## 带电粒子在电场中的运动

## 知识点：带电粒子在电场中的运动

一、带电粒子在电场中的加速

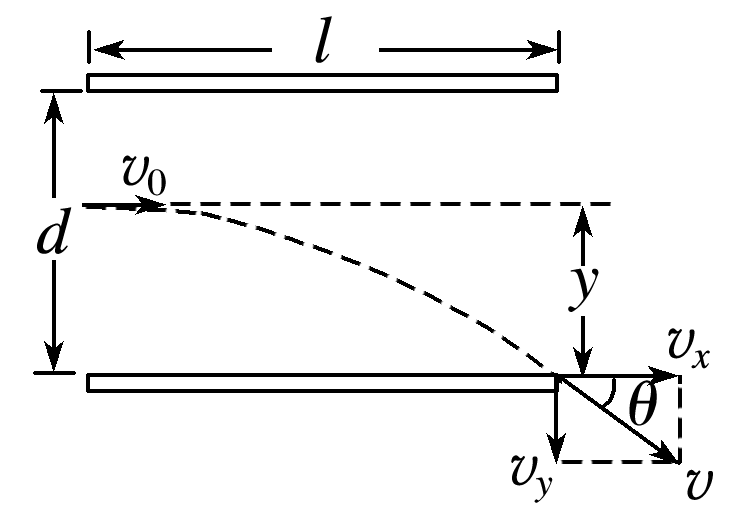
分析带电粒子的加速问题有两种思路：

1．利用牛顿第二定律结合匀变速直线运动公式分析．适用于电场是匀强电场且涉及运动时间等描述运动过程的物理量，公式有*qE*＝*ma*，*v*＝*v*0＋*at*等．

2．利用静电力做功结合动能定理分析．适用于问题涉及位移、速率等动能定理公式中的物理量或非匀强电场情景时，公式有*qEd*＝*mv*2－*mv*(匀强电场)或*qU*＝*mv*2－*mv*(任何电场)等．

二、带电粒子在电场中的偏转

如图所示，质量为*m*、带电荷量为*q*的基本粒子(忽略重力)，以初速度*v*0平行于两极板进入匀强电场，极板长为*l*，极板间距离为*d*，极板间电压为*U*.



(1)运动性质：

①沿初速度方向：速度为*v*0的匀速直线运动．

②垂直*v*0的方向：初速度为零的匀加速直线运动．

(2)运动规律：

①偏移距离：因为*t*＝，*a*＝，

偏移距离*y*＝*at*2＝.

②偏转角度：因为*vy*＝*at*＝，

tan *θ*＝＝.

三、示波管的原理

1．示波管主要由电子枪(由发射电子的灯丝、加速电极组成)、偏转电极(由一对X偏转电极和一对Y偏转电极组成)和荧光屏组成．

2．扫描电压：XX′偏转电极接入的是由仪器自身产生的锯齿形电压．

3．示波管工作原理：被加热的灯丝发射出热电子，电子经加速电场加速后，以很大的速度进入偏转电场，如果在Y偏转电极上加一个信号电压，在X偏转电极上加一个扫描电压，当扫描电压与信号电压的周期相同时，荧光屏上就会得到信号电压一个周期内的稳定图像．

## 技巧点拨

一、带电粒子在电场中的加速

1．带电粒子的分类及受力特点

(1)电子、质子、α粒子、离子等基本粒子，一般都不考虑重力．

(2)质量较大的微粒，如带电小球、带电油滴、带电颗粒等，除有说明或有明确的暗示外，处理问题时一般都不能忽略重力．

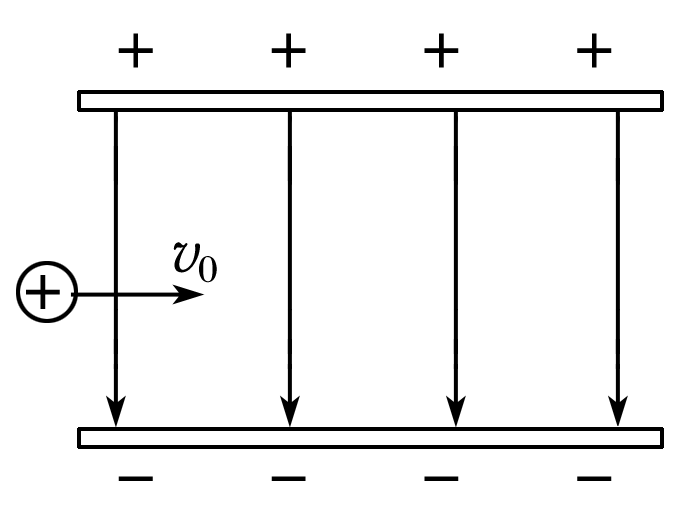
2．分析带电粒子在电场力作用下加速运动的两种方法

(1)利用牛顿第二定律*F*＝*ma*和运动学公式，只能用来分析带电粒子的匀变速运动．

(2)利用动能定理：*qU*＝*mv*2－*mv*02.若初速度为零，则*qU*＝*mv*2，对于匀变速运动和非匀变速运动都适用．

二、带电粒子在电场中的偏转

如图所示，质量为*m*、电荷量为＋*q*的粒子以初速度*v*0垂直于电场方向射入两极板间，两平行板间存在方向竖直向下的匀强电场，已知板长为*l*，板间电压为*U*，板间距离为*d*，不计粒子的重力．



1．运动分析及规律应用

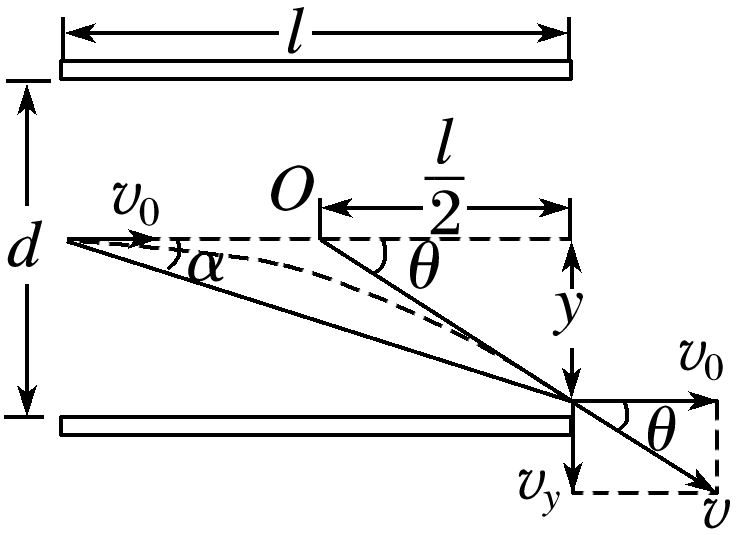
粒子在板间做类平抛运动，应用运动分解的知识进行分析处理．

(1)在*v*0方向：做匀速直线运动；

(2)在电场力方向：做初速度为零的匀加速直线运动．

2．过程分析

如图所示，设粒子不与平行板相撞



初速度方向：粒子通过电场的时间*t*＝

电场力方向：加速度*a*＝＝

离开电场时垂直于板方向的分速度

*vy*＝*at*＝

速度与初速度方向夹角的正切值

tan *θ*＝＝

离开电场时沿电场力方向的偏移量

*y*＝*at*2＝.

3．两个重要推论

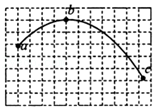
(1)粒子从偏转电场中射出时，其速度方向的反向延长线与初速度方向的延长线交于一点，此点为粒子沿初速度方向位移的中点．

(2)位移方向与初速度方向间夹角*α*的正切值为速度偏转角*θ*正切值的，即tan *α*＝tan *θ*.

4．分析粒子的偏转问题也可以利用动能定理，即*qEy*＝Δ*E*k，其中*y*为粒子在偏转电场中沿电场力方向的偏移量．

## 例题精练

1．（烟台模拟）一带负电的离子在匀强电场中运动，从a点运动到c点的轨迹如图所示。已知该粒子运动到b点时速度方向与它所受电场力方向恰好互相垂直。不计粒子的重力，则从a点运动到c点的过程中，下列说法正确的是（　　）



A．a点电势大于c点电势

B．粒子的电势能先减少后增加

C．粒子单位时间内速度的变化量不同

D．粒子所受的电场力先做负功后做正功

【分析】粒子做曲线运动，所受的合力即电场力指向轨迹的内侧，离子的速度沿轨迹的切线方向，根据粒子运动到b点时速度方向与它所受电场力方向恰好互相垂直，确定粒子受到的电场力方向，判断电场方向，从而确定电势高低，根据电场力做功正负判断电势能的变化，根据△v＝at分析粒子单位时间内速度的变化量。

【解答】解：A、已知该粒子运动到b点时速度方向与它所受电场力方向恰好互相垂直，由于该粒子运动到b点时速度方向沿b点轨迹的切线方向，结合粒子做曲线运动，所受的合力即电场力指向轨迹的内侧，则知粒子受到的电场力方向竖直向下，而该粒子带负电，则电场方向竖直向上，因此，a点电势低于c点电势，故A错误；

B、从a点运动到c点的过程中，电场力先做负功后正功，粒子的电势能先增加后减少，故B错误；

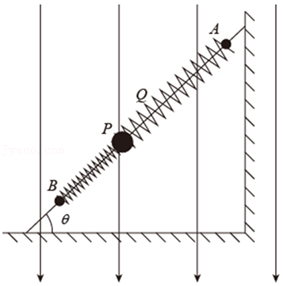
C、根据△v＝at分析粒子单位时间内速度的变化量等于加速度，保持不变，故C错误；

D、粒子所受的电场力方向与速度方向先成钝角后成锐角，则电场力先做负功后做正功，故D正确。

故选：D。

【点评】本题的关键要掌握物体做曲线运动的动力学特征：合外力指向轨迹的内侧，结合电场力做功情况进行分析。

2．（浙江模拟）如图所示，固定光滑直杆上套有一个质量为m，带电量为+q的小球和两根原长均为L的轻弹簧，两根轻弹簧的一端与小球相连，另一端分别固定在杆上相距为2L的A、B两点，空间存在方向竖直向下的匀强电场。已知直杆与水平面的夹角为θ，两弹簧的劲度系数均为菁优网-jyeoo，小球在距B点菁优网-jyeoo的P点处于静止状态，Q点距A点菁优网-jyeoo，重力加速度为g。下列选项正确的是（　　）



A．匀强电场的电场强度大小为菁优网-jyeoo

B．若小球从P点以初速度v0沿杆向上运动，恰能到达Q点，初速度菁优网-jyeoo

C．小球从Q点由静止下滑过程中动能最大为菁优网-jyeoo

D．从固定点B处剪断弹簧的瞬间小球加速度大小为菁优网-jyeoo，方向向上

【分析】对小球由共点力平衡求解劲度系数；小球从P点到达Q点的过程中弹簧弹力做功为零，根据动能定理求解初速度大小；小球从Q点由静止下滑时，运动到P时动能最大，根据动能定理求解最大动能；根据牛顿第二定律求解加速度大小。

【解答】解：A、小球受两根弹簧的弹力大小为：F＝2kΔx＝2×菁优网-jyeoo×菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo，对小球由共点力平衡可知：（mg+Eq）sinθ＝F，

解得：E＝菁优网-jyeoo，故A错误；

B、根据对称性可知，小球从P点到达Q点的过程中弹簧弹力做功为零，根据几何关系可得PQ间距x＝2L﹣2×菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo

根据动能定理可得：﹣（mg+Eq）xsinθ＝0﹣菁优网-jyeoo，解得：v0＝菁优网-jyeoo，故B错误；

C、小球从Q点由静止下滑时，运动到P点受平衡力作用，速度最大，动能最大，从Q到P过程中，根据动能定理可得：（mg+Eq）xsinθ＝Ek﹣0，解得：Ek＝菁优网-jyeoo，故C正确；

D、从固定点B处剪断弹簧的瞬间小球加速度方向沿AB向下，合力等于原来PB间弹簧的弹力，根据牛顿第二定律可得：

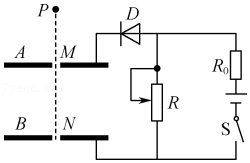
a＝菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo，故D错误。

故选：C。

【点评】本题主要是考查带电小球在电场中的运动，关键是弄清楚受力情况和运动情况，能够根据动能定理、牛顿第二定律等进行解答。

## 随堂练习

1．（鼓楼区校级模拟）如图所示，A、B为水平放置平行正对金属板，在板中央分别有一小孔M、N，D为理想二极管，R为滑动变阻器．闭合开关S，待电路稳定后，将一带负电荷的带电小球从M、N的正上方的P点由静止释放，小球恰好能运动至小孔N处。下列说法正确的是（　　）



A．若仅将A板上移，带电小球将无法运动至B板的小孔N处

B．若仅将A板上移，带电小球仍将恰好运动至B板的小孔N处

C．若仅将R的滑片上移，带电小球仍将恰好运动至B板的小孔N处

D．若仅将R的滑片上移，带电小球将从B板的小孔N处穿出

【分析】电路稳定时：对小球列动能定理

A、B、A板上移→板间距离↑→C↓→Q↓→即电容器要放电，由于二极管的单向导电性→电容器不能放电，即Q不变→板间电压U′＞U，与电路稳定时比较判断；

C、D、R的滑片上移，滑动变阻器在电路中有效阻值变大，电容器板间电压变大为U1＞U，与电路稳定时比较判断.

【解答】解：A、B、设电路稳定时电容器带电量为Q，板间电压为U，板间距离为d，P到N高度为h，对带电小球，设其质量为m，电量为q，由P到N，由动能定理：mgh﹣qU＝0﹣0＝0，

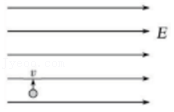
即mgh＝qU，仅将A板上移，板间距离增大，由C＝ɛ菁优网-jyeoo可得C变小，而U不变，由Q＝CU可知Q应变小，即电容器要放电，但由于二极管的单向导电性，电容器不能放电，Q不变，所以U′＝菁优网-jyeoo＞U变大，mgh＜qU′，即小球不能到达N孔，故A正确，B错误；

C、D、仅将R的滑片上移，滑动变阻器在电路中有效阻值变大，电容器板间电压变大为U1，由动能定理：mgh﹣q菁优网-jyeoo＝0，与mgh＝qU＝q菁优网-jyeoo比较，因U1＞U，所以d′＜d，即小球不能到达N孔，故CD错误。

故选：A。

【点评】含容电路要搞清电路结构，注意电容器板间电压的变化引起充放电，特别是二极管的单向导电性对放电的影响。

2．（山东模拟）如图所示，在水平向右的匀强电场中，质量为m的带正电小球，以初速度v从P点竖直向上抛出，到达最高点Q时的速度大小为0.5v，后来小球又经过与P点等高的N点，下列说法正确的是（　　）



A．小球运动到N点时，动能为mv2

B．小球运动到N点时，电势能增加2mv2

C．小球从P运动到Q的过程，机械能增加2mv2

D．小球从P运动到Q的过程，动能减少0.25mv2

【分析】根据运动的合成与分解求解小球到达N点时竖直方向和水平方向的速度大小，由此得到小球运动到N点时的动能；电场力一直在做正功，电势能减小；求出电场力做的功分析机械能的增加；根据动能的计算公式求解小球从P运动到Q的过程中动能的减少。

【解答】解：A、小球在竖直方向上做竖直上抛运动，根据对称性可知，向上和向下运动的时间相等，小球运动到N点时，竖直方向速度大小为v，方向竖直向下。

小球在水平方向上做匀加速直线运动，从P到Q，有：0.5v＝axt；从P到N，vx＝ax•2t＝v，小球运动到N点时的动能为Ek＝菁优网-jyeoo＝mv2，故A正确；

B、小球运动过程中，电场力一直在做正功，电势能减小，故B错误；

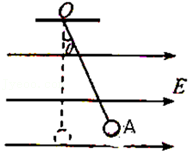
C、小球从P运动到Q的过程，水平方向根据速度位移关系可得：（0.5v）2＝2菁优网-jyeoo，所以电场力做的功W电＝qEx＝菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo，所以机械能增加了菁优网-jyeoo，故C错误；

D、小球从P运动到Q的过程，动能减少：△Ek＝菁优网-jyeoo﹣菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo，故D错误。

故选：A。

【点评】本题主要考查带电粒子在电场中的运动，关键是弄清楚小球的运动情况、受力情况、机械能的转化情况以及电场力做功情况，能够根据运动的合成与分解进行分析。

3．（重庆模拟）如图所示，水平向右且范围足够大的匀强电场空间内，一质量为m的带电小球，通过一长度为l的不可伸长的绝缘轻绳悬挂于水平天花板上O点，静止时轻绳与竖直方向夹角为θ。现用外力将小球缓慢移到O点正下方B点，然后撤去外力，将小球由静止开始无初速度释放，小球运动过程中轻绳始终绷直，已知θ为锐角，重力加速度为g，不计空气阻力，下列说法正确的是（　　）



A．外力对小球做功为0

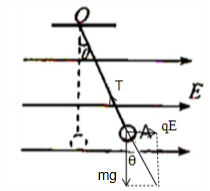
B．小球运动到A点时机械能最大

C．小球到达最高点时轻绳的拉力大小为mg

D．小球运动过程中速度最大值为菁优网-jyeoo

【分析】在A对小球受力分析可知电场力、重力的方向和大小关系，则小球缓慢移到O点正下方B点过程中可知外力做功情况；电场力做功改变机械能；小球在最高点对小球受力分析可知轻绳拉力等于小球重力；小球运动到A点时速度最大，从B点到A点由动能定理可求出小球运动的速度最大值。

【解答】解：A、小球静止在A点时，受力平衡，则



tanθ＝菁优网-jyeoo

则电场力qE＝mgtanθ

小球缓慢移到O点正下方B点过程中，重力和电场力的合力为阻力，外力为动力，做正功，故A错误；

B、把重力和电场力的合力视为“等效重力”，A点为等效最低点，易得小球的摆动关于OA对称，上摆过程中电场力做正功电势能减小，机械能增加，小球经过A点后，机械能仍增加，故B增加；

C、小球到达最高点时轻绳的拉力与B点相等仍为mg，故C正确；

D、小球运动到A点时速度最大，从B点到A点由动能定理可知：

qElsinθ﹣mgl（l﹣cosθ）＝菁优网-jyeoo﹣0

解得：v＝菁优网-jyeoo，故D错误；

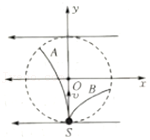
故选：C。

【点评】本题考查等效重力场的知识，在只有重力作用下，最低点速度最大，最高点速度最小。当空间存在电场时，将重力和电场合成为等效重力场，小球在等效最低点时速度最大，在等效最高点时速度最小，根据动能定理求出速度最大值和速度最小值。

# 综合练习

**一．选择题（共20小题）**

1．（辽宁模拟）如图所示，在xOy坐标系所在平面内有沿x轴负方向的匀强电场，两个电荷量不等、质量相等的带电粒子A、B，从y轴上的S点以不同的速率沿着y轴正方向射入匀强电场，两粒子在圆形区域中运动的时间相同，不计粒子所受的重力，则（　　）



A．A粒子带负电荷

B．B粒子所带的电荷量比A粒子少

C．A粒子在圆形区域中电势能变化量小

D．B粒子进入电场时具有的动能比A粒子大

【分析】根据粒子的偏转判断粒子的带电性质；

根据粒子x轴方向的偏转距离判断两粒子的电荷量大小关系；

根据静电力做功的多少判断两粒子的电势能变化量的大小关系；

根据粒子y轴方向的运动距离判断两粒子进入电场时具有的动能的大小关系；

【解答】解：A、A粒子向左偏转，所受的电场力向左，与电场方向相同，故A粒子带正电荷，故A错误；

B、两个粒子水平方向都做初速度为零的匀加速直线运动，有菁优网-jyeoo，E、t、m相等，则x∝q，可知，B粒子所带的电荷量比A粒子多，故B错误；

C、电场力对粒子做功为W＝qEx，A粒子电荷量少，偏转位移小，则电场力对A粒子做功少，其电势能变化量小，故C正确；

D、y轴方向有y＝vt，相同时间内，B粒子的竖直位移小，则B粒子进入电场时初速度小，又两粒子质量相等，所以B粒子初动能就小，故D错误.

故选：C。

【点评】本题考查带电粒子在电场中的类平抛运动，对两个方向分别列式，再对各问题一一分析处理即可。

2．（吉林模拟）如图所示，曲线ACB处于匀强电场中，O为AB的中点，OC长为L，且与AB垂直。一质量为m、电荷量为q带正电的粒子仅在电场力作用下沿ACB依次通过A、C、B三点，已知粒子在A、B两点的速率均为2v0，在C点的速度大小为菁优网-jyeoo，且方向与OC垂直。匀强电场与曲线所在的平面平行，则该匀强电场的电场强度大小和方向分别为（　　）

菁优网：http://www.jyeoo.com

A．菁优网-jyeoo沿CO方向 B．菁优网-jyeoo，沿OC方向

C．菁优网-jyeoo，沿CO方向 D．菁优网-jyeoo沿OC方向

【分析】已知粒子在A、B两点的速率均为2vo，在C点的速度大小为菁优网-jyeoo，说明A、B电势相等，AB为等势线，C点电势比A电势高，根据电场线垂直于等势面和沿电场方向电势降低判断电场方向；根据E＝菁优网-jyeoo和动能定理求解电场强度大小。

【解答】解：已知粒子在A、B两点的速率均为2v0，在C点的速度大小为菁优网-jyeoo，说明A、B电势相等，AB为等势线，C点电势比A电势高，所以电场方向沿CO方向，根据E＝菁优网-jyeoo知E＝菁优网-jyeoo

研究粒子由C运动到B，根据动能定理知：

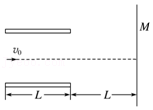
qUCB＝菁优网-jyeoom（2v0）2﹣菁优网-jyeoom（菁优网-jyeoov0）2

联立解得：E＝菁优网-jyeoo，故C正确，ACD错误。

故选：C。

【点评】本题主要考查了匀强电场中电场力做功与带电粒子的动能之间的关系，根据电势差的变化以及带电粒子动能的变化，即可表示出电场强度的大小。

3．（湖北模拟）如图所示，一充电后与电源断开的平行板电容器的两极板水平放置，板长为L，板间距离为d，距板右端L处有一竖直屏M.一带电荷量为q、质量为m的质点以初速度v0沿中线射入两板间，最后垂直打在M上，则下列结论正确的是（已知重力加速度为g）（　　）



A．两极板间电压为菁优网-jyeoo

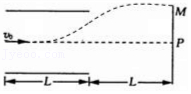
B．整个过程中合外力对质点做负功

C．整个过程中质点的重力势能增加菁优网-jyeoo

D．若仅增大两极板间距，则该质点不可能垂直打在M上

【分析】根据题意分析，小球最后垂直打在M屏上，必须考虑质点的重力。小球在平行金属板间轨迹应向上偏转，飞出电场后，小球的加速度向下，最后才能最后垂直打在M屏上，根据对称性可明确加速度关系，从而根据动力学规律即可明确板间电场强度和电势差，根据功能关系可分析重力势能的增加量；同时明确电量不变只改变板间距离时，两板间的电场强度不变，带电粒子的运动情况不变。

【解答】解：A、据题分析可知，小球在平行金属板间轨迹应向上偏转，做类平抛运动，飞出电场后，小球的轨迹向下偏转才能最后垂直打在M屏上，前后过程质点的运动轨迹有对称性，如图所示



可见两次偏转的加速度大小相等，根据牛顿第二定律得：qE﹣mg＝mg，

得到：E＝菁优网-jyeoo．由U＝Ed可知，板间电压 U＝菁优网-jyeoo，故A错误；

B、整个过程中，质点受到竖直方向的电场力和重力，水平方向不受力，在竖直方向上速度由零增加然后又减小到零，所以合外力对质点先做正功后做负功，故B错误；

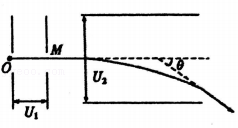
C、小球在电场中向上偏转的距离 y＝菁优网-jyeooat2，而 a＝菁优网-jyeoo＝g，t＝菁优网-jyeoo，解得：y＝菁优网-jyeoo；故小球打在屏上的位置与P点的距离为：s＝2y＝菁优网-jyeoo，重力势能的增加量EP＝mgs＝菁优网-jyeoo，故C正确。

D、仅增大两板间的距离，因两板上电量不变，根据E＝菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo，可知，板间场强不变，小球在电场中受力情况不变，则运动情况不变，故仍垂直打在屏上，故D错误。

故选：C。

【点评】本题是类平抛运动与平抛运动的综合应用，基本方法相同：运动的合成与分解，关键要分析出小球在电场内外运动过程的对称性，得到加速度关系。

4．（淮安月考）示波器是一种多功能电学仪器，它是由加速电场和偏转电场组成的。如图所示，不同的带负电粒子在电压为U1的电场中由静止开始加速，从M孔射出，然后射入电压为U2的平行金属板间的电场中，入射方向与极板平行，在满足带负电粒子能射出平行板电场区域的条件下，下列说法错误的是（　　）



A．若电荷量q相等，则带负电粒子在板间的加速度大小相等

B．若比荷菁优网-jyeoo相等，则带负电粒子从M孔射出的速率相等

C．若电荷量q相等，则带负电粒子从M孔射出的动能相等

D．若比荷菁优网-jyeoo不同的带负电粒子射出电场，则偏转角度θ相同

【分析】根据牛顿第二定律分析加速度关系；带电粒子在加速电场中加速过程，利用动能定理列式分析粒子从M孔射出的速率和动能关系；带电粒子进入平行金属板间做类平抛运动，根据分位移公式和几何关系分析偏转角度关系。

【解答】解：A、根据牛顿第二定律得带负电粒子在板间的加速度大小a＝菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo，则知电荷量相等，质量不一定相等，则加速度大小不一定相等，故A错误；

B、带电粒子在加速电场中加速过程，根据动能定理得：qU1＝菁优网-jyeoo，得v0＝菁优网-jyeoo，可知，比荷菁优网-jyeoo相等，则带负电粒子从M孔射出的速率相等，故B正确；

C、带负电粒子从M孔射出的动能为Ek＝菁优网-jyeoo＝qU1，可知，若电荷量q相等，则带负电粒子从M孔射出的动能相等，故C正确；

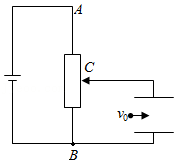
D、带电粒子进入平行金属板间做类平抛运动，设极板长度为L，板间距离为d，粒子在水平方向做匀速直线运动，则有L＝v0t，得t＝菁优网-jyeoo。粒子射出电场时偏转角度正切tanθ＝菁优网-jyeoo，结合v0＝菁优网-jyeoo，a＝菁优网-jyeoo，联立解得tanθ＝菁优网-jyeoo，可知，tanθ与菁优网-jyeoo无关，则比荷菁优网-jyeoo不同的带负电粒子射出电场时偏转角度θ相同，故D正确。

本题选错误的，

故选：A。

【点评】解答本题时，要搞清带电粒子的运动过程，把握每个过程的物理规律，能运用运动的分解法研究类平抛运动。要知道带电粒子经同一电场加速后经同一偏转电场偏转后，比荷不同的带电粒子偏转角度相同。

5．（五华区校级模拟）如图所示，平行板电容器的上极板与滑动变阻器的滑片C相连接。电子以速度v.平行于极板射入并穿过平行板间的电场。在保证电子还能穿出平行板间电场的情况下，使滑动变阻器的滑片C上移，则关于电容器极板上所带电荷量Q和电子穿过平行板所需时间t的说法中，正确的是（　　）



A．电荷量Q增大，时间t减小

B．电荷量Q不变，时间t不变

C．电荷量Q增大，时间t不变

D．电荷量Q不变，时间t增大

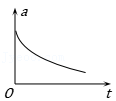
【分析】滑动变阻器的滑片C上移时，分析电容器极板间电压的变化情况，根据Q＝CQ分析电容器极板上所带电荷量Q的变化情况。电子在平行板电容器中做类平抛运动，根据类平抛运动的规律分析时间的变化情况。

【解答】解：当滑动变阻器的滑片C上移时，跟电容器并联的阻值增大，根据串联电路分压规律可知电容器极板间的电压U增大，根据Q＝CU知，C不变，则电荷量Q增大。电子在平行板电容器中做类平抛运动，沿极板方向做匀速直线运动，根据L＝v0t知t＝菁优网-jyeoo，所以电子电子穿过平行板所需时间与电压的变化无关，所以时间t不变，故ABD错误，C正确。

故选：C。

【点评】本题中滑动变阻器接成分压式，要知道滑片C上移时，其输出电压增大。要能灵活运用运动的分解法研究类平抛运动，知道其运动时间与板间电压无关。

6．（海口模拟）在某静电场中由静止释放一电子，该电子仅在电场力作用下沿直线运动，其加速度a随时间t的变化规律如图所示。则下列说法正确的是（　　）



A．电子做减速运动

B．电子运动过程中途经各点的电势逐渐降低

C．该电场一定是非匀强电场

D．电子具有的电势能逐渐增大

【分析】电子从静止做加速运动，根据a﹣t图像可知加速度的变化情况，再根据牛顿第二定律分析电子所受的电场力变化情况，从而明确电场强度的变化；根据粒子运动情况分析电场力做功情况，从而明确电势能的变化情况。

【解答】解：A、电子从静止开始在电场力作用下，只能做加速运动，故A错误；

BD、电子由静止释放做加速运动，电子所受的电场力做正功，电子具有的电势能逐渐减小，则电子运动过程中途经各点的电势逐渐升高，故BD错误；

C、电子仅在电场力作用下沿直线运动，由于电子的加速度变化，由牛顿第二定律F＝ma知电子在运动过程中所受的电场力一定变化，则运动轨迹上各点的场强大小改变，因此，该电场一定不是匀强电场，故C正确。

故选：C。

【点评】本题考查带电粒子在电场中的运动与图象的结合，要明确图像的物理意义，掌握电场力做功与电势能变化的关系，知道电场力做正功时，电势能减小。

7．（武汉模拟）一水平放置的平行板电容器的两极板间距为d，极板分别与电池两极相连，上极板中心有一小孔（小孔对电场的影响可忽略不计）。小孔正上方菁优网-jyeood处的P点有一带电粒子，该粒子从静止开始下落，经过小孔进入电容器，并在下极板处（未与极板接触）返回。若将下极板向下平移菁优网-jyeood，则从P点开始下落的相同粒子将（　　）

A．打到下极板上 B．在下极板处返回

C．在距下极板菁优网-jyeood处返回 D．在距上极板菁优网-jyeood处返回

【分析】下极板未移动前，对带电粒子从静止释放到速度为零的过程，运用动能定理列式；若将下极板向下平移菁优网-jyeood，设粒子运动到距离上极板x处返回，再根据动能定理列式，从而求得x，即可判断粒子的运动情况。

【解答】解：下极板未移动前，对带电粒子从静止释放到速度为零的过程，根据动能定理得

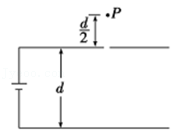
mg•菁优网-jyeood﹣qU＝0

若将下极板向下平移菁优网-jyeoo，设粒子运动到距离上极板x处返回。根据动能定理得

mg（菁优网-jyeoo+x）﹣q•菁优网-jyeooU＝0

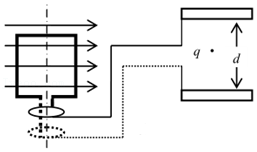
解得x＝4d，即粒子打到下极板上，故A正确，BCD错误。

故选：A。



【点评】本题涉及力在空间的效果，要优先考虑动能定理。运用动能定理时，要灵活选择研究过程，本题选择全过程列方程，比较简洁。

8．（北仑区校级期中）如图所示，发电机两极分别与两块足够大水平放置的固定平行金属板连接，两板间距为d。现使得发电机以角速度ω＝菁优网-jyeoorad/s匀速转动，从上往下看是顺时针转动，从图示时刻开始计时，此时在平板之间中心静止释放一个重力不计的二价铜离子。若第1s内位移大小是A，且A＜＜d，则以下说法错误的是（　　）



A．零时刻，两极板间的电场方向向上

B．第1秒末，微粒的加速度大小为零

C．前2秒内，微粒的最大速度为Aω

D．第3秒末，微粒的位移大小为3A

【分析】根据楞次定律判断感应电动势的方向，确定电容器两极板间的电场方向；根据牛顿第二定律分析粒子的运动情况，结合简谐运动的规律和运动学公式进行解答。

【解答】解：A、线圈转动的周期T＝菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoos＝4s，从图示位置开始计时，发电机产生余弦式交流电，如图所示，零时刻，线圈中感应电流方向为逆时针，电容器下极板带正电荷，上极板带负电荷，两极板间的电场方向向上，故A正确；

B、第1秒末，线圈产生的感应电动势为零，电容器两极板间的场强为零，微粒所受的电场力为零，微粒的加速度大小为零，故B正确；

C、铜离子在第1秒内向上加速运动，第2秒向上做减速运动，则第1秒末速度最大。线圈产生的感应电动势，即两极板间的电压满足u＝Emcosωt＝BSωcosωt，微粒受到的电场力满足F＝2e•菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoocosωt，满足简谐运动回复力的条件，可知微粒在两极板间做简谐运动，第1内位移大小是A，即为振幅，故位移为x＝A﹣Acosωt＝A﹣Acos菁优网-jyeoot

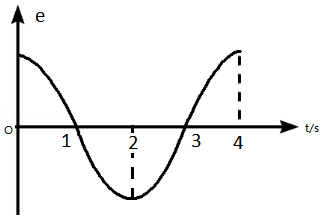
求导可得v＝Aωsinωt＝Aωsin菁优网-jyeoot

可知，第1s末达到最大速度，且最大速度为Aω，故C正确；

D、根据运动的对称性可知，离子在2秒末速度为零，第3秒内向下加速运动，位移大小是A，故D错误。

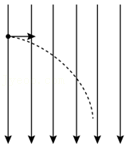
本题选错误的，

故选：D。



【点评】解答本题的关键要明确微粒的受力情况，判断知道微粒在两极板间做简谐运动，通过求导的方法求微粒的最大速度，要有运用数学知识解决物理问题的能力。

9．（江苏模拟）带电粒子沿水平方向射入竖直向下的匀强电场中，运动轨迹如图所示，粒子在相同的时间内（　　）



A．位置变化相同 B．速度变化相同

C．速度偏转的角度相同 D．动能变化相同

【分析】根据带电粒子在电场中的受力情况，分析可知粒子做类平抛运动，同时根据动能定理分析粒子动能变化。

【解答】解：粒子在水平方向做匀速直线运动，竖直方向做初速度为零的匀加速直线运动。在竖直方向上在相同的时间内运动的位移之比为1：3：5…。

A．粒子在水平方向上位置变化相同，在竖直方向上位置变化不同，所以其位置变化不同，故A错误；

B．因为粒子做匀变速曲线运动，根据匀变速运动的规律可知，粒子在相同时间内速度变化相同，故B正确；

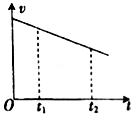
C．粒子的速度逐渐靠近（而不会达到）竖直方向，所以速度的偏转角度会越来越小，故C错误；

D．根据动能定理：△Ek＝Eqsy，动能的变化与竖直位移成正比，而竖直位移在相同时间内之比为1：3：5…，所以动能变化不同，故D错误。

故选：B。

【点评】本题考查带电粒子在电场中的运动，解决本题的关键是利用类平抛运动是匀变速曲线运动的规律求解。

10．（宣城期中）一带正电的粒子在电场中做直线运动的v﹣t图象如图所示，t1、t2时刻分别经过M、N两点。已知运动过程中粒子仅受电场力作用，则下列判断正确的是（　　）



A．该电场可能是由某正点电荷形成的

B．M点的电势高于N点的电势

C．粒子从M点运动到N点的过程中，电场力一定对粒子做正功

D．粒子从M点运动到N点的过程中，电势能逐渐增大

【分析】粒子在电场中做匀减速直线运动，加速度是一个定值，所以电场力不变，是匀强电场；由速度﹣时间图象分析粒子速度的变化，根据能量守恒定律分析电势能的变化，由此分析电势的高低和电场力做功情况。

【解答】解：A、由速度﹣时间图象可知：粒子在电场中做匀减速直线运动，加速度是一个定值，所以电场力不变，场强不变，因此该电场是匀强电场，不可能是由某正点电荷形成的，故A错误；

BD、由速度图象可知，带电粒子在从M点到N点的过程中，速度减小，动能减小；由于该粒子只有电场力做功，所以动能和电势能之和不变，根据能量守恒定律可知，电势能逐渐增大，所以带电粒子所受的电场力方向从N→M，而粒子带正电，则电场线方向从N→M，所以M点的电势低于N点的电势，故B错误、D正确；

C、带电粒子所受的电场力方向从N→M，粒子从M点运动到N点的过程中，电场力一定对粒子做负功，故C错误。

故选：D。

【点评】本题主要抓住速度时间图象的特点：斜率等于加速度，分析出粒子做匀减速直线运动，能根据能量守恒定律或电场力做功与电势能的关系来判断粒子电势能的变化情况．

11．（如皋市期中）让一价氢离子和一价氦离子的混合物由静止开始经过同一匀强电场加速，然后在同一匀强电场里偏转，并离开偏转电场，则氢离子和氦离子（　　）

A．在加速电场中的加速度相等

B．离开加速电场时的动能相等

C．在偏转电场中的运动时间相等

D．离开偏转电场时分成两股粒子束

【分析】两种粒子在偏转电场中做类平抛运动，垂直于电场方向上做匀速直线运动，根据牛顿第二定律可分析在加速电场中的加速度，根据动能定理求出离开加速电场时的动能表达式，根据两种粒子的电荷质量来分析；

两种粒子在偏转电场中，水平方向做速度为v0的匀速直线运动，根据比荷可分析在偏转电场中经历的时间关系．

在偏转电场中分析离开偏转电场时的偏转角和偏转距离，从而分析离开偏转电场时是否分成两股粒子束．

【解答】解：AB、设加速电压为U1，板间距离为d1，

在加速电场中，由牛顿第二定律可知：a＝菁优网-jyeoo

在加速电场中，由动能定理得：qU1＝菁优网-jyeoo，则离开加速电场时的动能：Ek＝菁优网-jyeoo＝qU1

加速获得的速度为v0＝菁优网-jyeoo，

由于两种粒子的比荷不同，则在加速电场中的加速度不相等，

两种粒子所带电荷相等，则离开加速电场时的动能相等，故A错误，B正确；

CD、设偏转电压为U2，偏转极板的长度为L，板间距离为d2。

两种粒子在偏转电场中，水平方向做速度为v0的匀速直线运动，

由于两种粒子的比荷不同，则v0不同，所以两粒子在偏转电场中运动的时间不同，故C错误；

粒子离开偏转电场时，沿电场线方向的分速度：

vy＝at＝菁优网-jyeoo•菁优网-jyeoo

速度的偏转角：tanθ＝菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo，与电荷的电量和质量无关。两个粒子离开偏转电场时的速度方向相同。

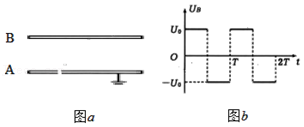
在偏转电场中的偏转位移y＝菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo，与电荷的电量和质量无关。知出射点的位置相同。

所以两个粒子离开偏转电场时的速度方向和位置都相同，即离开偏转电场时只有一股粒子束，故D错误；

故选：B。

【点评】解决本题的关键知道带电粒子在加速电场和偏转电场中的运动情况，知道从静止开始经过同一加速电场加速，垂直打入偏转电场，运动轨迹相同，与粒子的比荷无关，这可以当做结论记住便于提高做题速度．

12．（邳州市校级期中）如图a所示，A、B是一对平行金属板，在两板间加上一周期为T的交变电压。A板的电势UA＝0，B板的电势UB随时间的变化规律如图b所示。现有一电子从A板上的小孔进入两板间的电场区内，设电子的初速度和重力影响可忽略（　　）



A．若电子是在t＝菁优网-jyeoo时刻进入的，它将一直向B板运动

B．若电子是在t＝菁优网-jyeoo时刻进入的，它可能时而向B板，时而向A板运动，最后打在B板上

C．若电子是在t＝菁优网-jyeoo时刻进入的，它可能时而向B板，时而向A板运动，最后打在B板上

D．若电子是在t＝菁优网-jyeoo时刻进入的，它可能时而向B板，时而向A板运动

【分析】分析电子的受力情况，来确定电子的运动情况，如果电子一直向上运动，一定能到达B板；如果时而向B板运动，时而向A板运动，则通过比较两个方向的位移大小，分析能否到达B板．

【解答】解：A、若电子是在t＝菁优网-jyeoo时刻进入的，在菁优网-jyeoo～菁优网-jyeoo阶段是向上加速；在菁优网-jyeoo～菁优网-jyeoo向上减速，末速度为零；在菁优网-jyeoo～T反向加速，T～菁优网-jyeoo反向减速，末速度为零，完成一个周期的运动，接着周而复始，所以电子时而向B板运动，时而向A板运动，以某一点为中心做往复运动，故A错误；

B、若电子是在t＝菁优网-jyeoo时刻进入时，在一个周期内：在 菁优网-jyeoo～菁优网-jyeoo，电子受到的电场力向上，向B板做加速运动，在菁优网-jyeoo～菁优网-jyeoo内，受到的电场力向下，继续向B板做减速运动，菁优网-jyeoo时刻速度为零，菁优网-jyeoo～T接着向A板运动，T～菁优网-jyeoo时间内继续向A板运动，菁优网-jyeoo时刻速度为零，完成一个周期的运动，接着周而复始，所以电子时而向B板运动，时而向A板运动，根据运动学规律可知，在一个周期内电子向B板运动的位移大于向A板运动的位移，所以电子最后一定会打在B板上。故B正确；

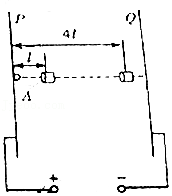
C、若电子是在t＝菁优网-jyeoo时刻进入的，在菁优网-jyeoo～菁优网-jyeoo，向上加速；菁优网-jyeoo～菁优网-jyeoo，向上减速；菁优网-jyeoo～T，向下加速；T～菁优网-jyeoo，向下减速，速度减小为零，完成一个周期的运动，接着周而复始，所以电子时而向B板运动，时而向A板运动，根据运动学规律可知，在一个周期内电子向B板运动的位移小于向A板运动的位移，所以电子最后一定不会打在B板上，而是从A板返回；故C错误；

D、若电子是在t＝菁优网-jyeoo时刻进入时，在一个周期内：在菁优网-jyeoo～T，电子受到的电场力向上，向上做加速运动，在T～菁优网-jyeoo内，受到的电场力向下，继续向上做减速运动，菁优网-jyeoo时刻速度为零，接着周而复始，所以电子一直向B板运动，一定不会到达A板，故D错误；

故选：B。

【点评】因极板间加交变电场，故粒子的受力是周期性变化的，本题应通过受力情况先确定粒子的运动情况．根据位移情况判断电子能否打在两极板上．

13．（瑶海区月考）如图，来自质子源A的质子（初速度为零），经PQ两板间的匀强电场加速，形成电流强度为I的细柱形质子流。质子电荷量为e，不计质子的重力和质子间相互作用力，下列说法中正确的是（　　）



A．t时间内质子流打到靶板Q的质子数为菁优网-jyeoo

B．t时间内质子流每秒打到靶板Q的质子数为菁优网-jyeoo

C．到P板l和4l的两处，各取一段极短的相等长度的质子流，其中的质子数之比为2：1

D．到P板l和4l的两处，各取一段极短的相等长度的质子流，其中的质子数之比为4：1

【分析】根据q＝Tt求解打到Q靶的总电荷量再去求解质子数，在L和4L处电流相等，根据电流相等求解质子数之比。

【解答】解：AB、由q＝It求得t时间内打到Q靶的总电荷量为It，质子电荷量为e，所以质子数为：n＝菁优网-jyeoo，故AB错误。

CD、设L处质子速度为V1，4L处质子速度为V2，电流处处相等，所以：I＝n1esV1＝n2esV2，所以质子数之比：菁优网-jyeoo

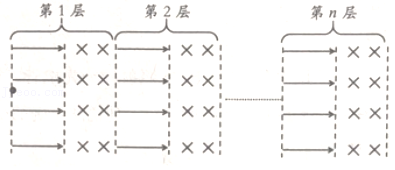
L处：由eEL＝菁优网-jyeoo得：菁优网-jyeoo

4L处：由eE4L＝菁优网-jyeoo得：菁优网-jyeoo

所以：菁优网-jyeoo，故C正确，D错误。

故选：C。

【点评】带电粒子在电场中的加速和偏转是常考题型，处理方法要熟练掌握。牵扯到电流，要充分发挥电流微观表达式作用。

14．（日照二模）现代科学仪器常用电场、磁场控制带电粒子的运动。真空中存在着如图所示的多层紧密相邻的匀强电场和匀强磁场，电场和磁场的宽度都相同，长度足够长。电场强度方向水平向右，磁场方向垂直纸面向里。电场、磁场的边界互相平行且与电场方向垂直。一个带正电的粒子在第1层左侧边界某处由静止释放，不计粒子的重力及运动时的电磁辐射。已知粒子从第4层磁场右侧边界穿出时，速度的方向与水平方向的夹角为30°。若保证粒子不能从第n层磁场右边界穿出，n至少为（　　）

A．12 B．16 C．20 D．24

【分析】根据电场力做功可求出速度，再根据洛伦兹力提供向心力找出第n层中的半径表达式，由数学规律可得出通项式，即可求出sinθn；若粒子恰好不能从第n层磁场右侧边界穿出，则有：θn＝菁优网-jyeoo，根据已知n＝4时，速度的方向与水平方向的夹角联立解得保证粒子不能从第n层磁场右边界穿出时n的值。

【解答】解：设粒子在第n层磁场中运动的速度为vn，轨迹半径为rn；

则有：

nqEd＝菁优网-jyeoomvn2

qvnB＝m菁优网-jyeoo；

粒子进入第n层磁场时，速度的方向与水平方向的夹角为αn，从第n层磁场右侧边界穿出时速度方向与水平方向的夹角为θn，粒

子在电场中运动时，垂直于电场线方向的速度分量不变，有：

vn﹣1sinθn﹣1＝vnsinαn

如图1所示：

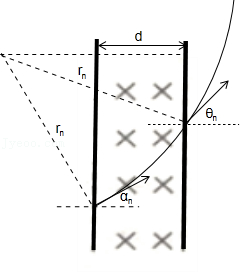


图1

rnsinθn﹣rnsinαn＝d；

由以上三式可得：

rnsinθn﹣rn﹣1sinθn﹣1＝d；

则可知，r1sinθ1、r2sinθ2、r3sinθ3、…rnsinθn为一组等差数列，公差为d，可得：

rnsinθn＝r1sinθ1+（n﹣1）d；

当n＝1时，由图2可知：

r1sinθ1＝d

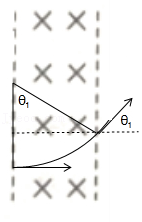


图2

联立可得：rnsinθn＝nd

联立解得：

sinθn＝B菁优网-jyeoo

若粒子恰好不能从第n层磁场右侧边界穿出，则有：

θn＝菁优网-jyeoo

sinθn＝1

由题目可知当n＝4时，θ4＝30°，即

sin30°＝B菁优网-jyeoo

当sinθn＝1时，联立解得：

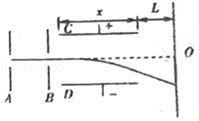
n＝16

故ACD错误,B正确；

故选：B。

【点评】解决该题的关键是知道粒子在电场以及磁场中的运动情况，抓住带电粒子垂直于磁场方向的速度始终不变这一特点。同时该题的关键还有整体思想以及数学知识在物理学中的应用，通过归纳总结得出sinθn的通式。

15．（鼓楼区校级期中）如图所示，A、B为两竖直放置的平行金属板，B两板间电势差为U、C、D为两水放置的平行金属板，始终和电源相接（图中并未画出），且板间的场强为E.一质量为m、电荷量为q的带电粒子（重力不计）由静止开始，经A、B间加速进入CD之间并发生偏转，最后打在荧光屏上，C、D两极板长均为x，与荧光屏距离为L，则（　　）



A．该粒子带负电

B．该粒子在偏转电场中的偏移量为菁优网-jyeoo

C．该粒子打在屏上O点下方和O相距菁优网-jyeoo（菁优网-jyeoo+L） 的位置

D．该粒子打在屏上的动能为qU

【分析】（1）根据带电粒子在偏转电场中受电场力的方向判断该粒子的电性；

（2）该粒子在偏转电场中做类平抛运动，根据平抛运动的规律求偏移量；

（3）粒子离开偏转之后做匀速直线运动，速度的反向延长线为平行板的虚线对称轴的中点，根据几何关系求出该粒子打在屏上O点下方和O的距离；

（4）从加速电场出发到离开偏转电场过程，有动能定理可求出该粒子打在屏上的动能。

【解答】解：A、在偏转电场中，带电粒子向下极板偏转，受电场力与电场线方向相同，该粒子带正电，故A错误；

B、粒子在AB之间，电场力加速，有动能定理可知：qU＝菁优网-jyeoo

在偏转电场中粒子做类平抛运动：

水平方向：x＝v0t

在竖直方向：y＝菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo

联立解得偏移量y＝菁优网-jyeoo，故B错误；

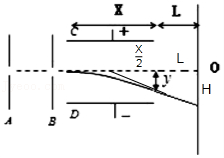
C、粒子离开偏转之后做匀速直线运动，速度的反向延长线为平行板的虚线对称轴的中点，如图所示，

由几何关系可知：菁优网-jyeoo，其中y＝菁优网-jyeoo，解得H＝菁优网-jyeoo，故C正确。

D、从加速电场出发到离开偏转电场过程，动能定理：

qU+qEy＝Ek，显然qU＜Ek。离开偏转电场后，粒子做匀速直线运动，所以打在屏上的动能仍然为Ek，故D错误。

故选：C。

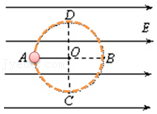


【点评】本题考查电子在加速电场和偏转电场中的规律：

在加速电场只有一个公式：电场力做功等于动能变化量，求出进入偏转电场的初速度；

在偏转电场中做类平抛运动，学会运动的分解，并根据运动学公式与牛顿第二定律及动能定理综合解题。

16．（沙坪坝区校级期中）如图所示，在地面上方的水平匀强电场中，一个质量为m、电荷量为+q的小球，系在一根长为L的绝缘细线一端，可以在竖直平面内绕O点做圆周运动。AB为圆周的水平直径，CD为竖直直径。已知重力加速度为g，电场强度E＝菁优网-jyeoo。下列说法正确的是（　　）



A．若小球在竖直平面内绕O点做圆周运动，则它运动的最小速度为菁优网-jyeoo

B．若小球在竖直平面内绕O点做圆周运动，则小球运动到D点时的机械能最小

C．若将小球在A点由静止开始释放，它将做完整的圆周运动

D．若将小球在竖直平面内绕O点做圆周运动，则小球运动到A点的最小速度为v＝菁优网-jyeoo

【分析】（1）小球在做圆周运动时，只有重力和电场力的合力提供向心力时，速度最小；

（2）小球做圆周运动，电场力做功改变机械能，电场力做负功使机械能减小；

（3）小球在A点收到的合力并不是指向圆心，小球沿着合力方向做匀加速直线运动；

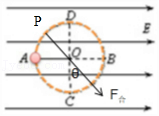
（4）在O点对小球受力分析，合力方向与圆周的交点分别为小球能通过的几何最高点和最低点，即速度最大值点和速度最小值点。从速度最小值点到A点过程中动能定理，求出的A点速度即为小球运动到A点的最小速度。

【解答】解：A、由于电场强度E＝菁优网-jyeoo故mg＝Eq，将电场力和重力合成，合力方向通过圆心时，合力所在的直线与圆周的交点是速度最大点和最小点。当绳子拉力为零时，物体的加速度大小为a＝菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoog，故若小球在竖直平面内绕O点做圆周运动，则它运动的最小速度为v，在右上方的交点时，绳子拉力为零，此时则有：菁优网-jyeoomg＝m菁优网-jyeoo，解得，v＝菁优网-jyeoo，故A错误；

B、除重力和弹力外其它力做功等于机械能的增加值，若小球在竖直平面内绕O点做圆周运动，则小球运动到A点时，电场力做负功绝对值最大，故到A点时的机械能最小，故B错误；

C、由于mg＝Eq，则小球受合力方向与电场方向夹角45°斜向下，故若将小球在A点由静止开始释放，它将沿合力方向做匀加速直线运动，故C错误；

D、如图所示：



若使小球在竖直平面内绕O点做圆周运动，则由圆周运动知识和A选项的分析可知，小球在P点取最小速度：

vP＝菁优网-jyeoo

从A点到P点的过程中，动能定理可知：

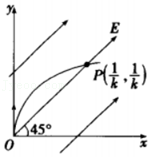
qE（L﹣Lcos45°）﹣mgLsin45°＝菁优网-jyeoom菁优网-jyeoo﹣菁优网-jyeoom菁优网-jyeoo

解得：vA＝菁优网-jyeoo，故D正确。

故选：D。

【点评】掌握合外力做功与动能的关系、注意类比法的应用，小球能够完成圆周运动的条件是丝线的拉力大于或等于零，在最高点的速度最小恰好满足重力与电场力的提供向心力，此最高点在AD弧线的中点。

17．（怀仁市期末）如图所示，在竖直平面内xOy坐标系中分布着与水平方向成45°角的匀强电场，将一质量为m、带电荷量为q的小球，以某一初速度从O点竖直向上抛出，它的轨迹恰好满足抛物线方程x＝ky2，且小球通过点P，（菁优网-jyeoo，菁优网-jyeoo），已知重力加速度为g，则（　　）



A．电场强度的大小为菁优网-jyeoo

B．小球初速度的大小为菁优网-jyeoo

C．小球通过点P时的动能为菁优网-jyeoo

D．小球从O点运动到P点的过程中，电势能减少菁优网-jyeoo

【分析】根据小球的运动特点与平抛运动的方程，判断出小球受到的重力与电场力在竖直方向上的分力大小相等，由此求出电场强度的大小；根据平抛运动轨迹方程即可求出类平抛运动的初速度，再根据平抛运动的方程求出到达P点的速度，根据功能关系求出电势能的减小量。

【解答】解：小球以某一初速度从O点竖直向上抛出，它的轨迹恰好满足抛物线方程x＝ky2，说明小球做类平抛运动，则电场力与重力的合力沿y轴正方向；

A、竖直方向上：qEsin45°＝mg，

所以电场强度的大小为：菁优网-jyeoo，故A错误；

B、类平抛运动的轨迹方程为：菁优网-jyeoo，

所以菁优网-jyeoo，菁优网-jyeoo，故B错误；

C、由于菁优网-jyeoo，菁优网-jyeoo，又菁优网-jyeoo，

所以通过P点的动能为：Ek＝菁优网-jyeoo，故C正确；

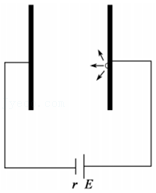
D、小球从O点到P点电场力做正功，故电势能减小，且减小的电势能等于电场力所做的功，

即：菁优网-jyeoo，故D错误。

故选：C。

【点评】本题主要考查类平抛运动的相关知识，对于平抛运动基础公式的应用还有角度关系都要好好掌握。

18．（德州期中）如图所示，足够长的平行板电容器与电动势为E、内阻为r的电源连接，电容器两极板间的距离为d，在靠近电容器右侧极板的某点有一粒子发射源，能向各个方向发射速度大小都为v的同种粒子，粒子质量为m、带电量为q（q＜0），所有粒子运动过程中始终未与左侧极板接触。将电容器两极板间的电场看做匀强电场，不计带电粒子的重力，则粒子再次到达电容器右侧极板时与出发点的最大距离为（　　）



A．菁优网-jyeoo B．菁优网-jyeoo C．菁优网-jyeoo D．菁优网-jyeoo

【分析】将粒子在电容器两极板间的运动分解为两个方向：

水平向右的匀减速直线运动和竖直方向上的匀速直线运动。

将速度分解在这两个方向，然后根据运动学公式求解在粒子恰好到达左极板又返回过程中的时间，进而求解竖直方向上的位移。

【解答】解：设粒子离开放射源的速度方向与极板间的夹角为θ，则对速度进行分解：

垂直于右极板方向，粒子做匀减速直线运动，初速度大小为：vy＝vsinθ；

平行于右极板方向，粒子做匀速直线运动，初速度大小为：vx＝vcosθ

在垂直于右极板方向上，由牛顿第二定律可知：a＝菁优网-jyeoo

设粒子离开放射源后回到极板上所用的时间为t，此时粒子与出发点的距离为x，则

0＝vy﹣a•菁优网-jyeoo

x＝vxt

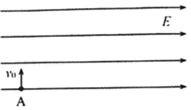
联立解得：x＝菁优网-jyeoosin2θ，故当θ＝45°时，x取最大值，即xm＝菁优网-jyeoo，故B正确，ACD错误；

故选：B。

【点评】本题考查带电粒子在电场中运动，虽然不是类平抛运动模型，但仍然是曲线运动模型；

将合运动分解为沿着电场力方向和垂直电场力方向，通过运动学公式求解，最后根据数学的函数关系求解最值，综合性较大。

19．（东河区校级月考）如图所示，空间存在水平向右、电场强度大小为E的匀强电场，一个质量为m、电荷量为+q的小球，从A点以初速度v0竖直向上抛出，经过一段时间落回到与A点等高的位置B点（图中未画出），重力加速度为g。下列说法正确的是（　　）



A．小球运动到最高点时距离A点的高度为菁优网-jyeoo

B．小球运动到最高点时速度大小为菁优网-jyeoo

C．小球运动过程中最小动能为菁优网-jyeoo

D．A、B两点之间的电势差为菁优网-jyeoo

【分析】小球受重力和水平方向的电场力，将小球的运动分解为水平方向的匀加速运动和竖直方向的匀减速运动，两个方向的加速度大小都等于g，在两个方向分别分析求解。

【解答】解：A、小球在空间的运动可以分解为水平方向初速度为零，加速度为a＝菁优网-jyeoo的匀加速直线运动和竖直方向初速度为v0，加速度为g的竖直上抛运动，所以在竖直方向上v02＝2gh，解得h＝菁优网-jyeoo，故A错误；

B、小球运动到最高点时，竖直方向速度减为零，由v0＝gt，解得t＝菁优网-jyeoo，水平方向由vx＝at，解得vx＝菁优网-jyeoo，故B错误；

C、小球运动过程中动能的表达式为Ek＝菁优网-jyeoomv2＝菁优网-jyeoom（菁优网-jyeoo+菁优网-jyeoo）＝菁优网-jyeoom[（菁优网-jyeoot）2+（v0﹣gt）2]，由数学知识可得当t＝菁优网-jyeoo时，小球的动能最小，

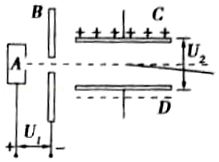
最小动能为Ekm＝菁优网-jyeoo，故C错误；

D、当小球运动到B点时，运动时间为：2t＝菁优网-jyeoo，水平方向的位移为x＝菁优网-jyeoo（菁优网-jyeoo）（2t）2＝菁优网-jyeoo，A、B两点之间的电势差为U＝Ex＝菁优网-jyeoo，故D正确。

故选：D。

【点评】本题考查了运动的合成和分解，通过分解将曲线运动转化成直线运动求解，这是求解曲线运动常用的方法，一定要掌握。

20．（肥城市期末）如图所示，重力不计的甲、乙、丙三个点电荷，电荷量相等，质量分别为m、2m、3m，由静止经同一电场加速后，又经同一匀强电场偏转，最后打在荧光屏上，那么（　　）



A．经过加速电场过程，电场力对丙电荷做的功最多

B．三个电荷打在屏上时的速度一样大

C．三个电荷打在屏上的同一位置上，且所用时间相等

D．三个电荷经过加速和偏转电场打在荧光屏上，电场力对三个电荷做的功一样多

【分析】（1）加速电场中电场力做功W＝qU，偏转电场中电场力做功W＝qEy＝菁优网-jyeoo；

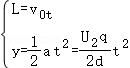
（2）求电荷打到屏上时的速度用动能定理；

（3）求运动时间看加速电场出来之后的速度越大，运动时间 越长；

【解答】解：A、电荷通过加速电场，电场力做功W1＝qU1，甲、乙、丙三个点电荷电荷量相等，可知电场力做功相等，故A错误；

BD、经过加速电场，动能定理：qU1＝菁优网-jyeoo

在偏转电场中电荷做平抛运动，则有：



联立以上解得：菁优网-jyeoo

说明三个电荷侧移量相同，设在偏转电场中电场力做功为W2，则有：菁优网-jyeoo

联立解得：菁优网-jyeoo

整个过程中电场力做功：W总＝W1+W2＝U1q+菁优网-jyeoo

通过比较可知电场力对三个电荷做的功一样多，因三个电荷质量不同，由动能定理可知三个电荷获得速度大小不同，故D正确，B错误；

C、由前面分析可知电荷在偏转电场中做类平抛 运动，则有：vy＝at＝菁优网-jyeoo

设射出偏转电场时速度与水平方向的夹角为θ，则有：菁优网-jyeoo

联立解得：菁优网-jyeoo

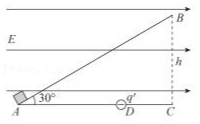
说明三个点电荷射出偏转电场时侧移量和方向都相同，三个电荷打在屏上的同一个位置，因射出加速电场时速度大小不同，质量大的电荷，速度小，打在荧光屏用时较长，故C错误。

故选：D。

【点评】本题考查加速电荷和偏转电场电场力做功和类平抛的相关知识，综合性较好，较好的考查了学生的综合分析能力。

**二．多选题（共10小题）**

21．（瑶海区月考）如图所示，倾角为30°的粗糙斜面AB固定在水平地面AC上，AB、AC均绝缘，BC竖直且高为h，在水平地面上的D点固定一电荷量绝对值为q′的负点电荷，C、D相距为菁优网-jyeooh，质量为m、带电荷量为q（q＞0）的小滑块以初速度v从斜面底端A滑上斜面，恰好能到达斜面顶端B，整个装置处于方向水平向右的匀强电场中，电场强度大小E＝菁优网-jyeoo，若取无穷远为零势能面，已知孤立点电荷周围电场的电势可表示为φ＝k菁优网-jyeoo，式中k为静电力常量、r为该点到场源电荷的距离，Q为场源电荷的带电荷量（正电荷取正值，负电荷取负值），则下列说法正确的是（　　）



A．小滑块从A运动到B的过程中，克服摩擦力做的功W1＝菁优网-jyeoomv2+2mgh

B．小滑块从A运动到B的过程中，减少的电势能等于克服重力做的功

C．小滑块从A运动到AB中点的过程中，点电荷对小滑块做的功Wq＝菁优网-jyeoo

D．小滑块运动到AB中点时的动能Ek＝菁优网-jyeoo+菁优网-jyeoomv2

【分析】根据几何关系知道AD＝BD，A、B两点在点电荷q′产生的电场中等电势，根据动能定理求从A运动到B的过程中克服摩擦力做的功。分析能量的转化情况，判断减少的电势能与克服重力做的功的关系。根据公式φ＝k菁优网-jyeoo和电场力做功与电势能变化的关系求点电荷q′对小滑块做的功。最后，根据动能定理求从A运动到AB中点时的动能。

【解答】解：A、因C、D相距菁优网-jyeooh，由几何关系可知，AD＝BD，又因φ＝k菁优网-jyeoo，故A、B两点在点电荷Q产生的电场中等电势，从A运动到B的过程中，点电荷Q对滑块做的总功为零，从A运动到B的过程，根据动能定理得：菁优网-jyeoo，﹣Wf＝0﹣菁优网-jyeoo，解得：Wf＝菁优网-jyeoomv02，故A错误。

B、小滑块减少的电势能等于电场力做的功，从A运动到B的过程中，点电荷Q对滑块做的总功为零，故减少的电势能等于匀强电场对小滑块做的功，即△Ep减＝菁优网-jyeoo＝mgh（也可以根据匀强电场的电场力与重力的合力跟斜面垂直，故其合力不做功判断），故B正确。

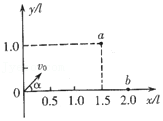
C、由公式φ＝k菁优网-jyeoo可知，点电荷Q产生的电场在A点的电势为：φA＝﹣k菁优网-jyeoo，在AB点的电势为：φ中＝﹣菁优网-jyeoo，故从A运动到AB中点的过程中，点电荷q′对小滑块做的功为：Wq′＝q（φA﹣φ中）＝菁优网-jyeoo，故C正确。

D、由对称性可知，从A运动到AB中点的过程中，克服摩擦力做功为 菁优网-jyeooWf，由动能定理可得：菁优网-jyeoo＝Ek﹣菁优网-jyeoo，解得：Ek＝菁优网-jyeoo，故D错误。

故选：BC。

【点评】解决本题的关键要明确电场力做功与电势能变化的关系、电势能与电势的关系，运用动能定理时，要注意分析各个力做功的情况，正确表示电场力的功，会用功能关系。

22．（潍坊三模）如图所示，平面直角坐标系xoy在竖直面内，x轴沿水平方向，y轴沿竖直方向，坐标系内存在平行于x轴的匀强电场（图中未画出）。将一质量为m、电荷量为q的带正电小球从原点以初速度v0斜向上抛出，a（1.5，1.0）是小球上升的最高点，b（2.0，0）是小球在y轴右侧运动过程中离y轴最远的点。已知重力加速度为g，不计空气阻力。则（　　）



A．小球初速度方向与x轴成30°角

B．匀强电场的场强为菁优网-jyeoo

C．小球在b点时的动能菁优网-jyeoomv02

D．小球回到y轴时的动能为菁优网-jyeoomv02

【分析】小球受力恒定做曲线运动，挖掘题设条件，研判末状态特点，将运动正交分解为沿y和沿x轴的分运动，分析运动特点可知分运动有对称性，应用牛顿第二定律、运动学公式和动能定理解答。

【解答】解：小球受力恒定做曲线运动，将运动正交分解为沿y和沿x轴的分运动，沿+y方向只受重力做匀减速直线运动，到a点沿y轴方向的速度减为零；沿+x方向只受电场力做匀减速直线运动，到b点沿x轴方向的速度减为零，由原点到a点和a点到b点两阶段沿y轴的运动有对称性（即竖直上抛的上升与下降两阶段），此两阶段运动时间相等。

AB、设小球在原点沿x轴初速度为vx，则vx＝v0cosα，沿y轴初速度为vy，则vy＝v0sinα，从原点到a点的时间为t，则原点到b点时间为2t，x轴方向的加速度大小为ax，则ax＝菁优网-jyeoo，由图像数据可得：

在y轴方向上：v0sinα＝gt，l＝菁优网-jyeoo，

在x轴方向上：v0cosα＝菁优网-jyeoo，2l＝菁优网-jyeoo，

解得：tanα＝1，则α＝45°，E＝菁优网-jyeoo，故A错误，B正确；

C、x轴方向的加速度大小：ax＝菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo

原点到b点，在x轴方向上：2ax•2l＝（v0sinα）2，可得：qEl＝菁优网-jyeoo

对原点到b点的过程，应用动能定理得：

qE•2l＝Ekb﹣菁优网-jyeoo

解得：Ekb＝菁优网-jyeoo，故C错误；

D、设小球回到y轴时与y轴的交点为c点，在x轴方向上由原点到b点和b点到c点两阶段沿x轴的运动有对称性，此两阶段运动时间相等，即b点到c点时间也为2t，则可知a点到c点时间为3t，设在c点的沿y轴方向速度大小为vcy，沿x轴方向速度大小为vcx，则vcx＝v0cosα＝菁优网-jyeoo，

在y轴方向上，由b点到c点过程有：vcy＝g•3t，与前式：v0sinα＝gt结合得：

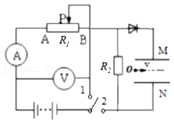
vcy＝3v0sinα＝菁优网-jyeoov0

则小球回到y轴（即c点）时的动能为：Ekc＝菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoomv02，故D正确。

故选：BD。

【点评】本题考查了力与运动之恒力曲线模型，属经典的考查曲线运动的题型，物体受恒定的合力而做曲线运动其轨迹为抛物线，具有对称性，利用运动的分解将运动分解为正交两直线运动，利用运动的合成求解运动合状态。善于挖掘题中条件，研判分运动的特点。

23．（香坊区校级三模）如图所示，电源由几个相同的干电池组成，单刀双掷开关S与1闭合，调节滑动变阻器R1（阻值范围0﹣8Ω）的滑片P从A端滑到B端的过程中，电池输出电能的效率η最大值为0.8，电池输出最大功率为4.5w，将单刀双掷开关S与2闭合，电容器MN并联在定值电阻R2两端，滑动变阻器R1滑片P位于AB中点，电路稳定后，一带电微粒从O点沿电容器两极板的中轴线以速度v水平进入电场，恰能从下极板边缘离开电场。不计带电微粒的重力，二极管正向电阻为零，反向电阻无穷大，不计电表、导线对电路的影响，则（　　）



A．串联电池的总电阻为1Ω

B．电源电动势为6V

C．若开关S与2闭合，将滑片P向B端滑动一小段距离，带电微粒仍能从下极板边缘离开

D．若开关S与2闭合，紧贴M板下方插入一铝板（与M板面积相同，厚度较小），带电微粒将从两极板间飞出

【分析】根据电源的效率η＝菁优网-jyeoo及欧姆定律求出电源内阻；

根据输出功率最大的条件：外电阻等于内电阻，求出电源电动势；

由题设条件，分清电路连接，明确S接2后，电容器与R2并联，所以两极端的电压不变，结合选项的条件判断极板间的电场强度的变化，再确定带电粒子从哪里飞出。

【解答】解：A、当S接在1处，P在B端时，电源的效率最大，则η＝菁优网-jyeoo＝0.8，而U＝菁优网-jyeoo，联立解得：r＝2Ω，故A错误；

B、由题意，当R＝r时，电源的输出功率最大，由题设条件可得：Pmax＝菁优网-jyeoo＝4.5W，所以E＝菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo＝6V，故B正确；

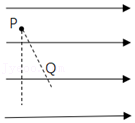
C、当S接2时，电压表测量滑动变阻器A侧电压，滑动变阻器全部接入到电路中，故无论P怎么滑动，电极板两端电压都不变，则带电粒子仍能从下极板离开，故C正确；

D、由C选项有电极两端电压不变，加入铝板，由C＝菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo，介电常数ε变大，则C变大，由于U不变，则电场强度不变，粒子仍从下极板边缘离开，故D错误。

故选：BC。

【点评】本题考查闭合电路欧姆定律关于电源效率和最大功率的计算，带电粒子在电容器板间的类平抛运动等知识点，难点在于单刀双掷开关分别接两个位置时，电路结构发生变化，关键抓住电路的特点，结合题设的已知条件可以解题。

24．（湛江校级模拟）真空中存在空间范围足够大的、水平向右的匀强电场。在该电场中，若将一个质量为m、带正电的小球由P点静止释放，小球会沿直线PQ运动（PQ与竖直方向夹角为37°，取sin37°＝0.6，cos37°＝0.8）。现将该小球从P点以初速度v0竖直向上抛出，关于小球接下来的运动，下列说法正确的是（　　）



A．小球将做竖直上抛运动

B．小球的最小动量值为菁优网-jyeoomv0

C．小球能到达的最高点高度为菁优网-jyeoo

D．小球受到的电场力大小为菁优网-jyeoomg

【分析】小球受到电场力和重力的合力沿着PQ方向，所以小球从P点以初速度v0竖直向上抛出，不可能做竖直上抛运动；

将该小球从P点以初速度v0竖直向上抛出后，小球的运动分解为水平方向和竖直方向，根据运动的分解和合成求出速度和时间之间的函数关系，根据函数关系求出最小速度，从而求出最小动量；

小球受到电场力和重力的合力沿着PQ方向，可求出电场力与重力之间的关系；

在竖直方向上，只受重力作用，为竖直上抛运动，求出小球能达到的最高高度。

【解答】解：A、小球由P点静止释放，小球会沿直线PQ运动，说明小球受到电场力和重力的合力沿着PQ方向，所以小球从P点以初速度v0竖直向上抛出，不可能做竖直上抛运动，故A错误；

BD、将该小球从P点以初速度v0竖直向上抛出后，小球的运动分解为水平方向和竖直方向：

水平速度：vx＝axt,其中ax＝菁优网-jyeoo,tan37°＝菁优网-jyeoo

竖直速度：vy＝v0﹣gt

小球的速度：v＝菁优网-jyeoo

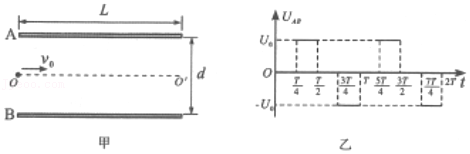
由以上各式得出：菁优网-jyeoog2t2﹣2v0gt+（v02﹣v2）＝0

解得当t＝菁优网-jyeoo时，v有最小值vmin＝菁优网-jyeoo，所以小球的最小动量值为菁优网-jyeoomv0，电场力qE＝菁优网-jyeoo，故B正确，D错误；

C、在竖直方向上，小球只受重力作用，则小球能到达的最高高度为h＝菁优网-jyeoo，故C正确；

故选：BC。

【点评】本题考查曲线运动的合成和分解，关键在于根据运动的等时性和独立性分别求出两个分运动方向上的速度和位移。结合函数关系求解最小速度。

25．（石家庄二模）如图甲所示，长为L的两块正对金属板A、B水平放置，两板接上如图乙所示随时间变化的交变电压UAB，电子流沿中心线OO'从O点以初速度v0＝菁优网-jyeoo射入板间，电子都不会碰到极板。已知电子的质量为m，电荷量为e，不计电子重力及电子间相互作用。下列说法正确的是（　　）

A．两板间距d＞菁优网-jyeoo菁优网-jyeoo

B．电子在t＝0时刻从O点射入时一定从中心线离开电场

C．电子在t＝菁优网-jyeooT时刻从O点射入时一定从中心线离开电场

D．电子无论在哪一时刻从O点射入，离开电场时的速率一定为v0

【分析】根据题意找到电子何时射入电场到离开电场离中心线最远，电子在t＝菁优网-jyeoo时从O点射入电场，逐段计算各时段位移求解，设定任一时刻，计算竖直方向上速度变化再判断。

【解答】解：A、B、电子在板间水平方向做匀速运动，穿过板间时间为：t＝菁优网-jyeoo＝T，等于交变电场的周期，所以电子在t＝0时从O点射入，离开电场时与中心线间距离最大，故B错误，最大距离为：h＝菁优网-jyeoo+a菁优网-jyeoo菁优网-jyeoo+a菁优网-jyeoo菁优网-jyeoo﹣菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo，由牛顿第二定律得：a＝菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo，由题意：h菁优网-jyeoo，解得：d＞菁优网-jyeoo菁优网-jyeoo，故A正确，B错误；

C、电子在t＝菁优网-jyeoo时从O点射入，竖直方向先匀加速运动菁优网-jyeoo：h1＝菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo，再匀速运动菁优网-jyeoo：h2＝a菁优网-jyeoo菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo，再匀减速运动菁优网-jyeoo：h3＝a菁优网-jyeoo菁优网-jyeoo菁优网-jyeoo＝0，再反向匀速运动菁优网-jyeoo：

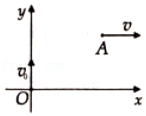
h4＝a菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo，最后匀减速菁优网-jyeoo：h5＝a菁优网-jyeoo﹣菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo，离开中心线的距离为：H＝h1+h2+h3﹣h4﹣h5＝0，故电子一定是从中心线离开电场，故C正确；

D、设电子从（菁优网-jyeoo）时刻射入电场，则竖直方向上速度变化为：△v＝a△t﹣a菁优网-jyeoo+a（菁优网-jyeoo）＝0，即电子离开电场时只有水平方向上的速度v0，故D正确。

故选：ACD。

【点评】带电粒子在交变电场中的运动是复杂运动，关键抓住竖直方向运动，要根据交变电场的周期分段分析，特别注意速度何时变方向，

26．（洛阳模拟）如图所示，有一匀强电场平行于平面xOy，一个带电粒子仅在电场力作用下从O点运动到A点，粒子在O点时速度沿y轴正方向，经A点时速度沿x轴正方向，且粒子在A点的动能是它在O点时动能的3倍。关于粒子在OA段的运动情况，下列判断正确的是（　　）



A．该带电粒子带正电

B．带电粒子在A点的电势能比在O点的电势能小

C．这段时间中间时刻粒子的动能最小

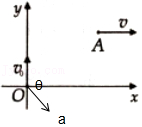
D．加速度方向与y轴正方向之间的夹角等于120°

【分析】电场线方向未知，则带电粒子电性未知；根据电场力做功判断电势能大小；对带电粒子运动分解到水平方向和竖直方向，结合运动学公式求出加速度与初速度之间的夹角；当加速度与速度垂直的时候，带电粒子的动能最小。

【解答】解：A、由于电场线方向未知，则带电粒子的电性未知，故A错误；

B、带电粒子从O点到A点动能增加，则电场力做正功，电势能减小，故带电粒子在A点的电势能比在O点的电势能小，故B正确；

D、设加速度方向与y轴正方向之间的夹角为θ，如图所示，



则在沿着y轴方向上：acos（π﹣θ）＝菁优网-jyeoo

沿着x轴方向上：asin（π﹣θ）＝菁优网-jyeoo

并且粒子在A点的动能是它在O点时动能的3倍，即：菁优网-jyeoo＝3×菁优网-jyeoo

联立解得：θ＝120°，故D正确；

C、根据以上分析可知，加速度与初速度方向夹角为钝角，故粒子先减速后加速，最小的动能出现在加速度与速度垂直的时候，这段时间中间时刻粒子的两个分速度分别为：

vx＝菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo，

菁优网-jyeoo

合速度与水平面夹角为α，则

tanα＝菁优网-jyeoo

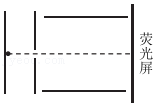
解得：α＝30°，

所以此时加速度与速度夹角为90°﹣α＝90°﹣30°＝60°，不垂直，即这段时间中间时刻粒子的动能不是最小，故C错误。

故选：BD。

【点评】本题考查带电粒子在电场中运动，结合运动的合成和分解考查学生综合运动知识的能力。关键是要结合实际情况将带电粒子的运动进行分解，知道速度与加速度垂直时动能最小。

27．（4月份模拟）如图，不计重力的质子（菁优网-jyeooH）和α粒子（菁优网-jyeooHe）先后从同一位置由静止经同一水平加速电场加速，然后进入同一竖直匀强电场偏转，最后打在荧光屏上，则在整个运动过程中，质子和α粒子相比，质子（　　）



A．竖直偏移量较小 B．所用的时间较小

C．动量改变量较小 D．动能改变量较小

【分析】首先利用动能定理计算出粒子经过加速电场加速后的速度，然后根据粒子在偏转电场中做类平抛运动的特点，计算竖直方向的偏移量；粒子在偏转电场做类平抛运动以及飞出偏转电场后做匀速直线运动时，水平方向的速度都等于经过加速电场加速后获得的速度，由此可以计算出粒子在整个过程中的运动时间；首先计算粒子飞出偏转电场时的速度偏转角，可以得到粒子飞出偏转电场时的方向相同，再利用动量公式p＝mv计算动量大小；根据动能定理计算粒子的动能改变量。

【解答】解：设加速电场的电压为U，偏转电场的场强为E，对粒子经过加速电场加速前后分析，由动能定理可得：菁优网-jyeoo

所以粒子进入偏转电场时的速度为：菁优网-jyeoo

A、粒子在偏转电场中做类平抛运动，运动时间为：菁优网-jyeoo，运动的加速为：菁优网-jyeoo，所以粒子在偏转电场中的竖直偏移量为：菁优网-jyeoo

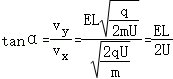
可以发现粒子在偏转电场中的竖直偏移量与粒子的性质无关，所以质子和α粒子的竖直偏移量相等，故A错误；

B、粒子在加速电场中做匀加速直线运动，所以平均速度等于初、末速度和的一半，飞出偏转电场后做匀速直线运动，设加速电场极板间距为d，偏转电场极板长度为L，偏转电场右端距离荧光屏的水平距离为s

则粒子从开始加速到打在荧光屏上的总时间为：菁优网-jyeoo

即粒子在整个运动过程中的总时间与经过加速电场加速后获得的速度成反比。由菁优网-jyeoo可知经过加速电场加速后质子获得的速度较大，所以全过程所用的时间较小，故B正确；

C、设粒子飞出偏转电场时速度方向与水平方向的夹角为α，因为竖直速度为：菁优网-jyeoo，水平速度为：菁优网-jyeoo

所以有：

即粒子飞出偏转电场时的速度偏转角与粒子性质无关，所以质子和α粒子飞出偏转电场时速度方向相同，离开偏转电场后开始会打在荧光屏上同一个点

设粒子飞出偏转电场时的速度为v′，则有：菁优网-jyeoo

设粒子动量大小为p，则有：菁优网-jyeoo

由此可得菁优网-jyeoo，所以质子的动量较小，因为初动量均为0，所以质子的动量改变量较小，故C正确；

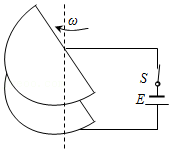
D、根据动能定理，整个过程中有：qU+qEy＝△Ek，加速电场的电压、偏转电场的场强、粒子在偏转电场的竖直偏移量均相等，所以动能改变量与粒子电荷量成正比

即整个过程中质子的动能改变量较小，故D正确。

故选：BCD。

【点评】本题考查的是带电粒子的电场中的运动专题，考点较多，综合性强，难度偏大。解题技巧是先根据所学公式把各个物理量用通用的表达式进行表示，然后对不同粒子的相关物理量进行对比，从而得出结论。这样可以大大减少计算量以及计算出错的可能性。

28．（广东模拟）如图，某电容器由两水平放置的半圆形金属板组成，板间为真空。两金属板分别与电源两极相连，下极板固定，上极板可以绕过圆心且垂直于半圆面的轴转动。起初两极板边缘对齐，然后上极板转过10°，并使两极板间距减小到原来的一半。假设变化前后均有一电子由静止从上极板运动到下极板。忽略边缘效应，则下列说法正确的是（　　）



A．变化前后电容器电容之比为9：17

B．变化前后电容器所带电荷量之比为16：9

C．变化前后电子到达下极板的速度之比为菁优网-jyeoo：1

D．变化前后电子运动到下极板所用时间之比为2：1

【分析】依题意得到电容器变化前后两极板的正对面积之比与板间距离之比，再根据C＝菁优网-jyeoo得到电容之比；由Q＝CU，得到电荷量之比；由动能定理得到末速度之比；由牛顿第二定律求出加速度结合运动学公式得到时间之比。

【解答】解：A、变化前后两极板的正对面积之比为菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo，板间距离之比为菁优网-jyeoo＝2，

由C＝菁优网-jyeoo，可知变化前后电容之比为菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo×菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo，故A正确；

B、电容器始终与电源相连，两端电压不变，由Q＝CU，可得菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo，故B错误；

C、电子由静止从上极板运动到下极板的过程，由动能定理得：eU＝菁优网-jyeoomv2

解得电子到达下极板的速度v＝菁优网-jyeoo

因电容器两端电压U不变，故变化前后电子到达下极板的速度之比为1：1，故C错误；

D、电子由静止从上极板运动到下极板的过程，电子做匀加速直线运动，电子的加速度

a＝菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo

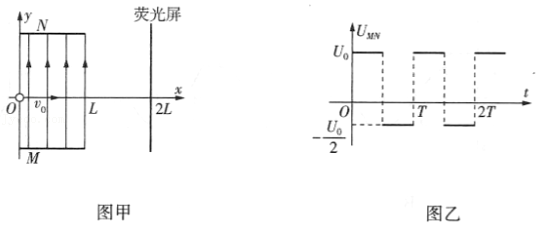
电子运动的时间t＝菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo

变化前后电子到达下极板所用时间之比为菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo，故D正确。

故选：AD。

【点评】本题考查电容器相关知识，其决定式与定义式的应用，粒子在其间的运动，知道平行板电容器之间的电场为匀强电场。

29．（五模拟）如图甲所示，在直角坐标系xOy中，y轴的右方有长度为L、间距为d、垂直于y轴的平行金属板M、N，两板间加有周期性变化的电压UMN，其变化图象如图乙所示（图中U0、T已知），现有大量质量为m、带正电且电荷量为q的粒子以速度v0＝菁优网-jyeoo从原点O沿+x方向不断射入，设粒子能全部打在x＝2L处平行于y轴的荧光屏上。不计

粒子重力和粒子间相互作用，则下列判断正确的是（　　）

A．带电粒子打在荧光屏上的最大速度为v0

B．带电粒子打在荧光屏上的最小速度为v0

C．带电粒子打在荧光屏上纵坐标的最大值为菁优网-jyeoo

D．带电粒子打在荧光屏上形成的光斑长度为菁优网-jyeoo

【分析】（1）由牛顿第二定律求出粒子在电场中加速度的大小，然后画出粒子在y方向上的速度图象，有图象可知则在t＝0时进入的粒子打在荧光屏上的速度最大；

（2）由y方向的速度图象可知，在t＝菁优网-jyeooT时进入的粒子打在荧光屏上的速度最小；

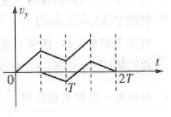
（3）在t＝0时进入的粒子打在荧光屏上的最高点，由运动学公式求出带电粒子打在荧光屏上纵坐标的最大值；

（4）根据运动的合成和分解求出粒子打在荧光屏时向上偏移量，然后粒子在x轴上L∽2L的距离内匀速直线运动，求出此过程中的向上偏移量，两个偏移量相加即为带电粒子打在荧光屏上形成的光斑长度。

【解答】解：A、依题意可知带电粒子在电场中的运动时间为t1＝菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeooT，

根据牛顿第二定律可知粒子在电场中加速度的大小分别为a1＝菁优网-jyeoo，a2＝菁优网-jyeoo

做出y方向的速度图象，如图所示



则在t＝0时进入的粒子打在荧光屏上的速度最大，即有：

vymax＝a1T﹣a2•菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo

所以vmax＝菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo，故A错误；

B、由y方向的速度图象可知，在t＝菁优网-jyeooT时进入的粒子打在荧光屏上的速度最小，即有：

vymin＝a1•菁优网-jyeoo﹣a2•T＝0

所以vmin＝菁优网-jyeoo＝v0，故B正确；

C、在t＝菁优网-jyeooT时进入的粒子打在荧光屏与x轴的交点，

在t＝0时进入的粒子打在荧光屏上的最高点，

根据运动的独立性可知，粒子在电场中偏转的距离为

y1＝菁优网-jyeoo•a1菁优网-jyeoo+a1•菁优网-jyeoo﹣菁优网-jyeoo•a2•菁优网-jyeoo+（a1﹣a2）•菁优网-jyeoo+菁优网-jyeoo•a1•菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo

在x轴上L∽2L的距离内偏转的距离为

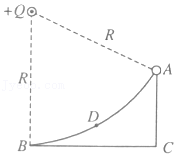
y2＝vymax•菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo

打在荧光屏上形成光斑的长度即纵坐标的最大值ym＝y1+y2＝菁优网-jyeoo，故C正确，D错误。

故选：BC。

【点评】本题考查带电粒子在电场重的周期性运动，关键在于画出y轴方向的速度时间图象，运动过程比较多，要逐一分析。本题计算量较大，需要耐心。

30．（南阳期中）如图所示，光滑绝缘弧面AB固定在竖直支架ABC上，BC边水平，B为切点，圆弧半径为R，圆弧对应的圆心角为60°，空间存在着水平方向匀强电场，场强大小为E，点电荷+Q固定在圆弧圆心处。一个质量为m、带电量为﹣q的小球恰好可以静止在圆弧AB的中点D，现在将该带电小球从A点由静止释放，则（　　）



A．匀强电场的方向水平向左，菁优网-jyeoo

B．匀强电场的方向水平向左，菁优网-jyeoo

C．小球运动到D点速度最大，vm＝菁优网-jyeoo

D．小球运动到B点速度最大，vm＝菁优网-jyeoo

【分析】根据平衡条件得到电场强度的大小和方向；D点为平衡位置，小球从A点由静止释放，达到D点的速度最大，根据动能定理求解最大速度。

【解答】解：A、质量为m，带电量为﹣q的小球恰好可以静止在圆弧AB的中点D，则匀强电场和重力场的合成等效重力场由圆心指向D点即可。由此可说明电场力方向向右，则匀强电场的方向向左，根据平衡条件可得：qE＝mgtan30°，解得电场强度：E＝菁优网-jyeoo，故A正确；

B、由以上分析可知，两个点电荷之间的库仑力和圆弧的支持力的合力与等效重力场合成之后的合力指向圆心提供向心力，满足这一条件时，改变库仑力力，圆弧的支持力也可以随着改变，所以库仑力与匀强电场的电场力没有关系，故B错误；

CD、由于小球恰好可以静止在圆弧AB的中点D处，所以D点为平衡位置，小球从A点由静止释放，达到D点的速度最大，根据对称性可知达到B点的速度为零；

从A到D根据动能定理可得：mgR（cos30°﹣cos60°）﹣qER（sin60°﹣sin30°）＝菁优网-jyeoom菁优网-jyeoo，解得：vm＝菁优网-jyeoo，故C正确、D错误。

故选：AC。

【点评】本题主要是考查了动能定理、电场力做功的计算以及共点力的平衡；

运用动能定理解题时，首先要选取研究过程，然后分析在这个运动过程中哪些力做正功、哪些力做负功，初末动能为多少，根据动能定理列方程解答。

**三．填空题（共10小题）**

31．（徐汇区校级月考）改变物体内能的途径有　做功和热传递　。某实验中测得一质量为6.64×10﹣27kg的带电粒子，在500V/m的匀强电场中，仅在电场力作用下由静止加速。当其移动16cm时，速度达到8.40×104m/s，由此推测该带电粒子的带电量可能为　3.2×10﹣19　C（用科学记数法表示，保留小数点后1位）。

【分析】改变物体内能的途径有做功和热传递。带电粒子在电场中运动时，只有电场力做功，根据动能定理求其带电量。

【解答】解：改变物体内能的途径有做功和热传递。

带电粒子在匀强电场中运动时，由动能定理得：

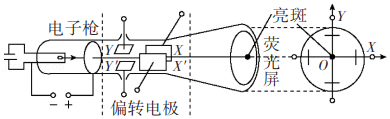
qEd＝菁优网-jyeoo﹣0

由题知E＝500V/m，d＝16cm＝0.16m，m＝6.64×10﹣27kg，v＝8.40×104m/s，代入上式解得：q＝3.2×10﹣19C。

故答案为：做功和热传递；3.2×10﹣19。

【点评】对于带电粒子在电场中加速过程，往往运用动能定理进行处理，这种方法既适用于匀强电场，也适用于非匀强电场。

32．（瑶海区月考）如图所示为示波管的示意图，以屏幕的中心为坐标原点，建立如图所示的直角坐标系xOy，当在XX′这对电极上加上恒定的由压UXX′＝2V，同时左YY′电极上加上恒定的电压UYY′＝﹣1V时，当荧光屏上光点的坐标为（4，﹣1），则当在XX′这对电极上加上恒定的电压UXX'＝﹣1V，同时在YY'电极上加上恒定的电压UYY′＝3V时，荧光屏上光点的坐标为X＝　﹣0.5　，Y＝　3　。



【分析】电子在偏转电场方向做匀加速直线运动，垂直于偏转电场方向做匀速直线运动，根据类平抛运动的基本公式求出偏转位移，得出偏转位移与偏转电压的关系即可求解.

【解答】解：电子在YY'内的加速度为a＝菁优网-jyeoo，在YY'内运动的时间：t＝菁优网-jyeoo。

所以，偏转位移y＝菁优网-jyeooat2＝菁优网-jyeoo×菁优网-jyeoo（菁优网-jyeoo）2＝菁优网-jyeooUYY′，由此可以看出偏转位移和电压成正比，

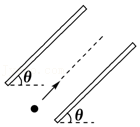
同理可以证明在XX'方向上的偏转位移也与电压成正比，所以根据题意得：解得：x＝﹣0.5，y＝3.

所以荧光屏上光点的坐标为（﹣0.5，3）。

故答案为：﹣0.5，3。

【点评】本题关键要清楚示波管的工作原理，要用运动的合成与分解的思想进行思考.

33．（渝中区校级月考）平行金属板与水平面成θ角放置，两金属板间的电压为U，板间距离为d。一个带电量为q的液滴，以某速度垂直于电场方向射入两板间，如图所示，射入后液滴沿直线运动，则两极板间的电场强度E＝　菁优网-jyeoo　，液滴的质量m＝　菁优网-jyeoo　（重力加速度为g）。



【分析】平行金属板间存在匀强电场，由E＝菁优网-jyeoo求两极板间的电场强度E。液滴在电场中受到重力和电场力作用，重力方向竖直向下，电场力方向垂直于两极板，两个力不在同一条直线上，故合力不为零，物体沿直线运动，所以合力方向必定与微粒的运动方向同向或者反向，很明显在这合力应与微粒的运动方向反向，电场力方向应垂直于虚线向上，由平行四边形定则求解液滴的质量m。

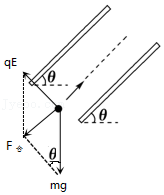
【解答】解：平行金属板间存在匀强电场，两极板间的电场强度E＝菁优网-jyeoo。

液滴做直线运动，则液滴所受电场力方向应垂直于虚线向上，液滴所受的合力方向沿虚线向下，如图所示，则有

qE＝mgcosθ

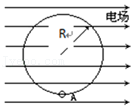
联立解得m＝菁优网-jyeoo

故答案为：菁优网-jyeoo，菁优网-jyeoo。



【点评】本题是带电体在电场中运动的类型，分析液滴的受力情况，确定电场力的方向是解题的关键，要紧扣直线运动的条件进行分析。

34．（和平区校级期中）半径为R的绝缘光滑圆环固定在竖直平面内，环上套有一质量为m、带正电的珠子，空间存在水平向右的匀强电场，如图所示。珠子所受静电力与其重力等大，将珠子从环上最低位置A点静止释放，则珠子所能获得的最大动能Ek＝　（菁优网-jyeoo﹣1）mg　；小球在运动到最高点时小球对轨道的压力大小为　mg　（重力加速度为g）。



【分析】从小球受力情况来看，初始阶段小球在电场力和重力作用下做加速运动，当电场力与重力的合力与速度垂直时动能最大，此后，小球做减速运动。根据动能定理求最大动能。从A点到最高点的过程，电场力做功为零，根据动能定理求出小球到达最高点时的速度，在最高点时，由向心力求妯轨道对小球的支持力，从而得到小球对轨道的压力。

【解答】解：当电场力与重力的合力与速度垂直时，小球的动能最大。

设小球受到电场力与竖直方向夹角为θ时，电场力与重力的合力与速度垂直。

则tanθ＝菁优网-jyeoo＝1

得：θ＝45°

小球从A点运动至动能最大的过程中，重力做负功，电场力做正功，支持力始终垂直于速度，所以不做功，由动能定理得：

Ek＝mgRsin45°﹣mgR（1﹣cos45°）＝（菁优网-jyeoo﹣1）mgR。

从A点到最高点的过程根据动能定理得

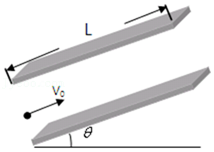
WE﹣WG＝0

所以二者做功相抵消，说明当运动至与圆心等高处即为该运动的最高点，则此时小球在水平方向受水平向左的支持力和向右的电场力，由牛顿第三定律可知，小球对轨道的压力等于小球所受电场力，即N＝mg

故答案为：（菁优网-jyeoo﹣1）mgR；mg。

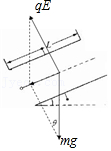
【点评】本题是带电体在复合场中运动的问题，关键要正确分析小球的受力情况，判断出电场力与重力的合力与速度垂直时动能最大，该位置相当于平衡位置。

35．（和平区校级期中）平行金属板与水平面成θ角放置，板间有匀强电场，一个带电量为q、质量为m的液滴以速度v0垂直于电场线方向射入两板间，如图所示，射入后液滴沿直线运动，已知重力加速度为g，则两板间的电场E＝　菁优网-jyeoo　。若粒子恰好能飞出极板，则金属板长度L＝　菁优网-jyeoo　。



【分析】液滴做直线运动，所以液滴受力方向与其运动方向在一条直线上，根据力的合成法则可以知道重力和电场力的关系，进而可以得到场强的大小；在粒子运动过程中只有重力做功，根据动能定理即可得到极板的长度。

【解答】解：由题液滴做直线运动，合力与该直线在同一直线上，则电场力方向应垂直于虚线向上，液滴所受的合力方向沿虚线向下．如图所示：



根据平衡条件，有：

qE＝mgcosα

解得：菁优网-jyeoo

因电场力与位移方向垂直，不做功，若粒子恰好能飞出极板，则v＝0，根据动能定理得：

菁优网-jyeoo

解得：菁优网-jyeoo

故答案为：菁优网-jyeoo；菁优网-jyeoo

【点评】知道液滴受合力的方向与运动方向在同一直线上是解题的关键。还要知道在液滴运动过程中，电场力不做功。

36．（海淀区期中）如图所示，一个α粒子（菁优网-jyeooHe）和一个质子（菁优网-jyeooH）均在带电平行板电容器的正极板上由静止释放，在到达负极板时，α粒子与质子所用时间之比tα：tH＝　菁优网-jyeoo：1　，动能之比Ekα：EkH＝　2：1　。



【分析】（1）根据牛顿第二定律求加速度，然后根据运动学公式d＝菁优网-jyeooat2求时间；

（2）根据动能定理求出末动能。

【解答】解：根据牛顿第二定律得，a＝菁优网-jyeoo，知比荷之比为1：2，则加速度之比为1：2，根据运动学公式d＝菁优网-jyeooat2可得t＝菁优网-jyeoot，则时间之比为菁优网-jyeoo：1；

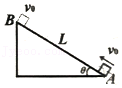
由动能定理可知：qU＝Ek，则Ekα：EkH＝2：1

故答案为：菁优网-jyeoo：1；2：1。

【点评】本题考查带电粒子在匀强电场中的运动，根据牛顿第二定律求加速度，然后运动运动学公式求解相关问题。

求动能的时候，如果用动能定理比用运动学公式更方便快捷。

37．（思明区校级月考）如图所示，长为L、倾角为θ的光滑绝缘斜面处于匀强电场中，一个带电量为+q、质量为m的物块（视为质点），以初速度v0由斜面底端的A点开始沿斜面上滑，到达斜面顶端B点的速度仍为v0。则该电场的电场强度有 　最小值　（填“最大值”或“最小值”），相应的大小为 　菁优网-jyeoo　。



【分析】根据动能定理求出A、B间的电势差，由U＝Ed分析知道：在A、B两点间的电势差一定时，两点沿电场方向的距离越大，电场强度越小。

【解答】解：设A、B间的电势差为UAB，根据动能定理有：qUAB﹣mgLsinθ＝0，可得A、B两点间的电势差为UAB＝菁优网-jyeoo，可知A、B两点间的电势差是一定的。

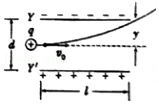
根据U＝Ed知，在A、B两点间的电势差一定时，两点间沿电场方向的距离越大，电场强度越小，而A、B两点沿电场方向的最大距离为L，则电场强度的最小值为

Emin＝菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo

故答案为：最小值，菁优网-jyeoo。

【点评】本题是带电体在电场中运动问题，要转换思维，就把电场力当作一般的力，将这类问题当作力学问题去处理，通过做功情况的分析，由动能定理求电势差。

38．（思明区校级月考）如图所示，电量为e、质量为m的质子和电量为2e、质量为4m的α粒子以相同的初速度垂直射入偏转电场（粒子重力忽略不计）。则质子和α粒子射出电场时的侧向位移y大小之比为　2：1　。



【分析】带电粒子在电场中做类平抛运动，应用类平抛运动规律得到粒子侧向位移y表达式，再求粒子侧向位移y之比。

【解答】解：设质量为m、电荷量为q的带电粒子垂直射入偏转电场做类平抛运动，由牛顿第二定律得：a＝菁优网-jyeoo

水平方向有：L＝v0t，

竖直方向有：y＝菁优网-jyeoo

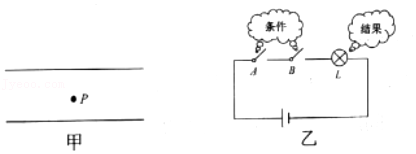
联立解得：y＝菁优网-jyeoo

因E、L、v相同，所以y与菁优网-jyeoo成正比，而质子和α粒子比荷之比为2：1，则质子和α粒子射出电场时的侧向位移y大小之比为2：1。

故答案为：2：1。

【点评】本题采用运动的分解法研究类平抛运动，运用数学上比例法研究两个粒子侧向位移之比，关键要掌握分运动的规律，并能灵活运用。

39．（云南学业考试）如甲图所示，平行板电容器水平放置，质量为m、带电量为+q的油滴恰能静止于板间的P点（重力加速度为g，平行板间电场可视为匀强电场），由此可知电容器的上极板带　负　（选填“正”或“负”）电，板间电场的场强大小E＝　菁优网-jyeoo　；如乙图所示，两个开关A、B串联，控制同一个灯泡L，在这个电路中，只有两个开关同时闭合，灯L才亮，这种关系叫做　与　逻辑关系（选填“与”、“或”或“非”）。



【分析】油滴恰能静止，受到的电场力和重力平衡，分析电场力方向，从而确定上极板的电性。根据平衡条件求场强的大小。一个事件的几个条件都满足后，该事件才能发生，我们把这种关系叫做“与”逻辑关系。由此分析逻辑关系。

【解答】解：油滴静止，受到的电场力和重力平衡，则油滴所受的电场力方向竖直向上，而油滴带正电，所以电容器的上极板带负电。

由平衡条件得：mg＝qE

得：E＝菁优网-jyeoo

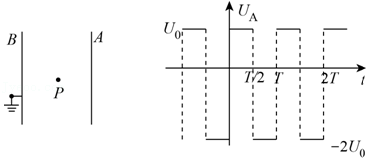
在这个电路中，只有两个开关同时闭合，灯L才亮，这种关系叫做“与”逻辑关系。

故答案为：负，与

【点评】本题根据油滴实验确定电场强度的大小，掌握其原理：平衡条件。要知道各种门电路的特点，并能准确判断它们的逻辑关系。

40．（海淀区校级期中）如图所示，A、B是真空中的两块面积很大的平行金属板，已知B板的电势为零，A板电势UA随时间变化的规律如图所示，其中UA的最大值为U0，最小值为﹣2U0．在AB的正中央处有一个离子源P，P距离A、B板的距离均为l，离子源P可以源源不断地产生电荷量为q、质量为m的带负电的微粒，已知各个时刻产生带电微粒的机会均等。这种微粒产生后，从静止出发在电场力的作用下运动，设微粒一旦碰到金属板，它就附在板上不再运动，且其电荷同时消失，不影响A、B板的电压。已知上述的T、U0、l、q和m等各量的值正好满足等式：菁优网-jyeoo，如果在A板电势变化的每个周期T内，平均产生320个上述微粒，则可求出：

（1）在t＝0到t＝菁优网-jyeoo这段时间内产生的微粒中，有　80　个微粒可到达A板（不计重力，不考虑微粒之间的相互作用）：

（2）从t＝菁优网-jyeooT到t＝T的这段时间内产生的微粒中，有　0　个微粒可到达A板。

【分析】分别求出粒子运动的加速度，由粒子先加速运动再减速运动，到达A板时速度恰好为零，此时是恰好还能到达A的粒子，在此之前的粒子都可以到达A板，在此之后的粒子将不能到达A板。

【解答】解：设在0～菁优网-jyeooT时间内，在t＝t1时刻开始运动的粒子经△t1时间在电压为U0加速，然后在电压为﹣2U0减速一段时间到达A板，

当电压为U0时，粒子的加速度为：a1＝菁优网-jyeoo，

当电压为﹣2U0时，粒子的加速度为：a2＝﹣菁优网-jyeoo＝﹣2a1

设加速阶段位移为d1，减速阶段运动位移为d2，则

l＝d1+d2

d1＝菁优网-jyeooa1（△t1）2

d2＝（0﹣υ12）菁优网-jyeoo＝（0﹣（a1△t1）2）菁优网-jyeoo

联立解得△t1＝菁优网-jyeooT

t1＝菁优网-jyeooT﹣△t1＝菁优网-jyeooT

即从0～菁优网-jyeooT时间内产生的粒子均可到达A板，设0～菁优网-jyeooT时间内产生的粒子有n个粒子到达A板，则n＝菁优网-jyeoo×菁优网-jyeoo＝80（个）。

菁优网-jyeoo～T过程中，粒子均向左加速，微粒不可能到达A板。

故答案为：（1）80；（2）0。

【点评】本题中粒子的运动的过程比较复杂，粒子在电场中先加速运动再减速运动，到达A板时速度恰好见为零，此时是恰好还能到达A的粒子。

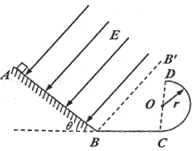
**四．计算题（共10小题）**

41．（嘉兴期末）如图所示，ABCD为固定在竖直平面内的轨道，AB段为倾角θ＝37°的粗糙倾斜轨道，BC段水平光滑，CD段是半径为r＝0.1m的光滑半圆，各段轨道均平滑连接。AB段轨道所在区域有场强大小为E0＝菁优网-jyeoo、方向垂直于倾斜轨道向下的匀强电场，BB'是电场边界（垂直于倾斜轨道）。一个质量为m，电荷量为q的带正电小物块（视为点电荷）在倾斜轨道上的A点由静止释放。已知A、B之间的距离为L＝1m，倾斜轨道与小物块之间的动摩擦因数为μ＝0.25，设小物块电荷量保持不变，sin37°＝0.6，cos37°＝0.8。

（1）求小物块运动至B点的速度大小；

（2）若匀强电场的电场强度E大小可以变化，为使小物块通过圆轨道最高点，求E的最大值（结果用E0表示）；

（3）若小物块刚好通过圆轨道最高点，离开D点后又恰好没有进入电场直接落在BC面上，求BC的长度？



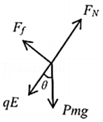
【分析】（1）小物块由A点运动到B点的过程，根据动能定理求小物块运动至B点的速度大小；

（2）研究小物块刚好通过圆轨道最高点的情形，此时在最高点由重力提供向心力，由牛顿第二定律求出物块通过最高点的临界速度。从A点到圆轨道最高点的过程，利用动能定理求E的最大值；

（3）小物块离开D点后做平抛运动，根据平抛运动公式和几何关系相结合求BC长度。

【解答】解：（1）受力分析如图，由动能定理：菁优网-jyeoo

代入数据解得：vB＝2m/s



（2）小物块恰好能过D点时，电场强度最大，根据牛顿第二定律有菁优网-jyeoo

代入数据解得vD＝1m/s

小物块由A运动到D，根据动能定理有菁优网-jyeoo

联立解得菁优网-jyeoo

（3）假设小物块离开D点后做平抛运动的轨迹与B'B相切与M点，有菁优网-jyeoo

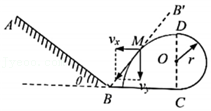
代入数据解得：菁优网-jyeoo

平抛运动水平位移x1＝vDt＝1×菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoom

下落高度菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo×10×菁优网-jyeoom＝菁优网-jyeoo

根据几何关系：x2＝（2r﹣h1）tan37°＝（菁优网-jyeoo）×菁优网-jyeoom＝菁优网-jyeoo

BC轨道长度为x＝x1+x2＝菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo



答：（1）小物块运动至B点的速度大小为2m/s；

（2）若匀强电场的电场强度E大小可以变化，为使小物块通过圆轨道最高点，E的最大值为菁优网-jyeoo；

（3）若小物块刚好通过圆轨道最高点，离开D点后又恰好没有进入电场直接落在BC面上，BC的长度为菁优网-jyeoom.

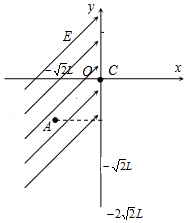
【点评】本题考查动能定理、机械能守恒及运动学基本公式的直接应用，要能正确对物体受力分析，确定物体的运动情况，利用好数学知识帮助解答。

42．（河北期末）如图所示，在光滑绝缘的水平面上建立直角坐标系O﹣xy，在x＜0一侧存在与x轴成45°斜向上的匀强电场，电场强度为E；在x＞0一侧存在垂直纸面的匀强磁场（图中未画出）。一质量为m、电荷量为q的带正电的小球A由第Ш象限的（﹣菁优网-jyeooL、﹣菁优网-jyeooL）处静止释放，运动到O点与一静止在O点、质量也为m的不带电小球C发生碰撞并结合成一个整体D，碰撞过程中总电荷量保持不变，在此后的运动中，D第一次经过y轴时的坐标为（0，﹣2菁优网-jyeooL）。求：

（1）小球A运动到O点的时间t及与C碰前的速度v1；

（2）磁感应强度B的大小及方向；

（3）D第二次经过y轴时的速度大小v2及位置坐标。



【分析】（1）由牛顿第二定律求得加速度，即可根据匀变速运动规律求得运动时间和末速度；

（2）根据质量守恒、电荷守恒求得D的质量、电荷，由动量守恒求得速度；根据几何关系求得圆周运动轨道半径，即可根据洛伦兹力做向心力求得磁感应强度；根据运动轨迹求得偏转方向，从而由左手定则求得磁感应强度方向；

（3）根据几何关系及圆周运动规律求得D进入电场的速度，然后由几何关系求得位移关系，根据匀变速动规律求得运动时间，末速度及位移，即可求得位置坐标。

【解答】（1）小球A到O只受电场力作用，由运动学公式可得：

菁优网-jyeoo

qE＝ma1

联立解得：t＝2菁优网-jyeoo

则小球A与C碰前的速度为：

v1＝a1t

代入数据解得v1＝2菁优网-jyeoo

（2）A和C相撞，规定v1方向为正方向，由动量守恒得：

mv1＝2mv

D在磁场中做圆周运动，由几何关系可得：

菁优网-jyeoo

洛伦兹力提供向心力有：菁优网-jyeoo

联立解得：B＝菁优网-jyeoo，根据D进出磁场的方向，由左手定则判断，磁场方向垂直纸面向外

（3）D在电场中做类平抛运动，可得：

a2＝菁优网-jyeoo

初速度方向与加速度方向的位移相等，则：vt＝菁优网-jyeoo

菁优网-jyeoo

D在电场中的位移s＝菁优网-jyeoo

解得v2＝菁优网-jyeoo，s＝4菁优网-jyeoo

可得位置坐标为：（0，4菁优网-jyeoo﹣L）

答：（1）小球A运动到O点的时间为2菁优网-jyeoo，与C碰前的速度为2菁优网-jyeoo；

（2）磁感应强度B的大小为菁优网-jyeoo，方向垂直纸面向外；

（3）D第二次经过y轴时的速度大小为菁优网-jyeoo，位置坐标为（0，4菁优网-jyeoo﹣L）。

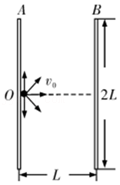
【点评】带电粒子在匀强电场中运动，一般进行受力分析由匀变速运动规律求解；在匀强磁场中运动，则根据洛伦兹力做向心力求得轨道半径，然后根据几何关系求解。

43．（南京期末）如图所示，竖直放置的平行金属板A、B，板间距离为L，板长为2L，A板内侧中央O处有一个体积不计的放射源，在纸面内向A板右方均匀地以等大的速率朝各个方向辐射正离子，离子质量m＝8.0×10﹣26kg，离子电荷量q＝8.0×10﹣19C，离子的速率v0＝2.0×105m/s，不计极板边缘处及离子重力的影响，计算中取菁优网-jyeoo＝1.7，则：

（1）若UAB＝0，则打到B板上的离子占总离子数的几分之几？

（2）若使所有离子都能打到B板，且落点在B板上的长度为L，则A、B间要加多大的电压？

（3）若打到B板的离子只占总离子数的菁优网-jyeoo，则A、B间要加多大的电压？



【分析】（1）放射源在纸面内向A板右方均匀地以等大的速率朝各个方向辐射正离子，所以向某一方向辐射的离子数与此方向的夹角成正比，由几何关系求出放射源与AB所成的夹角，此夹角占离子源辐射角180°的比例就是打到B板上的离子数点总离子的比例；

（2）考虑临界情况，沿平行于极板方向射出的离子做类平抛运动刚好打到B点，由类平抛运动规律求出加速度，从而求出了极板间的电压；

（3）已知了离子数的占比，则已知了辐射角占平角的比例，也就是已知了离子初速度方向与极板的夹角，此时离子做斜抛运动，由斜抛运动的规律就能求出极板间的电压。

【解答】解：（1）UAB＝0，离子做匀速直线运动，O点与板两端连线的夹角为：

θ＝2arctan菁优网-jyeoo＝90°

打到B板上的离子占总离子数的比值为：菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo；

（2）若平行于A板的离子能够打到B板，则所有离子都能打到B板，且落点在B板上的长度为L，则

竖直方向：菁优网-jyeooL＝v0t

水平方向：L＝菁优网-jyeoo，其中加速度：a＝菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo

代入数据解得：UAB＝3.2×105V

（3）设刚好能够打到B板边缘的离子速度方向与水平方向的夹角为α，则：菁优网-jyeoo

所以有：α＝30°

由于打在B板的粒子减少，可知此时B板的电势高，此时：

竖直方向：t′＝菁优网-jyeoo

水平方向：L＝v0cosα•t′﹣菁优网-jyeoo，其中：a′＝菁优网-jyeoo

解得：UBA＝1400V

所以有：UAB＝﹣UBA＝﹣1400V

答：（1）若UAB＝0，则打到B板上的离了占总离了数的菁优网-jyeoo；

（2）若使所有离子都能打到B板，且落点在B板上的长度为L，则UAB至少为3.2×105V；

（3）若打到B板的离子只占总离子数的以菁优网-jyeoo，则UAB是﹣1400V。

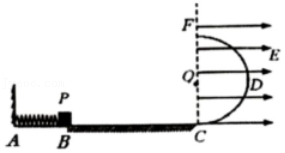
【点评】本题关键点在于：一是打到某一方向的离子数占比应与此方向的辐射角成正比；二是此题考查了几个特殊情况，沿平行于极板方向射出的离子做类平抛运动、沿垂直于极板方向的离子做匀减速直线运动，这两种情况是临界状态，从而求出电压的最小值。

44．（柯桥区模拟）如图所示，AC水平轨道上AB段光滑，BC段粗糙，且LBC＝2m，CDF为竖直平面内半径为R＝0.2m的光滑半圆轨道，两轨道相切于C点，CF右侧有电场强度E＝1.5×103N/C的匀强电场，方向水平向右。一根轻质绝缘弹簧水平放置，一端固定在A点，另一端与带负电滑块P接触但不连接，弹簧原长时滑块在B点。现向左压缩弹簧后由静止释放，当滑块P运动到F点瞬间对轨道压力为2N。已知滑块P的质量为m＝200g，电荷量为q＝﹣1.0×10﹣3C，与轨道BC间的动摩擦因数为μ＝0.2，忽略滑块P与轨道间电荷转移。

（1）求滑块从F点抛出后落点离C的距离：

（2）求滑块到C点时对轨道的压力

（3）欲使滑块P沿光滑半圆轨道CDF运动时不脱离圆弧轨道，求弹簧释放弹性势能大小取值范围。



【分析】（1）由牛顿第二定律求F点速度，再用平抛规律解答；（2）由动能定理解C点速度，再由牛顿第二定律和牛顿第三定律解答；（3）计算等效重力，找到等效最高点，分析题意找到滑块不与轨道分离的两种情况，分别用动能定理处理。

【解答】解：（1）F点时受力如图1所示，由牛顿第二定律：N+mg＝m菁优网-jyeoo，解得：vF＝2m/s，从F抛出做平抛运动；2R＝菁优网-jyeoo，解得：t＝菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoos＝菁优网-jyeoos，落点到C点的距离：x＝vFt＝2×菁优网-jyeoom＝菁优网-jyeoo

（2）滑块从C到F，由动能定理：﹣2mgR＝菁优网-jyeoov菁优网-jyeoo菁优网-jyeoo，解得：vc＝2菁优网-jyeoom/s，在C点如图2所示：由牛顿第二定律：

FC﹣mg＝m菁优网-jyeoo，解得：FC＝14N，由牛顿第三定律可知滑块对轨道的压力大小为14N，方向竖直向下.

（3）如图3所示，由条件可得等效重力：mg′＝菁优网-jyeoo＝2.5N，设方向与竖直方向夹角θ，则有：tanθ＝菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo＝0.75，可得θ＝37°

M、N两点分别为物理最高点和圆心等高点，

Ⅰ.要使小球P沿半圆轨道运动到M点时不与轨道分离，可得：mg′＝m菁优网-jyeoo，解得：v菁优网-jyeoo＝2.5m2/s2

小球从压缩时到M点的过程中，由动能定理得：EP﹣μmgLBC﹣mg′R（1+cosθ）＝菁优网-jyeoo﹣0，联立可得：EP＝1.95J

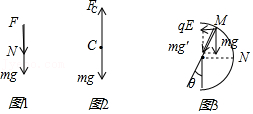
Il.小球在圆心等高点（N点）的最小速度为零，由动能定理得：EP﹣μmgLBC﹣mgR﹣qER＝0﹣0，解得：EP＝1.2J

所以要使小球P沿光滑半圆轨道CDF运动时不脱离圆弧轨道，弹性势能的取值范围：EP≥1.95J或EP≤1.2J

答：（1）滑块从F点抛出后落点离C的距离为菁优网-jyeoo；

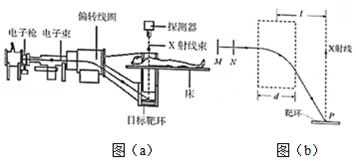
（2）滑块到C点时对轨道的压力大小为14N，，方向竖直向下；

（3）欲使滑块P沿光滑半圆轨道CDF运动时不脱离圆弧轨道，弹簧释放弹性势能大小取值范围为：EP≥1.95J或EP≤1.2J



【点评】本题难点在（3）中，一是计算等效重力，找到等效最高点，二是滑块不与轨道分离的两种情况，记住这种模型。

45．（杭州期末）CT扫描是计算机X射线断层扫描技术的简称，CT扫描机可用于对多种病情的探测。图（a）是某种CT机主要部分的剖面图，其中X射线产生部分的示意图如图（b）所示。图（b）中M、N之间有一电子束的加速电场，加速电压恒定；高度足够高、宽度为d的虚线框内有垂直纸面的匀强偏转磁场。电子束从静止开始在M、N之间加速后以速度v水平射出并进入偏转磁场，速度方向改变60°角后打到靶环上的P点产生X射线，探测器能够探测到竖直向上射出的X射线。靶环形状是以P点为圆心的圆面，P点距偏转磁场中心的水平距离为l。已知电子质量为m，电量为e，电子重力不计、始终在真空中运动。



（1）求偏转磁场的磁感应强度B的大小和方向；

（2）若撤去磁场，在虚线框中加一沿竖直方向的匀强偏转电场，也可使电子偏转60°角后打在靶环上产生X射线。

①求偏转电场对电子的冲量大小；

②求靶环的最小半径；

③若②问中求得靶环的最小半径为R，且电子以初速度v0进入M、N之间开始加速时，电子仍能打到靶环上，求菁优网-jyeoo的最大值。

【分析】（1）根据洛伦兹力提供向心力以及动能定理求解电子做圆周运动的半径表达式，由几何关系求得半径，联立可求得磁感应强度大小；

（2）由动力学规律及几何关系偏转总距离的关系式，从而判断改变加速电压后P点的变化情况。

【解答】解：（1）由左手定则知，磁场方向垂直纸面向内

洛伦兹力提供向心力：菁优网-jyeoo

由几何关系有：菁优网-jyeoo

联立可得：菁优网-jyeoo

（2）将偏转磁场换为偏转电场后，

①经过电场的过程，由动量定理：菁优网-jyeoo

②由几何关系知，靶的最小半径为：菁优网-jyeoo

③电子以v0的速度在MN间加速时，由动能定理有：菁优网-jyeoo菁优网-jyeoo

得到：菁优网-jyeoo

再由几何关系：（l﹣R）tanθ＝（l+R）tanθ'

菁优网-jyeoo、菁优网-jyeoo菁优网-jyeoo

故：菁优网-jyeoo

联立得：菁优网-jyeoo

所以：菁优网-jyeoo

答：（1）转磁场的磁感应强度B的大小菁优网-jyeoo，方向垂直纸面向内；

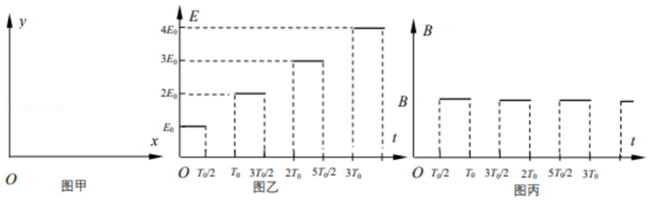
（2）①偏转电场对电子的冲量大小为菁优网-jyeoo；

②靶环的最小半径为菁优网-jyeoo；

③若②问中求得靶环的最小半径为R，且电子以初速度v0进入M、N之间开始加速时，电子仍能打到靶环上，菁优网-jyeoo的最大值为菁优网-jyeoo。

【点评】解决该题需要明确知道电子在各个区域的运动情况，知道在匀强电场中顺着电场线电势的变化情况，能正确推导出电子在磁场中运动半径。

46．（南京模拟）如图甲所示，在xOy平面内有范围足够大的周期性呈现的匀强电场和匀强磁场，电场强度E和磁感应强度B随时间t变化的图象如图乙、图丙所示，E的方向为x轴正方向，E0、T0为已知量，电场强度在第k（k＝1，2，3……）个周期的前半周期内大小为kE0。B垂直xOy平面向里，B的大小不确定且可调t＝0时刻，质量m、电荷量+q的粒子P在坐标原点O处静止释放，不计粒子的重力大小，不考虑E、B突变的影响。



（1）t＝菁优网-jyeoo时刻粒子P的速度大小；

（2）要使粒子在电场中运动时始终在x轴上，求磁感应强度B。

（3）改变磁感应强度B使粒子在电场中运动时始终做直线运动，且不始终发生在x轴上，求t＝3T0时刻粒子位置y轴坐标值y3。

【分析】（1）粒子只受电场力，应用动量定理便可求解菁优网-jyeoo时刻粒子P的速度大小；

（2）要使粒子在电场中运动时始终在x轴上，需要在只有磁场时粒子能转过整数倍圈，再根据匀速圆周运动的规律列式求解即可；

（3）要使粒子在电场中运动时始终做直线运动，且不始终发生在x轴上，需要在只有磁场时粒子能转过整数倍半圈，再根据匀速圆周运动的规律列式求解即可。

【解答】解：（1）选x轴正方向为正方向，由动量定理有：qE0×菁优网-jyeoo＝mv1﹣0

解得：v1＝菁优网-jyeoo；

（2）要使粒子在电场中运动时始终在x轴上，则粒子在只有磁场时粒子能转过整数倍圈，即粒子在菁优网-jyeoo时间内转过n圈，其中n＝1，2,3……，

设粒子在磁场中运动时周期为T，则nT＝菁优网-jyeoo。

粒子在磁场中，由牛顿第二定律有：qvB＝m菁优网-jyeoo，又T＝菁优网-jyeoo

解得：T＝菁优网-jyeoo，

又nT＝菁优网-jyeoo，即菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo，

解得：B＝菁优网-jyeoo，n＝1，2，3，……；

（3）根据题意，粒子每个周内后半周期在磁场中是转过圈数可能是（2k+1）菁优网-jyeoo，其中k＝0，1，2，3……，

有：菁优网-jyeoo＝（2k+1）菁优网-jyeooT＝菁优网-jyeoo，

t1＝菁优网-jyeoo时刻粒子速度v1＝菁优网-jyeoo，

菁优网-jyeoo﹣T0时间粒子回旋半径菁优网-jyeoo，

代入上面结果得R1的可能值：

菁优网-jyeoo，k＝0，1，2，3……

T0时刻粒子速度为﹣v1，方向向左，

菁优网-jyeoo时刻粒子速度v2＝﹣v1+2菁优网-jyeoo＝v1，

所以菁优网-jyeoo时间粒子回旋半径R2＝R1

2T0时刻粒子速度为﹣v2，方向向左，

t3＝2T0+菁优网-jyeoo时刻粒子速度v3＝﹣v2+菁优网-jyeoo＝2v1，

所以2T0+菁优网-jyeoo﹣3T0时间粒子回旋半径R3＝2R1

t＝3T0时刻粒子y坐标y3＝2R1+2R2+2R3＝8R1，

代入数据得：y3＝菁优网-jyeoo，k＝0，1，2，3……。

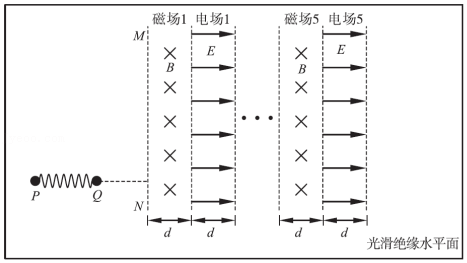
答：（1）t＝菁优网-jyeoo时刻粒子P的速度大小为菁优网-jyeoo；

（2）要使粒子在电场中运动时始终在x轴上，磁感应强度B大小为菁优网-jyeoo，n＝1，2，3，……；

（3）要使粒子在电场中运动时始终做直线运动，且不始终发生在x轴上，t＝3T0时刻粒子位置y轴坐标值y3为菁优网-jyeoo，k＝0，1，2，3……。

【点评】本题是带电粒子在复合场中运动的问题，分析粒子的受力情况，确定其运动情况，关键是根据粒子在电场中的运动情况判断粒子在磁场中的运动情况。

47．（厦门三模）如图所示，光滑绝缘水平面上有一处于锁定状态的压缩轻质绝缘弹簧，弹性势能Ep＝2mv02，弹簧两端与两小球P、Q接触但不相连，质量为菁优网-jyeoo的小球P不带电，小球Q质量为m，带电量为+q。弹簧解除锁定后，小球P、Q向两边弹离。小球Q离开弹簧后垂直于边界MN进入右侧多层紧密相邻的匀强磁场和匀强电场，磁场与电场的宽度均为d，长度足够，磁感应强度大小相同，方向竖直向下；电场强度大小相同，方向水平向右。小球Q穿出第一个磁场区域时速度方向与磁场边界的夹角θ＝60°，假设电场、磁场均有理想边界，两小球均可视为质点，求：



（1）弹簧恢复原长时，小球Q的速度大小；

（2）若压缩弹簧的弹性势能范围为0＜Ep≤4mv02，写出小球Q穿出第一个磁场区域时速度方向与磁场边界的夹角余弦值cosθ与Ep之间的函数关系式；

（3）在（2）的前提下，若要小球Q不穿出第5个磁场的右侧边界，求电场强度的最大值。

【分析】（1）弹簧弹开后，P、Q两小球的动量等大反向，弹性势能转化为两小球的动能，由此列式解得；

（2）根据弹性势能的取值不同，找出小球穿出第一个磁场的临界状态及出现临界时的弹性势能，并求出对应临界状态下，小球Q穿出第一个磁场区域时速度方向与磁场边界的夹角余弦值cosθ与Ep之间的函数关系式，从而解得；

（3）小球Q恰好与第5个磁场右边界相切时，恰好不穿过第5个磁场，则小球Q经过了4个电场加速，结合动能定理列式；垂直于电场方向的洛伦兹力分量引起小球垂直于电场方向的动量变化，结合动量定理列式，再结合水平方向运动规律，从而解得。

【解答】解：（1）弹簧弹开后，P、Q两小球的动量等大反向，弹性势能转化为两小球的动能，

则有：菁优网-jyeoo＝mvQ

Ep＝菁优网-jyeoo•菁优网-jyeoo菁优网-jyeoo+菁优网-jyeoom菁优网-jyeoo

又有：Ep＝2mv02，

解得：vQ＝菁优网-jyeoo＝v0

（2）小球Q穿出第一个磁场区域时与磁场边界的夹角θ＝60°，

则有：Rcosθ＝d

BqvQ＝m菁优网-jyeoo

解得：B＝菁优网-jyeoo

若弹簧弹性势能较小，小球恰与右边边界相切，转半圈后垂直左边射出，

则有：R1＝d

BqvQ'＝m菁优网-jyeoo

解得：vQ'＝菁优网-jyeoo

由（1）可知，此时Ep'＝菁优网-jyeoomv02，小球垂直左边界射出，cosθ＝0；

若弹簧弹性势能较大，则小球从右边边界射出，

则有：vQ＝菁优网-jyeoo

cosθ＝菁优网-jyeoo

BqvQ＝m菁优网-jyeoo

解得：cosθ＝菁优网-jyeoo

则有：0＜Ep≤菁优网-jyeoomv02，cosθ＝0

或者：菁优网-jyeoomv02＜Ep≤4mv02，cosθ＝菁优网-jyeoo

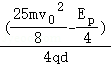
（3）小球Q恰好与第5个磁场右边界相切时，恰好不穿过第5个磁场，则小球Q经过了4个电场加速，

则有：4qEd＝菁优网-jyeoomv52﹣菁优网-jyeoomvQ2，其中vQ＝菁优网-jyeoo

仅垂直于电场方向的洛伦兹力分量引起小球垂直于电场方向的动量变化，设垂直于电场方向的洛伦兹力的方向为正方向，

则有：∑qvxB△t＝mv5﹣0

∑vx△t＝5d

联立解得：E＝

弹性势能越小，电场强度越大，

即当Ep＝菁优网-jyeoomv02时，对应的电场强度最大，为Em＝菁优网-jyeoo。

答：（1）弹簧恢复原长时，小球Q的速度大小为v0；

（2）当压缩弹簧的弹性势能0＜Ep≤菁优网-jyeoomv02时，cosθ＝0；当压缩弹簧的弹性势能 菁优网-jyeoomv02＜Ep≤4mv02时，cosθ＝菁优网-jyeoo；

（3）在（2）的前提下，若要小球Q不穿出第5个磁场的右侧边界，求电场强度的最大值为菁优网-jyeoo。

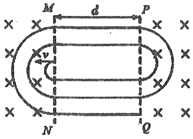
【点评】本题考查了带电小球在磁场与电场的组合场中的运动，属于压轴题难度较大，关键是分析清楚小球的运动过程及临界状态，综合运用牛顿第二定律、动能定理、动量定理及能量守恒解答。

48．（大庆模拟）受到回旋加速器的启发，某科研团队设计了另一种加速带电粒子的仪器，基本原理如图所示，以两虚线MN、PQ为边界，中间存在平行纸面且与边界垂直的水平电场，宽度为d，两侧为相同的匀强磁场，磁感应强度大小为B，方向垂直纸面向里。一质量为m、电荷量为+q（不计重力）的带电粒子，以初速度v垂直MN边界射入磁场做匀速圆周运动后进入电场做匀加速直线运动，然后垂直PQ边界进入磁场中运动，此后粒子在电场和磁场中交替运动。已知从带电粒子第二次进入电场开始，每次进入电场的瞬间，距离粒子较远的磁场向外移动距离d，使电场的宽度增加距离d，不考虑由于电磁场的移动对空间电磁场带来的影响。已知带电粒子每次进入电场时均做匀加速直线运动，且粒子在磁场中运动的半径是上一次在磁场中运动半径的v倍。求：

（1）粒子第一次经过电场的过程中电场力所做的功W1；

（2）粒子第n次经过电场时电场强度的大小En；

（3）从开始运动到第n次经过电场时所用的总时间t。



【分析】（1）根据洛伦兹力提供向心力求出粒子在磁场中的运动轨道半径，结合轨道半径的变化得出速度的变化，通过动能定理求出粒子第一次经过电场的过程中电场力所做的功；

（2）第n次经过电场时，电场的宽度为nd，结合第n次经过电场时的初末速度，运用动能定理求出粒子第n次经过电场时电场强度的大小；

（3）根据动量定理求出第n次通过电场所用时间的表达式，结合时间的表达式求出通过电场的总时间，再结合在磁场中运动的总时间，求出从开始运动到第n次经过电场时所用的总时间t。

【解答】解：（1）带电粒子在磁场中做匀速圆周运动，有：菁优网-jyeoo，

半径为：r＝菁优网-jyeoo，

半径增加v倍，则速度增加v倍，即：菁优网-jyeoo，

根据动能定理得：菁优网-jyeoo，

解得：W1＝菁优网-jyeoo；

（2）第n次经过电场过程中，电场的宽度为：dn＝nd，（n＝1、2、3••••••）

初末速度分别为vn和vn+1，

由动能定理得：qEnnd＝菁优网-jyeoo，

解得粒子第n次经过电场时的电场强度的大小：En＝菁优网-jyeoo；

（3）带电粒子第n次经过电场的过程中，由动量定理得：菁优网-jyeoo，

解得：菁优网-jyeoo，

则：t电＝t1+t2+t3+•••+tn，

联立可得：t电＝菁优网-jyeoo，

整理可得：菁优网-jyeoo，

根据洛伦兹力提供向心力得：菁优网-jyeoo，

周期为：T＝菁优网-jyeoo，

在磁场中运动的总时间：菁优网-jyeoo＝菁优网-jyeoo，

从开始运动到第n次经过电场时所用的总时间为：t＝t电+t磁＝菁优网-jyeoo。

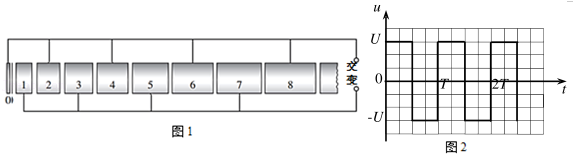
答：（1）粒子第一次经过电场的过程中电场力所做的功为菁优网-jyeoo；

（2）粒子第n次经过电场时电场强度的大小为菁优网-jyeoo；

（3）从开始运动到第n次经过电场时所用的总时间为菁优网-jyeoo。

【点评】本题考查了带电粒子在组合场中的运动，关键理清整个过程中粒子的运动规律，结合动能定理、动量定理综合求解。对于第三问，对数学能力的要求较高，关键得出时间的通项表达式，结合数学知识综合求解。

49．（西城区二模）研究原子核的结构时，需要用能量很高的粒子轰击原子核。为了使带电粒子获得很高的能量，科学家发明了各种粒子加速器。图1为某加速装置的示意图，它由多个横截面积相同的金属圆筒依次排列组成，其轴线在同一直线上，序号为奇数的圆筒与序号为偶数的圆筒分别和交变电源的两极相连，交变电源两极间的电势差的变化规律如图2所示。在t＝0时，奇数圆筒相对偶数圆筒的电势差为正值。此时和偶数圆筒相连的金属圆板（序号为0）的中央有一电子，在圆板和圆筒1之间的电场中由静止开始加速，沿中心轴线进入圆筒1。为使电子在圆筒之间的间隙都能被加速，圆筒长度的设计必须遵照一定的规律。



若电子的质量为m，电荷量为﹣e，交变电源的电压为U，周期为T，两圆筒间隙的电场可视为匀强电场，圆筒内场强均为0。不计电子的重力和相对论效应。

（1）求电子进入圆筒1时的速度v1，并分析电子从圆板出发到离开圆筒2这个过程的运动；

（2）若忽略电子通过圆筒间隙的时间，则第n个金属圆筒的长度Ln应该为多少？

（3）若电子通过圆筒间隙的时间不可忽略，且圆筒间隙的距离均为d，在保持圆筒长度、交变电压的变化规律和（2）中相同的情况下，该装置能够让电子获得的最大速度是多少？

【分析】（1）根据动能定理求解电子进入圆筒1时的速度，根据受力情况分析运动情况；

（2）根据动能定理求解经过n次加速后的速度大小，根据位移﹣时间关系求解第n个金属圆筒的长度；

（3）根据匀变速直线运动的规律结合运动学公式、牛顿第二定律进行解答；或者根据动能定理进行解答。

【解答】解：（1）电子由金属圆板经电场加速进入圆筒1，根据动能定理Ue＝菁优网-jyeoo﹣0

解得：v1＝菁优网-jyeoo；

电子从圆板开始先做匀加速直线运动，进入圆筒1，筒内场强为0，电子不受外力做匀速直线运动，在圆筒1、2之间间隙再做匀加速直线运动，进入圆筒2再做匀速直线运动。

（2）电子进入第n个圆筒时，经过n次加速，根据动能定理nUe＝菁优网-jyeoo﹣0

解得：vn＝菁优网-jyeoo

由于不计电子通过圆筒间隙的时间，则电子在圆筒内做匀速直线运动的时间恰好是半个周期，则：Ln＝vn菁优网-jyeoo

解得：Ln＝T菁优网-jyeoo；

（3）由于保持圆筒长度、交变电压的变化规律和（2）中相同，若考虑电子在间隙中的加速时间，则粒子进入每级圆筒的时间都要比（2）中对应的时间延后一些，如果延后累计时间等于菁优网-jyeoo，则电子再次进入电场时将开始减速，此时的速度就是装置能够加速的最大速度。

方法1：由于两圆筒间隙的电场为匀强电场，间距均相同，则电子的加速度为：a＝菁优网-jyeoo

其中：F＝Ee，E＝菁优网-jyeoo

解得：a＝菁优网-jyeoo

累计延后时间为菁优网-jyeoo，则电子的加速时间为菁优网-jyeoo，所以电子的最大速度为：vm＝a菁优网-jyeoo

解得：vm＝菁优网-jyeoo；

方法2：由于两圆筒间隙的电场为匀强电场，间距均为d，经过N次加速到最大速度，则：Nd＝菁优网-jyeoo

根据动能定理可得：NUe＝菁优网-jyeoo﹣0

解得vm＝菁优网-jyeoo。

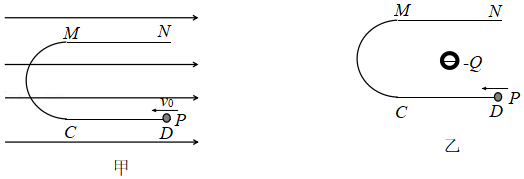
答：（1）电子进入圆筒1时的速度为菁优网-jyeoo；电子从圆板开始先做匀加速直线运动，进入圆筒1做匀速直线运动，在圆筒1、2之间间隙再做匀加速直线运动，进入圆筒2再做匀速直线运动；

（2）若忽略电子通过圆筒间隙的时间，则第n个金属圆筒的长度Ln应该为T菁优网-jyeoo；

（3）该装置能够让电子获得的最大速度是菁优网-jyeoo。

【点评】有关带电粒子在匀强电场中的运动，可以从两条线索展开：其一，力和运动的关系。根据带电粒子受力情况，用牛顿第二定律求出加速度，结合运动学公式确定带电粒子的速度和位移等；其二，功和能的关系。根据电场力对带电粒子做功，引起带电粒子的能量发生变化，利用动能定理进行解答。

50．（江苏模拟）如图所示，水平细杆MN、CD，长度均为L，两杆间距离也为L，M、C两端与半圆形细杆相连，半圆形细杆与MN、CD在同一竖直平面内，且MN、CD恰为半圆弧在M、C两点处的切线。质量为m的带正电的小球P，电荷量为q，穿在细杆上，已知小球P与两水平细杆间的动摩擦因数μ＝0.5，且与半圆形细杆之间的摩擦不计，小球P与细杆之间相互绝缘。若整个装置处在水平向右，场强大小为菁优网-jyeoo的匀强电场中，如图甲所示。



（1）小球P以大小为菁优网-jyeoo的水平向左的初速度从D端出发，求它沿杆滑到半圆形轨道最低点C时受到杆对它弹力的大小；

（2）要使得小球能沿半圆形细杆滑到MN水平杆上，则小球P从D端出发的初速度大小至少多大；

（3）撤去题中所述的电场，改为在MD、NC连线的交点O处固定一电荷量为Q的负电荷，如图乙所示，使小球P从D端出发沿杆滑动，滑到N点时速度恰好为零（已知小球所受库仑力始终小于重力），求小球P从D端出发时的初速度大小。

【分析】小球由D到C的过程中，由动能定理求小球受到杆对它的弹力；重力和电场力的等效重力的方向为与水平方向夹45°斜向右下方，等效最高点为半圆形轨道斜向左上方45°的位置处，只要该点速度大于等于零即可使得小球能沿半圆形细杆滑到MN水平杆上；根据对称性和微元法求摩擦力的功，根据能量守恒求速度。

【解答】解：（1）小球由D到C的过程中，由动能定理有：

菁优网-jyeoo

在C点由向心力公式有：

解得：FN＝3mg

（2）重力和电场力的等效重力的方向为与水平方向夹45°斜向右下方，等效最高点为半圆形轨道斜向左上方45°的位置处，只要该点速度大于等于零即可，从D点到该位置的过程，由动能定理得：

菁优网-jyeoomgL＝0﹣菁优网-jyeoo

解得：菁优网-jyeoo

（3）利用对称性及微元法有：

△wf＝μ（mg﹣Fy）△s+μ（mg+Fy）△s＝2μmg△s

所以Wf＝△W1+△W2+⋯＝2μmgL

又因为小球P在D点和N点电势能相等，所以从D到N，W电＝0

由能量守恒有：菁优网-jyeoo

解得：菁优网-jyeoo

答：（1）小球P以大小为菁优网-jyeoo的水平向左的初速度从D端出发，求它沿杆滑到半圆形轨道最低点C时受到杆对它弹力的大小为3mg；

（2）要使得小球能沿半圆形细杆滑到MN水平杆上，则小球P从D端出发的初速度大小至少为菁优网-jyeoo；

（3）撤去题中所述的电场，改为在MD、NC连线的交点O处固定一电荷量为Q的负电荷，如图乙所示，使小球P从D端出发沿杆滑动，滑到N点时速度恰好为零小球P从D端出发时的初速度大小为菁优网-jyeoo。

【点评】解题的关键是利用对称性和微元法求摩擦力的功；解题时注意用等效重力的方法找等效最高点，找临界条件。