

## STEM 教育理念下动圈式扬声器原理教学及制作

何忠燕

(张家港市崇真中学 江苏 苏州 215600)

(收稿日期:2019-02-17)

**摘要:**以高中物理“安培力在生活中的应用——动圈式扬声器原理”为例,详细展示 STEM 教育模式的一般流程,以及利用常见材料开发 STEM 教学项目的过程.

**关键词:**STEM 教育 安培力 动圈式扬声器

学生已经学完了磁场,对安培力知识点已经有了比较深入的理解,但安培力在生活中有哪些应用呢?大部分学生实际上并不是很了解.物理是一门实验科学,是在生活中有重大应用的学科,学物理应该是生动形象,充满探究乐趣的.基于此,有必要让学生通过动手探究安培力的一个重要应用——扬声器,来增强其科学素养.

## 1 项目 STEM 目标体现

**科学目标:**理解动圈式扬声器的工作原理和内部结构、辐向磁场,了解音频电流的特点.

**技术目标:**了解漆包线、会绕扬声器音圈(线圈)、会制作简易扬声器、会测试扬声器.

**工程目标:**能利用漆包线、木地板、圆柱形磁铁、金属螺杆、3D 打印塑料圈、饮料瓶,组装搭建一个能播放动听音乐的扬声器.

**数学目标:**扬声器原理中安培力计算、制作扬声器时绕制线圈的匝数,自制扬声器的功率估算、频率特性等.

## 2 原理探究

**引入课题:**用扬声器(俗称“喇叭”)播放音乐,向学生说明这是动圈式扬声器并提出以下两个悬念:(1)“动圈式”是什么意思?(2)扬声器应用了什么物理知识?(这两个问题暂时不回答,学生在接下来的探究中,自然会理解)

**探究 1:**扬声器为什么会发出声音?

用电唱机播放音乐,引出问题,让学生讨论.在学生回答是因为振动引起声音后,引导学生用实验

来验证扬声器的纸盆在振动(用手摸感受振动或放上乒乓球可以看到它在跳动).

**探究 2:**扬声器为什么会振动?

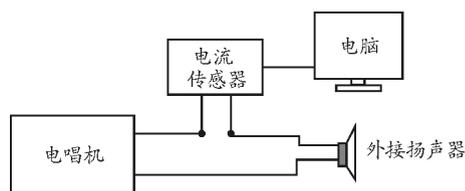
引导学生发现扬声器上有磁铁,联想到内部有磁场;引导学生发现扬声器通过导线连接了电唱机,猜想到必须有电流才能工作.

学生:是因为磁场对电流施加力,是我们学过的安培力.

教师:受到安培力就会发生振动,那为什么我们在上物理课“安培力”知识点时,课上做的演示实验,金属杆只能摆动到某一位置,却不能发生振动并发出声音?

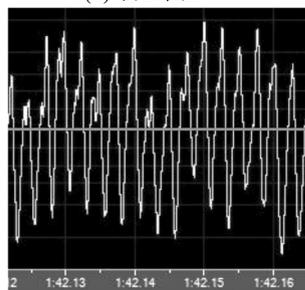
学生:……

**教师演示实验:**用传感器观察通过喇叭的音频电流的波形.实验装置及检测的波形如图 1 所示.



把电唱机内的扬声器拆下,用导线延伸到外部,并串入电流传感器,用于检测音频电流波形

(a) 实验装置



(b) 检测波形

图 1 实验装置与检测波形

实验现象:音频电流的大小和方向都发生周期性变化。

教师小结:原来是磁场对周期性变化的音频电流产生了周期性变化的安培力,从而让喇叭发生了振动。

探究3:扬声器的内部结构是怎样的?

学生分组,拆解扬声器,拆卸后如图2所示,再让学生观察剖面图如图3所示。观察讨论,理解辐向磁场的特点及扬声器的工作原理。

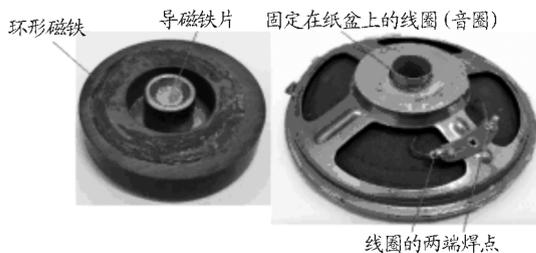


图2 拆卸后的扬声器

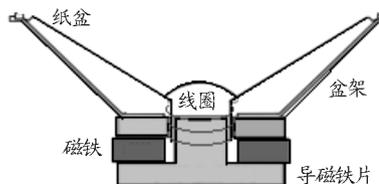


图3 扬声器结构剖面图

探究4:扬声器内部的磁场有什么特点?对线圈产生的安培力大小如何计算?方向如何?

设匝数为  $N$ , 电流为  $I$ , 线圈半径为  $r$ , 线圈处磁感应强度为  $B$ , 如图4所示, 判断线圈的受力方向和大小。

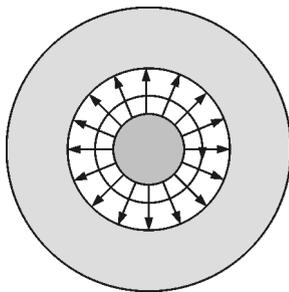


图4 辐向磁场

利用微元法,把导线分割成无数小段,每一段都能看成直导线,分别受力为  $BIL_1, BIL_2, BIL_3, \dots$ , 方向均为垂直纸面向外,因此,圆形导线受到的安培力为各段受力之和,大小为  $BI \times 2\pi r$ ,  $N$  匝线圈受力大小为  $NBI \times 2\pi r$ , 方向垂直纸面向外。

若电流反向呢?安培力方向变为垂直纸面向

内。因此,通以交变电流时,线圈受到了周期性变化的安培力,因而振动起来。

探究5:动态观看扬声器播放音乐时的工作过程。

此处采用自制的可拆卸扬声器,其磁铁与线圈的距离可以调节,这样就可以边听音乐边调节磁铁与线圈的距离了,如图5所示。把可拆卸扬声器和电唱机的输出连接,播放音乐,让学生注意观察磁铁远离和靠近线圈的过程中声音的变化。

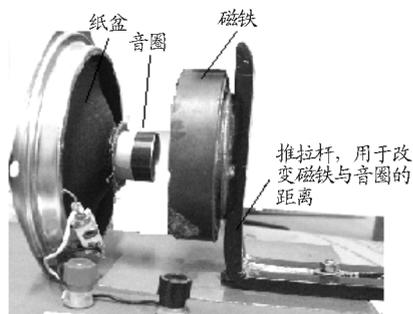


图5 自制的可拆卸扬声器

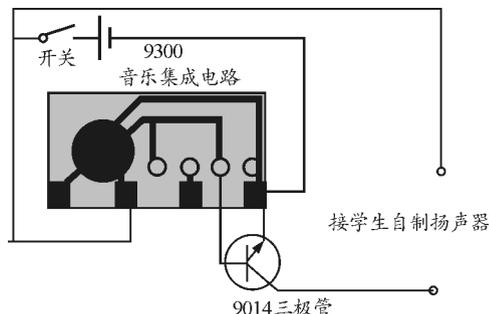
学生会发现:磁铁远离线圈时音量减小,靠近时音量增大。

### 3 方案设计

为确保学生能在课堂完成,对学生自制扬声器进行了简化设计,但也需要确保能正常播放音乐。此处主要进行了5点创新。

(1) 教师自制简易音频信号源,便于各小组能测试他们的作品,如图6所示。

该信号源直接利用电池盒改装,在电池盒内部固定了一片音乐集成电路和一个开关,按下开关,就能输出音频信号,从而让学生自制的扬声器发出音乐。该信号源共需制作12个,确保每个小组都能有一个。



(a) 音频发生器电路原理图



图6 自制简易音频发生器原理及实物图

该音乐集成电路的型号是9300,工作电路非常简单,只要外接一个9014三极管,就能带动常见的小型扬声器.实际制作中9014三极管直接焊接在集成电路基板上就可以了,供电采用2节5号电池.为了让该音频发生器使用更简单,笔者把音乐集成电路和开关,都直接用热熔胶固定在电池盒内,学生只要按下开关,就能输出音频电流.

(2) 采用圆柱形强磁铁,确保学生作品有足够的灵敏度播放音乐.

(3) 采用透明可乐瓶做振动体,确保核心部件清晰可见.

(4) 采用可调节金属螺杆,不仅能将磁铁直接吸附上去,还能旋转螺杆来微调磁铁与线圈的距离,从而便于学生动态观察扬声器工作过程.

(5) 采用3D打印的塑料圈作为骨架,便于学生快速绕制线圈.

#### 4 学生实践

学生分成4人一组,每组下发一个整理箱,里面有制作需要的所有材料.在教师引导下,每组学生需要通过分工合作,自制一个能播放音乐的简易透明扬声器,并能播放音乐测试.学生具体制作步骤如下.

(1) 安装可调节距离的磁铁部件,把螺杆穿过支架上的孔,磁铁吸在螺杆上.

(2) 一人把缠绕的漆包线解开,其他同学负责把漆包线拉直,长度大约3 m.漆包线是外表面裹了一层绝缘油漆的铜导线,常用来绕制线圈.线圈的两端需要把绝缘漆处理掉才能接入电路.本课用的漆包线两端已经刮掉了2 cm左右的绝缘漆并上了一层焊锡.

(3) 把漆包线一端先穿过塑料圈上的小孔,注意穿出长度15 cm,然后再开始顺时针绕制线圈,把3 m长的漆包线全部绕完,最后留下15 cm左右从另一个小孔穿出,如图7所示.

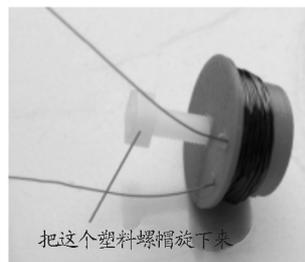


图7 3D打印的塑料圈,用来绕制线圈并能方便固定在可乐瓶上

(4) 线圈绕好后把塑料螺母旋下来,接下来要把线圈固定在饮料瓶上,饮料瓶就是振动单元,类似于扬声器上的纸盆.

(5) 把线圈上的塑料螺杆,穿过饮料瓶侧面的小孔,再把塑料螺母从瓶内部旋紧在塑料螺杆上,这样,线圈就紧紧固定在饮料瓶上了.

(6) 把底座上的螺丝取下,吸附在螺丝刀上,再把螺丝从瓶内部穿过可乐瓶盖上的小孔.

(7) 把可乐瓶固定在底座上,转动可乐瓶,确保线圈对准磁铁.

(8) 把漆包线两端的导电部分,压入两个金属圆片间,这样,线圈就和输入插头相连了.

大功告成:做好后的扬声器以及调节磁铁的位置如图8所示.

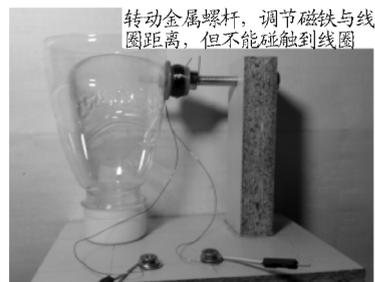


图8 调节磁铁的位置

(9) 学生测试自制扬声器.

把音频发生器和自制扬声器连接,打开音频发生器开关,调节磁铁与线圈的距离,如图9所示.结果学生会惊奇地发现,他们亲手制作的全透明扬声器,也可以播放动听的音乐.

讨论:可以发现,同学们自制的扬声器,播放音乐的音质还是可以的,但音量较小.如何增大音量呢?



# 质点和刚体碰撞时的恢复系数

——从第30届全国物理竞赛复赛第2题说起

俞超

(杭州市萧山区第五高级中学 浙江 杭州 311202)

黄晶

(杭州学军中学 浙江 杭州 312000)

汪飞

(江苏省海门中学 江苏 南通 226100)

(收稿日期:2018-10-12)

**摘要:**从第30届全国中学生物理竞赛复赛第2题出发,通过建立相应的模型,证明了恢复系数及其相关推论在质点力学以及刚体力学中的等价性,最后通过相关试题说明这一性质在物理竞赛试题解答过程中的优越性.

**关键词:**物理竞赛 碰撞 恢复系数 刚体力学

## 1 细致思考 提出问题

**【例1】**(第30届全国中学生物理竞赛复赛第2题)一长为 $2l$ 的轻质刚性细杆位于水平的光滑桌面上,杆的两端分别固定一质量为 $m$ 的小物块D和一

质量为 $\alpha m$ ( $\alpha$ 为常数)的小物块B,杆可绕通过小物块B所在端的竖直固定转轴无摩擦地转动.一质量为 $m$ 的小环C套在细杆上(C与杆密接),可沿杆滑动,环C与杆之间的摩擦可忽略.一轻质弹簧原长为 $l$ ,劲度系数为 $k$ ,两端分别与小环C和物块B相连.

答:换更强大的磁铁,增加线圈的匝数,用功率更大的功率放大器带动……

会实践成功的喜悦.

## 5 课后探究

(1)为什么需要把扬声器放在木盒内做成音箱?

实验演示“扬声器裸露播放音乐”和“把扬声器背部放入纸盒内播放音乐”的差别,现象很明显(组成音箱后低频显著增强),带给学生听觉上的震撼,激发学生的求知欲.

**提示:**这涉及到声波的干涉.

(2)为什么把扬声器反过来也可以作为话筒使用?为什么对扬声器说话,扬声器会产生电流?

**提示:**其中的电磁感应原理,我们很快就会学习到.

(3)安培力在生活中还有一个重要应用——电动机.学生们课后可以拆解废旧收录机、玩具车等里面的小电动机,去研究电动机的结构和工作原理.

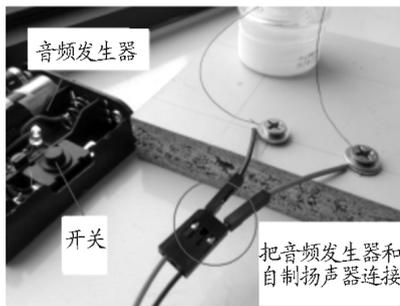


图9 自制扬声器的连接

再让学生触摸可乐瓶和线圈,可以发现它们都在轻微振动.至此,学生们就可以理解“动圈式扬声器”中“动圈”两个字的含义了.

**教师进一步演示:**用功率更大的电唱机带动学生自制扬声器,让学生发现自制的简易扬声器,是可以播放动听音乐的,不仅好玩,还很实用,让他们体