



重点突破

重点1 电场及其描述

要点解读

一、高考热点：

1. 库仑定律的适用条件及应用；
2. 电场强度、场强的叠加、电场线的分布特征；
3. 电场力的性质；
4. 电场力做功与电势能的关系；

二、考查方式与特点：

近几年高考考查最频繁的是电势能、电势差、电势、等势面等基本概念的应用，大多以选择题的形式出现，考查学生理解的深度。其次是电场强度的概念结合电场力做功等考查电场力做功和电势能的关系、等量异(同)种电荷的分布及能量守恒问题。这些题目也常与力学中的平衡、牛顿运动定律、曲线运动、动量、功能关系等联系在一起，考查学生综合理解和综合运用所学知识解决问题的能力。

三、应对策略：

这部分内容基本概念较多，几个概念之间没有必然的联系，但又有某种特殊的关系，理解了各概念的含义，掌握了它们之间的这种特殊关系也就抓住了解决问题的关键。要对比着重力势能的概念，复习电势能；对比着重力做功的特点，复习电场力做功的特点，这样可以加深理解。注意与力学问题的综合，正确地受力分析是解决和力学综合问题的关键。

典例调研

题型一 库仑定律的应用

规律方法 库仑定律的适用条件是真空中的点电荷，因此应用中首先要明确所研究问题是否满足条件。公式 $F = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$ 中涉及两点电荷带电情况，若电荷相互接触又分开则应满足电荷守恒定律。与力学知识综合要注意解题规范，电荷间作用力：同种电荷相互排斥，异种电荷相互吸引。



【调研1】两个半径为 r 的金属球分别带有异种电荷,已知 $q_1 = 7q_2$,两球心间的距离为 $5r$,其相互作用力为 F_1 .现将两球接触后分开,再放回原处,这时两球间的相互作用力为 F_2 ,则

- A. $F_2 = F_1$ B. $F_2 < \frac{9}{7}F_1$ C. $F_2 = \frac{9}{7}F_1$ D. $F_2 > \frac{9}{7}F_1$

解析 根据同种电荷相互排斥,异种电荷相互吸引可知:接触前是异种电荷,由于相互吸引使它们的实际距离小于 $5r$,故用库仑定律得出的值比实际的小,而接触后是同种电荷,由于相互排斥使它们的实际距离大于 $5r$,故用库仑定律得出的值比实际的大,所以本题的答案为B.

【互动研习1】如果两小球带的是同种电荷呢?

【误点警示】库仑定律的适用条件是真空中的点电荷,本题中相互距离只有它们半径的5倍,显然不能看作点电荷,故库仑定律不适用,不能根据库仑定律得出 $F_2 = \frac{9}{7}F_1$,但可用库仑定律定性地分析问题.

【调研2】(06上海徐汇区模拟)如图1-1-1所示,把一个带电小球A固定在光滑的水平绝缘桌面上,在桌面的另一处有另一带异种电荷的小球B.现给B一个水平方向垂直于AB的速度 v_0 ,则下列说法中正确的是

- A. B球可能做直线运动
B. A球对B球的库仑力可能对B球不做功
C. B球的电势能可能增加
D. B球可能从电势较高处向电势较低处运动

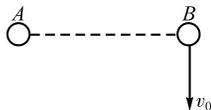


图1-1-1

解析 设B刚获得速度 v_0 时A、B之间的距离为 l ,当A、B

之间的库仑力 $F = m \frac{v_0^2}{l}$ 时,B将做匀速圆周运动,则A球对B球的库仑力不做功,B正确;当 $F > m \frac{v_0^2}{l}$ 时,B将做向心运动,库仑力做正功,电势能要减小,如果B带正电荷,则它由电势较高处向电势较低处运动,如果B带负电荷,则它将从电势较低处向电势较高处运动;同理当 $F < m \frac{v_0^2}{l}$ 时,B将做离心运动,库仑力做负功,B球的电势能增加,电势的变化情况同上,综上所述,C、D也正确;因运动方向与所受合外力的方向不在同一直线上,所以B不可能做直线运动,所以本题的答案为BCD.

【互动研习2】如果B球所带电荷电性与A球相同呢?如果没有告诉二者的电性关系呢?

【方法技巧】本题是一个与力学问题相结合的题目,解决这类问题的关键是受力分析,在受力分析时需注意除重力、弹力、摩擦力等力以外又多了一个力——电场力(库仑力),而库仑力的大小又随A、B之间距离的变化而变化,所以求功、能问题可以从动能定理或能量守恒的角度分析,本题充分体现了库仑力在这一方面的应用.



题型二 电场强度的叠加

规律方法 电场最基本的性质是对放入其中的电荷有力的作用. 电场强度是矢量, 与力的合成与分解具有相似的规律, 都可用平行四边形定则或三角形定则求解.

【调研3】如图1-1-2所示, 均匀带电圆环所带电量为 Q , 半径为 R , 圆心为 O , P 为垂直于圆环平面的对称轴上的一点, $OP=L$, 试求 P 点的场强.

解析 设想将圆环等分为 n 个小段, 当 n 相当大时, 每一小段都可以看作点电荷, 其所带电量为 $q=Q/n$, 由点电荷场强公式可求得每一点电荷在 P 处的场强为:
 $E = kQ/r^2 (R^2 + L^2)$

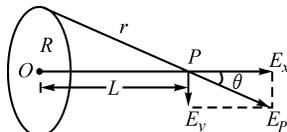


图1-1-2

由对称性可知, 各小段带电环在 P 处的场强 E 在垂直于轴向的分量 E_y 相互抵消, 而 E 的轴向分量 E_x 之和即为带电环在 P 处的场强 E_p .

$$E_p = nE_x = nk \frac{Q}{n(R^2 + L^2)} \cos \theta = \frac{nkQ}{n(R^2 + L^2)} \cdot \frac{L}{\sqrt{R^2 + L^2}} = k \frac{QL}{(R^2 + L^2)^{3/2}}$$

【方法技巧】如果直接求解 P 点的场强则无法求出, 本题中用到了“等效法”, 将均匀带电圆环分割成许多段, 则每一小段均可看作点电荷, 可求出每一点电荷在 P 处的场强, 而 P 点的场强为各个“点电荷”在 P 点场强的矢量和.

【调研4】(06广东惠州模拟)一金属球, 原来不带电, 现沿球的直径的延长线放置一均匀带电的细杆 MN , 如图1-1-3所示, 金属球上感应电荷产生的电场在球内直径上 a 、 b 、 c 三点的场强大小分别为 E_a 、 E_b 、 E_c , 三者相比,

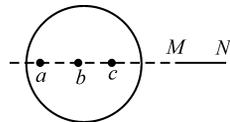


图1-1-3

- A. $E_a = E_b = E_c$ B. E_b 最大
 C. E_c 最大 D. E_a 最大

解析 因静电平衡状态时, 导体内部的场强处处为零, 故感应电荷所产生的电场与 MN 所带电荷产生的电场等值反向. 由于 c 点离 MN 最近, MN 所带电荷产生的电场在 c 点的场强最大, 故感应电荷在 c 点产生的场强也最大, 答案为 C .

【误点警示】注意导体处于静电平衡状态时, 其内部的场强处处为零, 是指合场强, 而非感应电荷产生的场强, 本题所求为感应电荷所产生的场强, 并不包括带电的细杆 MN 上电荷产生的场强.

题型三 电场能的性质

规律方法 解决这类问题的关键是把握住电场力做功的特点及电场力做功与电势能改变之间的关系. 电场力做功与路径无关, 只与初末位置的电势差有关, 这点与重力做功的特点相似. 电场力做了多少功, 相应的电势能就改变多少, 这点也和重力做功与重力势能变化的关系相似.

【调研5】(06南京江宁区模拟)如图1-1-4所示,在地球表面附近某处存在这样的电场,当质量为 m 、带电量为 $-q$ 的小球从A点由静止释放后,小球恰能在A、B之间往复运动,AB连线长为 l 且在竖直方向,C为AB连线上一点,当带电小球经过C时速度最大.根据你学过的物理学规律和题中所给的信息,对反映电场本身性质的物理量,你能求得哪些定量结果?

解析 由小球从A点释放后能在AB之间做往复运动,可以判定电场力方向竖直向上,电场强度方向竖直向下

小球在C点时速度最大,说明在该点小球合外力为零,即 $mg - qE_C = 0$

解得C点的电场强度大小为 $E_C = mg/q$

从A→B过程据动能定理得 $mgl - qU_{AB} = 0$, $U_{AB} = mgl/q$

若取B点的电势 $\phi_B = 0$,则 $\phi_A = +mgl/q$

综上所述知,能求出C点的电场强度、AB间的电势差和A点的电势.



图1-1-4

【知识深化】由题意可知,小球由A点释放后先做初速度为0的加速运动,再做末速度为0的减速运动,因物体的重力是一定值,则电场力一定是变力,由运动学知识可知,当加速度为零时速度最大,然后小球再做减速运动到达B点时速度恰为0.因电场力是变力,所以无法用运动学公式求解,用动能定理更为方便.

【发散拓展】本题是一个开放性试题,答案并不惟一,也不十分明确.要根据题中所提供的信息,寻找出反映电场本身性质的物理量,特别注意题中的一些关键性字句,如“小球恰能在A、B之间往复运动”说明小球在A、B两点的速度均为0;“经过C时速度最大”则暗含小球在C点时所受合外力为0.

【调研6】(高考改编题)图1-1-5中虚线所示为静电场中的等势面1、2、3、4,相邻的等势面之间的电势差相等,其中等势面3的电势为0.一带正电的点电荷在静电力的作用下运动,经过a、b点时的动能分别为 26 eV 和 5 eV .当这一点电荷运动到某一位置,其电势能变为 -8 eV 时,它的动能应为

- A. 8 eV B. 13 eV C. 20 eV D. 34 eV

解析 设相邻的等势面之间的电势差为 U ,电荷从a点运动到b点,动能减少,电势能增加,电场力对电荷做负功.设点电荷所带电量为 q

电场力对点电荷做功 $W = -3qU$

由动能定理可得 $-3qU = E_{kb} - E_{ka}$,所以 $qU = 7\text{ eV}$

当点电荷从a运动到等势面3时,有

$-2qU = E_{k3} - E_{ka}$,则 $E_{k3} = E_{ka} - 2qU = 26\text{ eV} - 2 \times 7\text{ eV} = 12\text{ eV}$

所以电荷在等势面3上的总能量 $E_3 = E_{k3} + E_{p3} = 12\text{ eV}$

又因为电荷在运动过程中,只有电场力对其做功,其动能与电势能之和保持不变,当电荷运动到某一位置时,其电势能为 -8 eV ,总能量为 12 eV ,则其动能为 20 eV ,答案为C.

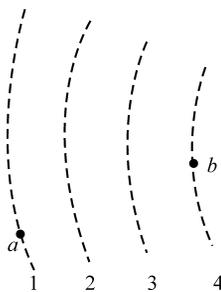


图1-1-5



【发散拓展】 电荷在电场中运动时,如果只有电场力做功,则电荷的动能和电势能之和保持不变,这与在重力场中只有重力做功时物体的动能和重力势能之和保持不变一样,如果只有电场力和重力做功,则电荷的电势能和机械能之和保持不变.

题型四 等量异(同)种电荷的电场分布

规律方法 要掌握等量异(同)种电荷的电场线的分布特征,根据电场线的疏密判断场强的大小,根据场强的叠加原理,得知两电荷连线及其垂直平分线上场强大小的变化规律.

【调研7】 两等量异种点电荷的连线及其中垂线相交于b点,如图1-1-6所示,现将一个带负电的检验电荷先从图中中垂线上的a点沿直线移到b点,再从b点沿直线移到两电荷连线上的c点,则检验电荷在此全过程中

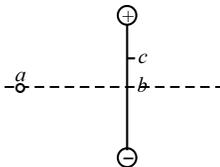


图1-1-6

- A. 所受电场力方向一直改变
- B. 所受电场力大小一直增大
- C. 电势能一直减小
- D. 电势能一直增大

解析 由等量异种电荷电场线的分布特点可知,在两电荷连线的中垂线上,其连线的中点处场强最大,向两边依次减小,而在两个电荷的连线上中心处的场强最小,离正电荷或负电荷越近,场强越大,且对称分布,故检验电荷所受电场力一直在增大,且方向一直向上,A错,B对;检验电荷从a到b是在等势面上运动,电场力不做功,检验电荷的电势能不变;b到c,电场力做正功,电势能减小,C、D均错.答案为B.

【互动研习3】 如果两个电荷是等量的正电荷,则带负电的检验电荷在运动的过程中电场力及电势能的变化情况又如何?是等量的负电荷呢?

【知识深化】 本题考查了等量异种电荷的分布特点及电场力做功和电势能的变化情况.解答此类问题的关键是掌握等量异种电荷的电场的分布特点:两电荷的中垂面是一等势面,在等势面上移动电荷,电场力不做功.两电荷连线的中点,是中垂线上场强的最大点,连线上场强的最小点.

【调研8】 如图1-1-7所示,虚线是等量异种点电荷所形成的电场中每隔一定电势差所描绘的等势线,其中B和C关于两电荷连线的中垂线对称.现用外力将一个正的试探电荷沿着图中实线所示的轨迹,按照箭头所指方向从A缓慢移动到F点.在此过程中该外力所做正功最多的区间是

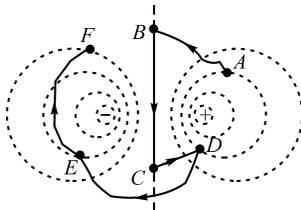


图1-1-7

- A. A→B
- B. C→D
- C. D→E
- D. E→F

解析 由等量异种电荷电场的分布特点可知,A和D是等势点,B和C也是等势点,正的试探电荷从A到B的过程,电场力做正功,所以外力F做负功;从C→D,电场力做负功,则外力F做正功;D→E的过程中,电场力做正功,所以外力F做负功;E→F的过程中,电场力做负功,则外力F做正功.从图



中可以看出, $C \rightarrow D$ 之间的电势差要大于 $E \rightarrow F$ 的电势差, 所以外力所做正功最多的区间是 $C \rightarrow D$, 答案为 B.

【方法技巧】 因从 A 点缓慢移动到 F 点, 所以在移动的过程中, 试探电荷的动能不变, 由动能定理可知, 外力所做的功与电场力所做的功大小是相等的, 外力做正功最多的区间即电场力做负功最多的区间, 也就是电势差最大的区间, 再根据等量异种电荷的电场分布特点即可求出.

强化闯关

1. (T1 强化) 如图 1-1-8 所示, 用两根等长的细线各悬一个小球, 并挂于同一点, 已知两球质量相同, 当它们带上同种等量电荷时, 相距 r_1 而平衡. 若使它们的电量都减少一半, 待它们重新平衡后, 两球间的距离将

- A. 大于 $\frac{r_1}{2}$ B. 等于 $\frac{r_1}{2}$ C. 小于 $\frac{r_1}{2}$ D. 不能确定

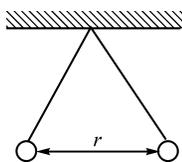


图 1-1-8

2. (T1 强化) 两个完全相同的导体小球, 所带电量多少不同, 相距一定的距离时, 两个导体球之间有相互作用的库仑力. 如果将两个导体球相互接触一下后, 再放到原来的位置, 则两球的作用力的变化情况是

A. 如果相互接触前两球的库仑力是引力, 则相互接触后的库仑力仍是引力
 B. 如果相互接触前两球的库仑力是引力, 则相互接触后的库仑力是斥力
 C. 如果相互接触前两球的库仑力是斥力, 则相互接触后的库仑力仍是斥力
 D. 如果相互接触前两球的库仑力是斥力, 则相互接触后的库仑力是引力

3. (T2 强化) 如图 1-1-9 所示, 一个枕形导体 AB 原来不带电, 将它放在一个负点电荷的电场中, 点电荷的电量为 Q , 与 AB 中心 O 点的距离为 R . 由于静电感应, 在导体 A、B 两端分别出现感应电荷. 当达到静电平衡时

- A. 导体 A 端电势高于 B 端电势
 B. 导体 A 端电势低于 B 端电势
 C. 导体中心 O 点的场强为 0

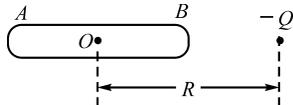
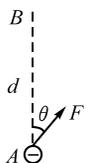


图 1-1-9

- D. 导体中心 O 点的场强大小为 $k \frac{Q}{R^2}$

4. (T3 强化) 如图 1-1-10 所示, 在纸面内有一匀强电场, 一带负电的小球(重力不计)在一恒力 F 的作用下沿图中虚线由 A 至 B 做匀速运动. 已知力 F 和 AB 间夹角为 θ , AB 间距离为 d , 小球带电量为 q . 则

- A. 匀强电场的电场强度大小为 $E = F/q$
 B. A、B 两点的电势差为 $Fdcos \theta/q$
 C. 带电小球由 A 运动至 B 的过程中电势能增加了 $Fdsin \theta$
 D. 若带电小球由 B 向 A 做匀速直线运动, 则 F 必反向



1-1-10

5. 如图 1-1-11 所示, 一正电荷在电场中受电场力作用沿一圆弧 ab 运动, 已知电荷的电量为 q , 质量为 m (重力不计), ab 弧长为 s , 电荷在 a 、 b 两点时的速度大小均为 v , 且它们方向间的夹角为 θ , 则

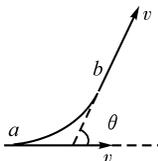


图 1-1-11

- A. 该电场的场强方向指向弧 ab 的圆心
 B. a 、 b 两点的场强大小等于 $mv^2\theta/sq$
 C. a 、 b 两点的电势相等
 D. 电荷在 a 点受到的电场力与在 b 点所受的电场力相同
6. (T4 强化) 如图 1-1-12 所示, A 、 B 是电荷量都为 Q 的两个正点电荷, O 是它们连线的中点, P 、 P' 是它们连线中垂线上对称的两个点. 从 P 点由静止释放一个电子, 不计电子重力, 则

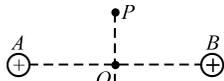


图 1-1-12

- A. 电子将一直向上做加速运动
 B. 电子将向 O 点加速运动, 到 O 点速度最大
 C. 电子在向 O 点运动的过程中, 电势能减小
 D. 电子将在 P 、 P' 之间做周期性往复运动

【参考答案】

互动研习答案提示:

- 如果两小球带的是同种电荷, 则接触前、后二者都是排斥力, 但接触后的排斥力要大于接触前的排斥力, 所以此时二者的距离比未接触前要大, 则 $F_2 < \frac{16}{7}F_1$.
- 如果 B 球所带电荷电性与 A 球相同, 则它们之间只能是相互的排斥力, 所以不可能做匀速圆周运动, B 球只能远离 A 球做曲线运动, 库仑力做正功, 电势能要减小, 其电势可能增加也可能减小, 答案为 D . 如果没有告诉二者的电性关系各种情况都要考虑, 答案依然为 BCD .
- 如果是等量的正电荷, 则在两电荷的中垂线上, b 点的电场强度等于 0, 在无穷远处也为 0, 而在它们之间的某处, 电场强度不为零, 所以电场强度是先增大, 后减小, 在某一点处最大. 电场强度的方向是从 b 点沿中垂线指向两侧. 在两等量电荷的连线上, 中点 b 处电场力最小, 向两侧逐渐增大, 电场强度的方向从两电荷指向中点处. 由以上分析可以看出, 带负电的检验电荷从 a 点沿直线移到 b 点的过程, 电场力做负功, 电势能要增加, 从 b 到 c 的过程, 电场力也做负功, 电势能也增加, 所以全过程中, 电势能一直增大, 因 a 点不知是否为场强的最大点, 所以无法判断电场力的变化情况. 此时答案为 D . 如果是等量的负电荷, 同理可得答案为 C .

强化闯关参考答案:

1. A 设两小球带电量均为 Q , 当小球相距 r_1 时, 所受静电力大小为 $k\frac{Q^2}{r_1^2}$, 此时两悬线与竖直方向的夹角为 θ_1 , 根据两小球处于平衡状态, 则有 $k\frac{Q^2}{r_1^2} = mg\tan\theta_1$.



当小球电量减半时,重新达到平衡,两悬线夹角减小,设此时两悬线与竖直方向的夹角为 θ_2 ,两小球相距为 r_2 ,则有 $k \frac{Q^2}{4r_2^2} = mg \tan \theta_2$

由于 $\theta_1 > \theta_2$,则 $k \frac{Q^2}{r_1^2} > k \frac{Q^2}{4r_2^2}$,得 $r_2 > \frac{r_1}{2}$,则 A 正确.

2. BC 如果是同种电荷则接触前后均为斥力,只不过是接触后斥力增大,C 正确;如果是异种电荷则接触前为吸引力,因电量不同接触后变为同种电荷,它们之间的作用力为斥力,B 正确.
3. C 当达到静电平衡时 AB 是一个等势体,内部均强处处为零,所以 A、B、D 均错,而 C 正确.
4. AB 因小球由 A 至 B 做匀速运动,所以物体所受合外力为 0,则电场力与外力 F 必然是一对平衡力,故匀强电场的电场强度大小为 $E = F/q$,A、B 两点的电势差为 $E d \cos \theta = F d \cos \theta / q$,则 A、B 均对;由 A 运动至 B 过程中电势能增加了 $F d \cos \theta$,C 错;若带电小球由 B 向 A 做匀速直线运动,因受力情况一样,所以 F 与原来一样.
5. ABC 由题意可知正电荷在电场中做圆周运动,电场力提供向心力,电场力总是指向圆心,所以 A 正确;因电荷在 a、b 两点时的速度大小均为 v,所以 a、b 两点的电势相等,则 C 对;电场力提供向心力,在 a 或 b 点时, $qE = \frac{mv^2}{r}$,由数学知识可知 $r = \frac{s}{\theta}$,所以场强大小等于 $mv^2 \theta / sq$,B 正确.
6. BCD 由等量同种电荷的电场分布特征可知,电子向 O 点运动的过程中,将做加速运动,到 O 点速度最大,电场力做正功,电势能减小,由对称性可知,电子将在 PP' 之间做周期性往复运动.

