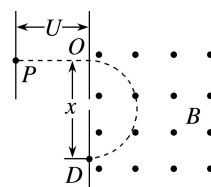
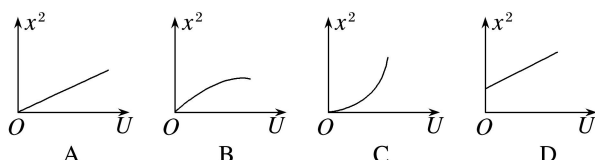


1.4 质谱仪与回旋加速器

班级：_____ 姓名：_____ 学号：_____ 时间：2023.03.15 作业时长：40 分钟

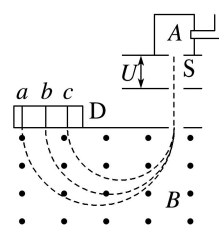
[基础练习]

1.1922 年，英国科学家阿斯顿因质谱仪的发明、同位素和质谱的研究荣获了诺贝尔化学奖。质谱仪的两大重要组成部分是加速电场和偏转磁场。如图所示为质谱仪的原理图，设想有一个静止的带电粒子 P (不计重力)，经电压为 U 的加速电场加速后，垂直进入磁感应强度为 B 的匀强磁场中，最后打到底片上的 D 点。设 $OD=x$ ，则在下列图中能正确反映 x^2 与 U 之间函数关系的是()



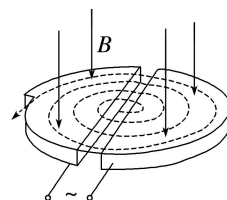
2.质谱仪是测量带电粒子的质量和分析同位素的重要工具。如图所示为质谱仪的原理示意图，现利用质谱仪对氢元素进行测量。让氢元素三种同位素的离子流从容器 A 下方的小孔 S 无初速度飘入电势差为 U 的加速电场，加速后垂直进入磁感应强度为 B 的匀强磁场中。氢的三种同位素最后打在照相底片 D 上，形成 a 、 b 、 c 三条“质谱线”。重力不计，则下列判断正确的是()

- A. 进入磁场时速度从大到小排列的顺序是氕、氘、氚
- B. 进入磁场时动能从大到小排列的顺序是氕、氘、氚
- C. 在磁场中运动时间由大到小排列的顺序是氕、氘、氚
- D. a 、 b 、 c 三条“质谱线”依次排列的顺序是氕、氘、氚



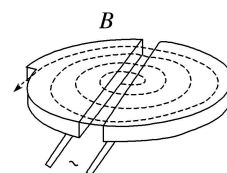
3.回旋加速器的工作原理如图所示。D 形盒半径为 R ，盒内匀强磁场的磁感应强度为 B ，设氦核 ${}^3\text{H}$ 的电荷量为 q ，质量为 m ，不考虑相对论效应，下列说法正确的是()

- A. 氦核 ${}^3\text{H}$ 加速后的最大速度为 $\frac{qBR}{2m}$
- B. 氦核 ${}^3\text{H}$ 加速后的最大速度与加速电场的电压有关
- C. 氦核 ${}^3\text{H}$ 第 1 次和第 2 次经过两 D 形盒间狭缝后轨道半径之比为 1 : 2
- D. 加速氦核 ${}^3\text{H}$ 的回旋加速器可以直接用来加速 α 粒子 ${}^4\text{He}$



4.1932 年物理学家劳伦斯发明了回旋加速器，巧妙地解决了粒子的加速问题。如图，加速器的核心部分是两个 D 形金属盒，两盒相距很近，分别和高频交流电源相连接，两盒放在匀强磁场中，磁场方向垂直于盒底面，现使氦核由加速器的中心附近进入加速器，加速后通过特殊装置被引出。下列说法正确的是()

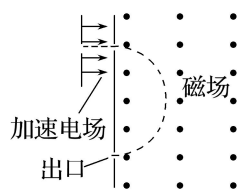
- A. 粒子运动轨道间的距离由里向外逐渐均匀减小
- B. 若仅增大加速电压，粒子在加速器中运动的总时间将减小
- C. 粒子能够获得的最大动能随加速电压大小的变化而变化
- D. 若减小磁感应强度且同时增大交流电的频率，粒子也能被加速



[能力练习]

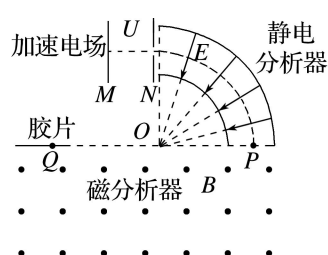
5. 现代质谱仪可用来分析比质子重很多倍的离子, 其示意图如图所示, 其中加速电压恒定. 质子在入口处从静止开始被加速电场加速, 经匀强磁场偏转后从出口离开磁场. 若某种一价正离子在入口处从静止开始被同一加速电场加速, 为使它经匀强磁场偏转后仍从同一出口离开磁场, 需将磁感应强度增加到原来的 12 倍. 此离子和质子的质量的比值为()

- A. 11 B. 12
C. 121 D. 144



6. 如图所示为一种质谱仪示意图, 由加速电场、静电分析器和磁分析器组成. 若静电分析器通道中心线的半径为 R , 通道内均匀辐射电场在中心线处的电场强度大小为 E , 磁分析器有范围足够大的有界匀强磁场, 磁感应强度大小为 B 、方向垂直于纸面向外. 一质量为 m 、电荷量为 q 的粒子从静止开始经加速电场加速后沿中心线通过静电分析器, 由 P 点垂直边界进入磁分析器, 最终打到胶片上的 Q 点. 不计粒子重力, 则下列说法正确的是()

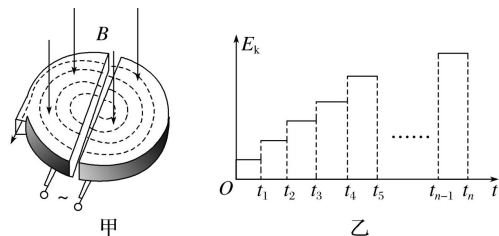
- A. 极板 M 比极板 N 电势低
B. 加速电场的电压 $U=ER$
C. 直径 $PQ=2B\sqrt{qmER}$



D. 若一群粒子从静止开始经过上述过程都落在胶片上同一点, 则该群粒子具有相同的比荷

7. 如图甲所示是用来加速带电粒子的回旋加速器的示意图, 其核心部分是两个 D 形金属盒, 在加速带电粒子时, 两金属盒置于匀强磁场中, 两盒分别与高频电源相连. 带电粒子在磁场中运动的动能 E_k 随时间 t 的变化规律如图乙所示, 忽略带电粒子在电场中的加速时间, 则下列判断正确的是()

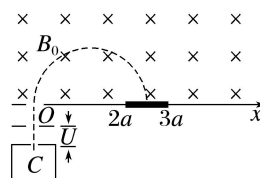
- A. 在 E_k-t 图像中应有 $t_4-t_3 < t_3-t_2 < t_2-t_1$
B. 加速电压越大, 粒子最后获得的动能就越大
C. 粒子加速次数越多, 粒子最大动能一定越大
D. 要想粒子获得的最大动能增大, 可增加 D 形盒的半径



8. 如图, 在 x 轴的上方存在垂直纸面向里、磁感应强度大小为 B_0 的匀强磁场, 位于 x 轴下方的离子源 C 发射质量为 m 、电荷量为 q 的一束负离子, 其初速度大小范围为 $0 \sim \sqrt{3}v_0$. 这束离子经电势差为 $U = \frac{mv_0^2}{2q}$ 的电场加速后, 从小孔 O (坐标原点) 垂直 x 轴并垂直磁场射入磁场区域, 最后打到 x 轴上. 在 x 轴上 $2a \sim 3a$ ($a = \frac{mv_0}{qB_0}$) 区间水平固定放置一探测板, 离子重力不计.

(1) 求离子束从小孔 O 射入磁场后打到 x 轴的区间;

(2) 调整磁感应强度的大小, 可使速度最大的离子恰好打在探测板的最右端, 求此时磁感应强度大小 B_1 .

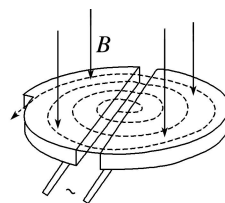


9.如图所示,是用来加速带电粒子的回旋加速器装置,若D形盒半径为 R ,所加磁场的磁感应强度为 B .在两D形盒之间接上交变电压,被加速的粒子为 α 粒子,其质量为 m 、电荷量为 $+q$. α 粒子从D形盒中央开始被加速(初动能可以忽略),加速电压均为 U ,粒子每转半圈加速一次,经若干次加速后, α 粒子从D形盒边缘被引出.求:

(1) α 粒子从D形盒边缘飞出获得的最大速度 v_m ;

(2) α 粒子在第 n 次加速后进入一个D形盒中的回旋半径 r_n ;

(3) α 粒子在回旋加速器中被电场加速的总次数 k 和运动的总时间 t (在交变电场中运动时间可不计).



[提升练习]

★10. 回旋加速器的工作原理如图甲所示,置于真空中的D形金属盒半径为 R ,两盒间狭缝的间距为 d ,磁感应强度为 B 的匀强磁场与盒面垂直,被加速粒子的质量为 m ,电荷量为 $+q$,加在狭缝间的交变电压如图乙所示,电压的大小为 U_0 .周期 $T=\frac{2\pi m}{qB}$.一束该种粒子在 $t=0\sim\frac{T}{2}$ 时间内从 A 处均匀地飘入狭缝,其初速度视为零.现考虑粒子在狭缝中的运动时间,假设能够出射的粒子每次经过狭缝均做加速运动,不考虑粒子间的相互作用.求:

(1)出射粒子的动能 E_m ;

(2)粒子从飘入狭缝至动能达到 E_m 所需的总时间 t_0 .

