

高中物理学习指南

下 册

江苏省常熟县
文教局教研室 赠阅

常熟县文教局教研室编

目 录

下 册

第三篇	电磁学	(1)
第一章	静电学	(1)
第二章	直流电路	(23)
第三章	磁场, 电磁感应, 交流电	(53)
第四章	电子技术基础	(92)
第四篇	几何光学与物理光学	(101)
第一章	几何光学	(101)
第二章	物理光学	(109)
第五篇	原子核物理初步	(127)
第六篇	物理实验	(135)
	物理综合练习题	(157)



第三篇 电 磁 学

第一章 静 电 学

指

1. 电 荷

自然界中存在着两种不同的电荷：正电和负电，一般情况下物体不呈现带电现象，如果通过摩擦，与带电体接触和静电感应等方法可以使物体带电。其原因是原子核正电荷的吸引电子被束缚在原子结构内，通常外层的电子被束缚得并不那么牢固，当受到外力影响时，如二种适当物质摩擦，一些束缚松弛的电子能从一种物质转移到另一物质上去。因此一种物质由于缺电子带正电，另一物质带负电。

我们把和绸子摩擦过的玻璃棒所带的电荷叫做正电荷，把和毛皮摩擦过的胶木棒所带的电荷叫做负电荷。

用接触方法使物体带电，如果电荷停留在接触点上，不显著地向其他部分传播的物体称绝缘体；如果能够把所得到的电荷迅速地向其他部分传播的物体称导体。例如：玻璃、石蜡、硬橡胶、松香、丝绸、瓷器等物体都是良好的绝缘体，各种金属、碱、酸、盐的溶液、大地、人体都是良导体。金属导电是电子导电，碱、酸、盐的溶液导电是离子导电。

电荷之间存在着相互作用：同种电荷互相排斥、异种电荷互相吸引。

2. 库仑定律

精确实验表明：两个电荷间的作用力的方向是在两电荷的连线上，作用力的大小跟两个电荷所带电量的乘积成正

04-4/44=2

比，跟电荷间距离的平方成反比，这就是库仑定律。

如果用 q_1 和 q_2 分别表示两电荷所带的电量， r 表示它们间距离， F 表示相互作用力则库仑定律就可用下式表示：

$$F = K \cdot \frac{q_1 q_2}{\epsilon r^2}$$

式中 K 为比例常数，它的数值随式中物理量选用的单位而定。 ϵ 介电常数，对于真空 $\epsilon = 1$ 空气 $\epsilon \approx 1$ 其他介质 $\epsilon > 1$

电量单位可由库仑定律来确定：当两个等量点电荷在真空中相距1厘米时，如果它们间的相互作用力是1达因，则任一电荷的电量称1个静电系单位电量。实际应用中常用电量的实用单位叫库仑。1库仑 $= 3 \times 10^9$ 静电系单位电量。

当式中单位： F 用达因 r 用厘米 q 用静电系单位电量时 $K = 1$ ，当式中单位： F 用牛顿， r 用米， q 用库仑时， $K = 9 \times 10^9$ 牛顿米²/库仑²

运用库仑定律解题要注意以下几点：

①上式仅适用于点电荷之间的相互作用，也适用于两球形带电导体，此时 r 应为两球心之间的距离。如果相互作用的带电体不是点电荷，那么由于它们之间的距离 r ，没有确定的意义，就不能直接应用库仑定律，而必须应用微积分的手段。

②如用“+”号“-”号分别表示正电荷和负电荷，代入公式则 F 为正表示斥力， F 为负表示引力。

③要注意各物理量单位的统一，不要搞错。

④作用力是矢量就必须注意它的大小和方向，还有作用点。求合力时要运用矢量的合成法则求解。在平衡问题中，要按力的分析法弄清物体究竟受几个力作用，画出受力情况，

然后用力平衡条件去求解。

⑤对于二个点电荷由于受静电力作用而产生运动，由于距离在不断变化，静电力也随着不断变化，这是变力不是恒力，不要乱套公式。

⑥有些问题中还要注意“正”“负”电荷的复合和重新分配后，再应用库仑定律。

3. 电场

电荷周围存在着一种特殊物质，叫做电场，电荷和电场是永远不可分割的整体，带电物体之间的相互作用是通过电场来发生作用的，实际上库仑力是电场作用在电荷上的力。

(1) 电场强度：

电场对电荷有力的作用是电场特性的一种表现，电场强度就是描述电场力的性质的物理量，用它来表明电场的强弱和方向。

精确实验表明：电场中某一点的电场强度等于放在那一点点电荷所受电场力跟它所带电量的比，如果用 E 表示电场强度， F 表示点电荷 q 受到的电场力则

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} \text{ 上加矢量符号}$$

如果 F 单位用达因， q 单位用静电系单位电量，则 E 为 1 静电系单位电场强度。

如果 F 单位用牛顿， q 单位用库仑，则 E 单位是牛顿/库仑。

电场强度是一个矢量，它的方向规定为正电荷在电场中某一点所受的电场力的方向。负电荷在电场中受的电场力方向和该点电场强度的方向相反。

在真空中电量为 Q 的点电荷所形成的电场中，距离 Q

为 r 的电场强度为:

$$E = K \frac{Q}{r^2} \quad (K = 9 \times 10^9 \text{ 牛顿} \cdot \text{米}^2 / \text{库仑})$$

必须注意: ① $E = F/q$ 是电场强度的定义公式, 它适用于任何电场, 而 $E = KQ/r^2$ 仅是点电荷电场或带电球形导体形成的电场的计算公式。

② $E = \frac{F}{q}$ 中的 q 是放在电场里某地点上检验电荷的电量。 $E = K \frac{Q}{r^2}$ 中的 Q 是形成电场的点电荷的电量。 r 是指离开产生电场的点电荷的距离, 所以当 Q 和 r 变化时由 Q 产生的 E 要随之改变。

③ 电场强度是电场本身的性质, 对于电场中某一确定的地点来讲, 它是一个大小和方向均已确定的量。决不要误认为 E 随 F 和 q 的改变而改变。

(2) 电力线和匀强电场

电力线是用来形象地描述电场强度的大小和方向的直线或曲线。电力线的疏密表示电场强度的大小, 电力线在某一点的切线方向表示该点电场强度的方向。电力线总有正电荷出发终止于负电荷, 它既不形成闭合曲线也不会正负电荷间中断, 任何两根电力线永不相交。

必须注意: 电力线还表示正电荷在电场中各点处所受电场力和所得加速度的方向, 但并不表示正电荷的速度方向, 因此不能把电力线当成正电荷的运动轨迹。

在电场中, 如果各点的电场强度大小和方向都相同, 那么该区域的电场是匀强电场。两块大小相等相互平行的金属板在分别带上等量异号电荷时它们之间电场 (除边缘外),

当二板相距较小时，可看成是一个匀强电场。用互相平行，方向相同，间隔均匀的一组电力线表示匀强电场。

在应用上述公式和概念时要注意以下几点：

①电场强度是矢量，要注意它的大小和方向。如果有几个点电荷存在时，应先分别求出各点电荷的电场强度然后运用矢量运算法则求出其合矢量。

②要注意各物理量单位是否统一，和公式的适用范围。

③在匀强电场中电荷在任一点受到的力是一个恒力，对于非匀强电场则不是恒力。同时要注意电场方向和所带电荷“正”“负”来确定这一带电物体所受作用力的方向。

4. 电势能、电势、电势差：

电荷在电场中具有的势能叫做电势能（与地球上即重力场中物体具有重力势能类似），电势能是属于电荷和电场共同所有的。电势能是标量，没有方向性，但有正负之区别。

任何电荷在电场中都受到力的作用，因此在电场中移动电荷一般要作功。沿着电场强度方向移动正电荷，电场力作正功，逆着电场方向移动正电荷，电场力作负功（外力反抗电场力做功）。从无限远处移动正电荷 q 至电场中某一点，外力所做的功 W 在数值上等于电荷 q 在那一点与电场共同具有的电势能。

电势，是反映电场的能的特性的物理量，对于电场中确定的点来讲，放在这一点的电荷 q 所具有的势能 W 和它本身电量的比是一个恒量。它和检验电荷 q 的大小无关，我们把这个比值称为电势。

$$\text{即： } U = \frac{W}{q}$$

如果 W 单位取尔格， q 单位取静电系单位，电势 U 就是

静电系单位电势。

如果W单位用焦耳，q单位用库仑，U的单位是伏特

$$1 \text{ 伏特} = \frac{1 \text{ 焦耳}}{1 \text{ 库仑}} = \frac{1}{300} \text{ 静电系单位电势}$$

电势是标量，只有大小，正负，高低，没有方向。

通常规定正电荷形成的电场中各点电势为正电势，离它越近电势越大。反之，负电荷形成的电场中各点电势为负电势，离它越近电势越小。

正电荷在电场力作用下，总是沿着电力线（电场强度）的方向运动即是由高电势向低电势方向运动。

负电荷在电场力作用下，总是从低电势向高电势方向运动。但无论正电荷还是负电荷，都是从电势能较大的位置移到电势能较小的位置。（这也可以和物体在重力场中在重力作用下总是从重力势能较高的位置落到重力势能较低的位置相类比）

电荷在电场中从一点移至另一点，当外力做功时势能增加，当电场力做功时则电势能减少。正电荷从高电势移向低电势电场力做功，势能减小。正电荷从低电势移向高电势，外力做功势能增加。负电荷从高电势移向低电势，外力做功势能增加。负电荷从低电势移向高电势，电场力做功势能减少。

若电场中有A、B两点，A点电势为 U_a 、B点电势为 U_b 、AB两点间的电势差即是 $U_a - U_b$ ，又叫AB两点间的电压，电压的单位和电势一样。

必须指出：电场中某一点的电势是相对的，决定于零电势的选择（无限远处一般为零电势）但两点间电势差与零电势的选择无关。

知道了电场中两点间的电势差，根据电势能公式 $w = qv$

可知电场力将电荷从A点移到B点所作的功等于电荷的电量 and 这二点电势差（电压）的乘积。

$$W = qv_a - pv_b = q(v_a - v_b) = qv_{ab}$$

使用上式时注意：（此公式可和重力场中 $W = m(g h_2 - g h_1)$ 类比）

①应正确使用正负号， $+q$ 表示正电荷， $-q$ 表示负电荷， $+v_{ab}$ 表示A点电势高于B点电势， $-v_{ab}$ 表示A点电势低于B点， $+w$ 表示电场力做功， $-w$ 表示外力反抗电场力做功。

②在电场中电场力移动电荷所做的功与被移动的电荷有关，与电场中起始点和终止点位置有关但与经过的路程无关。（与重力场中相类似）

③电势能是为电场和电荷所共有，而不是电荷所独有，离开电场就根本谈不上电势能和电势能的增减。（与重力场中相类似）

④电荷在等势面上移动时不作功，所以一切等势面总和电力线相垂直（即正交），只有电荷在电力线方向上（即场强方向上）运动时，电场力才作功。解题时要注意这一点。

⑤平板电容器间匀强电场的等势面是一系列与平板平行而与电力线垂直的平面；点电荷形成的电场的等势面是一系列以点电荷为球心的同心球。且与电力线垂直。

5. 电场强度和电势的关系：

电场强度和电势都是用来表达电场特性的物理量，它们从不同的角度来表现电场的特性，场强表现了电场的力的特性，电势表现了电场的能的特性。它们之间有如下关系：

①电场强度的方向就是电势降落的方向。

②电场强度等于电势的梯度。

③在匀强电场中，在电场强度方向上任意两点间的电势差 V 等于电场强度 E 和这两点间距离 d 的乘积。

$$\text{即 } V = E \cdot d \quad \text{或 } E = \frac{V}{d}$$

从上式知电场强度越大，在电场方向上相隔单位距离的两点间电势差就越大。这个结论对任何电场都适用。

上式中 V 单位用伏特， d 单位用米，则 E 单位是伏特/米
 $1 \cdot \text{伏特/米} = 1 \text{ 牛顿/库仑}$

注意公式中 d 是指电场强度方向上的距离，并要正确使用单位。

6. 电容和电容器：

电容是导体的固有属性，它由导体的几何形状和性质来决定，在数值上等于带电导体具有的电势，和所带的电量之比，即 $C = \frac{Q}{U}$

两个彼此绝缘而又互相靠近的导体，就组成了一个电容器。电容器的电容是由它本身条件所决定的。例如平行板电容器的电容与两极板的正对面面积成正比，跟两极之间的距离成反比，跟两极之间电介质的介电常数成正比。具体公式是：

$$C = \frac{\epsilon s}{4 \pi d} \quad (\text{静电系单位制})$$

$$C = \frac{\epsilon s}{d} \quad (\text{米} \cdot \text{千克} \cdot \text{秒制})$$

如果当两个导体分别带有等量异号电荷时，导体间就有一定的电势差 U_{ab} ，我们用电量 Q 和电势差之比来量度电容器的电容：

$$C = \frac{Q}{U_{ab}}$$

电容的单位是法拉(F),当电容器电量为1库仑时,若电势差正好是1伏特,则这一个电容器的电容量就是1法拉。法拉单位太大,常用微法(MF)和微微法(PF)表示, $1\text{ F} = 10^6\text{ MF} = 10^{12}\text{ PF}$

从上式可以看出在U相同的条件下,电容器的电容越大它带的电量就越多,可见电容表示电容器容纳电荷的本领。

计算过程中要注意:

①单位制要统一。

②电容器的电量Q是指的一块板所带的电量。

③均匀带电球形导体的电容在数值上于它的半径的厘米数(单位是静法)。

④公式 $C = \frac{Q}{V}$ 是指对于某一确定的导体或电容器其所带的电量Q和电压之比是一个定值。此定值只与电容器本身的形状和性质有关,而不要误解为与Q成正比和V成反比。电容器电容的多少与电容器上有无电压、是否带电无关,只是表明电容为C的导体如果给它加上V的电压,那么这个电容器上所带的电量就一定是CQ。初学者很易弄错,要留神。

电容器是一个储能元件,它所储存的电场能量

$$W = \frac{Q^2}{2C} = \frac{1}{2} CV^2$$

电容器并联时有以下特点:①每个电容器的板间电势差都相等。②总电量Q等于各并联电容器各自所带电量之和。

③总电容等于各并联电容之和。即

$$V = V_1 = V_2 = V_3 = \dots$$

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots$$

$$C_{\text{並}} = C_1 + C_2 + C_3 + \dots$$

电容器串联时有以下特点：①串联的各个电容器上的电量都相等。②总电势等于各串联电容器上电势之和。③总电容的倒数等于各串联电容倒数之和。即

$$Q = Q_1 = Q_2 = Q_3 = \dots$$

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + \dots$$

$$\frac{1}{C_{\text{串}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots$$

要注意的是电容器串、并联公式刚好和电阻的串、并联公式相反，千万不要混淆。

静 电 学 练 习 一

选择题：

1. 一个未带电的物体：

(a)没有电子；(b)有过剩的电子；(c)没有分子运动；
(d)有电子。

2. 已知验电器带正电荷，当一带电体移近它，锡箔张开更大。这带电体的符号是：

(a)中性的；(b)负的；(c)正的；(d)未知的。

3. 验电器的锡箔大大张开。这说明验电器是：

(a)带负电的；(b)带正电的；(c)带正或负电的，(d)中性的。

4. 当带正电的物体接触验电器的杆头，锡箔张开，因：
(a)电子被迫流入锡箔，(b)质子被迫流入锡箔，(c)锡箔中电子被吸出，(d)中子被迫流入锡箔。

5. 已知验电器带负电，把带负电的物体移近它；把验电器暂时接地，然后移去带电体。这验电器将：(a)带正电，

(b)带负电, (c)具中性, (d)放电。

6. 感生电荷的量:

(a)大于施感电荷的量, (b)等于施感电荷的量, (c)小于施感电荷的量, (d)跟施感电荷的量值不必要有一定关系。

7. 平行板电容器接到电池组, 当电介质插入两板间:

(a)两板间电压增加, (b)电容保持不变, (c)电容减小; (d)板上电量增加。

8. 当两个很小的带电体相距为 d , 互相排斥的力为 F 。当排斥力的 $16F$ 时, 相距为:

(a) $2d$, (b) $4d$, (c) $\frac{d}{4}$, (d) $\frac{d}{16}$,

9. 两个电荷 Q 和 Q_1 之间的作用力跟下列成正比:

(a) $Q+Q_1$, (b) $Q-Q_1$, (c) QQ_1 , (d) Q/Q_1

10. 增大带电的电容器两板间距离, 其:

(a)电压将增大, (b)电压将减小; (c)电量将减小, (d)电量将增加。

11. 电量与电压的乘积等于:

(a)电势, (b)电场强度, (c)电容, (d)电势能。

12. 电压的概念与下列有最密切的联系:

(a)电子受力, (b)电子的电量; (c)对每一单位电量所做的功, (d)对一电荷所做的总功。

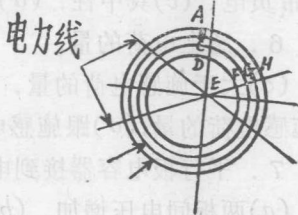
13. 当一个绝缘的金属球接触到带负电的验电器杆头, 锡箔略有一部分收拢。发生这一现象是因为球:

(a)带负电, 且分出额外电荷给验电器, (b)具中性, 验电器分给金属球一些它的负电荷, (c)带正电, 且把验电器的负电荷全部移出, (d)使验电器接地。

14. 如图所示, 需要消耗最大的能量以移动基本正电荷沿路程:

- (a) ABED, (b) ABCF,
(c) ABEH, (d) ADGH.

15. 一对平行板相距 d cm。一个带电的小球放在两板间电场中静止不动。每板面积为 A cm²。两板接到一电池 V 伏特。下列哪一状态将使球受力加倍？



- (a) $2A$ 、 $2d$ 、 $V/2$; (b) A 、 $\frac{d}{2}$ 、 $V/2$; (c) $2A$ 、 $2d$ 、 V ; (d) A 、 $\frac{d}{2}$ 、 V ;

16. 电木小球重 3×10^{-14} 牛顿，放在水平平行带电的两金属板间静止不动。球所受静电作用力；

- (a) 是 6×10^{-14} 牛顿向上, (b) 是 3×10^{-14} 牛顿向下, (c) 是 3×10^{-14} 牛顿向上, (d) 不能决定。

17. 硬橡胶棒与毛皮摩擦，棒得到跟毛皮精确相等而相反的电量，为什么？

(a) 摩擦使电荷从一物体转移到另一物体，这样使总电量守恒。(b) 使棒与毛皮摩擦所做的功产生了电荷。(c) 因偶然而使电量相等。(d) 摩擦所生的热增大对空中自由电荷的吸引。

18. 在两块水平的带异种电荷的平行板间可以看到一个很小的电木球保持静止。可得结论如下：

- (a) 对于球不存在万有引力, (b) 电场不存在, (c) 静电力等于球重量, (d) 球面上没有净电荷。

19. 带电的平行板间电场强度是：

- (a) 以板间中点为最强, (b) 接近两板为最强, (c) 除边

缘以外是匀强的，(d)在板间中点为零。

20. 在两个带异种电荷的平行板间放一个带电的电木球。两板接到一个电池上。下列哪一项不会使作用在球上的力加倍？

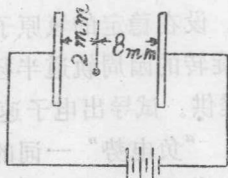
(a)接到两板的串联的电池数目加倍，(b)板的面积加倍，(c)球上的电量加倍，(d)两板间距离减半。

21. 相距10毫米的两平行金属板接到一电池组。离A板2毫米的带电球受电力 F 的作用。如果球移动到两板中点，则作用在球上电力的合力是：(a) $F/4$ ，(b) $\frac{F}{2}$ ，(c) F ，(d) $4F$

22. 如图中原来电池另换一组，电动势增到4倍，则新电池组使球的受力将是：(a) $\frac{F}{2}$ ，(b) $\frac{F}{4}$ ，(c) $2F$ ，(d) $4F$ 。

23. 一物体所得电荷的量为什么是有限的？

24. 给你一个带电的验电器，你怎样决定所带电荷的正负？



25. 在使验电器感应带电时，为什么先移开手指，后拿开带电棒？

26. 把两个空心的小金属球(A和B)用细丝线悬挂起来，使它们相距2英寸，然后用跟毛皮摩擦后的硬橡胶来接触A球。(a)在A上所带电荷是正或负？(b)A将对B发生什么作用？(c)如果用铜线联结A和B，这铜线除跟球接触处以外是被绝缘的，移开铜线后，A对B将发生什么作用？(d)如果当B接近A时，用手指接触B后再离开，则B将带什么电？(e)这时A将对B发生什么作用？为什么？

27. 如果把带负电的棒移近到带电的验电器的杆头，锡箔将收敛，当把棒更移近，但无接触，锡箔又张开，试加以解释。

28. 你能不能提出一个实验验证电荷守恒定律。

29. 列举牛顿万有引力定律跟库仑定律之间的类似点及不同点。

30. 如果金属球上：(a) 多余 10^{15} 个电子，(b) 缺少 10^{15} 电子，则金属球将带有多少电荷？

31. 镁的原子序数为12，且原子质量为24。这是指它的原子核包含12个质子和12个中子，且24克的镁含 6.023×10^{23} 个原子（阿伏伽德罗数）。(a) 每个镁核的过剩电量是多少？(b) 24克镁含多少个电子？

答：(a) 1.92×10^{-19} 库仑，(b) 7.23×10^{24} 个电子。

32. 设在稳定的氢原子中，电子电荷为负 e ，质量为 m ，绕质子旋转的圆周轨道半径为 r ，且向心力由电荷相反的正 e 质子提供。试导出电子速率 v 的符号表达式。

33. “负电势”一词的意义是什么？

34. 什么是伏特？电压，电功和所转移的电量之间的关系是什么？

35. 电压为500伏特的回旋加速器，一质子在其两极间移动，问所需的功是多少？

36. 蓄电池两端电压为12伏特。要移送5库仑的电量从一端至另一端，需作功多少？

37. 40微库仑的电荷从空间某点电势为+40伏特移至一点-10伏特，需作功多少焦耳？

38. (a) 如图所示，A点与B点间的电压是多少？(b) 哪一点电势较高？(c) 移动1微库仑的电荷从电势较高至较低

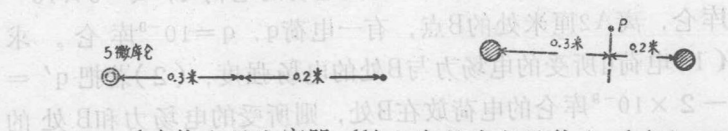


处, 电场力做功多少?

39. 电势与电场强度的区别是什么?

40. 在二极真空管中, 一电子 (电量 $=1.60 \times 10^{-19}$ 库仑) 从炽热灯丝移至板极。若其间电压为 200 伏, 电子到达板极时, 将增加多少能量?

41. 如图所示, 在电荷 $+3 \times 10^{-5}$ 库仑及 -6×10^{-6} 库仑的中点 P 的电场强度是多少?



42. (a) 什么是电容器? (b) 电容的意义是什么? (c) 决定平板电容器电容的因素是什么? (d) 试说明每一因素怎样影响它?

43. 以空气为电介质的平行板电容器, 先接上电池组使它充电。然后拆除电池组并在平行板间插入一玻璃板。问它的 (a) 电量, (b) 电容, (c) 电压将发生什么变化。

44. 分离平板电容器两平行板为什么需外力做功?

45. 在密立根实验中, 油滴质量由它的降落速率来决定 (a) 当它匀速降落, 油滴所受两个作用力是什么? (b) 合力是什么? (c) 为什么降落速率与油滴上电量无关? (d) 密立根能够看见油滴一直到几小时, 是哪两个力互相平衡保持带电油滴静止不动?

46. 学生做密立根油滴实验时, 用放射源来电离两板间空气, 从而使同一油滴的电量改变, 他得出下列结果:

实验次数	电量	实验次数	电量
1	6.4×10^{-19} 库仑	4	12.8×10^{-19} 库仑
2	9.6×10^{-19} 库仑	5	11.4×10^{-19} 库仑
3	11.2×10^{-19} 库仑	6	16.00×10^{-19} 库仑