

doi:10.11835/j.issn.1005-2909.2016.02.014

以力学竞赛促进工程力学课程教学改革探讨

刘燕,杨少红,胡明勇,章向明

(海军工程大学理学院力学系,湖北武汉 430033)

摘要:以力学竞赛为契机,探讨工程力学课程教学改革新思路。通过优化课程例题教学内容,认真梳理课程中的典型例题,重视力学例题教学中力学建模能力的培养,在实现课程培养目标的同时,激发学生的学习兴趣。

关键词:工程力学;力学竞赛;教学改革;力学建模

中图分类号:G642.0

文献标志码:A

文章编号:1005-2909(2016)02-0057-04

参加各类力学竞赛,不仅能激发学生学习力学的兴趣,提高学生的力学建模和数学运算能力,而且对提高竞赛辅导教师的教学水平,促进工程力学课程教学有着积极的促进作用。笔者通过对近年来组织和辅导学生参加力学竞赛工作的总结与思考,研究工程力学课程教学改革的新思路,以期探索力学素质教育新途径,提升课程的教学质量。

一、以“建模问题”训练为抓手丰富例题教学

扎实的力学基础是学生取得好成绩的根本,更是学生走向工作岗位必备的工程素养。面对来自力学基础课时不断缩减^[1]的压力,如何在有限的课时内实现课程培养目标,打牢学生力学基础,是摆在每一位力学教育工作者面前的新课题。近年来,选拔参加力学竞赛的主要是大三的学生,这些学生已学习了工程力学、理论力学、材料力学等课程,但在参加力学竞赛培训时,仍然暴露出力学基础不扎实的问题,主要薄弱的环节有静力学摩擦部分、动力学普遍定理的综合应用、材料力学的强度理论及组合变形部分,而对于一些超出大纲的内容,如碰撞问题、能量法等,学生学习起来更为吃力。对于超出大纲的部分,可以采取专题讲解的方式,在课余以兴趣小组、讲座的方式进行补充。这里主要就大纲要求的摩擦、动力学普遍定理、强度理论及组合变形等部分内容展开分析。笔者认为,这些问题的存在暴露了课程教学中的一些问题,主要是“建模问题”训练不够多、不够扎实。这里的“建模问题”不是指教材上的例题和课后作业的普通题,而是结合工程和生活实际的“建模问题”,无给定的模型,需要学生自己提炼出力学模型,利用所学的知识解决问题^[2]。这样的“建模问题”训练,才能真正做到“授人以渔”,将学生从“给定的力学模型”思维中解脱出来,掌握解决实际问题的真本领。

收稿日期:2015-09-22

作者简介:刘燕(1972-),女,海军工程大学理学院力学系副教授,博士,主要从事工程力学研究,(E-mail)greerliu@126.com。

二、探索优化例题教学的策略

如何在课程中合理有效实施“建模问题”训练?工程力学、理论力学、材料力学课程讲授时,有大量的例题讲解、习题训练时间,优化例题教学环节,可以在不增加教学时数的前提下,给学生足够的力学建模训练,最大程度地激发学生的学习积极性。优

化例题教学的策略,可以从精选精讲普通题,满足基本训练要求;引导大量实践“建模问题”,提升训练层次;两类题在教学中相互融合等三方面进行探索。

(一) 精选精讲普通题

以动力学普遍定理的综合应用为例,首先仔细梳理这一部分课堂例题,精选出以下例题(见图1),

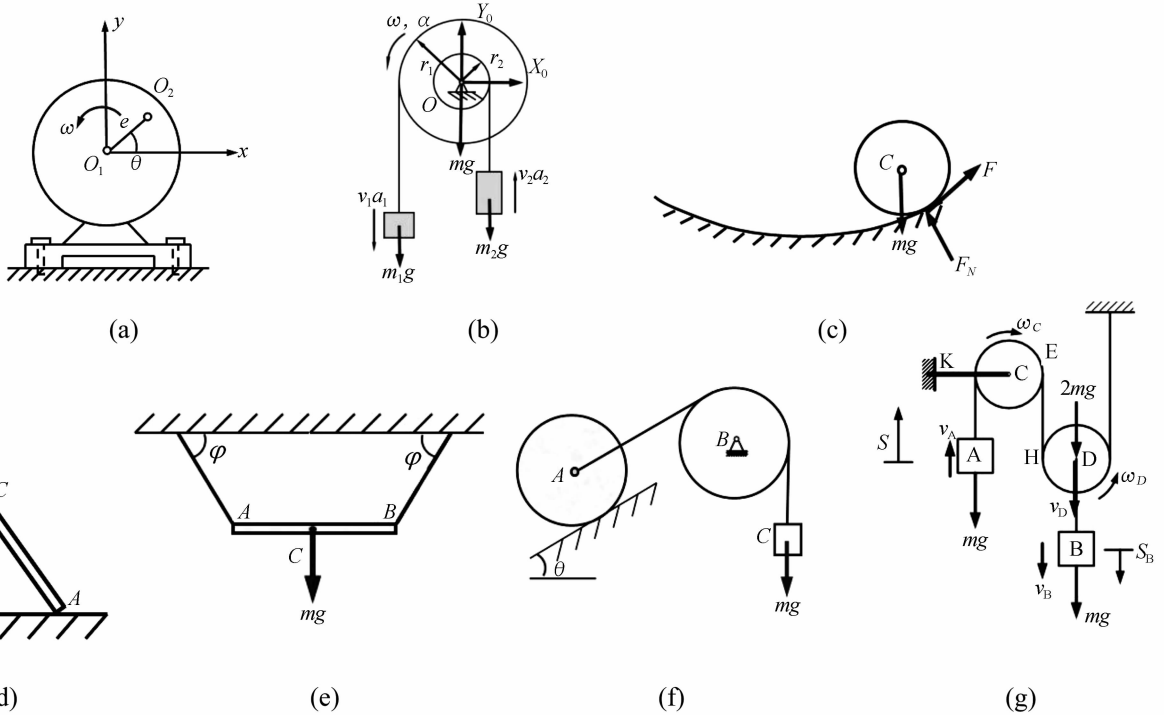


图1 动力学部分典型例题

这其中包括有运用动量定理求基础对电机的水平和铅垂的反力(图a);运用动量矩定理求鼓轮的角加速度和轴承反力(图b);运用刚体平面运动方程建立圆轮在圆弧轨道作纯滚动时轮心的运动方程(图c)和沿铅垂墙壁滑下的均质杆开始滑动瞬时,地面和墙壁对杆的约束反力(图d),B端绳断开瞬时A端绳的张力(图e);以及先对整体分析,用动能定理求加速度,再拆开利用动量、动量矩定理求力(图f、图g)。在精讲时,一是要讲清楚解题基本思路和基本步骤;二是要一题多解,比如运用质心运动方程求(图a)所示例题,运用定轴转动微分方程求(图b)所示例题;通过精选题的反复讲解,让学生掌握解决问题的规律,取得举一反三的效果,再配合课后训练,让学生达到基本训练的要求。

(二) 引导实践“建模问题”^[3]

下一步就是要在课堂中引导实践“建模问题”,这类题目的选择要掌握三个原则:一是,紧密结合生活与工程实际,激发学生的学习兴趣;二是,建模难度设置要合理,给学生解决问题的自信心;三是,问

题要有开放性,能提高学生的创新思维能力。以下是从力学竞赛辅导材料中精选出的几个“建模问题”^[3]。

1. 溜溜球从下落到转向,然后上爬过程中,力学模型的建立

如图2,溜溜球是很多学生都玩过的小玩具,非常适合做课堂演示。溜溜球的力学模型很简单,如图2b-d,木制或塑料的两个厚圆盘中间以短轴相连^[4],缠绕在短轴上的绳索一端与轴固定,另一端绕在手指上。松手后圆盘沿绳自由下落同时产生旋转,转速不断加快,在最低点处转速到达最大值。由于惯性作用,圆盘在另一侧沿绳向上滚动,转速渐缓,回到最高点时转速为零。通过引导学生建立正确的模型并分析下落和上爬过程中绳子的受力,特别是当悬挂溜溜球的细绳完全展开后,球不再往下走,按原来的旋转方向上爬的“转向”过程的受力,有利于提高学生运用相对质心的动量矩定理解决实际问题的能力。

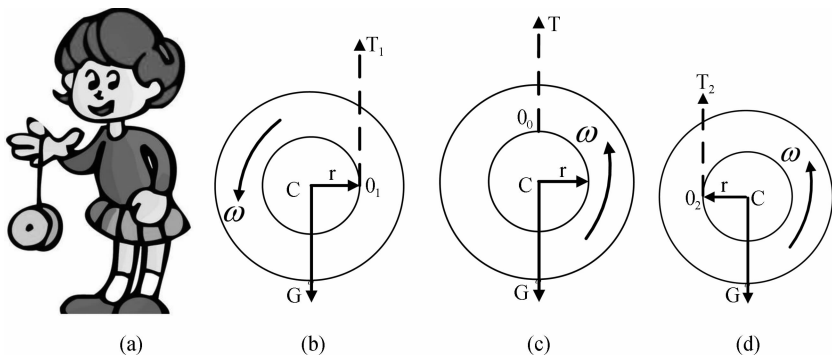


图2 溜溜球模型分析

2. 两轮电动车力学模型的建立

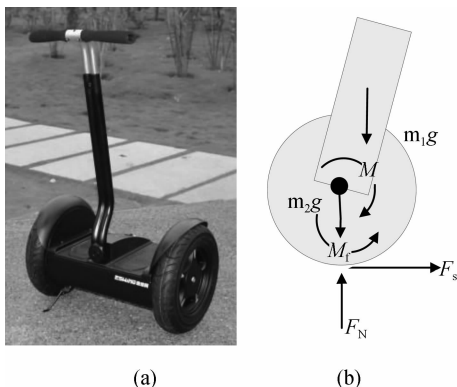


图3 两轮电动车模型分析

如图3^[3-4],两轮电动车与普通自行车、电动车轮子前后排列的形式不同,两轮并排固定。通过站在上面的人的重心改变来实现车辆的操作。建立两轮电动车的力学模型如图3b,这实际上相当于一个倒立摆。倒立摆的稳定性控制是现代科技研究的一个重要方向。要实现倒立摆的稳定性控制,首先需要对结构的受力作出正确分析,这其中包括人和车杆组成部分的重力 m_1g ,车轮和底座组成部分的重力 m_2g ,电机作用的驱动力矩 M ,地面支撑力 N ,摩擦力 F_s ,滚动摩阻 M_f ;然后利用动量矩定理,写出结构在静止和运动时的稳定性控制方程;求解稳定性方程,得到驱动力矩 M 的稳态值。这一问题训练了学生的受力分析能力和动力学综合定理的运用能力,且由于稳定性控制方程求解比较复杂,对学生的数学能力提高也起到了很好的促进作用。

3. 自行车的力学问题

中国素有“自行车王国”之称,大部分学生将自行车作为自己的交通工具。如图4,自行车启动时,人用力蹬脚踏板,使后轮与地面的接触点有向后运动的趋势,地面对后轮的静摩擦力 F_1 方向向前,它提供了自行车前进的动力。根据学生的骑行经验,可以启发学生思考在什么条件下自行车更容易起

动?当自行车作匀速直线运动时,用前脚掌蹬车时感觉比后脚跟蹬车时费力的原因?转弯急刹时为什么会出现打横现象?在行驶时怎样才能保持平衡?两个轮子支起来的自行车,在行驶时怎样才能保持平衡?自行车的稳定性问题,直到现在都很难说已经解决了。这样一个开放性问题,极易引起学生的兴趣。在竞赛培训中,有学生因对此感兴趣,结合学校开展的机械创新设计大赛,研究了“可以爬楼的”自行车。

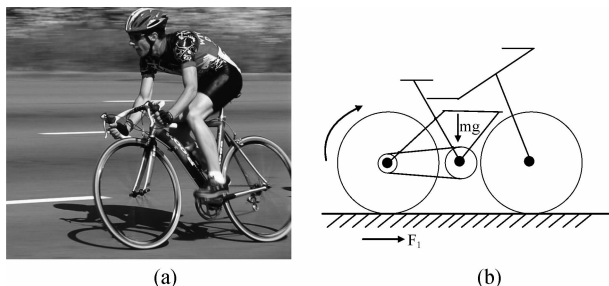


图4 自行车模型分析

4. 舰船姿态控制的动力学分析

结合学校的办学定位,对于军校的学生,在授课过程中以实际装备问题为案例更容易引起学生的学习兴趣。比如在海上航行的军舰,如图5具有6个自由度,其中3个平动分量分别对应的是船的纵荡 x 、横荡 y 、和垂荡 z ;3个转动分量分别对应横摇 φ 、纵摇 θ 和首摇 ψ 。根据舰船的任务要求^[5],对舰船运动姿态的稳定性也提出了相应的要求,要控制舰船的运动姿态,需要对舰船进行动力学分析,包括舰船在航行过程中舵和减摇鳍产生的升力、螺旋桨产生的推进力以及船在静水中航行时船壳受到的水动力等。虽然受力分析比较复杂,但由于学生对舰船知识感兴趣,这些问题也与他们的专业知识密切相关,因此学生都有浓厚的兴趣参与,通过问题的建模与分析,一方面提高了学生的力学分析能力,另一方面也促进了对相关专业知识的消化吸收。



图5 舰船模型分析

此外,给这些建模问题配上精美的图片和文字说明,很容易激发学生的共鸣^[6]。今后在教学中可沿此思路进一步拓展、创新,以丰富教学案例,提高学生的参与度与积极性,达到教学相长的目的。

(三) 两类题在教学中的融合

要在有限的时间内提高教学效率,就必须有效地利用例题,特别是不要将以上提到的普通题与“建模问题”孤立,而是在教学中将二者“自然而然”地融合,带给学生轻松愉快的学习体验。

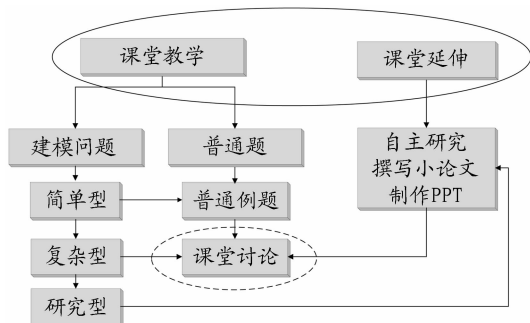


图6 教学中建模问题与普通题的融合

为了更好地将二者融合,首先将“建模问题”进行分类,第一类是简单型建模问题,这类问题力学模型简单,可以直接用于例题教学,比如前面所讲的溜溜球问题,课堂上对学生稍作引导,即可建立出力学模型,生成动力学普遍定理运用的典型例题,再在课堂上详细讲解。第二类是复杂型建模问题,比如前

面所讲的两轮电动车问题,力学模型建立比较复杂,这类问题可以由教师做好PPT,简化建模过程,直接略去部分复杂的公式计算,主要对建立的控制方程进行课堂讨论。第三类是研究型建模问题,比如自行车的力学问题、舰船姿态控制问题,可以设计20~30道开放问题^[7],在开学初以研究型小论文的要求提出,让学生自主研究,撰写成小论文,并制作PPT在课堂分享,同时鼓励学生发表论文。

三、结语

以力学竞赛为契机,优化力学课程例题教学,抓好普通题的基本训练和大量“建模问题”的实践,将这两类问题自然有效地融合在课堂教学中,是工程力学教学改革的新思路。认真梳理课程中的典型例题,同时在课堂中大量引入“建模问题”,对教师的能力水平和工作责任心提出了极大的挑战,教师必须在教学上花大力气,下苦功夫,精心备课,认真授课,才能把工程力学课程教学引向深入,切实提高课堂教学质量。

参考文献:

- [1] 李道奎,李东,黄海兵,等.以力学竞赛促进基础力学教改的创新与实践[J].力学与实践,2011(33):80-81.
- [2] 张吉桥.全国周培源大学生力学竞赛及力学教学的思考[J].科教文汇,2012(01):115-116.
- [3] 刘章军,熊敏,叶永,著.大学生力学竞赛与建模[M].中国水利水电出版社,2012.
- [4] 刘廷柱.趣味刚体动力学[M].高等教育出版社,2008.
- [5] 高翔.舰船动力学分析与姿态稳定控制研究[D].上海:上海交通大学,2005.
- [6] 王艺霖,袁艺.工程力学课程生活背景实例教学法探讨[J].高等建筑教育,2013,22(6):60-63.
- [7] 叶红玲,刘赵森,李晓阳.理论力学课程研究型教学模式的探索与实践[J].力学与实践,2015(37):440-443.

Using mechanics competition to promote engineering mechanics teaching reform

LIU Yan, YANG Shaohong, HU Mingyong, ZHANG Xiangming

(College of Arts and Science, Naval University of Engineering, Wuhan 430033, P. R. China)

Abstract: Taking the mechanics competition as an opportunity, we investigated new ideas of engineering mechanics teaching reform. We optimized teaching examples, carefully combed typical course examples, and focused on cultivating students' ability of mechanics modeling to achieve the training goal of the course and stimulate students' learning interest.

Keywords: engineering mechanics; mechanics competition; teaching reform; mechanical modeling