

对一道经典平行板电容器动态分析题目的探究

汤 勇

(安徽省宁国中学 安徽 宣城 242300)

(收稿日期:2023-03-06)

摘 要:对一道经典平行板电容器动态分析题目的解法提出质疑,给出题目原型,分析问题逻辑,提出误谬来源,呈现解决方案.

关键词:平行板电容器;动态分析;解题方法

平行板电容器是一种电容器的常见结构,它由两个平行的金属板组成,中间有一层绝缘材料.由于电容器的特性,它可以用来存储电荷,并在需要时释放出来.平行板电容器的动态行为受到电容器的特性和外部环境的影响.电容器的特性决定了它的电容,其中影响因素包括正对面积 S 、板间距离 d 以及介质的相对介电常数 ϵ_r . 外部环境,如电压、电流等,也会影响电容器的动态行为.但同时也要考虑到电容大小及外界电阻会影响到它的充放电速率.很多题目就是忽略了它的充放电速率对题目的影响.

1 题目原型

如图1所示,两块较大的金属板A、B相距为 d ,平行放置并与一电源相连,S闭合后,两板间恰好有一质量为 m 、带正电荷量为 q 的油滴处于静止状态,若将A向左平移一小段位移,则油滴将做怎样的运动?

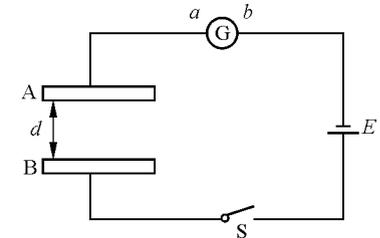


图1 原题图

2 解法探究

原解析:对于平行板电容器,有

$$C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi k d} \quad (1)$$

由式(1)可知,A向左平移一小段位移会使 S 减小, C 减小.

平行板电容器与电源相连, U 不变,由 $E = \frac{U}{d}$ 可知, E 不变.

$F_{\text{电}} = Eq$ 知, $F_{\text{电}}$ 不变.故粒子仍然保持静止的

实情境下学科和跨学科问题解决能力的发展,促进学生素养的发展^[4].跨的目的是从整体上实现学科核心素养的培育和提升.但跨学科教学和跨学科实践(包括试题的命制)至少要注意以下两个方面.一是跨得确切,即各学科的知识 and 素养如何建立联系,有必要才可以跨,不能为了跨而跨.二是跨的不变与变,包括跨多少的问题,要把握好度,不能丢掉主学科,主学科的核心概念、核心素养等方面不能变,可以变的是实现形式和方式等,但仍要坚持分清主次.

参 考 文 献

- [1] 吴祖仁.义务教育教科书物理(八年级下册)[M].北京:教育科学出版社,2021:66.
- [2] 裴建华.鱼的浮沉与鱼鳔的作用的另一种解释[J].物理教师,2006(6):30.
- [3] 蒋炜波.初中物理教学如何做好科学性妥协[J].物理教学,2021,43(5):39-43,34.
- [4] 中华人民共和国教育部.普通高中物理课程标准(2017年版2020年修订)[S].北京:人民教育出版社,2020:73-74.

状态,但事实真的如此吗?

3 提出问题

平行板电容器两极板间的电压真的不变吗?若不变的话,由 $C = \frac{Q}{U}$ 可知,在 C 减小而 U 不变的情况下 Q 会减小,那么电流表中会有由 b 到 a 的电流,但有电流的前提条件是导体两端有电压,可问题是平行板电容器两极板间的电压等于电源两端电压,如此前后不就矛盾吗?那么这个问题的正确理解应该是怎样的呢?

4 追根溯源

首先由式(1)可知,A向左平移一小段位移会使 S 减小, C 减小,这二者是同步发生的.

由 $C = \frac{Q}{U}$ 可知, C 变化首先影响的是 U ,因为由 $Q = It$ 可知 Q 的变化需要时间, C 减小首先导致 U 增大, U 增大导致平行板电容器两端电压大于电源两端电压,从而平行板电容器放电,导致 Q 减小,直到平行板电容器两端电压等于电源两端电压.也就是说放电过程中平行板电容器两端电压是大于电源两端电压的.放电阶段结束平行板电容器两端电压才等于电源两端电压.如果放电时间不能忽略不计, C 减小引起的是 U 增大,由 $E = \frac{U}{d}$ 可知, E 增大,小球将向上加速运动.原题就是忽略了它的充放电速率对题目的影响.

因此考虑到充放电速率对题目的影响,需要对原题进行改进.

5 改进和拓展

(1) 试题改进

上述题型确实是一道经典题型,虽然不够严谨,但只要稍微加一点限制条件,也能成为一道经典好题,改进如下:

如图1所示,两块较大的金属板A、B相距为 d ,平行放置并与一电源相连,S闭合后,两板间恰好有一质量为 m 、带电荷量为 q 的油滴处于静止状态,若将A向左平移一小段位移,则油滴将做怎样的运动?(电容器充放电时间极短)

点评:电容器充放电时间极短,说明平行板电容

器两端电压大于电源两端电压的时间可以忽略不计,可以认为平行板电容器两端电压始终等于电源两端电压.这样就可以把一道有争议的题目变成一道严谨的经典好题,也避免了一部分优秀学生因为思考细致而失分的情况.

(2) 试题拓展

如图2所示,两块较大的金属板A、B相距为 d ,平行放置,与定值电阻 R 串联后与一电源相连,其中 R 的阻值很大,S闭合后,两板间恰好有一质量为 m 、带正电荷量为 q 的油滴处于静止状态,若将A向左平移一段位移,则油滴将做怎样的运动?

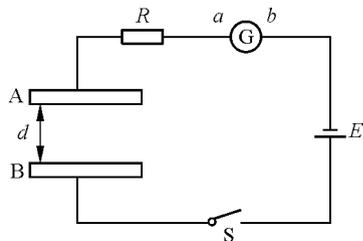


图2 拓展题图

解析:由式(1)可知,A向左平移一小段位移会使 S 减小, C 减小.由 $C = \frac{Q}{U}$ 可知, C 变化首先影响 U ,因为由 $Q = It$ 可知 Q 的变化需要时间,而又因为定值电阻 R 阻值很大,导致平行板电容器的充放电速率较小,放电时间较长.将A向左平移的过程中,平行板电容器一直处于放电过程,导致平行板电容器两端电压始终大于电源两端电压.

由 $E = \frac{U}{d}$ 可知, U 增大, E 增大; $F_{\text{电}} = Eq$ 知, $F_{\text{电}}$ 变大.故粒子将向上加速运动.

点评:加入一个大阻值的定值电阻后,会增大对电流的阻碍作用,延长平行板电容器充放电时间.这样就把原题变成了一道较难的题目,学生只有充分理解平行板电容器充放电的工作原理、电流的定义、牛顿第二定律等知识,才有可能完成该题.

6 总结

平行板电容器的动态分析题型是高中物理的常见题型,但不少命题人在命制试题时容易忽略平行板电容器的充放电速率对题目的影响,存在科学性错误,命制的题目经不起严格的推敲.物理试题的命制要符合实际,具有科学性、有效性,这样才能有效培养学生的学科素养.