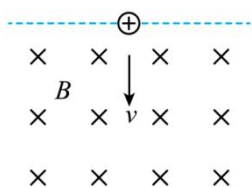


## 专题 44 带电粒子在无边界磁场的运动

### 一、单选题

1. (2023·海南·统考高考真题) 如图所示, 带正电的小球竖直向下射入垂直纸面向里的匀强磁场, 关于小球运动和受力说法正确的是 ( )

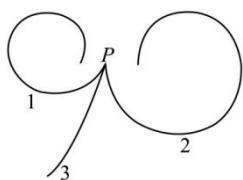


- A. 小球刚进入磁场时受到的洛伦兹力水平向右    B. 小球运动过程中的速度不变  
C. 小球运动过程的加速度保持不变    D. 小球受到的洛伦兹力对小球做正功

**【答案】A**

**【解析】A.** 根据左手定则, 可知小球刚进入磁场时受到的洛伦兹力水平向右, A 正确;  
**BC.** 小球受洛伦兹力和重力的作用, 则小球运动过程中速度、加速度大小, 方向都在变, BC 错误;  
**D.** 洛伦兹力永不做功, D 错误。  
故选 A。

2. (2022·北京·高考真题) 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**

**【解析】AD.** 根据题图可知, 1 和 3 粒子绕转动方向一致, 则 1 和 3 粒子为电子, 2 为正电子, 电子带负电且顺时针转动, 根据左手定则可知磁场方向垂直纸面向里, A 正确, D 错误;  
**B.** 电子在云室中运行, 洛伦兹力不做功, 而粒子受到云室内填充物质的阻力作用, 粒子速度越来越小, B 错误;  
**C.** 带电粒子若仅在洛伦兹力的作用下做匀速圆周运动, 根据牛顿第二定律可知

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

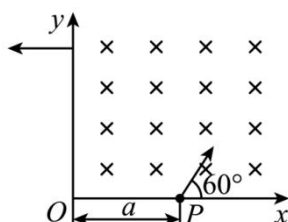
解得粒子运动的半径为

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

根据题图可知轨迹 3 对应的粒子运动的半径更大，速度更大，粒子运动过程中受到云室内物质的阻力的情况下，此结论也成立，C 错误。

故选 A。

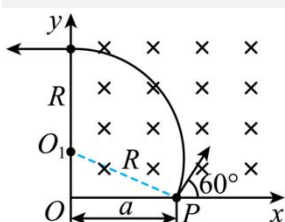
3. (2021·北京·高考真题) 如图所示，在  $xOy$  坐标系的第一象限内存在匀强磁场。一带电粒子在  $P$  点以与  $x$  轴正方向成  $60^\circ$  的方向垂直磁场射入，并恰好垂直于  $y$  轴射出磁场。已知带电粒子质量为  $m$ 、电荷量为  $q$ ， $OP = a$ 。不计重力。根据上述信息可以得出 ( )



- A. 带电粒子在磁场中运动的轨迹方程
- B. 带电粒子在磁场中运动的速率
- C. 带电粒子在磁场中运动的时间
- D. 该匀强磁场的磁感应强度

【答案】A

【解析】粒子恰好垂直于  $y$  轴射出磁场，做两速度的垂线交点为圆心  $O_1$ ，轨迹如图所示



A. 由几何关系可知

$$OO_1 = a \tan 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{3} a$$

$$R = \frac{a}{\cos 30^\circ} = \frac{2\sqrt{3}}{3} a$$

因圆心的坐标为  $(0, \frac{\sqrt{3}}{3} a)$ ，则带电粒子在磁场中运动的轨迹方程为

$$x^2 + (y - \frac{\sqrt{3}}{3}a)^2 = \frac{4}{3}a^2$$

故 A 正确；

BD. 洛伦兹力提供向心力，有

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

解得带电粒子在磁场中运动的速率为

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

因轨迹圆的半径  $R$  可求出，但磁感应强度  $B$  未知，则无法求出带电粒子在磁场中运动的速率，故 BD 错误；

C. 带电粒子圆周的圆心角为  $\frac{2}{3}\pi$ ，而周期为

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

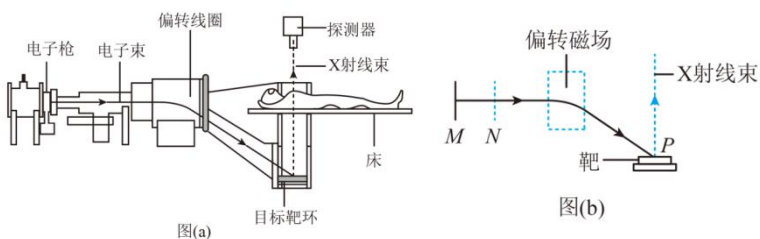
则带电粒子在磁场中运动的时间为

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

因磁感应强度  $B$  未知，则运动时间无法求得，故 C 错误；

故选 A。

4. (2020·全国·统考高考真题) CT 扫描是计算机 X 射线断层扫描技术的简称，CT 扫描机可用于对多种病情的探测。图 (a) 是某种 CT 机主要部分的剖面图，其中 X 射线产生部分的示意图如图 (b) 所示。图 (b) 中  $M$ 、 $N$  之间有一电子束的加速电场，虚线框内有匀强偏转磁场；经调节后电子束从静止开始沿带箭头的实线所示的方向前进，打到靶上，产生 X 射线（如图中带箭头的虚线所示）；将电子束打到靶上的点记为  $P$  点。则（ ）



- A.  $M$  处的电势高于  $N$  处的电势
- B. 增大  $M$ 、 $N$  之间的加速电压可使  $P$  点左移
- C. 偏转磁场的方向垂直于纸面向外
- D. 增大偏转磁场磁感应强度的大小可使  $P$  点左移

**【答案】D**

【解析】A. 由于电子带负电，要在 MN 间加速则 MN 间电场方向由 N 指向 M，根据沿着电场线方向电势逐渐降低可知 M 的电势低于 N 的电势，故 A 错误；

B. 增大加速电压则根据

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

可知会增大到达偏转磁场的速度；又根据在偏转磁场中洛伦兹力提供向心力有

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

可得

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

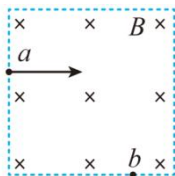
可知会增大在偏转磁场中的偏转半径，由于磁场宽度相同，故根据几何关系可知会减小偏转的角度，故 P 点会右移，故 B 错误；

C. 电子在偏转电场中做圆周运动，向下偏转，根据左手定则可知磁场方向垂直纸面向里，故 C 错误；

D. 由 B 选项的分析可知，当其它条件不变时，增大偏转磁场磁感应强度会减小半径，从而增大偏转角度，使 P 点左移，故 D 正确。

故选 D。

5. (2019·北京·高考真题) 如图所示，正方形区域内存在垂直纸面的匀强磁场。一带电粒子垂直磁场边界从 a 点射入，从 b 点射出。下列说法正确的是



- A. 粒子带正电
- B. 粒子在 b 点速率大于在 a 点速率
- C. 若仅减小磁感应强度，则粒子可能从 b 点右侧射出
- D. 若仅减小入射速率，则粒子在磁场中运动时间变短

【答案】C

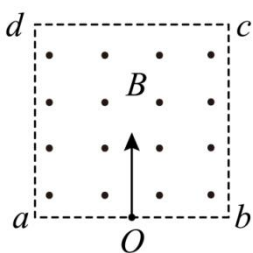
【解析】由左手定则确定粒子的电性，由洛伦兹力的特点确定粒子在 b、a 两点的速率，根据  $qvB = m\frac{v^2}{r}$  确定粒子运动半径和运动时间。

由题可知，粒子向下偏转，根据左手定则，所以粒子应带负电，故 A 错误；由于洛伦兹力不做功，所以粒

子动能不变，即粒子在  $b$  点速率与  $a$  点速率相等，故 **B** 错误；若仅减小磁感应强度，由公式  $qvB = m \frac{v^2}{r}$  得：

$r = \frac{mv}{qB}$ ，所以磁感应强度减小，半径增大，所以粒子有可能从  $b$  点右侧射出，故 **C** 正确，若仅减小入射速率，粒子运动半径减小，在磁场中运动的偏转角增大，则粒子在磁场中运动时间一定变长，故 **D** 错误。

6. (2019·全国·高考真题) 如图，边长为  $l$  的正方形  $abcd$  内存在匀强磁场，磁感应强度大小为  $B$ ，方向垂直于纸面 ( $abcd$  所在平面) 向外。  $ab$  边中点有一电子发射源  $O$ ，可向磁场内沿垂直于  $ab$  边的方向发射电子。 已知电子的比荷为  $k$ 。 则从  $a$ 、 $d$  两点射出的电子的速度大小分别为



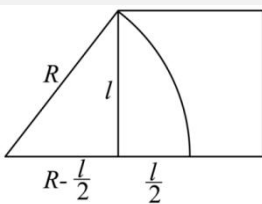
- A.  $\frac{1}{4}kBl, \frac{\sqrt{5}}{4}kBl$                       B.  $\frac{1}{4}kBl, \frac{5}{4}kBl$   
 C.  $\frac{1}{2}kBl, \frac{\sqrt{5}}{4}kBl$                       D.  $\frac{1}{2}kBl, \frac{5}{4}kBl$

**【答案】 B**

**【解析】**  $a$  点射出粒子半径  $R_a = \frac{l}{4} = \frac{mv_a}{Bq}$ ，得： $v_a = \frac{Bql}{4m} = \frac{Blk}{4}$ ，

$d$  点射出粒子半径为  $R^2 = l^2 + \left(R - \frac{l}{2}\right)^2$ ， $R = \frac{5}{4}l$

故  $v_d = \frac{5Bql}{4m} = \frac{5klB}{4}$ ，故 **B** 选项符合题意



7. (2015·广东·高考真题) 在同一匀强磁场中， $\alpha$  粒子 ( ${}^4_2\text{He}$ ) 和质子 ( ${}^1_1\text{H}$ ) 做匀速圆周运动，若它们的动量大小相等，则  $\alpha$  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

【解析】带电粒子在磁场中做匀速圆周运动的向心力由洛伦兹力提供，根据洛伦兹力大小计算公式和向心力公式有

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

解得其运动半径为

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

由题意可知

$$m_\alpha v_\alpha = m_H v_H,$$

所以有：

$$\frac{r_\alpha}{r_H} = \frac{q_H}{q_\alpha} = \frac{1}{2}, \quad \frac{v_\alpha}{v_H} = \frac{m_H}{m_\alpha} = \frac{1}{4}, \quad \frac{f_\alpha}{f_H} = \frac{q_\alpha}{q_H} \cdot \frac{m_H}{m_\alpha} = \frac{1}{2}$$

根据匀速圆周运动参量间关系有

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

解得

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

所以有

$$\frac{T_\alpha}{T_H} = \frac{m_\alpha}{m_H} \cdot \frac{q_H}{q_\alpha} = \frac{2}{1}$$

故选 B。

8. (2015·全国·高考真题) 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

【解析】由于磁场方向与速度方向垂直，粒子只受到洛伦兹力作用，即

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

轨道半径

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

洛伦兹力不做功，从较强到较弱磁场区域后，速度大小不变，但磁感应强度变小，轨道半径变大，根据角速度

$$\omega = \frac{v}{R}$$

可知角速度减小。

故选 D。

9. (2012·北京·高考真题) 处于匀强磁场中的一个带电粒子，仅在磁场力作用下做匀速圆周运动。将该粒子的运动等效为环形电流，那么此电流值

- A. 与粒子电荷量成正比
- B. 与粒子速率成正比
- C. 与粒子质量成正比
- D. 与磁感应强度成正比

**【答案】D**

**【解析】** 试题分析：带电粒子以速率  $v$  垂直射入磁感强度为  $B$  的匀强磁场中，由洛伦兹力提供向心力，根据牛顿第二定律求出带电粒子圆周运动的周期，由电流的定义式得出电流的表达式，再进行分析。

解：设带电粒子在匀强磁场中做匀速圆周运动的周期为  $T$ ，半径为  $r$ ，则

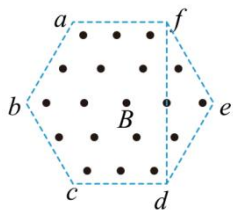
$$\text{由 } qvB = m\frac{v^2}{r}, \text{ 得 } r = \frac{mv}{qB}, T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi m}{qB}$$

环形电流： $I = \frac{q}{T} = \frac{q^2 B}{2\pi m}$ ，可见， $I$  与  $q$  的平方成正比，与  $v$  无关，与  $B$  成正比，与  $m$  成反比。

故选 D。

**【点评】** 本题是洛伦兹力、向心力和电流等知识的综合应用，抓住周期与  $B$ 、 $I$  的联系是关键。

10. (2016·四川·高考真题) 如图所示，正六边形  $abcdef$  区域内有垂直于纸面的匀强磁场。一带正电的粒子从  $f$  点沿  $fd$  方向射入磁场区域，当速度大小为  $v_b$  时，从  $b$  点离开磁场，在磁场中运动的时间为  $t_b$ ，当速度大小为  $v_c$  时，从  $c$  点离开磁场，在磁场中运动的时间为  $t_c$ ，不计粒子重力。则



- A.  $v_b:v_c=1:2, t_b:t_c=2:1$
- B.  $v_b:v_c=2:2, t_b:t_c=1:2$
- C.  $v_b:v_c=2:1, t_b:t_c=2:1$
- D.  $v_b:v_c=1:2, t_b:t_c=1:2$

【答案】A

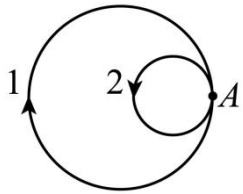
【解析】试题分析：设正六边形边长为  $L$ ，若粒子从  $b$  点离开磁场，可知运动的半径为  $R_1=L$ ，在磁场中转过角度为  $\theta_1=120^\circ$ ；若粒子从  $c$  点离开磁场，可知运动的半径为  $R_2=2L$ ，在磁场中转过角度为  $\theta_2=60^\circ$ ，根据  $R = \frac{mv}{qB}$  可知  $v_b:v_c=R_1:R_2=1:2$ ；根据  $t = \frac{\theta}{360}T = \frac{\theta}{360} \cdot \frac{2\pi m}{qB}$  可知， $t_b:t_c=\theta_1:\theta_2=2:1$ ，故选 A。

考点：带电粒子在匀强磁场中的运动

【名师点睛】此题考查了带电粒子在匀强磁场中的运动；做此类型的习题，关键是画出几何轨迹图，找出半径关系及偏转的角度关系；注意粒子在同一磁场中运动的周期与速度是无关的；记住两个常用的公式：

$$R = \frac{mv}{qB} \text{ 和 } T = \frac{2\pi m}{qB} .$$

11. (2015·北京·高考真题) 实验观察到，静止在匀强磁场中  $A$  点的原子核发生  $\beta$  衰变，衰变产生的新核与电子恰在纸面内做匀速圆周运动，运动方向和轨迹示意图如图。则 ( )



- A. 轨迹 1 是电子的，磁场方向垂直纸面向外
- B. 轨迹 2 是电子的，磁场方向垂直纸面向外
- C. 轨迹 1 是新核的，磁场方向垂直纸面向里
- D. 轨迹 2 是新核的，磁场方向垂直纸面向里

【答案】D

【解析】静止的核发生  $\beta$  衰变 ( ${}_Z^A X \rightarrow {}_Z^A Y + {}_{-1}^0 e$ ) 由内力作用，满足动量守恒，则新核  $Y$  和电子的动量等大反向，垂直射入匀强磁场后均做匀速圆周运动，由  $qvB = m \frac{v^2}{r}$  可知  $r = \frac{mv}{qB}$ ，则两个新核的运动半径与电量成反比，即  $x = \frac{1}{2}at^2$ ，则新核为小圆，电子为大圆；而新核带正电，电子带负电，由左手定则可知磁场方向垂直纸面向里，选项 D 正确。

12. (2014·北京·高考真题) 带电粒子  $a$ 、 $b$  在同一匀强磁场中做匀速圆周运动，它们的动量大小相等， $a$  运动的半径大于  $b$  运动的半径。若  $a$ 、 $b$  的电荷量分别为  $q_a$ 、 $q_b$ ，质量分别为  $m_a$ 、 $m_b$ ，周期分别为  $T_a$ 、 $T_b$ 。则一定有 ( )

- A.  $q_a < q_b$
- B.  $m_a < m_b$
- C.  $T_a < T_b$
- D.  $\frac{q_a}{m_a} = \frac{q_b}{m_b}$

【答案】A



【解析】粒子做匀速圆周运动，洛伦兹力提供向心力，根据牛顿第二定律，有：

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

解得

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

由于  $mv$ 、 $B$  相同，故  $r \propto \frac{1}{q}$ ；

A.  $r \propto \frac{1}{q}$ ， $a$  运动的半径大于  $b$  运动的半径，故  $q_a < q_b$ ，故 A 正确；

B. 由于动量  $mv$  相同，但速度大小未知，故无法判断质量大小，故 B 错误；

C. 周期  $T = \frac{2\pi r}{v}$ ，虽然知道  $a$  运动的半径大于  $b$  运动的半径，但不知道速度大小关系，故无法判断周期关系，故 C 错误；

D. 粒子做匀速圆周运动，洛伦兹力提供向心力，根据牛顿第二定律，有

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

故

$$\frac{q}{m} = \frac{v}{rB}$$

虽然知道  $a$  运动的半径大于  $b$  运动的半径，但不知道速度大小关系，故无法判断比荷关系，故 D 错误。

故选 A。

点睛：本题关键是明确粒子的运动情况和受力情况，然后结合牛顿第二定律列式分析。

13. (2014·安徽·高考真题)“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

【解析】粒子在磁场中做匀速圆周运动，即

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

粒子运动的动能为

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{q^2 B^2 R^2}{2m} \propto T$$

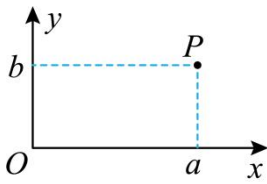
由此可知，运动半径  $R$  不变时，有

$$B \propto \sqrt{T}$$

故选 A。

## 二、多选题

14. (2022·湖北·统考高考真题) 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**

**【解析】AB.** 该过程中由方向平行于  $y$  轴的匀强电场实现，此时粒子做类平抛运动，沿  $x$  轴正方向做匀速直线运动；当该过程仅由方向垂直于纸面的匀强磁场实现时，此时粒子做匀速圆周运动，沿  $x$  轴正方向分速度在减小，根据

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

可知

$$t_1 < t_2$$

故 A 正确，B 错误。

**CD.** 该过程中由方向平行于  $y$  轴的匀强电场实现，此时粒子做类平抛运动，到达  $P$  点时速度大于  $v_0$ ；当该过程仅由方向垂直于纸面的匀强磁场实现时，此时粒子做匀速圆周运动，到达  $P$  点时速度等于  $v_0$ ，而根据

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

可知

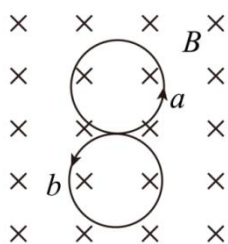
$$E_{k1} > E_{k2}$$

故 C 错误，D 正确。

故选 AD。

15. (2021·湖北·统考高考真题) 一电中性微粒静止在垂直纸面向里的匀强磁场中，在某一时刻突然分裂成

a、b 和 c 三个微粒，a 和 b 在磁场中做半径相等的匀速圆周运动，环绕方向如图所示，c 未在图中标出。仅考虑磁场对带电微粒的作用力，下列说法正确的是（ ）



- A. a 带负电荷  
B. b 带正电荷  
C. c 带负电荷  
D. a 和 b 的动量大小一定相等

**【答案】BC**

**【解析】ABC.** 由左手定则可知，粒子 a、粒子 b 均带正电，电中性的微粒分裂的过程中，总的电荷量应保持不变，则粒子 c 应带负电，A 错误，BC 正确；

D. 粒子在磁场中做匀速圆周运动时，洛伦兹力提供向心力，即

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

解得

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

由于粒子 a 与粒子 b 的质量、电荷量大小关系未知，则粒子 a 与粒子 b 的动量大小关系不确定，D 错误。

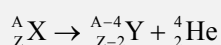
故选 BC。

16. (2019·浙江·高考真题) 静止在匀强磁场中的原子核 X 发生  $\alpha$  衰变后变成新原子核 Y。已知核 X 的质量数为 A，电荷数为 Z，核 X、核 Y 和  $\alpha$  粒子的质量分别为  $m_X$ 、 $m_Y$  和  $m_\alpha$ ， $\alpha$  粒子在磁场中运动的半径为 R。则（ ）

- A. 衰变方程可表示为  ${}^A_Z\text{X} \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}\text{Y} + {}^4_2\text{He}$  B. 核 Y 的结合能为  $(m_X - m_Y - m_\alpha)c^2$   
C. 核 Y 在磁场中运动的半径为  $\frac{2R}{Z-2}$  D. 核 Y 的动能为  $E_{kY} = \frac{m_Y(m_X - m_Y - m_\alpha)c^2}{m_Y + m_\alpha}$

**【答案】AC**

**【解析】A.** 根据质量数和电荷数守恒可知，衰变方程可表示为



A 正确；

B. 此反应中放出的总能量为

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/037013015004006146>