

全国中等卫生学校试用教材

电 工 学

(放射医士专业用)

湖 北 人 民 出 版 社

全国中等卫生学校试用教材

电 工 学

(放射医士专业用)

湖 北 人 民 出 版 社

全国中等卫生学校试用教材

电 工 学

(放射医士专业用)

全国中等卫生学校试用教材电工学编写组

*

湖北人民出版社出版 湖北省新华书店发行

黄冈报印刷厂印刷

787×1092 毫米 16 开本 12.5 印张 280,000 字

1979 年 7 月第 1 版 1981 年 6 月第 2 次印刷

印数: 26,001—30,500

统一书号: 14106·116 定价: 0.94 元

编写说明

本书由中央卫生部和湖北省卫生局组织有关卫生学校、专科学校和医用设备厂共同编审的教材，供全国中等卫生学校三年制放射医士专业试用。

本书正文部分包括电工理论基础知识和适合本专业需要的电工测量、电工元件和电子学基础部分。实验部分本书选编了电、磁和电子学等方面共十个实验，由于各校器材设备不同，仅供任课教师参考选用。

参加本书编审的单位有：湖北省襄阳地区卫生学校、江苏省南京市第二卫生学校和上海医疗器械专科学校等；西南医用设备厂和西南医疗器械厂参加了本书的审稿工作；全国中等卫生学校《X线机构造和维修》编写组的同志对本书内容也提出了宝贵的意见。

在编写过程中，我们努力以毛主席的哲学思想为指导，贯彻理论联系实际的原则，根据专业性质和入学对象以及国内农村医疗机构今后配备放射器械方面的发展方向，根据卫生部对统编教材的要求和放射医士专业教学计划(试行草案)精神，尽可能做到精选教材内容，深入浅出，由浅入深，循序渐进，培养学生独立思考和独立工作的能力。但由于编者政治思想水平和业务能力有限，缺乏生产实践经验，编写时间仓促，书中难免存在不少问题，希望各校在使用过程中提出宝贵意见，以便进一步修订。

全国中等卫生学校试用教材《电工学》编写组

目 录

第一章 电荷和电场	1
第一节 电荷	1
一、物质的电结构	1
二、导体、半导体和绝缘体	2
三、库仑定律	2
第二节 电场	4
一、电场强度	4
二、电位和电位差	7
三、电场中的导体	9
习 题	10
第二章 直流电路	11
第一节 直流电路的基本概念	11
一、电路	11
二、电流	11
三、电压	14
四、电阻和电阻器	14
第二节 一段电路的欧姆定律	17
第三节 电阻的连接	18
一、电阻的串联	18
二、电阻的并联	21
三、电阻的混联	23
第四节 电源电动势 全电路欧姆定律	25
一、电源电动势	25
二、全电路欧姆定律	26
第五节 万用电表	27
一、万用电表的直流电流表部分	28
二、万用电表的直流电压部分	29
三、万用电表的欧姆表部分	30
四、万用电表的使用方法	32
第六节 电功和电功率	33
一、电流的功	33
二、电功率	33
三、电流的热效应	36
四、电器元件的额定值	36
五、导线横截面积的选择	37

六、熔断器和熔丝	38
第七节 电容器	39
一、电容器和电容	39
二、电容器的种类	40
三、电容器的额定工作电压(耐压)	41
四、电容器的串并联	42
五、电容器的充放电和时间常数	44
习 题	48
第三章 磁场	50
第一节 磁	50
一、磁的基本概念	50
二、电流的磁场	52
第二节 磁场对电流的作用	54
一、磁场对载流直导线的作用	55
二、磁场对载流矩形线圈的作用	56
三、应用	57
第三节 铁磁性物质	59
一、磁场强度磁导率	59
二、铁磁性物质的磁化	60
第四节 电磁铁及其在 X 线机上的应用	63
一、电磁铁	63
二、电磁继电器	64
习 题	65
第四章 电磁感应	68
第一节 电磁感应定律	68
一、电磁感应现象	68
二、感应电流的方向	69
三、电磁感应定律	71
第二节 自感和互感	73
一、自感	73
二、互感	74
三、涡流	75
习 题	76
第五章 正弦交流电路	78
第一节 单相正弦交流电	78
一、交流电的产生	78
二、交流电三要素	79
三、相位差	81
四、正弦交流电的有效值和平均值	83
五、交流电的矢量表示法	84

第二节 单相正弦交流电路	89
一、纯电阻电路	89
二、纯电感电路	91
三、纯电容电路	93
四、电阻、电感、电容串联电路	96
五、电感电容并联电路	98
六、电磁振荡	99
第三节 三相交流电路	101
一、三相交流电的产生	101
二、三相电源的连接	103
三、三相负载的连接方法	106
习 题	109
第六章 交流电动机 变压器	111
第一节 交流电动机	111
一、三相异步电动机	111
二、单相异步电动机	115
三、单相同步电动机	119
四、交流执行电动机	121
第二节 单相变压器	122
一、变压器的构造	122
二、变压器的工作原理	123
三、自耦变压器	125
习题与思考题	126
第七章 电子学基础	127
第一节 电子管	127
一、热电子发射	127
二、二极电子管	127
三、三极电子管	130
第二节 离子管	132
一、气体的导电	132
二、稳压管	133
三、闸流管	135
第三节 晶体管	136
一、半导体的导电性	137
二、晶体二极管	141
三、晶体三极管	143
第四节 整流和滤波	148
一、整流电路	148
二、滤波电路	153
第五节 放大器	153

一、晶体管放大器·····	154
二、电子管放大器·····	156
第六节 晶体管限时器·····	157
一、晶体管的开关作用·····	157
二、可控硅·····	160
三、单结晶体管·····	162
四、晶体管限时器·····	164
习 题·····	169
电工学实验·····	170
实验一 欧姆定律的验证·····	172
实验二 用惠斯登电桥测电阻·····	174
实验三 万用电表的使用·····	175
实验四 电源外特性曲线·····	178
实验五 日光灯的安装·····	179
实验六 变压器理相·····	181
实验七 晶体管测试·····	183
实验八 整流器安装和测试·····	185
实验九 延时吸合继电器·····	186
实验十 单管放大器·····	188

第一章 电 荷 和 电 场

第一节 电 荷

人们很早以前就发现了摩擦起电现象，并认识到自然界里存在着两种性质不同的电荷：正电荷(用“+”表示)和负电荷(用“-”表示)。通过实验又表明，电荷与电荷之间存在着相互作用力：同种电荷相互排斥；异种电荷相互吸引。若要认识物体的电现象，就必须了解物质的电结构。

一、物质的电结构

近代的科学实验证明，气体、液体和固体都是由分子组成的，而分子是由原子组成的。每个原子又由一个带正电的原子核和一些带负电的电子所组成。这些核外电子有规则地分层分布在原子核周围，而且不停地围绕原子核旋转，就象行星围绕着太阳旋转一样。图 1—1 是氢、硅、锆原子的平面示意图。

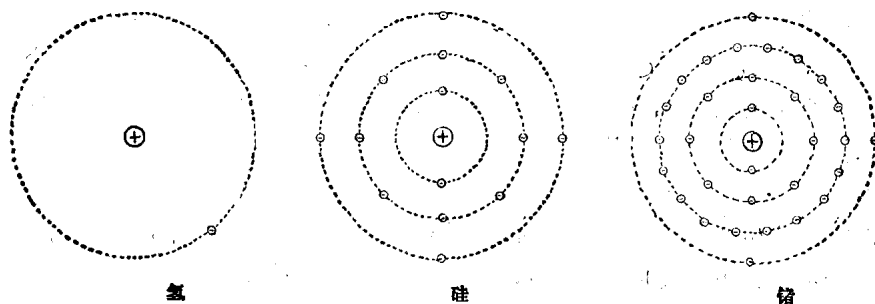


图 1—1 原子结构示意图

电子不停地作高速旋转，必然有离开原子核的倾向，而电子与原子核之间又相互吸引，所以电子与原子核既互相依存又互相斗争，共处于一个统一体——原子中。从这个意义上来说，由原子组成的物质是正电荷和负电荷的对立统一体。

不同的原子，其核外的电子数目也不相同。例如氢原子在它的核外只有一个电子，而硅原子则具有 14 个电子，锆原子具有 32 个电子。因此使得各种原子的性质有很大的差别。

同一原子中，核外电子所带负电荷的总和与原子核所带正电荷的数量相等，正、负电荷的对外作用恰好相互抵消。这样，原子不呈现带电的性质，叫做中性状态。

由于某种原因，使原子失去一个或几个电子，失去了电子的原子便显示带正电，这种带正电的原子(或分子)叫做正离子。反之，当原子获得额外的电子时，便显示带负电，这种带负电的原子(或分子)叫做负离子。例如化学反应或不同的两个物体之间相互摩擦等原因，使一物体的电子转移到另一物体上，失去电子的物体就带正电，获得电子的物体就带负电。在带电过程中，正、负电荷总是同时出现，而且数量相等。由此可知，正、负电荷是物体所固有的，既不能创造，也不能消灭，只能从一个物体转移到另一个物体。

这就是电荷守恒定律。但是，要使物体内部正、负电荷分离，外界必须做功，由其他形式的能量转换为电能；当正、负电荷中和时，物体会放出能量，由电能转换为其他形式的能量。

物体所带电荷的多少叫做电量，用符号 Q (或 q) 表示。在实用单位制中，电量的单位为库仑。1 库仑相当 625 亿亿 (6.25×10^{18}) 个电子所带的电量。

二、导体、半导体和绝缘体

我们知道，导线都是用铜和铝等金属材料做成的。铜、铝等金属容易导电，所以叫做导体。在铜线或铝线的外面往往包着一层橡皮或塑料皮，而橡皮、塑料等物质的导电性能很差，叫做绝缘体 (又称电介质)。还有一类物质，如硅、锗、氧化铜等，导电性能介于导体和绝缘体之间，因此称为半导体。

为什么有的物质很容易导电，有的物质导电性能很差呢？原因就在于物质内部是否存在着大量的自由电荷。

金属的原子核对最外层电子的束缚力很弱。在常温下，由于热运动，最外层电子就能挣脱原子核的束缚而在原子之间自由运动，所以把它叫做自由电子。各种金属内部在不同程度上都存在着大量的自由电子，所以是导体。金属导体又被称为第一类导体。在酸、碱、盐的水溶液中，存在着可以自由移动的正、负离子，所以也是导体。这种导体，称为第二类导体。

绝缘体的原子结构与金属不同，最外层电子被原子核束缚得很紧。在一般条件下，绝缘体内几乎没有自由电子存在，所以导电性能很差。

半导体原子的最外层电子既不象金属那样容易挣脱原子核的束缚，又不象绝缘体那样被原子核束缚得很紧，这就决定了它的导电性能介于导体和绝缘体之间。

必须指出，导体、半导体和绝缘体之间并没有严格的界线。在不同的条件下，它们的导电性能会发生变化。例如高温时，金属导电性能变差，绝缘体绝缘性能变差。又如绝缘体在一定条件下会变成导体，这种现象通常称为绝缘体被击穿。

三、库仑定律

电荷之间有相互作用力。那么，它的大小与哪些因素有关呢？

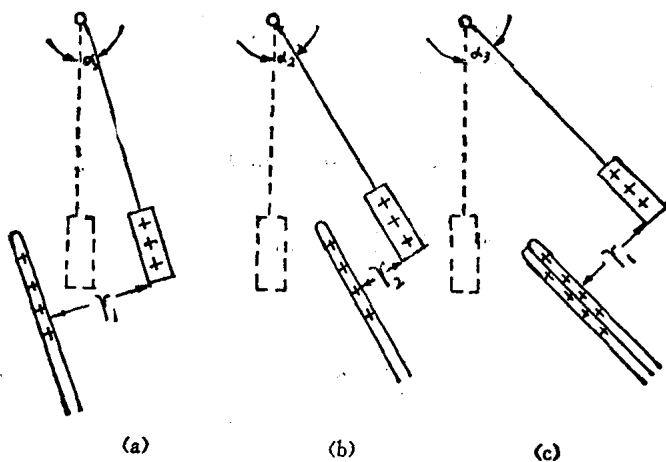


图 1—2 电荷间的作用力

在图 1—2 中，有一个悬挂在丝线上的带正电荷的纸筒，当带正电荷的玻璃棒接近它

时,纸筒就被排斥(图 1—2a)。如果缩短它们之间的距离(图 1—2b),可以看出,夹角 ϕ_2 比 ϕ_1 要大。这表明,电荷之间的相互作用力随着它们之间的距离减小而增大。再拿一根带正电荷的玻璃棒,和前一根并在一起,然后靠近纸筒(图 1—2c),也可以看出,夹角 ϕ_3 比 ϕ_2 更大。这表明,电荷之间的相互作用力还随着电量的增加而增大。

1785 年,法国物理学家库仑从精密的实验结果中总结出点电荷*之间相互作用的定律:

在真空中,两个点电荷之间的作用力的方向是在两个点电荷的连线上,作用力的大小与点电荷电量的乘积成正比,与它们之间的距离的平方成反比。这就叫做库仑定律。

设 q_1 和 q_2 分别表示两个点电荷的电量, r 表示它们之间的距离, F 表示相互作用力(图 1—3),则库仑定律可用公式表示为:

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \quad (1-1)$$

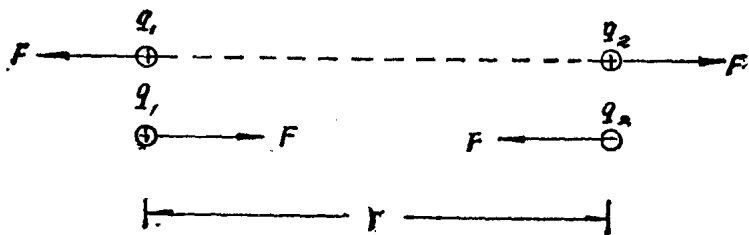


图 1—3 点电荷之间的作用力

式中 k 为比例系数。如果 F 的单位用牛顿, q 的单位用库仑, r 的单位用米,那么, k 为 $9 \times 10^9 \frac{\text{牛顿} \cdot \text{米}^2}{\text{库仑}^2}$ 。

如果是两个同种电荷, q_1 和 q_2 的符号相同,则 F 是正值,表示相互排斥;两个异种电荷, q_1 和 q_2 的符号相反,则 F 为负值,表示相互吸引。

在带电体不能看成点电荷时,则电荷之间的相互作用力就是带电体上各个部分间的作用力的合力。

〔例〕在真空中有两个异种点电荷。负电荷的电量为 2×10^{-8} 库仑,正电荷的电量为 3×10^{-8} 库仑,相距 10 厘米,求它们之间的作用力。

解: $q_1 = -2 \times 10^{-8}$ 库仑, $q_2 = 3 \times 10^{-8}$ 库仑, $r = 10$ 厘米 $= 0.1$ 米

根据公式 $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{-2 \times 10^{-8} \times 3 \times 10^{-8}}{0.1^2} = -5.4 \times 10^{-4}$ 牛顿

实验证明,在无限大的均匀电介质(即绝缘体,如空气、水等)中,放入点电荷 q_1 和 q_2 ,相互间的作用力要比真空中弱一些,只有真空中的 $\frac{1}{\epsilon_r}$ 。 ϵ_r 叫做电介质的相对介电系数,它等于电介质的介电系数 ϵ 与真空中的介电系数 ϵ_0 的比,即

$$\epsilon_r = \frac{\epsilon}{\epsilon_0} \quad \text{或} \quad \epsilon = \epsilon_0 \epsilon_r \quad (1-2)$$

通常令真空中库仑定律的比例系数

* 带电体的大小比带电体之间的距离小得多,就可以看成点电荷。

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

$$\text{则 } \epsilon_0 = \frac{1}{4\pi k} = \frac{1}{4\pi \times 9 \times 10^9} = 8.85 \times 10^{-12} \frac{\text{库仑}^2}{\text{牛顿} \cdot \text{米}^2}$$

由于电介质的结构不同,其相对介电系数 ϵ_r 也不相同。表 1—1 是几种常用电介质的相对介电系数:

空 气	1.0006	云 母	7.0
聚 苯 乙 烯	2.2	瓷	6—8.5
硬 橡 皮	3.5	酒 精	35
石 英	4.2	纯 水	81

真空中相对介质系数为 1。实用中,常把空气的相对介电系数也取为 1。

因此,电介质中的库仑定律公式为

$$F = k \frac{q_1 q_2}{\epsilon_r r^2} \quad (1-3)$$

第二节 电 场

辩证唯物论认为,物体间的相互作用不能脱离物质而发生。一物体对另一物体的作用力,或者是直接接触发生的(如人拉车);或者是通过中间物质作媒介而发生(如人通过绳子拉车)。

在图 1—2 的实验中,电荷之间既然没有直接接触,那么,这种相互作用必然是通过中间物质作媒介而发生的。近代物理学的理论和实验都证明,电荷之间的相互作用是通过“电场”进行的。在带电体周围具有传递静电力作用的空间,就叫做静电场。在这个实验中,带正电的玻璃棒是通过电场对纸筒的电荷施加作用;同时,带正电的纸筒也是通过电场对玻璃棒的电荷施加作用。

电场是一种特殊的物质,它的特殊性在于不是由分子、原子等实体所组成;它的物质性在于具有一般物质所具有的属性,如质量、能量、力的作用等。下面,我们讨论电场的力和能。

一、电场强度

电场中任一点的性质,可以用检验电荷*来进行研究。

在一个正电荷 Q 的电场中,把检验电荷 q 放在不同的位置时(图 1—4),它所受电场力的大小和方向是逐点不同的。但是,在电场中某一给定点,如 A 处,检验电荷 q 所受的电场力 F_A 的大小和方向却是确定的。如果我们改变 A 点处的检验电荷的电量,实验可以证明,它所受电场力的方向虽不变,但力的大小却会改变。当 q 的电量成倍地增加,如改为 $2q$ 、 $3q$ 、…… nq 时,则所受电场力的大小也相应地成倍的增大,将变成 $2F_A$ 、 $3F_A$ 、…… nF_A 。显然,检验电荷所受的力与它的电量的比值始终等于 $\frac{F_A}{q}$,是一个恒量。同样,把检验电荷放到电场中另一点,如 B 处,它所受的电场力 F_B 与它的电量

* 检验电荷是指电量很小的带正电的点电荷,把它放入电场中,几乎不影响原来电场的分布。

q 的比值 $\frac{F_B}{q}$, 也是一个恒量。

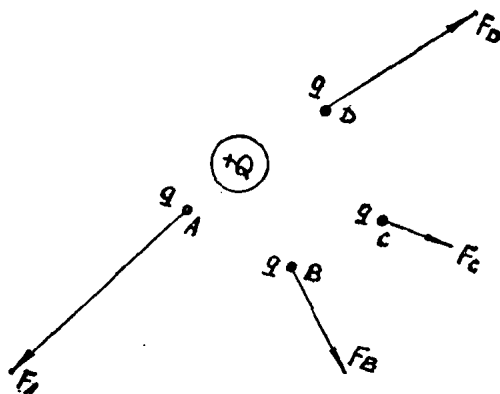


图 1—4 电场中检验电荷所受的力

从而可知, 对电场中的任一点来说, 放在该点的检验电荷所受的电场力与它的电量的比值, 总是一个恒量, 并不随检验电荷的大小和有无而改变, 只与所在点的位置有关。因此, 这个比值表示了电场中任一点的力的性质, 我们称它为电场强度, 用符号 E 表示, 即

$$E = \frac{F}{q} \quad (1-4)$$

电场中某点的电场强度, 等于放在该点的检验电荷所受的电场力与它的电量的比。

如果 F 的单位用牛顿, q 的单位用库仑, 则电场强度 E 的单位为 $\frac{\text{牛顿}}{\text{库仑}}$

要求得真空中点电荷 Q 的电场中各点的电场强度, 可将式(1-1)代入式(1-4), 得

$$E = k \frac{Q}{r^2} \quad (1-5)$$

而电介质中点电荷 Q 的电场中各点的电场强度为

$$E = k \frac{Q}{\epsilon_r r^2} \quad (1-6)$$

〔例〕在图 1—4 中, 设真空中 Q 的电量为 10^{-10} 库仑, C 点距 Q 为 30 厘米, 求 C 点的电场强度。

解: $Q = 10^{-10}$ 库仑, $r = 30$ 厘米 = 0.3 米

根据公式 $E = k \frac{Q}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{10^{-10}}{0.3^2} = 10 \frac{\text{牛顿}}{\text{库仑}}$

电场强度不仅有大小, 而且有方向, 所以是一个矢量。我们规定, 电场中某点电场强度的方向, 就是正电荷在该点所受电场力的方向。

为了研究方便, 我们可用电力线来形象地描述电场强度的方向和大小。如果在一条曲线上, 每一点的切线方向都与该点的电场强度的方向相同, 那么, 这条曲线就叫做电力线, 如图 1—5 所示。

电力线的形状可以通过实验来观察。把剪短的头发屑(或奎宁结晶粉)悬浮在蓖麻油(或变压器油)里, 然后放入带电体, 头发屑就会按照电场强度的方向排列起来, 形成电力线。图 1—6 是几种带电情况的电力线形状。

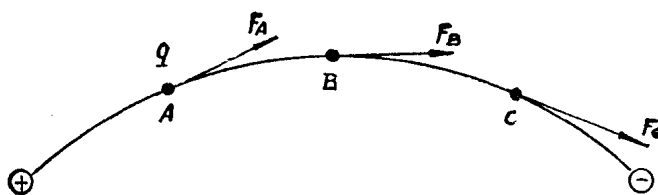
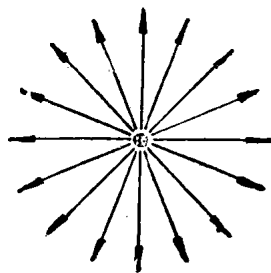
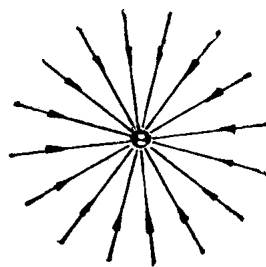


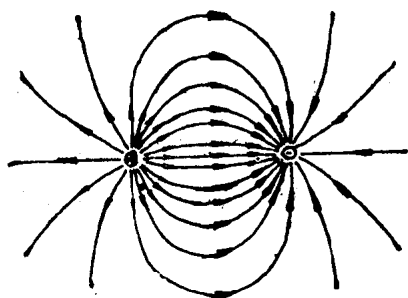
图 1—5 用电力线表示电场强度的方向



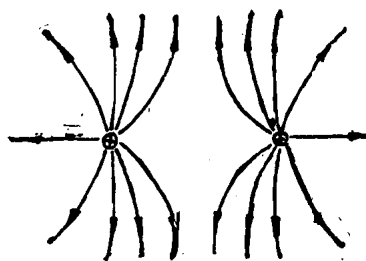
a 正电荷的电力线图



b 负电荷的电力线图



c 等量异种电荷的电力线图



d 等量同种电荷的电力线图

图 1—6 点电荷的电力线

根据电场强度的方向规定，因此，电力线的方向是从正电荷出发到负电荷终止的（图 1—6c），或者从正电荷伸展到无限远处（图 1—6a），或者从无限远处终止于负电荷（图 1—6b）。另外，电场中的每一点的电场强度的方向只有一个，所以，电力线不会相交。

利用电力线不但可以形象地表示电场中各点的电场强度的方向，还可以表示电场强度的大小：电力线稠密的地方表示电场强度大；稀疏的地方表示电场强度小（图 1—6）。

在电场的某一区域里，如果电力线是均匀分布的，则这个区域里的电场就叫做匀强电场。两块大小相等、相互平行的金属板，在分别带上等量的异种电荷后，除了边缘附近外，就是匀强电场。将这样的金属板，插入有头发屑的蓖麻油里，可以看到电力线的排列成图 1—7 的形状，显然，它的电场强度处处相等。这种电场具有集中和匀强的特点，在科学实验和生产实践中有相当广泛的应用。

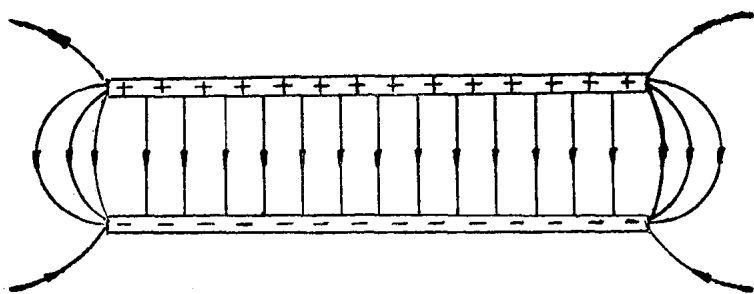


图 1—7 平行金属板间的匀强电场

二、电位和电位差

(一) 电位

我们已经知道，电荷之间的相互作用是通过电场进行的。其实地球周围的物体所受的重力也并非地球直接作用，而是通过重力场进行的。在物理学中已研究过，在地面附近重力场中的物体具有重力势能(或位能)。通常是以地面作为参考点，来量度重力势能。当物体在外力作用下，反抗重力做功，由地面到达高处时，外力作的功就等于物体增加的势能，也就是物体相对于地面的势能。高处物体自由下落到低处，重力做功就等于物体势能的减少。

电场中的电荷象重力场中的物体一样，在电场中不同位置具有不同的电位能(或电势能)。为了量度在点电荷 Q 的电场中的电位能，我们规定，检验电荷 q 在电场以外的电位能为零。从图 1—8 来看，就是距形成电场的电荷 Q 无限远处的电位能为零。当电荷 q 在外力作用下，反抗电场力做功，把 q 从电场以外移到 A 点时，外力作的功就等于 q 所增加的电位能，也就是 q 在 A 点相对于无限远处的电位能。如果 q 在电场力作用下，由 A 点移到 B 点，电场力做功就等于 q 所减少的电位能。

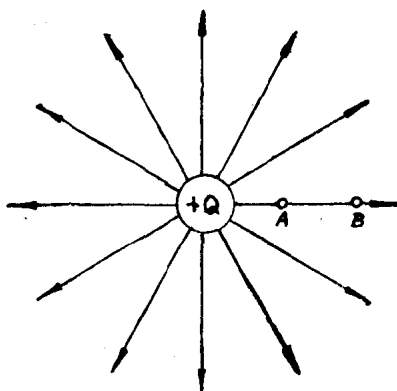


图 1—8 正电荷电场中的电位

设检验电荷 q 在 A 点的电位能为 W_A 。如果我们改变 A 点处的检验电荷的电量，则它所具有的电位能也会改变。当 q 的电量成倍地增加，如改为 $2q$ 、 $3q$ 、…… nq 时，则电位能也相应地成倍地增大，将变成 $2W_A$ 、 $3W_A$ 、…… nW_A 。显然，检验电荷具有的电位能与它的电量的比值，始终等于 $\frac{W_A}{q}$ ，是一个恒量。同样，把 q 放到电场中另一点 B 处，

它所具有的电位能 W_B 与它的电量的比值 $\frac{W_B}{q}$ ，也是一个恒量。

这就是说，电场中的任一点，放在该点的检验电荷具有的电位能与它的电量的比值，总是一个恒量，并不随检验电荷的大小和有无而改变，只与所在点的位置有关。因此，这个比值表示了电场中任一点的能的性质，我们称它为电位(或电势)，用符号 V 表示，即

$$V = \frac{W}{q} \quad (1-7)$$

电场中某点的电位，等于放在该点的检验电荷具有的电位能与它的电量的比。

如果 W 的单位用焦耳、 q 的单位用库仑，则电位 V 的单位为伏特，即

$$1 \text{ 伏特} = \frac{1 \text{ 焦耳}}{1 \text{ 库仑}}$$

在图 1—8 中，检验电荷 q 在 A 点的电位能大于 B 点的电位能，由 1—7 式可知， A 点的电位 V_A 比 B 点的电位 V_B 高。所以，在正电荷 Q 的电场中，离正电荷 Q 越近的地方，电位越高。

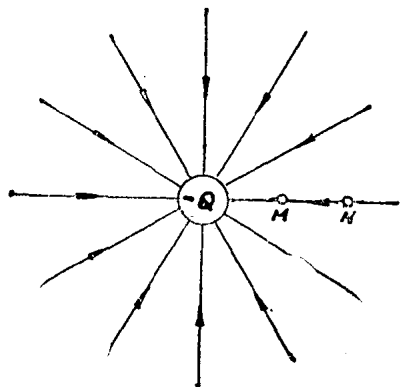


图 1—9 负电荷电场中的电势

图 1—9，是一个负电荷的电场，当把检验电荷 q 从 M 点移到 N 点时，外力做功，使 q 的电位能增加。这表明， q 在 N 点的电位能大于 M 点的电位能，由 1—7 式可知， N 点的电位 V_N 比 M 点的电位 V_M 高。所以，在负电荷的电场中，离负电荷越近的地方，电位越低。

由此可知，在电场力作用下，电荷总是从电位能大的地方向电位能小的地方移动，电场力做功就等于电荷减少的电位能：正电荷总是从电位高处向电位低处移动；负电荷总是从电位低处向电位高处移动。

同样可以分析，电荷在外力作用下，克服电场力做功就等于电荷增加的电位能：正电荷从电位低处向电位高处移动；负电荷从电位高处向电位低处移动。

(二) 电位差

在图 1—8 中，设电场中 A 点的电位为 V_A 、 B 点的电位为 V_B ，那么，我们把 $V_A - V_B$ 叫做 A 、 B 两点间的电位差(或电势差)，通常又被称为 A 、 B 两点间的电压，用符号 U 表示。即

$$U_{AB} = V_A - V_B \quad (1-8)$$

电位差的单位与电位的单位相同，也是伏特，用符号 V 表示。

必须指出，电场中某一点的电位的数值是相对的，它随着参考点(零电位点)的选择不同而不同，但是，参考点的选择不会影响电场中任何两点间的电位差的数值。这就好比高山上某两点的高度差，并不会由于选择海平面或山脚下某一点作为测量的起点而有所改变。

知道了电场中两点间的电位差，就可以求得在这两点间移动电荷所作的功。

设在图 1—8 的电场中，正电荷 q 在 A 、 B 两点的电位能分别为 W_A 和 W_B ，电场力使 q 从 A 点移到 B 点所作的功，就等于 q 减少的电位能。即

$$A = -(W_B - W_A) = W_A - W_B$$

由 1—7 式可得： $W_A = qV_A$ ， $W_B = qV_B$

则上式可改写作

$$A = qV_A - qV_B = q(V_A - V_B) = qU_{AB} \quad (1-9)$$

该式表明，电场力对电荷所作的功等于电场中两点间的电位差与被移动电荷的电量的乘积。

〔例〕 在一次闪电中，设两块云层间的电位差为 10^9 伏特，被迁移的电量有 30 库仑，问发生闪电时放出多大的能量？

解： $U = 10^9$ 伏特， $q = 30$ 库仑，

根据电场力作功等于电荷减少（或释放）的电位能，

即 $W = A = qU = 30 \times 10^9 = 3 \times 10^{10}$ （焦耳）。

三、电场中的导体

在一般情况下，金属中虽有大量的自由电子存在，但并不显示电性。

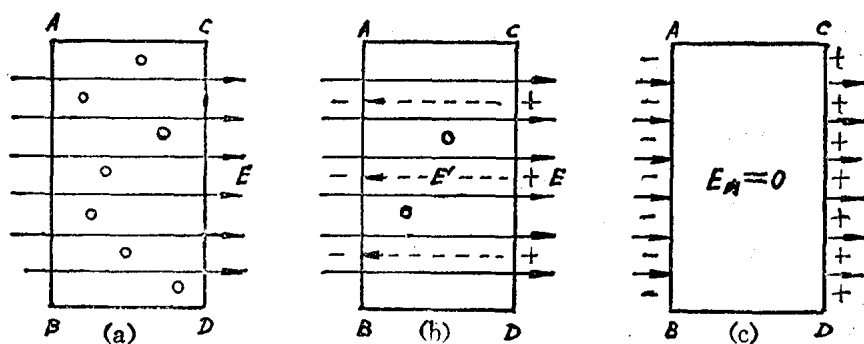


图 1—10 电场中的导体

把金属导体放在匀强电场中（图 1—10a），导体内自由电子在电场力作用下，将逆着电场 E 的方向作定向移动。定向移动的结果，使 AB 面上出现过多的负电荷，而 CD 面上因电子减少便显示带有等量的正电荷，于是，金属导体显示电性（图 1—10c）。这种导体内的电荷因受外电场作用而重新分布的现象，叫做静电感应。

当导体两端表面开始带有正、负电荷时，在导体内部便形成一个和外电场 E 方向相反的附加电场 E' （图 1—10b）。随着导体两端的感应电荷的不断集聚， E' 就不断增强，直到 E' 和 E 大小相等而互相抵消时为止（图 1—10c）。这一过程实际上是非常短促的。这时，在导体内部的电场强度 $E_{内}$ 为零，因而导体上各点间的电位差也为零，即导体上各点的电位都相等，自由电子定向移动完全停止。导体的这种状态称为静电平衡状态。同理，一个空心的金属壳或金属丝网放入电场中，它的内部也没有电场存在。

一般的电器设备都装有金属外壳（或网罩），为的是使它的内部不受外电场的干扰。

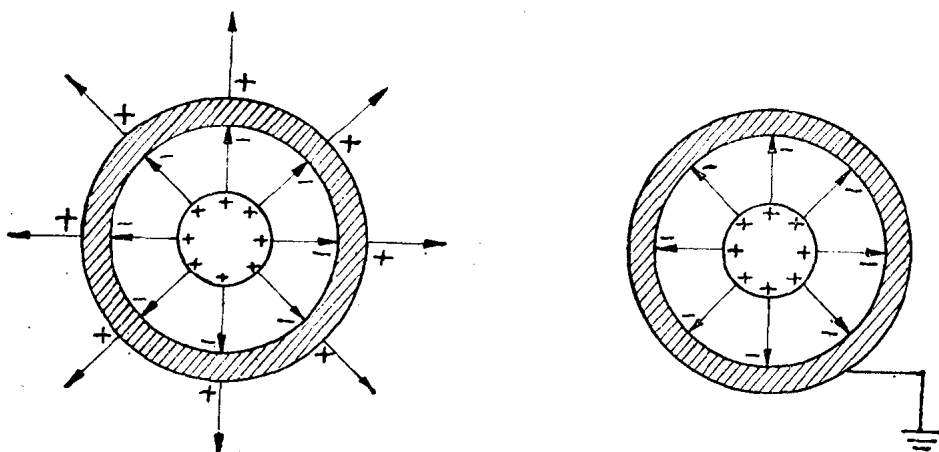


图 1—11 静电屏蔽