

关于“电磁阻尼”教学的一点思考与探索

张红明

(北京师范大学附属中学 北京 100052)

(收稿日期:2021-12-03)

摘要:人教社2020版高中物理选择性必修二第二章第四节内容是“涡流、电磁阻尼和电磁驱动”,其中在“电磁阻尼”部分,教材中安排了做一做栏目.在备课的过程中,发现了问题,通过对问题的解决,经历了一次成功的科学探究过程.经过反思,觉得这是一个绝好的科学探究素材,于是在实际教学中尝试设计了一节基于电磁阻尼的实验探究课.这是一节基于实际问题解决的探究课,非常自然而真实,收到了很好的效果.

关键词:高中物理 电磁感应 电磁阻尼

人教社2020版高中物理选择性必修二第二章第四节内容是“涡流、电磁阻尼和电磁驱动”,其中在“电磁阻尼”部分,教材中安排了做一做栏目.具体如下:

取一只微安表,用手晃动表壳,观察表针相对表盘摆动的情况.用导线把微安表的两个接线柱连在一起(图1),再次晃动表壳,表针相对表盘的摆动情况与刚才有什么不同?怎样解释这种差别?为什么灵敏电流表在运输时总要用导体把两个接线柱连在一起?

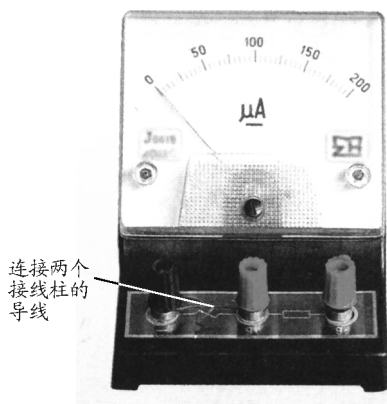


图1 教材“做一做”栏目题图

1 发现问题

图片中给出的灵敏电流计一共有3个接线柱,

一个黑色的和两个红色的,图中标注的连接两个接线柱的导线在图中基本上看不清楚,仔细看应该是连接黑色接线柱和中间的红色接线柱.笔者在准备实验时,实验室用到的灵敏电流计是杭州电表厂制造的“J0409”型号,如图2所示.首先按照教材中的做法,用一根导线将黑色接线柱和中间的红色接线柱连接,用手晃动表针,发现跟不接导线相比,指针晃动的幅度和停下的时间都明显减小,观察到了很好的电磁阻尼效果.同时自然地还做了另外两个实验,把两个红接线柱用导线连接、把黑色接线柱和远端的红色接线柱用导线连接,晃动表针,发现跟没有连接导线的情况差不多,完全观察不到电磁阻尼现象.



图2 J0409型灵敏电流计

尝试解释以上现象产生的原因. 笔者脑子里自然地将双量程电流表的电路结构联系起来, 双量程电流表的电路结构如图3所示. 按照这个电路, 在连接导线之前, 表头和两个电阻已经构成通路, 可以形成感应电流, 但考虑到回路的总电阻是表头内阻和 R_1 与 R_2 电阻之和, 因此表头线圈中的电流会非常小, 因此电磁阻尼效果会非常弱. 如果在 a 与 b 间连接导线, 短路的是 R_1 ; 如果在 a 与 c 间连接导线, 短路的是 R_1 和 R_2 , 如果在 b 与 c 间连接导线, 短路的是 R_2 . 根据电路中电流的计算, 应该是连接 a 与 c 间的导线, 也就是教材中连接黑色接线柱和远端红色接线柱时, 晃动电表时通过表头的感应电流最大, 观察到的电磁阻尼现象应该最好. 理论分析和上述实验现象是矛盾的, 这就是笔者在备课中遇到的问题, 也是决定要去解决清楚的问题.

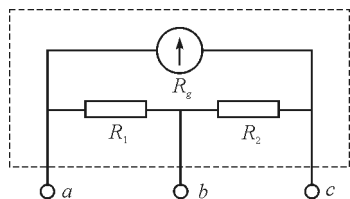


图3 双量程电流表的电路结构图

2 问题的解决

直觉上, 把灵敏电流计看成是双量程电流表的结构是不正确的. 表盘上接线柱间的电阻连接符号也很好给出了提示, 如图4所示, 两个红色接线柱之间正常地标定为 $2.4\text{ k}\Omega$ 的电阻, 黑色接线柱和中间红色接线柱之间是一个不常见折线加箭头的连接符号, 标注电阻为 $100\ \Omega$. 笔者猜测黑色接线柱和中间红色接线柱之间实际上可能没有电阻, 是一个待接 $100\ \Omega$ 的电阻, 或者可以从外部接入一个 $100\ \Omega$ 的电阻, 两个红色接线柱之间是实实在在地接入了一个 $2.4\text{ k}\Omega$ 的电阻. 于是双量程电流表的结构就变成下面的样子, 如图5所示. 这个可以比较好地解释, 不连接导线时, 电路是断开的, 晃动表头不能形成感应电流产生电磁阻尼效果. 同时可以解释连接 a 与 b (也就是教材中的黑色接线柱和中间红色接线

柱), 就能形成感应电流产生电磁阻尼效果. 也可以解释连接 b 与 c (也就是教材中的两个红色接线柱), 不能形成电流产生电磁阻尼效果. 但是解释不了, 连接 a 与 c (也就是教材中的黑色接线柱和远端红色接线柱), 不能形成感应电流产生电磁阻尼效果. 按照这个电路图, 应该是连接黑色接线柱和远端红色接线柱有最大的感应电流, 会产生最好的电磁阻尼效果. 于是再一次陷于困境.



图4 双量程电流表表盘

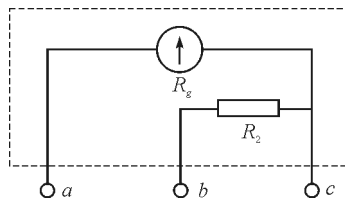


图5 电表结构图1

在肯定 a 与 b 间没有实际接入电阻, b 与 c 之间连入一个 $2.4\text{ k}\Omega$ 的电阻的基础上, 作出进一步猜想, 电路连接结构如图6所示. 这个连接的最大特点是, a 与 b 两点直接和表头连通. 按照这个结构可以很好地解释上述实验现象.

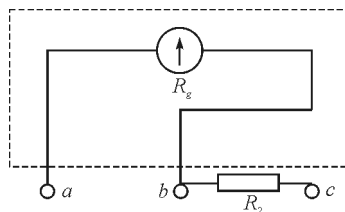


图6 电表结构图2

(1) 不连接导线时, 表头是断开的, 晃动表头, 表头线圈中不能形成感应电流而产生电磁阻尼现象.

(2) 连接 a 与 b 时, 也就是教材中的黑色接线柱和中间红色接线柱, 由于通路中的总电阻最小, 表头

线圈中会形成最大的感应电流而产生最佳的电磁阻尼效果。

(3) 连接 b 与 c 时,也就是教材中的两个红色接线柱,由于表头没有形成通路不能形成感应电流而产生电磁阻尼效果。

(4) 连接 a 与 c 时,也就是教材中的黑色接线柱和远端红色接线柱,由于通路中的电阻最大,表头线圈中会形成比较小的感应电流而无法产生较明显的电磁阻尼效果。

以上还只是停留在猜想阶段,猜想是否正确还需作进一步的论证。接下来,笔者要做的工作就是打开灵敏电流计的表壳,探个究竟。打开表壳是个简单的过程,比想象的要简单得多。因为并不需要把整个表拆解了,只需要把接线柱部位对应的底面的两个螺丝拧开。打开后的连接图如图 7 和图 8 所示,于是真相大白,与笔者以上的猜想完全吻合,于是问题就算彻底解决了。



图 7 拆掉电流表底面



图 8 接线柱背面放大

3 教学上的思考与实践

以上问题的解决过程,是发生在笔者备课时真实经历的过程。这个问题的解决,让笔者收获了一种成功的体验。现在思考,笔者之所以能够比较顺利地解决这个问题,就是很好地运用了科学探究:从实验中发现问题的,提出猜想,构建模型,理论分析再到实验验证。科学探究是物理学科核心素养之一,正是我们在开展物理课堂教学要着力落实的。于是笔者决定把教材中“做一做”的这个栏目设计成一节基于实际问题解决的科学探究课。教学实践的结果表明,整个教学过程非常的自然,没有为了探究而探究,而是基于实际问题解决的有效学习。有几个关键环节和预期的效果完全一致,分享如下:

(1) 学生在做实验时,除了按教材上的连接黑色接线柱和中间红色接线柱之外,很自然地连接了另外两种方式,也发现了电磁阻尼效果的不同。

(2) 学生在分析时,会把灵敏电流计看成是双量程电流表,发现用双量程电流表的电路来分析时,与实验现象冲突。

(3) 学生能够否定灵敏电流计的双量程电流表连接结构,并猜想构建可能的连接方式。

(4) 学生能够想到问题的最终解决得把电流表拆开看一看连接方式。

(5) 学生在猜想得到验证,问题得到解决时收获了成功的学习体验。

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(2017年版)[S]. 北京:人民教育出版社,2017
- 2 人民教育出版社课程教材研究所. 普通高中课程标准实验教科书物理选择性必修 2[M]. 北京:人民教育出版社,2020
- 3 人民教育出版社课程教材研究所. 普通高中教科书 教师培训手册 物理[M]. 北京:人民教育出版社,2020
- 4 人民教育出版社课程教材研究所. 新物理教师用书选修 2[M]. 北京:人民教育出版社,2020