

浅析电池电动势和内阻测量的基础教学策略

刘俊

公主岭市第一中学校

摘要：纵览2024年高考物理试题，主旨在于凸显试题的基础性，在此基础上强化创新性，整体体现综合分析的能力，为选拔强国型人才设置了探究型测量实验。这就要求我们在今后的教学中，一定打牢基础，基础不牢其他都是空谈，实验试题仍然是力、电两大模块。下面详细分析一下电学实验的“电池电动势和内阻的测量”最基础的教学策略。

关键词：内接法；外接法；电动势；内阻；电压表的分流作用；电流表的分压作用

【DOI】 10.12252/j.issn.2096-627X.2024.11.079

引言

高考是选拔人才的一种方法和手段，也是对高中教学方向的指导和引领，每年高考后相关任课教师都会自觉研读领悟高考的试卷，为以后更精准的教学把握正确的方向。高中电学测量实验：“电池电动势和内阻的测量”的实验电路有两种。一种是电流表的外接（相对电源），也是教材采取的实验电路图；另外一种是对比教材的电流表的内接电路图。本实验包括待测电源、开关、导线，还有两表一器，电流表、电压表和滑动变阻器，组成串联电路，电压表测量路端电压。滑动变阻器在电路中起到限流作用，这是电学中最简单的一个电路。

一、教材电路，电流表对电源来说采用外接法

连接电路图，在开关闭合之前要检查电路，滑动变阻器的阻值是否位于阻值最大处。闭合开关，移动滑动变阻器，多读取几组电压表和电流表的数据，然后建立坐标系U—I图像，用图像法求得E、r，可以大大减小实验误差^[1]。

1. 电池最好选择旧电池做实验效果明显。U—I图像在坐标系描绘的图线是一条倾斜向下的直线，将直线延长与横轴、纵轴相交，如果横纵坐标都是从“0”开始的，那么纵轴截距数值就等于电源电动势，横轴截距表示短路电流，由数学知识可知，横轴上的点纵坐标是零，由闭合电路欧姆定律， $E=U+Ir$ ， $U=0$ ，I叫短路电流，斜率 $E/I=r$ 。纵轴上的点，横坐标为零，当 $I=0$ ， $E=U$ ，电路中电流等于零，U叫开路电压，此时开路电压等于电源的电动势， $U=E$ 。由于是旧的电池，虽然电动势较新电池的电动势小，但是不是小很多，而电池内阻明显增大，使用旧电池做实验得到的U—I图线斜率较大，图线倾斜的很明显，实验效果很好。

2. 如果用新电池会出现什么情况呢？曾经分组实验15组，有两组用的是新电池，现开封的，当时做实验时都抢着要新电池。做完实验处理数据发现，U—I图线斜率非常小，在坐标纸上甚至图线都无法与横轴相交。新的问题来了，怎样才能使图线与横轴相交呢？那十三组也帮着这两组同学想办法，有的组把自己组的坐标纸拿来帮着水平相接，连着拼了三张坐标纸，图线才与横轴I有交点。有名数学好的同学直接想到平移大法，将横轴直接向上平移，在一张坐标纸上就能使图线与横轴相交，但此时横轴交点不代表短路电流了，用三角形相似，可以求出短路电流，同时也不影响纵轴截距和计算电池的内阻。实践出真知，只有亲自动手实验，才能发现新的问题进而思考如何解决问题。办法都是逼出来的。行到水穷处，坐看云起时。虽然进行了平移，但是根据数学知识，由两个三角形相似可知，斜率不变，那么电池内阻 $r=\Delta U/\Delta I$ 。注意，这时计算内阻就不能用 E/I 了，一定看纵坐标的起点坐标值，用图线与纵轴交点坐标值减去纵轴坐标起点值，很多同学往往忘记减去纵坐标的初始数值，忘记了该图像是平移的图像了。另外，实验时使用五号新电池的两组，测量的电动势稍大于1.5v，虽然不是大的很多，但毕竟大于1.5伏，必须尊重实验事实。实验的第一手资料是最珍贵的，记录好实验数据，如果是问题数据，再仔细查找在哪个环节出现了错误或者失误，或者考虑不周等因素造成的，往往细微处有新发现大发现，否则与发现失之交臂，这样的例子在科学发展史上屡见不鲜。当人家发表出来发现的成果时，你说自己曾发现过只是自己当时忽略了，岂不是后悔，细节决定成败。是实验使学生知道，新旧电池最明显的区别在于电池内阻的变化，新电池

内阻很小；几乎是零。旧电池内阻较大。而电动势相差不是很多，甚至5号的一节新的干电池的电动势能大于1.5伏。

3. 分析实验产生的误差，主要来源于电压表的分流作用。实验原理：闭合电路欧姆定律 $E=U+Ir$ ， U 代表路端电压，也叫外电压，在人教版必修第三册89页电路图中， U 是真实的 U ， I 是流过电流表的电流，其实还有很小的一部分电流流过电压表，毕竟电压表的电阻不是无穷大，也就几千欧，或几十千欧，也会有很小的电流流过电压表，这样我们才说误差的主要来源是电压表的分流作用，流过电池的电流应该等于电流表的读数加上流过电压表的电流，即 $I_{真}=I_{测}+I_v$ ，真实流过电池的电流与电流表测得的电流差， $\Delta I=I_{真}-I_{测}=I_v$ ，流过电池的真实电流减去电流表的电流就是流过电压表的电流值， $I_v=U_v/R_v$ ，即电压表的读数除以电压表的阻值等于电流差。用实验数据画出的 $U-I$ 图线我们称之为“测量线”，按照误差分析在同一坐标系中画出对比的图线叫“修正图线”，这样就非常明显地看出把电池的电动势和内阻是测大了还是测小了。教材的实验效果的“修正图线”，刚才已经分析到 $I_v=U_v/R_v$ ，当 $U_v=0$ 时，真实电流值与测量电流值相等 $I_{真}=I_{测}$ ，电流真实值和测量值相等，横坐标相交于一点，随着分子 U_v 逐渐增大，向上随着 U 的增大，水平向右增加的电流 ΔI 逐渐增大，即真实电流与测量电流的差值会逐渐增大，这样描绘出来的“修正图线”与纵轴交点会大于“测量图线”与纵轴的交点坐标。简单来说就是：“测量线”与“修正图线”横轴共点，纵轴“修正线”往外甩开。这条“修正图线”的纵轴截距代表真实的电池电动势，所以电动势的测量值小于真实值，电动势测小了；电池内阻看图线的倾斜程度—斜率，显然斜率代表的电源内阻的测量值也小于真实值，也测小了。慕容晓晓（小小），“当初是你要分开，分开就分开…”是不是用慕容晓晓的名字加歌词就很形象的理清了电池电动势和内阻的测量值都偏小了。

二、对比教材电路，还有另外一种连接电路，就是将电流表相对电源来说内接

把电流表直接接到电源旁边，电压表只测量滑动变阻器两端的电压，滑动变阻器仍然串联接在电路里。这种接法对电源来说叫内接法，教材没有这种接法的电路，但在书后的习题中有类似的补充习题，在历年的高考试

题中常也有出现。同样闭合开关之前要先检查电路，看滑动变阻器的滑片是否置于阻值最大处，保护电源和电流表不被烧坏^[2]。

1. 移动滑动变阻器，测出5到7组 U 、 I 数值，依然采用图像法求得电池的电动势和内阻，如果只有两组数据，其实也可由数学解二元一次方程组计算出电动势和内阻，这样误差较大。多测量几组数据通过图像求得可以减小偶然误差。

2. 误差产生主要是由于电流表的分压作用。 $E=U+Ir$ ， I 是流过电源的实际电流， U 只是滑动变阻器两端的电压，不是真实的外电压（路端电压），真实的外电压等于滑动变阻器两端的电压加上电流表两端的电压，电流表不是理想电流表，理想电流表是不计电流表内阻的，虽然电流表内阻很小，但毕竟存在内阻，存在内阻，就会分得很小一部分电压。

3. 修正线与测量线的对比。 $\Delta U=U_{真}-U_{测}=UA=IrA$ ，当电流表示数是0时， $\Delta U=0$ ，即外压的真实值和测量值相等，测量线和修正线在纵轴上相交于一点。随着电流的增大，电压的真实值和测量值的差值就会越来越大，修正线随横坐标 I 的增加逐渐向外远离测量线，简单来说，两线在纵轴上有同一个交点，横轴修正线向外甩开。也就是修正线的斜率比测量线的斜率小，电池内阻的测量值大于真实值，测大了。纵轴截距依然表示电池电动势，而且是准确的，电动势的测量值等于真实值，斜率则表示等效电源内阻，即电池的内阻和电流表的内阻之和，所以会出现“内阻测大”了。如果已知电流表的内阻，那就可用求得的斜率值减去电流表的内阻了，这样得到的是电池自己的内阻了。

三、第三种测量方法只有电流表和电阻箱

在2019年版本之前的教材正文节里有电路图，现在教材放在把它放在课后的“联系与应用”里面了。这种方法，只有电流表或者灵敏电流计，根本不用电压表，也没有滑动变阻器，但是有电阻箱，电阻箱可以直接读出接入电路的电阻值，电阻箱上通常有六个或者四个旋钮，每个旋钮白色钮尖对应的数字乘以旋钮对应的倍率加在一起就等于电阻箱接入电路的阻值。多测几组 R 、 I 数据，原理同上，电流表读出对应电阻箱阻值的电流，那么路端电压（外电压） $U=IR$ ， $E=IR+Ir$ ，方程两边都除以 IE ，得到 $1/I=1/E \cdot R+1/E \cdot r$ ，建立坐标系可以 $1/I-R$ 图像，斜率的倒数等于电池的电动势 E ，斜率乘以内阻等于纵轴截距^[3]。

1. 这种方法在第二方法的基础上灵活运用闭合电路欧姆定律,进行数学处理,很方便测出所测量的物理量,新版教材把它放在“练习与应用”里面,是让学生自己寻求解决问题的途径了。

2. 误差来源,可由前面的两个方案中找到。实验中电压表都没有,自然又是电流表的分压作用产生的系统误差,类比第二方案,所以电池电动势测的是准确的,而电池内阻测大了。

四、教材保留了一表一箱的实验电路图,只有电压表和电阻箱,没有电流表也没有滑动变阻器。而且重在学会实际测量水果电池的电动势和内阻

1. 水果选用的是梨。将铜片和锌片相隔 1cm 插入梨中。铜片和锌片插入的越深,相距越近,电池内阻越小。水果电池就组成了,用电压表并联在电阻箱两边,铜片是电池的正极,锌片是电池的负极。 $E=U+U/R \cdot r$,方程两边都除以 UE ,得到 $1/U=1/E+r/E \cdot 1/R$,多测几组 U 、 R 数值,做出 $1/U-1/R$ 图像,求出斜率,纵轴截距的倒数等于水果电池的电动势,纵轴截距乘以电池的内阻等于斜率,这样内阻就计算出来了。

2. 误差分析,只要是电压表分流作用产生误差的就跟第一方案效果一样,“慕容晓晓”,无论是电动势还是内阻都测小了,我们看到实验中没用到电流表,自然不涉及电流表的分压作用,这种方法教材给出来了,重在培养孩子对日常生活的关注和思考,不死记硬背,更好地激发孩子的探讨欲,当铜片锌片距离发生变化时,测得的内阻也不一样;还有铜片、锌片插入的深浅也会影响测量结果,进而培养学生的发散思维,想象能力,并用简单易得的实验器材进行试验,使实验更具有普遍意义。

五、第三方案和第四方案虽然都缺一块表,但是多了电阻箱。那么不用电阻箱,只用一块表和滑动变阻器如何来测量电池的电动势和内阻呢?

在 2024 年,东北三省创新地提出了一种新方法测量电池的电动势和内阻,即通过拆开滑动变阻器并测量接入电路中电阻丝的长度。这一方法在教材实验的基础上进行了灵活创新,展示了触类旁通的思维方式,并达到了一种声东击西的效果。初始看起来可能会让人误以为是在测量金属丝的电阻率,但进一步了解后才会发现其真正目的是测量电池的电动势和内阻。

这种创新方法的巧妙之处在于其能够通过一种看似不相关的手段来实现本质上的测量目标。它展示了科学实验设计中的灵活性和创造力,同时也为未来的教育实践和科研探索提供了新的思路和方法。

这种创新不仅仅是技术层面的突破,更是教育理念的体现。通过引入这样的方法,可以激发学生对科学探索的兴趣,培养其解决问题和创新思维的能力。预计未来这种方法可能会引起更多类似实验的关注和研究,可能成为明年考察测量苹果电池电动势和内阻的一种新趋势。

结语

在当前的教育环境中,培养学生的钻研能力被视为至关重要的任务。只有通过扎实的基础功底,学生才能在面对各种问题时保持自信并能够有效解决。这种能力不仅在学术学习中有所体现,也贯穿于整个人生的方方面面。

随着科技的不断进步,我们也应关注最新的科技前沿。比如,嫦娥六号成功带回 2 千克的月壤,为中国航天事业再添辉煌,展示了我国在探索宇宙深空的技术实力。这不仅是科技发展的里程碑,也是全国人民共同努力的成果。

祝福我们的祖国在这样的背景下不断强大,能够引领世界的科技创新和发展。作为教育者和学习者,我们的责任是为祖国培养更多、更优秀的高科技人才,为国家的长远发展贡献我们毕生的力量和智慧。每一个星星之火都有可能成为推动社会进步的力量。通过教育,我们不仅传承知识,更是点燃学生内心对未知世界的探索激情,激发他们不断探索、创新的勇气和动力。愿我们在教育的道路上,共同肩负起培养未来科技领袖的重任,让我们的国家和世界因我们的努力而更加美好。

参考文献

- [1] 王敏,阮庆元,梁荣君.基于实验结果三重表征的教学实践——以“牛顿第一定律”为例[J].中学物理教学参考,2023,52(34):17-19.
- [2] 陈明智.电池电动势和内阻测量实验方案创新改进[J].数理天地(高中版),2023,(24):6-7.
- [3] 杨秀明,郭晓丽.电池电动势和内阻的测量实验案例设计及分析[J].实验教学与仪器,2023,40(02):22-25.