

15.3 怎样使用电器正常工作

与教材不同之处

更详细描述什么是用电器的正常工作；更详细描述如何求解实际功率；更详细描述串联电路的实际功率的解法；更详细描述功率的比值计算问题；更详细描述电路总功率的极值问题。

什么叫做用电器正常工作

用电器正常工作是指用电器可以长时间持续工作，且用电器完成的功能也能满足人们的需求的一种状态。



图 15-3-1

比如，某灯泡的正常工作是指灯泡能长时间工作且灯泡发光的亮度能满足人的照明需求。如果灯泡发光的亮度较暗，虽然灯泡的持续工作的时间可能会比正常工作状态的时间更长，

但亮度不足，给人们的生活或工作的造成不便，不能满足人们的需求，所以，灯泡发光的亮度较暗时不是正常工作状态。如果让灯泡的亮度比正常发光时更亮，由于灯泡在过亮的状态下的灯丝很容易烧断，使得持续工作的时间过短，所以，灯泡过亮也不是正常工作状态。总之，灯泡偏暗和过亮都不是灯泡的正常工作状态。

为了确保用电器处于正常工作状态，厂家会在用电器的铭牌上标注一些关于电压、电流或电功率的信息。如图 15-3-1，这是一个台灯的铭牌信息，它包括了额定电压、额定功率。

额定电压是指用电器正常工作时所需要的电压值，用 $U_{\text{额}}$ 表示。图中台灯的额定电压是 220V，也就是说，当台灯的两端的电压达到 220V 时，台灯处于正常工作状态。

额定功率是指用电器在额定电压下工作时所消耗的电功率，用 $P_{\text{额}}$ 表示。图中台灯的额定功率是 11.7W，也就是说，当台灯在正常工作时，所消耗的电功率的大小是 11.7W，此功率下的发光亮度是可以满足人们的照明需求的。

有的用电器会标注额定电流，所谓额定电流，是指用电器在额定电压下工作时通过用电器的电流，用 $I_{\text{额}}$ 表示。

什么是实际电压、实际功率

在实际加在用电器上的电压叫做实际电压，用 $U_{\text{实}}$ 表示。实际电压有时会略高于或略低于铭牌标注的额定电压，用电器虽不能正常工作，但至少还是可以工作的。

用电器在实际电压下工作时消耗的电功率，叫做实际电功率，简称为实际功率，用 $P_{\text{实}}$ 表示。用电器在实际电压下工作时的电流，叫做实际电流，用 $I_{\text{实}}$ 表示。

实验测量小灯泡的电功率

如果小灯泡上只标注了小灯泡的额定电压，如图 15-3-2 所示，这是一个额定电压为 2.5V 的小灯泡，我们将如何测量小灯光正常工作时的额定功率呢？



图 15-3-2

根据电功率的决定式公式 $P=UI$ 可知，我们需要使小灯泡的电压为 2.5V，并读出在额定电压下小灯泡通过的电流，最后利用电功率的公式计算出小灯泡的电功率，即小灯泡的额定功率。因此，本实验的原理是 $P=UI$ 。

本实验的关键问题是——如何改变灯泡两端的电压？

显然，串联一个滑动变阻器是最好的解决办法。

所以，本实验的器材有：灯泡、滑动变阻器、电压表、电流表、电源等器材。

实验的实物图和电路图如 15-3-3 所示。

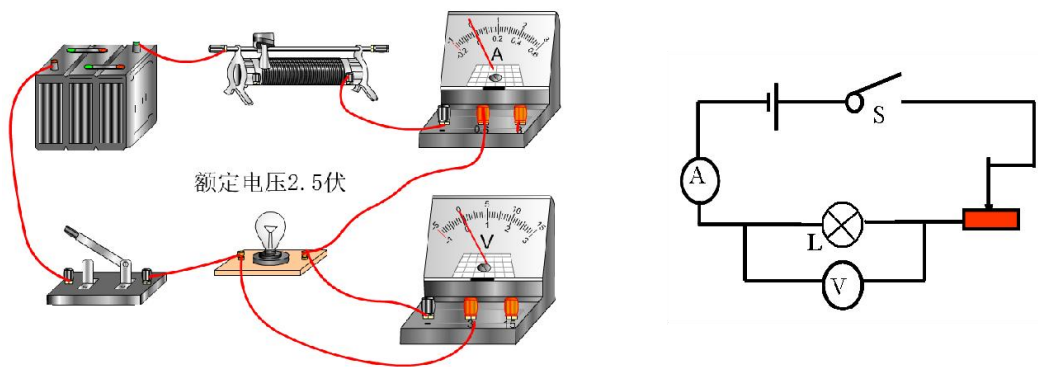


图 15-3-3

实验步骤如下：

- (1) 将滑动变阻器的滑片置于阻值最大处，闭合开关。

(2) 调节滑动变阻器的滑片，眼睛观察电压表的示数变化，当电压表的示数为额定电压值时，停止调整滑动变阻器的滑片，记下此时电流表的示数和灯泡的亮度情况。

(3) 继续调节滑动变阻器的滑片，让电压表的示数为额定电压值的 1.2 倍，记下此时电流表的示数和灯泡的亮度情况。

(4) 继续调节滑动变阻器的滑片，让电压表的示数低于额定电压值，记下此时电流表的示数和灯泡的亮度情况。

记录的数据表格见表一。

实验次数	灯泡的电压U/V	灯泡的发光情况	灯泡的电流I/A	灯泡的电功率P/W
1	2.5	正常发光	0.3	0.75
2	3	很亮	0.4	1.2
3	2	暗	0.2	0.4

表一

通过对数据的分析，小灯泡的电压等于额定电压 2.5V 时，小灯泡的功率就是额定功率，即灯泡的额定功率为 0.75W。

如果改变灯泡的电压，我们发现，灯泡的功率与额定功率相差明显。这说明，改变灯泡的电压，灯泡的功率是会改变的，而不是一个定值，因此，不同电压下的功率大小不能取平均值（如果不同功率值是由于误差原因造成的，就可以取平均值来减小误差）。

当实际电压大于额定电压时，实际功率大于额定功率。当实际电压小于额定电压时，实际功率也小于额定功率。只有当实际电压等于额定电压时，灯泡的实际功率才会等于灯泡的额定功率。

需要强调的是，实际电压大于额定电压时，实际电流也会大于额定电流；当实际电压小于额定电压时，实际电流也会小于额定电流，即：

$$U_{\text{实}}=U_{\text{额}} \text{ 时, } I_{\text{实}}=I_{\text{额}}, P_{\text{实}}=P_{\text{额}}。$$

$$U_{\text{实}}>U_{\text{额}} \text{ 时, } I_{\text{实}}>I_{\text{额}}, P_{\text{实}}>P_{\text{额}}。$$

$$U_{\text{实}}<U_{\text{额}} \text{ 时, } I_{\text{实}}<I_{\text{额}}, P_{\text{实}}<P_{\text{额}}。$$

通过额定功率求电阻

由于额定功率是用电器在出厂时就已经设定好了的，所以，我们常会利用额定功率值大小来计算用电器在正常工作时的电阻大小。

例题：有一个灯泡的铭牌信息“PZ220-100”，如图 15-3-4 所示，请计算出此灯泡在正常工作时的灯丝的电阻是多少？



图 15-3-4

【分析】铭牌信息告诉我们，此灯的额定电压是 220V，额定功率为 100W，根据公式 $P=UI$ ，可算出额定电流，再根据欧姆定律公式 $I=U/R$ 可算出灯泡正常工作的电阻。

其实，我们可以根据 $P=U^2/R$ 的变形公式 $R=U^2/P$ 可直接算出灯泡正常工作时的电阻。

解：根据

$$P_{\text{额}} = \frac{U_{\text{额}}^2}{R}$$

可得

$$R = \frac{U_{\text{额}}^2}{P_{\text{额}}}$$

将已知数据代入上式，可得

$$R = \frac{U_{\text{额}}^2}{P_{\text{额}}} = \frac{(220\text{V})^2}{100\text{W}} = 484\Omega$$

答：此灯泡在正常工作时的灯丝的电阻是 484Ω 。

上面的这个题目再拓展一下，新的问题是：若灯泡的电阻不受温度影响，当灯泡的实际电压为 198V 时，灯泡此时消耗的实际功率是多少？

【分析】如果灯泡的电阻不变，先可通过灯泡的实际电压求出灯泡的实际电流，再根据 $P=UI$ 公式，代入实际电压和实际电流，就可以计算出此灯泡的实际功率。

解：灯泡的实际电流为

$$I_{\text{实}} = \frac{U_{\text{实}}}{R} = \frac{198\text{V}}{484\Omega} = \frac{9}{22}\text{A}$$

则灯泡的实际功率为

$$P_{\text{实}} = U_{\text{实}} I_{\text{实}} = 198\text{V} \times \frac{9}{22}\text{A} = 81\text{W}$$

答：灯泡的实际功率为 81W 。

其实，我们还可以根据公式 $P=U^2/R$ ，代入实际电压和电阻直接求解出灯泡的实际功率。

解：灯泡的实际功率为

$$P_{\text{实}} = \frac{U_{\text{实}}^2}{R} = \frac{(198\text{V})^2}{484\Omega} = 81\text{W}$$

答：灯泡的实际功率为 81W 。

此题告诉我们，如果计算电阻不变的用电器的实际功率，可先通过额定电压和额定功率求出用电器的电阻（公式是 $R=U_{\text{额}}^2/P_{\text{额}}$ ），再通过实际电压和电阻求出实际功率（公式是 $P_{\text{实}}=U_{\text{实}}^2/R$ ）。这种先求电阻再求实际功率的方法我们不妨称为“先阻后流再实法”。

串联、并联电路的实际功率

例题 1：将标有“ $6\text{V } 6\text{W}$ ”的 L_1 和“ $6\text{V } 4\text{W}$ ”的 L_2 串联在电源电压为 6V 的电路中，闭合

开关后，分别求出它们工作时的实际功率。（假设灯的电阻不随温度变化）

【分析】两个灯泡串联在一起时，两个灯泡的电压之和等于电源电压 12V，因此，每个灯泡的实际电压会低于它们的额定电压 12V，因此，每个灯泡的实际功率不可能等于它们各自的额定功率。

由于本题没有直接告诉我们每个用电器的实际电压，我们无法通过公式 $P=U^2/R$ 直接求出每个灯泡的实际功率，所以，我们可以先求出电阻，再求出实际电流，然后再求出各灯泡的实际功率。

解： L_1 的电阻

$$R_1 = \frac{U_{\text{额}}^2}{P_{\text{额}}} = \frac{(6\text{V})^2}{6\text{W}} = 6\Omega$$

L_2 的电阻

$$R_2 = \frac{U_{\text{额}}^2}{P_{\text{额}}} = \frac{(6\text{V})^2}{4\text{W}} = 9\Omega$$

由于 L_1 与 L_2 串联，则电路电流

$$I = \frac{U}{R_1 + R_2} = \frac{6\text{V}}{6\Omega + 9\Omega} = 0.4\text{A}$$

则 L_1 的实际电功率

$$P_1 = I^2 \cdot R_1 = (0.4\text{A})^2 \times 6\Omega = 0.96\text{W}$$

则 L_2 的实际电功率

$$P_2 = I^2 \cdot R_2 = (0.4\text{A})^2 \times 9\Omega = 1.44\text{W}$$

答： L_1 的实际电功率是 0.96W， L_2 的实际电功率是 1.44W。

例题 2：将标有“4V 4W”的 L_1 和“4V 2W”的 L_2 并联在电源电压为 3V 的电路中，闭合开关后，分别求出它们工作时的实际功率。（假设灯的电阻不随温度变化）

【分析】由于 L_1 与 L_2 并联，各灯的实际电压与电源电压相等，均为 4V，每个灯泡的实际电压会低于它们的额定电压。因此，每个灯泡的实际功率不可能等于它们各自的额定功率。

跟前面的解题思路一样，我们可采用“先阻后流再实法”来求出每个灯泡的实际功率。

解：L₁的电阻

$$R_1 = \frac{U_{\text{额}}^2}{P_{\text{额}}} = \frac{(4\text{V})^2}{4\text{W}} = 4\Omega$$

L₂的电阻

$$R_2 = \frac{U_{\text{额}}^2}{P_{\text{额}}} = \frac{(4\text{V})^2}{2\text{W}} = 8\Omega$$

由于L₁与L₂并联，则它们电压均与电源电压3V相等，则L₁的实际电流

$$I_1 = \frac{U_1}{R_1} = \frac{3\text{V}}{4\Omega} = 0.75\text{A}$$

则L₁的实际电功率

$$P_1 = U_1 I_1 = 3\text{V} \times 0.75\text{A} = 2.25\text{W}$$

则L₂的实际电流

$$I_2 = \frac{U_2}{R_2} = \frac{3\text{V}}{8\Omega} = 0.375\text{A}$$

则L₂的实际电功率

$$P_2 = U_2 I_2 = 3\text{V} \times 0.375\text{A} = 1.125\text{W}$$

答：L₁的实际电功率是2.25W，L₂的实际电功率是1.125W。

例题3：将标有“6V 6W”的L₁和“6V 4W”的L₂并联在电源电压为6V的电路中，闭合开关后，求出电路消耗的总功率。（假设灯的电阻不随温度变化）

【分析】由于L₁与L₂并联，各灯的实际电压与电源电压相等，均为6V，又由于它们的实际电压与额定电压相等，则它们各自的实际功率与它们各自的额定功率相等。

解：因为L₁与L₂并联，L₁、L₂的实际电压与电源电压相等，L₁、L₂的实际功率与它们各自的额定功率相等。则电路消耗的总功率

$$P_{\text{总}} = P_1 + P_2 = 6\text{W} + 4\text{W} = 10\text{W}$$

答：电路消耗的总功率是10W。

需要强调的是，如果是“6V 6W”的 L_1 和“4V 4W”的 L_2 并联在电源电压为6V的电路中，则电路消耗的总功率不再是10W，而是6W。因为， L_2 的实际电压大于其额定电压， L_2 会被烧毁，则电路中只有 L_1 工作，所以，总功率只等于 L_1 工作的功率，即6W。

再谈不同用电器的电功率之比

例题1：将标有“4V 4W”的 L_1 和“4V 2W”的 L_2 串联在电路中，闭合开关后均可工作，求出它们工作时的电功率的比值。

【分析】表面上看，比值的求解很简单， $4W/5W=4/5$ 。然而，必须要切记的是，实际功率不一定总是等于额定功率，除非灯泡的实际电流与额定电流相等，或者灯泡的实际电压与额定电压相等。比如本题， L_1 与 L_2 的额定电流分别是1A、1.25A，根据串联电路电流相等，因此，两灯串联时的实际电流不可能同时分别为1A、1.25A，因此两灯不可能同时正常工作，即两灯的实际功率不可能均与它们的额定功率相等。

因此，要计算它们的实际功率的比值，不能使用额定功率的比值来代替。解决办法之一就是——通过铭牌信息重新计算出它们各自的实际功率，计算实际功率的方法可使用“先阻后流再实法”。

解决方法之二就是利用“串联电路，功率之比等于它们的电阻之比”的规律解出。

解： L_1 的电阻

$$R_1 = \frac{U_{\text{额}}^2}{P_{\text{额}}} = \frac{(4V)^2}{4W} = 4\Omega$$

L_2 的电阻

$$R_2 = \frac{U_{\text{额}}^2}{P_{\text{额}}} = \frac{(4V)^2}{2W} = 8\Omega$$

因此，它们的实际功率的比值是

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{R_1}{R_2} = \frac{4\Omega}{8\Omega} = \frac{1}{2}$$

答：它们工作时的电功率的比值是 1:2。

需要强调的是，当两个用电器并联在电路中，它们的实际功率之比等于它们电阻的反比。

计算电路总功率的最大值与最小值

例题 1：如图 15-3-5 所示，将标有“2W 4V”的灯泡 L 和“12Ω 0.5A”的滑动变阻电阻 R 串联在电源电压为 6V 电路中，电压表的量程是 0~3V，电流表的量程是 0~0.6A，闭合开关后，它们工作时电路功率的最大值。（假设灯泡的电阻不变）

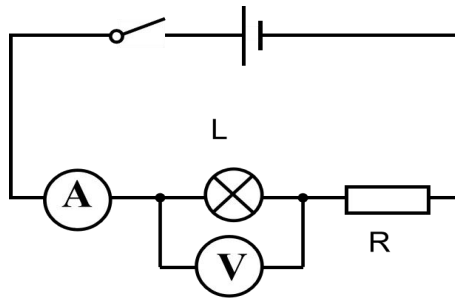


图 15-3-5

【分析】根据 $P=UI$ 可知，最大总功率由最大总电压和最大总电流决定，但总电压就是电源电压，是一个定值，因此，电路消耗的总功率的最大值其实是由电路总电流的最大值决定的。

如何求解电路总电流的最大值？

在前面的滑动变阻器的极值问题讲过，电路的电流最大值是由各元件的最大电流共同决定的。比如此题，灯泡的最大电流是 $2W/4V=0.5A$ ，滑动变阻器的最大电流是 0.5A，电压表测的是灯泡的电压，则通过计算可得灯泡在 3V 下的最大电流是 0.375A，电流表能通过的最大电流是 0.6A，因此，根据“大中取小”的原则，电路的总电流的最大值是 0.3A。

所以，上述解题思路为——先求各元件电流最大值，再运用“大中取小”原则决定电路电流最大值，最后通过电路电流最大值求出电路最大总功率。求最大电流的口诀为：“元件电流先求出，大中取小定电流”。

解：灯泡的最大电流是

$$I_1 = \frac{P_{\text{额}}}{U_{\text{额}}} = \frac{2\text{W}}{4\text{V}} = 0.5\text{A}$$

灯泡的电阻是

$$R_L = \frac{U_{\text{额}}^2}{P_{\text{额}}} = \frac{(4\text{V})^2}{2\text{W}} = 8\Omega$$

则在电压表示数为 3V 下的最大电流是

$$I_V = \frac{U_V}{R_L} = \frac{3\text{V}}{8\Omega} = 0.375\text{A}$$

由于电流表的最大电流是 0.6A，滑动变阻器的最大电流是 0.5A，则电路中允许通过的最大电流是

$$I_{\text{max}} = 0.375\text{A}$$

则电路消耗的最大电功率为

$$P_{\text{max}} = U \cdot I_{\text{max}} = 6\text{V} \times 0.375\text{A} = 2.25\text{W}$$

答：电路消耗的功率的最大值是 2.25W。

例题 2：如图 15-3-6 所示，将标有“2W 4V”的灯泡 L 和“12Ω 0.5A”的滑动变阻电阻 R 串联在电源电压为 4V 电路中，电压表的量程是 0~3V，电流表的量程是 0~0.6A，闭合开关后，它们工作时电路功率的最小值。（假设灯泡的电阻不变）

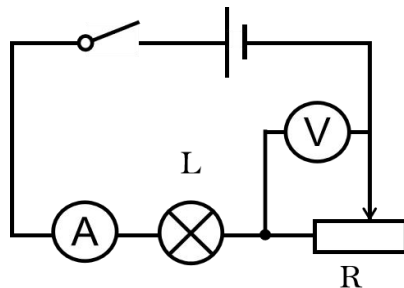


图 15-3-6

【分析】根据 $P=UI$ 可知，最小总功率由最小总电压和最小总电流决定，但总电压就是电源电压，是一个定值，因此，电路消耗的总功率的最小值其实是由电路总电流的最小值决定的。

如何求解电路总电流的最小值？

当电路中的总电流最小时，一定是滑动变阻器的阻值处于最大值时。滑动变阻器的最大阻值由两个因素决定：

- (1) 滑动变阻器的铭牌上标注的最大值；
- (2) 测量对象为滑动变阻器的电压表的最大量程。

也就是说，通过滑动变阻器的铭牌最大值我们可以计算出电路的电流最小值，通过测量对象为滑动变阻器的电压表的最大量程也可以计算出电路的电流最小值。将两个最小值进行比较，取其中较大的电流值作为最终的电路的电流最小值，从而再计算出电路消耗的总功率最小值。

解：灯泡的电阻是

$$R_L = \frac{U_{\text{额}}^2}{P_{\text{额}}} = \frac{(4\text{V})^2}{2\text{W}} = 8\Omega$$

当滑动变阻器的阻值取 12Ω 时，则电路中电流最小值为

$$I = \frac{U}{R} = \frac{U}{R_L + R_{\text{滑}}} = \frac{4\text{V}}{8\Omega + 12\Omega} = 0.2\text{A}$$

当测量对象为滑动变阻器的电压表的最大量程为 3V 时，则电路中电流最小值为

$$I = I_L = \frac{U_L}{R_L} = \frac{U - U_V}{R_L} = \frac{4\text{V} - 3\text{V}}{8\Omega} = 0.125\text{A}$$

由于 $0.125\text{A} > 0.2\text{A}$ ，因此，最终的电路电流最小值为

$$I_{\text{min}} = 0.125\text{A}$$

则电路消耗的最小电功率为

$$P_{\text{min}} = U \cdot I_{\text{min}} = 4\text{V} \times 0.125\text{A} = 0.5\text{W}$$

答：电路消耗的功率的最小值是 0.5W 。

所以，上述解题思路为——先通过滑动变阻器的铭牌最大值计算出电路的电流最小值，再滑动变阻器的电压表的最大量程计算出电路的电流最小值，再运用“小中取大”原则决定电路电流最小值，最后通过电路电流最小值求出电路最小总功率。求最小电流的口诀为：“**滑阻铭牌求电流，滑阻电压求电流，小中取大定电流**”。



本节我们学习的物理规律

1、什么是叫额定电压、额定电流和额定功率

额定电压是指用电器正常工作时所需要的电压值，用 $U_{\text{额}}$ 表示。

额定功率是指用电器在额定电压下工作时所消耗的电功率，用 $P_{\text{额}}$ 表示。

额定电流，是指用电器在额定电压下工作时通过用电器的电流，用 $I_{\text{额}}$ 表示。

2、实际电压与额定电压、实际功率与额定功率之间的关系

$U_{\text{实}}=U_{\text{额}}$ 时， $I_{\text{实}}=I_{\text{额}}$ ， $P_{\text{实}}=P_{\text{额}}$ 。

$U_{\text{实}}>U_{\text{额}}$ 时， $I_{\text{实}}>I_{\text{额}}$ ， $P_{\text{实}}>P_{\text{额}}$ 。

$U_{\text{实}}<U_{\text{额}}$ 时， $I_{\text{实}}<I_{\text{额}}$ ， $P_{\text{实}}<P_{\text{额}}$ 。

3、通过额定功率求电阻

$$R = \frac{U_{\text{额}}^2}{P_{\text{额}}}$$

4、串联、并联电路的实际功率

可采用“先阻后流再实法”来求出电路中每个用电器消耗的实际功率。

5、计算电路总功率的最大值与最小值

(1) 总功率最大值求法：

先求电路的电流最大值，确定最大电流的方法是：“元件电流先求出，大中取小定电流”。

(2) 总功率最小值求法：

先求电路的电流最小值，确定最小电流的方法是：“滑阻铭牌求电流，滑阻电压求电流，小中取大定电流”。

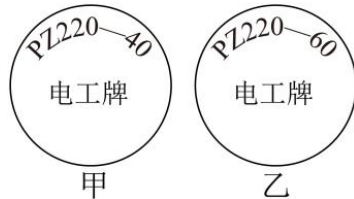


自我检测与巩固

- 1、将甲、乙两只小灯泡，同时接入同一电路，发现甲灯比乙灯亮，其原因是（ ）
- A. 流过甲灯的电流大 B. 甲灯实际功率比乙灯大
- C. 甲灯额定功率比乙灯大 D. 甲灯与乙灯一定是并联

2、甲、乙两只普通照明灯泡的铭牌如图所示，（灯泡电阻不变）下列说法中正确的是（ ）

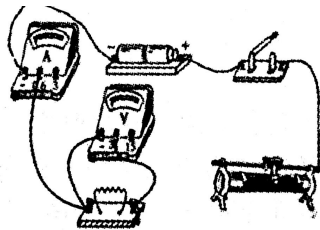
- A. 两灯均正常发光时，甲灯消耗的电能较少
- B. 两灯均正常发光时，乙灯灯丝电阻较大
- C. 将甲灯接入 110V 电路中，它的实际功率为 10W
- D. 将两灯串联在 220V 的电路中，乙灯比甲灯亮



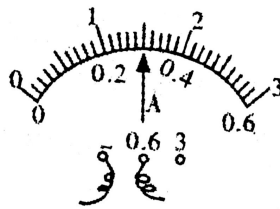
3、灯 L_1 标有“4V 8W”的字样，灯 L_2 标有“6V 18W”的字样。两灯串联后接在电压为 U 的电路中，要保证两灯不损坏，则电路中的电流最大为_____A，电压 U 的最大值为_____V。

4、有两个灯泡分别标有“6V 3W”和“3V 3W”，如果将它们串联在电路中，使其中一个能正常发光，另一个不烧毁，正常发光的是_____，它们的总功率是_____。（不考虑灯丝电阻的变化）

5、如图是测量小灯泡额定功率的实验装置，小灯泡上标有 2.5V 的字样， R_1 约为 10Ω ，采用 4.5V 电池做电源，滑动变阻器有 A 规格“ 10Ω 2A”、B 规格“ 50Ω 1A”、C 规格“ 100Ω 0.1A” 可选。



甲



乙

(1) 该实验的原理是_____。

(2) 为保护电路元件安全，本实验应该选择_____规格的滑动变阻器。连接电路时开关应_____；图中有一根导线还没有连好，请连接完整，要求 P 向左移，阻值变大。

(3) 小亮同学连好电路后闭合开关，移动滑动变阻器滑片 P，发现小灯泡始终不亮，电压表有示数，电流表无示数，则故障可能是_____（写出一种即可）。

(4) 正确连接好电路后，闭合开关前，滑动变阻器的滑片 P 应调至_____（选填“C”或“D”）端；闭合开关后，小刚发现电流表和电压表有示数但都很小，且看不到小灯泡发光，其原因是_____。为测量灯泡的额定功率，应将滑动变阻器的滑片 P 向_____（选填“C”或“D”）端滑动，眼睛应注视_____，直到电压表示数为_____ 时为止。

(5) 当小灯泡正常发光时，电流表示数如图乙所示，小灯泡的额定功率为_____。该

实验中滑动变阻器除了保护电路外，还有_____的作用。

(6) 利用所测数据也能计算出灯泡正常发光时灯丝的电阻为_____（保留到整数位）。

实验次数	1	2	3
U/v	2.0	2.5	2.8
I/A	0.30		0.38

(7) 他通过调节滑动变阻器的滑片，测出了三组实验数据，如表所示。经过计算发现小灯泡亮度不同时，不但电功率不同，而且电阻也不同，你认为造成电阻不同的原因是_____。

6、“6V 3W”和“6V 6W”的两个电灯，串联接在 6V 的电源上，求：

(1) 它们的实际功率； (2) 总功率； (3) 两灯的实际功率之比是多少。

7、将标有“4V 4W”的灯泡 L 和“12Ω 0.5A”的电阻 R 串联在电源电压为 6V 电路中，电压表的量程是 0~3V，电流表的量程是 0~0.6A，闭合开关后，它们工作时电路功率的最大值和最小值。

