

全新修订

新

XINZHUANTI
JIAOCHENG

专题教程

第三版

高中物理 4

电 学 (下)

张世云 主编



华东师范大学出版社

新专题教程

XINZHUANTI JIAOCHENG

高中物理 4

电学 (下)



华东师范大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

新专题教程. 高中物理 4 电学. 下/张世云主编. —上海:
华东师范大学出版社

ISBN 978-7-5617-3777-4

I. 新... II. 张... III. 物理课-高中-教学参考资料
IV. G634

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 021834 号

新专题教程

高中物理 4 · 电学(下)

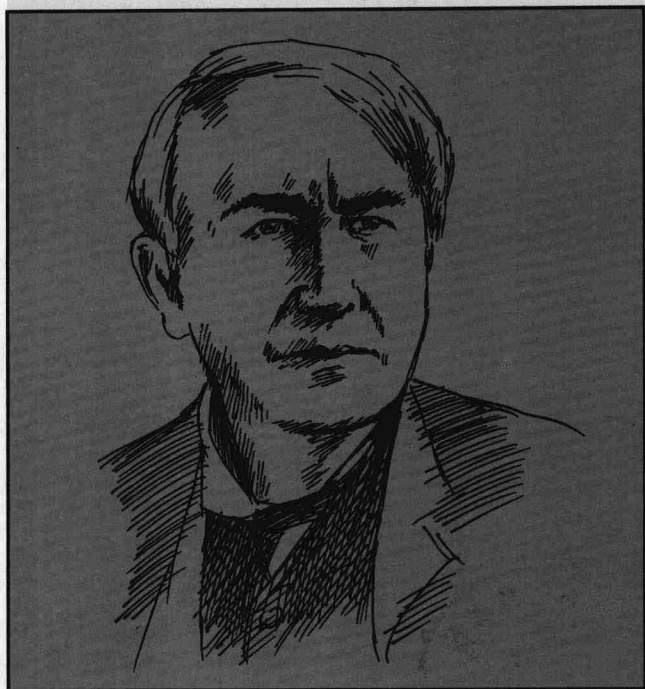
主 编 张世云
策划组稿 教辅分社
项目编辑 徐红瑾
文字编辑 王慧敏
封面设计 黄惠敏
版式设计 蒋 克

出版发行 华东师范大学出版社
社 址 上海市中山北路 3663 号 邮编 200062
电 话 021-62450163 转各部 行政传真 021-62572105
网 址 www.ecnupress.com.cn www.hdsdbook.com.cn
市 场 部 传真 021-62860410 021-62602316
邮购零售 电话 021-62869887 021-54340188

印 刷 者 苏州永新印刷包装有限公司
开 本 787×960 16 开
印 张 17.5
字 数 342 千字
版 次 2007 年 6 月第三版
印 次 2007 年 6 月第一次
印 数 16000
书 号 ISBN 978-7-5617-3777-4/G·2084
定 价 20.00 元

出 版 人 朱杰人

(如发现本版图书有印订质量问题,请寄回本社市场部调换或电话 021-62865537 联系)



发明是百分之一的灵感加上百分之九十九
的血汗。

——爱迪生

总 序

高中物理 4 · 电学 (下)

亲爱的读者,展现在您面前的这套《新专题教程》系列图书是按新课程标准所列的内容,在“新教学理念、新教学方法”的指导下,按专题编写,涵盖初、高中语文、数学、英语、物理和化学 5 个学科,共计 50 个分册。

本丛书自初版起就坚持“完整、系统、深入、细致”的编写特色,甫一面世,就受到广大学生的欢迎。但我们不敢懈怠,我们必须与时俱进。根据现行中学教材的变化情况及中、高考的变化趋势,我们进行了多方调研,在此基础上,组织作者对本丛书进行了全面的修订。新修订的这套丛书,不仅知识点配套,而且题型新颖,更利于学生对学科知识的理解和掌握。

丛书有以下特点。

作者权威 编写队伍由师范大学学科专家及长期在教学第一线的全国著名中学特、高级教师组成。他们有先进的教育理念和丰富的教学经验,是中、高考研究方面的专家,他们的指导更具权威性。

材料典型 丛书精选了近几年的中、高考试题,还收集了许多有代表性的例题,编写者对这些典型材料进行了详细的解读,还设置了有针对性的训练。总之,编写者力求从国家课程标准的知识内容中提炼出相应的能力要求,并对重点知识进行深入、细致的讲解,对难点用实例的方法进行释疑,使用这套丛书,能切实提高学生的学习效果。

总 序

高中
物理
4 · 电学
(下)

版本通用 丛书以教育部颁布的新课程标准为编写依据;不受教材版本限制,按各学科知识内容编排,独立成册,不仅与教学要求相对应,更体现了学科知识的完整性、系统性和科学性,具有很强的通用性。

编排科学 丛书在编排时照顾到了学生的差异性,读者可以根据自己学习中的薄弱环节,有重点地选择,有针对性地学习,以达到事半功倍的效果。丛书坡度设计合理,帮助学生在知识学习的基础上,充分了解和掌握运用知识解决问题的方法,提升学习能力。

愿《新专题教程》成为您的好伙伴,学习的好帮手,为您的学习带来诸多的便利,给您一个智慧的人生。

华东师范大学出版社
教辅分社

CONTENTS

目 录

高中物理 4 · 电学 (下)

第三章 磁场

1

- § 3.1 磁场 磁感应强度 1
- § 3.2 磁场对通电导线的作用 13
- § 3.3 磁场对运动电荷的作用力及电荷在磁场中的运动 34
- § 3.4 带电粒子在组合场或复合场中的运动 64

第四章 电磁感应

88

- § 4.1 电磁感应产生的条件 88
- § 4.2 楞次定律 96
- § 4.3 法拉第电磁感应定律 111
- § 4.4 电磁感应综合应用 130
- § 4.5 自感现象及其应用 185
- § 4.6 涡流及应用 195

第五章 交流电

201

- § 5.1 交变电流及描述交变电流的物理量 201
- § 5.2 电感和电容对交流电的作用 218
- § 5.3 变压器 电能的输送 223
- § 5.4 三相交流电 237

第六章 电磁波

241

- § 6.1 电磁场和电磁波 241
- § 6.2 电磁振荡 244
- § 6.3 电磁波的发射和接收 253

参考答案

256

磁 场

§ 3.1 磁场 磁感应强度

【内容解读】

1. 磁现象

(1) 磁体上有 N 极和 S 极, 同名磁极相互排斥, 异名磁极相互吸引。此外, 磁体能吸引铁质物体。

(2) 通电直导线附近的小磁针会发生偏转(图 3-1-1)。

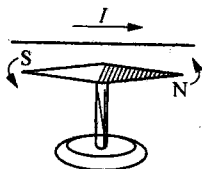


图 3-1-1

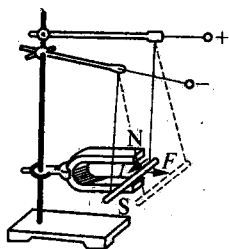


图 3-1-2

(3) 力的作用是相互的, 磁体附近的通电导线也一定受到力的作用(图 3-1-2)。

(4) 通电导线周围表现出了磁的特性, 因此通电导线之间以磁为媒介相互作用——同向电流相互吸引, 反向电流相互排斥。

分析 通电导线之间的相互作用一定不是电荷之间通过电场相互作用。

① 不通电则无作用。

② 导体通电是由于电荷的定向移动, 并不是有多余电荷, 导体导电时不显电性。

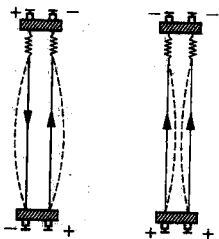


图 3-1-3

司南被公认为是最早的磁性指南工具。

电场线、磁感线、光线等均属此类。

正像在蓖麻油中用碎头发的分布来显示电场线的形状一样。

静电场中的电场线是不闭合曲线。

2. 磁场

(1) 磁场的属性

磁场是电流或磁体周围空间存在的一种特殊物质,这种物质看不见、摸不着,但它对引入其中的磁体、电流和运动电荷均可以产生力的作用。也就是说,磁场是传递磁体与磁体、磁体与电流(运动电荷)、电流与电流之间相互作用的媒介。

(2) 磁场的来源

- ① 永磁体——磁铁吸引铁钉实验;
- ② 电流——奥斯特实验;
- ③ 运动电荷——罗兰实验;
- ④ 变化的电场——麦克斯韦电磁场理论、赫兹实验。

(3) 磁场的方向

规定在磁场中的任一点(场点),小磁针北极(N极)所受磁场力的方向,即小磁针静止时北极所指的方向为该点的磁场方向。

(4) 磁场的形象描绘——磁感线

为形象直观地反映磁场的强弱和方向,在磁场中人为地画出一系列曲线,曲线的切线方向表示该位置的磁场方向,曲线的疏密能定性地表示磁场的强弱,这样的一系列曲线称为磁感线。

说明:

① 磁感线是将抽象的东西形象化表示的产物,是研究磁场的工具。

② 磁感线并非客观存在于磁场中的真实曲线,而是人为假想的曲线。实验时常利用被磁化的铁屑来模拟磁感线的分布情况,目的只是为了将看不见、摸不着的磁场变得具体、形象,给研究者带来方便,绝不能因此而认为磁感线是由铁屑排列而成的。另外,被磁化的铁屑显示的也只是一个平面上的磁感线分布情况,而磁体周围的磁感线是分布在三维空间的曲线。

③ 磁感线是互不相交、也互不相切的闭合曲线。

④ 磁感线上每一点的切线方向代表着该点的磁场方向。

⑤ 磁感线的疏密程度反映了磁场的强弱。在同一磁场中,磁感线越密集的地方磁场越强,磁感线越稀疏的地方磁场越弱。

⑥ 没有画出磁感线的地方,并不表示那里没有磁场存在;通过磁场中的任一点,总能而且仅能画出一条磁感线。

⑦ 典型磁场的磁感线分布图。

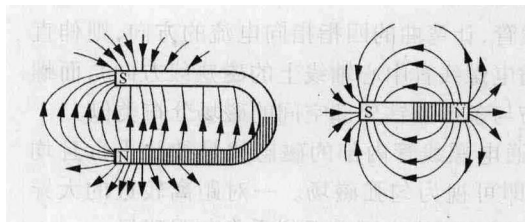


图 3-1-4 蹄形磁铁

图 3-1-5 条形磁铁

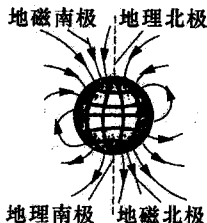


图 3-1-6 地磁场

3. 电流的磁场 安培定则 磁感线分布

(1) 直线电流的磁场

用右手握住通电直导线,让伸直的大拇指指向电流的方向,弯曲的四指所指的方向,就是磁感线的环绕方向。

直线电流周围空间的磁场是以通电直导线为轴对称分布的非匀强磁场,越靠近直线电流的地方,磁场越强;越远离直线电流的地方,磁场越弱。

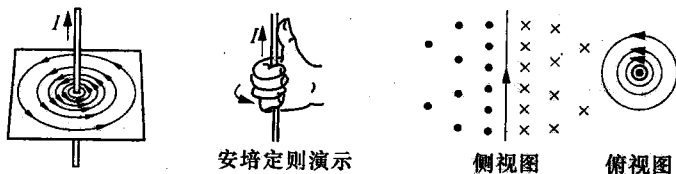


图 3-1-7 通电直导线的磁场

(2) 环形电流的磁场

伸出右手使手掌及四个手指弯曲,并使四指的弯曲方向和环形电流的方向一致,则伸直的大拇指所指的方向即为环形电流中心垂直轴上的磁感线的方向。

环内磁感线的方向与中心垂直轴线上的磁感线方向一致;环外磁感线的方向与中心垂直轴线上的磁感线方向相反。



图 3-1-8 环形电流的磁场

磁感线是闭合曲线,方向:磁体外部 $N \rightarrow S$,内部 $S \rightarrow N$ 。

点电荷周围空间的电场是球对称分布的。

点电荷周围电场分布: $E = \frac{kQ}{r^2}$; 长
通电直导线周围磁场分布: $B = \frac{kI}{r}$ 。

带等量异种电荷的无限大平行板电容器间的电场可视为匀强电场。

(3) 通电螺线管的磁场

用右手握住螺线管,让弯曲的四指指向电流的方向,则伸直的大拇指的指向为通电螺线管中心轴线上的磁感线方向),而螺线管外部的磁场分布与条形磁铁外部空间的磁场分布类似。

特别地,无限长通电螺线管内部的磁感线是彼此平行且均匀分布的一簇直线,即可视为匀强磁场。一对距离较近的大异名磁极之间的中间区域的磁场也可以近似看作匀强磁场。

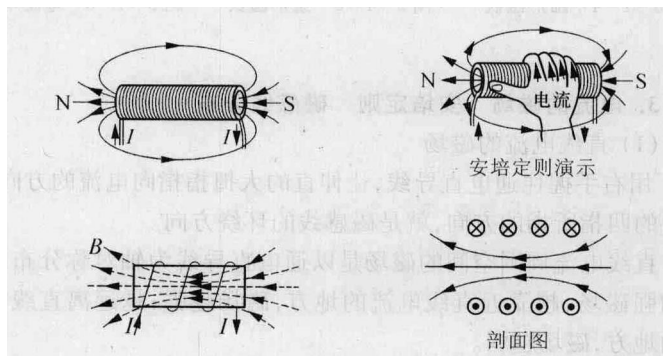


图 3-1-9 通电螺线管的磁场

4. 磁通量 Φ 、磁感应强度

(1) 磁通量:穿过某一面积的磁感线条数叫做穿过该面积的磁通量。用符号 Φ 表示。

单位:在国际单位制中 Φ 的单位是韦伯(Wb)。

性质:磁通量既有大小,又有方向,但运算满足代数运算法则,而不是矢量合成和分解的平行四边形法则。因此,磁通量是有向标量。所以,当某块面积上有磁感线回穿现象(即磁感线出现反向情况)时,穿过该面积的磁通量应为正穿与回穿的磁感线条数之差;穿过一个封闭面积的磁通量一定为零。

(2) 磁感应强度

磁感线越密的地方,磁场越强,穿过垂直于磁感线平面单位面积的磁感线的条数越多。

物理学中,把磁感线垂直穿过某单位面积上的磁通量叫做磁感应强度,用 B 表示。磁场中某处磁感应强度的大小表示该处磁场的强弱,即 $B = \frac{\Phi}{S}$ 。在国际单位制中,磁感应强度 B 的单

位是特斯拉(T),即 $1\text{ T} = \frac{1\text{ Wb}}{1\text{ m}^2}$ 。

特性:磁感应强度是矢量,其方向为小磁针静止时 N 极所指的方向,即磁场方向,也是过该点的磁感线的切线方向。磁感应强度的叠加或分解遵循平行四边形法则。

线圈的有效面积:这里有两层含义,其一是指线圈面积在垂直于磁场方向上的投影,即 $\Phi = B \cdot S \cdot \sin \alpha$ (α 为磁场方向与线圈平面间的夹角)中的 $S \cdot \sin \alpha$;其二是指线圈内部存在磁场部分的面积。

磁通密度:令 $\alpha = 90^\circ$,则有 $B = \frac{\Phi}{S}$,即磁感应强度等于穿过垂直于磁场方向单位面积的磁感线条数,故又称为磁通密度。

理想模型:磁感应强度大小处处相等、方向处处相同的区域里的磁场叫做匀强磁场。

5. 磁现象的电本质

(1) 安培分子电流假说:把分子看成一个整体,分子中各个电子的运动对外界所产生的磁效应的总和可用一个等效的圆形电流表示,称为分子电流。

安培的分子电流假说很好地解释了永磁体的磁场、磁性物质的磁化与去磁等现象,揭示了磁现象的电本质。

(2) 磁化:当软铁棒受到外界磁场的作用时,铁棒内部的分子电流因受外磁场的作用力使得其取向由原来的杂乱无章而变得大致相同,软铁棒即被磁化,对外显示磁性。

(3) 去磁:磁体在高温环境下或受到猛烈的震动时磁性会减弱甚至会失去磁性,这是因为在激烈的热运动或机械运动的影响下,分子电流的取向又变得杂乱无章了。

(4) 磁现象的电本质:磁铁的磁场和电流的磁场一样,都是由电荷的运动产生的。所有磁现象都可以归结为运动电荷通过磁场发生的相互作用。

【方法举例】

1. 利用安培定则判断磁场的方向

电流产生的磁场是空间立体分布的,而在实际解决问题的时候经常要把立体分布的磁场从不同的角度转换成平面图。另

外,磁感线是封闭的曲线,确定磁场的方向时,可同时利用磁场中的小磁针和安培定则,相互补充,实现对磁场方向的判断。

例1 (1) 画出图 3-1-10 中四个小磁针的 N 极(N 极涂黑)(中间的小磁针在螺线管内部)

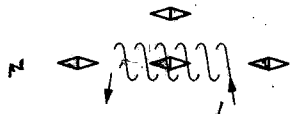


图 3-1-10

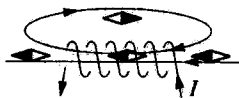


图 3-1-11

解析 根据右手定则可以判断出通电螺线管产生的磁场,如图 3-1-11 分布。小磁针的北极指向就是磁场的方向,因此小磁针 N 极的方向如图 3-1-11 所示。因为磁感线是闭合的曲线,所以无法用磁极之间的相互作用判断,尤其内部的小磁针方向。

(2) 如图 3-1-12 所示,一束电子流沿 y 轴正方向运动,在 x 轴和 z 轴上 a 、 b 两处的磁场方向为()。

- (A) 在 a 处沿 $+z$ 方向
- (B) 在 a 处沿 $+x$ 方向
- (C) 在 b 处沿 $+x$ 方向
- (D) 在 b 处沿 $-z$ 方向

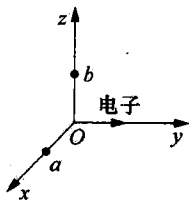


图 3-1-12

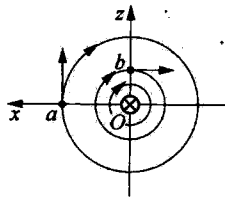


图 3-1-13

解析 此题需要把立体图转化成平面图。从右侧向 y 轴的负方向看, xOz 平面如图 3-1-13, 电流方向为电子运动的反方向, 所以电流是沿着 y 轴负方向。根据右手螺旋定则可以判断出磁场方向为顺时针方向。答案: A。

2. 磁感应强度的矢量性与磁场的叠加

由于磁感应强度是矢量, 因此, 在判断某处磁场的强弱和方

把立体分布的物理图景从所需要的角度画成平面图, 是磁场这一章必要的学习技能。

向时,应将各磁体(包括磁铁、电流和运动电荷)在此处产生的磁场的磁感应强度进行矢量合成。

例2 如图3-1-14所示,无限长通电直导线 L_1 、 L_2 平行放置,所通电流 $I_1 = I_2$,直线 aa' 与 L_1 、 L_2 垂直相交于 O 、 O' ,且 $aO = Ob = bc = cb' = b'O' = O'a'$,对于这两个直线电流形成的磁场,下列说法中正确的是()。

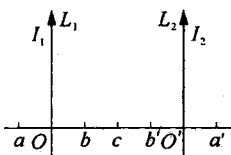


图3-1-14

- (A) 过 c 点且平行于 L_1 、 L_2 的直线上,磁感应强度处处为零
- (B) b 、 b' 两点的磁感应强度大小相等,方向相同
- (C) a 、 a' 两点的磁感应强度大小相等,方向相反
- (D) $B_a > B_b > B_c$

解析 根据安培定则(右手螺旋法则)可以判断出 L_1 和 L_2 在 b 、 c 、 b' 三点各自产生的磁场磁感应强度的方向是相反的,在 a 、 a' 两点产生的磁场磁感应强度的方向相同。由于磁感应强度是矢量,因此, a 、 b 、 c 、 b' 、 a' 各点的磁感应强度应是 L_1 和 L_2 在该点单独产生的磁场的磁感应强度的矢量和。再由 $B = \frac{kI}{r}$,可知 b 点与 b' 点的磁感应强度大小相等,方向相反; a 点和 a' 点的磁感应强度大小相等、方向相反;过 c 点且平行于 L_1 和 L_2 的直线上各点的磁感应强度均为零;由于 L_1 在 a 点和在 b 点产生的磁场磁感应强度大小相等,而 L_2 在 a 点产生的磁场的磁感应强度与 L_1 在 a 点产生的磁场的磁感应强度方向相同, L_2 在 b 点产生的磁场的磁感应强度与 L_1 在 b 点产生的磁场的磁感应强度方向相反,故 $B_a > B_b > B_c$ 。

综上所述,A、C、D三个选项正确。

3. 关于磁通量大小的定性判断与定量计算方法

(1) 磁通量是有向标量,若规定磁感线沿某一方向穿过某一面积 S 时的磁通量为正,则沿相反方向穿过该面积的磁通量为负。当有磁感线沿相反的两个方向同时穿过某一曲面(或平面)时,磁通量等于穿过该面的磁感线的净条数(即磁通量的代数和), $\Phi = \Phi_1 - \Phi_2$ 。

(2) 公式 $\Phi = B \cdot S$ 中, S 为线圈在垂直于磁场方向的有效面积。

比较磁通量大小和定量计算磁通量时的两点注意事项。

本题最常见的错误是没有考虑到磁铁内部从S极到N极的所有磁感线均穿过 a 和 b ,而只是从表面上看到 $S_b > S_a$,就得出 $\Phi_b > \Phi_a$ 的错误结论。

正确解答本题的关键是正确理解磁通量的定义,即穿过某一面积的磁感线条数。明确了这一点,就不难理解“有效面积”的含义了。

例3 如图3-1-15,一个条形磁铁垂直于同心共面闭合线圈 a 和 b 放置,并且线圈 a 和 b 恰在条形磁铁的中垂面上,则下列关于 a 、 b 两线圈的磁通量大小的判断中正确的是()。

- (A) $\Phi_a > \Phi_b$
- (B) $\Phi_a < \Phi_b$
- (C) $\Phi_a = \Phi_b$
- (D) 无法判断

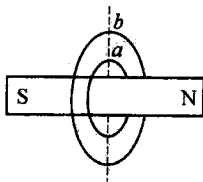


图3-1-15

解析 由于条形磁铁内部的磁感线的方向是由磁铁的S极指向N极,而磁感线是封闭曲线,因此,其外部有同样数量的磁感线从N极返回S极,而且,磁铁外部的磁感线是从“无限大”的空间经过磁铁中垂面由N极返回S极的。那么,对于面积有限的线圈来说,从磁铁外部回穿线圈的磁感线数量肯定少于从磁铁内部穿过线圈的磁感线数量。考虑到磁通量是有向标量,我们知道,穿过线圈的磁通量应该是从磁铁内部穿过线圈的磁感线条数与从磁铁外部回穿入线圈的磁感线条数之差。具体地说,对于线圈 a 和 b ,穿过 a 、 b 且方向向右的磁感线条数相同,而从线圈 a 中回穿的磁感线条数明显少于从线圈 b 中回穿的磁感线条数,即从 a 线圈穿过的磁感线条数的净剩值大于从 b 线圈中穿过的磁感线条数的净剩值。因此, $\Phi_a > \Phi_b$,即A选项正确。

例4 设有理想界面的磁感应强度为 B 的匀强磁场垂直穿过半径分别为 r 和 $R(R > r)$ 的同心圆形线圈 a 和 b ,磁场的确切方向和分布区域如图3-1-16中的甲、乙、丙所示,试分别求出三个图所示情况下穿过线圈 a 和线圈 b 的磁通量的值各是多少?

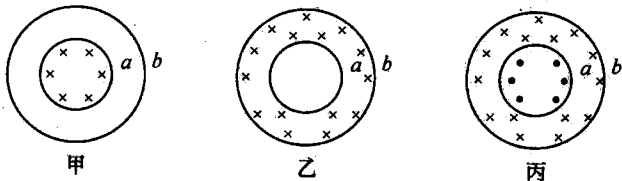


图3-1-16

解析 在匀强磁场垂直穿过线圈平面的情况下,磁通量

$\Phi = B \cdot S$, 其中 S 应为线圈内(有磁场存在的空间的有效面积。
甲图中, 虽然 a 、 b 两线圈的实际面积是 $S_a < S_b$, 但磁场只存在于 S_a 中, 即穿过 a 、 b 两线圈的磁感线条数相同, 故 $\Phi_a = \Phi_b = \pi Br^2$; 同理, 乙图中, $\Phi_a = 0$, $\Phi_b = \pi B(R^2 - r^2)$; 丙图中, $\Phi_a = \pi Br^2$, $\Phi_b = \pi B(R^2 - r^2) - \pi Br^2 = \pi B(R^2 - 2r^2)$ 。

4. 关于磁通量变化的求解方法

由于磁通量是有向标量, 因此, 在计算磁通量的变化量时, 要注意磁通量的方向是否发生了变化。

例 5 在图 3-1-17 所示的磁感应强度为 B 的匀强磁场中, 一面积为 S 的线框 $abcd$ 垂直于磁场方向放置。当线框以 bc 边为轴转过一定角度使线框平面与垂直于磁场的平面夹 60° 角时, 穿过线框的磁通量变化量为多少?

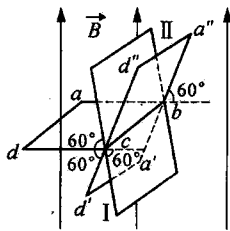


图 3-1-17

解析 如图 3-1-17 所示, 线框平面与垂直于磁场的平面夹 60° 角的情况分别对应图中的 I、II 两个位置。当线框从原位置转到位置 I 即转到 $a'bcd'$ 位置时, 穿过线框的磁通量 Φ 的方向未发生变化, 若取初态磁通量的方向为正方向, 则 $\Delta\Phi_1 = \Phi' - \Phi = BS \cdot \cos 60^\circ - BS = -\frac{1}{2}BS$; 而若线框从初位置转到位置 II 即 $a''bcd''$ 位置, 穿过线框的磁通量 Φ 的方向将发生变化(反向了), 故 $\Delta\Phi_2 = -BS \cos 60^\circ - BS = -\frac{3}{2}BS$ 。

基础训练

1. 关于磁场和磁感线的描述, 下列说法中正确的是(β)。

(A) 磁感线可以形象地描述各点的磁场强弱和方向, 磁感线上每一点的切线方向都和小磁针放在该点静止时 N 极所指的方向一致

(B) 磁极之间的相互作用是通过磁场发生的, 磁场和电场一样, 也是一种客观存在的特殊物质

(C) 磁感线总是从磁铁的 N 极出发, 到 S 极终止

(D) 磁感线就是细铁屑连成的曲线

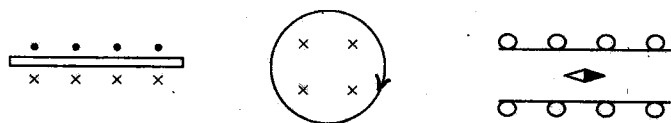
2. 一根软铁棒在磁场中被磁化是因为(D)。

- (A) 软铁棒在磁场中产生了分子电流
 (B) 在磁场中软铁棒中的分子电流的取向变得杂乱无章了
 (C) 在磁场中软铁棒中的分子电流消失
 (D) 在磁场中软铁棒中的分子电流的取向变得大致相同了

3. 以下哪种情况正确地反映了奥斯特实验? (C)

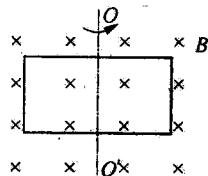
- (A) 电流由南向北时,其下方的小磁针 N 极偏向东
 (B) 电流由东向西时,其下方的小磁针 N 极偏向南
 (C) 电流由南向北时,其下方的小磁针 S 极偏向东
 (D) 电流由西向东时,其下方的小磁针 S 极偏向南

4. 根据如图所示的磁场方向,请在图中画出电流的方向。



第 4 题图

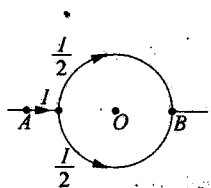
5. 如图所示,一个 N 匝矩形线框,面积为 S ,线框平面与磁感应强度为 B 的匀强磁场方向垂直,则此时穿过线框的磁通量 $\Phi_1 =$ _____;若使线框绕 OO' 轴沿俯视图逆时针的方向转过 90° 角时,穿过线框的磁通量 $\Phi_2 =$ _____;若线框从初始位置转过 120° 角时,穿过线框的磁通量 $\Phi_3 =$ _____;若线框从初始位置转过 180° 角时,穿过线框的磁通量 $\Phi_4 =$ _____。



第 5 题图

6. 如图所示,电流从 A 点分两路通过对称的环形支路汇合于 B 点,两支路电流相等,则环形支路中心 O 点的磁感应强度()。

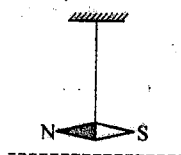
- (A) 垂直于环形支路所在平面并指向纸内
 (B) 垂直于环形支路所在平面并指向纸外
 (C) 沿着环形支路所在平面指向 A 点
 (D) 为零



第 6 题图

7. 一束粒子沿水平方向飞过小磁针的下方,如图所示,此时小磁针的 S 极向纸内偏转,这一束粒子可能是()。

- (A) 向右飞行的正离子束
 (B) 向左飞行的负离子束
 (C) 向右飞行的电子束
 (D) 向左飞行的电子束



第 7 题图