

以物理建模为导向的大学物理应用型课外作业设计

盖双旗

(梧州学院电信学院, 广西 梧州 543002)

摘 要 围绕大学物理课程的本质培养目标, 在分析大学物理课外作业现存问题的基础上, 依据物理学研究过程, 文章提出以物理建模为导向的大学物理应用型课外作业应达到的训练目标和设计思路。文章提出从教学实践中总结出从科教节目中设计课外作业、从物理演示实验中设计课外作业、从生活实际中设计课外作业、从科学技术应用中设计课外作业等 4 种设计方式, 以及从教师布置、学生完成、作业评价等方面的操作原则, 并指出教师在课堂教学、课程考核、思政教育等方面需做的相应改变。

关键词 大学物理; 物理建模; 应用型; 课外作业

DESIGN OF COLLEGE PHYSICS APPLIED HOMEWORK BASED ON PHYSICAL MODELING

GAI Shuangqi

(School of Electronics and Information Engineering, Wuzhou College, Wuzhou, Guangxi 543002)

Abstract Focusing on the essential training objective of college physics course, based on the analysis of the existing problems of college physics extracurricular homework, and according to the process of physics research, this paper puts forward the training objective and design thought that should be achieved in college physics applied extracurricular homework guided by physics modeling. From the teaching practice, four kinds of design methods are summarized, including the design of extracurricular homework in science and education programs, the design of extracurricular homework in physics demonstration experiments, the design of extracurricular homework in real life and the design of extracurricular homework in science and technology applications. The operating principles are put forward from the aspects of teachers' arrangement, students' completion and homework evaluation. At last, the changes needed by the teachers in the classroom teaching, curriculum assessment, ideological and political education, and other aspects are pointed out.

Key words college physics; physical modeling; applied type; homework

大学物理课程本质是要培养和提高学生的科学素质、科学思维方法和科学世界观, 为学生日后的终身学习和发展奠定基础。归根结底, 就是两面的能力: 从科学观看待考虑问题, 从方法论分析处理问题。对非物理专业的学生来说, 掌握物理方法和物理学思想比记住物理学理论知识具有

更为重要的价值和意义, 它不仅有助于学生日后专业知识的学习, 更有助于学生终身学习能力的培养和创新素质的发展^[1]。为达成以上培养目标, 现时关于大学物理课堂教学模式的研究很多, 如“案例教学法”“混合教学法”“同伴教学法”“阶梯教学法”等, 但在辅助课堂教学的课外作业方面

收稿日期: 2021-06-02; 修回日期: 2021-06-08

基金项目: 教育部第二批新工科研究与实践项目(E-DZYQ20201426), 梧州学院教改工程项目(Wyjg2019B010)。

作者简介: 盖双旗, 男, 副教授, 主要从事物理教学科研工作, 研究方向为太阳能应用。450765887@qq.com。

引文格式: 盖双旗. 以物理建模为导向的大学物理应用型课外作业设计[J]. 物理与工程, 2022, 32(2): 84-87, 98.

Cite this article: GAI S Q. Design of college physics applied homework based on physical modeling[J]. Physics and Engineering, 2022, 32(2): 84-87, 98. (in Chinese)

的研究和改革却较少。

1 课外作业现存的一些问题

目前,国内通行的大学物理教材在课后配套习题上存在着一些共性的问题:

1) 课后习题给很多学生的第一感觉就是加入了高等数学的运算,其中关于物理学的研究过程、物理学方法等更为本质的内核没有得到直接体现。

2) 课后习题的设置过于理论化,内容发散空间小,与学生遇到的生活实践应用和科学技术之间严重脱节,学生往往注重寻找公式和代入数据,造成学生对实际问题处理常感到无从着手。

3) 课后习题中的“答案-判断-反馈”机制基本没有,学生就算得出了答案也难以依据自己的常识和逻辑去对答案的合理性进行判断。

对于许多学生来说,大学物理内容繁杂,课外作业形式单一,学生会越来越没有耐心和兴趣来完成教师布置的课外作业,也导致为了应付交作业而盲目抄袭的现象非常普遍^[2]。

2 课外作业的设计思路和设计方式

一个完整的物理学研究过程包括:发现问题—建立物理模型—分析问题—推导结论—验证结论。可见,过程的前两步“发现问题”和“建立物理模型”在大学物理教材课后习题中一般都已直接给出,这也是学生觉得课后习题和实际脱节的直接原因。同时因为过程前两步直接给出后,第三步“分析问题”被大大弱化了,虽然大学物理教材的很多例题中都附有一大段的理论分析过程,但学生往往不太在意,因为他们觉得直接选择正确的公式进行计算就行了,何必这么麻烦去进行分析。这些内容训练方面的缺失是造成学生难以处理实际问题的主要原因。

针对以上情况,教师可设计布置一些以物理建模为导向的大学物理应用型课外作业作为现时作业的补充,把作业的重点训练目标放在物理学研究过程的前三步:能依据实际问题建立物理模型和设定理想化条件,能运用物理理论分析问题。经过数年教学实践和学生作业反馈,总结出了以下几种以物理建模为导向的大学物理应用型课外作业设计方式以供参考。在设计该类型课外作业时教师可以充分收集相关资料(特别是实验视频

或演示视频资料),依据课程的主要教学内容,结合自己的教学个人特色和所长,并根据学生的实际学习情况和学习水平对作业的具体要求进行适当的修改或补充。

2.1 从科教节目中设计课外作业

很多科教节目在内容选择上有惊奇之处,画面制作精良,实践验证完善,对学生在感官上和理解上起到很好的辅助作用,这是一种较简便的课外作业设计方式,教师要做的就是日常注意收集好相关素材。

作业示例:在一档科学探索节目中,主持人说:“某车以 100 公里/小时速度撞上硬墙,与车型相同的两车各以 50 公里/小时速度迎头相撞损坏情况一样。”但有观众指出:“车型相同的两车各以 50 公里/小时速度迎头相撞的损坏情况,应该是和该型车以 50 公里/小时速度撞上硬墙一样。”试分析以上说法哪个正确?画出相关示意图,并写明你的理论分析过程。

物理建模过程为:①车与硬墙碰撞、两车迎头相撞均视为完全非弹性碰撞,碰撞后连在一起;②硬墙在撞击中视为不变形、不受损;③碰撞损失的能量全部被车变形吸收。分析计算过程为:在地面上建立一维坐标轴,依据动量守恒定理算出两次碰撞后车的速度,依据车辆碰撞前后动能差算出两次碰撞中的动能损失,车辆吸收的动能和车辆变形成正比。

2.2 从物理演示实验中设计课外作业

物理演示实验是物理教学的一个必不可少的辅助环节,往往教师只是用在课前引入或证实推论,但一些演示实验具有的丰富内涵完全可以设计成为课外作业,还可起到用实验演示结果直接形象地检验作业答案的效果。

作业示例:已知某范式起电机(如图 1 所示)上端金属球面半径为 10cm,干燥空气击穿场强为 $3 \times 10^6 \text{ V/m}$ 。随着起电机运行,球面带的静电电荷会逐渐增加,当球面带电量增加到一定时,球面附近的电场强度达到空气的击穿场强后会电离空气形成放电,此时球面带电量达到最大值,电势达到最高。求:①理论上该球面最大带电量 and 球面最高电势为多少?②某人设计了一个静电场电压实验,将一根 1m 长的日光灯管沿径向放置在起电机旁边,近端距离起电机球心为 1m,远端距离起电机球心为 2m,试计算日光灯两端的电压,判断日光灯管能否发光?

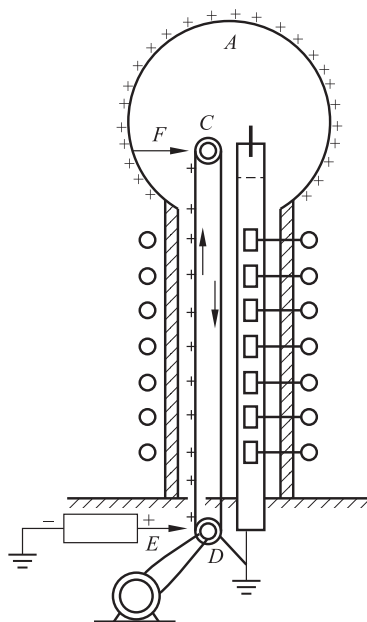


图1 范式起电机作业附图

物理建模过程为:①起电机上端金属球视为均匀带电球面;②金属球带电量视为最大带电量,并保持不变。分析计算过程为:依据均匀带电球面的高斯定理算出球面外的电场强度分布,代入球面半径算出球面附近的电场强度关系,代入击穿场强算出起电机球面的最大带电量,依据电势积分式算出起电机球面的最大电势,依据电势差积分式算出日光灯两端电压。

2.3 从生活实际中设计课外作业

从和生活联系紧密的日常所见所闻中寻找问题是学生比较感兴趣的一种课外作业设计方式。教师可多参考一些国外教材的课后习题和课前问题,从中选择和设计出符合自己教学要求的课外作业。

作业示例:飞跃摩天轮是美国的一个马戏节目表演,一根炮管3m长的大炮把一名演员以25m/s速度打出,演员在空中要飞跃3个相距10m、高18m的摩天轮,最后落在气垫上。试画出节目设计示意图,并计算出示意图中的各项相关数值,如大炮的倾角、大炮和气垫距离摩天轮的距离等^[3]。

物理建模过程为:①忽略空气阻力,演员视为质点,演员在空中做斜抛运动;②为达到马戏表演的要求,演员要擦着摩天轮飞过;③大炮和气垫相对摩天轮对称放置。分析计算过程为:在地面上建立二维直角坐标系,依据运动学关系列出水平方向和竖直方向的运动学方程,代入飞跃第一个和第三个摩天轮的水平坐标和竖直坐标列出运动

学方程组,求解方程组算出大炮的倾角、大炮和气垫距离摩天轮的距离。

2.4 从科学技术应用中设计课外习题

学生总感觉大学物理知识和近代科技发展联系不够,那么教师可以从一些科技发展应用中设计课外作业,让学生运用所学的大学物理知识理论做出初步分析和研究,充分认识到物理学基础的重要性。

作业示例:电磁轨道炮的工作原理如图2所示:射弹位于两条平行的导电宽轨道之间,一电流源发送的大电流沿两条导体轨道流动,流过两轨道之间的射弹,射弹在通电导轨产生的磁场中受到安培力作用。若已知两导电轨道宽为6.7cm,两轨道间距离 $d=12\text{mm}$,导电轨道长 $L=4\text{m}$,射弹质量 $m=10\text{g}$ 。试画出分析示意图,并估算射弹从静止加速到 $v=3000\text{m/s}$ 所需要的电流为多大?

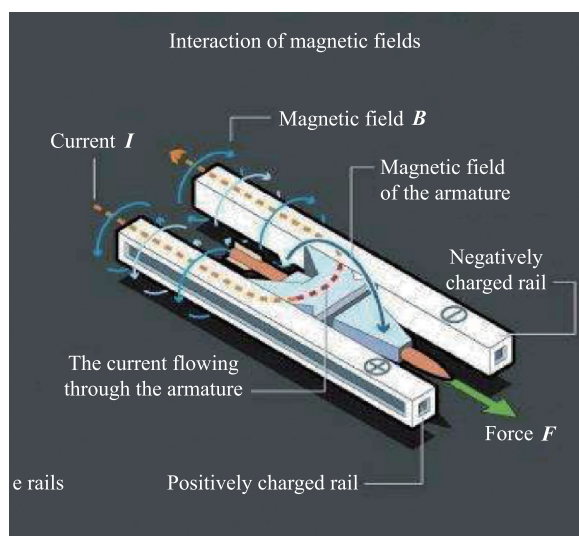


图2 电磁轨道炮作业附图

物理建模过程为:①可近似认为两条导体轨道为圆柱型导线,射弹为一直导线;②设在射弹滑动过程中电流保持不变,导轨和射弹相比视为半无限长。分析计算过程为:依据圆柱形载流导线的安培环路定理算出两条圆柱型导线在中间区域产生非匀强磁场分布,依据非匀强磁场中直导线的安培力算出射弹的受力,依据变力的动能定理算出工作电流。

为达到训练目标,在教师布置、学生完成、作业评价中要注意以下操作原则。

(1) 作业内容的选取:应选取那些能反映大学物理课程各章节的主要理论知识,和科技生活联系紧密,有一定趣味性和应用价值,研究有一定层次,

且难易适中的内容。同时注意布置的作业不能让学生在网上一搜得到标准答案,因此作业内容最好由任课教师根据自己的授课特色自行设计。

(2) 完成作业的要求:作业可在课程每个大章后布置一次,要留给学生足够的时间,让他们在消化完所学知识理论的基础上,可以主动地、多方式地去探索教师布置作业的解答。另一方面,作业不一定要求学生单独完成,可鼓励和其他同学多进行讨论交流,得出一个大家比较认可的答案,最后可上交一份共同作业^[4]。

(3) 作业的评价:作业答案的正确与否只是一项次要评价指标,而在解答过程中学生表现出来的物理学思维方式,物理学知识理论的应用,分析问题和解决问题的方法才是主要的。为避免学生间的抄袭,教师可在课堂讲评作业时有目的的选取一些学生上去讲解自己的解答思路和解答过程,并由教师和学生进行提问和评论^[5-6]。

3 实践反思

学生一开始也不是全然能顺利接受这种作业的形式,但总体上从学生对待作业的兴趣、查找资料的态度、作业的书写表达和完成情况以及学生在作业中表现出的不同思考方式和不同处理方法来看,还是达到了良好的效果和锻炼的目的。在进一步的教学实践中发现,仅仅依靠教师布置,课外学生自行完成,教师再进行讲评这种形式是远远不够的,教师还必须在课堂教学、课程考核、思政教育方面进行相应的改变。

(1) 由于这种课后作业综合程度较高,应用实践较强,有一定难度。教师最好能在课堂上先讲解类似的系统化例题,将其中运用的知识理论一一对应,将研究内容层层深入。如针对“范式起电机”课外作业,在静电场部分教学中,教师在课堂上结合教学内容设计了配套的系统化例题:①库仑力应用例题——有人提出为抵消地球和月球间的万有引力,可让地球和月球带上同种电荷产生的库仑斥力来实现,求地球须带电量为多大时才能达到以上效果? ②高斯定理应用例题——已知地球表面平均电场强度为 120V/m ,求地球所带电量为多大? 已知空气的击穿场强为 $3 \times 10^6\text{V/m}$,求地球的最大带电量为多大? ③电势应用例题——已知地球表面平均电场强度为 120V/m ,求地球的电势为多高(以无穷远为电势零点)? 地球表面上 2m 高的物体两端电压是多少?

教师在这些例题的讲解中要特别注重对“发现问题—建立物理模型—分析问题”这三部分的教学引导和学习指导,加深学生印象,培养学生思维分析能力。

(2) 大学物理课程要考查的不是学生的记忆能力,而是运用知识理论分析解决问题的能力,因此课程考试的题目类型要和以上所述的课堂教学例题、课后作业挂钩。如碰撞的考试题目(如图3所示)可设计为:在水平地面上质量、速度不同的两车发生非弹性碰撞,试分析哪种情况下车辆碰撞后会停下,哪种情况碰撞造成的危险性最大^[7]。可见该题在布置的课外作业基础上主要考查的还是学生的物理建模、设定条件、分析问题、归纳问题的能力,题中运用到的物理基础理论并不艰深。

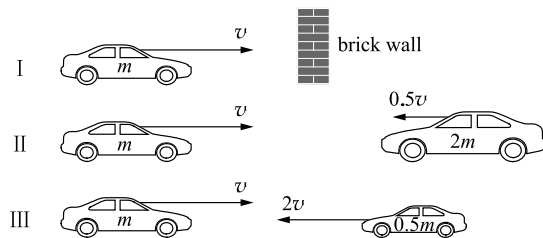


图3 车辆碰撞考试试题附图

(3) 大学物理作为理工专业通识课程,教师布置的上述课后作业最好能让学生在完成的过程中在科学观、世界观上学有所感,学有所思。如“飞跃摩天轮作业”——好的模型是成功的基础;如“车辆碰撞作业”——能量是事物的根本;如“范式起电机作业”——静电电量少、电势高;“电磁炮作业”——高尖端的科技其实不难理解等。

参考文献

- [1] 付丽萍. 试论大学物理课程的基础性价值[J]. 漳州师范学院学报(自然科学版), 2009, 22(4): 161-163.
FU L P. On the fundamental value of college physics curriculum[J]. Journal of Zhangzhou Normal University (Nat Sci), 2009, 22(4): 161-163. (in Chinese)
- [2] 赵言诚, 孙秋华, 姜海丽. 自主设计作业模式在大学物理教学中的应用[J]. 高教学刊, 2016(5): 63-64.
ZHAO Y C, Sun Q H, JIANG H L. Application of self-designed task mode in college physics teaching[J]. Journal of Higher Education, 2016(5): 63-64. (in Chinese)
- [3] 哈立德, 瑞斯尼克, 沃克. 物理学基础[M]. 北京: 机械工业出版社, 2014.
- [4] 何钰, 李秀梅, 曾勇. 大学物理作业手段的改革与实践[J]. 中国大学教学, 2010(3): 59.

(下转第98页)

在该二维场分布中取一起点坐标为(0, 0.0237)和终点坐标为(0.146, 0.0237)的截线, 画出模拟和实验的 $|E_y|$ 分布[图 9(c)]。对比可得, 数值模拟所得的 $|E_y|$ 不会发生明显的衰减, 而实验所得的 $|E_y|$ 发生明显的衰减。为了分析实验测量所得 $|E_y|$ 与模拟与理论结果的偏差, 我们对所得扫场结果进行傅里叶变换分析[图 9(d)]。傅里叶变换所得频谱图均存在两个峰, 分别对应波矢 $k_1 \approx 87.27$ 和波矢 $k_2 \approx -87.27$ 。这也就是说 E_y 是由传播方向一正一负的电磁波叠加而成, 其中 k_1 是沿 X 方向传播的入射波, k_2 是沿 $-X$ 方向传播的反射波。而且, 反射波的振幅(能量)比入射波要低。

为了使模拟仿真结果与实验结果更加吻合, 我们将模拟中的出口端的边界条件改为散射性边界条件, 而其他模拟设置不变。我们选取 5.66GHz 频率下的结果进行对比(图 10)。需要注意的是以下所得结论对所有实验测量频率结果均成立。很明显, 在模拟中, 将出射的端口边界条件改成散射性边界条件后, 所得 $|E_y|$ 也发生震荡[见图 10(a)], 这与实验测量结果吻合[见图 10(b)]。通过定量分析[见图 10(c)], 我们发现实验测量的电场幅值

随着传播路径的增加会发生衰减, 这是因为在实际实验中, 出射端口有向空气的辐射通道, 因此波导内能量减小, 电场振幅减小。

4 总结

本文将模拟仿真和实验测量结合, 研究了矩形金属波导内的 TE_{10} 波模, 并分析了模拟与实验结果差异存在的原因。同时改进了模拟的条件, 将实验与模拟进行比较, 直到符合预期结果。若想要进一步提升实验精确度, 可以增加矩形金属波导沿 Z 方向的长度, 以及进一步减少波导和扫场平台之间的空隙。实验测量结果形象地反应了本征模式的电磁场分布, 有助于学生对矩形金属波导模式特点的整体理解和掌握。

参 考 文 献

- [1] 郭硕鸿, 黄迺本, 李志兵. 电动力学[M]. 北京: 人民教育出版社, 1979.
- [2] 赵建林. 高等光学[M]. 北京: 国防工业出版社, 2002.
- [3] LINBOU NEARFIELD: NFS02.

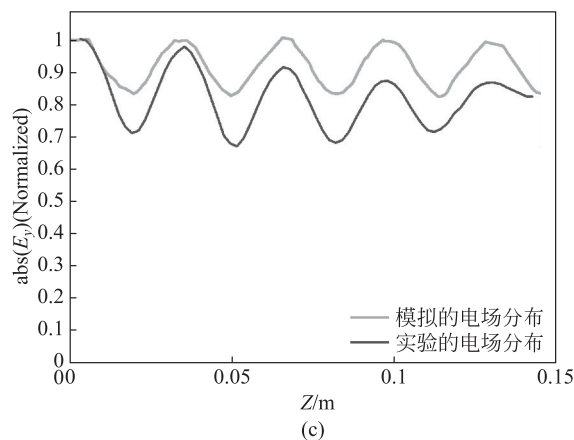
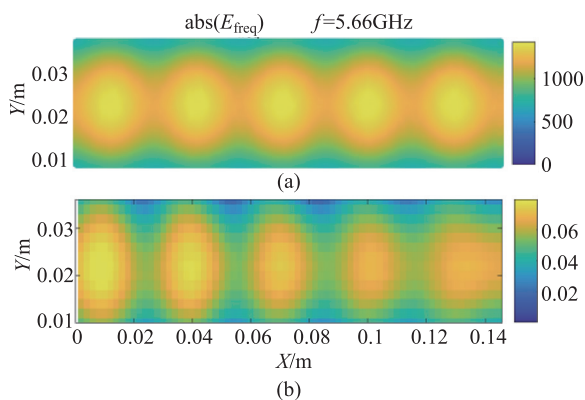


图 10 散射性边界条件下的数值模拟和实验测量的 $|E_y|$ 分布

(a, b) 数值模拟和实验测量的 $|E_y|$ 分布; (c) 数值模拟和实验测量的 $|E_y|$ 分布曲线图对比

(上接第 87 页)

HE Y, LI X M, ZENG Y. Research on the method of physical operation in university[J]. Teaching in Universities in China, 2010(3): 59. (in Chinese)

- [5] 赵云芳, 袁博, 罗积军, 等. 同伴教学法在大学物理实验中的应用[J]. 物理与工程, 2016, 26(S1): 238-240.

ZHAO Y F, YUAN B, LUO J J, et al. The Application of peer instruction in the university physics experiment[J]. Physics and Engineering, 2016, 26(S1): 238-240. (in Chinese)

- [6] 张萍, 涂清云, 齐薇等. 基于同伴教学法的多元化评价模式研究——以大学物理课程为例[J]. 中国大学教学, 2013, (9): 60-62.

ZHANG P, TU Q Y, QI W, et al. Research on peer teaching method based on multiple evaluation model[J]. Teaching in Universities in China, 2013, (9): 60-62. (in Chinese)

- [7] 马祖尔 A. 同伴教学法——大学物理教学指南[M]. 张萍, 译. 北京: 机械工业出版社, 2011.