大鹏物理-磁场-好题集萃-解析

1．AC

【详解】A．由$B=\frac{F}{IL}$知，一小段通电直导线放在磁感应强度为零处，它所受磁场力一定为零，故 A 正确；

B．一小段通电导线在某处不受磁场力，可能是导线与磁场平行，而该处的磁感应强度不一定为零，故 B 错误；

C．磁感应强度的方向就是小磁针静止时 N 极所指的方向，故 C 正确；

D．磁感应强度的方向，与一小段通电导线在该处受磁场力的方向垂直，故 D 错误。

故选 AC。

2．A

【详解】A．$B=\frac{F}{IL}$是磁感应强度的定义式，适用任何磁场，但电流元IL一定要垂直磁场方向放置，故 A 正确；

B．$Q=I^2Rt$用来计算一段电路电流通过时产生的热量，此公式只适用于纯电阻电路，若这段电路是纯电阻电路，也可以用来计算电流在这段电路做的功，若这段电路不是纯电阻电路，不可以用来计算电流在这段电路做的功，故 B 错误；

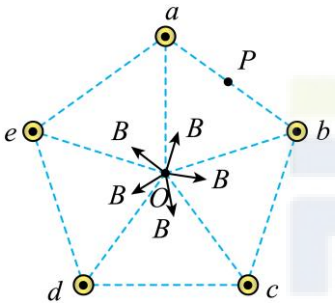
C．在匀强电场中有关系式$U=Ed$，在沿电场方向距离d相等的两点，U一定相等，故 C 错误；

D．$E=\frac{F}{q}$、$C=\frac{Q}{U}$为比值定义法定义的物理量，但$I=\frac{U}{R}$为欧姆定律，不是比值定义法，故 D 错误。

故选 A。

3．AD

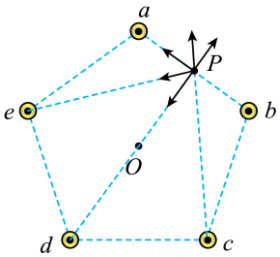
【详解】A．五个顶点上通以大小相等方向均垂直于纸面向外的电流，其在O点产生的磁感应强度为$B=\frac{kI}{r}$，如图所示



由对称性可知O点磁感应强度为零，故 A 正确；

D．若将导线a中的电流增加为原来 2 倍方向不变，则导线a在O点产生的磁感应强度为$B_1=\frac{2kI}{r}$，将此磁感应强度看成两个等大的B，其中一个磁感应强度B与另外 4 个的合磁感应强度仍然为零，则O点的合磁感应强度为B，方向为垂直aO连线向右，故 D 正确；

B．P点的 5 个磁感应强度如图所示



根据对称性可知合磁感应强度沿Pa方向，故 B 错误；

C．因 5 个B在 O 点的合磁感应强度为零，则去掉长直导线e，O点磁感应强度大小为B，方向与导线e产生的磁感应强度方向相反，即垂直eO斜向左下方，故 C 错误。

故选 AD。

4．B

【详解】根据安培定则，作出三根长直导线分别在O点处产生的磁场方向，如图甲所示

L_1在O点处产生的磁感应强度大小为

$B_1=\frac{kI}{a}$ L_2在O点处产生的磁感应强度大小为

$B_2=\frac{kI}{\sqrt{2}a}$ L_3在O点处产生的磁感应强度大小为

$$B_3=\frac{2kI}{a}$$

先将 B_2 正交分解，则沿 x 轴负方向的分量为

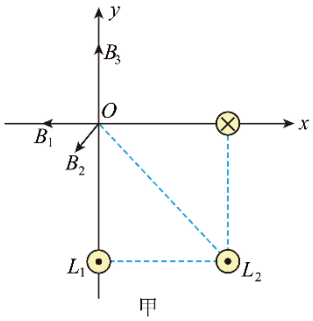
$$B_{2x}=\frac{kI}{\sqrt{2}a}\sin 45^\circ=\frac{kI}{2a}$$

同理，沿 y 轴负方向的分量为

$$B_{2y}=\frac{kI}{\sqrt{2}a}\cos 45^\circ=\frac{kI}{2a}$$

故 x 轴负方向的合磁感应强度为

$B_x=B_1+B_{2x}=\frac{3kI}{2a}$ y 轴正方向的合磁感应强度为



甲

$$B_y=B_3-B_{2y}=\frac{3kI}{2a}$$

故最终的合磁感应强度的大小为

$$B=\sqrt{B_x^2+B_y^2}=\frac{3\sqrt{2}kI}{2a}$$

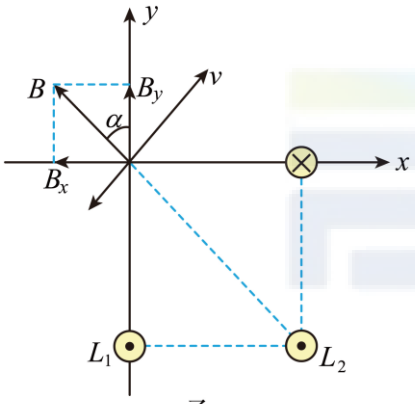
设 B 与 y 轴正方向的夹角为 α，则

$$\tan\alpha=\frac{B_x}{B_y}=1$$

则

$$\alpha=45^\circ$$

如图乙所示



乙

某时刻有一质子（电荷量为 e）正好以与 x 轴正方向成 45° 角的速度斜向上经过原点 O，由左手定则可知，质子所受洛伦兹力的方向垂直纸面向外，大小为

$$F=eBv=\frac{3\sqrt{2}kIve}{2a}$$

故选 B。

5．C

【详解】AB．由安培定则可知，左侧导线中的电流在该导线右侧产生的磁场的方向沿 $-y$ 方向，而右侧导线中的电流在该导线左侧产生的磁场的方向沿 $-y$ 方向，由于规定磁场方向沿 $-y$ 方向为正，此区间内的磁场等于两条直导线在各处形成的磁感应强度之和，故在 MN 区间内磁场方向为正，根据通电长直导线周围某点磁感应强度

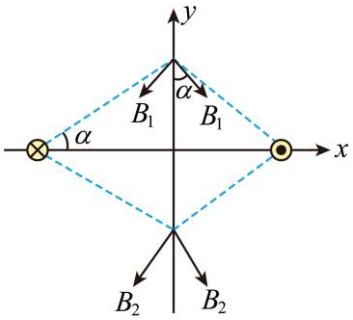
$$B=k\frac{I}{r}$$

知距离导线越远磁场越弱，又

$$I_1=I_2$$

可知在两根导线中间位置 O 点磁场最弱，但不为零；在导线 M 左侧 M 导线形成的磁场沿 y 方向， N 导线形成的磁场沿 $-y$ 方向，因该区域离 M 导线较近，则合磁场方向沿 y 方向，为负方向，且离 M 导线越远处磁场越弱；同理，在导线 N 右侧 N 导线形成的磁场沿 y 方向，M 导线形成的磁场沿 $-y$ 方向，因该区域离 N 导线较近，则合磁场方向沿 y 方向，为负方向，且离 N 导线越远处磁场越弱，故 A 错误，B 错误；

CD． 两通电导线在 y 轴的磁感应强度如图所示



因此可知合场强竖直向下，大小为

$$B=2B_1\cos\alpha$$

越远离 O 点 $\cos\alpha$ 越小，因此 B 越小，C 正确 D 错误。

故选 C。

6．D

【详解】根据题目中的定义，长直导线 M 在 O 点产生的磁场为

$$B_M=\frac{kI_0}{x_0}$$

方向为垂直纸面向里；已知 O 处的磁感应强度大小为 $\frac{kI_0}{2x_0}$、方向垂直于纸面向外，则长直导线 N 在 O 点产生的磁场方向垂直于纸面向外，即电流方向为竖直向上，根据磁场强度的矢量式得

$$B_O=B_N-B_M$$

$$B_N=k\frac{I_x}{x_0}$$

解得

$$I_x=\frac{3}{2}I_0$$

则 P 点场强方向为垂直于纸面向外，大小为

$$B_P=\frac{kI_0}{x_0}+\frac{k\cdot\frac{3}{2}I_0}{3x_0}=\frac{3kI_0}{2x_0}$$

Q 点场强方向为垂直于纸面向里，大小为

$$B_Q=\frac{kI_0}{3x_0}+\frac{k\cdot\frac{3}{2}I_0}{x_0}=\frac{11kI_0}{6x_0}$$

故选 D。

7．C

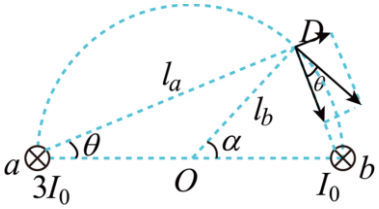
【分析】直径所对的圆周角等于 90°，弦切角等于圆周角，等于圆心角的一半，根据右手定则分别画出电流 $3I_0$ 和 I_0 在 D 处产生的磁场，根据平行四边形进行合成，利用几何关系求圆心角和对应的磁感应强度．

【详解】AB.在三角形 ΔaDb，$\angle D=90^\circ$，$\tan\theta=\frac{l_b}{l_a}$，在半圆周上 D 点磁感应强度的方向恰好沿圆周切线方向，

如图则有 $\tan\theta=\frac{k\frac{I_0}{l_b}}{k\frac{3I_0}{l_a}}=\frac{l_a}{3l_b}$，联立解得：$\theta=30^\circ$，由圆的几何知识，圆心角等于圆周的 2 倍，可得 $\alpha=2\theta=60^\circ$，

故 AB 错；

CD.由以上式子还有 $l_b=2R\sin30^\circ=R$；且 $B_D=\frac{k\frac{I_0}{l_b}}{\sin30^\circ}=\frac{2kI_0}{R}$，故 C 正确，D 错误．



【点睛】考查右手螺旋定则与矢量的合成法则的应用，理解磁感应强度 B＝k$\frac{I}{r}$ 的含义，注意几何关系：圆的直径对应的圆周角为 90°.

8．A

【详解】根据题意可知在图中 P_1 和 P_2 两点处的

$$B_A = B_B$$

即

$$k\frac{4I}{L+x_2} = k\frac{I}{x_2}$$

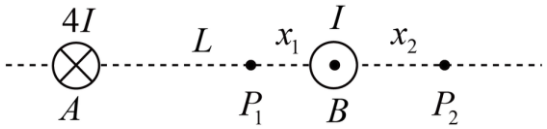
解得

$$x_1 = \frac{L}{5}$$

$$x_2 = \frac{L}{3}$$

根据安培定则可知在 P_1 点两磁场的方向相同，在 P_2 点两磁场的方向相反，所以只有 P_2 处磁感应强度的矢量和为零，选项 A 正确，BCD 错误。

故选 A。



9．D

【详解】已知 OM 为 P、Q 连线的中垂线，$\angle MPQ = \theta$，每根导线在 M 处磁感应强度为

$$B = k\frac{I}{\frac{r}{\cos\theta}} = k\frac{I}{r}\cos\theta$$

其中

$$r = OP$$

根据矢量合成可知，M 点磁感应强度为

$$B_M = 2B\sin\theta = k\frac{I}{r}\sin 2\theta$$

所以当 $\theta = 45°$，M 处磁感应强度最大，则

$$\sin\theta = \frac{\sqrt{2}}{2}$$

故选 D。

10．D

【详解】A．地磁的 N 级在地理的南极，因此赤道附近地面上的地磁场方向由南向北，选项 A 错误；

B．给小磁针正上方的导线中通入稳定直流电流，小磁针重新静止后指向北偏东，说明小磁针受到导线的作用力向东，由右手螺旋定则可知直导线中通入的电流方向由北向南，选项 B 错误；

CD．给导线中通入稳定直流电流，小磁针重新静止后指向北偏东 30°，则电流在小磁针处的磁场方向向东，大小是

$$B = B_0\tan 30° = \frac{\sqrt{3}}{3}B_0$$

选项 C 错误，D 正确。

故选 D。

11．A

【详解】B．由地磁场特点，可知地磁场从南方指向北方，即 B_0 的方向由南向北，故 B 错误；

A．由题意可知，小磁针稳定时的 N 极指向为北偏西，而地磁场方向为由南至向北，故电流产生的磁场方向为由东向西，结合安培定则，可知电流方向为由南向北，故 A 正确；

CD．由电流的磁场方向指向西、地磁场的方向指向北、两个磁场的合磁场方向为北偏西 45°，可得到两个磁感应强度的大小关系为

$$\tan 45° = \frac{B}{B_0}$$

即

$$B = B_0$$

方向为指向西，故 CD 错误。
故选 A。
12．C
【详解】AD．根据题意可知，当 x 趋向无穷大时，小磁针所指的方向为地磁场的方向，由题图可知，x 趋向无穷大时，$\sin\theta$ 趋向于 1，则 θ 趋向 90°，即小磁针的方向与 x 轴的方向垂直，即条形磁铁在该处产生的磁场方向与地磁场方向的夹角越大；当 x 非常小时，小磁针的 N 极沿 x 轴正方向，即条形磁铁的右端为 N 极，故 AD 错误；
BC．根据题图乙可知，在 x_0 处有

$$\sin\theta=\frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$\theta=45°$$

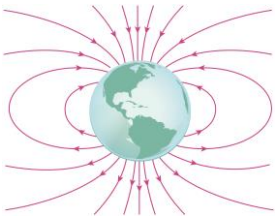
设条形磁铁在 x_0 处产生的磁场的磁感应强度大小为 $B_{条}$，则

$$\tan\theta=\frac{B_0}{B_{条}}$$

解得

$$B_{条}=B_0$$

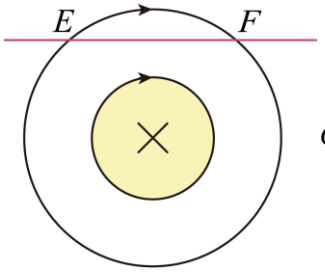
B 错误，C 正确。
故选 C。
13．B
【详解】AB．由题意，当 x、y、z 方向的分量与所建坐标系对应正方向相同时显示的示数为正值，反向时为负值，则说明当坐标轴与磁场方向垂直时，示数为 0，故 A 错误，B 正确。
C．前四次测量时手机屏面保持水平且正面朝上，而表中 z 轴数值为负值，说明该地地磁场方向向下，根据地磁场分布图（如图所示）可判断该地位于北半球



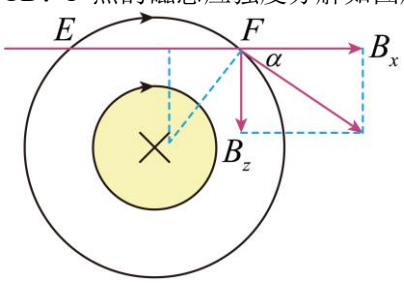
故 C 错误。
D．根据

$$B_{地}=\sqrt{B_x^2+B_y^2+B_z^2}$$

利用表格中六组数据求出磁场大小后，再求平均值可算出当地的地磁场场强约为 $50\mu T$，故 D 错误。
故选 B。
14．AC
【详解】AB．由题中数据可知，E、F 两点水平 x 方向的磁感应强度大小相等，方向均沿+x 方向，竖直 z 方向的磁感应强度大小相等，E 点沿+z 方向分量与 F 点沿-z 方向分量相等，结合 G、H 两点在 y、z 方向磁感应强度均为零可知 E、F 点位置如图所示：



G、H 在 EF 的中垂线上，故电缆中电流沿+y 方向。选项 A 正确，B 错误；
CD．F 点的磁感应强度分解如图所示：



可得

$$\tan\alpha=\frac{B_z}{B_x}=\frac{3}{4}$$

又 EF 长为

$$L=18\text{m}$$

由几何关系可得

$$\tan\alpha=\frac{\frac{1}{2}L}{h}$$

解得距离地面的深度为

$$h=1.2\text{m}$$

选项 C 正确，D 错误。
故选 AC。
15．C
【详解】AC．导体棒中电流方向由 B 指向 D，且与磁场方向垂直，根据左手定则，导体棒所受安培力的方向垂直于 MN 向右下方，故 A 错误，C 正确；
BD．导体棒连入电路的实际阻值为 $2R$，由闭合电路欧姆定律可知电路中电流

$$I=\frac{E}{2R+r}$$

导体棒 MN 的长度

$$L=\frac{d}{\sin 30^\circ}=2d$$

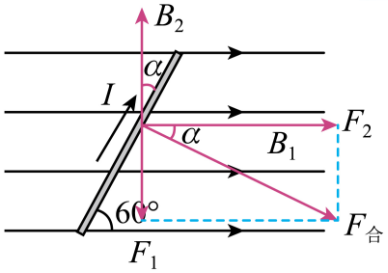
故导体棒所受安培力

$$F_{安}=BIL=B\frac{E}{2R+r}2d=\frac{2BEd}{2R+r}$$

故 BD 错误。
故选 C。
16．BD
【详解】导线平行于纸面时，受安培力为零，说明合磁场方向与电流平行，可分同向和方向两种情况分析。导线垂直纸面时，安培力与导线垂直，设电流垂直纸面向里，则

$$F_1=B_1IL=1\text{N}$$

第一种情况：合磁场与电流同向。导线垂直纸面时，受力情况如图



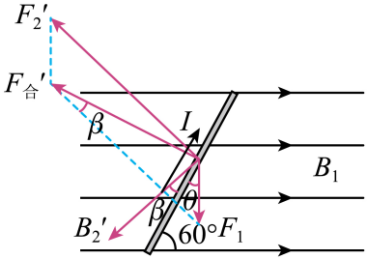
导线受安培力大小为 2N，则

$$F_2=B_2IL=\sqrt{3}\text{N}$$

得

$$B_2=\sqrt{3}\text{T}$$

第二种情况：合磁场与电流反向，导线垂直纸面时，受力情况如图



由于 $\theta=30°$，根据余弦定理

$$F_2'=\sqrt{F_1^2+F_{合}^2-2F_1F_{合}\cos(90°+\theta)}=\sqrt{7}\text{N}$$

由

$$F_2' = B_2' IL$$

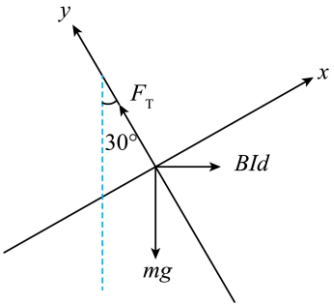
得

$$B_2' = \sqrt{7}\mathrm{T}$$

故选 BD。

17．C

【详解】AB．由题意可知，当摆角为30°时，为圆周的等效最低点，对此时导体棒受力分析



通过受力分析知导体棒受到的安培力方向水平向右

$$mg\sin 30^\circ = BId\cos 30^\circ$$

解得

$$I = \frac{mg\sin 30^\circ}{Bd\cos 30^\circ} = \frac{1\times 10\times \frac{1}{2}}{1\times 0.5\times \frac{\sqrt{3}}{2}}\mathrm{A} = \frac{20\sqrt{3}}{3}\mathrm{A}$$

故 AB 错误；

C．导体棒由静止到等效最低点过程中，由动能定理得

$$-mg(l - l\cos 30^\circ) + BIdl\sin 30^\circ = \frac{1}{2}mv^2$$

又有牛顿第二定律得

$$2F_T - \left(mg\cos 30^\circ + BId\sin 30^\circ\right) = m\frac{v^2}{l}$$

将 $l = 1\mathrm{m}$、$d = 0.5\mathrm{m}$、$B = 1\mathrm{T}$、$I = \frac{20\sqrt{3}}{3}$、$m = 1\mathrm{kg}$ 带入以上两式得

$$F_T = (10\sqrt{3} - 10)\mathrm{N}$$

故 C 正确；

D．如果只受重力得单摆周期

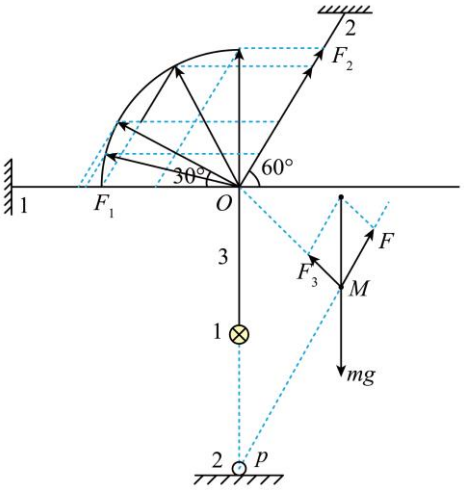
$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} = \frac{2\pi}{\sqrt{10}}\mathrm{s}$$

导体棒运动了半个周期，但是受到水平方向的安培力作用，等效重力加速度不等于 g，故静止向上摆至最大摆角处需要的时间不等于 $\frac{\pi}{\sqrt{10}}\mathrm{s}$，故 D 错误。

故选 C。

18．D

【详解】对导体棒 1 进行受力分析如图所示



此三个力组成的封闭三角形与$\triangle OPM$相似，所以

$$\frac{F_3}{d}=\frac{F}{PM}=\frac{mg}{2d}$$

可知恒有

$$F_3=\frac{mg}{2}$$

A．对结点进行分析，绳 1 和绳 2 中的拉力F_1和F_2的合力大小恒为$\frac{mg}{2}$，导体棒运动过程中F_1和F_2的合力将从竖直方向逆时针转到水平方向，由图示可知F_1先增大后减小，当F_3与绳 2 垂直时F_1最大，最大值为

$$F_{max}=\frac{mg}{2\cos 30°}=\frac{\sqrt{3}}{3}mg$$

B．由图可知F_2一直减小，直至导体棒 1 运动至绳 1 所在的水平线上时最小且最小值为零，故 B 错误；

C．初始时，根据平衡条件，有

$$F_3+BI_0L=mg$$

其中

$$B=\frac{kI}{d}$$

联立解得电流最小值

$$I=\frac{mgd}{2kI_0L}$$

故 C 错误；

D．导体棒 1 运动至绳 1 所在的水平线上时，电流最大，根据比例关系

$$\frac{F_3}{d}=\frac{F}{PM}=\frac{mg}{2d}$$

可得

$$F=\frac{PM}{2d}mg$$

由几何关系，导体棒 1 运动至绳 1 所在的水平线上时 PM 有最大值为

$$PM=\sqrt{5}d$$

联立可得

$$F=\frac{\sqrt{5}}{2}mg$$

又

$$F=BI_0L$$

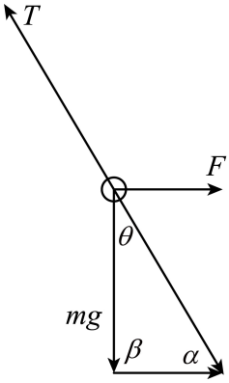
此时

$$B=\frac{kI}{\sqrt{5}d}$$

所以电流最大值

$$I=\frac{5mgd}{2kI_0L}$$

故 D 正确。
故选 D。
19．D
【详解】A．根据题意知 a 对 b 的力为斥力，两导线的电流方向相反，即 a 导线中电流方向垂直纸面向外，故 A 错误；
BC．对 b 进行受力分析，设两绳对 b 的拉力的合力为 T，设斥力为 F，绳子与竖直方向的夹角为 θ，如图所示



在矢量三角形中，根据正弦定理

$$\frac{\sin\alpha}{mg}=\frac{\sin\beta}{T}=\frac{\sin\theta}{F}$$

此时

$$\beta=90^{\circ}$$

根据受力平衡有

$$F=mg\tan\theta$$

在系统缓慢转动直至转接导线 a 的轻绳水平的过程中，a 不变，β 从 90° 逐渐减小到 0，又

$$\alpha+\beta+\theta=180^{\circ}$$

可知 θ 从锐角逐渐增大到钝角，根据

$$\frac{\sin\alpha}{mg}=\frac{\sin\beta}{T}=\frac{\sin\theta}{F}$$

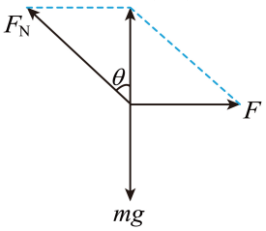
可知由于 $\sin\beta$ 不断减小，可知 T 不断减小，$\sin\theta$ 先增大后减小，可知 F 先增大后减小，故 B、C 错误；
D．最后 T 减小到零，F 与 mg 平衡

$$F'=mg$$

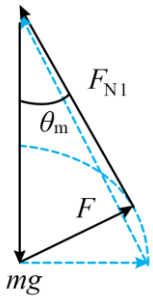
则有

$$\frac{F}{F'}=\frac{mg\tan\theta}{mg}=\frac{\sqrt{3}}{3}$$

故 D 正确。
故选 D。
20．B
【详解】A．若仅将磁场方向沿顺时针缓慢旋转 45°过程中，安培力大小不变，方向由水平以导线为轴顺时针转动，由水平方向转到右下方，则安培力在竖直向下方向的分力逐渐增大，若导线仍处于平衡状态，则支持力为 F_{N}，会逐渐增大，因此若仅将磁场方向沿顺时针缓慢旋转 45°过程中，则 F_{N} 一直增大，故 A 错误；
B．由题意，对长直导线 MN 受力分析，受重力 mg，支持力 F_{N}，安培力 F，由左手定则可知安培力方向水平向右，由平衡条件，顺 M 到 N 方向看，受力图如图所示，



若仅将磁场方向沿逆时针缓慢旋转 60°过程中，可知安培力的大小不变，方向沿逆时针缓慢旋转 45°，由力的平衡条件，可得导线受力的三角形定则平衡图，如图所示，由解析图可知，当安培力 F 的方向与支持力为 F_{N1} 的方向垂直时，MO 连线与竖直方向的夹角最大，则该角的正切值为最大，此时支持力为



$$F_{N1}=\sqrt{(mg)^2-F^2}=\sqrt{(mg)^2-\left(\frac{\sqrt{3}}{3}mg\right)^2}=\frac{\sqrt{6}}{3}mg$$

解得

$$\tan\theta_m=\frac{F}{F_{N1}}=\frac{\sqrt{2}}{2}$$

故 B 正确；

C．图示位置磁场方向竖直向下，设磁感应强度为B_1，则

$$B_1IL=mg\tan 30^\circ\ ①$$

当安培力与弹力方向垂直时，安培力最小，磁感应强度最小，设此时的磁感应强度为B_2，则

$$B_2IL=mg\sin 30^\circ\ ②$$

由①②得

$$\frac{B_2}{B_1}=\frac{\sin 30^\circ}{\tan 30^\circ}=\frac{\sqrt{3}}{2}$$

若磁场的大小和方向可以改变，为使导线 MN 仍能在图示位置处静止，所需的最小磁感应强度的值为原来的$\frac{\sqrt{3}}{2}$倍，

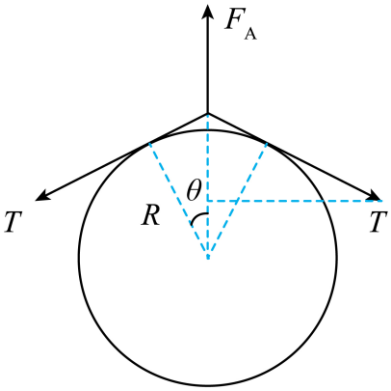
故 C 错误；

D．若仅将磁感应强度大小缓慢增大，由安培力公式$F=BIL$，可知安培力增大，方向不变，支持力增大，θ角增大，导线向上移动，可当θ角增大到一定值时，若再增大，长直导线就不会再处于平衡状态，可知θ角不可能达到 90°，只有θ<90°时，长直导线有可能受力平衡，因此导线 MN 不可能沿圆弧槽缓慢运动到 PP' 位置，更不可能运动到 PP' 上方，故 D 错误。

故选 B。

21．D

【详解】受力分析如图



$$F_A=2BI\theta R$$

由于

$$2T\sin\theta=F_A$$

当$\theta\to 0$时，$\sin\theta\approx\theta$，则得

$$2T\theta=2BI\theta R$$
$$2\pi R=L$$

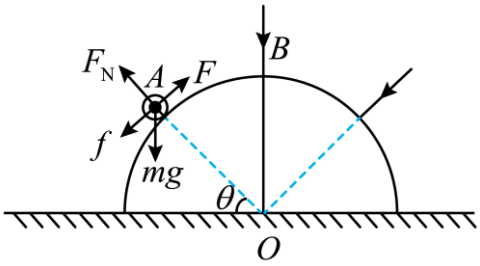
得

$$T=\frac{BIL}{2\pi}$$

故选 D。

22．D

【详解】AB．根据左手定则确定安培力的方向，导体棒在上升至某位置时的受力分析如图所示：



根据平衡条件可知导体棒 A 所受支持力

$$F_N = mg\sin\theta$$

导体棒 A 所受滑动摩擦力

$$f = \mu F_N = \mu mg\sin\theta$$

导体棒 A 沿粗糙的圆柱体从底端缓慢向上滑动，在到达顶端前的过程中，θ 增大，F_N 增大，f 增大，导体棒 A 所受的安培力

$$F = BIL = mg\cos\theta + f = mg\sqrt{1+\mu^2}\sin(\theta+\varphi)$$

其中

$\sin\varphi = \dfrac{1}{\sqrt{1+\mu^2}}$ θ 在 0~90°范围内增大，可知安培力先增大后减小，当 $\theta+\varphi=90°$ 时，导体棒 A 所受的安培力最大，此时

$$\sin\theta = \cos\varphi$$

解得

$$\tan\theta = \mu$$

故 AB 错误；

CD．令支持力和滑动摩擦力的合力方向与摩擦力的方向夹角为 β，则有

$$\tan\beta = \frac{F_N}{f} = \frac{1}{\mu}$$

可知支持力和摩擦力的合力方向与摩擦力的方向夹角始终不变，由于支持力、摩擦力、重力与安培力四个力的合力为零，则重力、安培力的合力与支持力、摩擦力的合力等大反向，摩擦力与安培力位于同一直线上，则重力和安培力的合力方向与安培力的方向的夹角始终不变，F_N 增大，f 增大，则半圆柱体对导体棒 A 的作用力逐渐增大，故 C 错误，D 正确；

故选 D。

23．D

【详解】A．根据闭合电路欧姆定律可得

$$I = \frac{E}{R+r}$$

解得

$$I = 1\text{A}$$

A 错误；

B．对导体棒受力分析有，导体棒所受绳子的拉力

$$T = Mg = 3\text{N}$$

导体棒所受安培力

$$F_{安} = BIL = 2\text{N}$$

由于导体棒处于静止状态，所以导体棒所受摩擦力向左，根据平衡条件有

$$\mu mg + BIL = Mg$$

解得

$$\mu = 0.5$$

B 错误；

C．磁感应强度增加一倍，则

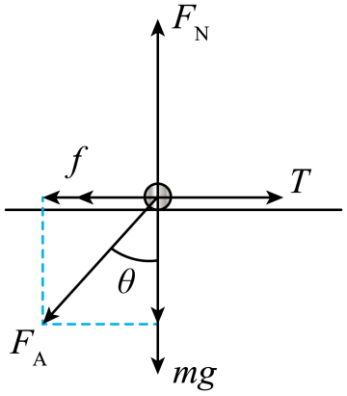
$$F_{安1} = 2BIL = 4\text{N}$$

根据受力情况可知摩擦力方向变为向右，大小为

$$f = 4\text{N} - 3\text{N} = 1\text{N}$$

C 错误；

D．对导体棒受力分析，如图所示



水平方向有

$$F_A\sin\theta+f=T$$

竖直方向有

$$F_A\cos\theta+mg=F_N$$

又有

$$f=\mu F_N$$

解得

$$F_A=\frac{T-\mu mg}{\sin\theta+\mu\cos\theta}=\frac{T-\mu mg}{\sqrt{1+\mu^2}\left(\frac{1}{\sqrt{1+\mu^2}}\sin\theta+\frac{\mu}{\sqrt{1+\mu^2}}\cos\theta\right)}=\frac{T-\mu mg}{\sqrt{1+\mu^2}\sin\left(\theta+\alpha\right)}$$

由此可知，F_A 的最小值为

$$\frac{T-\mu mg}{\sqrt{1+\mu^2}}=\frac{4\sqrt{5}}{5}\text{N}$$

根据

$$F_A=\text{B}IL$$

解得

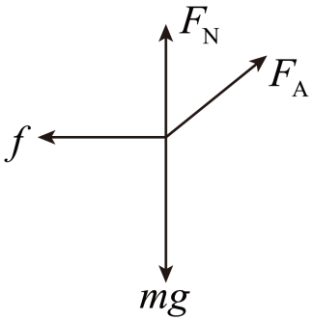
$$B=\frac{4\sqrt{5}}{5}\text{T}$$

D 正确。

故选 D。

24．AD

【详解】ABC．根据题意，对导体棒受力分析，如图所示



导体棒恰好未滑动，则有

$$F_A\sin\theta=f$$

$$F_A\cos\theta+F_N=mg$$

$$f=\mu F_N$$

解得

$$F_A=1\text{N}$$

又有

$$F_A=BIL$$

解得流过导体棒的电流为

$$I=\frac{F_A}{BL}=0.5\text{A}$$

灯泡与导体棒并联，且电阻相等，则流过灯泡的电流也为0.5A，灯泡两端的电压为

$$U_{\text{L}}=I_{\text{L}}R_{\text{L}}=4\text{V}$$

流过滑动变阻器的电流为

$$I_{总}=I_{\text{L}}+I=1\text{A}$$

滑动变阻器两端的电压为

$$U=E-U_{\text{L}}-I_{总}r=5\text{V}$$

则滑动变阻器接入电路中的电阻为

$$R=\frac{U}{I_{总}}=5\Omega$$

故 BC 错误，A 正确；

D．若将滑动变阻器的滑片向左移动，接入电路的总电阻减小，总电流增大，则安培力增大，F_N 减小，则 f 减小，则有

$$F_A\sin\theta>f$$

导体棒向右移动，故 D 正确。

故选 AD。

25．AD

【详解】AB．设安培力与竖直方向夹角为θ'角时，恰好平衡，则有

$$BIL\sin\theta'=f$$

$$BIL\cos\theta'+F_{\text{N}}=mg$$

其中

$$f=\mu F_{\text{N}}$$

解得

$$2B\sin\theta'+B\cos\theta'=5$$

根据数学方法可知

$$\sqrt{5}B\sin(\theta'+\varphi)=5$$

则磁场

$$B=\sqrt{5}\,\text{T}$$

故 A 正确，B 错误；

CD．若所通电流加倍，设当θ''时加速度最大，则有

$$BI'L\cos\theta''+F_{\text{N}}'=mg$$

水平方向有

$$BI'L\sin\theta''-f'=ma$$

其中

$$f'=\mu F_{\text{N}}'$$

解得

$$4\sqrt{5}\sin\theta''+2\sqrt{5}\cos\theta''-5=a$$

根据数学方法可知

$$10\sin(\theta''+\varphi')-5=a$$

则最大加速度为

$$a=5\text{m/s}^2$$

此时

$$\theta^{\circ}\neq37°$$

故 C 错误，D 正确；

故选 AD。

26．BC

【详解】设磁场方向与水平方向夹角为 θ_1，θ_1<90°;当导体棒加速且加速度最大时，合力向右最大，根据左手定则和受力分析可知安培力应该斜向右上方，磁场方向斜向右下方，此时有

$$F\sin\theta_1-\mu\left(mg-F\cos\theta_1\right)=ma_1$$

令

$$\cos\alpha=\frac{1}{\sqrt{1+\mu^2}}$$

$$\sin\alpha=\frac{\mu}{\sqrt{1+\mu^2}}$$

根据数学知识可得

$$F\left(\sqrt{1+\mu^2}\right)\sin\left(\theta_1+\alpha\right)=\mu mg+ma_1$$

则有

$$\sin\left(\theta_1+\alpha\right)=\frac{\mu mg+ma_1}{F\left(\sqrt{1+\mu^2}\right)}\le 1$$

同理磁场方向与水平方向夹角为 θ_2，θ_2<90°，当导体棒减速，且加速度最大时，合力向左最大，根据左手定则和受力分析可知安培力应该斜向左下方，磁场方向斜向左上方，此时有

$$F\sin\theta_2+\mu\left(mg+F\cos\theta_2\right)=ma_2$$

有

$$F\left(\sqrt{1+\mu^2}\right)\sin\left(\theta_2+\alpha\right)=ma_2\text{-}\mu mg$$

所以有

$$\sin\left(\theta_2+\alpha\right)=\frac{ma_2\text{-}\mu mg}{F\left(\sqrt{1+\mu^2}\right)}\le 1$$

当加速或减速加速度分别最大时，不等式均取等于，联立可得

$$\mu=\frac{\sqrt{3}}{3}$$

带入

$$\cos\alpha=\frac{1}{\sqrt{1+\mu^2}}$$

可得 α=30°，此时

$$\theta_1=\theta_2=60^\circ$$

加速阶段加速度大小最大时，磁场方向斜向右下方，有

$$\theta=\theta_1=60^\circ$$

减速阶段加速度大小最大时，磁场方向斜向左上方，有

$$\theta=\pi-\theta_2=120^\circ$$

故 BC 正确，AD 错误。

故选 BC。

27．BD

【详解】A．由于磁场方向未知，因此导线运动方向不能确定，若磁场竖直向上，根据左手定则可知，导线向右运动，若磁场竖直向下，则导线向左运动，故 A 错误；

B．当磁场方向竖直向上时，根据平衡条件可得

$$\mu mg=BIL$$

解得

$$B=\frac{\mu mg}{IL}$$

故 B 正确；

CD．当磁场方向从竖直向上缓慢变化到水平向左的过程中，设磁场方向与水平方向的夹角为θ，根据平衡条件有

$$BIL\sin\theta=\mu(mg-BIL\cos\theta)$$

可得

$$B=\frac{\mu mg}{IL(\sin\theta+\mu\cos\theta)}$$

根据数学知识可得

$$B=\frac{\mu mg}{IL\sqrt{1+\mu^2}\sin(\theta+\varphi)}$$

式中

$$\tan\varphi=\mu$$

则可知，当磁场方向从竖直向上缓慢变化到水平向左的过程中，磁感应强度并非一直减小，而其最小值为

$$B_{\min}=\frac{\mu mg}{IL\sqrt{1+\mu^2}}$$

故 C 错误，D 正确。

故选 BD。

28．AC

【详解】AB．图乙、丙是电流最大和最小两种情况下 *ab* 杆的受力分析图，由甲图得

$$F_1-mg\sin\theta-f_1=0$$

$$F_{\mathrm{N}}-mg\cos\theta=0$$

$$f_1=\mu F_{\mathrm{N}}$$

$$F_1=BI_{\max}d$$

解得

$$I_{\max}=0.46\mathrm{A}$$

由乙图得

$$F_2-mg\sin\theta+f_2=0$$

$$F_{\mathrm{N}}-mg\cos\theta=0$$

$$f_2=\mu F_{\mathrm{N}}$$

$$F_2=BI_{\min}d$$

解得

$$I_{\min}=0.14\mathrm{A}$$

故 A 正确，B 错误；

C．当通过 *ab* 杆的电流为 0.2A 时，重力沿导轨向下的分力大于安培力，则 *ab* 杆受到的摩擦力沿导轨向上，由

$$F-mg\sin\theta+f=0$$

得

$$f=0.04\mathrm{N}$$

故 C 正确；

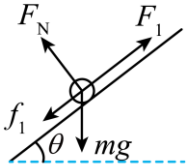
D．当摩擦力为 0 时，有

$$mg\sin\theta=BId$$

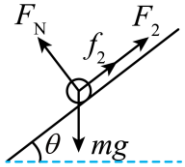
求得

$$I=0.30\mathrm{A}$$

则电流从 0.25A 增大到 0.30A 的过程中，摩擦力沿导轨向上，且逐渐减小到 0；电流从 0.30A 增大到 0.35A 的过程中，摩擦力沿导轨向下，逐渐增大，故 D 错误。



乙



丙

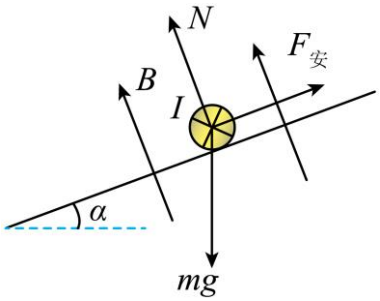
故选 AC。

29．（1）$B=0.6\mathrm{T}$；（2）$14\Omega\le R'\le 94\Omega$

【详解】（1）根据闭合电路欧姆定律，有

$$I_1=\frac{E}{R+R'+r}$$

对金属杆受力分析，如图



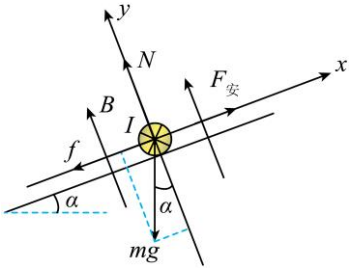
有

$$mg\sin\alpha = BI_1d$$

联立，解得

$$B = 0.6\text{T}$$

（2）当安培力很大时，导体棒有上滑趋势，此时导体棒所受最大静摩擦力沿导轨斜面向下，受力分析如图所示，



由平衡条件，有

$$BI_2d - mg\sin\alpha - f_{\max} = 0\,,\quad N - mg\cos\alpha = 0$$

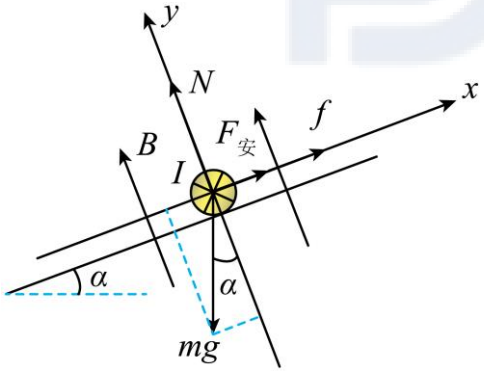
又

$$f_{\max} = \mu N\,,\quad I_2 = \frac{E}{R_1' + r + R}$$

解得

$$R_1' = 14\Omega$$

当安培力很小时，导体棒有下滑趋势，此时导体棒所受最大静摩擦力沿导轨斜面向上，受力分析如图所示，



由平衡条件，有

$$BI_3d + f_{\max} - mg\sin\alpha = 0\,,\quad N - mg\cos\alpha = 0$$

又

$$f_{\max} = \mu N\,,\quad I_3 = \frac{E}{R_2' + r + R}$$

解得

$$R_2' = 94\Omega$$

综上所述

$$14\Omega \le R' \le 94\Omega$$

30．$Q = \dfrac{ms}{BL}\sqrt{\dfrac{g}{2h}}$

【详解】金属棒受到的安培力

$$\overline{F} = B\overline{I}L$$

根据动量定理

$$\overline{F}\cdot\Delta t = B\overline{I}L\cdot\Delta t = m\left(v_0 - 0\right)$$

而

$$\bar{I}\triangle t=Q$$

由平抛运动知识

$$h=\frac{1}{2}gt^2$$

$$s=v_0t$$

联立以上几式得

$$Q=\frac{ms}{BL}\sqrt{\frac{g}{2h}}$$

31．C

【详解】根据电容器的定义式，有

$$C=\frac{Q}{U}$$

可知金属棒在导轨上运动过程中通过它的电荷量为

$$q=C\Delta U=\frac{3}{4}CU$$

由动量定理，可得

$$B\bar{I}lt=mv$$

又

$$q=\bar{I}t$$

联立，解得

$$v=\frac{3BCUl}{4m}$$

故选 C。

32．C

【详解】金属杆摆起的过程中，由动能定理得

$$\frac{1}{2}mv^2=mgL(1-\cos\theta)$$

合上开关的瞬间，由动量定理得

$$\bar{F}_{安}\Delta t=mv$$

其中

$$\bar{F}_{安}=B\bar{I}d$$

$$q=\bar{I}\Delta t$$

联立解得

$$q=\frac{m}{Bd}\sqrt{2gL(1-\cos\theta)}$$

故选 C。

33．（1）$q_0=CE$；（2）$v_0=\sqrt{2gh}$；（3）$CE-\frac{m}{BL}\sqrt{2gh}$

【详解】（1）S 打到 2 之前，电容器所带电荷量

$$q_0=CE$$

（2）设 PQ 起跳速度为 v_0，则由机械能守恒定律，有

$$mgh=\frac{1}{2}mv_0^2$$

解得

$$v_0=\sqrt{2gh}$$

（3）设通电的瞬时 t 内平均电流为 I，则平均安培力

$$F=IBL$$

由动量定理，有

$$Ft=mv_0$$

得

$$IBLt=mv_0$$

电荷量

$$It=\Delta q$$

是跳起前通过导体棒 PQ 的电量，则有

$$\Delta q=\frac{m}{BL}=\sqrt{2gh}$$

所以，电容器上所带电量

$$q=q_0-\Delta q=CE-\frac{m}{BL}\sqrt{2gh}$$

34．BD

【详解】A．电子带负电，由于螺旋线的轴线平行于 x 轴，表明电子沿 x 轴做匀速直线运动，分速度为 $v_0\cos\alpha$，平行于 yoz 平面做匀速圆周运动，分速度为 $v_0\sin\alpha$，根据左手定则可知，匀强磁场的方向为沿 x 轴正方向，故 A 错误；

B．根据分运动的独立性与等时性，电子在平行于 yoz 平面做匀速圆周运动，则有

$$ev_0\sin\alpha\cdot B=m\frac{\left(v_0\sin\alpha\right)^2}{\frac{D}{2}}\text{，}\quad T=\frac{2\pi\cdot\frac{D}{2}}{v_0\sin\alpha}$$

解得

$$D=\frac{2mv_0\sin\alpha}{eB}\text{，}\quad T=\frac{2\pi m}{eB}$$

螺距等于一个周期内沿 x 轴方向匀速直线运动的分位移，则有

$$\Delta x=v_0\cos\alpha\cdot T=\frac{2\pi mv_0\cos\alpha}{eB}$$

可知，若仅减小匀强磁场的磁感应强度，直径 D 增大，螺距 Δx 增大，故 B 正确；

C．结合上述可知，若仅减小电子入射的初速度 v_0，直径 D 减小，螺距 Δx 减小，故 C 错误；

D．结合上述可知，若仅增大 α 角 $(\alpha<90°)$，直径 D 增大，螺距 Δx 减小，故 D 正确。

故选 BD。

35．CD

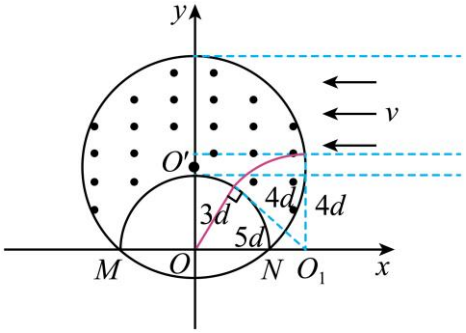
【详解】A．粒子在磁场中做匀速圆周运动，根据

$$qvB=\frac{mv_0^2}{R_0}$$

可知粒子在磁场中的轨道半径

$$R_0=4d$$

正对 O' 的粒子，圆心恰好在 x 轴上，进入磁场后做匀速圆周运动，如图，根据勾股定理可知，进入无磁场区域后，速度方向恰好指向 O 点，A 错误；

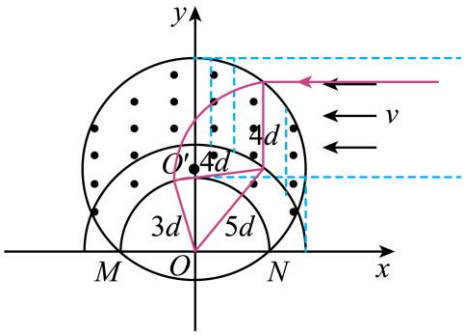


B．若粒子速度变为 $2v_0$，粒子在磁场中的轨道半径

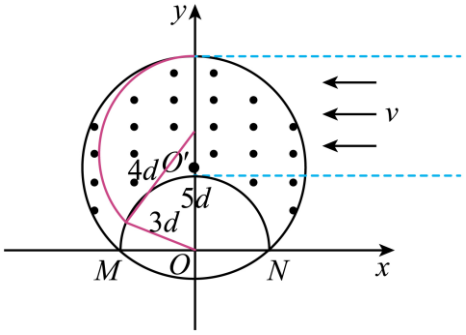
$$R_1=8d$$

正对 O' 点入射的粒子离开磁场后，由上图可知，一定不过 O 点，B 错误；

D．由于所有粒子沿水平方向射入磁场，半径与速度方向垂直，圆心均在入射点的正下方，半径均为 $4d$，所有圆心所在的轨迹相当于将磁场边界向下平移 $4d$ 形状，O' 平移到 O 点位置，即所有粒子进入磁场后做圆周运动的圆心到 O 点距离均为 $5d$，如图，利用勾股定理可知，进入无磁场区域后，所有粒子速度方向都指向 O 点，因此所有粒子都过 O 点，D 正确；



C．由 D 选项可知，从最上方进入的粒子，在磁场中偏转角度最大，运动的时间最长，如图



该粒子在磁场中旋转了 143°，因此运动的时间

$$t=\frac{143^{\circ}}{360^{\circ}}\cdot\frac{2\pi\cdot 4d}{v_0}=\frac{143\pi d}{45v_0}$$

C 正确。

故选 CD。

36．BC

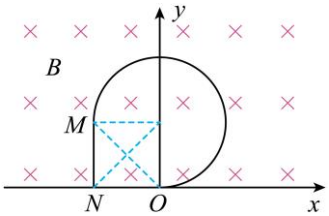
【详解】A．根据洛伦兹力提供向心力有

$$qv_0B=m\frac{v_0^{\ 2}}{r}$$

解得

$$r=L$$

沿 x 轴正方向射入的粒子经偏转后刚好打在荧光屏上的 M 点，轨迹如图



根据几何关系可知

$$(r-L)^2+ON^2=r^2$$

解得

$$ON=L$$

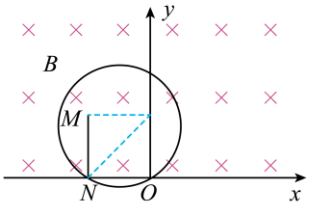
故 A 错误；

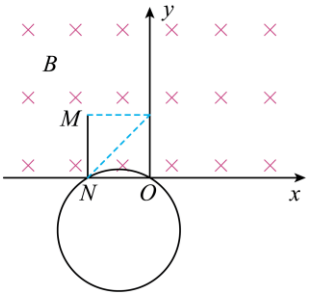
B．沿 y 轴正方向射入的粒子恰好经过 M 点，则在磁场中运动的时间为

$$t=\frac{1}{4}\times\frac{2\pi r}{v_0}=\frac{\pi L}{2v_0}$$

故 B 正确；

C．粒子在磁场中运动的最长时间、最短时间轨迹如图





根据几何关系可知对应圆心角分别为300°，60°，则运动时间分别为

$$t_1=\frac{300}{360}T\text{，}\quad t_2=\frac{60}{360}T$$

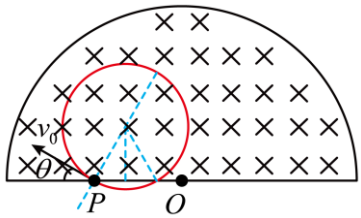
时间之比为5:1，故C正确；

D．由几何可知，粒子入射角度为0~30°时，被左侧光屏吸收，入射角度为90°~150°时，粒子被右侧光屏吸收，则被荧光屏右侧面和左侧面接收的粒子数之比为1:2，故D错误；

故选BC。

37．BC

【详解】AB．从直径边界射出的粒子在磁场中的运动轨迹如图所示，



根据

$$qvB=m\frac{v^2}{r}$$

又

$$T=\frac{2\pi r}{v}$$

联立，解得

$$T=\frac{2\pi m}{qB}$$

由几何关系可知，轨迹对应的圆心角为

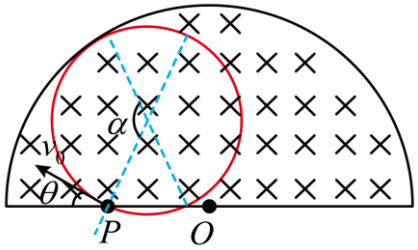
$$2\pi-2\theta=\frac{5}{3}\pi$$

则粒子的运动时间为

$$t_1=\frac{\frac{5}{3}\pi}{2\pi}T=\frac{5\pi m}{3qB}$$

故A错误；B正确；

CD．粒子恰好不从圆弧边界射出的粒子运动轨迹如图所示



由几何关系可知

$$\alpha=\pi-2\theta=\frac{2}{3}\pi$$

在磁场中的运动时间为

$$t=\frac{\frac{2}{3}\pi}{2\pi}T=\frac{2\pi m}{3qB}$$

从圆弧边界射出的粒子在磁场中的运动时间为

$$0<t_2<\frac{2\pi m}{3qB}$$

故 C 正确；D 错误。

故选 BC。

38．ABD

【详解】A．粒子 1 受向下偏转，由左手定则可知，粒子 1 带负电，粒子 1 可能为电子，故 A 正确；

B．若仅减小粒子 2 的入射速率，则粒子 2 运动半径减小，从磁场射出时，轨迹所对应的圆心角增大，粒子 2 在磁场中的运动时间为

$$t_1=\frac{\theta}{2\pi}T=\frac{\theta}{2\pi}\times\frac{2\pi m}{qB}=\frac{\theta m}{qB}$$

则若仅减小粒子 2 的入射速率，则粒子 2 在磁场中的运动时间增加，故 B 正确；

C．洛伦兹力提供粒子在磁场中做圆周运动所需的向心力

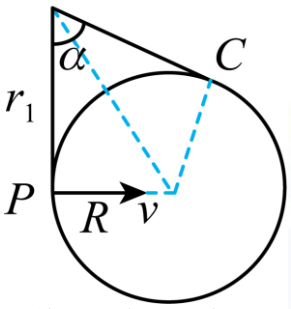
$$qvB=m\frac{v^2}{r}$$

解得

$$r=\frac{mv}{qB}$$

由题图可知粒子 l 运动的半径小于粒子 2 运动的半径，若两粒子的入射速率相等，则粒子 1 的比荷大于粒子 2 的比荷，故 C 错误；

D．PC 圆弧恰好为内圆周长的三分之一，如图



则粒子 2 在磁场中轨迹所对应的圆心角为

$$\alpha=180°-\frac{360°}{3}=60°$$

设内圆半径为 R，根据几何关系，粒子 2 在磁场中运动半径为

$$r_1=\frac{R}{\tan\frac{\alpha}{2}}=\sqrt{3}R$$

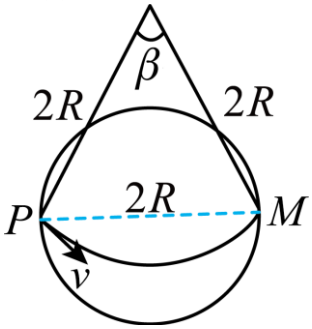
开始粒子 2 在磁场中运动时间为

$$t=\frac{\alpha}{2\pi}T=\frac{\pi m}{3qB}$$

粒子 2 速率变为原来的$\frac{2\sqrt{3}}{3}$，此时粒子 2 在磁场中运动半径为

$$r_2=\frac{2\sqrt{3}}{3}r_1=2R$$

根据几何关系，当粒子 2 的轨迹对应的弦为直径 PM 时，如图



粒子 2 在磁场中运动的时间最长，此时的圆心角为

$$\beta = 60°$$

速度改变后，粒子 2 在磁场中运动的最长时间为 t，故 D 正确。

故选 ABD。

39．AB

【详解】A．粒子竖直向上进入磁场，轨迹圆心一定在 bc 边上，若粒子能从边界 bc 射出，粒子的速度方向一定竖直向下，故方向均相同，故 A 正确；

B．当轨迹恰好与 ab 边相切时，粒子从 bc 边离开磁场时到 b 点的距离最短，由几何关系可得

$$(L - R_1)\sin 30^\circ = R_1$$

离 b 点的最短距离为

$$\Delta s = L - 2R_1$$

联立解得

$$\Delta s = \frac{L}{3}$$

故 B 正确；

C．垂直边界 ab 射出的粒子，轨道半径为

$$R_2 = L$$

由洛伦兹力作为向心力可得

$$qvB = m\frac{v^2}{R_2}$$

解得粒子的速度大小为

$$v = \frac{qBL}{m}$$

故 C 错误；

D．粒子在磁场中的运动周期为

$$T = \frac{2\pi m}{Bq}$$

垂直边界 ab 射出的粒子在磁场中运动的时间为

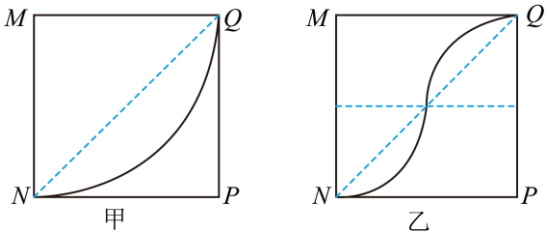
$$t = \frac{30^\circ}{360^\circ}T = \frac{\pi m}{6qB}$$

故 D 错误。

故选 AB。

40．CD

【详解】AC．（1）若 $MN = NP$，粒子从 Q 点射出磁场，其可能的运动轨迹如图甲、乙所示



由几何关系可知，则粒子圆周轨迹半径 r 和运动时间必须满足

$$\sqrt{2}\cdot MN = n\cdot\sqrt{2}r \quad (n = 1,2,3\cdots)$$

$$t = n\cdot\frac{T}{4} \quad (n = 1,2,3\cdots)$$

粒子在匀强磁场中做匀速圆周运动，洛伦兹力提供向心力，有

$$qv_0B_0 = m\frac{v_0^2}{r}$$

得

$$r = \frac{mv_0}{qB_0}$$

$$T = \frac{2\pi r}{v_0} = \frac{2\pi m}{qB_0}$$

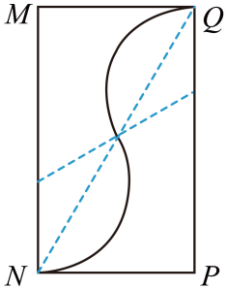
由以上各式联立解得

$$MN=\frac{nmv_0}{B_0q}\quad(n=1,2,3\cdots)$$

$$t=\frac{n\pi m}{2B_0q}\quad(n=1,2,3\cdots)$$

故 A 错误，C 正确；

BD．若 $MN=\sqrt{3}NP$，粒子从 Q 点射出磁场，其可能的运动轨迹如图所示



由几何关系可知，则粒子圆周轨迹半径 r 和运动时间必须满足

$$\frac{2\sqrt{3}}{3}\cdot MN=n\cdot 2\sqrt{3}r\quad(n=1,2,3\cdots)$$

$$t=n\cdot\frac{2T}{3}\quad(n=1,2,3\cdots)$$

又因为

$$r=\frac{mv_0}{qB_0}$$

$$T=\frac{2\pi r}{v_0}=\frac{2\pi m}{qB_0}$$

由以上各式联立解得

$$MN=\frac{3nmv_0}{B_0q}\quad(n=1,2,3\cdots)$$

$$t=\frac{4n\pi m}{3B_0q}\quad(n=1,2,3\cdots)$$

故 B 错误，D 正确

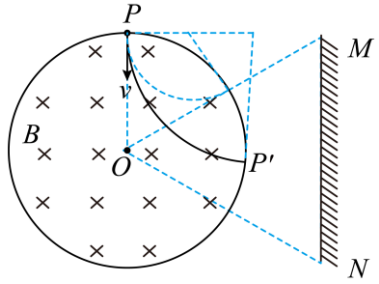
故选 CD。

41．ABD

【详解】A．粒子在磁场中运动的周期为

$$T=\frac{2\pi m}{qB}$$

由 $t=\frac{\theta}{2\pi}\cdot T$ 可知，在磁场中运动时间最长的粒子轨迹对应的圆心角 θ 最大，如图所示



设出射点为 P'，粒子在磁场中运动轨迹对应的圆心角为 θ，根据几何关系有

$$\theta+\angle POP'=\pi$$

则粒子射到 M 点时，$\angle POP'$ 最小，θ 最大，粒子在磁场中运动的时间最长，根据几何关系有

$$\theta_{\max}=\frac{2}{3}\pi$$

$$\tan 30^\circ=\frac{r_1}{R}$$

根据洛伦兹力提供向心力

$$qv_1B=m\frac{v_1^2}{r_1}$$

可得在磁场中运动时间最长的粒子速率为

$$v_1=\frac{\sqrt{3}BqR}{3m}$$

故 A 正确；

B．根据洛伦兹力提供向心力，有

$$qvB=\frac{mv^2}{r}$$

可得

$$v=\frac{qBr}{m}$$

可知轨迹半径 r 越大的粒子，速度 v 越大，故射到 N 点的粒子速度最大，由几何关系可知

$$r_{\mathrm{m}}=R\tan 60^{\circ}=\sqrt{3}R$$

解得

$$v_{\mathrm{m}}=\frac{\sqrt{3}qBR}{m}$$

故 B 正确；

C．P 点、M 点在同一高度上，整个过程中粒子位移最小的粒子打在 M 点，轨迹半径为

$$r_1=\frac{\sqrt{3}}{3}R$$

位移最小的粒子速率为

$$v_1=\frac{\sqrt{3}BqR}{3m}$$

故 C 错误；

D．速率最大的粒子打在 N 点，粒子在磁场中运动的时间为

$$t_1=\frac{60^{\circ}}{360^{\circ}}T=\frac{\pi m}{3qB}$$

粒子在磁场外运动的时间为

$$t_2=\frac{2R-R}{v_{\mathrm{m}}}=\frac{\sqrt{3}m}{3qB}$$

速率最大的粒子在整个过程中的运动时间

$$t_{总}=t_1+t_2=\frac{\pi m}{3qB}+\frac{\sqrt{3}m}{3qB}$$

故 D 正确。

故选 ABD。

42．ABC

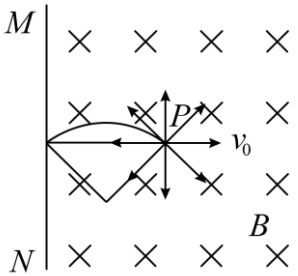
【详解】A．根据

$$qvB=m\frac{v^2}{r}$$

由题可知，运动的轨道半径

$$R=d$$

最短时间时，恰好弦长最短，打到 P 点的正左方，如图所示

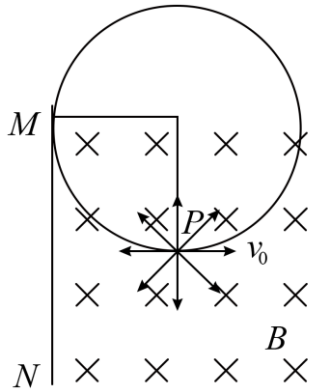


根据几何关系，偏转的圆心角为$\frac{\pi}{3}$，因此运动时间为

$$t=\frac{R\theta}{v}=\frac{\pi d}{3v}$$

故 A 正确；

B．由几何关系可知，打到荧光屏 MN 上最长时间恰好运动了 $\frac{3}{4}$ 个周期，轨迹如下图所示



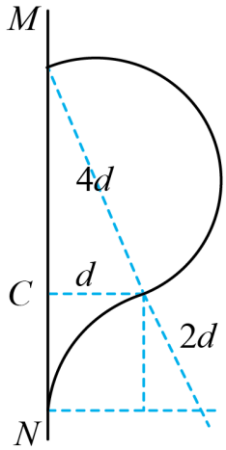
因此时间差

$$\Delta t=\frac{(\frac{3\pi}{2}-\frac{\pi}{3})d}{v}=\frac{7\pi d}{6v}$$

故 B 正确；

CD．若磁感应强度 $B=\frac{mv}{2qd}$，则轨道半径

$$R=2d$$



到达荧光屏最下端的粒子的轨迹是与 MN 相切的，设下半部分的亮线长度为 x_1，根据几何关系，有

$$x_1^2+(R-d)^2=R^2$$

解得

$$x_1=\sqrt{3}d$$

到达荧光屏最上端的粒子与屏的交点与 P 点连线为轨迹的直径，设上半部分亮线的长度为 x_2，根据几何关系，有

$$x_2^2+d^2=(2R)^2$$

解得

$$x_2=\sqrt{15}d$$

所以亮线的总长度为 $\left(\sqrt{15}+\sqrt{3}\right)d$，故 C 正确，D 错误。

故选 ABC。

43．BD

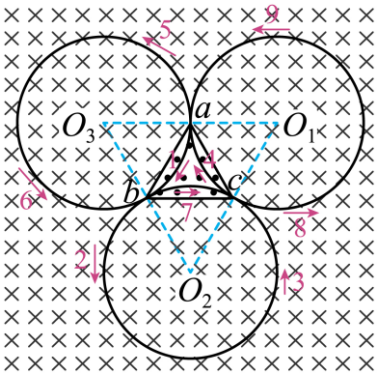
【详解】速度大小 $v_0=\frac{qBL}{m}$ 的带电粒子垂直进入磁场，由牛顿第二定律得

$$qvB=m\frac{v^2}{r}$$

将速度代入可得

$$r=L$$

根据左手定则，可得到粒子的运动轨迹如下图



A．粒子做圆周运动的周期

$$T=\frac{2\pi m}{qB}$$

由图可知，根据粒子的运动轨迹，粒子从 a 点射出到第一次到达 b 点转过的圆心角为 60°，可得粒子第一次到达 b 点的时间是

$$t_{ac}=\frac{T}{6}=\frac{\pi m}{3qB}$$

A 项错误；

B．由图可知，根据粒子的运动轨迹，带电粒子从 b 到 c 转过的圆心角为 300°，则时间为

$$t_{bc}=\frac{5T}{6}=\frac{5\pi m}{3qB}$$

则带电粒子从 a 到 c 的时间

$$t_{ac}=t_{ab}+t_{bc}=\frac{2\pi m}{qB}$$

B 项正确；

C．由图可知，根据粒子的运动轨迹，带电粒子从 c 到 a 转过的圆心角为 60°，则时间为

$$t_{ca}=\frac{T}{6}=\frac{\pi m}{3qB}$$

则粒子第一次返回 a 点所用的时间为

$$t=t_{ab}+t_{bc}+t_{ca}=\frac{1}{6}T+\frac{5}{6}T+\frac{1}{6}T=\frac{7\pi m}{3qB}$$

C 项错误；

D．由图可知，根据粒子的运动轨迹，粒子在两个有界磁场中运动的周期是 3 个完整的圆周运动周期，则粒子在两个有界磁场中运动的周期是

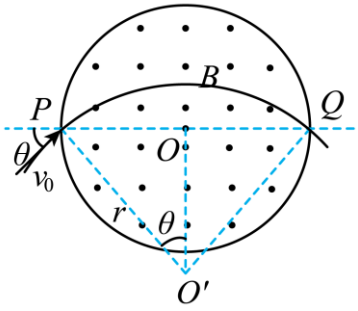
$$T'=3T=\frac{6\pi m}{qB}$$

D 项正确；

故选 BD。

44．BD

【详解】A．带电粒子的运动轨迹如图



由几何关系，可得

$$r=\frac{R}{\sin\theta}$$

故 A 错误；

B．根据

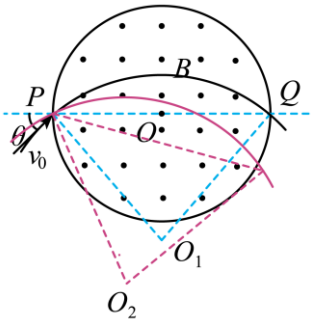
$$qvB=m\frac{v_0^2}{r}$$

联立，解得

$$q=\frac{mv_0\sin\theta}{BR}$$

故 B 正确；

C．只减小θ，粒子在磁场中运动轨迹对应的弦减小，相应的圆心角减小，如图



根据

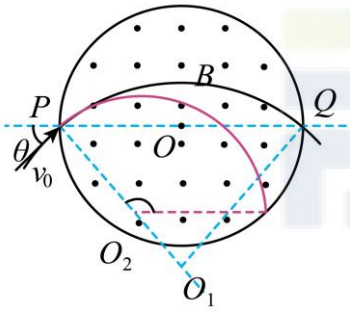
$$t=\frac{\alpha}{2\pi}T$$

又

$$T=\frac{2\pi r}{v_0}=\frac{2\pi m}{qB}$$

可知粒子在磁场中运动的时间将减小。故 C 错误；

D．只减小粒子进入磁场时的速率，则粒子做圆周运动的半径减小，如图



粒子在磁场中运动轨迹对应的圆心角增大，则粒子在磁场中运动的时间将增大。故 D 正确。

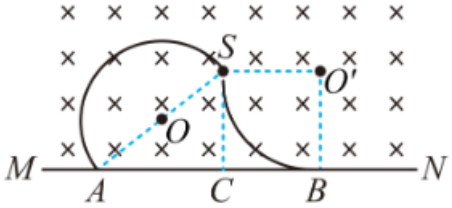
故选 BD。

45．ABC

【详解】A．粒子受到的洛仑兹力充当向心力，粒子运动的半径为

$$R=\frac{mv}{qB}=d$$

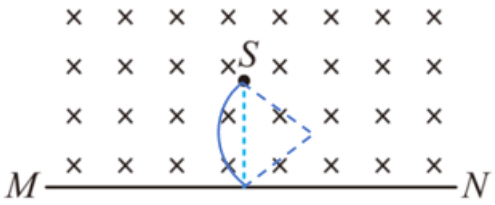
粒子运动到绝缘板的两种临界情况如图



设 SC 垂直于 MN 于 C 点，由几何关系可知，左侧最远处与 S 之间的距离恰好是圆的直径，则左侧最远处 A 离 C 距离为$\sqrt{3}d$，右侧离 C 最远处为 B，距离为 d，所以粒子能打在板上的区域长度是$(\sqrt{3}+1)d$，故 A 正确；

B．竖直向上的粒子刚好与 MN 相切，分析可知有一半的粒子能达到极板上，粒子源发射粒子的总个数为 n，则打到板上的粒子数为$\frac{1}{2}n$，B 正确；

CD．粒子的轨迹所对应的弦长越短，运动轨迹对应的圆心角越小，时间越短，故在磁场中运动最短的粒子运动轨迹示意图如下



粒子做整个圆周运动的周期为

$$T=\frac{2\pi d}{v}=\frac{2\pi m}{qB}$$

由几何关系可知最短时间为

$$t=\frac{1}{6}T=\frac{\pi m}{3qB}$$

故 D 错误，C 正确。
故选 ABC。
46．AD
【详解】AB．若

$$v=\frac{qBR}{m}$$

粒子在磁场中做圆周运动的半径

$$r=\frac{mv}{qB}=R$$

根据磁发散原理，所有粒子出射方向平行，但是粒子在磁场中的轨迹不同，即圆心角不同，转过的角度不同，故 A 正确，B 错误；
C．若

$$v=\frac{\sqrt{3}qBR}{2m}$$

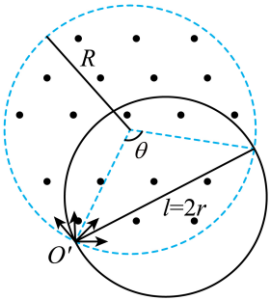
粒子在磁场中运动的轨道半径

$$r=\frac{mv}{qB}=\frac{\sqrt{3}}{2}R$$

则入射点与最远出射点连线应是轨迹圆的直径，长度为

$$l=2r=\sqrt{3}R$$

如下图所示



由几何关系可知，图中

$$\theta=120°$$

则θ对应的弧的长度是整个圆周长的三分之一，即圆弧长度为$\frac{2\pi R}{3}$，故 C 错误；
D．若

$$v=\frac{\sqrt{3}qBR}{2m}$$

粒子在磁场中运动的轨道半径

$$r=\frac{\sqrt{3}}{2}R$$

根据同一大小半径的圆轨迹，在磁场中入射点和出射点连线越长，时间越长的规律，即最长的弦对应最长的运动时间．由几何关系可知，最长的弦为

$$l=2r=\sqrt{3}R$$

则粒子在磁场中运动的最长时间是

$$t=\frac{T}{2}=\frac{\frac{2\pi m}{qB}}{2}=\frac{\pi m}{qB}$$

故 D 正确。

故选 AD。

47．BC

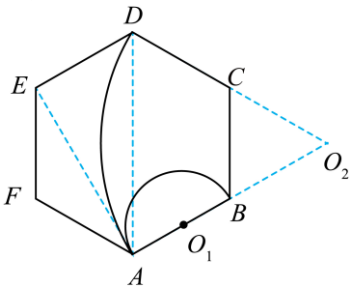
【详解】A．若粒子带正电，粒子在磁场中做圆周运动，由左手定则可以判断，粒子向右偏转，洛伦兹力提供向心力，由牛顿定律可知

$$qvB=m\frac{v^2}{r}$$

而粒子速率的分布为$\frac{kBa}{2}\le v_0\le 2kBa$，代入可得粒子的半径

$$\frac{a}{2}<r<2a$$

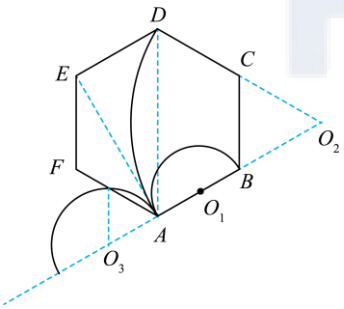
由几何关系可知粒子轨迹如图



由图可知速度最大时，从 D 点射出，DE 屏（除 D 点外）不会发光，故 A 错误；

B．由图可知，粒子经过的区域的面积为$S=\left(\frac{13}{24}\pi-\frac{\sqrt{3}}{4}\right)a^2$，故 B 正确；

C．若粒子带负电荷，粒子将向左偏，最小速度轨迹如图中O_3在六边形中部分



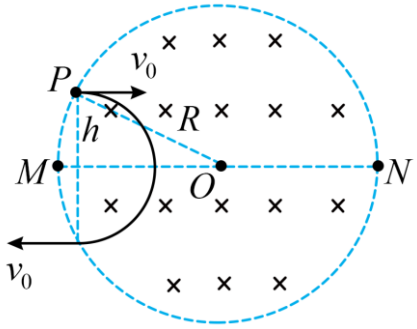
由几何关系可知，AF 屏上会发光的长度为$\frac{a}{2}$，故 C 正确；

D．由几何关系可知，在磁场中运动时间相等的粒子为半径在$\frac{a}{2}<r<a$范围内，其数目占总数目的$\frac{1}{3}$，故 D 错误。

故选 BC。

48．B

【详解】A．若粒子射出磁场时的速度方向恰好与其入射方向相反，粒子的轨迹如图所示



由几何关系得

$$r_1 = h = \frac{R}{2}$$

由洛伦兹力提供向心力，则有

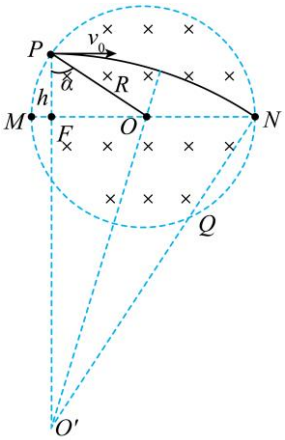
$$qv_0B = m\frac{v_0^2}{r_1}$$

可得其入射速度为

$$v_0 = \frac{qBR}{2m}$$

故 A 错误；

B．若粒子恰好能从 N 点射出，粒子的轨迹如图所示



由几何关系得

$$FO'^2 + FN^2 = NO'^2，\quad FN = R + R\sin\alpha$$

即

$$(r_2 - h)^2 + \left(R + \frac{\sqrt{3}}{2}R\right)^2 = r_2^2$$

解得

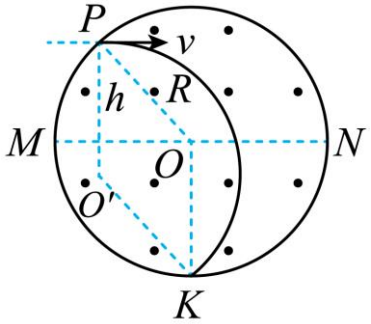
$$r_2 = 2R + \sqrt{3}R = 2FN$$

可知 $\angle PO'N = 30°$，则粒子在磁场中运动的时间为

$$t = \frac{\theta m}{qB} = \frac{\pi m}{6qB}$$

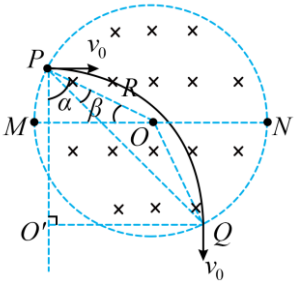
故 B 正确；

C．若粒子恰好能从 K 点射出，其运动轨迹如图所示



可知 $POKO'$ 是菱形，则粒子在磁场中运动的半径 $r_3 = R$，故 C 错误；

D．若粒子射出磁场时的速度方向恰好与其入射方向垂直，其运动轨迹如图所示



根据几何关系可知

$$\angle OPQ = 60° - 45° = 15°$$

因 ΔPOQ 为等腰三角形，则有

$$PQ = 2R\cos 15° = \frac{2\left(2+\sqrt{3}\right)R}{\sqrt{2}+\sqrt{6}}$$

由于 $\Delta PO'Q$ 为等腰直角三角形，可知

$$r_4 = \frac{PQ}{\sqrt{2}} = \frac{\left(2+\sqrt{3}\right)R}{1+\sqrt{3}}$$

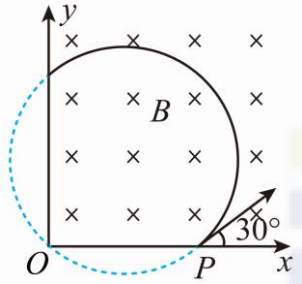
由洛伦兹力提供向心力，可得

$$qv_0B = m\frac{v_0^2}{r_4}$$

解得

$$v_0 = \frac{\left(1+\sqrt{3}\right)qBR}{2m}$$

故 D 错误。
故选 B。
49．D
【详解】A．带正电的粒子从 P 点沿与 x 轴正方向成 30°角的方向射入磁场中，则圆心在过 P 点与速度方向垂直的直线上，如图所示



粒子在磁场中要想到达 O 点，转过的圆心角肯定大于 180°，因磁场有边界，故粒子不可能通过坐标原点。故 A 正确，与题意不符；
BCD．根据

$$qvB = m\frac{v^2}{r}$$

又

$$T = \frac{2\pi r}{v}$$

联立，解得

$$T = \frac{2\pi m}{qB}$$

由于 P 点的位置不确定，所以粒子在磁场中运动的轨迹圆弧对应的圆心角也不同，最大的圆心角是轨迹圆弧与 y 轴相切时即 300°，运动时间为

$$t_{\max} = \frac{300°}{360°}T = \frac{5\pi m}{3qB}$$

可知从 x 轴射出磁场的粒子在磁场中运动所经历的时间一定为 $\frac{5\pi m}{3qB}$。而最小的圆心角是 P 点在坐标原点时即 120°，运动时间为

$$t_{\min} = \frac{120°}{360°}T = \frac{2\pi m}{3qB}$$

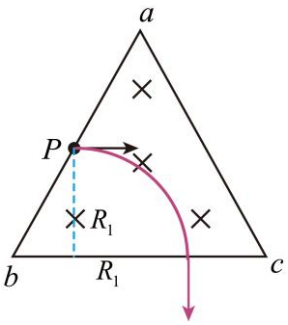
可知从 y 轴射出磁场的粒子在磁场中运动所经历的时间范围

$$\frac{2\pi m}{3qB} \le t \le \frac{5\pi m}{3qB}$$

故 BC 正确，与题意不符；D 错误，与题意相符。
本题选错误的，故选 D。

50．D

【详解】A．若粒子平行于 bc 边射入、垂直于 bc 边射出，其运动轨迹如图所示

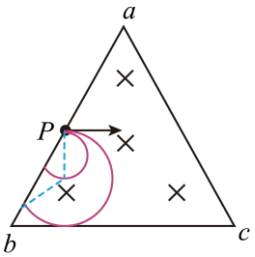


则粒子做匀速圆周运动的半径等于 P 点到 bc 边的距离，可得粒子在磁场中运动的半径

$$R_1=\frac{1}{2}L\sin 60°=\frac{\sqrt{3}}{4}L$$

故 A 错误；

B．若粒子平行于 bc 边射入、从 ab 边射出，如图所示



由洛伦兹力提供向心力得

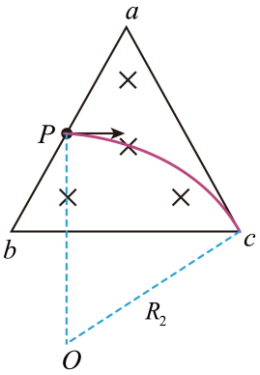
$$QvB=m\frac{v^2}{r}$$

解得

$$r=\frac{mv}{QB}$$

则粒子的速度越大，轨迹半径越大，粒子从 ab 边射出时的圆心角相同，其在磁场中运动的时间相同，故 B 错误；

C．当 $v=v_1$ 时，平行于 bc 边射入、从 c 点射出磁场，其运动轨迹如图所示



根据几何关系可得

$$R_2^{\ 2}=\left(R_2-\frac{1}{2}Ls\sin 60°\right)^2+\left(L-\frac{1}{2}L\cos 60°\right)^2$$

解得

$$R_2=\frac{\sqrt{3}}{2}L$$

粒子运动轨迹对应的圆心角的正弦值为

$$\sin\angle O=\frac{L-\frac{1}{2}L\cos 60°}{R_2}=\frac{\sqrt{3}}{2}$$

解得

$$\angle O=60°$$

粒子在磁场中运动的时间为

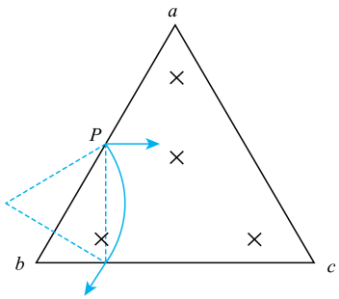
$$t=\frac{60°}{360°}\times\frac{2\pi m}{QB}=\frac{\pi m}{3QB}$$

故 C 错误；

D．当$v=\frac{v_1}{2}$时，粒子在磁场中运动的半径

$$R_3=\frac{R_2}{2}=\frac{\sqrt{3}}{4}L$$

从 bc 边射出的粒子在磁场中运动的最短时间时，粒子在磁场中运动的圆心角最小，其运动轨迹如图所示



可知从 P 点到 bc 边出射点的距离等于轨道半径R_3，即圆心角为$60°$，最短时间为

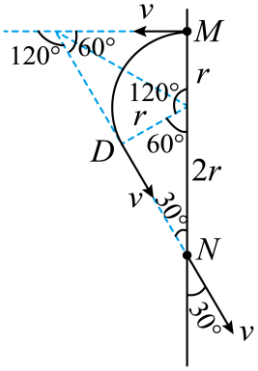
$$t_{\min}=\frac{60°}{360°}\times\frac{2\pi m}{QB}=\frac{\pi m}{3QB}$$

故 D 正确。

故选 D。

51．CD

【详解】C．如图所示



由几何关系可以得到

$$r+\frac{r}{\sin 30°}=3L$$

可得粒子圆周运动的半径为

$$r=L$$

C 正确；

A．从 M 到 N，洛伦兹力冲量

$$I=m\Delta v=\sqrt{3}mv$$

又由

$$Bqv=\frac{mv^2}{r}$$

得

$$I=\sqrt{3}BqL$$

A 错误；

B．粒子从 M 到 D 时间

$$t_1=\frac{1}{3}\cdot\frac{2\pi m}{Bq}$$

粒子从 D 到 N 时间

$$t_2=\frac{\sqrt{3}m}{Bq}$$

所以粒子从 M 到 D 时间

$$t=t_1+t_2=\frac{2\pi m+3\sqrt{3}m}{3Bq}$$

B 错误；

D．圆形磁场直径最小值为 MD 长度

$$d=\sqrt{3}L$$

所以圆形磁场最小面积为

$$S=\frac{\pi d^2}{4}=\frac{3\pi L^2}{4}$$

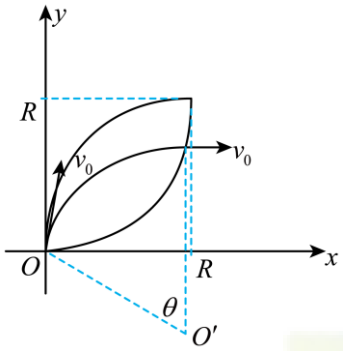
D 正确。

故选 CD。

52．D

【详解】A．第1、4 象限的电子最终平行于 x 轴并沿 x 轴正向运动，根据左手定则可知第 1 象限磁场方向垂直平面向里，第 4 象限磁场方向垂直平面向外，故 A 错误；

B．如图所示



电子在磁场中做匀速圆周运动，半径为

$$R=\frac{mv_0}{eB}$$

在由 O 点射入第 I 象限的所有电子中，沿 y 轴正方向射出的电子转过$\frac{1}{4}$圆周，速度变为沿 x 轴正方向，这条轨迹为磁场区域的上边界。设某电子做匀速圆周运动的圆心O'与 O 点的连线与 y 轴正方向夹角为θ，若离开磁场时电子速度变为沿 x 轴正方向，其射出点（也就是轨迹与磁场边界的交点）的坐标为（x，y）。由图中几何关系可得

$$x=R\sin\theta,\quad y=R-R\cos\theta$$

消去参数θ可知磁场区域的下边界满足的方程为

$$x^2+(R-y)^2=R^2\ （x>0，y>0）$$

这是一个圆的方程，圆心在（0，R）处，磁场区域为图中两条圆弧所围成的面积，磁场的最小面积为

$$S_1=2(\frac{1}{4}\pi R^2-\frac{1}{2}R^2)=\left(\frac{\pi}{2}-1\right)\frac{m^2v_0^2}{e^2B^2}$$

根据对称性可知，整场的最小总面积为

$$S=4S_1=\left(2\pi-4\right)\frac{m^2v_0^2}{e^2B^2}$$

故 B 错误；

C．电子在磁场中运动的最长时间对应的圆心角为 90°，时间为

$$t=\frac{1}{4}\times\frac{2\pi m}{eB}=\frac{\pi m}{2eB}$$

故 C 错误；

D．电子在光屏上形成的光斑长度为电子运动半径之和，即

$$l=2R=\frac{2mv_0}{eB}$$

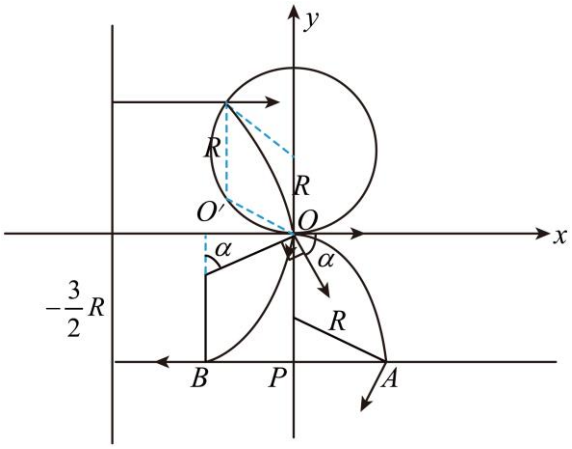
故 D 正确；

故选 D。

53．D

【详解】A．由于未知电荷的正负，所以不能判断磁场的方向，A 错误；

B．由于所有粒子都从坐标原点O进入x轴下方的匀强磁场，如图，



根据几何关系可知，所有粒子在圆形磁场区域中运动的轨迹半径均为R，根据

$$Bvq=m\frac{v^2}{R}$$

可得

$$v=\frac{BqR}{m}=BkR$$

B 错误；

C．如上图，粒子从O点射出后沿 x 轴下方各个方向进入磁场，设沿x轴正方向的粒子从A点射出磁场区域，与x轴正方向成α角的粒子轨迹恰好与$y=-\frac{3}{2}R$边界相切于B点，则粒子从$y=-\frac{3}{2}R$边界射出的区域为AB的长度，由于粒子速度大小不变，磁感应强度大小不变，所以粒子运动轨迹的半径仍为R，根据几何关系，有

$$PA=\sqrt{R^2-\left(\frac{R}{2}\right)^2}=\frac{\sqrt{3}}{2}R$$

$$PB=\sqrt{R^2-\left(\frac{R}{2}\right)^2}=\frac{\sqrt{3}}{2}R$$

$$AB=PA+PB=\sqrt{3}R$$

C 错误；

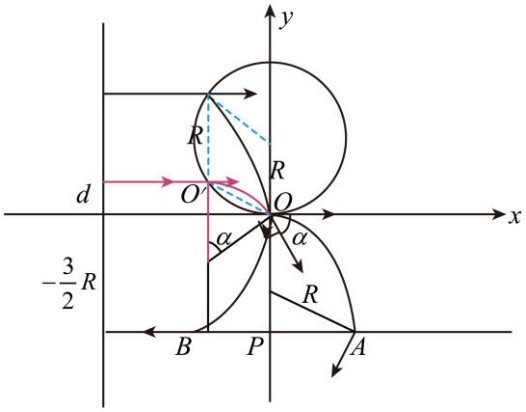
D．根据几何关系可得

$$\cos\alpha=\frac{\frac{R}{2}}{R}=\frac{1}{2}$$

可得

$$\alpha=60^{\circ}$$

如图



打在B点的粒子对应离子源的纵坐标为

$$d=R-\frac{R}{2}=\frac{R}{2}$$

则可被收集的粒子占入射粒子总数的百分比为

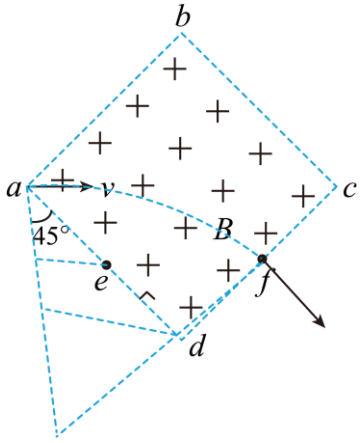
$$\frac{2R-\frac{R}{2}}{2R}\times 100\%=75\%$$

D 正确。

故选 D。

54．D

【详解】A．只改变粒子的速度使其分别从 e、d、f 三点射出时，轨迹如图



轨迹的圆心角是从 f 点射出时最小，根据公式

$$t=\frac{\theta}{2\pi}T=\frac{\theta}{2\pi}\cdot\frac{2\pi m}{qB}=\frac{\theta m}{qB}$$

可知粒子从 f 点射出时运动时间最短。故 A 错误；

B．由几何关系可知，粒子从 e 点射出的半径与从 d 点射出的半径关系为

$$2r_e=r_d$$

根据

$$qvB=m\frac{v^2}{r}$$

解得

$$r=\frac{mv}{qB}$$

可知只把磁场的磁感应强度变为原来的二分之一，粒子将从 d 点射出。故 B 错误；

CD．设正方形的边长为 $2a$，则粒子从 e 点射出时，轨迹半径为

$$r_1=\frac{\sqrt{2}}{2}a$$

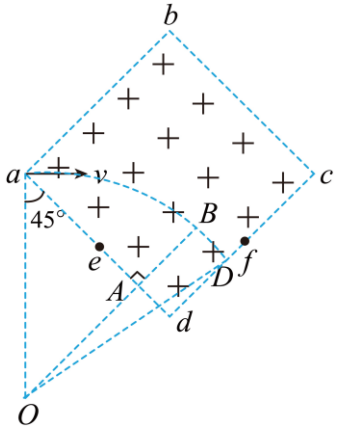
如果粒子的速度变为原来的 3 倍，由半径公式

$$r=\frac{mv}{qB}$$

可知，半径将变为原来的 3 倍，即

$$r_3=\frac{\sqrt{2}}{2}a$$

轨迹如图所示



由几何关系得

$$AB = r_3 - r_3 \sin 45° \approx 0.6a$$

由于

$$dD < AB = 0.6a < df = a$$

所以粒子从 fd 之间射出磁场。由图可知，粒子出射时的速度偏转角大于 $45°$。故 C 错误；D 正确。

故选 D。

55．B

【详解】A．设微粒的速度大小为 v，微粒在匀强磁场中运动的轨道半径为 r，则有

$$qBv = m\frac{v^2}{r}，\quad T = \frac{2\pi r}{v}$$

解得

$$T = \frac{2\pi m}{qB}$$

由于偏转角为 90°，则轨迹对应的圆心角也为 90°，则有

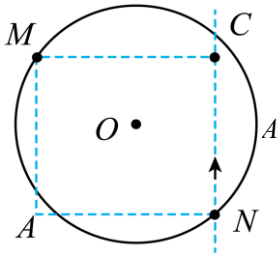
$$t = \frac{T}{4}$$

解得

$$t = \frac{\pi m}{2qB}$$

故 A 错误；

C．作出粒子的运动轨迹如图所示



A 点为微粒运动轨迹的圆心，设圆心 O 到 MA 的距离为 x，到 MC 的距离为 y，则有

$$r = x + \frac{3R}{5}，\quad r = y + \frac{4R}{5}，\quad x^2 + y^2 = R^2$$

解得

$$r = \frac{7R}{5}$$

故 C 错误；

B．根据

$$qBv = m\frac{v^2}{r}$$

结合上述解得

$$v = \frac{7qBR}{5m}$$

故 B 正确；

D．微粒到圆心 O 的最小距离

$$d = r - \sqrt{2}x$$

结合上述解得

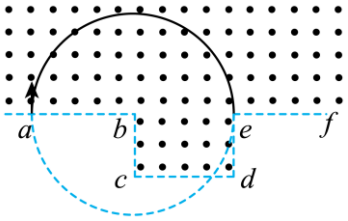
$$d = \frac{7 - 4\sqrt{2}R}{5}$$

故 D 错误。

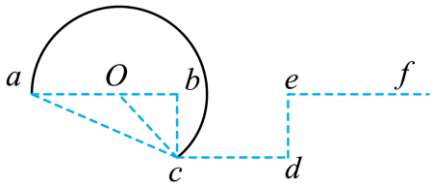
故选 B。

56．C

【详解】A．${}^3_2\mathrm{He}$ 粒子在磁场中做匀圆周运动轨迹图如图所示，由图可知，粒子要在 $bcde$ 区域运动，在经 e 点时轨道半径最大，此时粒子没能到达 de 中点，因此粒子不能到达 de 中点，A 错误；



BC．设粒子的运动轨迹过 $bcde$ 上的某一点 g，O 为粒子做圆周运动轨迹的圆心，当 $\angle Oag$ 最大时，粒子运动轨迹对应的圆心角最大，粒子运动时间最长，由几何关系可知，当 c 点与 g 点重合时，粒子运动时间最长，即从 bc 边界出的粒子运动时间不相等。如图所示，设运动半径为 R，由几何关系则有



$$(2L-R)^2+L^2=R^2$$

解得

$$R=\frac{5}{4}L$$

已知 ${}_2^3\mathrm{He}$ 粒子的质量为 $3m$，电荷量为 q，其在磁场中做匀速圆周运动，有

$$qvB=3m\frac{v^2}{R}$$

解得

$$v=\frac{5qBL}{12m}$$

B 错误，C 正确；

D．${}_2^3\mathrm{He}$ 粒子在磁场中运动的周期为

$$T=\frac{2\pi R}{v}=\frac{6\pi m}{qB}$$

在 ΔObc 中，设 $\angle bOc$ 为 α，$\angle aOc$ 为 θ，由几何关系可得

$$\tan\alpha=\frac{L}{\frac{3}{4}L}=\frac{4}{3}$$

可得

$$\alpha=53^\circ$$
$$\theta=180^\circ-53^\circ=127^\circ$$

则粒子在磁场中运动的最长时间为

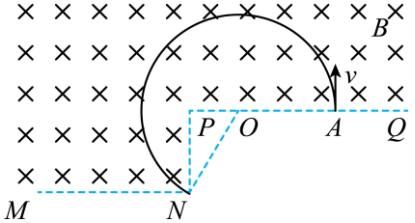
$$t=\frac{360^\circ-127^\circ}{360^\circ}T=\frac{233^\circ}{360^\circ}T=\frac{233\pi m}{60qB}$$

D 错误。

故选 C。

57．C

【详解】根据题意可知，当粒子由 N 点飞出时，运动的时间最长，运动轨迹如图所示



设粒子做圆周运动的半径为 R，由几何关系有

$$R^2-(\sqrt{3}a-R)^2=a^2$$

解得

$$R=\frac{2\sqrt{3}}{3}a$$

由

$$\cos\angle PON=\frac{\sqrt{3}a-R}{R}$$

联立解得

$$\cos\angle PON=\frac{\sqrt{3}}{3}$$

则

$$\angle PON=60^{\circ}$$

由牛顿第二定律有

$$qvB=m\frac{v^2}{R}$$

解得

$$v=\frac{BqR}{m}$$

由几何关系可知，粒子运动轨迹的长度为

$$s=\frac{60^{\circ}+180^{\circ}}{360^{\circ}}\cdot 2\pi R=\frac{4}{3}\pi R$$

则粒子的运动时间为

$$t=\frac{s}{v}=\frac{4\pi m}{3qB}$$

故选 C。

58．D

【详解】A．根据洛伦兹力提供向心力有

$$qvB=m\frac{v^2}{r}$$

解得

$$r=L$$

由题意可知粒子不可能偏转一次就到达 P 点，假设粒子偏转一次到达 P 点可知

$$PM=\sqrt{3}L \qquad MN=PM\cos 60^{\circ}=\frac{1}{2}\sqrt{3}L$$

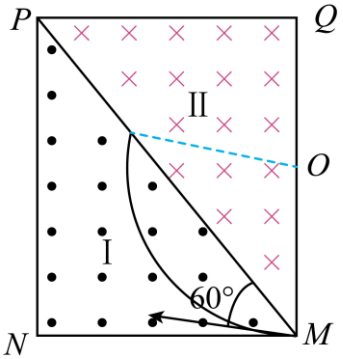
故 A 错误；

B．根据几何关系可知粒子在磁场I运动的圆心角为 120°，时间为

$$t=\frac{120^{\circ}}{360^{\circ}}\cdot\frac{2\pi r}{v}=\frac{2\pi}{3kB}$$

所以粒子在磁场中运动的总时间为 $n\frac{2\pi}{3kB}(n=2,4,6...)$，故 B 错误；

C．画出粒子的运动轨迹如图



根据几何关系可知，粒子从磁场I进入磁场II的位置距离 M 点

$$x=(2n+1)\sqrt{3}r=(2n+1)\sqrt{3}L\ （n=0，1，2…）$$

不可能为 $2\sqrt{3}L$，故 C 错误；

D．若粒子能通过 MP 边上距离 M 点 $2L$ 的一点，则粒子的轨道半径满足

$$n\sqrt{3}r=2L\ （n=0，1，2…）$$

结合

$$qvB=m\frac{v^2}{r}$$

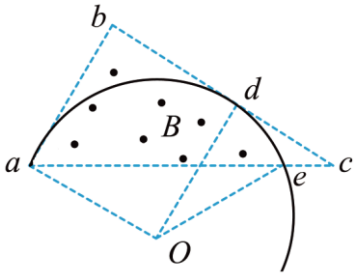
可知

$$v=\frac{2kBL}{\sqrt{3}n}\quad（n=0，1，2…）$$

当 $n=2$ 时，解得

$$v=\frac{\sqrt{3}kBL}{3}$$

故 D 正确；
故选 D。
59．C
【详解】根据题意可知，粒子沿 ab 方向射入磁场，所有粒子均能从 ac 边射出，则所有粒子从 ac 边射出磁场时转过的圆心角相同，所有粒子在磁场中的运动时间相同，粒子速度最大时运动轨迹与 bc 相切，最大速度粒子的运动轨迹如图所示



由题给信息可知

$$\angle a=60°，\ \angle b=90°$$

由于

$$ab=L，\ ac=2ab，\ \angle b=90°$$

则

$$\angle a=60°，\ \angle c=30°$$

又因为 aO 、dO 均为半径，所以

$$aO=dO$$

则四边形 $abdO$ 为正方形，所以粒子以最大速度做圆周运动的半径，即粒子做圆周运动的最大半径为

$$R_{\mathrm{m}}=L$$

AC．粒子做圆周运动，洛伦兹力提供向心力，由牛顿第二定律得

$$qv_{\mathrm{m}}B=m\frac{v_{\mathrm{m}}^2}{R_{\mathrm{m}}}$$

解得

$$v_{\mathrm{m}}=\frac{qBL}{m}$$

由图容易得到粒子在磁场中转过的圆心角为

$$\theta=120°$$

则粒子在磁场中运动的时间为

$$t=\frac{1}{3}T=\frac{1}{3}\times\frac{2\pi m}{qB}=\frac{2\pi m}{3qB}$$

故 A 错误，C 正确；
B．由图中可知，入射点与出射点的间距最大为 ae 之间的距离，则其间距最大为

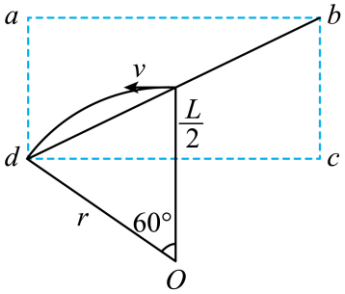
$$d_{\mathrm{m1}}=2R_{\mathrm{m}}\sin\frac{\theta}{2}=2\times L\times\frac{\sqrt{3}}{2}=\sqrt{3}L$$

故 B 错误；
D．由图中可知，运动轨迹与边 ac 的最大距离为最大半径 R_{m} 减去点 O 到边 ac 的垂直距离，即

$$d_{\mathrm{m2}}=R_{\mathrm{m}}-R_{\mathrm{m}}\cos\frac{\theta}{2}=L-\frac{1}{2}L=\frac{1}{2}L$$

故 D 错误；
故选 C。
60．C

【详解】AB．由题意对甲粒子作图



由几何关系得，ab 边长

$$L_{ab}=\frac{L}{\tan 30^\circ}=\sqrt{3}L$$

粒子圆周运动半径

$$r=L$$

由牛顿第二定律得

$$qvB=m\frac{v^2}{r}$$

解得

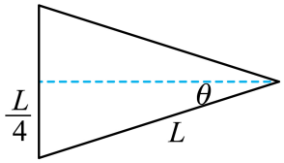
$$v=\frac{qBr}{m}=\frac{qBL}{m}$$

故 AB 错误；

C．由于发射出的粒子的速度大小都相等，所以所有粒子运动的半径大小都为 L，粒子圆周运动的周期

$$T=\frac{2\pi r}{v}=\frac{2\pi m}{qB}$$

由题意可知，乙粒子在有界磁场中运动对应的弦长为$\frac{L}{2}$，由几何关系可知



$$\sin\theta=0.25$$

即圆心角

$$\alpha=2\theta=29^\circ$$

粒子在磁场运动的最短时间

$$t=\frac{29}{360}T=\frac{29\pi m}{180Bq}$$

故 C 错误；

D．甲乙两粒子在磁场中运动的时间之比

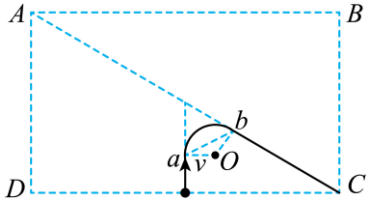
$$t_{甲}:t_{乙}=\frac{60}{360}T:\frac{29}{360}T=60:29$$

故 D 正确。

故选 C。

61．C

【详解】AB．依题意，该粒子的运动轨迹如图所示



由几何关系可知

$$\sin\angle ACD=\frac{L}{\sqrt{L^2+\left(\sqrt{3}L\right)^2}}=\frac{1}{2}$$

解得

$$\angle ACD=30°$$

可知粒子在磁场中轨迹所对的圆心角为120°，所以粒子在磁场里运动的时间为

$$t=\frac{120°}{360°}T$$

又

$$T=\frac{2\pi m}{qB}$$

联立，解得

$$t=\frac{2\pi m}{3qB}$$

故 AB 错误；

CD．粒子在磁场中做匀速圆周运动，洛伦兹力提供向心力，可得

$$qvB=m\frac{v^3}{r}$$

当 ab 为匀强磁场的直径时，圆形磁场面积最小，设其半径为 R，由几何关系可得

$$r\sin 60°=R$$

可得最小面积为

$$S_{\min}=\pi R^2$$

联立，解得

$$S_{\min}=\frac{3\pi m^2v^2}{4q^2B^2}$$

故 C 正确；D 错误。

故选 C。

62．（1）$t_{\mathrm{m}}=\frac{7\pi m}{4Bq}$；（2）$\eta=\frac{3}{4}$；（3）$L\geq 2\sqrt{23+16\sqrt{2}}d$

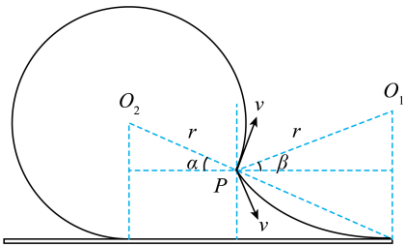
【详解】（1）设粒子在匀强磁场中做圆周运动半径为 r，由牛顿第二定律

$$Bqv=m\frac{v^2}{r}$$

解得

$$r=(2+\sqrt{2})d$$

如图所示



设粒子在磁场中运动轨迹与吸收板左侧相切时，该粒子打到吸收板上的时间最长，有

$$\sin\alpha=\frac{r-d}{r}=\frac{\sqrt{2}}{2}$$

可得

$$\alpha=\frac{\pi}{4}$$

粒子在磁场中圆周运动的周期

$$T=\frac{2\pi r}{v}$$

粒子打到板上运动的最长时间

$$t_{\mathrm{m}}=\frac{2\pi-(\frac{\pi}{2}-\alpha)}{2\pi}T,$$

解得

$$t_{\mathrm{m}}=\frac{7\pi m}{4Bq}$$

（2）设粒子运动轨迹与吸收板右侧相切时，则有

$$\sin\beta=\frac{r-d}{r}=\frac{\sqrt{2}}{2}$$

故

$$\beta=\frac{\pi}{4}$$

发射速度方向在$\pi+\alpha+\beta$范围内的粒子能打在吸收板上表面被板吸收，板吸收的粒子数与发射粒子总数之比为

$$\eta=\frac{\pi+\alpha+\beta}{2\pi}$$

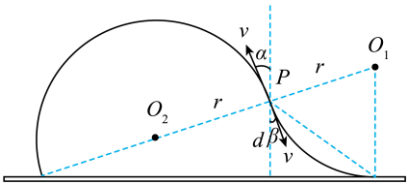
解得

$$\eta=\frac{3}{4}$$

（3）吸收板吸收的粒子数与发射数之比η不变，则α与β角不变，由（1）有

$$r=(2+\sqrt{2})d$$

不变，如图所示



当粒子发射后，运动半个圆周打在吸收板的最左端，有

$$(2r)^2-d^2=(\frac{L}{2})^2$$

又

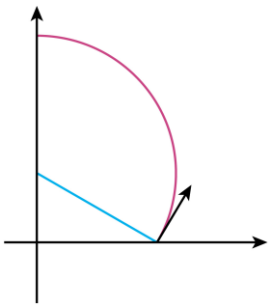
$$Bqv=m\frac{v^2}{r}$$

联立解得

$$L\geq 2\sqrt{23+16\sqrt{2}}d$$

63．（1）$\frac{2\sqrt{3}qBa}{3m}$；（2）$\frac{2qBa}{(2+\sqrt{3})m}$

【详解】（1）粒子运动轨迹如图所示



由几何关系可得

$$R_1\sin\frac{\pi}{3}=a$$

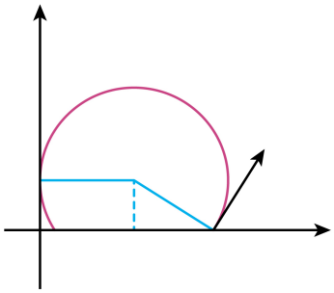
根据洛伦兹力提供向心力有

$$qv_1B=m\frac{v_1^2}{R_1}$$

联立解得

$$v_1=\frac{2\sqrt{3}qBa}{3m}$$

（2）粒子运动轨迹如图所示



由几何关系可得

$$t=\frac{\theta}{2\pi}T$$

解得

$$\theta=\frac{4}{3}\pi$$

由几何关系可得

$$R_2+R_2\sin\frac{\pi}{3}=a$$

根据洛伦兹力提供向心力有

$$qv_{\mathrm{m}}B=m\frac{v_{\mathrm{m}}^2}{R_2}$$

联立解得

$$v_{\mathrm{m}}=\frac{2qBa}{\left(2+\sqrt{3}\right)m}$$

64．（1）$\frac{mv}{qx_0}$；（2）$\frac{\pi x_0}{3v}$，$\frac{5\pi x_0}{3v}$；（3）$\left(\sqrt{3}-1\right)x_0$

【详解】（1）设粒子做圆周运动的半径为 R，由几何关系，得

$$R=x_0$$

根据牛顿第二定律，得

$$qvB=\frac{mv^2}{R}$$

联立解得

$$B=\frac{mv}{qx_0}$$

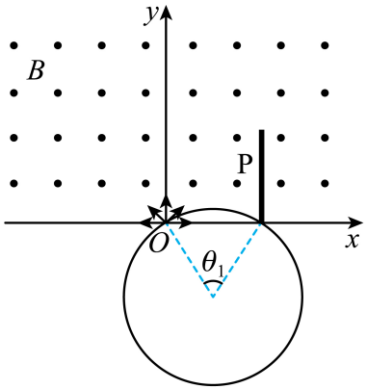
（2）带电粒子在磁场中的运动周期为 T，则有

$$T=\frac{2\pi R}{v}$$

得

$$T=\frac{2\pi x_0}{v}$$

打在 P 左侧下端的粒子在磁场中运动的时间最短，如图



由几何关系可知打在 P 左侧下端的粒子在磁场中偏转的角度是

$$\theta_1=60°$$

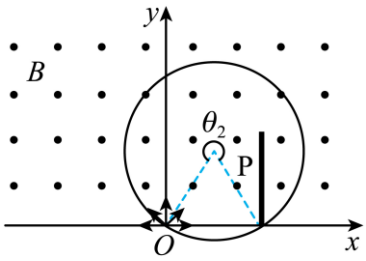
运动的最短时间

$$t_{\min}=\frac{\theta_1}{360^\circ}T$$

联立解得

$$t_{\min}=\frac{\pi x_0}{3v}$$

打在 P 右侧下端的粒子在磁场中运动的时间最长，如图



由几何关系可知：打在 P 左侧下端的粒子在磁场中偏转的角度是

$$\theta_2=300^\circ$$

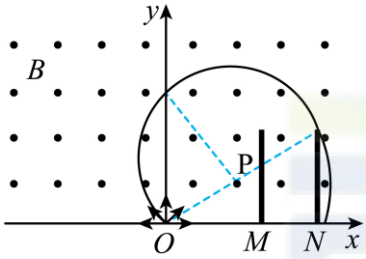
运动的最长时间

$$t_{\max}=\frac{\theta_2}{360^\circ}T$$

联立解得

$$t_{\max}=\frac{5\pi x_0}{3v}$$

（3）要使挡板右侧无粒子到达，P 板最上端与 O 点的连线长应为 $2x_0$ 即粒子运动的直径，如图所示



所以沿 x 轴正方向移动的最小长度为

$$\Delta x=ON-OM=\sqrt{(2x_0)^2-x_0^2}-x_0=\left(\sqrt{3}-1\right)x_0$$

65．(1)$\frac{mv_0}{eL}$，$\sqrt{2}v_0$

(2)0

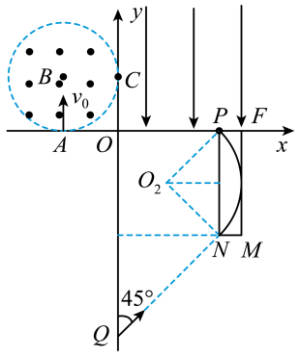
(3)$2\left(\sqrt{2}-1\right)L^2$

【详解】（1）正电子 a 从 A 点沿 y 轴正方向发射，经过 C 点，由题意可得正电子在磁场中运动的半径

$$R=L$$

又

$$ev_0B=\frac{mv_0^2}{R}$$



解得

$$B=\frac{mv_0}{eL}$$

正电子在电场中做类平抛运动，得

$$2L=v_0t_1$$

又

$$L=\frac{1}{2}at_1^2$$

加速度为

$$a=\frac{Ee}{m}$$

依题意

$$v_y=at_1,\quad v=\sqrt{v_0^2+v_y^2}$$

解得

$$v=\sqrt{2}v_0,\quad t_1=\frac{2L}{v_0}$$

（2）在磁场中运动的周期

$$T=\frac{2\pi R}{v_0}=\frac{2\pi L}{v_0}$$

正电子在磁场中运动了四分之一圆周，则

$$t_2=\frac{1}{4}T=\frac{\pi L}{2v_0}$$

在电场中运动时间

$$t_1=\frac{2L}{v_0}$$

故从 A 到 P 的时间

$$t=t_1+t_2=\frac{(4+\pi)L}{2v_0}$$

电子在第IV象限运动时间

$$t_3=\frac{2\sqrt{2}L}{v_1}+\frac{2\pi m}{eB}\cdot\frac{90^\circ}{360^\circ}$$

其中由湮灭条件知

$$v_1=\sqrt{2}v_0$$

解得

$$t_3=\frac{(4+\pi)L}{2v_0}$$

故

$$\Delta t=t-t_3=0$$

（3）速度 $\sqrt{2}v_0$ 的正电子在磁场中运动的半径

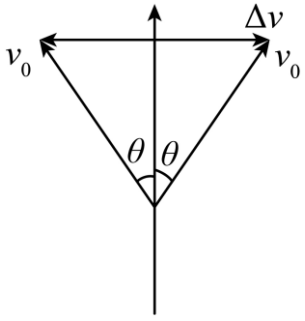
$$R_2=\frac{m\cdot\sqrt{2}v_0}{eB}=\sqrt{2}L$$

未知矩形磁场区域的最小面积为图中矩形 $PFMN$ 的面积

$$S=2L\left(\sqrt{2}-1\right)L=2\left(\sqrt{2}-1\right)L^2$$

66.（1）8 V/m ， 方向沿 x 轴正向；（2）$(0,0)$ ， $\left(8\sqrt{2},0\right)$；（3）$32\left(\sqrt{6}-\sqrt{2}\right)\text{m}^2$

【详解】（1）对粒子从 P 到 Q 运动过程中，初末速度及速度变化矢量图如图所示



由几何知识得

$$\Delta v = 2v_0 \sin\theta$$

代入数据得

$$\Delta v = 8\text{m/s}$$

方向沿 x 轴正向

$$at = \Delta v$$
$$qE = ma$$

则电场方向沿 x 轴正向，故粒子从 P 到 Q 运动过程可看成沿 v_0 方向，匀速直线运动到 x 轴上 F 和沿 x 轴方向匀加速直线运动，则沿 v_0 方向，匀速直线运动到 x 轴有

$$4\sqrt{3} = v_0 t$$

得

$$t = 1\text{s}$$

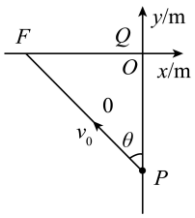
联立得

$$E = 8\text{V/m}$$

方向沿 x 轴正向

（2）粒子 P 到 Q 运动过程 x 轴方向匀加速直线运动有

$$FQ = \frac{1}{2}at^2$$



可知

$$FQ = FO$$

故 Q 点坐标为 $(0,0)$

对粒子在磁场中运动有

$$qvB = m\frac{v^2}{R}$$

解得

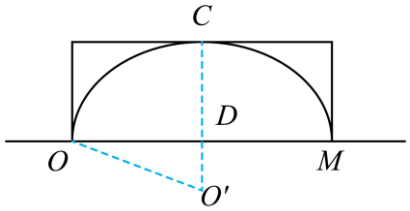
$$R = 4\sqrt{3}\text{m}$$

则

$$OM = 2R\cos\theta$$

得 M 点坐标为 $\left(8\sqrt{2},0\right)$

（3）粒子在磁场中运动轨迹如图所示，对应轨迹圆心为 O'，D 为 OM 中点，$O'D$ 连线延长交圆弧于 C 点，作其圆弧的外切矩形



在 $\text{Rt}\triangle O'OD$ 中，有

$$O'D = O'O\sin\theta$$

解得

$$O'D = 4\text{m}$$
$$CD = O'C - O'D$$

解得

$$CD = 4\left(\sqrt{3}-1\right)\text{m}$$

矩形面积

$$S = OM \cdot CD$$

代入数据得

$$\text{S} = 32\left(\sqrt{6}-\sqrt{2}\right)\text{m}^2$$

67．(1) $B=\frac{mv_0}{4qd}$；(2) $S_{\min}=48d^2$；(3)18∶5或27∶1

【详解】(1)根据题意和几何关系可得

$$R\sin 30°+R=6d$$

可得

$$R=4d$$

由洛伦兹力提供向心力可得

$$qv_0B=\frac{mv_0^2}{R}$$

可得

$$B=\frac{mv_0}{4qd}$$

(2)磁场II的面积最小时，矩形的长为

$$a=2R$$

宽为

$$b=R\sin 30°+R=1.5R$$

则磁场II的最小面积

$$S_{\min}=ab=3R^2=48d^2$$

(3)由动能定理可得

$$qEd=\frac{1}{2}mv^2-\frac{1}{2}mv_0^2$$

可得

$$v=\frac{5}{4}v_0$$

则速度与水平方向夹角的余弦值为

$$\cos\alpha=\frac{v_0}{v}=0.8$$

即

$$\alpha=37°$$

粒子在电场中有

$$a=\frac{qE}{m}$$

运动时间为

$$t=\frac{v\sin 37°}{a}$$

粒子沿 x 轴负方向移动的距离为

$$x=v_0t$$

联立可得

$$x=\frac{8d}{3}$$

则有几何关系可得

$$R_1\cos 37°+2d=R_1$$

则有

$$R_1=10d$$

则由

$$qvB_1=\frac{mv^2}{R_1}$$

得

$$B_1=\frac{mv_0}{8qd}$$

在磁场中偏移的距离为

$$x'=2R_1\sin 37°=12d$$

粒子第一次返回后与 x 轴的交点 Q，则有

$$OQ=2x+x'=\frac{52d}{3}$$

设磁感应强度大小为 B_2 时，粒子的半径为 R_2，粒子经过 n 次偏转后到达 Q 点，由几何知识可得

$$OQ=n\times(2\times\frac{8d}{3}+2R_2\sin37°)$$

可得

$$R_2=\frac{130d-40nd}{9n}$$

代入

$$qvB_2=\frac{mv^2}{R_2}$$

可得

$$B_2=\frac{45nmv_0}{4(130-40n)qd}$$

则

$$\frac{B_2}{B_1}=\frac{45nmv_0}{4(130-40n)qd}:\frac{mv_0}{8qd}=\frac{90n}{130-40n}$$

为了粒子进行多次偏转，则

$$130-40n>0$$

可得

$$n<3\frac{1}{4}$$

故当 $n=2$ 时，比值为

$$\frac{B_2}{B_1}=18:5$$

当 $n=3$ 时，比值为

$$\frac{B_2}{B_1}=27:1$$

68．(1)$\frac{\sqrt{3}}{10}$m

(2)$\left(\frac{\pi}{3}+\frac{\sqrt{3}}{2}\right)\times10^{-7}$s

(3)3×10^{-4}T

【详解】（1）离子在磁场中做匀速圆周运动，洛伦兹力提供向心力，由

$$Bqv_0=m\frac{v_0^2}{r_1}$$

解得

$$r_1=0.1\text{m}$$

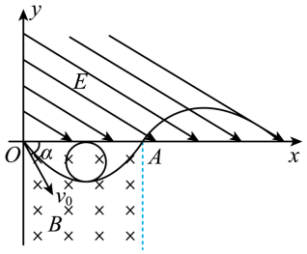
由几何关系得离子在磁场中的轨迹半径

$$OA=2r_1\sin\alpha$$

解得

$$OA=\frac{\sqrt{3}}{10}\text{m}$$

（2）粒子在磁场中，运动轨迹如图



由几何关系可知圆心角

$$\theta=2\alpha=120°$$

则在磁场中运动时间

$$t_1=\frac{\theta}{360}\times\frac{2\pi r_1}{v_0}=\frac{\pi}{3}\times10^{-7}\text{s}$$

离子进入电场后，经过时间t_2再次到达x轴上，分析知离子在电场中做类平抛运动，离子沿垂直电场方向做速度为v_0的匀速直线运动，位移为l_1，则

$$l_1=v_0t_2$$

离子沿电场方向做初速度为零的匀加速直线运动，加速度为a，位移为l_2，则

$$Eq=ma\text{，}\ l_2=\frac{1}{2}at^2$$

由几何关系可知

$$\tan60°=\frac{l_2}{l_1}$$

代入数据解得

$$t_2=\frac{\sqrt{3}}{2}\times10^{-7}\text{s}$$

则总时间

$$t=t_1+t_2=\left(\frac{\pi}{3}+\frac{\sqrt{3}}{2}\right)\times10^{-7}\text{s}$$

（3）由$Bqv=m\frac{v^2}{r}$知，B越小，r越大，设离子在磁场中最大轨迹半径为R，由图中几何关系得

$$R=\frac{1}{2}\left(r_1-r_1\cos\alpha\right)=0.025\text{m}$$

由牛顿运动定律得

$$B_1qv_0=m\frac{v_0^2}{R}$$

得

$$B_1=4\times10^{-4}\text{T}$$

则外加磁场磁感应强度的最小值

$$B_2=B_1-B=3\times10^{-4}\text{T}$$

69．(1)$E=\frac{2mv_0^2}{9ql}$

(2)$B=\frac{2mv_0}{9ql}$

(3)（$-\sqrt{3}l$，0）

【详解】（1）粒子在电场内做类平抛运动，x方向上做匀速直线运动，y方向上做初速度为零的匀加速直线运动

则x方向上有

$6l=v_0t_1$$y$方向上有

$$4l=\frac{1}{2}at_1^2$$

联立以上两式解得

$$t_1=\frac{6l}{v_0}$$

$$a=\frac{2v_0^2}{9l}$$

在y方向上有根据牛顿第二定律

$$qE=ma$$

解得，匀强电场的电场强度大小

$$E=\frac{2mv_0^2}{9ql}$$

（2）设粒子进入磁场时合速度方向与x轴正方向的夹角为θ，则有

$$\tan\theta=\frac{v_y}{v_0}=\frac{at_1}{v_0}$$

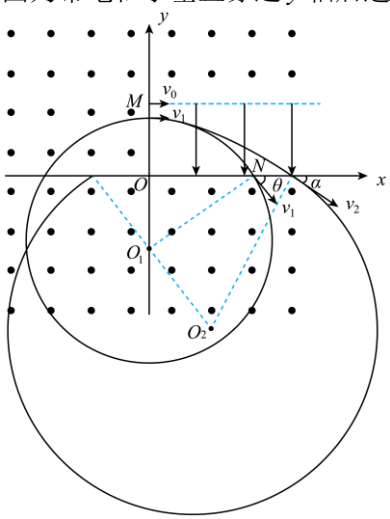
联立以上各式解得

$$\theta=53°$$

合速度

$$v=\frac{v_0}{\cos\theta}=\frac{5}{3}v_0$$

因为带电粒子垂直穿过y轴后进入第三象限，所以圆心在y轴上，轨迹如图所示



粒子在磁场中运动的轨迹半径

$$r=\frac{6l}{\sin53°}=\frac{15l}{2}$$

粒子在磁场中做匀速圆周运动，洛伦兹力提供向心力，有

$$qvB=m\frac{v^2}{r}$$

解得匀强磁场的磁感应强度大小

$$B=\frac{2mv_0}{9ql}$$

（3）带电粒子再次进入电场的纵坐标为

$$y=r(1-\cos53°)=3l$$

在电场中再次做类平抛运动，在y轴方向

$$y=\frac{1}{2}at_2^2$$

解得

$$t_2=\frac{3\sqrt{3}l}{v_0}$$

出电场时的横坐标为

$$x_1=vt=5\sqrt{3}l$$

设此时速度大小为v_2，与x正半轴夹角为α，则

$$v_2=\sqrt{v^2+v_y'^2}$$

其中

$$v_y'=at_2=\frac{2\sqrt{3}}{3}v_0$$

解得

$$v_2=\frac{\sqrt{37}}{3}v_0$$

则

$$\tan\alpha=\frac{v_y'}{v}=\frac{2\sqrt{3}}{5}$$

根据洛伦兹力提供向心力

$$qv_2B=m\frac{v_2^2}{r'}$$

解得

$$r'=\frac{3\sqrt{37}}{2}l$$

设粒子第三次穿过 x 轴与第四次穿过 x 轴的距离为 d，则

$$d=2r'\sin\alpha=6\sqrt{3}l$$

所以，带电粒子第四次穿过 x 轴的横坐标为

$$x=x_1-d=-\sqrt{3}l$$

即带电粒子第四次穿过 x 轴的位置坐标为（$-\sqrt{3}l$，0）。

70．(1) $\frac{(2+\sqrt{3})\pi}{3}$s

(2) $(\sqrt{3}-1)$m/s

(3) $\left[\frac{2(2+\sqrt{3})\pi}{3}+\frac{23}{2}\right]$s

【详解】（1）由题意画出粒子的运动轨迹，如图 1 所示

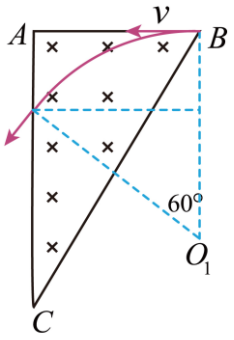


图1

根据几何关系可知，运动轨迹的圆心角为 60°，粒子运动时间

$$t_1=\frac{1}{6}T$$

粒子在磁场中做圆周运动，洛伦兹力提供向心力，则

$$qvB=m\frac{v^2}{r}$$

周期

$$T=\frac{2\pi r}{v}=\frac{2\pi m}{qB}=2\left(2+\sqrt{3}\right)\pi\text{s}$$

所以

$$t_1=\frac{(2+\sqrt{3})\pi}{3}\text{s}$$

（2）由题意可知

$$AC=(6+4\sqrt{3})\text{m}$$

则根据几何知识可得

$$AB=2(2+\sqrt{3})\text{m}$$

粒子的运动轨迹如图 2，设此时半径为 r_1，则有

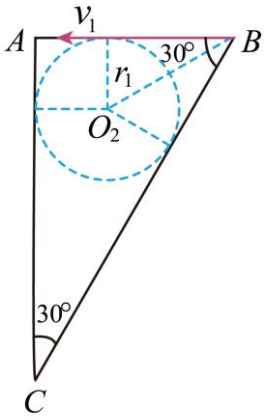


图2

$$r_1 + r_1 \tan 60° = AB$$

解得

$$r_1 = \frac{2(2+\sqrt{3})}{\sqrt{3}+1}\text{m}$$

根据牛顿第二定律可得

$$qv_1B = \frac{mv_1^2}{r_1}$$

解得

$$v_1 = (\sqrt{3}-1)\text{m/s}$$

故粒子的速度不超过$\left(\sqrt{3}-1\right)\text{m/s}$。

（3）如图 2 所示，当粒子的轨迹在 AC 间与 y 轴相切时，粒子从发射到离开电场的时间最短，由几何知识可得

$$r_2 = AB = 2(2+\sqrt{3})\text{m}$$

根据牛顿第二定律可得

$$qv_2B = \frac{mv_2^2}{r_2}$$

解得

$$v_2 = 2\text{m/s}$$

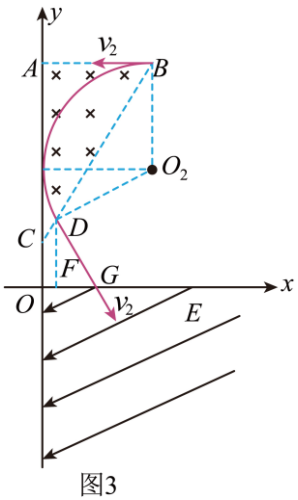


图3

结合数学知识可得

$$\angle BO_2D = 120°$$

所以粒子在磁场中运动的时间

$$t_2 = \frac{120°}{360°}T = \frac{2(2+\sqrt{3})\pi}{3}$$

过 D 点作 x 轴的垂线，垂足为 F，则有

$$OC + AC = DF + r_2 + r_2\sin 30°$$

解得

$$DF=\frac{3\sqrt{3}}{2}\text{m}$$

设$\angle DGF=\theta$，则有

$$\tan\theta=\frac{DF}{FG}$$

根据图示可得

$$\theta=60°$$

解得

$$FG=\frac{3}{2}\text{m}$$

解直角三角形

$$\sin\theta=\frac{DF}{DG}$$

解得

$$DG=3\text{m}$$

故粒子在真空中运动的时间

$$t_3=\frac{DG}{v_2}=1.5\text{s}$$

又因为

$$r_2=OF+r_2\cos 30°$$

解得

$$OF=1\text{m}$$
$$OG=OF+FG=2.5\text{m}$$

粒子沿 x 轴的速度大小为

$$v_x=v_2\cos\theta=1\text{m/s}$$

沿 x 轴的加速度大小

$$a_x=\frac{qE}{m}\cos 30°=0.25\text{m/s}^2$$

由匀变速直线运动规律可得

$$-OG=v_xt_4-\frac{1}{2}a_xt_4^2$$

代入数据解得

$$t_4=10\text{s}$$

所以粒子运动的最短时间为

$$t=t_2+t_3+t_4=\left[\frac{2(2+\sqrt{3})\pi}{3}+\frac{23}{2}\right]\text{s}$$

71．（1）$\frac{mv_0}{qR}$ ；（2）50% ；（3）$\left(\frac{3x}{4R}\right)^2+\left(\frac{3y}{2R}-1\right)^2=1$，$(x>0,y>0)$

【详解】（1）由于粒子在磁场中偏转后经过 O 点，故粒子在磁场中偏转半径为 R，即

$$qv_0B=m\frac{v_0^2}{R}$$

得

$$B=\frac{mv_0}{qR}$$

（2）设打在 P 点的粒子从磁场中射出方向与 x 轴正向夹角为 θ，粒子在电场中运动加速度为 a，有 $a=\frac{qE}{m}$ y 方向

$$(v_0\sin\theta)^2=2aR$$

得

$$\sin\theta=\frac{\sqrt{3}}{2}$$

则

$$\theta=60°$$

由几何关系可知，从 O 点射出角度小于 θ 的粒子均可被 PQ 收集到，该粒子射入磁场时到 x 轴的距离为

$$d = R(1-\cos\theta) = \frac{1}{2}R$$

因此在收集到的粒子数占总数比例为

$$\eta = \frac{d}{R}\times 100\%$$

代入数据可得

$$\eta = 50\%$$

（3）设某粒子以与 x 轴夹角 α 射入电场，然后平行于 x 轴正向从点 (x,y) 射出电场，则飞行时间

$t = \frac{v_0\sin\alpha}{a}$ y 方向位移

$y = \frac{(v_0\sin\alpha)^2}{2a}$ x 方向位移

$$x = v_0\cos\alpha t$$

整理得

$$y = \frac{v_0^2}{4a}(1-\cos 2\alpha),\quad x = \frac{v_0^2}{2a}\sin 2\alpha$$

则电场的边界方程为

$$\left(\frac{3x}{4R}\right)^2 + \left(\frac{3y}{2R}-1\right)^2 = 1,\quad (x>0, y>0)$$

为椭圆的一部分。

72．（1）$1.5L$；（2）（0，L）；（3）（$3\sqrt{3}L$,0）

【详解】（1）当粒子沿 y 轴向上时，离 x 轴最远，距离为 y_1，有

$$0 - v_0^2 = -2\frac{qE}{m}y_1$$

解得

$$y_1 = 1.5L$$

（2）由题意可知

$$\sqrt{3}L = v_0\cos\theta t$$

$$y = v_0\sin\theta t - \frac{1}{2}\frac{qE}{m}t^2$$

联立得

$$y = -\frac{L}{2}(\tan^2\theta - 2\sqrt{3}\tan\theta + 1) = -\frac{L}{2}((\tan\theta-\sqrt{3})^2 - 2)$$

当 $\theta = 60°$ 时，y 有最大值 L，故粒子能达到正向 y 轴上最远点的坐标 $(0,L)$；

（3）粒子刚离开电场时

$$v_y = v_0\sin\theta - \frac{qE}{m}t = -\frac{\sqrt{3}}{6}v_0$$

$$v_x = v_0\cos\theta = \frac{1}{2}v_0$$

解得速度为

$v = \frac{\sqrt{3}}{3}v_0$ v 和 x 轴正方向的夹角满足

$$\tan\alpha = \frac{v_y}{v_x} = \frac{\sqrt{3}}{3}$$

$$\alpha = 30°$$

粒子从 M 点反射后速度为 v_1，与 x 轴夹角为 θ_1，运动半径为 r_1，粒子再次到达 x 轴时水平方向运动的距离为 x_1，有

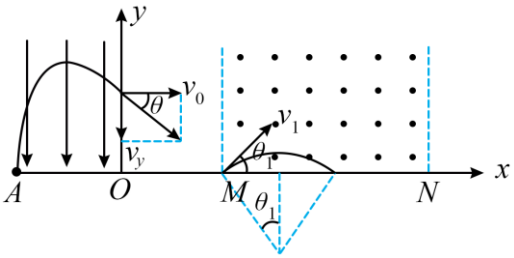
$$qv_1B = \frac{mv_1^2}{r_1}$$

$$x_1 = 2r_1\sin\theta_1$$

$x_1=\dfrac{2mv_1\sin\theta_1}{qB}=-\dfrac{2m}{qB}v_y\cdot(-\dfrac{2}{3})=\dfrac{2}{3}\sqrt{3}L$ N 点的坐标值

$$x=L\cot30^\circ+\sqrt{3}L(\frac{2}{3}+(\frac{2}{3})^2+(\frac{2}{3})^3+\cdots)=3\sqrt{3}L$$

故坐标为$(3\sqrt{3}L,0)$。



73．(1) $E=vB$，沿 z 轴正方向

(2) $B'=\dfrac{mv}{2qa}$

(3) $E'=\sqrt{(vB)^2+(\dfrac{2mv^2}{3qa})^2}$，$\tan\theta=\dfrac{3qaB}{2mv}$

【详解】（1）由左手定则可知，带电粒子所受洛伦兹力沿 z 轴负方向，则有平衡条件可知，电场力沿 z 轴正方向，即电场强度沿 z 轴正方向，且有

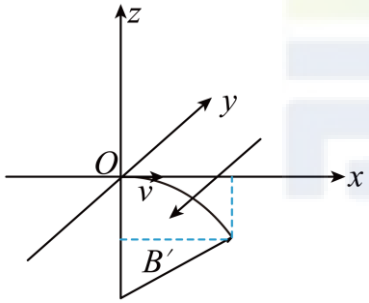
$$qE-qvB=0$$

解得

$$E=vB$$

方向沿 z 轴正方向；

（2）粒子运动的轨迹如图所示



由几何关系，有

$$r^2=(r-a)^2+(\sqrt{3}a)^2$$

解得粒子运动的半径为

$$r=2a$$

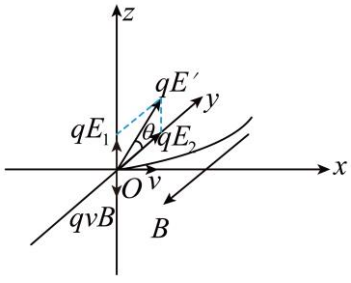
由牛顿第二定律，有

$$qvB'=m\frac{v^2}{r}$$

解得

$$B'=\frac{mv}{2qa}$$

（3）由题意，电场力的一个分力沿 z 轴正方向平衡洛伦兹力，另一个分力沿 y 轴正方向提供类平抛运动加速度，如图所示



则由平衡条件，有

$$qE_1 = qvB$$

曲平抛运动规律，有

$$\sqrt{3}a = vt$$

$$a = \frac{1}{2}a_0 t^2$$

其中

$$a_0 = \frac{qE_2}{m}$$

解得

$$E_1 = vB$$

$$E_2 = \frac{2mv^2}{3qa}$$

则合场强为

$$E' = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} = \sqrt{(vB)^2 + (\frac{2mv^2}{3qa})^2}$$

$$\tan\theta = \frac{E_1}{E_2} = \frac{3qaB}{2mv}$$

74．B

【详解】由于电场力与重力合力处于竖直方向，由于磁场方向处于竖直方向，在竖直方向的分速度不会产生洛伦兹力；水平方向的分速度受到洛伦兹力作用；将小球的运动分解为以初速度v_0的水平面匀速圆周运动和竖直方向初速度为0的匀加速直线运动；对于水平面匀速圆周运动有

$$qv_0 B = m\frac{v_0^2}{r}$$

解得轨道半径为

$$r = 1\text{m}$$

周期为

$$T = \frac{2\pi r}{v_0} = \pi\text{s}$$

则小球从水平抛出到经过O点所用时间满足

$$t = nT = n\pi \quad （n = 1，2，3\cdots）$$

小球从水平抛出到经过O点，竖直方向有

$$h = \frac{v_y}{2}t$$

可得小球经过O点竖直分速度为

$$v_y = \frac{2h}{t} = \frac{4}{n\pi}\text{m/s} \quad （n = 1，2，3\cdots）$$

当$n = 1$时，竖直分速度有最大值，小球经过O点时的动能有最大值，则有

$$E_{\text{km}} = \frac{1}{2}mv_{\text{m}}^2 = \frac{1}{2}m(v_0^2 + v_{\text{ym}}^2) = \frac{1}{2}\times 0.1\times(2^2 + \frac{4^2}{\pi^2})\text{J} \approx 0.28\text{J}$$

故选B。

75．BC

【详解】A．因为小球的运动实际上是竖直平面内沿逆时针方向、速度大小为v的匀速圆周运动和水平向右、速度大小为v的匀速直线运动的合运动，故小球在最高点做圆周运动的分速度水平向左，做直线运动的分速度水平向右，合速度为0，在最低点时的速度是两分速度的矢量和，为$2v$，故A错误；

B．设在最低点时轨迹的曲率半径为R，则有

$$q\cdot 2vB - mg = m\frac{(2v)^2}{R}$$

可解得曲率半径

$$R = \frac{4mv^2}{2qvB - mg}$$

故B正确；

C．小球在运动过程中洛伦兹力不做功，机械能守恒，有

$$mgh=\frac{1}{2}m(2v)^2$$

解得

$$h=\frac{2v^2}{g}$$

故 C 正确；

D．小球从释放到第一次经过最低点的过程中，只运动了半个圆周，根据分运动的等时性，则有

$$t=\frac{T}{2}=\frac{\pi m}{qB}$$

故 D 错误。

故选 BC。

76．(1) $B=\frac{mv_0}{2qd}$

(2) $\left(\frac{mv_0}{2k},0\right)$

(3) $l=\frac{mv_0}{k}+d-\frac{m^2v_0^2}{4dk^2}$

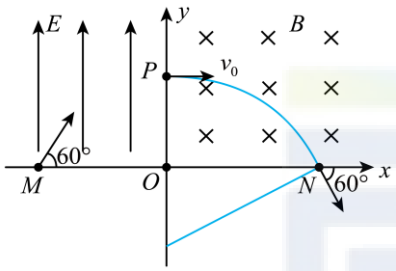
【详解】（1）粒子进入电场后做斜抛运动，水平方向做匀速直线运动，竖直方向做类竖直上抛运动，则有

$$v_M\cos60^\circ=v_0$$

解得

$$v_M=2v_0$$

粒子在磁场中做匀速圆周运动，其轨迹如图所示



根据几何关系可得粒子在磁场中做圆周运动的轨迹半径为

$$R\sin30^\circ=R-d$$

解得

$$R=2d$$

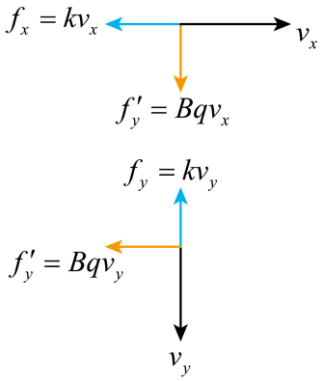
由洛伦兹力充当向心力有

$$Bqv_0=m\frac{v_0^2}{R}$$

解得

$$B=\frac{mv_0}{2qd}$$

（2）对粒子受力分析可知，速度的 x 轴的分量会产生 x 轴的阻力与 y 轴负方向的洛伦兹力；速度 y 轴的分量，会产生 y 轴的阻力与 x 轴负方向的洛伦兹力，其受力分析如图所示



在 x 轴上，由动量定理有

$$-\left(kv_x+Bqv_y\right)\Delta t=m\Delta v_x$$

由微元法累加后可得

$$-kx-Bqd=m\left(0-v_0\right)$$

解得

$$x=\frac{mv_0}{2k}$$

则 Q 点的坐标为$\left(\frac{mv_0}{2k},0\right)$。

（3）同理在 y 轴上有

$$-\left(kv_y-Bqv_x\right)t=m\Delta v_y$$

微元法叠加后可得

$$-ky+Bqx=m\left(v_Q-0\right)$$

解得

$$v_Q=\frac{mv_0^2}{4dk}-\frac{kd}{m}$$

切线方向，阻力使得粒子速度减小，在切线方向有

$$-kv\Delta t=m\Delta v$$

微元叠加后可得

$$-kl=m(v_Q-v_0)$$

解得轨迹的长度为

$$l=\frac{mv_0}{k}+d-\frac{m^2v_0^2}{4dk^2}$$

77．$(1)v_0=\frac{2qBL}{m}$

(2)①$t=\frac{\sqrt{3}m}{3qB}$；②$x=L\left(1-\cos\frac{\sqrt{3}}{3}\right)$；$y=L\sin\frac{\sqrt{3}}{3}$

$(3)d=\left(1+\sqrt{3}\right)L$

【详解】（1）粒子由洛伦兹力提供向心力

$$qv_0B=m\frac{v_0^2}{r}$$

由几何关系得

$$r-L=r\sin30^\circ$$

联立求得

$$v_0=\frac{2qBL}{m}$$

（2）①粒子做螺旋运动，可分解为沿 z 轴负方向的匀速直线运动和沿轴负方向的匀速直线运动和沿 xOy 平面的匀速圆周运动，设到 xOy 平面的时间为 t，做匀速圆周运动的半径为 r_1，周期为 T，则粒子运动到 xOy 平面的时间

$$t=\frac{L}{v_0\cos30^\circ}=\frac{\sqrt{3}m}{3qB}$$

②根据

$$q\left(v_0\sin30^\circ\right)B=\frac{m\left(v_0\sin30^\circ\right)^2}{r_1}$$

$$T=\frac{2\pi r_1}{v_0\sin30^\circ}=\frac{2\pi m}{qB}$$

可得粒子经过 xOy 平面时的 x 坐标与 y 坐标的表达式

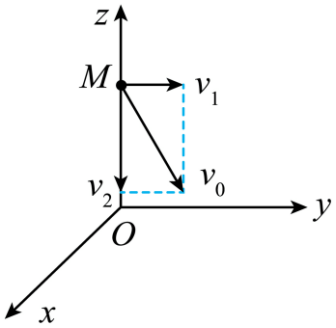
$$x=r_1-r_1\cos\frac{2\pi}{T}t=L\left(1-\cos\frac{\sqrt{3}}{3}\right)$$

$$y=r_1\sin\frac{2\pi}{T}t=L\sin\frac{\sqrt{3}}{3}$$

（3）由已知条件 $E_0=\frac{v_0B}{2}$ 可得

$$qE_0=q\frac{v_0}{2}B$$

将初速度 v_0 分解为如图所示的 v_1 和 v_2，令 $v_1=\frac{v_0}{2}$ 由平行四边形定则得



$$V_2=\frac{\sqrt{3}}{2}V_0$$

粒子的运动可以看成是 v_1 的匀速直线运动和 v_2 的匀速圆周运动两种运动的合成，设匀速圆周运动半径为 r_2，则

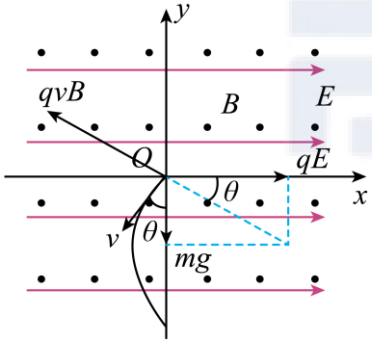
$$qv_2B=m\frac{v_2^2}{r_2},r_2=\sqrt{3}L$$

由几何关系得

$$d=L+r_2=\left(1+\sqrt{3}\right)L$$

78.（1）$\frac{\sqrt{2}mg}{qB}$，y 轴负方向夹角为 $45°$；（2）$\frac{4m^2g}{q^2B^2}$；（3）$\frac{2m^2g}{q^2B^2}$

【详解】（1）由题意知，粒子做匀速直线运动，受力分析如图



则

$$(Bqv)^2=(qE)^2+(mg)^2$$

解得

$$v=\frac{\sqrt{2}mg}{qB}$$

粒子出射的速度方向与 y 轴负方向夹角为 θ

$$\tan\theta=\frac{mg}{qE}=1$$

解得

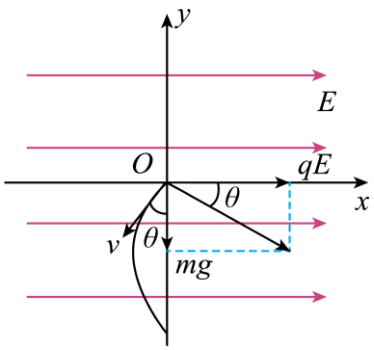
$$\theta=45°$$

即微粒发射的速度大小为

$$v=\frac{\sqrt{2}mg}{qB}$$

与 y 轴负方向夹角为 $\theta=45°$；

（2）撤去磁场后，粒子做类平抛运动，如图



将速度分解可得

$$v_x = v\sin 45° = \frac{\sqrt{2}}{2}v$$

$v_y = v\cos 45° = \frac{\sqrt{2}}{2}v$ x 轴方向的加速度大小

$$a_x = \frac{qE}{m} = g$$

经过 y 轴时的时间

$$t = \frac{2v_x}{a_x} = \frac{\sqrt{2}v}{g}$$ 。

距 O 点的距离

$$y = v_y t + \frac{1}{2}gt^2 = \frac{2v^2}{g} = \frac{4m^2 g}{q^2 B^2}$$

（3）解法 1：

微粒运动的轨迹离 x 轴的距离最大时，速度与 x 轴平行，设最大距离为 y_1，在 x 方向上，由动量定理得

$$\Sigma f_x \Delta t = mv_1 - 0$$

即

$$Bqy_1 = mv_1$$

由动能定理得

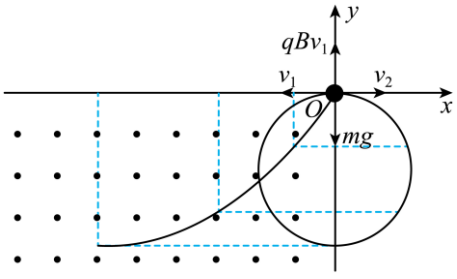
$$mgy_1 = \frac{1}{2}mv_1^2 - 0$$

解得

$$y_1 = \frac{2m^2 g}{q^2 B^2}$$

解法 2：

将静止释放的微粒看成同时有大小相等、方向水平向左和向右的初速度 v_1、v_2，向左的速度 v_1 产生的洛伦兹力与重力大小相等（如图）



则

$$qBv_1 = mg$$

解得

$$v_1 = v_2 = \frac{mg}{qB}$$

向左的分速度使微粒水平向左匀速直线运动，向右的分速度使微粒在洛伦兹力下做匀速圆周运动，即

$$qBv_2 = m\frac{v_2^2}{R}$$

解得

$$R=\frac{mv_2}{qB}=\frac{m^2g}{q^2B^2}$$

微粒运动的轨迹离 x 轴的最大距离

$$y_1=2R=\frac{2m^2g}{q^2B^2}$$

79．AB

【详解】A．图（a）中，粒子在电场中的运动过程由动能定理得

$$qEd=\frac{1}{2}mv^2$$

在磁场中有

$$qvB=m\frac{v^2}{R}$$

由题意知运动的半径

$$R=d$$

解得

$$E=\frac{B^2qd}{2m}$$

故 A 正确；

B．图（a）中，粒子在电场中的运动时间

$$t_1=\frac{d}{\frac{v}{2}}=\frac{2m}{qB}$$

在磁场中的运动时间

$$t_2=\frac{1}{4}\cdot\frac{2\pi m}{qB}=\frac{\pi m}{2qB}$$

粒子运动的总时间

$$t=t_1+t_2=\frac{(\pi+4)m}{2qB}$$

故 B 正确；

CD．图（b）中粒子在 M 点释放瞬间，可视为粒子具有一个水平向右的初速度 v_0 及水平向左的初速度 v_0，并且满足

$$Bqv_0=Eq$$

可得

$$v_0=\frac{E}{B}$$

所以粒子释放后在电、磁场中的运动可视为水平向右的匀速直线运动与竖直平面内的匀速圆周运动的合运动，并不是往返运动则有

$$Bqv_0=\frac{mv_0^2}{r}$$

可得粒子做圆周运动的半径

$$r=\frac{d}{2}$$

则粒子离开上边界的最大距离为 d，故 CD 错误。

故选 AB。

80．CD

【详解】AB．小球做匀速直线运动，由平衡条件可知带电小球不受洛仑兹力，所以磁场方向应该在 y 轴方向，但不一定是正方向，若电场改为沿 x 轴正方向，则小球受到的重力和电场力的合力为

$$F_1=\sqrt{(qE)^2+(mg)^2}=\sqrt{2}mg$$

方向沿 x 轴正方向和 y 轴负方向的角平分线，改变磁场方向，可使小球仍做匀速直线运动，根据平衡条件可知小球所受的洛仑兹力大小为

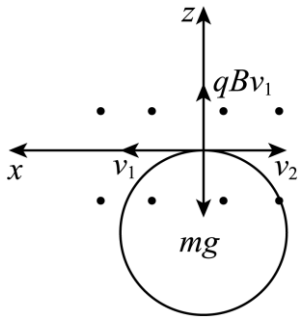
$$qvB=F_1=\sqrt{2}mg$$

则磁感应强度大小可能为

$$B=\frac{\sqrt{2}E}{v}$$

故 AB 错误；

C．撤去电场后，以磁场沿 y 轴方向正方向，粒子的运动如图



在最低点有

$$mg=qBv_1$$

且

$$v_1=v_2$$

根据题意可知

$$mg=qE$$

根据几何关系可知最低点坐标为所以小球第一次返回到 xOy 平面的可能坐标为

$$z=-2R=-\frac{2E^2}{B^2g}$$

故 C 正确；

D．撤去电场后，小球沿 y 轴做匀速直线运动，则

$$y=vT$$

粒子做圆周运动的周期为

$$T=\frac{2\pi m}{qB}$$

且

$mg=qvB_x$ x 方向的坐标为

$$x=v_1T$$

解得

$$x=\frac{2\pi E^2}{B^2g}$$

$$y=\frac{2\pi vE}{Bg}$$

所以小球第一次返回到 xOy 平面的可能坐标为$\left(\frac{2\pi E^2}{B^2g},\frac{2\pi vE}{Bg}\right)$，故 D 正确。

故选 CD。

81．（1）v_0B；（2）$\frac{mv_0}{24eB}$；（3）87.5%

【详解】（1）由题知，入射速度为 v_0 时，电子沿 x 轴做直线运动则有

$$Ee=ev_0B$$

解得

$$E=v_0B$$

（2）电子在竖直向下的匀强电场和垂直坐标平面向里的匀强磁场的复合场中，由于洛伦兹力不做功，且由于电子入射速度为$\frac{v_0}{6}$，则电子受到的电场力大于洛伦兹力，则电子向上偏转，根据动能定理有

$$eEy=\frac{1}{2}m(\frac{v_0}{3})^2-\frac{1}{2}m(\frac{v_0}{6})^2$$

解得

$$y=\frac{mv_0}{24eB}$$

（3）若电子以 v 入射时，设电子能达到的最高点位置的纵坐标为 y，则根据动能定理有

$$eEy=\frac{1}{2}mv_{m}^{2}-\frac{1}{2}mv^{2}$$

由于电子在最高点与在最低点所受的合力大小相等，则在最高点有

$$F_{合}=ev_{m}B-eE$$

在最低点有

$$F_{合}=eE-evB$$

联立有

$$v_{m}=\frac{2E}{B}-v,\quad y=\frac{2m\left(v_{0}-v\right)}{eB}$$

要让电子达纵坐标 $y_2=\frac{mv_0}{4eB}$ 位置，即

$$y\geq y_2$$

解得

$$v\leq\frac{7}{8}v_{0}$$

则若电子入射速度在 $0<v<v_0$ 范围内均匀分布，能到达纵坐标 $y_2=\frac{mv_0}{4eB}$ 位置的电子数 N 占总电子数 N_0 的 87.5%。

82．（1）$\frac{mg}{qB}$，方向水平向右；（2）$0<v_2\leq\frac{2mg}{qB}$；（3）$\frac{2\left(\sqrt{2}+1\right)m^2g}{q^2B^2}$

【详解】（1）若撤去匀强电场，要使小球在空间中做直线运动，则小球必定做匀速直线运动，洛伦兹力与重力平衡，即洛伦兹力方向竖直向上，根据左手定则可知，小球射入速度方向一定水平向右，根据平衡条件有

$$mg=qv_1B$$

解得

$$v_1=\frac{mg}{qB}$$

方向水平向右。

（2）小球受重力、电场力与洛伦兹力，小球在场力作用下做直线运动，该运动一定是匀速直线运动，根据平衡条件，电场力与洛伦兹力的合力一定大小等于重力，方向一定竖直向上，由于

$$E=\frac{mg}{q}$$

即有

$$qE=mg$$

根据两个力的合力的取值范围可知

$$qE-mg\leq qv_2B\leq qE+mg$$

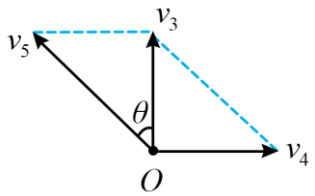
解得

$$0<v_2\leq\frac{2mg}{qB}$$

（3）根据题意有

$$v_3=\frac{2mg}{qB}$$

将小球速度沿 x 轴正方向分解为 v_4 与 y 轴正方向夹角为 θ 的 v_5，如图所示



其中分速度 v_4 对应的洛伦兹力与重力、电场力的合力平衡，即有

$$qv_4B=qE+mg$$

解得

$$v_4=v_3=\frac{2mg}{qB}$$

可知

$$\theta=45^{\circ},\ v_5=\sqrt{2}v_3=\frac{2\sqrt{2}mg}{qB}$$

根据上述可知，小球的运动可以看为沿 x 轴正方向的匀速直线运动与速度为 v_5 的匀速圆周运动两个分运动合成，可知，当小球圆周分运动至最低点，即 v_5 方向沿水平向右方向时，小球合速度最大值为

$$v_6=v_4+v_5$$

此时小球的动能最大，电场力与重力做功最多，小球距离 x 轴最远，令最大距离为 d，根据动能定理有

$$\left(qE+mg\right)d=\frac{1}{2}mv_6^2-\frac{1}{2}mv_3^2$$

结合上述解得

$$d=\frac{2\left(\sqrt{2}+1\right)m^2g}{q^2B^2}$$

83．A

【详解】A．根据电流定义

$$I=\frac{Q}{t}$$

其中

$$t=\frac{L}{v}$$

根据题意

$$Q=nSqL$$

带入化解即可得到 I 的微观表达式为

$$I=nSqv$$

故 A 正确；

B． 由安培力公式可得

$F_{安}=BIL$

$$I=nSqv$$

联立得

$$F_{安}=nSLqvB$$

故 B 错误；

C．沿导线方向的电场的电场强度大小为

$$E=\frac{U}{L}$$（U 为导线两端的电压）

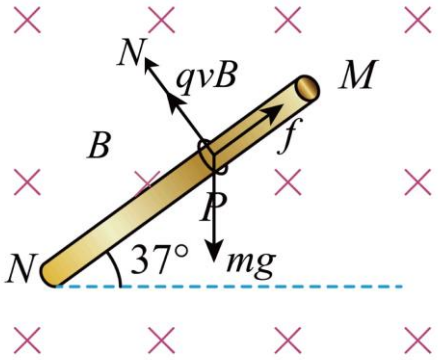
它的大小不等于 vB，只有在速度选择器中的电场强度大小才是 vB，且其方向是垂直导线方向，故 C 错误；

D．导线中每个自由电荷受到的平均阻力方向是沿导线方向的，而 qvB 是洛伦兹力，该力的的方向与导线中自由电荷运动方向垂直，二者不相等，故 D 错误。

故选 A。

84．C

【详解】AB．刚开始阶段，小环受到重力、支持力沿斜面向上的摩擦力作用，下滑后，由于小环速度逐渐增大，所以还会受到洛伦兹力作用



根据力的合成与分解，垂直于杆方向，有

$$N+qvB=mg\cos37°$$

沿杆方向，有

$$mg\sin37°-\mu N=ma$$

随着小环速度增大，支持力逐渐减小，摩擦力减小，所以加速度增大，故小环会做加速度增大的加速运动，之后洛伦兹力大于重力垂直于杆的分力，支持力垂直于杆向下，根据

$$qvB=mg\cos37°+N\text{，}\quad mg\sin37°-\mu N=ma$$

小环做加速度减小的加速运动，最后做匀速运动，故 AB 错误；

C．小环释放后，支持力为零，洛伦兹力等于重力垂直于斜面的分力，加速度最大，根据牛顿第二定律，有

$$mg\sin37°=ma$$

即

$$a=0.6g$$

当合力为零时，速度最大，根据共点力平衡，有

$$mg\sin37°=\mu N\text{，}\quad qvB=mg\cos37°+N$$

解得

$$v=\frac{mg\cos37°+\dfrac{mg\sin37°}{\mu}}{qB}=\frac{2mg}{qB}$$

故 C 正确；

D．因为下降高度为 h 之前速度已达到最大值，小环下降高度 h 的过程中，根据能量守恒，有

$$mgh=\frac{1}{2}mv_m^2+Q$$

解得

$$Q=mgh-\frac{1}{2}mv_m^2=mgh-\frac{2m^3g^2}{q^2B^2}$$

故 D 错误。

故选 C。

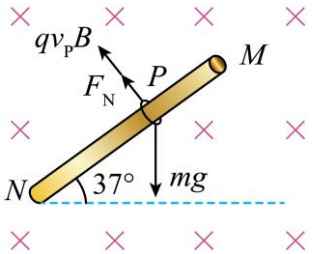
85．BCD

【详解】A．根据题意，假如没有磁场，由平衡条件及牛顿第三定律可知，小环对杆的压力大小为

$$mg\cos37°=0.8mg$$

然而此时小环对杆的压力大小为 $0.4mg$，说明小环受到垂直杆向上的洛伦兹力作用，根据左手定则可知，小环带负电，故 A 错误；

B．设小环滑到 P 处时的速度大小为 v_p，在 P 处，小环的受力如图所示，



根据平衡条件得

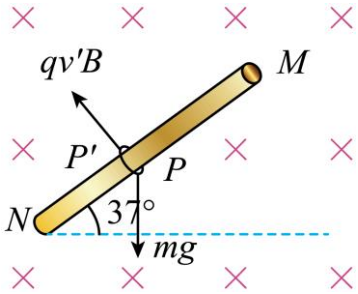
$$qv_pB+F_{\mathrm{N}}=mg\cos37°$$

由牛顿第三定律得，杆对小环的支持力大小 $F_{\mathrm{N}}=0.4mg$，联立解得

$$v_p=\frac{2mg}{5qB}$$

故 B 正确；

CD．在小环由 P 处下滑到 P' 处的过程中，对杆没有压力，此时小环的速度大小为 v'，则在 P'处，小环的受力如图所示



由平衡条件得

$$qv'B=mg\cos 37°$$

变形解得

$$v'=\frac{4mg}{5qB}$$

在小环由 P 处滑到 P'处的过程中，由动能定理得

$$mgL\sin 37°=\frac{1}{2}mv'^2-\frac{1}{2}mv_p^2$$

代入解得

$$L=\frac{2m^2g}{5q^2B^2}$$

故 CD 正确；

故选 BCD。

86．BCD

【分析】对小球进行受力分析，再根据洛伦兹力的变化，分析各力的变化，可以找出合力及加速度的变化；即可以找出小球最大速度及最大加速度的状态．

【详解】小球静止时只受电场力、重力、支持力及摩擦力，电场力水平向左，摩擦力竖直向上；开始时，小球的加速度应为 $a=\frac{mg-\mu qE}{m}$；开始下滑后，小球速度将增大，受到水平向右的洛仑兹力，则杆对小球的支持力将减小，摩擦力减小，合力增大，加速度增大；当洛伦兹力等于电场力时，支持力为零，摩擦力为零．此后小球继续加速度，洛伦兹力将大于电场力，杆对小球的支持力变为水平向左，随着速度增大，洛仑兹力增大，则杆对小球的支持力将增大，摩擦力随之增大，小球的合力减小，加速度减小，所以小球的加速度先增大后减小．当加速度减小为零，即 a=0 时，速度达到最大，则有　mg=μ（qv_mB-qE），最大速度即稳定时的速度为 $v_m=\frac{mg+\mu qE}{\mu qB}$，故 A 错误，D 正确．当洛仑兹力等于电场力时，摩擦力为零，此时加速度为 g 达最大；此时 qvB=qE，所以：v=E/B，故 B 正确；由此分析知，小球的最大加速度出现在洛伦兹力等于电场力的状态，且最大加速度为 g．下滑加速度为最大加速度一半有两种情况：一种情况：在洛仑兹力小于电场力时，另一种在洛仑兹力大于电场力时．在洛仑兹力小于电场力时，有 $\frac{g}{2}=\frac{mg-\mu(qE-qvB)}{m}$，解得，$v=\frac{2\mu qE-mg}{2\mu qB}$；在洛仑兹力大于电场力时，有 $\frac{g}{2}=\frac{mg-\mu(qvB-qE)}{m}$，解得，$v=\frac{2\mu qE+mg}{2\mu qB}$．故 C 正确．故选 BCD．

【点睛】本题的关键要正确分析小球的受力情况，抓住洛伦兹力的变化，引起其他力的变化，来分析合力的变化，从而判断小球的运动情况．要明确加速度为零时速度最大，但加速度最大时速度不为零．

87．D

【详解】AB．由题意知小球既沿管方向运动，又和管一起向右匀速直线运动，又因为管平放在水平面上，则对小球受力分析知，沿管方向小球所受洛伦兹力为恒力，由牛顿第二定律得

$$qv_0B=ma$$

解得

$$a=\frac{qv_0B}{m}$$

即沿管方向小球做匀加速直线运动，而水平方向做匀速直线运动，所以小球轨迹为抛物线，故 AB 错误；

C．因为洛伦兹力方向总是和速度方向垂直，所以洛伦兹力永不做功，故 C 错误；
D．因为最终小球从上端口飞出，沿管方向的速度为

$$v^2=2aL$$

而水平方向一直匀速直线运动，所以小球动能增加，又因为洛伦兹力不做功，所以管壁对小球向右的弹力对小球做正功，且小球飞出时速度为

$$v'=\sqrt{v^2+v_0^2}$$

所以整个过程对小球由动能定理得

$$W_{\mathrm{F}}=\frac{1}{2}mv'^2-\frac{1}{2}mv_0^2$$

解得管壁的弹力对小球做功为

$$W_{\mathrm{F}}=qv_0BL$$

故 D 正确。
故选 D。
88．AD
【详解】A．在 x 轴方向上的速度不变，则在 y 轴方向上受到大小一定的洛伦兹力，根据牛顿第二定律，小球的加速度不变。故 A 正确。
B．在 y 轴方向做匀加速直线运动，速度均匀增大。故 B 错误。
C．管子在水平方向受到拉力和球对管子的弹力，球对管子的弹力大小等于球在 x 轴方向受到的洛伦兹力大小，在 y 轴方向的速度逐渐增大，则在 x 轴方向的洛伦兹力逐渐增大，所以 F 随时间逐渐增大。故 C 错误。
D．管壁对小球的弹力等于小球在 x 轴方向受到的洛伦兹力，大小随时间均匀增大，根据 $P=Fv$，知弹力做功的功率 P 随时间 t 均匀增大。故 D 正确。
故选 AD。
89．D
【详解】A．小球在下滑过程中受重力、电场力、洛伦兹力、弹力和摩擦力作用。由于洛伦兹力的大小变化使小球对斜面的弹力减小，从而导致摩擦力减小，故小球做加速度增大的加速运动，所以，选项 A 错；
B．当洛伦兹力增大至小球与斜面的弹力为 0 时，小球将离开斜面运动，此时有：

$$qvB=(mg\ +Eq)\cos53°$$

解得:小球离开斜面时的速度为 3 m/s，所以，选项 B 错；
C．整个过程中，电场力做正功由

$$E_{\mathrm{p}}=-Eq\times\sin\theta$$

带入数据得小球的电势能减小了 0.8J，所以，选项 C 错；
D．由动能定理得

$$(mg+Eq)\times1\sin53°-W_f=\frac{1}{2}mv^2-0$$

解得整个过程中摩擦力做功-2.2J，即产生的热量为 2.2J， 故选项 D 正确。
故选 D。
90．D
【详解】A．由图乙可知，物块做加速度逐渐减小的加速运动。对物块进行受力分析可知，开始时物块受到重力、支持力和摩擦力的作用，设动摩擦因数为 μ，沿斜面方向有

$$\mu F_{\mathrm{N}}-mg\sin\theta=ma$$

物块运动后，又受到洛伦兹力的作用，物块的加速度逐渐减小，一定是 F_{N} 逐渐减小，而开始时

$$F_{\mathrm{N}}=mg\cos\theta$$

后来

$$F'_{\mathrm{N}}=mg\cos\theta-f_{洛}$$

洛伦兹力垂直传送带向上，由左手定则判断物块带正电，故 A 错误；
C．物块加速运动时，有

$$\mu(mg\cos\theta-f_{洛})-mg\sin\theta=ma>0$$

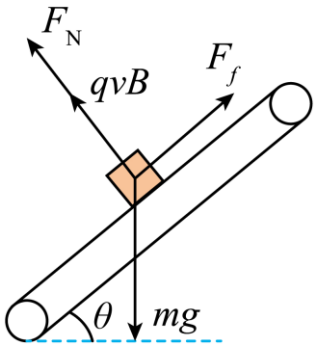
可得

$$\mu mg\cos\theta>mg\sin\theta$$

即

$$\mu>\tan\theta$$

故 C 错误；
BD．对物块受力分析如图所示



加速度为零时，有

$$mg\sin\theta=\mu\left(mg\cos\theta-qvB\right)$$

解得

$$v=\frac{\mu mg\cos\theta-mg\sin\theta}{\mu qB}=1\text{m/s}$$

只要传送带的速度$v_{带}\geq1\text{m/s}$，物块就能匀速运动，物块可能相对于传送带静止，也可能相对于传送带滑动，所以在$2\text{s}\sim4.5\text{s}$内，物块与传送带可能有相对运动，故 B 错误，D 正确。

故选 D。

91．(1)物块先做加速度减小的变加速运动 速度达到最大后做匀速运动。

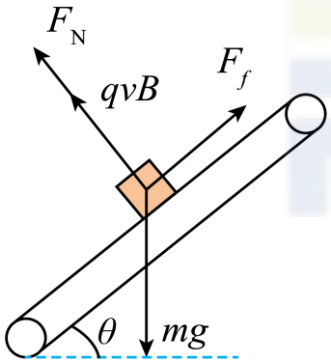
(2)0.5m/s

(3)8.45s

【详解】（1）由左手定则可知，滑块受洛伦兹力垂直传送带向上，受力分析如图，则开始时滑块的加速度

$$a=\frac{\mu(mg\cos\theta-qvB)-mg\sin\theta}{m}$$

可知随速度增加，加速度逐渐减小；当加速度减到零时速度达到最大，以后随传送带匀速运动。



大鹏物理 DAPENG PHYSICS

（2）根据受力分析图可知

$$F_N=mg\cos\theta-qvB$$
$$\mu F_N-mg\sin\theta=ma$$

当$a=0$时，速度最大，得到

$$v=0.5\text{m/s}$$

（3）由

$$a=\frac{\mu(mg\cos\theta-qvB)-mg\sin\theta}{m}$$

可得

$$a=0.4-0.8v$$

由微元方法求和可得

$$\Delta v=0.4t-0.8x$$
$$x=0.5L=1.8\text{m}$$

代入数据

$$0.5=0.4t_1-0.8\times1.8$$
$$t_1=4.85\text{s}$$

物块匀速运动时间

$$t_2=\frac{0.5L}{v}=\frac{1.8}{0.5}=3.6\text{s}$$

运动总时间

$$t=t_1+t_2=8.45\text{s}$$

92．C

【详解】A．对两物块整体分析有

$$F=\left(m_a+m_b\right)a$$

对物块 a 分析有

$$f_{ba}=m_a a$$

可知物块 a、b 之间的摩擦力不变，故 A 错误；

B．b 与地面之间无摩擦力，则 b 受到的摩擦力仅为 a 对其的摩擦力，则物块 b 受到的摩擦力不变，故 B 错误；

CD．地面对物块 b 的支持力

$$N_b=\left(m_a+m_b\right)g+qvB$$

由于做加速运动，则速度增大，故面对物块 b 的支持力变大，则根据牛顿第三定律可得，物块 b 对地面的压力变大，故 C 正确，D 错误。

故选 C。

93．A

【详解】A．对 A 进行受力分析，受重力洛伦兹力和支持力，则其合力为 $mg\sin\theta$，根据牛顿第二定律

$$mg\sin\theta=ma$$

得

$$a=g\sin\theta$$

则

$$v=at=gt\sin\theta$$

洛伦兹力为

$$F_1=qvB=qBgt\sin\theta$$

即洛伦兹力与时间成正比，故 A 正确；

B．A 对 B 的压力大小

$$F_2=mg\cos\theta-F_1=mg\cos\theta-qBgt\sin\theta$$

洛伦兹力与时间是一次函数关系，故 B 错误；

C．在下滑方向上，A 和 B 都不接受阻力，所以都以 $a=g\sin\theta$ 的加速度前进，没有相对运动趋势，故 AB 之间没有摩擦力，故 C 错误；

D．当

$$mg\cos\theta-qBgt\sin\theta=0$$

时，AB 开始分离，此时

$$t=\frac{m\cos\theta}{qB\sin\theta}=\frac{m}{qB\tan\theta}$$

位移

$$x=\frac{1}{2}at^2=\frac{1}{2}g\sin\theta(\frac{m}{qB\tan\theta})^2=\frac{gm^2}{2q^2B^2}\cdot\frac{\cos^2\theta}{\sin\theta}$$

故位移随着倾角的增大而减小，故 D 错误。

故选 A。

94．BC

【详解】A．静摩擦力能提供的最大加速度为

$$a_0=\mu g=5\text{m/s}^2$$

开始时木板滑块一起运动，加速度为

$$a=\frac{F}{M+m}=2\text{m/s}^2<5\text{m/s}^2$$

而滑块向左运动后，由左手定则可知，会受到一个向上的洛伦兹力，设滑块速度为 v 时，两者开始相对滑动，由牛顿第二定律得，对滑块有

$$\mu(mg-qvB)=ma$$

对木板有

$$F-\mu(mg-qvB)=Ma$$

可得

$$v=6\text{m/s}$$

此后一段时间，滑块做加速运动，速度增大，洛伦兹力增大，所以滑块和木板之间的滑动摩擦力减小，木板做变加速运动，故 A 错误；

B．当滑块受的洛伦兹力大小等于重力时，两者分离，此时由

$$qv_1B=mg$$

可得

$$v_1=10\text{m/s}$$

滑块开始做匀速运动，故 B 正确；

C．此时木板水平方向只受拉力作用，则有

$$F=Ma'$$

可得

$$a'=3\text{m/s}^2$$

所以木板先做 $a=2\text{m/s}^2$ 匀加速运动，后做变加速运动，最后做 $a=3\text{m/s}^2$ 的匀加速运动，故 C 正确；

D．若滑块一直以 $a=2\text{m/s}^2$ 的加速度运动，速度达到 10m/s 时，需要用 5s 的时间，但是由 A 的分析可知，滑块与木板相对滑动后，摩擦力开始减小，滑块加速度开始减小，所以滑块速度达到 10m/s 所用时间大于 5s，故 D 错误。

故选 BC。

95．BC

【详解】由于动摩擦因数为 0.5，静摩擦力能提供的最大加速度为 5m/s^2，所以当 0.6N 的恒力作用于木板时，系统一起以 $a=\dfrac{F}{m+M}=\dfrac{0.6}{0.2+0.1}=2m/s^2$ 的加速度一起运动，当滑块获得向左运动的速度以后又产生一个方向向上的洛伦兹力，当洛伦兹力等于重力时滑块与木板之间的弹力为零，此时 $Bqv=mg$，解得：$v=10\text{m/s}$，此时摩擦力消失，滑块做匀速运动，而木板在恒力作用下做匀加速运动，$a=\dfrac{F}{m}=\dfrac{0.6}{0.2}=3m/s^2$，所以 BC 正确．

96．BD

【详解】AC．若 $q=-0.2\text{C}$，滑块受到的洛伦兹力方向向下，对整体，加速度

$$a=\frac{F}{m_{木}+m_{滑}}=\frac{0.6}{0.2+0.1}\text{m/s}^2=2\text{m/s}^2$$

即木板和滑块一直以 2m/s^2 做匀加速运动，故 AC 错误；

B．若 $q=+0.2\text{C}$，以滑块为研究对象，在滑块未发生滑动之前，以整体为研究对象可知

$$a=\frac{F}{m_{木}+m_{滑}}=\frac{0.6}{0.2+0.1}\text{m/s}^2=2\text{m/s}^2$$

设匀加速阶段滑块能达到的速度为 v，故有

$$\mu\left(mg-Bqv\right)=ma$$

解得

$$v=6\text{m/s}$$

随着滑块速度增大，洛伦兹力增大且方向向上，受到的摩擦力减小，加速度减小，当滑块与木板间没有摩擦力时，滑块在水平方向不再加速，达到最大速度，此时重力与洛伦兹力平衡，故有

$$Bqv_{\text{m}}=mg$$

解得

$$v_{\text{m}}=\frac{mg}{qB}=10\text{m/s}$$

此后滑块匀速运动，故 B 正确；

D．若 $q=+0.2\text{C}$，木板先以 2m/s^2 做匀加速运动，随着随着滑块速度增大，洛伦兹力增大且方向向上，木板与滑块间的摩擦力减小，则木块加速度增大，当它们间无摩擦力时，木板加速度

$$a_1=\frac{F}{m_{木}}=\frac{0.6}{0.2}\text{m/s}^2=3\text{m/s}^2$$

故 D 正确。

故选 BD。

97．（1）0.5；（2）6J；（3）3.41m

【分析】本题以带电物体在复合场中运动来创设学习探究情境，涉及动能定理、能量守恒定律、动量定理、动量守恒定律、洛伦兹力等知识，着重考查学生根据已知的知识和物理事实、条件，对物理问题进行逻辑推理和论证，得出正确的结论，并做出正确的判断和计算，具备把推理过程正确地表达出来的能力。本题的解题过程，要求学生具备关于洛伦兹力、带电物体在磁场中运动等的清晰物理观念；能够理解洛伦兹力不做功，但可以影响别的力做功的特点，能对带电物块在复合场中的运动这一综合性物理问题进行分析和推理，综合应用相关物理知识求解出相应的物理量，同时要求学生具备一定的数学分析和计算能力，着重科学推理等物理核心素养的考查。

【详解】（1）滑块从圆弧顶端到 b，根据动能定理

$$mgR-\mu mgL=\frac{1}{2}mv_0^2$$

解得

$$\mu=0.5$$

（2）滑块滑上长木板后，滑块与长木板动量守恒

$$mv_0=(m+M)v_{共}$$

得

$$M=3\text{kg}$$

滑块在长木板上运动到共速的过程中，根据能量守恒

$$Q=\frac{1}{2}mv_0^2-\frac{1}{2}(m+M)v_{共}^2$$

得

$$Q=6\text{J}$$

（3）滑上木板后的滑块和木板运动过程中，取时间微元 Δt，根据动量守恒定律

$$mv_0\cdot\Delta t=mv_1\cdot\Delta t+Mv_2\cdot\Delta t$$

对该式求和累加得

$$mv_0t=mx_1+Mx_2$$

对长木板根据动量定理

$$\mu mg\cdot\Delta t-\mu qBv\cdot\Delta t=M\Delta v_2$$

（或对滑块根据动量定理 $\mu mg\cdot\Delta t-\mu qBv\cdot\Delta t=m\Delta v_1$），求和累加得

$$\mu mgt-\mu qBx_1=Mv_{共}$$

联立解得

$$x_1=3.95\text{m}$$

$$x_2=0.537\text{m}$$

由

$$\Delta x=x_1-x_2$$

得

$$\Delta x\approx3.41\text{m}$$

98.（1）4.5 N　方向竖直向下；（2）1.31 J；（3）0.5 m/s，方向水平向右

【详解】（1）摆球下落过程，由动能定理有

$$mgL=\frac{1}{2}mv^2$$

解得

$$v=5\text{ m/s}$$

摆球在最低点时，由牛顿第二定律得

$$T-mg=m\frac{v^2}{L}$$

解得

$$T=4.5\text{ N}$$

由牛顿第三定律可知摆球对摆线的拉力 $T'=4.5$ N，方向竖直向下；

（2）摆球与小车碰撞瞬间，摆球与小车组成的系统动量守恒，以水平向右为正方向，有

$$mv=Mv_1+0$$

解得

$$v_1=1.5\text{ m/s}$$

由能量守恒定律，有

$$\Delta E=\frac{1}{2}mv^2-\frac{1}{2}Mv_1^2=1.31\text{ J}$$

（3）滑块悬浮瞬间，满足

$$F_{洛}'=Qv_2'B=m'g$$

解得

$$v_2'=0.5\text{ m/s}$$

【点睛】本题考查了机械能守恒定律和动量守恒定理及洛伦兹力的应用，要求同学们能根据求解需要选择不同的

过程运动机械能守恒定律和动量守恒定理.

99.（1）3.75 m/s²；（2）$\frac{7}{3}$ m/s；（3）$Q=\frac{5.2}{27}k^2$（$k\le 18$ m/s）或$Q=\frac{17k^2+6k-27}{90}$（$k>18$ m/s）

【详解】（1）$t=0$时刻，对木板进行受力分析，由牛顿运动定律得

$$\mu(mg+qv_0B)=2ma$$

得

$$a=3.75\ \text{m/s}^2$$

（2）木板长度足够，当小物块与木板相对静止后，木板开始匀速运动，即在木板与挡板碰撞前能与小物块共速，此过程木板与小物块组成的系统动量守恒，则有

$$mv_0=(M+m)v_1$$

木板与挡板碰撞后速度等大反向，设其能与小物块共速，则有

$$M(-v_1)+mv_1=(M+m)v_2$$

解得

$$v_1=\frac{1}{3}v_0,\quad v_2=-\frac{1}{9}v_0=-\frac{7}{3}\ \text{m/s}$$

则木板的最终速度大小为$\frac{7}{3}$ m/s；

（3）若速度大小可调，则当初速度达到一定情况时，当小物块反向时，可能使小物块与木板间的压力为零，此后以不同的速度匀速运动，此时有

$$qv_2B=mg$$

代入（2）中得到的$|v_2|=\frac{v_0}{9}$，可得此时

$$v_0\le 18\ \text{m/s}$$

即若$k\le 18$ m/s，则

$$Q=\frac{1}{2}mv_0^2-\frac{1}{2}(M+m)v_2^2$$

得

$$Q=\frac{5.2}{27}k^2$$

若$k>18$ m/s，则小滑块固定获得$v_2=-\frac{v_0}{9}$的末速度，根据

$$M(-v_1)+mv_1=Mv_3+mv_2$$

$$Q=\frac{1}{2}mv_0^2-\frac{1}{2}Mv_3^2-\frac{1}{2}mv_2^2$$

得

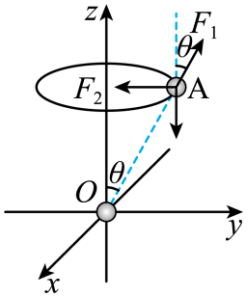
$$Q=\frac{17k^2+6k-27}{90}$$

100．ACD

【详解】A．空间中存在竖直向下的匀强磁场 B，小球的向心力由库仑力在运动轨迹半径方向的分力和洛伦兹力提供，根据左手定则可知，从上往下看小球只能沿逆时针方向做匀速圆周运动，故 A 正确；

B． O 处的点电荷在 A 运动的圆周上各处产生的电势都相同，场强大小相等，方向不同，故 B 错误；

C．对小球 A 受力分析如图所示，洛伦兹力 F_2 沿水平方向，库仑力 F_1 沿着 $O\to B$ 方向



在竖直方向，根据平衡条件得

$$F_1\cos 37^\circ=mg$$

解得

$$F_1=\frac{5}{4}mg$$

所以小球 A 与点电荷之间的库仑力大小为$\frac{5}{4}mg$，故 C 正确；

D．水平方向根据牛顿第二定律得

$$qv_0B-F_1\sin 37°=m\frac{v_0^{\ 2}}{r\sin 37°}$$

其中

$$F_1\sin 37°=\frac{3}{4}mg$$

解得

$$B=\frac{5mv_0}{3qr}+\frac{3mg}{4qv_0}$$

当

$$\frac{5mv_0}{3qr}=\frac{3mg}{4qv_0}$$

即

$$v_0=\sqrt{\frac{9}{20}gr}$$

时，B 取值最小值，故 D 正确。

大鹏物理 DAPENG PHYSICS