

高中文化广播电视讲座



物理

下 册

江苏人民出版社

高中文化广播电视讲座

物 理

下 册

苏州市《物理》编写组

江苏人民出版社

高中文化广播电视讲座

物 理

下 册

苏州市《物理》编写组

江苏人民出版社出版

江苏省新华书店发行 苏州印刷厂印刷

开本 787×1092 毫米 1/32 印张 7.5 字数 184,000

1981年12月第1版 1981年12月第1次印刷

印数 1—51,500 册

书号：7100·136 定价：0.53 元

目 录

第十二章 电场	1
一、库仑定律.....	1
二、电场 电场强度.....	4
三、电势能 电势.....	11
四、电势差 电势差跟电场强度的关系.....	14
五、电场中的导体和电介质.....	20
六、电容器 电容 电容器的连接.....	23
第十三章 稳恒电流	35
一、电流 电阻 欧姆定律.....	35
二、电功 电功率.....	37
三、串联电路和并联电路.....	39
四、电动势 闭合电路的欧姆定律.....	51
五、电池组.....	54
六、欧姆定律的应用.....	61
七、电阻的测量.....	69
第十四章 磁场	85
一、简单磁现象.....	85
二、磁场.....	85
三、磁感应强度.....	87
四、电流的磁场.....	88
五、磁场对电流的作用力.....	92
六、磁场对运动电荷的作用力.....	97
第十五章 电磁感应	107

一、电磁感应现象·····	107
二、感生电流的方向·····	110
三、法拉第电磁感应定律·····	113
四、自感·····	120
第十六章 交流电 ·····	130
一、交流电的产生和变化规律·····	130
二、简单交流电路·····	139
三、变压器·····	145
四、三相交流电·····	149
第十七章 电磁波和电子技术 ·····	156
一、振荡电路和电磁振荡·····	156
二、电磁波·····	159
三、电磁波的发射和接收·····	162
四、半导体的导电特性·····	163
五、晶体二极管 PN 结·····	165
六、整流和滤波·····	168
七、晶体三极管·····	171
第十八章 几何光学 ·····	182
一、光的反射·····	182
二、光的折射·····	187
三、透镜成象·····	192
四、光学仪器·····	198
第十九章 物理光学 ·····	207
一、光的色散·····	207
二、光的干涉和衍射 光的偏振·····	208
三、光的电磁说·····	211
四、光电效应和光子说·····	212

五、光的波粒二象性和物质波·····	215
第二十章 原子结构和原子核物理 ·····	219
一、原子的核式结构·····	219
二、氢光谱的规律·····	220
三、原子的定态和能极·····	222
四、天然放射现象·····	225
五、原子核的人工转变(嬗变)·····	227
六、原子核的结合能·····	229

第十二章 电 场

一、库仑定律

正电荷和负电荷 自然界中存在有两种电荷,即正电荷和负电荷。同种电荷互相排斥,异种电荷互相吸引。

一切物体都是由分子组成,分子又是由原子组成。原子由原子核和绕着原子核运动的电子组成。原子核带正电,电子带负电。一般情况下,每一个原子的原子核所带正电荷的电量等于核外电子所带负电荷的总电量,因此物体不显电性。如果设法使物体失去一些电子则带正电,获得一些电子则带负电。这个过程叫做起电。

物体所带电荷的多少,叫做**电量**。常用符号 Q 或 q 表示。在国际单位制中,电量的单位是**库仑**。每个电子所带负电的电量和每个质子所带正电的电量相等。实验测出,这个电量为 1.6×10^{-19} 库仑,叫做**基本电荷**。

库仑定律 法国物理学家库仑通过精密的实验于1785年发现了两个点电荷在真空中相互作用的规律:在真空中,两个点电荷间的作用力跟它们的电量的乘积成正比,跟它们之间的距离的平方成反比,作用力的方向在两个点电荷的连线上。这个规律叫做**库仑定律**。电荷间的这种作用力叫做静电力,又称库仑力。

若用 Q_1 、 Q_2 表示两个点电荷的电量,用 r 表示它们的距离,用 F 表示它们间的相互作用力,则库仑定律可用下面的公

式表示：

$$F = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2}。$$

式中 k 是比例恒量，它的数值和单位由式中各量的单位决定。在国际单位制中，力的单位用牛顿，距离的单位用米，电量的单位用库仑，则 k 的单位是牛顿·米²/库仑²， k 的数值由实验确定，它等于 9×10^9 牛顿·米²/库仑²。

应该指出：

(1) 上式只适用于真空中或空气中的点电荷的情形。如果任意两个带电体，它们所占空间的线度跟它们相隔的距离相比很小时，就可以认为带电体是点电荷。如果两个带电体不可以看作为点电荷，则可将每一个带电体看作是由许多点电荷组成，求出两个带电体上每一对点电荷之间的相互作用力，再按照求合力的方法，求出这些相互作用力的合力，就是两个带电体间的相互作用力。

(2) 在应用上式计算点电荷间的相互作用力时，可以不考虑电量的正、负号，先求出力的大小，再根据同种电荷相斥，异种电荷相吸的规律确定力的方向；也可以将电量的正、负号代入公式，则由公式得出的力是正值表示斥力，负值表示引力。

(3) 带电体都具有质量，它们间的相互作用力除库仑力外还有万有引力。但在质量很小的情况下，如原子核和核外电子间相互作用时，万有引力相对于库仑力来讲是非常微小的，可不予考虑。

〔例题 1〕 两个质量都是 m 的小球，带有等量同种电荷，各用长为 L 的细线挂在同一点。小球因彼此相斥而分开，平衡时，线间的夹角为 2θ 。设球的大小与它们间的距

离相比可忽略不计，求小球所带的电量。

解：小球受到重力 mg ，静电斥力 F 和细线的拉力 T 的作用(图 12-1)。平衡时，得

$$T \sin \theta - F = 0,$$

$$T \cos \theta - mg = 0,$$

$$\text{又} \quad F = k \frac{Q^2}{r^2},$$

$$r = 2L \sin \theta,$$

$$\text{因此} \quad \tan \theta = \frac{F}{mg} = \frac{kQ^2}{mgr^2} = \frac{kQ^2}{4mgL^2 \sin^2 \theta},$$

$$\text{所以} \quad Q = \frac{2L \sin \theta}{k} \sqrt{kmg \tan \theta}.$$

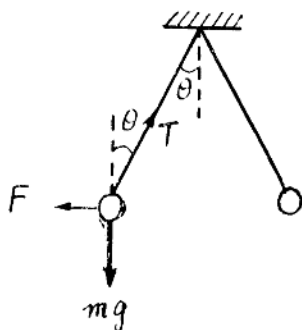


图 12-1

〔例题 2〕 有两个带电的小球 A 和 B ，电量分别为 $+Q$ 和 $+4Q$ ，相距 0.3 米。① 如果使小球 A 和 B 固定，在 A 、 B 的连线上再引进第三个带电小球 C (如图 12-2)，问小球 C 应距 A 多远，它才能处于平衡状态？② 如果 A 、 B 、 C 三个带电小球都是可以移动的，则欲使三个小球都处于平衡状态，小球 C 所带的电量应是多少？

$$\text{解：①} \quad k \frac{qQ}{x^2} = k \frac{4qQ}{(0.3-x)^2},$$

$$x = 0.1(\text{米}).$$

若小球 A 和 B 固定，放在 A 和 B 连线上的小球 C 应离 A 球 0.1 米才能平衡。

② 如果 A 、 B 、 C 三个带电小球都是可以移动的, 而球 C 带正电荷要保持平衡是不可能的。若球 C 带负电荷, 则可以达到平衡状态, 但球 C 所带的电量应为定值, 其值可用下法计算:

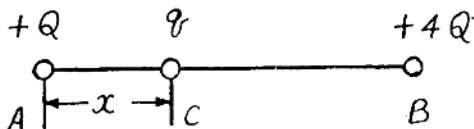


图 12-2

$$k \frac{qQ}{x^2} = k \frac{Q \cdot 4Q}{(0.3)^2},$$

把 $x = 0.1$ 米代入上式得:

$$q = -\frac{4Qx^2}{(0.3)^2} = -\frac{4Q(0.1)^2}{(0.3)^2} = -\frac{4}{9}Q。$$

可见, 欲使 A 、 B 、 C 三个带电小球都处于平衡状态, C 球应放在 A 和 B 的连线上离 A 球 0.1 米处, 球 C 应带电 $-\frac{4}{9}Q$ 。

二、电场 电场强度

电场 电荷周围存在着一种物质叫做**电场**。两个电荷间的相互作用就是通过电场作媒介而发生的。甲电荷的周围存在着电场, 乙电荷处在此电场中, 就受到甲电荷的电场对它的作用; 反之, 乙电荷的周围存在着电场, 甲电荷处在此电场中, 就受到乙电荷的电场对它的作用。因此, 电荷间相互作用的库仑力实际上就是电场对电荷的作用力, 故又称电场力。

电场强度 电场强度是表示电场强弱的物理量，它反映了电场的力的性质。

假设有一个正电荷 Q 在真空中形成的电场。把另一个正电荷 q 放入电场中的 A 点(如图 12-3)，从库仑定律知道 q 受到的电场力 $F_A = k \frac{qQ}{r_A^2}$ 。如果把

q 放在电场中的 B 点，则 q 受到的

的电场力 $F_B = k \frac{qQ}{r_B^2}$ 。显然， F_A

与 F_B 大小不相等，方向也不相同。这说明电场中不同的地方，电场的力的性质一般是不相同的。

如果在电场的同一点 A ，放置电

量分别是 q_1 、 q_2 、……的电荷，则它们所受的电场力将为：

$F_1 = k \frac{q_1 Q}{r_A^2}$ ， $F_2 = k \frac{q_2 Q}{r_A^2}$ ，……，这些力一般亦不相同。

这说明，电场力的大小不仅与电场本身的性质有关，而且还跟放入电场的电荷的电量有关。因此不能直接用电场力作为电场强度的量度。但是，若取电场力与电量的比值，则

$$\frac{F_1}{q_1} = \frac{k \frac{q_1 Q}{r_A^2}}{q_1} = k \frac{Q}{r_A^2}。$$

同理

$$\frac{F_2}{q_2} = k \frac{Q}{r_A^2}。$$

即 力和电量之比 $\frac{F_A}{q}$ 对于电场中的同一点 A 是一个恒量。

如果把电荷 q 放在电场中另一点 B ，同样得到一个恒量 $\frac{F_B}{q}$ ，

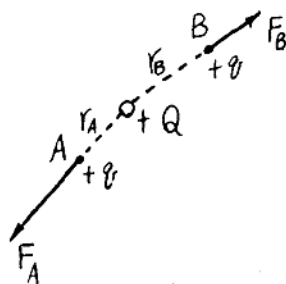


图 12-3

而 $\frac{F_A}{q}$ 与 $\frac{F_B}{q}$ 一般是不相同的。所以, $\frac{F}{q}$ 是一个只与电场本身的性质有关, 而与引入的电荷无关的量, 它可以用来作为电场强度的量度。因此, 放入电场中某一点的电荷受到的电场的作用力跟它的电量的比值, 叫做这一点的电场强度, 简称场强。用 $\vec{E}$ 表示电场强度, 则

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

跟力一样, 电场强度也是矢量, 它既有大小又有方向。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。显然, 负电荷所受电场力的方向与该点的场强方向相反。

如果 F 用牛顿做单位, q 用库仑做单位, 那末, 场强 E 的单位是牛顿/库仑。

在真空中点电荷 Q 形成的电场中, 距离 Q 为 r 的 p 点的场强 $\vec{E}$ 的大小为

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

场强的方向决定于 Q 的正、负。如果 Q 为正, 则 $\vec{E}$ 的方向沿 r 而背向 Q ; 如果 Q 为负, 则 $\vec{E}$ 的方向沿 r 而指向 Q 。

电场强度的大小和方向也可以用电力线来形象地描述。在电场中画一系列的曲线, 使曲线上每一点的切线方向都跟该点的场强方向一

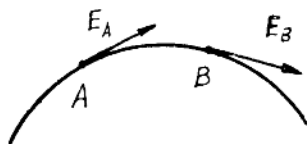
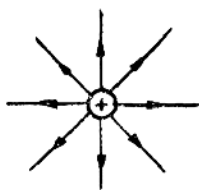


图 12-4

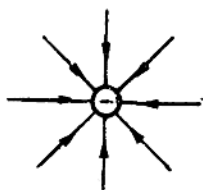
致, 这些曲线就叫做电力线(图 12-4)。

图 12-5 是点电荷的电力线, 图 12-6 是两个等量的点电

荷的电力线。从图中可以看出,电力线总是开始于正电荷而终止于负电荷,而且,在离形成电场的电荷越近的地方,也就是场强越大的地方,电力线越密。所以,可以用电力线的疏密来表示电场强度的大小。

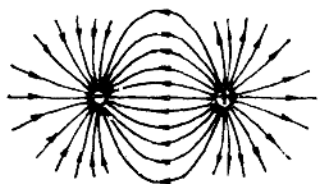


甲: 正电荷

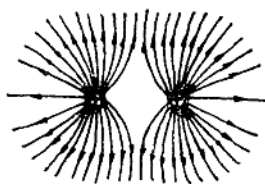


乙: 负电荷

图 12-5



甲: 等量异种电荷



乙: 等量同种电荷

图 12-6

匀强电场 在电场的某一区域里, 如果各点的场强的大小和方向都相同, 这个区域的电场叫做**匀强电场**。匀强电场的电力线是一些距离相等的互相平行的直线。两块大小相等, 互相平行, 靠得较近的金属板, 分别带上等量异种电荷后, 除边缘附近外, 两板间的电场就是匀强电场(图 12-7)。匀强电场在科学研究和技术上应用很广泛。

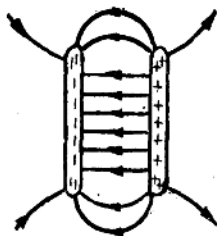


图 12-7 匀强电场

应该指出：

(1) 公式(1) 是电场强度的定义式,对任何电场都适用。
公式(2) 是在真空中点电荷电场的场强计算公式, 它只适用于真空中点电荷的电场, 对任何别的电场(如匀强电场等)都不适用。

(2) 如果同时有几个点电荷存在, 则它们周围空间某点的电场强度应该是各个点电荷在该点的场强的矢量和 (图 12-8)。

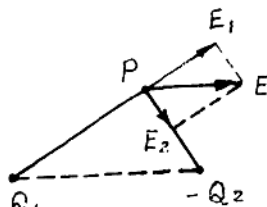


图 12-8

〔例题 1〕 在氢原子中, $+Q_1$ 质子和电子带有等量异种电荷, 电量为 1.6×10^{-19} 库仑, 平均距离为 0.53×10^{-10} 米。
① 质子产生的电场在这个距离处的场强是多大? 方向如何?
② 电子受到的电场力是多大? 方向如何? ③ 已知电子的质量为 9.1×10^{-31} 千克, 则电子绕质子转动的速度和周期是多少?

$$\text{解: ① } E = k \frac{Q}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{1.6 \times 10^{-19}}{(0.53 \times 10^{-10})^2}$$

$$\approx 5.13 \times 10^{11} (\text{牛顿/库仑}).$$

场强的方向在该点和质子的连线上, 并背离质子。

$$\text{② } F = Eq = 5.13 \times 10^{11} \times 1.6 \times 10^{-19}$$

$$\approx 8.21 \times 10^{-8} (\text{牛顿}).$$

电场力的方向在电子和质子的连线上, 并指向质子。

③ 电子所受的电场力即电子绕质子作圆周运动所需的向心力。得

$$F_{\text{向}} = F_{\text{电}},$$

$$m \frac{v^2}{r} = F_{\text{电}},$$

$$\text{所以 } v = \sqrt{\frac{F_{\text{电}} r}{m}} = \sqrt{\frac{8.21 \times 10^{-8} \times 0.53 \times 10^{-10}}{9.1 \times 10^{-31}}} \\ \approx 2.19 \times 10^6 \text{ (米/秒)}.$$

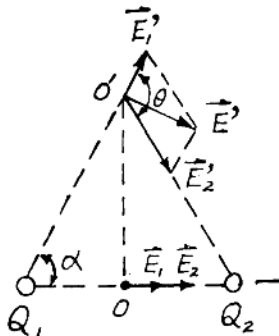
$$T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2 \times 3.14 \times 0.53 \times 10^{-10}}{2.19 \times 10^6}$$

$$\approx 1.52 \times 10^{-16} \text{ (秒)}.$$

〔例题2〕 在真空中两个点电荷的电量分别为 2×10^{-5} 库仑和 -4×10^{-5} 库仑, 相距 0.1 米。

① 这两个点电荷连线中点的电场强度是多少? ② 在两电荷连线的中垂线上且与连线中点相距 0.1 米处的电场强度是多少?

解: 如图 12-19 所示,



$$\text{① } E = E_1 + E_2 = \frac{k}{r^2} (Q_1 + Q_2) \quad \text{图 12-9}$$

$$= \frac{9 \times 10^9}{\left(\frac{0.1}{2}\right)^2} (2 \times 10^{-5} + 4 \times 10^{-5})$$

$$= 2.16 \times 10^8 \text{ (牛顿/库仑)}.$$

$$\text{② } E' = \sqrt{E_1'^2 + E_2'^2 + 2E_1'E_2'\cos\theta}$$

$$\text{而 } \cos\theta = \cos 2\alpha = \cos^2\alpha - \sin^2\alpha$$

$$= \frac{\left(\frac{0.1}{2}\right)^2}{(0.1)^2 + \left(\frac{0.1}{2}\right)^2} - \frac{(0.1)^2}{(0.1)^2 + \left(\frac{0.1}{2}\right)^2}$$

$$= -0.6。$$

$$E_1' = k \frac{Q_1}{r_1'^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 10^{-5}}{(0.1)^2 + \left(\frac{0.1}{2}\right)^2}$$

$$= 1.44 \times 10^7 \text{ (牛顿/库仑) ,}$$

$$E_2' = k \frac{Q_2}{r_2'^2}$$

$$= 9 \times 10^9 \times \frac{4 \times 10^{-5}}{(0.1)^2 + \left(\frac{0.1}{2}\right)^2}$$

$$= 2.88 \times 10^7 \text{ (牛顿/库仑) ,}$$

$$\text{所以 } E' = \sqrt{E_1'^2 + E_2'^2 + 2E_1'E_2'\cos\theta}$$

$$\approx 2.32 \times 10^7 \text{ (牛顿/库仑) 。}$$

练 习 一

(1) 有人说,在电场中,任何两条电力线都不能相交。这种说法是否正确?为什么?

(2) 有人说,电力线就是带电粒子在电场中运动的轨迹。这种说法是否正确?为什么?

(3) 已知两个带等量电荷的小球在真空中相距 3 厘米,它们之间的互相斥力是 1.6 牛顿。每个小球所带电量是多少?
(0.4×10^{-6} 库仑)

(4) 在点电荷 Q 的电场中,沿电力线方向有 A 、 B 两点。 A 点距电荷 Q 10 厘米, B 点距 Q 20 厘米。将一个带 $\frac{1}{3} \times 10^{-7}$ 库仑电量的电荷 q 放在 B 点时,受到 0.3 牛顿的引力。① 求 A 点的电场强度及其方向; ② 把一个带有 $\frac{1}{3} \times 10^{-8}$ 库仑的负

电荷放在A点，这个电荷所受的电场力的大小和方向如何？
(3.6×10^7 牛顿/库仑，方向指向Q； 0.12 牛顿，方向离开Q)

(5) 两个小球都带正电，总共带有电量 5×10^{-6} 库仑。如果当这两小球在真空中相距 2 米时，它们之间的斥力为 1 牛顿，则两球上分别带多少电量？

(3.84×10^{-6} 库仑， 1.16×10^{-6} 库仑)

三、电势能 电势

电势能 我们已经知道电荷的周围存在着电场。引入电场中的任何带电体都将受到电场对它的力的作用。与此相类似，地球的周围存在着重力场，处在重力场中的任何物体都将受到重力场对它的力的作用。在力学中我们学过，在重力场中移动物体时重力所做的功跟路径无关，只跟起点和终点的位置有关，因此我们引入了重力势能的概念。同样可以证明，在电场中移动电荷时电场力所做的功也只跟电荷的起始和终止位置有关，而跟电荷经过的路径无关。因此我们也可以引入电势能的概念。电荷在电场中所具有的势能叫做电势能。

在重力场中，重力对物体做的功跟物体的重力势能变化的关系是：重力对物体所做的功等于物体的重力势能的增量的负值。与此类似，在电场中，电场力对电荷做功，电荷的电势能就发生变化。如果电场力对电荷做正功，电荷的电势能就减少；电场力对电荷做负功，电荷的电势能就增加，也就是说，电场力对电荷所做的功等于电荷的电势能的增量的负值。

电势能和重力势能一样，只具有相对意义。物体所具有的重力势能是相对于所选取的势能为零的参考点而言的。对