

教学拓展 疑难问题解析

关于“洛伦兹力 电场力 介质阻力”的教学探讨

——基于学生问题 让高三专题复习更有效

陈昱英

(北京市通州区潞河中学 北京 101149)

(收稿日期:2021-10-27)

摘要:对于同一物理问题,常常可以从宏观与微观两个不同角度进行研究,找出其内在联系,从而更加深刻地理解其物理本质.从微观角度理解并区分电子所受“洛伦兹力、电场力、介质阻力”,将涉及力学、恒定电路、电磁学等知识,这对学生是易错点亦是难点,同时更是解决力电综合问题的关键点.在“以学生为中心”的教育理念下,基于学生问题,通过模型建构、对比,通过多角度、多层次思考讨论、建构知识网络,做到知识的融会贯通,进一步落实学生科学思维的培养与提升.

关键词:电磁感应 洛伦兹力 电场力 介质阻力 科学思维

1 引言

高中物理学科核心素养中对科学思维的培养是这样描述的:“通过高中阶段的学习,学生应具有建

构理想模型的意识 and 能力;能正确运用科学思维方法,从定性和定量两个方面进行科学推理,找出规律,形成结论,……能基于证据大胆质疑,从不同角度思考问题,追求科技创新.”

Exploration on the Teaching and Training Mode of University Students' Physics Academic Competition under the New Situation

Liu Shucheng Wei Xiaonan

(College of Physics, Guizhou University, Guiyang, Guizhou 550025)

Abstract: China Undergraduate Physics Tournament is a national important competition for undergraduate majoring in science and technology to comprehensively examine and cultivate students' comprehensive abilities such as innovation ability, independent learning ability, team cooperation ability and communication and expression ability. The competition has become one of the college students' innovation and entrepreneurship competitions in the Outline of the National Medium and long term Development Plan for Education and the Outline of the National Innovation-driven development strategy. However, some universities still face many problems in carrying out this competition, especially the teaching and training mode of competition. This paper will make a preliminary analysis from the three aspects of learning cognition, independent learning ability and learning interest of college students of science and engineering, and explore the teaching and training mode of Physics academic competition for College students in China under the new situation and put forward specific constructive suggestions.

Key words: China Undergraduate Physics Tournament; teaching mode; autonomous learning; comprehensive ability

面对高三专题复习,在强化“以学生为中心”的教育理念下,如何围绕学生的“学”选择合适的教学方式,设计教学活动呢?笔者通过几十年的高中物理教学实践逐渐体会到:“基于学生问题”的教学设计永远是最有智慧并充满活力的,它能让学生的思维更发散,让复习更有针对性和实效性。

从知识的整合效果看,金属棒切割磁感线引起的电磁感应现象情境最丰富,历年高考也最热门,来自学生的讨论和质疑也最发散.而解答此类问题离不开粒子的“微观受力分析”,这是分析问题的出发点、难点和易混点.下面谈谈笔者是如何解决这一问题,带领学生进行知识整合的.

2 【环节1】创设情境——引出“源于学生的问题”

【例1】(2019年朝阳区期末试题改编)对于同一物理问题,常常可以从宏观与微观两个不同角度进行研究,找出其内在联系,从而更加深刻地理解其物理本质.如图1所示,固定于同一水平面内的光滑、平行长直金属导轨处于竖直向下的匀强磁场中,导轨左端接有定值电阻.粗细和材质均匀的金属杆 MN 在与其垂直的水平恒力作用下,在导轨上匀速向右运动;金属杆 MN 始终与导线框形成闭合电路,其长度恰好等于平行轨道的间距,导轨电阻不计.已知定值电阻的阻值为 R ,金属杆 MN 的电阻为 r ,水平恒力为 F ,某段时间内,金属杆 MN 向右运动距离为 x .……

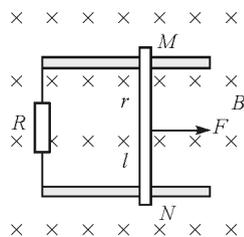


图1 例1题图

经典物理学认为,在金属导体中,定向移动的自由电子频繁地与金属离子发生碰撞,把定向移动的动能不断传递给金属离子,使金属离子的热振动加剧,因而导体的温度升高.在考虑大量自由电子的统计结果时,电子与金属离子的碰撞结果可视为导体

对电子有连续的阻力.

请展开你想象的翅膀,给出一个合理的自由电子的运动模型,并在此基础上设置问题,分析并给出解答.

2.1 考核目的

这是电磁感应中常见的单棒切割模型,要求从微观角度构建电子的运动模型.原题为“求解阻力大小”,此处改为“由学生自主设置问题、分析解答”.

2.2 分析要点

建构电子的合理运动模型,从微观角度分析其受力(既是要点、又是易错点),从而使问题得到解答.

看起来不难,但高三学生经过一段时间的复习,已经积累有大量模型,思维也足够发散,于是问题出现了.

2.3 产生问题

如何构建运动模型(说明理由,此文略)? 如何理解区分自由电子所受“洛伦兹力、电场力、介质阻力”? 何时、何条件下只考虑1个力、2个力、3个力的作用呢?

3 【环节2】模型类比——“解决问题”优于“解题”

在高三复习中,常规方法只能让学生学会“解题”.为真正的“解决问题”,笔者引导学生自主讨论、采用分析类比的方法,进行不同模型的多维度剖析,让思维更深入.于是,充满生机和内涵的专题复习就这样开始了……

3.1 只考虑1个力(以电子为例)

(1) 教学活动设计

学生在思考、简述、补充……,提出一些可能的运动情境.如:

1) 电子仅在电场力作用下的运动(如电场中的直线、曲线运动等).

2) 电子仅在洛伦兹力作用下的运动(如磁场中的匀速圆周运动等)……

(2) 教学后记

因进入专题复习,此部分内容学生已基本掌握,

适合简述、归纳即可。

3.2 只考虑沿金属棒方向的2个力(以电子为例)

3.2.1 教学活动设计

学生先独立思考、画出模型简图,再分小组讨论、补充、板演展示……,在教师引导下完成下面模型1的分析过程,其他模型将交给学生完成,笔者只在必要时作简单点评。来自学生的、有代表性的模型如下。

模型1:金属棒 MN 垂直磁感线方向匀速运动,外电路断路(即 $R = \infty$)。

(1) 运动模型

如图2所示。

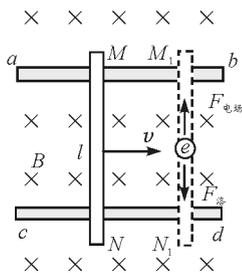


图2 模型1匀速切割(无外电路)

设电子在金属棒内部,从静止开始,沿金属棒方向开始运动,使 MN 两端产生电势差,电子同时受到沿金属棒方向大小不变的洛伦兹力和逐渐增大的电场力作用,最终两力平衡,电子静止。

(2) 受力分析

在金属棒内部,电子受两个力作用,即电场力 $F_{\text{电场}}$ 和洛伦兹力 $F_{\text{洛}}$,达到平衡状态时有

$$F_{\text{电场}} = F_{\text{洛}}$$

即

$$e \frac{U_{MN}}{l} = eBv$$

得

$$U_{MN} = Blv$$

两力方向见图2。

讨论:推导结果说明什么?(答略)

(3) 难点剖析

为何最终平衡时未考虑电子受到的介质阻力?

因金属棒做切割磁感线运动过程中,外电路断

路,电子最终达到平衡状态时,将保持静止状态,不与金属离子发生碰撞,即电子不受介质阻力作用。

模型2:金属棒 MN 垂直磁感线方向匀速运动,外电路短路(即 $R = 0$)。

(1) 运动模型

如图3所示。

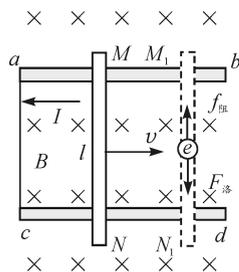


图3 模型2匀速切割(外电路短路)

设电子沿金属棒方向,做匀速运动(运动方向向下)。

讨论:为什么可以假设电子匀速运动?(答略)

(2) 受力分析

在金属棒内部,电子受两个力作用,即洛伦兹力 $F_{\text{洛}}$ 和介质阻力 $f_{\text{阻}}$,两力平衡

$$f_{\text{阻}} = F_{\text{洛}}$$

即

$$f_{\text{阻}} = eBv$$

两力方向见图3。

讨论:推导结果说明什么?(答略)

(3) 难点剖析

1) 为何不考虑电子受到的电场力?

因金属棒作切割磁感线运动过程中,外电路短路,金属棒 MN 两端无电势差、即电子不受电场力作用。

2) 洛伦兹力做功了吗?

学生讨论、交流,教师点评(解答略)。

模型3:含直流电源 E ,金属棒 MN 静止,所在区域无磁场。

(1) 运动模型

如图4所示。假设电子以速度 u 沿金属棒匀速运动。

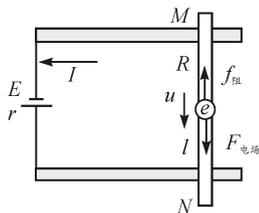


图4 模型3有电源、无磁场

(2) 受力分析

沿金属棒方向,电子受两个力作用,即电场力

$F_{\text{电场}}$ 和介质阻力 $f_{\text{阻}}$, 两力平衡 $f_{\text{阻}} = F_{\text{电场}}$, 即

$$f_{\text{阻}} = e \frac{U_{MN}}{l}$$

两力方向见图4.

(3) 难点剖析

1) 为何不考虑电子受到的洛伦兹力?

金属棒所在区域无磁场.

2) 电压 U_{MN} 的含义?

闭合电路的路端电压.

3) 影响介质阻力大小的可能因素有哪些?

电子运动速度 u 大小(速度方向如图4). 如 $f_{\text{阻}} \propto$

$u, f_{\text{阻}} \propto u^2, \dots$

3.2.2 教学后记

这是本节课中,针对“源于学生问题”展开讨论、展示思维过程的重要教学环节,教师需要耐心倾听、让学生真正成为教学的主体,唤起学习的乐趣,让质疑、讨论成为习惯,教师只在必要时给予表扬或点评.效果非常好.

3.3 只考虑沿金属棒方向的3个力(以电子为例)

3.3.1 教学活动设计

承上启下:模型源于“环节1”的引课内容(金属棒 MN 垂直磁感线方向匀速运动,内外电阻分别为 r 和 R)

小组讨论:学生自主设置问题、讨论并分析解答,整合并构建知识网络(学生问题较多,不可能在课上完成所有解析,需教师把握时间及内容,做重点解析即可).

模型4:回顾环节1中的示例(如图5和图6),进行多维度分析、讨论.

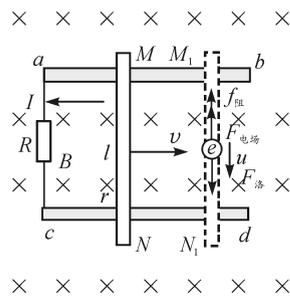


图5 金属棒匀速切割

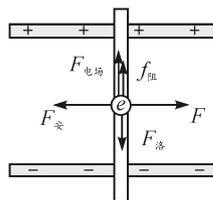


图6 受力放大图(从宏观到微观)

(1) 小组讨论质疑

组织学生分组讨论、写出问题、交流分享.下面列举一些学生的问题,如:

1) 建立合理的自由电子运动模型,说出原因.

(学生讨论、分析)

画出金属棒中的电子受力图,如图5所示.

2) 写出电动势表达式? 给出不同的推导方法.

建议推导方法:法拉弟电磁感应定律、电动势定义、电子受力平衡、能量守恒等.

3) 在金属棒产生电动势的过程中,说明是什么力充当非静电力? 写出其大小表达式.

理解动生电动势的产生,沿金属棒方向的洛伦兹力提供非静电力.

4) 若电子沿金属棒匀速运动,写出其所受介质阻力大小的表达式.

需要给出已知条件,从不同角度写出.

5) 从宏观看,金属棒做匀速运动的条件是什么?

建议从受力、功能关系、能量转化等角度给出分析.如图6所示.

6) 在图示运动过程中,写出各力所做的功.

提示:从宏观到微观,多维度分析、思考.

7) 在图示运动过程中,写出通过金属棒导体

横截面电荷量大小、产生热量大小等?

提示:注意理解电荷量、热量概念含义,分析解答……

(2) 多维度分析

重点解析举例如下.

1) 动力学

当电子沿金属棒匀速运动时,受力平衡(如图6所示).

$$F_{洛} = F_{电场} + f_{阻}$$

其中

$$F_{洛} = evB$$

$$F_{电场} = e \frac{U}{L}$$

代入得

$$evB = e \frac{U}{L} + f_{阻}$$

设金属棒整体含电子个数为 nLs (其中 s 为金属棒横截面积, n 为单位体积含电子个数).

对金属棒中的所有电子,受力平衡

$$(nLs)evB = (nLs)e \frac{U}{L} + (nLs)f_{阻}$$

2) 功能关系

若电子在金属棒内运动速度大小为 u , 运动时间为 Δt , 代入上式, 得出金属棒中所有电子所受各力做功的关系式

$$(nLs)evB \cdot (u\Delta t) =$$

$$(nLs)e \frac{U}{L} \cdot (u\Delta t) + (nLs)f_{阻} \cdot (u\Delta t)$$

(3) 深层思考

上式中各项的物理意义? 分析如下.

从微观角度理解电流大小

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{(nLs)e}{\Delta t} = nesu$$

从电动势定义理解电动势大小

$$E = \frac{W_{非}}{e} = \frac{F_{洛} L}{e} =$$

$$\frac{evBL}{e} = BLv$$

代入后整理得

$$EI\Delta t = UI\Delta t + (nLs)f_{阻}(u\Delta t)$$

3.3.2 教学后记

针对“小组讨论质疑”环节生成的问题,并不需要在本节课都得到解决,但要求组长记录并在课下分享到班级的微信物理大群中,利用课余时间思考、讨论.这已成为高三复习课的常态,教师会及时关注学生在课上、课下尚未解答的问题,及时采用网络或其他方式进行答疑.

在“多维度分析”环节,既是对模型4中的难点突破,也是对学生规范书写的训练,此环节必不可少.

“深层思考”环节只有程度较好的学生能够进入,必要时需要教师引导进行,此环节为思维提升内容,可以选择使用或布置课下完成.

4 【环节3】思维拓展——有效提升科学素养

教师:除本节讨论内容外,还有哪些相似模型呢?

学生:课下思考,为下节交流讨论提供素材,提高学习兴趣.

例如:图5中的电阻 R 换成直流电源 E (包括变换电极等)、换成电容器 C ……

总之,这是一节源于学生问题的专题复习课,要求学生敢想、敢问、敢做,并有解决问题的态度和意愿;能针对多角度、多层次的深度思考,并对问题给出合理的解释与解决.只有这样,才能深化学生对物理知识结构的理解,真正做好知识的融会贯通,由表及里,通过层层剖析,加强学生的深度思考和综合分析问题的能力,贯彻物理学科的课程理念,提升学生的科学思维水平.

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年版)[S]. 北京:人民教育出版社,2018
- 2 人民教育出版社物理室. 全日制普通高级中学教科书物理·选修(第二册)[M]. 北京:人民教育出版社,2003
- 3 陶昌宏. 试论物理学科本质及独特的育人功能[J]. 物理通报,2021(5):2~7
- 4 池英芝. 关于动生电动势的多维度剖析[J]. 物理通报,2021(5):43~44