

# 对《镜像电荷求能量方法辨析》一文的两点商榷

宋辉武

(鄂尔多斯市第一中学 内蒙古 鄂尔多斯 017010)

(收稿日期:2016-12-22)

**摘要:**指出《镜像电荷求能量方法辨析》一文存在的两个隐蔽性较高的问题,与各位同行交流探讨.

**关键词:**镜像电荷 电势能 积分变量 积分上限 积分下限

## 1 原文题目及两种求解方法

### 1.1 原文题目

设距无限大接地导体平面  $h$  处有一点电荷  $q$ , 其周围是介电常数为  $\epsilon_0$  的介质(即真空),如图 1 所示,求点电荷的电势能<sup>[1]</sup>.

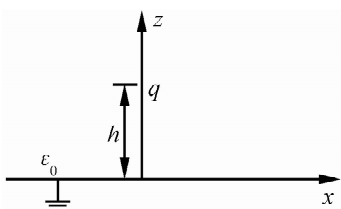


图 1 原文题目附图

### 1.2 原文的两种求解方法

**方法 1:**如图 2 所示,利用镜像法,然后再根据两点电荷的电势能公式可解得

$$E_p = \frac{-qq'}{4\pi\epsilon_0 2h} = \frac{-q^2}{8\pi\epsilon_0 h} \quad (1)$$

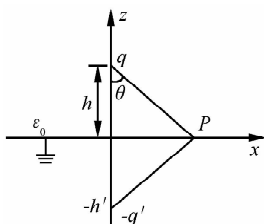


图 2 原文求电势能用图

**方法 2:**设原电荷的位置坐标为  $z$ ,则原电荷和像电荷间的库仑力大小为

$$F = \frac{qq'}{4\pi\epsilon_0 (2z)^2} = \frac{q^2}{16\pi\epsilon_0 z^2}$$

根据能量守恒定律,则所求电势能减小量等于将原电荷从无穷远处移至  $z=h$  过程中库仑力所做的功,所以

$$E_p = \int_{\infty}^h F dz = \int_{\infty}^h \frac{q^2}{16\pi\epsilon_0 z^2} dz =$$

$$\left. \frac{-q^2}{16\pi\epsilon_0 z} \right|_{\infty}^h = \frac{-q^2}{16\pi\epsilon_0 h} \quad (2)$$

## 2 原文作者提出的能量质疑及解答

上述像电荷的求解没有疑问,然而用点电荷势能公式计算出来的值和功关系求出的势能不相等,并且两者刚好是一半的关系,到底是哪个求法正确?另外一半的能量到哪里去了?

仔细分析可以看出,点电荷公式中势能的变化是指一个点电荷 1 静止,另一个点电荷 2 从无穷远处移到离点电荷 1 为  $R$  处时电场力所做的功.而在镜像法中镜像电荷的位置和电荷量均随其电荷的位置而变.所以计算电荷电势能最可靠的方法是用作用力的路径积分来做,解释说明上面方法 1 是错误的,而方法 2 才是正确的.

## 3 对原文的两点商榷

**商榷 1:**笔者认为原文作者在方法 2 中选取的积分变量是错误的.

笔者认为原文作者对积分变量以及积分的上下限的使用有误,实际上由于原电荷和像电荷之间的距离始终为  $2z$ ,因此积分变量应为  $2z$  而不是  $z$ ,对应的积分上限应该为  $2h$ .也就是说正确的解法应该是

$$E_p = \int_{\infty}^{2h} F d(2z) = \int_{\infty}^{2h} \frac{q^2}{16\pi\epsilon_0 z^2} d(2z) = \int_{\infty}^h \frac{2q^2}{16\pi\epsilon_0 z^2} dz = \frac{-q^2}{8\pi\epsilon_0 h} \quad (3)$$

可以看出方法 2 与方法 1 是统一的.笔者向学习竞赛的学生讲解该问题时,发现很多学生对于积

(下转第 116 页)

# Discussion on Promoting the Profound Transformation of Physics Concepts by 5E Teaching Method

Sang Ruirui Zhang Haojing Wang Bihong Li Xiao Zhang Xiong

(College of Physics and Electronic Information, Yunnan Normal University, Kunming, Yunnan 650500)

**Abstract:** The 5E Teaching Method emphasizes the student's dominant status in a physics classroom, which focuses on the ability of their cooperation research and knowledge construction. Based on a brief introduction of 5E Teaching Method, the thesis is going to further discuss its role in promoting the transformation of students' physics concept to a large extent, and to probe into a specific mode of implementation, which may enable students to acquire a key competence to deal with those practical problems in complex situations.

**Key words:** 5E teaching method; physical education; profound transformation in physical concepts; scientific concept; key competence

(上接第 110 页)

分变量的选取也是模糊不清,所有的学生也都认为这个问题中的积分变量是  $z$ ,可见这种错误的隐蔽性极高,而只有深刻理解高等数学微积分的基本思想才不致犯此错误.

**商榷 2:**原文作者对电势能的相对性的理解有所偏差.

原文作者认为计算电荷电势能最可靠的方法是用作用力的路径积分来做,这一说法,笔者并不敢苟同,因为没有什么可靠不可靠之说,电势能的具体数值与零势能面的选取有关,零势能面选取不同,对应的电势能的值也会有所不同,正是由于电势能本身的相对性使得电势能的数值可以是任何数值,因此电势能的绝对数值没有实际意义,有意义的往往不是电势能的绝对数值,而是电势能的变化量,在参考系固定的情况下电势能的变化量是与零势能面的选

取无关的.必须强调的是根据功能关系我们知道  $F\Delta x = -\Delta E_p$ ,必须强调的是在这个问题中不论是选取惯性系还是非惯性系对电场力  $F$  这一项没有影响,但是对位移  $\Delta x$  这一项有影响,因此,参考系的选取不同,电势能的变化量是不同的,而当参考系的选取固定时,电势能的变化量也就固定,可以看出原文作者提供的 2 种方法皆以地面(惯性参考系)为参考系,并选择无穷远为势能零点,由于两者的相对位置恒为  $2h$ ,因此两种方法得出的电势能必然是相同的,不存在原文作者所提出的 2 倍的差异.

为了防止该文误导后来阅读的读者,特写此文指正文献[1],与各位同行交流探讨.

## 参考文献

- 1 黄正玉. 镜像电荷求能量方法辨析. 物理教师, 2013(11):