

用 GeoGebra 软件探析 2017 年高考全国卷 II 理综第 18 题

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:2019-12-24)

摘要:用 GeoGebra 软件演示了 2017 年高考全国卷 II 理综第 18 题的物理过程,直观展示了带电粒子在有界磁场中轨迹圆的运动情境,帮助学生建立清晰的几何图像,理清解题思路.

关键词:GeoGebra 软件 动态演示 磁场 轨迹圆

磁场动态圆问题一直都是教学中的难点,主要是因为学生在脑海中不易形成准确、清晰的旋转、缩放动态情境,无法准确地描绘出粒子轨迹圆的运动情境,很难找到对应的临界点,无法建立正确的物理模型^[1].

而在 GeoGebra 中,可以将粒子运动形成的轨迹圆进行旋转、缩放,直观地展示和分析磁场中的轨迹圆问题.

1 软件介绍

掌握现代教育技术是每个新时代教师必备的技能. GeoGebra 是一款动态数学软件,具有极佳的动

态性,非常适用于演示数学、物理、工程上面的很多现象和知识,而且不需编程基础,简单易学易入门,适用于教师的教学、学生的学习,以及其他领域的应用. 如图 1 所示是 GeoGebra 软件的界面,打开可以看到代数区、几何区、工具栏,还可以根据需要自由选择运算区、3D 绘图区、表格区等,是一个分区简洁、功能强大、操作简单的动态教学软件^[2]. 同时具有处理代数与几何的功能,包括几何画板所有功能、兼具 Excel 常用功能和 Flash 部分功能. 值得一提的是 GeoGebra 支持跨平台使用,能在电脑、手机、平板、网页上运行.

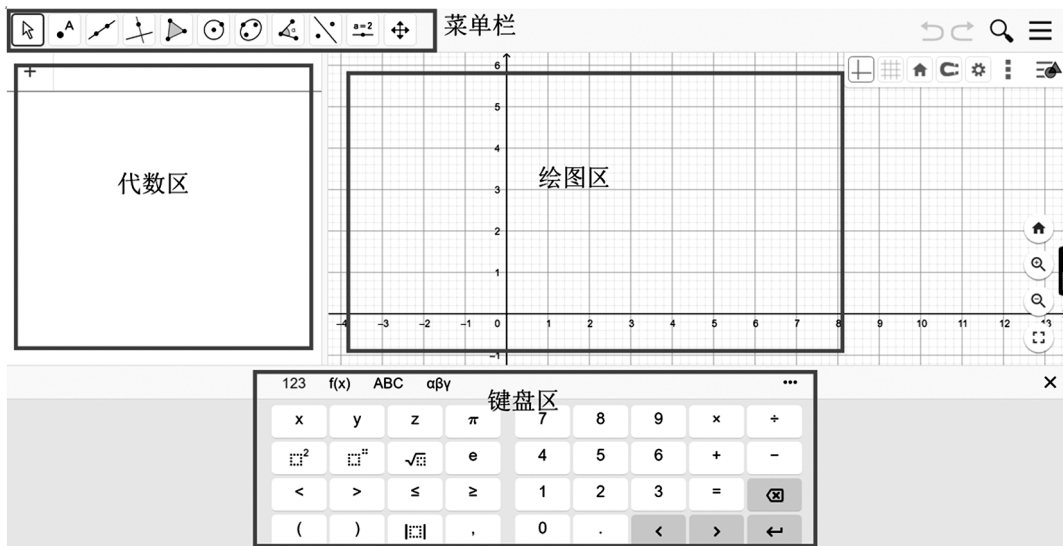


图 1 GeoGebra 软件界面

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,曾获国家励志奖学金.

通讯作者:桑芝芳(1970-),女,教授,研究领域为课程与教学论(物理).

2 题目分析

【例题】(2017年高考全国卷Ⅱ理综第18题)如图2所示,虚线所示的圆形区域内存在一垂直于纸面的匀强磁场, P 为磁场边界上的一点,大量相同的带电粒子以相同的速率经过 P 点,在纸面内沿不同的方向射入磁场,若粒子射入的速度为 v_1 ,这些粒子在磁场边界的出射点分布在 $\frac{1}{6}$ 圆周上;若粒子射入速度为 v_2 ,相应的出射点分布在 $\frac{1}{3}$ 圆周上,不计重力及带电粒子之间的相互作用,则 $v_2 : v_1$ 为()

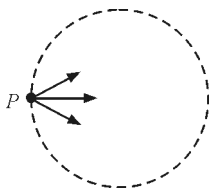


图2 例题图

- A. $\sqrt{3} : 2$ B. $\sqrt{2} : 1$
C. $\sqrt{3} : 1$ D. $3 : \sqrt{2}$

2.1 解析

设速率为 v_1 的粒子最远出射点为 M ,速率为 v_2 的粒子最远出射点为 N ,如图3所示,由几何知识可得

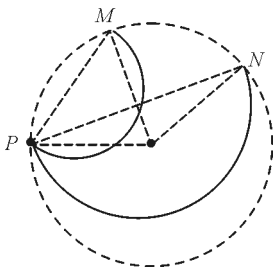


图3 解析图

$$r_1 = \frac{PM}{2} = \frac{R}{2}, r_2 = \frac{PN}{2} = \frac{\sqrt{3}R}{2}$$

所以 $\frac{r_2}{r_1} = \frac{\sqrt{3}}{1}$

由 $qvB = \frac{mv^2}{r}$ $r = \frac{mv}{qB}$

所以 $\frac{v_2}{v_1} = \frac{r_2}{r_1} = \frac{\sqrt{3}}{1}$

答案选择 C.

2.2 问题反思

此题是带电粒子在有界磁场中的运动问题,解题时关键是要画出粒子运动的轨迹草图,知道能出

射到最远处时对应的是轨迹圆直径,再结合几何关系求解,是一道经典的高中物理磁场轨迹圆问题^[3].

但这道题不仅仅是旋转圆问题,还隐藏着“缩放圆”.粒子射入右侧圆形磁场区域,方向任意,精确来看,若以射入点 P 为原点建立坐标系,粒子的射入方向应该是 $-y$ 方向到 y 方向之间.但从粒子打入区域来看, $\frac{1}{3}$ 圆弧和 $\frac{1}{6}$ 圆弧对应了粒子两个速度,这其中又涉及到了轨迹圆的缩放.所以本题对大多数学生来讲难度不小,而且从笔者实际教学过程中再次得到印证,学生往往要求笔者讲解两遍甚至三遍才完全明白.询问学生没懂的原因,笔者整理如下:

问题 1:不理解为何粒子能打满 $\frac{1}{3}$ 或 $\frac{1}{6}$ 圆弧, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{6}$ 分别对应什么情况?

问题 2:不理解为什么出射区域的圆弧是靠近 P 点,远离 P 点的 $\frac{1}{3}$ 或 $\frac{1}{6}$ 圆弧不可以吗?

问题 3:不理解出射区域最远处时对应的是轨迹圆直径?

问题 4:不理解为什么不能是上下对称各打 $\frac{1}{3}$ 或 $\frac{1}{6}$ 圆弧?

针对以上问题,笔者发现通过板书作图很难解决学生心中疑惑,主要是难以将粒子运动轨迹变化的动态过程很好地展示出来,而 GeoGebra 的追踪轨迹功能和动态演示功能可以很好地解决此教学难点^[4].

3 GeoGebra 动态演示

3.1 设计思路

首先,粒子都从 P 点射入右侧磁场,洛伦兹力提供向心力,粒子作匀速圆周运动,得 $qvB = \frac{mv^2}{r}$, $r = \frac{mv}{qB}$.所以粒子轨迹圆的圆心的运动轨迹也是一个圆.不妨设粒子往上偏转,随机取某一速度,利用 GeoGebra 作出该粒子轨迹圆,然后旋转该轨迹圆,相当于改变粒子速度方向,观察轨迹圆与磁场边界的交点,即是出射区域.如图4所示.在旋转过程中仔细观察什么时候粒子出射最远.为清晰起见也可

将磁场圆外部的圆弧隐藏掉,如图5所示.

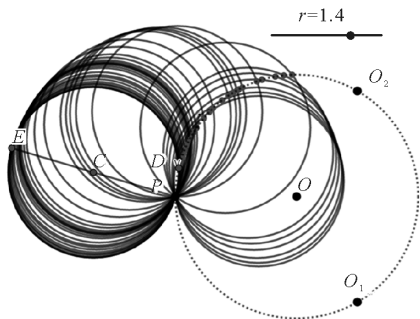


图4 利用 GeoGebra 动态演示粒子的出射区域

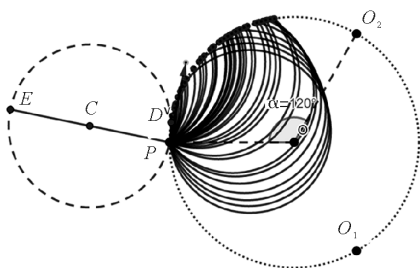


图5 隐藏图4中磁场圆外部的圆弧

在学生理解出射最远处时对应的是轨迹圆直径之后,如图6所示.改变速度大小,即改变轨迹圆半径,使最远点落在靠近P点的磁场圆三等分点处(六等分点处也可以,本文此处是为了效果更明显).经过上述过程,学生基本可以理解问题1到问题3,而且通过几何作图可以得到轨迹圆半径 r 和磁场圆半径 R 之间的关系,如图7所示.

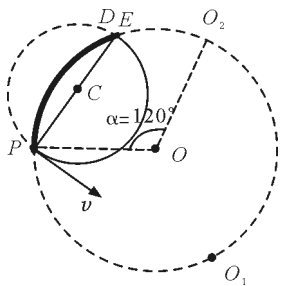


图6 出射点分布在 $\frac{1}{6}$ 圆周上的时的出射最远处

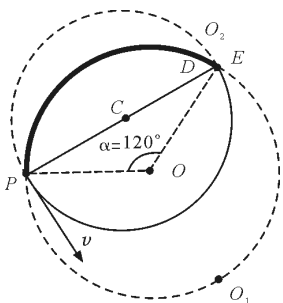


图7 利用图形关系得到轨迹圆半径 r 与磁场圆半径 R 的关系

最后,先在一 y 到 y 方向之间旋转轨迹圆,发现确实只与磁场圆上半部分有交点.然后再将速度方向旋转到第三象限,发现与磁场圆的交点开始出现.但是此时第三象限没有磁场,所以此情况根本不存在.至此,学生基本可以明白,要想上下对称出现 $\frac{1}{3}$ 圆弧或 $\frac{1}{6}$ 圆弧需要粒子能射入第三象限,并且同时磁场区域包含第三象限.如图8所示.至此问题4基本解决.

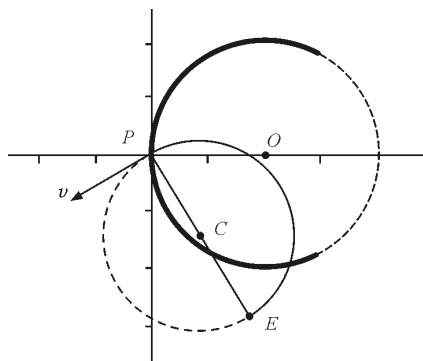


图8 问题4解决示意图

3.2 GeoGebra 操作步骤

(1) 作磁场圆. 在(2,0)作点 O ,然后在输入栏输入:circle(O ,2). (0,0)处重命名为 P 点.

(2) 作粒子轨迹圆. 在输入栏输入:circle(P , r),作圆 P (此为粒子轨迹圆圆心的运动轨迹),选择“圆弧”工具,只选择圆 P 右半部份圆(此为模拟速度方向在一 y 到 y 方向之间).在圆 P 右半部份任取一点 v ,选择“向量”工具,过 P 点作速度 v ;选择“垂线”工具,过 P 点作 v 的垂线,在垂线上任取一点 C , PC 长为 r ;在输入栏输入:circle(C , r),作圆 C ,此即为粒子轨迹圆.拖动速度 v 旋转即可看到轨迹圆在旋转.取轨迹圆与磁场圆交点为 D ,右击设置 D 点“显示踪迹”,则可看到交点运动的痕迹,即为粒子出射区域,如图9所示.

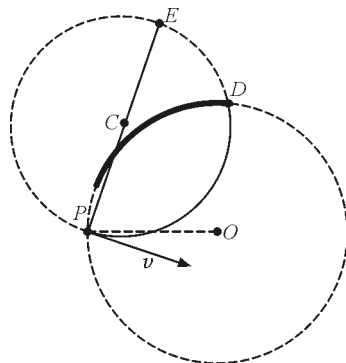


图9 粒子轨迹圆

(3) 确定 $\frac{1}{3}$ 圆弧情况. 拖动速度 v 使速度 v 与水平方向 PO 成 60° , 增大速度 v 的大小, 轨迹圆的半径随之增大, 直到轨迹圆的直径与磁场圆有交点. 此即为三等分点. 选择“角度”工具, 显示此时圆弧对应的圆心角 120° , 如图 10 所示.

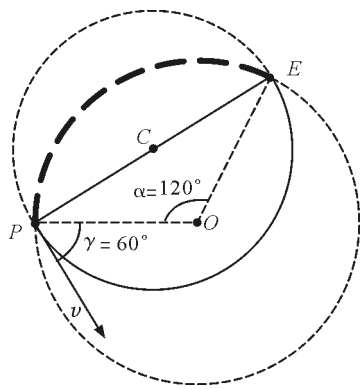


图 10 确定 $\frac{1}{3}$ 圆弧

这时候再根据图中几何关系求出

$$r_2 = \frac{\sqrt{3}R}{2}$$

则更为明白易懂. 同理, 求解 $\frac{1}{6}$ 圆弧情况时, GeoGebra 操作步骤和上述情况基本类似, 如图 11 所示. 容易求得

$$r_1 = \frac{PM}{2} = \frac{R}{2}$$

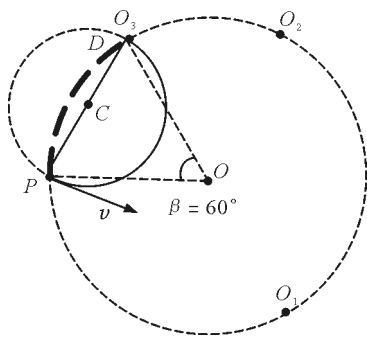


图 11 确定 $\frac{1}{6}$ 圆弧

本题的难点就在于要把物理的动态过程用几何图像反映出来, 一旦有了清晰的几何图像, 物理问题就能很快求解出来^[5].

4 思维进阶

以上两种情形, 虽说既有旋转圆, 又有缩放圆, 但缩放圆是从 v_1 直接到 v_2 , 如果发射出的粒子, 速

度大小方向都不一样, 他们的轨迹圆最终情形是如何呢? 在 GeoGebra 中只需要让速度方向 v 和对应的轨迹圆半径 r 同时变化即可, 设置轨迹圆“显示踪迹”, 便可以观察到如图 12 所示情景.

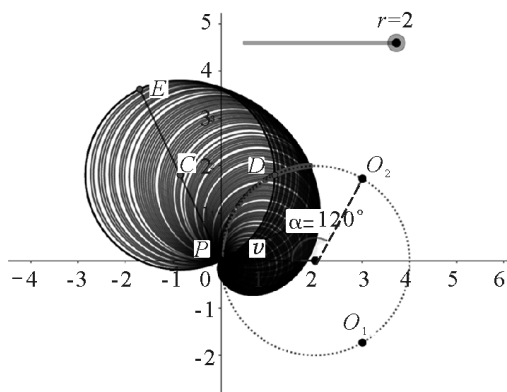


图 12 速度 v 与半径 r 同时变化

5 结束语

一道物理问题的求解, 离不开清晰的物理过程, 也离不开有力的数学工具的辅助.

这道 2017 年高考全国卷的题目, 看似简单的背后, 其实考察了学生的推理能力、作图能力, 对带电粒子在匀强磁场中的运动分析和动态轨迹想象能力有着较高的要求. GeoGebra 由于其简单易学, 功能强大, 且不需要编程背景, 在物理教学中给教师和学生带来了极大的便利, 尤其是在带电粒子在磁场中运动这一章节, 利用 GeoGebra 中的动态功能, 将磁场中的“旋转圆”“缩放圆”问题制作成课件, 为学生创设可视化、更有体验感的教学情境, 可大大降低学生的理解难度和教师的教学难度, 且更有利于突破教学难点, 达到事半功倍的效果.

参考文献

- 1 明翔宇. 巧用几何画板动态分析磁场“缩放圆”和“旋转圆”问题[J]. 物理教学探讨, 2017, 35(12): 52 ~ 54, 58
- 2 丘来金. GeoGebra 辅助中学物理教学的探讨[D]. 上海: 华东师范大学, 2018
- 3 殷正徐, 吴伟. GeoGebra 软件在高中物理课堂教学中的案例应用分析——以简谐振动和机械波为例[J]. 物理教师, 2017, 38(10): 70 ~ 73
- 4 陈丽峰. 用“动圆”巧解带电粒子在匀强磁场中的运动问题[J]. 物理教学探讨, 2012, 30(04): 24 ~ 25
- 5 罗志恒. 用几何画板动态演示 2017 年高考江苏物理卷第 15 题[J]. 物理通报, 2018(02): 103 ~ 104