

基于混合式教学模式的“大学物理”教学设计 ——以“振动”为例

谢 东 樊代和 王 辉

(西南交通大学物理科学与技术学院, 四川 成都 610031)

摘 要 线上线下相结合的混合式教学已成为教学研究和实践的新形态。如何开展混合式教学没有统一的模式,但已有统一的目标,那就是要有效提升学生的学习深度。本文以“大学物理”课程中的“振动”为例,介绍一种基于线上线下混合式教学的“大学物理”课程教学设计,该设计充分体现“以学生为中心,以教师为主导”的教学理念,其间融入课程思政元素,并结合案例化教学、数字化教学有效促进学生的深层次学习,实现对学生知识、能力、思维的全面培养。

关键词 大学物理; 线上线下混合式教学; 案例化教学; 数字化教学

TEACHING DESIGN OF “UNIVERSITY PHYSICS” BASED ON HYBRID TEACHING MODEL —TAKING “VIBRATION” AS AN EXAMPLE

XIE Dong FAN Daihe WANG Hui

(School of Physical Science and Technology, Southwest Jiaotong University, Chengdu, Sichuan 610031)

Abstract The hybrid teaching mode combining online and offline has become a new form of teaching research and practice. There is no unified model for how to perform hybrid teaching, but there is a unified goal, which is to effectively improve the students' in-depth learning. Taking “vibration” in the “University Physics” course as an example, this paper introduces a teaching design of “University Physics” course based on online and offline blended teaching, which fully reflects the teaching concept of “student-centered, teacher-led”. The teaching design integrates curriculum ideology and politics elements, and combines case-based teaching and digital simulation teaching to effectively promote students' in-depth learning, and achieve a comprehensive training of students' knowledge, ability and thinking.

Key words university physics; hybrid teaching mode; case-based teaching; digital teaching

“大学物理”是理工科非物理专业学生的一门公共必修课。“大学物理”课程内容多,且理论严密、逻辑性强。传统的课堂教学中,学生一旦对某个问题没有听懂,可能整堂课就不能再跟上老师

收稿日期: 2022-05-09

基金项目: 教育部高等学校教学研究立项项目(编号 DWJZW202141xn, DJZW202036xn), 西南交通大学本科教育教学研究与改革项目(编号 20201036, 2103135), 四川省高等教育人才培养质量和教学改革项目(JG2021-246)。

作者简介: 谢东,男,教授,主要从事基础物理课程教学和功能薄膜材料的制备及应用相关的科学研究, xiedong@swjtu.edu.cn。

引文格式: 谢东,樊代和,王辉. 基于混合式教学模式的“大学物理”教学设计——以“振动”为例[J]. 物理与工程, 2022, 32(5): 71-75.

Cite this article: XIE D, FAN D H, WANG H. Teaching design of “university physics” based on hybrid teaching model—Taking “vibration” as an example[J]. Physics and Engineering, 2022, 32(6): 71-75. (in Chinese)

的节奏。而老师在课堂上花费大量的时间去讲理论知识,也就没有时间对学生的物理思维进行训练和指导。此外,传统课堂教学中,只能对一些线性的、理想化的模型进行求解,对一些非线性、没有解析解的实际工程问题或者复杂物理问题,则往往一带而过。使得学生对“大学物理”课程与自身专业间的联系认识不足^[1]。如何提高学生的学习效率,如何将老师从繁重的不断重复的理论知识讲解任务中解放出来,对学生开展针对性的物理思维训练,提高学生分析解决问题的能力,使得学生的知识、能力、思维全面发展是当前“大学物理”教学改革要解决的重点问题之一。

线上线下混合式教学因其兼具“线上”和“线下”两种教学的优势近年来正成为教学研究和实践的新形态^[2]。据统计目前我国高校有近70%的教师在开展不同程度的混合式教学^[3]。关于混合式教学改革,目前还没有统一的模式,但是已有统一目标,那就是要充分发挥“线上”和“线下”两种教学的优势,改造我们传统的教学,促进学生的深层次学习^[4-5]。要实现这一目标,本文认为关键在于线上线下教学内容的选取、学时的合理分配、以及线上和线下教学内容的有效衔接这几个方面。

自2020年秋季学期开始,我们制定了“大学物理”线上线下混合式教学大纲,明确了线上学什么,线下讲什么,线上线下怎么结合,并在此基础上开展教学实践探索。线上主要要求学生利用课程网站(我们利用超星平台自建的网上课程)开展物理知识的自主学习,线下要求教师通过研讨式教学、案例化教学、数字式教学,对学生物理知识综合运用能力、物理思维能力、分析解决问题的能力进行指导和训练。通过线上线下结合,实现对学生知识、能力、思维的全面培养。下面我们以“大学物理”课程中“振动”这一部分为例介绍我们在“大学物理”混合式教学中的理念和实践方式。

1 学情分析

振动是普遍存在的运动形式,它的主要特点是运动具有周期性。这个特点也带来了它在运动规律和研究方法上的特殊性,比如用余旋或者正旋形式的函数描写振动方程,引入“相位”、旋转矢量描述运动状态等。学生在学这一部分内容之

前,已经学习了质点力学、刚体力学内容,但是有关描述周期性运动的特别方法和概念还是没有建立起来的。

振动在交通、机械、运输、建筑、无线电等工程技域都有广泛的应用,学生要将课堂里从理想模型(比如弹簧振子)获得的理论知识,分析实际工程领域里物理问题估计还会比较困难。考虑有阻尼、外界驱动力等情况下的振动,其动力学微分方程不再是线性、齐次微分方程,没有解析解,或者求解析解极其复杂且抽象,这对学生理解阻尼振动、受迫振动的特征和规律带来困难。

2 教学总体设计

学生通过课程网站上的资源学习振动相关的基本知识,然后回到课堂。在课堂上教师首先对学生网上学习效果进行检查和总结,然后引入与振动相关的实际案例(火车危险速度与轨长关系)进行讨论,通过研讨式教学,培养学生物理知识的综合运用能力和物理思维方法。

本课程还介绍了利用有限元软件(Comsol)^[6]对微分方程进行数值求解的方法,通过数值解帮助学生理解阻尼振动、受迫振动的运动规律。课程总计90分钟。

3 教学目标

(1) 掌握简谐振动的概念和描述简谐振动的特征量的意义。

(2) 掌握简谐振动的动力学特征与能量特征。

(3) 能用振动的理论知识分析实际工程中的相关物理现象。

(4) 了解阻尼振动、受迫振动的动力学特征,能用有限元软件对阻尼振动、受迫振动的动力学微分方程进行数值求解,并在此基础上分析阻尼振动、受迫振动的运动规律,以及共振发生的条件。

4 教学重点

(1) 简谐振动的概念和描述简谐振动特征量(振幅、周期、初相)的意义;

(2) 研讨火车运动中的振动问题,导出火车危险速率的定义;讨论火车危险速率与轨道长度的关系;

(3) 学习 Comsol 软件,利用全局常微分和微分代数模块(ge)对阻尼振动、受迫振动的动力学微分方程进行数值求解,研究阻尼振动、受迫振动的运动规律。

5 教学难点

(1) 将实际问题转换为用理想模型描述的问题;

(2) 用物理模型描述的理论知识分析实际问题中的物理现象。

6 教学资源

(1) 教材《大学物理学》(下册)张晓、王莉主编,高等教育出版社;

(2) 超星学习通平台上对应章节的教学视频、资料和章节测试题。

7 教学内容与过程

大学物理课程采用线上线下混合式教学模式,在课堂教学之前学生已通过课程网络平台完成本章知识点的学习。在课堂上主要进行:

(1) 对学生线上知识点学习效果进行总结和总结;

(2) 教师通过引入一个与本章知识相关的案例,引导学生开展研讨式教学,在研讨过程中培养学生物理知识的综合运用能力,并潜移默化地训练学生的物理思维能力。

(3) 介绍用 Comsol 软件对微分方程进行数值求解的方法,让学生练习受迫振动的动力学微分方程的数值求解,利用数值解研究受迫振动的运动规律以及共振产生的条件。线下课程进行的流程如图 1 所示。

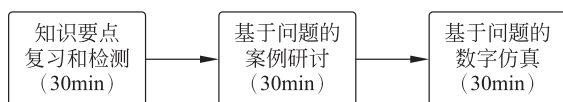


图 1 线下课程流程示意图

线下课程包含的具体内容如下所示:

1) 对学生在线上学习的知识点进行检查和总结。主要提出了 6 个问题让学生进行回答。回答采用接龙方式,即问题提出后,按学号或者座位顺序让依次让同学进行回答,若回答不上则让下一个同学继续回答;同一个问题若连续 3 个同学都答不上,表明学生对这部分知识掌握得不够好,教师则进行补充讲解。(30min)

问题包括:(1) 简谐振动的判据是什么?

(2) 简谐振动特征量有哪些? 各特征量由什么因素来决定?

(3) 简谐振动的能量特征是什么?

(4) 阻尼振动的振幅特征是什么?

(5) 受迫振动的振动频率由什么决定?

(6) 共振的现象和发生共振条件是什么?

2) 开展案例研讨式教学:讨论火车危险速率与轨长的关系。(30min)

这一部分也主要是通过老师抛出问题,然后学生接龙回答问题的方式开展。教师通过学生的回答,判断学生对物理知识掌握和运用的情况,对于学生不能正确回答的问题,教师则通过启发式提问帮助他们去理解、去回答。在研讨过程中巩固学生关于振动的基本知识,并培养他们知识的综合运用能力以及物理思维能力。

教师提出的问题包括:

(1) 火车运动中的咣当咣当声是怎么产生的?

(2) 为什么两根铁轨之间要留一条狭缝?

(3) 火车咣当声的周期(频率)是多少? 怎么估算?

(4) 火车发出周期性咣当声,表明车箱是受到周期性外力冲击作用的。那么车箱受到冲击的频率是多少?

(5) 怎么估算火车车箱的固有频率?(这是难点,要把车箱简化一个弹簧振子模型)

(6) 当车箱受到的冲击频率与固有频率相等会发生什么现象?

通过以上几个问题的讨论,可以定义出火车的危险速率,即:发生共振时,车箱颠簸最厉害,容易失控产生事故。此时火车的速率即为危险速率

$$\nu_{\text{冲击频率}} = \frac{u}{l} = \nu_{\text{车箱}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$u = l \cdot \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$$

其中, u 为火车危险速率, l 为轨道长度, k, m 分别是车箱的等效弹性系数和质量。可以看出轨道长度越长, 危险速率越高。

然后通过给出具体 k, m , 和轨长 l , 让学生进行计算, 具体计算的题目如下 PPT 所示。

例：火车的危险速率与轨长

若车箱总质量 m 为 55 吨, 车箱弹簧每受 1.0 吨力就被压缩 0.8 mm, 我国普通铁路一般轨长为 25 m, 试计算其危险速率是多少? 并讨论铁轨长度与危险速率的关系。

图 2 火车危险速度与轨长关系的例题

在上述计算后, 教师继续通过提问, 与学生继续研讨:

(7) 现在的高铁为什么没有咣当声?

(8) 高铁的铁轨如何做到无缝连接? 无缝轨道如何解决轨道的热胀冷缩问题? (利用这个时候介绍一下我国高铁在国际的领先技术, 鼓励学生好好学习, 以后为国家轨道交通发展也多做贡献, 体现课程思政)

3) 利用 Comsol 软件中的 ge 模块进行受迫振动的动力学微分方程的数值求解。学生之前已经使用过这个 ge 模块, 本次求解受迫振动动力学微分方程, 主要给学生强调要用参数化方法求解。(30min)

受迫振动的动力学微分方程为

$$\frac{d^2 x}{dt^2} + 2\beta \frac{dx}{dt} + \omega_0^2 x = h_0 \cos \omega t$$

将上式中的 $\omega_0^2 = \frac{k}{m}, \beta = \frac{\lambda}{2m}, h = \frac{F_0}{m}$ 以参数形式输入软件中, 如图 3 所示:

让学生尝试改变参数获得不同条件下的振动曲线:

(1) h_0, β 设为零, 即可仿真简谐振动曲线, 如图 4(a) 所示;

名称	表达式	值
k	100[N/m]	100 N/m
m	1[kg]	1 kg
w_0	sqrt(k/m)	10 1/s
T	2*pi/(sqrt(k/m))	0.62832 s
x_0	0	0
v_0	1[m/s]	1 m/s
β	$w_0 * 0.05$	0.5 1/s
w	$w_0 * 5$	50 1/s
f_0	10[N]	10 N
h_0	f_0/m	10 m/s ²

图 3 Comsol 仿真模拟中的参数设置

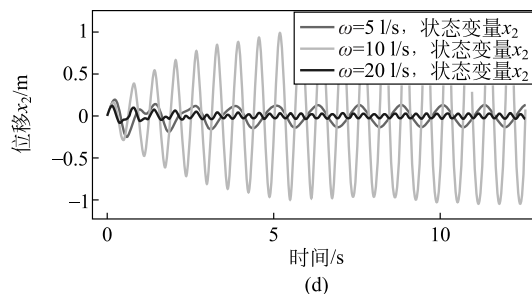
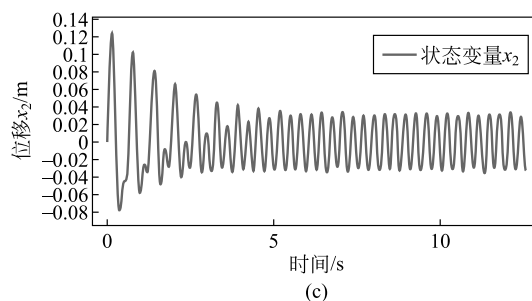
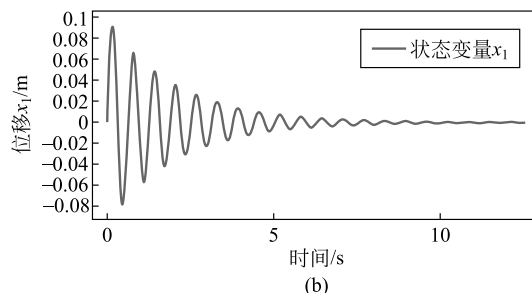
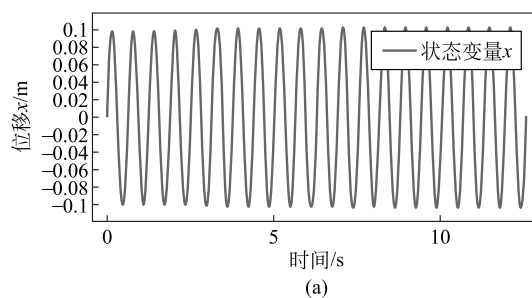


图 4 不同振动曲线的 Comsol 仿真结果

(a) 自由振动; (b) 小阻尼振动; (c) 受迫振动; (d) 不同频率驱动力下的受迫振动曲线

(2) h_0 为零, β 不为零, 即可仿真阻尼振动曲线, 如图 4(b) 所示; 改变 β 值, 还可获得小阻尼、临界阻尼、过阻尼的典型振动曲线;

(3) h_0, β 都不为零, 则可仿真受迫振动的振动曲线, 如图 4(c) 所示;

(4) 改变驱动力的频率 ω , 获得 $\omega < \omega_0$ 、 $\omega = \omega_0$ 、 $\omega > \omega_0$ 时典型受迫振动曲线, 如图 4(d) 所示。

(5) 通过分析上述振动曲线, 获得受迫振动的特征: 受迫振动稳定时的频率是由驱动力的频率决定; 受迫振动的振幅与驱动力的频率有很大关系, 当驱动力的频率与系统的固有频率接近时, 受迫振动的振幅最大, 即发生共振现象。

课堂上没有完成这一部分仿真的同学, 或者没有带电脑来的同学让他们课后继续完成这一部分内容。

8 教学评价

通过第 1 个环节大致了解学生网上学习效果, 并针对性地进行补充讲解; 第 2 个环节, 通过对本章知识点紧密相关的案例研讨, 可以巩固学生对基本知识的掌握, 提高他们知识综合运用的能力及物理思维能力。第 3 个环节, 可以让学生对复杂受迫振动的运动规律有比较直观的认识, 并且通过对仿真软件的学习, 有助于提高他们分析问题解决问题的能力。

9 作业

(1) 在超星学习通上完成《波的基本概念》这一部分的知识学习。

(2) 继续完成受迫振动微分方程的数值求解, 画出不同情况下的振动曲线, 并在超星平台上提交。

10 结语

本文以“大学物理”课程中的“振动”为例, 介绍一种基于线上线下混合式教学的“大学物理”课程教学设计。该设计充分体现“以学生为中心, 以

教师为主导”的教学理念。其间融入课程思政元素, 并结合案例化教学、数字化教学有效促进学生的深层次学习, 实现对学生知识、能力、思维的全面培养。该课程设计充分发挥“线上”和“线下”两种教学的优势, 与此同时也对学生提出了更高的要求。在教学实践中, 我们发现有部分学生不能按时完成线上进度, 进而课堂上的研讨环节并不能有效参与。如何加强学生的线上学习管理是今后还要重点改进的地方。此外由于线下授课采用研讨式教学, 为了提高讨论的效率, 课程班级人数不宜太多, 每个教学班建议不超过 60 人。

参 考 文 献

- [1] 史建新, 陶平. 工科大学物理教学与学生专业结合的教学模式改革[J]. 科技信息, 2010(34): 98-98.
SHI J X, TAO P. Reform of teaching mode of combining college physics with specialized course[J]. Science & Technology Information, 2010(34): 98-98. (in Chinese)
- [2] 杨晓宏, 郑新, 田春雨. 线上线下混合式一流本科课程的内涵、建设目标与建设策略[J]. 现代教育技术, 2021, 31(9): 104-111.
YANG X H, ZHENG X, TIAN C Y. The Connotation, construction goals and construction strategies of online-off-line blended first-class undergraduate courses[J]. Modern Educational Technology, 2021, 31(9): 104-111. (in Chinese)
- [3] 郑静. 国内高校混合式教学现状调查与分析[J]. 黑龙江高教研究, 2018, (12): 44-48
ZHENG J. On status quo of blended teaching and learning in domestic higher education[J]. Heilongjiang Researches on Higher Education, 2018, (12): 44-48. (in Chinese)
- [4] 王云, 李志霞, 白清玉, 等. 混合式教学中促进深度学习的同伴反馈研究[J]. 现代教育技术, 2021, 31(5): 67-74.
WANG Y, LI Z X, BAI Q Y, et al. Research on the peer feedback to promote deep learning in blended teaching[J]. Modern Educational Technology, 2021, 31(5): 67-74. (in Chinese)
- [5] 陈景燕, 谭律岐. 后疫情时代面向深度学习的线上线下混合式教学思考[J]. 中国教育信息化, 2021(15): 73-75.
CHEN J Y, TAN L Q. Thinking on online-offline blended teaching for deep learning in the post-epidemic era[J]. The Chinese Journal of ICT in Education, 2021(15): 73-75. (in Chinese)
- [6] 中仿科技公司, COMSOL Multiphysics 有限元法多物理场建模与分析[M]. 北京: 人民交通出版社, 2007.