复旦大学附属中学

高三物理总复习讲义

（电磁学分册）

李晶忠 编

PHYSICS



复旦大学出版社

复旦大学附属中学

高三物理总复习讲义

（电磁学分册）

李品忠　编

復旦大學出版社

复旦大学附属中学“大视野”教育书系

总 主 编　郑方贤　王德耀

内 容 提 要

本书是以上海高考考纲为依据，并参考教育部颁发的全国高考物理考纲编写的高三物理总复习讲义（电磁学分册），可作为高三学生的考前总复习参考书，也可作为高中物理教师和学生的参考用书。内容包括：静电场、稳恒电路、数字电路基础、磁场、电磁感应和交流电。

本书保持了高中物理较完整的知识体系，并将系统的物理知识分解、细化到了知识点，每个知识点都配置了较多、较新的例题；例题解析详尽，便于学生的自学；每个知识点都配有充足的习题，针对性强，便于学生自我检测。少量的例题在解析后还增加了点评，提示学生解此类习题的注意点。本书还对一些重要的物理模型例如带电微粒在加速电场、偏转电场、交流电场、点电荷电场中的运动等作了专题讨论。本书介绍了一些属于方法性的知识点，帮助学生优化解题方法，提高解题效率。

序

经过近60年坚韧不拔的努力，复旦大学附属中学已经初步发展成为一所特色鲜明、国际闻名的示范性品牌高中。很多国内外著名学校的师生、校长来复旦附中交流访问，在听课、座谈、参观之后，都提出希望能得到一套复旦附中的校本教材，以深入研究“复旦附中现象”。确实，通过教材，可以了解我们的办学思想、课程设置以及教学的设计、结构、内容与要求等等。2005年我们曾经出过一套六本“校本课程选辑”，还是比较受欢迎的。在此基础上，我们计划在2008—2009年里再出一批。其目的主要有三：一、编写的过程就是笔者学习思考的过程，可以提升教师的专业水平和教学研究的能力，把他们个体手中的备课笔记整合成教研组集体的“讲义”，同时可以解决上课时多媒体技术使用日益频繁给学生记笔记带来不便等新问题，更方便他们自主学习（如预习和复习等）；二、在提倡对通用教材二次开发的今天，各学校自编的校本教材五花八门、千姿百态，为便于同兄弟学校交流、分享教改成果，我们也应该出版一些基本成型的“讲义”；三、我们认为，这也是在记录我校教育发展的历程。透过这些书面的资料，促使我们自身理性地观察和对待学校近年的教育教学改革，积极推动高中素质教育的振兴，帮助我们不断迈向成功。

已经或将陆续出版的这套《复旦大学附属中学“大视野”教育书系》，其宗旨在于“凸显教育眼光的开阔和深远，体现通识教育的理念”，也是对复旦附中教师长年教育教学实践智慧的总结，是真正意义上的“校本”；尤其是展现了复旦附中师生的教与学水平和教育方式方法，可以说，呈现给大家的是一份真切的“实惠”。但对某些学校而言未必适用，仅供参考之用。另外，限于编辑时间和各自的理解能力，我们展现给大家的只是部分思考心得，更多的切入点有待我们进一步挖掘，这是我们的愿望及努力方向。书中的疏漏之处，还望读者指正！

谢应平

2008年7月22日

前　言

在高中物理学习中，尤其高三复习中不少同学深陷题海之中，花了大量的时间和精力，做了大量的题目，但考试成绩却不理想，甚至影响到其他学科的学习时间和成绩。究其原因，是在第一轮的复习中知识点掌握得不扎实、不系统、不融会，题目做得虽多，但太杂乱，无法得到规律性的总结。参考书看了不少，但缺乏由浅入深的层次，往往事倍功半。

编者认为在高三物理第一轮的复习中，首先应把知识点细化、精化、系统化、层次化，由单一的基础知识点串联到综合的知识面、由最基本的受力分析提高到状态分析，直至能分析复杂的物理过程，最后真正领悟到深邃的物理思想和方法。

基于这样一个理念，为帮助学生在高三物理学习中，尤其在总复习阶段少走弯路，提高学习效率，编者在多年的高三物理教学中编写了这本讲义，且在每一届的教学中不断地及时补充和修改，试用至今。今天有机会献给高三的同学，我感到十分高兴。

本书每一讲的知识点安排不多，但每一个知识点的总结归纳较细。每一知识点都配置了大量详解的例题，题型广泛、由浅入深。每一讲还配置了一定量的习题，并作了详解，方便学生自学。对一些典型的物理模型和专题也独立设为一讲，便于学生分析比较。另外少部分题目详解后还作了点评，帮助同学总结归纳。

讲义中有部分超纲的内容，那是根据我校的实际情况，作为方法介绍给部分学习基础较扎实的同学的，也留给广大读者参考。

本书在编写过程中得到了我校领导和物理组各位老师的热情关心和大力帮助，在此表示最衷心的感谢！

因水平有限，书中难免会出现错误，请读者原谅并及时指正。

编　者

2010 年 3 月 1 日



目 录

第一章 静电场 …… 1

第 1 讲 静电现象 …… 1
第 2 讲 库仑定律 …… 5
第 3 讲 库仑定律综合题 …… 8
第 4 讲 电场强度 …… 12
第 5 讲 电场力 …… 16
第 6 讲 电势和电势能 …… 19
第 7 讲 电功和电势能的变化 …… 23
第 8 讲 电场线与等势面 …… 27
第 9 讲 图像在电场中的应用 …… 32
第 10 讲 电容和电容器 …… 36
第 11 讲 带电粒子在加速电场中的运动 …… 40
第 12 讲 带电粒子在偏转电场中的运动 …… 45
第 13 讲 带电粒子在交流电场中的运动 …… 49
第 14 讲 带电体在匀强电场中的运动(1) …… 56
第 15 讲 带电体在匀强电场中的运动(2) …… 59
第 16 讲 带电体在点电荷电场中的运动 …… 63

第二章 稳恒电路 …… 69

第 1 讲 电流定律和电阻定律 …… 69
第 2 讲 电动势和内阻 …… 72
第 3 讲 电功和电热 …… 75
第 4 讲 电功率 …… 77
第 5 讲 输入、输出功率和最大输出功率 …… 80
第 6 讲 串并联电路的特点 …… 85
第 7 讲 分压电路和限流电路 …… 89
第 8 讲 基本电路计算(1) …… 93
第 9 讲 基本电路计算(2) …… 97
第 10 讲 电路中的电表处理 …… 102
第 11 讲 稳恒电路的图像 …… 106
第 12 讲 电路分析 …… 111

第 13 讲　电路故障分析 …… 115

第三章　数字电路 …… 120

第 1 讲　基本逻辑电路 …… 120
第 2 讲　与非门和或非门逻辑电路 …… 125
第 3 讲　组合逻辑电路 …… 127

第四章　磁场 …… 131

第 1 讲　磁场基础知识 …… 131
第 2 讲　磁感应强度 …… 134
第 3 讲　磁通量 …… 138
第 4 讲　左手定则 …… 141
第 5 讲　安培力 …… 145
第 6 讲　磁力矩 …… 149
第 7 讲　洛伦兹力 …… 152
第 8 讲　磁场综合题 …… 156

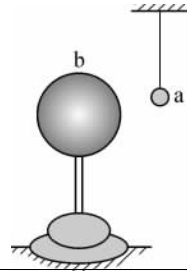
第五章　电磁感应 …… 161

第 1 讲　电磁感应现象 …… 161
第 2 讲　楞次定律 …… 165
第 3 讲　利用楞次定律判断线圈运动方向 …… 169
第 4 讲　楞次定律图像 …… 173
第 5 讲　法拉第电磁感应定律(1) …… 178
第 6 讲　法拉第电磁感应定律(2) …… 182
第 7 讲　法拉第电磁感应定律(3) …… 188
第 8 讲　法拉第电磁感应定律(4) …… 194
第 9 讲　法拉第电磁感应定律(5) …… 198
第 10 讲　电磁感应中的能量转换与守恒 …… 201

第六章　交流电 …… 208

第 1 讲　交流电的产生和表达式 …… 208
第 2 讲　交流电路 …… 212
第 3 讲　变压器 …… 215

附录　练习题答案 …… 219



第一章 静 电 场

第1讲 静电现象

知识整理

一、电荷

1. 带电原因：电荷(主要是电子)的转移。

2. 带电方法：(1)摩擦带电(产生异种电荷)；(2)接触带电(产生同种电荷)；(3)感应带电(产生异种电荷)。

3. 电荷

(1) 正负电荷：丝绸和玻璃棒摩擦，玻璃棒带“＋”电；毛皮和橡胶棒摩擦，橡胶棒带“－”电。

(2) 点电荷：带电体的大小比涉及的距离小得多，忽略带电体的形状和电荷分布(理想模型)。

(3) 元电荷(e)：最小电量单位，$e = 1.6 \times 10^{-19}$ C。

(4) 带电体电子数目 $n = \dfrac{Q}{e}$ (元电荷的整数倍)。

(5) 电量：电荷的多少；单位：库仑(C)，即导线中载有 1 安培的稳恒电流，在 1 秒内通过导线横截面积的电量为 1 库仑，$Q = It$。

4. 电荷性质：同性相斥，异性相吸。

5. 电荷守恒定律：对于封闭系统，正、负电荷的电量的代数和保持不变。

二、静电现象

1. 静电的利用

(1) 利用电场对电荷的吸引作用，例如静电除尘、静电喷涂；

(2) 利用静电产生的高压，例如警棍、电蚊拍；

(3) 利用尖端放电，例如负离子发生器。

2. 静电防范

(1) 选用防静电材料，例如选用纯棉制品作衣物和家居饰物的面料，避免使用化纤地毯和以塑料为表面材料的家具，选用装有防护玻璃的电视；

(2) 消除静电荷的积累，例如保持空气的湿度，使用避雷针，良好接地。

例 1 关于摩擦起电，下列说法正确的是_____。

A 摩擦起电的过程，外力做功一定大于物体所增加的内能

B 摩擦导体一定不能使导体带电

C 两种不同材料的绝缘体相互摩擦后，带上等量异种电荷

D 摩擦起电时，质子从一个物体转移到另一个物体

[答案：A C]

【解析】 外力做功使部分机械能转化为内能，部分机械能转化为电场能。所以外力作功一定大于物体增加的内能，A 对。导体、半导体、绝缘体都能带电，绝缘体带电后不发生传导，B 错。根据电荷守恒定律，两种不同材料的绝缘体相互摩擦后，带上等量异种电荷，C 对。摩擦起电是电子从一个物体转移到另一个物体，D 错。

例 2 绝缘细线上端固定，下端悬一个轻质小球 a，a 的表面涂有铝膜，在 a 旁边有一金属球 b，开始时 a，b 均不带电，如图 1－1 所示，现使 b 球带电，则_____。

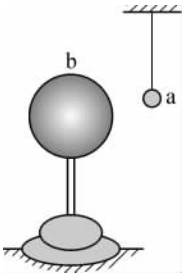


图 1－1

A b 将吸引 a，吸引后不放开

B b 先吸引 a，接触后又把 a 弹开

C a，b 之间无相互作用

D b 立即把 a 排斥开

[答案：B]

【解析】 b 带电后产生静电感应，a 被吸引，a，b 接触后带同种电荷再被弹开。

例 3 来自质子源的质子经一高压电场加速形成电流强度为 1 mA 的细柱形质子流，已知质子电量 $e = 1.6 \times 10^{-19}$ C，则这束质子流每秒打在靶上的质子数为_____个。

【解析】 $n = \dfrac{Q}{e} = \dfrac{It}{e} = \dfrac{1 \times 10^{-3} \times 1}{1.6 \times 10^{-19}} = 6.25 \times 10^{15}$(个)。

例 4 目前，普遍认为原子核内的质子和中子是由被称为 U 夸克和 d 夸克的两类夸克组成，它们分别带有一定的电量。若质子是由 2 个 U 夸克和 1 个 d 夸克组成，中子是由 2 个 d 夸克和 1 个 U 夸克组成，则 U 夸克的带电量为_____，d 夸克的带电量为_____。

【解析】 质子带一个元电荷，$2Q_U + Q_d = e$，中子不带电，$2Q_d + Q_U = 0$，解得：$Q_U = \dfrac{2}{3}e$，$Q_d = -\dfrac{1}{3}e$。

例 5 关于静电复印的原理，下列说法中错误的是_____。

A 半导体硒鼓有光照射部分能保持电荷

B 原稿字迹成像在硒鼓上，字迹部分就保持原来带的正电

C 带负电的粉墨与硒鼓接触后，粉墨就被带正电部分吸引

D 带正电的白纸与硒鼓表面接触将墨粉吸到白纸上

[答案：A]

【解析】(1)硒鼓的特点是:无光照射时是绝缘体,能保持电荷,有光照射时是导体,将电荷传走,A 错。(2)复印原理是:①让硒鼓带正电;②利用光学系统在硒鼓上留下带正电的静电潜像,B 对;③带负电的墨粉被硒鼓吸引,显出字迹,C 对;④带正电的白纸与硒鼓表面墨粉接触,墨粉被吸到白纸上,D 对。

例 6 如图 1-2 所示是静电除尘设备示意图,下列关于该设备的有关说法中正确的是_____。

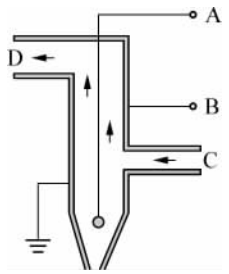


图 1-2

A　A,B 之间既可接直流电源,也可接交流电源

B　A,B 既可接高压电源,也可接低压电源

C　C 为进烟口,D 为出烟口

D　为防止人和其他动物发生触电事故,外壳必须接地

[答案:C D]

【解析】静电除尘的原理是:①在 A,B 之间形成强电场,B 附近的空气被强电场电离,形成正离子和电子;②正离子被吸到 B 上得到电子成为分子,电子则向正极运动,在运动中遇到尘粉,使尘粉带负电;③尘粉则向 A 运动,最后吸附在圆筒的内壁上,在重力的作用下落到漏斗里。所以 A,B 之间必须接高压的直流电源。A,B 错。

例 7 在高楼顶上一般都装有避雷针,避雷针的尖端通过金属条与埋在地下的金属板相连,其作用是_____。

A　可以使云层中大量的静电不向这幢大楼放电

B　避雷针尖端可以向空中放电,中和云层中的静电

C　可以使云层中大量的静电只打在房顶上,不影响楼内生活

D　云层上大量的静电可以由避雷针流入地下

[答案:B D]

【解析】避雷针的尖端曲率半径小,电荷密度大,容易向空中放电,中和云层中的静电,A 错 B 对。避雷针通过金属条与埋在地下的金属板相连,容易使大量静电由避雷针流入地下,C 错 D 对。

例 8 图 1-3 是某种静电分选器的原理示意图。两个竖直放置的平行金属板带有等量异号电荷,形成匀强电场。分选器漏斗的出口的两板上端处于同一高度,到两板距离相等。混合在一起的 a,b 两种颗粒从漏斗出口下落时,a 种颗粒带上正电,b 种颗粒带上负电。经分选电场后,a,b 两种颗粒分别落到水平传送带 A,B 上。已知两板间距 $d = 0.1\ \mathrm{m}$,板长 $L = 0.5\ \mathrm{m}$,电场仅局限在平行板之间。各颗粒所带电量大小与其质量之比均为 $1\times10^{-5}\ \mathrm{C/kg}$。设颗粒进入电场时的初速度为 0,分选过程中颗粒大小及颗粒间的相互作用力不计。要求两种颗粒离开电场区域时,不接触到极板但有最大偏转量。重力加速度 $g = 10\ \mathrm{m/s^2}$。

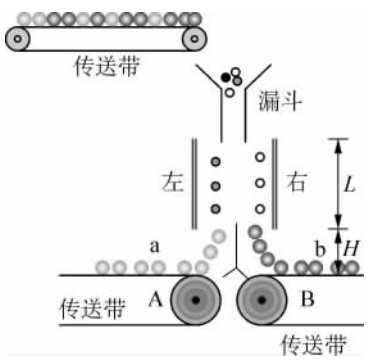


图 1-3

(1) 左右两板各带何种电荷?两极板间的电压多大?

(2) 若两带电平行板的下端距传送带 A,B 的高度 $H = 0.3\ \mathrm{m}$,颗粒落至传送带时的速度大小是多少?

(3) 设颗粒每次与传送带碰撞反弹时，沿竖直方向的速度大小为碰撞前竖直方向速度大小的一半，写出颗粒第 n 次碰撞反弹高度的表达式，并求出经过多少次碰撞颗粒反弹的高度小于 0.01 m。

【解析】 (1) 左板带负电，右板带正电。从两板边缘飞出时有最大偏转量，$L=\frac{1}{2}gt^2$，水平位移 $S=\frac{d}{2}=\frac{qU}{2dm}t^2$，$U=\frac{mgd^2}{2qL}=1\times10^4$ V。

(2) $\frac{1}{2}qU+mg(L+H)=\frac{1}{2}mv^2$，$v=\sqrt{\frac{qU}{m}+2g(L+H)}\approx4$ m/s。

(3) 第一次落在传送带上的竖直速度 $v_y=\sqrt{2g(L+H)}=4$ m/s，反弹高度 $h_1=\frac{(0.5v_y)^2}{2g}$，$h_n=\left(\frac{1}{4}\right)^n\frac{v_y^2}{2g}=0.8\times\frac{1}{4^n}$。$0.01=0.8\times\left(\frac{1}{4}\right)^n$，$n=4$。

练习题

1. 有 A，B，C 3 个塑料小球，A 和 B，B 和 C，C 和 A 都是相互吸引的，如果 A 带正电，则_____。

A　B，C 两球都带负电

B　B 球带负电，C 球带正电

C　B，C 两球中必有一个带负电，另一个不带电

D　B，C 两球都不带电

2. 在真空中有 A，B，C 3 个点电荷，依次放在同一直线上处于平衡状态，若 3 个点电荷的电量、电荷的正负及相互距离都未知，根据平衡条件能判断这 3 个点电荷的情况是_____。

A　带何种电荷　　B　哪几个同号，哪几个异号

C　哪个电量最小　　D　电量大小依次排列

3. 在密立根油滴实验中，一个质量为 2×10^{-16} kg 的油滴静止于水平平行的两金属板间，板距为 3.2 cm，则两板间电压的可能值为_____。

A　400 V　　B　300 V　　C　150 V　　D　100 V

4. 一种静电除尘器，由两块距离 1 cm 的平行金属板 A，B 所组成，两板接上电压 9 kV 的直流电源。如果有一尘埃其质量为 10 mg，带电量为 4.8×10^{-9} C。试通过比较尘埃所受重力和电场力的大小说明除尘原理。

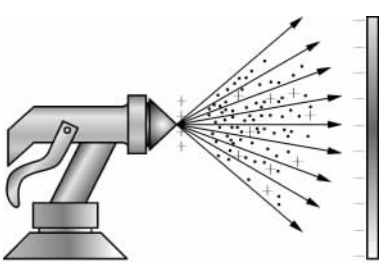


图 1-4

5. 压电打火机是通过压电陶瓷把机械能转换为电能，压电陶瓷在受到压力后能产生_____，因而引起放电，产生火花点燃打火机。

6. 如图 1-4 所示为静电喷涂的原理示意图，喷枪喷出的漆滴带_____电，工件带_____电，因而使漆滴吸附到工件上。如果用绒毛代替油漆，在纺织物上根据图案的需要粘着剂，就可以利用静电实现植绒。

7. 正确的防静电的措施是_____。

A　印染厂的车间要保持干燥通风

B　油罐车后面要用一根铁链拖在地上

C　飞机起落架上轮胎要用绝缘橡胶制成

D　购买电脑 CPU 配件时要用手握住其金属部分

8. 请指出下列设备和装置是利用静电还是防止静电。

(1)印染厂车间空气保持适当的湿度；(2)静电复印设备；(3)静电喷漆设备；(4)油罐车尾部拖一条铁链。

第2讲　库仑定律



知识整理

1. 库仑定律：真空中两个点电荷之间的作用力与它们的电量的乘积成正比，与它们之间的距离的平方成反比，作用力的方向沿着它们的连线方向。$F=k\frac{q_1q_2}{r^2}$（静电力常量 $k=9.0\times10^9\ \mathrm{N\cdot m^2/C^2}$）。

2. 库仑定律是实验定律，库仑力按力的性质命名。

例 1　如图 1－5 所示，一带电量为 q 的金属球，固定在绝缘的支架上，这时球外的 P 点电场强度为 E_0，当把一带电量也是 q 的点电荷放在 P 点时，测得点电荷受到的静电力为 F_1。当把一带电量为 aq 的点电荷放在 P 点时，测得作用于这点电荷的静电力为 F_2，则在国际单位制中_____。

A　F_1 的数值等于 qE_0

B　F_2 的数值等于 aF_1

C　a 比 1 小得越多，F_2 的数值越接近 aqE_0

D　a 比 1 小得越多，F_2 的数值越接近 aF_1



图 1－5

[答案：C]

【解析】 若金属球是点电荷，P 点的场强为恒量，$F_1=qE_0$，$F_2=aqE_0=aF_1$。但当金属球不能看作点电荷时，aq 点电荷放在 P 点，金属球的带电中心将偏离球心，此时 P 点的电场 $E<E_0$。点电荷的电量不同，带电中心偏离球心的距离将不同，$F_1=qE_0'$，$F_2=aqE_0''$，A，B 错。$F_2\neq aF_1$，D 错。只有当 $a<1$ 越多，金属球带电中心偏离球心越小，$E\approx E_0$，$F_2=aq\cdot E_0$，C 对。

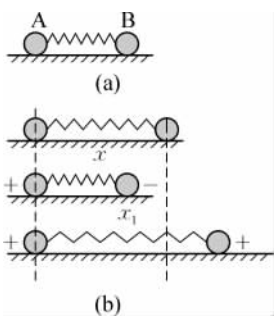


图 1－6

例 2　如图 1－6(a)所示，在光滑绝缘的水平面上，有两个金属小球 A 和 B，它们用一轻弹簧相连。当 A，B 带上等量的同种电荷后，弹簧伸长量为 x_1 时小球平衡。如果 A，B 的带电量加倍，当它们重新平衡后，弹簧的伸长量为 x_2，则 x_1 和 x_2 的关系是_____。

A　$x_1=2x_2$　　B　$x_2=4x_1$

C　$x_2<4x_1$　　D　$x_2<2x_1$

［答案：C］

【解析】 如图 1－6(b)所示，设弹簧原长为 x，劲度系数为 k' 电量加倍且带等量同种电荷，$x_2 > x_1$，$\dfrac{kQ^2/(x+x_1)^2}{4kQ^2/(x+x_2)^2} = \dfrac{k'x_1}{k'x_2}$，$\dfrac{(x+x_2)^2}{(x+x_1)^2} = \dfrac{4x_1}{x_2}$，$4x_1 > x_2$。电量加倍且带等量异种电荷，$x_2 < x_1$，$\dfrac{kQ^2/(x-x_1)^2}{4kQ^2/(x-x_2)^2} = \dfrac{k'x_1}{k'x_2}\dfrac{(x-x_2)^2}{(x-x_1)^2} = \dfrac{4x_1}{x_2}$，$4x_1 > x_2$。

例 3 两个大小相同的绝缘金属小球，带有不等量的电荷，放在相距较远的两点上，两球间的库仑力大小为 F。若将两球接触一下后再放回原处，两球间的库仑力大小仍为 F，则两球带电的电性是_____（填相同或不相同），两球带电量之比为_____。

［答案：不同；$1:3\pm2\sqrt{2}$］

【解析】 若不同电量的同种电荷接触，则接触后电量等分，再放回原处，库仑力一定变为最大。根据题意库仑力要不变，则一定是异种电荷。由 $F = k\dfrac{q_1 \cdot q_2}{r^2} = k\dfrac{[(q_1-q_2)/2]^2}{r^2}$，解得 $q_1^2 - 6q_1q_2 + q_2^2 = 0$，$q_1 = (3\pm2\sqrt{2})q_2$。

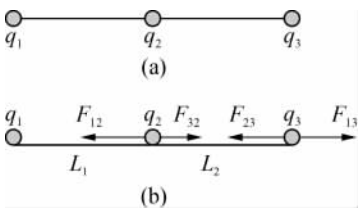


图 1－7

例 4 如图 1－7(a)所示 q_1，q_2，q_3 分别表示在一条直线上的 3 个点电荷，已知 q_1 与 q_2 之间的距离为 L_1，q_2 与 q_3 之间的距离为 L_2，且每个电荷都处于平衡状态。如果 q_2 为正电荷，则 q_1 为_____电荷，q_3 为_____电荷。3 者电量大小之比是_____。

$\left[\text{答案：负；负；}1:\dfrac{L_2^2}{(L_1+L_2)^2}:\dfrac{L_2^2}{L_1^2}\right]$

【解析】 根据题意，每个电荷都处于平衡状态，且 q_2 为正电荷，则 q_1，q_2 必须为负电荷。如图 1－7(b)所示，q_2 受力平衡，由 $\dfrac{q_1}{q_3} = \dfrac{L_1^2}{L_2^2}$，得 $q_3 = \dfrac{L_2^2}{L_1^2}q_1$。由 q_3 受力平衡，$\dfrac{q_2}{q_1} = \dfrac{L_2^2}{(L_1+L_2)^2}$，得 $q_2 = \dfrac{L_2^2}{(L_1+L_2)^2}q_1$，$q_1:q_2:q_3 = 1:\dfrac{L_2^2}{(L_1+L_2)^2}:\dfrac{L_2^2}{L_1^2}$。

例 5 如图 1－8(a)所示，3 个电量均为 Q 的小球，放在水平光滑绝缘的桌面上，分别位于等边三角形的 3 个顶点，试问：在三角形的中心 O 点应放置什么性质的电荷，才能使 3 个带电小球都处于静止状态？其电量是多少？

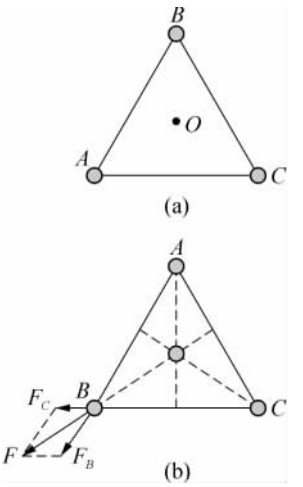


图 1－8

【解析】 设等边三角形边长为 L，OA 之间距离 $r = \dfrac{L/2}{\cos 30^\circ} = \dfrac{\sqrt{3}}{3}L$，$B$，$C$ 两球对 A 球作用力如图 1－8(b)所示，其合力为 $F_1 = 2F_B\cos 30^\circ = 2k\dfrac{Q^2}{L^2}\cdot\dfrac{\sqrt{3}}{2} = \sqrt{3}k\dfrac{Q^2}{L^2}$。设 O 点的电荷电量为 q，对 A 球的作用力为 $F_2 = k\dfrac{Qq}{r^2}$，$F_1 = F_2$，解得 $q = \dfrac{\sqrt{3}}{3}Q$，应放负电荷。

例 6 在氯化铯晶体中，一价氯离子 Cl^- 与其邻近的 8 个一价铯离子 Cs^+ 构成如图 1－9(a)所示的立方晶体结构。铯离子之

间的距离为 $d=0.4\ \text{nm}$，求：

（1）氯离子所受的库仑力；

（2）假设图中右上方 a 处缺少一个铯离子（称作晶格缺陷），此时氯离子所受的库仑力是多大。

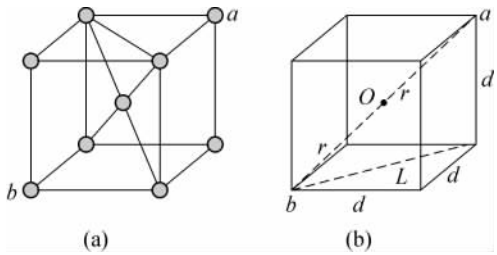


图 1－9

【解析】（1）因正立方体的对称性，氯离子所受库仑力的合力为 0。

（2）若 a 处缺少一个铯离子，氯离子所受的库仑力的合力可等效为 a 的对称点 b 处的铯离子对氯离子的库仑力大小，如图 1－9(b)所示。设 ab 间的距离为 $2r$，$L=\sqrt{2}d$，$2r=\sqrt{L^2+d^2}=\sqrt{3}d$，$r=\dfrac{\sqrt{3}}{2}d$，$F=k\dfrac{e^2}{r^2}=9\times10^9\times\dfrac{(1.6\times10^{-19})^2}{(4\times10^{-10}\times\sqrt{3}/2)^2}=1.92\times10^{-9}(\text{N})$。

练习题

1. 两个半径均为 R_1 的金属球，分别带有等量异种电荷 Q，球心间距离为 R_2，R_2 约为 R_1 的 5 倍，则两球间相互作用的静电力 F _____。

A　$<kQ^2/R_2^2$　　B　$=kQ^2/R_2^2$

C　$>kQ^2/R_2^2$　　D　无法判断

2. 一定量的电荷 Q，将其分为 q 和$(Q-q)$两个点电荷，使其相距一个确定的距离 r。为使它们之间有最大作用力，则 q 值应为_____。

A　$Q/2$　　B　$Q/3$

C　$2F/3$　　D　$4Q/5$

3. 半径相同的两个金属小球 A，B 带有电量相等的电荷，相隔一定距离，两球相互引力的大小是 F。今让第 3 个半径相同的不带电的金属小球 C 先后与 A，B 两球接触后移开，这时 A，B 两球之间的相互作用力的大小是_____。

A　$\dfrac{1}{8}F$　　B　$\dfrac{1}{4}F$　　C　$\dfrac{3}{8}F$　　D　$\dfrac{3}{4}F$

4. 如图 1－10 所示，3 个点电荷 q_1，q_2，q_3 固定在同一条直线上，q_1 与 q_2 的距离为 q_2 与 q_3 距离的 2 倍，每个电荷受到的电场力的合力均为 0，因此可以判断 3 个点电荷的电量之比 $q_1:q_2:q_3$ 为_____。



图 1－10

A　36∶4∶9　　B　36∶－4∶9

C　－6∶2∶－3　　D　6∶2∶3

5. 两个小球都带正电，总共有电荷 5.0×10^{-5} C，当两个小球相距 3.0 m，它们之间的斥力为 0.4 N，问总电荷在两个小球上是怎样分配的？

6. A，B 两个半径相同的不带电的金属球相隔较远的距离 L，今让半径不同、但带 $+Q$ 电荷的第 3 个金属球 C 先后与 A，B 两球接触一下后再移开，此时 C 球带 $4Q/9$ 的电荷，求 A，B 之间的作用力 F。

第3讲　库仑定律综合题

例1　如图1－11(a)所示，小球P，Q质量分别为m_1，m_2，带电量分别为q_1和q_2，它们分别悬挂在两根同样长的绝缘细线上，线与竖直方向成夹角为θ_1，θ_2，则下列说法正确的是_____。

A　若$m_1 = m_2$，则不论q_1，q_2的关系如何，必有$\theta_1 = \theta_2$

B　若$q_1 = q_2$，则不论m_1，m_2的关系如何，必有$\theta_1 = \theta_2$

C　若$m_1 = m_2$，则电量大的小球所对应的张角大

D　若$q_1 = q_2$，则质量大的小球所对应的张角大

[答案：A]

【解析】　m_2受重力G_2、拉力T、库仑力F，如图1－11(b)所示，拉力过支点无力矩，库仑力等大反向，合力矩为0，由力矩平衡得$m_1gL_1 = m_2gL_2$。设$m_1 > m_2$，则$L_1 < L_2$，$\tan\theta_1 = \dfrac{L_1}{Ob}$，$\tan\theta_2 = \dfrac{L_2}{oa}$，$Ob > Oa$，$\tan\theta_1 < \tan\theta_2$，所以质量大的夹角小。

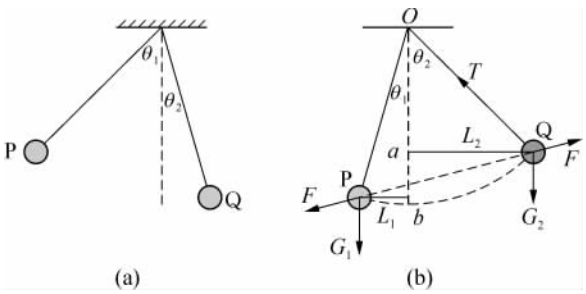


图1－11

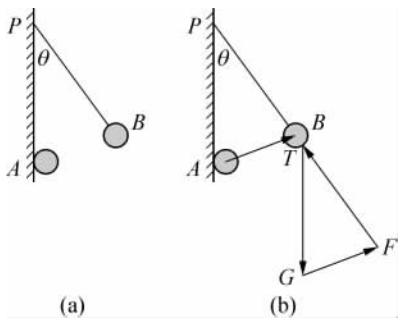


图1－12

例2　如图1－12(a)所示，竖直绝缘墙壁上有个固定的质点A，在A的正上方的P点用丝线悬挂另一质点B，A，B两质点因为带电而相互排斥，致使悬线与竖直方向成θ角。由于漏电，A，B两质点的带电量逐渐减少，在电荷漏完之前悬线对悬点P的拉力大小_____。

A　逐渐减小　　B　逐渐增大　　C　保持不变　　D　先变大后变小

[答案：C]

【解析】　B球受重力G、拉力T和库仑力F，处于动态平衡，作力的矢量图如图1－12(b)，可得两相似三角形，漏电前$\dfrac{PA}{PB} = \dfrac{G}{T}$，漏电后$\dfrac{PA}{PB} = \dfrac{G}{T'}$，$T = T'$。

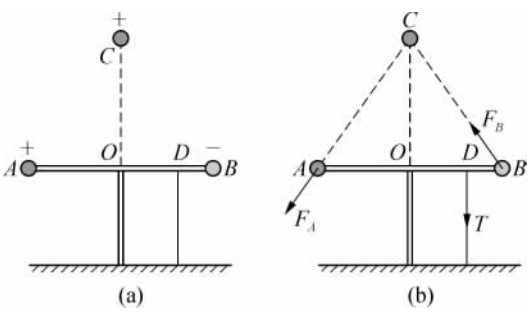


图1－13

例3　AB为一长L的轻质绝缘杆，可绕中点O转动，它的两端各固定一个正电荷和负电荷，电量都为q。在O点正上方距离O点为$\sqrt{3}L/2$的C处，另外固定一个正电荷，电量也为q，如图1－13(a)所示。为了使AB杆处于水平位置，在离B端$L/4$的D点用线系住，若线处于竖直位置，则线上的拉力为_____N。