

利用 Matlab 直观感受不等量异种电荷电场和电势

胡科杰 吴志刚 戎 杰

(浙江省慈溪中学 浙江 宁波 315300)

(收稿日期:2020-10-22)

摘要:文章通过 Matlab 软件,模拟不等量异种电荷的电场线和等势面,使原本抽象难懂的电场线和等势面变得直观形象,有助于解答学生的疑问,拓展学生的思维.

关键词:Matlab 不等量异种电荷 电场线 等势面

1 问题的提出

高中物理中有如下两个试题:

【例 1】图 1 为两个不等量异种电荷电场的电场线, O 点为两点电荷连线的中点, P 点为连线中垂线上的一点, 下列判断正确的是()

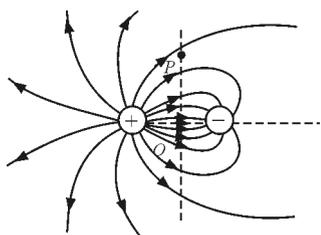


图 1 例 1 题图

- A. P 点场强大于 O 点场强
- B. P 点电势高于 O 点电势
- C. 从负电荷向右到无限远电势逐渐升高
- D. 从 P 到 O 移动一正试探电荷其电势能增加

【例 2】如图 2 所示, 两个电荷量分别为 q_1 和 q_2 的点电荷放在 x 轴上的 O 和 M 两点, 两点电荷连线上各点电势 φ 随 x 变化的关系如图 2 所示, 其中 P 和 N 两点的电势为零, NF 段中 Q 点电势最高, 下列判断正确的是()

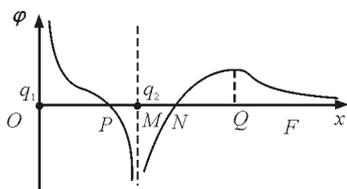


图 2 例 2 题图

- A. q_1 和 q_2 为等量异种电荷, 且 Q 点电场强度为零
- B. q_1 和 q_2 为不等量异种电荷, 且 P 点电场强

度为零

C. NQ 间场强方向沿 x 轴正方向

D. 将一负电荷从 N 点移到 F 点, 电势能先减小后增大

两个例题分别考察了不等量异种电荷的电场线分布和电势变化情况^[1~3]. 等量同种或异种电荷的电场线和等势面是高中物理学习的重点和难点, 由于电场的不可见性, 该知识已经非常抽象难懂, 学生学习理解存在着较大困难^[4]. 在实际教学中, 往往采用等高线来模拟, 用山峰表示正电荷形成的电势, 用海谷表示负电荷形成的电势, 如图 3 所示.

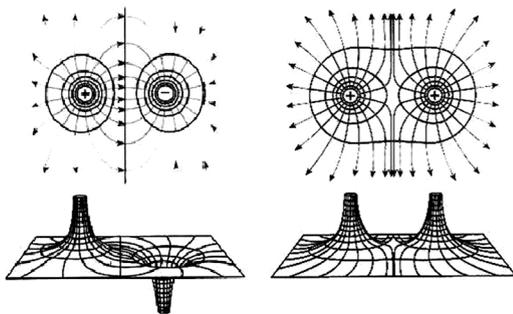


图 3 等量异种电荷和等量同种电荷的电场线及等势面

对于不等量的异种电荷, 电场较难确定, 特别在边界和临界问题上, 更加无法明确^[5,6]. 本文通过 Matlab 软件, 模拟不等量异种电荷的电场线和等势面, 使原本抽象难懂的电场线和等势面变得直观形象.

2 使用 Matlab 绘图不等量异种电荷的电势情况

如图 4 所示, 两个不等量异种电荷 Q_1 和 Q_2 分别位于坐标 $(0,0)$ 和 $(1,0)$

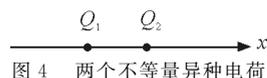


图 4 两个不等量异种电荷

为方便讨论,取 $Q_1 = 4, Q_2 = -1, kQ = 1$.

可进行如下编程:

```
x = -5:0.1:5;
y = -5:0.1:5;
[X,Y] = meshgrid(x,y);
z1 = 4./sqrt((X.^2 + Y.^2));
z2 = 1./sqrt((1 - X).^2 + Y.^2);
z3 = z1 + z2;
surf(X,Y,z3)
```

运行结果立体图如图 5 所示,可以看出,正电荷如一座山峰,负电荷如一座海谷,山峰高度大于海谷深度.

(说明:图 5 及以下各图中的数值均为无量纲化表示)

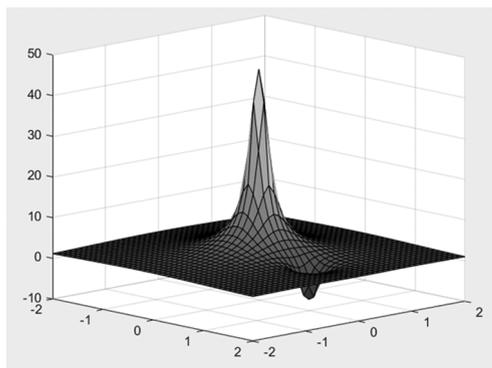


图 5 立体图

主视图如图 6 所示.

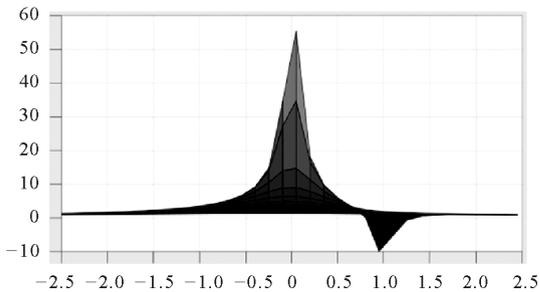


图 6 主视图

等势面如图 7 所示.

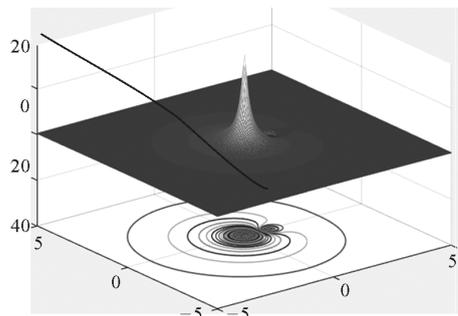


图 7 等势面图

电场线如图 8 所示.

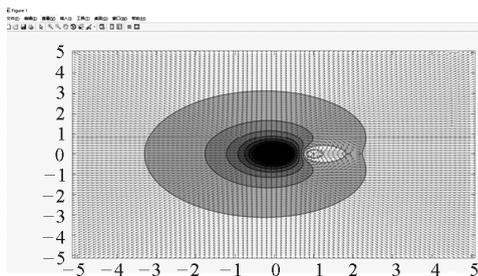


图 8 电场线图

放大局部如图 9 所示.

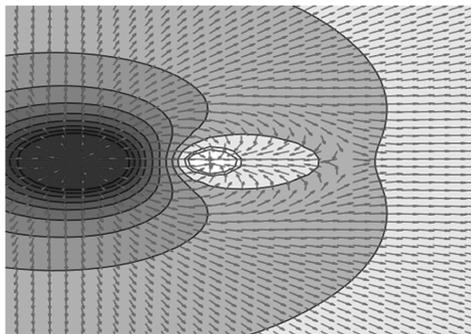


图 9 电场线的局部放大图

x 轴电势变化如图 10 所示.

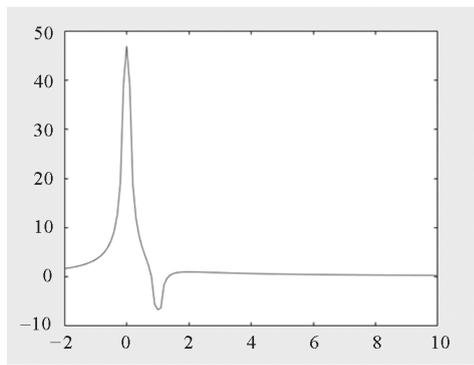


图 10 x 轴电势变化图

放大局部如图 11 所示,分析可知,在 Q_2 右侧,电势从负变正,再逐渐趋向于零,与例 2 中图相对应,只是例 2 中图像更加凸显.

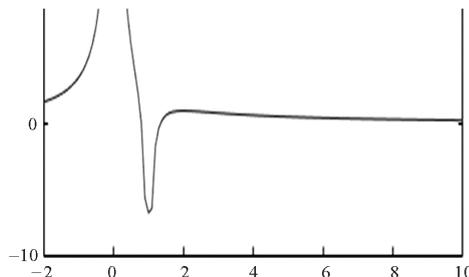


图 11 x 轴电势的局部放大图

(下转第 47 页)

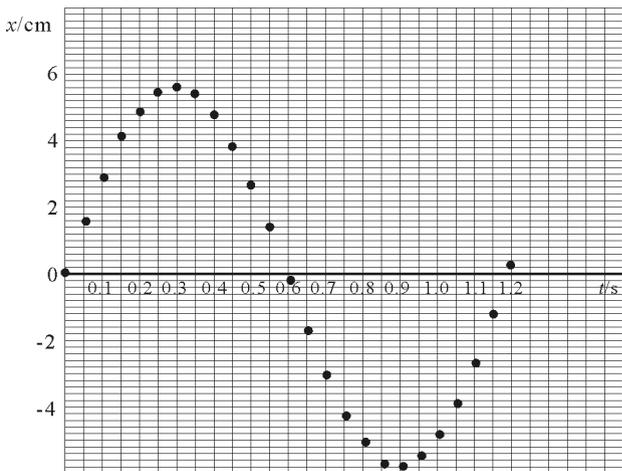


图8 学生描点作图

3.2.2 Tracker 函数拟合

Tracker 软件不仅能手动记录数据,同时也能自动记录数据并进行描点.手动拟合曲线如图9所示.

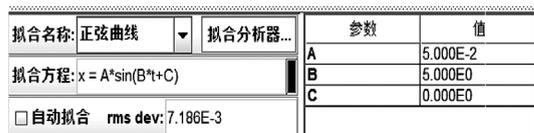
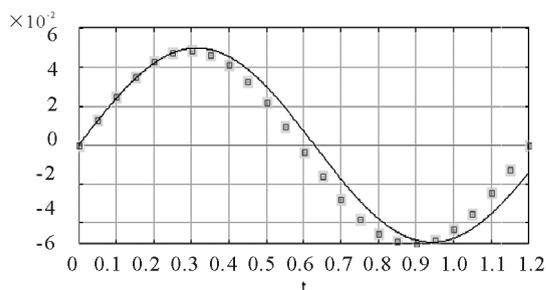


图9 手动拟合曲线

由 Tracker 自动记录的数据拟合曲线如图10所示,并初步认为是形如 $x = A \sin(Bt + C)$ 的正弦函数,函数的参数值: $A = 5 \text{ cm}$, $B = 5 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$, $C = 0$. 在图9中拟合函数与实验数据差异还是比较明显的. 点击“自动拟合”按钮如图10所示,软件在自动拟合的

基础上得出正弦函数的精准参数: $A = 4.98 \text{ cm}$, $B = 5.2 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$, $C = 0.03 \text{ rad}$,发现其实验结果与理论值相比,误差较小,猜想能得以验证.

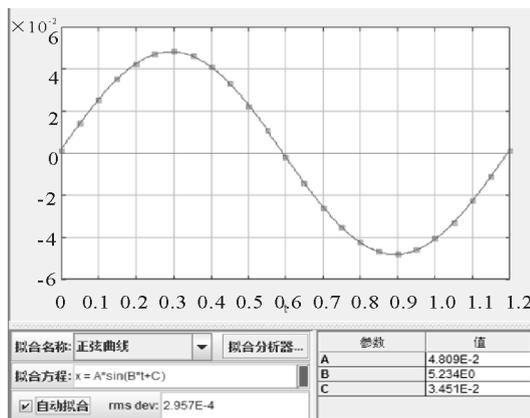


图10 自动拟合曲线

4 结束语

传统的简谐运动教学中,教师基本都是采用先定性分析后猜想的方法告知学生弹簧振子的位移随时间的变化规律是正弦或余弦规律,学生只能被动接受弹簧振子的运动规律,不能很好地体会振子的运动规律.而视频分析软件 Tracker 利用自动跟踪功能直接对弹簧振子的运动数据进行采集,并加以处理^[3].这种方法能较为方便、快速、直观地帮助学生理解弹簧振子的复杂过程,能促进课堂教学效果的高度提升,达到良好的教学效果.

参考文献

- 史振宇,丁益民,张余梦,等.利用 Tracker 研究气垫导轨上的弹簧振子运动[J].物理与工程,2018,28(5):78~81
- 洪炎红.视频分析软件与中学物理教学整合的探索[J].物理通报,2018(6):36~39
- 徐忠岳,余杰,曾裕.Tracker 软件在物理实验教学中的应用[J].中国教育信息化,2014(12):75~78

(上接第44页)

3 小结

通过利用 Matlab 软件绘图,使我们更加清晰地了解了不等量异种电荷的电场线和电势分布,也深刻体会到信息技术在物理研究中的作用,提升了学习和教学品质.

参考文献

- 杨习志.利用 Matlab 研究点电荷间的电势与电场强度的分布问题[J].物理教师,2015(4):69~72

- 赵清锋.不等量异种点电荷连线上物理特性的深入分析[J].物理教师,2018(12):51~54
- 徐成华.不等量异种电荷的等势面[J].物理教师,2015(12):84~85
- 陈燕.两等量异种点电荷电场的探讨[J].物理教师,2012(2):21~22
- 张建锋.不等量异种电荷连线上电势与场强特点[J].中学物理教学参考,2014(1):84~86
- 陈伟.利用 Matlab 模拟点电荷系的电场线和等势面[J].大学物理实验,2014(6):94~96