

源于学生问题 提升科学思维——关于“导体棒切割”模型中的难点剖析

陈昱英

北京市通州区潞河中学，中国·北京 101100

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“金属棒切割”问题，将涉及动力学、功能等多维知识，高三专题复习中应善于发现“源于学生的问题”，找出提升学生科学思维的入手点和突破口。论文将在“以学生为中心”的教育理念下，通过模型建构、对比，经过多角度、多层次思考讨论、建构知识网络，进一步落实学生科学思维的培养与提升。

关键词：导体棒切割；宏观与微观；科学思维

Enhancing Scientific Thinking through Student Problems — Analysis of Difficulties in the “Conductor Rod Cutting” Model

Yuying Chen

Luhe Middle School, Tongzhou District, Beijing, Beijing, 101100, China

Abstract: For the same physical problem, it is often possible to study it from two different perspectives, macro and micro, to identify its inherent connections and gain a deeper understanding of its physical essence. Understanding and distinguishing the “Lorentz force, electric field force, and dielectric resistance” experienced by electrons from a microscopic perspective will involve knowledge of mechanics, constant circuits, electromagnetics, and other fields. This is a difficult and error prone point for students, and it is also a key point in solving the problem of electromechanical integration. This paper will be based on the educational philosophy of “student-centered” and student problems. Through model construction, comparison, and multi angle and multi-level thinking and discussion, a knowledge network will be constructed to achieve the integration of knowledge and further implement the cultivation and improvement of students’ scientific thinking.

Keywords: conductor bar cutting; macro and micro; scientific thinking

0 前言

亚里士多德曾讲过：“思维是从疑问和惊奇开始的”。问题是科学思维的开端，敢于质疑是科学创新的起点。如果这些质疑源于学生，就更能激活学生自身的思考热情，并主动投入到深度思维的学习氛围中，从而不断提升学生的科学思维能力与科学创新精神。

《普通高中物理课程标准》中针对科学思维的培养目标指出：“学生应具有建构模型的意识和能力；能运用科学思维方法，从定性和定量两个方面对相关问题进行科学推理、找出规律、形成结论；具有使用科学证据的意识和评估科学证据的能力，能运用证据对研究的问题进行描述、解释和预测；具有批判性思维的意识，能基于证据大胆质疑，从不同角度思考问题，追求科技创新。”

我通过三十余年的教学实践逐渐体会到：“源于学生问题”的教学过程永远是最有智慧、充满活力的，它能让学

生思维更发散，能更有效地把钻研和解决问题的思维方法传

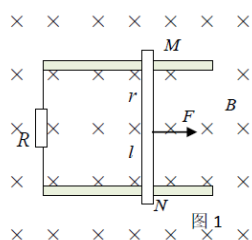
递给学生，以激励学生主动思考，感受物理学的和谐与美。的问题最丰富，讨论质疑也最发散！解答此类问题离不开“从微观角度”对带电粒子受力分析，这是分析问题的出发点、难点和易混点！下面谈谈我是如何与学生一起发现问题、突破难点，提升思维的？

1 创设模型情境，培养学生建构物理模型的科学思维能力

如图 1 所示，两根平行长直金属光滑导轨固定在水平面内，在此空间存在竖直向下的匀强磁场，导轨左端接有定值电阻。现有一根均匀金属导体棒 MN 在与其垂直的水平恒力作用下，在导轨上匀速向右运动；金属棒 MN 始终与导线框形成闭合电路，其长度 L 恰好等于平行轨道的间距，导轨电阻不计。已知定值电阻阻值为 R ，金属棒 MN 的电阻为 r ，水平恒力为 F ，某段时间内，金属杆 MN 向右运动了一段距离，导轨足够长。

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。



请你展开想象的翅膀,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。

首先,明确目标——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”。

其次,找出分析要点——建构电子运动的合理模型,从微观角度分析其受力,从而使问题得到解答。看起来不难啊!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,于是问题呈现了,请看——

从微观角度,如何对金属棒中自由电子构建运动模型、说明理由?

金属中的自由电子可能会受到哪些力的作用?

如何理解区分“洛伦兹力、电场力、介质阻力”?

什么条件下,只考虑其中一个力、两个力或三个力的作用呢?……

2 创设推理情境,培养学生科学推理的科学思维能力

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”,我鼓励学生自主讨论、分析类比,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……

【环节1】只考虑一个力(以电子为例)。

学生在思考、讨论、补充……,提出可能的运动模型、画出示意图。例如:

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)……

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。

【环节2】只考虑沿金属棒方向的两个力(以电子为例)。

学生先独立思考、画出简图,小组讨论、补充、板演展示……,在教师引导下完成下面情境1的分析过程,其他情境交给学生完成,我只在必要时作简单点评。下面展示几种情境(均源于学生):

情境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运动分析:如图2所示。

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 $F_{\text{电场}}$ 、洛伦兹力 $F_{\text{洛}}$ (见图2)。

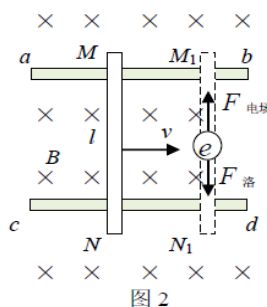


图2
匀速切割(无外电路)

达到平衡状态时有: $F_{\text{电场}}=F_{\text{洛}}$ 。

即 $e \frac{U_{MN}}{L} = evB$, 得 $U_{MN}=BLv$ 。其中 v 为金属棒运动速度大小。

讨论:你从不同角度说明结果的意义吗?

③难点剖析:电子受到的介质阻力吗?

——外电路断路,电子最终达到平衡,将保持静止状态,不与离子发生碰撞,即不受介质阻力作用。

情境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运动分析:如图3所示。

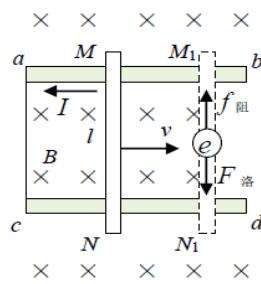


图3
匀速切割(外电路短路)

设电子沿金属棒方向,作匀速运动(运动方向向下)。

讨论:为什么可以假设电子匀速运动?(叙述清晰能力在提升)。

②受力分析:

在金属棒内部,电子受两个力作用,即:洛伦兹力 $F_{\text{洛}}$ 、介质阻力 $f_{\text{阻}}$ (见图3)。

两力平衡 $f_{\text{阻}}=F_{\text{洛}}$, 得 $f_{\text{阻}}=evB$ 。

讨论：你从不同角度说明结果的意义吗？（类比提升）。

③难点剖析：

电子受到的电场力吗？——外电路短路，MN 两端无电势差、即电子不受电场力作用。

洛伦兹力做功了吗？——学生讨论、交流，教师点评。

情境 3：含直流电源 E，金属棒 MN 静止，所在区域无磁场。

①运动分析：如图 4 所示。

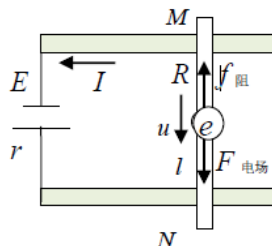


图 4

有电源、无磁场

假设电子以速度 u 沿金属棒匀速运动。

②受力分析。

沿金属棒方向，电子受两个力作用，即：

电场力 $F_{\text{电场}}$ 、介质阻力 $f_{\text{阻}}$ （见图 4）。

两力平衡 $f_{\text{阻}} = F_{\text{电场}}$ ，得 $f_{\text{阻}} = e \frac{U_{MN}}{L}$ 。

③难点剖析：

为何不考虑电子受到的洛伦兹力？——金属棒所在区域无磁场。

电压 U_{MN} 的含义？——闭合电路的路端电压。

影响介质阻力大小的可能因素有哪些？——电子沿棒方向运动速度 u 大小，如 $f_{\text{阻}} \propto u$ 、 $f_{\text{阻}} \propto u^2 \dots$ 。

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！

【环节 3】只考虑沿金属棒方向的三个力（以电子为例）。

承上启下——金属棒 MN 垂直磁感线方向匀速运动，已知电阻 r 、 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）。

情境 4：结合图 5、图 6 中情境，进行多维度分析、讨论、提升。

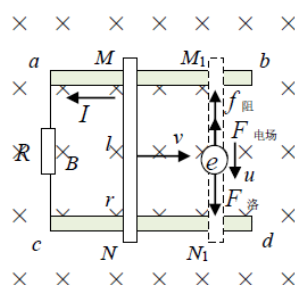


图 5
金属棒匀速切割

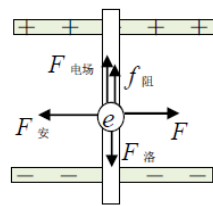


图 6
受力放大图
(从宏观到微观)

组织学生分组讨论、提出问题、交流分享。下面列举一些从“宏观与微观”角度的思考：

①动力学分析（简图）。

②电源电动势（含推导）。

什么力充当非静电力（含电路分析）。

③洛伦兹力与安培力关系等。

④功能关系。

.....

3 创设关联情境，提升学生深层思维的能力

①动力学：设电子沿金属棒匀速运动（见图 6）。

$$F_{\text{洛}} = F_{\text{电场}} + f_{\text{阻}}, \text{ 其中 } F_{\text{洛}} = evB, F_{\text{电场}} = e \frac{U_{MN}}{L}.$$

设金属棒整体含电子个数 nls 为（其中 s 为金属棒横截面积， n 为单位体积内所含电子个数）。

对金属棒中所有电子： $(nls)evB = (nls)e \frac{U}{L} + (nls)f_{\text{阻}}$ 。

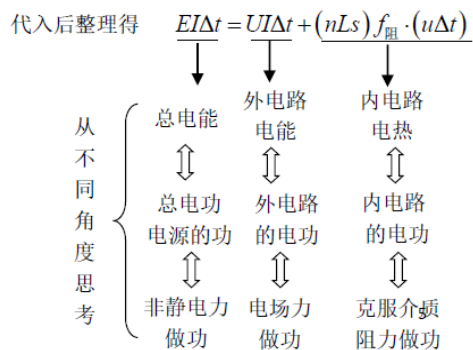
②功能关系：若电子沿金属棒运动速度大小为 u ，运动时间为 Δt 。

代入得： $(nls)evB(u\Delta t) = (nls)e \frac{U}{L}(u\Delta t) + (nls)f_{\text{阻}}(u\Delta t)$ 。

请思考：各项含义？

$$\text{电流: } I = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{(nls)e}{\Delta t} = nesu.$$

$$\text{电动势: } E = \frac{W_{\text{非}}}{q} = \frac{F_{\text{洛}} \cdot L}{e} = \frac{evB \cdot L}{e} = BLv.$$



面对这些源于学生的质疑、讨论，通过创设模型情境，学生不仅可以掌握物理模型是如何建构的，也对学生学习物理思维和物理方法大有益处，使学生进行主动建构知识的能力得到锻炼，“源于学生的问题”能让物理课堂充满活力！

针对“小组讨论质疑”环节生成的问题，利用课余时间

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。

4 创设思维拓展，有效提升高三复习效率

思考：除本节讨论内容外，还有哪些相似模型呢？

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，在教学过程中，教师要给学生营造民主的氛围，鼓励学生敢于质疑、积极质疑；要以积极鼓励的方式进行质疑的评价，并给以方向性的指引；要根据教学进程和学生的认知能力及时发布质疑点，并注意营造质疑的氛围，吸引学生积极发问和

提出疑虑。

参考文献：

- [1] 冯沾亮.2023年6月浙江省选考物理试卷第19题赏析[J].中学物理,2023,41(19):62-65.
- [2] 曹梦婷.高中物理必修与选择性必修的衔接教学研究[D].苏州:苏州大学,2023.
- [3] 朱建廉,吴荃萱,吴兴国.例谈应试解题的“秒杀”技巧——以2022年高考理综全国甲卷物理选择题为例[J].中学物理教学参考,2022,51(25):68-70.

作者简介: 陈昱英(1965-),女,中国辽宁沈阳人,本科,正高级教师,从事物理课堂教学研究。