



教学案例设计与分析

共振现象的课堂教学设计*

——一个由玻璃杯子破碎引发的争议

从照群

(太和第八中学 安徽 阜阳 236600)

从然

(安徽师范大学地理与旅游学院 安徽 芜湖 241000)

(收稿日期:2018-07-12)

摘要: 受迫振动与共振是自然界中普遍存在的运动形式,其概念比较抽象,难以理解,属于中高等物理教学中的重难点问题.课堂上大多惯用经典的共振例子来理解共振现象的本质,本文则以一期娱乐节目为素材并结合传统教学方式,以一个玻璃杯子的故事展开一堂寓教于乐的课堂教学,既增加学生的学习兴趣,同时也让其深刻理解共振现象的物理学本质,尤其适合在中高等教育教学中推广.

关键词: 受迫振动 共振 新媒体教学 寓教于乐

1 前言

物理学是一门以实验为基础的科学.在理想模型中,系统无任何外力作用,物体只在内力作用下而做周期性往复运动,即谐振动.而现实生活中,因受外界条件的影响,阻尼振动和受迫振动才是最常见的振动形式^[1].受迫振动与共振现象在自然界中是普遍存在的,其基本的物理学规律业已较为清晰,但共振现象比较抽象,难以理解.近年来,新媒体容易引起学生的关注,例如网红、网络节目等.所以在传统的物理课堂教学中恰当地融入新的媒体形式,可达到非常好的教学效果.

本着更好地引起学生的关注及对物理学规律更深刻理解的目的,本文把近一期娱乐节目揉入到传统物理课堂教学当中,既能活跃课堂气氛,又达到了深刻理解物理学规律的教学效果.以下是该节课的教学设计安排.

2 课堂回顾

课堂教学中以玻璃杯子和笔为实验器材,拿笔低频率敲击杯子“一次”,可以发现杯子声音不断衰

减直至消失.从而可知杯子发生了振动,并且当外力撤走时,振幅是不断衰减的.回顾该现象是上节课所讲的阻尼振荡.当用较高频率“连续”敲击杯子时,玻璃杯子连续发出声音,并且振动具有一定的周期性,那么该现象又是什么物理学原理呢?为了更好地观察该物理学现象,本文以近一期娱乐节目为例揭示其中物理学规律.

3 情景引入

2015年1月最强大脑节目第二季中,一位表演者现场展示了用声波震碎杯子的武林绝技“狮吼功”,节目中,该表演者要挑战的项目是“爆裂声波”,即用声音共振震碎高脚玻璃杯子.准备的工具为共振频率为500多Hz的高脚红酒杯.挑战成功,受到大多数评委好评,但是当场却有一个评委有异议:“这是骗局,不是真功夫,不是科学”.对此,网上一度掀起了是骗局还是真功夫的讨论热.

该节目中表演的“狮吼功”,到底是真功夫还是骗局呢?本节课堂即将运用物理学原理为大家揭秘.

首先从该物理现象的特征来分析玻璃杯子为什

* 安徽师范大学2017年校科研培育基金人才培育项目,项目编号:721704

作者简介:从照群(1985-),男,学士,中教一级,主要从事高中物理教学研究.

通讯作者:从然(1983-),女,硕士,讲师,主要从事高校物理教学工作.

么会破碎?

从现象上来看该玻璃杯子振动现象具有以下基本特征:

- (1) 外力(吼声);
- (2) 振幅极大(通过观察玻璃杯子中的塑料吸管);
- (3) $\omega \approx \omega_0$ (隐含的, 通过测量证实).

4 教学过程

4.1 受迫振动

- (1) 定义: 物体在驱动力持续性作用下的振动.
- (2) 动力学方程

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = -kx - \gamma \frac{dx}{dt} + F_0 \cos \omega t$$

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

$$x = A_0 e^{-\beta t} \cos(\sqrt{\omega_0^2 - \beta^2} t + \varphi_0) + A \cos(\omega t + \varphi)$$

$$A = \frac{h}{\sqrt{(2\beta\omega)^2 + (\omega_0^2 - \omega^2)^2}}$$

由上述公式可知物体在外界周期性力作用下, 物体做受迫振动, 其振动特性曲线如图 1 所示.

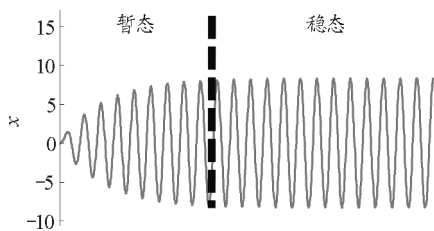


图 1 受迫振动振动特性曲线

经过一段时间达到稳态过程, 稳态过程的振动频率就是周期性外力的振动频率, 并且当周期性外力振动频率等于物体固有频率时 ($\omega = \omega_0$), 物体振幅 A 达到最大 A_{\max} .

4.2 共振现象

- (1) 当 ω 为某一个特定值时, 振幅达到最大值的现象.
- (2) 共振条件

令 $\frac{dA}{d\omega} = 0$

$$\omega = \sqrt{\omega_0^2 - 2\beta^2} = \omega_m$$

有

$$A_{\max} = \frac{h}{2\beta\sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}} \quad \dots \text{共振}$$

由上式可知极大振幅与阻尼系数是有关的, 关系如图 2 所示, 其中极限条件下

$$\beta \rightarrow 0 \Rightarrow A_{\max} \rightarrow \infty$$

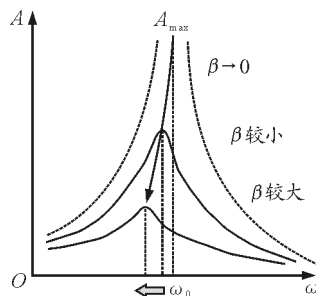


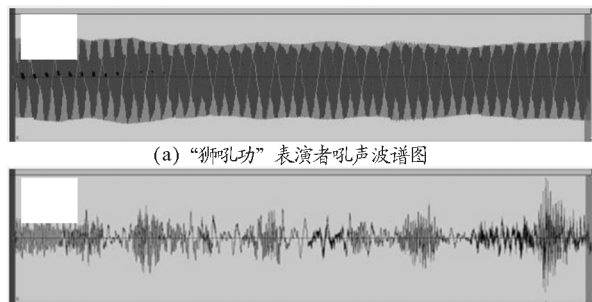
图 2 受迫振动幅-频特性曲线

5 总结规律 强化认知

认识了受迫振动特征及共振现象, 接下来我们运用该规律来解释该表演的两次细节过程, 该期节目中该表演者进行了两次表演, 如图 3 所示. 第一次玻璃杯子固定在台子上, 第二次玻璃杯子为悬空状态. 并且该表演者达到稳定状态的声波振幅和频率远高于普通人如图 4 所示. 所表演两次各状态参数列于表 1 中, 从表中可以揭示, 玻璃杯子破碎的必要条件是阻尼系数非常的小 ($\beta \rightarrow 0$), 外界驱动频率 (ω) 接近物体固有频率 (ω_0), 振幅 (A_{\max}) 非常的大. 因此高频率, 大振幅, 持续时间长, 是他第二次表演成功的必要因素.



图 3 “狮吼功”表演者前后两次表演



(b) 普通人的声波谱图

图 4

(下转第 84 页)

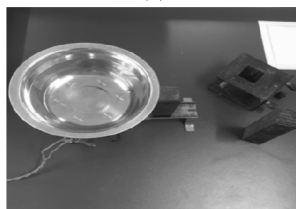
实验结论:电磁感应现象中,由于产生电磁感应的回路总要阻碍原磁通量的变化,所以就产生了力的作用。

4.4 涡流加热 自制电磁炉

图8是自制电磁炉的图片。



(a)



(b)

图8 自制电磁炉

如图8(a)所示,先展示电磁炉进行烧水的生活实例,询问学生电磁炉烧水的原理,进行相关猜想和讨论.如图8(b)所示.

把可拆变压器铁芯半拆开,线圈接上220 V交流电,把盛少量水的铁碗放在线圈上面.过一会,线圈上的水产生了水蒸汽,伴有嘶嘶的沸腾声音,电磁炉的加热原理就明白了。

实验结论:电磁感应现象中,靠近的金属导体内部产生许多闭合的电流,称之为涡流.涡流使金属导体产生发热现象。

5 该装置的特点

本装置取材方便,实验现象明显,巧妙地将抽象的电磁感应以光、运动、热等现象直观地呈现出来,是一个系列实验仪器套装.利用该装置进行实验探究更贴近生活,靠近问题的本源,使学生更容易理解,实际教学效果很好。

(上接第78页)

表1 “狮吼功”表演者表演状态的物理参数及效果

杯子状态	表演刚开始		表演持续一段时间	
	A	B	C	D
	杯子固定在台子上	杯子悬空	杯子固定在台子上	杯子悬空
驱动频率	$\omega \ll \omega_0$ 或 $\omega \neq \omega_0$	$\omega \ll \omega_0$ 或 $\omega \neq \omega_0$	$\omega \rightarrow \omega_0$	$\omega \rightarrow \omega_0$
阻尼系数	β 大	$\beta \rightarrow 0$	β 大	$\beta \rightarrow 0$
振幅	A_{\max} 小	A_{\max} 小	A_{\max} 大	A_{\max} 大
效果	未碎	未碎	未碎	破碎

6 小结

运用物理学共振现象,通过适当地改变条件(如调节阻尼因子、频率和振幅),再加上该表演者具有独到的声音频率和振幅,是可以震碎玻璃杯子的,即“狮吼功”是真实存在的。

参考文献

- 程守洙,江之水.普通物理(下册)(第六版),北京:高等教育出版社,2006.27~31
- 单晓峰.关于受迫振动、共振的实验研究.物理实验,2006,26(8):24~26
- 王忆,杨玉屏,赵健生.受迫阻尼振动系统动力学性质的研究.大学物理,2001,20(7):22~25