

高級中学課本物理学第三册

# 教学参考资料

(上册)



江苏人民出版社

高級中学課本物理学第三册  
教学参考資料  
(上 册)

江苏省教育厅教材編輯室主編  
南京市教育局編

\*

江苏省书刊出版營業許可証出〇〇一號

江 苏 人 民 出 版 社 出 版  
南京湖南路十三号

湖南人民出版社重印  
新华书店发行  
湖南省新华印刷厂印刷

\*

开本 737×1092毫米1/32 印张 4 5/8 字数 104,000

一九六二年九月第一版

一九六三年八月长沙第一次印刷

印数 1——3,430 册

統一書号： 7100·1585

定 价：(6) 三角八分

## 说 明

这册教学参考资料,是在南京市教育局组织编写的《高级中学三年級物理教材研究函授讲义》的基础上改編而成的。全书分两个分册出版,供高三上下两学期使用。

改編这册教学参考资料的意图,主要是提供一些资料,帮助教师备课。内容包括“教材研究”、“实验实习”、“参考材料”、“参考題”四部分。教师在使用本书时,可根据教学具体情况,灵活运用,不要受其限制。

由于編者水平有限,編写时间比較匆促,缺点和錯誤在所难免,希望教师們提出意見,以便再版时研究修改。

江苏省教育厅教材編輯室

1962年7月

## 目 录

|               |     |
|---------------|-----|
| 第三編 电学.....   | 1   |
| 第一章 电场.....   | 1   |
| 第二章 稳恒电流..... | 40  |
| 第三章 磁场.....   | 77  |
| 第四章 电磁感应..... | 97  |
| 第五章 交流电.....  | 111 |



## 第三編 电 学

### 第一章 电 场

#### 一 教材研究

##### 教材系統

1. 电学是物理理论和工程技术的基础,它已越来越显著地成为人类活动不可缺少的因素之一。静电学又是电学的基础,人们对电的发现及最初对电现象基本规律的掌握,都是从静电学开始的。学生对静电学的知识掌握得如何,会直接影响今后对电磁学的理解,因此,教好静电学是很重要的。

教学静电学时往往感到有困难,因为静电学的内容与学生的生活经验联系很少,新的概念多;而研究的对象又缺乏直观性。欲使静电学的教学较顺利地進行,教师必須掌握静电学内容的重点和它們的內在联系,并在讲授的方法上,注意从实验入手,由浅入深,循循善誘,反复联系,使学生能够从感性到理性,逐渐认识和掌握静电学的内容。

2. 本章的主要内容是: (1) 庫仑定律; (2) 电场、电场强度、电势; (3) 静电场中的导体; (4) 导体的电容及电容器。

##### 本章的教学目的要求是:

1. 使学生正确认识静电场是客观存在的物质,理解静电

场、电场强度和电势的意义,以及它們之間的关系,并能掌握电力线描述电场的方法,熟练地运用电场强度、电势这两个概念和庫仑定律解有关电场中电荷受力和移动电荷做功等問題。

2. 使学生了解电子论的基本內容,并能用以解释所观察到的现象。

3. 使学生掌握处于靜电场中的导体所具有的性质。

4. 使学生理解电容的概念,认识电容、电势和电量之間的关系,了解几种电容器的构造及决定电容器电容大小的因素。

学生对于“场”的概念是刚遇到的,必須通过各种论证使其确信靜电场是客观存在的物质。这对于今后掌握靜磁场及电磁场的知识都有好处。靜电场的主要性质是:它能够对引入的电荷施加作用力,这叫做“电场力”;电荷在电场力作用下会移动,移动时电场力要作功,而且此功与电荷移动的路线无关,仅由初末位置来决定,即靜电场具有势的性质。必須将这些性质讲清楚。

电场强度、电势、电势差、电容,是本章的中心內容,也是本章的关键。必須把各个量的意义阐述清楚,把它們的联系交代清楚,把有关公式加以汇集整理,并将其用法及适用范围告訴学生。只要学生能理解这些,則对靜电场性质的认识就較为深刻;对靜电学习題的計算,也就能够达到比較熟练的程度。

靜电学中,有很多內容与力学有联系,教师应该适当地将一些与力学有关的内容插入讲解,这对于复习巩固旧課,以及培养学生綜合解题的能力均有好处。

关于靜电场中的导体問題,課本上的內容是分別出现在不同的章节內的。教师可以加以整理总结,使学生获得系統而較全面的知識。譬如讲解导体带电平衡,就可以得出以下几点結論:

(1) 导体內部电场强度等于零;外部有电场存在,且场强垂直于导体表面。

(2) 电荷分布在导体的外表面,而且其密度按曲率分布。

(3) 整个导体上各点的电势均相等。

同样,对于放入电场中的导体的静电感应现象,亦应总结出几点结论,以便学生掌握。

静电学的知识在生产技术上的应用很广,譬如静电植绒、静电喷漆等。教师在讲解有关章节时,可插入讲解,使理论与实际联系起来。

## 二 实验实习

本章中的许多概念都是通过演示实验和推理而建立起来的,所以本章的演示实验就显得特别重要。静电实验并不十分困难,但往往因为没有能够掌握静电现象的规律和仪器本身的性能,才使实验不能得到预期的效果,甚至完全失灵而感到静电实验的难做。下面我们介绍本章教学演示实验的方法,以及一些简而易行的自制仪器和一般静电仪器的维修方法,以供参考。

### 1. 几个演示实验的做法

#### (1) 表明导体电荷只分布在外表面的实验:

做此实验时,如果照课本图3所示去做,可能会出现金属网内、外的验电器金箔均张开的现象,因而不能达到实验目的。其原因就在于金属网下没有垫一块金属板,网内的验电器所在的位置还不能真正算是导体内部,因此,有电力作用的空間存在,使网内验电器的金箔角度张开。只要在金属网下面补垫一块金属板,就能得到圆满的结果。

#### (2) 表明导体表面电荷的分布与曲率有关的实验:

照课本的方法做此实验时,应特别注意以下两点:

① 绝缘导体球应擦拭干净,保持干燥,并在导体球座下面垫一块绝缘物(如火漆、硫磺,或聚苯乙烯片),保证其良好的绝

緣性。

② 通草球和絲线應該干燥、干淨，以免漏電。

若能做到以上兩點，實驗的效果就比較好些。

(3) 電力線的演示實驗：

這個實驗的做法很多，效果比較好的一種方法是，將頭髮洗淨曬干，剪成約為一毫米的頭髮屑裝在廣口瓶內備用。在幻燈玻璃片上滴一兩滴蓖麻油，用手指將油均勻塗在玻璃片上。將小鉤碼立在玻璃片上，用導線使它與起電機相聯，起電後即見蓖麻油蠕動。再將頭髮屑輕撒在玻璃片上，即見發屑按電力線排列，如圖 3-1-1 所示。

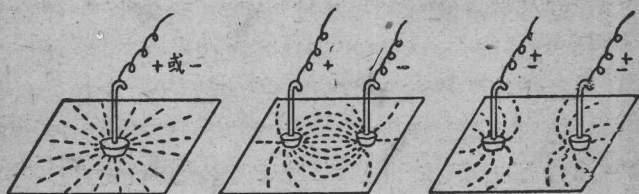


圖 3-1-1

將鉤碼取去，小心地將玻璃片放入幻燈內，即可看到大幅而又清晰的電力線圖了。

(4) 靜電感應演示實驗，和導體各處的电勢相同的實驗：

這兩個實驗的成敗關鍵，均在於導體的絕緣性能和驗電器（或靜電計）的靈敏上。只要注意改進絕緣性和驗電器（或靜電計）的靈敏度，效果就會好些。

(5) 導體電容的實驗，和平行板電容器的實驗：

在驗電器的金屬杆頭部改裝金屬圓筒或金屬圓板的裝置，做這兩個實驗就不困難了。

為了說明電介質在電容器中的作用，可以自制一塑膠薄片。自製的方法可參閱自制起電盤一節，先制備好塑膠的苯溶液，然



后把它傾倒在玻璃板上,待苯完全揮发后,从玻璃板上把胶膜取下,然后用刀把它切成金属圓板形即可。

## 2. 絕緣問題

靜电实验中效果不好或失灵的主要原因是“漏電”,例如:靜电仪器所帶电荷迅速失去,起电机失灵等均是。实验时必须首先解决絕緣問題。

一般发生“漏電”的原因有二:

(1) 天气潮湿,仪器表面吸附了水汽而漏電。

(2) 靜电仪器的絕緣部分的絕緣性能不好。我們知道許多靜电仪器是絕緣导体,有的用絕緣体做柄(如驗电板、放电叉等),有的用絕緣体做支柱(如感应球、卵形导体等)。絕緣体大多用玻璃或硬胶做成。这些玻璃和硬胶的絕緣性有的很好,有的不行,也有的在干燥天气还好而在潮湿天气就不行了。因此,在天气好的时候,遇有使用不灵的仪器,应当先試試它的絕緣部分的絕緣性能是否良好。試法很简单,只需手持要試的絕緣部分并把它接触到已帶电的金箔驗电器的銅球上,金箔如不垂攏,这部分的絕緣性才是好的。找出漏電的原因后,就可以加以克服。

若因天气潮湿而引起絕緣性能不良,可将干的綢布多多摩擦絕緣体的表面(如絕緣导体的支柱等),使其干燥;或者用日晒、火烤、电吹风的热风吹等办法来达到目的(烘烤时温度不宜过高,一般不超过  $50^{\circ}\text{C}$ — $60^{\circ}\text{C}$ )。

若因絕緣体絕緣性能不好,則可采用下列一些方法来改进:

(1) 換一种絕緣性能較好的材料,或者把絕緣性很好的硫磺、火漆、聚苯乙烯和聚氯乙烯塑胶等材料,直接涂在絕緣不好的柄上或支柱上。尤其是聚苯乙烯的絕緣性能非常好,帶电后可以連續保持几小时之久。

(2) 用清洁的細絲线把导体吊起来。

(3) 用硫磺块、火漆块,或聚苯乙烯块把导体垫起来。

### 3. 起电盘的制作

买两块聚苯乙烯制的量角器(颜色雪白、敲时有金属似的清脆声音),和聚苯乙烯制的圆珠笔一枝,将两块量角器用聚苯乙烯的苯溶液粘合起来。再找薄的金属片(如铝片)一块,剪成大小略小于两量角器粘成的圆金属片,然后在中间开一小孔,用金属杆铆合。在金属杆里以纸作为填充物,再将圆珠笔杆套入,就制成了如图 3-1-2 所示的起电盘。

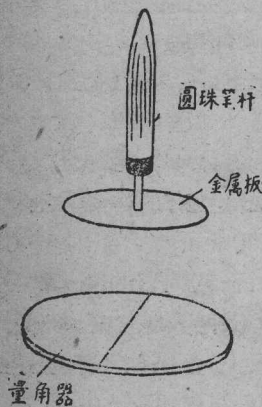


图 3-1-2

若买不到聚苯乙烯制的量角器和圆珠笔,也可用玻璃纽扣(聚苯乙烯塑胶质的)30只,把它溶于150 c. c. 的苯中,成为常用胶水一般的浓溶液。把一块玻璃先置于煮沸的肥皂水中,再用清水洗净,用布擦干后再用绸子把表面擦干。将塑胶的苯溶液倾倒在玻璃表面上,保持玻璃面成一水平面,使溶液均匀地满布在玻璃面上;经过一段时间苯逐渐挥发,最后在玻璃面上就成了一层薄薄的塑胶片了。同样,可以找一段玻璃管使其表面

面附着一层薄的塑胶,就可代替聚苯乙烯圆珠笔了。

这种起电盘的优点是:所起的电可保持很久;气候很潮湿也能起电;可使金属板带电势很高的电。

### 4. 起电机的维护及修理

起电机是静电实验主要电源之一,新的起电机一般都很灵,但用过一段时期后,起电性能常会逐渐衰减,空气中的湿度较大时也会失灵。为了保持起电机的起电能力,首先必须注意日常的保养工作。应该把它保藏在没有日光的橱里,以免落上灰尘和由于日光曝晒而改变了它的绝缘性能。贮藏起电机的橱不宜封闭得过于严密,以便于少量的空气可以流通。否则在橱中“闷”

得过久是会影响絕緣漆的性能的。现在所用的起电机上的两个起电盘，多是用涂有絕緣漆的玻璃板制成。要是用烘烤或日晒的方法来改进它的絕緣性能时，必須注意，温度要逐漸升高不可过猛，而且还不宜过高，否則，将会使絕緣漆剝脫而影响起电性能。如果絕緣漆剝脫了，可以用体积比为 75% 的自干絕緣漆（即电清凡立水）和 25% 的松节油的混合物，在玻璃板上重新涂上一层絕緣膜即可。金属片或紙片脫落时，也可用这种混合物貼上。但必須注意，在涂漆前一定要把玻璃表面擦得很干淨，涂好后使漆自行阴干，并防止灰尘落在未干的漆上。

### 5. 金箔验电器的改进

一般中学使用的金箔验电器，或者使用不够灵，或者用途不够广，如果稍加改进，則能达到更好的效果。现将改进的方法介紹如下：

#### (1) 改进金箔验电器灵敏度：

① 验电器所用的瓶塞大多由橡胶塞做成，橡胶的种类不一，絕緣性能也有差别。硫磺的絕緣性很好，用作金箔验电器的瓶塞既经济又方便，而且性能很好。把不灵的验电器换一个硫磺瓶塞就行了。硫磺瓶塞可这样制得：将橡胶塞中小孔扩大，把它放在一块厚紙板上，把验电器的金属杆也插入孔內（图 3-1-3），这时可将硫磺粉放于铁勺內熔化，当其全部熔化时，立即进行浇注。切不可加热过久，否則硫磺的絕緣性能将被破坏。浇注滿后，硫磺冷却可能出现凹陷，这时可补浇一次，使上表面稍凸出为止。硫磺完全冷透后，可用小刀削去紙板即可。

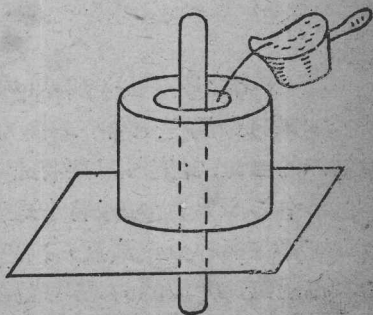


图 3-1-3

② 验电器的金箔应该是质量很轻的，这样才能保证金箔受微弱的电场作用就能张开。如果用锡箔或铝箔效果就会差一些，如果用包香烟的锡箔纸来做，当然效果更差。如用金箔最好是装单面的，这样不仅可以节约材料，还可以较准确的度量角度。

## (2) 扩大金箔验电器的应用范围：

① 验电器的外壳是一玻璃瓶，因此，不能准确度量带电导体的电势或带电导体间的电势差。如果将其外壳更换为金属壳，用长条薄铁皮制成一方形金属框，然后在前后两面嵌以玻璃而成图 3-1-4 所示，即可达准确度量带电导体的电势或带电导体间的电势差的目的(其原理见参考材料中第 6 节)。

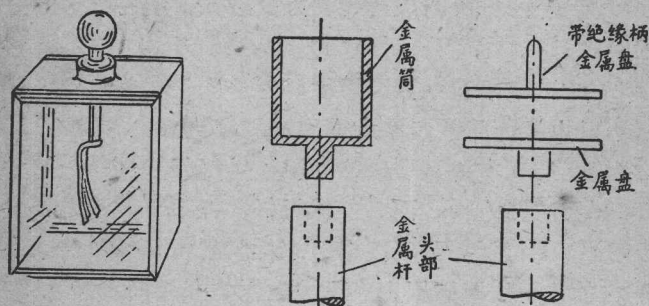


图 3-1-4

② 作出如图 3-1-4 所示的改装后，验电器已变成一架静电计。如果将金属杆上端小球换为金属圆桶，则可用此仪器量度带电体的电量。量度时只要将带电体放入桶内即可(原理可见参考材料中第 6 节)。如果将小球更换为金属圆盘，并另外配置一个带有绝缘柄的金属圆盘，则可用此仪器演示平行板电容器的电容与距离及介质的关系。这样经过改装后，其用途就广了。



### 三 参考材料

#### 資 料

##### 1. 庫仑定律

##### (1) 如何确定带电体的电量?

庫仑定律: “两点电荷相互作用的靜电力  $f$ , 和电荷的电量  $Q_1$  与  $Q_2$  的乘积成正比, 而和它們之間的距离  $r$  的平方成反比”。試問此电量  $Q_1$  和  $Q_2$  是怎样确定的呢? 如果以相同的电量相距 1 厘米时, 作用力为 1 达因, 則每一电荷都带 1 单位电量, 这样来确定电量的话, 那末, 这是从庫仑定律来确定的。以庫仑定律做基础, 确定了  $Q_1$ 、 $Q_2$ , 再说力正比于  $Q_1$  及  $Q_2$  的乘积是庫仑定律的内容, 这就犯有邏輯循环的錯誤。可见, 确定电量的方法必須不牵涉到庫仑定律。

欲确定  $Q_1$  和  $Q_2$  两个电荷的大小, 可把这两个电荷依次放至某一定量的第三个电荷  $Q_3$  (輔助电荷) 的距离同为  $r_0$  处。測定  $Q_1$ 、 $Q_2$  和  $Q_3$  相距  $r_0$  时所受  $Q_3$  的靜电力  $f_1$  和  $f_2$ 。其次, 不用  $Q_3$  而改用  $Q_4$ , 距离仍保持  $r_0$ , 分別測定  $Q_1$  和  $Q_2$  所受  $Q_4$  的力为  $f'_1$  及  $f'_2$ 。將測得的结果加以比較, 发现  $\frac{f_1}{f_2} = \frac{f'_1}{f'_2}$ 。这表明  $Q_1$  和  $Q_2$  所受的力之比  $\frac{f_1}{f_2}$  与  $Q_3$  或  $Q_4$  的大小无关。变更距离  $r_0$  (但对  $Q_1$  和  $Q_2$  每次都應該用同一距离), 測得  $Q_1$  和  $Q_2$  所受的力之比也与这距离  $r_0$  无关。可见这两个力的比值  $\frac{f_1}{f_2}$  仅取决于  $\frac{Q_1}{Q_2}$  的比值, 而和距离  $r_0$  及輔助电荷的电量无关。因此, 自然就取电荷  $\frac{Q_1}{Q_2}$  之比等于力  $\frac{f_1}{f_2}$  之比。这样, 根据实验, 就获得了

比較電量大小的直接方法。只要規定其中一個譬如  $Q_1$  為電量的單位(此電量的單位究竟是哪一種,是無關緊要的),那末另一個電量的量值就可完全確定,任何其他電量也同樣可和這個單位電量比較而確定其量值。這就是確定電量的方法。

庫倫定律就是根據比較電量的方法推得的。把任意兩電荷  $Q_1$ 、 $Q_2$ 、 $Q_3$ ……兩兩地放置在彼此相距同樣距離  $r$  的地方,在此情況下,實驗表明,兩電荷之間的相互作用力  $f$  的大小與  $Q_1$ 、 $Q_2$  的乘積成正比例,改變距離  $r$ ,則兩電荷之間的相互作用力  $f$  和  $r^2$  成反比。從而得出庫倫定律。然後從庫倫定律再定出電量的具體單位來。

## (2) 庫倫扭秤的構造及原理:

庫倫根據扭秤所作的實驗,確定了兩個點電荷之間的相互作用力。庫倫所用的扭秤構造如圖 3-1-5 所示。

$l$  是一根銀絲,它的上端固定於旋轉鈕頭  $S$  上,下端懸一根

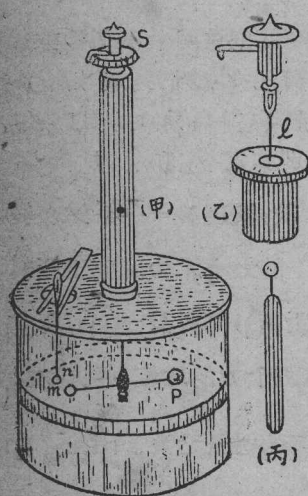


圖 3-1-5

浸蠟的絕緣草杆。杆的一端帶有一個木髓小球  $m$ , 另一端懸有一個平衡體  $P$ , 全部設備置于一玻璃罩內, 使其不受空氣流動的影響。玻璃罩的蓋上有一小孔, 用以放入裝在絕緣體柄上的木髓小球  $n$ 。實驗時, 先使導體  $丙$  帶電, 然後把這導體穿入儀器小孔內與  $n$  接觸, 再使球  $n$  與球  $m$  接觸, 這樣小球  $m$  和  $n$  帶了同種電荷。小球  $m$  在小球  $n$  的電力作用下, 將转过某一角度。旋轉鈕頭  $S$  使小球回到原來位置。此時, 懸絲的扭轉力矩等於電力作用小球  $m$  上的力矩。懸絲的扭轉力矩  $M$  根據理

论計算可用下式表出:

$$M_{\text{扭}} = \frac{\pi N r^4}{2L} \cdot \phi \text{ ①}$$

其中  $\phi$  —— 扭转角,  $r$  —— 銀絲半径,  $L$  —— 銀絲长,

$N$  —— 銀的切变模量。

电力作用于小球  $m$  上的力矩  $M$  为

$$M_{\text{电}} = f \cdot a,$$

其中  $a$  —— 絕緣草与杆长的一半。于是得

$$f = \frac{\pi N r^4}{2La} \cdot \phi。$$

其中若对  $N$ 、 $r$ 、 $L$ 、 $a$ 、 $\phi$  都确定了, 則可求出  $f$ 。用转动扭头  $S$  使小球  $m$  的位置加以改变, 由此, 可測定在各种不同距离下的小球  $m$  和  $n$  之間的作用力。这样, 就可利用庫仑扭秤来确定庫仑定律的内容。

注① 公式来源可参閱福里斯等著《普通物理学》卷一 § 80。

(3) 在应用庫仑定律来解习题时, 往往遇到研究几个带电体間的相互作用的平衡这一类問題的习题。譬如, 书中第 6 頁第 3 題即是。现在試問这些电荷在靜电力的作用下所处的平衡是稳定的还是不稳定的呢? 或是随遇的呢? 在这里我們介紹一个安素定理。安素定理指出: “在靜电场中, 任何电荷不能仅在靜电力作用下处于稳定平衡状态中。”对这个定理我們只作定性的说明, 若要詳細了解, 可参閱塔姆著《电学原理》上册 § 19。

設想在靜电场中某点  $O$  放一正电荷  $q$ , 則电场的电力线應該是从正电荷出发的。另一方面, 若假定  $q$  处于稳定平衡状态, 則不论它向任一方向有微小的位移, 根据稳定平衡的性质都应回到原处, 这就要求电场的作用力都指向  $O$  点, 也就是要求电力线向正电荷  $q$  所在处  $O$  点集中, 如图 3-1-6 所示, 这显然与  $q$  是正电荷的假定相矛盾。这种矛盾的产生, 正说明了原来假定正

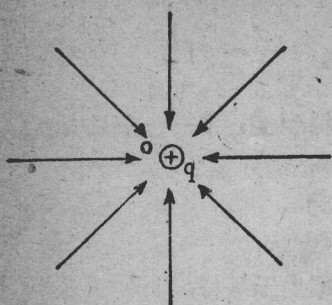


图 3-1-6

电荷  $q$  在外电场中是处于稳定平衡状态的说法是不合理的。由此可见，电荷在静电场的单独作用下，是不可能处于稳定平衡状态的。

既然电荷在纯静电场作用下不可能处于稳定平衡状态，那末原子内部的电子绕原子核旋转时，它受了核的库仑引力作用，为什么又能处于平衡状态呢？原来电子并非处

于纯静电场的作用下，它除了受静电力作用外，还受惯性离心力的作用，这两种力大小相等，方向相反，因此，电子处在平衡状态。不过此种平衡状态已不是静平衡而是动平衡了。

## 2. 场是物质的一种形态

场有很多种，如引力场、电磁场、原子核场。静电场是电磁场的一种。我们打算通过电磁场来说明场是客观存在的物质这一概念。

### (1) 说明场是物质的一种形态：

一个物体对于不和它直接接触的另一个物体的作用，必须借助于其间的物质来传递，没有物质，物体之间的相互作用就不可能发生。例如：当两个音叉发生共振时，它们之间的作用是依靠空气来传递的。带电体之间的相互作用亦不能例外，必须通过中间一种物质来传递，不过这种物质不同于一般的物质（譬如带电体在真空中也可相互作用，而真空中不含有原子、分子组成的物质），而是一种特殊物质，此种物质称为电磁场。电磁场具有客观的实在性，确是物质的一种形态，这可以通过以下理由来说明：

① 电磁场具有能量。关于这点的理由是显然的，只要想想今天无线电通讯事业所以如此的发达，就因为电磁场具有能



量,而且能量又以电磁波的方式向各处传播的缘故。

② 电磁场又具有动量。1900年俄国物理学家列别捷夫证实了电磁波对固体有压力作用(光压作用)。1910年他又证实了电磁波对气体也有压力作用(从而彗星的尾巴为什么会偏转得到了解释)。这说明电磁场具有动量,也就是说它具有质量。

能量和动量是物质的两个主要属性,既然电磁场具有能量和动量,可见,电磁场确实是物质的一种形态。

③ 二十世纪三十年代,物理学家发现在某种条件下,正电子和电子可成对的转化为光子,光子也可转化为电子偶。我们知道光子是量子化的电磁场,这种转化充分表明了实物(电子)可以转化为场(光子),而场(光子)也可转化为实物(电子偶)。场是物质在这里就显得更清楚了。

## (2) 场是特殊的物质:

场确实是物质,但又和一般电子、中子、质子所组成的实物不同。现以电磁场为例,说明它和一般物质的不同:

① 电磁场的基本成分是光子,它没有静止质量,而一般实物具有静止质量。

② 实物可以任意的速度在空间运动,而电磁场在真空中永远以  $3 \times 10^{10}$  厘米/秒 的速度运动;实物的运动速度与观察者的运动速度有关(运动的相对性),而场的速度与观察者的运动速度无关(迈克尔逊——莫雷实验)。

③ 实物的原子所占据的空间不能同时为另一原子所占据,而几个电磁场却可互相迭加,可以同时占据同一空间。

由以上几点说明场的确是一种特殊物质,它和一般物质不同,是物质的另一种形态。

## (3) 从静电场来理解场是物质的困难。

静电场是静止电荷所产生的场,是变化非常迅速的电磁场的特例,它是变化已经停止了电磁场。由于场的变化已经停