

中等专业学校試用教材

财经类专业通用

物 理

下 册

财经中专物理教材编写组编

人 民 教 育 出 版 社



下册目录

第三編 电磁学

第十章 靜电場	157
10-1 庫倫定律	157
10-2 电場 电場强度	160
10-3 电力綫	163
10-4 电場力所作的功 靜电势能	165
10-5 电势差 电势	166
10-6 电容器 电容	170
10-7 常用的电容器	171
第十一章 直流电	174
11-1 电流	174
11-2 电阻	176
11-3 部分电路欧姆定律	178
11-4 导体的串联	180
11-5 导体的并联	182
11-6 电路的計算	184
11-7 电源电动势	188
11-8 全电路欧姆定律	192
11-9 电池組	194
11-10 电流的功和功率	197
11-11 焦耳-楞次定律	199
11-12 半导体的初步知識	201
第十二章 气体中的电流	204
12-1 气体的导电	204
12-2 大气压下的气体放电	205
12-3 稀薄气体中的放电現象 霓虹灯 日光灯	207
12-4 阴极射綫	209
第十三章 电流和磁場	212

13-1	电流的磁效应	212
13-2	磁场 磁力线 磁通量	213
13-3	电流的磁场	215
13-4	磁铁磁场的产生	217
13-5	磁场对电流的作用 左手定则	219
13-6	电流计 安培计 伏特计	221
13-7	电磁感应现象 法拉第电磁感应定律	226
13-8	感生电流的方向 右手定则 楞次定律	231
13-9	自感现象	237
13-10	交流电的产生	239
13-11	电能的输送	243
13-12	变压器	245
*13-13	三相交流电	247
*13-14	三相交流电路的联接法 星形联接法	249
*13-15	感应电动机	251
第十四章	电磁振荡和电磁波	256
14-1	电磁振荡	256
14-2	电磁波	260
14-3	电磁波的发送 调幅	262
14-4	电磁波的接收 电谐振	265
14-5	检波	267
14-6	无线电广播的发送和接收	270
*14-7	二极管及其整流作用	273
*14-8	三极管及其放大作用	275
*14-9	单管收音机	277
第四編 光 学		
第十五章	光的折射	280
15-1	光的折射定律	280
15-2	通过棱镜的光线	282
15-3	透镜	283
15-4	透镜成像及作图法	286
15-5	显微镜	290
第十六章	光的本性	292

16-1	波的干涉	292
16-2	光的干涉 光的波动性	294
16-3	光的色散 紅外線 紫外綫	295
16-4	倫琴射綫	297
16-5	光电效应	299
16-6	光的量子論 光的微粒性	301
16-7	光的本性	302

第五編 原子物理学

第十七章	原子核能	305
17-1	原子核的組成	305
17-2	质量亏损 結合能	306
17-3	原子核能的釋放	308
17-4	放射性同位素及其应用	313

附 录

第三編 电磁学

第十章 靜电場

10-1 庫倫定律

我們知道，自然界中的电荷有正电荷和負电荷两种。电荷間存在着相互作用力，这就是同种电荷互相排斥，异种电荷互相吸引。

1785年，法国物理学家庫倫通过实验总结出如下两个点电荷間相互作用力的規律：在真空中，两个点电荷間的作用力的大小跟两个点电荷的电量的乘积成正比，跟它們之間距离的平方成反比；作用力的方向在两个点电荷的連綫上。这个規律叫做庫倫定律。

如果用 q_1 和 q_2 分别表示两个点电荷的电量， r 表示它們間的距离， F 表示它們間的相互作用力，則庫倫定律可用如下公式表示：

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}, \quad (10-1)$$

上式中的 k 是一个比例恒量，它的量值由式中的其它各个量所选用的单位来决定。

电量的单位可以根据庫倫定律确定。如果两个帶电量相等的点电荷，在真空中相距1厘米，它們之間的作用力是1达因，那么，我們就可以取它們任何一个的电量作为电量的单位。这样規定的电量单位，叫做靜电系单位电量。

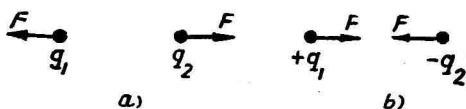
当电量用靜电系单位，力用达因作单位，距离用厘米作单位时，庫倫定律公式中的比例恒量 $k=1$ ，因此，庫倫定律的公式可以簡化为：

$$F = \frac{q_1 q_2}{r^2} \quad (10-2)$$

在实用单位制中，电量的单位是庫倫。

1 庫倫 = 3×10^9 靜电系单位电量。

如果两个电荷是同种的， q_1 和 q_2 的符号相同，公式中的力 F 是正的，这表示两个电荷互相排斥；如果两个电荷是异种的， q_1 和 q_2 的符号相反，力 F 是負的，这表示两个电荷互相吸引，如图(10-1)所示。



图(10-1) 两个电荷間的作用力。

a) 同种电荷相斥；b) 异种电荷相吸。

实验証明，如果把两个点电荷放在电介质(絕緣体)里，电荷間的相互作用力就比同样的二个点电荷放在真空里的作用力小若干倍。这时庫倫定律可用下列公式表示：

$$F = \frac{q_1 q_2}{\epsilon r^2} \quad (10-3)$$

上式中的 ϵ 是电介质的介电常数，它的数值等于电荷在真空中的相互作用力跟在該电介质內的相互作用力之比。不同电介质的介电常数是不同的。表 10-1 是几种电介质的介电常数。

表 10-1

空气	1.0006	聚苯乙烯	2.4—2.6	瓷	6
煤油	2—4	硬橡胶	4	云母	6—8
水	81	胶木	4.5	酒石酸鉀鈉	500—600
石蜡	2	玻璃	4—7	偏鈦酸鋇	1000—1500

眞空的介电常数为 1。实际上，也常常把空气的介电常数取为 1。

必須指出，庫倫定律只适用于点电荷。当两个带电体的大小和它們之間的距离相比，小到可以忽略不計时，就能把带电体看成是点电荷。相互作用的带电体，如果不能看成是点电荷，那么，它們之間的作用力就是带电体各个小部分間的作用力的合力。

〔例题〕 在水中有两个点电荷，电量分别为 $q_1 = 9 \times 10^2$ 静电系单位电量和 $q_2 = 7.2 \times 10^3$ 静电系单位电量，它們之間的相互作用力是 2×10^4 达因。試求这两个点电荷之間的距离。

解：已知 $q_1 = 9 \times 10^2$ 静电系单位电量， $q_2 = 7.2 \times 10^3$ 静电系单位电量， $F = 2 \times 10^4$ 达因， $\epsilon = 81$ 。求 $r = ?$

根据公式 $F = \frac{q_1 q_2}{\epsilon r^2}$ 可得 $r^2 = \frac{q_1 q_2}{\epsilon F}$ ，

因此

$$r = \sqrt{\frac{q_1 q_2}{\epsilon F}} = \sqrt{\frac{9 \times 10^2 \times 7.2 \times 10^3}{81 \times 2 \times 10^4}} = 2 \text{ (厘米)}。$$

答：这两个点电荷之間的距离是 2 厘米。

习 題

1. 在眞空中有两个带着同种电荷的小球，电量分别是 20 和 30 静电系单位电量，它們间的距离是 10 厘米。求这两个小球的相互作用力。

2. 一个点电荷 $q = 4.5 \times 10^{-7}$ 庫倫和另一个点电荷 Q 同在水中, 相距 5 毫米, 相互作用力 $F = 20$ 达因。求电荷 Q 的电量。

3. 在煤油($\epsilon = 2$)中有两个点电荷, 电量分别是 10^{-7} 庫倫和 50 靜电系单位电量, 彼此間的作用力是 0.75 达因。求这两个点电荷間的距离。

4. 有两个完全相同的小球, 各带 $+10$ 和 -2 靜电系单位电量, 在空气中相距 2 厘米时, 作用力是多少? 若将两球接触后再分开, 仍放在原来的位置, 这时作用力又是多少?

5. 在真空中有两个小球, 它們的电量分别是 $q_1 = 5 \times 10^{-7}$ 庫倫和 $q_2 = -3 \times 10^{-7}$ 庫倫, 它們間的距离是 15 厘米。現在再引入第三个带正电的小球, 应该把它放在什么地方, 它才能处于平衡状态?

10-2 電場 電場强度

物体間的相互作用是由于它們直接接触或者通过其他物体而发生的。但是, 任何两个沒有直接接触的电荷, 即使在真空中, 也能发生相互作用, 可見, 这种作用是通过电荷周圍的某种物質而发生的。

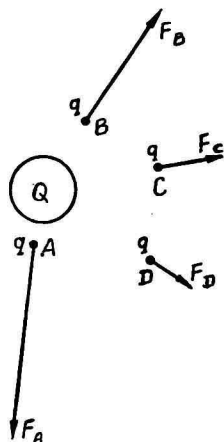
这种存在于电荷周圍, 不是由分子和原子所組成的特殊形式的物質, 叫做電場。

電場总是存在于电荷的周圍; 只要有电荷存在, 它的周圍就有電場, 所以它們是永远不可分割的整体。

靜止电荷周圍的電場叫做靜電場。任何一个电荷放在電場中, 都要受到電場对它的作用力(簡称为電場力), 这說明靜電場具有力的性質。为了研究这一性質, 必須使用檢驗电荷来探测。檢驗电荷就是探测電場性質的、帶电量很小的点电荷^①。

① 只有当檢驗电荷的电量很小时, 才不致因它本身的電場而影响原来的電場。

图(10-2)所示,是一个由电荷 Q 所产生的电場。把正檢驗电荷放在电場中任意选择的 A 、 B 、 C 、 D 四点时,它总会受到电場力的作用。从庫倫定律可以知道,檢驗电荷所受的电場力 F_A 、 F_B 、 F_C 、 F_D 的大小和方向各不相同。这表明电場中各点力的性质是不同的。



图(10-2) 带电体通过电場发生相互作用。

如果把檢驗电荷放在电場中某定点 A ,并使它的电量依次为 $2q$ 、 $3q$ …… nq ,根据庫倫定律知道,它所受到的力将相应地为 $2F_A$ 、 $3F_A$ …… nF_A 。可以看出,放在 A 点的檢驗电荷所受到的电場力跟它的电量之比 F_A/q ,是一个恒量。并不会因为檢驗电荷的电量的改变而改变。

同样,把檢驗电荷放在电場中 B 、 C 、 D 各点时,它所受到的电場力跟它的电量之比,即 F_B/q 、 F_C/q 、 F_D/q ,也都是恒量,但是,它們的数值是不同的。

由此可见,电荷在电場中任何一点所受力的的大小跟它的电量之比总是一个恒量。这反映了电場中某点的力的性质。为了表明电場的这种性质,我們引入了一个新的物理量——电場强度(简称場强)。

檢驗电荷在电場中某点所受到的电場力跟它的电量之比,叫做該点的电場强度。

如果用 E 表示电場强度, F 表示檢驗电荷所受的电場力,

q 表示檢驗电荷的电量, 則

$$E = \frac{F}{q}. \quad (10-4)$$

由上式可以看出, 電場中某一点的電場强度, 在数值上等于单位正电荷在該点所受的電場力。

電場强度是有方向的。它的方向規定为正电荷在電場中所受的力的方向。所以, 電場强度是一个矢量。

根据公式(10-4), 可以导出電場强度的单位。在電場中某一点, 如果 1 靜电系单位电量的电荷所受的力, 是 1 达因时, 那么, 这一点的電場强度就規定为 1 靜电系单位場强。即:

$$1 \text{ 靜电系单位場强} = \frac{1 \text{ 达因}}{1 \text{ 靜电系单位电量}}。$$

在点电荷 Q 所形成的電場中, 把一个檢驗电荷 q 放在距离 Q 为 r 的某点 A 时, 如图(10-3)所示。根据庫倫定律可知,



图(10-3) 求点电荷 Q 的場强。

q 所受到的電場力为:

$$F = \frac{Q \cdot q}{sr^2}.$$

根据電場强度的定义可知 A 点的電場强度为:

$$E = \frac{F}{q} = \frac{Q}{sr^2}. \quad (10-5)$$

由上式可知, 在点电荷的電場中, 某点的電場强度, 跟形成電場的点电荷 Q 的电量成正比; 跟这一点到形成電場的点

电荷 Q 的距离的平方成反比; 跟电介质的介电常数成反比。

如果知道了电场中任意一点的电场强度, 那么, 就可求得电荷在该点所受的电场力为:

$$F = qE. \quad (10-6)$$

习 題

1. 如果离开形成电场的电荷的距离增加到三倍时, 問电场强度怎样变化?

2. 在正电荷 Q 的电场中引入一个正檢驗电荷 q , 問: (1) 电场內任一点的电场强度和檢驗电荷 q 的电量有沒 有关系? (2) 任意一点的电场强度和形成电场的电荷 Q 的电量有什么关系?

3. 在电场中的某一点放一个 $q = 15$ 靜电系单位电量的电荷, 它受到的电场力等于 30 达因, 求这一点的場强。

4. 在煤油($\epsilon = 2$)中, 有一个点电荷 q , 离它 5 厘米远的 A 点的場强是 10 靜电系单位場强。求 q 的电量是多少?

5. 带有 10 靜电系单位电量的电荷, 放在距离形成电场的点电荷 6 厘米处, 所受的作用力是 25 达因。求这一点的場强, 以及形成电场的点电荷的电量。

6. 电场內某一点的电场强度是 0.5 靜电系单位場强, 在这点上放一个 4 靜电系单位电量的电荷, 那么, 这个电荷所受的电场力是多少?

10-3 电力綫

电场的力的性质是用电场中各点的电场强度来表示的。为了形象地表明电场中各点的电场强度的大小和方向, 我們引用了电力綫的概念。

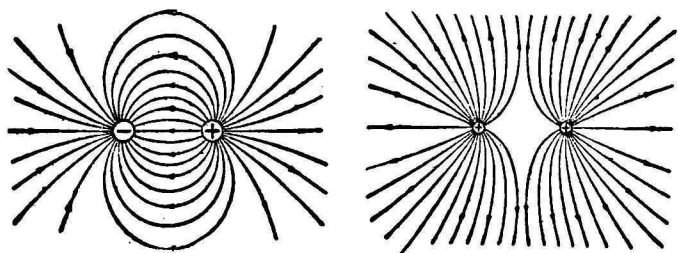
电力綫是假想的一些曲綫。这些曲綫上各点的切綫方向与該点的电场强度的方向一致。

用实验的方法可以得到电力綫的图形：把奎宁晶粒或細木屑跟蓖麻油混合，如果蓖麻油內放入带电体，那么，这些奎宁晶粒或細木屑将在带电体的电场作用下，按着电场强度的方向排列起来，形成电力綫。

图(10-4)和图(10-5)就是利用这种方法所获得的几种电力綫的图示。



图(10-4) 点电荷的电力綫。



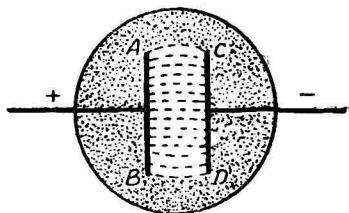
图(10-5) 两个电荷的电力綫。

图中的箭头是根据我們规定的电力綫的方向从正电荷发出而终止于負电荷画出的。从图中可以看出：电力綫既不形成閉合回綫，也不中断；任何两条电力綫都不会相交，因为电场中任何一点的电场强度只有一个方向。

电力綫不仅能够表示电场强度的方向，而且可以用它的疏密程度来表示电场强度的大小。电力綫密集的地方，电场

强度就大；电力綫稀疏的地方，電場强度就小。

平行放置着的两块相同的金屬板，当它們带着等量而异种的电荷时，两板間各点的電場强度的大小和方向



图(10-6) 平行金屬板間的匀强電場。

都相同，这样的電場叫做匀强電場。匀强電場的电力綫是疏密均匀、互相平行的直綫，如图(10-6)所示。

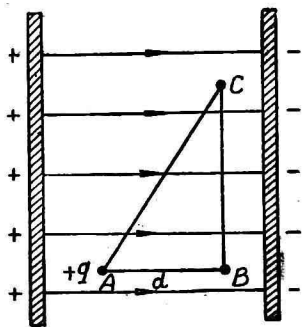
10-4 電場力所作的功 靜電勢能

电荷在靜電場中总要受到電場力的作用，电荷在電場力的作用下移动时，電場力就要对电荷作功。那么，電場力对电荷所作的功跟哪些因素有关呢？

图(10-7)所示是一个電場强度为 E 的匀强電場。在 A 点放一檢驗电荷 q ，則它所受到的電場力为：

$$F = qE.$$

当檢驗电荷在電場力的作用下，沿电力綫的方向由 A 点移到 B 点时，電場力所作的功是：



图(10-7) 匀强電場中電場力作功与路徑无关的証明。

$$W = F \cdot \overline{AB} = qEd.$$

如果檢驗电荷由 A 点经过 C 点再到 B 点时，可以証明，電場力对它所作的功，与電場力使它由 A 点直接移到 B 点时，所

作的功相等。

由此可知,在勻強電場中,電場力對電荷所作的功,跟電荷的電量以及跟電荷的起點和終點的位置有關,跟電荷所經過的路徑無關。

理論證明,在非勻強電場中,電場力所作的功,同樣具有上述的特性。

電場力能夠對電荷作功,這說明電場不僅具有力的性質,而且具有能的性質。

我們知道:重力對物體作功,會減少物體的重力勢能;外力克服重力而作功,會增加物體的重力勢能。與此相似,電場力對電荷作功,會減少電荷的勢能;外力克服電場力而作功,會增加電荷的勢能。因此,電荷在電場中是具有勢能的。

電荷在靜電場所具有的勢能叫做靜電勢能。

重力勢能的大小跟物體的質量和物體所處的位置有關。同樣,靜電勢能的大小跟電荷的電量和電荷在電場中所處的位置有關。所以,同一個電荷在電場中的不同點上,它的靜電勢能是不同的。

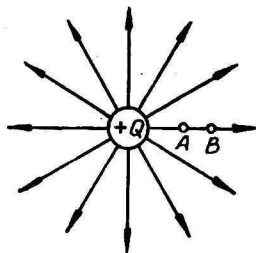
10-5 電勢差 電勢

從上一節可以知道,電荷在電場中的各點上都具有一定的靜電勢能。那麼,當電荷從一點移動到另一點時,根據功能關係可知,電場力所作的功,必然等於電荷在這兩點的靜電勢能之差。

把正檢驗電荷 q 放到正電荷 Q 所形成的電場中,則檢驗電荷將在電場力的作用下,由 A 點移到 B 點,如圖(10-8)所

示。这时,电场力所作的功 W_{AB} 就等于电荷在这两点的静电势能之差 $\varepsilon_A - \varepsilon_B$, 即 $W_{AB} = \varepsilon_A - \varepsilon_B$ 。

电场力所作的功 W_{AB} 跟检验电荷的电量 q 有关。当检验电荷的电量依次为 $2q, 3q, \dots, nq$ 时, 电场力所作的功也相应地为 $2W_{AB}$ 、



图(10-8)

$3W_{AB} \dots nW_{AB}$, 所以 W_{AB}/q 是恒量。它表示电荷在电场中由 A 点移动到 B 点时, 电场力所作的功跟电荷的电量之比是恒量。由于 $W_{AB} = \varepsilon_A - \varepsilon_B$, 所以 $\frac{\varepsilon_A - \varepsilon_B}{q}$ 也是恒量。它表示电荷在电场中 AB 两点间移动时, 静电势能的变化跟电荷的电量之比是一个恒量。我们称这个恒量为 AB 间的电势差(也叫做 AB 间的电压)。

如果用 U_{AB} 表示电荷在 A, B 两点间的电势差, 则根据上述定义可得:

$$U_{AB} = \frac{\varepsilon_A - \varepsilon_B}{q} \quad (10-7)$$

或

$$U_{AB} = \frac{W_{AB}}{q}$$

从上式可以看出, 电场中 AB 两点间的电势差在数值上等于单位正电荷在 A, B 两点的静电势能之差。

电势差的实用单位是伏特。如果带有 1 库仑电量的电荷, 从电场中的一点移到另一点时, 它的静电势能的变化是 1 焦耳, 那么, 这两点间的电势差就是 1 伏特。即:

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

电势差只能表明单位正电荷在电场中某两点的静电势能之差，而不能表明它在电场中任一点所具有的静电势能的大小。为了说明单位正电荷在电场中各点所具有的静电势能，我们还要引入另一个物理量——电势。

我们知道，电场力对电荷做功，电荷的静电势能就会减少；电荷在电场力作用下，移动的距离越远，它的静电势能就减少得越多；当电荷移动到无穷远处时，它的静电势能就等于零（因为这时电荷所受到的电场力等于零）。因此，我们把电场中某一点与无穷远处的电势差叫做该点的电势，它在数值上等于单位正电荷在该点所具有的静电势能，也等于单位正电荷从该点移到无穷远处时，电场力所作的功。

为了方便起见，我们通常取地面的电势为零电势。

如果电量为 q 的电荷，在电场中某一点的静电势能为 ε ，则该点的电势 U 为：

$$U = \frac{\varepsilon}{q} \quad (10-8)$$

理论证明，对电场中任一点来说，电荷所具有的静电势能 ε 的大小跟它的电量 q 之比总是一个恒量，并不因电荷的电量而改变。它表明了电场中某一点的能的特性。

电势的单位和电势差的单位相同，也是伏特。

如果电场中 A 、 B 两点的电势分别为 U_A 与 U_B ，由公式 (10-8) 可知， $U_A = \varepsilon_A / q$ ， $U_B = \varepsilon_B / q$ ，则 $U_A - U_B = \varepsilon_A / q - \varepsilon_B / q = (\varepsilon_A - \varepsilon_B) / q = W_{AB} / q = U_{AB}$ （因为 $W_{AB} / q = U_{AB}$ ），所以，

$$W_{AB} = q(U_A - U_B). \quad (10-9)$$

上式表明电荷在电场中从一点移到另一点时，电场力所

作的功等于电荷的电量与这两点間电势差的相乘积。

从上式可以看出: 当 $U_A = U_B$ 时, 则 $W_{AB} = 0$, 这表明: 如果电场中某两点的电势相等时, 则电场力不能移动电荷而做功, 也就是说, 电场力不能使电荷在这两点間发生移动。当 U_A 不等于 U_B 时, 则 W_{AB} 不等于零。如果这时电场中仅有电场力作用, 那么, 正电荷就要在电场力的作用下, 由电势较高的位置移向电势较低的位置, 而负电荷就要在电场力的作用下, 由电势较低的位置移向电势较高的位置。所以, 电场中某两点間的电势差是电荷在电场力作用下作定向移动的必要条件。

习 題

1. 在电场中把 10^{-5} 庫倫的电荷从 B 点移到 A 点时, 外力克服电场力所作的功是 600 尔格, 求 AB 間的电势差。

2. 把电量是 6×10^{-8} 庫倫的正电荷从地面上移到电场中的 M 点时, 外力克服电场力所作的功是 72 尔格, 求 M 点的电势。

3. 在电场中有 M 、 N 两点。 M 点的电势是 300 伏特, N 点的电势是 200 伏特, 求在下面四种情况下, 各是什么力做功? 作了多少功?

(1) 把电量是 10^{-7} 庫倫的正电荷从 M 点移到 N 点;

(2) 把电量是 10^{-8} 庫倫的负电荷从 M 点移到 N 点;

(3) 把电量是 5×10^{-6} 庫倫的正电荷从 N 点移到 M 点;

(4) 把电量是 2×10^{-5} 庫倫的负电荷从 N 点移到 M 点。

4. 图(10-9)是点电荷 $+Q$ 所形成的电场, 問:



图(10-9)

(1) 把单位正电荷先后放在 A 、 B 两点时, 它在哪一点的静电势能