

关注知识逻辑 深度备课“单摆”

郑满琴 钱长炎 葛林林

(安徽师范大学物理与电子信息学院 安徽 芜湖 241002)

(收稿日期:2018-09-20)

摘要:在我国高中物理课程中,“单摆”是简谐运动知识典型的应用载体,通过对“单摆”一节内容的深入分析,指出人教版教科书的内容编排未根据简谐运动的规律推导出“单摆”周期公式,难以全面体现“单摆”振动与简谐运动之间的联系.根据高中物理学科核心素养,注重知识的逻辑关联,改探究性实验为验证性实验,设计“单摆”一节的课堂教学,以期对中学物理教学有所裨益.

关键词:“单摆” 教学设计 实施建议 物理学科核心素养

“单摆”是高中物理机械振动与机械波主题的重要内容,其教学研究长期以来得到了广大研究者的关注,然而多数都被教科书中“单摆”一节的内容编排逻辑所束缚,忽略了将“单摆”纳入简谐运动学习的前提.文章拟在培养学生核心素养的基础上,打破教科书的编排顺序,关注“单摆”振动与简谐运动的紧密联系,设计本节课的教学.

1 高中物理“单摆”一节内容分析及教学目标

21世纪之初我国高中物理课程标准(以下简称“课程标准”)中“单摆”的内容要求为“通过实验,探究单摆的周期与摆长的关系;知道单摆周期与摆长、重力加速度的关系,会用单摆测定重力加速度”^[1].新近修订的课程标准明确了探究“单摆”周期与摆长的定量关系,且在教学提示处指出引导学生建构“单摆”模型,进一步领会守恒思想,学业要求指明会做“单摆测量重力加速度的大小”实验,并用科学的语言撰写实验报告^[2].可见,为落实核心素养总体目标,“单摆”的教学进一步受到了重视.

在高中物理课程安排中,“单摆”被视为简谐运动的具体应用载体位于机械振动一章,学生学习该节内容之前已经掌握了简谐运动的基本特征,且已掌握简谐运动的周期公式^[3,4].在高中物理人教版教科书中“单摆”一节的知识结构如图1所示^[5],可

知,这种内容安排重视了“单摆”模型的建构,强化了学生对“单摆”回复力的认知与周期的探索.然而,基于机械振动一章的整体逻辑,“单摆”的周期公式通过简谐运动的一般性周期公式即可得到,而人教版教科书中,在探究“单摆”周期的影响因素之后直接给出惠更斯的“单摆”周期公式,难免割裂了“单摆”振动与简谐运动的联系,也易使学生误认为其周期公式是由实验归纳而得,甚至引起了典型教学设计欲通过实验归纳得出“单摆”周期公式^[6].欣慰的是,我们注意到现行粤教版、沪科版和教科版等多种版本教科书都利用简谐运动的周期公式对“单摆”周期公式进行了推导,这也启发了我们对本节课的教学设计.

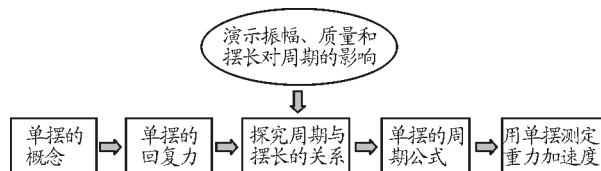


图1 代表性教科书中“单摆”内容结构图

通过以上对“单摆”内容要求和教科书中内容编排的分析,我们欲在学科核心素养目标下,设定“单摆”一节的的教学目标.

(1) 通过对生活中摆动现象的抽象总结,知道什么是“单摆”,培养“单摆”模型建构能力;

(2) 通过讨论分析“单摆”的摆球运动和能量

作者简介:郑满琴(1993-),女,在读硕士研究生,主要从事学科核心素养目标下中学物理教学与实践的研究工作.

指导教师:钱长炎(1964-),男,博士,教授,主要从事物理学史和科学思想史研究.

的转化进一步强化物理观念,体会守恒思想;

(3) 结合“单摆”的振动图像理论推导其回复力,知道偏角很小时的“单摆”振动可视为简谐运动,推演并掌握周期公式,在科学推理与论证过程中培养科学思维;

(4) 通过实验验证相关物理量与“单摆”周期的关系,并结合图像验证周期与摆长的平方根成正比,在实验过程中提高科学探究能力;

(5) 了解摆运动的历史探索过程以及“单摆”在测量时间和航海等方面的应用,体会科学与社会、技

术、经济和文化等方面的重要联系,促进养成科学态度与责任.

2 “单摆”一节教学过程设计

结合上述对“单摆”相关内容的分析以及教学目标的制定,我们设计了“单摆”一节的教学过程如图2所示,教学中对“单摆”周期公式进行推导,并设置验证性实验,验证相关物理量对周期的影响.由于新颁布的课程标准对重力加速度实验的要求以及课堂时间的限制,采取单独开设实验课与学生共同探究.

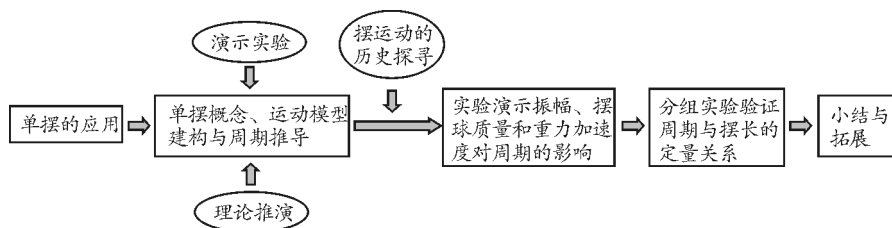


图2 “单摆”教学过程示意图

2.1 追寻钟摆应用 引入“单摆”

通过微视频展示17世纪的海上贸易和殖民活动,经常会遇到触礁危险,而应用钟摆测量时间减少了这种危险.设置疑问:钟摆为什么可以测量时间?是如何避免触礁的危险?

由“单摆”相关应用引入,引导学生从历史发展的角度看待“单摆”的意义,感受科学知识与生活生产的联系,同时提出问题激发学生学习动机.

2.2 师生共同认识“单摆”建构运动模型 推演周期公式且了解相关物理学史

首先,利用幻灯片展示生活中常见的摆动现象,学生互相讨论并总结特点,再在教师的引导下观察“单摆”实验装置如图3所示,建构“单摆”模型,注重培养学生模型建构能力.且引导学生思考讨论摆动过程中能量的转化,加深学生的能量观念和守恒思想.

其次,演示实验,共同探究“单摆”运动特征.实验装置如图4所示:细线下悬挂的漏斗装有红墨水,底部粘有纸带的滑块通过定滑轮与钩码相连,以一定的初速度释放钩码时可做匀速直线运动,克服了人教版教科书中的演示实验难以保证匀速拉动纸带的局限.先将漏斗拉开较小的角度从静止释放,再放下钩码,在纸带上得出振动图像.学生共同观察,从

直观上得出“单摆”的振动为简谐运动.启发学生思考做简谐运动肯定是受到回复力的作用,鼓励学生进行受力分析,并尝试推导其振动周期.

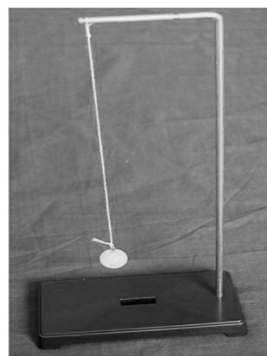


图3 “单摆”实验装置

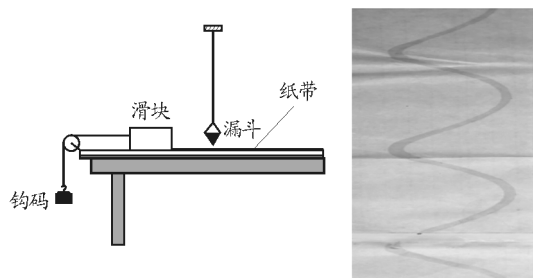


图4 “单摆”振动图像实验装置及结果

再次,引导受力分析,建构“单摆”运动模型并推演周期公式.结合受力示意图和学生一起分析摆球的受力,最后共同得出,当偏角 θ 很小时“单摆”所

受的回复力可表示为 $F_{\text{回}} = -\frac{mg}{l}x$. 同时, 联立“单摆”的回复力与简谐运动周期的一般性公式

$$\begin{cases} F = -\frac{mg}{l}x \\ k = \frac{mg}{l} \\ T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \end{cases}$$

得出“单摆”周期公式为

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

表 1 “单摆”偏角的近似误差计算

$\theta/(^\circ)$	3	5	7	10	13	15	18	20
$\sin \theta$	0.052 3	0.087 1	0.121 8	0.173 6	0.224 9	0.258 8	0.309 0	0.342 0
$\Delta \times 10^3$	10.6	19.8	30.3	1.12	1.94	2.98	5.14	7.05
$\sigma/\%$	0.04	0.12	0.25	0.51	0.87	1.15	1.66	2.06

最后, 引导学生了解摆运动的历史探索. 早在 17 世纪初, 伽利略就提出了振幅无关定律、重量无关定律、摆长定律和“单摆”的等时性^[8]. 继之惠更斯在其研究基础上推导出了“单摆”的周期公式, 并且制作了西方世界的第一个摆钟^[9]. 引导学生体会先驱在科学探索过程中的科学思维方式和研究方法, 强调对学生科学态度与责任的培养.

2.3 演示实验与分组实验相结合 验证相关物理量对“单摆”周期的影响

首先, 演示实验, 共同探究, 验证“单摆”周期与振幅和摆球质量无关, 与重力加速度有关. 师生共同讨论, 以控制变量法来设计实验方案, 实验装置如图 5 所示.



图 5 演示实验装置图

摆球下安装有能移动的光电门, 通过 DISLab

这种根据简谐运动的周期公式直接推导出“单摆”的周期公式, 既避免了“单摆”周期公式成为无源之水, 又克服了对知识逻辑的破坏, 加强学生对“单摆”做简谐运动的认知, 凸显对学生科学思维的培养和强化其运动观念.

显然, 构建“单摆”做简谐运动模型的首要影响因素是其偏角, 该问题已有研究者进行了深入研究, 其结果如表 1 所示^[7], 教师在教学中补充该表格避免学生对偏角的模糊认识, 加深学生对偏角较小的感知.

实验装置可直接精确测量周期, 上面的量角器便于读取度数, 旋转螺帽可改变摆长, 将两个相同的“单摆”相对放置, 便于观察二者的步调. 实验中先使两“单摆”装置以不同的振幅振动, 学生观察二者步调几乎一致, 但 DISLab 实验装置测量的周期有微小差别, 引导学生思考讨论为何不与理论推导结果一致? 最后, 师生共同得出可能原因有测量误差、空气阻力等因素的影响. 同样, 改变摆球质量进行实验分析, 对于重力加速度的影响, 可在铁磁性材料的摆球下方放置一块磁铁如图 6 所示, 以磁铁的吸引力等效为重力, 模拟增大重力加速度, 引导学生观察“单摆”周期的改变.

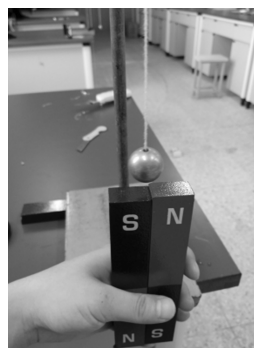


图 6 等效增大重力加速度

通过演示实验, 共同验证相关物理量对“单摆”周期的影响, 从直观现象突破学生可能存在的错误

前概念,强化学生对理论推导结果的认识,同时启发学生思考 DISLab 测量数据存在偏差的原因,重视对学生科学探究能力及科学思维的培养。

其次,分组实验,合作探究,验证“单摆”周期与摆长的定量关系.学生分组实验,在教师的引导下正确测得多组摆长与对应的周期,并利用 Excel 软件作出 $T-\sqrt{l}$ 的图像如图 7 所示,验证“单摆”周期与摆长的平方根成正比关系.此外,引导学生观察 $T=2$ s 时的摆长,促进学生体会时间标准与长度标准之间的联系,且补充惠更斯曾建议将秒表摆长作为国际长度单位制的历史事件。

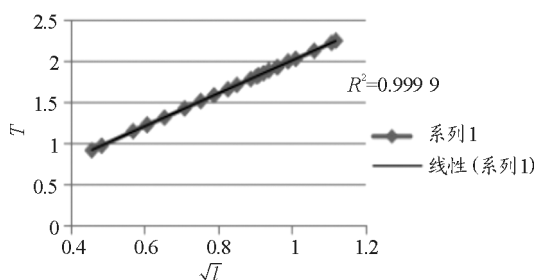


图 7 $T-\sqrt{l}$ 拟合图

将教科书的探究性实验改为验证性实验,符合将“单摆”纳入简谐运动的教学规律,同时,验证性实验同样具有探究性,这也符合课程标准的要求,这种安排有助于学生学习本节内容时逻辑思维的清晰性与准确性,同时也体现了对学生科学探究能力的培养。

2.4 小结与拓展

引导学生回顾本节课的内容,重点巩固总结“单摆”模型、摆长和重力加速与“单摆”周期的关系以及“单摆”周期公式,并且解释课前引入的问题.此外,为进一步发散学生思维,教师布置课后思考题:若在太空中从静止释放摆球,摆球会如何运动,若拉紧摆线给摆球一个初速度,摆球又将如何运动?

3 结束语

通过对“单摆”的内容要求以及现行教科书中“单摆”内容编排的分析,我们知道在核心素养目标下“单摆”的内容教学有了新的活力,同时指出了现行人教版教科书中在实验探究“单摆”周期影响因素以及周期与摆长的定量关系后,直接给出“单摆”周期公式的内容编排逻辑破坏了与简谐运动的联

系.基于知识的逻辑顺序,重在培养学生的核心素养,同时参考其他版本教科书中的内容编排,设计了“单摆”一节的教学.通过演示实验与理论推导相结合证明在偏角较小时“单摆”的振动为简谐振动,同时根据简谐运动周期公式对“单摆”周期公式进行推导,并且注重融入“单摆”相关物理学史以加深学生对科学本质的认识,最后安排验证性实验验证相关物理量对“单摆”周期的影响.整个设计过程重视学生推理论证、实验探究等能力的培养,以期使“单摆”的课堂教学能达到更好的教学效果。

此外,在设计“单摆”一节课教学的过程中,我们深深体会到在新一轮基础教育改革的特殊时期,中学物理教学一定要在深入贯彻新修订的课程标准的前提下,把握物理概念和物理规律之间的内在联系,同时利用多种教学资源,顾及科学知识的逻辑性而不局限于某一版本教科书的编排逻辑,结合学生学习的具体情况,充分发挥教师的创造性.唯有如此,才能保证重要物理知识的课堂教学达到应有的目标,才能更好地实现物理学科核心素养总目标。

参考文献

- 1 中华人民共和国教育部.普通高中物理课程标准(实验).北京:人民教育出版社,2003.41
- 2 中华人民共和国教育部.普通高中物理课程标准(2017年版).北京:人民教育出版社,2018.25~27
- 3 束炳如,何润伟.普通高中课程标准实验教科书物理3-4.上海:上海科学技术出版社,2005.12~18
- 4 广东基础教育课程资源研究开发中心物理教材编写组.普通高中课程标准实验教科书物理·选修3-4.广东:广东教育出版社,2005.12~14
- 5 人民教育出版社,课程教材研究所.普通高中物理课程标准实验教科书物理·选修3-4.北京:人民教育出版社,2005.13~17
- 6 陈剑锋,陈金贵,林萍,等.单摆周期定量探究仪的创新设计.物理教学探讨,2017,35(8):54~57
- 7 殷东强,钱长炎.单摆偏角及相关问题的分析与探讨.物理教学,2015,37(3):23~24
- 8 Matthews, M R. Idealisation and Galileo's Pendulum Discoveries: Historical, Philosophical and Pedagogical Considerations. Science & Education, 2004, 13(7~8): 689~715
- 9 Westfall, R S. 近代科学的建构机械论与力学.彭万华,译.上海:复旦大学出版社,2002.139~141