

# 基于 GeoGebra 的电势可视化研究

——由一道电势图像题引发的思考

陈林 桑芝芳

(苏州大学物理科学与技术学院 江苏 苏州 215000)

(收稿日期:2020-03-10)

**摘要:**用 GeoGebra 软件演示了多个点电荷组成的点电荷系激发的电势分布立体图和等势线分布图.

**关键词:**GeoGebra 点电荷 电势 等势线 可视化

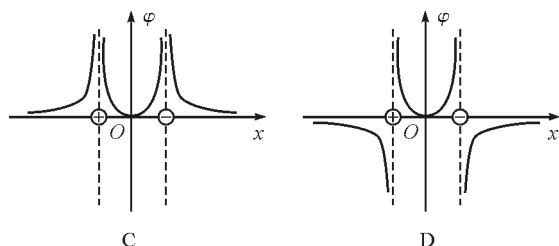
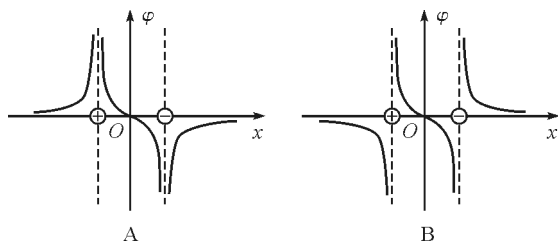
“电势”是高中物理中最为抽象的概念,学生怕学,老师怕教,为了降低教学难度,许多教师采用类比的方法<sup>[1]</sup>,将电势与地势类比.然而以上的教学往往主要是文字描述或板书讲解,学生在脑海中难以形成直观的印象.同时,对于场源电荷稍微复杂的情形,电势、等势面也相对复杂,寻找一种简单的方法变抽象为直观,是很有意义的.

文献[2~4]虽然描绘出了电势空间分布图,但是借助的软件都是 Matlab,需要较强的编程能力,文献[5]中虽然采用的是 GeoGebra 软件,但没有推广到多个点电荷系统的电势分布中去.

GeoGebra 软件,几乎不需要任何的编程语言就能将电势的空间分布图描绘出来,对中学教师来讲非常方便,能获得了较好的仿真实验结果和教学效果.

## 1 例题

**【题目】**(2011年 高考上海卷)两个等量异种点电荷位于  $x$  轴上,相对原点对称分布,正确描述电势  $\varphi$  随位置  $x$  变化规律的是图( )



**解析:**正、负电荷在连线中点处产生的电势一正一负,故此处即坐标原点处的总电势为零.顺电场线方向电势逐渐降低,因此,在坐标原点左侧,各点的电势都大于零;在坐标原点右侧,各点的电势都小于零,正电荷处电势最高,负电荷处电势最低,无穷远处的电势为零,因此选项 A 正确.

## 2 GeoGebra 设计与实现

在空间直角坐标系下,设  $P$  点坐标为  $(x, y, z)$ ,点电荷  $q_i$  所在位置的坐标为  $(x_i, y_i, z_i)$ ,则  $P$  点处的电势为

$$\varphi = \sum_{i=1}^n k \frac{q_i}{\sqrt{(x-x_i)^2 + (y-y_i)^2 + (z-z_i)^2}} \quad (1)$$

其中  $P$  为空间的任意位置,式(1)为一个三元函数,加上电势  $\varphi$  共 4 个变量,在三维空间中无法描绘出它们的关系.所以此处只考虑平面  $z=z_i$  内的电势分布,则点  $P$  在平面  $z=z_i$  内的电势分布为

$$\varphi = \sum_{i=1}^n k \frac{q_i}{\sqrt{(x-x_i)^2 + (y-y_i)^2}} \quad (2)$$

**作者简介:**陈林(1995-),男,在读硕士研究生,主要从事学科教学(物理)研究工作.

**通讯作者:**桑芝芳(1971-),女,博士,教授,研究领域为课程与教学论(物理).

假定两个电荷为等量异种电荷,分别位于三维坐标 $(-2,0,0)$ 和 $(2,0,0)$ 上,根据式(2),在 3D 绘图区用  $z$  轴坐标表示电势.

$xOy$  平面上任意一点的电势可以表示为

$$z = k \frac{q_1}{\sqrt{(x+2)^2 + y^2}} + k \frac{q_2}{\sqrt{(x-2)^2 + y^2}} \quad (3)$$

为了便于作图,取  $k=1$ ,拖动 GeoGebra 中的滑动条,调节  $q_1$  和  $q_2$  使两者互为相反数,得到如图 1 所示三维图像.

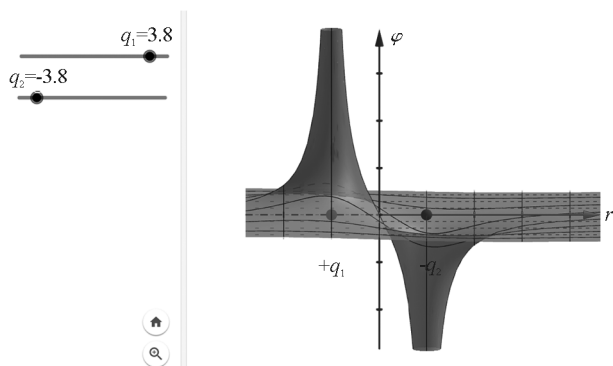


图 1 2 个等量异种电荷空间电势分布

在输入区输入  $y=0$ ,3D 绘图区立即出现一个新的平面,即  $xOz$  平面,在工具栏点击【相交曲线】工具,然后在 3D 绘图区先后点击两个面,就会出现两个面的交线,如图 2 所示.

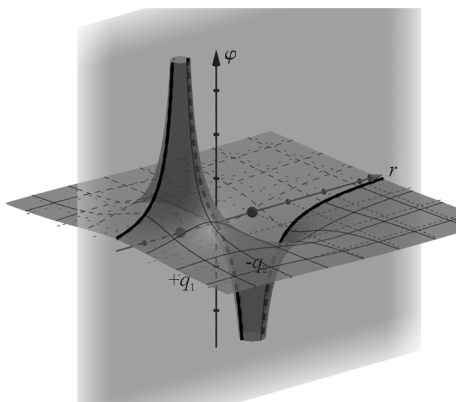


图 2 两个面相交

隐藏两个面,只保留交线,然后沿  $y$  轴方向观察,就可以得到等量异种电荷连线上电势分布图像,如图 3 所示.

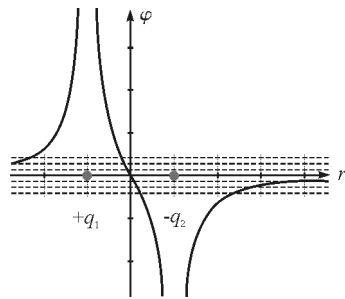


图 3 2 个等量异种电荷连线上的电势分布

图 3 的得到过程对于学生来说更具说服力与直观性,并且比板书讲解、徒手绘画更加严谨科学<sup>[4,5]</sup>.

### 3 问题的拓展分析

#### 3.1 等量同种电荷的空间电势分布

在完成等量异种电荷的空间电势分析之后,笔者拖动 GeoGebra 中的滑动条,使  $q_1$  和  $q_2$  相等,便可以很方便地得到等量同种电荷的空间电势分布,如图 4 所示.

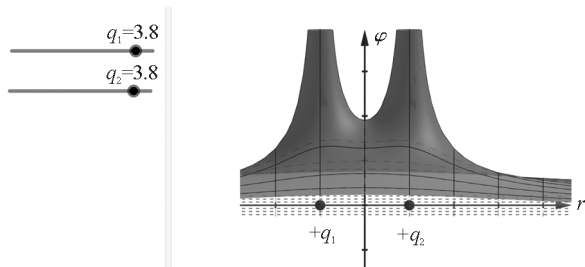


图 4 2 个等量同种电荷的空间电势分布

同理,用上述相同的方法可以得到等量同种电荷连线上的电势分布,如图 5 所示.

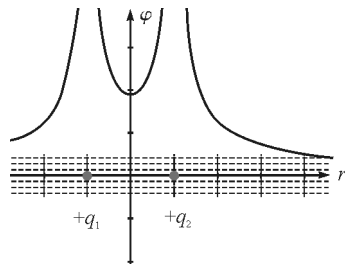


图 5 2 个等量同种电荷连线上的电势分布

#### 3.2 等势线的绘制

在上述绘制完成之后,在输入区分别输入: $z=2, z=3, z=4, z=5, z=6$ ,这几个面相当于等势面,点击【相交曲线】工具,便可绘制成如图 6 所示的等

势线.再旋转图像,沿 $z$ 轴俯视看下去,得到如图7所示的等势线图,效果非常好,也与传统教学过程的结论是一致的.

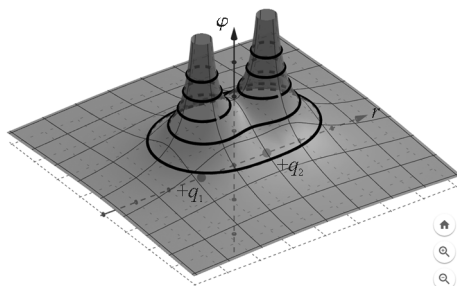


图6 2个等量同种电荷等势线的空间分布

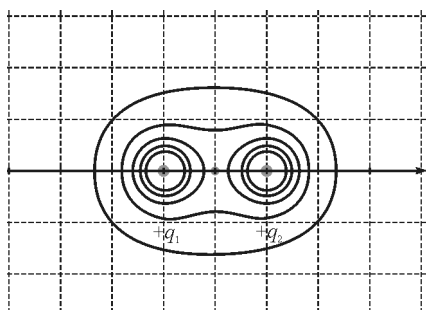


图7 2个等量同种电荷等势线的二维平面图

由图6和图7也可以清晰地看到:平面上电势越高,在空间中的位置也越高,这可以形象地与生活中的地势联系起来,更好地理解电势的物理含义.在距等量同种电荷距离越远处,等势线越接近于圆形.

### 3.3 多个点电荷系统的电势分布

我们以式(3)为基础,只要相应增加等式右边的求和项,就可以得到多个点电荷组成系统的电势分布.如在2个点电荷的基础上,再加1个点电荷,就得到3个点电荷组成的点电荷系的电势分布图,如图8所示.

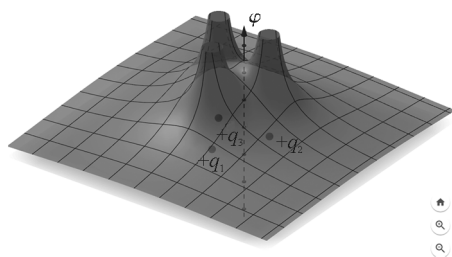
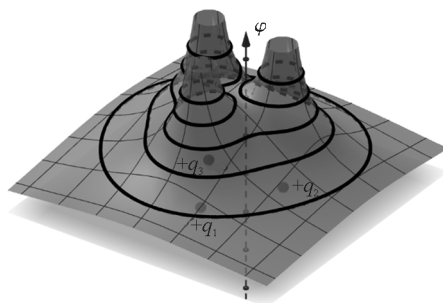
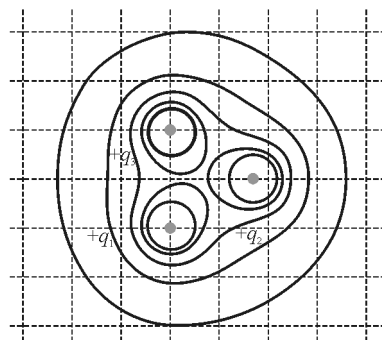


图8 3个等量同种点电荷的空间电势分布图

再按照上述画等势线的方法,可以得到图9.



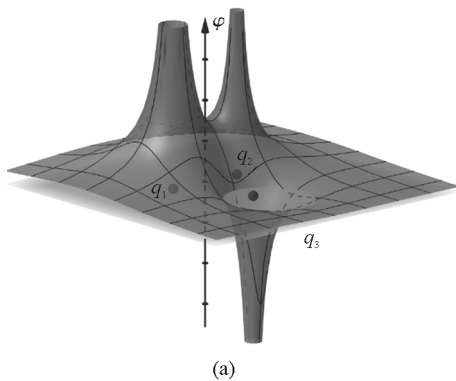
(a) 3个等量同种点电荷的等势线的空间分布



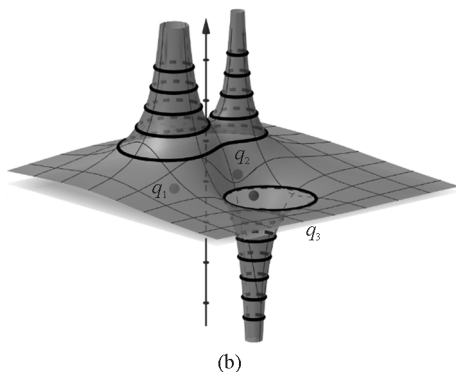
(b) 3个等量同种点电荷的等势线的二维平面图

图9 3个等量同种电荷等势线分布

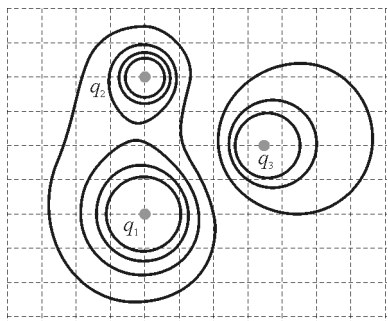
在GeoGebra中,拖动滑动条,使 $q_3$ 的电荷量为-3.8,得到3个异种点电荷形成的电势分布图,如图10所示.



(a)

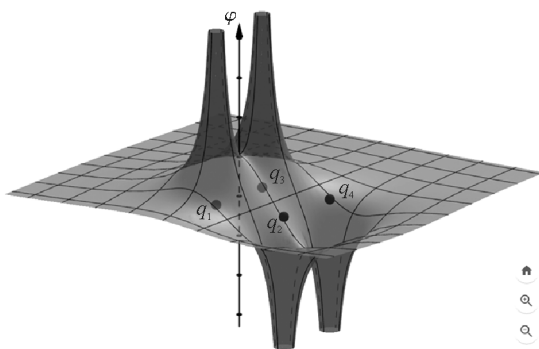


(b)

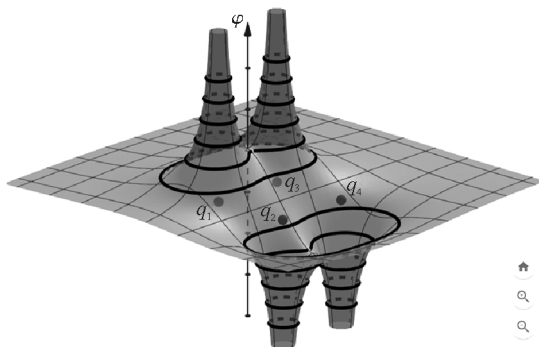


(c)  
 $q_1=5.8, q_2=2.5, q_3=3.8$

图 10 3 个点电荷的电势分布图

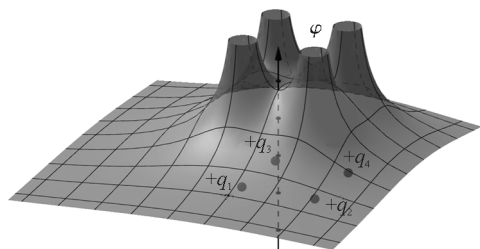


(a)

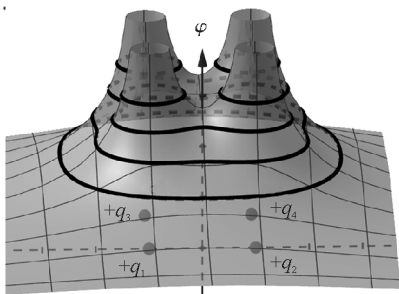


(b)

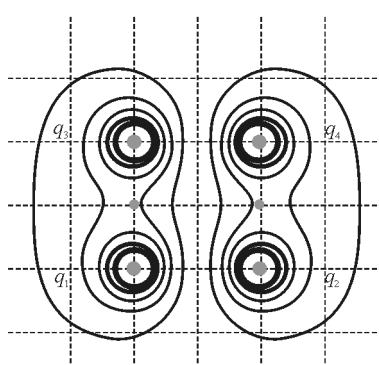
同理,我们可以得到 4 个、5 个等多个点电荷组成的点电荷系的电势分布图. 图 11 是 4 个位置对称、等量同种电荷形成的电势分布图. 图 12 是 4 个异种电荷形成的电势分布图. 图 13 是 5 个异种点电荷形成的电势分布图.



(a)



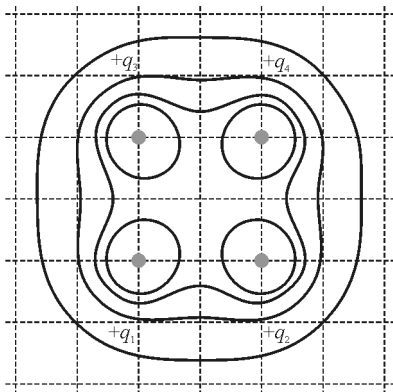
(b)



(c)

$q_1=q_3=3.8, q_2=q_4=-3.8$

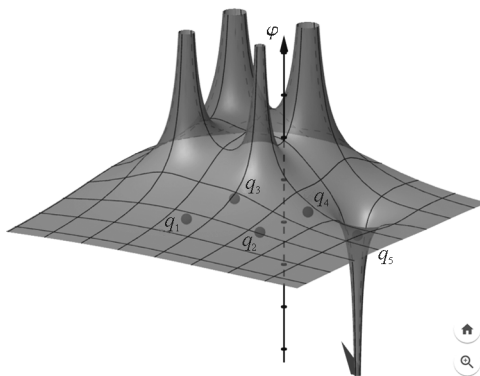
图 12 4 个异种点电荷的电势分布图



(c)

$q_1=q_2=q_3=q_4=3.8$

图 11 4 个等量同种点电荷的电势分布图



(a)

(下转第 111 页)

### 3 情境试题的启示

#### 3.1 关注试题的情境呈现 杜绝题海战术

近年来全国卷对万有引力部分的考查大多局限在万有引力定律内容的理解、万有引力提供卫星做圆周运动向心力的相关规律、飞船或卫星的变轨类问题、双星与三星系统的规律等问题情境,2019年全国I卷的试题让我们耳目一新,从力到运动,从功能关系到能量守恒,一道题几乎把与力、运动和能量的必备知识一网打尽.这也提醒我们复习备考不能局限在基本的万有引力和圆周运动的力与运动上,更高层次的复习备考要求我们把视野扩展到蕴含更丰富知识和能力要求的情境中去,杜绝简单以训练学生思维为目标的题海战术.

#### 3.2 关注情境的知识承载 形成关键能力

试题直接呈现的是情境,但其承载的是学生需要掌握知识,这也是学生形成解决实际问题的关键能力的基础.复习备考中有必要强化高中物理的主

干知识,寻求知识的深层次理解,厘清知识体系的来龙去脉,让学生有意识地形成知识获取、实践操作、思维认知等关键能力,完成对学科素养的有效支撑.

#### 3.3 关注情境的育人价值 回归教育初心

在纸笔应试的客观环境下,基于真实情境的试题,从物理的视角为学生呈现了丰富的外在世界.借助具体问题的引导,学生的学习方式将得到优化,思维也将得到锻炼,学习能力将因此而提升<sup>[3]</sup>.真实情境下的问题解决有效模拟了人类知识再生产的过程,为我们实施素质教育提供了可行的路径,为学生核心素养落地提供了基本指引.

#### 参考文献

- 1 教育部考试中心. 中国高考评价体系说明[M]. 北京:人民教育出版社,2019.6~7
- 2 程力,李勇. 基于高考评价体系的物理科考试内容改革实施路径[J]. 中国考试,2019(12):38~44
- 3 王兵兵. 高中物理问题情境创设的几点思考[J]. 中学物理教学参考,2019(07):76

(上接第107页)

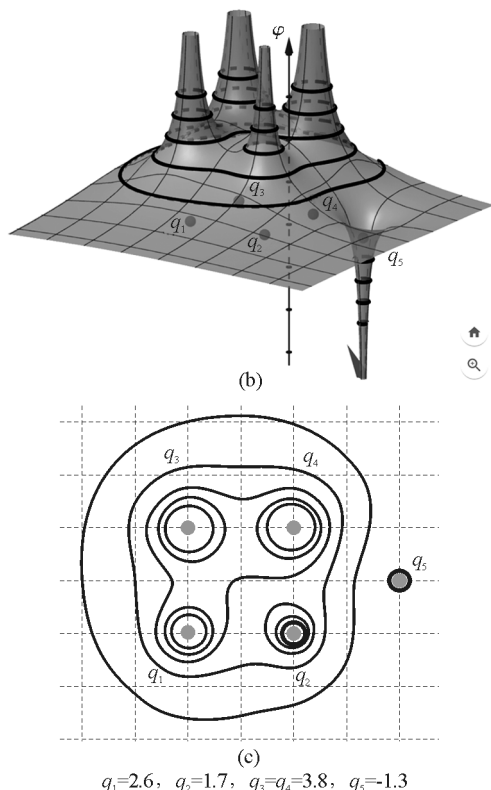


图13 5个异种点电荷的电势分布图

### 4 结束语

利用 GeoGebra 强大而方便的科学计算功能和绘图能力,由一道高考电势图像题引发思考,分别对2个点电荷系和多个点电荷系的电势分布进行仿真模拟.不但可以准确地描绘任意点电荷系的等势面分布图,还画出了电势分布的三维立体图.

#### 参考文献

- 1 王治国. 用类比演绎概念 用直观化解抽象——关于“电势能和电势”的教学设计[J]. 物理教学探讨,2019,37(04):28~31,36
- 2 莫增,崔春雨,史书杰. 基于 Matlab 的电场空间分布可视化教学研究[J]. 物理通报,2018(08):16~20
- 3 汤朝红,熊伦. 利用 Matlab 模拟点电荷对的电场线分布[J]. 广西物理,2012,33(04):43~45
- 4 孔祥鲲,原立格,杨宏伟. 基于 Matlab 构建点电荷系的电势与电场强度分布图[J]. 实验技术与管理,2007(10):75~78
- 5 盛宝骥. 用 GeoGebra 软件描绘电荷电势分布[J]. 物理教师,2018,39(01):71~73