【核心问题】专题4---电场与磁场

福建省普通教育教学研究室物理学科编写组

**【材料导读】**

本专题包括高中物理的两个问题“电场的性质”与“磁场的性质”，涉及“库仑定律”“电场强度、点电荷的场强”“电势差”“匀强电场中电势差与电场强度的关系”和“匀强磁场中的安培力” 等Ⅱ级考点，以及“静电场、电场线”“电势、电势能”“磁场、磁感应强度、磁感线”“通电直导线和通电线圈周围磁场的方向”和“安培力、安培力的方向”等Ⅰ级考点。

对于“电场的性质”问题，高考中常以选择题的形式出现，考查利用电场线和等势面确定场强的大小和方向，判断电势高低、电场力变化、电场力做功和电势能的变化等，电场力做功与电势能的变化及带电粒子在电场中的运动与牛顿运动定律、动能定理、功能关系相结合的题目是考查的另一热点，电场知识与生产技术、生活实际、科学研究等的联系，如示波管、电容式传感器、静电分选器等，都可成为新情景题的命题素材，应引起重视。而“磁场的性质”在高考中呈现题型主要为选择题，偶尔也为会在计算题中组成考点，要求考生重点掌握：通电直导线和通电线圈周围的磁场；安培力公式、安培定则及磁感应强度的叠加；通电直导线或线框在磁场中的平衡和运动问题。

本专题通过具体试题呈现这两个核心问题在高考中的考查特点，并以问题串形式引导学生体会用不同方法解决物理问题的异同，再从中归纳问题解决过程中的关键线索和一般方法。材料中的例题和练习按难度从易到难分为A、B、C三个层次，使用者可根据自身情况选用。

**【典例分析】**

【A】**例1**（2019年全国Ⅰ卷第15题）如图，空间存在一方向水平向右的匀强电场，两带电小球*P*和*Q*用相同的绝缘细绳悬挂在水平天花板下，两细绳都恰好与天花板垂直，则(　　)

*P*

*Q*

A．*P*和*Q*都带正电荷

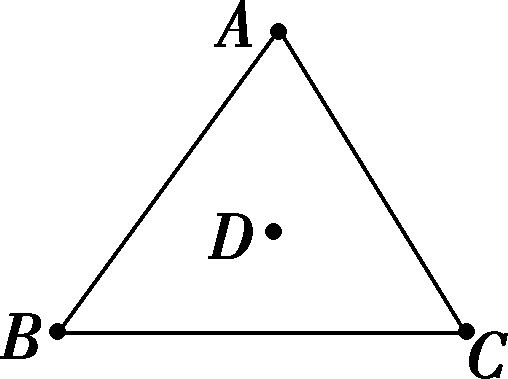
B．*P*和*Q*都带负电荷

C．*P*带正电荷，*Q*带负电荷

D．*P*带负电荷，*Q*带正电荷

**【答案】**D

**【解析】**对*P*、*Q*整体进行受力分析可知，在水平方向上整体所受电场力为零，所以*P*、*Q*必带等量异种电荷，选项AB错误；对*P*进行受力分析可知，匀强电场对它的电场力应水平向左，与*Q*对它的库仑力平衡，所以*P*带负电荷，*Q*带正电荷，选项D正确，C错误．

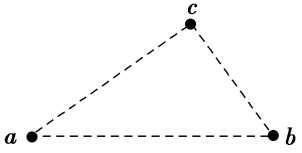
【A】变式1：在光滑绝缘的水平地面上放置着四个相同的金属小球，小球*A*、*B*、*C*位于等边三角形的三个顶点上，小球*D*位于三角形的中心，如图所示。现让小球*A*、*B*、*C*带等量的正电荷*Q*，让小球*D*带负电荷*q*，使四个小球均处于静止状态，则*Q*与*q*的比值为(　　)

A． B． C．3 D．

**【答案】**D

**【解析】**设等边三角形的边长为*a*，由几何知识可知，*BD* ＝ *a*·cos 30°· ＝ *a*，以*B*为研究对象，由平衡条件有，cos 30°×2 ＝ ，解得 ＝，D正确．

【B】变式2：如图，三个固定的带电小球*a*、*b*和*c*，相互间距离分别为*ab* = 5 cm，*bc* = 3cm，*ca* = 4 cm。小球*c*所受库仑力的合力的方向平行于*a*、*b*的连线。设小球*a*、*b*所带电荷量的比值的绝对值为*k*，则(　　)



A．*a*、*b*的电荷同号，*k*=

B．*a*、*b*的电荷异号，*k*=

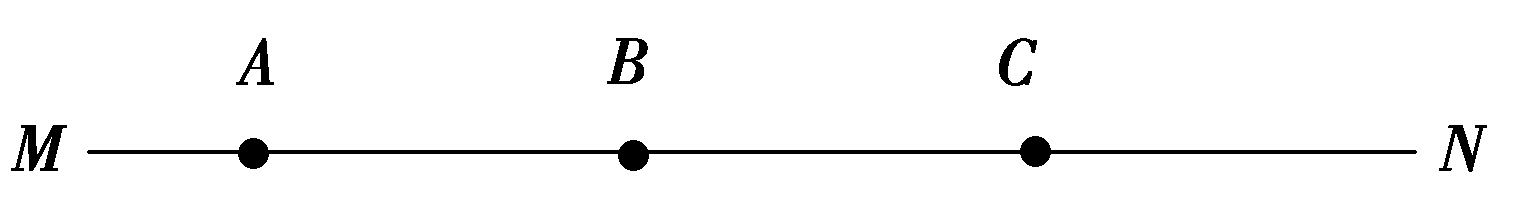
C．*a*、*b*的电荷同号，*k*=

D．*a*、*b*的电荷异号，*k*=

**【答案】**D

**【解析】**对小球*c*所受库仑力分析，画出*a*对*c*的库仑力和*b*对*c*的库仑力，若*a*对*c*的库仑力为排斥力，*ac*的电荷同号，则*b*对*c*的库仑力为吸引力，*bc*电荷为异号， *ab*的电荷为异号；若*a*对*c*的库仑力为引力，*ac*的电荷异号，则*b*对*c*的库仑力为斥力，*bc*电荷为同号， *ab*的电荷为异号，所以*ab*的电荷为异号。设*ac*与*ab*的夹角为*θ*，利用平行四边形定则和几何关系、库仑定律可得，*Fac**= ’*，*F*bc = ，tan*θ* = ，tan*θ* = ，*ab*电荷量的比值*k* = ，联立解得：*k* = ，选项D正确。。

【C】变式3：真空中有一点电荷*Q*，*MN*是这个点电荷电场中的一条水平直线，如图所示，*A*、*B*、*C*是直线*MN*上的三个点，*B*是*A*、*C*的中点，点电荷*Q*位于*A*点正上方*O*处(未画出)。设*A*、*B*、*C*三点场强大小分别为*EA*、*EB*、*EC*，且*EB* ＝ *EA*，则*EC*的值为(　　)

1. **** *EA* B． *EA*

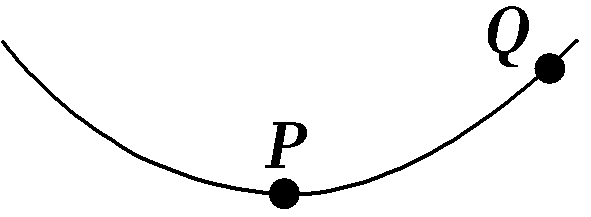
C． *EA*  D． *EA*

**【答案】**C

**【解析】**点电荷*Q*位于*A*点正上方*O*处，则在直线*MN*上*A*点的场强最大，而*MN*是这个点电荷电场中的一条直线，设点电荷*Q*距离*A*点*x*，*AB*和*BC*的间距为*L*；根据点电荷电场强度的计算公式可得 *EA* ＝ *k*，*EB* ＝ *k*，*EC* ＝ *k*，*EB* ＝ *EA*，解得*L*＝ *x*，则*EC* ＝ *k* ＝ *EA*，故C正确，A、B、D错误。

【B】**例2** （2016年全国Ⅱ卷第20题）（多选）如图，一带负电荷的油滴在匀强电场中运动，其轨迹在竖直面(纸面)内，且相对于过轨迹最低点*P*的竖直线对称。忽略空气阻力。由此可知(　　)

A．*Q*点的电势比*P*点高



B．油滴在*Q*点的动能比它在*P*点的大

C．油滴在*Q*点的电势能比它在*P*点的大

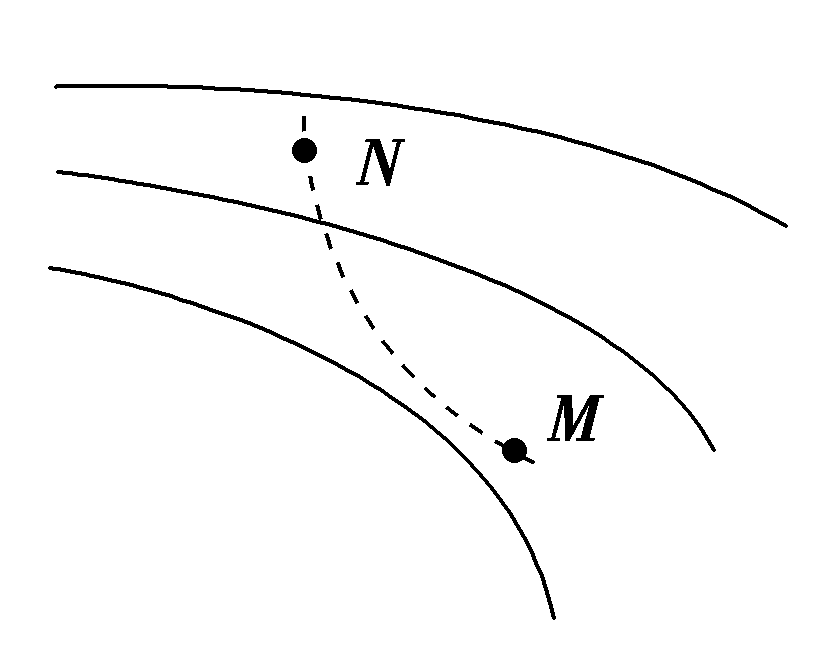
D．油滴在*Q*点的加速度大小比它在*P*点的小

**【答案】**AB

**【解析】**带电油滴在电场中受重力、电场力作用，据其轨迹的对称性可知，电场力方向竖直向上，且电场力大于重力，电场力先做负功后做正功。则电场强度方向向下，*Q*点的电势比*P*点高，选项A正确；油滴在*P*点的速度最小，选项B正确；油滴在*P*点的电势能最大，选项C错误；油滴运动的加速度大小不变，选项D错误。

【A】变式1：如图，实线表示某电场的电场线(方向未标出)，虚线是一带负电的粒子只在电场力作用下的运动轨迹，设*M*点和*N*点的电势分别为*φM*、*φN*，粒子在*M*和*N*时加速度大小分别为*aM*、*aN*，速度大小分别为*vM*、*vN*，电势能分别为*E*p*M*、*E*p*N*，则(　　)

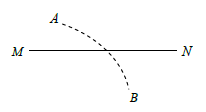
A．*vM* < *vN*，*aM* < *aN* B．*vM* < *vN*，*φM* < *φN*



C．*φM* < *φN*，*E*p*M* < *E*p*N* D．*aM* < *aN*，*E*p*M* < *E*p*N*

**【答案】**D

**【解析】**设粒子由*M*向*N*运动，速度方向沿轨迹切线方向，电场力方向与粒子速度方向的夹角为钝角，电场力做负功，电势能增大，动能减小，所以*vM*>*vN*，*E*p*M*<*E*p*N*，A、B项错误；电场线疏密程度表示电场强度大小，故粒子在*M*点所受电场力的大小小于在*N*点所受电场力的大小，由牛顿第二定律可得，*aM*<*aN*，D项正确；由于电场线方向如图所示，所以*M*点电势较*N*点的高，C项错误。

【B】变式2：（多选）如图，在点电荷*Q*产生的电场中，实线*MN*是一条方向未标出的电场线，虚线*AB*是一个电子只在静电力作用下的运动轨迹。设电子在*A*、*B*两点的加速度大小分别为*aA*、*aB*，电势能分别为*E*p*A*、*E*p*B*。则(　　)

A．电子一定从*A*向*B*运动

B．若*aA* > *aB*，则*Q*靠近*M*端且为正电荷

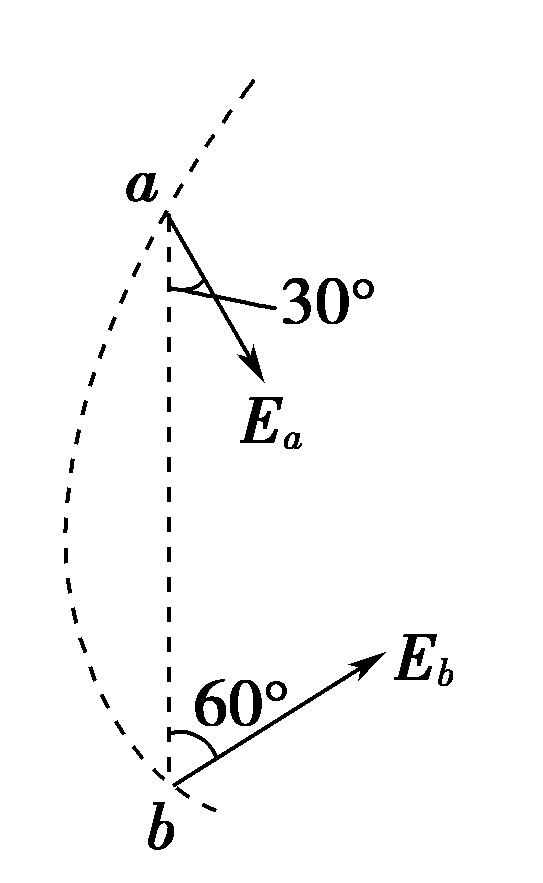
C．无论*Q*为正电荷还是负电荷一定有*E*p*A* < *E*p*B*

D．*B*点电势可能高于*A*点电势

**【答案】**BC

**【解析】**电子在电场中做曲线运动，虚线*AB*是电子只在静电力作用下的运动轨迹，电场力沿电场线直线曲线的凹侧，电场的方向与电场力的方向相反，如图所示，由所知条件无法判断电子的运动方向，故A错误；若*aA* > *aB*，说明电子在*M*点受到的电场力较大，*M*点的电场强度较大，根据点电荷的电场分布可知，靠近*M*端为场源电荷的位置，应带正电，故B正确；无论*Q*为正电荷还是负电荷，一定有电势*φA* > *φB*，电子电势能*E*p = -*eφ*，电势能是标量，所以一定有*E*p*A* < *E*p*B*，故C正确，D错误。

【C】变式3：如图，一带正电的粒子以一定的初速度进入某点电荷*Q*产生的电场中，沿图中弯曲的虚线轨迹先后经过电场中的*a*、*b*两点，其中*a*点的场强大小为*Ea*，方向与*ab*连线成30°角；*b*点的场强大小为*Eb*，方向与*ab*连线成60°角，粒子只受电场力的作用。下列说法中正确的是(　　)



A．点电荷*Q*带正电

B．*a*点的电势低于*b*点电势

C．从*a*到*b*，系统的电势能减小

D．粒子在*a*点的加速度大于在*b*点的加速度

**【答案】**C

**【解析】**根据轨迹弯曲方向判断出，粒子在运动的过程中，一直受库仑引力作用，因粒子带正电，所以点电荷带负电，故A错误；由图可知，点电荷*Q*位于*Ea*方向延长线与*Eb*方向延长线的交点处，且*b*点与*a*点相比，*b*点离负点电荷较近，*b*点处电势较低，所以B错误；由*E*＝*qφ*可知正点电荷在电势低处，电势能较小，所以正点电荷在*a*处时，系统具有的电势能较大，因此C正确；根据点电荷电场线的分布，*b*点处电场线分布较密，电场强度较大，粒子加速度较大，所以D错误。

【B】**例3** （2019年全国Ⅰ卷第17题）如图，等边三角形线框*LMN*由三根相同导体棒连接而成，固定于匀强磁场中，线框平面与磁感应强度方向垂直，线框顶点*M*、*N*与直流电源两端相接。已知导体棒*MN*受到的安培力大小为*F*，则线框*LMN*受到的安培力的大小为(　 )

*M*

*N*

*L*

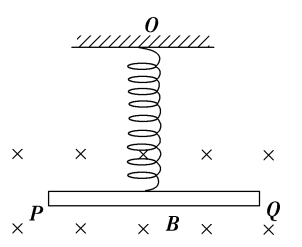
A．2*F* B．1.5*F*

C．0.5*F* D．0

**【答案】**B

**【解析】**设三角形边长为*l*，通过导体棒*MN*的电流大小为*I*，则根据并联电路的规律可知通过导体棒*ML*和*LN*的电流大小为，如图所示，依题意有*F* ＝ *BlI*，则导体棒*ML*和*LN*所受安培力的合力为*F*1 ＝ *BlI* ＝ *F*，方向与*F*的方向相同，所以线框*LMN*受到的安培力大小为1.5*F*，选项B正确．

【A】变式1：如图，水平导体棒*PQ*用一根劲度系数为*k* ＝ 80 N/m的竖直绝缘轻弹簧悬挂起来，置于水平向里的匀强磁场中，*PQ*长度为*L* ＝ 0.5 m，质量为*m* ＝ 0.1 kg。当导体棒中通以大小为*I* ＝ 2 A的电流，并处于静止时，弹簧恰好恢复到原长状态。欲使导体棒下移2 cm后能重新处于静止状态，重力加速度*g*取10 m/s2，则(　　)



A．通入的电流方向为*P*→*Q*，大小为1.2 A

B．通入的电流方向为*P*→*Q*，大小为2.4 A

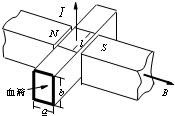
C．通入的电流方向为*Q*→*P*，大小为1.2 A

D．通入的电流方向为*Q*→*P*，大小为2.4 A

**【答案】**C

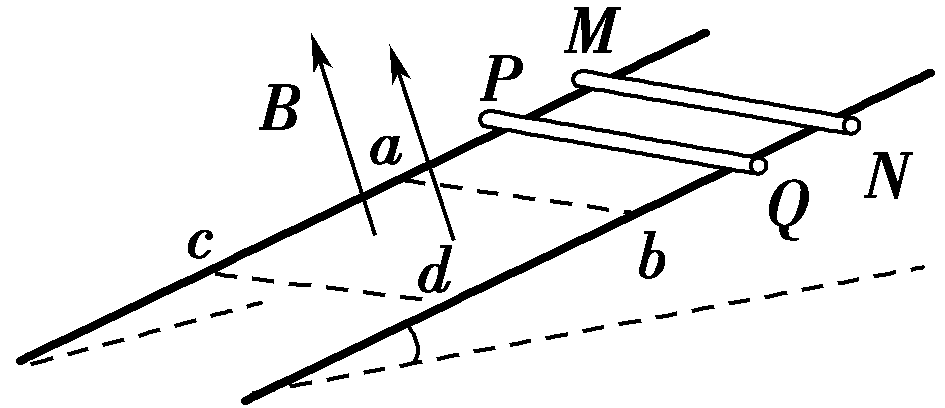
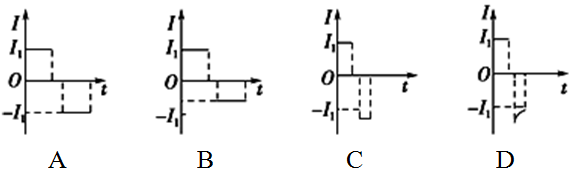
**【解析】**由题意知通电后弹簧恢复到原长，说明安培力方向向上，由平衡条件可得*ILB* ＝*mg*，代入数据解得磁感应强度大小*B* ＝ ＝ 1 T。欲使导体棒下移2 cm后能重新处于静止状态，假设安培力方向向下，由平衡条件可得*mg*＋*I*′*LB* ＝ *kx*，解得：*I*′ ＝ 1.2 A，假设成立，此时通入的电流方向为*Q*→*P*，故C正确，A、B、D错误。

【B】变式2：作用在导电液体上的安培力能起到推动液体流动的作用，利用这一现象的装置称为电磁泵，它在医学上有多种应用。由于血液中含有离子，在人工心肺机里的电磁泵就可作为输送血液的动力。某电磁泵及其尺寸如图所示，矩形截面的水平管道上下表面是导体，它与磁感强度为*B*的匀强磁场垂直，并有长为*l*的部分在磁场中，当管内充满血液并通以图示电流时，血液便能向前流动。为使血液在管内不流动时能产生向前的压强*p*，电流强度应调节为\_\_\_\_\_\_\_。由于血液的特殊性，在电流方向上单位截面承受的电流强度不能超过*Iʹ*，若其他条件不变，则匀强磁场的宽度*l*至少为\_\_\_\_\_\_\_\_。

**【答案】**

**【解析】**血液受到的安培力*F* = *BIb*，产生的压强*p* = ，电流应为*I* = 。电流方向截面积为*S* = *al*，电流*I* = *IʹS*，可得*l* =

【C】变式3：（多选）如图，两条光滑平行金属导轨固定，所在平面与水平面夹角为*θ*，导轨电阻忽略不计。虚线*ab*、*cd*均与导轨垂直，在*ab*与*cd*之间的区域存在垂直于导轨所在平面的匀强磁场。将两根相同的导体棒*PQ*、*MN*先后自导轨上同一位置由静止释放，两者始终与导轨垂直且接触良好。已知*PQ*进入磁场时加速度恰好为零。从*PQ*进入磁场开始计时，到*MN*离开磁场区域为止，流过*PQ*的电流随时间变化的图像可能正确的是(　　)



**【答案】**AD

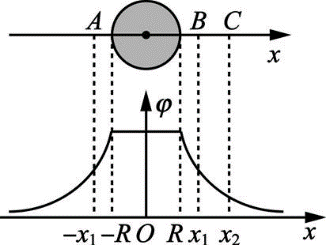
**【解析】**根据题述，*PQ*进入磁场时加速度恰好为零，两导体棒从同一位置释放，则两导体棒进入磁场时的速度相同，产生的感应电动势大小相等，若释放两导体棒的时间间隔足够长，在*PQ*通过磁场区域一段时间后*MN*进入磁场区域，根据法拉第电磁感应定律和闭合电路欧姆定律可知流过*PQ*的电流随时间变化的图像可能是A；由于两导体棒从同一位置释放，两导体棒进入磁场时产生的感应电动势大小相等，*MN*进入磁场区域切割磁感线产生感应电动势，回路中产生的感应电流不可能小于*I*1，B错误；若释放两导体棒的时间间隔较短，在*PQ*没有出磁场区域时*MN*就进入磁场区域，则两棒在磁场区域中运动时回路中磁通量不变，两棒不受安培力作用，二者在磁场中做加速运动，*PQ*出磁场后，*MN*切割磁感线产生感应电动势和感应电流，且感应电流一定大于*I*1，受到安培力作用，由于安培力与速度成正比，则*MN*所受的安培力一定大于*MN*的重力沿斜面方向的分力，所以*MN*一定做减速运动，回路中感应电流减小，流过*PQ*的电流随时间变化的图像可能是D，C错误。

**【方法提炼】**

电场性质如果是通过考查粒子运动轨迹来呈现，可以从不同角度来分析，如从轨迹的弯曲方向判断受力方向，从而分析电场方向或电荷的正负；再如结合轨迹、速度方向与静电力的方向，确定静电力做功的正负，从而确定电势能、电势和电势差的变化等；或者根据动能定理或能量守恒定律判断动能的变化。遇到磁场的叠加和安培定则应用时，应注意三维与二维之间的转换，这是磁场力与其它力最大区别之处。

把电场力或磁场力的应用注意点掌握之后，就可以归纳到力学中去，应将其视为研究对象受到众多力的一个，然后根据受力情况，规范作出受力分析，根据题目的已知条件，结合牛顿运动学或能量关系进行求解。

**【针对训练】**

【A】**1．**带电球体的半径为*R*，以球心为原点*O*建立坐标轴*x*，轴上各点电势*φ*随*x*变化如图所示，下列说法中正确的是

A．球体带负电荷

B．球内电场强度最大

C．负电荷在*B*点的电势能比*C*点的小

D．*A*、*B*两点电场强度相同

【B】**2．**如图所示，虚线表示某电场中的四个等势面，相邻等势面间的电势差相等。一不计重力的带负电粒子从右侧垂直等势面*φ*4向左射入电场，运动轨迹与等势面分别交于*a、b、c*三点，则可以判断

*φ*4

*φ*3

*φ*2

*φ*1

*a*

*b*

*c*

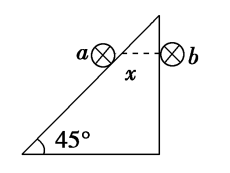
A．*φ*1 > *φ*2 > *φ*3 > *φ*4

B．粒子的运动轨迹和等势面*φ*3也可能垂直

C．*φ*4等势面上各点场强处处相等

D．该电场可能是由点电荷和无限大金属平板形成的

【B】**3．**（多选）如图，有两根长为*L*、质量为*m*的细导体棒*a*、*b*，*a*被水平放置在倾角为45°的光滑斜面上，*b*被固定在与*a*在同一水平面的另一位置，且*a*、*b*平行，它们之间的距离为*x*。当两细棒中通以电流为*I*的同向电流时，*a*恰能在斜面上保持静止。则



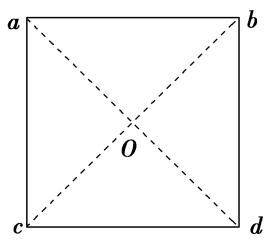
A．*b*在*a*处产生的磁场方向向上

B．*b*在*a*处产生的磁场磁感应强度大小为

C．若使*b*下移，*a*将不能保持静止

D．要使*a*仍保持静止，而减小*b*在*a*处的磁感应强度，可使*b*上移

【B】4．（多选）水平面上有一边长为*L*的正方形，其*a*、*b*、*c*三个顶点上分别固定了三个等量的正点电荷*Q*，将一个电荷量为＋*q*的点电荷分别放在正方形中心点*O*点和正方形的另一个顶点*d*点处，两处相比，下列说法正确的是



A．*q*在*d*点所受的电场力较大

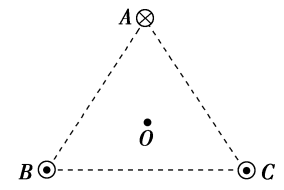
B．*q*在*d*点所具有的电势能较大

C．*d*点的电势低于*O*点的电势

D．*q*在两点所受的电场力方向相同

【B】5**．**（多选）正三角形*ABC*的三个顶点处分别固定有水平放置的长直导线，并通以如图所示方向的恒定电流，导线中的电流大小相等，三角形中心*O*点的磁感应强度大小为*BO*，已知通电直导线在某点产生的磁场与通电直导线的电流大小成正比，则

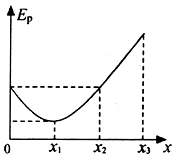
A．*O*点处的磁感应强度方向竖直向下



B．*B*、*C*处两导线电流在*O*点产生的合磁场方向水平向左

C．*B*处电流在*O*点处产生的磁场磁感应强度大小为*BO*

D．将*A*处电流大小减半，则*O*点处的磁场磁感应强度大小为*BO*

【C】**6．**（多选）一带负电的粒子只在电场力作用下沿*x*轴正方向运动，其电势能*E*p随位移*x*变化的关系如图所示，其中0 ~ *x*2段是关于直线*x* = *x*1对称的曲线，*x*2 ~ *x*3段是直线，则下列说法正确的是

A．*x*1处电场强度最小，但不为零

B．粒子在0 ~ *x*2段做匀变速运动，*x*2 ~ *x*3段做匀速直线运动

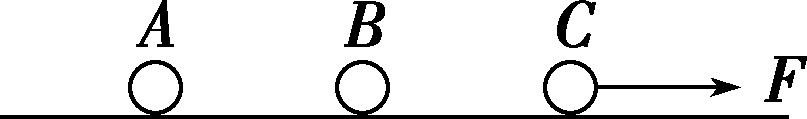
C．若*x*1、*x*3处电势为*φ*1、*φ*3，则*φ*1>*φ*3

D．*x*2 ~ *x*3段的电场强度大小方向均不变

**7．**如图，质量均为*m*的三个带电小球*A*、*B*、*C*，放置在光滑的绝缘水平面上，彼此相隔的距离为*L* ( *L*比球半径*r*大得多)，*B*球带电量为*QB* ＝ －3*q*，*A*球带电量为*QA* ＝ 6*q*，若在*C*上加一水平向右的恒力*F*，要使*A*、*B*、*C*三球始终保持*L*的间距运动，求：

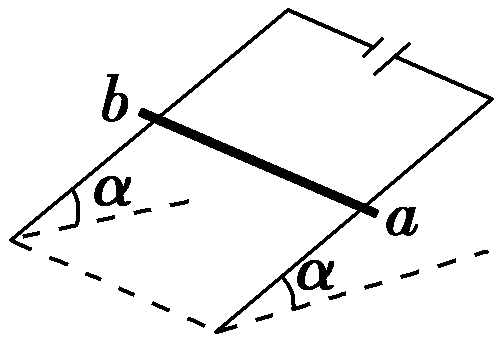
【B】(1) *F*的大小？

【B】(2) *C*球所带电量为多少？带何种电荷？



1. 如图，在水平地面上固定一对与水平面倾角为*α*的光滑平行导电轨道，轨道间的距离为*l*，两轨道底端的连线与轨道垂直，顶端接有电源。将一根质量为*m*的直导体棒*ab*放在两轨道上，且与两轨道垂直。已知通过导体棒的恒定电流大小为*I*，方向由*a*到*b*，重力加速度为*g*，在轨道所在空间加一竖直向上的匀强磁场，使导体棒在轨道上保持静止。

【A】(1)求磁场对导体棒的安培力的大小；

【B】(2)如果改变导轨所在空间的磁场方向，试确定使导体棒在轨道上保持静止的匀强磁场磁感应强度*B*的最小值和方向。

1. 如图，空间中分布有磁感应强度大小为*B*，方向竖直向上的匀强磁场，不计电阻的足够长光滑U型导轨倾斜放置，与水平面夹角为*θ*，导轨间距为*L*。一质量为*m*，电阻为*R*的导体棒水平放在导轨上。无初速释放导体棒，求：

【B】(1) 导体棒可达到速度的最大值*v*m；

【B】(2) 回路中产生的最大热功率*P*m。

*θ*

*θ*

*B*

**【核心问题】专题4---电场与磁场**

**参考答案**

**【针对训练】**

**1．**C2**．**D **3．**ACD **4．**CD **5．**BCD **6．**CD

**7．**

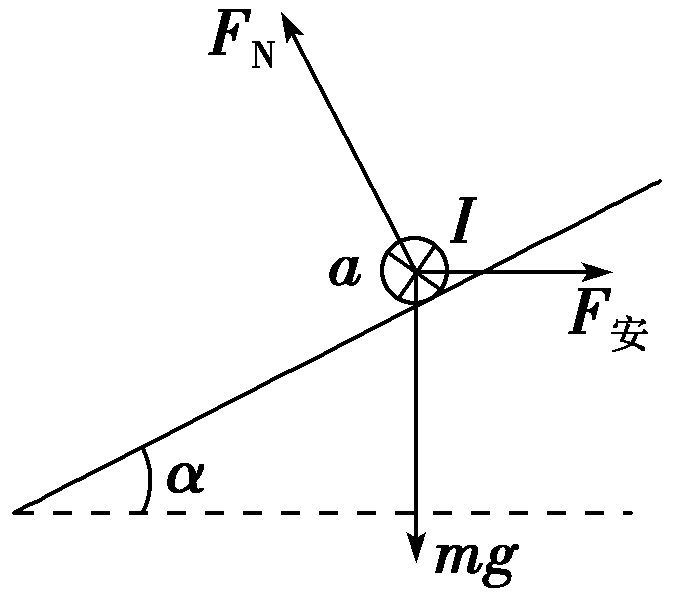
经分析，*C*球带正电荷，

设*C*球带电量为*QC*，对整体，有*F* ＝ 3*ma*

对*B*：－＝ *ma*

对*A*：－＝ *ma*

解得*QC* ＝ 8*q*，*a* ＝

所以*F* ＝

**8．**

**（1）**导体棒受力如图所示

磁场对导体棒的安培力的大小*F*安 ＝ *mg*tan *α*

**（2）**根据受力情况可知，最小安培力*F*安min ＝ *mg*sin *α*，方向平行于轨道斜向上

最小磁感应强度*B*min ＝ ＝

根据左手定则可判断出，此时的磁感应强度的方向为垂直轨道平面斜向上

**9．**

**（1）**棒达到最大速度时，有 *mg* sin*θ* = *BIL*cos*θ*

且 *E* = *I R*

又 *E* = *Bv*m*L*cos*θ* 可得 *v*m=

**（2）**回路产生的最大热功率 *P*m=

*E* = *Bv*m*L* cos*θ*

可得 *P*m=

或 *P*m= *mg* sin*θ · v*m = *mg* sin*θ ·* =