**专题8·静电场**

**题型1电场的性质**难度★★考频★★★

|  |
| --- |
| 备考策略  解决电场的性质问题的通用方法——解析法  (1)场强的判断  ①电场线、等差等势线越密集场强越大,反之越小;  ②按点电荷场强E=k的矢量叠加,必要时考虑对称性求解,如假设在合适的位置放置额外的电荷;  ③φ-x图像斜率的绝对值表示场强的大小,E*p*-x图像斜率的绝对值表示电场力的大小.  (2)电势高低的判断  ①沿电场线方向电势降低,电场线垂直于等势线;  ②按点电荷φ=k进行电势的代数叠加;  ③根据UAB=,将WAB、q的正负号代入,由UAB的正负判断φA、φB的高低;  ④由φ=知正电荷在电势能大处电势较高,负电荷在电势能大处电势较低;  ⑤取离场源电荷无限远处电势为零,正电荷周围电势为正值,负电荷周围电势为负值;靠近正电荷处电势高,靠近负电荷处电势低.空间中有多个点电荷时,某点的电势可以代数求和.  (3)电场力做功的判断与计算  ①电场力沿电场线切线所在的直线,指向轨迹内侧;  ②电场力与速度夹角小于90°时,电场力做正功,电势能降低;电场力与速度夹角大于90°时,电场力做负功,电势能增加; |
| ③从A到B,电场力做功W=qUAB=qφA-qφB,在匀强电场中有W=qEsAB*cos* θ,沿着等势线,电场力不做功.  (4)电势能变化的判断  ①静电力做正功,电势能减少;静电力做负功,电势能增加;  ②正电荷在电势越高处电势能越大;负电荷在电势越高处电势能越小. |

题型例析

例1 [湖南2023*·*5,4分]如图,真空中有三个点电荷固定在同一直线上,电荷量分别为Q1、Q2和Q3,P点和三个点电荷的连线与点电荷所在直线的夹角分别为90°、60°和30°.若P点处的电场强度为零,q>0,则三个点电荷的电荷量可能为(　　)

*A*.Q1=q,Q2=q,Q3=q

*B*.Q1=-q,Q2=-q,Q3=-4q

*C*.Q1=-q,Q2=q,Q3=-q

*D*.Q1=q,Q2=-q,Q3=4q

解析▶本题的题眼是“P点处的电场强度为零,q>0”.说明电荷量分别为Q1、Q2和Q3的三个点电荷在P点处电场强度叠加后为零,电场强度的叠加遵循平行四边形定则.

选项*A*、*B*中的电荷均为正或均为负,根据电场强度的叠加法则可知,P点的场强不可能为零,故*A*、*B*错误;设P、Q1间的距离为r,代入*C*选项,根据几何关系有*cos* 120°=,解得Q1、Q3在P点产生的合场强大小E=,而Q2产生的场强大小为,则P点的场强不可能为零,故*C*错误;设P、Q1间的距离为r,根据几何关系有*cos* 120°=,解得Q1、Q3在P点产生的合场强大小E=,而Q2产生的场强大小为,则P点的场强为零,故*D*正确.

答案D

例2 [辽宁2023*·*9,6分](多选)图(a)为金属四极杆带电粒子质量分析器的局部结构示意图,图(b)为四极杆内垂直于*x*轴的任意截面内的等势面分布图,相邻两等势面间电势差相等,则(　　)

图(a)　　图(b)

A.*P*点电势比*M*点的低

B.*P*点电场强度大小比*M*点的大

C.*M*点电场强度方向沿*z*轴正方向

D.沿*x*轴运动的带电粒子电势能不变

解析▶本题的题眼是“四极杆内垂直于*x*轴的任意截面内的等势面分布图”*.*越靠近正电荷电势越高,越靠近负电荷电势越低*.*

因*P*点所在的等势面电势高于*M*点所在的等势面电势,可知*P*点电势比*M*点的高,故A错误;

电场线、等差等势线越密集则场强越大,反之越小*.*

因*M*点所在的等差等势面比*P*点处的密集,则*P*点电场强度大小比*M*点的小,故B错误;

沿电场线方向电势降低,电场线垂直于等势线*.*

场强方向垂直等势面,且沿电场线方向电势逐渐降低,可知*M*点电场强度方向沿*z*轴正方向,故C正确;因*x*轴上各点电势相等,则沿*x*轴运动的带电粒子电势能不变,故D正确*.*

答案CD

例3 [湖北2023*·*3,4分]在正点电荷*Q*产生的电场中有*M*、*N*两点,其电势分别为*φM*、*φN*,电场强度大小分别为*EM*、*EN.*下列说法正确的是(　　)

A*.*若*φM*>*φN*,则*M*点到电荷*Q*的距离比*N*点的远

B*.*若*EM*<*EN*,则*M*点到电荷*Q*的距离比*N*点的近

C*.*若把带负电的试探电荷从*M*点移到*N*点,电场力做正功,则*φM*<*φN*

D*.*若把带正电的试探电荷从*M*点移到*N*点,电场力做负功,则*EM*>*EN*

解析▶本题的题眼是“正点电荷*Q*产生的电场中有*M*、*N*两点”*.*沿着电场线方向电势降低,电场力做正功,电势能减少*.*

沿着电场线方向电势逐渐降低,根据正点电荷产生的电场特点可知,若*φM*>*φN*,则*M*点到电荷*Q*的距离比*N*点的近,故A错误;电场线的疏密程度表示电场强度的大小,根据正点电荷产生的电场特点可知,若*EM*<*EN*,则*M*点到电荷*Q*的距离比*N*点的远,故B错误;若把带负电的试探电荷从*M*点移到*N*点,电场力做正功,则是逆着电场线运动,电势增加,故有*φM*<*φN*,故C正确;若把带正电的试探电荷从*M*点移到*N*点,电场力做负功,则是逆着电场线运动,根据正点电荷产生的电场特点可知*EM*<*EN*,故D错误*.*

答案C

**题型2带电粒子在电场中的运动**难度★★★考频★★★

|  |
| --- |
| 备考策略  1*.*电场中的受力和能量问题  (1)按照题设条件,分析带电粒子受到的电场力;  (2)按照动能定理和功能关系,在电场中有*qU*=*mv*2-*m*,对匀强电场有*qEs*cos *θ*=*qEd*=*mv*2-*m*(*d*为沿电场方向移动的位移)*.*  2*.*匀强电场中的直线和类平抛运动问题  (1)分析带电粒子直线运动的过程:动力学观点*d*=*v*0*t*+·*t*2,*v*=*v*0+*t*,*v*2-=2·*d*;能量观点:*qU*=*qEd*=*mv*2-*m*;动量观点:*qE*Δ*t*=*mv*-*mv*0*.*  (2)分析带电粒子在重力和电场力的作用下做类平抛运动的过程,将运动沿电场方向和垂直电场方向分解:沿电场方向有*y*=·*t*2;垂直电场方向有*x*=*v*⊥*t.*能量关系:*qEy*=*mv*2-*m.* |
| 3*.*带电体在电场和重力场的叠加场中的圆周运动  “等效重力”法:  ①将重力与静电力进行合成,如图所示,则*F*合为等效重力场中的“等效重力”,*F*合的方向为“等效重力”的方向,*g'*=为等效重力场中的“等效重力加速度”*.*    ②“等效最高”点和“等效最低”点:在“等效重力场”中做圆周运动的小球,过圆心作合力的平行线,交于圆周上的两点即为“等效最高”点和“等效最低”点*.* |

题型例析

例4 [湖北孝昌一中2023三模](多选)如图所示,水平向右的匀强电场中有*OA*、*OB*两个挡板,与竖直方向夹角分别为*α*1=30*°*和*α*2=60*°*,正电子、负电子和质子从*O*点竖直向下以相同的初速度*v*0射入电场,三种粒子都打在板上被吸收,只考虑匀强电场给电荷的电场力,不计其他相互作用力,则(　　)

A*.*正电子和质子打在板上时速度方向相同

B*.*正、负电子的运动时间比为1∶3

C*.*正、负电子电势能的减少量之比为1∶9

D*.*质子打在板上的位置比正电子落点的电势高

解析▶本题的题眼是“正电子、负电子和质子从*O*点竖直向下以相同的初速度*v*0射入电场,三种粒子都打在板上被吸收”*.*带电粒子初速度方向与电场方向垂直,做类平抛运动,利用平抛运动性质分析*.*



设正电子、质子电荷量均为*e*,负电子电荷量为-*e*,正电子、负电子质量均为*m*,质子质量为*M*,正电子飞出后做类平抛运动,打在*A*板上时速度方向与竖直方向夹角为*β*,飞行时间为*t*,电场强度为*E*,则有tan *α*1=,tan *β*=,解得tan *β*=2tan *α*1,同理,对质子也可得相同的结论,即正电子和质子打在板上时速度方向相同*.*故A正确;根据A选项的分析可得*t*=,设负电子落在*B*板上时速度与竖直方向夹角为*β'*,飞行时间为*t'*,则tan *α*2=,tan *β'*=,解得*t'*=,则正、负电子的运动时间比为1∶3,故B正确;正、负电子在水平方向的位移大小之比为∶=1∶9,则电场力对正、负电子做功之比为1∶9,即正、负电子电势能的减少量之比为1∶9,故C正确;根据A、B选项的分析,质子质量*M*大于正电子质量*m*,所以水平方向有××<××,即水平方向上质子向右飞行的距离比正电子飞行的远,电场强度水平向右,所以质子落点的电势比正电子落点的电势低,故D错误*.*

答案ABC

例5[湖北2023*·*10,4分](多选)一带正电微粒从静止开始经电压*U*1加速后,射入水平放置的平行板电容器,极板间电压为*U*2*.*微粒射入时紧靠下极板边缘,速度方向与极板夹角为45°,微粒运动轨迹的最高点到极板左右两端的水平距离分别为2*L*和*L*,到两极板距离均为*d*,如图所示*.*忽略边缘效应,不计重力*.*下列说法正确的是(　　)

A*.L*∶*d*=2∶1

B*.U*1∶*U*2=1∶1

C*.*微粒穿过电容器区域的偏转角度的正切值为2

D*.*仅改变微粒的质量或者电荷数量,微粒在电容器中的运动轨迹不变

解析▶本题的题眼是“微粒射入时紧靠下极板边缘,速度方向与极板夹角为45*°*”*.*对于恒力作用下的复杂的曲线运动,一定要考虑运动的合成与分解*.*

微粒在电容器中水平方向做匀速直线运动,竖直方向做匀变速直线运动,根据电场强度和电势差的关系及场强和电场力的关系可得*E*=,*F*=*qE*=*ma*,微粒射入电容器后的速度为*v*0,水平方向和竖直方向的分速度分别为*vx*=*v*0cos 45*°*=*v*0,*vy*=*v*0sin 45*°*=*v*0,从射入到运动到最高点的过程,由匀变速直线运动规律有=2*ad*,微粒射入电场时由动能定理可得*qU*1=*m*,联立解得*U*1∶*U*2=1∶1,故B正确;微粒从射入到运动到最高点,由运动学规律可得2*L*=*vxt*,*d*=·*t*,联立可得*L*∶*d*=1∶1,故A错误;微粒穿过电容器时,从最高点到穿出时由运动学规律可得*L*=*vxt*1,*vy*1=*at*1,射入电容器到最高点有*vy*=*at*,解得*vy*1=,设微粒穿过电容器时速度方向与水平方向的夹角为*α*,则tan *α*==,设微粒射入电容器时速度方向与水平方向的夹角*β*=45*°*,微粒穿过电容器区域的偏转角度为*α*+*β*,则偏转角度的正切值tan(*α*+*β*)==3,故C错误;微粒射入到最高点的过程水平方向的位移为*x*,竖直方向的位移为*y*=*a't'*2,联立*x*=*v'xt'*,*q'U*1=*m'v*2,*v'x*=*v*cos 45*°*,*a'*=,*v'y*=*a't'*,解得*y*=,且*x*=*v'xt'*,*y*=·*t'*,可得*x*=2*L*,*y*=*d*=*L*,即微粒在运动到最高点的过程中水平和竖直位移均与电荷量和质量无关,最高点到射出电容器过程同理,*x*=*L*=*v'xt'*1,*v'y*1=*a't'*1,*y*1=*t'*1==,即轨迹不会变化,故D正确*.*

答案BD

例6 [安徽江南十校2023三模](多选)如图甲所示,空间有一水平向右的匀强电场,电场中有一个竖直圆轨道,圆心为*O*,圆上*A*点所在的半径与竖直直径*BC*成*θ*=37*°*角*.A*与*B*、*A*与*C*间分别用直管道相连,质量为*m*=0*.*08 kg、电荷量为*q*=6×10-6 C的光滑带电小球(可视为质点)从*A*点由静止释放,分别沿管道*AB*和*AC*到达圆周的运动时间相同*.*现去掉管道*AB*和*AC*,如图乙所示,在*A*点沿圆周切线方向给小球一个初速度让小球恰能沿圆轨道内侧做完整的圆周运动,轨道都是绝缘的,小球运动过程中电荷量不变*.*下列说法正确的是(cos 37*°*=0*.*8,重力加速度*g*=10 m/s2)(　　)

甲　　乙

A*.*匀强电场的电场强度大小为*E*=1×104 N/C

B*.*匀强电场的电场强度大小为*E*=1×105 N/C

C*.*小球做圆周运动过程中对圆轨道的压力最大值为6 N

D*.*小球做圆周运动过程中对圆轨道的压力最大值为5 N

解析▶本题的题眼是“在*A*点沿圆周切线方向给小球一个初速度让小球恰能沿圆轨道内侧做完整的圆周运动”*.*方法(等效重力法):在“等效重力场”中做圆周运动的小球,过圆心作合力的平行线,交于圆周上的两点即为等效最高点和等效最低点*.*

根据几何分析可知,*AB*与水平方向夹角为,小球沿*AB*方向运动时有*qE*cos -*mg*sin =*ma*1,*xAB*=*a*1,根据几何分析可知,*AC*与竖直方向夹角为,沿*AC*方向运动时有*qE*sin +*mg*cos =*ma*2,*xAC*=*a*2,根据题意与几何分析有*t*1=*t*2,*xAB*=*xAC*tan ,解得*E*=1×105 N/C,故A错误,B正确;根据上述分析可知,重力与电场力的大小分别为*mg*=0*.*8 N,*qE*=0*.*6 N,可知重力与电场力的合力方向沿*AO*方向,则圆弧*A*位置为等效重力的最高点,与之关于圆心的对称点为等效重力的最低点,恰能沿圆轨道内侧做完整的圆周运动,则小球在等效重力的最高点有=*m*,小球从等效重力的最高点到等效重力的最低点过程有·2*R*=*m*-*m*,小球在等效重力的最低点有*N*-=*m*,根据牛顿第三定律有*N'*=*N*,解得*N'*=6 N,故C正确,D错误*.*

答案BC