2010-2020 北京海淀高三物理上学期期末汇编：磁场

一．选择题（共 6 小题）

1．（2017 秋•海淀区期末）图甲是洛伦兹力演示仪。图 5 乙是演示仪结构图，玻璃泡内充有稀薄的气体，由电子枪发射电子束，在电子束通过时能够显示电子的径迹。图 5 丙是励磁线圈的原理图，两线圈之间产生近似匀强磁场，线圈中电流越大磁场越强，磁场的方向与两个线圈中心的连线平行。电子速度的大小和磁感应强度可以分别通过电子枪的加速电压和励磁线圈的电流来调节。若电子枪垂直磁场方向发射电子，给励磁线圈通电后，能看到电子束的径迹呈圆形。关于电子束的轨道半径，下列说法正确的是（　　）

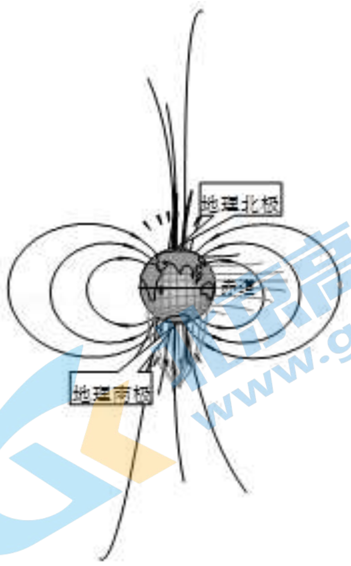
A．只增大电子枪的加速电压，轨道半径不变

B．只增大电子枪的加速电压，轨道半径变小

C．只增大励磁线圈中的电流，轨道半径不变

D．只增大励磁线圈中的电流，轨道半径变小

2．（2016 秋•海淀区期末）来自太阳和其他星体的宇宙射线中含有大量高能带电粒子，若这些粒子都直接到达地面，将会给地球上的生命带来危害．但由于地磁场（如图 5 所示）的存在改变了宇宙射线中带电粒子的运动方向，使得很多高能带电粒子不能到达地面．若不考虑地磁偏角的影响，关于上述高能带电粒子在地磁场的作用下运动情况的判断，下列说法中正确的是（　　）



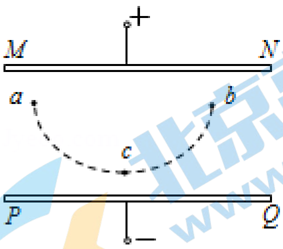
A．地磁场对宇宙射线的作用力与观测点的纬度及宇宙射线的方向无关

B．地磁场对垂直射向地球表面的宇宙射线的阻挡作用在南、北两极附近最强，赤道附近最弱

C．地磁场对垂直射向地球表面不同位置的宇宙射线的阻挡作用不同，在赤道附近的阻挡作用要比两极强一些

D．地磁场会使沿地球赤道平面射来的宇宙射线中的带电粒子向两极偏转

3．（2015 秋•海淀区期末）如图所示，水平放置的两个正对的带电金属板 MN、PQ 间存在相互垂直的匀强电场和匀强磁场，电场强度为 E，磁感应强度为 B．在 a 点由静止释放一带正电的微粒，释放后微粒沿曲线 acb 运动，到达 b 点时速度为零，c 点是曲线上离 MN 板最远的点．已知微粒的质量为 m，电荷量为 q，重力加速度为 g，不计微粒所受空气阻力，则下列说法中正确的是（　　）



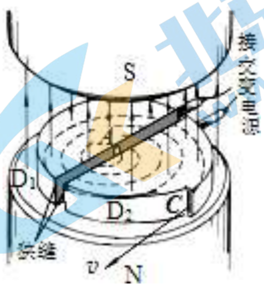
A．微粒在 a 点时加速度方向竖直向下

B．微粒在 c 点时电势能最大

C．微粒运动过程中的最大速率为$\frac{mg+qE}{qB}$

D．微粒到达 b 点后将沿原路径返回 a 点

4．（2014 秋•海淀区期末）回旋加速器在核科学、核技术、核医学等高新技术领域得到了广泛应用，有力地推动了现代科学技术的发展．回旋加速器的原理如图所示，D_1 和 D_2 是两个正对的中空半圆金属盒，它们的半径均为 R，且分别接在电压一定的交流电源两端，可在两金属盒之间的狭缝处形成变化的加速电场，两金属盒处于与盒面垂直、磁感应强度为 B 的匀强磁场中．A 点处的粒子源能不断产生带电粒子，它们在两盒之间被电场加速后在金属盒内的磁场中做匀速圆周运动．调节交流电源的频率，使得每当带电粒子运动到两金属盒之间的狭缝边缘时恰好改变加速电场的方向，从而保证带电粒子能在两金属盒之间狭缝处总被加速，且最终都能沿位于 D_2 盒边缘的 C 口射出．该回旋加速器可将原来静止的 α 粒子（氦的原子核）加速到最大速率 v，使它获得的最大动能为 E_k．若带电粒子在 A 点的初速度、所受重力、通过狭缝的时间及 C 口的口径大小均可忽略不计，且不考虑相对论效应，则用该回旋加速器（　　）



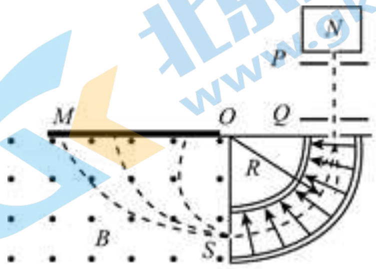
A．能使原来静止的质子获得的最大速率为$\frac{1}{2}$v

B．能使原来静止的质子获得的动能为$\frac{1}{4}E_k$

C．加速质子的交流电场频率与加速 α 粒子的交流电场频率之比为 1：1

D．加速质子的总次数与加速 α 粒子总次数之比为 2：1

5．（2013 秋海淀期末）如图所示为某种质谱仪的工作原理示意图。此质谱仪由以下几部分构成：粒子源 N；P、Q 间的加速电场；静电分析器，即中心线半径为 R 的四分之一圆形通道，通道内有均匀辐射电场，方向沿径向指向圆心 O，且与圆心 O 等距的各点电场强度大小相等；磁感应强度为 B 的有界匀强磁场，方向垂直纸面向外；胶片 M．由粒子源发出的不同带电粒子，经加速电场加速后进入静电分析器，某些粒子能沿中心线通过静电分析器并经小孔 S 垂直磁场边界进入磁场，最终打到胶片上的某点。粒子从粒子源发出时的初速度不同，不计粒子所受重力。下列说法中正确的是（　　）



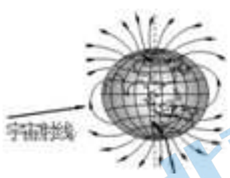
A．从小孔 S 进入磁场的粒子速度大小一定相等

B．从小孔 S 进入磁场的粒子动能一定相等

C．打到胶片上同一点的粒子速度大小一定相等

D．打到胶片上位置距离 O 点越远的粒子，比荷越大

6．（2010 秋•海淀区期末）在我们生活的地球周围，每时每刻都会有大量的由带电粒子组成的宇宙射线向地球射来，地球磁场可以有效地改变这些宇宙射线中大多数带电粒子的运动方向，使它们不能到达地面，这对地球上的生命有十分重要的意义．若有一束宇宙射线在赤道上方沿垂直于地磁场方向射向地球，如图所示，在地磁场的作用下，射线方向发生改变的情况是（　　）



A．若这束射线是由带正电荷的粒子组成，它将向南偏移

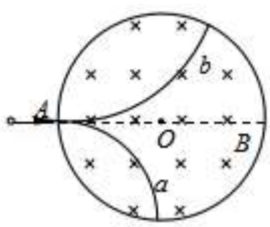
B．若这束射线是由带正电荷的粒子组成，它将向北偏移

C．若这束射线是由带负电荷的粒子组成，它将向东偏移

D．若这束射线是由带负电荷的粒子组成，它将向西偏移

二．多选题（共 3 小题）

7．（2019 秋•海淀区期末）如图所示，在一个圆形区域内有垂直于圆平面的匀强磁场，现有两个质量相等、所带电荷量大小也相等的带电粒子 a 和 b，先后以不同的速率从圆边沿的 A 点对准圆形区域的圆心 O 射入圆形磁场区域，它们穿过磁场区域的运动轨迹如图所示。粒子之间的相互作用力及所受重力和空气阻力均可忽略不计，下列说法中正确的是（　　）



A．a、b 两粒子所带电荷的电性一定不同

B．射入圆形磁场区域时 a 粒子的速率较大

C．穿过磁场区域的过程洛伦兹力对 a 做功较多

D．穿过磁场区域的过程 a 粒子运动的时间较长

8．（2014 秋海淀期末）关于电场强度和磁感应强度，下列说法中正确的是（　　）

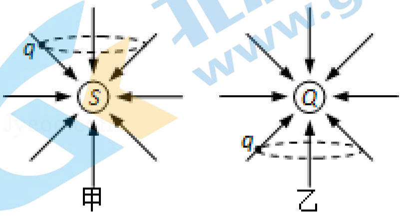
A．电场强度的定义式 E=$\frac{F}{q}$适用于任何静电场

B．电场中某点电场强度的方向与在该点的带正电的检验电荷所受电场力的方向相同

C．磁感应强度公式 B=$\frac{F}{IL}$说明磁感应强度 B 与放入磁场中的通电导线所受安培力 F 成正比，与通电导线中的电流 I 和导线长度 L 的乘积成反比

D．磁感应强度公式 B=$\frac{F}{IL}$说明磁感应强度的方向与放入磁场中的通电直导线所受安培力的方向相同

9．（2012 秋海淀期末）狄拉克曾经预言，自然界应该存在只有一个磁极的磁单极子，其周围磁感线呈均匀辐射状分布（如图甲所示），距离它 r 处的磁感应强度大小为$B=\frac{k}{r^2}$（k 为常数），其磁场分布与负点电荷 Q 的电场（如图乙所示）分布相似．现假设磁单极子 S 和负点电荷 Q 均固定，有带电小球分别在 S 极和 Q 附近做匀速圆周运动．则关于小球做匀速圆周运动的判断正确的是（　　）



A．若小球带正电，其运动轨迹平面可在 S 的正上方，如图甲所示

B．若小球带正电，其运动轨迹平面可在 Q 的正下方，如图乙所示

C．若小球带负电，其运动轨迹平面可在 S 的正上方，如图甲所示

D．若小球带负电，其运动轨迹平面可在 Q 的正下方，如图乙所示

三．计算题（共 3 小题）

10．（2019 秋海淀期末）如图所示为质谱仪的构造原理图，它是一种分离和检测不同同位素的重要工具。质子数相同而中子数不同的同一元素的不同核素互称为同位素。现让待测的不同带电粒子经加速后进入速度选择器，速度选择器的平行金属板之间有相互正交的匀强磁场和匀强电场（图中未画出），磁感应强度为 B，电场强度为 E．金属板靠近平板 S，在平板 S 上有可让粒子通过的狭缝 P，带电粒子经过速度选择器后，立即从 P 点沿垂直平板 S 且垂直于磁场方向的速度进入磁感应强度为 B_0、并以平板 S 为边界的有界匀强磁场中，在磁场中偏转后打在记录它的照相底片上，底片厚度可忽略不计，且与平板 S 重合。根据粒子打在底片上的位置，便可以对它的比荷（电荷量与质量之比）情况进行分析。在下面的讨论中，磁感应强度为 B_0 的匀强磁场区域足够大，空气阻力、带电粒子所受的重力及它们之间的相互作用力均可忽略不计。

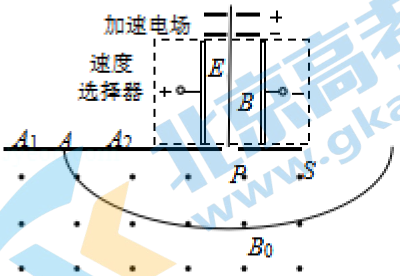
（1）若某带电粒子打在底片上的 A 点，测得 P 与 A 之间的距离为 x，求该粒子的比荷$\frac{q}{m}$；

（2）若有两种质量不同的正一价离子，质量分别为 m_1 和 m_2，它们经速度选择器和匀强磁场后，分别打在底片上的 A_1 和 A_2 两点，测得 P 到 A_2 的距离与 A_1 到 A_2 的距离相等，求这两种离子的质量之比$\frac{m_1}{m_2}$；

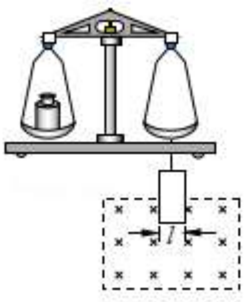
（3）若用这个质谱仪分别观测氢的两种同位素离子（所带电荷量为 e），它们分别打在照相底片上相距为 d 的两点。

①为了便于观测，希望 d 的数值大一些为宜。试分析说明为了便于观测，应如何改变匀强磁场磁感应强度 B_0 的大小；

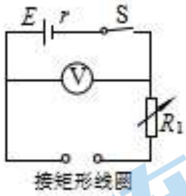
②研究小组的同学对上述 B_0 影响 d 的问题进行了深入的研究。为了直观，他们以 d 为纵坐标、以$\frac{1}{B_0}$为横坐标，画出了 d 随$\frac{1}{B_0}$变化的关系图象，该图象为一条过原点的直线。测得该直线的斜率为 k，求这两种同位素离子的质量之差△m。



11．（2017 秋海淀期末）电流天平可以用来测量匀强磁场的磁感应强度的大小。测量前天平已调至平衡，测量时，在左边托盘中放入质量 m_1＝15.0g 的砝码，右边托盘中不放砝码，将一个质 m_0＝10.0g，匝数 n＝10，下边长 l＝10.0cm 的矩形线圈挂在右边托盘的底部，再将此矩形线圈的下部分放在待测磁场中，如图甲所示，线圈的两头连在如图乙所示的电路中，不计连接导线对线圈的作用力，电源电动势 E＝1.5V，内阻 r＝1.0Ω．开关 S 闭合后，调节可变电阻使理想电压表示数 U＝1.4V 时，R_1＝10Ω，此时天平正好平衡。$g=10m/s^2$，求：



甲



乙

（1）线圈下边所受安培力的大小 F，以及线圈中电流的方向；

（2）矩形线圈的电阻 R；

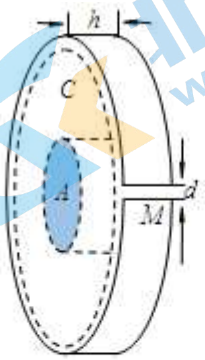
（3）该匀强磁场的磁感应强度 B 的大小。

12．（2017秋•海淀区期末）如图甲所示，圆盒为电子发射器，厚度为h，M处是电子出射口，它是宽度为d、长为圆盒厚度的狭缝。其正视截面如图乙所示，D为绝缘外壳，整个装置处于真空中，半径为a的金属圆柱A可沿半径向外均匀发射速率为v的低能电子；与A同轴放置的金属网C的半径为b．不需要电子射出时，可用磁场将电子封闭在金属网以内；若需要低能电子射出时，可撤去磁场，让电子直接射出；若需要高能电子，撤去磁场，并在A、C间加一径向电场，使其加速后射出。不考虑A、C的静电感应电荷对电子的作用和电子之间的相互作用，忽略电子所受重力和相对论效应，已知电子质量为m，电荷量为e。

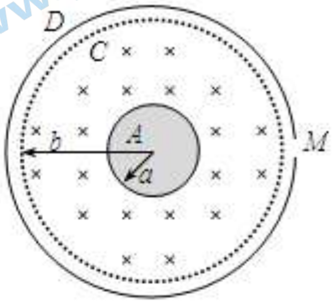
（1）若需要速度为kv（k＞1）的电子通过金属网C发射出来，在A、C间所加电压U是多大？

（2）若A、C间不加电压，要使由A发射的电子不从金属网C射出，可在金属网内环形区域加垂直于圆盒平面向里的匀强磁场，求所加磁场磁感应强度B的最小值；

（3）若在C、A间不加磁场，也不加径向电场时，检测到电子从M射出形成的电流为I，忽略电子碰撞到C、D上的反射效应和金属网对电子的吸收，以及金属网C与绝缘壳D间的距离，求圆柱体A发射电子的功率P。



甲



乙

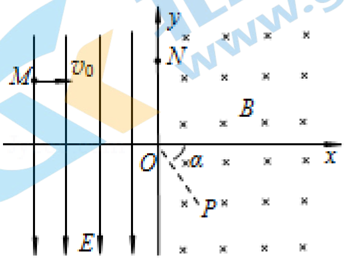
四．解答题（共 11 小题）

13．（2015 秋•海淀区期末）在科学研究中，可以通过施加适当的电场和磁场来实现对带电粒子运动的控制．如图所示，某时刻在 xOy 平面内的第II、III象限中施加沿 y 轴负方向、电场强度为 E 的匀强电场，在第I、IV象限中施加垂直于 xOy 坐标平面向里、磁感应强度为 B 的匀强磁场．一质量为 m，电荷量为 q 的带正电的粒子从 M 点以速度 v_0 沿垂直于 y 轴方向射入该匀强电场中，粒子仅在电场力作用下运动到坐标原点 O 且沿 OP 方向进入第IV象限．在粒子到达坐标原点 O 时撤去匀强电场（不计撤去电场对磁场及带电粒子运动的影响），粒子经过原点 O 进入匀强磁场中，并仅在磁场力作用下，运动一段时间从 y 轴上的 N 点射出磁场．已知 OP 与 x 轴正方向夹角 α＝60°，带电粒子所受重力及空气阻力均可忽略不计，求：

（1）M、O 两点间的电势差 U；

（2）坐标原点 O 与 N 点之间的距离 d；

（3）粒子从 M 点运动到 N 点的总时间 t．

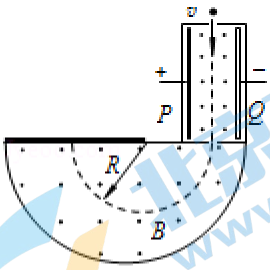


14．（2015 秋•海淀区期末）如图所示，P、Q 两平行金属板间存在着平行于纸面的匀强电场和垂直纸面向外的匀强磁场，两板间的距离为 d，电势差为 U；金属板下方存在一有水平边界、方向垂直纸面向外的匀强磁场，磁感应强度为 B．电荷量为 q 的带正电的粒子，以速度 v 垂直于电场和磁场匀速通过 P、Q 两金属板间，并沿垂直磁场方向进入金属板下方的磁场，做半径为 R 的匀速圆周运动．不计两极板电场的边缘效应及粒子所受的重力．求：

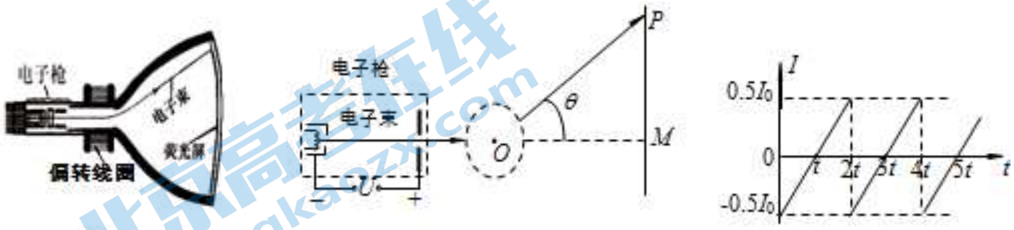
（1）P、Q 两金属板间匀强电场场强 E 的大小；

（2）P、Q 两金属板间匀强磁场磁感应强度 B_0 的大小；

（3）粒子的质量 m．



15．（2014 秋海淀期末）电视机中显像管（抽成真空玻璃管）的成像原理主要是靠电子枪产生高速电子束，并在变化的磁场作用下发生偏转，打在荧光屏不同位置上发出荧光而形成像．显像管的原理示意图（俯视图）如图甲所示，在电子枪右侧的偏转线圈可以产生使电子束沿纸面发生偏转的磁场，偏转的磁场可简化为由通电螺线管产生的与纸面垂直的磁场，该磁场分布的区域为圆形（如图乙所示），其磁感应强度 B＝μNI，式中 μ 为磁常量，N 为螺线管线圈的匝数，I 为线圈中电流的大小．由于电子的速度极大，同一电子穿过磁场过程中可认为磁场没有变化，是稳定的匀强磁场．已知电子质量为 m，电荷量为 e，电子枪加速电压为 U，磁常量为 μ，螺线管线圈的匝数 N，偏转磁场区域的半径为 r，其圆心为 O 点．当没有磁场时，电子束通过 O 点，打在荧光屏正中的 M 点，O 点到荧光屏中心的距离 OM＝L．若电子被加速前的初速度和所受的重力、电子间的相互作用力以及地磁场对电子束的影响均可忽略不计，不考虑相对论效应及磁场变化所激发的电场对电子束的作



甲　　乙　　丙

用．

（1）求电子束经偏转磁场后打到荧光屏上 P 点时的速率；

（2）若电子束经偏转磁场后速度的偏转角 θ＝60°，求此种情况下电子穿过磁场时，螺线管线圈中电流 I_0 的大小；

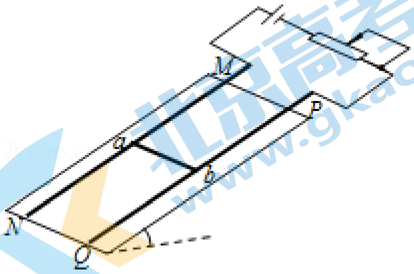
（3）当线圈中通入如图丙所示的电流，其最大值为第（2）问中电流的 0.5 倍．求电子束打在荧光屏上发光所形成“亮线”的长度．

16．（2014 秋海淀期末）如图所示，两根足够长的直金属导轨 MN、PQ 平行放置在倾角为 θ 的绝缘斜面上，两导轨间距为 L．一根质量为 m 的均匀直金属杆 ab 放在两导轨上，并与导轨垂直，且接触良好，整套装置处于匀强磁场中．金属杆 ab 中通有大小为 I 的电流．已知重力加速度为 g．

（1）若匀强磁场方向垂直斜面向下，且不计金属杆 ab 和导轨之间的摩擦，金属杆 ab 静止在轨道上，求磁感应强度的大小；

（2）若金属杆 ab 静止在轨道上面，且对轨道的压力恰好为零．试说明磁感应强度大小和方向应满足什么条件；

（3）若匀强磁场方向垂直斜面向下，金属杆 ab 与导轨之间的动摩擦因数为 μ，且最大静摩擦力等于滑动摩擦力．欲使金属杆 ab 静止，则磁感应强度的最大值是多大．

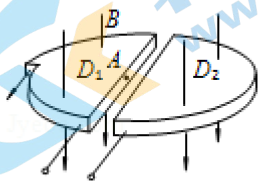


17. （2013 秋•海淀区期末）回旋加速器是用来加速带电粒子的装置，如图为回旋加速器的示意图。D_1、D_2是两个中空的铝制半圆形金属扁盒，在两个 D 形盒正中间开有一条狭缝，两个 D 形盒接在高频交流电源上。在 D_1 盒中心 A 处有粒子源，产生的带正电粒子在两盒之间被电场加速后进入 D_2 盒中。两个 D 形盒处于与盒面垂直的匀强磁场中，带电粒子在磁场力的作用下做匀速圆周运动，经过半个圆周后，再次到达两盒间的狭缝，控制交流电源电压的周期，保证带电粒子经过狭缝时再次被加速。如此，粒子在做圆周运动的过程中一次一次地经过狭缝，一次一次地被加速，速度越来越大，运动半径也越来越大，最后到达 D 形盒的边缘，沿切线方向以最大速度被导出。已知带电粒子的电荷量为 q，质量为 m，加速时狭缝间电压大小恒为 U，磁场的磁感应强度为 B，D 形盒的半径为 R，狭缝之间的距离为 d。设从粒子源产生的带电粒子的初速度为零，不计粒子受到的重力，求：

（1）带电粒子能被加速的最大动能 E_k；

（2）带电粒子在 D_2 盒中第 n 个半圆的半径；

（3）若带电粒子束从回旋加速器输出时形成的等效电流为 I，求从回旋加速器输出的带电粒子的平均功率$\overline{P}$。



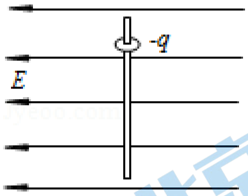
18．（2013秋•海淀区期末）如图所示，在水平向左、电场强度为 E 的匀强电场中，竖直固定着一根足够长的粗糙绝缘杆，杆上套着一个质量为 m、带有电荷量﹣q 的小圆环，圆环与杆间的动摩擦因数为 μ.

（1）由静止释放圆环，圆环沿杆下滑，求圆环下滑过程中受到的摩擦力 f；

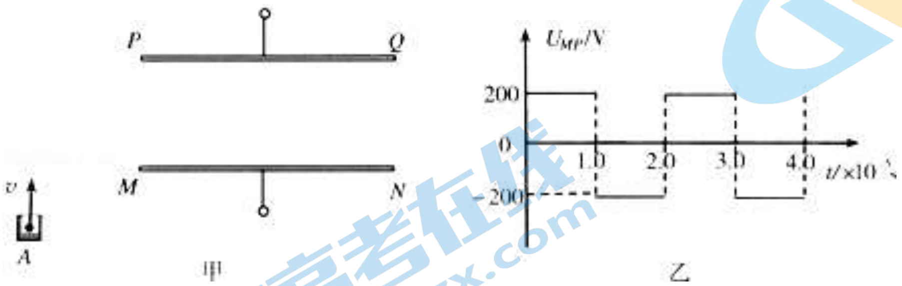
（2）若在匀强电场 E 的空间内再加上磁感应强度为 B、方向垂直纸面向里的匀强磁场，圆环仍由静止开始沿杆下滑．求：

①圆环刚开始运动时加速度 a_0 的大小；

②圆环下滑过程中的最大动能 E_k.



19．（2012 秋海淀期末）图甲所示，平行金属板 PQ、MN 水平地固定在地面上方的空间，金属板长 l＝20cm，两板间距 d＝10cm，两板间的电压 U_{MP}＝100V．在距金属板 M 端左下方某位置有一粒子源 A，从粒子源竖直向上连续发射速度相同的带电粒子，射出的带电粒子在空间通过一垂直于纸面向里的磁感应强度 B＝0.20T 的圆形区域匀强磁场（图中未画出）后，恰好从金属板 PQ 左端的下边缘水平进入两金属板间，带电粒子在电场力作用下恰好从金属板 MN 的右边缘飞出。已知带电粒子的比荷$\frac{q}{m}$ =2.0×10^6C/kg，粒子重力不计，计算结果保留两位有效数字。



甲　　　　　　乙

求：（1）带电粒子射入电场时的速度大小；

（2）圆形匀强磁场区域的最小半径；

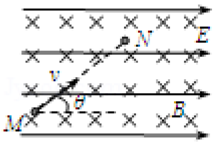
（3）若两金属板间改加如图乙所示的电压，在哪些时刻进入两金属板间的带电粒子不碰到极板而能够飞出两板间。

20．（2012 秋•海淀区期末）如图所示，空间同时存在水平向右的匀强电场和方向垂直纸面向里、磁感应强度为 B 的匀强磁场．质量为 m，电荷量为 q 的液滴，以某一速度沿与水平方向成 θ 角斜向上进入正交的匀强电场和匀强磁场叠加区域，在时间 t 内液滴从 M 点匀速运动到 N 点．重力加速度为 g．

（1）判定液滴带的是正电还是负电，并画出液滴受力示意图；

（2）求匀强电场的场强 E 的大小；

（3）求液滴从 M 点运动到 N 点的过程中电势能的变化量．

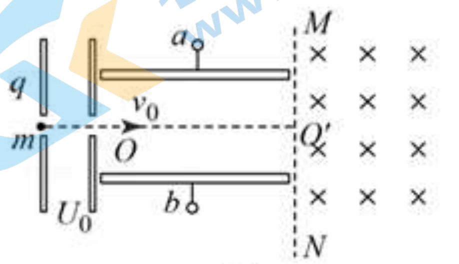


21．（2011 秋海淀期末）如图甲所示，水平加速电场的加速电压为 U_0，在它的右侧有由水平正对放置的平行金属板 a、b 构成的偏转电场，已知偏转电场的板长 L＝0.10m，板间距离 $d=5.0\times10^{-2}$ m，两板间接有如图乙所示的随时间变化的电压 U，且 a 板电势高于 b 板电势。在金属板右侧存在有界的匀强磁场，磁场的左边界为与金属板右侧重合的竖直平面 MN，MN 右侧的磁场范围足够大，磁感应强度 $B=5.0\times10^{-3}$T，方向与偏转电场正交向里（垂直纸面向里）。质量和电荷量都相同的带正电的粒子从静止开始经过电压 $U_0=50$V 的加速电场后，连续沿两金属板间的中线 OO′方向射入偏转电场中，中线 OO′与磁场边界 MN 垂直。已知带电粒子的比荷 $\frac{q}{m}=1.0\times10^{8}$ C/kg，不计粒子所受的重力和粒子间的相互作用力，忽略偏转电场两板间电场的边缘效应，在每个粒子通过偏转电场区域的极短时间内，偏转电场可视作恒定不变。

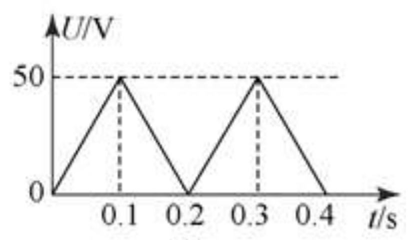
（1）求 t＝0 时刻射入偏转电场的粒子在磁场边界上的入射点和出射点间的距离；

（2）求粒子进入磁场时的最大速度；

（3）对于所有进入磁场中的粒子，如果要增大粒子在磁场边界上的入射点和出射点间的距离，应该采取哪些措施？试从理论上推理说明。



甲



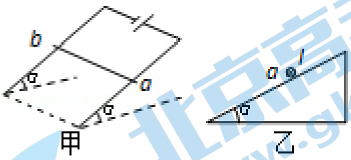
乙

22．（2011 秋海淀期末）如图甲所示，在水平地面上固定一对与水平面倾角为 α 的光滑平行导电轨道，轨道间的距离为 l，两轨道底端的连线与轨道垂直，顶端接有电源。将一根质量为 m 的直导体棒 ab 放在两轨道上，且与两轨道垂直。已知轨道和导体棒的电阻及电源的内电阻均不能忽略，通过导体棒的恒定电流大小为 I，方向由 a 到 b，图乙为图甲沿 a→b 方向观察的平面图。若重力加速度为 g，在轨道所在空间加一竖直向上的匀强磁场，使导体棒在轨道上保持静止。

（1）请在图乙所示的平面图中画出导体棒受力的示意图；

（2）求出磁场对导体棒的安培力的大小；

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

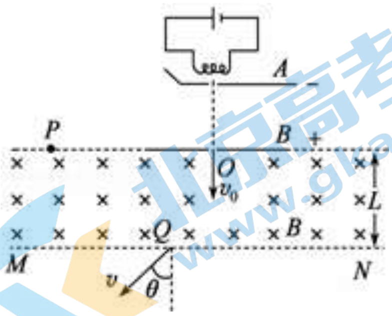


23. （2010 秋海淀期末）在水平放置的两块金属板 AB 上加不同电压，可以使从炽热的灯丝释放的电子以不同速度沿直线穿过 B 板中心的小孔 O 进入宽度为 L 的匀强磁场区域，匀强磁场区域的磁感应强度为 B，方向垂直纸面向里。若在 A、B 两板间电压为 U_O 时，电子不能穿过磁场区域而打在 B 板延长线上的 P 点，如图所示。已知电子的质量为 m，电荷量为 e，并设电子离开 A 板时的初速度为零。

（1）求 A、B 两板间的电压为 U_0 时，电子穿过小孔 O 的速度大小 v_0；

（2）求 P 点距小孔 D 的距离 x；

（3）若改变 A、B 两板间的电压，使电子穿过磁场区域并从边界 MN 上的 Q 点射出，且从 Q 点穿出时速度方向偏离 v_0 方向的角度为 θ，则 AB 两板间电压 U 为多大？



2010-2020 北京海淀高三物理上学期期末汇编：磁场

参考答案

一．选择题（共 6 小题）

1．【分析】根据动能定理表示出加速后获得的速度，然后根据洛伦兹力提供向心力推导出半径的表达式，然后分析各选项答题。

【解答】解：电子被加速电场加速，由动能定理得：

$eU=\frac{1}{2}mv_0^2$…①

电子在匀强磁场中做匀速圆周运动，洛伦兹力充当向心力，由牛顿第二定律得：

$eBv_0=m\frac{v_0^2}{r}$…②

解得：$r=\frac{1}{B}\sqrt{\frac{2mU}{e}}$…③；

AB、只增大电子枪的加速电压 U，由 $r=\frac{1}{B}\sqrt{\frac{2mU}{e}}$可知，轨道半径变大，故 AB 错误；

CD、值增大励磁线圈中的电流，磁感应强度 B 增大，由 $r=\frac{1}{B}\sqrt{\frac{2mU}{e}}$可知，轨道半径 r 变小，故 C 错误，D 正确；

故选：D。

【点评】本题考查了粒子在电场中的加速和磁场中的偏转运动在实际生活中的应用，正确分析出仪器的原理是关键。

2．【分析】当带电粒子速度方向与磁场方向平行时，粒子不受磁场力；根据地球磁场的分布，由左手定则可以判断粒子的受力的方向，从而可以判断粒子的运动的方向．

【解答】解：A、由于不位置处的磁场方向不同，故不同观测点上的宇宙射线受到的作用力不同，故 A 错误；

B、在南北两极，地磁场沿竖直方向，垂直射向地球表面的宇宙射线在南北两极几乎不受磁场力作用，地磁场对粒子的阻挡能力最弱；在赤道上，地磁场沿水平方向，对垂直射向地球的宇宙射线阻挡能力最强，故 B 错误 C 正确；

D、由左手定则可知，地磁场对沿地球赤道平面垂直射向地球的宇宙射线中的带电粒子作用力沿东西方向，使带电粒子偏向面与赤道平面平行，故 D 错误；

故选：C。

【点评】本题考查了地球磁场的分布特点和左手定则的应用，掌握好左手定则即可判断粒子的受力的方向，从而判断粒子的运动情况．

3. 【分析】根据牛顿第二定律求微粒的加速度．根据电场力做功正负分析电势能的变化．由能量守恒定律分析速率的变化，由微粒的受力情况分析微粒的运动情况．

【解答】解：A、微粒在 a 点时速度为零，不受洛伦兹力，只有重力和竖直向下的电场力，合力方向竖直向下，由牛顿第二定律知加速度方向竖直向下。故 A 正确。

B、从 a 运动到 c，电场力做正功，电势能减小。从 c 运动到 b，电场力做负功，电势能增大，所以微粒在 c 点时电势能最小，故 B 错误。

C、根据能量守恒定律知，微粒在 c 点时动能最大，在 c 点，有 qvB＞mg+qE，得 v＞$\frac{mg+qE}{qB}$，所以最大速率大于$\frac{mg+qE}{qB}$，故 C 错误。

D、微粒在 b 点的受力情况与 a 点的受力情况相同，可知微粒到达 b 点后将相同轨迹向右做曲线运动，不可能沿原路径返回 a 点，故 D 错误。

故选：A。

【点评】解决本题时要注意速度为零时，带电粒子不受洛伦兹力，明确电场力做功下电势能变化的关系，微粒的运动情况要根据受力情况分析．

4. 【分析】带电粒子在回旋加速器中，靠电场加速，磁场偏转，通过带电粒子在磁场中运动半径公式得出带电粒子射出时的速度，看与什么因素有关．

【解答】解：AB、设 D 形盒的半径为 R。

根据 qvB＝m$\frac{v^2}{R}$，解得粒子获得的最大 v= $\frac{qBR}{m}$，B、R 相同，v 与比荷成正比。由于质子的比荷是 α 粒子的 2 倍，则质子获得的最大速率为 2v。

带电粒子获得的最大动能 E_K= $\frac{1}{2}$mv^2= $\frac{q^2B^2R^2}{2m}$，不改变 B 和 R，该回旋加速器加速 α 粒子获得的最大动能等于加速质子的最大动能，故 A、B 错误；

C、交变电场的周期与带电粒子运动的周期相等，带电粒子在匀强磁场中运动的周期 T= $\frac{2\pi m}{qB}$，频率 f= $\frac{1}{T}$ = $\frac{qB}{2\pi m}$ 与比荷成正比，所以加速质子的交流电场频率与加速 α 粒子的交流电场频率之比为 2：1，故 C 错误；

D、设加速电压为 U，加速次数为 n，则 E_K＝nqU，n= $\frac{E_k}{qU}$，E_K 和 U 相等，则加速质子的总次数与加速 α 粒子总次数之比为 2：1，故 D 正确。

故选：D。

【点评】解决本题的关键知道回旋加速器运用电场加速，磁场偏转来加速带电粒子，但要注意粒子射出的动能与加速电压无关，与磁感应强度的大小有关．

5. 【分析】带电粒子在电场中，在电场力做正功的情况下，被加速运动；后垂直于电场线，在电场力提供向心力作用下，做匀速圆周运动；最后进入匀强磁场，在洛伦兹力作用下，做匀速圆周运动；根据动能定理和牛顿第二定律列式分析即可。

【解答】解：直线加速过程，根据动能定理，有：

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

电场中偏转过程，根据牛顿第二定律，有：

$qE=m\frac{v^2}{R}$②

磁场中偏转过程，根据牛顿第二定律，有：

qvB＝$m\frac{v^2}{r}$③

A、由①②解得：

v= $\sqrt{\frac{2qU}{m}+v_0^2}$④

R= $\frac{2qU+mv_0^2}{qE}$⑤

由⑤式，只要满足 R= $\frac{2qU+mv_0^2}{qE}$，所有粒子都可以在弧形电场区通过；

由④式，不同的粒子从小孔 S 进入磁场的粒子速度大小与比荷，及初速度大小有关，故 A 错误；

B、由①式，从小孔 S 进入磁场的粒子动能为 qU+$\frac{1}{2}mv_0^2$，故不同电量的粒子，及初速度不同，则其动能不同，故 B 错误；

C、由③④解得：r= $\frac{m}{Bq}\sqrt{\frac{2qU}{m}+v_0^2}$，打到胶片上同一点的粒子的比荷一定相等；

由④式，比荷相同，故粒子的速度相同，故 C 正确；

D、由③④解得：r= $\frac{m}{Bq}\sqrt{\frac{2qU}{m}+v_0^2}$，故打到胶片上位置距离 O 点越远的粒子，比荷越小，故 D 错误；

故选：C。

【点评】本题关键是明确粒子的运动规律，然后分阶段根据动能定理和牛顿第二定律列式分析。

6. 【分析】根据地球磁场的分布，由左手定则可以判断粒子的受力的方向，从而可以判断粒子的运动的方向．

【解答】解：地球的磁场由南向北，当带负电的宇宙射线粒子垂直于地面向赤道射来时，根据左手定则可以判断粒子的受力的方向为向西，所以粒子将向西偏转；当带正电的宇宙射线粒子垂直于地面向赤道射来时，根据左手定则可以判断粒子的受力的方向为向东，所以粒子将向东偏转，所以 D 正确。

故选：D。

【点评】本题就是考查左手定则的应用，掌握好左手定则即可判断粒子的受力的方向．

二．多选题（共 3 小题）

7. 【分析】a、b 两个质量相同、所带电荷量相等的带电粒子以不同的速率对向射入圆形匀强磁场区域，偏转的方向不同，说明受力的方向不同，电性不同，可以根据左手定则判定。从图线来看，a 的半径较小，可以结合洛伦兹力提供向心力，写出公式，进行判断，之后，根据公式，再判定速度和运动的时间。

【解答】解：A．粒子向右运动，根据左手定则，b 向上偏转，应当带正电，a 向下偏转，应当带负电，故 A 正确。

B．由几何关系可知，a 的半径较小，根据 $qvB=m\frac{v^2}{r}$，解得$r=\frac{mv}{qB}$，半径较大的 b 粒子速率较大，故 B 错误。

C．因为粒子受到的洛伦兹力总是和速度相互垂直，则洛伦兹力用不做功，故 C 错误。

D．根据 $t=\frac{\theta}{2\pi}T$ 可知，因两粒子的周期 T 相同，a 的圆心角较大，则 a 的运动时间较长，故 D 错误。

故选：AD。

【点评】掌握用左手定则分析洛伦兹力以及粒子的电性，知道洛伦兹力提供向心力，能根据粒子的运动轨迹判断粒子的半径以及圆心角的大小关系。

8. 【分析】电场强度处处相等的区域内，电势不一定处处相等，沿电场线的方向电势降低；小段通电导线在某处若不受磁场力，是导线与磁场垂直，则此处不一定无磁场．电场强度的定义式 $E=\frac{F}{q}$适用于任何电场；磁感应强度的方向与置于该处的通电导线所受的安培力方向垂直．

【解答】解：A、电场强度的定义式 $E=\frac{F}{q}$适用于任何电场。故 A 正确；

B、根据电场强度方向的规定：电场中某点电场强度的方向与在该点的带正电的检验电荷所受电场力的方向相同。故 B 正确；

C、磁感应强度公式 $B=\frac{F}{IL}$是定义式，磁感应强度的大小与方向由磁场本身决定，与放入磁场中的通电导线所受安培力 F 无关，与通电导线中的电流 I 和导线长度 L 的乘积无关。故 C 错误；

D、根据左手定则，磁感应强度的方向与置于该处的通电导线所受的安培力方向垂直。故 D 错误。

故选：AB。

【点评】本题考查对电场强度与磁感应强度两公式的理解能力，首先要理解公式中各个量的含义，其次要理解公式的适用条件，注意比值定义法的含义，同时知道电荷有正负之分.

9. 【分析】粒子在磁场中受洛仑兹力及本身的重力做匀速圆周运动，故它们的合力应充当向心力；则分析甲图可得出正确的结果；而在点电荷周围粒子要做匀速圆周运动，则电场力与重力的合力应充当向心.

【解答】解：要使粒子能做匀速圆周运动，则洛仑兹力与重力的合力应能充当向心力；在甲图中，若粒子为正电荷且逆时针转动（由上向下看）则其受力斜向上，与重力的合力可以指向圆心，故 A 正确；而若为负电荷，但顺时针转动，同理可知，合力也可以充当向心力，故 C 正确；

Q 带负电，则正电荷在图示位置各点受到的电场力指向 Q，则电场力与重力的合力可能充当向心力，故 B 正确；

但若小球带负电，则小球受电场力逆着电场线，故其与重力的合力向下，合力不能全部提供向心力，故不会做匀速圆周运动，故 D 错误；

故选：ABC。

【点评】本题巧妙地将电场和磁场相结合，考查了向心力、库仑力及洛仑兹力方向的判断问题，对学生要求较高.

三．计算题（共 3 小题）

10. 【分析】（1）粒子在速度选择器中做匀速直线运动，根据电场力等于洛伦兹力求解速度。

（2）粒子在磁场中做匀速圆周运动，根据洛伦兹力提供向心力求解器半径的表达式，并且根据粒子打在照相底片的位置找到其半径之比，从而求解质量之比。

（3）根据半径公式找出的表达式进行分析解答。根据表达式分析做出的是什么图象，根据其图象的斜率的表达式分析质量之差。

【解答】解：（1）对于带电粒子通过速度选择器的过程有 $qvB=qE$，

解得 $v=\frac{E}{B}$

由洛伦兹力提供向心力有：$qvB_0=m\frac{v^2}{R}$

因 $2R=x$，因此可解得$\frac{q}{m}=\frac{2E}{BB_0x}$。

（2）设粒子打到 A_1 时，P 与 A_1 之间的距离为为 x_1，

设粒子打到 A_2 时，P 与 A_2 之间的距离为为 x_2，

因为 P 到 A_2 的距离与 A_1 到 A_2 的距离相等，所以 $x_1=2x_2$

因两粒子的电荷量相同，所以由第（1）问结果$\frac{q}{m}=\frac{2E}{BB_0x}$有 $m=\frac{qBB_0x}{2E}$

所以 $\frac{m_1}{m_2}=\frac{x_1}{x_2}=\frac{2}{1}$。

（3）①由洛伦兹力提供向心力有：$qvB_0=m\frac{v^2}{R}$

解得 $R_1=\frac{m_1v}{qB_0}$，$R_2=\frac{m_2v}{qB_0}$

由几何关系可知，$d=2R_1-2R_2=\frac{2(m_1-m_2)E}{qBB_0}$，

可见，为增大 d，应减小磁感应强度 B_0 的大小，

②因 m_1-m_2、E、e 和 B 均为定值，根据 $d=\frac{2(m_1-m_2)E}{qBB_0}$可知，d 与 B_0 成反比。因此建立 $d-\frac{1}{B_0}$坐标系，可画出 d 随 B_0 变化的图象为一条过原点的直线，

其斜率 $k=\frac{2(m_1-m_2)E}{eB}=\frac{2\triangle mE}{eB}$，

所以这两种同位素离子的质量之差$\triangle m=\frac{eBk}{2E}$。

答：（1）若某带电粒子打在底片上的 A 点，测得 P 与 A 之间的距离为 x，该粒子的比荷为$\frac{2E}{BB_0x}$。

（2）这两种离子的质量之比$\frac{m_1}{m_2}$为$\frac{2}{1}$。

（3）①为了便于观测，希望 d 的数值大一些为宜，应减小磁感应强度 B_0 的大小。

②这两种同位素离子的质量之差△m 为$\frac{eBk}{2E}$。

【点评】解决该题的关键是知道粒子在速度选择器中做的是匀速直线运动，能根据匀速圆周运动的半径公式推导出两种粒子的直径之差的表达式。

11. 【分析】（1）天平平衡后，由共点力平衡即可求出安培力的方向，由左手定则判断电流的方向；

（2）由闭合电路的欧姆定律求出电阻；

（3）根据安培力的表达式即可求出磁感应强度。

【解答】解：（1）天平两侧平衡，因此有：$m_1g=m_0g+F$

可得：$F=m_1g-m_0g$

代入数据可得：F＝0.05N

F 的方向竖直向下，根据左手定则可判断出线框电流方向为顺时针

（2）线圈中电流的大小为：$I=\frac{E-U}{r}=\frac{1.5-1.4}{1.0}=0.1A$

根据电路规律：$U=I(R_1+R)$

联立两式可得：$R=4\Omega$

（3）矩形线圈下边所受安培力为：$F=nBIl$

将数值代入可得：$B=\frac{F}{nIl}=\frac{0.05}{10\times0.1\times10\times10^{-2}}=0.5T$

答：（1）线圈下边所受安培力的大小 F 是 0.05N，线圈中电流的方向为顺时针方向；

（2）矩形线圈的电阻 R 是 4Ω；

（3）该匀强磁场的磁感应强度 B 的大小是 0.5T。

【点评】解决本题的关键掌握安培力方向的判定，以及会利用力的平衡去求解问题。

12．【分析】（1）电子在电场中加速，由动能定理可以求出 A、C 间的电压。

（2）电子在磁场中做圆周运动，根据题意求出电子的临界轨道半径，应用牛顿第二定律求出最小磁感应强度。

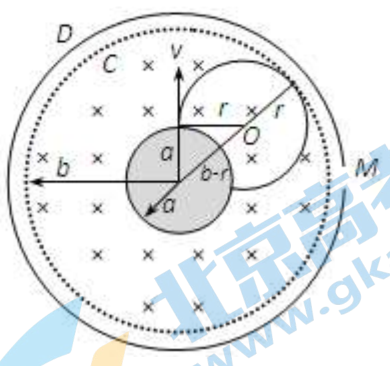
（3）求出时间 t 内发射电子的个数，然后应用动能定理求出发射电子所做的功，然后应用功率公式求出圆柱体发射电子的功率。

【解答】解：（1）对电子，由动能定理得：

$Ue=\frac{1}{2}m(kv)^2-\frac{1}{2}mv^2$，

解得：$U=\frac{(k^2-1)mv^2}{2e}$；

（2）A 发射的电子恰好不从金属网 C 射出时，其运动轨迹如图所示：



电子在 C、A 间磁场中做圆周运动时，其轨迹圆与金属网相切时，

由几何知识得：$(b-r)^2=r^2+a^2$，解得：$r=\frac{b^2-a^2}{2b}$，

洛伦兹力提供向心力，由牛顿第二定律得：

$evB=m\frac{v^2}{r}$，解得：$B=\frac{2bmv}{e(b^2-a^2)}$，

最小磁感应强度为：$\frac{2bmv}{e(b^2-a^2)}$；

（3）电流：$I=\frac{q}{t}=\frac{ne}{t}$，

时间 t 内由 M 口射出的电子数：$n=\frac{It}{e}$，

时间 t 从 M 单位面积射出的电子数：$n_0=\frac{n}{dh}=\frac{It}{deh}$，

时间 t 内从 A 中发射的电子数：

$N=n_0S=\frac{It}{deh}\times 2\pi bh=\frac{2\pi bIt}{de}$，

圆柱体 A 发射电子的功率为：

$P=\frac{W}{t}=\frac{N\cdot\frac{1}{2}mv^2}{t}=\frac{\pi bImv^2}{de}$；

答：（1）在 A、C 间所加电压 U 是$\frac{(k^2-1)mv^2}{2e}$；

（2）所加磁场磁感应强度 B 的最小值为$\frac{2bmv}{e(b^2-a^2)}$；

（3）圆柱体 A 发射电子的功率 P 为$\frac{\pi bImv^2}{de}$。

【点评】本题考查了电子在磁场与电场中的运动，电子在磁场中做圆周运动，分析清楚电子在磁场中的运动过程、作出电子的临界运动轨迹、求出临界轨道半径是解题的前提与关键，应用动能定理、牛顿第二定律、电流定义式与功率公式可以解题。

四．解答题（共 11 小题）

13．【分析】（1）由几何关系和速度的合成可以求出末速度，再由动能定理就能求出 M、O 两点之间电势差的大小．

（2）从 O 点到 N 点，粒子做匀速圆周运动，由洛仑兹力提供向心力求出半径，再由几何关系及进入磁场的速度方向能求出从 O 点到 N 点的距离．

（3）分别求出带电粒子在电场和磁场中的时间，两者相加就是带电粒子从 M 点运动到 N 点的总时间 t．

【解答】解：（1）设粒子经过 O 点的速度为 v，则 $\cos\alpha=\frac{v_0}{v}$

对于电子经过电场的过程，根据动能定理有：$qU=\frac{1}{2}mv^2-\frac{1}{2}mv_0{}^2$

解得：U= $\frac{3mv_0{}^2}{2q}$

（2）设粒子在磁场中做匀速圆周运动的半径为 R，运动轨迹如答图 2 所示．

洛伦兹力提供向心力，根据牛顿第二定律有：qvB＝m$\frac{v^2}{R}$

解得：R= $\frac{2mv_0}{qB}$

根据几何关系可知，O 与 N 之间的距离 d＝R= $\frac{2mv_0}{qB}$

（3）设粒子在电场中从 M 点运动至 O 点所用时为 t_1，

根据牛顿第二定律可知：粒子在电场中的加速度 a= $\frac{qE}{m}$

粒子通过 O 点时竖直方向速度 v_y= $\sqrt{3}v_0$，根据运动学公式有：v_y＝at_1

解得：t_1=$\frac{\sqrt{3}mv_0}{qE}$

设粒子在磁场中从 O 点运动至 N 点用时为 t_2，粒子在磁场中运动的周期 T= $\frac{2\pi R}{v}$

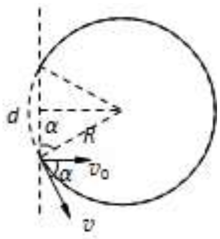
t_2= $\frac{2\pi-\alpha}{2\pi}T$ = $\frac{5\pi m}{3qB}$

解得：粒子从 M 点运动到 N 点的总时间 t＝t_1+t_2= $\frac{\sqrt{3}mv_0}{qE}+\frac{5\pi m}{3qB}$

答：（1）M、O 两点间的电势差 U 为$\frac{3mv_0{}^2}{2q}$.

（2）坐标原点 O 与 N 点之间的距离 d 为$\frac{2mv_0}{qB}$.

（3）粒子从 M 点运动到 N 点的总时间 t 为$\frac{\sqrt{3}mv_0}{qE}+\frac{5\pi m}{3qB}$.



答图 2

【点评】本题是带电粒子先在电场中做类平抛运动，然后进入匀强磁场做匀速圆周运动的简单情况，只要准确选用相应规律，就能获得正确结果，但要注意的是两个过程的交界点－－即 O 点的速度方向以及这点的速度矢量．

14. 【分析】（1）由 E= $\frac{U}{d}$求得场强．

（2）由电场力等于洛沦兹力求得 B.

（3）洛伦兹力提供向心力求得 m.

【解答】解：（1）根据匀强强度和电势差的关系有：E= $\frac{U}{d}$

（2）因为粒子匀速通过 P、Q 两金属板间，则有：$qvB_0=qE=\frac{Uq}{d}$

解得：$B_0=\frac{U}{vd}$

（3）粒子进入下方的匀强磁场做匀速圆周运动，洛伦兹力提供向心力，

根据牛顿第二定律有：qvB= $\frac{mv^2}{R}$

可得：m= $\frac{BqR}{v}$

答：（1）P、Q 两金属板间匀强电场场强 E 的大小为$\frac{U}{d}$；

（2）P、Q 两金属板间匀强磁场磁感应强度 B_0 的大小为$\frac{U}{vd}$；

（3）粒子的质量 m 为$\frac{BqR}{v}$

【点评】考查粒子受到电场力、洛伦兹力作用下的直线运动，明确其合力为 0，在磁场中的偏转由洛伦兹力提供向心力可确定半径.

15. 【分析】（1）电子在加速电场中，由动能定理求解获得的速度 v 的大小，洛伦兹力不做功，故此速度大小电子束经偏转磁场后打到荧光屏上 P 点时的速率；

（2）根据几何关系求出临界状态下的半径的大小，结合洛伦兹力提供向心力求出磁感应强度的大小，进而由磁感应强度 B＝μNI 确定螺线管线圈中电流 I_0 的大小.

（3）粒子在磁场中做匀速圆周运动，出磁场做匀速直线运动，通过最大的偏转角，结合几何关系求出荧光屏上亮线的长度.

【解答】解：（1）设经过电子枪加速电场加速后，电子的速度大小为 v.

根据动能定理有：eU= $\frac{1}{2}$mv^2

解得：v= $\sqrt{\frac{2eU}{m}}$

（2）设电子在磁场中做圆运动的半径为 R，运动轨迹如答图乙所示.

根据几何关系有：$\tan\frac{\theta}{2}=\frac{r}{R}$

洛伦兹力提供向心力，根据牛顿第二定律有：evB= $\frac{mv^2}{R}$

由题知 B＝μNI$_0$

解得：$I_0=\frac{\sqrt{6meU}}{3r\mu eN}$

（3）设线圈中电流为 0.5I$_0$时，偏转角为 θ$_1$，此时电子在屏幕上落点距 M 点最远.

此时磁感应强度$B_1=0.5\mu NI_0=\frac{B}{2}$

QUOTE 轨迹圆半径$R_1=\frac{mv}{eB_1}=2R=2\sqrt{3}r$

$\tan\frac{\theta_1}{2}=\frac{r}{R_1}=\frac{1}{2\sqrt{3}}=\frac{\sqrt{3}}{6}$

电子在屏幕上落点距 M 点最远距离 y＝Ltanθ$_1$= $\frac{4\sqrt{3}}{11}L$

亮线长度 Y＝2y= $\frac{8\sqrt{3}}{11}L$

答：（1）电子束经偏转磁场后打到荧光屏上 P 点时的速率$\sqrt{\frac{2eU}{m}}$;

（2）此种情况下电子穿过磁场时，螺线管线圈中电流 I$_0$的大小$\frac{\sqrt{6meU}}{3R\mu eN}$;

（3）电子束打在荧光屏上发光所形成“亮线”的长度亮线长度$\frac{8\sqrt{3}}{11}L$.

【点评】考查电子受电场力做功，应用动能定理；电子在磁场中，做匀速圆周运动，运用牛顿第二定律求出半径表达式；同时运用几何关系来确定半径与已知长度的关系.

16. 【分析】（1）根据共点力平衡即可求得磁场强度；

（2）根据共点力平衡即可求得；

（3）根据安培定则可知安培力沿导轨平面向上，当金属杆 ab 受到的静摩擦力沿斜面向下，且为最大值时，磁感应强度值达到最大

【解答】解：（1）设磁感应强度为 B$_1$．根据安培定则可知安培力沿导轨平面向上，金属杆 ab 受力如答图 3.

根据平衡条件对金属杆 ab 有：B$_1$IL＝mgsinθ

解得：$B_1=\frac{mgsin\theta}{IL}$

（2）金属杆 ab 对导轨压力为零，则金属杆 ab 只受重力和安培力.

根据平衡条件对金属杆 ab 有：B$_2$IL＝mg

解得：$B_2=\frac{mg}{IL}$

根据安培定则可知磁场方向垂直金属杆 ab 水平向右．

（3）根据安培定则可知安培力沿导轨平面向上，当金属杆 ab 受到的静摩擦力沿斜面向下，且为最大值时，磁感应强度值达到最大，设为 B_3．金属杆 ab 受力如答图 4．

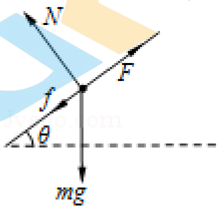
根据平衡条件对金属杆 ab 有：$B_3IL=mg\sin\theta+\mu mg\cos\theta$

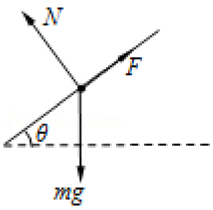
解得：$B_3=\frac{mg\sin\theta+\mu mg\cos\theta}{IL}$

答：（1）磁感应强度的大小为$\frac{mg\sin\theta}{IL}$；

（2）若金属杆 ab 静止在轨道上面，且对轨道的压力恰好为零．试说明磁感应强度大小为$\frac{mg}{IL}$，方向应满足垂直金属杆 ab 水平向右；

（3）磁感应强度的最大值是$\frac{mg\sin\theta+\mu mg\cos\theta}{IL}$．





【点评】本题主要考查了在安培力作用下的共点力平衡，抓住受力分析是关键

17.【分析】（1）根据 $qvB=m\frac{v^2}{R}$知，当 R 最大时，速度最大，求出最大速度，根据 $E_K=\frac{1}{2}mv^2$ 求出粒子的最大动能。

（2）粒子被加速一次所获得的能量为 qU，求出第 n 次加速后的动能 $E_{Kn}=\frac{1}{2}mv_n^2=\frac{q^2B^2R_n^2}{2m}=nqU$，进而可求出第 n 个半圆的半径；

（3）根据电流的定义式 $I=\frac{Q}{t}$和 $Q=Nq$ 以及 $P=\frac{N\cdot\frac{1}{2}mv^2}{t}$，即可求解。

【解答】解：（1）粒子在 D 形盒内做圆周运动，轨道半径达到最大时被引出，具有最大动能。

设此时的速度为 v，有：$qvB=m\frac{v^2}{R}$ 可得 $v=\frac{qBR}{m}$

粒子的最大动能 $E_k=\frac{1}{2}mv^2=\frac{q^2B^2R^2}{2m}$

（2）粒子被加速一次所获得的能量为 qU，粒子在 D_2 盒中被第 n 次加速后的动能为

$E_{Kn}=\frac{1}{2}mv_n{}^2=\frac{q^2B^2R_n^2}{2m}=nqU$，

因此第 n 个半圆的半径 $R_n=\frac{1}{Bq}\sqrt{2nqmU}$；

（3）带电粒子质量为 m，电荷量为 q，带电粒子离开加速器时速度大小为 v，由牛顿第二定律知：$qvB=m\frac{v^2}{R}$ …③

带电粒子运动的回旋周期为：$T=\frac{2\pi R}{v}=\frac{2\pi m}{qB}$…④

由回旋加速器工作原理可知，交变电源的频率与带电粒子回旋频率相同，由周期 T 与频率 f 的关系可得：$f=\frac{1}{T}$…⑤

设在 t 时间内离开加速器的带电粒子数为 N，则带电粒子束从回旋加速器输出时的平均功率 $P=N\frac{\frac{1}{2}mv^2}{t}$…⑥

输出时带电粒子束的等效电流为：$I=\frac{Nq}{t}$ …⑦

由上述各式得 $\overline{P}=\frac{\pi BIR^2}{T}=\frac{B^2R^2Iq}{2m}$；

答：（1）带电粒子能被加速的最大动能 $\frac{q^2B^2R^2}{2m}$；

（2）带电粒子在 D_2 盒中第 n 个半圆的半径 $\frac{1}{Bq}\sqrt{2nqmU}$；

（3）若带电粒子束从回旋加速器输出时形成的等效电流为 I，求从回旋加速器输出的带电粒子的平均功率 $\frac{B^2R^2Iq}{2m}$。

【点评】解决本题的关键知道回旋加速器利用磁场偏转和电场加速实现加速粒子，粒子在磁场中运动的周期和交流电的周期相等，注意第 3 问题，建立正确的物理模型是解题的关键。

18．【分析】（1）根据受力分析和 f＝μN 解答．

（2）根据受力分析和牛顿第二定律解答．

【解答】解：（1）在水平方向圆环受到的弹力 N＝qE

则摩擦力 f＝μN＝μqE，方向竖直向上．

（2）①圆环刚开始运动时不受洛伦兹力，因此，摩擦力大小 f＝μqE

在竖直方向，由牛顿第二定律 mg﹣μqE＝ma_0

解得 $a_0=\frac{mg-\mu qE}{m}$

②当重力与滑动摩擦力平衡时，圆环速度最大，动能最大.

即 $mg=\mu(qv_mB-qE)$

最大速度$v_m=\frac{mg+\mu qE}{\mu qB}$

最大动能 $E_k=\frac{1}{2}mv_m^2=\frac{m(mg+\mu qE)^2}{2\mu^2q^2B^2}$

答：（1）由静止释放圆环，圆环沿杆下滑，圆环下滑过程中受到的摩擦力 $f=\mu qE$；

（2）若在匀强电场 E 的空间内再加上磁感应强度为 B、方向垂直纸面向里的匀强磁场，圆环仍由静止开始沿杆下滑，

①圆环刚开始运动时加速度大小为 $a_0=\frac{mg-\mu qE}{m}$;

②圆环下滑过程中的最大动能 $E_k=\frac{m(mg+\mu qE)^2}{2\mu^2q^2B^2}$.

【点评】解决此题的关键是会受力分析，会根据运动状态找临界条件，知道速度最大时，加速度为零.

19. 【分析】（1）粒子进入电场时做类平抛运动，根据平抛运动的基本公式即可求解；

（2）粒子进入电场时，速度方向改变了解 90°，可见粒子在磁场中转了四分之一圆周。根据向心力公式及几何关系即可求解；

（3）先求出带电粒子进入两金属板间，穿过电场需要的时间，根据牛顿第二定律求出加上电压后的加速度，根据平抛运动的基本公式求出恰好不碰到极板的条件，画出粒子运动的轨迹，注意周期性。

【解答】解：（1）设带电粒子从 PQ 左边缘进入电场的速度为 v，由 MN 板右边缘飞出的时间为 t，带电粒子在电场中运动的加速度为 a，则

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

$a=\frac{qU}{dm}$

$t=\frac{l}{v}$

则 $v=\sqrt{\frac{qUl^2}{2d^2m}}$

解得　$v=2.0\times10^4$m/s

（2）粒子进入电场时，速度方向改变了解 90°，可见粒子在磁场中转了四分之一圆周。设圆形匀强磁场区域的最小半径为 r，粒子运动的轨道半径为 R，则

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

$R=\frac{mv}{qB}=0.05\text{m}$

由图中几何关系可知

$r=\frac{\sqrt{2}}{2}R=0.036\text{m}$

圆形磁场区域的最小半径 r＝0.036m

（3）带电粒子以 $v=2.0\times10^4\text{m/s}$ 进入两金属板间，穿过电场需要的时间为

$t=\frac{l}{v}=1.0\times10^{-5}\text{s}$，正好是交变电压的半个周期。

在两极板上加上如图所示的交变电压后，设带电粒子的加速度为 a′，则

$a'=\frac{qU'}{dm}=4.0\times10^9\text{m/s}^2$

t＝0 时刻进入电场的粒子穿过电场时的偏转量为：$y=\frac{1}{2}a't^2=0.20m>d=10\text{cm}$，粒子将打在 MN 板上。

同理，t＝2.0、4.0、6.0…2.0n（n＝0、1、2、3…）时刻进入电场的粒子都将打在 MN 板上

设带电粒子在 t_1 时刻进入两极板间，恰好从 MN 板右边缘飞出，带电粒子进入电场后向下加速的时间为 $\triangle t_1$，则减速阶段的时间也是 $\triangle t_1$，如图 2 所示，由对称性可知 $d=2\times\frac{1}{2}a'\triangle t_1^2$，$\triangle t_1=0.50\times10^{-5}\text{s}$

所以 $t_1=t-\triangle t_1=(1.0-0.5)\times10^{-5}\text{s}=0.5\times10^{-5}\text{s}$

设带电粒子在 t_2 时刻进入两极板间，恰好从 PQ 板右边缘飞出。它在竖直方向的运动是先加速向下，经过 $\triangle t_2$ 时间后电场反向，粒子在竖直方向运动改为减速向下，又经过时间 $\triangle t_2$，竖直分速度减为零，然后加速向上直到从 Q 点飞出电场。粒子这一运动过程的轨迹示意图如图 3 所示，带电粒子进入电场后向下加速的时间为

$\triangle t_2$，

$y_1=2\times\frac{1}{2}a'(\triangle t_2)^2=\frac{1}{2}a'\times(t-2\triangle t_2)^2$

$\triangle t_2=(1-\frac{\sqrt{2}}{2})\times10\text{-}5\text{s}$

$t_2=t-\triangle t_2=[1.0-(1-\frac{\sqrt{2}}{2})]\times10^{-5}\text{s}=\frac{\sqrt{2}}{2}\times10^{-5}\text{s}=0.70\times10^{-5}\text{s}$

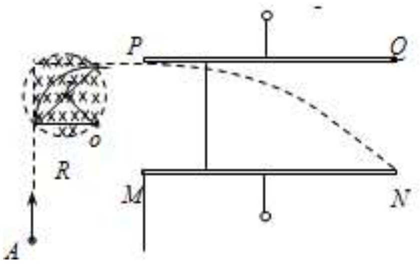
考虑到交变电流的周期性，带电粒子不碰到极板而能够飞出两板间的时刻 t 为

$(0.5+2n)\times10^{-5}\text{s}<t<(0.70+2n)\times10^{-5}\text{s}$（n＝0，1，2，3…）

答：（1）带电粒子射入电场时的速度大小为 $2.0\times10^4\text{m/s}$；

（2）圆形匀强磁场区域的最小半径为 0.036m；

（3）若两金属板间改加如图乙所示的电压，当（$0.5+2n$）$\times10^{-5}$s$<t<$（$0.70+2n$）$\times10^{-5}$s（n＝0，1，2，3…）时进入两金属板间的带电粒子不碰到极板而能够飞出两板间。



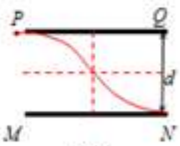


图2

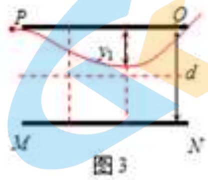


图3

【点评】本题应注意粒子的运动过程，粒子在电场中做类平抛运动，在磁场中做圆周运动，要求学生应认真审题，画出粒子运动的轨迹，彻底明白题意才能正确求解。同时还应注意题目中的几何关系的掌握。

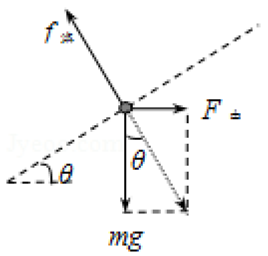
20．【分析】（1）对液滴受力分析，受重力、电场力和洛伦兹力，做直线运动；若合力与速度方向共线，变速运动，洛伦兹力变化，不能维持直线运动，矛盾，故一定是匀速直线运动，合力为零，从而根据左手定则确定粒子的电性；

（2）液滴受力平衡，根据平衡条件并运用合成法列式求解即可；

（3）电势能的减小量等于电场力做的功．

【解答】解：（1）液滴带正电

液滴受力示意图如图所示



（2）设匀强电场的电场强度为 E，由图可知

$Eq=mg\tan\theta$

故$E=\frac{mg\tan\theta}{q}$

（3）设液滴运动的速度为 v，由图可知

$mg=qvB\cos\theta$

解得

$v=\frac{mg}{qB\cos\theta}$

设 MN 之间的距离为 d，则

d＝vt= $\frac{mgt}{qBcos\theta}$

液滴从 M 点运动到 N，电场力做正功，电势能减少，设电势能减少量为△E，△E＝Eqdcosθ

解得△E＝mgtanθ$\frac{mgt}{qBcos\theta}$cosθ= $\frac{m^2g^2t\cdot tan\theta}{qB}$

答：（1）液滴带的是正电，液滴受力示意图如上图；

（2）匀强电场的场强 E 的大小为$\frac{mgtan\theta}{q}$；

（3）液滴从 M 点运动到 N 点的过程中电势能的变化量为$\frac{m^2g^2t\cdot tan\theta}{qB}$.

【点评】本题关键是结合运动情况分析受力情况，得到粒子做匀速直线运动，然后根据平衡条件并运用合成法列式求解，同时要明确电场力做的功与电势能变化的关系.

21. 【分析】（1）由动能定理可以求出粒子离开加速度电厂时的速度，由牛顿第二定律可以求出粒子在磁场中的轨道半径，然后确定粒子进入与离开磁场的距离。

（2）粒子在偏转电场中做类平抛运动，应用平抛运动规律与动能定理可以求出粒子的最大速度。

（3）求出粒子在磁场边界上的入射点和出射点间的距离表达式，然后找出增大该距离的措施。

【解答】解：（1）设经过加速电场加速后，粒子的速度为 v_0，

由动能定理得：$qU_0=\frac{1}{2}m{v_0}^2$，

解得：$v_0=\sqrt{\frac{2qU_0}{m}}=1.0\times10^5$m/s，

由于 t＝0 时刻偏转电场的场强为零，此时射入偏转电场的粒子将匀速穿过电场而以 v_0 的速度垂直磁场边界进入磁场中，

在磁场中的运动轨迹为半圆。设粒子在磁场中做匀速圆周运动的半径为 r，

由牛顿第二定律得：$qv_0B=m\frac{{v_0}^2}{r}$，解得 $r=\frac{mv_0}{qB}$，

粒子在磁场边界上的入射点和出射点间的距离 d＝2r＝0.40m；

（2）设粒子以最大偏转量离开偏转电场，即轨迹经过金属板右侧边缘处，

进入磁场时 a、b 板的电压为 U_m，则粒子进入偏转电场后，加速度 $a=\frac{qU_m}{md}$，

在水平方向 L＝v_0t，在竖直方向 $y=\frac{1}{2}at^2$，

解得$U_m=\frac{2U_0d^2}{L^2}=25v<50v$；

电压 U_m＝25V 时对应粒子进入磁场的速度最大，

设最大速度大小为 v_m，方向与 OO′的夹角为 q，

则对于粒子通过加速电场和偏转电场的过程，

由动能定理得：$qU_0+\frac{1}{2}qU_m=\frac{1}{2}mv_m$，

解得 $v_m=\sqrt{\frac{2qU_0}{m}+\frac{qU_m}{m}}=\frac{\sqrt{5}}{2}\times10^5$m/s＝$1.1\times10^5$m/s，

$\tan\theta=\frac{v_y}{v_0}=\frac{1}{2}$，即 $\theta=\arctan\frac{1}{2}$，

（或 $\cos\theta=\frac{v_0}{v_m}=\frac{2}{5}\sqrt{5}$，即 $\theta=\arccos\frac{2}{5}\sqrt{5}$）

（3）设任意时刻进入磁场的粒子，其进入磁场时速度方向与 OO′的夹角为 α，

则其速度大小 $v=\frac{v_0}{\cos\alpha}$，

粒子在磁场中做圆周运动的轨迹半径 $R=\frac{mv}{qB}=\frac{mv_0}{qB\cos\alpha}$，

由如图答－3 所示的几何关系可知，粒子在磁场边界上的入射点和出射点间的距离

$x=2R\cos\alpha=\frac{2mv_0}{qB}=\frac{2}{B}\sqrt{\frac{2mU_0}{q}}$，

所以要增大粒子在磁场边界上的入射点和出射点间的距离 x，应该减小匀强磁场的磁感应强度 B，或增大加速电压 U_0；

答：（1）t＝0 时刻射入偏转电场的粒子在磁场边界上的入射点和出射点间的距离为 0.4m。

（2）粒子进入磁场时的最大速度为 1.1×10^5m/s。

（3）增大粒子在磁场边界上的入射点和出射点间的距离 x，应该减小匀强磁场的磁感应强度 B，或增大加速电压 U_0。

【点评】应用动能定理、类平抛运动的知识、牛顿定律即可正确解题；本题难度较大，是一道难题。

22. 【分析】（1）导体棒受到重力、轨道的支持力和磁场对导体棒的安培力，安培力方向由左手定则判断，作出受力示意图。

（2）根据共点力平衡条件求解磁场对导体棒的安培力的大小；

（3）要使磁感应强度最小，则要求安培力最小，当安培力方向平行斜面向上时，安培力最小，由平衡条件和 F＝BIL 公式求解磁感应强度 B 的最小值。

【解答】解：（1）导体棒受到重力、轨道的支持力和磁场对导体棒的安培力，由左手定则判断可知，安培力方向水平向右。作出受力示意图如图答 - 2 所示。

（2）根据共点力平衡条件可知，磁场对导体棒的安培力的大小

$F=mg\tan\alpha$

（3）要使磁感应强度最小，则要求安培力最小。根据受力情况可知，最小安培力

$F_{min}=mg\sin\alpha$，方向平行于轨道斜向上

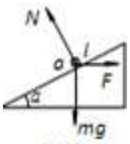
所以最小磁感应强度 $B_{min}=\frac{F_{min}}{Il}=\frac{mg\sin\alpha}{Il}$

根据左手定则可判断出，此时的磁感应强度的方向为垂直轨道平面斜向上。

答：（1）画出导体棒受力的示意图如图所示；

（2）磁场对导体棒的安培力的大小是 $mg\tan\alpha$；

（3）匀强磁场磁感应强度 B 的最小值的大小是$\frac{mg\sin\alpha}{Il}$，方向为垂直轨道平面斜向上。



图答-2

【点评】本题是通电导体在磁场中平衡的问题，分析受力情况是解答的基础，关键是判断安培力的方向。

23. 【分析】（1）电子在 AB 板间电场中加速时，电场力做正功，根据动能定理求出电子穿过小孔 O 的速度大小 v_0；

（2）电子进入磁场后由洛伦兹力提供向心力做匀速圆周运动。电子打在 P 点，运动轨迹为半圆。根据牛顿第二定律求出轨迹半径，P 点距小孔 D 的距离 x 等于直径。

（3）从 Q 点穿出时电子速度方向偏离 v_0 方向的角度为 θ，则轨迹的圆心角等于 θ，由几何关系求出轨迹半径，由根据牛顿第二定律求出电子在磁场中运动的速度，根据动能定理求出 AB 间的电压 U。

【解答】解：（1）电子在 AB 板间电场中加速时，由动能定理得：

$eU_0=\frac{1}{2}mv_0^2$ 解得 $v_0=\sqrt{\frac{2eU_0}{m}}$

（2）电子进入磁场区域做匀速圆周运动，由牛顿第二定律可得

$ev_0B=m\frac{v_0^2}{R}$

解得 $R=\frac{1}{B}\sqrt{\frac{2mU_0}{e}}$

故 $x=2R=\frac{2}{B}\sqrt{\frac{2mU_0}{e}}$。

（3）若在 A、B 两板间加上电压 U 时，电子在 AB 板间加速后穿过 B 板进入磁场区域做圆周运动，并从边界 MN 上的 Q 点穿出，由动能定理可得

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

由牛顿第二定律可得 $evB=m\frac{v^2}{r}$

由几何关系可知 $r\sin\theta=L$

综上所得 $U=\frac{eB^2L^2}{2m\sin^2\theta}$。

答：（1）当 A、B 两板间的电压为 U_0 时，电子穿过小孔 O 的速度大小 $v_0=\sqrt{\frac{2eU_0}{m}}$。

（2）P 点距小孔 D 的距离 $x=\frac{2}{B}\sqrt{\frac{2mU_0}{e}}$。

（3）AB 两板间电压 $U=\frac{eB^2L^2}{2m\sin^2\theta}$。

【点评】本题是带电粒子在组合场中运动的问题，先加速后偏转是常见的类型，难点是画出磁场中轨迹，由几何知识求半径。