

# 动圈式扬声器的演示实验改进

陈艺灵 蒋炜波 (清华大学附属中学 北京 100084)

**摘 要** 动圈式扬声器利用了通电导体在磁场中受力运动的原理,但初中阶段对扬声器发声的具体过程并未进行展示,这对学生的理解造成了困难。文章研究了单根导线通入音频交流电在磁场中受力发声,进而到导线螺旋式盘绕发声,再到多匝线圈螺旋管式缠绕发声,最终完成了动圈式扬声器演示实验的设计改进,并探索了扬声器演示实验的拓展应用。

**关键词** 动圈式扬声器 安培力 演示实验

**文章编号** 1002-0748(2023)7-0036

**中图分类号** G633·7

**文献标识码** B

## 1 动圈式扬声器演示教学的不足

初中物理“磁现象”章节中介绍了通电导线在磁场中会受到力的作用,并用金属导轨上的通电铝管在磁场中滚动来做演示实验,如图 1 所示。

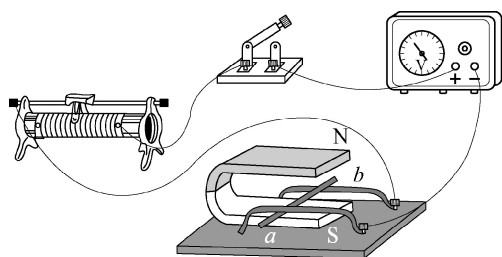


图 1 通电导体棒在磁场中受力运动实验<sup>[1]</sup>

作为通电导线在磁场中受力运动的应用,教材介绍了动圈式扬声器的构造和工作原理<sup>[1]</sup>;它主要由固定的永久磁体、线圈和锥形纸盆构成;当线圈中通有电流时,线圈受到磁场的作用而运动;当线圈中的电流反向时,线圈向相反方向运动;由于通过线圈的电流是交变电流,它的方向不断变化,线圈就不断地来回振动,带动纸盆也来回振动,于是扬声器就发出了声音。动圈式扬声器是一个通电导线在磁场中运动的重要生活实例,其内部真实结构展示如图 2 所示。

教学实践中学生不容易理解动圈式扬声器的组成结构和工作原理,这是因为从通电导体在磁场中受力直接到扬声器实物的跨度太大,即便将动圈式扬声器拆解后展示内部结构,对缺乏扬声器相关认知的学生而言,它的工作过程仍然难以理解。现有的演示实验中主要有以下几个问题。

首先,通入交变电流之后线圈在磁场中是如何受力运动的,教材中只陈述了电流方向变化时线圈

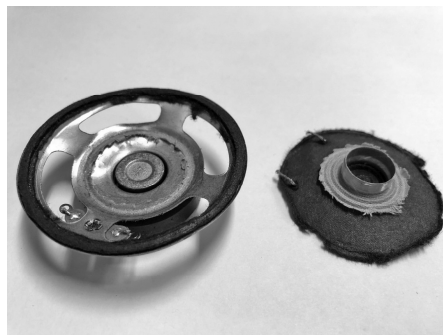
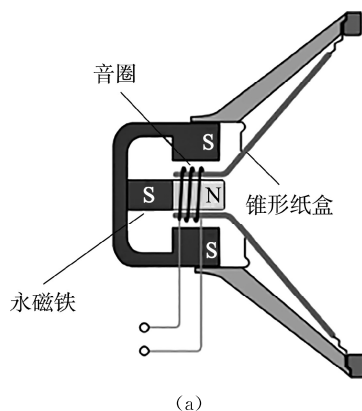


图 2 动圈式扬声器的结构

受力方向会发生变化,但学生对此并没有直观的观察和体验。而且判断通电导线受力方向所用的左手定则,并不是初中物理课标所要求的内容,在缺乏左手定则的情况下很难带领学生详细分析扬声器的工作过程。

其次,通电直导线在磁场中可以受力运动,那么为什么要用几十或者上百匝线圈呢?初中阶段不要要求学生掌握安培力的大小与长度的正比关系,因此从实验中的单根导体棒受力到扬声器中的线圈受

力,教与学中的衔接过渡并不顺畅。

最后,对动圈式扬声器进行拆解的确能看到其内部结构,但环形磁体、锥形纸盆、环绕线圈等结构学生并不容易理解,并且装置体积很小不方便展示,焊点松动后也很难组装回去再次发声,演示实验不具有简洁直观性和操作可重复性。

## 2 动圈式扬声器演示实验的改进

笔者尝试对扬声器的结构与原理的演示实验进行改进,设计了一系列演示教具,从直导线到螺旋式盘绕导线,再到圆筒上缠绕多匝线圈,循序渐进趋近真实的动圈式扬声器,让学生体验发明设计的过程,弥补发声原理与扬声器产品之间的教学衔接间隙。

### 2.1 一根直导线也能发声

在进行了图 1 所示的通电导线在磁场中受力的实验后,通过改变电流方向观察导体的受力运动方向,然后将问题引入到“当交流电通过直导线时会发生什么现象”上。实验直接从音响上拆下音频连接线,保留调节音量的线控旋钮,将音源插头一端插入手机的音频输出圆孔,在另一端本该接喇叭的接线处接入一根导线,如图 3 所示,这样在导线中就有与声音信号相一致的交变电流通过。

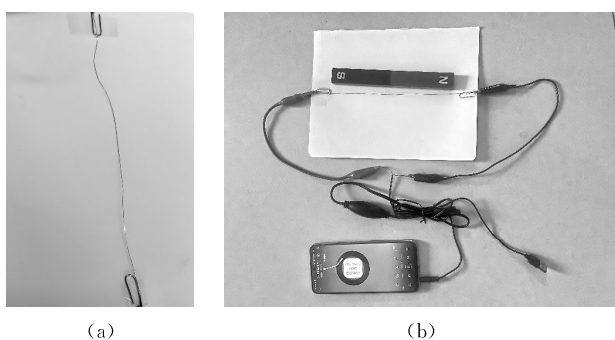


图 3 长直导线发声

音频线上除了音源接头外还有电源 USB 接头,这是因为音频线的音量调节旋钮中还有功率放大电路,通电之后可以将手机输出的微小电流放大后再接入下一级。

根据通电导体在磁场中受力运动的实验,学生能够分析出通入交流电后导线会在磁场中左右振动。那么事实真是如此吗?在图 3 中将条形磁铁贴近通电导线纸板后方,用手机播放一段音乐后,这根导线发生振动并且敲击紧贴在导线下的纸片,学生不仅能直接看见导线的振动,还能够听见导线发出了微小的音乐声。

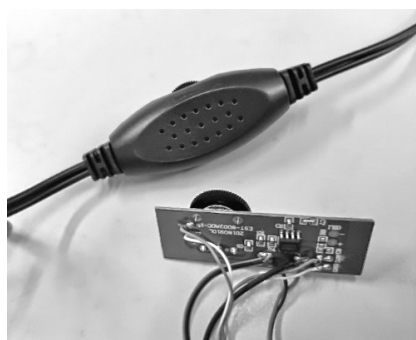


图 4 音量调节装置与其中的功放模块

### 2.2 螺旋式盘绕导线发声

一根直导线发出的声音太小,怎样才能让它发出的声音更大呢?通过图 1 所示的演示实验,以及通电螺线管部分的学习,学生能够认同通电导线受力的大小与磁场的强弱、电流的大小和导线的长度有关。通过音量调节旋钮可以改变电流大小,换用强磁铁可以改变磁场强弱,改用盘绕线圈可以改变通电导线在磁场中的长度,学生能够猜想到这些操作都可以改变导线受力的大小,进而改变发出声音的大小。

实验中将纸板上的直导线换为如图 5 所示螺旋式盘绕的导线盘,并换用强磁体后,导线振动发出的音乐声明显大了很多。

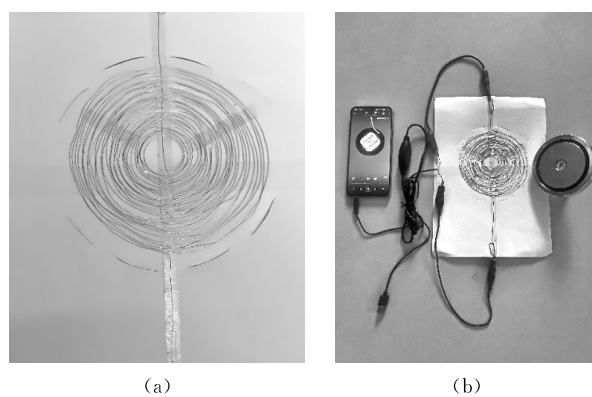


图 5 “蚊香”式导线板

### 2.3 螺线管式线圈发声

永磁体的体积大小有限,螺旋式圆盘导线增加较多圈数时圆盘面积会过大,使得外圈导线离磁体太远,声音增强就不再明显了。有办法在磁体体积和圆盘面积有限的情况下,进一步增加导线的长度吗?

在滑动变阻器利用螺线管改变长度的启发下,学生能比较自然地想到将导线缠绕在圆筒上,匝数越多导线越长,受力越大振动发声也越大。将缠好

线圈的圆筒贴到纸板上, 替换螺旋式盘绕导线接入音频电流, 如图 6 所示, 将条形强磁体插入螺线管中就能听到很大的音乐声, 这便是动圈式扬声器的基本模型。

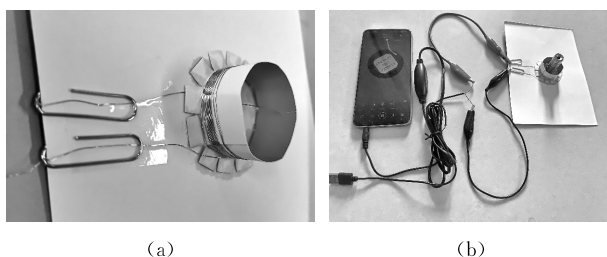


图 6 螺线管式导线圈

经过一系列的实验, 学生经历了从直导线到多匝线圈的变化过程, 每一步的原理都能明白, 对实验结果也都有正确的预期, 有效地实现了从简单的通电导线在磁场中受力的原理到复杂的动圈式扬声器的衔接。

### 3 演示实验装置的延伸使用

动圈式扬声器的演示实验装置, 还可以结合具体的情况进一步在教学中开发使用, 比如完成扬声器的进一步制作、演示并探究电磁感应现象等。

#### 3.1 制作更完整的扬声器

用纸壳在音响前做一圈围栏, 如图 7 所示, 就像用双手捧在脸前喊话可以减小声音向其他方向传播耗散的能量一样, 围栏可以让接收处听到的声音更大, 这样的设计可以帮助学生理解为什么扬声器前方要设计成内凹的纸盆。



图 7 发声线圈外加上围栏



图 8 给发声线圈加上共鸣箱

另外, 很多乐器声音之所以宏大, 是依靠了共鸣箱。如果给扬声器后方加上一个盒子作为共鸣箱, 如图 8 所示, 声音也能大很多。或者应用激光切割、打孔、粘接等技术组装音响, 如图 9 所示, 这样得到的扬声器与实用扬声器越来越接近。

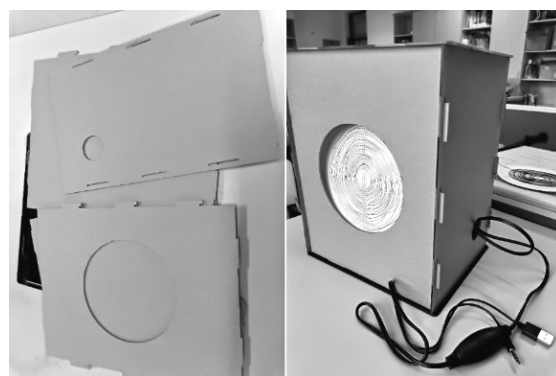


图 9 激光切割板材与拼接成的共鸣箱

#### 3.2 探究安培力大小的影响因素

动圈式扬声器演示实验中声音大小可以直观反映通电导线的受力大小, 因此, 利用该装置可以定性探究电流大小、导线长度、磁场强弱对安培力大小的影响。

通过单根导线与盘绕导线的对比, 可以得到导线在磁场中的受力与导线长度有关。音量调节旋钮是调节电位器的, 它就相当于简单电路章节中学习过的滑动变阻器, 可以调节电流的大小, 并且通过声音随电流的变化, 可以得知导线在磁场中的受力随电流的变大而变大。将磁铁靠近贴了绕制导线的纸盘, 越靠近声音越大, 越远离声音越小, 如图 10 所示, 可以得到导线在磁场中的受力随磁场的增强而变大。

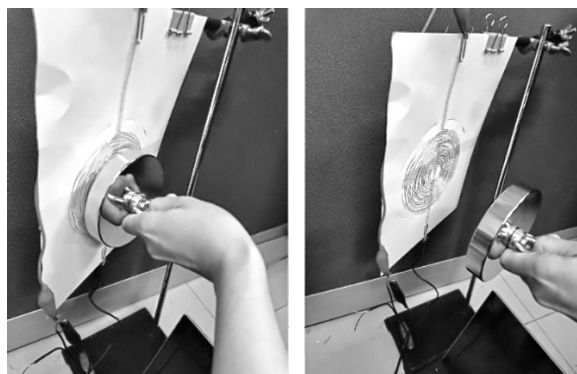


图 10 将磁铁靠近、远离导线板

#### 3.3 探究感应电流大小影响因素

初中阶段, 感应电流演示实验和通电导体在磁场中受力的演示实验极其相似, 利用动圈式扬声器演示装置, 稍加调整即可探究感应电流大小的影响因素。

(下转第 35 页)

产生新思想、发现和创造新事物,是高阶思维中最高水平的要求,是人类特有的一种综合性本领。也正因为如此,人们往往认为不可能在初中甚至高中物理学习过程中创造出一种产品。事实上,创造可以是发生在一个小范围群体中,而其他群体可能已经知道,那么这就是这个小范围群体中的一项创造;或者,某个思维实践的结果仅仅是对一个方法或结构的细微改变,这实质上也是一次创造。因此,创造并不是高不可攀的思维活动。

### 3 初中物理“支架式教学”助力高阶思维培养的实践反思

初中物理“支架式教学”助力高阶思维培养的课程研究与实践探究,我们的收获可以归纳为如下“三个认识”。

#### 3.1 认识“支架式教学”的重要意义

基于“建构主义”认知学习理论和“最近发展区”教学理论的“支架式教学”,其意义在于:学习过程中,在实际发展水平与潜在发展水平之间搭建“脚手架”;学习目标中,在记忆、理解与分析、创造之间搭起“脚手架”;学习效果中,在“学会”与“会学”之间搭起脚手架。

#### 3.2 认识“支架式教学”的实施关键

实施“支架式教学”,关键是教师要树立“学生是学习的主人”的教改核心理念,要注重教师的引领作

用,营造课堂教学师生的合作互动的教学模式,培养学生自主学习的欲望和能力。而搭建教学“脚手架”的方法除了情境支架、问题支架、模型支架、任务支架之外,还可以有图表支架等,在总复习时,可以架起“归纳、比较、贯通”的支架。

#### 3.3 认识“支架式教学”的遵循原则

“支架式教学”的目的是培养高阶思维,其教学过程中,应该遵循有的放矢和循序渐进的原则,一是从关注教材的分析,到强调学情的变化;二是从关注“最近发展区”,到建构“连片知识网”;三是从实施一个个课堂教学小目标,到体现提高核心素养总目标;四是不忽视记忆、理解、应用的低阶思维,进而培养分析、评价、创造的高阶思维。

“世上无难事,只要肯登攀”。在“支架式教学”的课堂里,教师是循循善诱的引导者,学生是蓬勃向上的攀登者,这是我们不断追求的教学理想和教学境界!

#### 参考文献

- [1] 林勤. 思维的跃迁:高阶思维能力的培养及教学方式[M]. 上海:华东师范大学出版社,2019:1—17.
- [2] 高文,徐斌燕,吴刚. 建构主义教育研究[M]. 北京:教育科学出版社,2008:1—20.
- [3] 谢小丽. 搭好脚手架 助理解路[J]. 中学物理,2017(9):51.
- [4] 孙晓兵,石亮. “IPAD 互动课堂”提升课堂效率的六个维度[J]. 中学物理,2017(4):60.

(上接第 38 页)

先将导线与音频线断开,将导线接入微小电流计,将磁铁在螺旋式导线盘附近晃动,便可以看到微小电流计指针左右偏转,如图 11 所示,这说明线圈中产生了感应电流。改变强磁铁到导线盘的距离从而改变磁场强弱,改变磁铁晃动的速度从而改变导线切割磁感线的速度,进而完成感应电流大小影响因素的研究。



图 11 用螺旋式导线盘演示电磁感应现象

### 4 结束语

动圈式扬声器的改进实验,切实关注到了学生的认知困难和需求,通过有思维台阶的实验带领学

生一步一步设计制作出可以真正发声的扬声器,将物理原理和设计制作有机结合在一起的同时,还启发了学生进行更加深入的科学探究。

在初中阶段,学生的认知水平和能力尚显不足,教学中需要充分发挥物理实验的支撑作用,而实验的设计则应该充分考虑学生的思维发展需求,要设计直观的演示实验以帮助学生理解原理<sup>[2]</sup>。与此同时,物理实验还要能够启发学生联系实际的思考,能解释贴近生活的各种实践应用,从而达成新课标“从生活走向物理,从物理走向社会”的理念。

#### 参考文献

- [1] 闫金铎,苏明义. 义务教育教科书物理九年级全一册[M]. 北京:北京师范大学出版社,2022
- [2] 蒋炜波,王宏. 物理实验的设计如何指向学生科学思维的培养[J]. 物理教学,2019,41(12):10—12,9.