座演讲、博物之旅、野外远足. 形式多样, 又不偏离主题. Vanderlick 教授 1998 年来到普林斯顿, 在讲授流体力学专业的新生研讨课“奶油冰淇淋中的工程问题”时, 她针对奶油冰淇淋的非牛顿流特性, 鼓励新生亲自动手和观察, 以共同面对学科发展中的新问题、机遇与挑战. 新生对她的评价是: “教授开朗诚实, 平易近人, 学生非常愿意与她交流, 无论是课内还是课外. 她善于抓住中心用富有深度的语言来阐述问题, 每一个学生都能清晰地理解她的话”.

在普林斯顿, 人们认为以下 3 种能力是提高课堂讨论效率的关键: 提问的能力、团队合作精神和指导艺术. 普林斯顿新生研讨课的开展就是本着提高这三方面能力为目的, 通过它来引导学生在他所喜爱的主题下与教授和同学共同迎接富有新奇感和挑战性的新事物. 学生称赞它是普林斯顿所有课程中最令人着迷的, 并可与其他同学建立长久的合作关系和友谊.

4 加州大学及伯克利分校和圣地亚哥分校

对于机械工程系的学生, 1 学分的新生研讨课是一门必修课程, 成绩分为通过和不通过. 每年的春秋两季都开设新生研讨课, 课堂学时大约为 8~10 小时, 此外还有和导师约好的讨论时间. 虽然是新生研讨课, 有些课程可以招收大三、大四的学生.

新生研讨课——流体力学概论, 以演讲和讨论相结合形式进行. 课程内容涉及流体力学的基本原理及其应用、流体静力学、动量和能量守恒、管道内的不可压缩流、可压缩流中的激波、流体的混合等. 每周的活动之后学生都要有书面的总结, 还需要完成学期末的一篇论文.

加州大学的流体力学新生研讨课更加注重基础理论及其新兴热点领域, 下面的例子就可以很好地说明这一点. 新生研讨课“为什么鱼不是圆的, 高尔夫球不是光滑的?” 共讲授 5 次. 课程涉及一个常见的但是至今令人感兴趣的问题: 经过不同形状物体的绕流. 通过讲演、必要的阅读和流体实验影片, 新生将了解运动物体阻力的形成和分类, 以及层流和湍流等基本概念.

在伯克利分校, 实行新生和大二学生的研讨课, 完全本着学习要靠个人兴趣的原则, 它提供一个小范围的让学生和老师共同探索相互感兴趣的学术主题的机会. 通过研讨课, 学生一入学就感受伯克利活跃的学术气氛. 老师与一群聪明富有活力的新生交流使他们也收益颇多. 每学期大约会有 100

门研讨课, 包罗了众多领域. 只要课程允许, 学生最多可以选 3 门研讨课.

新生研讨课的内容涉及新兴领域和一些跨学科的东西. 学生被鼓励选择他们所喜欢的话题, 完全靠好奇心驱使去探索诱人的但不熟悉的领域. 有的研讨课是专为新生的, 有的是专为大二学生的, 还有的是都可以参加的. 研讨课要求学生准时出席和积极参与, 创造性的思考是一项很重要的素质, 而它只能通过不断动手和独立思考来培养. 充满热烈讨论的课堂才被认为是成功的, 每一个研讨课都足够小, 以保证老师和学生可以很好地相互交流.

伯克利分校的流体力学新生研讨课具有鲜明的特色: 着眼于生活, 更加注重应用. 比如新生研讨课“洗发香波和调味番茄酱中的流体力学”. 课程讨论洗发香波、调味番茄酱、制药粉末和油类回收发泡剂等生活中很常见的柔性物质的流体力学特性. 这些物质既可以像固体一样保持形状又可以像流体一样流动. 再比如新生研讨课“从神奇的雪花到老虎的纹理, 自然界如何创造出如此美妙的图案?” 讨论从沙波纹到水晶纹理, 从雪花到动物皮毛再到人类皮肤的图案, 它们

形成的必然性和随机性, 以及与混沌理论的关系. 课堂上除了常规的讨论之外, 还通过实验演示来验证图案是由简单的物理法则所控制的, 而且这些实验大都是新生可以在宿舍里独立完成的.

圣地亚哥分校的流体力学新生研讨课与伯克利分校相比更加侧重于工程应用. 比如新生研讨课“冲浪中的物理”讨论波的产生、传播和破坏, 关注与冲浪板和冲浪技术有关的流体力学问题, 期间至少包括一次的码头实地演示. 再比如: 新生研讨课“无人飞行器概论”围绕无人飞行器这一未来航空器发展趋势的气动外形和流体力学原理展开.

总之, 为了提升教育质量, 美国各著名高校在新生研讨课中投入了相当的人力和物力, 包括配备一流的师资力量, 为新生开放图书资源, 建立相关的管理组织. 不约而同地选择了宽松的课堂, 自由的讨论模式, 而且都没有正规的考试. 大多数学校每年两个学期开设研讨课, 而且都作为课程的正规部分. 经过半个多世纪的实践和无数学生的亲身参与, 包括流体力学在内的新生研讨课在大学本科教育中越发显现出它的勃勃生机.

虚拟云纹实验方法及应用

杜 华 谢惠民 刘战伟

(清华大学工程力学系, 北京 100084)

摘要 研究了虚拟云纹实验的原理. 特点是应用数字参考栅和数字试件栅干涉形成数字云纹. 讨论了相移技术在数字云纹中的应用, 并通过人机交互界面程序的编制, 将光栅完全数字化模拟, 输入力学参数即可直观地演示云纹图形, 并按照相移原理做出相应的实验数据自动处理, 由云纹图形计算应变场.

关键词 云纹, 数字光栅, 相移

在学习实验力学时, 很多人初次接触云纹法的概念, 在亲眼看到实验结果之前很难想象到变形时云纹的分布情况; 在一般的科学研究或教学环境下进行的实验往往受到实验条件、实验技术限制或由于安全问题、资金问题等原因而不方便进行. 于是有必要尝试将实验转入虚拟环境中进行, 目的是可以方便地演示云纹图形, 获得全面的数据, 并向学习者展示实验基本原理, 甚至可以比实际实验更容易观察和测量计算, 并且节省大量的人力、物力, 避免工作的盲目性和重复性. 同样本文也是为了实际需要, 辅助教学, 并有利于力学的普及教育, 突破力学教学的地域限制, 开发了此模拟软件. 它可以配合教师在理论教学的同时, 利用多媒体手段理论结合实际, 在没有条件或时间不允许的条件下, 形象、直

观、方便地将云纹图案及云纹法的应用展现在学生面前. 同时也可有效地配合实际实验, 预测未知的实验结果.

MATLAB 被广泛用来研究和解决各种具体的工程问题. 考虑到此软件的功能强大、开发周期短、应用前景广阔等优势, 选用它作开发平台.

1 数字化光栅

由云纹形成的原理我们想到, 在计算机中用两组黑白相间的条纹表示两块光栅 (用条纹灰度值反映投射光强), 相互叠加. 其中一组条纹间距固定, 相当于参考栅; 另一组间距可变, 相当于试件栅, 这样便可以实现光栅的数字化. 本文以单向拉伸为例, 对于复杂应力情况, 方法类似.

设变形时受力为 F , 弹性模量为 E , 横截面积为 A , 参考栅的频率为 f_r , 单位为线 / 像素, 节距 $p_r = 1/f_r$, 单位为像素; 试件栅初始参数与参考栅相同, 变形后节距变为 $p'_s = p_r \times \left(1 + \frac{F}{E \cdot A}\right)$. 为便于利用相移原理, 使用正弦函数表示数字栅的灰度分布. 表达式如下:

数字参考栅灰度分布函数

$$I_r(i, j) = 0.5 \times \sin(f_r \times j \times \pi) \quad (1)$$

其中 i, j 分别是以像素为基本单位的横、纵坐标, $I_r(i, j)$ 代