# 66．光伏电池为什么没有电动势和内电阻这一组概念？

光伏电池是把光能直接转化为电能的新型电源，对于光伏电池，常用的两个参数是开路电压 *U*断路 和短路电流 *I*短路。把光伏电池作为电源，与外电阻组成闭合电路，在光照条件保持不变的情况下，改变外电路电阻，测量路端电压 *U* 与电流 *I*，并作出 *U* – *I* 图像，它并不是一条直线。光伏电池与化学电池不同，不能把 *U*断路 称为电动势，也不能把 *U*断路 与 *I*短路 的比值称为内电阻。

对于光伏电池（简称光电池），主要参数有开路电压（即断路时的路端电压）及短路电流，没有电动势及内电阻的概念。

## 一、不应该出现的题目

在中学物理教学中出现过这样的题目：有一组光伏电池，其开路电压为 5.6 V，短路电流为 11.2 mA，现把阻值为 200 Ω 的电阻作为负载与它连接，电路中的电流及路端电压各是多大。

解：由题设条件知，电源电动势 *E* = 5.6 V，内电阻 *r* = = Ω = 500 Ω。

根据闭合电路欧姆定律，通过的电流 *I* = = A = 8×10−3 A = 8 mA。

路端电压 *U* = *IR* = 8 mA×200 V = 1.6 V。

这种解法对于学生来说并不困难，却存在一些根本性的问题：光电池作为直流电源是否可以适用闭合电路欧姆定律；开路电压是否就是电动势；开路电压与短路电流的比值是否就等于光电池的内电阻。

## 二、改变负载时光电池的 *U* – *I* 图像

有一位老师做了一个实验：用光电池作为电源，在光照条件保持不变的情况下，通过改变负载电阻而改变电路的状态，测量了多组光电池的路端电压 *U* 及相应的电流 *I* 的数据。实验电路如图 1 所示，使用的负载电阻用变阻器符号代表，负载电阻的阻值 *R*、电压表示数 *U* 及电流表示数 *I* 的数据记录在下面的表格内。

A

V

*R*

光

伏

电

池

光线

K

图 1 测光电池 *U* – *I* 图像实验电路

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *R*/Ω | 0 | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1 000 | 2 000 | 3 000 |
| *U*/V | 0.06 | 1.15 | 2.19 | 3.12 | 3.94 | 4.47 | 4.81 | 4.99 | 5.10 | 5.18 | 5.22 | 5.43 | 5.48 |
| *I*/mA | 11.1 | 10.8 | 10.6 | 10.1 | 9.6 | 8.8 | 7.9 | 7.0 | 6.3 | 5.7 | 5.2 | 2.7 | 1.8 |

把表格中的数据都标记在如图 2 所示的坐标系内，并用光滑的曲线把这些数据点连接起来，作出该光电池的路端电压 *U* 与通过的电流 *I* 间的图像，把该图像延长并与纵轴相交，得到 *r* = 0 时的路端电压，即开路电压，另一端与横轴的交点为 *U* = 0 时的电流值，即为短路电流的数值。这与使用化学电池作电源而通过实验得到的 *U* – *I* 图像很不相同。

*U*/V

*I*/mA

0

2

4

6

8

10

12

6

5

4

3

2

1

0

图 2 实测光电池的 *U* – *I* 图像

如图 3 所示，化学电池的 *U* – *I* 图像是一条倾斜的直线，其中图像写纵轴的交点即为 *I* = 0 时的路端电压 *U*0；与横轴的交点即为 *U* = 0 时的电流，即短路电流 *I*0。

*U*0

*U*

*O*

*U*

*I*

*I*0

*I*

图 3 化学电池的 *U* – *I* 图像

在图像任取一点，其坐标为（*I*，*U*），根据几何关系可知 = ，变形为 *U* = *U*0 – *I* 。

根据闭合电路欧姆定律，路端电压 *U* = *E* − *Ir*。联立两式，得 *E* = *U*0，*r* = 。

光电池的 *U* – *I* 图像不是一条直线，上述结论都不成立，因此光电池没有电动势与内电阻这一组概念，也不遵守闭合电路欧姆定律。本文开始那样的题目根本不应该出现，而解答也完全是错误的。

## 三、得到的启示

学生在初中就学习过欧姆定律，那应该叫作不含源的部分电路的欧姆定律，简称部分电路欧姆定律，它的核心内容是“通过导体的电流，与它两端的电压 *U* 成正比”，即 *I* ∝ *U*。满足它的导体遵守欧姆定律，不满足它的导体不遵守欧姆定律。最开始欧姆本人是以金属导体为研究对象而得出的结论，其余导体是否遵守欧姆定律，要通过实验进行验证。经验证，除金属导体外，酸、碱、盐的水溶液（也称电解质溶液）也遵守欧姆定律，而导电的气体以及半导体材料制成的器件，都不遵守欧姆定律：

对于闭合电路欧姆定律，也应该如此。它是用化学电池作为电源而得出的结论，对于其他的电源是否适用，必须进行实验验证。测量并绘制其路端电压 *U* 与通过的电流 *I* 的关系图像，看其图像是不是一条直线，可以作为判据，如果其 *U* – *I* 图像是一条倾斜的直线，则它遵守闭合电路欧姆定律，如果是一条曲线，则不遵守闭合电路欧姆定律，或者说这种电源没有保持不变的电动势和内电阻。

物理教学在学生世界观的形成上起到非常重要的作用，发展素质教育，落实立德树人的目标，是我们物理教学的主要目标，这里面对学生进行“实践是检验真理的唯一标准”教育应该是非常重要的一项内容，在进行欧姆定律（包括部分电路欧姆定律和闭合电路欧姆定律）教学的过程中，正是强调和落实这一教育思想的时候。本篇最开始出现的那道习题，恰恰与此背道而驰，它的解法是把学生学过的一知半解的知识随便扩大适用范围，胡乱套用公式，这将会对学生产生深远的不良影响，因此千万不可小看一道普通的习题。