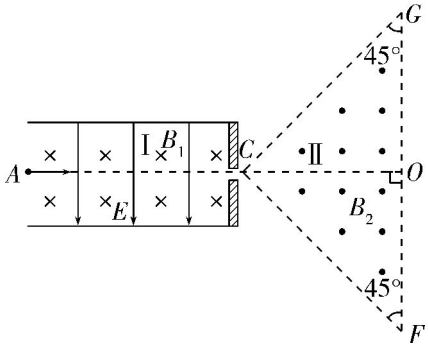
专题十　磁场

1.(2023 湖南,6,4 分)如图,真空中有区域Ⅰ和Ⅱ,区域Ⅰ中存在匀强电场和匀强磁场,电场方向竖直向下(与纸面平行),磁场方向垂直纸面向里,等腰直角三角形 CGF 区域(区域Ⅱ)内存在匀强磁场,磁场方向垂直纸面向外。图中 A、C、O 三点在同一直线上,AO 与 GF 垂直,且与电场和磁场方向均垂直。A 点处的粒子源持续将比荷一定但速率不同的粒子射入区域Ⅰ中,只有沿直线 AC 运动的粒子才能进入区域Ⅱ。若区域Ⅰ中电场强度大小为 E、磁感应强度大小为 B_1,区域Ⅱ中磁感应强度大小为 B_2,则粒子从 CF 的中点射出,它们在区域Ⅱ中运动的时间为 t_0。若改变电场或磁场强弱,能进入区域Ⅱ中的粒子在区域Ⅱ中运动的时间为 t,不计粒子的重力及粒子之间的相互作用,下列说法正确的是(　　)



A.若仅将区域Ⅰ中磁感应强度大小变为 $2B_1$,则 $t>t_0$

B.若仅将区域Ⅰ中电场强度大小变为 2E,则 $t>t_0$

C.若仅将区域Ⅱ中磁感应强度大小变为$\frac{\sqrt{3}}{4}B_2$,则 $t=\frac{t_0}{2}$

D.若仅将区域Ⅱ中磁感应强度大小变为$\frac{\sqrt{2}}{4}B_2$,则 $t=\sqrt{2}t_0$

答案:D　只有沿直线 AC 做匀速运动的粒子才能进入区域Ⅱ,设能进入区域Ⅱ的粒子的速度为 v_0,根据平衡条件得 $qv_0B_1=qE$,解得 $v_0=\frac{E}{B_1}$。若仅将区域Ⅰ中磁感应强度大小变为 $2B_1$,则只有速度大小为$\frac{v_0}{2}$的粒子才能通过 C 点进入区域Ⅱ,同理,若仅将区域Ⅰ中电场强度大小变为 2E,则只有速度大小为 $2v_0$的粒子才能通过 C 点进入区域Ⅱ,两种情况下粒子均沿 CO 射入区域Ⅱ,且均从 CF 边射出,速度的偏转角度不变,对应圆心角相同,均为 90°,故 $t=t_0$,A、B 选项错误。设粒子比荷为$\frac{q}{m}$,满足 $v_0=\frac{E}{B_1}$的粒子进入区域Ⅱ后做圆周运动的轨迹半径为 r_0,周期为 T_0,其运动轨迹如图 1 所示,

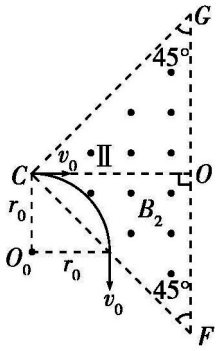


图 1

洛伦兹力提供向心力,有 $qv_0B_2=m\frac{v_0^2}{r_0}$,解得轨迹半径 $r_0=\frac{mv_0}{qB_2}$,$CF=2\sqrt{2}r_0$,$CO=2r_0$;粒子做圆周运动的运动周期 $T_0=\frac{2\pi r_0}{v_0}=\frac{2\pi m}{qB_2}$,粒子在区域 Ⅱ 中运动时间 $t_0=\frac{1}{4}T_0$。若粒子恰好从 F 点射出,则粒子在区域 Ⅱ 中运动的半径为 $2r_0$,磁感应强度需减小到$\frac{B_2}{2}$,C、D 选项中调整后的磁感应强度均小于$\frac{B_2}{2}$,故粒子必然从 GF 边界射出区域 Ⅱ ,则 C 点到出射点 D 的水平距离为定值 $2r_0$。

设粒子在区域 Ⅱ 中速度方向偏转角为 θ,轨迹半径为 r,运动周期为 T,如图 2 所示,

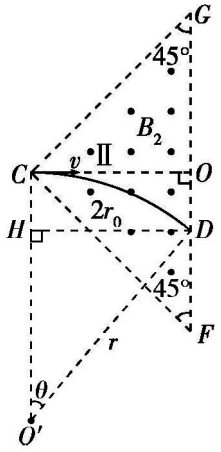
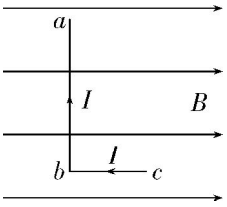


图 2

由几何关系可知 $\sin\theta=\frac{2r_0}{r}$,若仅将区域 Ⅱ 中磁感应强度大小变为$\frac{\sqrt{3}}{4}B_2$,则粒子在区域 Ⅱ 中做圆周运动的半径变为 $r=\frac{4\sqrt{3}}{3}r_0$,周期变为 $T=\frac{4\sqrt{3}}{3}T_0$,此时 $\sin\theta=\frac{2r_0}{\frac{4\sqrt{3}}{3}r_0}=\frac{\sqrt{3}}{2}$,则 θ=60°,粒子在区域 Ⅱ 中运动时间变为 $t=\frac{\theta}{360°}\cdot T=\frac{1}{6}T=\frac{2\sqrt{3}}{9}T_0=\frac{8\sqrt{3}}{9}t_0$,C 选项错误。同理,若仅将区域 Ⅱ 中磁感应强度大小变为$\frac{\sqrt{2}}{4}B_2$,则 $r=2\sqrt{2}r_0$,$T=2\sqrt{2}T_0$,$\sin\theta=\frac{2r_0}{2\sqrt{2}r_0}=\frac{\sqrt{2}}{2}$,θ=45°,粒子在区域 Ⅱ 中运动时间变为 $t=\frac{1}{8}T=\frac{1}{8}\cdot\frac{4}{\sqrt{2}}T_0=\sqrt{2}t_0$,D 选项正确。故选 D。

2.(2023 江苏,2,4 分)如图所示,匀强磁场的磁感应强度为 B。L 形导线通以恒定电流 I,放置在磁场中。已知 ab 边长为 2l,与磁场方向垂直,bc 边长为 l,与磁场方向平行。该导线受到的安培力为(　　)

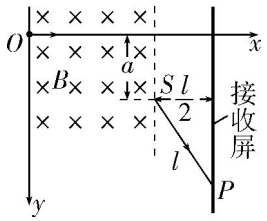


A.0　　B.BIl

C.2BIl　D.$\sqrt{5}$BIl

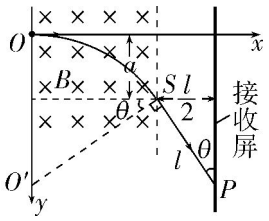
答案:C　导线 ab 边与磁场方向垂直,则其所受安培力为 2BIl,导线 bc 边与磁场方向平行,则其所受安培力为零,故该导线所受安培力为 2BIl,C 正确。

3.(2023 全国乙,18,6 分)如图,一磁感应强度大小为 B 的匀强磁场,方向垂直于纸面(xOy 平面)向里,磁场右边界与 x 轴垂直。一带电粒子由 O 点沿 x 正向入射到磁场中,在磁场另一侧的 S 点射出,粒子离开磁场后,沿直线运动打在垂直于 x 轴的接收屏上的 P 点;SP=l,S 与屏的距离为$\frac{l}{2}$,与 x 轴的距离为 a。如果保持所有条件不变,在磁场区域再加上电场强度大小为 E 的匀强电场,该粒子入射后则会沿 x 轴到达接收屏。该粒子的比荷为(　　)

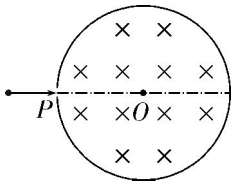


A.$\frac{E}{2aB^2}$　　B.$\frac{E}{aB^2}$　　C.$\frac{B}{2aE^2}$　　D.$\frac{B}{aE^2}$

答案:A　画出粒子在磁场中由 O 点运动到 S 点的轨迹如图所示,找出轨迹圆心 O',由几何关系可知 θ=30°,设轨迹半径为 R,则 sin θ=$\frac{R-a}{R}$,解得 R=2a,由洛伦兹力提供向心力有 qvB=m$\frac{v^2}{R}$,如果保持所有条件不变,在磁场区域再加上电场强度大小为 E 的匀强电场,该粒子入射后则会沿 x 轴到达接收屏,则粒子所受洛伦兹力与电场力平衡,有 qE=qvB,联立解得粒子的比荷$\frac{q}{m}$=$\frac{E}{2aB^2}$,A 正确。



4.(2023 全国甲,20,6 分)(多选)光滑刚性绝缘圆筒内存在着平行于轴的匀强磁场,筒上 P 点开有一个小孔,过 P 的横截面是以 O 为圆心的圆,如图所示。一带电粒子从 P 点沿 PO 射入,然后与筒壁发生碰撞。假设粒子在每次碰撞前、后瞬间,速度沿圆上碰撞点的切线方向的分量大小不变,沿法线方向的分量大小不变、方向相反;电荷量不变。不计重力。下列说法正确的是(　　)



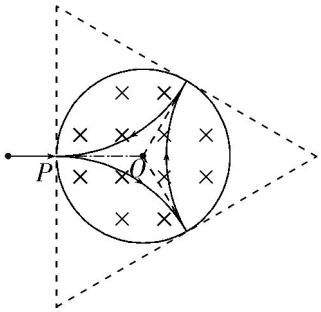
A.粒子的运动轨迹可能通过圆心 O

B.最少经 2 次碰撞,粒子就可能从小孔射出

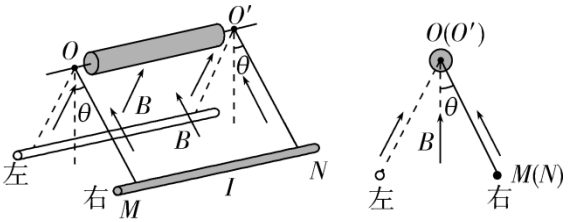
C.射入小孔时粒子的速度越大,在圆内运动时间越短

D.每次碰撞后瞬间,粒子速度方向一定平行于碰撞点与圆心 O 的连线

答案:BD　带电粒子进入磁场后做匀速圆周运动,洛伦兹力提供向心力,有 qvB=m$\frac{v^2}{r}$,T=$\frac{2\pi r}{v}$,解得运动轨迹半径 r=$\frac{mv}{qB}$,运动周期 T=$\frac{2\pi m}{qB}$。当粒子初速度方向过磁场圆心 O 时,由对称性可知,粒子与筒壁发生 n 次碰撞后必能返回入射点 P,则碰撞点(含 P 点)将筒壁等分成 n+1 份圆弧,且每次与筒壁碰撞反弹后速度方向由碰撞点指向圆心 O,但轨迹不能通过 O 点,A 选项错误,D 选项正确;若粒子与筒壁仅碰撞一次,则轨迹将圆筒平分,由对称性可知碰撞位置一定在 PO 延长线与筒壁交点位置,粒子将做直线运动,但粒子仅在洛伦兹力作用下无法做直线运动,故该粒子至少与筒壁发生 2 次碰撞(运动轨迹如图所示)才可以从小孔射出,故 B 选项正确;若粒子在筒内与筒壁碰撞,经历圆筒一周从 P 点飞出,则粒子速度越大,在筒内运动的时间越短,若粒子在筒内与筒壁碰撞,经历圆筒一周无法从 P 点飞出,则粒子速度越大,在筒内运动的时间不一定越短,C 选项错误;综上,应选 B、D。



5.(2022 湖南,3,4 分)如图(a),直导线 *MN* 被两等长且平行的绝缘轻绳悬挂于水平轴 *OO′* 上,其所在区域存在方向垂直指向 *OO* 的磁场,与 *OO* 距离相等位置的磁感应强度大小相等且不随时间变化,其截面图如图(b)所示。导线通以电流 *I*,静止后,悬绳偏离竖直方向的夹角为 *θ*。下列说法正确的是 (　　)



图(a)

图(b)

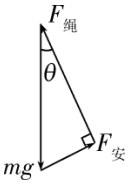
A.当导线静止在图(a)右侧位置时,导线中电流方向由 *N* 指向 *M*

B.电流 *I* 增大,静止后,导线对悬绳的拉力不变

C.tan *θ* 与电流 *I* 成正比

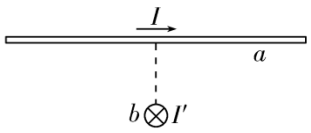
D.sin *θ* 与电流 *I* 成正比

答案　D　由左手定则可知,当直导线静止在右侧时,电流方向为由 *M* 到 *N*,选项 A 错误;当直导线 *MN* 在右侧时,对直导线 *MN* 受力分析,得到力的矢量三角形如图,sin $\theta=\frac{F_{安}}{mg}=\frac{BIL}{mg}$,$F_{绳}=mg\cos\theta$,*B*、*L*、*mg* 为定值,所以 sin *θ* 与电流 *I* 成正比,则电流 *I* 增大,*θ* 也增大,悬绳中的拉力 $F_{绳}$ 会随着 *θ* 的增大而减小,所以选项 B、C 错误,选项 D 正确。



易错警示　本题中安培力的方向垂直于悬绳,分析时容易错画为水平方向。

6.(2022 江苏,3,4 分)如图所示,两根固定的通电长直导线 a、b 相互垂直,a 平行于纸面,电流方向向右,b 垂直于纸面,电流方向向里。则导线 a 所受安培力方向 (　　)



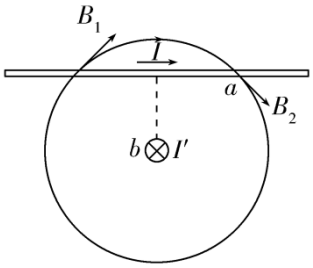
A.平行于纸面向上

B.平行于纸面向下

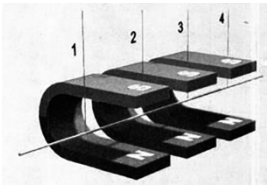
C.左半部分垂直纸面向外,右半部分垂直纸面向里

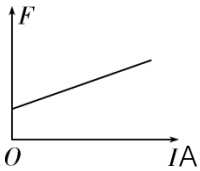
D.左半部分垂直纸面向里,右半部分垂直纸面向外

答案　C　由安培定则判定导线 b 中电流产生的磁场方向如图所示,由左手定则可判定导线 a 所受安培力方向如 C 选项所述,故选 C。

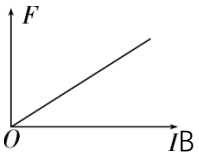


7.(2022 浙江 1 月选考,3,3 分)利用如图所示装置探究匀强磁场中影响通电导线受力的因素,导线垂直匀强磁场方向放置。先保持导线通电部分的长度 L 不变,改变电流 I 的大小,然后保持电流 I 不变,改变导线通电部分的长度 L,得到导线受到的力 F 分别与 I 和 L 的关系图像,则正确的是 (　　)

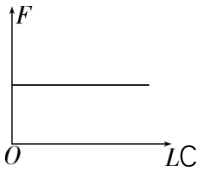




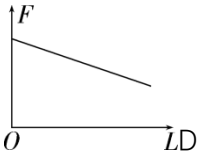
A



B



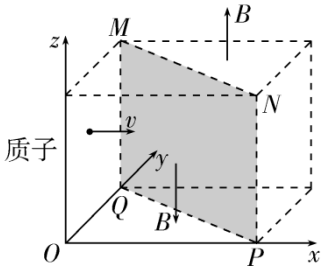
C

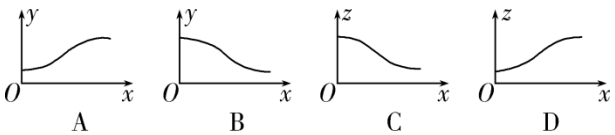


D

答案　B　由安培力 $F=BIL$ 可知,当 L 不变时,$F\propto I$;当 I 不变时,$F\propto L$,则对应图线均为过原点的倾斜直线,故 B 正确,A、C、D 错误。

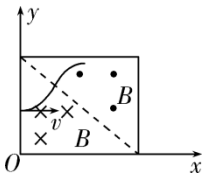
8.(2022 广东,7,4 分)如图所示,一个立方体空间被对角平面 $MNPQ$ 划分成两个区域,两区域分布有磁感应强度大小相等、方向相反且与 z 轴平行的匀强磁场。一质子以某一速度从立方体左侧垂直 Oyz 平面进入磁场,并穿过两个磁场区域。下列关于质子运动轨迹在不同坐标平面的投影中,可能正确的是(　　)



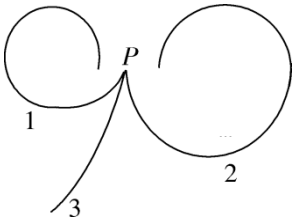


A　B　C　D

答案　A　分析在 xOy 平面内的投影即俯视图,由左手定则可知质子所形成的轨迹如图所示,选项 A 正确,B 错误。而该轨迹在 xOz 平面上的投影应为平行于 x 轴的直线,故 C、D 项错误。



9.(2022 北京,7,3 分)正电子是电子的反粒子,与电子质量相同、带等量正电荷。在云室中有垂直于纸面的匀强磁场,从 P 点发出两个电子和一个正电子,三个粒子运动轨迹如图中 1、2、3 所示。下列说法正确的是 (　　)



A.磁场方向垂直于纸面向里

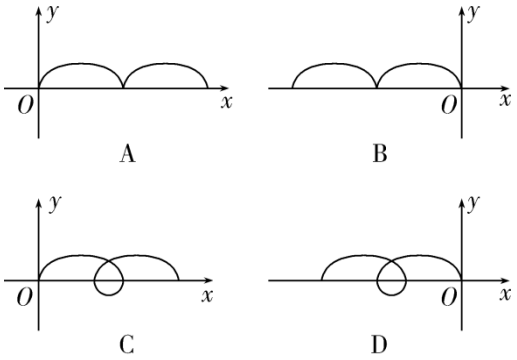
B.轨迹 1 对应的粒子运动速度越来越大

C.轨迹 2 对应的粒子初速度比轨迹 3 的大

D.轨迹 3 对应的粒子是正电子

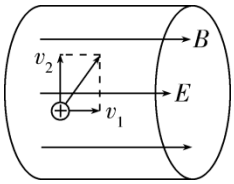
答案　A　由题意和轨迹图可知,轨迹 1、3 的弯曲方向均偏左,故为电子的轨迹,轨迹 2 对应的粒子是正电子,故 D 错;由左手定则知,磁场方向垂直纸面向里,A 正确;轨迹 3 的半径比轨迹 2 的大,由 $Bqv=\frac{mv^2}{r}$ 得 $r=\frac{mv}{qB}$,故知轨迹 3 对应的粒子初速度大,C 错;轨迹 1 的半径在逐渐减小,说明轨迹 1 对应的粒子速度在逐渐减小,B 错。

10.(2022 全国甲,18,6 分)空间存在着匀强磁场和匀强电场,磁场的方向垂直于纸面(xOy 平面)向里,电场的方向沿 y 轴正方向。一带正电的粒子在电场和磁场的作用下,从坐标原点 O 由静止开始运动。下列四幅图中,可能正确描述该粒子运动轨迹的是 (　　)



答案　B　带正电粒子从原点 O 由静止释放,在电场力作用下,获得向上的速度后,会受到向左的洛伦兹力,故粒子向左侧偏转,排除 A、C 选项;当粒子再回到 x 轴时,电场力整体做功为零,洛伦兹力始终不做功,故此时速度为零,以后会重复原来的运动,不可能运动到 x 轴下方,故 B 正确,D 错误。

11.(2022 重庆,5,4 分)2021 年中国全超导托卡马克核聚变实验装置创造了新的纪录。为粗略了解等离子体在托卡马克环形真空室内的运动状况,某同学将一小段真空室内的电场和磁场理想化为方向均水平向右的匀强电场和匀强磁场(如图),电场强度大小为 E,磁感应强度大小为 B。若某电荷量为 q 的正离子在此电场和磁场中运动,其速度平行于磁场方向的分量大小为 v_1,垂直于磁场方向的分量大小为 v_2,不计离子重力,则 (　　)



A.电场力的瞬时功率为 $qE\sqrt{v_1^2+v_2^2}$

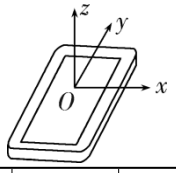
B.该离子受到的洛伦兹力大小为 qv_1B

C.v_2 与 v_1 的比值不断变大

D.该离子的加速度大小不变

答案　D　由题意可知,离子在平行于场方向上做匀加速直线运动、在垂直于场的方向上做匀速圆周运动,离子在沿场方向上的加速度不变、垂直于场方向上的向心加速度大小也不变且二者始终相互垂直,故该离子的加速度大小不变,D 正确。由 $P=Fv\cos\alpha$ 可知,电场力的瞬时功率 $P=qEv_1$,A 错误。在洛伦兹力公式 $F_{洛}=Bqv$ 中 v 是沿垂直磁场方向上的速度大小,故该离子受到的洛伦兹力大小为 $F_{洛}=Bqv_2$,B 错误。由于 v_2 不变、v_1 增大,故 v_2 与 v_1 的比值不断减小,C 错误。

12.(2022 全国乙,18,6 分)(多选)安装适当的软件后,利用智能手机中的磁传感器可以测量磁感应强度 B。如图,在手机上建立直角坐标系,手机显示屏所在平面为 xOy 面。某同学在某地对地磁场进行了四次测量,每次测量时 y 轴指向不同方向而 z 轴正向保持竖直向上。根据表中测量结果可推知 (　　)



测量序号	B_x/μT	B_y/μT	B_z/μT
1	0	21	-45
2	0	-20	-46
3	21	0	-45
4	-21	0	-45

A.测量地点位于南半球

B.当地的地磁场大小约为 50 μT

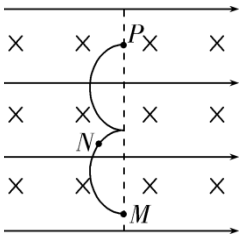
C.第 2 次测量时 y 轴正向指向南方

D.第 3 次测量时 y 轴正向指向东方

答案　BC　依题意,z 轴正向保持竖直向上,测量结果表明 z 轴方向的磁感应强度为负,即测量地点的磁感应强度的竖直分量是向下的,说明测量地点位于北半球,A 错误;每次测量

得到的地磁场的两个分量互相垂直,任选一组数据根据平行四边形定则可以求出当地的地磁场磁感应强度大小约为 50 μT,B 正确;在北半球,地磁场的水平分量是由南向北的,第 2 次测量时得到的水平分量即 B_y 是负值,说明 y 轴正向与地磁场的水平分量方向相反,即指向南方,C 正确;第 3 次测量时 B_y 为零,说明 y 轴沿东西方向,又因 B_x 为正,即 x 轴正向指北方,则 y 轴正向指向西方,D 错误。

13.(2022 广东,8,6 分)(多选)如图所示,磁控管内局部区域分布有水平向右的匀强电场和垂直纸面向里的匀强磁场。电子从 M 点由静止释放,沿图中所示轨迹依次经过 N、P 两点。已知 M、P 在同一等势面上,下列说法正确的有 (　　)



A.电子从 N 到 P,电场力做正功

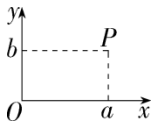
B.N 点的电势高于 P 点的电势

C.电子从 M 到 N,洛伦兹力不做功

D.电子在 M 点所受的合力大于在 P 点所受的合力

答案　BC　电子所受电场力方向向左,且电场力做功只与电子初末位置有关而与运动路径无关,故从 N 到 P 电场力对电子做负功,A 错误;沿电场线方向电势降低,故 B 正确;洛伦兹力方向一定始终和速度方向垂直,故洛伦兹力不做功,C 正确;电子从 M 到 P,因为 $\varphi_M=\varphi_P$,由 $W_{MP}=qU_{MP}$ 可知,$W_{MP}=0$,结合动能定理可知电子在 P 点时的速度等于零,故电子在 M、P 两点均只受电场力,所受合力大小相等,故 D 错误。

14.(2022 湖北,10,4 分)(多选)如图所示,一带电粒子以初速度 v_0 沿 x 轴正方向从坐标原点 O 射入,并经过点 $P(a>0,b>0)$。若上述过程仅由方向平行于 y 轴的匀强电场实现,粒子从 O 到 P 运动的时间为 t_1,到达 P 点的动能为 E_{k1}。若上述过程仅由方向垂直于纸面的匀强磁场实现,粒子从 O 到 P 运动的时间为 t_2,到达 P 点的动能为 E_{k2}。下列关系式正确的是(　　)

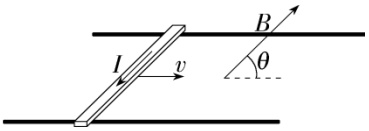


A.$t_1<t_2$　　B.$t_1>t_2$

C.$E_{k1}<E_{k2}$　　D.$E_{k1}>E_{k2}$

答案　AD　若是电场,粒子做类平抛运动,沿 x 轴方向以初速度 v_0 匀速运动,$t_1=\frac{a}{v_0}$,再由动能定理可知 $E_{k1}=E_{k0}+qEb>E_{k0}$。若是磁场,粒子做匀速圆周运动,在 x 轴方向上的分速度由 v_0 逐渐减小,平均速度必小于 v_0,则 $t_2=\frac{a}{\overline{v}}>\frac{a}{v_0}$,由于洛伦兹力不做功,故 $E_{k2}=E_{k0}$,A、D 正确,B、C 错误。

15.(2022 湖北,11,4 分)(多选)如图所示,两平行导轨在同一水平面内。一导体棒垂直放在导轨上,棒与导轨间的动摩擦因数恒定。整个装置置于匀强磁场中,磁感应强度大小恒定,方向与金属棒垂直、与水平向右方向的夹角 θ 可调。导体棒沿导轨向右运动,现给导体棒通以图示方向的恒定电流,适当调整磁场方向,可以使导体棒沿导轨做匀加速运动或匀减速运动。已知导体棒加速时,加速度的最大值为$\frac{\sqrt{3}}{3}g$,减速时,加速度的最大值为$\sqrt{3}g$,其中 g 为重力加速度大小。下列说法正确的是(　　)



A.棒与导轨间的动摩擦因数为$\frac{\sqrt{3}}{6}$

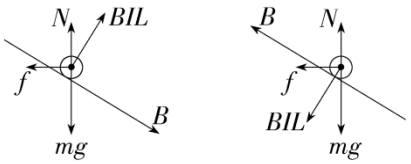
B.棒与导轨间的动摩擦因数为$\frac{\sqrt{3}}{3}$

C.加速阶段加速度大小最大时,磁场方向斜向下,$\theta=60°$

D.减速阶段加速度大小最大时,磁场方向斜向上,θ=150°

答案　BC　当导体棒加速运动时受力如图甲,由 $BIL\sin\theta-\mu(mg-BIL\cos\theta)=ma$,可得 $a=\frac{BIL\sin\theta+\mu BIL\cos\theta}{m}-\mu g=\frac{BIL}{m}\sqrt{1+\mu^2}\sin(\theta+\varphi)-\mu g$,其中 $\tan\varphi=\mu$,可见当 $\theta+\varphi=90°$ 时,加速度取得最大值为 $\frac{BIL}{m}\sqrt{1+\mu^2}-\mu g=\frac{\sqrt{3}}{3}g$,

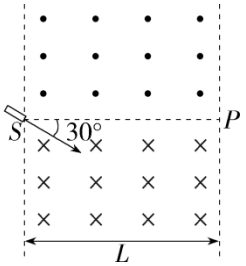
当导体棒减速运动时受力如图乙,由 $BIL\sin\alpha+\mu(mg+BIL\cos\alpha)=ma$,其中 $\alpha=180°-\theta$,可得 $a=\frac{BIL\sin\alpha+\mu BIL\cos\alpha}{m}+\mu g=\frac{BIL}{m}\sqrt{1+\mu^2}\sin(\alpha+\varphi)+\mu g$,其中 $\tan\varphi=\mu$,可见当 $\alpha+\varphi=90°$ 时,加速度取得最大值为 $\frac{BIL}{m}\sqrt{1+\mu^2}+\mu g=\sqrt{3}g$,可得 $\mu=\frac{\sqrt{3}}{3}$,则 $\varphi=30°$,故当导体棒加速阶段加速度大小最大时 $\theta=60°$,当导体棒减速阶段加速度大小最大时 $\theta=120°$,A、D 错误,B、C 正确。



甲

乙

16.(2022 湖北,8,4 分)(多选)在如图所示的平面内,分界线 SP 将宽度为 L 的矩形区域分成两部分,一部分充满方向垂直于纸面向外的匀强磁场,另一部分充满方向垂直于纸面向里的匀强磁场,磁感应强度大小均为 B,SP 与磁场左右边界垂直。离子源从 S 处射入速度大小不同的正离子,离子入射方向与磁场方向垂直且与 SP 成 30°角。已知离子比荷为 k,不计重力。若离子从 P 点射出,设出射方向与入射方向的夹角为 θ,则离子的入射速度和对应 θ 角的可能组合为 (　　)

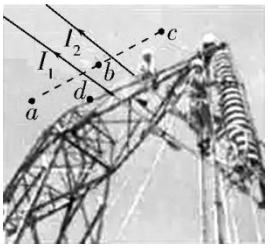


A.$\frac{1}{3}kBL$,0°　　B.$\frac{1}{2}kBL$,0°

C.kBL,60°　　D.$2kBL$,60°

答案　BC　通过作图可以得到规律,当$(2n+1)R=L(n=0,1,2,3,\cdots)$时,$\theta=60°$,结合$Bqv=m\frac{v^2}{R}$,得此时速度$v=\frac{kBL}{2n+1}(n=0,1,2,3,\cdots)$,故C正确,D错误;当$2nR=L(n=0,1,2,3,\cdots)$时$\theta=0°$,此时$v=\frac{kBL}{2n}(n=1,2,3,\cdots)$,故B正确,A错误。

17.(2020浙江7月选考,9,3分)特高压直流输电是国家重点能源工程。如图所示,两根等高、相互平行的水平长直导线分别通有方向相同的电流I_1和I_2,$I_1>I_2$。a、b、c三点连线与两根导线等高并垂直,b点位于两根导线间的中点,a、c两点与b点距离相等,d点位于b点正下方。不考虑地磁场的影响,则(　　)



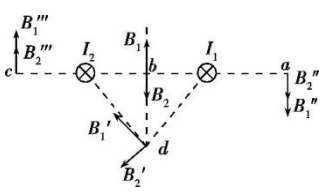
A.b点处的磁感应强度大小为0

B.d点处的磁感应强度大小为0

C.a点处的磁感应强度方向竖直向下

D.c点处的磁感应强度方向竖直向下

答案　C　把实际情境转化为如图所示的结构示意图。根据安培定则可知两通电导线在b点产生的磁场方向,根据电流在周围产生磁场的特点,可知$B_1>B_2$,A错误;根据安培定则及电流在周围产生磁场的特点,可画出d点处的磁感应强度为B_1'和B_2',如图所示,由平行四边形定则可知合磁感应强度不为0,B错误;同理,两通电导线在a点产生磁场的磁感应强度为B_1''和B_2'',如图所示,故a点的合磁感应强度方向竖



直向下,C 正确;两通电导线在 c 点产生磁场的磁感应强度为 B_1'''和 B_2''',如图所示,故 c 点的合磁感应强度方向竖直向上,D 错误。

18.(2015 课标Ⅱ,18,6 分)(多选)指南针是我国古代四大发明之一。关于指南针,下列说法正确的是(　　)

A.指南针可以仅具有一个磁极

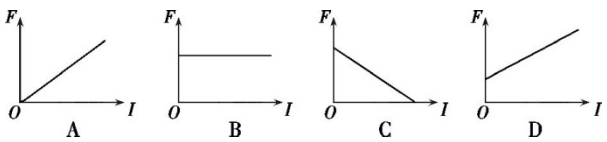
B.指南针能够指向南北,说明地球具有磁场

C.指南针的指向会受到附近铁块的干扰

D.在指南针正上方附近沿指针方向放置一直导线,导线通电时指南针不偏转

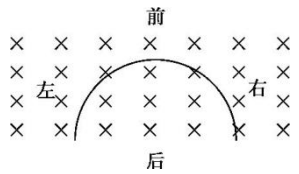
答案　BC　任何磁体均具有两个磁极,故 A 错。指南针之所以能指向南北,是因为指南针的两个磁极受到磁场力的作用,这说明地球具有磁场,即 B 正确。放在指南针附近的铁块被磁化后,反过来会影响指南针的指向,即 C 正确。通电直导线产生的磁场对其正下方的指南针有磁场力的作用,会使指南针发生偏转,故 D 错。

19.(2019 浙江 4 月选考,5,3 分)在磁场中的同一位置放置一条直导线,导线的方向与磁场方向垂直,则下列描述导线受到的安培力 F 的大小与通过导线的电流的关系图像正确的是(　　)



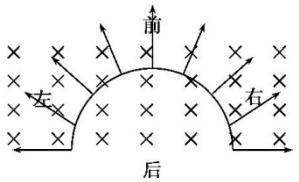
答案　A　当导线的方向与磁场方向垂直时所受的安培力 F=BIL,则描述导线受到的安培力 F 的大小与通过导线的电流 I 的关系图像正确的是 A。

20.(2019 海南单科,2,4 分)如图,一段半圆形粗铜线固定在绝缘水平桌面(纸面)上,铜线所在空间有一匀强磁场,磁场方向竖直向下。当铜线通有顺时针方向电流时,铜线所受安培力的方向(　　)

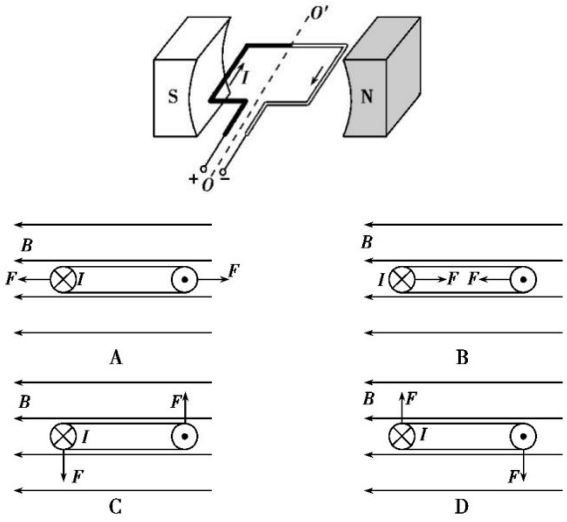


A.向前　　B.向后　　C.向左　　D.向右

答案　A　利用左手定则判断导线受到的安培力方向,四指指向电流的方向,磁感线穿过手心,大拇指的指向为该段导线受到的安培力方向。半圆形铜线受到的安培力如图所示,左右对称,故左右方向的分量全部抵消,合力向前,A 符合题意。



21.(2018 浙江 4 月选考,7,3 分)处于磁场 B 中的矩形金属线框可绕轴 OO'转动,当线框中通以电流 I 时,如图所示,此时线框左右两边受安培力 F 的方向正确的是(　　)



答案　D　由左手定则可知,线框左边导线受到竖直向上的安培力、右边导线受到竖直向下的安培力,故 D 正确。

22.(2014 课标Ⅰ,15,6 分)关于通电直导线在匀强磁场中所受的安培力,下列说法正确的是(　　)

A.安培力的方向可以不垂直于直导线

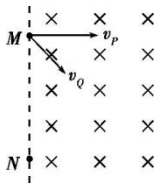
B.安培力的方向总是垂直于磁场的方向

C.安培力的大小与通电直导线和磁场方向的夹角无关

D.将直导线从中点折成直角,安培力的大小一定变为原来的一半

答案　B　由左手定则可知,安培力的方向一定与磁场方向和直导线垂直,选项 A 错、B 正确;安培力的大小 $F=BIL\sin\theta$ 与直导线和磁场方向的夹角有关,选项 C 错误;将直导线从中点折成直角,假设原来直导线与磁场方向垂直,若折成直角后一段与磁场仍垂直,另一段与磁场平行,则安培力的大小变为原来的一半,若折成直角后,两段都与磁场垂直,则安培力的大小变为原来的$\frac{\sqrt{2}}{2}$,因此安培力大小不一定是原来的一半,选项 D 错误。

23.(2019 海南单科,9,5 分)(多选)如图,虚线 MN 的右侧有方向垂直于纸面向里的匀强磁场,两电荷量相同的粒子 P、Q 从磁场边界的 M 点先后射入磁场,在纸面内运动。射入磁场时,P 的速度 v_P 垂直于磁场边界,Q 的速度 v_Q 与磁场边界的夹角为 45°。已知两粒子均从 N 点射出磁场,且在磁场中运动的时间相同,则(　　)



A.P 和 Q 的质量之比为 1∶2

B.P 和 Q 的质量之比为$\sqrt{2}$∶1

C.P 和 Q 速度大小之比为$\sqrt{2}$∶1

D.P 和 Q 速度大小之比为 2∶1

答案　AC　粒子在磁场中运动时的周期 T=$\frac{2\pi m}{Bq}$,且偏转角 θ 与运动时间的关系为$\frac{\theta}{2\pi}=\frac{t}{T}$,已知 $t_P=t_Q$,$q_P=q_Q$,由粒子运动轨迹可知 $\theta_P=\pi$,$\theta_Q=\frac{\pi}{2}$,解得$\frac{m_P}{m_Q}=\frac{\theta_Q}{\theta_P}=\frac{1}{2}$,故 A 正确,B 错误。设 MN=2R,则粒子 P 的半径 $R_P=R$,粒子 Q 的半径 $R_Q=\sqrt{2}R$,依据 r=$\frac{mv}{Bq}$,得$\frac{v_P}{v_Q}=\frac{\sqrt{2}}{1}$,故 C 正确,D 错误。

24.(2015 课标Ⅰ,14,6 分)两相邻匀强磁场区域的磁感应强度大小不同、方向平行。一速度方向与磁感应强度方向垂直的带电粒子(不计重力),从较强磁场区域进入到较弱磁场区域后,粒子的(　　)

A.轨道半径减小,角速度增大

B.轨道半径减小,角速度减小

C.轨道半径增大,角速度增大

D.轨道半径增大,角速度减小

答案　D　因洛伦兹力不做功,故带电粒子从较强磁场区域进入到较弱的磁场区域后,其速度大小不变,由 r=$\frac{mv}{qB}$知,轨道半径增大;由角速度 ω=$\frac{v}{r}$知,角速度减小,选项 D 正确。

解题关键　①轨道半径表达式:r=$\frac{mv}{qB}$。

②角速度表达式:ω=$\frac{v}{r}$。

25.(2015 课标Ⅱ,19,6 分)(多选)有两个匀强磁场区域Ⅰ和Ⅱ,Ⅰ中的磁感应强度是Ⅱ中的 k 倍。两个速率相同的电子分别在两磁场区域做圆周运动。与Ⅰ中运动的电子相比,Ⅱ中的电子　(　　)

A.运动轨迹的半径是Ⅰ中的 k 倍

B.加速度的大小是Ⅰ中的 k 倍

C.做圆周运动的周期是Ⅰ中的 k 倍

D.做圆周运动的角速度与Ⅰ中的相等

答案　AC　由题意可知,$v_1=v_2$,$B_1=kB_2$。电子运动的轨迹半径 $R=\frac{mv}{Be}\propto\frac{1}{B}$,故 $R_2=kR_1$,A 正确。加速度大小 $a=\frac{Bev}{m}\propto B$,故 $a_2=a_1/k$,B 错。周期 $T=\frac{2\pi m}{Be}\propto\frac{1}{B}$,故 $T_2=kT_1$,C 正确。角速度 $\omega=\frac{2\pi}{T}=\frac{Be}{m}\propto B$,故 $\omega_2=\omega_1/k$,D 错。

解题方法　比值类题目的一般解题原则。首先由相应物理定理、定律及对应关系,找出由已知量所表达的未知量的表达式,然后将相关数据代入即可求出相应关系。

26.(2015 广东理综,16,4 分)在同一匀强磁场中,α 粒子($^4_2$He)和质子($^1_1$H)做匀速圆周运动,若它们的动量大小相等,则 α 粒子和质子(　　)

A.运动半径之比是 2∶1

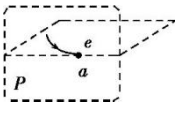
B.运动周期之比是 2∶1

C.运动速度大小之比是 4∶1

D.受到的洛伦兹力之比是 2∶1

答案　B　设质子与 α 粒子的质量、电荷量分别为 m、e 与 4m、2e,则由 $r=\frac{mv}{qB}=\frac{p}{qB}$,可知 $\frac{r_\alpha}{r_H}=\frac{1}{2}$,A 错误;由 $T=\frac{2\pi m}{qB}$,知 $\frac{T_\alpha}{T_H}=\frac{2}{1}$,B 正确;由 p=mv,知 $\frac{v_\alpha}{v_H}=\frac{1}{4}$,C 错误;由 f=Bqv,知 $\frac{f_\alpha}{f_H}=\frac{1}{2}$,D 错误。

27.(2015 海南单科,1,3 分)如图,a 是竖直平面 P 上的一点。P 前有一条形磁铁垂直于 P,且 S 极朝向 a 点。P 后一电子在偏转线圈和条形磁铁的磁场的共同作用下,在水平面内向右弯曲经过 a 点。在电子经过 a 点的瞬间,条形磁铁的磁场对该电子的作用力的方向(　　)

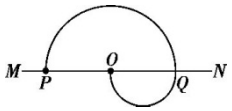


A.向上　　B.向下

C.向左　　D.向右

答案　A　P 前有一条形磁铁垂直于 P,且 S 极朝向 a 点,条形磁铁在 a 点的磁场垂直于竖直平面向外,在电子经过 a 点的瞬间,由左手定则可知该电子所受洛伦兹力方向向上,A 对,B、C、D 错。

28.(2014 课标Ⅰ,16,6 分)如图,MN 为铝质薄平板,铝板上方和下方分别有垂直于图平面的匀强磁场(未画出)。一带电粒子从紧贴铝板上表面的 P 点垂直于铝板向上射出,从 Q 点穿越铝板后到达 PQ 的中点 O,已知粒子穿越铝板时,其动能损失一半,速度方向和电荷量不变,不计重力。铝板上方和下方的磁感应强度大小之比为(　　)



A.2　　B.$\sqrt{2}$　　C.1　　D.$\frac{\sqrt{2}}{2}$

答案　D　由题图可知,带电粒子在铝板上方的轨迹半径为下方轨迹半径的 2 倍;由洛仑兹力提供向心力:qvB=$\frac{mv^2}{R}$得 v=$\frac{qBR}{m}$;其动能 E_k=$\frac{1}{2}$mv^2=$\frac{q^2B^2R^2}{2m}$,故磁感应强度 B=$\sqrt{\frac{2mE_k}{q^2R^2}}$,$\frac{B_1}{B_2}$=$\sqrt{\frac{E_{k1}}{E_{k2}}}$·$\frac{R_2}{R_1}$=$\frac{\sqrt{2}}{2}$,选项 D 正确。

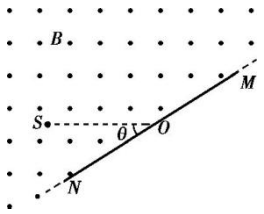
29.(2014 安徽理综,18,6 分)“人造小太阳”托卡马克装置使用强磁场约束高温等离子体,使其中的带电粒子被尽可能限制在装置内部,而不与装置器壁碰撞。已知等离子体中带电粒子的平均动能与等离子体的温度 T 成正比,为约束更高温度的等离子体,则需要更强的磁场,以使带电粒子在磁场中的运动半径不变。由此可判断所需的磁感应强度 B 正比于(　　)

A.$\sqrt{T}$　　B.T

C.$\sqrt{T^3}$　　D.T^2

答案　A　等离子体在磁场中受到的洛伦兹力提供向心力,有:$qvB=\frac{mv^2}{R}$,得 $v=\frac{BqR}{m}$，动能 $E_k=\frac{1}{2}mv^2=\frac{1}{2}\frac{B^2q^2R^2}{m}$，由题意得 $E_k=kT$，故有:$kT=\frac{B^2q^2R^2}{2m}$，得 $B=\sqrt{\frac{2km}{q^2R^2}}\mathrm{T}$，即 $B\propto\sqrt{T}$,选项 A 正确。

30.(2015 四川理综,7,6 分)(多选)如图所示,S 处有一电子源,可向纸面内任意方向发射电子,平板 MN 垂直于纸面。在纸面内的长度 L=9.1cm,中点 O 与 S 间的距离 d=4.55cm,MN 与 SO 直线的夹角为 θ,板所在平面有电子源的一侧区域有方向垂直于纸面向外的匀强磁场,磁感应强度 $B=2.0\times10^{-4}$T。电子质量 $m=9.1\times10^{-31}$kg,电荷量 $e=-1.6\times10^{-19}$C,不计电子重力。电子源发射速度 $v=1.6\times10^{6}$m/s 的一个电子,该电子打在板上可能位置的区域的长度为 l,则(　　)



A.θ=90°时,l=9.1cm　　B.θ=60°时,l=9.1cm

C.θ=45°时,l=4.55cm　　D.θ=30°时,l=4.55cm

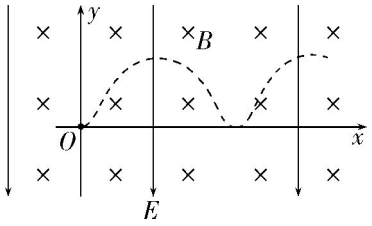
答案　AD　如图,S 到 MN 的距离 $d_0=d\sin\theta$,因电子在磁场中沿逆时针方向转动,则电子打在 MN 上最上端的位置对应于电子运动轨迹与 MN 的切点,电子打在 MN 上最下端的位置对应于到 S 的距离等于电子运动轨迹直径的点(若$\overline{OD}>\frac{1}{2}\overline{MN}$,则最下端位置为 N)。因电子运动轨迹的半径 $r=\frac{mv}{|e|B}=4.55\mathrm{cm}$。由图中几何关系有$\overline{O'C}=\sqrt{r^2-(r-d_0)^2}$,$\overline{O'D}=\sqrt{(2r)^2-d_0^2}$。当 θ=90°时,$\overline{O'D}$取得最小值$\sqrt{3}r$,此时$\overline{OD}=\overline{O'D}>\frac{L}{2}$,从而有 $l=\overline{NC}=\overline{ON}+\overline{O'C}-d\cos\theta=\frac{L}{2}+\sqrt{r^2-(r-d_0)^2}-d\cos\theta$。当 θ=90°时,l=9.1cm,当 θ=60°时,l=6.78cm,当 θ=45°时,l=5.68cm,当 θ=30°时,l=4.55cm。故可知 A、D 正确,B、C 错误。

31.(2023 江苏,16,15 分)霍尔推进器某局部区域可抽象成如图所示的模型。Oxy 平面内存在竖直向下的匀强电场和垂直坐标平面向里的匀强磁场,磁感应强度为 B。质量为 m、电荷量为 e 的电子从 O 点沿 x 轴正方向水平入射。入射速度为 v_0 时,电子沿 x 轴做直线运动;入射速度小于 v_0 时,电子的运动轨迹如图中的虚线所示,且在最高点与在最低点所受的合力大小相等。不计重力及电子间相互作用。

(1)求电场强度的大小 E;

(2)若电子入射速度为 $\frac{v_0}{4}$,求运动到速度为 $\frac{v_0}{2}$ 时位置的纵坐标 y_1;

(3)若电子入射速度在 $0<v<v_0$ 范围内均匀分布,求能到达纵坐标 $y_2=\frac{mv_0}{5eB}$ 位置的电子数 N 占总电子数 N_0 的百分比。



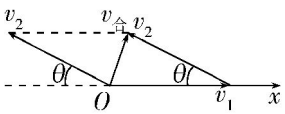
答案 (1)v_0B (2)$\frac{3mv_0}{32eB}$ (3)90%

解析 (1)当电子的入射速度为 v_0 时,电子沿 x 轴做直线运动,则电场力与洛伦兹力平衡,有 $eE=ev_0B$,解得电场强度的大小 $E=v_0B$。

(2)解法一:

若电子沿 x 轴正方向的入射速度为 $\frac{v_0}{4}$,利用运动的分解,可将初速度 $\frac{v_0}{4}$ 分解为一个沿 x 轴正方向的速度(大小 $v_1=v_0$)和一个沿 x 轴负方向的速度$\left(\text{大小}v_2=\frac{3}{4}v_0\right)$,由 v_1 产生的洛伦兹力 ev_0B 与电场力 eE 平衡,得到电子的一个分运动为速度为 v_0 的匀速直线运动,另一个分运动为速率为 $\frac{3}{4}v_0$ 的匀速圆周运动。

设 v_2 的方向与 x 轴负方向的夹角为 θ(如图所示)时,v_1 与 v_2 的合速度大小为 $\frac{v_0}{2}$,由余弦定理得 $\cos\theta=\frac{v_2^2+v_1^2-\left(\frac{v_0}{2}\right)^2}{2v_1v_2}$



解得 $\cos\theta=\frac{7}{8}$

设以 $v_2=\frac{3}{4}v_0$ 做匀速圆周运动的轨迹半径为 R,则 $ev_2B=m\frac{v_2^2}{R}$,运动速度为 $\frac{v_0}{2}$ 时的纵坐标 $y_1=R(1-\cos\theta)$,联立解得 $y_1=\frac{3mv_0}{32eB}$。

解法二:

由题意可知,整个过程洛伦兹力不做功,电场力做正功,由动能定理可知,

$eEy_1=\frac{1}{2}m\left(\frac{v_0}{2}\right)^2-\frac{1}{2}m\left(\frac{v_0}{4}\right)^2$,解得 $y_1=\frac{3mv_0}{32eB}$

(3)设能到达纵坐标 $y_2=\frac{mv_0}{5eB}$ 位置的电子做匀速圆周运动的分速度为 v_2',半径为 R',则 $y_2\leq 2R'$

洛伦兹力提供电子做圆周运动的向心力,$ev_2'B=m\frac{v_2'^2}{R}$

解得 $v_2'\geq\frac{v_0}{10}$

则电子入射速度 $v=v_0-v_2'$

即 $v\leq\frac{9}{10}v_0$

由题意可知电子入射速度在 $0<v<v_0$ 范围内均匀分布,能到达纵坐标 $y_2=\frac{mv_0}{5eB}$ 位置的电子数 N 占总电子数 N_0 的百分比 $\eta=\frac{\frac{9}{10}v_0}{v_0}\times100\%=90\%$。

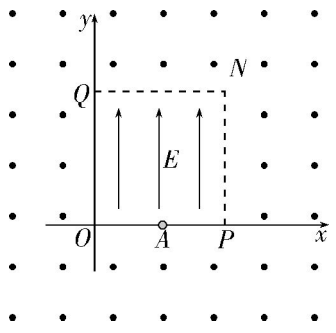
32.(2023 山东,17,14 分)如图所示,在 $0\leq x\leq 2d$,$0\leq y\leq 2d$ 的区域中,存在沿 y 轴正方向、场强大小为 E 的匀强电场,电场的周围分布着垂直纸面向外的恒定匀强磁场。一个质量为 m,电荷量为 q 的带正电粒子从 OP 中点 A 进入电场(不计粒子重力)。

(1)若粒子初速度为零,粒子从上边界垂直 QN 第二次离开电场后,垂直 NP 再次进入电场,求磁场的磁感应强度 B 的大小;

(2)若改变电场强度大小,粒子以一定的初速度从 A 点沿 y 轴正方向第一次进入电场,离开电场后从 P 点第二次进入电场,在电场的作用下从 Q 点离开。

(ⅰ)求改变后电场强度 E'的大小和粒子的初速度 v_0;

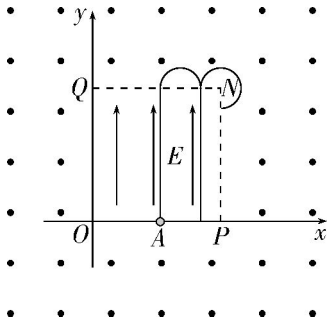
(ⅱ)通过计算判断粒子能否从 P 点第三次进入电场。



答案 (1)$6\sqrt{\frac{mE}{qd}}$ (2)(ⅰ)36E $9\sqrt{\frac{qEd}{m}}$

(ⅱ)见解析

解析 (1)由题意分析,带电粒子运动轨迹如图所示



易知 d=3R①

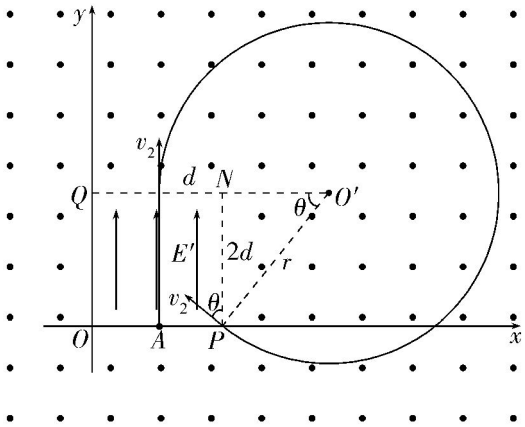
设带电粒子以速度 v_1 进入磁场,在电场中有

$qE\cdot 2d=\frac{1}{2}mv_1^2$②

在磁场中根据洛伦兹力提供做匀速圆周运动的向心力,有 $qv_1B=m\frac{v_1^2}{R}$③

联立①②③式解得 $B=6\sqrt{\frac{mE}{qd}}$④

(2)(ⅰ)带电粒子运动轨迹如图所示,



在△PNO'中,由几何关系得

$r^2=(2d)^2+(r-d)^2$⑤

解得 $r=\frac{5}{2}d$⑥

设带电粒子以速度 v_2 进入磁场,在磁场中根据洛伦兹力提供做匀速圆周运动的向心力,有

$qv_2B=m\frac{v_2^2}{r}$⑦

在电场中,由动能定理得

$qE'\cdot 2d=\frac{1}{2}mv_2^2-\frac{1}{2}mv_0^2$⑧

带电粒子从 P 点运动到 Q 点

x 轴方向上 $2d=v_2t\sin\theta$⑨

y 轴方向上 $2d=v_2t\cos\theta+\frac{1}{2}at^2$⑩

$a=\frac{qE'}{m}$⑪

$\sin\theta=\frac{2d}{r}$⑫

$\cos\theta=\frac{r-d}{r}$⑬

联立解得 $v_2=15\sqrt{\frac{Eqd}{m}}$⑭

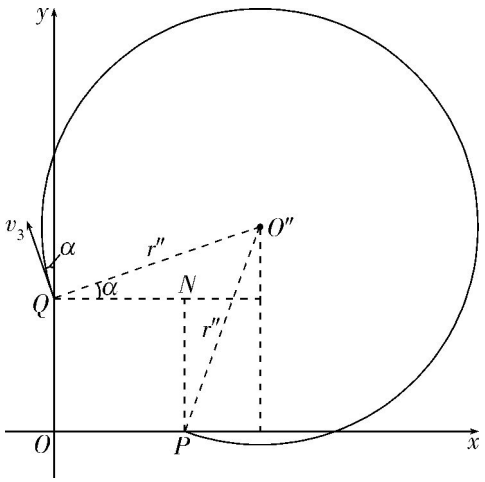
$t=\frac{1}{6}\sqrt{\frac{md}{Eq}}$⑮

$E'=36E$⑯

$v_0=9\sqrt{\frac{qEd}{m}}$⑰

(ⅱ)设带电粒子从 Q 点射出时的速度为 v_3,从 P 点第二次进入电场并运动到 Q 点出来,故有

$v_x=v_2\sin\theta$⑱



$v_y=v_2\cos\theta+at$⑲

联立解得 $v_3=\sqrt{v_x^2+v_y^2}=\sqrt{\frac{369Eqd}{m}}$⑳

从 Q 点射出的粒子在磁场中做匀速圆周运动,有

$qv_3B=m\frac{v_3^2}{r'}$㉑

解得 $r'=\frac{\sqrt{41}}{2}d$㉒

设 v_3 与 y 轴正方向的夹角为 α,若粒子能从 P 点第三次进入电场,对应半径为 r″,则有

$(r''\sin\alpha+2d)^2+(r''\cos\alpha-2d)^2=r''^2$㉓

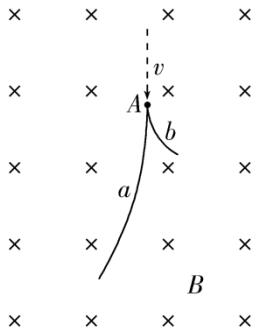
$\sin\alpha=\frac{v_x}{v_3}$㉔

$\cos\alpha=\frac{v_y}{v_3}$㉕

联立解得 $r''=2\sqrt{41}d$㉖

$r'\neq r''$,故带电粒子不能从 P 点第三次进入电场

33.(2022 江苏,13,8 分)利用云室可以知道带电粒子的性质。如图所示,云室中存在磁感应强度大小为 B 的匀强磁场,一个质量为 m、速度为 v 的电中性粒子在 A 点分裂成带等量异号电荷的粒子 a 和 b,a、b 在磁场中的径迹是两条相切的圆弧,相同时间内的径迹长度之比 $l_a:l_b=3:1$,半径之比 $r_a:r_b=6:1$。不计重力及粒子间的相互作用力。求:



(1)粒子 a、b 的质量之比 $m_a:m_b$;

(2)粒子 a 的动量大小 p_a。

答案　(1)2 : 1　(2)$\frac{6}{7}mv$

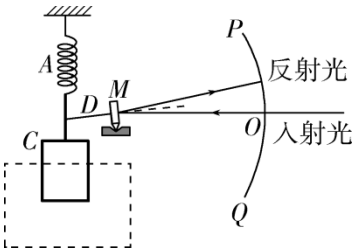
解析　(1)中性粒子分裂过程中电荷守恒,粒子 a、b 所带电荷量大小:$q_a=q_b$,由 $l_a:l_b=3:1$ 可知分裂后两粒子在磁场中运动的速率之比为 $v_a:v_b=3:1$,带电粒子在磁场中做匀速圆周运动,洛伦兹力提供向心力,$Bqv=\frac{mv^2}{r}$,结合 $r_a:r_b=6:1$ 可得,$m_a:m_b=\frac{r_av_b}{r_bv_a}=2:1$。

(2)中性粒子分裂过程中动量守恒:$mv=m_av_a+m_bv_b$,结合 $v_a:v_b=3:1$、$m_a:m_b=2:1$、$m=m_a+m_b$可得,$p_a=m_av_a=\frac{6}{7}mv$。

34.(2022 全国甲,25,20 分)光点式检流计是一种可以测量微小电流的仪器,其简化的工作原理示意图如图所示。图中 A 为轻质绝缘弹簧,C 为位于纸面上的线圈,虚线框内有与纸面垂直的匀强磁场;M 为置于平台上的轻质小平面反射镜,轻质刚性细杆 D 的一端与 M 固连且与镜面垂直、另一端与弹簧下端相连,PQ 为圆弧形的、带有均匀刻度的透明读数条,PQ 的圆心位于 M 的中心。使用前需调零:使线圈内没有电流通过时,M 竖直且与纸面垂直;入射细光束沿水平方向经 PQ 上的 O 点射到 M 上后沿原路反射。线圈通入电流后弹簧长度改变,使 M 发生倾斜,入射光束在 M 上的入射点仍近似处于 PQ 的圆心,通过读取反射光射到 PQ 上的位置,可以测得电流的大小。已知弹簧的劲度系数 k,磁场磁感应强度大小为 B,线圈 C 的匝数为 N、沿水平方向的长度为 l,细杆 D 的长度为 d,圆弧 PQ 的半径为 r,$r\gg d$,d 远大于弹簧长度改变量的绝对值。

(1)若在线圈中通入的微小电流为 I,求平衡后弹簧长度改变量的绝对值 Δx 及 PQ 上反射光点与 O 点间的弧长 s;

(2)某同学用此装置测一微小电流,测量前未调零,将电流通入线圈后,PQ 上反射光点出现在 O 点上方,与 O 点间的弧长为 s_1;保持其他条件不变,只将该电流反向接入,则反射光点出现在 O 点下方,与 O 点间的弧长为 s_2。求待测电流的大小。



答案 (1)$\frac{NBIl}{k}$ $\frac{2NBIlr}{kd}$ (2)$\frac{k(s_1+s_2)d}{4NBlr}$

解析　(1)通入电流后线圈所受安培力 $F=NBIl$

由胡克定律及平衡条件有 $F=k\Delta x$

故弹簧长度改变量 $\Delta x=\frac{NBIl}{k}$

由于 d 远大于弹簧长度的改变量,故细杆转过的角度

$\theta\approx\frac{\Delta x}{d}=\frac{NBIl}{kd}$

由于入射光线不变,平面镜转过 θ 角时反射光线转过 2θ,故

$s=2\theta r=\frac{2NBIlr}{kd}$

(2)电流反向前后光点移动的弧长为 $s'=s_1+s_2$

可知反射光线在此过程中转过的角度为 $\theta'=\frac{s_1+s_2}{r}$

则细杆转过的角度为$\frac{\theta'}{2}=\frac{s_1+s_2}{2r}$

故弹簧长度的变化量 $\Delta x'=\frac{\theta'}{2}d=\frac{s_1+s_2}{2r}d$

由胡克定律得 $\Delta F_{弹}=k\Delta x'$

而此过程中弹簧弹力的变化量等于安培力的变化量,设待测电流为 I_x,则 $\Delta F_{弹}=2NBI_xl$

解得 $I_x=\frac{k(s_1+s_2)d}{4NBlr}$

35.(2022 北京,20,12 分)指南针是利用地磁场指示方向的装置,它的广泛使用促进了人们对地磁场的认识。现代科技可以实现对地磁场的精确测量。

(1)如图 1 所示,两同学把一根长约 10 m 的电线两端用其他导线连接一个电压表,迅速摇动这根电线。若电线中间位置的速度约 10 m/s,电压表的最大示数约 2 mV。粗略估算该处地磁场磁感应强度的大小 $B_{地}$。

(2)如图 2 所示,一矩形金属薄片,其长为 a,宽为 b,厚为 c。大小为 I的恒定电流从电极 P流入、从电极 Q流出,当外加与薄片垂直的匀强磁场时,M、N两电极间产生的电压为 U。已知薄片单位体积中导电的电子数为 n,电子的电荷量为 e。求磁感应强度的大小 B。

(3)假定(2)中的装置足够灵敏,可用来测量北京地区地磁场磁感应强度的大小和方向,请说明测量的思路。

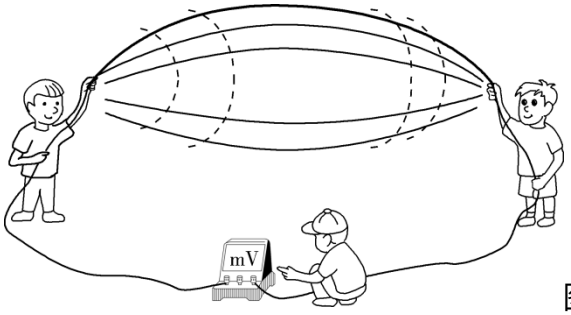


图 1

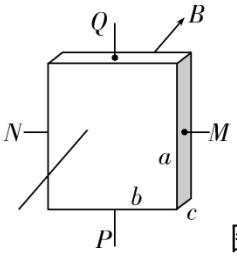


图 2

答案　(1)见解析　(2)$\frac{nec}{I}U$　(3)见解析

解析　(1)由 $E=BLv$可估算得该处地磁场磁感应强度 $B_{地}$的大小的数量级为 10^{-5} T。

(2)设导电电子定向移动的速率为 v,Δt时间内通过横截面的电荷量为 Δq,

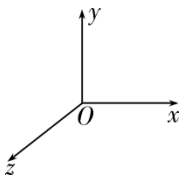
有 $I=\frac{\Delta q}{\Delta t}=nebcv$

导电电子定向移动过程中,在 MN方向受到的电场力与洛伦兹力平衡,

有 $e\frac{U}{b}=evB$

得 $B=\frac{nec}{I}U$

(3)如图建立三维直角坐标系 $Oxyz$。设地磁场磁感应强度在三个方向的分量为 B_x、B_y、B_z。把金属薄片置于 xOy平面内,M、N两极间产生电压 U_z仅取决于 B_z。



由(2)得 $B_z=\frac{nec}{I}U_z$

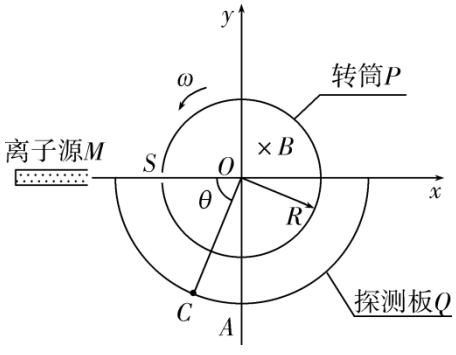
由 U_z的正负(M、N两极电势的高低)和电流 I的方向可以确定 B_z的方向。

同理,把金属薄片置于 xOz平面内,可得 B_y的大小和方向;把金属薄片置于 yOz平面内,可得 B_x的大小和方向。

地磁场的磁感应强度的大小为 $B=\sqrt{B_x^2+B_y^2+B_z^2}$。

根据 B_x、B_y、B_z的方向可确定此处地磁场的磁感应强度的方向。

36.(2022 浙江 6 月选考,22,10 分)离子速度分析器截面图如图所示。半径为 R的空心转筒 P,可绕过 O点、垂直 xOy平面(纸面)的中心轴逆时针匀速转动(角速度大小可调),其上有一小孔 S。整个转筒内部存在方向垂直纸面向里的匀强磁场。转筒下方有一与其共轴的半圆柱面探测板 Q,板 Q与 y轴交于 A点。离子源 M能沿着 x轴射出质量为 m、电荷量为$-q(q>0)$、速度大小不同的离子,其中速度大小为 v_0的离子进入转筒,经磁场偏转后恰好沿 y轴负方向离开磁场。落在接地的筒壁或探测板上的离子被吸收且失去所带电荷,不计离子的重力和离子间的相互作用。



(1)①求磁感应强度 B的大小;②若速度大小为 v_0的离子能打在板 Q的 A处,求转筒 P角速度 ω的大小;

(2)较长时间后,转筒 P每转一周有 N个离子打在板 Q的 C处,OC与 x轴负方向的夹角为 θ,求转筒转动一周的时间内,C处受到平均冲力 F的大小;

(3)若转筒 P的角速度小于$\frac{6v_0}{R}$,且 A处探测到离子,求板 Q上能探测到离子的其他 θ的值(θ为探测点位置和 O点连线与 x轴负方向的夹角)。

答案　见解析

解析　(1)①离子在磁场中运动 $qv_0B=\frac{mv_0^2}{R}$　$B=\frac{mv_0}{qR}$

②离子在磁场中的运动时间 $t=\frac{\pi R}{2v_0}$

转筒的转动角度 $\omega t=2k\pi+\frac{\pi}{2}$

$\omega=(4k+1)\frac{v_0}{R}$,$k=0,1,2,\ldots$

(2)设速度大小为 v的离子在磁场中圆周运动半径为 R'

$R'=R\tan\frac{\theta}{2}$　$v=v_0\tan\frac{\theta}{2}$

离子在磁场中的运动时间 $t'=(\pi-\theta)\frac{R}{v_0}$

转筒的转动角度 $\omega't'=2n\pi+\theta$

转筒的转动角速度 $\omega'=\frac{(2n\pi+\theta)v_0}{(\pi-\theta)R}$,$n=0,1,2,\ldots$

动量定理 $F\frac{2\pi}{\omega'}=Nmv$

$F=\frac{(2n\pi+\theta)Nmv_0^2}{2(\pi-\theta)\pi R}\tan\frac{\theta}{2}$,$n=0,1,2,\ldots$

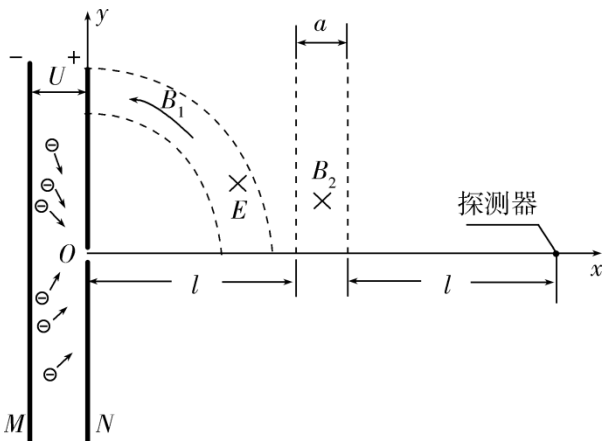
(3)转筒的转动角速度$\frac{(4k+1)v_0}{R}=\frac{(2n\pi+\theta')v_0}{(\pi-\theta')R}<\frac{6v_0}{R}$

$k=1$,$\theta'=\frac{5-2n}{6}\pi$,$n=0,2$

可得 $\theta'=\frac{5}{6}\pi,\frac{1}{6}\pi$

37.(2022 浙江 1 月选考,22,10 分)如图为研究光电效应的装置示意图,该装置可用于分析光子的信息。在 xOy平面(纸面)内,垂直纸面的金属薄板 M、N与 y轴平行放置,板

N中间有一小孔 O。有一由 x轴、y轴和以 O为圆心、圆心角为 90°的半径不同的两条圆弧所围的区域 $Ⅰ$,整个区域 $Ⅰ$内存在大小可调、方向垂直纸面向里的匀强电场和磁感应强度大小恒为 B_1、磁感线与圆弧平行且逆时针方向的磁场。区域 $Ⅰ$右侧还有一左边界与 y轴平行且相距为 l、下边界与 x轴重合的匀强磁场区域 $Ⅱ$,其宽度为 a,长度足够长,其中的磁场方向垂直纸面向里,磁感应强度大小可调。光电子从板 M逸出后经极板间电压 U加速(板间电场视为匀强电场),调节区域 $Ⅰ$的电场强度和区域 $Ⅱ$的磁感应强度,使电子恰好打在坐标为(a+2l,0)的点上,被置于该处的探测器接收。已知电子质量为 m、电荷量为 e,板 M的逸出功为 W_0,普朗克常量为 h。忽略电子的重力及电子间的作用力。当频率为 ν的光照射板 M时有光电子逸出。



(1)求逸出光电子的最大初动能 E_{km},并求光电子从 O点射入区域 $Ⅰ$时的速度 v_0的大小范围;

(2)若区域 $Ⅰ$的电场强度大小 $E=B_1\sqrt{\frac{3eU}{m}}$,区域 $Ⅱ$的磁感应强度大小 $B_2=\frac{\sqrt{emU}}{ea}$,求被探测到的电子刚从板 M逸出时速度 v_M的大小及与 x轴的夹角 β;

(3)为了使从 O点以各种大小和方向的速度射向区域 $Ⅰ$的电子都能被探测到,需要调节区域 $Ⅰ$的电场强度 E和区域 $Ⅱ$的磁感应强度 B_2,求 E的最大值和 B_2的最大值。

答案　见解析

解析　(1)由光电效应方程有 $E_{km}=h\nu-W_0$

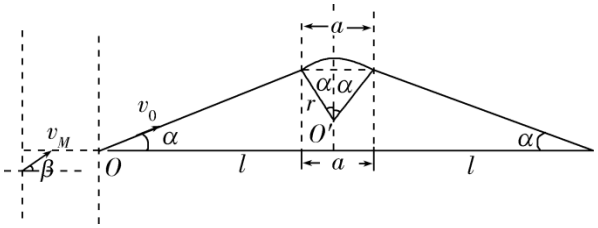
设光电子从 O 点射入区域 I 时速度为 v_0,根据动能定理有 $eU=\frac{1}{2}mv_0^2-E_k$,且 $0\le E_k\le E_{km}$

则 $\sqrt{\frac{2eU}{m}}\le v_0\le\sqrt{\frac{2(h\nu+eU-W_0)}{m}}$

(2)为使电子恰好打在坐标为(a+2l,0)的点上,则电子通过区域 I 时,须沿纸面运动,根据速度选择器原理 $ev_0B_1=eE$,解得 $v_0=\frac{E}{B_1}=\sqrt{\frac{3eU}{m}}$

根据动能定理有 $eU=\frac{1}{2}mv_0^2-\frac{1}{2}mv_M^2$,解得 $v_M=\sqrt{\frac{eU}{m}}$

电子从 O 点到坐标(a+2l,0)点的运动轨迹如图所示



由几何关系有 $r\sin\alpha=\frac{a}{2}$且 $eB_2v_0=m\frac{v_0^2}{r}$

沿 y 轴方向有 $v_M\sin\beta=v_0\sin\alpha$,解得 $\beta=30°$

(3)由 $ev_0B_1=eE$ 可得 $E=B_1v_0$,则

$E_{max}=B_1\sqrt{\frac{2(h\nu+eU-W_0)}{m}}$

由 $r\sin\alpha=\frac{a}{2}$得 $\frac{mv_0\sin\alpha}{eB_2}=\frac{a}{2}$,且 $\frac{1}{2}m(v_0\sin\alpha)^2\le E_{km}$,则 $v_0\sin\alpha\le\sqrt{\frac{2(h\nu-W_0)}{m}}$

解得 $B_{2max}=\frac{2\sqrt{2m(h\nu-W_0)}}{ea}$

38.(2022 河北,14,16 分)两块面积和间距均足够大的金属板水平放置,如图 1 所示。金属板与可调电源相连形成电场,方向沿 y 轴正方向。在两板之间施加磁场,方向垂直 xOy 平面向外。电场强度和磁感应强度随时间的变化规律如图 2 所示。板间 O 点放置一粒子源,可连续释放质量为 m、电荷量为 q(q>0)、初速度为零的粒子,不计重力及粒子间的相互作用,图中物理量均为已知量。求:

(1) t=0 时刻释放的粒子,在 $t=\frac{2\pi m}{qB_0}$时刻的位置坐标;

(2)在 0~$\frac{6\pi m}{qB_0}$时间内,静电力对 t=0 时刻释放的粒子所做的功;

(3)在 $M\left(\frac{4\pi E_0 m}{qB_0^2},\frac{\pi^2 E_0 m}{4qB_0^2}\right)$点放置一粒子接收器,在 0~$\frac{6\pi m}{qB_0}$时间内什么时刻释放的粒子在电场存在期间被捕获。

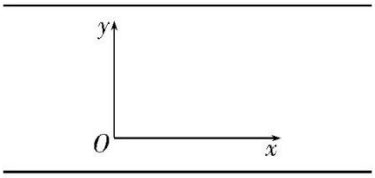


图 1

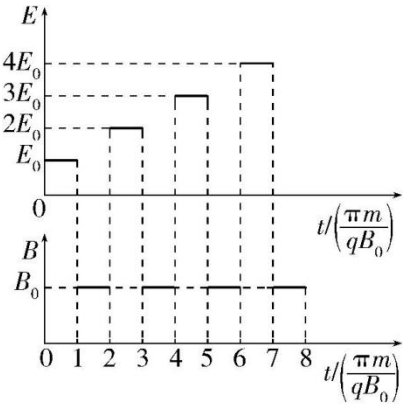


图 2

答案 (1)$\left(\frac{2\pi E_0 m}{qB_0^2},\frac{\pi^2 E_0 m}{2qB_0^2}\right)$ (2)$\frac{2\pi^2 E_0^2 m}{B_0^2}$

(3)$\frac{\pi m}{2qB_0}$和$\frac{13}{3}\cdot\frac{\pi m}{qB_0}$

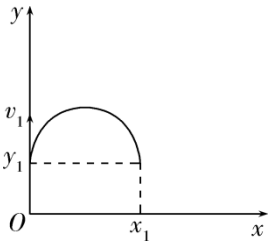
解析 (1)在 0~$\frac{\pi m}{qB_0}$时间内,带电粒子在电场中做匀加速直线运动

由 $v_1=at$,$E_0q=ma$,$y_1=\frac{1}{2}at^2$,解得 $v_1=\frac{\pi E_0}{B_0}$、$y_1=\frac{\pi^2 mE_0}{2qB_0^2}$

在$\frac{\pi m}{qB_0}$~$\frac{2\pi m}{qB_0}$时间内,带电粒子在磁场中做了半个周期的匀速圆周运动

由 $qB_0v_1=\frac{mv_1^2}{R}$,$x_1=2R$,解得 $x_1=\frac{2\pi mE_0}{qB_0^2}$

故在$\frac{2\pi m}{qB_0}$时刻带电粒子的坐标为$\left(\frac{2\pi mE_0}{qB_0^2},\frac{\pi^2 mE_0}{2qB_0^2}\right)$



(2)在 0~$\frac{\pi m}{qB_0}$时间内 $v_1=\frac{\pi E_0}{B_0}$

在$\frac{2\pi m}{qB_0}$~$\frac{3\pi m}{qB_0}$时间内,由 $2E_0q=ma_2$,$v_2=-v_1+a_2\frac{\pi m}{qB_0}$,解得 $v_2=\frac{\pi E_0}{B_0}$

在$\frac{4\pi m}{qB_0}$~$\frac{5\pi m}{qB_0}$时间内,由 $3E_0q=ma_3$,$v_3=-v_2+a_3\frac{\pi m}{qB_0}$,解得 $v_3=\frac{2\pi E_0}{B_0}$

由 $W=\frac{1}{2}mv_3^2$,解得在 0~$\frac{6\pi m}{qB_0}$时间内,静电力对带电粒子做的功为:$W=\frac{2\pi^2mE_0^2}{B_0^2}$

(3)设$\frac{\pi m}{qB_0}=T$,$\frac{E_0q}{m}=a$,

(ⅰ)若在 0~$\frac{\pi m}{qB_0}$时间内某时刻 t'释放,粒子首次加速时间为($T-t'$),

则首次加速后速度 $v_1'=a(T-t')$,在磁场内偏转的半径 $R_1=\frac{mv_1'}{qB_0}$,

由(1)易知,粒子至少要再次加速并偏转才可能通过 $x_M=\frac{4\pi mE_0}{qB_0^2}$,

设粒子在$\frac{3\pi m}{qB_0}$的速度为 v_2',在磁场内偏转半径为 $R_2=\frac{mv_2'}{qB_0}$,

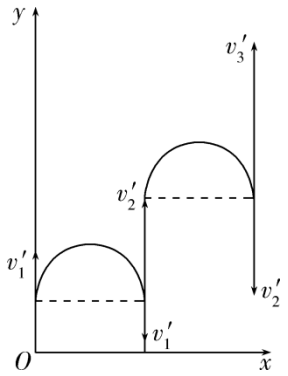
则 $v_2'=-v_1'+2aT$,

解得 $v_2'=a(T+t')$,

经过两次半个周期的圆周运动,在 x 方向上的位移

$x=2R_1+2R_2=\frac{2m(v_1'+v_2')}{qB_0}=\frac{4maT}{qB_0}$,

即 $x=\frac{4m}{qB_0}\cdot\frac{E_0q}{m}\cdot\frac{\pi m}{qB_0}=\frac{4\pi mE_0}{qB_0^2}=x_M$,可见在 0~$\frac{\pi m}{qB_0}$时间内任意时刻释放,经历两次偏转后水平位移 $x=x_M$恒成立。



现分析该过程中,在 y 方向上的位移

第一次加速后,$y_1'=\frac{1}{2}a(T-t')^2$,

第二次加速后,$y_2'=-v_1'T+\frac{1}{2}\cdot2aT^2=aTt'$或 $y_2'=\frac{(v_2'-v_1')T}{2}=aTt'$,

此时纵坐标 $Y=y_1'+y_2'=\frac{1}{2}a(T-t')^2+aTt'=\frac{1}{2}a(T^2+t'^2)$,

经过第二次偏转后进入第三次匀变速运动,加速度为 3a,

此时粒子向下运动的最大距离

$\Delta y_1=\frac{v_2'^2}{2\cdot 3a}=\frac{a^2(T+t')^2}{6a}=\frac{a(T+t')^2}{6}$,

则纵坐标的最小值

$Y'=Y-\Delta y_1=\frac{1}{2}a(T^2+t'^2)-\frac{a(T+t')^2}{6}=\frac{1}{3}a(t'^2-Tt'+T^2)$

$Y'=\frac{1}{3}a\left[(t'-\frac{T}{2})^2+\frac{3}{4}T^2\right]$,即当 $t'=\frac{T}{2}=\frac{\pi m}{2qB_0}$时 Y'有最小值

$Y_{\min}'=\frac{1}{4}aT^2=\frac{1}{4}\cdot\frac{E_0q}{m}\cdot\frac{\pi^2m^2}{q^2B_0^2}=\frac{\pi^2mE_0}{4qB_0^2}=y_M$

可见当 $t'=\frac{\pi m}{2qB_0}$时,在$\frac{4\pi m}{qB_0}\sim\frac{5\pi m}{qB_0}$阶段中粒子向下减速到 0 时恰好能被捕获。

(*ii*)若在$\frac{2\pi m}{qB_0}\sim\frac{3\pi m}{qB_0}$时间内某时刻释放,粒子加速时间为($T-t''$),

则有 $v_1''=2a(T-t'')$,$y_1''=\frac{1}{2}\cdot 2a(T-t'')^2$,在 x 方向上的位移 $x_1''=2R_1''=\frac{2mv_1''}{qB_0}=\frac{4\pi mE_0}{qB_0^2}-\frac{4E_0}{B_0}t''$,

可见要到达 x_M 应在 $t''=0$ 即$\frac{2\pi m}{qB_0}$时刻释放,

此时 $v_1''=2aT$,

则 y 轴方向上 $y_1''=\frac{1}{2}\cdot 2aT^2=aT^2=\frac{E_0q}{m}\cdot\frac{\pi^2m^2}{q^2B_0^2}=\frac{\pi^2mE_0}{qB_0^2}$,

偏转后向下移动的最大距离 $\Delta y_1'=\frac{v_1''^2}{2\cdot 3a}=\frac{2}{3}aT^2=\frac{2\pi^2mE_0}{3qB_0^2}$,

此时纵坐标的最小值 $Y''=y_1''-\Delta y_1'=\frac{\pi^2mE_0}{3qB_0^2}>\frac{\pi^2mE_0}{4qB_0^2}$,即不可能到达 y_M而被捕获。

(*iii*)若在$\frac{4\pi m}{qB_0}\sim\frac{5\pi m}{qB_0}$时间内某时刻释放,

则加速后速度 $v_1'''=3a(T-t''')$,

在 x 方向上的位移 $x_1'''=2R_1'''=\frac{2mv_1'''}{qB_0}=\frac{6ma(T-t''')}{qB_0}$,

解得 $x_1'''=\frac{6\pi mE_0}{qB_0^2}-\frac{6E_0}{B_0}t'''$,

令 $x_1'''=x_M$,即$\frac{6\pi mE_0}{qB_0^2}-\frac{6E_0}{B_0}t'''=\frac{4\pi mE_0}{qB_0^2}$,得 $t'''=\frac{\pi m}{3qB_0}=\frac{T}{3}$,

即在$\frac{4\pi m}{qB_0}+t'''=\frac{13\pi m}{3qB_0}$时刻释放能满足到达 x_M的条件,

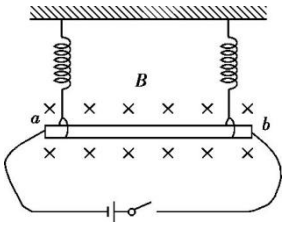
此时粒子加速后的速度 $v_0=3a(T-\frac{T}{3})=2aT=\frac{2\pi E_0}{B_0}$,

此时 $Y_1=\frac{1}{2}\cdot 3a(T-t'')^2=\frac{2}{3}aT^2=\frac{2\pi^2mE_0}{3qB_0^2}$,粒子偏转后,纵坐标的最小值 $Y_1''=Y_1-\frac{v_0^2}{2\cdot 4a}=\frac{1}{6}aT^2=\frac{1}{6}\cdot\frac{E_0q}{m}\cdot\frac{\pi^2m^2}{q^2B_0^2}=\frac{\pi^2mE_0}{6qB_0^2}<\frac{\pi^2mE_0}{4qB_0^2}$

即偏转后粒子向下运动过程中必经过 M 点。

综上可知在 0~$\frac{6\pi m}{qB_0}$时间内有两个时刻即$\frac{\pi m}{2qB_0}$和$\frac{13\pi m}{3qB_0}$释放的粒子满足要求。

39.(2015 课标Ⅰ,24,12 分)如图,一长为 10cm 的金属棒 ab 用两个完全相同的弹簧水平地悬挂在匀强磁场中;磁场的磁感应强度大小为 0.1T,方向垂直于纸面向里;弹簧上端固定,下端与金属棒绝缘。金属棒通过开关与一电动势为 12V 的电池相连,电路总电阻为 2Ω。已知开关断开时两弹簧的伸长量均为 0.5cm;闭合开关,系统重新平衡后,两弹簧的伸长量与开关断开时相比均改变了 0.3cm。重力加速度大小取 10m/s^2。判断开关闭合后金属棒所受安培力的方向,并求出金属棒的质量。



答案　见解析

解析　依题意,开关闭合后,电流方向为从 b 到 a,由左手定则可知,金属棒所受的安培力方向为竖直向下。

开关断开时,两弹簧各自相对于其原长的伸长量为 Δl_1=0.5cm。由胡克定律和力的平衡条件得 $2k\Delta l_1=mg$①

式中,m 为金属棒的质量,k 是弹簧的劲度系数,g 是重力加速度的大小。

开关闭合后,金属棒所受安培力的大小为 F=IBL②

式中,I 是回路电流,L 是金属棒的长度。两弹簧各自再伸长了 Δl_2=0.3cm,由胡克定律和力的平衡条件得 $2k(\Delta l_1+\Delta l_2)=mg+F$③

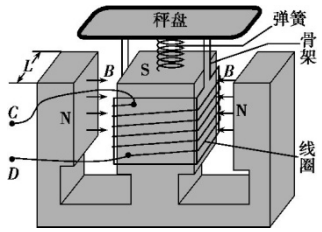
由欧姆定律有 E=IR④

式中,E 是电池的电动势,R 是电路总电阻。

联立①②③④式,并代入题给数据得 m=0.01kg⑤

(安培力方向判断正确给 2 分,①②③④⑤式各 2 分)

40.(2014 重庆理综,8,16 分)某电子天平原理如图所示,E 形磁铁的两侧为 N 极,中心为 S 极,两极间的磁感应强度大小均为 B,磁极宽度均为 L,忽略边缘效应。一正方形线圈套于中心磁极,其骨架与秤盘连为一体,线圈两端 C、D 与外电路连接。当质量为 m 的重物放在秤盘上时,弹簧被压缩,秤盘和线圈一起向下运动(骨架与磁极不接触),随后外电路对线圈供电,秤盘和线圈恢复到未放重物时的位置并静止,由此时对应的供电电流 I 可确定重物的质量。已知线圈匝数为 n,线圈电阻为 R,重力加速度为 g。问



(1)线圈向下运动过程中,线圈中感应电流是从 C 端还是从 D 端流出?

(2)供电电流 I 是从 C 端还是从 D 端流入?求重物质量与电流的关系。

(3)若线圈消耗的最大功率为 P,该电子天平能称量的最大质量是多少?

答案　(1)由右手定则知感应电流从 C 端流出

(2)外加电流从 D 端流入　$m=\frac{2nBL}{g}I$

(3)$\frac{2nBL}{g}\sqrt{\frac{P}{R}}$

解析　(1)感应电流从 C 端流出

(2)设线圈受到的安培力为 F_A

外加电流从 D 端流入

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：https://d.book118.com/645330042130011144