



培养学生分析与综合的科学思维方法*

——以导体棒切割磁感线为例

杨正宇 陈泽勇 胡军 马兰

(成都市石室中学 四川 成都 610052)

(收稿日期:2023-02-19)

摘要:文章以导体棒切割磁感线的电磁感应现象为例,从牛顿运动定律、做功与能量转化、等效电路和动量4个不同角度进行分析,并在分析基础上综合得出更深层次结论,展示了如何培养学生分析与综合的科学思维方法.

关键词:分析;综合;科学思维方法

对于物理现象,如果从不同角度去分析它,就会得到不同的结论.如果我们将不同角度分析的结论进行综合,就会对物理现象有更全面的认识和得到更深层次的结论.

分析就是科学思维过程把对象分解为各个部分、要素、环节、阶段并加以考查的方法^[1];综合,就是把研究对象的各个部分、方面和因素联合起来研究,从而在整体上把握事物的本质和规律的科学思维方法^[1].科学思维方法是指从物理学视角对客观事物的本质属性、内在规律及相互关系的认识方式;是基于经验事实建构物理模型的抽象概括过程;是分析综合、推理论证等方法在科学领域的具体运用;是基于事实证据和科学推理对不同观点和结论提出质疑和批判,进行检验和修正,进而提出创造性见解的能力与品格^[2].

本文以电磁感应中导体棒切割磁感线为例,谈一谈如何培养学生分析与综合的科学思维方法.

1 物理现象

【例题】如图1所示,水平放置的电阻阻值为 R ,电阻 R 与两根光滑的平行金属导轨相连,导轨间距为 L ,其间有垂直导轨平面向下、磁感应强度为 B 的匀强磁场.导轨上有一质量为 m 的导体棒以初速度 v_0 向右运动,导轨以及导体棒电阻不计.

(1)导体棒将做什么运动?请描绘出运动的 $v-t$ 图像.

(2)能否求出导体棒向右运动的总位移呢?

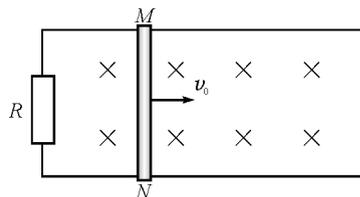


图1 导体棒切割磁感线

2 分析

2.1 从牛顿运动定律角度分析

根据右手定则可知导体棒中有由 N 端到 M 端的感应电流,根据左手定则可知,导体棒受到向左的安培力.因此导体棒速度 v 将减小,根据安培力公式以及牛顿第二定律

$$F_{安} = BIL = \frac{B^2 L^2 v}{R} = ma$$

可知,安培力将减小,所以导体棒将向右做加速度逐渐减小的减速直线运动,画出 $v-t$ 图像如图2所示.非常明显,导体棒所做运动属于非匀变速直线运动,中学阶段无法用牛顿运动定律来求解导体棒位移.

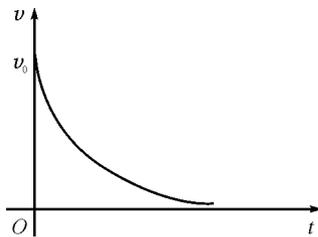


图2 $v-t$ 图像

* 成都市教育科研规划课题“基于学科核心素养的高中物理概念教学设计研究”,课题编号:CY2022ZK15;四川省哲学社会科学重点研究基地·四川省基础教育研究中心科研项目“培育学科核心素养的高中物理概念教学实践研究”的研究成果,项目编号:JCJY2022-08.

2.2 从做功与能量转化角度分析

导体棒在安培力做负功的情况下,动能转化为回路的焦耳热,根据动能定理

$$W_{\text{安}} = \bar{F}_{\text{安}} x = \frac{1}{2} m v_0^2 \quad (1)$$

只要能求出安培力对位移的平均值,就可以求出导体棒的位移。

2.3 从等效电路角度分析

导体棒切割磁感线,导体棒相当于电源,它和外电阻一起,组成了一个简单的串联回路.导体棒的位移可以和它扫过的面积联系在一起,而扫过的面积可以和回路磁通量变化联系在一起,磁通变化量又可以和导体棒切割磁感线产生的平均感应电动势联系在一起,根据闭合电路欧姆定律,我们可以求出流过回路的平均电流,进而求出流过回路的电荷量 q ,即

$$q = \bar{I} t = \frac{\bar{E}}{R} t = \frac{\Delta\Phi}{R} = \frac{BLx}{R} \quad (2)$$

非常明显,要想求出导体棒位移 x ,可以想办法求解出电荷量 q .

2.4 从动量角度分析

对于导体棒仅在安培力作用下减速运动过程,从动量定理角度分析,平均安培力的冲量等于导体棒动量的变化量,即

$$-B\bar{I}L t = -BqL = m\Delta v \quad (3)$$

显然,在全过程中,导体棒动量变化量已知,可以求出流过回路的电荷量 q .

3 综合

综合以上4个不同角度分析的结论,可以发现,从等效电路角度和动量角度可以求出导体棒位移.综合式(2)和式(3),可以发现:导体棒经过磁场区域的磁通变化量 $\Delta\Phi$ 与速度变化量 Δv 通过电荷量 q 联系在一起,即

$$q = \frac{\Delta\Phi}{R} = \frac{BLx}{R} = \frac{-m\Delta v}{BL} = \frac{m(v_0 - v)}{BL} \quad (4)$$

当导体棒末速度 $v=0$ 时,可得导体棒全过程位移

$$x = \frac{m v_0 R}{B^2 L^2}$$

同时根据式(4),我们发现在磁通变化量 $\Delta\Phi$ 相

同的情况下,导体棒速度变化量 Δv 也是相同的.进一步变形式(4),可以得到

$$v = -\frac{BL}{mR} \Delta\Phi + v_0 = -\frac{B^2 L^2}{mR} x + v_0 \quad (5)$$

其中, x 代表导体棒位移.根据式(5),导体棒仅在安培力作用下的运动过程,速度与位移是线性关系,可以作出 $v-x$ 图像如图3所示.

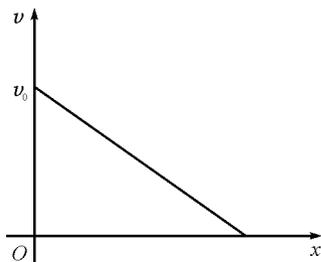


图3 $v-x$ 图像

既然导体棒速度与位移是线性关系,那导体棒所受的安培力 $F_{\text{安}} = BIL = \frac{B^2 L^2 v}{R}$ 也必然与位移 x 是线性关系,作出安培力 $F_{\text{安}}$ 与位移 x 关系图像如图4所示.

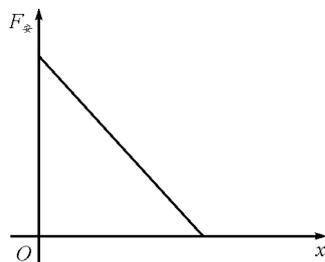


图4 $F_{\text{安}}-x$ 图像

利用安培力对位移的平均值 $\bar{F}_{\text{安}}$ 乘以位移 x 求出安培力做功,根据动能定理

$$W_{\text{安}} = \bar{F}_{\text{安}} x = \frac{B^2 L^2 \bar{v}}{R} x = \frac{B^2 L^2 \frac{v_0 + 0}{2}}{R} x = \frac{1}{2} m v_0^2 \quad (6)$$

可得

$$x = \frac{m v_0 R}{B^2 L^2}$$

与从动量角度和等效电路角度算出的结果相同,殊途同归.

通过对导体棒切割磁感线这一物理现象不同角度的分析和综合,发现了导体棒仅在安培力作用下运动的特点,即速度和安培力随位移是线性变化的

推导平行板电容器电容表达式的两种方法

赵日峰

(大连市第八中学 辽宁 大连 116021)

(收稿日期:2023-03-15)

摘要:通过构建物理模型,利用两种方法从理论上推导了平行板电容器的电容表达式 $C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi k d}$,过程简洁易懂.

关键词:平行板电容器;微元法;极限法;电容

人教版高中《物理》必修三第十章第4节“电容器的电容”在拓展学习环节通过实验探究的方式得出了真空中平行板电容器的电容表达式 $C = \frac{S}{4\pi k d}$

以及介质中的电容表达式 $C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi k d}$,缺乏理论推导过程,导致许多学生对其推导过程充满疑惑和好奇,教师也难以用学生易懂的语言和物理知识^[1-2]解释其推导过程.为帮助学生答疑解惑,充分理解平行板电容器的电容表达式,形成物理观念,培养科学思维和科学探究精神,也为解决教师教学上的困难,笔者通过两种方法推导了平行板电容器的电容表达式,

结论.我们既可以从安培力对时间的平均值运用动量定理求出导体棒位移,也可以从做功角度利用安培力对位移的平均值运用动能定理求出导体棒的位移.同时,还可以引导学生对比安培力对时间的平均值与对位移的平均值,搞清楚两者的区别,从而避免混淆.

4 结束语

我们对于物理现象应该从不同角度去分析,然后综合从不同角度分析得到的结论,将现象分立的各个方面、各个部分联系统一起来,形成一个有机的整体,这样才可以从一个更高、更全和更深刻的层面来认识物理现象和理解物理规律.

牛顿正是综合了伽利略、开普勒和笛卡尔等人的观点实现了物理学上的第一次大综合——发现了万有引力定律;麦克斯韦在法拉第研究的基础上提出了电磁场理论,统一了电现象和磁现象,并预言

过程简洁易懂,现将推导过程展示如下,与各位老师交流.

1 微元法

利用均匀带电平板的电场强度推导真空中平行板电容器电容表达式.

1.1 构建模型

构建带电半球壳模型计算无限大均匀带电平板产生的电场强度.

如图1所示,电荷面密度为 σ 的无限大带电平板产生的电场是匀强电场.

了电磁波的存在;爱因斯坦在牛顿绝对时空观基础上提出了相对论,统一了时间、空间和物质,并得到牛顿运动定律只是相对论在低速、宏观下的近似;现在物理学家正在酝酿更大范围内的综合,即统一场论.

在教学过程中,教师应该坚持经常让学生经历分析与综合的科学思维过程,这样对学生科学思维的培养大有裨益,对提升学生发现问题、解决问题的能力大有裨益,对学生养成从不同角度辩证地看待问题的习惯,形成正确的人生观、价值观大有裨益.

参考文献

- [1] 叶建柱,蔡志凌.物理教学中的逻辑[M].北京:科学出版社,2013:47-53.
- [2] 中华人民共和国教育部.普通高中物理课程标准(2017年版2020年修订)[S].北京:人民教育出版社,2020:4-5.