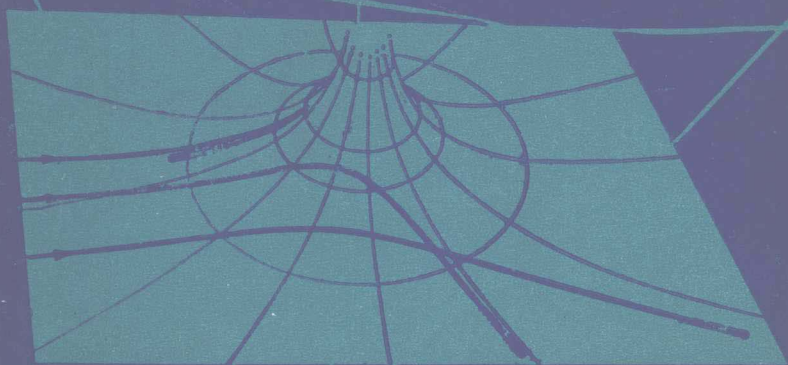


# PSSC 物理

## 摘要与题解

3



10

# 《 PSSC物理 》摘要与题解

第 三 册

王 忠 亮

四 川 人 民 出 版 社

一九八一年·成都

封面设计：邱云松

**《PSSC物理》摘要与题解（第三册）**

四川人民出版社出版 重庆印制一厂印刷  
四川省新华书店重庆发行所发行

开本850×1168毫米<sup>1/32</sup> 印张8.875 字数218千  
1981年3月第一版 1981年3月第一次印刷  
印数：1—26,760册

书号：7118·485

定价：0.93元

# 目 录

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 第十八章 电荷 .....           | 487 |
| 一、摘 要 .....             | 487 |
| 用带电物体和未带电物体做的一些实验 ..... | 487 |
| 静电感应 .....              | 488 |
| 电荷模型 .....              | 490 |
| 电池组 .....               | 491 |
| 微小电力的测量 .....           | 492 |
| 基本电荷 .....              | 496 |
| 电荷守恒 .....              | 498 |
| 二、题 解 .....             | 498 |
| 第十九章 库仑定律、电场强度和电势 ..... | 507 |
| 一、摘 要 .....             | 507 |
| 电力与距离和电荷的关系 .....       | 507 |
| 电 场 .....               | 507 |
| 均匀带电平板附近的电场 .....       | 509 |
| 两均匀带电平板间的电场 .....       | 511 |
| 电 势 .....               | 513 |
| 大型电秤 .....              | 515 |
| 库仑定律中的常数 .....          | 517 |
| 二、题 解 .....             | 518 |
| 第二十章 带电粒子在电场中的运动 .....  | 535 |
| 一、摘 要 .....             | 535 |
| 金属中的电荷、电子 .....         | 535 |
| 气体导电性, 离子 .....         | 536 |
| 电子的电荷 .....             | 536 |

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| 伏特和电子伏特 .....            | 537 |
| 加速的带电粒子 .....            | 538 |
| 带电粒子的偏转 .....            | 539 |
| 示波器 .....                | 540 |
| 电子质量和质子质量的测定 .....       | 542 |
| 二、题 解 .....              | 545 |
| <b>第二十一章 电路</b> .....    | 560 |
| 一、摘 要 .....              | 560 |
| 电 流 .....                | 560 |
| 电流的电解测量法: 安培 .....       | 561 |
| 电功和电功率 .....             | 562 |
| 电流与电势差的关系 .....          | 562 |
| 电路元件的串联和并联 .....         | 565 |
| 半导体 .....                | 566 |
| 稳压二极管 .....              | 568 |
| 一种简单的扫描电路 .....          | 569 |
| 电池的内阻和电源的功率 .....        | 571 |
| 电池电动势的测定 .....           | 572 |
| 二、题 解 .....              | 572 |
| <b>第二十二章 磁场</b> .....    | 598 |
| 一、摘 要 .....              | 598 |
| 磁铁的磁场和电流的磁场 .....        | 598 |
| 磁场的矢量叠加 .....            | 599 |
| 磁场作用于电流的力——磁场强度的单位 ..... | 600 |
| 磁场作用于运动电荷的力 .....        | 601 |
| 用磁场测量带电粒子的质量 .....       | 603 |
| $\alpha$ 粒子 .....        | 605 |
| 直长载流导线附近的磁场 .....        | 606 |
| 磁环流 .....                | 606 |
| 均匀磁场 .....               | 609 |

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| 二、题解 .....                   | 611 |
| 第二十三章 电磁感应和电磁波 .....         | 636 |
| 一、摘要 .....                   | 636 |
| 感生电流 .....                   | 636 |
| 相对运动 .....                   | 637 |
| 磁通变化 .....                   | 637 |
| 感生电动势 .....                  | 639 |
| 变化磁通周围的电场 .....              | 640 |
| 变化电通量周围的磁场 .....             | 642 |
| 电磁辐射 .....                   | 645 |
| 电磁辐射的证据; 电磁波谱 .....          | 649 |
| 二、题解 .....                   | 651 |
| 第二十四章 卢瑟福原子 .....            | 670 |
| 一、摘要 .....                   | 670 |
| $\alpha$ 粒子的偏转和卢瑟福原子模型 ..... | 670 |
| $\alpha$ 粒子在原子核电场中的轨道 .....  | 671 |
| 散射的角分布 .....                 | 674 |
| 由散射得到的其他知识 .....             | 676 |
| 二、题解 .....                   | 678 |
| 第二十五章 光子 .....               | 699 |
| 一、摘要 .....                   | 699 |
| 光的粒子性 .....                  | 699 |
| 光电效应 .....                   | 700 |
| 爱因斯坦对光电效应的解释 .....           | 702 |
| 光子的动量 .....                  | 704 |
| 几率事件的规律性 .....               | 706 |
| 粒子性和干涉 .....                 | 707 |
| 光子和电磁波 .....                 | 708 |
| 二、题解 .....                   | 709 |

|                        |     |
|------------------------|-----|
| 第二十六章 原子和光谱 .....      | 721 |
| 一、摘 要 .....            | 721 |
| 原子的稳定性 .....           | 721 |
| 弗兰克和赫芝的实验; 原子能级 .....  | 722 |
| 激发和发光 .....            | 724 |
| 吸收光谱 .....             | 725 |
| 氢原子的能级 .....           | 727 |
| 二、题 解 .....            | 728 |
| 第二十七章 物质波 .....        | 738 |
| 一、摘 要 .....            | 738 |
| 物质波的证据 .....           | 738 |
| 物质的波动性在什么情况下是重要的 ..... | 740 |
| 光和物质 .....             | 743 |
| 波到底是什么 .....           | 744 |
| 驻 波 .....              | 745 |
| “箱”中的粒子 .....          | 746 |
| 氢原子的驻波模型 .....         | 748 |
| 二、题 解 .....            | 750 |

## 第十八章 电 荷

### 一、摘 要

#### 用带电物体和未带电物体做的一些实验

假若我们用一条尼龙线悬挂一个轻的镀金属膜的小球，再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。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。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相类似的物质，我们称它们为导体，与塑料相类似的物质，称它们为绝缘体。

仍用上述装置，当我们使金属棒带电时，小球摆开。如果我们用具有绝缘手柄的未带电的金属物体与棒接触，悬挂的小球便略向棒摆回（图18—1）。这是因为金属物体取走了金属棒的一

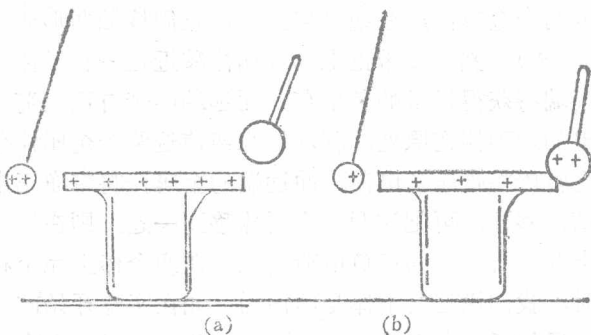


图18—1



些电荷，原来棒上的电荷，现在在棒和物体之间分配。如果绝缘手柄上的金属物体大一些，则小球更向棒靠近一些。这是因为较大的物体分配去较多一些电荷。如果用一根金属导线把大物体和金属棒连接起来，其结果也与大金属物体同金属棒直接接触一样，一些电荷将沿着导线从棒移至大物体。若用非常大的金属物体，可能全部电荷都移至此金属物体。我们能够利用的最大的而又方便的物体就是地球。当带电金属棒与地球连接时，实际上全部电荷将移至地球——剩下的电荷很不容易检测出来（与地球“分配”电荷的过程，常称为“接地”）。

如果使金属棒带电，然后你用手指接触金属棒，悬挂的球也要摆回棒端来。如果金属棒原来有过剩的负电荷，这些电荷必定跑到你的身体上，然后通过你入地。即使你穿的鞋是绝缘体，棒也会消失它的电荷。在这种情况下，你同棒和球“分配”电荷。从这个实验中我们得出结论，人体是一种导体。如果用木质火柴杆接触带电金属棒，棒将很慢地消失电荷。显然电荷能在木材中移动，但不象在金属中那么容易。木材对电荷的运动比金属有更大的“阻力”。

## 静 电 感 应

若取两个金属棒放在绝缘架上，使它们接触而形成一长导体（图18—2）。然后将带正电的玻璃棒移近这一长导体一端，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。如果把玻璃棒移开，再把这两个金属棒移到一起，则在棒的两端探测不出电荷。所分开的正负电荷，现在在两个棒上完全相互抵消了。这时，我们说这两个棒是中性的（如在实验开始前一样）。

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

8—21 图 18—2 所示，当带正电的金属棒靠近不带电的金属棒时，金属棒中自由电子受到排斥力而向远端移动，使远端聚集负电荷，近端聚集正电荷，这种现象叫做静电感应。

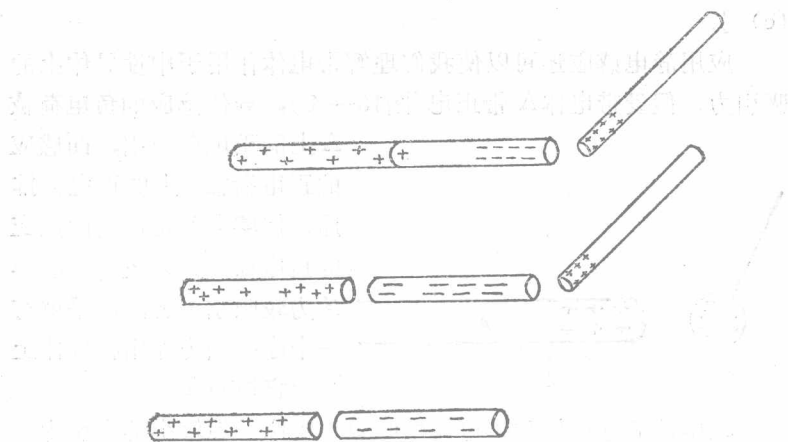


图18—2

负电荷的分离，这种变化叫做静电感应。在导体不同部位上所积累的局部过多的正、负电荷，叫做感应电荷。

应用静电感应，无须接触，就可以用前面所用的绝缘金属棒和悬挂的金属镀层小球来检验电荷的存在，还可以确定此电荷的符号。要这样做，我们先使金属棒带正电荷[图 18—3 (a)]，然后把未知的电荷靠近金属棒，如果“未知”电荷是正的，它将使靠近它的金属棒的一端感生负电荷，而在另一端增多正电荷，小球将摆离金属棒的一端更远些[图 18—3 (b)]。相反，如

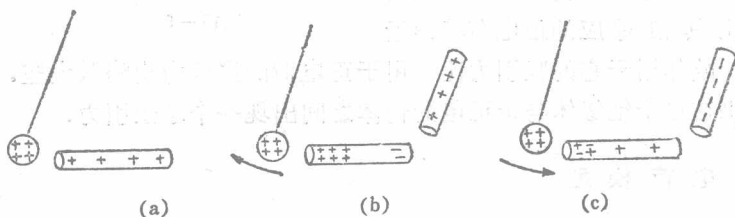


图18—3

果未知电荷为负，则小球将靠近金属棒邻近的一端 [图 18—3 (c)]。

应用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—4)，导体感应的负电荷被 A 上的正电荷吸引，而感应的正电荷被 A 上的正电荷排斥。但感应的正电荷比感应的负电荷距离 A 较远，故排斥力较吸引力弱，结果就有一个净吸引力作用在导体上而把它拉向 A。

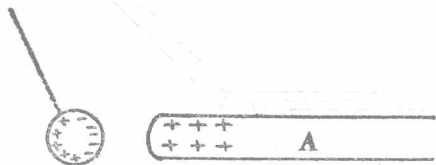


图 18—4

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、负电荷都不能移动很远，但是它们可以被排斥开或吸引过来一个很短的距离。

例如，我们可以设想在一绝缘体中，正电荷保持其位置不动，负电荷被束缚在正电荷附近不能离开太远。当把一个带正电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短的距离 (图 18—5)。由于负电荷距带正电的物体比其相对应的正电荷略微近些，故作用于它的吸引力比作用于正电荷的排斥力也略微大些。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。

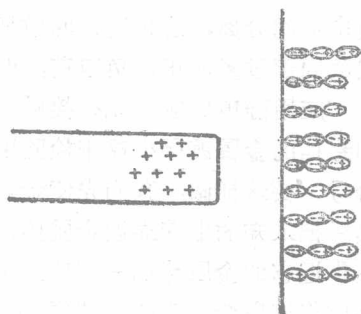


图 18—5

### 电 荷 模 型

我们来建立一种模型说明上面已讲过的各种电现象：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所有作用力的矢量和，由于两个带电体相互吸引或相互排斥，因而可以设想在组成这两个物体的某些部分之间也存在着类似的吸引力或排斥力。所以我们假设原子是含有正、负两种电荷的粒子。通常“不带电的”物体互相靠近时，在它们之间不存在可察觉的电力。这并不意味着物质内不存在正、负两种带电粒子。若一个物体的每个小体积都是中性的，其全部带电粒子作用于物体外部任何带电粒子的合力是零。虽然一个物体就平均来说是中性的，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。

如果中性物体加进一些正电粒子（或取走一些负电粒子），此物体的正电粒子的效应将大于负电粒子的效应，于是这个物体带正电。这样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），使此中性物体带负电。有了这种模型就可以用它来说明各种电现象了。

## 电 池 组

电池和发电机都是用来分离电荷的实用装置。我们把两个相同的，轻小的球镀上一层导电物质，用细长绝缘线并排悬挂起来，

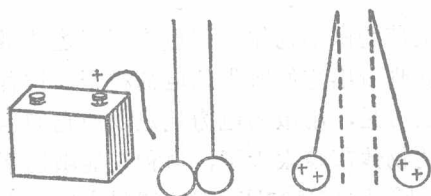


图18—6

让小球互相接触。用导线的一端与电池组的一极连接，再用此导线的另一端与悬挂着的小球接触，两球便相互排斥而分开，并保持一个角度。显然两球已带电（图18

—6）。我们可以用一个已知的带电体来检验此时小球所带的电荷。

现在让我们把悬挂着的两个小球相隔一些距离，然后将一个

球与连接电池组正极的导线相接触，另一个球与连接电池组负极的导线相接触。这两个球将相互吸引（图18—7）。此时如果两

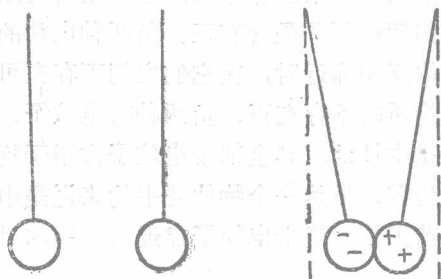


图18—7

球靠得很近，以致使它们相互接触，它们会失去各自带有的电荷而回到原来的竖直位置。很明显，外加给大小相同的每一个球的电荷，在接触后又中和了。因而，电池组是以其内部的化学作用克服电池内

电荷相互吸引的力，使一个极得到正电荷，另一个极得到负电荷的这样一种装置。当电池组的极与一个球相接触时，电荷会很快地积累在球上，在极短时间之后，使电荷返回电极的电力与电池组内的化学作用驱使电荷流出电池的力相平衡为止。

### 微小电力的测量

我们已假设通常的物体内部含有等量的正、负电荷粒子，这种模型说明了至今为止所观察到的全部电的实验。现在来研究证实电荷粒子存在的实验。

我们用一种可能带最少电荷的微小物体，测量作用于这些微小物体上的微弱电力，便可能测量出它们所带的电荷粒子。这种微小物体很轻、很小，但必须可见，用微弱电力就足以使它们运动。所以，肉眼能直接看到的物体都嫌太大了，那种在显微镜下可以看到的直径约为 $10^{-6}$ 米、质量约有 $10^{-15}$ 千克的塑料小球（为校准电子显微镜下所看到的距离而用的塑料小球），就正好合用。

这些小球在空气中运动得相当慢。注意观察时，我们看到它们匀速下落，而没有明显的加速度（图18—8）。因此，作用于

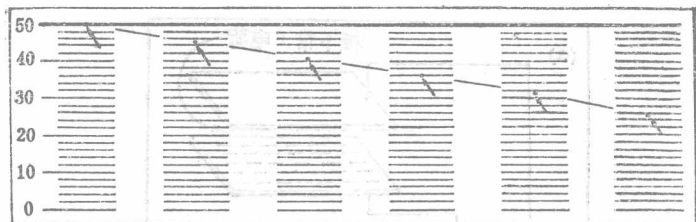


图18—8

它们的合力必然为零，也就是拉球向下的引力与相反方向的空气阻力的矢量和为零。当小球开始下落时空气阻力为零，但小球下落越快空气阻力也变得越大。这样，空气阻力增加很快，直到抵消这个小球的引力为止。这时小球以一个恒定速度运动，此速度叫做收尾速度。

若在两块带电平板间放入一些这样的塑料球，除了引力外还有一个作用于小球的电力，使一些小球向上运动，另一些小球向下运动。显然，这样的小球带有电荷。当一个小球在此净驱动力（引力和电力的矢量和）作用下开始运动时，空气阻力将发生变化，直至小球以恒定速度运动为止。这时的收尾速度与仅在引力作用下的收尾速度不同。但是，在带电平板之间的任何位置上都有相同的收尾速度，这表明在两块带电平行板之间的电力处处是相同的，与小球在两块带电平板之间的位置无关。

收尾速度和净驱动力有什么关系呢？我们设想，在连接一个电池的两块带电金属平板之间放入一个小球，如图18—9中所示，若改变平板上所带的电荷量，作用于小球上的电力也随之发生变化。适当地选择平板间的距离和电池，可以使作用于小球上的电力恰好与引力大小相等而方向相反，这样，小球将在两平板间保持平衡。若将电池两极至二金属板的导线反过来连接（图18—10），则作用于小球的电力大小仍然与引力相等，但其方向却变为与引力方向相同了，这样作用于小球的净驱动力为单纯引力

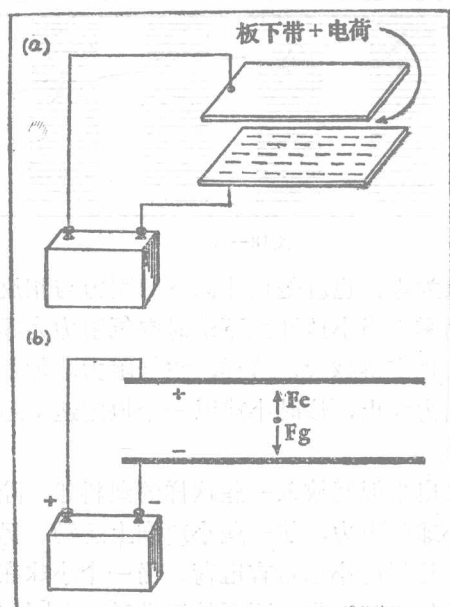


图18—9

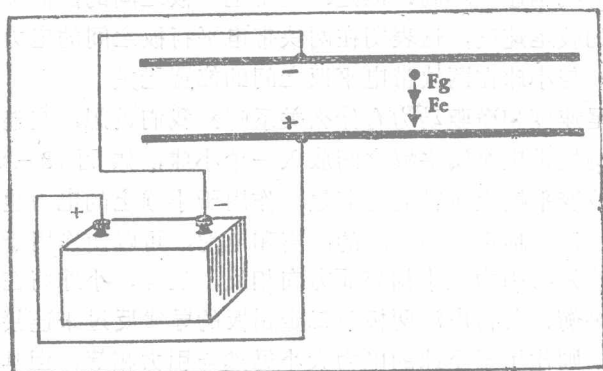


图18—10

的两倍。在此情况下，测量小球运动的收尾速度时，发现此时的收尾速度为小球在单纯引力作用下运动的收尾速度的两倍。这一结果表明，小球的收尾速度与驱动力是成正比的。在很大的速度范围内这个关系都是成立的。

如果我们首先测量没有电力作用时塑料小球的收尾速度 [图 18—11 (a) ]，然后选择电池和选择平板间的适当距离，使之产生一个恰好与引力平衡的电力，从而使小球的收尾速度为零

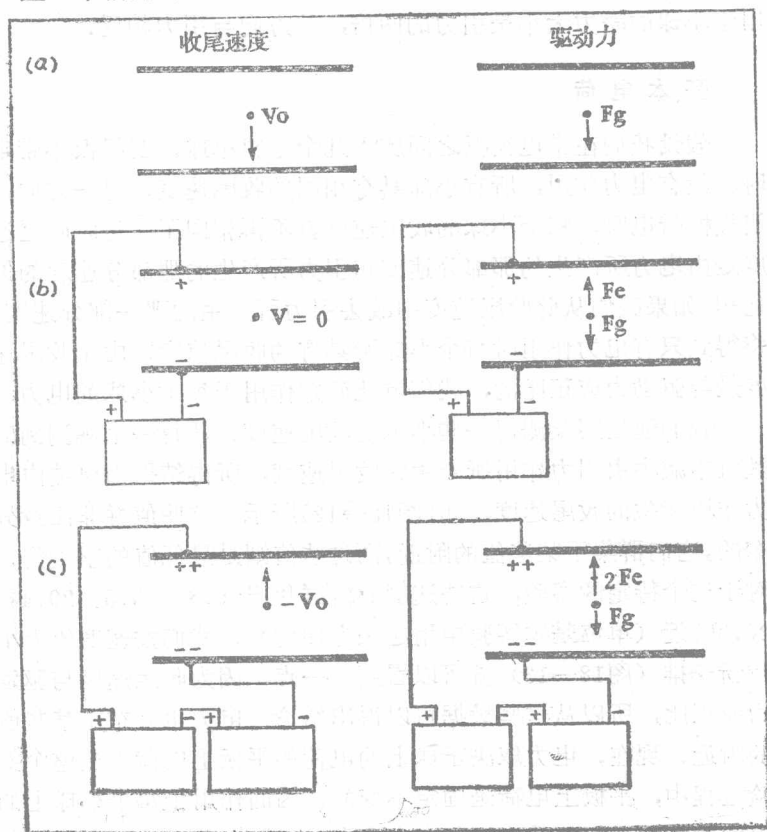


图18—11



[图 18—11 (b)]。现在我们将串联入一个完全相同的电池。我们发现小球将向上运动，其收尾速度与没有电力作用时的收尾速度大小相等而方向相反[图 18—11 (c)]。于是得出结论，当用两个电池时，作用于小球的电力为只用一个电池时的两倍。若在这两个电池上再串入第三个同样的电池，则小球向上运动的收尾速度大小将是没有电力作用时小球收尾速度的两倍。此时，一个电池产生的力恰好抵消了引力作用，而另外两个电池产生的作用于小球的净力大小是引力的两倍，其方向与引力相反。

### 基 本 电 荷

假设我们在带电极板之间放入几个塑料小球，当极板不带电时，没有电力作用，所有小球具有相同的收尾速度。另一方面，当极板带电时，每个小球的收尾速度就不再相同了。这时收尾速度是由电力所产生的那部分速度和引力所产生的那部分速度的矢量和。如果我们从此收尾速度中减去引力所产生的那一部分速度，将得到只有电力作用时每个小球所具有的收尾速度。由于收尾速度是与驱动力成正比的，我们就能确定作用于每个小球的电力。

我们通过实验测得一些小球的收尾速度。从每一个观测到的数值中减去由引力作用所产生的收尾速度，所得结果为单纯由电力作用产生的收尾速度，如(图18—12)所示。这些值并非任意分布的，它们群集于某些值的附近，而这些值则是最低值的整数倍。对于这个特定的实验，这些速度的值群集于 6.8、13.5、20.4 和 27.3 附近（单位是本实验中用起来方便的）。我们按速度值大小重新安排（图18—13）就可以看到这一点。因为收尾速度与驱动力成正比，所以从这些数据可以得出结论，电力也分布于某些值的附近。现在，电力取决于球上的电荷和平板上电荷。在整个实验过程中，平板上电荷是固定不变的，因而作用于每个小球上的电力的不同，必然是由于每个小球上所带电荷量的不同所引起