

5

张帝光 光烈之 徐鸿元 李瑞庄 编著

科学普及出版社广州分社

物理标准化综合训练



物理标准化综合训练

(第5册)

张希光 冯志通 尤烈之 编著
徐鸿元 赖万松 李瑞庄

科学普及出版社广州分社

内容简介

本书将物理学中的问题编写成例题及练习两大部分内容，题型为选择题和综合题。例题分析准确，富启发性；练习题选择全面，具代表性，书末编有总练习题，并附有全部练习题答案。

本书可供高中学生及自学物理的同志学习与复习，亦可供中学物理教师参考。

物理标准化综合训练

(第5册)

张希光 冯志通 尤烈之 编著
徐鸿元 赖万松 李瑞庄

责任编辑：韦鸿杰 封面设计：林贤奇

科学普及出版社广州分社出版发行

(广州市应元路大华街兴平里3号)

广东省新华书店经销

广东新华印刷厂印刷

开本：787×1092 1/32 印张：5.5 字数：130千字

1988年4月 第一版 1988年4月 第一次印刷

印数：1~48,000册

ISBN7-110-00337-5

G.74 定价：1.25元

前 言

本书将物理学中的问题按章编写成例题分析及练习题两大部分，书末编有总练习题。每章的例题分析及练习题均分为选译题和综合题两种题型。例题分析着重帮助读者理清解题的思路及分析解题的方法，指出容易模糊和疏忽之处，力求达到触类旁通、举一反三的目的。总练习题及各章练习题的选择也尽可能全面，并具代表性，以供读者自测之用。书后附有各章练习题及总练习题答案，便于读者核对。

本书可供高中学生和自学高中物理的同志学习与复习，也可供高中物理教师参考。

本书先由集体讨论确定了编写大纲，然后由尤烈之编写第一、三章及总练习一的部分内容；徐鸿元编写第二、四章及总练习一的部分内容；赖万松编写第五、六章及总练习二的部分内容；冯志通编写第七、八、九章及总练习二的部分内容。张希光、李瑶庄负责全书的统编和审校工作。陈翠仙、尤琼芝为本书绘制全部插图。

编者 1987年10月30日

目 录

第一章	磁场·····	(1)
第二章	电磁感应·····	(30)
第三章	交流电·····	(48)
第四章	电磁振荡和电磁波·····	(63)
第五章	光的反射和折射·····	(75)
第六章	光的波动性·····	(100)
第七章	光的粒子性·····	(113)
第八章	原子结构·····	(119)
第九章	原子核·····	(125)
总练习一	·····	(138)
总练习二	·····	(147)
练习题答案	·····	(157)

第一章 磁场

例题分析

(一) 选择题

例1 关于磁力线，下列说法中错误的是：()

- (a) 磁力线上每一点的切线方向，都跟该点的磁场方向一致；
- (b) 磁力线的密度可以用来表示磁感应强度的大小；
- (c) 磁力线从北极出发，终止于南极；
- (d) 磁力线一定是闭合曲线。

〔分析〕 磁场不仅有方向，而且有强弱。为了形象地表示磁场，我们引进了磁力线的概念。在磁场中画出一些线，一方面使这些线中每一点的切线方向都与该点的磁场方向一致；另一方面，在磁场强的地方，就把线画得密一些，在磁场弱的地方，就把线画得疏一些。这样，用磁力线疏密的不同形象地表示了磁感应强度的大小。也就是说，磁力线既表示了磁场的方向，又表示了它的强弱。因此，(a)和(b)的说法是正确的。

由于电力线和磁力线在表示场的方向和强弱这方面来说是相似的，而电力线是从正电荷出发并终止于负电荷的，因此，有些人就以为磁力线也是从北极出发而终止于南极。事实上并不是如此。

在实际中，我们可以找到孤立的正电荷和负电荷，因此电力线是从正电荷出发而终止于负电荷。但是，至今还未发现过孤立的磁极，且由于一切磁性都来源于电流（包括分子电流），而电流的磁力线都是一些闭合曲线。

至于为什么对条形磁铁和蹄形磁铁的磁力线往往又画成一些不闭合的线呢？这是因为在实验中我们是用小磁针北极受力的方向来表示磁场的方向，也即磁力线的切线方向，而小磁针是无法放入磁铁内部的，因此，往往把磁铁内部的磁力线省去不画。课本在叙述这一问题时，都特别指出“磁铁外部的磁力线，都是从磁铁的北极出来，进入磁铁的南极”。当然，对于磁铁内部来说，磁力线是从磁铁的南极指向磁铁的北极。所以从整体来说，这些磁力线还是闭合的。因而错误的说法是（c）

〔答案〕（c）

例2 有人根据 $B = \frac{F}{IL}$ 提出了以下的看法，其中正确的是（ ）

（a）磁感应强度的数值跟通电导线受到的磁力 F 成正比；

（b）磁感应强度的数值跟导线的长度 L 成反比；

（c）磁感应强度的数值跟通过导线的电流 I 成反比；

（d）磁感应强度是表示磁场强弱的物理量，它是客观存在的，它与外加导线的长度、电流和受力情况都无关。

〔分析〕 实验指出，垂直放入磁场的通电导线所受的磁场力 F 与导线的长度 L 成正比，与导线通过的电流 I 成正比，但是，对某一点来说，比值 $\frac{F}{IL}$ 却是一个固定的数值，

这一数值是由磁场来决定的，因此我们用它来表示该点磁场的强弱，称为磁感应强度，并以 B 来表示。即是说，导线的长短和电流的大小，会使 F 发生改变，但 B 却是客观存在，不会因 I 、 L 和 F 而改变，所以(d)是正确的。

如果把 $B = \frac{F}{IL}$ 当作一般的数学式子来看待，就会得出

(a)、(b)、(c)等片面的看法，错认为磁场中某一点的磁感应强度会随 L 、 I 、 F 的变化而变化，这样，在确定的磁场中的同一点，磁场的强弱将不是一个定值，这显然与实际是矛盾的。

〔答案〕(d)

例3 如图1-1所示，有两根无限长的通电直导线，其中A通有电流 $I_1 = 2$ 安培，方向垂直纸面向外，B通有电流 $I_2 = 1$ 安培，方向垂直纸面向内，则在P点处磁场方向与 x 轴正方向的夹角是()

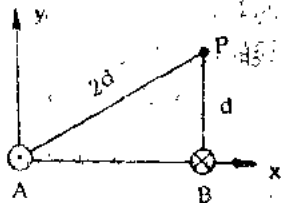


图 1-1

- (a) 60° ; (b) 120° ;
(c) 210° ; (d) 240° ;

〔分析〕参看图1-2，由于长直通电导线的磁力线是在垂直于导线的平面上，以导线为圆心的一些同心圆，磁力线的方向由右手螺旋法则来确定，而磁力线上每一点的切线方向就表示该点的磁场方向，因此 I_1 和 I_2 在P点所产生的磁感应强度 B_1 和 B_2 的方向将分别沿着PC和PD的方向。又因为长直通电导线的磁感应强度的大小与电流强度成正比，与直导线到该点的垂直距离成反比，按照本题的条件，这两根导线在P点所产生的磁感应强度的大小相等。

即 $PC = PD$.

根据简单的几何知识, 可知
 因 $AP = 2BP$, 则 $\angle 1 = 30^\circ$.

且 $\angle 1 = \angle 2$ (平行线内错角
 相等),

又 $\angle 2 + \angle 3 = 90^\circ$. 则

$\angle 3 = 90^\circ - 30^\circ = 60^\circ$,

故 $\angle CPD = 180^\circ - 60^\circ = 120^\circ$.

又 $CP = PD$, 则 $\triangle PED$ 为一等边三角形.

因而 $\angle EPD = 60^\circ$.

[答案] (a)

例4 利用电流天平, 可以测定磁感应强度的数值, 其装置如图 1-3 所示. 在天平右端秤盘下固定一矩形线圈 A , 未通入电流时, 调整左盘中的砝码, 使天平处于平衡状态. 在线圈 A 中通入电流 I , 方向如图, 则天平失去平衡. 在左盘中再放上砝码 m 之后, 才能使天平重新平衡, 这时可知磁感应强度的大小为 ()

(a) $B = \frac{IL}{mg}$

(b) $B = \frac{2IL}{mg}$

(c) $B = \frac{mg}{IL}$

(d) $B = \frac{mg}{2IL}$

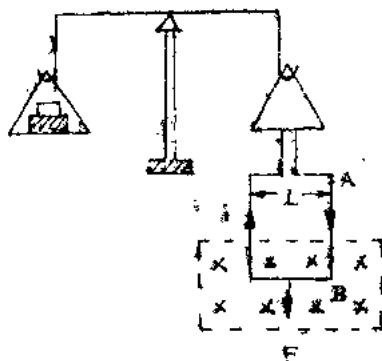


图 1-3

〔分析〕 放在磁场中的通电导体，会受到安培力的作用，当电流 I 的方向和磁感应强度 B 的方向互相垂直时，安培力的数值 $F = ILB$ ，而其方向可由左手定则来判定，按图 1—3 所绘情况，在长方形导线中，左、右边导线所受安培力的大小相等，方向都垂直于导线向外，故互相抵消了。上面的导线于磁场之外，没有受到安培力的作用，下面的水平导线受到一个竖直向下的拉力 F 的作用，天平将向右倾斜，当左边的称盘加了砝码 m 之后，重力 mg 与安培力 ILB 平衡了，于是

$$mg = ILB.$$

由此可得 $B = \frac{mg}{IL}.$

〔答案〕 (c)

例5 在图 1—4 中，四个完全相同的矩形线圈被放在同一个匀强磁场中，线圈平面都和磁场方向平行，但各线圈的转轴 oo' 的位置不同，当线圈通以相等的电流时，哪些线圈所受的力矩最大？ ()

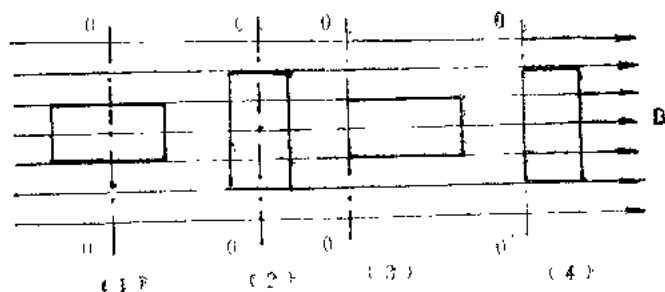


图 1—4

(a) 图(1)和(3); (b) 图(3)和(4);

(c) 图(3); (d) 它们所受的力矩都相同。

〔分析〕 由于这四个图形所处的具体情况都不相同，一下子难于进行判断，因而必须进行简单的计算。

为了计算的方便，假设电流是顺时针方向的，线圈的短边为 L_1 ，长边为 L_2 。对于图(1)来说，长边的电流方向和磁场的方向相同，没有受到磁场力的作用，右边受到的磁场力的方向垂直纸面向外，左边受到磁场力的方向垂直纸面向里，它们的数值都等于 IBL_1 。这二个力对于 oo' 轴形成一个力矩，力矩等于：

$$\begin{aligned} M &= M_{\text{左}} + M_{\text{右}} = \frac{1}{2} L_2 \times IBL_1 + \frac{1}{2} L_2 \times IBL_1 \\ &= IBL_1 L_2 = ISB. \end{aligned}$$

上式中， S 表示线圈的截面积。在图(2)中，受到的磁场力比较大，但力臂比较小，进行类似的分析后，得出力矩还是相同的。

在图(3)和图(4)中，只有右方电流受到的磁场力对转轴产生力矩的作用。不过，由于力臂分别变成 L_2 和 L_1 ，结果它们的力矩同样是不变的，即 $M = ISB$ 。

通过上面的分析和计算，可知(d)才是正确的。

〔答案〕(d)

例6 带电粒子在磁场中运动，有下面的一些说法：

①带电粒子在磁场中运动时一定受到洛伦兹力的作用，

②洛伦兹力的方向总是垂直于带电粒子的运动方向，

③洛伦兹力不对粒子做功，

④洛伦兹力不改变粒子的速度。

其中正确的是()

(a) ①和③; (b) ②和④;

(c) ②和③; (d) ①和④.

〔分析〕 当电荷在垂直于磁场的方向运动时, 运动电荷将受到洛仑兹力的作用, 这力的数值:

$$f = qvB,$$

而方向则垂直于电荷的速度方向.

如果电荷以任意方向在磁场中运动时, 则可把带电粒子的运动速度分解成垂直于磁场的分量和平行于磁场的分量, 其中只有垂直于磁场的分量受到洛仑兹力的作用. 因此, 如果带电粒子沿着磁场的方向运动时, 就没有受到洛仑兹力的作用.

由于洛仑兹力总是垂直于粒子的运动方向, 即是说, 粒子在洛仑兹力的方向上没有位移, 所以洛仑兹力对粒子没有作功.

根据上面的分析可知②和③是对的, 而①则是错误的.

如果对速度和速率的概念分不清, 则往往会 对④判断错误. 由于洛仑兹力对运动电荷没有作功, 则粒子运动速度的数值(即速率)没有改变, 有些同学就认为④是正确的. 实际上, 因为速度是一个矢量, 不仅有大小, 而且有方向, 所以, 在洛仑兹力的作用下, 虽然速度的数值没有变化, 但方向却时刻改变着. 因此, 洛仑兹力还是改变了粒子的速度, 故④也是错的.

综合上述, 应选答案(c).

〔答案〕(c)

例7 有两个电子分别以 v_1 和 v_2 的速度从垂直于磁场的

方向射入磁感应强度为 B 的同一匀强磁场中, 若 $v_2 = 2v_1$, 则电子1和电子2的轨道半径之比 $R_1 : R_2$ 及周期之比 $T_1 : T_2$ 为()

$$(a) \quad \frac{R_1}{R_2} = \frac{1}{2}, \quad \frac{T_1}{T_2} = \frac{1}{1},$$

$$(b) \quad \frac{R_1}{R_2} = \frac{2}{1}, \quad \frac{T_1}{T_2} = \frac{1}{1},$$

$$(c) \quad \frac{R_1}{R_2} = \frac{1}{2}, \quad \frac{T_1}{T_2} = \frac{1}{2},$$

$$(d) \quad \frac{R_1}{R_2} = \frac{1}{1}, \quad \frac{T_1}{T_2} = \frac{2}{1}.$$

〔分析〕 参看图1-5, 如果电子从 P 点向右方入射, 电子便受到垂直于速度方向、指向 O 点的洛伦兹力的作用, 洛伦兹力的大小为 $f = evB$, 此力使粒子获得向心加速度而作圆周运动, 其半径可由下式求出:

$$f = evB = \frac{mv^2}{R}.$$

由上式解出 $R = \frac{mv}{eB}.$

考虑到 $v_2 = 2v_1$ 可求出

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{v_1}{2v_1} = \frac{1}{2}.$$

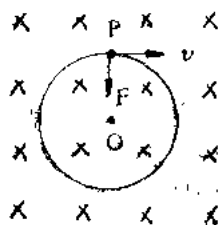


图 1-5

另外, 运动的周期 $T = \frac{2\pi R}{v}$, 以 $R = \frac{mv}{eB}$ 代入可得到

$$T = \frac{2\pi m}{eB}, \text{ 即周期和速度的数值无关, 因而 } \frac{T_1}{T_2} = \frac{1}{1}.$$

综上所述, 答案为 (a)。

〔答案〕(a)

例8 在研究原子物理的质谱仪中, 有一个速度选择器, 其装置大致如下: 从离子源产生的正离子, 经过电场加速后, 速度不同的各种离子沿

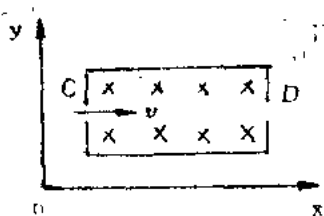


图 1-6

着 x 轴的正方向从 C 处进入磁场方向和电场方向相互垂直的速度选择器, 其中只有速度为 v_0 的离子能够按照原来的方向穿过选择器, 从 D 处穿出 (参看图 1-6)。已知磁感应强度为 B , 方向垂直纸面向里, 则电场强度 E 应该是: ()

(a) 沿着 y 轴正方向, 大小为 Bv_0q

(b) 沿着 y 轴正方向, 大小为 $\frac{v_0}{B}$;

(c) 沿着 y 轴负方向, 大小为 $\frac{Bv_0}{q}$;

(d) 沿着 y 轴负方向, 大小为 v_0B 。

〔分析〕 由于速度为 v 的粒子能按原来的方向顺利地通过选择器, 则它所受的电场力和磁场力应是大小相等, 方向相反。根据左手定则, 可知此时洛伦兹力的方向是沿着 y 轴的正方向, 因而电场力应沿着 y 轴的负方向, 正电荷受力的方向就是电场强度的方向, 则电场强度的方向也指向 y 轴的负方向。

这些带电粒子受到的洛伦兹力为 qvB , 电场力为 qE , 这两个方向相反的力只有大小相等才能互相抵消, 即

$$qE = qv_0B,$$

$$E = v_0B.$$

综合考虑，应选答案(d)。

〔答案〕(d)

例9 把通电直导线放在蹄形磁铁的上方，如图1-7所示，假如导线可以自由活动，当导线通入如图所示的电流时，导线将()

(a) 不动；

(b) 向上运动；

(c) 逆时针方向转动(从上向下看)，然后下降；

(d) 逆时针方向转动(从上向下看)，然后上升。

〔分析〕 本题是考查学生对安培力的掌握情况，但比较灵活一些。要解答本题，除熟悉安培力之外，还必须懂得蹄形磁铁的磁力线分布情况。如果只知道磁铁外的磁力线是从N极出发，指向S极，认为本题的磁力线是从左水平向右的，即与电流同向，就可能错选为答案(a)。

事实上，蹄形磁铁的磁力线分布如图1-8所示，它们不是直线，而是一些弧形曲线。在N极的上方，这些磁力线有垂直向上的分量，由左手定则可得出这些分量使该处的电流受到垂直纸面向外的安培力 f_1 的作用。类似的分析，可知

S极上方的电流受到垂直于纸面向里的安培力 f_2 的作用。由于对称性， f_1 和 f_2 大小相等，方向相反，形成力偶，使导线按逆时针的方向转动(从上向下看)，导线转到N、S极的中

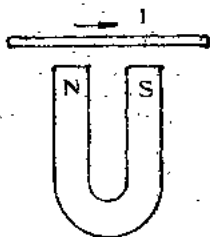


图1-7

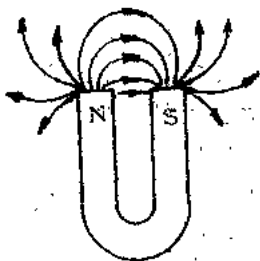


图1-8

间位置时, 电流的方向垂直于纸面向里, 此时 I 垂直于 B , 安培力的方向向下, 如图 1-9 所示. 因此, 这导线将先作逆时针方向的转动, 然后下降.

〔答案〕(c)

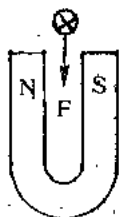


图 1-9

例10 三个完全相同的带正电的小球, 从同一高度自由下落, 其中 A 球下落过程经过一个竖直方向的磁场, B 球下落过程中经过一个水平方向的电场, C 球直接落地, 它们落地时的速率分别用 v_A 、 v_B 、 v_C 表示, 则其大小的关系有 ()

(a) $v_A = v_B = v_C$;

(b) $v_A = v_C < v_B$;

(c) $v_A < v_B < v_C$;

(d) $v_A > v_B > v_C$.

〔分析〕 首先考虑 A 球, 下落过程中经过一个竖直方向的磁场, 这一磁场方向与带电 A 球的运动方向是平行的, 因而 A 球不会受到洛伦兹力的作用, A 球将和自由下落时的情况相同, 其落地速率用 v_y 表示, 即 $v_A = v_C = v_y$. 对于 B 球, 在下落过程中, 经过一个水平方向的电场, 它将受到水平方向的电场力的作用, 不管电场的数值如何, 最后它都将有一个水平方向的分速度 v_x . 至于竖直方向, 它只受到重力作用, 所以落地时, 竖直方向的速度 v_y 等于自由下落的速度. 因为 v_x 垂直于 v_y , 由图 1-10 可看出, 合速度的数值 $v_B = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$.

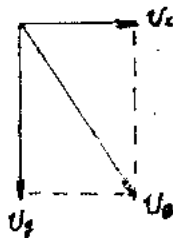


图 1-10

〔答案〕(b)

(二) 综合题

例1 如图 1-11 所示, 在磁感应强度 $B = 2 \times 10^{-3}$ 特斯拉的匀强磁场中, 放置一段长度为 10 厘米、电流 4 安培的通电导线 CD, 求在下面几种情况下导线所受磁场力的大小和方向?

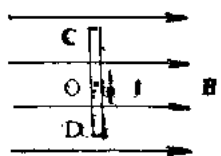


图 1-11

- (1) 如图所示的情况;
- (2) 导线以 O 为中心, 在纸平面内逆时针方向转 30° ;
- (3) 导线以 O 为中心, 在纸平面内顺时针方向转 90° ;
- (4) 导线以 O 为中心, C 端向纸内, D 端向纸外转过 30° .

【分析与解答】 根据公式 $F = ILB \sin \theta$ 计算通电导线在磁场中受力的大小和正确运用左手定则判断磁场力的方向, 是本章的重要内容之一, 公式中的 θ 是指 I 和 B 之间的夹角。

(1) 如图所示的情况, 由于磁场力的方向总是垂直于 B 和 I 所决定的平面, 根据左手定则, 可知此时安培力的方向是垂直于纸面, 指向纸外。

因为 B 和 I 互相垂直, 所以

$$F = ILB \sin \theta = 4 \times 0.1 \times 2 \times 10^{-3} = 8 \times 10^{-4} \text{ (牛顿)}.$$

(2) 安培力的方向垂直于纸面, 指向纸外, 此时 $\theta = 60^\circ$, 故

$$\begin{aligned} F &= ILB \sin \theta = 4 \times 0.1 \times 2 \times 10^{-3} \times \frac{\sqrt{3}}{2} \\ &= 4\sqrt{3} \times 10^{-4} \text{ (牛顿)}. \end{aligned}$$

(3) 当导线在纸面内顺时针方向转了 90° 之后, $\theta = 180^\circ$, 故 $F = ILB \sin \theta = 0$.