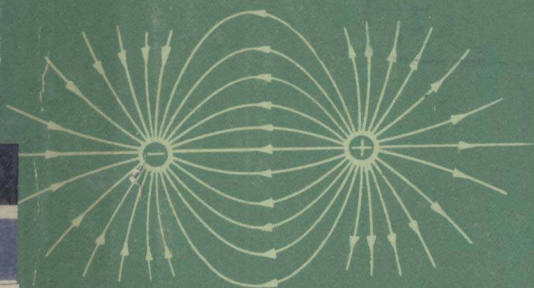


物理

第三册

[美] U. 哈伯-沙姆等 著



科学出版社

物 理

(第三册)

〔美〕U. 哈伯-沙姆等 著

《物理》翻译组 译

科 学 出 版 社

1 9 7 8

内 容 简 介

本书译自美国物理教学研究会组织编写的中学物理教材《PSSC 物理》一书。中译本分四册出版。第三册主要论述电磁学和原子物理学, 内容包括: 有关电学现象的若干定性论述, 库仑定律与基本电荷, 电荷在电场中的能量和运动, 电路, 磁场, 电磁感应和电磁波, 卢瑟福原子, 光子, 原子和光谱, 物质波等。书中叙述深入浅出, 使读者对电磁学和原子物理学的基本问题有比较全面的了解。

本书可供中学师生和中等文化水平的读者阅读。

U. Haber-Schaim, J. B. Cross,

J. H. Dodge, J. A. Walter

PSSC PHYSICS

D. C. Heath, 1971, 3rd ed.

物 理

(第三册)

[美] U. 哈伯-沙姆等 著

《物理》翻译组 译

*

科学出版社出版

北京朝阳门内大街 137 号

西安新华印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1978 年 10 月 第 一 版 开本: 787×1092 1/32

1978 年 10 月 第一次印刷 印张: 9 1/2

字数: 217,000

统一书号: 13031·811

本社书号: 1159·13—3

定价: 0.76 元

目 录

第十八章 有关电学现象的若干定性论述	(547)
18.1 带电物体	(547)
18.2 用验电器做的一些实验	(549)
18.3 静电感应	(552)
18.4 电荷模型	(557)
18.5 电池组	(559)
18.6 气体的导电性;电离	(560)
18.7 溶液的导电性	(562)
18.8 金属中的电子	(563)
18.9 电子枪和示波管	(566)
第十九章 库仑定律与基本电荷	(572)
19.1 力与距离的关系	(572)
19.2 电荷与电力	(573)
19.3 电场	(576)
19.4 电势	(579)
19.5 微小电力的测量	(583)
19.6 基本电荷	(588)
19.7 大型电秤	(590)
19.8 库仑定律中的常数	(592)
19.9 电荷守恒	(596)
19.10 电子电荷与其他物质粒子的电荷	(597)
第二十章 电荷在电场中的能量和运动	(606)
20.1 电子与质子质量的确定	(606)
20.2 电流	(612)
20.3 电流的电解测量	(615)
20.4 关于能量转换、电力与基本电荷的实验验证	(619)

20.5	电动势和电池供给的能量	(620)
20.6	电池、伏特和安培	(624)
20.7	小结	(627)
第二十一章 电路		(633)
21.1	导体、电池与电势差	(633)
21.2	电势差测量	(638)
21.3	电势差与能量的进一步验证	(639)
21.4	电流与电势差的关系	(640)
21.5	电路的整体分析	(645)
第二十二章 磁场		(657)
22.1	磁针	(657)
22.2	磁铁的磁场与电流的磁场	(658)
22.3	磁场的矢量合成	(663)
22.4	电流在磁场中所受的力——磁场强度单位	(666)
22.5	电流计和电动机	(670)
22.6	磁场作用于运动带电粒子上的力	(672)
22.7	利用磁场测量带电粒子的质量	(676)
22.8	α 粒子	(681)
22.9	载电流长直导线附近的磁场	(683)
22.10	磁环流	(684)
22.11	均匀磁场	(686)
第二十三章 电磁感应和电磁波		(698)
23.1	感生电流	(698)
23.2	相对运动	(700)
23.3	磁通变化	(701)
23.4	感应电动势	(707)
23.5	感应电动势的方向	(709)
23.6	变化磁通周围的电场	(709)
23.7	变化电通量周围的磁场	(713)
23.8	电磁辐射	(717)

23.9	电磁辐射的证据;电磁波谱	(724)
第二十四章	卢瑟福原子	(734)
24.1	α 粒子的偏转和卢瑟福原子模型	(735)
24.2	α 粒子在原子核电场中的轨道	(739)
24.3	散射的角分布	(742)
24.4	由散射得到的其他知识	(748)
第二十五章	光子	(757)
25.1	光的粒子性	(757)
25.2	光电效应	(761)
25.3	爱因斯坦对光电效应的解释	(765)
25.4	光子的动量	(770)
25.5	几率事件的规律性	(772)
25.6	粒子性和干涉	(774)
25.7	光子和电磁波	(776)
第二十六章	原子和光谱	(784)
26.1	原子的稳定性	(784)
26.2	弗兰克和赫兹的实验;原子能级	(787)
26.3	原子光谱的剖析;激发和发光	(791)
26.4	吸收光谱	(796)
26.5	氢原子的能级	(799)
第二十七章	物质波	(806)
27.1	物质波的证据	(807)
27.2	物质的波动性在什么情况下是重要的?	(812)
27.3	光和物质	(815)
27.4	波到底是什么?	(817)
27.5	驻波	(818)
27.6	“箱”中的粒子	(821)
27.7	氢原子的驻波模型	(823)
附录一	带 $\dagger$ 号习题解答	(831)
附录二	带 $*$ 号习题答案	(840)

第十八章 有关电学现象的若干定性论述

我们已经知道，每一个物体都以一种叫做万有引力的力吸引其他物体。这种万有引力的作用，只有当相互作用的物体中至少有一个具有巨大质量时，例如像一颗行星那样，才有实际的效果。但是，万有引力并不是作用于相距一定距离的物体之间的唯一力。有时其他一些力还要大得多。一个小磁铁能反抗整个地球的万有引力的吸引作用，把桌面上的铁钉吸起。在衣袖上摩擦过的梳子能吸起纸屑。这些分别是磁力与电力的实例。

虽然自古以来就知道这些力的存在，但是对电学与磁学的系统研究，只是到了十五、六世纪才有所进展。直到上个世纪末，物理学家才对这些学科获得了明确的认识，几乎从来没有一门科学的成就能像电磁学具有如此广泛而深远的影响。电磁学有大量的实际应用，电力的利用和电信的发展，改变了我们的整个生活方式。在科学方面，我们已经认识到电的作用力支配着原子与分子的结构，电也参与了许多生物的过程，例如神经与大脑的机能。

18.1 带 电 物 体

现在我们来观察一些电现象的基本事实，并讨论对它们的解释。让我们从一个简单的电学实验开始。用一块丝绢摩擦一个玻璃棒，然后将玻璃棒水平地放在一个用丝线悬挂的铎形架上。再摩擦第二个玻璃棒，并将它靠近第一个玻璃棒，

这两个棒就会互相排斥。

用毛皮摩擦两个塑料棒重作这个实验，这两个塑料棒与两个玻璃棒一样也互相排斥(图 18.1)。

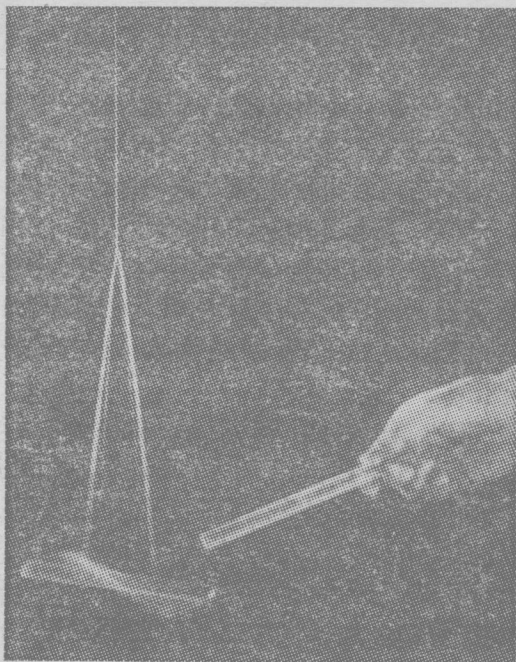


图 18.1 两个带电的塑料棒靠近时互相排斥。此照片是当一个塑料棒移近另一个塑料棒时长时曝光拍摄的。排斥力将悬挂的棒的近端推开。

最后，用丝绸摩擦一个玻璃棒，用毛皮摩擦一个塑料棒，将其中一个放在悬挂的铰形架上，并把另一个靠近它。现在我们发现这两个棒互相吸引。

我们可以用一些其他物质作类似实验。用同样方法带电的同种物质的物体总是互相排斥的。不同的带电物体可能互相吸引，也可能互相排斥。

我们发现带电物体共分为两类,仅仅存在两种带电状态:一种与上例中的玻璃棒带电状态相类似;另一种与上例中的塑料棒带电状态相类似。按照起源于富兰克林的习惯说法,我们说玻璃棒和所有与玻璃棒带电性质相同的带电物体都是带正电的;塑料棒和所有与塑料棒带电性质相同的带电物体都是带负电的。任何两个带正电的物体,正像两个带电的玻璃棒一样,将互相排斥。同样,任何两个带负电的物体也互相排斥。任何一个带正电的物体都吸引任何一个带负电的物体。使用“正的”和“负的”名称,是因为相邻的带正电与带负电的两个物体作用于任何第三个物体上的力,总是趋向于互相抵消。

18.2 用验电器做的一些实验

我们经常把不同的物质分成两类:一类是电的导体;另一类是电的绝缘体。这种分类是根据类似于下面我们将讨论的一些实验而确定的。假设我们用一条丝线悬挂一个轻的镀金属膜的小球,然后将一金属棒水平地放在一个玻璃或塑料支架上,并使棒的一端与球接触。然后使一玻璃棒带电,并用它接触金属棒的另一端。当我们用玻璃棒接触金属棒时,小球将摆动离开金属棒。我们用一个塑料棒代替金属棒重做这个实验,此时小球并不离开(图 18.2)。因此,我们发现金属棒与塑料棒的作用是不同的。

凡是与这实验中的金属性质相类似的物质,我们称它们为导体。与塑料性质相类似的物质称之为绝缘体。

验电器是一种用来测试电荷存在,比轻的镀金属膜小球更为灵敏的仪器。这种仪器的最简单形式是老式金箔验电器。它由一个玻璃容器内悬挂在金属棒下端的两片金箔构成(图

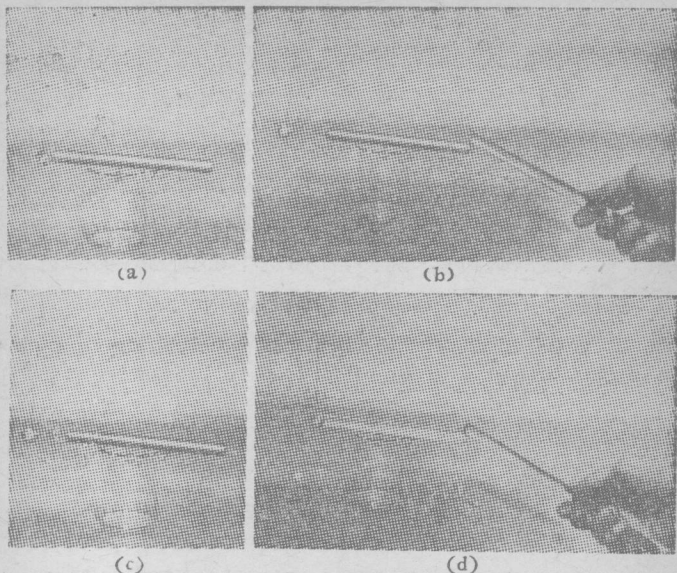


图 18.2 (a) 在烧杯上的金属棒与轻的镀金属膜的小球相接触。(b) 用一带电棒与金属棒一端相接触, 在棒另一端的小球被排斥离开金属棒。(c) 带电棒移去后金属棒仍然排斥小球。(d) 用一塑料棒代替金属棒重复这个实验, 小球静止不动。

18.3). 我们现在来说明它的工作原理。

如果我们用一个带电的塑料棒去接触验电器金属棒上端的小球, 则两片金箔立即张开。这是怎么回事呢? 原来负电荷从塑料棒移到了金属棒上, 并立即分布到两片金箔上。两片金箔互相排斥, 是因为两片金箔都带了负电荷。由于金箔极轻, 因而很少的电荷就足以使两片金箔张开到可观察到的张角(如果我们用丝绸摩擦过的玻璃棒代替塑料棒, 两片金箔也要张开。但在这种情况下, 金箔带的是正电)。

如果使一验电器带电, 然后用一个有绝缘柄的、不带电的金属球与验电器的小球相接触(图 18.4), 则两片金箔将下落一点儿, 这是因为我们用金属球取走了一些电荷的缘故。电

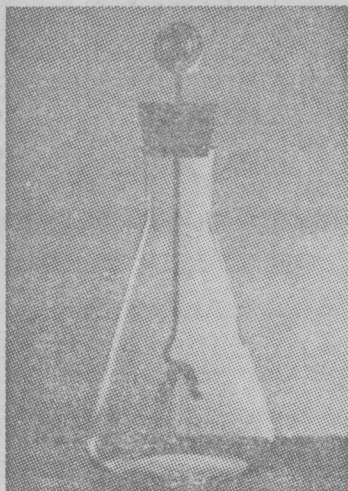


图 18.3 金箔验电器。两片金箔由于带电而张开。

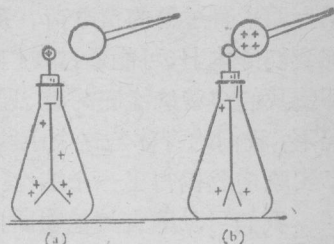


图 18.4 (a) 一个带电的验电器的两片金箔强有力地互相排斥。(b) 用一个带有绝缘柄的金属球接触验电器的小球后,电荷在金属球和验电器之间重新分配,两片金箔显著地下落。

荷在验电器和金属球之间重新分配。用一个较大的金属球再作这个实验,则两片金箔下落得会更多些,因为较大的金属球能取走更多的电荷。若将验电器小球用导线与一个大金属球连接起来,也能产生同样结果。有些电荷会沿着导线跑到大球上去。若用一个很大的球,几乎所有电荷都将跑到大球上去,而在验电器上留下的电荷太少了,以致两片金箔完全下垂。我们可以用能够得到的最大球体——地球来作这个实验。当我们把一个带电的验电器与地球连接时,几乎所有电荷都跑光了,没有留下一点电荷,因而觉察不到它们。(这种与地球分配电荷的过程通常叫做“接地”。)¹⁾

虽然人体没有地球那样大,但是人体也是一个导体。如

1) 地球具有某些非导体的碎块——沙粒、岩石等,但是在地下有大量良好的导电物质,所以电荷可以很快地分布到整个地球。金属管道,例如自来水管之类,经常起着与地下导电区域连接的作用。

果我们先使验电器带电,然后用手指去触摸验电器小球,则验电器的两片金箔也会完全下垂。如果在验电器的金属棒与金箔上原来有过量的负电荷,那么这些负电荷必然有一部分跑到我们身体上,可能通过我们的身体而传到地面上去。但是,即使我们穿着绝缘底的鞋,验电器金箔也将下落。在这种情况下,我们的身体与这个小验电器共同分配这些电荷。从这个实验中我们得出一个结论:人体是电的导体。

我们可以确定其他物质中哪些是导体。例如,我们再使验电器带电,并用一根石墨棒,例如铅笔芯,与验电器小球相

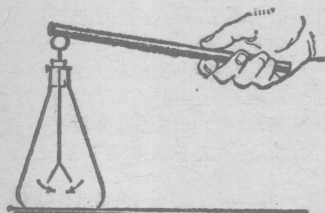


图 18.5 用一根石墨棒接触带验电器小球时,两片金箔下落,说明人体和石墨都是导体。

接触(图 18.5),则验电器的两片金箔立刻下落,这表明石墨也是一种导体。另一方面,如果我们用不带电的玻璃棒、硬橡皮棒、瓷棒或塑料棒与带电的验电器小球相接触,则这个验电器的两片金箔并不下落。这些物质都是电的绝缘体。如果我们用木质火柴杆与这个验

电器的小球相接触,则两片金箔将下落,但下落得很缓慢。显然电荷可以在木材中移动,但不如在金属中移动得那样容易;木材对电荷运动的“阻力”比金属大得多。

18.3 静电感应

为了使电荷在导体中运动,我们不一定要使导体与带电体相接触。若取两个金属棒放在绝缘架上,使它们接触而形成一个长导体,如图 18.6 和图 18.7 所示。然后我们将带正电的玻璃棒移近这长导体一端,则玻璃棒上的正电荷将吸引导

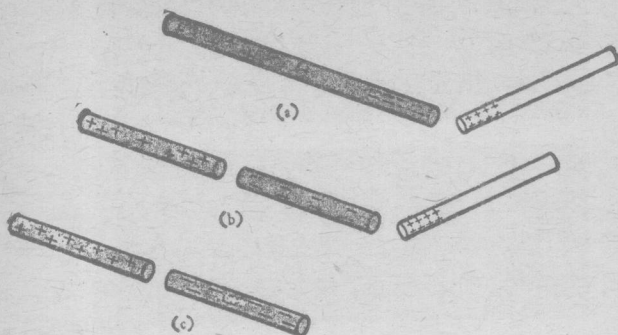


图 18.6 静电感应。(a) 两个金属棒相接触；一个带正电的物体位于其近旁。负电荷被吸引至右边，把正电荷留在左边。(b) 带电体仍在近旁，把二金属棒分开。右方金属棒带上负电荷，而左方金属棒带正电荷。(c) 把带电体拿走后，二金属棒仍然保留它们各自的电荷。

体中的负电荷而排斥其中的正电荷。结果导体近端将获得过量的负电荷，而远端则带有正电荷。现在仍令带正电的玻璃棒在原处，移动绝缘架使这两个金属棒分开。则近端的金属棒将带净负电荷，而远端的金属棒将带净正电荷。我们可以证实这个结论。将玻璃棒移开，取一个悬挂在线上的轻的带正电小球，我们看到，近端的金属棒吸引带正电的小球，而远端的金属棒排斥它。

如果我们再把这两个金属棒移到一起，则在棒的两端探测不出电荷。我们所分开的正负电荷，现在在两个棒上完全相互抵消了，我们说这两个棒是中性的（正像它们在实验开始前的情况一样）。

一个导体近旁存在带电体时，就会使这个导体上有正电荷和负电荷的分离，这种变化叫做静电感应。在导体不同部

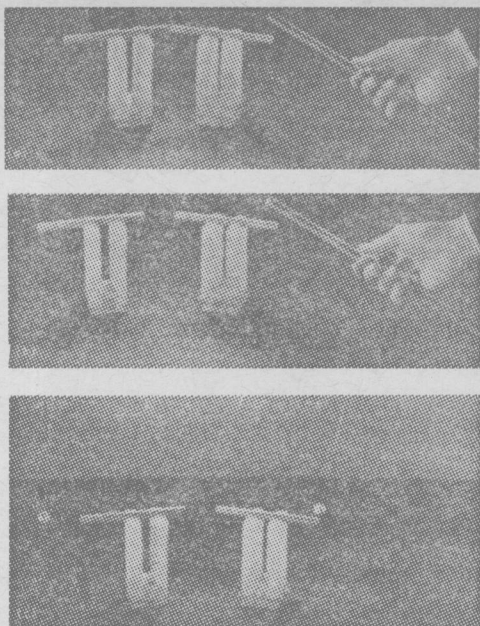


图 18.7 静电感应。(a) 两个金属棒相接触，带正电荷的物体位于近旁。(b) 分开二金属棒。(c) 用带正电荷小球测试每一个棒上所带的电荷。左侧的棒排斥小球，表明它带正电。右侧的棒吸引小球，表明它带负电。

位上所积聚的局部过多的正电荷和负电荷，叫做感应电荷。

利用静电感应，我们不须把被探测电荷移送到验电器上去，也可以用验电器探测出电荷的存在；事实上，我们甚至还可以确定电荷的正负。为了确定电荷的正负，首先使验电器带电，例如带正电。然后把未知电荷移近验电器的小球。若未知电荷是正的，则此电荷将在小球上感应出负电荷，这样将使两片金箔上的正电荷增加，结果将使金箔张开得更大些[图

18.8(a)]。反之，如果未知电荷是负的，则感应作用正好相反，金箔上的净正电荷将减少，两片金箔下落[图 18.8(b)]。

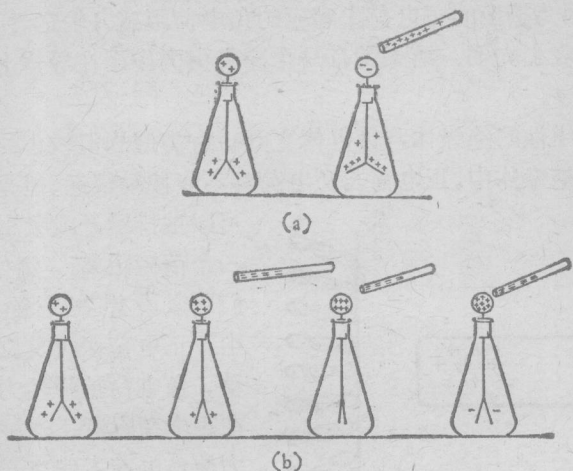


图 18.8 用验电器探测电荷，确定其正负。在 (a) 中把正电荷移近一个带正电的验电器，两片金箔的张角加大。在 (b) 的一系列图中，把负电荷逐渐移近带正电的验电器小球，越来越多的负电荷被排斥到两片金箔上，因而金箔逐渐下落。最后，如果大量负电荷离得很近，可能把如此多的负电荷排斥到金箔上，致使两片金箔带上净负电荷，其张角又会加大。

静电感应还可以使我们理解带电体作用于中性导体上的吸引力。假设带电体 A 带正电 (图 18.9)，它将在导体的近端

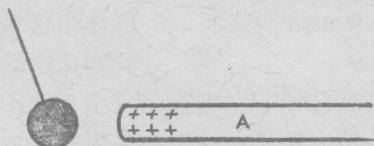


图 18.9 对中性导体的吸引作用。当一个中性导体靠近一个带正电的物体时，导体中负电荷被吸引至靠近正电荷的一端，而正电荷留在导体远端。由于感生负电荷距离带正电的物体较近，所以有净吸引力存在。

感应出负电荷,而在最远端感应出正电荷。感应的负电荷被 A 上的正电荷吸引,而感应的正电荷被 A 上的正电荷所排斥。但是,因为感应的正电荷比感应的负电荷距离 A 较远,所以排斥力比吸引力弱。结果就有一个净吸引力作用在导体上而把它拉向 A 。

在中性的绝缘体与带电体之间也有类似的但较小的吸引力。在绝缘体中,正电荷与负电荷都不能移动很远,但是它们

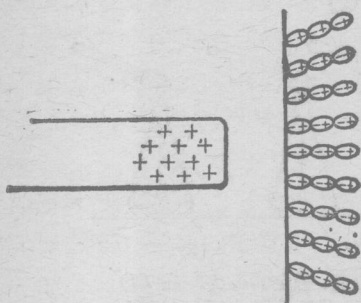


图 18.10 对中性绝缘体的吸引作用。一个带正电的物体位于一不带电的绝缘体近旁。在绝缘体内没有自由运动的带电粒子,但每一个分子中的正电粒子与负电粒子可以作微小位移。这样,所有负电粒子距离带正电的物体都略微近些,因而也会产生净吸引力。注意,事实上分子和它们的电荷都是非常小的。此图所用的比例远非实际情况。

可以被排斥开或吸引过来一个很短距离。例如,我们可以设想在一绝缘体中,正电荷保持其位置不动,负电荷被弹性力束缚在正电荷附近。这种弹性力使负电荷不能离开正电荷太远。但是,当我们把一个带正电荷的物体移近绝缘体时,负电荷还是要被吸向带电体。结果负电荷离开正电荷而移动一个短距离,从而中和吸引它的电荷(图 18.10)。由于绝缘体中负电荷距离带正电的物体比其相对应的正电

荷略微近些,所以,作用于它上面的吸引力比作用在正电荷上的排斥力也略大些。结果在这个绝缘体与带正电的物体之间出现一个净吸引力。

18.4 电 荷 模 型

现在让我们建立一个模型来说明上面讲过的各种电现象。

首先,我们自然可以设想,两物体之间的作用力是它们各个组成部分之间诸作用力的矢量和。由于两个带电物体相互吸引,或相互排斥,所以我们可以假设在组成这两个物体的某些部分之间也存在类似的吸引力或排斥力。因为有带正电的和带负电的两种物体,所以我们假设原子含有两种类型的粒子:带正电粒子与带负电粒子。同符号粒子互相排斥,异符号粒子互相吸引。

通常“不带电的”物体互相靠近时,在它们之间并不存在可察觉到的电作用力。这并不意味着我们必须放弃物质内存在正、负两种带电粒子的概念。因为一个带正电粒子和一个带负电粒子作用于任何第三个带电粒子上的力方向相反,所以,它只能说明这两种粒子的作用力互相抵消了。我们甚至可以用这种方式描述中性原子。若一个物体的每个小体积都是中性的,则其全部带电粒子作用于物体外部任何带电粒子上的合力是零。虽然一个物体平均来说是中性的,但是可以有局部的电荷积聚。当带电粒子靠近这一局部时要受到力的作用。

如果我们对一个中性物体加进一些正电粒子,此物体就不再是中性的了。正电粒子的效应将大于负电粒子的效应,于是我们说这个物体带正电。我们也可以通过取走一些负电粒子而使正电粒子有超量,来使一个物体带正电(同样,我们也可以对一个中性物体加进一些负电粒子或移走一些正电粒子,使这中性物体带负电)。