



目录

content

第一章 电场 电流	1	二、法拉第电磁感应定律	55
一、电荷 库仑定律	1	三、交变电流	60
二、电场	5	四、变压器	65
三、生活中的静电现象	10	五、高压输电	70
四、电容器	12	六、自感现象 涡流	74
五、电流和电源	16	七、课题研究 :电在我家中(略).....	77
六、电流的热效应	19	本章整合	78
本章整合	23	第四章 电磁波及其应用	83
第二章 磁场	28	一、电磁波的发现	83
一、指南针与远洋航海	28	二、电磁波谱	86
二、电流的磁场	31	三、电磁波的发射和接收	89
三、磁场对通电导线的作用	34	四、信息化社会	92
四、磁场对运动电荷的作用	38	五、课题研究 :社会生活中的电磁波(略)...	94
五、磁性材料	42	本章整合	95
本章整合	44	模块综合测评	99
第三章 电磁感应	51	参考答案	101
一、电磁感应现象	51		

第一章 电场 电流

一、电荷 库仑定律

思维激活

1. 笑容灿烂的女生为什么又“怒发冲冠”？是得意于自己的新发型吗？



图 1-1-1

2. 冬天晚上脱毛衣时，你注意到有火花闪光并伴有“噼啪噼啪”的声响吗？它与夏天的电闪雷鸣本质上相同吗？

自主整理

一、电荷

1. 自然界中有两种电荷 _____ 和 _____；同种电荷互相 _____，异种电荷互相 _____。物体带正电，是由于物体 _____ 电子；带负电是由于物体 _____ 电子。

2. 摩擦起电的实质是 _____ 从一个物体 _____ 到另一个物体上，失去电子的物体带 _____ 电，得到电子的带 _____ 电。

3. 把电荷移近不带电的导体，可以使导体带电的现象，叫做 _____；在这个过程中，导体中的 _____ 从导体的一部分 _____ 到另一部分；导体上靠近电荷的一端带的电与电荷的符号 _____，远端带的电与电荷的符号 _____。

二、电荷守恒

1. 在物理学中，常用元电荷作为电荷量的单位，元电

荷的电荷量为 _____；一个电子的电荷量为 _____，一个质子的电荷量为 _____；任何带电粒子，所带电荷量或者等于电子或质子的电荷量，或者是它们电荷量的 _____。

2. 电荷守恒：电荷既不能 _____，也不能 _____，只能从一个物体 _____ 到另一个物体，或从物体的一部分 _____ 到另一部分。在转移的过程中，电荷的总量 _____。

三、库仑定律

1. 库仑定律的数学表达式是 _____，式中 k 叫 _____，其数值为 _____，其单位是 _____。

2. 库仑定律的适用条件：(1) _____；(2) _____。

3. 点电荷：是指没有 _____ 的带电体，是一种理想化的模型，实际上并不存在。

高手笔记

1. 点电荷——理想化的模型，点电荷实际上并不存在。带电体能否看作点电荷并不是由带电体本身的大小决定的，与理解质点的概念类似。

2. 元电荷——自然界中最小的带电单位，电子、质子的带电荷量在数值上等于一个元电荷，但它们并不是元电荷。电荷的“+”“-”只代表电荷的种类，而不代表数学意义上的大小。

3. 当空间有两个以上的点电荷时，两个电荷间的静电力不受其他电荷的影响，每个电荷受的总静电力等于其他电荷对它的静电力的矢量和。

4. 电荷在静电力和其他力的作用下，可以处于静止、加速状态。今后对物体受力分析时，要注意不能漏掉静电力。

名师解惑

1. 使物体带电有几种常见方式？物体带电是创造了电荷吗？

剖析：物体带电的方式有三种：摩擦起电、接触带电、感应起电。从使物体带电的几种方法不难看出：它们都不是创造了电荷，只是从一个物体转移到另一个物体，或从物体的一部分转移到另一部分。

2. 带电体在什么情况下才可以视为点电荷？

剖析：点电荷是实际带电体在一定条件下的抽象，是为了简化某些问题的讨论而引进的一个理想化的模型。在研究带电体间的相互作用时，如果带电体本身的线度远小于它们之间的距离，带电体本身的形状和大小，对我们所讨论的问题影响甚小，就可把带电体视为一个点，并称它为点电荷。大的带电体不一定不能看作点电荷，小的带电体不一定能看作点电荷。所以点电荷本身的线度不一定很小，它所带的电荷量也可以很大。点电荷这个概念与力学中的“质点”类似。

讲练互动

【例1】真空中有甲、乙两个点电荷，相距为 r ，它们间的静电力为 F 。若甲的电荷量变为原来的 2 倍，乙的电荷量变为原来的 $1/3$ ，距离变为 $2r$ ，则它们之间的静电力变为 ()

- A. $3F/8$ B. $F/6$
C. $8F/3$ D. $2F/3$

解析：根据题目给出的条件，真空、点电荷，符合库仑定律条件，由库仑定律公式 $F = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$ 得：

$$\text{当 } Q_{\text{甲}}' = 2Q_{\text{甲}} \quad Q_{\text{乙}}' = \frac{1}{3}Q_{\text{乙}} \quad r' = 2r \text{ 时}$$

$$F' = k \frac{2Q_{\text{甲}} \cdot \frac{1}{3}Q_{\text{乙}}}{4r^2} = \frac{1}{6}k \frac{Q_{\text{甲}} \cdot Q_{\text{乙}}}{r^2} = \frac{1}{6}F.$$

答案：B

绿色通道：本题考查了库仑定律的基本应用。在解答该类问题时，应注意哪些量是不变的，哪些量是变化的，对于变量注意与原来的关系，然后根据库仑定律公式列方程进行计算。

【变式训练 1】(1) 保持两个点电荷的距离不变，若把每个电荷的电荷量都增加为原来的 2 倍，那么它们之间的相互作用力变为原来的 _____ 倍；

(2) 保持两个点电荷的电荷量不变，将距离增为原来的 3 倍，那么它们之间的相互作用力变为原来的 _____ 倍；

(3) 保持其中一个点电荷的电荷量不变，另一个点电荷的电荷量变为原来的 4 倍，为保持相互作用力不变，则它们之间的距离应变为原来的 _____ 倍。

【例2】如图 1-1-2 所示，等边三角形 ABC ，边长为 L ，在顶点 A 、 B 处有等量异种点电荷 Q_A 、 Q_B ， $Q_A = +Q$ ， $Q_B = -Q$ ，求在顶点 C 处的点电荷 Q_C 所受的静电力。

解析： Q_C 受到 Q_A 、 Q_B 两个电荷的

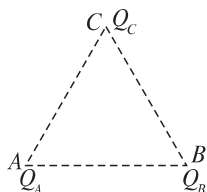
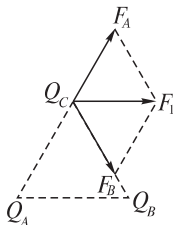


图 1-1-2

作用力，根据库仑定律确定各力大小和方向， Q_C 所受的静电力即为这两个力的合力。 Q_C 电性未知，解答时就需考虑两种情况。

当 Q_C 为正电荷时，受力情况如图 1-1-3 所示， Q_A 、 Q_B 对 Q_C 的作用力大小和方向都不因其他电荷的存在而改变，仍然遵守库仑定律的规律。



$$Q_A \text{ 对 } Q_C \text{ 作用力: } F_A = k \frac{Q_A Q_C}{L^2}, \quad \text{图 1-1-3}$$

同种电荷相斥。

$$Q_B \text{ 对 } Q_C \text{ 作用力: } F_B = k \frac{Q_B Q_C}{L^2}, \text{ 异种电荷相吸。}$$

因为 $Q_A = Q_B = Q$ ，所以 $F_A = F_B$

根据平行四边形法则， Q_C 受的力 F_1 即为 F_A 、 F_B 的合力，根据几何知识可知， Q_C 受力

$$\text{的大小, } F_1 = F_A = F_B = k \frac{QQ_C}{L^2}, \text{ 方}$$

向为平行 AB 连线向右。

当 Q_C 为负电荷时，如图

$$1-1-4 \text{ 所示, } F_2 = k \frac{QQ_C}{L^2}, \text{ 方向平}$$

行 AB 连线向左。

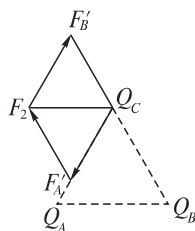


图 1-1-4

答案： kQQ_C/L^2 ，方向平行 AB 连线向右，或 kQQ_C/L^2 ，方向平行 AB 连线向左。

绿色通道：(1) 两个电荷之间的静电力与是否存在第三电荷无关；

(2) 静电力的合成和分解，遵守平行四边形法则。

黑色陷阱：(1) 题中电性未明确时，需根据题给的条件判断其电性；若不能判断电性，应按两种情况处理。

(2) 求静电力时既要计算其大小还要明确方向。

【变式训练 2】若在例 2 中三角形的三个顶点都放上完全相同的三个带电小球，电荷量为 $+Q$ ，其中心小球带电荷量为 $+q$ ，则其受静电力为多少？

【例3】如图 1-1-5 所示，三个点电荷 q_1 、 q_2 、 q_3 固定在同一直线上，



图 1-1-5

q_2 与 q_3 的距离为 q_1 与 q_2 距离的 2 倍，每个电荷所受静电力的合力均为零。由此可以判定，三个电荷的电荷量之比 $q_1 : q_2 : q_3$ 为 ()

- A. $(-9) : 4 : (-36)$ B. $9 : 4 : 36$
C. $(-3) : 2 : (-6)$ D. $3 : 2 : 6$

解析：每个电荷都受到另外两个电荷对它的静电力，其合力为零，这两个力必须满足的条件为：大小相等、方向相反。

由分析可知:三者电性不可能相同,只能是如图 1-1-6 所示两种情况.

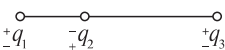


图 1-1-6

考虑 q_2 的平衡:由 $r_{12}:r_{23}=1:2$

据库仑定律得 $q_3=4q_1$.

考虑 q_1 的平衡:由 $r_{12}:r_{13}=1:3$,

同理得: $q_1:q_2:q_3=1:\frac{4}{9}:4=9:4:36$

考虑电性后应为 $(-9):4:(-36)$ 或 $9:(-4):$

36. 只有 A 正确.

答案:A

绿色通道:本题的解答过程,要求能熟练使用库仑定律、物体的平衡条件.同时要有比较强的分析问题、解决问题的能力.该类题的规律是:一条直线上的三个电荷只在静电力的作用下处于平衡时,总有:“两大夹一小,两同夹一异”.

【变式训练 3】如图 1-1-7 所示,相距为 L 的点电荷 A 、 B 的带电荷量分为 $+4Q$ 和 $-Q$,要引进第三个点电荷 C ,使三个点电荷在库仑力作用下都能处于平衡状态,试求 C 电荷的电荷量和放置的位置.

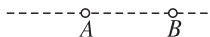


图 1-1-7

【例 4】两个半径相同的金属小球,带电荷量之比为 $1:7$,相距为 r ,两者相互接触后再放回原来的位置上,则相互作用力可能为原来的 ()

- A. $4/7$ B. $3/7$
C. $9/7$ D. $16/7$

解析:两球接触后再放回原来的位置,距离不变,电荷量平分,由库仑定律可知,比较接触前后的作用力的大小,只需比较两者所带电荷量的乘积即可.

设两小球的电荷量大小分别为 q 与 $7q$,则原来相距 r 时的相互作用力 $F=7kq^2/r^2$

由于两球的电性未知,接触后相互作用力的计算可分两种情况:

(1)两球电性相同.相互接触时两球电荷量平均分布,每球带电荷量为 $\frac{q+7q}{2}=4q$.放回原处后的相互作用力为 $F_1=16kq^2/r^2$

$$F_1/F=16/7.$$

(2)两球电性不同.相互接触时电荷先中和再平分,每球带电荷量为 $\frac{7q-q}{2}=3q$,放回原处后的相互作用力 $F_2=9kq^2/r^2$

$$F_2/F=9/7.$$

答案:CD

绿色通道:(1)相同的两金属球接触时,若电性相同,两者平分总电荷量;两球电性不同,两者电荷先中和再平分.

(2)本题的计算渗透着电荷守恒的思想,即电荷不会创生也不会消灭,只是发生了转移,电荷的总量保持不变.

【变式训练 4】两个半径相同的金属小球,带电荷量分别为 $+q$ 、 $+Q$,且电荷量不相等.两者相互接触后再放回原来的位置上,则相互作用力与原来相比 ... ()

- A. 变大 B. 变小
C. 一定不变 D. 不能确定

体验探究

问题:带电金属球上的电荷分布情况.

导思:从静电力对电荷分布的影响和球对称的思想探究.探究从下面几个层次展开:

(1)探究孤立的带电金属球上的电荷分布情况.

内部能否有净电荷?表面电荷分布是否均匀?

(2)探究两个靠近的金属球上的电荷分布情况.

两球带同种电荷时,电荷何处密集?两球带异种电荷时,电荷何处密集?

(3)在带电荷量相同、两球距离相同的情况下,分布均匀与分布不均匀的两球间的作用力大小关系.

探究:孤立的带电金属球上的电荷只能分布在表面,且分布均匀,可认为所带电荷集中在球心,在计算静电力时,可作为点电荷处理.但是如果电荷分布不均匀,两个带电球体相距又不太远,则不能看作点电荷.

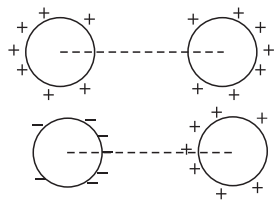


图 1-1-8

两个带同种电荷的金属球,由于静电斥力的作用,电荷在两球远端分布密度大,在两近端分布密度小,电荷作用的等效距离大于两球心距离,比电荷均匀分布时的静电力要小.两个金属球带异种电荷时,情况正好与之相反.

教材链接

教材 P6《思考与讨论》·电荷之间的作用力跟它们之间的距离、电荷量有关吗?

提示:带电小球受力如图 1-1-9 所示.根据三力平衡条件可得:小球受到的斥力 $F=mg\tan\theta$.

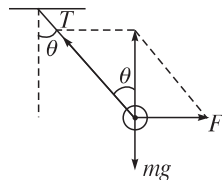


图 1-1-9

由此式可知 θ 越大说明电荷受到的作用力越大,由实验可以看出小球离 A 越远, θ 越小,即电荷之间的作用力越小。由此可得电荷之间的作用力的大小跟它们之间的距离有关,距离越大作用力越小。若保持小球的位置不变,增大(减小)小球的带电荷量时, θ 变大(小),则说明电荷之间的作用力的大小跟它们带电荷量有关,电荷量越大作用力越大,电荷量越小作用力越小。

同步测控

我夯基 我达标

- 以下说法正确的是 ()
 - 物体所带的电荷量只能是某些值,而不能是任意实数
 - 元电荷就是电子或质子
 - 物体所带电荷量的最小值是 $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$
 - 凡试探电荷都是点电荷,凡点电荷都能作试探电荷
- 库仑定律的适用范围是 ()
 - 真空中两个带电球体间的相互作用
 - 真空中任意带电体间的相互作用
 - 真空中两个点电荷间的相互作用
 - 真空中两个带电体的大小远小于它们之间的距离,则可应用库仑定律
- 关于点电荷的说法,正确的是 ()
 - 只有体积很小的带电体,才能作为点电荷
 - 体积很大的带电体一定不能看作点电荷
 - 点电荷一定是电荷量很小的电荷
 - 两个带电的金属小球,不一定能将它们作为电荷集中在球心的点电荷处理
- 已知点电荷 A 的电荷量是点电荷 B 的 2 倍,则 A 对 B 作用力大小跟 B 对 A 作用力大小的比值为 ()
 - $2:1$
 - $1:2$
 - $1:1$
 - 不一定
- 把两个完全相同的金属球 A 和 B 接触一下,再分开一段距离,发现两球之间相互排斥,则 A 、 B 两球原来的带电情况可能是 ()
 - 带有等量异种电荷
 - 带有等量同种电荷
 - 带有不等量异种电荷
 - 一个带电,另一个不带电
- 有 A 、 B 、 C 三个塑料小球, A 和 B 、 B 和 C 、 C 和 A 间都是相互吸引的,如果 A 带正电,则 ()
 - B 、 C 球均带负电
 - B 球带负电, C 球带正电
 - B 、 C 球中必有一个带负电,而另一个不带电
 - B 、 C 球都不带电

- A 、 B 两个点电荷间距离恒定,当其他电荷移到 A 、 B 附近时, A 、 B 之间的库仑力将 ()
 - 可能变大
 - 可能变小
 - 一定不变
 - 不能确定
- 真空中有两个固定的带正电的点电荷,其电荷量 $Q_1 > Q_2$,点电荷 q 置于 Q_1 、 Q_2 连线上某点时,正好处于平衡,则 ()
 - q 一定是正电荷
 - q 一定是负电荷
 - q 离 Q_2 比离 Q_1 远
 - q 离 Q_2 比离 Q_1 近
- 如图 1-1-10 所示,用两根绝缘丝线挂着两个质量相同不带电的小球 A 和 B ,此时,上、下丝线受的力分别为 T_A 、 T_B ;如果使 A 带正电, B 带负电,上下丝线受力分别是 T_A' 、 T_B' ,则 ()
 - $T_A < T_A'$
 - $T_B > T_B'$
 - $T_A = T_A'$
 - $T_B < T_B'$
- 一个带电小球带有 $5.0 \times 10^{-9} \text{ C}$ 的负电荷,当把它放在电场中某点时,受到方向竖直向下、大小为 $2.0 \times 10^{-8} \text{ N}$ 的电场力,则该处的场强大小为_____,方向_____。如果在该处放上一个电荷量为 $3.2 \times 10^{-12} \text{ C}$ 带正电的小球,所受到的电场力大小为_____,方向_____。

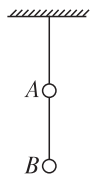


图 1-1-10

我综合 我发展

- 2005 全国高考卷 I 已知 π^+ 介子、 π^- 介子都是由一个夸克(夸克 u 或夸克 d)和一个反夸克(反夸克 $\bar{u}$ 或反夸克 $\bar{d}$)组成的,它们的带电荷量如下表所示,表中 e 为元电荷。

	π^+	π^-	u	d	$\bar{u}$	$\bar{d}$
带电荷量	$+e$	$-e$	$+\frac{2}{3}e$	$-\frac{1}{3}e$	$-\frac{2}{3}e$	$+\frac{1}{3}e$

- 下列说法正确的是 ()
 - π^+ 由 u 和 $\bar{d}$ 组成
 - π^+ 由 d 和 $\bar{u}$ 组成
 - π^- 由 u 和 $\bar{d}$ 组成
 - π^- 由 d 和 $\bar{u}$ 组成
- 人类已探明某星球带负电,假设它是一个均匀带电的球体,将一带负电的粉尘置于该星球表面 h 处,恰处于悬浮状态。现设科学家将同样的带电粉尘带到距星球表面 $2h$ 处无初速释放,则此带电粉尘将 ()
 - 向星球地心方向下落
 - 推向太空

C. 仍在那里悬浮

D. 沿星球自转的线速度方向飞出

13. 两个质量都是 m 的小球, 都用细线拴在同一点, 两细线长度相等, 两球都带上正电荷, 但甲球电荷量比乙球多, 平衡时两细线分别与竖直方向夹角为 θ_1 和 θ_2 , 则二者相比, θ_1 _____ θ_2 (填“>”“=”或“<”).

14. 设氢原子核外电子的轨道半径为 r , 电子质量为 m , 电荷量为 e , 求电子绕核运动的周期.

二、电场

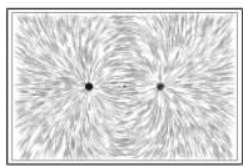
思维激活

1. 涓涓细流为什么发生了弯曲? 是魔术师施加了魔法吗?

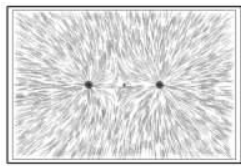


图 1-2-1

2. 两个带电体并没有相互接触, 它们之间就可以发生静电力的作用, 电荷之间的相互作用是通过什么发生的呢?



电场线的模拟演示



电场线的模拟演示

图 1-2-2

自主整理

一、电场

电场是电荷周围存在的一种特殊物质, 电场的最基本性质之一是对放入其中的电荷有 _____。电荷之间是通过 _____ 发生相互作用的。

二、电场强度

1. 物理意义: 描述电场具有 _____ 的性质的物理量。

2. 定义: 在电场中某点放入一个 _____ 电荷, 它所受到的 _____ 跟它所带 _____ 的比值, 叫做这一点的电场强度。

3. 公式: _____

4. 单位: _____

5. 方向: 电场强度是矢量, 不仅有 _____, 还有 _____。物理学上规定: _____ 在电场中某点所受电场力的方向为该点场强的方向, 那么 _____ 受电场力的方向与该点场强的方向相反。

三、电场线

1. 概念

为了直观形象地描述电场中各点电场强度的分布, 在电场中画出一系列曲线, 曲线上每一点的切线方向表示该点的 _____ 方向。

2. 电场线的特点

- (1) 始于 _____ (或无穷远), 终于 _____ (或无穷远);
(2) 任意两条电场线都不 _____;
(3) 在同一幅电场分布图中, 电场越强的地方, 电场线 _____。

3. 匀强电场

场强 _____ 处处相同的电场, 叫做匀强电场, 匀强电场中的电场线是 _____。平行正对的两金属板分别带有 _____ 电荷后, 在两板之间除边缘外就是匀强电场。

高手笔记

1. 电场既不是描述带电体, 也不是描述带电粒子的, 而是描述在它们周围存在的一种特殊物质的, 电场是物质存在的特殊形态。电荷之间的相互作用是通过电场实现的。

2. 场强是描述电场强弱和方向的物理量, 是描述电场本身性质的, 它是由场源电荷和空间位置决定的, 与试探电荷的电荷量、受力大小无关, F/q 只是场强的量度方式而已。因此, 从其客观性来看, 电场强度与试探电荷无关。

3. 电场线实际上并不存在,是人为引入的,它是用来定性描述电场强弱及方向的. 电场线也不是带电粒子在电场中的运动轨迹.

4. 下列几种典型电场的电场线分布要熟练掌握:

- ① 孤立正、负点电荷周围电场;
- ② 等量异种点电荷周围的电场;
- ③ 等量同种点电荷周围的电场;
- ④ 匀强电场.

5. 匀强电场是最简单、最基本的一种电场,在实际中有广泛的应用,是人们控制带电微粒运动的常用手段之一. 常常把它与力学知识、运动学知识结合,综合考查解决问题的能力.

6. 注意电荷受力与运动的关系,利用动力学知识解决电荷在电场中的运动问题.

名师解惑

1. 某同学由 $E = F/q$ 得出: $E \propto F$ 、 $E \propto \frac{1}{q}$ 的结论,你认为是否正确?

剖析:如图 1-2-3 所示,将电荷量为 $+q$ 的试探电荷放在电场中的 A 点,电荷受到的电场力大小为 F ,方向如图 1-2-3 所示,该点的场强方向与 F 同向,场强大小 $E = F/q$. 若将电荷量增为 $2q$,则电场力变为 $2F$,场强大小 $E = 2F/2q =$

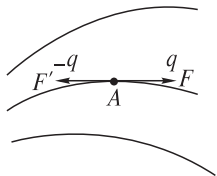


图 1-2-3

F/q , 所以场强大小与试探电荷的电荷量无关. 若将 $+q$ 变为 $-q$ 放在 A 点,电场力 $F = -F'$,方向与原来相反,根据物理学规定场强方向仍与 F 同向,所以场强方向与试探电荷无关. 综上所述:场强与试探电荷无关. 某同学的结论是错误的.

2. 等量同种电荷与等量异种电荷中垂线上的场强分布有什么特点?

剖析:(1)等量同种电荷:如图 1-2-4 所示,由电场的叠加原理可知:电场强度 E 由 O 点向两边是先增大而后减小的. 在 O 点和在无限远处,电场强度最弱(为零),中间一点的电场强度达最大值,电场强度的方向总是沿中垂线而背离 O 点的.

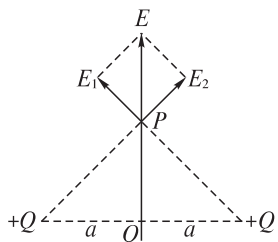


图 1-2-4

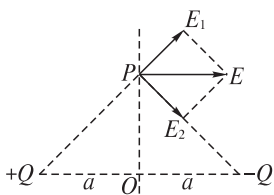


图 1-2-5

(2)等量异种电荷:如图 1-2-5 所示,对于中垂线上任意一点,电场强度由 O 点沿中垂线向两边,一直减小,在 O 点场强最强, $E_{\max} = \frac{2kQ^2}{a^2}$, 电场强度的方向与中垂线垂直(或与两点电荷的连线平行)而指向负电荷一边.

讲练互动

【例 1】如图 1-2-6 所示, $Q_1 = 2 \times 10^{-12} \text{ C}$, $Q_2 = -4 \times 10^{-12} \text{ C}$, Q_1 、 Q_2 相距 12 cm, 求 a、b、c 三点的场强大小和方向, 其中 a 为 Q_1 、 Q_2 的连线中点, b 为 Q_1 左方 6 cm 处的点, c 为 Q_2 右方 6 cm 处的点.

图 1-2-6

解析: a、b、c 三点的场强为 Q_1 、 Q_2 单独产生场强的矢量和, 注意两个分场强的方向关系. 由点电荷电场的场强公式得, 点电荷 Q_1 在 a、b、c 三点产生的场强分别为

$$E_{a_1} = \frac{kQ_1}{r^2} = \frac{9.0 \times 10^9 \times 2 \times 10^{-12}}{0.06^2} \text{ N/C} = 5 \text{ N/C}, \text{ 方向向右.}$$

同理得: $E_{b_1} = 5 \text{ N/C}$, 方向向左. $E_{c_1} = 1.25 \text{ N/C}$, 方向向右.

点电荷 Q_2 在 a、b、c 三点产生的场强分别为

$$E_{a_2} = \frac{kQ_2}{r^2} = \frac{9.0 \times 10^9 \times 4 \times 10^{-12}}{0.06^2} \text{ N/C} = 10 \text{ N/C},$$

方向向右.

同理得: $E_{b_2} = 2.5 \text{ N/C}$, 方向向右. $E_{c_2} = 10 \text{ N/C}$, 方向向左.

则 a、b、c 三点的场强分别为 $E_a = E_{a_1} + E_{a_2} = 5 \text{ N/C} + 10 \text{ N/C} = 15 \text{ N/C}$, 方向向右.

$E_b = E_{b_1} - E_{b_2} = 5 \text{ N/C} - 2.5 \text{ N/C} = 2.5 \text{ N/C}$, 方向向左.

$E_c = E_{c_2} - E_{c_1} = 10 \text{ N/C} - 1.25 \text{ N/C} = 8.75 \text{ N/C}$, 方向向左.

答案: $E_a = 15 \text{ N/C}$, 方向向右;

$E_b = 2.5 \text{ N/C}$, 方向向左;

$E_c = 8.75 \text{ N/C}$, 方向向左.

绿色通道: 电场强度是矢量, 因此在计算过程中要明确其方向, 因此电场的叠加不是简单的代数求和, 本题因 a、b、c 三点都处在两点电荷的连线上, 比较简单, 但也体现出了矢量的求和法则.

黑色陷阱: 此题常犯的错误是漏写场强的方向. 只要是矢量, 没有要求只求大小, 就要指明方向. 另外, 求某一点场强, 不要忘了是几个电场的叠加.

【变式训练 1】一个带电小球, 带有 $5.0 \times 10^{-9} \text{ C}$ 的负电荷. 当把它放在电场中某点时, 受到竖直向下、大小为 $2.0 \times 10^{-8} \text{ N}$ 的电场力, 则该处的场强大小为 _____.

方向_____。如果在该处放一个电荷量为 3.2×10^{-12} C 的带正电小球,所受到的电场力大小为_____,方向_____。

【例2】如图 1-2-7 所示,一半径为 R 的绝缘球壳上均匀地带有电荷量为 $+Q$ 的电荷,另一电荷量为 $+q$ 的点电荷放在球心 O 上,由于对称性,点电荷受力为零。现在球壳上挖去半径为 r ($r \ll R$) 的一个小圆孔 M ,则此时置于球心的点电荷所受力的

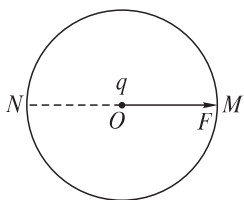


图 1-2-7

大小为_____ (已知静电力常量为 k), 方向_____。
解析:采取挖补法利用对称性求解,球面上各点在 O 处均产生电场,未挖去 M 时,由于对称性,叠加后的合场强为零,挖去 M 后,球心 O 处合场强不再为零,场强可看作是由与 M 对称的 N 处的电荷产生的, N 处电荷量 $Q' = \frac{\pi \cdot r^2}{4\pi R^2} Q$ 。由于 $r \ll R$,对 O 点来说, N 处电荷可视为点电荷,则 $F = k \frac{Q'q}{R^2} = \frac{kQqr^2}{4R^4}$ 方向指向圆孔。

答案: $F = \frac{kQqr^2}{4R^4}$ 方向指向圆孔

绿色通道:该题运用了寻求对称性的思想方法,巧妙地把非点电荷问题转化为点电荷问题求解。对该题也可设想将挖去的小圆片再填补上,求出小圆片在 O 点产生的场强或对 q 的电场力,则挖去小圆片后对 q 的作用力与所求 M 对 q 的作用力大小相等、方向相反。

【变式训练 2】一带电荷量为 $+Q$ 、半径为 R 的球,电荷在其内部能均匀分布,现在其内部挖去一半径为 $R/2$ 的小球后,如图 1-2-8 所示,求剩余部分在两球心连线上一点 P 处产生的场强。已知 P 距大球球心距离为 $4R$ 。

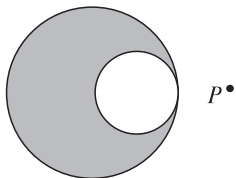


图 1-2-8

【例3】如图 1-2-9 中带箭头的直线是某一电场中的一条电场线,在这条线上有 A 、 B 两点,用 E_A 、 E_B 表示 A 、 B 两处的场强大小,则_____ ()



图 1-2-9

- A. A 、 B 两点的场强方向相同
- B. 电场线从 A 指向 B , 所以 $E_A > E_B$
- C. A 、 B 同在同一条电场线上,且电场线是直线,所以 $E_A = E_B$
- D. 不知 A 、 B 附近的电场线分布状况, E_A 、 E_B 的大小不能确定

解析:根据电场线的物理意义,线上各点的切线方向表示该点的场强方向。因题中的电场线是直线,所以

A 、 B 两点的场强方向相同,都沿着电场线向右;因为电场线的疏密程度反映了场强的大小,但由于题中仅画出一条电场线,不知道 A 、 B 附近电场线的分布状况,所以无法确定是 $E_A > E_B$ 、 $E_A < E_B$, 还是 $E_A = E_B$ 。

答案:AD

绿色通道:一条电场线不能反映电场的全部性质,只有多条电场线才能把电场的全部性质反映出来。

【变式训练 3】图 1-2-10 为静电场的一部分电场线的分布,下列说法正确的是_____ ()

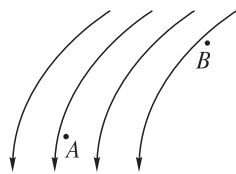


图 1-2-10

- A. 这个电场是负点电荷形成的电场
- B. B 点的场强大于 A 点的场强
- C. 点电荷 q 在 A 点受到的静电力比在 B 点受到的静电力大
- D. 负电荷在 B 点受到的静电力沿 B 点电场线的切线方向

【例4】在图 1-2-11 中实线是匀强电场的电场线,虚线是某一带电粒子通过该电场区域时的运动轨迹, a 、 b 是轨迹上两点。若带电粒子在运动中只受静电力作用,则_____ ()

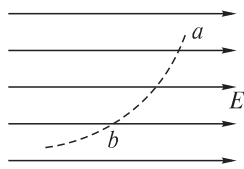


图 1-2-11

- A. 带电粒子带负电荷
- B. 带电粒子带正电荷
- C. 带电粒子所受静电力方向与电场线方向相反
- D. 带电粒子做匀变速运动

解析:由图可以看出,带电粒子通过该电场区域时,不论是由 a 向 b 还是由 b 向 a ,运动轨迹都向左弯曲,表明带电粒子所受静电力方向与电场方向相反,带电粒子应带负电。因带电粒子在匀强电场中所受的静电力是恒力,故运动的加速度大小和方向不变,做匀变速曲线运动。

答案:ACD

绿色通道:本题主要是考查静电力和粒子运动的关系,判断方法与力学中同类问题一样。

【变式训练 4】一电子在某一点电荷 Q 附近运动轨迹如图 1-2-12 所示,则 Q 带_____电(填“正”或“负”)。

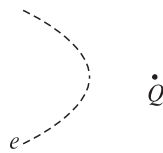


图 1-2-12

体验探究

问题:电荷只在电场力的作用下,电场线是电荷的运动轨迹吗?

导思:电荷在电场中将受电场力的作用,能否沿电场线运动?从运动和力的关系入手来探究.

探究电荷运动轨迹是否与电场线重合,从下列两种情况入手:

(1)电场线是一条直线时,电荷运动的初始状态满足什么条件才能沿电场线运动,反之则不能沿电场线运动.

(2)电场线是曲线时,电荷运动的初始状态和受电场力满足什么条件才能沿电场线运动,反之则不能沿电场线运动.

探究:下面我们分两种情况探究.

(1)电场线是直线

物体做直线运动,必须满足物体所受的合外力的方向与初速度方向在一条直线上;或者物体初速度为零,而合外力的方向始终在一条直线上.如果电荷只受电场力,且初速度为零,或初速度的方向在电场线上,运动轨迹才与电场线重合.反之若不满足上述条件,运动轨迹就不与电场线重合.

(2)电场线是曲线

如图 1-2-13 所示,将一正点电荷置于 P 点(静止),电荷所受电场力的方向沿该点的切线方向,那么电荷将沿切线方向加速,必然偏离电场线,电荷就不可能沿电场线运动.如果电荷具有初速度 v_0 ,不论 v_0 的方向如何,粒子带何种电荷,电荷都不能沿电场线运动.

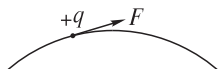


图 1-2-13

教材链接

1. 教材第 9 页:比值法定义物理量

提示:在物理学中,常常用比值法定义物理量,用来表示研究对象的某种性质,该定义式只是量度的方法而已,并不是由它们决定的.这种量度方法从数学的角度来看也受一定的限制,如比值中分母为 0 时,就无法说明其本质涵义.

在今后的学习中,要注意理解物理量、物理状态、物理过程的意义及本质.

2. 教材第 10 页《思考与讨论》·假定两条电场线相交,由此会得出什么荒谬的结论?

提示:若两条电场线相交,过交点处的两条电场线各有一条切线,则在这一点电场有两个方向,违反了电场方向的唯一性,所以任意两条电场线都不可能相交.

同步测控

我夯基 我达标

1 下列说法中正确的是 ()

- A. 只要有电荷存在,电荷周围就一定存在电场
- B. 电场是一种物质,它与其他物质一样,是不依赖我

们的感觉而客观存在的东西

C. 电荷间的相互作用是通过电场而产生的,电场最基本的性质是对处在它其中的电荷有力的作用

D. 电荷只有通过接触才能产生力的作用

2 电场中有一点 P ,下列说法中正确的是 ()

- A. 若放在 P 点的电荷的电荷量减半,则 P 点的场强减半
- B. 若 P 点没有试探电荷,则 P 点场强为零
- C. P 点的场强越大,则同一电荷在 P 点受到的电场力越大
- D. P 点的场强方向就是放在该点的电荷受电场力的方向

3 下列关于电场线的说法中,正确的是 ()

- A. 沿着电场线的方向电场强度越来越小
- B. 在没有电荷的地方,任何两条电场线都不会相交
- C. 电场线是人们假设的,用以形象表示电场的强弱和方向,客观上并不存在
- D. 电场线是始于正电荷或无穷远,止于负电荷或无穷远

4 当在电场中的某点放入正电荷时,它受到的电场力向右,当放入负电荷时它受到的电场力向左.下列说法正确的是 ()

- A. 放入正电荷时该点场强方向向右,放入负电荷时该点场强方向向左
- B. 只有在该点放入电荷时,该点才有场强
- C. 该点场强方向一定向右
- D. 以上说法均不对

5 对公式 $E=kQ/r^2$ 的几种不同理解,错误的是 ()

- A. 当 $r \rightarrow 0$ 时, $E \rightarrow \infty$
- B. 当 $r \rightarrow \infty$ 时, $E \rightarrow 0$
- C. 某点的场强与点电荷 Q 的大小无关
- D. 在以点电荷 Q 为中心, r 为半径的球面上,各处的电场强度都相同

6 关于场强,下列说法中正确的是 ()

- A. 根据公式 $E=F/q$,这个位置的场强与检验电荷的电荷量 q 成反比
- B. 根据公式 $E=kQ/r^2$,这个位置的场强与检验电荷的电荷量 q 成正比
- C. 公式 $E=kQ/r^2$ 和 $E=F/q$ 适用条件相同
- D. 电场强度是反映电场本身特性的物理量,与是否存在试探电荷无关

7 如图 1-2-14 所示, AB 是电场中的一条电场线,在 O 点放一可自由移动的负电荷,若该电荷仅在静电力作用下从静止沿电场线向 B 运动,则关于电场的方向及电荷运动情况为 ()

- A. 电场线方向由 A 指向 B

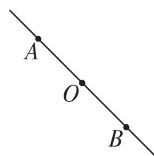


图 1-2-14

- B. 电场线方向由 B 指向 A
 C. 电荷一定做匀加速运动
 D. 电荷一定做变加速运动

- 8 在真空中,两个带电荷量均为 q 的异种点电荷分别固定在 A 、 B 两点,相距为 r ,如图 1-2-15 所示,则 AB 连线中点 O 的场强大小为____;在 AB 连线上与 A 点相距 $r/4$ 的 M 、 N 点的场强大小和方向分别为____,____;____,____.

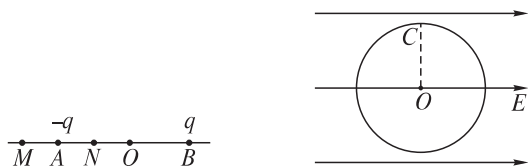


图 1-2-15

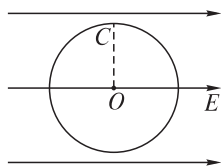


图 1-2-16

- 9 如图 1-2-16 所示,有一水平方向的匀强电场,场强为 $9 \times 10^3 \text{ N/C}$. 在电场内的竖直平面内作半径为 1 m 的圆,圆心处放置电荷量为 $1 \times 10^{-6} \text{ C}$ 的正点电荷,则圆周上 C 点处的场强大小为____ N/C ,方向_____.

我综合我发展

- 10 如图 1-2-17 是表示在一个电场中的 a 、 b 、 c 、 d 四点分别引入检验电荷时,测得的检验电荷的电荷量跟它所受电场力的函数关系图象,那么下列叙述正确的是_____ ()

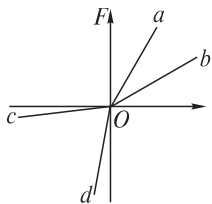


图 1-2-17

- A. 这个电场是匀强电场
 B. a 、 b 、 c 、 d 四点的场强大小关系是 $E_d > E_a > E_b > E_c$
 C. a 、 b 、 c 、 d 四点的场强大小关系是 $E_a > E_b > E_d > E_c$
 D. 无法确定这四个点的场强大小关系
- 11 在静电场中,将一电子从 A 点移到 B 点,电场力做了正功,则_____ ()
- A. 电场强度的方向一定是由 A 点指向 B 点
 B. 电场强度的方向一定是由 B 点指向 A 点
 C. 电子在 A 点受到的电场力一定比在 B 点的大
 D. 电子在 A 点受到的电场力可能比在 B 点的大
- 12 2005 全国高考卷 II 图 1-2-18 中 a 、 b 是两个点电荷,它们的电荷量分别为 Q_1 、 Q_2 , MN 是 ab 连线的中垂线, P 是中垂线上的一点. 下列哪种情况能使 P 点

场强方向指向 MN 的左侧 _____ ()

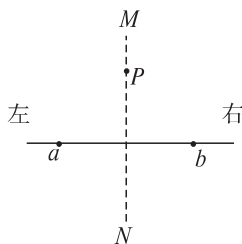


图 1-2-18

- A. Q_1 、 Q_2 都是正电荷,且 $Q_1 < Q_2$
 B. Q_1 是正电荷, Q_2 是负电荷,且 $Q_1 > |Q_2|$
 C. Q_1 是负电荷, Q_2 是正电荷,且 $|Q_1| < Q_2$
 D. Q_1 、 Q_2 都是负电荷,且 $|Q_1| > |Q_2|$
- 13 如图 1-2-19 所示, A 、 B 、 C 为一等边三角形的三个顶点, $\angle B = 30^\circ$, 现在 A 、 B 两点放置两点电荷 q_A 、 q_B , 测得 C 点场强的方向与 AB 平行且向左, 则 q_A 带_____电, q_B 带_____电, $q_A : q_B =$ _____.

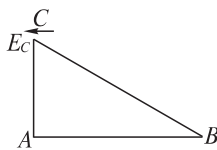


图 1-2-19

- 14 为了确定电场中 P 点处电场强度的大小,用绝缘细线拴一个带正电的通草球进行测试,如图 1-2-20 所示. 当通草球静止于 P 点, P 处的电场方向和竖直方向成 37° 且向右上方,绝缘细线保持水平,通草球的重力是 $4.0 \times 10^{-3} \text{ N}$, 所带电荷量为 $1.0 \times 10^{-6} \text{ C}$, 则 P 点的电场强度大小是多少? (取 $\sin 37^\circ = 0.6$, $\cos 37^\circ = 0.8$)

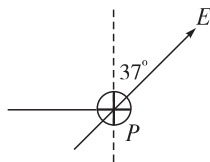


图 1-2-20

- 15 如图 1-2-21 所示,半径为 r 的硬橡胶圆环,其上带有均匀分布的正电荷,单位长度上的带电荷量为 q , 现在环上截去一小段弧 AB , $AB = L$, 且 $L \ll r$, 求在圆环中心 O 处的电场强度.

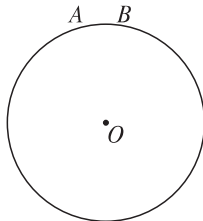


图 1-2-21

三、生活中的静电现象

思维激活

2006年8月25日下午,美国肯尼迪航天中心上空突发雷电,发射台顶部雷电保护装置上附着的一根金属线被击中,美国宇航局宣布:原定8月27日下午4时30分升空的“阿特兰蒂斯”号航天飞机的发射时间将推迟至少24小时。



图 1-3-1

雷电太可怕了,雷电是怎样产生的呢?如何预防雷击呢?

自主整理

一、放电现象

1. _____是最常见的放电现象。
2. 为了防止导体上电荷过量,常常把导体与 _____ 连接起来,进行接地放电。

二、雷电和避雷

1. 雷电是云层之间或云层与地面之间发生的强烈 _____ 现象,并能产生耀眼的闪光和巨响。

2. 尖端放电

(1)实验表明,电荷在导体表面的分布是不均匀的,突出的位置,电荷比较 _____;平坦的位置,电荷比较 _____,导体尖锐部位的电荷特别密集,尖端附近的电场就特别强,会产生 _____。

- (2)避雷针则应用了 _____ 的原理。

三、静电的应用和防止

静电除尘的原理是:带电粒子受到 _____ 的作用,会向电极运动,最后被吸附在电极上。

高手笔记

1. 带电体表面的电荷分布与形状有关,尖端附近电荷特别密集,电场特别强。
2. 为了防止尖端放电,高压输电导线和高压设备的金属元件,表面要很光滑;避雷针则应用了尖端放电的原

理。避雷针上产生的感应电荷通过尖端放电,中和云层中的电荷,使建筑物免遭雷击。

名师解惑

1. 静电是如何产生的?

剖析:两种不同的物体相互摩擦可以起电,甚至干燥的空气与衣物摩擦也会起电。摩擦起的电在能导电的物体上可迅速流失,而在不导电的绝缘体如化纤、毛织物等物体上就不会流失而形成静电,并聚集起来,当达到一定的电压时就产生放电现象,产生火花并发出声响。

2. 尖端放电现象产生的原因是什么?

剖析:通常情况下空气是不导电的,但是如果电场特别强,气体分子中的正、负电荷受到方向相反的强电场力,有可能被“撕”开,这个现象叫做空气的电离。电离后空气中存在着负电荷(负离子、自由电子)和正离子。

由于同种电荷相互排斥,导体上的静电荷总是分布在表面上,而且一般说来分布是不均匀的,导体尖端的电荷特别密集,所以尖端附近空气中的电场特别强,使得空气中残存的少量离子加速运动。这些高速运动的离子撞击气体分子,使更多的分子电离,这时空气成为导体,于是产生了尖端放电现象。

讲练互动

【例题】2006北京理综 使带电的金属球靠近不带电的验电器,验电器的箔片张开。图 1-3-2 中表示验电器上感应电荷的分布情况,正确的是 ()

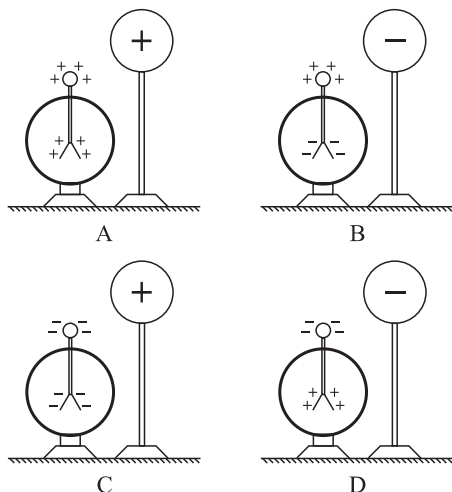


图 1-3-2

解析:根据同种电荷靠近时相互排斥,异种电荷靠近时相互吸引来判断.只有B选项是靠近的两球带异种电荷.金属箔也因带电而张开一定角度.金属箔上所带电荷与同一金属杆上的小球带等量的异种电荷.

答案:B

绿色通道:根据电荷的相互作用规律,同种电荷相互排斥,异种电荷相互吸引来判断电荷间的相互作用力.在靠近场源电荷时,导体(验电器)上的电荷在静电力的作用下重新分布.

【变式训练】 M 和 N 是两个原来都不带电的物体,它们互相摩擦后, M 带正电荷,下列判断正确的是…()

- A. 在摩擦前, M 和 N 的内部没有任何电荷
- B. 摩擦的过程中电子从 M 转移到了 N
- C. M 在摩擦过程中创造了电荷
- D. N 在摩擦过程中失去了电子

体验探究

问题:探究干燥环境中人体与化纤等衣物摩擦后,手指靠近金属物品放电时的电压值.(空气发生电离的最小电场强度为 $E=6.0\times 10^5\text{ V/m}$)

导思:通常情况下,空气的自由电荷极少,是不导电的,但是当空气中的电场强度达到 $E=6.0\times 10^5\text{ V/m}$ 时,将发生电离,空气一旦被电离,就变成了导体,发生强烈放电现象——产生电火花并伴有声响.

探究:根据 $U=Ed$,只要估算出摩擦后手指与金属物品发生放电的距离,即可求出放电前的电压值.为此,探究时要让手指缓慢靠近毛衣,估测出摩擦过的毛衣刚好发生放电时的距离 d ,根据公式 $U=Ed$ 去估算出这个电压值.

教材链接

教材 P15 静电除尘装置的工作原理

提示:静电除尘器的两个电极接高压电源,在两极之间形成了强电场,空气中存在着少量自由电荷,在电场力的作用下向电极加速运动,与空气分子发生碰撞而使空气发生电离,从而产生了大量的自由电子,电子被烟雾颗粒吸附后带负电,在电场力作用下,向正极加速运动,在正极处积聚大量颗粒,从除尘器的下部排出.

同步测控

我夯基 我达标

- 1 在给电脑硬件进行维修时,技师常把手在金属水笼头

上触一下,这样做的目的是_____.

- 2 为了防止静电的危害,应尽快把产生的静电导走,下面措施中不是防止静电危害的是 …… ()
 - A. 油罐车后面装一条拖地的铁链
 - B. 电工钳柄上套有绝缘胶套
 - C. 飞机轮上装搭地线
 - D. 印刷车间中保持适当的湿度
- 3 下列有关生活中的静电,有利的是 _____,有害的是 _____.
 - A. 静电除尘
 - B. 静电喷涂
 - C. 静电复印
 - D. 雷雨天高大树木下避雨
 - E. 电视荧屏上常有一层灰尘
- 4 专门用来运输柴油、汽油的油罐车,在它的尾部都装有一条拖在地上的铁链,对它的作用下列说法正确的是 …… ()
 - A. 让铁链与路面摩擦产生静电,使油罐车积累一定的静电荷
 - B. 让铁链发出声音,以引起其他车辆的注意
 - C. 由于罐体与油摩擦产生了静电,罐体上的静电被铁链导入大地,从而避免了火花放电
 - D. 由于罐体与油摩擦产生了静电,铁链将油的静电导入大地,从而避免了火花放电
- 5 避雷针能够避免建筑物被雷击的原因是 …… ()
 - A. 云层中带的电荷被避雷针通过导线导入大地
 - B. 避雷针的尖端向云层放电,中和了云层中的电荷
 - C. 云层与避雷针发生摩擦,避雷针上产生的电荷被导入大地
 - D. 以上说法都不对
- 6 对于静电喷漆的说法,下列正确的是 …… ()
 - A. 当油漆从喷枪喷出时,油漆微粒带正电,物体也带正电,相互排斥而扩散开来
 - B. 当油漆从喷枪喷出时,油漆微粒带负电,物体带正电,相互吸引而被物体吸附
 - C. 从喷枪喷出的油漆微粒带正电,相互排斥而扩散开来,被吸附在带负电的物体上
 - D. 因为油漆微粒相互排斥而扩散开来,所以静电喷漆虽喷漆均匀但浪费油漆
- 7 下列关于静电除尘的说法中正确的是 …… ()
 - A. 进入除尘器后,烟雾中的颗粒被强电场电离而带正电,颗粒向电源负极运动
 - B. 除尘器中的空气被电离,烟雾颗粒吸附电子而带负电,颗粒向电源正极运动
 - C. 烟雾颗粒带电后,受到竖直向下的电场力而向下运动
 - D. 烟雾颗粒被强电场粉碎成更小的颗粒,排到大气中人眼看不到

8 下列关于静电的说法中正确的是 ()

- A. 静电植绒是利用异种电荷相吸引而使绒毛吸附在底料上
- B. 复印机是利用异种电荷相吸引而使碳粉吸附在纸上
- C. 电疗针灸是静电在医学上的应用
- D. 飞机轮胎用导电橡胶制成，是为了避免静电对飞机造成危害

9 如图 1-3-3 所示为椭圆形带电金属导体，A、B、C 是其表面上的三个点，下面判断正确的是 ()

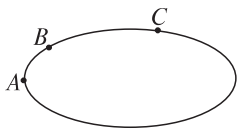


图 1-3-3

- A. 所带电荷在导体表面均匀分布
- B. A 点的电荷最密集，C 点的最稀疏
- C. C 点附近的场强最大，A 点附近的场强最小
- D. 因 B 点处的电荷静止不动，所以受 A、C 两处电荷的作用力为一对平衡力

我综合我发展

10 下列关于验电器的说法中正确的是 ()

- A. 只用验电器就可以检验带电体电荷的电性
- B. 带电体与验电器的金属小球接触，验电器的金属箔片就张开
- C. 带电体靠近验电器的金属小球但不接触，金属箔片就不张开
- D. 只要金属箔片张开，就说明验电器的金属小球与金属箔片带同种电荷

11 在正电荷 Q 附近放一个不带电的导体 B，由于静电感应，在 B 的左端出现_____电荷，右端出现等量的

_____电荷。若用导线将 B 与大地相连，无论导线连接的是左端还是右端，B 导体都是带_____。

12 某验电器金属小球和金属箔均带负电，金属箔处于张开状态。现用绝缘柄将带有少量负电荷的硬橡胶棒向验电器的金属小球稍许靠近，则验电器金属箔 ()

- A. 张角稍许增大
- B. 张角稍许减小
- C. 硬橡胶棒的稍许靠近，致使小球上的电子向金属箔移动
- D. 硬橡胶棒的稍许靠近，致使金属箔上的质子向金属小球移动

13 通常情况下空气是不导电的，但是当在每米长度的电压达到 6.0×10^5 V 时空气将被电离而发生放电现象。已知某次闪电的长度为 500 m。发生闪电前瞬间两云层之间的电压大约为_____。

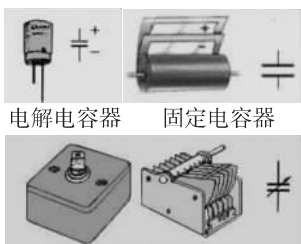
14 根据有关材料介绍，雷电电流的平均强度大约为 2 万安培，电压大约为 10 亿伏，每一次持续的时间大约为 0.000 1 s。求：

- (1) 一次雷电的电功率和电能；
- (2) 世界上平均每秒大约发生 100 次以上的雷电现象，因此每年雷电产生的总电能为多少度？
- (3) 假如每度电以 0.4 元计算，那么全世界一年中雷电的价值是多少？

四、电容器

思维激活

很多同学都拆开过旧收音机或其他电子产品，对电容器这种元件并不陌生，如图 1-4-1 就是几种常用电容器。那么电容器是用来干什么的？在电路中起什么作用？



可变电容器

图 1-4-1

自主整理

一、电容器

1. _____是最早出现的电容器，电容器是_____的装置。

2. 在两个正对的平行金属板中间夹上一层绝缘物质就形成一个最简单的电容器，叫做_____电容器。

3. 两个彼此_____而又互相_____的导体，都可以组成一个电容器。

4. 使电容器的两个极板分别带上等量异种电荷的过

程叫做电容器的_____。

二、电容器的电容

1. 一般来说,电容器极板的正对面积越_____,极板间的距离越_____,电容器的电容就越大,极板间_____的性质也会影响电容器的电容量。

2. 在国际单位制中,电容的单位是_____,简称_____,符号是_____。

3. 法拉这个单位太大,常用的较小的单位还有_____和_____。

4. $1\ \mu\text{F} = \text{_____}\ \text{F}$; $1\ \text{pF} = \text{_____}\ \text{F}$ 。

高手笔记

1. 电容器的工作基础

(1) 充电:电容器的带电荷量增多的过程称为充电,充电后两极板带等量异种电荷,充电过程中,电荷量 Q 增大,极板电压 U 增大,极板电场强度 E 增大,它把电能储存起来。

(2) 放电:充电后的电容器失去电荷的过程叫做放电。放电过程中,带电荷量 Q 减小,极板间电压 U 减小,板间电场强度 E 减小,它向外释放电能。

2. 电容

(1) 定义式: $C = Q/U$

(2) 物理意义:对两个电容器而言,在相同电压下比电容器所带的电荷量,带电多者电容大,带电少者电容小;在带电荷量相同时比电容器两板间的电压,电压小者电容大,电压大者电容小。对一个电容器而言,它的电容是一定的,与是否带电无关,所以电容表征电容器容纳电荷本领的大小。

3. 平行板电容器的电容 $C = \frac{\epsilon S}{4\pi k d}$

电容的大小与正对面积、极板距离、介质等因素有关。电容的大小是由电容器自身因素决定的,而与电荷量、电压的高低等无关。

名师解惑

如何理解电容器的电容这个物理量?

剖析:电容器的电容是表示电容器容纳电荷本领的物理量,与其所带电荷的多少、电压的高低等因素无关,是由电容器自身的因素决定。若电容用字母 C 表示,可以用公式 $C = Q/U$ 来定义,与前面所学内容一样,这也是比值法定义的物理量。

为了便于理解,我们可以用水容器形象比喻电容器。如图 1-4-2 所示有三个盛水的容器,当我们向各容器灌水时,容器内水面升高。可以看出为使 A、B、C 三个容器

水面都增加一个单位高度,需要灌入水量是不同的。水面升高一个单位高度需要灌入的水由水容器本身的特性来决定。电容器的电容与此类似,不同电容器容纳电荷的本领也不一样,如果一个电容器的电容比另一个的电容大,表示每升高单位电压时,这个导体上需要增加的电荷量比另一个多。

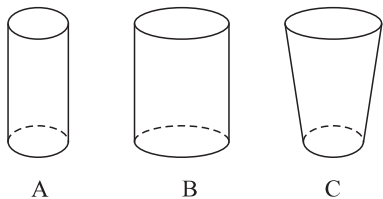


图 1-4-2

讲练互动

【例1】根据电容的定义式 $C = Q/U$ 可知..... ()

- A. 电容器所带电荷量越多,它的电容就越大
- B. 电容器不带电时,它的电容为零
- C. 电容器两极板间电压越高,它的电容就越小
- D. 电容器电容的大小与电容器带电荷量无关

解析:电容反映电容器本身特性,它的大小决定于电容器本身的结构,而与电容器所带电荷量的多少、极板间电压的大小无关,所以 A、B、C 错, D 对。

答案: D

绿色通道:物理学上的量度式只是一种间接测量的方式,在讨论物理量之间的关系时,不能仅凭数学式简单地进行分析,而是要从它们的物理意义出发,真正掌握它们之间的联系与区别。因此在分析电容器的电容时,不能单纯从公式 $C = Q/U$ 得出:电容与电荷量成正比,与电压成反比,而是要根据其决定式 $C = \epsilon S / 4\pi k d$ 讨论电容与其他物理量之间的关系。

黑色陷阱:有的同学根据电容的定义式 $C = Q/U$, 误认为电容与电荷量成正比,与两极板的电压成反比而选择 ABC。

【变式训练 1】对电容 $C = Q/U$, 以下说法正确的是 ()

- A. 电容器带电荷量增加越大,电容就增加得越大
- B. 对于固定电容器,它的带电荷量跟它两极板间所加电压的比值保持不变
- C. 可变电容器的带电荷量跟加在两极板间的电压成反比
- D. 如果一个电容器没有电压,就没有电荷量,也就没有电容

【例2】有一个电容器,当它的带电荷量增加 $2 \times 10^{-8}\ \text{C}$ 时,它两极间的电势差增大了 $200\ \text{V}$,这个电容器的电容是多大?

解析:由电容定义式 $C=Q/U$ 可得: $C=\frac{\Delta Q}{\Delta U}$, 代入数据计算即可。

方法一:设增加前后的电荷量为 Q_1 、 Q_2 , 电压为 U_1 、 U_2

由定义式得: $C=Q_1/U_1=C=Q_2/U_2$

可得 $C=\frac{\Delta Q}{\Delta U}=1.0 \times 10^{-10} \text{ F}$.

方法二:对于确定的电容器,由定义式可知 $Q-U$ 图象应该是一条过原点的倾斜直线,直线的斜率在数值上等于电容器的电容值。

由图 1-4-3 可知

$$C=k=\frac{\Delta Q}{\Delta U}=1.0 \times$$

10^{-10} F .

答案: $1.0 \times 10^{-10} \text{ F}$

绿色通道:解答此题要注意两点:(1)准确理解题意,题设条件是电荷量和电势差的改变量,而不是电容器的电荷量和极板间的电势差值;(2)要运用电容的物理意义和定义式进行推理,得 $C=\frac{\Delta Q}{\Delta U}$.

【变式训练 2】一个电容器电荷量为 Q 时,两极间电压为 U ,若使其电荷量减少 $4.0 \times 10^{-7} \text{ C}$ 时,它两极间的电势差减小 20 V,则它的电容为 ()

- A. $1.0 \times 10^{-8} \text{ F}$ B. $2.0 \times 10^{-8} \text{ F}$
C. $4.0 \times 10^{-8} \text{ F}$ D. $8.0 \times 10^{-8} \text{ F}$

体验探究

问题:用电容器可以制作成什么用途的传感器?

导思:根据平行板电容器的决定式 $C=\epsilon S/4\pi kd$ 可知,改变电容器的正对面积 S 、极板距离 d 、电介质的介电常数 ϵ ,可以改变电容器的电容。

探究:(1)用力压平行板电容器的一个极板,使其发生形变而使板间距离改变,可以做成测量压力大小的传感器,如图 1-4-4 甲。

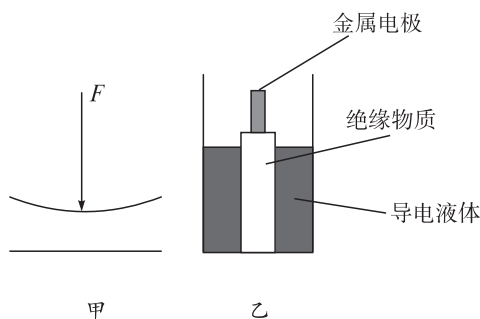


图 1-4-4

(2)如图 1-4-4 乙所示,金属电极和导电液体中间有绝缘物质隔开,也是一个电容器,改变液面的高度就是改变电容器两极板的正对面积,测电容可以间接测量液面的高度。

教材链接

教材第 18 页《问题与练习》

电容器的两个重要参数:电容量和耐压值。

电容器的电容量除反映了容纳电荷本领的大小之外,更是与它对交变电流的阻碍作用直接相关,这一点在电子电路中是非常重要的。根据电路的不同需要,选择不同电容的电容器。电容器的耐压值是指电容器正常工作时,允许在两个极板加的最大电压。如果电容器两极板间的电压超过这个值,电容器将被击穿,两极板之间就发生放电而损坏电容器,所以在较大的电容器外壳上都标明电容量和耐压值。

教材第 18 页图 1.4-9 中的几个电容器,左边的电容器采用直接标注:“ $50 \mu\text{F} \cdot 6 \text{ V}$ ”,表示它的电容为 $50 \mu\text{F}$,耐压值为 6 V。右边的两个电容器的标注是“0.01”和“0.02”,未标注单位的表示 μF ,它们的电容分别为“ $0.01 \mu\text{F}$ ”和“ $0.02 \mu\text{F}$ ”。

同步测控

我夯基 我达标

- 1 平行板电容器的电容与电容器的 _____、_____ 和 _____ 有关。而与电容器是否充电、_____ 无关。
- 2 一个电容器,两极板间的电压为 U 伏时,带电荷量为 Q 库仑,当它的电压变为 $2U$ 时,以下说法正确的是 ()
A. 电容器的带电荷量变为 $2Q$,电容也变为原来的 2 倍
B. 电容器的带电荷量不变,电容变为原来的 2 倍
C. 电容器的带电荷量变为 $2Q$,电容不变
D. 电容器储存的电能量增多了
- 3 如图 1-4-5 所示,为平行板电容器,下列哪些措施可以减小它的电容 ()
A. 增大两板间的距离而其他不变
B. 减小两板间的距离(不接触)而其他不变
C. 保持两板距离不变使两板错开一些
D. 增大两板距离同时使两板错开一些

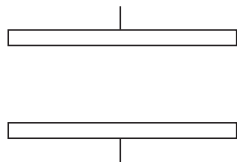


图 1-4-5

我综合 我发展

- 4 对于一个原来带电的平行板电容器,下列说法正确的是 ()
- A. 给它继续充电,它的电容增大,储存的电能增多
B. 给它继续充电,它的电压增大,电容不变
C. 让它放电,它的电压增大,电能减小
D. 让它放电,它的电压减小,电能减少
- 5 能使平行板电容器的电容增大的是 ()
- A. 两极板正对面积增大
B. 两极板间距增大
C. 插入电介质
D. 以上说法都不对
- 6 下列说法中正确的是 ()
- A. 电容器是储存电荷和电能的容器,只有带电时才称作电容器
B. 电容是描述电容器容纳电荷本领大小的物理量
C. 加在固定电容器两极板间的电压越大,所带电荷量就越多
D. 电容器的电容跟极板所带电荷量有关,带电越多电容越大
- 7 下列关于电容器的说法不正确的是 ()
- A. 电容器由两个彼此绝缘的正对金属极板构成
B. 电容器只能储存同种电荷
C. 照相机闪光灯应用电容器放电发出强光
D. 电容器既能充电,也能放电
- 8 某电容器上标有“ $1.5 \mu\text{F}$ 9 V ”,则表示该电容器 ()
- A. 只有在 9 V 的电压下它的电容才是 $1.5 \mu\text{F}$
B. 只有在 9 V 的电压时,电容器才能正常工作
C. 所加的电压不应超过 9 V
D. 当它的电压为 4.5 V 时,它的电容变为 $0.75 \mu\text{F}$
- 9 收音机选台时,是通过改变调谐电路中的电容器的电容来完成的. 对于这个过程下列说法正确的是 ()
- A. 是通过改变两极板的正对面积来完成的
B. 是通过改变两极板之间的距离来完成的
C. 是通过改变两极板之间的电介质来完成的
D. 以上说法都不对
- 10 平行电容器充电后断开电源,然后将两极板的正对面积逐渐增大,则在此过程中 ()
- A. 电容器的电容将逐渐增大
B. 两极板间的电场强度将逐渐增大
C. 两极板间的电压保持不变
D. 两极板上的电荷量不变
- 11 连接在电池两极上的平行板电容器,当两极板之间的距离减小时,则 ()
- A. 电容器的电容 C 变大
B. 电容器极板的带电荷量 Q 变大
C. 电容器两极板的电势差 U 变大
D. 电容器两极板间的电场强度 E 变大

- 12 2005 重庆理综 水平放置的平行板电容器与一电池相连,在电容器的两板间有一带正电的质点处于静止平衡状态. 现将电容器两板间的距离增大,则 ()
- A. 电容变大,质点向上运动
B. 电容变大,质点向下运动
C. 电容变小,质点保持静止
D. 电容变小,质点向下运动
- 13 要使平行板电容器两极板间的电压加倍,同时极板间的场强减半,可采用 ()
- A. 两板电荷量加倍,距离变为原来的 4 倍
B. 两板电荷量加倍,距离变为原来的 2 倍
C. 两板电荷量减半,距离变为原来的 4 倍
D. 两板电荷量减半,距离变为原来的 2 倍
- 14 2005 广东高考 竖直放置的一对平行金属板的左极板上用绝缘线悬挂了一个带正电的小球,将平行金属板按图 6 所示的电路图连接. 绝缘线与左极板的夹角为 θ ,当滑动变阻器 R 的滑片在 a 位置时,电流表的读数为 I_1 ,夹角为 θ_1 ;当滑片在 b 位置时,电流表的读数为 I_2 ,夹角为 θ_2 ,则 ()

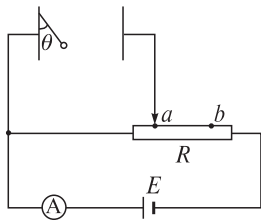


图 1-4-6

- A. $\theta_1 < \theta_2, I_1 < I_2$ B. $\theta_1 < \theta_2, I_1 > I_2$
C. $\theta_1 = \theta_2, I_1 = I_2$ D. $\theta_1 < \theta_2, I_1 = I_2$
- 15 如图 1-4-7 所示是电容式话筒的示意图,它是利用电容制作的传感器,话筒的振动膜前面镀有薄薄的金属层,膜后距膜几十微米处有一金属板,振动膜上的金属层和这个金属板构成电容器的两极. 在两极间加一电压 U ,人对着话筒说话时,振动膜前后振动,使电容发生变化,导致话筒所在电路中的其他量发生变化,使声音信号被话筒转化为电信号,其中导致电容变化的原因可能是电容两极板间的 ()

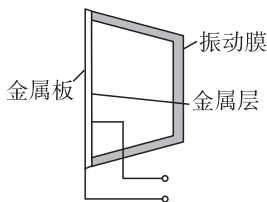


图 1-4-7

- A. 距离变化 B. 正对面积变化
C. 介质变化 D. 电压变化

五、电流和电源

思维激活

将薄铜板和锌板插入橙子等水果,将各个金属片相互连接,最外边的两根导线与发光二极管接在一起,你会看到发光二极管被点亮了,如图 1-5-1 所示.你也可以用蜜橘、番茄等其他蔬菜和水果试试看.

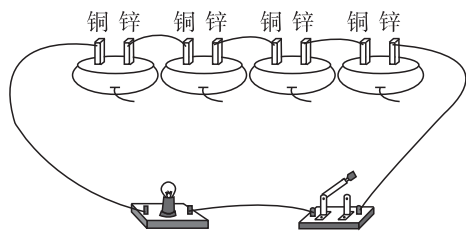


图 1-5-1

图中能把二极管点亮的这个装置和我们常用的电池的作用是一样的,它能不能叫电池呢?它与我们常用的干电池的工作原理一样吗?

自主整理

一、电流

1. 电荷的定向移动形成电流.
2. 形成电流的条件: (1) 有 _____; (2) 导体两端存在 _____.
3. 电流的方向: 习惯上规定 _____ 为电流的方向.
4. 电流
 - (1) 电流是描述 _____ 的物理量.
 - (2) 定义: 通过导线横截面的 _____ 与所用 _____ 的比值叫做电流.
 - (3) 公式: _____.
 - (4) 单位: 在国际单位制中, 电流的单位是 _____, 符号是 _____.

二、电源和电动势

1. 电源在电路中的作用是保持导体上的 _____, 使

导体中有持续的电流.

2. 电源是把其他形式的能转化为 _____ 的装置.

3. 电动势

(1) 电源电动势的大小等于电源没有接入电路时两极间的 _____.

(2) 电源的电动势是由 _____ 的性质决定的. 它表征了电源把其他形式的能转化为电能的本领大小.

高手笔记

1. 电流的方向是规定正电荷定向移动的方向为电流的方向, 金属导体中电流的方向与自由电子定向移动的方向相反; 电解液中正、负离子定向移动方向虽然相反, 但正负离子定向移动形成的电流方向是相同的, 此时 $I = Q/t$ 中, Q 为正电荷总电荷量和负电荷总电荷量的绝对值之和.

2. 电源的电动势是由电源本身决定的; 电动势在数值上等于电源没有接入电路时两端的电压; 电源的电动势反映了电源把其他形式的能转化为电能的本领大小.

3. 电源接入电路时两端的电压一般比电源的电动势要小.

名师解惑

1. 电流的方向是否是导体中正电荷移动的方向

剖析: 在物理上习惯把正电荷定向移动的方向规定为电流的方向, 但并不一定是正电荷移动的方向. 在金属导体中能定向移动的是电子, 而正电荷并不能定向移动, 电子定向移动的方向与电流的方向相反. 在电解液导电时, 定向移动的既有正离子, 又有负离子, 正离子定向移动的方向与电流的方向相同, 而负离子移动的方向和电流的方向相反.

2. 电源的电动势

剖析: 电动势是描述电源特性的物理量, 是由电源本身决定的. 不同类型的电源, 电动势会不同. 如: 一节干电池的电动势是 1.5 V, 一节硫酸铅蓄电池的电动势是 2 V. 发电机的电动势由于发电机的不同而不同. 电源的电动势在数值上等于电源不接用电器时电源两端的电压, 用电压表可以直接测量电源的电动势. 在接入电路中时, 电源两端的电压小于电源的电动势. 电源的电动势的大小反映了电源把其他形式的能转化为电能的本领大小, 电