

电工学讀本

苏联 B.E.基塔耶夫等著

水利电力出版社

.....	5
第一章 概論	7
第1节 物質結構的电子理論概述(7)	
第2节 电荷的相互作用、庫倫定律(8)	
第3节 物体帶电(10)	
第4节 电場、电位(12)	
第5节 电場强度(14)	
第6节 电流的概念(15)	
第7节 导体、絕緣体和半导体(17)	
第8节 电容、电容器(20)	
复习題(28)	
第二章 直流电	29
第1节 直流电路(29)	
第2节 电动势(30)	
第3节 电阻(30)	
第4节 欧姆定律(34)	
第5节 克希荷夫第一定律(39)	
第6节 电阻的串联(40)	
第7节 电阻的并联(41)	
第8节 电阻的混联(44)	
第9节 克希荷夫第二定律(45)	
第10节 电流的功及功率(49)	
第11节 有效系数(效率)(51)	
第12节 楞次-焦耳定律(52)	
第13节 載流导体的发热(54)	
第14节 电弧(56)	
第15节 电流的化学效应(57)	
第16节 迦伐尼电池(60)	
第17节 蓄电池(65)	
第18节 温差电学(73)	
复习題(75)	
第三章 电磁及电磁感应	77
第1节 磁铁(77)	
第2节 磁极的相互作用、磁場(78)	
第3节 电流的磁場(80)	
第4节 磁的概念、磁化过程(81)	
第5节 电磁铁及其应用(83)	
第6节 电流和磁場的相互作用、磁感应强度(86)	
第7节 磁通、磁化过程(89)	
第8节 电磁感应(91)	
第9节 自感、互感、渦流(95)	
复习題(102)	
第四章 單相交流电	103
第1节 交流电的产生(103)	
第2节 正弦波形电动势(106)	
第3节 周期和頻率(107)	
第4节 电流和电压的有效值(109)	
第5节 相角差(109)	
第6节 交流电路中的电阻(112)	
第7节 交流电路中的感抗(114)	
第8节 交流电路中的电阻和感抗(117)	
第9节 交流电路中的电容(119)	
第10节 交流电路中的电阻和容抗(121)	
第11节 交流电路中的电阻、感抗和容抗(123)	
第12节 电阻、电感和电容的并联(125)	
第13节 交流电功率(128)	
习 題(130)	
复习題(131)	

第五章 三相交流电.....

第1节 三相制的形成(132) 第2节 星形

角形联接(138) 习 题(141) 复习题(142)

第六章 电气测量仪表和电气测量.....

第1节 概述(142) 第2节 磁电式仪表测量范围的扩大确定电能产

3节 电流的测量(148) 第4节 电压的测量(150) 第 仪表(154) 复习题(156)

第七章 变压器.....157

第1节 变压器的概述(157) 第2节 变压器的作用原理和构

造(158) 第3节 变压器绕组的电动势(161) 第4节 变压器的空

载(164) 第5节 变压器的工作状态(166) 第6节 变压器的效率

(168) 第7节 三相变压器(168) 第8节 自耦变压器(170) 复习题(171)

第八章 感应电动机172

第1节 旋轉磁場(172) 第2节 感应电动机的構造(177) 第3节

感应电动机的作用原理(180) 第4节 感应电动机帶負載工作(182)

第5节 感应电动机的起動(184) 第6节 感应电动机轉速的調节 (187) 复习题(189)

第九章 交流发电机190

第1节 構造原理(190) 第2节 具有旋轉感应子的发电机(191)

第3节 发电机帶負載运行及电压的調节(194) 复习题(197)

第十章 直流电机197

第1节 概述(197) 第2节 直流电机的作用原理(199) 第3节

电樞繞組的制作(201) 第4节 电樞反应(202) 第5节 发电机的

电动势和电机的类型(204) 第6节 直流电机的轉矩和功率(205)

第7节 他激式发电机(206) 第8节 并激式发电机(209) 第9节

串激式发电机(211) 第10节 复激式发电机(212) 第11节 直流电

动机概述(213) 第12节 并激式电动机(215) 第13节 串激式电

机(217) 第14节 复激式电动机(219) 第15节 直流电机中的損失

和效率(219) 复习题(221)

第十一章 整流器221

第1节 电动发电机(221) 第2节 半导体整流器(222) 第3节

电子管整流器(231) 第5节 气体中电
流的 (237) 复习题(241)

第二章 电器242

第1节 插座及插销(242) 第2节 开关(242) 第3节 闸刀开关
第一章 概 第4节 转换开关(244) 第5节 保险器(245) 第6节 自
第1节 (248) 第7节 变阻器(249) 第8节 接触器(252) 第9节
磁力起动器(253) 第10节 机器自动作业线的概念(255) 复习题
(257)

附 录259

內 容 提 要

本書系根据教学大纲写成，可作为非电工专业的技工学校和該学生的教材。

書中包括电工学概論及变压器、感应电动机、交流发电机、直流电机、整流器和电器等构造的概述。

对本書的意见請寄莫斯科霍洛夫斯基街七号劳动后备出版社。

苏联劳动后备总管理局专业技术教育教材編审委员会
批准作为非电工专业技工学校教材

В.Е.КИТАЕВ В.К.ПЕТРОВ Л.С.ШЛЯПИНТОХ
ЭЛЕКТРОТЕХНИКА
ТРУДРЕЗЕРВИЗДАТ МОСКВА 1956

苏联В.Е.基塔耶夫 В.К.彼特罗夫
Л.С.斯良宾托赫著

电 工 学 讀 本

根据苏联劳动后备出版社1956年莫斯科增訂本第2版翻譯

金 鳴譯

*

1260D357

水利电力出版社出版(北京西便門外大街二里溝)

北京市書刊出版業營業許可證出字第104号

水利电力出版社印刷厂排印 新华書店发行

*

850×1168 $\frac{1}{2}$ 开本 * 8印張 * 214千字

1956年8月北京第1版 1958年11月北京增訂本第2版

1958年11月北京第4次印刷(59,161—79,260册)

統一書号:15143·1039 定价(第8类)0.91元

PDC

引 言

电工学是一门在技术上应用电气现象的科学。它确定电能产生、输送、分配及变换的规律。

电工学之所以发展，是由于人们在电气现象的理论和实际研究方面付出了巨大的劳动。

伟大的俄国学者 М.В. 罗蒙诺索夫进行了大气电的研究工作。

法国学者安德列·安培确定了电流、电动势和电阻的概念。乔治·欧姆发现水流与电流相似的情况后，提出电流、电动势和电阻三者关系的基本定律。

由于这些发现，古斯塔夫·克希荷夫才能确定分路中电流的定律，以及提出电路实际计算的方法。从英国工人变成学者的天才的麦卡尔·法拉第抱定决心要把“磁变成电”，结果发现了电和磁现象的相互关系。

俄国学者 Б.С. 雅柯比发明了电动机；Э.Х. 楞次院士研究出感应电流的方向与其相互作用力的关系。

俄国工程师 П.Н. 亚布洛奇可夫和 А.Н. 罗得根首创电气照明设备。

亚布洛奇可夫和罗得根的发明，对电工学的发展及其实际应用有巨大的贡献。

杰出的工程师-发明家 М.О. 多里沃-多勃罗沃里斯基设计出三相感应电动机、三相发电机及三相变压器。他又研究出三相输电的基本问题。

发明家 Н.Н. 别那尔道斯及 Н.Г. 斯拉维诺夫实际利用电弧来熔焊和切割金属。无线电是伟大的学者 А.С. 波波夫发明的。著名的苏联学者 С.И. 瓦维罗夫（日光灯发明者）、В.П. 沃罗格金（使用金属高频加热的创始人）及 К.И. 沈费尔（电机方面的著

作家和发明家)在发展电工学方面都作出巨大的贡献。

В.И.列宁非常重视电气化事业，他說：“共产主义就是苏維埃政权加上全国电气化”。

在列宁的倡議下，俄罗斯国家电气化委员会(ГОЭЛРО)于1920年拟定了电气化计划，該计划由第八次全俄苏維埃代表大会批准。在几个五年计划期間，該计划已超额完成。苏联已成为一个电气化国家。

电工学之所以能在国民經济中起着巨大的作用，是因为电能很容易轉变成另一种能量，并能远距离輸送；利用电气設備可以使生产过程自动化，把人們从笨重的体力劳动中解放出来。

电能的主要来源是电机，即安装在发电厂內的发电机。

在火力发电厂中在鍋炉內燃燒石油、煤、泥煤等取得汽能來轉动发电机；在水力发电厂中則利用水力來使发电机旋轉。

在第一种情况下，蒸汽进入汽輪机；第二种情况下，水进入水輪机。汽輪机(或水輪机)及发电机常是共用一軸，蒸汽或水旋轉汽輪机(或水輪机)时，同时旋轉发电机，发电机便將蒸汽、或水的机械能变为电能。

发电厂中发电机所产生的电能，在变电所中变为高压电能，并沿架空輸电綫路或电纜綫路輸送给远方的用戶。然后高压电能又在变电所中变为低压电能。电流从变电所沿架空綫路和电纜綫路送入工厂、城市和乡村的房舍，作为电动机、照明設備、电热用具之电源。

第一章 概 論

第1节 物質結構的电子理論概述

所有物質，不論是簡單的或复杂的，均由許多分子構成，而分子又由許多原子構成。

象銅、鋁、鋅、鉛等一类的簡單物質是由該物質同一元素的原子構成。也就是說，銅分子中只包含銅原子，而鋁分子中也只包含鋁原子。复杂物質的分子是由組成該物質的各元素的原子構成。譬如，食鹽（氯化鈉）是由氯原子和鈉原子構成，水分子中包含氫原子和氧原子。

分子和原子的体积是非常小的。最輕元素——氫原子的直徑大約等于 $\frac{1}{100,000,000}$ 厘米。假如把氫原子排成一列，一万万个氫原子才有一厘米長。每一个原子有一个原子核。原子核由質子和中子組成。原子核的四周有电子在不間断的运动。电子、質子和其他原子中的微粒的大小，是用比微米小許多倍的測量單位來測量的。这些單位就叫做毫微米和埃。

$$1 \text{ 微米} = \frac{1}{1,000} \text{ 毫米。}$$

$$1 \text{ 毫微米} = \frac{1}{1,000} \text{ 微米。}$$

$$1 \text{ 埃} = \frac{1}{10} \text{ 毫微米。}$$

在平常狀態下硅原子的半徑等于1.2埃，也就是0.12毫微米。

在一般情况下，所有物質的原子中所包含的質子和电子的数目相等。譬如，氫原子是由一个質子和一个电子組成，而鉛原子有82个質子和82个电子。电子帶負电荷，質子帶正电荷。

包含在各种化学元素原子中的电子数目，与該元素在Д.И.

門捷列夫周期表中的序数相符。电子和質子所帶的电荷数量相同,而电子的重量大約为質子重量的 $\frac{1}{1,840}$ 之一。中子不帶电,其重量与質子的重量相等。

現在我們来研究若干元素的原子結構,作为例子。在門捷列夫周期表中序数为13的鋁原子的結構图(图1)可看作是一圓核,核內有十三个質子,核四周有十三个电子,分三层^①分布。第一层有兩個电子,第二层有八个电子,离原子核最远的第三层有三个电子。

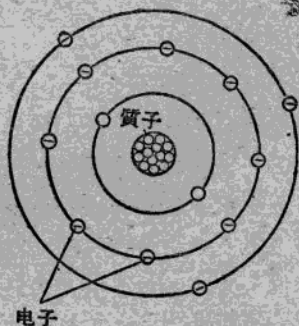


图1 鋁原子的結構图

原子序数为29的銅原子有二十九个电子和同样数目的質子。銅原子的电子分四层分布在原子核的周圍。在第一层有兩個电子,第二层八个,第三层十八个,离原子核最远的第四层有一个电子。离原子核最远一层的电子数目与該元素在Д.И.門捷列夫周期表中所屬的“类”数相符。而原子所有电子所帶的負电荷与原子核中所有質子所帶的正电荷相等。

第2节 电荷的相互作用、庫倫定律

电荷相互作用着。这种相互作用就是同性电荷相斥,异性电荷相吸。数量相等的正电荷与負电荷相互中和。

因此,在平常状态下整个原子和物質不呈現电性,或者说电性中和。电荷的相互作用力用庫倫定律来确定,而且兩作用力的方向是在連接兩电荷集中点的直綫上。

根据此定律,兩电荷的相互作用力与兩电荷电量的乘积成正比,与兩电荷之間距离的平方成反比,并与兩电荷之間的介質有关。

① 电子层——电子运动的区域。

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon_r} \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{R^2}.$$

在上述庫倫定律的公式中，电荷的相互作用力用字母 F 表示，測量單位为牛頓^①；每一电荷的电量用字母 q_1 和 q_2 表示，測量單位为庫倫；而兩电荷之間的距离用字母 R 表示，測量單位为米。系数 $\frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon_r}$ 是代表兩相互作用的电荷所处空間的介質的电性值。在此系数中 ϵ_0 为介电常数，在实用單位制 (MKCA) 中 ϵ_0 的測量單位为法拉第/米 (Φ/M)，真空时 $\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12}$ 法/米，至于其他介質的 ϵ_0 都要比真空大。 ϵ_r 值表示电荷的相互作用力比电荷在真空时作用力所小的倍数，其名称为相对的介电常数。

ϵ_r 值就是該物質的介电常数与真空介电常数之比，

$$\epsilon_r = \frac{\epsilon_{0\text{物質}}}{\epsilon_{0\text{真空}}}, \text{ 真空时 } \epsilon_r = 1.$$

若干物質的相对介电常数 ϵ_r 列入下表中：

次 序	物 質 名 名	相 对 介 电 常 数
1	真空	1
2	云母	6~7
3	陶瓷	6.5
4	大理石	10
5	涂蜡紙	2.2

兩电荷在真空中的相互作用力为 F ，假如在此兩电荷之間放入大理石，那末它們的相互作用力就要小 ϵ_r 倍，也就是为真空时作用力的十分之一。这就是說，兩电荷的相互作用力可以当作 $\frac{F_{\text{真空}}}{\epsilon_{r\text{物質}}}$ 的比值求出。

例：兩电荷的相互作用力在真空中为 0.306 牛頓 (306 克)，如將兩电荷之間的空間填以云母，試求此兩电荷的相互作用力。

解：由上述表中查出，云母的相对介电常数 $\epsilon_r = 6$ 。

① 牛頓 = 102 克力。

兩電荷的相互作用力 $F = \frac{F_{\text{真空}}}{\epsilon_{\text{物質}}} = \frac{0.306}{6} = 0.05/\text{牛頓}$ ，也等於 52 克（為真空中作用力的六分之一）。

由庫倫定律的定義得出：大電荷間的相互作用要比小電荷強；兩電荷之間的距離愈大，相互作用力愈弱。譬如，兩電荷間的距離增大至八倍，則相互作用力減為六十四分之一。兩電荷距離若減為九分之一，則相互作用力增大至八十一倍。

第3節 物體帶電

大家都知道，電子距離原子核各有遠近。因此，根據庫倫定律，距原子核最近的電子電荷與質子電荷的相互作用力比距原子核最遠的電子與原子核的相互作用力要強得多。

假如有一個或若干個與原子核聯繫較弱的帶負電荷的電子“脫離”某一物質的原子，那麼該物質即帶正電。

反之，假如某物體的原子中電子數目多於質子數目，那麼此物體即帶負電。

摩擦生電 利用摩擦(圖2)、光能和加熱可以使各種硬性物質的原子中的電子數目改變。用綢子摩擦玻璃棒，玻璃和綢就帶不同符號的電荷。玻璃原子的部分電子轉入綢子的原子中，因此，

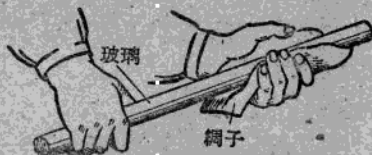


圖2 物質摩擦可以帶電

失去電子的玻璃就帶正電荷；相反地，有富餘電子的綢子就帶負電荷(圖3)。用毛皮摩擦硬橡膠棒，毛皮原子的若干電子就轉入硬橡膠的原子中。奪得這些電子的硬橡膠就帶負電。

電荷可以從一物體傳給另一物體。假若用帶電荷的棒接觸驗電器的小球(圖4)，我們就可以看到驗電器兩葉片張開。這就表示固定在驗電器杆上的小球和兩葉片均帶同性的電。根據驗電器兩葉片張開角度的大小，可判斷傳遞給小球的電荷數量。

光生電 A.Γ.斯托列托夫教授在1838年首先確定：某些物

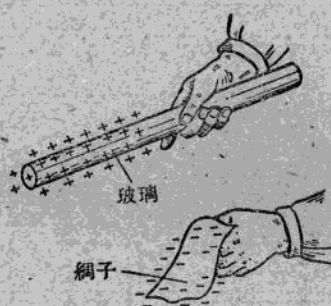


图3 玻璃和綢子各帶不同性的电

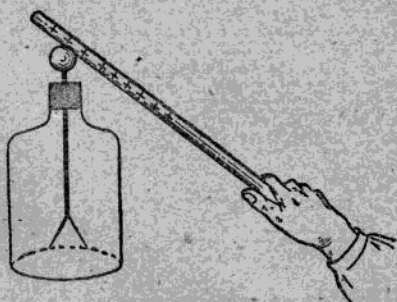


图4 帶电的棒向驗电器傳送电荷

質，如鋅、鋁、銻、鈉、鉛和鉀等在光的作用下会失去电子，因而帶正电。如果做下述的實驗，就可証实这一点。取一驗电器，拿掉杆頂的小球，將磨光的鋅圓盤固定在杆頂(图5)上。此时，鋅盤上沒有电荷，驗电器兩叶片落下。

假如用一光束对准圓盤，則驗电器兩叶片即相互排斥而張开。这就表明，圓盤上已出現电荷。現在再来确定圓盤所帶的电荷为正电荷。为此，將一帶負电荷的小棒接触驗电器，驗电器兩叶片立即落下，圓盤上的电荷消失。小棒的負电荷使圓盤补足所失去的电子，因此，圓盤不帶电了。做完上述實驗就可証明，鋅圓盤在光的作用下会失去电子。圓盤在电子不足的情况下帶正电。

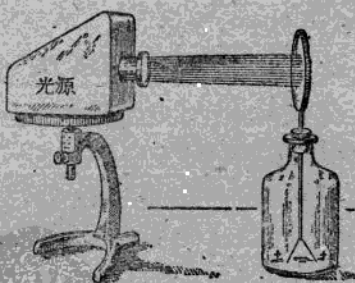


图5 在光的作用下鋅盤帶电

物質在光作用下失去电子的現象就叫做光电效应。光电管的作用就是利用这种現象。

热生电 金屬在过度加热的情况下电子也会飞出体外。金屬失去电子，就帶正电。

假如把金屬板 A (圖 6) 與預先充正電的驗電器相連接，則當燈泡中燈絲 K 加熱時，我們就可看到驗電器放電，兩葉片落下。

這種現象的原因如下：從熾熱的燈絲飛出帶負電荷的电子。這些电子經過金屬板 A 落到因缺少电子而帶正電的驗電器上。

當由燈絲 K 飛出的电子補足驗電器所缺的电子時，驗電器的正電荷即被中和（驗電器放電）。金屬過度加熱有电子逸出的現象就叫做熱電放射。电子管的工作原理就是利用這種現象（見第十一章）。

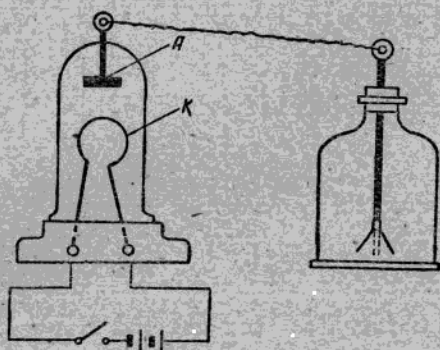


圖 6 燈絲加熱時驗電器放電

第 4 節 電場、電位

受某種力作用的空間，即可稱為此種力的作用場。引用這個概念來理解電場是十分恰當的，電場就是對任一置入其內的電荷呈現機械作用力的空間。電場與電荷不可分割，有電荷就有電場。電場在電荷的四周，兩電荷就是因為電場的力才發生上述相互作用——相互排斥或吸引的現象。

不論電荷的大小，不論其置于何種介質或真空中，電荷的四周均會出現電場。

任一帶電體的電場都是由許多單個的單位電荷——質子和电子的電場所組成。電場用電力綫來表示。圖 7 中畫出正電荷和負電荷的電場。兩電量相同而符號相反的電荷所形成的電場的電力綫如圖 8 所示。

電位 將一電荷放入電場中時，為克服電場的作用力，將消耗一定的功。將一庫倫電荷放入電場某點所消耗的功就稱為電場

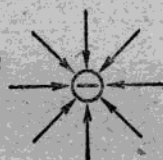
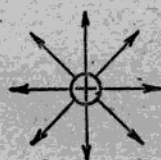


图7 正电荷和负电荷的电场

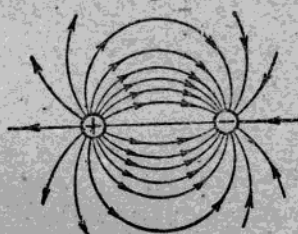


图8 异性电荷的电场

某点的电位，并以字母 U 表示。

由上述得知，电位 $U = \frac{A}{Q}$ 。电场力所做的功 A 用牛顿 $\times$ 米的单位来测量，而电量 Q 的测量单位为库伦。将此两单位代入上述公式，即得，电位 $U = \frac{\text{牛顿} \times \text{米}}{\text{库伦}}$ 。大家都知道，1 牛顿 $\times$ 1 米 =

1 焦耳。将此单位代入公式，即得 $U = \frac{\text{焦耳}}{\text{库伦}}$ (дж/к)。单位焦耳/库伦在电工学中称为伏特(伏)。因此，电位的测量单位为伏特。

电场各点的电位通常是与地电位相比较的。地电位等于零。假如电场中某点的电位高于地电位，那么，此点电位为正。若电场某点的电位低于地电位，则其电位为负。在电场中将电荷 Q 由 A 点移至 B 点时 (A 点的电位为 U_A ， B 点的电位为 U_B)，电场力所做的功将等于两电位之差；此两电位即该电荷在移动路程的始点和终点，也就是 A 点和 B 点所具有的电位。因此，电荷所做的功 A 可用以下公式表示：

$$A = Q(U_A - U_B).$$

两电位之差 $U_A - U_B$ 通常称为电压，并用同样的字母 U 表示，其测量单位与电位相同，为伏特。图9中示出某电荷形成的电场中的三点。 A 点电位 $U_A = 15$ 伏(对地而言)， B 点电位 $U_B = 10$ 伏，而 C 点电位 $U_C = -2$ 伏，试求三点相互之间的电位差——电压。 $U_{AB} = 15 - 10 = 5$ 伏； $U_{BC} = 10 - (-2) = 12$ 伏； $U_{CA} = -2 -$

$(+15) = -17$ 伏。

不难理解，將电荷由电场一点移到其他各点所做的功是不相同的。因此，电场各点之间的电位差也不相同。試求將电荷 $Q = 5$ 庫倫由 A 点移至 B 点，由 B 点移至 B 点和由 B 点移至 A 点所做的功。 $A_{AB} = Q \cdot U_{AB} = 5 \times 5 = 25$ 焦耳， $A_{LB} = Q \cdot U_{LB} = 5 \times 12 = 60$ 焦耳， $A_{BA} = Q \cdot U_{BA} = 5 \times 17 = 85$ 焦耳。

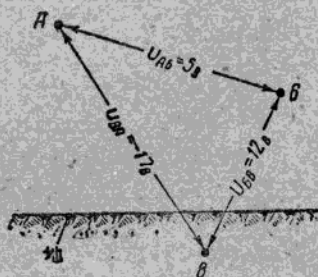


图9 电场各点间的电位差

由上述得知，电压是表示电荷在电场力作用下在此段位移上所做的功（以焦耳计）。

第5节 电场强度

电场中的任一点均用一定的电场强度来表示。电场对在其作用范围内的电荷 Q 之作用力 F 愈大，电场的强度 E 也愈大。电场内各点的强度可能不同。电场强度是电场对在其作用范围内电荷的作用力 F 与此电荷电量 Q 之比值。

$$\text{因而，电场强度} \quad E = \frac{F}{Q}, \quad (1)$$

式中 F ——电场对电荷的作用力，以牛顿计；

Q ——电荷电量，以库伦计；

E ——电场强度，以 $\frac{\text{牛顿}}{\text{库伦}}$ 计。

已知，电场作用力的功以焦耳计，等于作用力和位移长度的乘积。

$$1 \text{ 焦耳} = 1 \text{ 牛顿} \cdot 1 \text{ 米}$$

$$\text{由此公式得出} \quad F = 1 \text{ 牛顿} = \frac{1 \text{ 焦耳}}{1 \text{ 米}} (\text{дж/м})$$

將电场作用力 F 公式代入公式(1)，即得：

$$E = \frac{\text{焦耳}}{\text{米} \times \text{庫倫}} \quad (1a)$$

因为 $1 \frac{\text{焦耳}}{\text{庫倫}} = 1 \text{ 伏特}$ ，所以將公式(1a)中 $\frac{\text{焦耳}}{\text{庫倫}}$ 值以伏特代替，即得电場强度的測量單位 $\frac{\text{伏特}}{\text{米}}$ 。我們来举例計算一下，一电場对試驗电荷($Q=0.002$ 庫倫)作用力为 $F_1=0.5$ 牛頓，另一电場作用力 $F_2=0.3$ 牛頓，求此兩电場的电場强度。

大家都知道，电場强度 $E = \frac{F}{Q}$ 。因此，第一电場强度

$$E_1 = \frac{F_1}{Q} = \frac{0.5}{0.002} = 250 \text{ 伏特/米};$$

而第二电場强度

$$E_2 = \frac{F_2}{Q} = \frac{0.3}{0.002} = 150 \text{ 伏特/米}。$$

此外，要注意不要把“电場强度”和“电压”混淆起来。

电場强度是表示电場某一点对移入此点电荷的作用力，而电压则表示电場兩点間之电位差，也就是电荷由一点移至另一点时电場力所做的功。在研究电場时，我們要利用一些电气的和非电气的測量單位，其中包括伏特、庫倫、米、牛頓等。

以后，我們还将利用其他电量的測量單位。在苏联采用絕對电磁实用單位制。在这种單位制中長度單位为米，質量單位为千克，時間單位为秒，电流單位为安培。上述單位制就称为米-千克-秒-安培制(MKCA)。本書最后一頁的表中列出米-千克-秒-安培制中的一些电、磁和非电量的測量單位。

第6节 电流的概念

上面已講过，原子中的电子距原子核各有远近。因此，原子核的电場对电子的作用力也各不相同。

金屬中每一原子核的周圍都有一个或若干个与其联系較弱的电子。这类电子的一部分脫离自己的原子核，处于不規則运动的状态中，也就是向各个方向杂乱的移动。

这种电子通常叫做自由电子。

在电场力的作用下可使这些自由电子作有规则的移动，强使它们在一定的方向上运动。

自由电子在一定方向上的运动就叫做电流^①。

为了阐明和证实这一问题，可作以下的实验：使两验电器各带不同性的电荷，并使它们的两叶片张开的角度相等。用一有玻璃握柄的金属棒将此二验电器的小球连接起来，我们就可发现两验电器的叶片均落下(图10)。这就是说，两验电器上的电荷在用金属棒将它们联接时消失了。

这种现象的原因如下：大家都知道，金属中有自由电子。在金属棒上也有很大数量的自由电子。用金属棒联接两验电器时，在棒上的自由电子就受两球电荷的电场作用。

小球 a 的负电荷的电场排斥棒上的自由电子，而小球 b 上的正电荷的电场则吸引它们。在两电荷电场力的作用下电子向一定方向移动：从负电荷到正电荷。这就是说，金属棒上出现了电流。

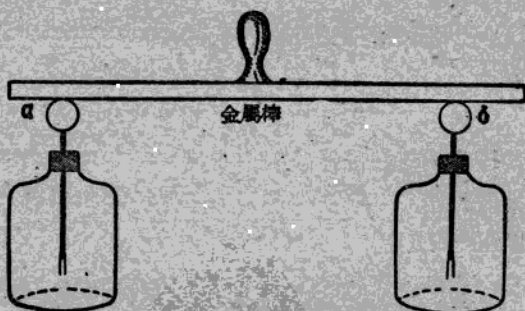


图 10 金属棒上有电流流过，验电器放电

在棒上电子的移动，即电流的通过是短促的，等到两球上的电子和质子数量相等，亦即它们不带电时即停止。由此实验可看出，电子在一定方向上运动，即电流是在金属棒两端电位不等的

① 这个电流定义仅适用于硬性(金属)导体。