

构建理想化模型 深化“概念”本质

——对“光电效应发电机”模型的分析

孙海峰

(南京市溧水区溧水高级中学 江苏 南京 212000)

(收稿日期:2015-12-06)

物理学是研究物质组成和物体运动规律的一门学科,实际的物理现象都是十分复杂的,涉及到很多因素.构建物理模型是一种研究问题的科学思维方法,可以使物理问题变得简单.

光电效应是近几年高考或竞赛中经常出现的物理模型,通过建立此理想化模型可以深化“电动势”“电流”“电阻”等相关概念的理解.下面,笔者通过实例探究,力图从“本质”上说明该模型中相关物理量.

1 问题的提出

【例1】(2015年高考北京卷第24题)真空中放置的平行金属板可以用作光电转换装置,如图1所示.光照前两板都不带电,以光照射A板,则板中的电子可能吸收光的能量而逸出.假设所有逸出的电子都垂直于A板向B板运动,忽略电子之间的相互作用,保持光照条件不变, a 和 b 为接线柱.已知单位时间内从A板逸出的电子数为 N ,电子逸出时的最大动能为 E_{km} ,元电荷为 e .

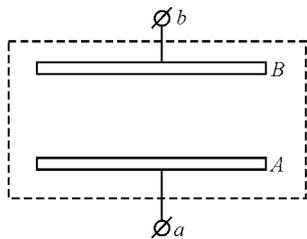


图1

(1)求A板和B板之间的最大电势差 U_m ,以及将 a 和 b 短接时回路中的电流 I_m .

(2)图1所示装置可看作直流电源,求其电动势 E 和内阻 r .

(3)在 a 和 b 之间连接一个外电阻时,该电阻两

端的电压为 U ,外电阻上消耗的电功率设为 P ;单位时间内到达B板的电子,在从A板运动到B板的过程中损失的动能之和设为 ΔE_k ,请推导证明: $P = \Delta E_k$.

(注意:解题过程中需要用到、但题目没有给出的物理量,要在解题中做必要的说明)

解析:解题过程如下:

(1)光照射A板后,A板发出的光电子不断达到B板上,在AB板之间形成电场,将阻碍后续发出的光电子向B运动,当AB之间的电势差达到最大值 U_m 时,以最大初动能从A板逸出的光电子也恰好不能达到B板,由动能定理可得

$$eU_m = E_{\text{km}}$$

即

$$U_m = \frac{E_{\text{km}}}{e}$$

当AB用一根导线短接时,在整个系统稳定之后,单位时间内有 N 个电子由A板逸出,同样会有 N 个电子到达B板,然后再由A至B,形成一个稳定的回路.

则

$$I = \frac{Q}{t} = \frac{Net}{t} = Ne$$

(2)如果把装置看成一个直流电源,电动势应为开路电压,

即

$$E = U_m = \frac{E_{\text{km}}}{e}$$

$$r = \frac{E}{I_m} = \frac{E_{\text{km}}}{eNe} = \frac{E_{\text{km}}}{Ne^2}$$

(3)设单位时间内到达B板的光电子数为 N' ,则电路中的电流

$$I = \frac{Q'}{t} = \frac{N'et}{t} = N'e$$

则外电阻消耗的功率

$$P = UI = UN'e$$

光电阻在两极板中运动时,两极板间电压为 U , 每个电子损失的动能

$$\Delta E_{k0} = eU$$

则单位时间内到达 B 板的电子损失的总动能

$$\Delta E_k = N' \Delta E_{k0}$$

联立解得

$$\Delta E_k = N'eU$$

故

$$P = \Delta E_k$$

本题最难点是第(3)问,学生需要熟练地掌握光电效应、闭合电路欧姆定律、电流的微观解释、电场等知识,方可解答此题。

解决本题没有什么难度,但做完之后,总觉得意犹未尽,总觉得似乎还是有那么一点点不是很透的地方,故作者又做了以下几点思考。

2 关于本题的几点深度思考

2.1 电源的非静电力

既然图1所示的装置可以看成电源,那么电源的非静电力是什么?

我们在研究此题时会发现光电子在运动的过程中其实是只受到了电场力,而且电场力一直在做负功,把光电子的动能转化为两板间的电场能,那么光电子的动能实际是来源于光,故本题的能量转化关系为:光能 \rightarrow 光电子的动能 \rightarrow 电场能。所谓的“非静电力”是由光提供的。

2.2 路端电压和电流与外接电阻的关系

如果外接电阻是 R , 外接电压是 U , 那么是否满足下列关系呢?

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

仔细的研究上述两个关系式时,不难发现,其实最为关键的是 $I = \frac{E}{R+r}$ 是否成立,如果 $I = \frac{E}{R+r}$ 是成立的,那么 $U = \frac{E}{R+r}R$ 也必定成立。

然而,该模型中并没有真正意义上的电阻,解析

(2) 中的内阻 r 只是一种等效,它有什么特殊意义么? 上述两个关系是否正确呢?

为了使问题简化,做这样的两个假设:

- (1) 所有的光电子的动能都是 E_{km} ;
- (2) 所有的外电阻均为纯电阻。

那么,当路端电压是 U , 因为外接电阻为纯电阻,所以一定会满足 $U = IR$, 当 R 很小时,则有 $U = IR < U_m$, 所有的光电子均会达到 B 板, 根据电流的微观表达式知, 电流的大小取决于单位时间达到 B 板的电子数目, 而本题中, 单位时间内, 光电效应中能够提供的电子数目为一个定值 N , 所以此时回路中的电流为 I_m , I_m 是定值。随着外电阻 R 的增加, U 也随之变大, 当 $R = r = \frac{E_{km}}{Ne^2}$, 路端电压达到最大值, 即此时路端电压为 $U = IR = Ne \cdot \frac{E_{km}}{Ne^2} = \frac{E_{km}}{e} = U_m$, 电压变为最大值, 将无法继续增加, 将为定值! 而随着外电阻的继续增加, 由 $U_m = IR$ 可知, I 只能减小, 即只能有部分粒子被 B 板吸收, 形成一种动态平衡。

即 $I-R$, $U-R$ 的关系可以用图2(a)、(b)表示。

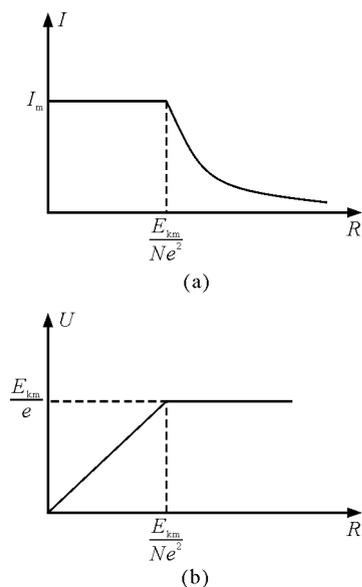


图2

通过上述分析,我们不难发现

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

在这种情景下是不成立的。

2.3 看作直流电源的内阻有何意义

突破教学难点方法刍议

成 建

(邹平县教研室 山东 滨州 256200)

(收稿日期:2015-12-10)

摘 要: 本文根据教学经验, 举例说明几类突破教学难点的方法.

关键词: 教学难点 归类 方法

所谓教学难点, 是指在教学过程中对学生造成学习障碍的知识点. 障碍造成的原因可能是因为知识点本身的复杂程度, 也可能是因为学生的认知水平的限制. 教学过程中, 这些教学难点成为部分学生学习的拦路虎. 不同的内容对不同的学生, 可能会有

不同的教学难点. 教师不仅要分析教材, 还要研究学生, 研究不同层次的学生, 找准学生的“学习难点”, 也就找准了“教学难点”. 卡罗尔在他的“学校学习模式”中至少界定了5个影响学生所能达到的学习程度的主要变量: 学生的毅力、允许学习的时间、教学

既然光电效应中没有真正意义的内阻, 那么题中的内阻 r 是否真的没有任何意义呢?

如果我们自己思考电源的输出功率和电源的效率, 我们会发现这样的有趣的现象.

当外电阻 R 很小时, 所有的电子将均可以到达 B 板, 但到达 B 板时是仍然有一定的初速度的, 即在 B 板仍然会发生光电效应的, 即 $E_{km} - eNeR = E_k$, $E_k = h\nu$, 每个电子的能量只被吸收了 $eNeR = Ne^2R$, 另外的能量通过光电效应形式, 以新的光子形式释放出去了. 而当 $R = r = \frac{E_{km}}{Ne^2}$ 时, 所有的电子均被 B 板吸收, 且到达的速度为零, 此时输出功率达到了最大值, 即 $P_{出} = NE_{km}$, 电源的效率也达到了 100%.

即 $P_{出} - R$, $\eta - R$ 的关系可以用图 3(a) 和图 3(b) 表示.

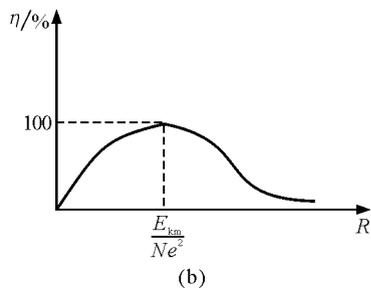
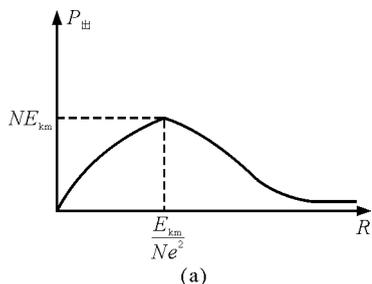


图 3

3 结语

物理学可以说是一门模型学科, 求解物理问题很重要的方法就是把实际模型简化为理想模型. 而通过物理模型的简化, 可以使问题的本性体现和核心归整, 通过大胆合理的猜想, 可以舍去那些次要的东西, 却更能深刻反映它的物理本质. 用好用活物理模型, 可以使物理概念有了载体和依托, 从而能够运用已学过的知识去解决未知的问题.

参考文献

- 1 吴文明. 中学阶段关于磁流体发电机的几个问题分析. 物理通报, 2013(7):126
- 2 邹茂全. 注重审题 巧用建模. 中学物理教学参考, 2014(8):43