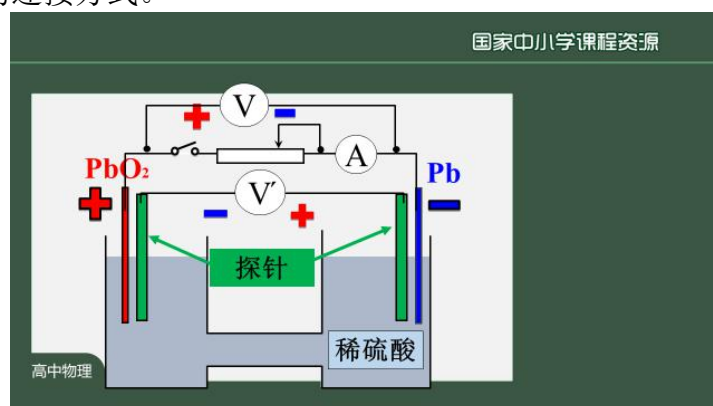


课程基本信息							
课例编号	2020QJ11WLRJ026	学科	物理	年级	高二	学期	上学期
课题	闭合电路的欧姆定律（第二课时）						
教科书	书名：物理必修（第三册）						
	出版社：人民教育出版社			出版日期：2019 年 6 月			
教学人员							
	姓名		单位				
授课教师	翁豪英		北京师范大学附属实验中学				
指导教师	李宇炜、黎红		北京师范大学附属实验中学、西城教育研修学院				
教学目标							
<b>教学目标：</b> 1. 通过演示实验验证闭合电路的欧姆定律，使学生对电动势等于内外电路电势降落之和有感性的认识。 2. 通过探究电源两端电压与电流的关系，体会图像法在研究物理问题中的作用。 3. 能运用闭合电路的欧姆定律解释路端电压与负载的关系。了解电源短路可能带来的危害，加强安全用电意识。 4. 知道欧姆表测量电阻的原理。							
<b>教学重点：</b> 1. 路端电压与负载的关系及 $U-I$ 图像的物理意义。 2. 在各种实际情景中熟练运用闭合电路的欧姆定律解决问题。							
<b>教学难点：</b> 1. 验证闭合电路的欧姆定律的实验设计。 2. 欧姆表测量电阻的原理。							
教学过程							
时间	教学环节	主要师生活动					
		<p>上节课我们通过理论探究得到了闭合电路欧姆定律，知道了电源的电动势等于内、外电路电势降落之和。这节课我们通过实验来验证，并继续探究路端电压与负载的关系以及欧姆表原理</p> <p>介绍演示实验的装置。</p> <p>我们使用化学电池作为电源（正、负电极材料分别为氧化铅和铅，电解液为稀硫酸），将其与滑动变阻器、电流表、开关串联成闭合回路。两个探针分别靠近正、负电极。实验电路如图所示，电流表</p>					

测量回路中的电流。由于外电路、内电路中沿电流方向都有电势降落，电压表用了两块数字电压表。V 测电源的开路电压（电动势）及电路闭合后的路端电压，V'测内电压。请同学特别关注这两块电压表正负极的连接方式。



观察实验，记录数据，处理数据，得出结论。

国家中小学课程资源

实验数据处理						
电流 $I$ (mA)	8	12	17	20	25	30
电压 $U_{\text{外}}$ (V)	1.9	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4
电压 $U_{\text{内}}$ (V)	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7
$U_{\text{外}} + U_{\text{内}}$ (V)						

$$E = U_{\text{外}} + U_{\text{内}}$$

高中物理

把这 6 组数据填入数据表格，我们可以看出外电路上电势的降落和内电路上的电势降落之和都等于电源的电动势。实验数据和理论符合得非常好。

### 三、路端电压与负载的关系

我们常常把外电路中的用电器叫作负载（负载既可能是电阻，也可能是电动机等），把外电路的电势降落叫作路端电压。负载变化时，电路中的电流就会变化，路端电压也随之变化。根据  $E = U_{\text{外}} + U_{\text{内}}$

$$U_{\text{外}} = U, U_{\text{内}} = Ir, \text{ 则}$$

$$U = E - Ir$$

对于确定的电源来说，电动势  $E$  和内阻  $r$  是一定的。当外电路只

有电阻时，实验结果表明：

外电阻  $R$  增大，电流减小，路端电压增大

外电阻  $R$  减小，电流增大，路端电压减小

同学们还记得我们看到的实验现象吧？多个并联的小灯泡的亮度明显比单独一个小灯泡暗。如何解释这一现象呢？

对于确定的电源来说，电动势  $E$  和内阻  $r$  是一定的。当外电阻  $R$  减小时（多个小灯泡并联在一起）由（1）式

$$I = \frac{E}{R + r} \quad (1)$$

可知，电流  $I$  增大，因而内电路的电势降落  $Ir$  增大。

由  $U = E - Ir$  （2）式可知，这时路端电压  $U$  减小，灯泡变暗。这可以解释了前面让同学们看到的实验现象。

提出问题：


（1）有同学质疑前面的验证实验中，在外电路断路的情况下，用电压表直接测量电源两端，测量值等于电源电动势吗？

（2）在闭合电路时，仍然用电压表直接测量电源两端，测量值等于电源电动势吗？

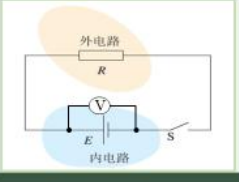
（3）当电源两端短路时，电流会是无穷大吗？

解析：（1）在外电路断路的情况下，用电压表直接测量电源两端，测出的值等于电源电动势吗？根据  $U = E - Ir$ ，当  $I = 0$  时， $U = E$ 。即：断路时路端电压等于电源的电动势。我们常根据这个道理测量电源的电动势。在外电路断路的情况下，用电压表直接测量电源两端，电源与电压表构成了闭合回路。但一般情况下电压表内阻都很大，可以近似认为此时电流为零，测出值近似等于电动势。要准确的测量电动势下一节课里再详细探讨。

国家中小学课程资源

 想一想（解答）

根据  $U = E - Ir$ ，当  $I = 0$  时， $U = E$ 。  
即：断路时路端电压等于电源的电动势。  
我们常根据这个道理测量电源的电动势。



高中物理

(2) 在闭合电路时，仍然用电压表直接测量电源两端，测出的值等于电源电动势吗？

开关闭合后，电压表与电源并联和它与外电路并联是等效的。此时测量值等于路端电压  $U$ 。

国家中小学课程资源

**想一想**

在闭合电路时，仍然用电压表直接测量电源两端，测量值等于电源电动势吗？  
不等于电源电动势，测量值等于路端电压  $U$ 。



高中物理

(3) 当电源两端短路时，电流会是无穷大吗？

不会，电源有内阻，此时电流为短路电流。电源的内阻  $r$  一般都很小，例如，铅蓄电池的内阻只有  $0.005 \sim 0.1 \Omega$ ，干电池的内阻通常也不到  $1 \Omega$ ，所以短路时电流很大。电流过大，会导致温度过高，烧坏电源，甚至引起火灾。绝对不允许将电源两端用导线直接连在一起！

国家中小学课程资源

**想一想**

当电源两端短路时，电流会是无穷大吗？  
不会，电源有内阻，此时电流为短路电流。

$$I_{\text{短}} = \frac{E}{r}$$

绝对不允许将电源两端用导线直接连在一起！  
**危险！**

高中物理

路端电压  $U$  随电流  $I$  变化的图像

$$U = E - Ir$$

表示的是  $U$  和  $I$  这两个变量之间的函数关系。

把它改写为

$$U = -rI + E$$

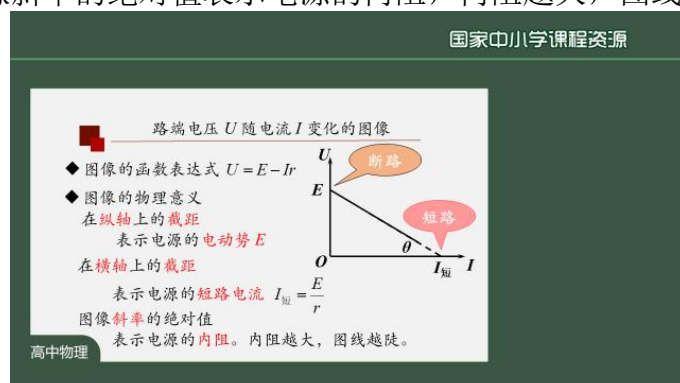
然后和一次函数的标准形式

$$y = kx + b$$

对比就能知道它的  $U-I$  图像是一条直线

做出  $U$  随电流  $I$  变化的图像，这个图像的函数表达式为： $U=E-Ir$ 。

图像的物理意义：外电路断路时， $U=E$ ，在纵轴上的截距表示电源的电动势  $E$ 。外电路短路时， $U=0$ ，在横轴上的截距表示电源的短路电流。图像斜率的绝对值表示电源的内阻，内阻越大，图线倾斜得越厉害。



提出问题：

电动势与路端电压有什么区别呢？

电源电动势与路端电压单位相同，而且断路时它们的数值也相同。但是这两个概念本质上是不同的。从定义看。电动势反映的是电源内部非静电力做功的本领，是非静电力做功跟移送的电荷量之比；电压反映的是静电力做功的本领，是电场力移动电荷做功跟移送电量之比。从能量转化的角度看， $E$  表示电源把其它形式能转化为电势能， $E$  反映电源的特性； $U$  反映负载把电势能转化为其它形式能， $U$  反映电场的特性。

#### 四、拓展学习：欧姆表的原理

提出问题：我们可以通过伏安法测电阻，你能运用所学知识设计一个可以直接测量电阻的仪表吗？

欧姆表是在电流表的基础上改装而成的。为了使测量电阻时电流表指针能够偏转，表内应有电源。这是一个简单的欧姆表电路

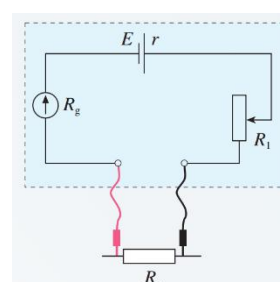
设电源的电动势为  $E$ ，内阻为  $r$ ，电流表的电阻为  $R_g$ ，可变电阻为  $R_1$ ，电流表满偏电流为  $I_g$ ，欧姆表的总电阻为  $R_\Omega$ 。

当红、黑表笔直接接触时（相当于被测电阻为 0），电流表指针指在最大值  $I_g$  处

根据闭合电路欧姆定律：

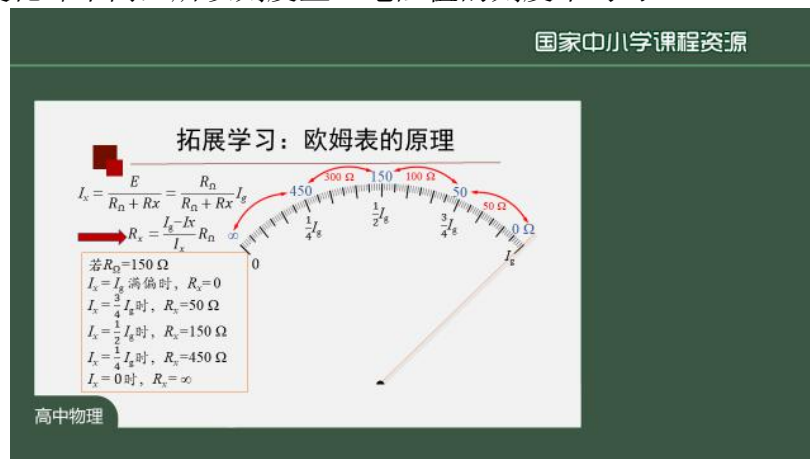
$$I_g = \frac{E}{R_g + r + R_1} = \frac{E}{R_\Omega}$$

当红、黑表笔之间接有待测电阻  $R_x$  时，电流表指针指在  $I_x$  处：  
根据闭合电路欧姆定律：



$$I_x = \frac{E}{R_g + r + R_1 + R_x} = \frac{E}{R_\Omega + R_x}$$

由上式可知，电阻与电流存在一一对应的关系。因此，只要将原来的电流刻度转换成对应的电阻刻度，指针就能够指示出被测电阻值， $R_x$  与  $I_x$  之间不是线性关系，例如，电流都逐次减小  $(1/4)I_g$ ，电阻变化却不同，所以刻度盘上电阻值的刻度不均匀。

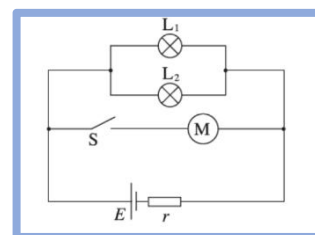


（欧姆表的动态标刻度）

现在请大家尝试用我们今天学到的知识去解决实际问题。

例题 1.

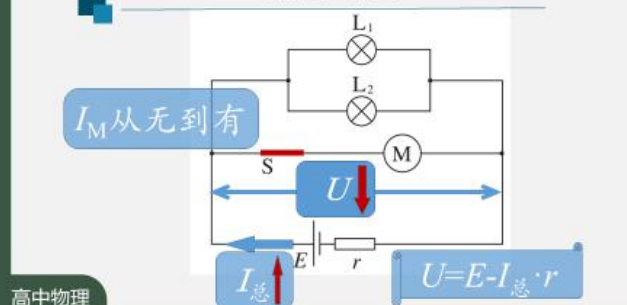
如图是汽车蓄电池供电简化电路图。当汽车启动时，启动开关  $S$  闭合，电动机工作，车灯会变暗；当汽车启动之后，启动开关  $S$  断开，电动机停止工作，车灯恢复正常亮度。请分析以上现象发生的原因。



请大家观看视频，分析原因。

解析：

## 例题1解答



观察电路可知：车灯两端电压为路端电压。当汽车启动时，启动开关 S 闭合，电动机工作时这个支路有很大的电流，从而使通过电源的总电流增大，路端电压减小，车灯会变暗。

电动机停止工作，路端电压恢复到初始值，车灯恢复正常亮度。

## 例题 2.

充电宝内部的主要部件是锂电池，充电宝中的锂电池在充电后，就是一个电源，可以给手机充电。充电宝的铭牌通常标注的是“mA·h”（毫安时）的数量，即锂电池充满电后全部放电的电荷量。机场规定：严禁携带额定能量超过 160W·h 的充电宝搭乘飞机。某同学查看了自己的充电宝铭牌，上面写着“10000 mA·h”和“3.7 V”，你认为能否把它带上飞机？

解析：

“mA·h”和“W·h”都是能量的单位。“10 000 mA·h”应变成 10A·h 才便于下面的计算。

该充电宝储存的能量

$$E = Pt = 10 \times 3.7 \text{ W} \cdot \text{h} = 37 \text{ W} \cdot \text{h}$$

小于规定的 160W·h

所以可以把它带上飞机

小结：

## 小结

闭合电路欧姆定律

$$I = \frac{E}{R + r}$$

$$E = U_{\text{外}} + U_{\text{内}}$$

高中物理

闭合电路的欧姆定律是整个电路部分的中心内容，也是复杂电路分析的基础，例如：路端电压与负载的关系  $U = E - Ir$  就可以通过第二个表达式变形得到。

请同学们认真领会闭合电路欧姆定律的物理意义并在解决问题时选择适当的规律。

## 小结

欧姆表的原理：

闭合电路的欧姆定律

转换测量

高中物理

对欧姆表原理的分析，可以深化大家对闭合电路欧姆定律的理解，还可以体会物理学中常常用到的“转换测量”的思想，提高我们灵活应用知识解决实际问题的能力，有助于培养创新思维和实践意识。



---