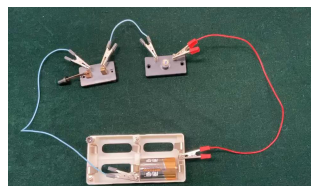


课程基本信息							
课例编号	2020QJ11WLRJ027	学科	物理	年级	高二	学期	上
课题	实验：电池电动势和内阻的测量（第一课时）						
教科书	书名：普通高中物理教科书物理必修 3 出版社：人民教育出版社 出版日期： 2018 年 8 月						
教学人员							
	姓名	单位					
授课教师	周艳	北京师范大学附属实验中学					
指导教师	黎红、李宇炜、严为军	北京师范大学附属实验中学					
教学目标							
教学目标：知道测定电源的电动势和内阻的实验原理，确定测量方案。							
教学重点：根据闭合电路欧姆定律，设计测定电源的电动势和内阻的实验方案。							
教学难点：用图像法处理数据的方法；评估和改进测量方案。							
教学过程							
时间	教学环节	主要师生活动					
5'	情景引入	<p>同学们好！通过上节课的学习，我们知道可以用电压表直接接在电池两端，进行电池电动势的粗测。比如：</p> <div></div> <p>一节干电池 <math>E_{\text{测}}=1.5\text{v}</math>    三个铜锌西红柿串联电池 <math>E_{\text{测}}=2.5\text{v}</math></p> <p>当分别用这两种电池与小灯泡、电键开关组成回路时，会观察到什么现象呢？让我们一起来看一看吧。</p>					



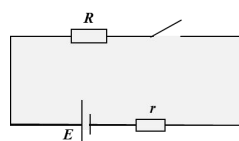
对比实验（视频）

实验现象：

一节干电池和小灯泡串联后，灯泡亮；

而测量电动势大的水果电池和小灯泡串联后，灯泡反而不亮。

**想一想：**电源是如何影响小灯泡的亮暗的呢？



我们知道，电池可以看成电动势为  $E$ ，内阻为  $r$  的电源。而小灯泡的亮暗由实际功率决定，在短时发光灯泡电阻稳定的情况下，便由实际电流决定。当电池和外阻  $R$  组成回路后，根据上节所学的闭合电路欧姆定律  $I = E / (R + r)$ ，可以知道电流大小不仅和电池的电动势有关，和内阻也有关。

可知电源的电动势和内阻共同影响着电路的电流大小，是两个重要参数。

**想一想：**如何通过实验测量电池电动势和内阻呢？

我们已经知道把电压表直接接到电池两端，可粗测电池电动势。那为什么是粗测呢？

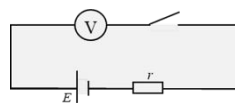
是因为理论上，

根据：

$$U = E - Ir,$$

$I = 0$  外电路断开时，

$$U = E$$

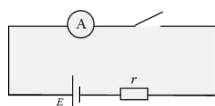


断路时电池的路端电压等于电池的电动势。而当电压表接入电路时，电流便不是零，测得的路端电压是小于电动势的值的。又因为电流很小的缘故，就用这种方式进行电动势的粗测了。

那么如何测量内阻呢？老师先提供一种方式，大家看看可不可以。

理论上根据：

$$I = \frac{E}{R + r} \quad I_{\text{短}} = \frac{E}{r} \quad r = \frac{E}{I_{\text{短}}}$$



我们把电流表串入短路电路中进行测量，然后计算得数。可以吗？

问题在于电流表也有内阻，测得的电流小于短路电流，算得的内阻会偏大。又因为总电阻很小的原因，总电流较大，不利于电源和电表的安全，所以这样做是不允许。

**想一想：**根据闭合电路的欧姆定律：

$$E=U_{\text{外}}+U_{\text{内}} \qquad I=\frac{E}{R+r}$$

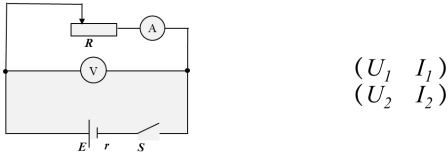
再配合着老师提供的器材，还能提出什么实验设计方案吗？

比如：提供了如下器材：电压表、电流表、滑动变阻器、电池、开关，可以有什么样的设计方案呢？



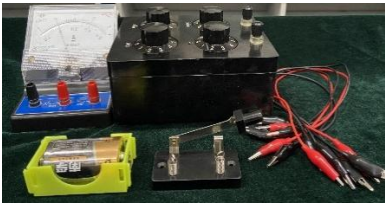
有的同学提出根据  $E=U_{\text{外}}+U_{\text{内}}$ ,  $U_{\text{内}}=Ir$ ,  $E=U+Ir$ ,

通过改变外电路的电阻，电路如下图。可以测出两组外电压、总电流，从而解得电动势和内阻。

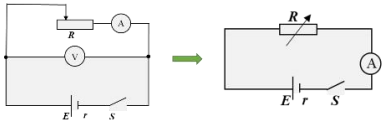


$$E=\frac{U_2I_1-U_1I_2}{I_1-I_2}, r=\frac{U_2-U_1}{I_1-I_2}$$

假如：没有电压表、滑动变阻器，只有电流表、电阻箱、电池、开关，那么：我们可否改造一下上面的电路图，依然实现目标呢？



有的同学提出，虽然没有电压表直接测外电压，但是电阻箱可以直接测外电阻，根据  $U=IR$ ，总电流和外电阻的乘积来替代直接测电压。于是电路图可以变为如图所示。让我们来看一下实验设计过程。



根据  $E=U+Ir$ ,  $U=IR$ ,  $E=IR+Ir$ ,

通过改变外电路中电阻箱的电阻，可以测出两组外电阻、总电流，代入  $E=IR+Ir$  联立求解，从而解得电动势和内阻。

$$\begin{pmatrix} I_1 & R_1 \\ I_2 & R_2 \end{pmatrix}$$

10'	实验 方案 改进	<div data-bbox="384 277 772 353" data-label="Equation-Block"> <math display="block">E = \frac{(R_1 - R_2)I_1 I_2}{I_2 - I_1}, r = \frac{I_1 R_1 - I_2 R_2}{I_2 - I_1}</math> </div> <div data-bbox="451 405 1142 519" data-label="Text"> <p>假如：没有电流表、滑动变阻器， 只有电压表、电阻箱、电池、开关 那么：我们可否改造方案中的电路图，依然实现目标呢？</p> </div> <div data-bbox="451 539 842 757" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="395 779 1465 893" data-label="Text"> <p>有的同学提出，虽然没有电流表直接测总电流，但是电阻箱可以直接测外电阻，根据 <math>I=U/R</math>，用外电压和外电阻的比值来替代直接测电流。于是电路图可以变为如图所示。让我们来看一下实验设计过程。</p> </div> <div data-bbox="451 940 868 1079" data-label="Diagram"> </div> <div data-bbox="451 1115 901 1180" data-label="Equation-Block"> <p>根据 <math>E=U+Ir</math>, <math>I=U/R</math>, <math>E=U+\frac{U}{R}r</math>,</p> </div> <div data-bbox="395 1193 1465 1267" data-label="Text"> <p>通过改变外电路的电阻，可以测出两组外电阻、外电压，从而解得电动势和内阻。电路如下图。</p> </div> <div data-bbox="541 1294 627 1370" data-label="Equation-Block"> <math display="block">\begin{pmatrix} U_1 &amp; R_1 \\ U_2 &amp; R_2 \end{pmatrix}</math> </div> <div data-bbox="451 1406 836 1471" data-label="Equation-Block"> <math display="block">E = \frac{U_1 U_2 (R_2 - R_1)}{U_1 R_2 - U_2 R_1}, r = \frac{(U_1 - U_2) R_1 R_2}{U_2 R_1 - U_1 R_2}</math> </div> <div data-bbox="451 1485 887 1516" data-label="Text"> <p>以一变三，我们有了三种测量方法。</p> </div> <div data-bbox="489 1599 841 1908" data-label="Equation-Block"> <math display="block">E=U_{\text{外}}+U_{\text{内}} \begin{cases} E=U+Ir \\ E=IR+Ir \quad (U=IR) \\ E=U+\frac{U}{R}r \quad (I=\frac{U}{R}) \end{cases}</math> </div> <div data-bbox="995 1572 1142 1908" data-label="Diagram"> </div> <div data-bbox="451 1939 1465 2013" data-label="Text"> <p>然而，是否只需测量两组数据，联立方程解得 <math>E</math> 和 <math>r</math> 就可以呢？ 只测量两组数据，通过联立方程解得 <math>E</math> 和 <math>r</math>，看起来比较简单，但因测量带来的偶</p> </div>
-----	----------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

然误差却可能较大。

**想一想：**在上述方法的基础上,如何减小因测量所带来的偶然误差呢？

多组数据取平均

只有多次测量，并对数据进行处理，才能减小因测量所带来的偶然误差。

以测量电压、电流的方法为例

我们可以使用滑动变阻器改变外电路的电阻，进行多次测量。

根据测量的结果，分别列出若干组外电压、总电流，两两联立方程，求出若干组  $E$  和  $r$ ，最后以  $E$  的平均值和  $r$  的平均值作为实验结果。

$$\begin{aligned} E' &= U_1 + I_1 r' & E' &= \frac{U_2 I_1 - U_1 I_2}{I_1 - I_2}, r' = \frac{U_2 - U_1}{I_1 - I_2} \\ E' &= U_2 + I_2 r' \end{aligned}$$

$$\begin{pmatrix} U_3 & I_3 \\ U_4 & I_4 \end{pmatrix} \quad (E'' \quad r'')$$

$$\begin{pmatrix} U_5 & I_5 \\ U_6 & I_6 \end{pmatrix} \quad (E''' \quad r''')$$

$$E = \frac{E' + E'' + E'''}{3}, r = \frac{r' + r'' + r'''}{3}$$

多组数据取平均的方法，误差减小了，但处理起来比较复杂。

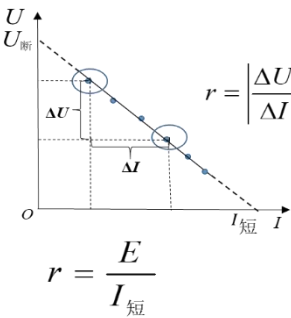
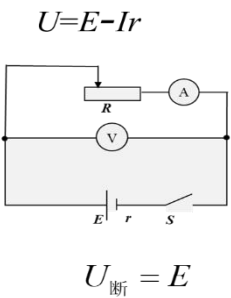
想一想：在上述方法的基础上，有没有更简便、直观的方法呢？图像法

以  $U$  为纵坐标、 $I$  为横坐标建立平面直角坐标系。根据  $U=E-Ir$ , 可知  $u$ 、 $I$  为一次函数关系，如果做多组测量，测量点大致呈直线分布，画出  $U-I$  图为一 条直线。

根据图线，我们可以得到直线与横、纵坐标轴的交点分别为短路电流和断路电压，依据断路电压等于电池电动势，内阻等于电动势与短路电流的比值，从而求得  $E$  和  $r$ 。

也可以在直线上选取适当的两点，通过求解图像斜率的绝对值求出电池的内阻。

用图  
能减  
量带  
然误  
更简



采  
像法，也  
小因测  
来的偶  
差，而且  
便、直观

通过以上的分析，同学们提出了三种测量方案，并且以测量外电压和总电流方法为例，比较了解析法和图像法的优劣，最终选择既简洁偶然误差又小的图像法，测得电池

---

	<p>电动势和内阻。下节课我们就采用这种方案进行电池电动势和内阻的测量。看两道例题。（见学习资源）</p> <p>最后，给同学们留个思考题：在使用外电压和总电流的测量方案时，电压表和电流表的内阻对实验测量结果有影响吗？如果有，测得的电动势和内阻值与真实值之间的大小关系又如何呢？</p> <p>大家可以在学习资源中找寻答案。</p>
--	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------