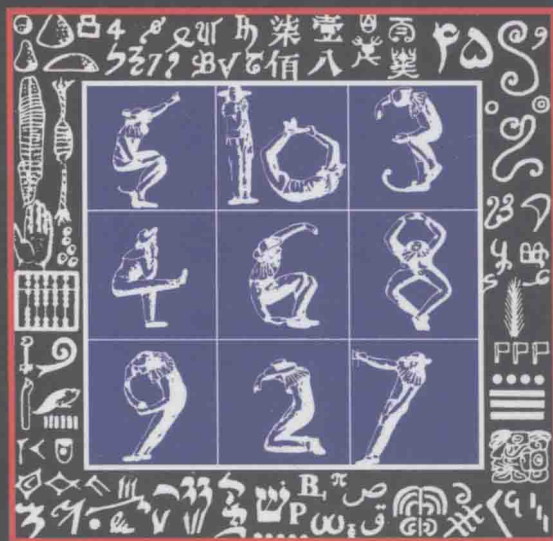


# 物理奥林匹克竞赛大题典

(电磁学卷)

全响 编著



# 物理奥林匹克竞赛大题典

——(电磁学卷)——

全响 编著



## 内 容 简 介

本书包括两个部分:第1编是习题,第2编是答案.本书针对电磁学的知识精选了295道题,详细介绍了典型的解题方法,着力于提高学生的能力与科学素养,培养创新意识,使之发挥其主动性和创造性.本书的内容可有效地促进读者对知识的掌握与解题能力的提高.题目和答案是分开的,方便读者独立学习.

本书适合于高中学生、中学物理教师和物理竞赛培训人员参考使用.

### 图书在版编目(CIP)数据

物理奥林匹克竞赛大题典.电磁学卷/全响编著. —哈尔滨:  
哈尔滨工业大学出版社,2015.7

ISBN 978 - 7 - 5603 - 4659 - 5

I. ①物… II. ①全… III. ①中学物理课 - 习题集  
IV. ①G634.75

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 058781 号

策划编辑 刘培杰 张永芹  
责任编辑 张永芹 钱辰琛  
封面设计 孙茵艾  
出版发行 哈尔滨工业大学出版社  
社 址 哈尔滨市南岗区复华四道街10号 邮编 150006  
传 真 0451 - 86414749  
网 址 <http://hitpress.hit.edu.cn>  
印 刷 哈尔滨市工大节能印刷厂  
开 本 787mm × 1092mm 1/16 印张 18.5 字数 479 千字  
版 次 2015 年 7 月第 1 版 2015 年 7 月第 1 次印刷  
书 号 ISBN 978 - 7 - 5603 - 4659 - 5  
定 价 48.00 元

---

(如因印装质量问题影响阅读,我社负责调换)

# ◎ 前 言

本书是编者三十年以来不断地广泛收集和精心编创而成的,习题内容新颖、难度较大. 参考资料的来源较广、时间跨度较长. 习题主要来源于以下四个方面:①国外的中学物理习题集、竞赛培训题及竞赛题;②国内的中学物理习题集、竞赛培训题及竞赛题;③国内、外的普通物理习题集和其他的有关大学用书;④编者编创的部分习题.

本书源于高中教材,但高于高中教材,内容紧扣竞赛大纲. 选题以系统性、典型性和启发性为准绳,较为全面地收集了高中物理知识范围内,由浅入深全过程中的各类典型题和难题(但原则上过于偏、怪的习题不收编),而又不超出竞赛大纲所规定的知识范围,并逐题给予规范地解答,可以说是对迄今为止出现的高中物理知识范围内优秀习题的总结.

全书内容系统全面,每一小部分习题的编排则以由浅入深、分门别类为原则,因而有明显的梯度和类聚性.

题解注重原理分析和关键步骤,力求规范、简明和严密. 由于考虑到高中学生使用,所以解题所涉猎的物理和数学知识,均不超出高中学生的知识范围,即横向不拓宽(不超知识范围)、纵向可加深(难度加大).

全书分四卷共 960 道习题,其中:力学卷 350 题、热学卷 135 题、电磁学卷 295 题、光学与近代物理卷 180 题,全书近 100 万字. 书中有部分题目之间是相互关联的,即某题或题解利用(或参考)到另一题的条件或题解的结论,具体见光学与近代物理卷末的“附录:前后相关题序号”. 为便于读者独立思考和查找习题,每卷分两编,第 1 编为习题,第 2 编为答案.

本书可供高中学生、中学物理教师和物理竞赛培训人员使用,也可供大学物理专业学生和其他学习普通物理的人员参考.

由于像这样分类详细、类型齐全、难题集中、解法规范的竞赛题解,在国内尚无出版先例,加之工程量较大、时间跨度较长、编者水平有限,所以存在缺点和疏漏在所难免,恳请读者批评指正!

全响

2014.01

## 第1编 习题

第3章 电磁学	3
3.1 静电场	3
3.1.1 库仑定律	3
3.1.2 电场强度	4
3.1.3 电势和电势能	6
3.1.4 电容	10
3.1.5 电介质	13
3.2 稳恒电流	15
3.2.1 电阻	15
3.2.2 电路	19
3.2.3 带电容的电路	25
3.2.4 电流的热效应和电功率	26
3.3 磁场	29
3.3.1 电流的磁场	29
3.3.2 安培力	30
3.3.3 洛伦兹力	33
3.4 电磁感应	40
3.5 交流电	55

## 目 录 CONTENTS

## 第2编 答案

第3章 电磁学 .....	63
3.1 静电场 .....	63
3.1.1 库仑定律 .....	63
3.1.2 电场强度 .....	70
3.1.3 电势和电势能 .....	78
3.1.4 电容 .....	97
3.1.5 电介质 .....	112
3.2 稳恒电流 .....	117
3.2.1 电阻 .....	117
3.2.2 电路 .....	131
3.2.3 带电容的电路 .....	154
3.2.4 电流的热效应和电功率 .....	160
3.3 磁场 .....	169
3.3.1 电流的磁场 .....	169
3.3.2 安培力 .....	171
3.3.3 洛伦兹力 .....	177
3.4 电磁感应 .....	208
3.5 交流电 .....	257

## 目 录 CONTENTS

# 第1编

# 习 题





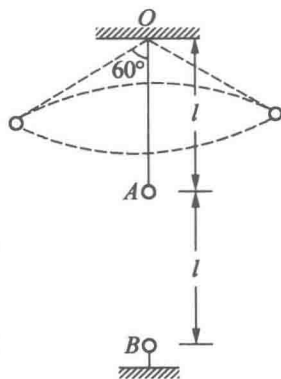


## 第3章 电磁学

### 3.1 静电场

#### 3.1.1 库仑定律

**3.1** 用一根长为  $l$  的轻质绝缘丝线拴着一个金属小球  $A$ , 在小球  $A$  的正下方固定着另一个金属小球  $B$ , 如图所示.  $A$ 、 $B$  之间的距离也恰好为  $l$ . 已知球  $A$  的质量为  $m$ , 且两球都带正电荷, 电量均为  $q$ . (两小球体积不计) 试求:



3.1 题图

(1) 当小球  $A$  静止时, 丝线的拉力是多大? (设此时丝线被拉紧)

(2) 如不剪断丝线, 而让小球  $A$  在水平面上做圆锥摆运动, 当丝线与铅直线成  $60^\circ$  角时, 小球  $A$  的角速度  $\omega$  是多少? 这时丝线的拉力  $T$  又是多大?

**3.2** 三个质量均为  $m = 2.0 \times 10^{-4}$  kg 的小球, 用三根长为  $l = 1.0$  m 的绝缘细线挂在同一点的下面, 使三球带上相同的电荷后, 它们彼此分开, 各线之间的夹角互成  $60^\circ$ , 求每个小球所带的电荷.

**3.3** 三个带电小球  $A$ 、 $B$ 、 $C$ , 球  $A$  带电为  $+q_1$ , 球  $B$ 、 $C$  带电都为  $+q_2$ , 三个小球只能在圆形槽内自由移动. 如果三球平衡时,  $B$ 、 $C$  间弧为  $60^\circ$ , 求  $q_1$  与  $q_2$  的比值.

**3.4** 两个半径相同的导电小球 1 和 2, 用两根等长绝缘的细线挂在同一点上, 当小球 1、2 带等量同号电荷  $q$  时相距 5 cm. 问:

(1) 当小球 1 放电后, 将如何运动? 并求处在平衡位置时球 1 和球 2 之间的距离.

(2) 若用一个带有绝缘柄的原来不带电的小球 3 (它与球 1、2 完全相同) 先后与小球 1 和小球 2 接触, 然后移去, 则小球 1 和小球 2 再处于平衡位置时相距多远?

**3.5** 两个体积相同的导电小球, 带有同号电荷, 其电量分别为  $q_1$  和  $q_2$ , 相距为  $r$ , 如果把这两个小球相接触后再回到原来的位

置,求证在第二种情况下,电荷间的相互作用力大于接触之前的相互作用力.

**3.6** 一原来不带电的导体小球与一带电荷量为  $Q$  的导体大球接触,在每次分开后小球获得的电荷量为  $q$ . 现让小球与大球反复接触,在每次分开后都给大球补充电荷,使其带电荷量恢复到原来的值. 求小球可能获得的最大电荷量.

**3.7** 把两个相同的点电荷  $q$  固定在相距  $l$  的地方,在二者中间放上第三个质量为  $m$  的电荷  $q$ ,沿电荷间的连线方向给第三个电荷一很小的扰动,证明它将做简谐振动,并求其振动周期.

**3.8** 一个带有电量为  $-2q$  的点电荷和一个带有  $+q$  的点电荷固定在相距  $l$  的位置上,带有电荷  $+q_0$  的试验电荷要放在两个电荷连线上的什么位置,才能处于平衡状态? 说明当试验电荷  $+q_0$  沿横向移动时的平衡性质. 绘出作用在  $+q_0$  上的合力跟它与  $+q$  的距离关系图像.

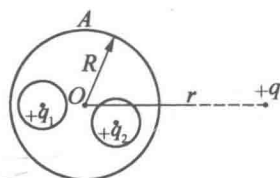
**3.9** 有四个相同的自由正电荷,位于边长为  $a$  的正方形的四个顶角上,电荷所带的电量都为  $q$ .

(1) 试问在正方形的中心应该放一个什么样的电荷,整个系统才能处于平衡状态? 这时,平衡是不是稳定平衡?

(2) 若正方形的边长为  $L$ ,中心处点电荷的质量为  $m$ ,试求这个点电荷以正方形中心  $O$  为平衡点沿一轴线(该轴线过  $O$  并与正方形平面垂直)微小振动的频率.

### 3.1.2 电场强度

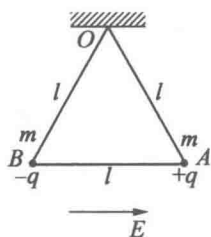
**3.10** 如图所示,在金属球  $A$  内有两个球形空腔,此金属球整体上不带电. 在两空腔中心各放置一点电荷  $+q_1$  和  $+q_2$ . 另在金属球  $A$  外远处放置一点电荷  $+q$ .  $+q$  至  $A$  的中心距离  $r$  远大于球  $A$  的半径  $R$ . 试问作用在  $A$ 、 $q_1$ 、 $q_2$ 、 $q$  四物体上的静电力各为多少?



3.10 题图

**3.11** 有一个半径为  $a$  的环形导体,带电量为  $Q$ . 在过环心并垂直于环圈平面的直线上,且距环心距离为  $x$  的一点上的场强为多大?

**3.12** 质量为  $m$  的两个小球  $A$  和  $B$ ,分别用长为  $l$  的轻质绝缘丝线悬挂于同一点  $O$ ,再用同样长度的丝线把它们连接起来.  $A$ 、 $B$  所带的电量分别为  $+q$  和  $-q$ ,沿水平方向有强度为  $E$  的电场,当  $AB$  丝线刚好张开而平衡时, $E$  的大小为多少?

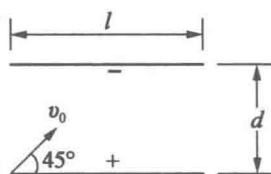


3.12 题图

**3.13** 电子以速度  $v_0 = 6.0 \times 10^6$  m/s 和仰角  $\alpha = 45^\circ$  从两块

平行带电板下板的边缘向上板飞行,两板间电场强度  $E = 2.0 \times 10^4 \text{ V/m}$ ,方向自下而上.已知板长  $l = 0.10 \text{ m}$ ,两板间距离为  $d = 2.0 \times 10^{-2} \text{ m}$ ,如图所示.问此电子能否从下板射至上板?如不能射至上板而又落在下板,那么落在下板何处?

心得体会 拓广疑问

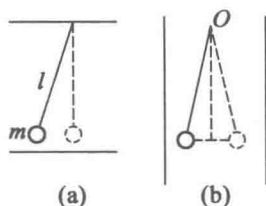


3.13 题图

**3.14** 在地球表面上有一场强为  $E$ 、方向向上的均匀电场.今在场中间一点  $A$  同时向各个方向发射出若干个带电小球,它们的初速度均为  $v_0$ ,所带的电荷均为  $-Q$ ,质量均为  $m$ .

- (1) 试证明在任一时刻  $t$ ,这些小球在一个球面上;
- (2) 求上述球面的球心运动速度的大小和方向;
- (3) 求球面半径与时间的关系.

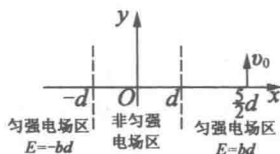
**3.15** 在两块大的平行带电板间,有一根上端固定长为  $l$  的线,线上挂一质量为  $m$ 、带电量为  $+q$  的小球.如果平行带电板间的电场强度为  $E$ ,试求在下列情况下小球做小幅度摆动时的周期  $T$ .



3.15 题图

- (1) 平行板水平放置,如图(a)所示,电场强度方向由上向下;
- (2) 平行板水平放置,电场强度方向由下向上;
- (3) 平行板竖直放置,如图(b)所示,电场强度方向由右向左.

**3.16** 如图所示,在  $x > 0$  的空间各点,存在沿  $x$  轴正方向的电场,其中在  $x \leq d$  的区域中,电场是非匀强电场,场强  $E$  的大小随  $x$  的增大而增加,且  $E = bx$ ,  $b > 0$  为已知常量;在  $x \geq d$  的区域中,电场是匀强的,场强为  $E = bd$ .在  $x < 0$  的空间各点,电场的分布与  $x > 0$  的空间中的分布对称,只是场强的方向都沿  $x$  轴负方向.一电子,其电荷量为  $-e$ ,质量为  $m$ ,在  $x = \frac{5}{2}d$  处以沿  $y$  轴正方向的初速  $v_0$  开始运动,如图所示.求:



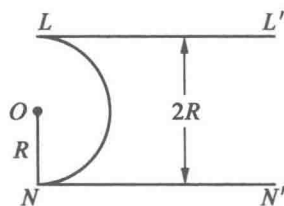
3.16 题图

- (1) 电子沿  $x$  方向分运动的周期;
- (2) 在电子运动的轨迹与  $y$  轴的各个交点中,任意两个相邻交点间的距离.

**3.17** 一半径为  $R$ 、均匀带正电的圆形平面,其电荷面密度为  $\sigma$ ,在圆平面中部,挖去一小圆孔,其半径  $a$  与  $R$  比起来是极小的.求通过圆孔中心的轴线上与圆心  $O$  相距为  $l$  的  $G$  处场强.

**3.18** 一个带有电量为  $q$  的金属球壳,试证明球壳内部任一点的电场强度为零.

**3.19** 如图所示,有两根均匀带电的半无穷长平行直导线,它们的电荷线密度均为  $\sigma$ , endpoint 连线  $LN$  垂直于这两直导线,  $LN$  的长



3.19 题图

度为  $2R$ . 试求在  $LN$  的中点  $O$  处的电场强度.

**3.20** 如图所示为一带电球面, 其上一半带有正电荷, 另一半带有负电荷, 且电荷分布不均匀, 电荷面密度可表示为  $\sigma(\theta) = \sigma_0 \cos \theta$ , 其中  $\sigma_0$  为  $\theta = 0^\circ$  处的电荷面密度, 试求球面内电场强度的分布.

**3.21** 如图所示, 在电场强度为  $E$  的均匀电场中放着一个均匀金属球, 其半径为  $R$ , 由于感应在上产生了面密度为  $\sigma$  的电荷,  $\sigma$  和图中标出的  $\alpha$  角有关, 求  $\sigma$  的表达式.

**3.22** 一个直径为  $r = 0.01 \text{ m}$ 、总带电量为  $q = 10^{-8} \text{ C}$  的均匀带电塑料球, 用一根绝缘线绳悬挂起来, 其最底端与一个盐水容器的水面相距也为  $0.01 \text{ m}$ . 结果我们看到, 小球下面的水面涌起了一点. 试求出水平面涌起的高度, 水的表面张力可忽略, 并且取盐水的密度为  $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ .

### 3.1.3 电势和电势能

**3.23** 两个相同的带电金属小球, 半径均为  $r = 2.5 \text{ cm}$ , 相距  $a = 1 \text{ m}$ , 一个球的电势为  $U_1 = +1200 \text{ V}$ , 另一个球的电势为  $U_2 = -1200 \text{ V}$ , 求这两个小球所带的电量  $Q_1$  和  $Q_2$ .

**3.24** 两个金属同心球, 它们的半径分别是  $a$  和  $b$ , 内球所带的电量为  $q$ , 外球所带的电量为  $Q$ . 试求:

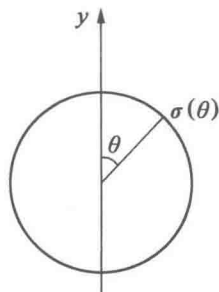
- (1) 球外的电场强度和电势;
- (2) 大球内的电场强度和电势;
- (3) 小球内的电场强度和电势.

**3.25**  $N$  颗相同的水银滴带着同种电荷并达到同一电势  $U$ , 这些小水银滴合并成一颗大水银滴后, 大水银滴的电势  $U'$  将是多少? (假定水银滴都是球形的)

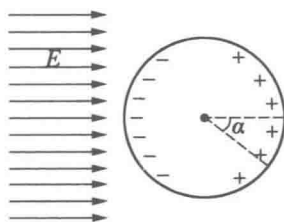
**3.26** 一个半径为  $R = 1 \text{ m}$  的大金属球, 充电后的电势为  $U$ , 把  $n = 10$  个半径为  $r = \frac{1}{9} \text{ m}$  的原不带电的小金属球依次分别与这个大金属球相碰后拿走, 然后把这 10 个充了电的小金属球彼此分隔摆在半径为  $R_0 = 10 \text{ m}$  的圆周上, 并拿走大金属球. 求圆心处的电势. (设整个过程中系统的总电量无泄露)

**3.27** 半径分别为  $R$  和  $r$  的两个小球形导体 ( $R > r$ ), 带有电量分别为  $q_1$  和  $q_2$ , 两球相距很远, 现用一根很长的细导线连接起来, 试求:

心得 体会 拓广 疑问



3.20 题图



3.21 题图

(1) 两球的共同电势  $U$  和每个球所带的电量  $Q_1$  和  $Q_2$ ;

(2) 两球表面电荷密度的比值  $\sigma_R : \sigma_r$ .

**3.28** 如图所示,正四面体  $ABCD$  的各面均为导体,但又彼此绝缘. 已知带电后四个面的静电势分别为  $U_1$ 、 $U_2$ 、 $U_3$  和  $U_4$ , 求四面体中心  $O$  点的电势  $U$ .

**3.29** 有两个异号点电荷  $nq$  和  $-q$  ( $n > 1$ ), 相距为  $d$ . 试证明电势为零的等势面为一球面, 并问在什么情况下球面变为一平面?

**3.30** 半径分别为  $R_1$  和  $R_2$  的两个同心半球面相对放置, 如图所示. 两个半球面均匀带电, 电荷密度分别为  $\sigma_1$  和  $\sigma_2$ . 求大球面的直径  $AOB$  上电势的分布.

**3.31** 有一个绝缘金属小球, 半径为  $r$ ; 还有一个极薄的导体球壳, 外半径为  $R_1$ , 内半径为  $R_2$ , 而且在球壳上有一活动小盖, 揭开可供小球出入. 设小球原来不带电, 球壳带正电, 电势为  $U_0$ , 当按下面各程序进行时, 在每一过程中, 小球及球壳的电荷分布和电势应怎样变化?

(1) 把绝缘金属小球深入球壳以内, 但不与球壳接触;

(2) 把已经深入球壳内的绝缘金属小球暂时接一下地, 但又立刻恢复绝缘;

(3) 把本来绝缘的球壳暂时接一下地, 但又立刻恢复绝缘;

(4) 把金属球从球壳中取出, 拿到离开球壳很远的地方.

**3.32** 一个内半径为  $R_1$ 、外半径为  $R_2$  的金属球壳, 在球内放一个电量为  $+q_1$  的正点电荷.

(1) 试计算在下列各种情形下, 金属球壳内、外的电场强度和电势的大小.

① 点电荷在球心;

② 点电荷与球壳内壁接触;

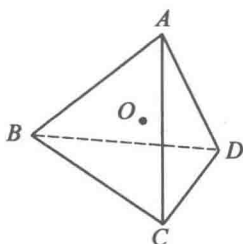
③ 点电荷仍在球心, 但人用手接触一下球的外壁.

(2) 若在球壳外再放置一个电量为  $+q_2$  的点电荷, 问球壳内、外电场强度和电势有何变化?

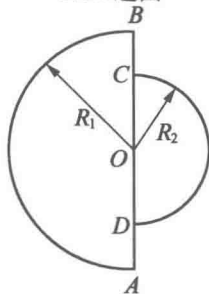
**3.33** 正点电荷  $Q_1$  和  $Q_2$  分别置于相距为  $l$  的  $A$ 、 $B$  两点, 现以  $l$  为直径作半圆, 如图所示. 试求在半圆上电势最低点  $P$  的位置.

**3.34** 如图所示, 半径为  $r$  的导体环上均匀带总电荷量为  $q$ , 导体球半径为  $R$ , 球心  $O$  和环心连线长为  $l$ , 且与环平面垂直.

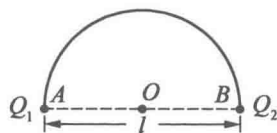
心得 体会 拓广 疑问



3.28 题图



3.30 题图



3.33 题图

(1) 如果导体球接地且不带电,则球上感应电荷  $q'$  为多大?

(2) 如果导体球不接地,则球的电势  $U$  为多大?

(3) 已知导体球的电势为  $U_0$ ,则球上总电荷量  $q''$  是多少?

(4) 比较上述的(1)和(3),导体环受导体球作用力的变化量大小和方向如何?

(5) 比较上述的(1)和(2),导体环受导体球作用力的变化量大小和方向如何?

**3.35** 如图所示,有  $a$ 、 $b$ 、 $c$  三个导体,其球心分别被固定在边长为  $l$  的正三角形的 3 个顶点上, $a$ 、 $b$ 、 $c$  上球的半径分别为  $r_a$ 、 $r_b$ 、 $r_c$ ,且其中  $r_a = r_b$ ,且  $r_a \ll l$ 、 $r_c \ll l$ . 现使三球分别带上不大的电量  $Q_a$ 、 $Q_b$ 、 $Q_c$ .

(1) 试计算  $b$  球的电势,并说明所使用的近似方法;

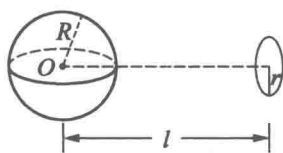
(2) 若将三球彼此用导线连接,并略去连接后导线上的电荷分布,试求各球所带的电量;

(3) 若过三角形的中心  $O$  作垂直于该正三角形所在的平面的轴  $Ox$ ,并在轴上取一点  $P$ ,使  $OP = OC$ ,试求出在第(2)问的条件下点的电场强度  $E_P$ .

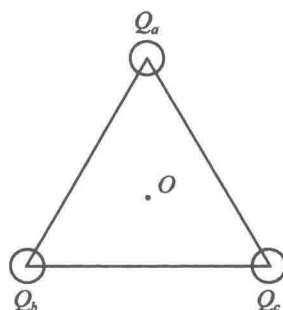
**3.36** 有 2 005 个静止导体球互相分离,各自带有正电荷. 静电平衡后,试证至少有一个导体球的表面处处没有电荷.

**3.37** 如图所示,接地的空心导体球壳的内半径为  $R$ ,在空腔内一直径上的  $P_1$  和  $P_2$  处,放置电量分别为  $q_1$  和  $q_2$  的点电荷, $q_1 = q_2 = q$ ,两点电荷到球心的距离均为  $a$ . 由静电感应与静电屏蔽可知:导体空腔内表面将出现感应电荷分布,感应电荷电量等于  $-2q$ ,空腔内部的电场是由  $q_1$ 、 $q_2$  和两者在空腔内表面上的感应电荷共同产生的. 由于我们尚不知道这些感应电荷是怎样分布的,所以很难用场强叠加原理直接求得腔内的电势或场强. 但理论上可以证明,感应电荷对腔内产生的电场,假设用位于腔外的等效点电荷来代替(在本题中假设等效点电荷应为两个),只要假想的等效点电荷的位置和电量能满足这样的条件,即假设将整个导体壳去掉,由  $q_1$  在原腔内表面的感应电荷的假设等效点电荷  $q'_1$  与  $q$  共同产生的电场在原空腔内表面所在位置处各点的电势皆为零;由  $q_2$  在原空腔内表面的感应电荷的假设等效点电荷  $q'_2$  与  $q_2$  共同产生的电场在原空腔内表面所在位置处各点的电势皆为零. 这样确定的假设电荷叫作感应电荷的等效电荷,而且这样确定的等效电荷是唯一的,等效电荷取代感应电荷后,可用等效电荷  $q'_1$ 、 $q'_2$  和  $q_1$ 、

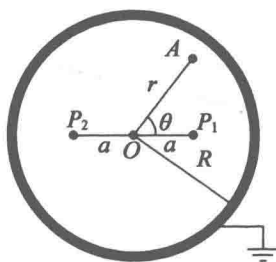
心得体会 拓广 疑问



3.34 题图



3.35 题图



3.37 题图

$q_2$  来计算原来导体存在时空腔内部任意点的电势或场强.

(1) 试根据上述条件, 确定假设等效电荷  $q'_1$ 、 $q'_2$  的位置及电量;

(2) 已知  $A$  点到球心  $O$  的距离为  $r$ ,  $\overline{OA}$  与  $\overline{OP_1}$  的夹角为  $\theta$ , 求空腔内部任意一点  $A$  的电势  $U_A$ .

**3.38** 如图所示, 有三个同心的导体薄球壳, 半径分别为  $a$ 、 $b$ 、 $c$ , 其中内、外球壳均接地, 而中间球壳是由两个半球壳拼接而成, 且其上带有一定电量. 试问: 三球壳半径之间满足什么关系, 才能使中间球壳的两半部分不会相互分离?

**3.39** 为了把四个电荷置于边长为  $l$  的正方形的四个顶点, 如图所示, 求外力所做的功  $W$ .

**3.40** (1) 由无限远处将电荷为  $q$  的点电荷, 移到半径为  $R$  带电为  $Q$  的金属球上, 试求外力所做的功  $W$ ;

(2) 若将电量  $q$  分成  $n$  个带电为  $\frac{q}{n}$  的点电荷, 由无限远处把这  $n$  个点电荷移到(1)中所说的金属球上, 再求外力所做的功.

**3.41** 氢原子中电子绕轨道运行的平均距离为  $r = 5.3 \times 10^{-11}$  m, 已知  $1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19}$  J.

(1) 试求电子在半径为  $r$  的圆周上的电势  $U$  和电势能  $W$ ;

(2) 试求使氢原子电离所需的能量  $A$ .

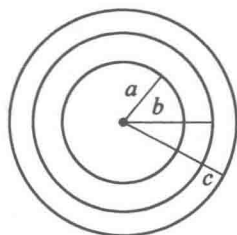
**3.42** 有一些电荷均匀地分布在两个同心导体球的表面上. (它们的密度不知) 假如把一单位电量的电荷从无穷远处移到球的公共中心时需要做功为  $W = 10^{-6}$  J, 两个球的半径分别为  $r = 0.05$  m 和  $R = 0.1$  m, 试求这两个球面上所带的电量  $Q_1$  和  $Q_2$ .

**3.43** 在 3.27 题中, 求电能的损失量  $W$ , 并问为何有电能损失?

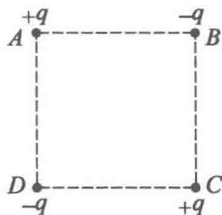
**3.44** 在 3.1 题中, 如把拴小球  $A$  的丝线剪断, 那么, 当小球下落的高度为  $h$  ( $h < l$ ) 时, 小球  $A$  的速度  $v$  为多少?

**3.45** 如图所示, 有一带电为  $q$  的小球, 用绝缘细线悬挂在两块面积很大的竖直平板间的  $O$  点, 小球的质量  $m = 2.0 \times 10^{-3}$  kg, 悬线长为  $l = 0.06$  m. 两板间距离为  $d = 0.08$  m. 假如小球所带的电荷不影响两平板上电荷的分布, 并且当两板间加上电压为  $U = 2000$  V 时, 小球向正极板方向偏转到水平位置, 然后小球又向下运动并绕某点  $C$  做振动. 试求:

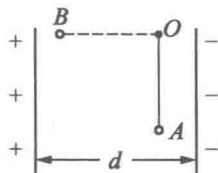
心得体会 拓广疑问



3.38 题图



3.39 题图



3.45 题图

- (1) 小球所带的电量  $q$ ;  
 (2) 平衡点  $C$  的位置;  
 (3) 小球的 最大速度.

**3.46** 如图所示是电子示波管筒图, 阴极与加速阳极之间的加速电压为  $U_1$ , 偏转板长为  $l_1$ , 两板相距为  $d$ , 电压为  $U_2$ , 偏转板到荧光屏的距离为  $l_2$ . 问电子射线束打到荧光屏时:

- (1) 电子射出偏转板时的偏转角  $\theta$ ;  
 (2) 荧光屏上的偏转距离  $OP$ .

**3.47** 如图所示, 直线加速器是由一连串长度逐渐增加、水平放置的共轴金属圆筒组成, 圆筒间的间隙很小, 奇数圆筒和偶数圆筒分别接在交流电源的两极. 带电粒子第一次被加速后, 沿轴线进入第一圆筒, 为使带电粒子每次经过圆筒的间隙得到一次加速, 这些圆筒长度为  $l_1, l_2, l_3, \dots, l_{n+1}$ . 已知带电粒子第一次加速的电压等于电源电压, 第一次加速前的速度为  $v = 0$ . 试证明应有如下关系

$$\frac{l_n}{l_{n+1}} = \sqrt{\frac{n}{n+1}}$$

**3.48** 两个质量分别为  $m_1$  和  $m_2$  的金属小球 I 和 II, 相隔距离为  $l_1$ , 静止在光滑的水平绝缘板上(小球的直径可忽略不计), 使它们分别带同种等量电荷  $Q$  后, 它们就分别向左、向右运动, 如图所示. 试求出两小球运动到相隔距离为  $l_2$  时的速度.

### 3.1.4 电 容

**3.49** 五个电容连接如图所示. 已知  $C_1 = C_2 = C_3 = C_4 = C_0$ , 试求  $A, B$  间的电容.

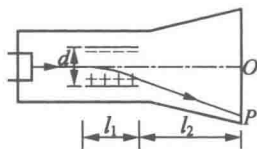
**3.50** 如图所示是一个无限的电容网络, 每个电容均为  $C$ , 求  $A, B$  两点间的总电容.

**3.51** 如图所示, 把 12 个电容都为  $C_0$  的电容器, 用导线连接成一个立方体, 试求对角  $a, b$  间的电容.

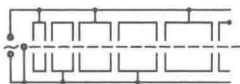
**3.52** 三个已知的电容  $C_1, C_2$  和  $C_3$  都不带电, 连接如图所示. 先把  $K$  拨到  $A$  使  $C_1$  充电到电压为  $U_0$ , 然后把  $K$  拨到  $B$ , 求最后各电容器上的电量.

**3.53** 先用电压为  $U_0$  的电源给电容量为  $C_0$  的电容器充电, 然后电源断开. 再将充电后的该电容给一个电容量为  $C$  的不带电电容器充电, 然后把这个电容量为  $C$  的电容器拿走, 用同样的方法使电容量为  $C_0$  的电容依次再给  $n-1$  个电容量为  $C$  的电容充电. 最后把

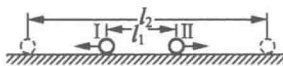
心得体会 拓广 疑问



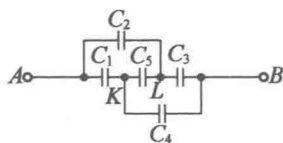
3.46 题图



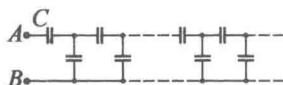
3.47 题图



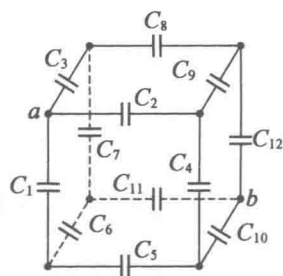
3.48 题图



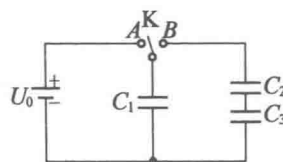
3.49 题图



3.50 题图



3.51 题图



3.52 题图



这  $n$  个电容量为  $C$  的电容再串联起来,试求这串联后的电压  $U$ .

**3.54** 如图所示,  $n$  块等间距的平行薄金属板,初始时不带电,用电池按以下步骤充电:电池负极接线柱与最右边的板相连,而正接线柱依次接在最左边的板上,接着接在左边的第二块板上,第三块板上,……,一直到右边第二块板上,求最右边板上电量与右边第  $k$  块板上电量之比。(板视为无穷大,设  $k < n$ )

**3.55** 将容量为  $C_1, C_2, C_3, \dots, C_n$  的  $n$  个电容器分别充电,使其电压分别为  $U_1, U_2, U_3, \dots, U_n$ ,如图(a)所示,然后将  $AA'$  连接在一起,成为图(b)所示的回路.试求这时每个电容器上的电量.

**3.56** 有 100 块平行放置的正方形大导体板,每块边长均为  $l$ ,相邻两板彼此相对的两个表面的间距均为  $d, d \ll l$ ,将这些导体板从左至右顺次编号为 1、2、……、100. 开始每板上都带有净电荷,已知第 1 块板上的净电量为  $q_1$  (设  $q_1 > 0$ ),第  $n$  块板上的净电量为  $q_n = nq_1$ ,今将第 1 块和第 100 块导体板接地,如图所示,并忽略边缘效应,试问:

(1) 从第 1 块和第 100 块导体板上流入大地的电量  $\Delta q_1$  和  $\Delta q_{100}$  各为多少?

(2) 上述两板接地后哪块板上的电势最高? 其电势是多少?

**3.57** 三个半径分别为  $R_1, R_2$  和  $R_3$  的导体同心球壳,带电依次为  $q_1, q_2, q_3$ . 已知  $R_1 < R_2 < R_3$ . 试求:

(1) 各球壳的电位;

(2) 外球壳接地时各球壳的电位;

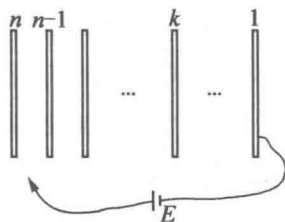
(3) 内球壳接地时,外球壳的电位减少量;

(4) 内、外两球壳接地时,系统的电容和各球壳的电量.

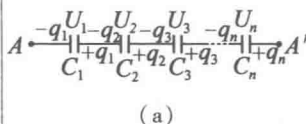
**3.58**  $A, B$  两板(视为无穷大)平行,现二者相距  $d = 0.05$  m 放在空气中,其电容  $C = 4$  pF.  $A, B$  固定且  $B$  接地,涂有导电漆的软木小球被长为  $l = 0.1$  m 的一段丝线悬挂,上端固定于  $A$  板,如图所示,开始时球与  $A$  接触,球的质量  $m = 1.0 \times 10^{-4}$  kg,半径  $a = 3.0 \times 10^{-3}$  m,  $A$  板瞬时被加上  $6 \times 10^4$  V 的电压,此后与外界无联系,可以观察到小球在  $A, B$  板之间往返运动后,便一直保持持续的稳定运动状态,求平板电容器最终的电势差及小球达稳定运动之前与  $B$  板相碰次数  $n$ . (可认为小球与板之间为完全非弹性碰撞)

**3.59** 有一半径为  $r$  的金属球被置放于半径为  $R (R > r)$  的薄金属空心球内,两球同心. 第一次把外球接地;第二次将内球用一根长导线通过外球的开孔接地,外球接在电源的正极,如图所示.

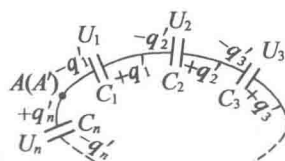
心得体会 拓广 疑问



3.54 题图



(a)

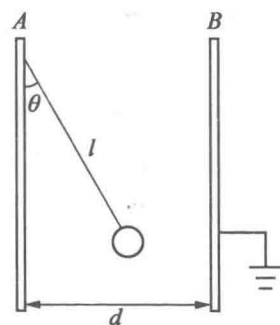


(b)

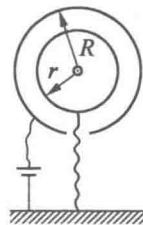
3.55 题图



3.56 题图



3.58 题图



3.59 题图