

# 无限长密绕载流螺线管中磁场分布教学的不同设计\*

刘国良

(无锡城市职业技术学院 江苏 无锡 214153)

(收稿日期:2015-12-16)

**摘要:**无限长密绕载流螺线管是磁场教学中的一个重点和难点,通过几种不同方法的教学设计,对无限长密绕载流螺线管磁场分布进行具体分析,达到启迪学生思维,领悟物理思维方式精髓的目的.

**关键词:**教学方法 思维 螺线管 磁场分布

高职院校小教理科培养方向开设《普通物理学》课程,旨在培养小学教育专业方向学生具备全面扎实的知识基础及应对未来社会发展要求的能力基础.但由于课程安排的一些具体原因,学生的数理基础知识的储备相对滞后,学习上存在一定的困难.面对这样的境况,在教学实施中,唯有主动应对,积极思考解决问题的办法,才是化解教学矛盾的有效途径.

现代教育心理学认为,学习是一种主动的知识建构过程,是学习者将新知识纳入已有知识体系的一个过程.基于这样的一种认识,我们的课堂就应当回归教育的本质,注重学习者思维的启迪,为学习者的知识构建提供优化的教学方法.因此,在普通物理电磁场的教学中,教师应当根据理科教学的特点,在注重物理公式推导的同时,更要注重公式推导的基本思路和方法,使学生能够理解物理问题的本质及解决问题的方法.

著名物理学家理查德·费曼曾说过,“科学是一种方法,它教导人们:一些事物是怎样被了解的,现在了解到什么程度,怎样看待疑惑及不确定性,怎样思考问题,作出判断,怎样区别真伪和表象.”高职院校的物理课程不只是知识的教育,开设物理课程的目的,在于使学生对物理学的内容和方法,对物理

概念和物理规律,其历史、现状和前沿有整体上的一个全面了解,是提高学生科学素质、科学思维方法的重要课程.

## 1 设置问题的坡度 启迪学生的思维

无限长密绕载流螺线管周围的磁场分布问题,已有现成的结论.但一般教材上给出的计算过程都是作为学习了毕奥-萨伐尔定律或者是安倍环路定律后的应用来处理的,从教材的安排来看,十分合理,也顺理成章.但对于高职院校的学生来讲,用教材上介绍的方法直接对学生进行讲解,会有明显的困难,问题所在是数学要求很高,物理情景难以构建.为此,在实际教学中,必须为学生设置好问题的合理坡度,使学生能够在原有知识的基础上主动建构问题的情境,解决问题的根本.

在教学中,可以将问题先用初等化的方法展现在学生面前,这样处理的方法是为了符合学生的认知规律,使问题直观明了,通俗易懂,学生易于接受.无限长密绕螺线管可以看作是绕制在直圆柱面上的螺旋形导线(如图1).螺线管的半径为 $R$ ,导线与圆柱面母线成 $\alpha$ 角( $\alpha$ 接近于 $\frac{\pi}{2}$ ).将圆柱面展开成平面

\* 无锡城市职业技术学院院级课题“2049 计划背景下五年制师范生科学素养培养策略研究”,课题编号 WXCVC-2014-JG-025

作者简介:刘国良(1961-),男,副教授.主要研究方向:物理教学与科学教育.

后(见图2),由此可知螺距  $d$  与  $R, \alpha$  之间的关系为

$$d = \frac{2\pi R}{\tan \alpha}$$

螺线管单位长度上的导线匝数

$$n = \frac{1}{d} = \frac{\tan \alpha}{2\pi R}$$

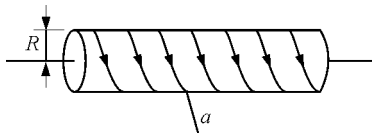


图1

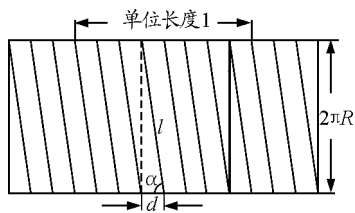


图2

由图2可知,一匝导线的长度

$$l = \frac{d}{\cos \alpha}$$

单位长度螺线管上  $n$  匝线圈的总长度

$$L = nl = \frac{nd}{\cos \alpha} = \frac{1}{\cos \alpha}$$

假定,导线的横截面积为  $S$ ,通过的电流为  $I$ ,导体内通过的电荷体密度为  $\rho$ ,电荷电量为  $e$ ,电荷定向移动的平均速度为  $\bar{v}$ ,则

$$I = \rho \bar{v} e S$$

螺线管圆柱面上的平均面电荷密度

$$\sigma = \frac{\rho S L}{2\pi R \cdot 1} = \frac{\rho S}{2\pi R \cos \alpha}$$

其面电流密度  $i$  的大小为

$$i = \sigma \bar{v} e = \frac{\rho S \bar{v} e}{2\pi R \cos \alpha}$$

螺线管等效的面电流可以视作沿圆柱面轴向流动的面电流  $I_1$  与沿圆柱面环向流动的面电流  $I_2$  组成(见图3).螺线管的磁感应强度  $\mathbf{B}$  可以视作轴向面电流  $I_1$  产生的磁感应强度  $\mathbf{B}_1$  与沿环向面电流  $I_2$  产生的磁感应强度  $\mathbf{B}_2$ ,即

$$\mathbf{B} = \mathbf{B}_1 + \mathbf{B}_2$$

这样,求磁感应强度  $\mathbf{B}$  的问题就转化为求磁感应强度  $\mathbf{B}_1$  和  $\mathbf{B}_2$  的问题.

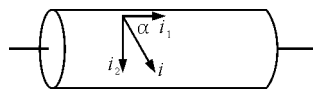


图3

$$i_1 = i \cos \alpha$$

$$I_1 = i_1 2\pi R = i 2\pi R \cos \alpha$$

将

$$i = \sigma \bar{v} e = \frac{\rho S \bar{v} e}{2\pi R \cos \alpha}$$

代入可得

$$I_1 = \frac{\sigma S \bar{v} e}{2\pi R \cos \alpha} 2\pi R \cos \alpha = \sigma S \bar{v} e = I$$

由面电流  $I_1$  产生的磁感应强度  $\mathbf{B}_1$ ,可以直接运用无限长载流导线产生的磁感应强度的结论,大小即为

$$B_1 = \frac{\mu_0 I}{2\pi R}$$

方向沿环向,并与轴向电流成右螺旋.

由面电流  $I_2$  产生的磁感应强度  $\mathbf{B}_2$ ,可以由熟知的方法计算.其大小为

$$B_2 = \mu_0 i_2 = \mu_0 i \sin \alpha$$

则

$$B_2 = \mu_0 \frac{\rho S \bar{v} e}{2\pi R \cos \alpha} \sin \alpha = \mu_0 \frac{\rho S \bar{v} e}{2\pi R} \tan \alpha = \mu_0 n I$$

方向沿轴向.

从上面的分析计算可以看出,用初等方法来处理无限长密绕螺线管的磁场分布,形象直观,方法简单有效,贴近学生的已有认知水平,学生在课堂学习中参与分析讨论的思维活跃度高,掌握情况达到预设要求.

## 2 调整思维的维度 引领学生解决问题

由于奠定了这样的学习基础,课堂中再运用教材介绍的方法来思考对这个问题的解决,物理模型进一步抽象,对物理定律或定理应用的要求更高.这就有了进一步激活思维、调整思维维度的作用,达到

巩固新知识、掌握新方法、提高科学素质的目的。

如图4所示,取点 $P$ 为坐标原点, $x$ 轴与管轴重合,则在 $x \sim x+dx$ 的间隔中有 $n dx$ 匝线圈,将此看作是电流为 $In dx$ 的“圆电流”,它在 $P$ 点产生的磁感应强度大小为(毕奥-萨伐尔定律求得)

$$dB = \frac{\mu_0 R^2 n I dx}{2(R^2 + x^2)^{\frac{3}{2}}}$$

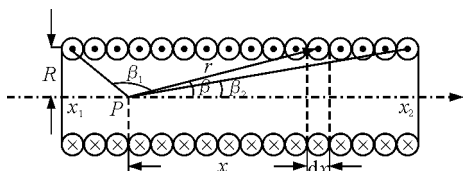


图4

整个螺线管看成是由许多个这样的“圆电流”组成,故整个螺线管在 $P$ 点产生的磁感应强度大小为

$$\begin{aligned} B &= \int dB = \int \frac{\mu_0 R^2 n I}{2(R^2 + x^2)^{\frac{3}{2}}} dx = \\ &= \frac{\mu_0 R^2 n I}{2} \int_{x_1}^{x_2} \frac{dx}{(R^2 + x^2)^{\frac{3}{2}}} = \\ &= \frac{\mu_0 n I}{2} \left( \frac{x_2}{\sqrt{R^2 + x_2^2}} - \frac{x_1}{\sqrt{R^2 + x_1^2}} \right) = \\ &= \frac{\mu_0 n I}{2} (\cos \beta_2 - \cos \beta_1) \end{aligned}$$

无限长密绕螺线管可以看作 $\beta_1 = \pi, \beta_2 = 0$ ,这样轴上任一点的磁感应强度为

$$B = \mu_0 n I$$

此问题还可以用安培环路定理解决。设 $P$ 为管内任意一点,过 $P$ 点作矩形闭合回路 $abcd$ (见图5)。对回路 $abcd$ 用安培环路定理可得

$$\begin{aligned} \oint_L B dl &= \int_a^b B dl + \int_b^c B dl + \int_c^d B dl + \int_d^a B dl = 0 \\ -B_p \overline{ab} + 0 + \mu_0 n I \overline{cd} + 0 &= 0 \end{aligned}$$

因为 $\overline{ab} = \overline{cd}$ ,所以有

$$B_p = \mu_0 n I$$

在管外设一 $P$ 点,作矩形闭合回路 $a'b'cda'$ 过 $P'$ 点(见图5),对该回路应用安培环路定理可得

$$\oint B dl = \int_{a'}^{b'} B dl + \int_{b'}^c B dl + \int_c^d B dl + \int_d^{a'} B dl =$$

$$B_{p'} \overline{a'b'} + 0 + \mu_0 n I \overline{cd} + 0 = \mu_0 n I \overline{cd}$$

所以

$$B_{p'} \overline{a'b'} = 0$$

因而

$$B_{p'} = 0$$

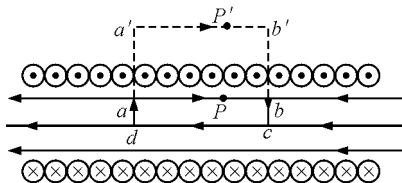


图5

由此可见,管外磁感应强度处处为零,磁场集中在管内。

以上3种解法的先后次序安排,都是基于学生原有知识基础和思维发展需要而进行的教学设计策略。第一种初等解法,难度得到有效降低,形象直观,易于学生所接受。当无限长密绕螺线管磁场分布的模型建立后,再介绍另外2种解法,这样学生对初学的物理定律、定理的应用就有了基础,并且对无限长密绕螺线管磁场分布的理解更加深刻。有利于学生在掌握知识基础的同时,拓展解决问题的思路,深刻领悟物理思维方法的精髓。

### 3 悟物穷理 提升学生的科学素养

回顾物理学的发展过程,尤其是20世纪以来,科学技术发展迅猛,这样的进步是与物理学所起的推动作用密切相关的。科学不是固化了的知识和公式,科学是不断发现事物和不断质询是什么,为什么?因此,学习物理学更为重要的是掌握科学方法、提高科学素质,为学生的未来打好坚实的科学基础。

我们在教学中经常会提到“培养学生分析问题、解析问题的能力”,其实“提出问题的能力”更为重要。爱因斯坦曾说过:“提出一个问题往往比解决一个问题更为重要。”伟大的科学家之所以伟大,往往就在这一条上。学习物理学,关键在于学习思路、学习方法,就是要让学生多提问题,多思考问题,一些结论如何得来?我们为什么要相信它?……

(下转第15页)

- |                                                                   |                                                      |
|-------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| 8 张昌莘, 席伟, 苏燕飞. 氢原子一级 Stark 效应能级的解析式. 大学物理, 2004, 23(12): 21 ~ 24 | 11 郑乐民, 徐庚武. 原子结构与原子光谱. 北京: 北京大学出版社, 1988. 244 ~ 260 |
| 9 张昌莘. 在均匀电场中氢原子光谱的分裂规律. 安徽师范大学学报, 2005, 12(4): 407 ~ 410         | 12 苏汝铿. 量子力学(第二版) 北京: 高等教育出版社, 2002. 195 ~ 210       |
| 10 曾谨言. 量子力学(卷一) 北京: 科学出版社, 2000. 510 ~ 530                       | 13 钱伯初. 量子力学. 北京: 高等教育出版社, 2006. 273 ~ 285           |

## Forbidden Transition Induced by the Electrostatic Field

Yang Ningxuan Yang Kun Fan Ting

(Department of Physics, College of Science, Shihezi University, Shihezi, Xinjiang 832003)

**Abstract:** Base on the 《Theoretical study on symmetry of the Stark effect of Hydrogen atom》work, We discusses the hydrogen atomic electrostatic field induced forbidden transition  $2s \rightarrow 1s$  transition probability. Due to the superposition of States, the forbidden transitions are realization, which cannot be achieved in the general approximation, in under the action of electrostatic field. In this case, the forbidden transition  $2s \rightarrow 1s$  the transition probability and  $2p \rightarrow 1s$  the transition probability is proportional to.

**Key words:** Stark effect; forbidden transition; transition probability

(上接第 11 页)

悟物穷理, 就是要鼓励学生勤于思考, 善于思考, 学会用自己的语言来表达所学的概念、定义和公式的含义. 对于定理的证明和公式的推导, 最好是让学生自己演算, 在推演中让学生体会和理解它们成立的条件、关键的步骤及推演的技巧. 悟物穷理, 就是要让学生建立自己的物理图像, 在解决问题的过程中, 学会自己思考物理过程是否正确合理? 是否可以从其他途径或视角去判断自己的思路方法正确与否? 反对应试式的题海练习, 而是让学生在适度的练习中, 进一步深刻理解物理概念和物理规律. 在教学过程中, 教师要重视教学方法的优化, 注重引领学生的学习方法, 启迪学生的思维, 帮助学生改善科学思维方法, 提升学生的科学素质. 教师在定理、公式的推导中, 要详略得当, 注重思路的启发与引导, 该让学生自己推导演算的问题就要留给学生自己去

做, 这样对学生自学能力的提高是大有帮助的. 学生学到的知识在今后总是会有所遗忘, 甚至是大多数会被遗忘. 但是这个书不会白念, 与没有学过的人比, 在遇到问题时, 就能够判断它是属于哪方面的问题, 该问题可以请教哪方面的专家, 要查哪方面的资料. 这种能力就是读书所积累下来的东西, 就是一个人的基本科学素养.

### 参考文献

- 1 詹佑邦. 普通物理. 南京: 南京大学出版社, 2001
- 2 雷水明. 普通物理学. 西安: 陕西师范大学出版社, 1991
- 3 赵凯华. 物理教育与科学素质培养. 大学物理, 1995, (08): 2 ~ 6
- 4 苏昭生, 杨懋沧. 无限长载流螺线管磁场的初等计算. 大学物理, 1984(08): 30 ~ 31