

# 培养核心素养 落实能力考查

——参加2018年深圳市高中物理命题比赛的心得与体会

游佳峰

(深圳市宝安中学 广东 深圳 518101)

(收稿日期:2018-05-11)

**摘要:**笔者于2018年参加深圳市高中物理命题比赛,基于给定的命题材料,结合新课标的理念,分别命制了一道选择题和一道计算题,主要介绍了本次命题的过程与体会.

**关键词:**高中物理 核心素养 高考命题 加速电场

## 1 引言

2018年举行的深圳市高中物理命题比赛,共分为复赛和决赛两个环节.在复赛中,选手需要在3个小时内根据命题材料命制选择题和计算题各一道;在决赛中,选手需要对自己命制的试题进行说题和答辩.

根据比赛的要求,命题与说题必须基于《普通高中物理课程标准(2017版)》(以下简称“新课标”)的理念,结合《2018年普通高等学校招生全国统一考试大纲》(以下简称“考试大纲”)和《2018年普通高等学校招生全国统一考试大纲的说明》(以下简称“考试说明”)的要求,从考核目标、命题立意、考核方向以及难度和区分度几个方面对试题做出合理的设计和解读.笔者参加了本次比赛,并获得了决赛的一等奖.现就命题的思路和过程谈谈自己的心得与体会.

## 2 命题思路

2018年1月,教育部正式颁布了2017版的普通高中物理课程标准.新课标在凝练物理学科核心素养、更新教学内容和研制学业质量水平的同时,也提出了命题建议.新课标建议命题要注重考查“物理观念”“科学思维”“科学探究”“科学态度与责任”4个方面;试题的情境应符合学生的心理发展水平和认知规律,反映物理学科本质,密切联系社会、经济、科技、生产生活实际,充分体现考试评价促进学生学习、甄别学生学业水平的功能.同时,新课标也要求用于高等院校招生录取的学业水平等级性考试要体

现综合性和应用性,应以学业质量水平4为命题依据<sup>[1]</sup>.同时,在2018年的考试大纲和考试说明中,要求高考物理在考查知识的同时注重考查能力,考查的能力依然为“理解能力”“推理能力”“分析综合能力”“应用数学处理物理问题的能力”和“实验能力”这5个方面的能力<sup>[2]</sup>.

笔者以新课标和考试大纲、考试说明为指导,结合教育部考试中心提出的“一体四层四翼”的高考评价体系<sup>[3]</sup>,力图在基本思想和基本理念上模拟出高考的命题思路.

在比赛给定的材料中,提供了一条题为“国际首台25 MeV连续波超导质子直线加速器通过达标测试”的新闻,要求以新闻为背景命制选择题和计算题各一道.通过对新闻内容的解读,命题的方向可能为带电粒子在电磁场中运动、交变电流、动能定理或功能关系;动量定理或动量守恒定律、匀变速直线运动、原子结构和原子核等等.笔者根据考纲对考试内容的要求,选择了“带电粒子在电场中的运动”作为主要的考查方向,结合近年来全国新课标卷考查特点,计划合理创设情境,科学设置难度,力图模拟全国卷的命题风格.

## 3 命题过程

### 3.1 选择题命题过程

#### 3.1.1 命题背景

结合近3年的全国新课标卷,在2015年I卷、2016年I卷、2016年II卷和2017年I卷中出现了“带电粒子在电场中的运动”这个考点,对于选择题而言只能算作次高频考点,但也需要重视.另外全国

高考对理解原始物理问题的能力要求进一步提高(2017年I卷中STM探头和2017年II卷自制电动机),对综合性问题考查也有所加强,在设计情境时需格外注意.

### 3.1.2 情境设计

根据上述的分析,在命制选择题时笔者设计了如图1所示的情境:编号为1~4号的4块电极板平行放置,极板中心均有一小孔供粒子通过.其中1号和3号板与A接线柱相连,2号和4号板与B接线柱相连.而A,B接线柱接入如图2交变电压,并将一质子从1号板由静止释放,令其沿直线穿过小孔达到4号板.设质子的电荷量为 $e$ ,质量为 $m$ ,1,2号板间距为 $d$ ,为了试题的严谨性,需忽略电场的边缘效应及电压变化瞬间所产生的影响.

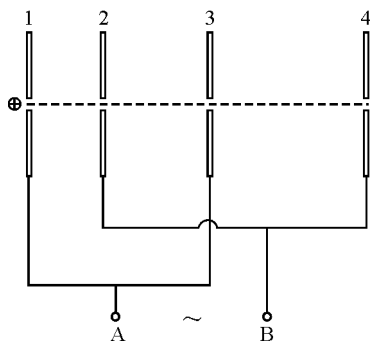


图1 命制选择题时设计的情境

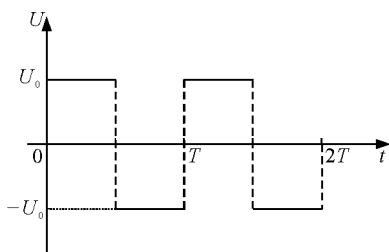


图2 图1中A,B接线柱接入的交变电压

### 3.1.3 设问与解答

在该情境中,可以考查带电粒子在电场中的运动、动能定理、交变电压和匀加速运动等内容,涉及理解能力、推理能力、分析综合能力及应用数学处理物理问题的能力.学生需要理解粒子在电极板间始终处于加速状态,且每两块板间的加速时间为半个周期,才能正确得出答案.为了能考查学生对情境的理解,并尽量全面考查各项内容和能力,笔者在复赛中设计了如下的4个选项:

A. 质子离开4号板的速度为  $v = \sqrt{\frac{6eU_0}{m}}$

B. 交变电压的周期为  $T = d \sqrt{\frac{2m}{eU_0}}$

C. 3,4号板间距为  $d' = (\sqrt{2} + \sqrt{3})d$

D. 若将交变电压改为正弦交流电,则加速器将无法工作

其中A选项考查了动能定理,B选项考查了匀加速直线运动,两个选项均需要学生能利用分析综合能力正确理解情境,并具备一定的理解能力和推理能力得出答案.而C选项则在前面要求的能力之外,还要求学生具备一定的应用数学处理物理问题的能力,能认识到每次加速获得的动能相同,则经过2,3,4号板的速度之比为 $1 : \sqrt{2} : \sqrt{3}$ ;由于每次都是匀加速,则3段位移的平均速度之比为 $1 : (1 + \sqrt{2}) : (\sqrt{2} + \sqrt{3})$ ;又由于每段位移时间都相等,则3段位移之比也为 $1 : (1 + \sqrt{2}) : (\sqrt{2} + \sqrt{3})$ .D选项的设计思路则是想考查学生利用微积分的思想进行定性的判断,通过合理调整板间距和周期,可以达到相同的效果.

但是在决赛答辩环节中,评委老师对整道题的难度提出了一些质疑,同时对D选项提出了不同的看法,认为“无法工作”表意不够清晰,考查目标也不够明确,严谨性不够.笔者认真吸取了评委老师的意见,赛后在题干中加入了“保持加速运动”的表述,并将D选项更改为“整个运动过程中,质子作匀加速直线运动”.改动后的选项考查了匀加速运动的基本概念,主要考查学生的理解能力,同时对整道题的难度也有所降低.由于整道题的能力要求较高,也具有一定的计算量,故将题号设置为21题.

### 3.1.4 考查目标

试题本身的情境和设问已经考查了学生的物理观念和科学思维的学业质量水平4,要求学生具有清晰的物理观念,能综合应用物理知识解决实际问题;能将实际问题中的对象和过程转换成物理模型,能对综合性物理问题进行分析和推理,能采用不同方式分析解决物理问题.为了强化学生的科学态度与责任,笔者在题目开头加上了“2017年6月,由中国研制的国际首台25 MeV连续波超导质子直线加速器通过达标测试,标志着我国在这一领域仍然保持着国际先进水平.”的描述,以期对学生认识科学本质和科学与技术的关系起到积极的作用.

### 3.1.5 命题确定

经过修改和整理,最终形成的命题如下.

**【选择题】**2017年6月,由中国研制的国际首台25 MeV连续波超导质子直线加速器通过达标测试,标志着我国在这一领域仍然保持着国际先进水平.现有某种直线加速器结构如图3所示,编号为1~4号的4块电极板平行放置,极板中心均有一小孔供粒子通过.其中1号和3号板与A接线柱相连,2号和4号板与B接线柱相连.在A,B接线柱间通以图4所示的交变电压,其中电压 $U_0$ 已知,周期 $T$ 可以根据需要调节.现有一质子从1号板由静止释放,沿直线保持加速运动状态,穿过小孔达到4号板.设质子的电荷量为 $e$ ,质量为 $m$ ,1,2号板间距为 $d$ ,忽略电场边缘效应及电压变化瞬间所产生的影响,则:

- A. 质子离开4号板的速度为  $v = \sqrt{\frac{6eU_0}{m}}$
- B. 交变电压的周期为  $T = d \sqrt{\frac{2m}{eU_0}}$
- C. 3,4号板间距为  $d' = (\sqrt{2} + \sqrt{3})d$
- D. 整个运动过程中,质子作匀加速直线运动

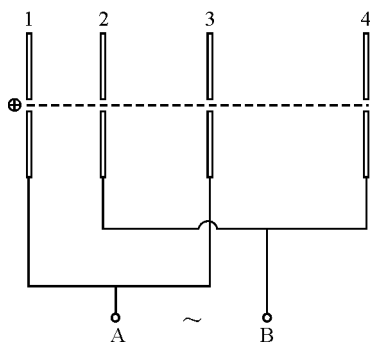


图3 某种直线加速器结构

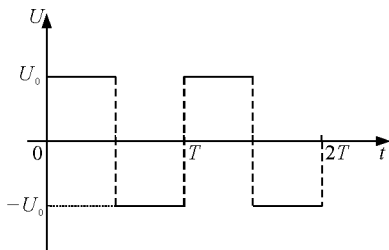


图4 A,B接线柱通入的交变电压

## 3.2 计算题命题过程

### 3.2.1 命题背景

在选择题命题完成之后,为避免重复,笔者选取了“带电粒子在电磁场中的运动”为计算题的主要

考查方向.该考点在计算题考查,近3年出现在2015年II卷、2017年I卷、2017年II卷和2017年III卷.特别在2017年的3张卷中同时出现,其中I卷和II卷考查了电场,而III卷考查了磁场,似乎预示着带电粒子在电磁场中运动的问题在高考中的回归.另外,全国高考第25题的过程复杂度逐年提高,命题风格从“难而不繁”向“既难又繁”转变,力学多过程问题和附加外电场的力学综合问题逐年涌现;由2017年的命题也可看出,全国卷的第25题侧重公式字符的运算,对应用数学处理物理问题的能力要求进一步提升.对于这些命题特点都需要针对性地训练.

### 3.2.2 情境设计

根据上述的分析,笔者设计了如图5所示的计算题情境:两平行电极板竖直放置,板间电压为 $U_0$ .电荷量为 $-q$ ,质量为 $m$ 的粒子经电场加速后,沿圆心方向射入磁感应强度为 $B_0$ 的圆形磁场区域,并在受到磁场偏转后,被圆心正下方距离为 $L$ 处的接收探头接收.接收探头可视为质点,且可在水平滑轨上自由滑动,便于设问.

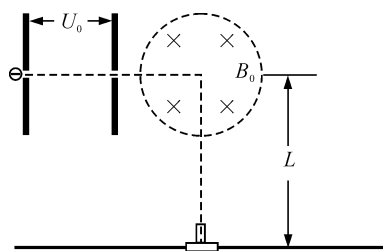


图5 设计的计算题情境

### 3.2.3 设问与解答

在该情境中,可以考查带电粒子在电场和磁场中的运动,并利用组合场的模型设计多过程问题.整道题将对学生的理解能力、推理能力、分析综合能力及应用数学处理物理问题的能力提出较高的要求.为了准确考查学生对过程的理解,并合理设置难度梯度,笔者在复赛中以第25题的难度标准设计了如下3个小问:

(1) 圆形磁场区域的半径 $R$ ;

(2) 若经过长时间使用,磁感应强度减弱为 $B$ ,求探头为了接收粒子而偏离初始位置的距离 $x$ 与 $B$ 之间的关系;

(3) 若因使用不当,圆形磁场区域在竖直方向上偏移了 $s$  ( $s < R$ ),求探头为了接收粒子而偏离初

始位置的距离  $x'$  与磁场区域偏移量  $s$  之间的关系.

其中,第(1)问考查学生对过程的理解能力,粒子通过电场加速后进入圆形磁场区域,经磁场偏转后飞向正下方的探头,如图6所示.

易得轨迹半径与磁场半径相等,即  $r=R$ .

由动能定理

$$qU_0 = \frac{1}{2}mv^2$$

由牛顿运动定律

$$qvB_0 = \frac{mv^2}{r}$$

联立解得

$$R = \frac{1}{B_0} \sqrt{\frac{2mU_0}{q}}$$

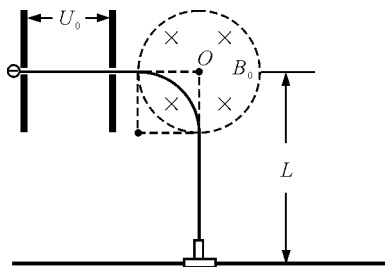


图6 粒子的运动轨迹

第(2)问和第(3)问的设计则受到2013年全国新课标I卷第25题的启发,求解物理量之间的关系式.其中第(2)问中,由于磁场区域的磁感应强度减弱,轨迹半径将变大,粒子的运动轨迹将如图7所示.

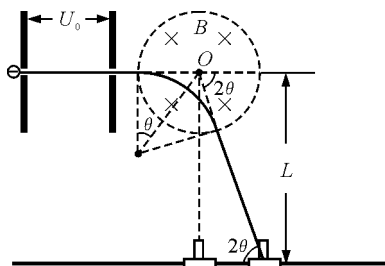


图7 磁场减弱后粒子的运动轨迹

由牛顿运动定律得

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

由几何关系得

$$\tan \theta = \frac{R}{r} \quad \tan 2\theta = \frac{L}{x'}$$

结合(1)中结论,得

$$\tan \theta = \frac{B}{B_0}$$

代入二倍角公式

$$\tan^2 \theta = \frac{2 \tan \theta}{1 - \tan^2 \theta}$$

得

$$x' = \frac{L(B_0^2 - B^2)}{2B_0B}$$

问题除了考查学生的理解和推理能力,通过二倍角公式,也考查学生应用数学处理物理问题的能力.

在第(3)问中,因磁场区域发生偏移,粒子射入磁场区域的方向不再指向圆心,这将使题目的难度加大,对学生推理能力和分析综合能力的要求也进一步提高.由于磁场区域可以向上或向下偏移,解题过程也应分两种不同的情况讨论,具体过程如图8、图9所示.

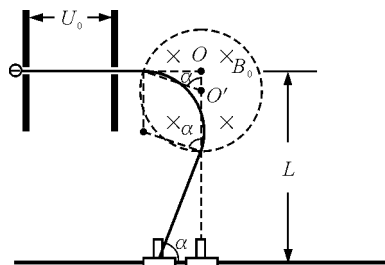


图8 圆形磁场区域向下偏移后粒子运动轨迹

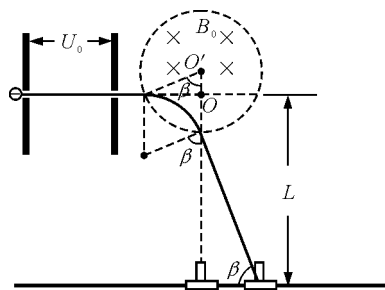


图9 圆形磁场区域向上偏移后粒子运动轨迹

若磁场向下偏移,由几何关系得

$$\cos \alpha = \frac{s}{R}$$

$$\tan \alpha = \frac{L - R - s}{x'}$$

结合(1)中结论,联立解得

$$x' = \frac{B_0 s \sqrt{q} (L - s) - s \sqrt{2mU_0}}{\sqrt{2mU_0} - qB_0^2 s}$$

若磁场向上偏移,由几何关系得

$$\cos \beta = \frac{s}{R}$$

$$\tan \beta = \frac{L - R + s}{x'}$$

结合(1)中结论,联立解得

$$x' = \frac{B_0 s \sqrt{q} (L + s) - s \sqrt{2mU_0}}{\sqrt{2mU_0 - qB_0^2 s}}$$

但在决赛之前的准备阶段,笔者考虑到虽然2017年的全国新课标 I 卷和 II 卷侧重了公式字符的运算,但第(3)问中答案的表达式仍然过于复杂,冗长的计算过程可能会占去学生太多的答题时间,故在题目的最后加上了“(结果可用  $R$  表述)”的补充条件,以期将试题考查的重点转向学生的理解能力、推理能力和分析综合能力. 最终的答案也随之精简为

$$x' = \frac{s(L - R - s)}{\sqrt{R^2 - s^2}} \text{ 和 } x' = \frac{s(L - R + s)}{\sqrt{R^2 - s^2}}$$

### 3.1.4 考查目标

本题着重考查的是物理观念和科学思维的学业质量水平 4, 并同时在题干中渗透了科学态度与责任. 试题的设问要求学生具有清晰的物理观念, 能综合应用物理知识解决实际问题; 并能将实际问题中的对象和过程转换成物理模型, 能对综合性物理问题进行分析 and 推理, 能采用不同方式分析解决物理问题. 在题干中对实验装置的表述, 向学生渗透物理研究是一种对自然现象进行抽象的创造性工作, 并让学生意识到实验操作需要的规范性和严谨性.

### 3.1.5 命题确定

经过修改和整理, 最终形成的命题如下.

**【计算题】**为了接收直线加速器加速的粒子, 某实验小组设计了如图 10 所示的装置. 两平行电极板竖直放置, 板间电压为  $U_0$ . 电荷量为  $-q$ , 质量为  $m$  的粒子经电场加速后, 沿圆心方向射入磁感应强度为  $B_0$  的圆形磁场区域, 并在受到磁场偏转后, 被圆心正下方距离为  $L$  处的接收探头接收. 若接收探头可视为质点, 且可在水平滑轨上自由滑动, 不计粒子重力, 求:

(1) 圆形磁场区域的半径  $R$ ;

(2) 若经过长时间使用, 磁感应强度减弱为  $B$ , 求探头为了接收粒子而偏离初始位置的距离  $x$  与  $B$  之间的关系;

(3) 若因使用不当, 圆形磁场区域在竖直方向上偏移了  $s$  ( $s < R$ ), 求探头为了接收粒子而偏离初始位置的距离  $x'$  与磁场区域偏移量  $s$  之间的关系. (结果可用  $R$  表述)

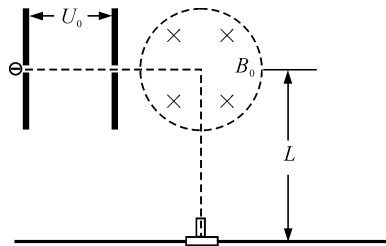


图 10 某实验小组设计的粒子直线加速器装置

## 4 心得与体会

经过为期一周的前期准备以及现场命题和说题的比赛过程, 最终的结果令人满意. 笔者在命题与修改的过程中, 有了一些心得和体会, 现总结如下, 供同仁交流:

(1) 模拟试题的命制, 应以新课标的理念和物理学科核心素养为基础, 以考试大纲和考试说明的 5 个方面能力要求为指导, 结合高考命题的趋势, 意图最大程度模拟高考的考查特点, 以达到最大化的训练效果.

(2) 试题的情境设计应尽量利用原始物理问题, 探索与现实相关的情境, 密切联系生产生活实际, 具备一定的开放性和创新性. 通过学生面对复杂现实情境时的表现来考查学生的核心素养.

(3) 命题的过程中应特别注意试题的科学性和严谨性, 避免科学性错误. 这既是在避免试题的内容对学生产生误导, 也是以身作则向学生展现物理学科核心素养中的科学态度与责任.

(4) 试题的难度和复杂度需要严格的把控, 使试题既能达到训练和考查的目的, 又不至于因过于复杂的过程和冗长的计算偏离了考查的重点.

在命题过程中, 笔者也曾被问起“你认为今年高考考到这道题的概率有多少”这样的问题. 笔者认为, 命题在注重模拟性的同时, 并不需要太过于强调其预测功能. 因为命一道好题, 是一件“功在当代, 利在千秋”的事情. 不论高考如何变化, 优秀的试题在对物理学科的必备知识、关键能力、学科素养和核心价值进行训练和考查时起到的关键性作用总是不会变的.

### 参考文献

- 1 中华人民共和国教育部. 普通高中物理课程标准(2017版). 北京: 人民教育出版社, 2018
- 2 教育部考试中心. 2018年普通高等学校招生全国统一考试大纲(理科). 北京: 高等教育出版社, 2017
- 3 姜钢. 探索构建高考评价体系, 全方位推进高考内容改革. 中国教育报, 2016-10-11