2026 年天津

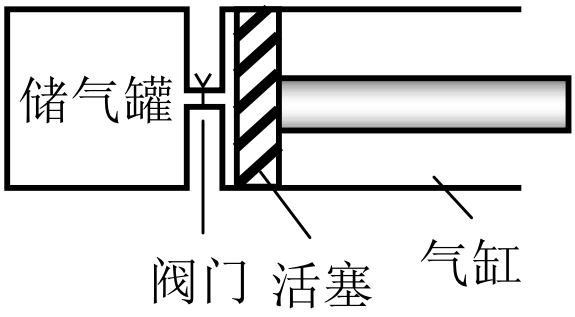
1. 2026 年中国超重元素研究加速器装置取得了新突破。利用该装置加速的 $^{40}_{18}\mathrm{Ar}$ 原子核轰击 $^{197}_{79}\mathrm{Au}$ 原子核，产生元素 X 和 2 个中子，其核反应方程为 $^{40}_{18}\mathrm{Ar}+^{197}_{79}\mathrm{Au}\longrightarrow \mathrm{X}+2\,^{1}_{0}\mathrm{n}$，则 (C)

A. 该方程是衰变方程　　B. 该反应为核裂变反应

C. X 原子核的质子数为 97　　D. X 原子核的中子数为 235

> A．衰变的本质是原子核自发地放出 α、β 等粒子的核反应过程，该反应是 Ar 原子核轰击 Au 原子核诱发的人工核反应，并非原子核自发发生的衰变，故 A 错误；
>
> B．核裂变是重核分裂为多个中等质量原子核的反应，该反应是两个原子核结合生成更重的新核的人工核反应，不符合裂变的定义，故 B 错误；
>
> C．根据核反应的电荷数守恒规律，反应前总电荷数为 $18+79=97$，反应后 2 个中子的电荷数均为 0，因此 X 原子核的质子数等于总电荷数 97，故 C 正确；
>
> D．根据核反应的质量数守恒规律，反应前总质量数为 $40+197=237$，反应后 2 个中子的总质量数为 $2\times1=2$，因此 X 原子核的质量数为 $237-2=235$；原子核的中子数为质量数与质子数的差值，即 $235-97=138$，故 D 错误。
>
> 故选 C。

2. 公交车利用高压气体推动活塞实现车门开启。如图所示，打开阀门后，储气罐内的高压气体进入气缸活塞左侧的密封区域，推动活塞向右运动，此过程视为绝热过程。高压气体视为理想气体，则气体 (B)



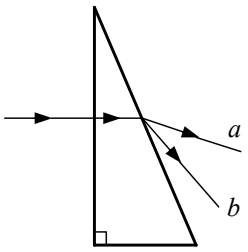
A. 温度不变　　B. 内能减少　　C. 压强不变　　D. 对外不做功

> D．推动活塞向右运动，可知气体体积变大，则气体对外做功，故 D 错误；
>
> AB．由于气体体积变大，外界对气体做负功，且此过程视为绝热过程，根据热力学第一定律可知，气体内能减少，则气体温度降低，故 A 错误，B 正确；
>
> C．根据理想气体状态方程 $\frac{pV}{T}=C$，由于气体体积变大，温度降低，所以气体压强

减小，故 C 错误。

故选 B。

3. 如图所示，一束复色光从空气射入玻璃三棱镜后，出射光分成 a、b 两束单色光，a 的波长大于 b 的波长，则 (D)



A. a 的光子动量大于 b 的

B. 在三棱镜中，a 的传播速度小于 b 的

C. a、b 在空间互相叠加，可发生干涉现象

D. 照射同一金属，若 a 能发生光电效应，则 b 也一定能

A．光子动量公式为 $p=\frac{h}{\lambda}$，波长越大动量越小，因此 a 的光子动量小于 b 的，故 A 错误；

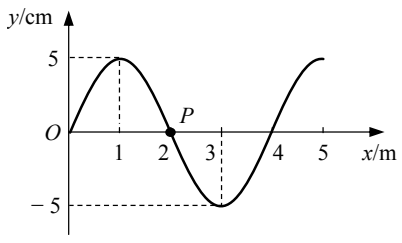
B．由图可知 a 光的偏折程度较小，则折射率较小，根据 $v=\frac{c}{n}$ 可知，a 在三棱镜中传播速度较大，故 B 错误；

C. 光发生干涉的必要条件是两束光频率相同，而两束光折射率不同，则频率不同，则不能发生干涉，故 C 错误；

D．由上分析可知，a 光折射率较小，频率较小，若其能使金属发生光电效应，说明其频率大于该金属的截止频率，则频率更大的 b 光肯定也能使该金属发生光电效应，故 D 正确。

故选 D。

4. 一列简谐横波在均匀介质中沿 x 轴传播，$t=0$ 时的波形如图所示。介质中 $x=2\,\mathrm{m}$ 处的质点 P 做简谐运动的表达式为 $y=5\sin(2\pi t)\,\mathrm{cm}$。则 (D)



A. 该波的周期为 2 s

B. 该波沿 x 轴的负方向传播

C. 该波在此介质中的波速为 $2\,\mathrm{m/s}$　　D. 该时刻质点 P 沿 y 轴正方向运动

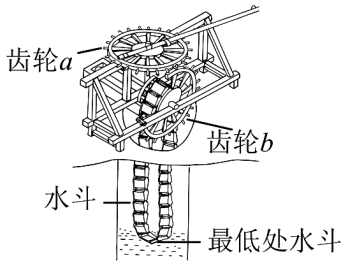
AC．由 $y=5\sin(2\pi t)\,\mathrm{cm}$，可知该波的周期为 $T=\frac{2\pi}{\omega}=\frac{2\pi}{2\pi}\,\mathrm{s}=1\,\mathrm{s}$。

由题图可知波长为 $\lambda=4\,\mathrm{m}$，则波速为 $v=\frac{\lambda}{T}=4\,\mathrm{m/s}$，故 AC 错误；

BD．已知质点 P 做简谐运动的表达式为 $y=5\sin(2\pi t)\,\mathrm{cm}$，可知 $t=0$ 时刻质点 P 沿 y 轴正方向运动，根据波形平移法可知，该波沿 x 轴的正方向传播，故 B 错误，D 正确。

故选 D。

5. 隋唐时期出现的井车是一种从深井提水灌溉的农具。示意如图，井车主要由齿轮 a、齿轮 b 和若干个水斗构成。工作时，由 a 匀速转动带动 b 转动提升水斗，将水提升至地面灌溉农田。a 与 b 的半径之比为 $r_a:r_b$，在井车工作过程中，下列说法正确的是 (A)



A. a、b 角速度的大小之比为 $r_b:r_a$　　B. a、b 边缘线速度大小之比为 $r_a:r_b$

C. 图中最低处水斗所受合外力为零　　D. 水斗运动一周所受重力的冲量为零

AB．齿轮 a、b 属于啮合传动，两齿轮边缘的线速度大小相等，即 $v_a=v_b$。

根据 $v=\omega r$ 可知，a、b 角速度的大小之比为 $\omega_a:\omega_b=r_b:r_a$，故 A 正确，B 错误；

C．水斗随齿轮 b 做匀速圆周运动，合外力提供向心力，指向圆周运动的圆心，最低处水斗的合外力竖直向上、不为零，故 C 错误；

D．根据冲量的定义可得 $I_G=mgt$，可知水斗运动一周所受重力的冲量不为零，故 D 错误。

故选 A。

6. 探测器绕行星运动视为匀速圆周运动，探测器的质量为 m、轨道半径为 r、运行周期为 T，引力常量为 G，不考虑行星自转的影响，则 (AB)

A. 行星质量 $M=\frac{4\pi^2r^3}{GT^2}$　　B. 探测器线速度 $v=\frac{2\pi r}{T}$

C. 行星表面自由落体加速度 $g=\frac{4\pi^2r^2}{T^2}$　　D. 探测器向心加速度 $a=\frac{Gm}{r^2}$

A．根据 $\frac{GMm}{r^2}=m\frac{4\pi^2}{T^2}r$，可得行星质量 $M=\frac{4\pi^2r^3}{GT^2}$，A 正确；

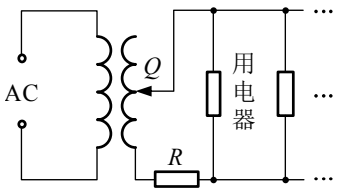
B．探测器线速度 $v=\frac{2\pi r}{T}$，B 正确；

C．设行星的半径为 R，根据 $\frac{GMm_0}{R^2}=m_0g$，可得行星表面自由落体加速度 $g=\frac{4\pi^2r^3}{R^2T^2}$，C 错误；

D．根据 $\frac{GMm}{r^2}=ma$，可得探测器向心加速度 $a=\frac{GM}{r^2}=\frac{4\pi^2r}{T^2}$，D 错误。

故选 AB。

7. 在生产实践中，需要保证用电器电压稳定。如图所示，理想变压器的原线圈接在电压有效值不变的正弦交流电源上，匝数保持不变。副线圈两端连接了定值电阻 R 和若干并联的用电器，当用电器数量发生变化时，可自动调节滑动触头 Q 的位置改变副线圈匝数，保持用电器两端电压不变。则用电器数量增加时（BC）



A．Q 向下滑动　　B．R 两端电压变大

C．原线圈的电流变大　　D．电源输出功率不变

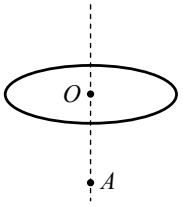
B．用电器数量增加时，则用电器总电阻 $R_{用}$ 减小，已知用电器两端电压不变，根据欧姆定律可得 $I_2=\frac{U_{用}}{R_{用}}$，可知副线圈电流 I_2 增大，即通过 R 的电流增大，所以 R 两端电压变大，故 B 正确；

A．根据 $U_2=I_2R+U_{用}$，由于副线圈电流 I_2 增大，则副线圈两端电压 U_2 增大；根据 $\frac{U_2}{U_1}=\frac{n_2}{n_1}$ 可知，副线圈匝数增大，则 Q 向上滑动，故 A 错误；

CD．根据 $P=U_1I_1=U_2I_2$，由于 U_2、I_2 增大，则电源输出功率增大；由于原线圈输入电压 U_1 不变，所以原线圈的电流 I_1 变大，故 C 正确，D 错误。

故选 BC。

8. 如图所示，O 点为均匀带负电固定圆环的圆心，由圆环中心轴线上某点 A 静止释放一带正电的试探电荷 q，q 只在静电力作用下运动，则（AC）



A．q 在 O 点所受静电力为零

B. 取无限远处电势为零，O 点电势也为零

C. q 由 A 向 O 运动过程中，动能一定逐渐增大

D. q 由 A 向 O 运动过程中，加速度一定逐渐减小

> A. 均匀带负电圆环的圆心 O 处，圆环上每个电荷元对试探电荷的静电力，都会关于 O 点对称抵消，合场强为 0，因此带正电的试探电荷在 O 点受到的静电力为零，故 A 正确；
>
> B. 取无限远电势为零时，将一个正试探电荷从 O 点移动到无限远，带负电的圆环对正试探电荷的静电力做负功，电势能增加，说明 O 点电势低于无限远的电势，则 O 点电势为负值，并非为零，故 B 错误；
>
> C. 带负电圆环的中心轴线上，O 点场强为 0，轴线上 O 点外侧（A 所在的一侧）的场强方向是指向 O 点。带正电的试探电荷从 A 向 O 运动时，静电力方向与运动方向始终一致，静电力做正功，动能一定逐渐增大，故 C 正确；
>
> D. 轴线上从 O 点向无穷远延伸时，场强从 0 开始，先增大到一个最大值，再逐渐减小到 0。如果 A 点位于场强最大值的外侧，从 A 向 O 运动的过程中，场强会先增大、后减小，由 $a=\frac{qE}{m}$ 可知，加速度也会先增大后减小，并非一定逐渐减小，故 D 错误。
>
> 故选 AC。

9. 利用如图 a 所示装置验证机械能守恒定律。

(1) 打点计时器固定在铁架台上，使重物带动纸带从静止开始自由下落。某次实验得到一条纸带，部分计数点如图 b 所示，相邻点间的时间间隔为 t，测得 B、C 点间距离为 x_1，C、D 点间距离为 x_2，则 C 点的速度大小为$\frac{x_1+x_2}{2t}$，图中所示的纸带左端与重物相连（选填“左端”或“右端”）；

(2) 将点 E 对应重物所在的高度取为 0，测量纸带上各点到点 E 间的距离，由此获得各点对应重物所在的高度 h 和速度大小 v，绘制出 $\frac{v^2}{2}-h$ 图像如图 c 所示，在误差允许范围内视为机械能守恒，则图中直线斜率表示的物理量是$-g$。

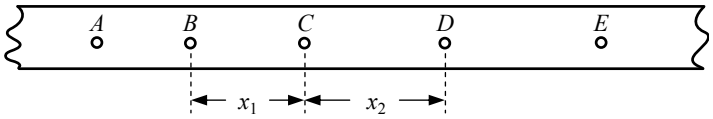


图 b

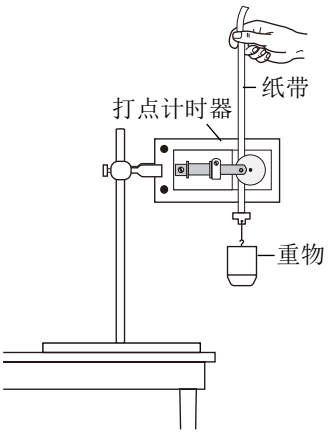


图 a

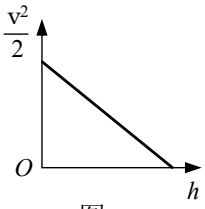


图 c

(1) $\frac{x_1+x_2}{2t}$，左端　(2) $-g$

（1）C 点的速度大小为 $v_C=\frac{x_1+x_2}{2t}$，因纸带上从左到右相邻点间距逐渐增加，可知纸带左端与重物相连。

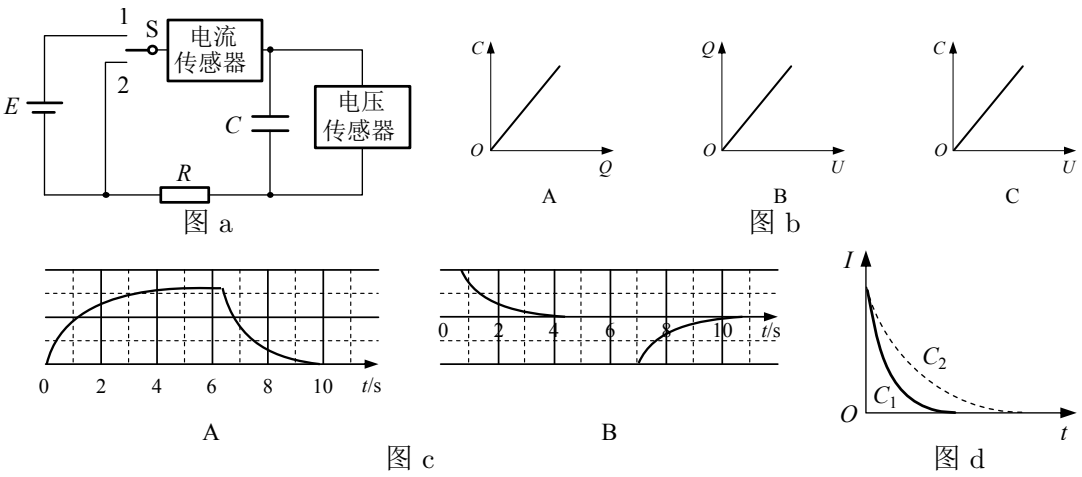
（2）将点 E 对应重物所在的高度取为 0，各点对应重物所在的高度 h，设 E 点时重物下落的速度为 v_0，则若机械能守恒，则根据 $mgh=\frac{1}{2}mv_0^2-\frac{1}{2}mv^2$，可得 $\frac{v^2}{2}=\frac{v_0^2}{2}-gh$，则图中直线斜率表示的物理量是 $-g$。

10. 实验小组借助电流和电压传感器及计算机等设备，利用如图 a 所示电路观察电容器的充、放电过程。

(1) 下列能正确描述电容器电荷量 Q、电压 U、电容 C 间的关系图像是 B；

(2) 实验中，先使开关 S 与 1 端相连，电源向电容器充电，然后把开关 S 掷向 2 端，电容器放电，传感器将电流 I 和电压 U 随时间 t 变化的数据传入计算机，屏幕上显示出充电和放电全过程的 $I-t$、$U-t$ 图像如图 c 所示（图像纵轴未标出），则 B 是 $I-t$ 图像（选填“A”或“B”）；

(3) 选取电容为 C_1、C_2 的两个电容器，分别接入图 a 所示电路，得到放电过程的电流大小随时间变化的关系图像如图 d 中的实线、虚线所示，则 C_1 小于 C_2（选填“大于”、“小于”或“等于”）。



(1) B　(2) B　(3) 小于

（1）AC．电容器的电容 C 与电容器所带的电量 Q 以及两极板的电势差 U 无关，则 $C-Q$ 图像是平行于 Q 轴的直线，$C-U$ 图像是平行于 U 轴的直线，AC 错误；

B．根据 $Q=CU$ 可知 $Q-U$ 图像为过原点的倾斜直线，B 正确。

故选 B。

（2）电容器充电时电流从最大值逐渐减小到零，放电时电流反向且从最大值逐渐减小到零，所以通过传感器的电流 I 随时间 t 变化的图像为 B。

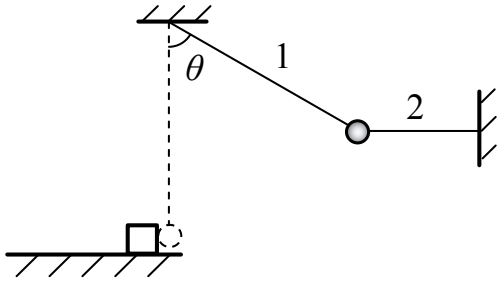
（3）因图像与坐标轴围成的面积等于电容器的带电量，因虚线与坐标轴围成的面积较大，可知 C_2 电容器带电量较大，根据 $Q=CU$ 可知，C_1 小于 C_2。

11. 如图所示，一根长 $l=0.4\,\mathrm{m}$ 的轻绳 1 一端固定，另一端系着一质量 $m=0.02\,\mathrm{kg}$ 的小球。初始时，小球在绳 1 及水平轻绳 2 共同作用下保持静止状态，绳 1 与竖直方向夹角 $\theta=60°$。现剪断绳 2，小球无初速度下摆至悬挂点的正下方，与静置在水平地面上的木块发生碰撞，碰撞时间极短，碰后小球速度为零。木块质量 $M=0.04\,\mathrm{kg}$，与地面的动摩擦因数 $\mu=0.1$。小球和木块均视为质点，轻绳不可伸长，g 取 $10\,\mathrm{m/s^2}$，忽略空气阻力。求

(1) 剪断绳 2 前，绳 1 对小球拉力 F 的大小；

(2) 小球与木块碰撞前瞬间，小球速度 v 的大小；

(3) 木块在地面上运动位移 x 的大小。



(1) $F=0.4\,\mathrm{N}$ (2) $v=2\,\mathrm{m/s}$ (3) $x=0.5\,\mathrm{m}$

（1）剪断绳 2 前，以小球为对象，根据平衡条件可得 $\cos\theta=\frac{mg}{F}$，可得绳 1 对小球的拉力大小为 $F=\frac{mg}{\cos\theta}=0.4\,\mathrm{N}$。

（2）剪断绳 2，小球向下摆动过程中，根据动能定理可得 $mgl(1-\cos\theta)=\frac{1}{2}mv^2-0$，解得小球与木块碰撞前瞬间，小球的速度大小为 $v=\sqrt{2gl(1-\cos\theta)}=2\,\mathrm{m/s}$。

（3）小球与木块碰撞过程，根据动量守恒可得 $mv=Mv_1$，解得碰后木块的速度为 $v_1=1\,\mathrm{m/s}$。

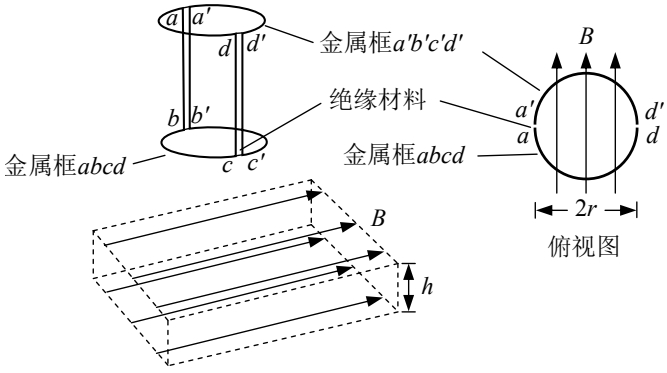
对木块，根据动能定理可得 $-\mu Mgx=0-\frac{1}{2}Mv_1^2$，解得木块在地面上运动的位移大小为 $x=\frac{v_1^2}{2\mu g}=0.5\,\mathrm{m}$。

12. 如图所示，将两个完全相同的正方形金属框的上、下边均弯曲成半径为 r 的半圆，半圆所在平面与金属框左、右两边垂直，两框分别记为 $abcd$ 和 $a'b'c'd'$，两框正对放置并用绝缘材料连接成一个整体，彼此绝缘。金属框下方有高为 h（$h<\pi r$）且足够长和宽的水平匀强磁场区域，磁感应强度大小为 B，方向垂直于 ab、cd 构成的平面。已知金属框整体以竖直向下的速度 v 进入磁场，$abcd$ 和 $a'b'c'd'$ 电阻均为 R，下落过程中金属框整体不发生转动，不计空气阻力。

(1) 判断金属框刚进入磁场时 ab 边的电流方向；

(2) 求金属框 bc 边穿过磁场区域的过程中，通过 bc 边横截面的电荷量 q；

(3) 求金属框刚进入磁场时整体受到的安培力大小 F。



(1) 电流方向由 a 流向 b　(2) $q=\frac{2Brh}{R}$　(3) $F=\frac{8B^2r^2v}{R}$

（1）金属框刚进入磁场时，金属框 bc 边在磁场中向下切割磁感线，根据右手定则可知，金属框的电流方向为 $bcdab$，则 ab 边的电流方向为由 a 流向 b。

（2）根据 $q=\bar{I}\Delta t=\frac{\Delta\Phi}{R}=\frac{B\Delta S}{R}$，其中 ΔS 为垂直磁场方向扫过的面积，则金属框 bc 边穿过磁场区域的过程中，有 $\Delta S=2rh$，联立可得通过 bc 边横截面的电荷量为 $q=\frac{2Brh}{R}$。

（3）金属框刚进入磁场时，金属框 bc 边、$b'c'$ 边切割磁感线，有效长度均为 $l=2r$，则 bc 边、$b'c'$ 边产生的电动势均为 $E=Blv=2Brv$，两个金属框的电流均为 $I=\frac{E}{R}=\frac{2Brv}{R}$。

bc 边、$b'c'$ 边受到的安培力大小均为 $F_1=BIl=\frac{4B^2r^2v}{R}$，则金属框刚进入磁场时整体受到的安培力大小为 $F=2F_1=\frac{8B^2r^2v}{R}$。

13. 磁透镜利用磁场对带电粒子进行聚焦、成像，是电子显微镜等科学装置的核心部件。某磁透镜圆柱形磁场区域如图 a 所示，长度为 L，对称轴为 z 轴，区域外磁场忽略不计；图 b 为图 a 过 z 轴的截面图，坐标原点 O 为圆柱中心，磁场为轴对称磁场，磁感应强度沿 z 轴正方向分量为 B_z，垂直于 z 轴分量方向以过原点 O 与 z 轴垂直的平面为界，左侧指向 z 轴、右侧背离 z 轴。一初速度忽略不计的电子，质量为 m、电荷量为 e，经电压为 U 的电场加速后沿 z 轴正方向进入磁场。为研究方便，将电子进入磁场后的运动分解为沿 z 方向的运动及与 z 轴垂直的平面内的运动，相应的速度分解为 v_z、v_r、v_φ 三个分量，其中 v_z 沿 z 轴正方向，v_r 与 v_φ 处于与 z 轴垂直的平面内，v_r 指向 z 轴，v_φ 垂直于 v_r，如图 c 所示（垂直纸面向外为 z 轴正方向）。不计相对论效应、电磁辐射及电子重力。

(1) 求电子刚进入磁场时的速度大小 v_0；

(2) 计算 v_r 时，若将电子在垂直于 z 轴平面内的运动等效为指向 z 轴的直线运动，则电子受到的在该直线上的合力为洛伦兹力在此方向分量的一半。已知 $v_\varphi=\frac{re}{2m}B_z$（$r$ 为电子到 z 轴距离），B_z^2 与 z 的关系如图 d 所示，曲线与 z 轴所围面积为 S。

i. 指向 z 轴方向的洛伦兹力分量与哪个速度分量有关；

ii. 由于 v_0 很大，$v_z\approx v_0$，电子在磁场中运动时间极短、与 z 轴的距离视为不变，求该电子从离开磁场到运动至 z 轴时沿 z 方向的分位移大小 f；

(3) 通过计算结果分析说明该磁透镜能够对与 z 轴平行入射的电子束聚焦。

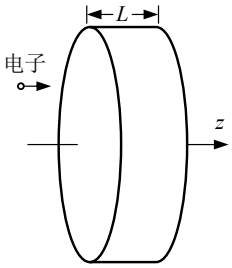


图 a

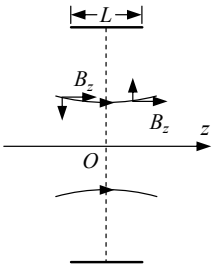


图 b

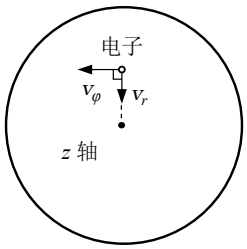


图 c

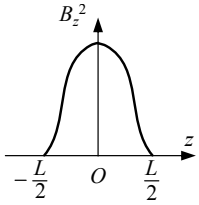


图 d

(1) $v_0=\sqrt{\frac{2eU}{m}}$ (2) （i）v_φ；（ii）$f=\frac{8mU}{eS}$ (3) 电子离开磁场时获得的指向 z 轴的径向速度为 $v_r=\frac{e^2rS}{4m^2v_0}$。可见 v_r 与离轴距离 r 成正比，因此电子从离开磁场到运动到 z 轴所需时间为 $t=\frac{r}{v_r}=\frac{4m^2v_0}{e^2S}$，该时间与 r 无关。所以不同离轴距离的平行入射电子，在离开磁场后经过相同的轴向距离 $f=v_0t=\frac{4m^2v_0^2}{e^2S}=\frac{8mU}{eS}$，之后同时到达 z 轴上的同一点，因此该磁场区域对平行于 z 轴入射的电子束具有聚焦作用，相当于一个磁透镜。

（1）电子经电压 U 加速，电场力做功等于动能增加，有 $eU=\frac{1}{2}mv_0^2$，因此 $v_0=\sqrt{\frac{2eU}{m}}$，方向沿 $+z$ 方向。

（2）（i）由题意可知，在坐标系中，轴对称磁场无角向分量，即 $B_\varphi=0$，洛伦兹力的径向分量为 $F_r=ev_\varphi B_z$，因此指向 z 轴方向的洛伦兹力分量与速度分量 v_φ 有关。

（ii）根据题意有 $v_\varphi=\frac{re}{2m}B_z$，其中 r 为电子到 z 轴的距离。径向洛伦兹力的大小为 $F_r=ev_\varphi B_z=e\cdot\frac{re}{2m}B_z^2=\frac{e^2r}{2m}B_z^2$。

按题意，取等效径向合力为其一半，即 $F_{等效}=\frac{1}{2}F_r=\frac{e^2r}{4m}B_z^2$，因此径向加速度为 $\frac{\mathrm{d}v_r}{\mathrm{d}t}=\frac{F_{等效}}{m}=\frac{e^2r}{4m^2}B_z^2$。

由于 v_0 很大，近似有 $v_z\approx v_0$，且电子在磁场中径向距离 r 近似不变，$\mathrm{d}t=\frac{\mathrm{d}z}{v_z}=\frac{\mathrm{d}z}{v_0}$，于是电子离开磁场时的径向速度为 $v_r=\frac{e^2r}{4m^2v_0}\int B_z^2\,\mathrm{d}z$。

由图 d 可知，曲线与 z 轴所围面积为 $S=\int B_z^2\,\mathrm{d}z$，故 $v_r=\frac{e^2rS}{4m^2v_0}$，该速度指向 z 轴。电子离开磁场后不再受磁场力，做匀速直线运动，它从离轴距离 r 处运动到 z 轴所需时间为 $t=\frac{r}{v_r}=\frac{4m^2v_0}{e^2S}$。

在这段时间内沿 z 方向的位移为 $f=v_zt=v_0t=\frac{4m^2v_0^2}{e^2S}=\frac{8mU}{eS}$。

（3）电子离开磁场时获得的指向 z 轴的径向速度为 $v_r=\frac{e^2rS}{4m^2v_0}$，可见 v_r 与离轴距离 r 成正比，因此电子从离开磁场到运动到 z 轴所需时间为 $t=\frac{r}{v_r}=\frac{4m^2v_0}{e^2S}$，该时间与 r 无关。

所以，不同离轴距离的平行入射电子，在离开磁场后经过相同的轴向距离 $f=v_0t=\frac{4m^2v_0^2}{e^2S}=\frac{8mU}{eS}$，之后同时到达 z 轴上的同一点。因此该磁场区域对平行于 z 轴入射的电子束具有聚焦作用，相当于一个磁透镜。