

第六章 静电场

库仑定律、电场力的性质

1. 电荷、电荷守恒定律

自然界中存在两种电荷：正电荷和负电荷。例如：用毛皮摩擦过的橡胶棒带负电，用丝绸摩擦过的玻璃棒带正电。

- 1. 元电荷：电荷量  $e = 1.60 \times 10^{-19} C$  的电荷，叫元电荷。说明任意带电体的电荷量都是元电荷电荷量的整数倍。
- 2. 电荷守恒定律：电荷既不能被创造，又不能被消灭，它只能从一个物体转移到另一个物体，或者从物体的一部分转移到另一部分，电荷的总量保持不变。

2. 库仑定律

- 1. 内容：在真空中静止的两个点电荷之间的作用力跟它们的电荷量的乘积成正比，跟它们之间的距离的平方成反比，作用力的方向在他们的连线上。
- 2. 公式：  $F = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$  (式中  $k = 9.0 \times 10^9 N \cdot m^2 / C^2$ , 叫静电力常量)
- 3. 适用条件：真空中的点电荷。
- 4. 点电荷：如果带电体间的距离比它们的大小大得多，以致带电体的形状对相互作用力的影响可忽略不计，这样的带电体可以看成点电荷。

3. 电场强度

1. 电场

- (1) 定义：存在电荷周围能传递电荷间相互作用的一种特殊物质。
- (2) 基本性质：对放入其中的电荷有力的作用。

2. 电场强度

- (1) 定义：放入电场中的电荷受到的电场力  $F$  与它的电荷量  $q$  的比值，叫做改点的电场强度。
- (2) 单位：  $N/C$  或  $V/m$ 。
- (3) 电场强度的三种表达方式的比较

	定义式	决定式	关系式
表 达	$E = F / q$	$E = kQ / r^2$	$E = U / d$

式			
适用范围	任何电场	真空中的点电荷	匀强电场
说明	E 的大小和方向与检验电荷的电荷量以及电性以及存在与否无关	Q: 场源电荷的电荷量 r: 研究点到场源电荷的距离	U: 电场中两点的电势差 d: 两点沿电场线方向的距离

(4)向量性：规定正电荷在电场中受到的电场力的方向为改点电场强度的方向，或与负电荷在电场中受到的电场力的方向相反。

(5)迭加性：多个电荷在电场中某点的电场强度为各个电荷单独在该点产生的电场强度的向量和，这种关系叫做电场强度的迭加，电场强度的迭加遵从平行四边形定则。

#### 4. 电场线、匀强电场

1. 电场线：为了形象直观描述电场的强弱和方向，在电场中画出一系列的曲线，曲线上的各点的切线方向代表该点的电场强度的方向，曲线的疏密程度表示场强的大小。

2. 电场线的特点

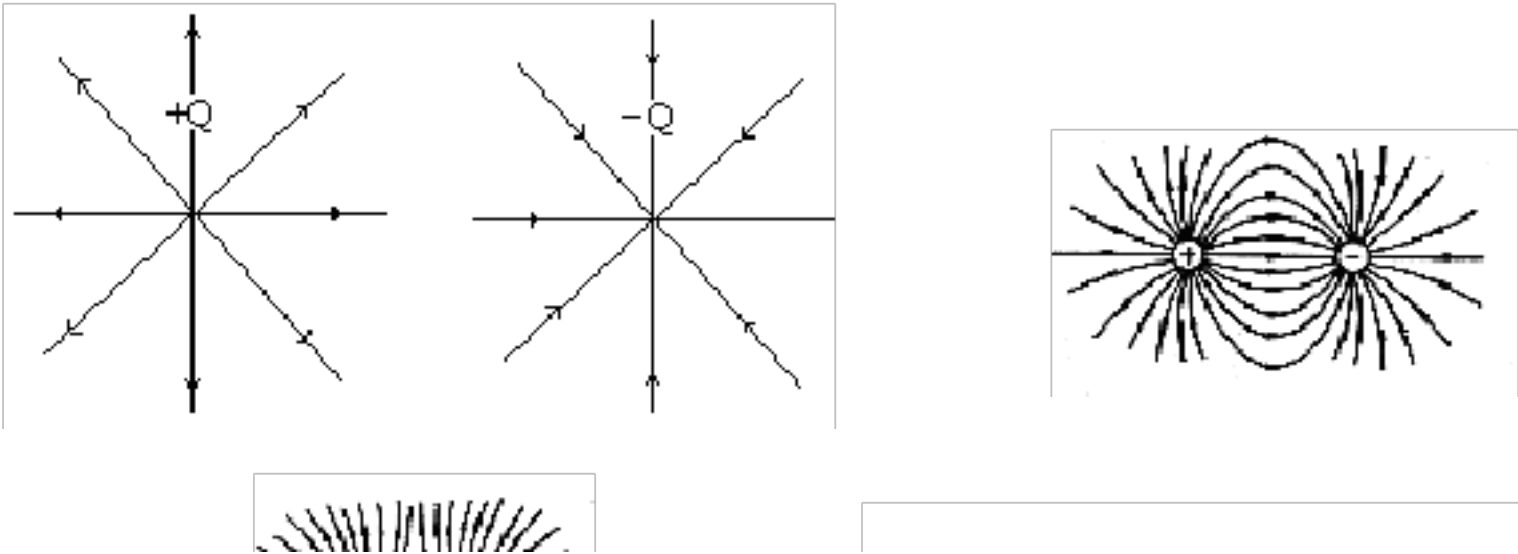
- (1) 电场线是为了直观形象的描述电场而假想的、实际是不存在的理想化模型。
- (2) 始于正电荷或无穷远，终于无穷远或负电荷，电场线是不闭合曲线。
- (3) 任意两条电场线不相交。
- (4) 电场线的疏密表示电场的强弱，某点的切线方向表示该点的场强方向，它不表示电荷在电场中的运动轨迹。
- (5) 沿着电场线的方向电势降低；电场线从高等势面（线）垂直指向低等势面（线）。

3. 匀强电场

- (1)定义：场强方向处处相同，场强大小处处相等的区域称之为匀强电场。
- (2)特点：匀强电场中的电场线是等距的平行线。平行正对的两金属板带等量异种电荷后，在两板之间除边缘外的电场就是匀强电场。

4. 几种典型的电场线

孤立的正电荷、负电荷、等量异种电荷、等量同种电荷、正点电荷与大金属板间、带等量异种电荷的平行金属板间的电场线



## 电场能的性质

### 1. 电势差

1. 定义：电荷在电场中由一点A 移动到另一点 B 时，电场力所做的功与该电荷电荷量的比值  $\frac{W_{AB}}{q}$  就叫做 AB 两点的电势差，用  $U_{AB}$  表示。

2. 定义式：  $U_{AB} = \frac{W_{AB}}{q}$

3. 单位：伏特( $1V = 1J/C$ )

4. 、是标量，有正负，正负代表电势的高低

### 、2. 电势 $\phi$

1. 定义：电势实际上是和标准位置的电势差，即电场中某点的电势。在数值上等于把 1C 正电荷从某点移到标准位置（零电势点）是静电力说做的功。

2. 定义式：  $\phi_A = U_{AB} = \frac{W_{AB}}{q} (\phi_B = 0)$

3. 单位：伏特( $1V = 1J/C$ )

4. 矢标性：是标量，当有正负，电势的正负表示该点电势比零电势点高还是低。

### 3. 电势能

1. 定义：电荷在电场中某点的电势能在数值上等于把电荷从这一点到电势能为零处（电势为零）静电力所做的功。

2. 定义式：  $E_p = q \cdot \phi$

3. 单位：焦耳（J）

4. 矢标性：是标量，当有正负，电势能的正负表示该点电势能比零电势能点高还是低。

5. 电场力做功与电势能变化的关系

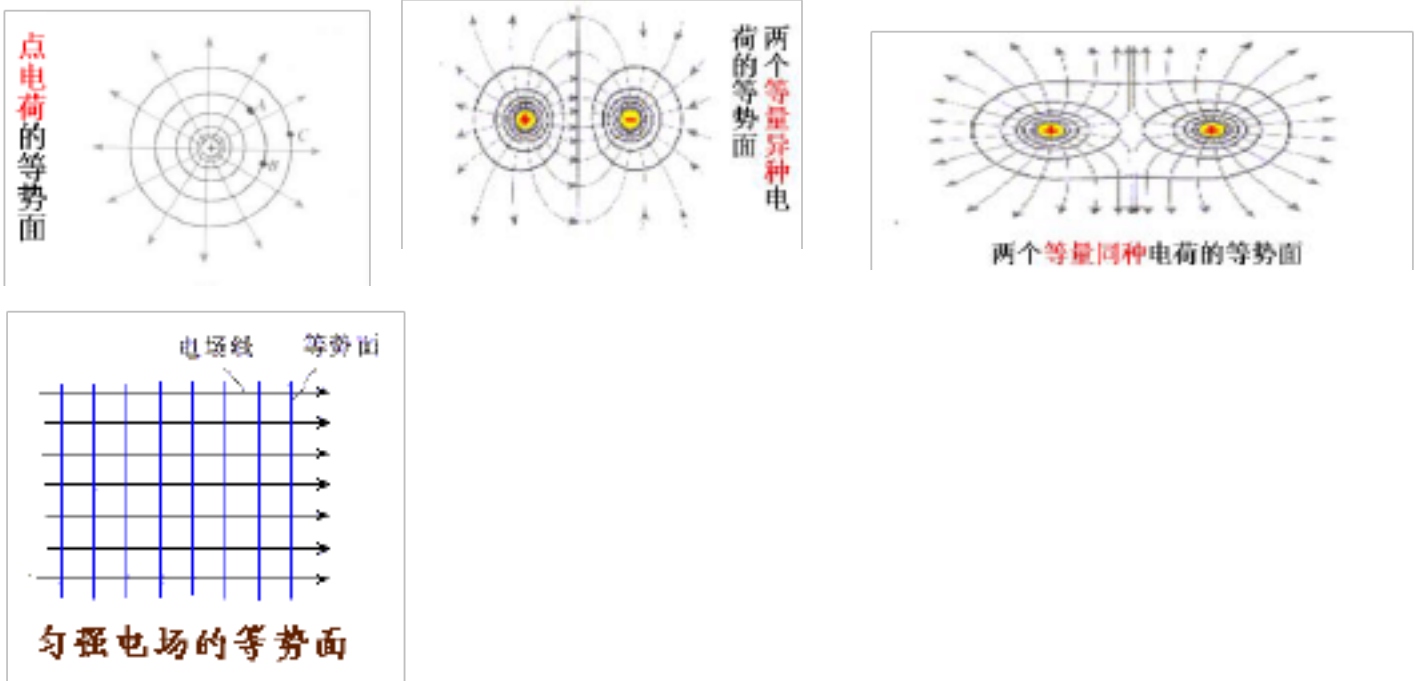
- (1)静电力对电荷做正功电势能就减小，静电力对电荷做负功电势能就增加。
- (2)静电力对电荷做功等于电荷电势能的变化量，所以静电力功是电荷电势能变化的量度。

用  $E_p$  表示电势能，则将电荷从 A 点移到 B 点，有

$$W_{AB} = q \cdot U_{AB} = q\varphi_A - q\varphi_B = E_{PA} - E_{PB} = -\Delta E_P$$

#### 4. 等势面

- 1. 定义：电场中电势相等的点构成的面叫做等势面。
- 2. 等势面的特点
  - (1)等势面一定跟电场线垂直
  - (2)电场线总是从电势较高的等势面指向电势较低的等势面
  - (3)任意两等势面都不会相交
  - (4)电荷在同一等势面上移动时，电场力做功为零
  - (5)电场强度较大的地方，等差等势面较密
  - (6)几种常见的等势面如下：



#### 5. 匀强电场中电势差和电场强度的关系

- 1. 匀强电场中电势差  $U$  和电场强度  $E$  的关系式为：  $U = E \cdot d$
- 2. 说明(1) $U = E \cdot d$  只适用于匀强电场的计算(2)式中的  $d$  的含义是某两点沿电场线方向上的距离，或两点所在等势面间距。由此可以知道：电场强度的方向是电势降落最快的方向。

### 电容器、带电粒子在电场中的运动

#### 1. 电容器

- 1. 构成：两个互相靠近又彼此绝缘的导体构成电容器。
- 2. 充放电：

(1) 充电：使电容器两极板带上等量异种电荷的过程。充电的过程是将电场能储存在电容器中。

(2) 放电：使充电后的电容器失去电荷的过程。放电的过程中储存在电容器中的电场能转化为其它形式的能量。

3. 电容器带的电荷量：是指每个极板上所带电荷量的绝对值

4. 电容器的电压

额定电压：是指电容器的最大正常工作即电容器铭牌上的标定数值。

击穿电压：是指把电容器的电介质击穿导电使电容器损坏的极限电压。

2. 电容

1. 定义：电容器所带的电荷量  $Q$  与两极板间的电压  $U$  的比值

2. 定义式： $C = \frac{Q}{U} = \frac{\Delta Q}{\Delta U}$  (是计算式非决定式)

3. 电容的单位：法拉，符号： $1F = 10^6 \mu F = 10^{12} PF$

4. 物理意义：电容是描述电容器容纳电荷本领大小的物理量，在数值上等于电容器两板间的电势差增加 1V 所需的电荷量。

5. 制约因素：电容器的电容与  $Q$ 、 $U$  的大小无关，是由电容器本身的结构决定的。对一个确定的电容器，它的电容是一定的，与电容器是否带电及带电多少无关。

3. 平行板电容器

1. 平行板电容器的电容的决定式： $C = \frac{1}{4\pi k} \bullet \frac{\epsilon S}{d} \propto \frac{\epsilon S}{d}$  即平行板电容器的电容与介质的介电常数成正比，与两板正对的面积成正比，与两板间距成反比。

2. 平行板电容器两板间的电场：可认为是匀强电场， $E=U/d$

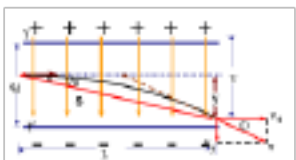
4. 带电粒子在电场中的运动

1. 带电粒子的加速：对于加速问题，一般从能量角度，应用动能定理求解。若为匀变速直线运动，可用牛顿运动定律与运动学公式求解。

2. 带电粒子在匀强电场中的偏转：对于带电粒子以垂直匀强电场的方向进入电场后，受到的电场力恒定且与初速度方向垂直，做匀变速曲线运动（类平抛运动）。

(1)处理方法往往是利用运动的合成与分解的特性：分合运动的独立性、分合运动的等时性、分运动与合运动的等效性。沿初速度方向为匀速直线运动、沿电场力方向为初速度为零的匀加速运动。

(2)基本关系：



x 方向：匀速直线运动  $v_x = v_0, L = v_0 t$

Y 方向：初速度为零的匀加速直线运动  $v_y = at, y = \frac{1}{2}at^2, a = \frac{F}{m} = \frac{qU}{md}$

1. 离开电场时侧向偏转量：  $y = \frac{1}{2}at^2 = \frac{1}{2} \frac{qUL^2}{mdv_0^2}$

2. 离开电场时的偏转角：  $\tan \phi = \frac{v_y}{v_x} = \frac{qUL}{mdv_0^2}$

## 恒定电流

### 电路的基本概念、部分电路

#### 1. 导体中的电场和电流

##### 3. 导线中的电场

(1)形成因素：是由电源、导线等电路组件所积累的电荷共同形成的。

(2)方向：导线与电源连通后，导线内很快形成了沿导线方向的恒定电场。

(3)性质：导线中恒定电场的性质与静电场的性质不同。

#### 2. 电流

(1)导体形成电流的条件：①要有自由电荷②导体两端形成电压。

(2)电流定义：通过导体横截面的电量跟这些电荷量所用时间的比值叫电流。

$$\text{公式： } I(A) = \frac{Q(C)}{t(S)}$$

(3)电流是标量但有方向，规定正电荷定向移动的方向为电流的方向（或与负电荷定向移动的方向相反）。单位：A，  $1A=10^3mA=10^6\mu A$

(4)微观表达式： $I=nqvs$ ，n 是单位体积内的自由电荷数，q 是每个自由电荷电荷量，s 是导体的横截面积，v 是自由电荷的定向移动速率。（适用于金属导体）。

\* 说明：导体中三种速率（定向移动速率非常小约  $10^{-5}m/s$ ，无规律的热运动速率较大约  $10^5m/s$ ，电场传播速率非常大为光速例如电路合上电键远处的电灯同时亮）

(5)电流的分类：方向不改变的电流叫直流电流，方向和大小都不改变的电流叫恒定电流，方向改变的电流叫交变电流。

#### 2. 电动势

1. 非静电力：根据静电场知识可知，静电力不可能使电流从低电势流向高电势，因此电源内

部必然存在着从负极指向正极的非静电力。

2. 电源电动势：在电源内部，非静电力把正电荷从负极送到正极所做的功跟被移送电荷量的比值，即  $E = W / q$

\* 说明：从能量转化的角度看，电源是通过非静电力做功把其它形式的能转化为电能的装置。

3、物理意义：反映电源把的能其它形式转化为电势能本领的大小，在数值上等于非静电力把 1C 的正电荷在电源内部从负极送到正极所做的功。

### 3. 电阻定律、电阻率

1. 电阻定律：同种材料的导体，其电阻与它的长度成正比与它的横截面积成反比，导体的电阻还与构成它的材料及温度有关，公式：  $R = \rho \frac{L}{S}$

2. 电阻率：上式中的比例系数  $\rho$ （单位是  $\Omega\text{m}$ ），它与导体的材料温度有关，是表征材料导电性质的一个重要的物理量，数值上等于长度 1m，截面积为  $1\text{m}^2$  导体的电阻值。

\* 金属导体的电阻率随温度的升高而变大可以做电阻温度计用，半导体的电阻率随温度的升高而减小，有些合金的电阻率不受温度影响。

### 4. 欧姆定律

5. 内容：导体中的电流  $I$  跟导体两端的电压  $U$  成正比，跟它的电阻  $R$  成反比。

6. 公式：  $I = U / R$

7. 适用条件：适用与金属导电和电解液导电，对气体导体和半导体组件并不适用。

4. 导体的伏安特性曲线：用表示横坐标电压  $U$ ，表示纵坐标电流  $I$ ，画出的  $I$ - $U$  关系图线，它直观地反映出导体中的电流与电压的关系。

(1)线性组件：伏安特性曲线是直线的电学组件，适用于欧姆定律。

(2)非线性组件：伏安特性曲线不是直线的电学组件，不适用于欧姆定律。

### 5. 电功和电功率、焦耳定律

1. 电功：在电路中，导体中的自由电荷在电场力的作用下发生定向移动而形成电流，在此过程中电场力对自由电荷做功，在一段电路中电场力所做的功，用  $W = Uq = UI t$  来计算。

2. 电功率：单位时间内电流所做的功， $P = W / t = UI$

3. 焦耳定律：电流流过导体产生的热量，有  $Q = I^2 R t$  来计算

## 闭合电路欧姆定律及电路分析

### 1. 电动势

5. 物理意义：反映电源把的能其它形式转化为电势能本领的大小的物理量，它由电源本身



的性质决定。

6. 大小（在数值上等于）①在电源内部把 1C 的正电荷在从负极送到正极非静电力所做的功。②电源没有接入电路时两极间的电压。③在闭合电路中内外电势降落之和。

2. 闭合电路欧姆定律

5. 内容:闭合电路里的电流跟电源的电动势成正比，跟整个回路的电阻成反比。

6. 表达式： $I = E / R$

7. 路端电压 ( $U_{外}$ ) 即电源的输出电压  $U_{外} = E - Ir$

3. 逻辑电路

1. “与” 门：如果一个事件的几个条件都满足后 该事件才能发生. 这种关系叫做 “与” 逻辑关系. 具有 “与” 逻辑关系的电路称为 “与” 门电路, 简称 “与” 门。

2. “或” 门：如果几个条件中，只要有一个条件得到满足, 某事件就会发生，这种关系叫做 “或” 逻辑关系. 具有 “或” 逻辑关系的电路叫做 “或” 门.

3. “非” 门：输出状态和输入状态呈相反的逻辑关系 叫做 ”非” 逻辑关系 具有 ”非” 逻辑关系的电路叫 “非” 门.

(1) “非” 逻辑电路

(2) “非” 门的逻辑符号 (3) “非” 门的真值表： (4) “非” 门反映的逻辑关系

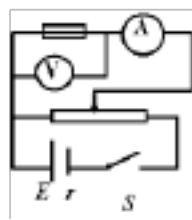
1. 测定金属的电阻率

实验步骤

1. 用螺旋测微器测量金属导线的直径，再由直径算出金属导线的横截面积。

2. 用毫米刻度尺测量接入电路中的被测导线的长度。

3. 按照电路图连接好电路，注意滑动变阻器要调在最左端），电流表、电压表的量程要选择恰当。



适当的位置（此图中调在

4. 闭合开关 S，调节滑动变阻器的滑动触片，使电

当的读书，并记录下来。

流表、电压表分别有一恰

5. 继续调节滑动变阻器的滑动触片，重复步骤 4，做三次，记录下每次电流表、电压表的读数。

6. 打开开关 S，拆除电路，整理好实验器材。

7. 处理数据。

注意事项

1. 由于所测金属导线的电阻值较小，测量电路应该选用电流表外接线路。

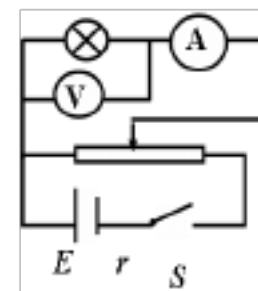


2. 闭合电键 S 之前，一定要使滑动变阻器的滑片处于恰当的位置。
3. 测电阻时电流不宜过大，通电时间不宜过长。
4. 求 R 的平均值可以用二种方法：第一种用  $R = U / I$  算出各次的测量值，再取平均值；第二种方法是用 U-I 图像的斜率求出。

## 2. 描绘小灯泡的伏安特性曲线

### 实验原理

用电流表测流过小灯泡的电流，用电压表测出加在小灯泡两端的电压，测出多组对应的 U、I 值，在直角坐标系中描出各对应点，用一条平滑的曲线将这些点连接起来。



### 注意事项

#### 1. 电路的连接方式

- (1) 电流表应采用外接法：因为小灯泡的电阻很小，与 0~0.6A 的电流表串联式，电流表的分压影响很大。
- (2) 滑动变阻器应采用分压式连接：目的是使小灯泡两端的电压能从 0 开始变化。
2. 闭合电键 S 之前，一定要使滑动变阻器的滑片处于恰当的位置（应该使小灯泡被短路）。
3. 保持小灯泡电压接近额定值是要缓慢增加，到额定值，记录 I 后马上断开开关。
4. 误差较大的点要舍去，U-I 图像应是平滑曲线而非折线。

## 第八章 磁场

### 磁场、磁场对电流的作用

#### 1. 磁场的基本概念

4. 磁体的周围存在磁场。
5. 电流的周围也存在磁场
6. 变化的电场在周围空间产生磁场（麦克斯韦）。
7. 磁场和电场一样，也是一种特殊物质
8. 磁场不仅对磁极产生力的作用，对电流也产生力的作用。
9. 磁场的方向——在磁场中的任一点，小磁针北极受力的方向，亦即小磁针静止时北极所指的方向，就是那一点的磁场方向。
10. 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。

#### 2. 磁场的基本性质

磁场对放入其中的磁极或电流有磁场力的作用。（对磁极一定有力的作用;对电流只是可能有力的作用,当电流和磁感线平行时不受磁场力作用）。

5. 磁极和磁极之间有磁场力的作用
6. 两条平行直导线,当通以相同方向的电流时,它们相互吸引,当通以相反方向的电流时,它们相互排斥
7. 电流和电流之间,就像磁极和磁极之间一样,也会通过磁场发生相互作用.
8. 磁体或电流在其周围空间里产生磁场,而磁场对处在它里面的磁极或电流有磁场力的作用.
9. 磁极和磁极之间、磁极和电流之间、电流和电流之间都是通过磁场来传递的.

### 3. 磁感应强度（向量）

1. 在磁场中垂直于磁场方向的通电导线,所受的安培力  $F$  安跟电流  $I$  和导线长度  $L$  的乘积

$IL$  的比值叫做磁感应强度  $B = \frac{F}{Il}$ , ( $B \perp L$ ,  $L$  小)

2. 磁感应强度的单位:特斯拉,简称特,国际符号是 T  $1T = 1 \frac{N}{A \cdot m}$

3. 磁感应强度的方向: 就是磁场的方向. 小磁针静止时北极所指的方向,就是那一点的磁场方向. 磁感在线各点的切线方向就是这点的磁场的方向. 也就是这点的磁感应强度的方向.

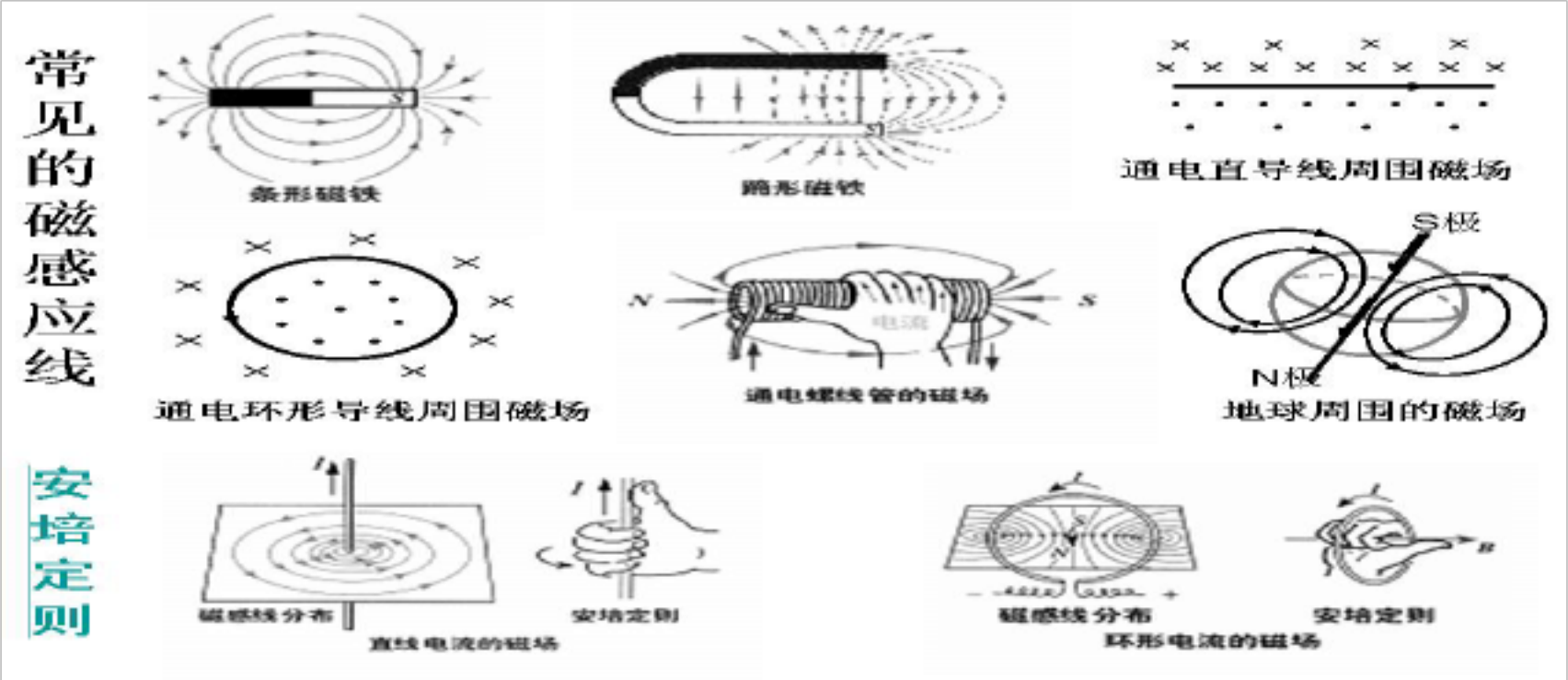
4. 磁感应强度的迭加——类似于电场的迭加

### 4. 磁感线

1. 是在磁场中画出的一些有方向的曲线,在这些曲线上,每一点的切线方向都在该点的磁场方向上. 磁感线的分布可以形象地表示出磁场的强弱和方向.
2. 磁感在线各点的切线方向就是这点的磁场的方向. 也就是这点的磁感应强度的方向.
3. 磁感线的密疏表示磁场的大小. 在同一个磁场的磁感线分布图上,磁感线越密的地方,表示那里的磁感应强度越大.
4. 磁感线都是闭合曲线,磁场中的磁感线不相交.

### 5. 电流周围的磁感应线

1. 直线电流的磁感应线：直线电流的磁感线方向用安培定则（也叫右手螺旋定则）来判定：用右手握住导线，让伸直的大拇指所指的方向跟电流的方向(即正电荷定向运动方向或与负电荷定向运动方向相反)一致，弯曲的四指所指的方向就是磁感线的环绕方向。
2. 通电螺线管的磁感线：通电螺线管的磁感线方向一也可用安培定则来判定：用右手握住螺线管，让弯曲的四指所指的方向跟电流的方向一致，大拇指所指的方向就是螺线管内部磁感线的方向。也就是说,大拇指指向通电螺线管的北极。（通电螺线管外部的磁感线和条形磁铁外部的磁感线相似）



6. 磁通量

1. 磁感应强度 B 与垂直磁场方向的面积 S 的乘积叫做穿过这个面的磁通量  $\Phi$   
 ①S 与 B 垂直：  $\Phi=BS$             ②S 与 B 平行：  $\Phi=0$             ③S 与 B 夹角为  $\theta$ ：  $\Phi=BS\sin\theta$
2. 磁通量的单位： 韦伯，符号是 Wb.  $1\text{Wb}=1\text{Tm}^2$
3. 磁通量的意义:磁通量表示穿过某一面积的磁感线条数多少。
4. 磁通密度： 从  $\Phi=BS$  可以得出  $B=\Phi/S$ ，这表示磁感应强度等于穿过单位面积的磁通量，因此常把磁感应强叫做磁通密度，并且用  $\text{Wb}/\text{m}^2$  作单位.  $1\text{T}=1\text{ Wb}/\text{m}^2=1\text{N}/\text{A}\cdot\text{m}$
5. 磁通量是标量,但是有正负. 如果将从平面某一侧穿入的磁通量为正，则从平面反一侧穿入的磁通量为负.

7. 安培力的大小：

在匀强磁场中，在通电直导线与磁场方向垂直的情况下, 电流所受的安培力  $F_{\text{安}}$  等于磁感应强度 B、电流 I 和导线长度 L 三者的乘积.  $F_{\text{安}}=BIL$  通电导线方向与磁场方向成  $\theta$  角时,  $F_{\text{安}}=BIL\sin\theta$

1. 当  $I\perp B$  时(  $\theta =90^\circ$  ),  $F_{\text{max}}=BIL$ ;

2. 当  $I \parallel B$  时 ( $\theta = 0^\circ$ ),  $F_{\min} = 0$  ;

安培力大小的特点: ①不仅与  $B$ 、 $I$ 、 $L$  有关, 还与放置方式  $\theta$  有关。② $L$  是有效长度, 不一定是导线的实际长度。\* 弯曲导线的有效长度  $L$  等于两端点所连直线的长度, 所以任意形状的闭合线圈的有效长度  $L=0$

## 8. 安培力的方向

1. 左手定则:

伸开左手, 使大拇指跟其余四个手指垂直, 并且都跟手掌在一个平面内, 把手放入磁场中, 让磁感线垂直穿入手心, 并使伸开的四指指向电流的方向, 那么, 大拇指所指的方向就是通电导线在磁场中所受安培力的方向。

2. 安培力方向的特点:

总是垂直于  $B$  和  $I$  所决定的平面, 即  $F_{\text{安}} \perp B$  且  $F_{\text{安}} \perp I$  (但  $B$ 、 $L$  不一定垂直)。

(1) 已知  $B$  和  $I$  的方向, 可用左手定则唯一确定  $F_{\text{安}}$  的方向;

(2) 已知  $B$  和  $F_{\text{安}}$  的方向, 当导线的位置确定时, 可唯一确定  $I$  的方向;

(3) 已知  $I$  和  $F_{\text{安}}$  的方向, 不能唯一确定  $B$  的方向;

## 9. 磁电式电流表的工作原理

由于这种磁场的方向总是沿着径向均匀地分布的, 在距轴线等距离处的磁感应强度的大小总是相等的, 这样不管线圈转到什么位置, 线圈平面总是跟它所在位置的磁感线平行,  $I$  与指针偏角  $\theta$  成正比,  $I$  越大指标偏角越大, 因而电流表可以量出电流  $I$  的大小, 且刻度是均匀的, 当线圈中的电流方向改变时, 安培力的方向随着改变, 指标偏转方向也随着改变, 又可知被测电流的方向。

## 磁场对运动电荷的作用

### 1. 洛伦兹力

7. 定义: 磁场对运动电荷受到的作用力叫做洛伦兹力。

8. 大小:  $F_{\text{洛}} = qvB \sin \theta$  , ( $\theta$  为  $B$  与  $v$  的夹角)

(1) 当  $v \perp B$  时,  $F_{\text{洛 max}} = qvB$ ; (2) 当  $v \parallel B$  时,  $F_{\text{洛 min}} = 0$  ;

9. 洛伦兹力的方向: 由左手定则判断。

注意:

① 洛伦兹力一定垂直于  $B$  和  $v$  所决定的平面 (因为它由  $B$ 、 $V$  决定) 即  $F_{\text{洛}} \perp B$  且  $F_{\text{洛}} \perp V$ ;

但是 B 与 V 不一定垂直（因为它们由自身决定）

②四指的指向是正电荷的运动方向或负电荷运动的反方向

10. 特点：洛伦兹力对电荷不做功，它只改变运动电荷速度的方向，不改变速度的大小。原因：

$F_{洛} \perp V$

11. 洛伦兹力和安培力的关系：F 洛是 F 安的微观解释，F 安是 F 洛宏观体现。

洛伦兹力计算公式的推导： $F_{洛}=qvB$

每个电子受的洛伦兹力为  $F_{洛}$ ， $F_{洛}=F_{安}/N$  (1)

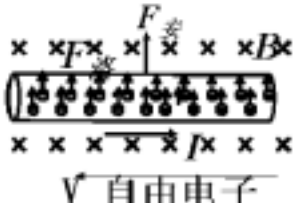
如图所示，当  $v$  与  $B$  垂直时，整个导线受到的安培力为  $F_{安}=BIL$  (2)

$I=nqSv$  (3)

设导线中共有  $N$  个自由电子  $N=nSL$  (4)

由以上四式得  $F_{洛}=qvB$

当  $v$  与  $B$  成  $\theta$  角时， $F_{洛}=qvB\sin \theta$



$V$  自由电子

## 2：带电粒子在磁场中的圆周运动

1. 若  $v \parallel B$ ，则  $F_{洛}=0$ ，带电粒子以速度  $v$  做匀速直线运动.

2. 若  $v \perp B$ ，则带电粒子在垂直于磁感应线的平面内以入射速度  $v$  做匀速圆周运动.

(1) 洛伦兹力充当向心力： $qvB = \frac{mv^2}{r}$

(2) 轨道半径： $r = \frac{mv}{qB} = \frac{p}{qB} = \frac{\sqrt{2mE_K}}{qB}$

(3) 周期： $T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi m}{qB}$

(4) 角速度： $\omega = \frac{qB}{m}$

(5) 频率： $f = \frac{1}{T} = \frac{qB}{2\pi m}$

(6) 动能： $E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{(qBr)^2}{2m}$