

讲透细节促进学生掌握知识本质

——以感应电动势教学为例

姚 彬

(中山市第一中学 广东 中山 528400)

旷紫薇

(湖南科技大学物理与电子科学学院 湖南 湘潭 411201)

(收稿日期:2019-03-06)

摘 要:从细节入手,给学生讲透知识,不仅可以有效破除学生学习过程中的困惑,还可以让学生清楚知识的来龙去脉,促进学生掌握知识的本质,有利于学生更加灵活自如地运用知识解决问题,达到举一反三的目的,提升教学效率.

关键词:讲透 细节 掌握 知识本质

细节决定成败这一点在教学中的体现更是淋漓尽致.在学生学习过程中遇到障碍时,抓住细节不放手,重视从细节入手给学生讲透知识,理清知识的来龙去脉,学生才能掌握知识本质,学生在运用知识时才能做到举一反三,实现教学效率的提升.讲透细节需要教师对学生有充分的了解,知道学生学习的卡壳之处在哪里,也需要教师能够高屋建瓴把握学科知识,能够有高超的教学艺术,智慧地化解学生学习中的困惑,将学生遇到的问题、产生的疑惑讲透彻.本文以法拉第电磁感应定律教学中,学生的疑惑为例谈一谈如何从细节入手,通过讲透细节促进学生对知识理解的升华.

1 产生感应电动势的本质

感应电动势的产生分为两种情况,其一是由于磁场强度的变化引起磁通量变化而产生的感应电动势,还有一种是由于导体棒在磁场中做切割磁感线运动而产生的感应电动势.两种情况有没有不同,其本质是什么,是什么“力量”推动电荷的定向移动,形成感应电动势和感应电流.教学中有必要将这些细节给学生讲解透彻,这样学生才能更好地掌握知识,后续才可能灵活运用.

1.1 感生电动势

由于磁感应强度的变化产生的感应电动势叫做

感生电动势.如图1所示,当磁铁向下或者向上运动时平面内各处磁感应强度都会发生变化,变化磁场周围产生涡旋电场.涡旋电场对处于其中的带电粒子产生力的作用.如果有金属线圈置于平面内,自由电子会在涡旋电场力的作用下定向移动形成电流,而电动势的产生与是否有闭合回路无关,只要某一面磁通量变化就会产生.

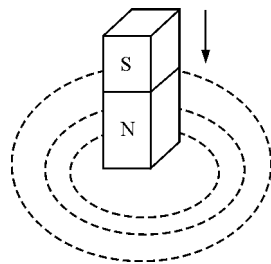


图1 感生电动势示例

1.2 动生电动势

导体棒在磁场中做切割磁感线的运动而产生的感应电动势叫做动生电动势.如图2所示,长为 L 的导体棒 ab 以速度 v 垂直匀强磁场 B 做匀速运动.棒中的自由电子在洛伦兹力的作用下沿 ab 定向移动,在 b 端累积负电荷, a 端失去电子带正电.定向移动后自由电子参与两个方向的运动,如图3所示.其一是向右的运动速度为 v_1 ,产生的洛伦兹力为 f_1 ,其作用是使自由电子向 b 端移动;其二是,向 b 端运动,

设其速度为 v_2 , 产生的洛伦兹力为 f_2 , 其作用是阻碍棒与磁场的相对运动, 宏观表现为安培力, 消耗其他形式的能量转化为棒内的感应电场能. 随着电荷的积累, 棒内产生由 a 指向 b 的电场, 电子除了受到洛伦兹力还将受到电场力, 当洛伦兹力与电场力等大时, 自由电荷不再定向移动. 棒内的电场可看成匀强电场, 根据二力平衡有

$$\frac{U_{ab}}{L}q = qvB$$

得 a 和 b 间电势差

$$U_{ab} = BLv$$

感应电动势

$$E = U_{ab} = BLv$$

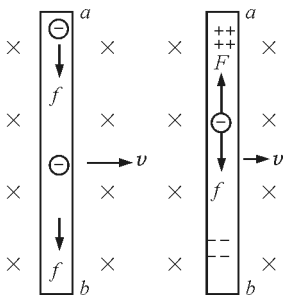


图2 导体棒 ab 在匀强磁场中做匀速运动

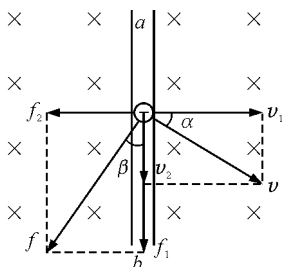


图3 自由电子运动方向分析

2 法拉第电机原理的两种解释

学生经常会遇到以法拉第电机为情境的物理问题, 只有顺利理解法拉第电机原理, 才能促进学生所学知识的内化, 才能在运用法拉第电磁感应定律时灵活自如. 正确理解法拉第电机的原理对学生而言有一定难度. 这就要求教师在教学中找准学生理解的难点, 有针对性地给学生讲解透彻, 尤其是一些理解中容易忽视但却非常重要的细节.

2.1 用 $E = n \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ 解释

铜盘在磁场中旋转, 可看成很多根以长度为半径的铜棒并联. 设铜棒 Oa 长为 L , 在垂直于磁场的

平面内绕圆心 O 以角速度 ω 转动, 磁场的磁感应强度为 B , 如图 4 所示. 具体推导过程如下. 设想铜棒与一个定值电阻 R 组成闭合回路, 如图 5 所示, 经过时间 Δt 后, 磁通量增加了

$$\Delta\Phi = B\Delta S = B\left(\frac{1}{2}L\theta \cdot L\right) = \frac{1}{2}BL^2\omega\Delta t$$

根据法拉第电磁感应定律可得

$$E = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{\frac{1}{2}BL^2\omega\Delta t}{\Delta t} = \frac{1}{2}BL^2\omega$$

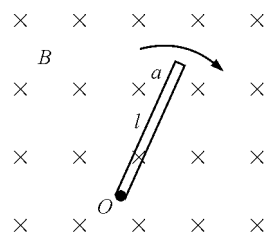


图4 铜棒在磁场中的旋转

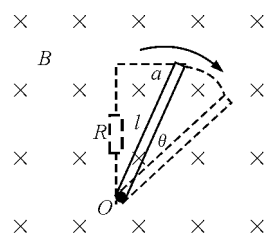


图5 设想铜棒与一定值电阻 R 组成闭合回路

上述推导的教学中, 特别需要讲清楚如下细节.

细节 1: 扇形面积的计算

扇形面积的计算是学生在初中就学习的内容, 然而学生在物理上运用时却不能迁移过来. 教学中有必要给学生讲清楚, 补齐短板, 避免因数学知识缺陷而导致学习障碍. 第一, 圆弧长等于 $L\theta$; 第二, 扇形面积等于弧长与半径乘积的一半

$$\Delta S = \frac{1}{2}L\theta \cdot L = \frac{1}{2}L^2\omega\Delta t$$

细节 2: 虚构回路在左侧、右侧一样吗?

如图 5 所示, 铜棒顺时针转动时, 虚构回路在左侧, 磁通量增加, 根据楞次定律可得感应电流磁场方向与原磁场相反, 有 a 点电势高于 O 点. 学生提出: 如果将虚构回路置于右侧, 则磁通量减小, 根据楞次定律, 感应电流磁场方向与原磁场相同, 有 a 点电势低于 O 点, 学生觉得矛盾? 事实真是这样吗? 结果会因为将回路置于左侧或者右侧而不同吗? 引导学生画出电路图, 用右手判断电流方向. 学生发现: 回路在左侧, 根据增反, 感应电流为逆时针, 铜棒在右

侧,从 O 到 a 流过铜棒;回路若在右侧,根据减同,感应电流为顺时针,铜棒在左侧,依然是从 O 到 a 流过铜棒,二者统一,并不矛盾。

细节3:客观事实不以人的意志为转移

给学生讲清楚回路在左侧和右侧结果一致之后,还可给学生渗透“客观事实不以人的意志为转移”的哲学意识.在虚构回路时,在左侧还是右侧,具有偶然性,不同人甚至同一个人在不同时间选择的位置会有不同,只有回路在左侧和右侧得到的结果一致,所学的知识才是正确的.只要磁场和运动确定了,铜棒产生的感应电动势, O 和 a 两点电势的高低就确定了,不会因为人为选择不同而不一样。

2.2 用 $E = BLv$ 解释

利用 $E = BLv$ 解释法拉第电机原理,推导过程如下:设铜棒各点速度的平均值为

$$\bar{v} = \omega \frac{L}{2}$$

或者

$$\bar{v} = \frac{0+v}{2} = \frac{0+\omega L}{2} = \frac{1}{2}\omega L$$

$$\text{则 } E = BL\bar{v} = \frac{1}{2}BL^2\omega$$

教学中除了正确推导外,教师还应该讲透如下3个细节。

细节1:学生推导错在何处?

学生典型错误为

$$E = BLv = BL\omega L = BL^2\omega$$

学生的错误是认为切割速度是 $v = \omega L$,铜棒上各点线速度大小不同, ωL 是铜棒上 a 的速度,是铜棒上各点线速度中最大的。

细节2:为何 $E = BLv$ 中 v 应为各点速度的平均值?

$E = BLv$ 中 v 应为各点速度的平均值才能计算出某个瞬间铜棒产生的电动势的平均值.为什么要将切割的速度等效为铜棒各点速度的平均值,对此学生比较疑惑.教学中应给学生分析透彻.根据微元法将 Oa 分成等长的无数段,每一微元长度为 $l = \frac{L}{N}$,每一微元上各点速度相等,产生的感应电动势分别为

$$E_1 = BL_1v_1, E_2 = BL_2v_2, \dots, E_n = BL_nv_n$$

Oa 产生的感应电动势相当于 E_1, E_2, \dots, E_n 串联,即有 $E = E_1 + E_2 + \dots + E_n = Bl(v_1 + v_2 + \dots + v_n) =$

$$BL \frac{v_1 + v_2 + \dots + v_n}{N} = BL\bar{v}.$$

细节3:为何各点速度的平均值可以用中点的速度或者 O, a 两点速度的平均值代替?

各点速度的平均值可以用中点的速度或者 O, a 两点速度的平均值代替,即有 $\bar{v} = \omega \frac{L}{2}$.

或者

$$\bar{v} = \frac{0+v}{2} = \frac{0+\omega L}{2} = \frac{1}{2}\omega L$$

为何可以这样计算,学生不理解,需要教师认真引导学生分析.首先,回顾匀变速直线运动平均速度的计算方法 $\bar{v} = \frac{v_0 + v_t}{2}$,在匀变速直线运动中物体的速度随时间均匀变化,其变化是线性的,根据 $v = \omega r$ 可知铜棒 Oa 上各点的速度随半径(距离)均匀增加,也是线性变化的,故而可以迁移匀变速直线运动计算方法得出铜棒各点速度的平均值为

$$\bar{v} = \frac{0+v}{2} = \frac{0+\omega L}{2} = \frac{1}{2}\omega L$$

其次,回忆计算匀变速直线运动平均速度的另外一种方法:中间时刻的瞬时速度等于全程的平均速度.匀变速直线运动速度随时间均匀变化,平均速度等于速度的平均值,等于时间中点的瞬时速度,而铜棒 Oa 上各点速度随半径逐渐增加,类比迁移得到其平均速度等于速度的平均值,等于铜棒中点的瞬时速度,故而有 $\bar{v} = \omega \frac{L}{2}$.

3 细化推导明晰知识的适用范围

学生迷恋源于解题经验的“二级结论”.这些源于有限解题经验的“二级结论”对学生解决一些熟悉的、类似的物理问题有很好的促进作用.然而,要学生能够灵活运用知识将“二级结论”的便捷性发挥到最佳,还需要学生完整经历“二级结论”的推导过程,这样学生才清楚知识的来龙去脉,才能够掌握知识本质,明晰知识的适用范围,避免运用出错.法拉第电磁感应定律的教学中,经常会用到感应电荷量的公式 $q = n \frac{\Delta\Phi}{R}$.只有在教学中细化该公式的推导过程

$$q = I\Delta t = \frac{E}{R}\Delta t = \frac{n \frac{\Delta\Phi\Delta t}{\Delta t}}{R} = n \frac{\Delta\Phi}{R}$$

学生才能明白该式只适用于回路中电阻 R 不变的情况. 此外, 将该公式进一步细化为

$$q = n \frac{\Delta\Phi}{R} = n \frac{B\Delta S}{R} = n \frac{BLd}{R}$$

可以在知道感应电荷量的情况下求出变加速运动的位移 d .

4 两种理解方式的统一

利用 $E = n \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ 和 $E = BLv$ 解决导体切割磁感线

问题是等价的, 但是, 有时候学生也会觉得疑惑. 如图 6 所示, 导体棒以速度 v 向右运动, 根据导体切割磁感线的公式可得感应电动势为 $E = BLv$. 但是学生提出无法用 $E = n \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ 来理解, 因为不知道导体棒向右运动过程中如何选择回路, 不知如何判断磁通量的变化.

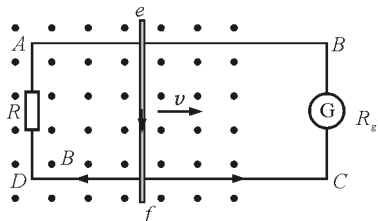


图 6 导体棒以速度 v 向右运动

教学中需要讲清楚如下 2 个细节.

细节 1: 磁通量是增加了还是减少了?

学生选择的回路为 $ABCD$, 得到磁通量不变的结果. 应该将回路选为 $efDA$ 和 $efCB$, ef 向右运动时

$efDA$ 磁通量增加, $efCB$ 磁通量减少.

细节 2: 产生的感应电动势一样吗?

设速度为 v , 棒长为 L , 经时间 Δt , 左侧回路 $efDA$ 面积增加, 磁通量增加

$$\Delta\Phi = B\Delta S = BLv\Delta t$$

$$E_1 = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = BLv$$

方向为顺时针, 从 e 到 f ; 右侧回路 $efCB$ 面积减少, 磁通量减少

$$\Delta\Phi = B\Delta S = BLv\Delta t$$

$$E_2 = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = BLv$$

方向为逆时针, 也是从 e 到 f . 等效为两个电源并联, 并联后电动势为

$$E = E_1 = E_2 = BLv$$

与从导体棒切割的角度得到的结果一致.

5 结束语

教学中抓细节就是要教师处处留意学生的学习障碍, 清楚学生困惑在何处, 学生具有什么样的思维水平, 具备哪些知识储备, 如何才能有效破除学生的疑惑, 如何才能让学生更好地掌握正确知识. 抓细节的过程, 就是促进教师了解学生的过程, 也是进行精心备课的过程, 更是将教学设计付诸实践的过程, 也是学生不断反思和构建真知的过程. 教学中抓细节、讲透细节对学生掌握知识本质有很好的促进作用.

Explain Thoroughly in Detail to Promote Students to Master the Essence of Knowledge

——Take Induction Electromotive Force Teaching as Example

Yao Bin

(Zhongshan No. 1 Middle School, Zhongshan, Guangdong 528400)

Kuang Ziwei

(School of Physical and Electrical Engineering, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan, Hunan 411201)

Abstract: Thorough explanation to students can not only effectively eliminate the confusion in the learning process of students, but also make students understand the context of knowledge, promote students to master the essence of knowledge, and help students use knowledge to solve problems more flexibly, so as to achieve the purpose of drawing inferences from one example and improve teaching efficiency.

Key words: explain thoroughly; in detail; master; the essence of knowledge