

基于核心素养的教学设计

——以“受迫振动 共振”的教学为例

史 再 (宁波中学 浙江 315100)

摘 要 以核心素养为目标,通过任务分解、情境创设和问题设计,将“受迫振动 共振”的素养目标落实在具体的学习活动中,并就思维引导、实验、教学活动方式提出了建议。

关键词 核心素养 教学设计 受迫振动 共振 频率

文章编号 1002-0748(2020)6-0004

中图分类号 G633·7

文献标识码 B

1 教学目标

表 1

素养类别	教学目标
物理观念	知道什么是阻尼振动,理解其振幅变化情况、系统能量转化情况、 $x-t$ 图; 知道什么是受迫振动,能举例说明受迫振动; 理解三种频率(固有频率、受迫振动频率、驱动力频率),知道受迫振动的振动频率与固有频率无关,是由驱动力频率决定的;固有频率与振幅无关,由振动系统决定; 知道什么是共振以及共振条件,能解释共振的应用和防止的实例; 通过受迫振动的学习,进一步深化运动观念和能量观念
科学思维	会从运动学、动力学、能量三个视角分析阻尼振动的特点; 会利用实验观察、总结、用数学处理物理问题的方法,分析受迫振动; 会用 $A-f_{\text{驱}}$ 图象,处理共振的防止与利用
科学探究	能利用传感器设计实验,经历科学规律探究的过程、认识探究的意义、尝试探究的方法。 能对数据进行整理和分析,得到受迫振动时其频率跟驱动力频率、 $A-f_{\text{驱}}$ 的关系
科学态度与责任	通过受迫振动实验,定量得到受迫振动时其频率跟驱动力频率关系,增加对科学探究的兴趣; 认识到探究实验对建立物理概念、规律的重要意义,尊重实验事实,具有实事求是的态度; 体会自然现象背后的奇妙规律,培养求知欲及学以致用精神,体验成功的愉悦

2 教学内容与学生分析

(1) 本节课知识内容较简单,但受迫振动的定量实验较难操作,为此教材通过定性的受迫振动实

验总结出两规律——受迫振动频率由驱动力频率决定、受迫振动物体的振幅与驱动力频率的关系,它们是结论性的物理规律,是本节课的重点和难点。如何让学生认识外力作用下的振动规律,利用规律解决实际问题?教材从固有频率的概念、图象和能量的角度分析阻尼振动,并介绍了受迫振动,然后通过对竖直弹簧振子和单摆的共振实验进行分析,全面认识共振现象,理解共振曲线。节后至“科学漫步”栏目中简单地介绍了振动控制在实际中的应用,培养学生理论联系实际的素养和习惯。

(2) 学生前面学习了简谐运动的两个实例及研究简谐运动的相关方法,已经知道了描述机械振动的振幅、周期、频率等概念的含义,对振动过程中的能量转化有了初步认识。再有学生对受迫振动有生活体验,这为学习探究物体在做受迫振动时其频率跟驱动力频率的关系,以及受迫振动的频率与物体固有频率接近时振动的特点打下坚实的基础。

3 任务分解

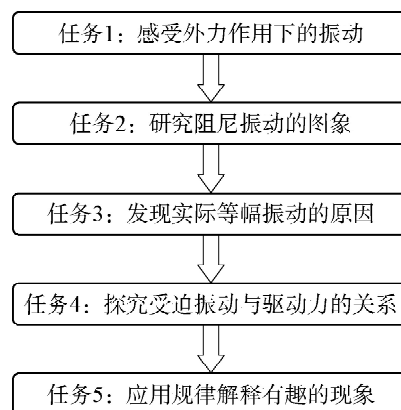


图 1

4 教学活动

4.1 任务 1: 感受外力作用下的振动

4.1.1 问题情景: 如图 2 所示的简易装置, 展现物理之美——声音的图案, 歌曲《我和我的祖国》显示如图 3 所示的图案。图 4 鱼洗溅起层层水花。图 5 用手柄操控皮筋吊着的钩码。



图 2



图 3



图 4

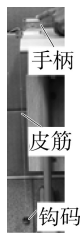


图 5

表 2

问 题	问题指向的素养目标
1. 图 3、4 所示, 这么美妙的图案如何而来的? 鱼洗为什么会溅起层层水花?	能根据已有的知识会思考复杂的实际振动(科学思维)
2. 思考现象背后有什么秘密(物理规律支配)呢?	
3. 前面所学的简谐运动的两种模型的条件是什么? 有何特征?	会应用简谐运动的条件和特点(物理观念)
4. 通过图 5 所示小实验, 为使钩码能碰地面, 操作过程体验到了什么?	认识到探究实验对建立物理概念、规律的重要意义, 尊重实验事实, 具有实事求是的态度(科学态度)

4.1.2 教学建议:

(1) 思维引导建议: 通过对图 2、3、4 的观察和经历, 激发学生探究现象背后的秘密的欲望, 引导学生从振动系统之外是否有力作用分析这类振动与前面所学的简谐运动的根本区别。为研究外力作用下的振动, 从对最简单的外力作用下振动研究入手, 即通过图 5 所示小实验的体验, 对课进行任务锚定: ①不驱动, 振动幅度会变小直至静止(阻尼振动), ②幅度的大小与驱动快慢有关, 驱动快幅度反而会变小, ③每次到最低处施力会成功。

(2) 教学活动建议: 问题 1、2 是设问, 由于是学生熟悉的声音观察到未曾看到的美妙、震撼的现象, 激起学生探究现象背后的秘密的欲望, 仅作引课用, 可采用学生独立思考, 不作回答。问题 3 是对前面所学知识的复习回忆, 为新课题的研究做铺垫用。问题 4 是确定课的核心任务是什么。

4.2 任务 2: 研究阻尼振动的图象

4.2.1 问题情景: 如图 6、图 7、图 8、图 9 所示。

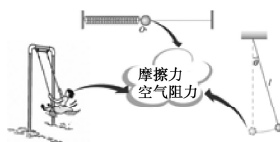
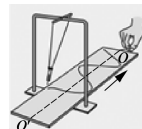


图 6



(a)



(b)

图 7

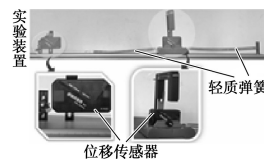


图 8

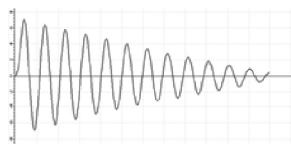


图 9

表 3

问 题	问题指向的素养目标
1. 实际的振动都会受到阻力, 图 6 中荡秋千时会发生什么现象? 实际的弹簧振子、单摆最终为何会停止?	会从运动学、动力学、能量三个视角猜测阻尼振动的特点。(科学思维)
2. 能不能用图 7 描述法作出阻尼振动图象? 图象会是怎样的?	会用图象方法去思考分析实际振动。(科学思维)
3. 画图过程碰到了什么问题?(是否周期相同)	建立阻尼振动的概念。(物理观念)
4. 用图 8 所示传感器作出弹簧振子的阻尼振动图象, 如何简单分析周期是否相同?	会利用实验方法研究分析阻尼振动, 并能总结阻尼振动的特点。(科学思维)
5. 请根据图 9 与自己得出的图象比较并总结图象特点	
6. 阻尼力过大会如何?	

4.2.2 教学建议:

(1) 思维引导建议: 通过对图 6 所示的经历, 首先知道摆幅越来越小, 其次引导学生认识由于阻力存在的原因, 通常需要不断地补充能量来达成一直摆动。通过图 7 所示的回忆, 研究振动可以借助前面所学方法。图 8 所示实验为进行定量分析阻尼振动提供可能。

(2) 教学活动建议: 对问题 1, 建议从任务 1 问题 3 的基础上提出实际振动, 引出阻尼振动与自由振动。问题 2、3、6 作为用所学方法对实际问题处理时发现新问题, 可要求学生独立画图并展示, 猜想可能结果。问题 4、5 教师进行引导和演示实验, 分析实验结果。

4.3 任务 3: 发现实际振动做等幅振动的原因

4.3.1 问题情景: 生活中受迫振动实例如图 10 所示。进行受迫振动频率测定实验, 如图 11 所示进行电动马达驱动研究驱动力频率与受迫振动频率关系。

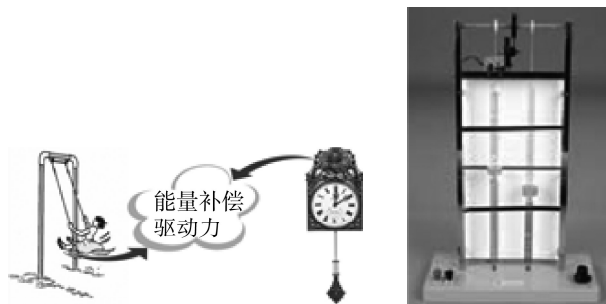


图 10



图 11

表 4

问 题	问题指向的素养目标
1. 怎样才能让阻尼振动持续地振动下去呢? 比如图 10 所示的荡秋千?	体会受迫振动的生活实例。(物理观念)
2. 图 10 中摆钟钟摆为什么会做等幅振动? 没受到阻尼力?	
3. 荡秋千时, 如果有人推动, 那么我们的运动由谁决定呢? 我们耳朵听到声音, 耳膜振动的频率由谁决定呢?	会猜测受迫振动的频率由谁决定。(科学思维)
4. 物体在不受周期性的驱动力时按自己的固有周期振动, 图 11 所示在受到周期性的驱动力作用下做受迫振动时会具有什么特点呢? (频率、振幅)	

4.3.2 教学建议:

(1) 思维引导建议: 通过图 10 所示生活实例中的等幅振动, 让学生产生认知冲突, 建立受迫振动的概念。图 11 中实验, 教师需要引导学生讨论, 驱动力周期、受迫振动周期的测定与改变, 实验时同时保留实验中不同驱动力频率下的振幅数据, 便于下一任务引入振幅与驱动力频率的关系。

(2) 教学活动建议: 对问题 1、2、3, 可以让学生充分思考与讨论后再进行回答。问题 4, 可以先由教师进行实验演示, 同时让学生进行观察讨论。

4.4 任务 4: 探究受迫振动与驱动力的关系

4.4.1 问题情景: 如图 12 所示进行电动马达驱动, 用光电门测定马达转动周期(驱动周期)和受迫振动周期, 位移传感器测出受迫振动过程位移随时间变化图线。表 5, 记录实验数据。利用 Excel 对

实验数据分析得到如图 13 所示的共振曲线。

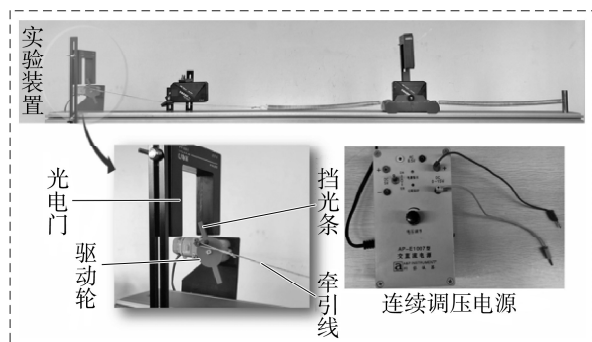


图 12

表 5

次数 \ 内容	1	2	3	4	5	6	7	8
驱动力周期								
受迫振动周期								
振幅								

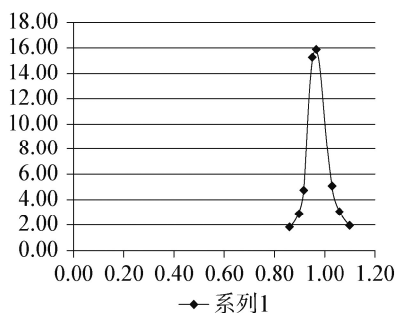


图 13

表 6

问 题	问题指向的素养目标
1. 图 12 装置在图 8 所示阻尼振动基础上加了一个驱动装置(电动马达), 如何测量驱动频率(周期)? 用什么来测量受迫振动频率(周期)? 受迫振动的振幅如何测量?	会利用实验处理物理问题, 分析受迫振动的频率由驱动力频率决定。(科学思维)
2. 请注意观察并记录数据, 实验数据记录表格如何设计?(参见表 5)	能对数据进行整理和分析, 得到受迫振动时其频率跟驱动力频率、 $A-f_{\text{驱}}$ 的关系。(科学探究)
3. 根据实验数据总结出频率关系如何?(受迫振动的频率等于驱动力的频率, 与固有频率无关)	通过受迫振动实验, 定量得到受迫振动时其频率、振幅跟驱动力频率关系, 增加对科学探究的兴趣。(科学态度与责任)
4. 采用何种方法进行实验数据分析, 快速找到受迫振动的振幅与驱动力频率关系?(画出 $A-f_{\text{驱}}$ 图象) 找到什么规律?	

(续 表)

问 题	问题指向的素养目标
5. 根据受迫振动的振幅与驱动力频率关系的图象可知,共振的条件是什么?从受力和能量两个维度理解共振条件	
6. 任务1中的体验性小实验如何确保实验成功?又如何找固有频率呢?	

4.4.2 教学建议:

(1) 思维引导建议:对问题1,教师引导学生在原有研究阻尼振动图象的实验装置上添加一驱动装置,可以通过调节电压来调速,引导学生认识光电门可以测出马达转动一周的时间,即驱动周期,受迫振动周期、振幅可借助位移传感器进行测量。问题2的设计目的是让学生明确实验装置和问题1的前提下,明确所研究问题及实验所要观察内容。对问题3、4,采用分两步走的策略,第一步根据表格直接进行比较分析两周期(受迫振动、驱动周期),第二步通过作图直观反映出频率与振幅关系。问题5是对实验数据处理后对图象意义的理解,问题6是让学生形成理论之后指导实践。

(2) 教学活动建议:对问题1、2,建议教师主导,学生能清楚实验探究方案,关键是学生在观察实验过程中体验到频率变化时振动物体的振幅变化情况,能处理分析实验数据。对问题3、4,先让学生进行讨论后回答,对学生的发言进行引导和激励。对问题5,建议教师重做任务1中的声音图案,声源用频率可调的信号发生器,改变频率看到图线幅度变化,远离固有频率振动幅度减小,也可调到共振状态(振幅最大状态)时,改变声源响度(即驱动力大小),即使处于共振态,其幅度不一定很大,让学生理解共振曲线是改变驱动力频率,其驱动一次的能量大小(平均驱动力的大小)不变为前提。问题6建议教师重做任务1中的体验性小实验,教师可以用一个装置使钩码自由振动,学生按这个振动频率节奏驱动装置,大部分学生会体验到成功的喜悦,有一部分可能会不成功(原因是其皮筋的长度与教师演示的不同而导致),可以与同学们讨论其中的原因。

4.5 任务5:应用规律解释有趣的现象

4.5.1 问题情景:如图14所示演示“共振摆”实验,如图15所示视频“塔克姆大桥和伏尔加河大桥的受迫振动”,如图16所示视频“声音碎酒杯”。



图 14



图 15



图 16

表 7

问 题	问题指向的素养目标
1. 图14中,让大球摆动,其他球是否也跟着摆动?摆动的频率和振幅情况会如何?	能运用所学知识解决实际问题。(科学探究) 能解释共振的应用和防止的实例。(物理观念)
2. 图15中揭开塔克姆大桥垮塌的物理原因是什么?	认识到探究实验对建立物理概念的重要意义,尊重实验事实,具有实事求是的态度。(科学态度与责任)
3. 图16中声音碎玻璃杯秘密在哪?	会用 $A-f_{\text{驱}}$ 图象,处理共振的防止与利用。(科学思维)
4. 请举例说明生活中共振的应用和防止。(火车过桥为什么需要限速,高山上的一声大喊,可引起山顶积雪发生大雪崩、洗衣机甩干过程中的振动情况)	

4.5.2 教学建议:

(1) 思维引导建议:学生已经知道受迫振动规律和共振,问题1、2、3运用共振曲线,分析共振发生的条件和共振现象。问题4让学生关注生活、社会,生活处处有物理。

(2) 教学活动建议:问题1、2、3较简单,要求学生独立思考并回答。问题4可以让学生阅读课后材料,知道生活中的有关应用与防止,特别是减震的两种方式。

5 教学设计点评

本节课的教学设计引用了大量的生活情景和演示实验,从生活、实验出发建立物理概念、探究物理规律,最后用形成的物理理论指导实践,让学生重新体验,感受成功,感悟规律。体现了学生为主体,核心素养为目标的物理教育理念。

(1) 从“物理观念”看:本节教学设计通过任务1的三个简单小实验让学生感受外力作用下的振动,使学生形成教学期待,再通过任务2、3、4让学生运用运动观念和能量观念分析外力作用下的振动,最后生成阻尼振动、受迫振动、共振条件等新的物理观念,使物理观念的学习得到落实。

(2) 从“科学思维”维度看:用数字化实验测绘阻尼振动图象、受迫振动图象,从运动学、动力学、能量三个视角分析阻尼振动、受迫振动的图象及特点,用数学处理物理问题的方法,分析受迫振动振幅与

(下转第29页)

动与水平匀速运动的合运动是匀速直线运动;二是从理论分析的角度,由分运动的位移与时间规律,推理合运动的轨迹方程与位移时间规律,得出合运动是匀速直线运动,最后将实验与理论推导进行对比、综合,完善实验的结论(见图6)。

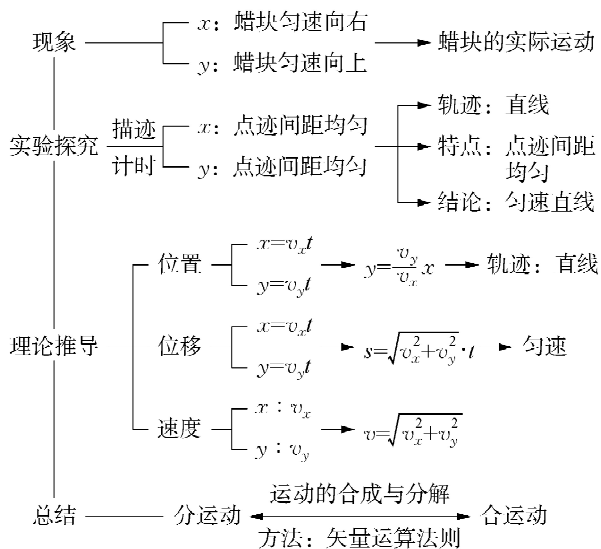


图6

当然,在实验过程中还经常会出现一些并未在实验预设中的现象或数据,对此进行分析,论证也会进一步完善实验的结论。

例4 “用DIS系统研究气体等温变化”实验,改变注射器中气体的体积,利用传感器测量压强,然而由测量数据作出的 $p-V^{-1}$ 图象并不过原点。对于这样实验误差,是学生未曾想到的,教师引领学生进一步去分析论证其原因,并作如下操作:

(1) 多次实验:数据仍呈现这样的结果,推测

(上接第7页)

频率关系,建立共振模型。最后,利用实验获得的 $A-f_{\text{驱}}$ 图象,处理共振的防止与利用。

(3) 从“科学探究”维度看:任务1的体验性实验,引发学生质疑,激起了学生探究欲望,任务2、3、4让学生体验运用振动研究方法——图象法探究阻尼振动、受迫振动,数字化实验的运用,使探究更直观、更精确、更真实。实验探究受迫振动时,其频率跟驱动力频率、 $A-f_{\text{驱}}$ 的关系,由定性走向定量,通过学生对数据进行整理和分析,使得探究更显真实。

(4) 从“科学态度与责任”维度看:本节教学设计由实践(通过生活实例建立了外力作用下的两种振动——受迫振动和阻尼振动)到理论(让学生认识到受

并不是偶然原因。

(2) 问题排查:体积数据 V 、压强数据 p 准确,注射器并未漏气。

(3) 原因猜想:传感器连接处有少量气体,估测其体积约为 0.5 ml。

(4) 数据修正:修正体积测量数据,再次拟合 $p-V^{-1}$ 图象,通过原点。

(5) 原理反推:方程修正, $p(V+V_0) = C$, $V = C \cdot \frac{1}{p} - V_0$,按原测量数据,作 $V-p^{-1}$ 图象,由纵轴截距,可读出体积误差确实近似为 0.5 ml。

(6) 实验总结:因所选取的注射器最大容量为 20 ml,而在DIS系统的精度下 0.5 ml 的误差体积产生的影响不能忽略,经过修正后,符合玻意耳定律。

像这样,通过实验的现象发现问题,分析问题,再次提出问题,并能设计方案去解决问题,最终与理论的分析相吻合,可见科学的论证完善实验的结论。

物理实验是一种手段,是通过具体的现象探究物质属性或运动规律的过程,教师不仅要重视实验的操作性环节,更要重视实验的建模过程,重视实验操作与设计的原理与方法的提炼,重视实验现象及数据的分析和论证,重视其背后的科学思维的训练,将科学思维渗透在实验的教学中。

参考文献

- [1] 教育部.普通高中物理课程标准(2017版)[S].北京:人民教育出版社,2018:4—5.
- [2] 赵振宇,孙浩楠.学科素养下的物理实验教学应注意的问题[J].物理教学,2019(1):33—35.

参考文献

- [1] 钟启泉.基于核心素养的课程发展:挑战与课题[J].全球教育展望,2016(01).
- [2] 皮连生.知识分类与目标导向教学——理论与实践[M].上海:华东师范大学出版社,1998.
- [3] 教育部.义务教育物理课程标准[S].北京:人民教育出版社,2018.