

五年制中学課本

# 物理学

WULIXUE

第四册

上海教育出版社



五年制中学課本

物 理 学

第 四 册

华 东 師 范 大 学 編  
上海市中学物理課程革新委员会审定

华 东 師 范 大 学 修訂  
上海教育出版社

上 海 教 育 出 版 社 出 版

(上海永福路123号)

上海市书刊出版业营业许可证出090号

上海新华印刷厂印刷

新华书店上海发行所发行 各地新华书店經售

开本：850×1168 1/32 印张+6 15/16 字数：161,000

1964年6月第1版 1964年6月第1次印刷

印数：1—380本

統一书号：K7150·1484

定 价：0.58元

# 目 录

## 第三篇 电 学

|   |     |
|---|-----|
| 第十一章 静电场 .....  | 1   |
| 1. 物质结构的电子论(1)    2. 库仑定律(3)    3. 电场<br>电场强度(6)    4. 电力线(9)    5. 通过闭合面的电通量<br>(10)    6. 匀强电场(12)    7. 在电场中移动电荷所作的功(15)<br>8. 电势 电势差(18)    9. 等势面(21)    10. 电场强度与电势<br>差的关系(22)    11. 静电场中的导体(24)    12. 电介质的极<br>化(29)    13. 电容(31)    14. 电容器(32)    15. 电容器的<br>联接(36) |     |
| 第十二章 稳恒电流 .....   | 40  |
| 16. 电流(40)    17. 部分电路的欧姆定律(41)    18. 电阻定<br>律(43)    19. 变阻器和变阻箱(45)    20. 导体的串联(49)<br>21. 导体的并联(50)    22. 电源 电动势(56)    23. 电池(58)<br>24. 全电路欧姆定律(60)    25. 电池组(66)    26. 电流的功<br>和功率(72)    27. 焦耳-楞次定律及其应用(76)  |     |
| 第十三章 物质的导电性 .....   | 82  |
| 28. 金属的电子导电(82)    29. 液体的离子导电(83)    30.<br>法拉第电解定律(85)    31. 基本电荷(88)    32. 气体的电离<br>(89)    33. 大气压下的气体放电(90)    34. 稀薄气体中的放<br>电(92)    35. 阴极射线(93)    36. 电子射线管(95)    37.<br>半导体(97)    38. 半导体的导电机构(98)    39. 半导体的应<br>用(100)  |     |
| 第十四章 电流的磁场 .....  | 103 |
| 40. 磁现象(103)    41. 磁场 磁场强度(105)    42. 磁力线<br>(106)    43. 磁现象的电本质(107)    44. 电流周围的磁场(110)<br>45. 磁介质 磁感应强度 磁通量(113)    46. 磁场对直导线<br>流的作用(116)    47. 磁场对运动电荷的作用 洛仑兹力(118)   |     |

|                                |                       |                      |              |
|--------------------------------|-----------------------|----------------------|--------------|
| 48. 磁场对通电线圈的作用(121)            | 49. 电流計(122)          | 50. 安培計(122)         | 51. 伏特計(124) |
| <b>第十五章 电磁感应</b> ..... 127     |                       |                      |              |
| 52. 电磁感应现象(127)                | 53. 感生电流的方向 楞次定律(130) |                      |              |
| 54. 感生电动势(134)                 | 55. 自感(137)           | 56. 渦电流(140)         |              |
| 57. 感应圈(141)                   |                       |                      |              |
| <b>第十六章 交流电</b> ..... 143      |                       |                      |              |
| 58. 交流电(143)                   | 59. 交流发电机(148)        | 60. 交流电路中的感抗(150)    |              |
| 61. 交流电路中的容抗(151)              |                       | 62. 直流发电机(153)       |              |
| 63. 直流电动机(156)                 |                       | 64. 三相交流电的产生(158)    |              |
| 65. 三相交流电路的连接法(161)            |                       | 66. 旋轉磁场 感应电动机(163)  |              |
| 67. 三相制的优点(168)                |                       | 68. 远距离送电(168)       |              |
| 69. 变压器(170)                   |                       |                      |              |
| <b>第十七章 电磁振荡和电磁波</b> ..... 173 |                       |                      |              |
| 70. 振荡电路 电磁振荡(173)             |                       | 71. 振荡电流的周期和频率(176)  |              |
| 72. 电磁波(178)                   |                       | 73. 电磁波的发送(180)      |              |
| 74. 电磁波的接收 电谐振(181)            |                       | 75. 电子管(184)         |              |
| 76. 电子管整流器(185)                |                       | 77. 三极电子管及其放大原理(188) |              |
| 78. 调制(192)                    |                       | 79. 无线电发送机(194)      |              |
| 80. 检波(194)                    |                       | 81. 无线电接收机(195)      |              |
| 82. 电子管收音机(197)                |                       |                      |              |
| <b>物理实验</b> ..... 200          |                       |                      |              |
| 实验一 并联电路的研究                    |                       | 200                  |              |
| 实验二 用惠斯登电桥测定导体的电阻              |                       | 201                  |              |
| 实验三 测定金属导体的电阻率                 |                       | 203                  |              |
| 实验四 测定电源的电动势和内电阻               |                       | 204                  |              |
| 实验五 功热当量的测定                    |                       | 207                  |              |
| 实验六 用电流計改装成安培計, 扩大安培計的量程       |                       | 208                  |              |
| 实验七 用电流計改装成伏特計, 扩大伏特計的量程       |                       | 210                  |              |
| 实验八 电子管整流器和滤波器                 |                       | 212                  |              |
| 实验九 研究三极电子管的板压、栅压跟板流的关系        |                       | 215                  |              |
| 实验十 矿石收音机                      |                       | 217                  |              |
| 实验十一 电子管单管收音机                  |                       | 218                  |              |

## 第三篇 电 学

### 第十一章 靜电场

1. 物质结构的电子論 用絲綢摩擦过的玻璃棒,用毛皮摩擦过的硬橡胶棒,都具有吸引輕小物体的性质,我們說这些物体带了电,或者說有了电荷。带电的物体叫做带电体。

在自然界中存在两种电荷,即正电荷和負电荷。电荷之間具有相互作用:同种电荷互相排斥,异种电荷互相吸引。

为什么沒有用絲綢摩擦过的玻璃棒,或者沒有用毛皮摩擦过的硬橡胶棒不带电,而用絲綢、毛皮摩擦以后它們就带了电呢?

我們知道物体的分子是由原子組成的,而原子又由更小的微粒——原子核和电子——所組成的。

原子核带有正电荷,几乎集中了整个原子的质量。不同元素的原子,原子核带有不同数量的正电荷。电子带負电荷,在原子核外围繞原子核旋轉,不同元素的原子,核外有不同数量的电子。例如,最简单的原子是氢原子,它只有一个核外电子;氦原子就有两个核外电子;氧原子有8个核外电子;鈾原子有92个核外电子。电子的质量是 $9.1 \times 10^{-28}$ 克,約为氢原子核质量的 $\frac{1}{1840}$ 。不同元素的原子,由不同的原子核和不同数目的核外电子所組成,所以不同元素的原子具有不同的质量和大小,但是原子核所带的正电荷,总是等于核外电子所带的負电荷的总和,因此一般物体并不呈现带电的性质。

用物体內部带电微粒,以及它們之間的相互作用和相对运动

来解释各种电现象的理论,叫做电子论。

下面就应用电子论来解释几种简单的电现象。

物体都由大量的原子组成,有些物体的原子核对核的外层的电子作用很弱,因此这些电子就不再受到某一个原子核的束缚,而能在物体中自由地运动。这些自由运动的电子叫做自由电子,其余不能自由运动,而只能绕着某一核旋转的电子叫做束缚电子。固体中能够自由运动的电荷就是自由电子。在某些溶液中,部分原子或原子团失掉了电子,部分原子或原子团得到一些电子,这些失掉或者得到了电子的原子或原子团称为离子,这些离子能够在溶液中作不规则热运动。凡是具有大量的自由电子或离子的物体称为导体,几乎没有可以自由移动的电荷的物体叫做电介质或者叫做绝缘体。如玻璃、丝绸、硬橡胶、硫磺等都是电介质。

导体又可以分为两类:第一类导体中具有自由电子,金属是第一类导体。第二类导体中具有离子,酸、碱、盐的溶液是第二类导体。

除了导体和电介质以外,还有一种半导体,它在一般情况下,具有的自由电子很少,但是受到外界的作用时(如加热或光的照射等),自由电子能相应的增加,它在近代物理和生产技术中占有很重要的地位,硅、锗、硒、氧化亚铜等都是半导体。

不论物体中可以自由移动的电荷有多少,正负电荷的总数总是相等的,所以整个物体并不显出带电的性质。但是,当一个物体失去了部分电子,或者得到了一些多余的电子,物体就不再呈中性了,失去电子的物体带正电,得到电子的物体带负电。

摩擦起电时,就是利用两种不同物质的物体相互作用,其中一个物体失去了一部分电子,另一个物体得到了这部分电子。当丝绸和玻璃棒摩擦时,玻璃棒失去了电子,带正电;丝绸得到了电子,

帶負電。絲綢得到的電子數一定和玻璃棒失去的電子數相等。因此，雖然它們帶電的性質不同，而所帶電荷的多少是相等的。

把兩個帶有異種等量電荷的絕緣導體相接觸，由於電荷之間的相互作用，帶負電的物體會把全部的多餘電子傳給帶正電的物體，兩個物體又不再顯出帶電的性質了，這就叫做電的**中和**。如果兩個帶電體是電介質，那麼只有各接觸點有中和現象，其餘各處保持原有的電荷，因為電介質里電荷只停留在發生的地方。

### 習 題 1

1. 用帶負電荷的帶電體接觸驗電器中金屬杆上端的金屬球，金屬杆下端的金屬箔就會張開。試用電子論來解釋這一現象。

2. 仔細觀察一下你家里所用的電綫和電器開關，指出哪些材料是導體，哪些材料是電介質。

**2. 庫倫定律** 帶電體之間存在着相互作用，它們之間的作用是和帶電體的形狀和大小有關係的。如果兩個帶電體的大小和它們之間的距離比較起來是很小的，在研究它們的相互作用時，就可以不考慮它們的形狀和大小，這樣的帶電體叫做**點電荷**。庫倫定律是法國物理學家庫倫在實驗基礎上總結出來的（1785年）。它定量地確定了兩個點電荷之間相互作用的規律。庫倫定律的內容如下：

兩個相對靜止的點電荷之間相互作用力的方向，是在這兩個點電荷的連綫上；作用力的大小跟每個電荷所帶的電荷數量（電量）成正比，跟它們之間的距離平方成反比。

如果用  $q_1$  和  $q_2$  分別表示兩個點電荷所帶的電量， $r$  表示它們在真空中的距離， $F$  表示它們之間的作用力。庫倫定律可用下式表示：

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}。$$

式中  $k$  是比例系数。如果相互作用的两个点电荷是同种电荷， $q_1$  和  $q_2$  的符号相同，力  $F$  为正值，表示两个点电荷之間的作用力是斥力。如果它們是异种电荷， $q_1$  和  $q_2$  的符号相反，力  $F$  就为负值，表示两个点电荷之間的作用力是引力。

电量的单位可以用庫仑定律来确定。如果两个等量的点电荷在真空中相距 1 厘米，它們之間作用力为 1 达因时，每个点电荷所带的电量为 1 个单位电量。这样规定的电量单位叫做厘米·克·秒制靜电系单位。简称绝对靜电单位电量或者靜电系单位电量。

当电量用靜电系单位，距离用厘米，力用达因作单位时，比例系数  $k$  就等于 1。庫仑定律的式子就可改写为

$$F = \frac{q_1 q_2}{r^2}。$$

在实用上，电量常采用实用单位——庫仑。

1 庫仑 =  $3 \times 10^9$  靜电系单位电量。

必須注意，上式只适用于点电荷，如果相互作用的带电体不是点电荷，則两个带电体之間的作用，就是带电体各个小部分之間的作用力的合力。上式还只有在电量采用靜电系单位，力和距离采用达因和厘米时才适用，如果其中任何一个物理量的单位有所改变，則  $k$  的值就不等于 1。从公式可知， $k$  相当于两个单位电量的点电荷在真空中相距单位距离时的作用力的值。还須注意，这公式只有在真空中适用。如果带电体在均匀无限的介质里，它們之間的作用力就比在真空中小，庫仑定律就由下式表示

$$F = \frac{q_1 q_2}{\epsilon r^2}。$$

$\epsilon$  是电介质的介电常数。对各种介质各有一定的数值，它是



表征介质性质的物理量。下面是几种介质的介电常数(真空中 $\epsilon=1$ )。

| 电介质 | 介电系数   | 电介质 | 介电系数 | 电介质   | 介电系数      |
|-----|--------|-----|------|-------|-----------|
| 空气  | 1.0006 | 硬橡胶 | 4    | 聚苯乙烯  | 2.4~2.6   |
| 煤油  | 2~4    | 瓷   | 6    | 胶木    | 4.5       |
| 水   | 81     | 云母  | 6~8  | 酒石酸钾钠 | 500~600   |
| 石蜡  | 2      | 玻璃  | 4~7  | 偏钛酸钡  | 1000~1500 |

在应用时,把空气中的介电常数近似地取作 1。

## 习 题 2

1. 两个带电量分别为 20 静电系单位和 30 静电系单位的点电荷,在真空中相距 10 厘米,求它们是同种电荷或异种电荷时彼此受到的作用力。放在水中时,它们受到的作用力有什么变化?

2. 两个带正电荷的小球,所带电量分别为  $10^{-8}$  库仑和  $3 \times 10^{-8}$  库仑,它们之间的距离是 30 厘米,现在再引入第三个带电小球,应该把它放在什么地方,它才能处于平衡状态? 这小球应该带什么性质的电荷? 这是哪一种平衡状态?

3. A、B 两个带电量都是 50 静电系单位的点电荷,在真空中相距 8 厘米。现在引入第三个点电荷,求在下列各种情况下,电荷 C 受到的力:

(1) A、B 都带正电, C 的电量是 -2 静电系单位,离开 A、B 各等于 5 厘米;

(2) A、B 都带正电, C 的电量是 -2 静电系单位,离开 A 2 厘米,离开 B 6 厘米;

(3) A 带正电, B 带负电, C 的带电量是 +1 静电系单位,离开 A、B 各为 5 厘米;

(4) A 带正电, B 带负电, C 的带电量是 +1 静电系单位,离开 A 2 厘米,离开 B 6 厘米。

4. 氢原子的原子核所带的电量和一个电子所带的电量相等, 电子的电量  $e = 4.8 \times 10^{-10}$  静电系单位, 核外电子绕核转动的轨道半径是  $0.53 \times 10^{-8}$  厘米, 电子的质量是  $9 \times 10^{-31}$  克, 求电子绕核转动的线速度和角速度。

5. 两个相互作用的点电荷所带的电量是 1 库仑, 它们之间的距离是 1 米, 它们之间的作用力是多少牛顿? 如果在库仑定律公式中电量单位用库仑, 距离单位用米, 力的单位用牛顿,  $k$  的值是多少?

**3. 电场 电场强度** 当两个绝缘的带电体放在介质或真空中, 不论它们是相互接触还是离开一定的距离, 它们之间总是有着相互作用的, 这两个带电体是怎样发生相互作用的呢?

通过不断地对物体相互作用的分析研究, 人们发现, 物体之间的作用不外乎两种情况: 一种是两个物体直接接触发生的, 一种是由其他的物质作为媒介产生的。对带电体之间相互作用的研究表明, 带电体之间的作用是通过电场作为媒介而发生的。电场是存在于电荷周围的一种物质。电荷之间的相互作用, 实质上是一个电荷的电场对另一个电荷的作用。下面我们将研究电场这种物质的物理性质。

存在于静止电荷周围的电场叫**静电场**。它的物理性质可以用放在电场中电荷所受到的力来研究, 为此需要应用试探电荷。试探电荷就是带电量很小的点电荷, 把它引入电场, 并不会使产生电场的那些电荷的分布情况有所改变, 也就是不会改变原来的电场。

在电荷  $Q$  的电场中, 放入试探电荷  $q$ , 当  $q$  放在电场中  $A$  点时, 它受到的电场力(即库仑力)为  $F$  (图 1)。如果我们改变试探电荷的电量, 使它分别为  $2q, 3q, \dots, nq$ , 从实验和库仑定律可以知道, 它在  $A$  点所受的电场力将相应的改变为  $2F, 3F, \dots, nF$ 。由此可知, 放在  $A$  点的试探电荷所受的电场力跟试探电荷所带电量

的比 $\frac{F}{q}$ ，并不随试探电荷的电量而改变，它是一个恒量。

把试探电荷放在电场中另一点B， $q$ 受到的电场力将改变为 $F'$ 。同样，改变试探电荷的电量，它所受到的电场力也相应地改变，但它所受到的电场力跟试探电荷的电量的比 $\frac{F'}{q}$ ，也是一个恒量，与试探电荷的电量多少无关。

由以上的讨论可知，电场中任意一个确定点，都有其一定的物理性质，这种性质可以由放在电场中的电荷所受到的力跟它所带电量的比来量度。表示电场这种性质的物理量叫做**电场强度**，简称场强。

电场强度是表征电场性质的物理量，它只决定于产生电场的电荷，并和电场中各点所在的空间位置有关，但和放入电场的试探电荷的性质和电量无关，并且和电场中放不放试探电荷无关。

用 $E$ 表示电场强度， $F$ 表示电荷 $q$ 所受的电场力，则

$$E = \frac{F}{q}。$$

电场强度是一个矢量，它的方向规定为与放在该点的正电荷的受力方向相同。由上式可知，如果放入的 $q$ 是正电荷， $E$ 和 $F$ 同号，表示 $E$ 和 $F$ 方向相同；如果放入的 $q$ 是负电荷，则 $E$ 和 $F$ 异号，表示 $E$ 和 $F$ 的方向相反。所以电场强度的方向并不随着放入电场的电荷的性质而改变。电场强度的单位可以根据上式来确定：1个

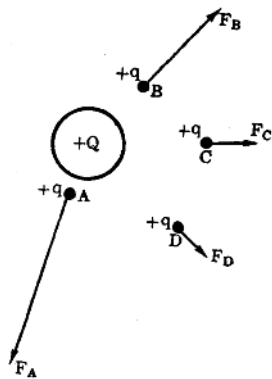


图1 带电体通过电场发生相互作用

靜电系单位电量的电荷在电场中某点所受的电场力是1达因，这点的场强为1个靜电系单位场强。

根据庫仑定律，在真空中，当試探电荷 $q$ 放在离开点电荷 $Q$ 为 $r$ 的电场中，試探电荷 $q$ 受到 $Q$ 的电场的电场力为：

$$F = \frac{Q}{r^2} \cdot q。$$

由上面两式可知，点电荷的电场强度

$$E = \frac{Q}{r^2}。$$

上式可用来求出在真空中离点电荷 $Q$ 为 $r$ 处一点的电场强度。从上式也可以看出，电场强度只限产生电场的电荷和电场中各点所在的空间位置有关，而跟是否引入試探电荷以及試探电荷的性质和电量都无关。

电场强度是矢量，所以要求几个点电荷周围的电场中各点的场强，必須运用矢量运算法则。

如果点电荷放在无限大的均匀而各向同性的介质里，即整个电场为介质所充满，則电场强度将减小为：

$$E = \frac{Q}{\epsilon r^2}。$$

以上公式都只适用于靜电系单位制。

### 习 题 3

1. 真空中有一个电量为 $-20$ 靜电系单位的点电荷，在离它 $10$ 厘米处放一个 $-3$ 靜电系单位电量的試探电荷，求該試探电荷受到的电场力和該点的电场强度。

2. 在煤油( $\epsilon=2$ )中，有一个点电荷 $Q$ 激发的电场，在离开它 $5$ 厘米的 $A$ 点的电场强度是 $10$ 靜电系单位，求离它 $10$ 厘米 $B$ 点处，一个带 $-5$ 靜电系单位电量的电荷所受到的电场力和 $Q$ 所带的电量。

3.  $Q_1 = 1.5 \times 10^{-6}$  庫仑,  $Q_2 = 4 \times 10^{-8}$  庫仑, 在真空中相距 50 厘米, 求离开  $Q_1$  30 厘米、离开  $Q_2$  40 厘米处的电场强度(先用图示法求, 再用数学方法验证)。在该处放一个  $-3$  靜电系单位电量的电荷, 求这电荷受到的电场力。

4. 求两个等量同种电荷連線中点和两个等量异种电荷連線中点的场强。

4. **电力綫** 电场强度是描繪电场中各点的性质的, 要了解整个电场, 就必须知道电场中每一点的电场强度。为了研究的方便, 我們引入电力綫来形象地表示出电场中各处的电场强度的大小和方向。

**电力綫**是一系列曲綫, 这些曲綫上每一点的切綫方向都跟该点的电场强度的方向相同。

电场强度的方向是正电荷在电场中的受力方向。所以一个孤立的正电荷的电力綫, 是从电荷出发向周围空間发散的; 一个孤立的負电荷的电力綫, 是从空間各个方向向負电荷会聚的; 电荷組的电力綫方向是从正电荷出发, 到負电荷终止的(图 2)。

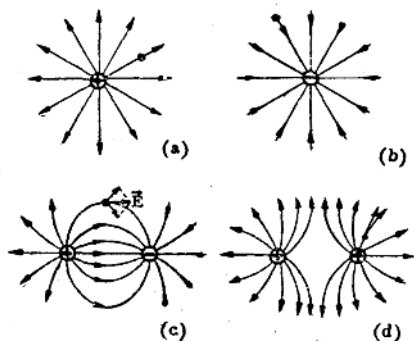


图 2 电力綫

(a) 正电荷的电力綫 (b) 負电荷的电力綫 (c) 两个等量正电荷的电力綫 (d) 两个等量正电荷的电力綫

电场中各点的电场强度的大小用电力线的密度来表示。在均匀的电场中，作一个和电力线垂直的截面，使通过这截面  $S$  的电力线条数为  $N$ ，则电力线条数  $N$  和这面积  $S$  的比就表示该面积上各处电场强度的大小。

$$E = \frac{N}{S}。$$

如果电场是不均匀的，选取的截面  $\Delta S$  必须很小，可以认为  $\Delta S$  面上的电场是均匀的，通过这  $\Delta S$  面并与之垂直的电力线条数为  $\Delta N$ ，则该处的电场强度为

$$E = \frac{\Delta N}{\Delta S}。$$

通过某一面积的电力线条数，叫做通过这面积的电通量。

根据以上所述，可见用电力线来表示电场性质时，任何一点必须标出电力线的方向，同时要根据电场的强弱来画出电力线的条数。

电力线起始于正电荷，终止于负电荷。产生电场的电荷不变，电场的性质不变，空间各点的场强方向就只有一个确定的方向，因此决不可能有两条电力线相交。

### 5. 通过闭合面的电通量

电场的强弱是和产生电场的电荷相联系的。因此，从电荷发出的总的电力线条数必然与电荷所带电量的多少有关。用电力线的密度来表示电场强度的大小时应当有多少条电力线从电荷出发才能满足要求呢？

在一个电量为  $Q$  的点电荷的电场中，以点电荷为中心， $r$  为半径，作一个包围这点电荷的球面（图 3）。球面

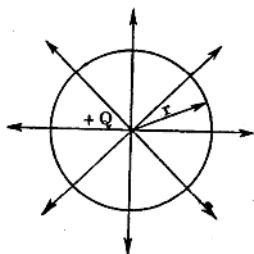


图 3

上各点的电场强度的数值均为  $E = \frac{Q}{r^2}$ ，其方向和球面相垂直。这表明，点电荷所产生的电场具有球面对称性，所以通过球面的电力线一定是均匀分布的。用  $N$  表示从点电荷发出通过球面的总的电力线条数，球面积  $S = 4\pi r^2$ ，通过单位面积的电力线条数为  $\frac{N}{4\pi r^2}$ ，

所以 
$$\frac{Q}{r^2} = \frac{N}{4\pi r^2}$$

由此得出 
$$N = 4\pi Q。$$

改变球面半径的大小，球面积也就按半径平方关系作相应改变，球面上各点的场强，也按半径平方关系作相应改变，但上式仍然成立，所以  $N = 4\pi Q$  也就表示从点电荷  $Q$  发生的总的电力线条数。由此可知，从电量为  $Q$  的点电荷所发出的电力线总数，应为它所带电量的  $4\pi$  倍。

点电荷所带电量不变， $N = 4\pi Q$  为一常量，半径愈大，球面积愈大，电力线密度愈小，球面上各点的场强愈小。点电荷所带电量增多，根据  $N = 4\pi Q$ ，从点电荷发出的电力线条数增多，同一半径球面上的电力线密度增大，球面上各点的场强也增大。因此，根据  $N = 4\pi Q$  作出点电荷发出的电力线条数，是完全符合用电力线的密度来表示场强大小的要求的。

把上述结论推广到任意分布的电荷，结果都是正确的，所以我们得出下面的结论：

**通过一个任意闭合面的电通量，等于该闭合面所包围的电荷的代数和的  $4\pi$  倍，即  $N = 4\pi Q$ ， $Q$  表示闭合面内电荷的代数和。**

如果电荷在充满均匀并且各向同性的介质中，电场强度将比在真空中削弱  $\epsilon$  倍。所以总的电通量也就相应地减少。

## 习 题 4

1. 以点电荷为球心, 1 厘米为半径的球面上各点的电场强度为 1 静电系单位场强, 求

(1) 通过整个球面的电力线条数;

(2) 点电荷所带的电量。

2. 点电荷所带的电量是 25 静电系单位, 通过以该点电荷为球心, 0.1 米为半径的球面上  $10$  [厘米]<sup>2</sup> 面积的电通量是多少?

3. 以点电荷为球心,  $r$  为半径的球面上的电通量为  $N$ 。把点电荷在球内移动一段距离  $d$ , 通过整个球面的电通量有什么变化? 球面上各点的场强有什么变化? 为什么?

4. 在球面内有两个电荷: 一个电荷的电量  $q_1 = 15$  静电系单位, 另一电荷的电量  $q_2 = 15$  静电系单位, 通过球面的电通量是多少? 球面上各处的场强是否相等? 为什么?

**6. 匀强电场** 应用通过闭合面的电通量, 我们来研究和计算某些电场的场强。

1. 均匀带电的无限平面的电场 均匀带电的无限平面的场强显然是无法用求点电荷的场强公式来计算, 但是可以用通过闭合面的电通量公式来求。

为了方便和需要常用电荷密度来表示电荷的分布情况, 单位面积上的电荷称为电荷面密度。设电量  $Q$  均匀分布在  $S$  面积上, 电荷面密度  $\sigma = \frac{Q}{S}$ , 均匀带电的无限平面的密度  $\sigma$  到处相等, 该平面上任一点到平面边缘的距离都是无限的。因为平面是无限大, 面密度是到处相等的, 所以在电场中任一点  $A$  放一个正电荷  $q$  (图 4), 它受到平面上各部分电荷的力一定是对称的, 合力一定是和无限平面垂直的。该点场强的方向即为正电荷受力的方向, 也必与



无限平面相垂直。根据对称性，可知电场中任一点的电力线都垂直于平面。面密度为 $+\sigma$ ，则电力线方向由平面向外；面密度为 $-\sigma$ ，则电力线方向由外指向平面。同时根据对称性，电场中各点的场强应该相等，所以电力线应当是均匀的。

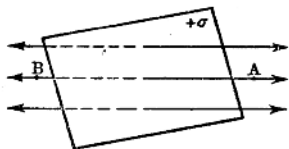


图4 无限平面的场强方向

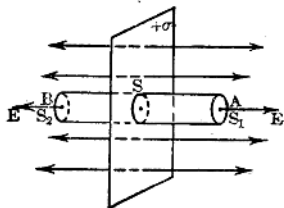


图5 无限平面的电场

现在我们来计算无限均匀带电平面的场强：取一个闭合圆柱面(图5)，A、B两点在圆柱的两个底面上，这两个底面与电力线方向垂直，与无限平面平行，这圆柱在带电平面上截取的面积为 $S$ ，所以闭合曲面所包围的电量是 $q = +\sigma S$ ，通过闭合圆柱曲面的电通量是

$$N = 4\pi q = 4\pi\sigma S。$$

因为圆柱的侧面和电力线平行，所以没有电力线穿过侧面，从 $q$ 发出的电力线全部从两底面穿过，用 $N_1$ 表示穿过 $S_1$ 的电通量， $N_2$ 表示穿过 $S_2$ 的电通量，

则 
$$N = N_1 + N_2，$$

$$N_1 = ES_1， \quad N_2 = ES_2。$$

$$N = E(S_1 + S_2) = E \cdot 2S。$$

所以 
$$E \cdot 2S = 4\pi\sigma S，$$

由此可得 
$$E = 2\pi\sigma。$$

如果平面的面密度是 $-\sigma$ ，场强的数值仍然是 $E = 2\pi\sigma$ ，方向