

## 以提高学生能力为目标的实验指导

乐永康, 王建华

(复旦大学 物理教学实验中心, 上海 200433)

**摘要:** 实验教师如何通过实验指导过程, 去帮助学生提高综合能力, 特别是发现问题、分析问题和解决问题的能力? 我们认为, 实验教师至少可以在以下三个方面发挥很大的作用: 帮助学生将实验现象和背后物理有机地联系起来; 启发学生在实验中发现; 引导学生去分析问题。

**关键词:** 联系现象和物理; 发现问题; 分析问题

### 1 引言

实验课程的一个重要目标是提高学生“发现问题、分析问题和解决问题的能力”。除了帮助学生在实验课上顺利完成实验之外, 实验指导教师的作用应该是努力通过实验, 去帮助学生提高综合能力。但要实现这一点, 并不容易。近年来, 我们在面向全校理工医科低年级学生开设的“物理实验基础”课上做了一些尝试, 有些积极的成效。在此, 以三个实验的指导实践为例, 从帮助学生将实验现象和背后物理有机地联系起来, 启发学生在实验中发现, 引导学生去分析问题三个方面来介绍一些我们的体会。

### 2 从实验现象到背后的物理

“LCR 串联谐振”的主要内容包括确定 LC 串联电路的实际谐振频率, 通过测损耗电阻和谐振曲线分别求品质因数  $Q$ [1]。实验时所用的电路如图 1 所示: 实验中, 我们用一个双踪交流毫伏表的两个输入端分别监测信号源的输出电压  $U_1$  和采样电阻  $R_{外}$  两端的电压  $U_2$ 。实验时调节信号源的频率  $f$ , 外电路的阻抗  $Z$  会发生如下改变: 可以观察到双踪交流毫伏表的两个指针会随着频率的改变而转动。由于交流电是电磁学中相对较难的内容, 学生掌握的情况并不太好, 加上有些学生在实验之前还没有学到这部分的内容, 为了让学生能明白看到的实验现象背后的物理, 我们会在实验课开始的时候把学生集中起来, 接好电路, 调节信号源的频率, 让所有学生都看清实验现象, 然后一起讨论  $U_1$  和  $U_2$  为什么会这么变化。直到学生都能明白外电路阻抗会随频率发生改变, 当信号源频率趋近于 LC 电路的谐振频率时, LC 部分的感抗与容抗之和趋近于零, 外电路总阻抗趋于最小, 而电流趋于最大, 所以  $U_2$  会增大, 又由于信号源有内阻, 输出电压  $U_1$  会随着负载电流的增大而减小; 在信号源频率远离 LC 电路的谐振频率时,  $U_2$  减小  $U_1$  增大; 而在谐振频率时,  $U_2$  和  $U_1$  都是各自的极值。在学

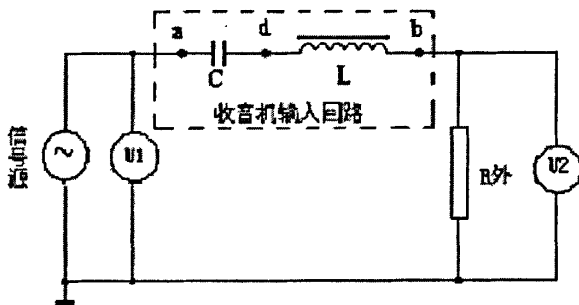


图 1 LCR 串联谐振实验的原理图

生明白了这些内容之后,实验上的操作就顺利多了,加上是集体讨论,学生的理解比较到位,且能留下较深的印象。预期的教学效果也容易达到。作为补充,我们还会问学生:这里阻抗的计算公式有什么特点?为什么不同于电阻串联、并联时的计算公式?为什么感抗和容抗之间是个减号?这几个问题有助于学生掌握复阻抗的概念,L和C都会影响交流信号的相位。

### 3 启发学生在实验中发现问题的

实验课和理论课的一个区别在于:研究的问题是怎么来的。理论课授课的一般方式是:教师根据课程自身的逻辑体系去推理、演绎,结合课后的习题,让学生理解和掌握所学的内容。这里,学生学习的内容基本上都是老师“圈定”的,课后的习题也是预先设计好的,学习过程中,能够跳出老师圈定的知识范围的学生属于少数。在实验课上,虽然每一个实验项目都有明确的目标——得出实验结果,实验讲义中一般也有明确的实验步骤的描述,但是,能够按照给定的实验步骤完成实验内容,得出实验结果,学生这才达到了最基本的课程要求,这个过程对提高学生能力,特别是提高创造力的帮助是很有限的,也正因此,近年来的实验教学改革的一项内容是:在实验教学中引入科研元素,实践设计性研究性实验教学的理念。我们看看科学史,绝大多数的伟大发现、里程碑意义的突破都是在理解与原有的理论不符合的现象和结果的过程中取得的,也就是,研究人员首先要看到自己的研究工作有“问题”,才

$$Z = \sqrt{(2\pi fL - 1/2\pi fC)^2 + R^2}$$

可能有接下来的突破。而那些对问题“视而不见”的科学家最终都和重大发现擦肩而过。所以,实验教学过程中应该引入的一个重要科研元素是:让学生对自己的实验过程中出现的“问题”敏感且好奇心。实际上,学生在实验过程中遇到“问题”的机会是非常多的:譬如因为没有完全理解实验原理和实验步骤,错误操作时会出现和预期不一致的现象;学生有意改变实验参数时,也会出现“新现象”;实验仪器有故障时,也会有特定的实验现象.....如果学生能够注意到这些问题,选择其中有价值的内容,并去做有针对性的探究,尝试自己去解决问题,必将有利于提高对实验课的兴趣,增强实验能力。然而,本科生一般都不具备这方面的能力,特别是判断哪些“问题”是值得深入探究的能力,但这样的能力在他们今后的工作中却是很重要的,可以说是能体现他们的研究能力的重要素质。显然,这样的能力是很难通过理论课来提高的,所以实验课的一个要务是启发学生在实验中发现问题的。

“亥姆霍兹线圈磁场的测量”是一个简单的实验<sup>[1]</sup>,学生一般都能很快就能完成实验的基本要求。实验讲义中有一道思考题:测量磁场的过程中,为什么要逐点调零?学生一般会用书上的一句话来回答这个问题:调零的作用是为了消除地磁场的影响及对其它不稳定因素的补偿。针对这样的情形,我们会在实验课上启发学生:抵消地磁场的影响需要逐点调零吗?“其它不稳定因素”具体包含哪些?这时,学生很快会明白,地磁场在实际测量范围内是不会改变的,只需要在实验前调零一次就够了,“逐点调零”看来是要“补偿其它不稳定因素”,定性地说,一般学生都能够举出一些随着时间、测量点的变化有不同影响的因素。我们的教学实践中,甚至还有学生非常认真地使用实验中的霍尔传感器具体测量了他们能想到的各种因素造成的影响的大小<sup>[2]</sup>。图2是实验中心网站上,07级的陈晨同学在地磁场的变化,手机磁场,周围实验的同学开关实验设备等的讨论和思考内容节选。给学生这样的问题,很好地激发了他们的好奇心和进行自主探索的动力,让学生体验到:在“物理实验基础”课上,我们也是可以去研究一些有价值的内容的。

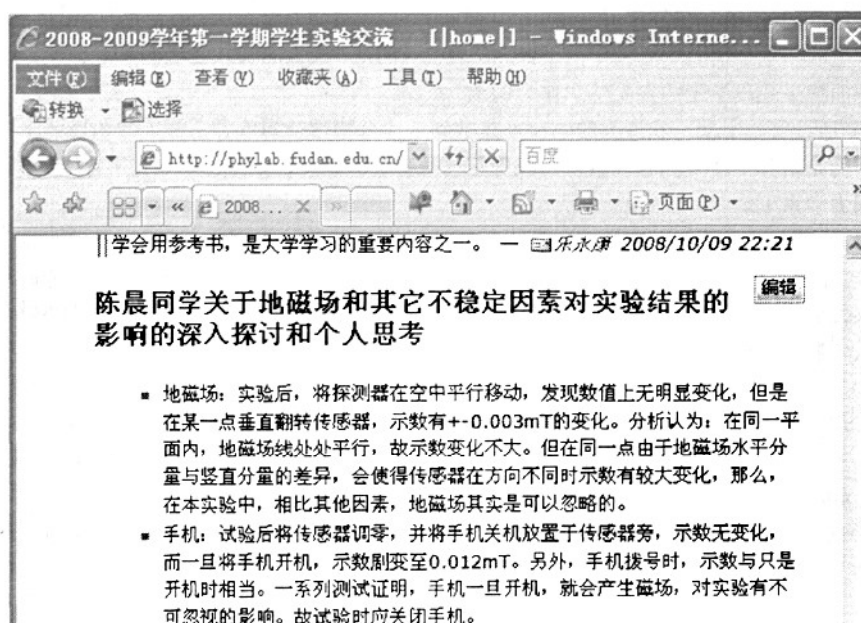


图2 07级的陈晨同学测量了各种情况下的霍尔传感器测得的磁场后的讨论内容节选

#### 4 通过问题引导学生去分析问题

惠斯通电桥是个很多学校都做的电磁学基本实验,对于实验中的思考题“电桥的灵敏度和哪些因素有关”,学生往往感到无从下手,请教老师是很多学生遇到困难时的第一想法。我们在遇到学生提出这类问题的时候,往往是先不给答案,而是给一堆问题将问题细化,同时隐含寻找答案的思路,以启发学生自己去思考,自己去寻找答案。

对于“电桥的灵敏度和哪些因素有关”这个问题,学生需要明白:实验时我们根据检流计两端的电势差来判断电桥是否平衡;所以,电桥的灵敏度取决于两个方面:1)所选用检测仪器能否指示两个桥臂中点间的微小电势差,2)怎样选择桥臂电阻使得调节电阻上的微小变化就能带来上述电势差的最大变化。为此,我们给学生的启发性问题是:

- 1) 在调节电路的时候,我们是根据检流计指针是否有偏转来判断电桥是否平衡的。检流计指针的偏转反映的是电桥两臂间什么物理量的大小?
- 2) 假如调节电阻在阻值为  $R_S$  时,电桥达到平衡,当该电阻的阻值有一个小量  $\delta$  变化时,检流计两端的电势差如何计算?
- 3) 桥臂上的各个电阻怎么配置,可以使上述电势差在相同的  $R_S$  变化时出现最大值?
- 4) 在检流计两端的电势差固定时,检流计指针偏转的大小和什么有关?
- 5) 对实验时所用的检流计,能判断的指针的最小偏转对应的电流变化是多大?此时,检流计两端电势差的变化是多大?

学生在逐个回答这些略带提示的问题之后,自然就有了“电桥灵敏度”问题的答案,这样的过程应该比直接告诉学生问题的答案会有更好的教学效果;更重要的是,学生能够在此过程中学习怎么去分析一个看似很难下手的问题,去理解什么是解决问题的关键。

#### 5 学生反馈

这样的尝试需要老师在实验指导中投入很多的精力,很简单的一点是:学生做实验的过

程一般都需要延长不少时间,这个过程中额外的指导往往也是必须的;另一方面,用以启发、引导学生的问题都需要用心去专门设计。令人欣慰的是,我们的实践也取得了不少积极的效果,下面摘录几段学生的实验感想作为例子<sup>[3]</sup>:

1) 通过普物实验,我最大的收获不是学到了什么物理知识或者了解了什么物理原理和现象,而是培养了良好的实验素质。我想这也是普物实验课最重要的目标吧。(08级理论与应用力学系王璐弘)

2) 物理实验比化学和生物实验都更加随意轻松。大家有更大的自由去按自己的想法进行实验。而且,提前做完了必做实验还可以做做选做内容,甚至还可以自己去设计实验。如此一来,大大提高了我对物理实验的兴趣,实验不再仅仅是机械地照搬课本。(08级临床医学八年制 刘晓静)

3) 一直以来,我的物理实验做得并不出色,实验室老师耐心的、循循善诱的讲解,让我一步步地爱上了物理实验,体会到其中的妙处。作为物理系学生,我也由此深深体会到了物理实验的重要性、实验中所贯穿的研究科学严谨、认真的态度,以及物理实验本身的魅力所在。(08级物理系孙璐)

4) 感谢物理实验课!是这门课让我终于有一点喜欢上物理了!(08级电子科学与技术系胡丁力)

5) 作为一个高中加化学的学生,每一次实验都有如履薄冰的感觉,每星期四下午我都心情沉重。这次实验是个例外,虽然实验步骤比示波器之类的简单许多,我却从中得到了更多的收获。我发现虽然自己的物理知识不丰富,但也一样可以有所发现、有所收获。现在对电磁学、霍尔效应、霍尔传感器有了比较清晰的了解,同时也对接下来的实验更有信心了。虽然只在您的实验室做两个实验,但是那却成了我快乐的记忆,物理实验从此不再那么让我畏惧。(08级化学系李玲)

#### 参考文献:

- [1] 沈元华 陆申龙 《基础物理实验》[J] 北京:高等教育出版社,2003
- [2] <http://phylab.fudan.edu.cn/doku.php?id=exp:hmh:discussion:2008-2009-i>
- [3] [http://phylab.fudan.edu.cn/doku.php?id=course:comments\\_from\\_students](http://phylab.fudan.edu.cn/doku.php?id=course:comments_from_students)

## Lab supervision practice aiming at improving student's ability

LE Yong-kang, WANG Jian-hua

(Physics Teaching Lab, Fudan University, Shanghai 200433, China)

**Abstract:** How to improve the student's ability in a teaching lab is an important issue for lab supervisors. From our practice during the "Fundamental Physics Laboratory" for students in lower level, we found that supervisors could be very helpful at least in the following three aspects: helping the students to understand the underlying physics of observed experimental phenomena, inspiring the students to identify problems in laboratory practice, guiding the students to analysis a practical problem.

**Key words:** experimental phenomena and underlying physics; identify a problem; analysis a problem