

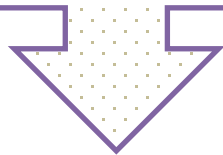
习题课三 原子核反应及核能的计算

素养·目标定位

课堂·要点解读

随堂训练

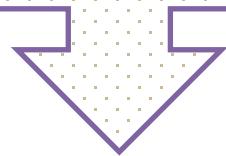
素养·目标定位



目标素养

1. 会判断原子核的衰变种类,并会应用半衰期公式求解实际问题。
2. 区分核反应类型,并能正确书写核反应方程。
3. 会利用质能方程计算核能。

课堂·要点解读

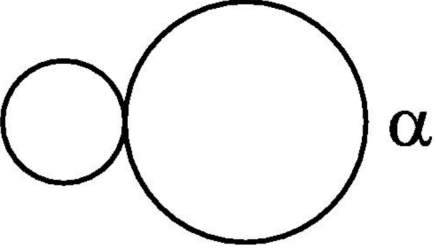
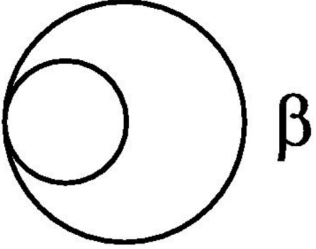


一 原子核的衰变及半衰期

知识讲解

1. 衰变规律及实质。

(1) α 衰变、 β 衰变的比较。

衰变类型	α 衰变	β 衰变
衰变方程	${}^A_Z\text{X} \longrightarrow {}^{A-4}_{Z-2}\text{Y} + {}^4_2\text{He}$	${}^A_Z\text{X} \longrightarrow {}^{A}_{Z+1}\text{Y} + {}^0_{-1}\text{e}$
衰变实质	2 个质子和 2 个中子结合成一个整体射出	1 个中子转化为 1 个质子和 1 个电子
	$2{}^1_1\text{H} + 2{}^1_0\text{n} \longrightarrow {}^4_2\text{He}$	${}^1_0\text{n} \longrightarrow {}^1_1\text{H} + {}^0_{-1}\text{e}$
匀强磁场中 轨迹形状		
衰变规律	电荷数守恒、质量数守恒、动量守恒	

(2) γ 射线: γ 射线经常是伴随着 α 衰变或 β 衰变产生的。其实质是放射性原子核在发生 α 衰变或 β 衰变的过程中,产生的新核由于具有过多的能量(原子核处于激发态)而辐射出光子。

2.三种射线的成分和性质。

名称	构成	符号	电荷量	质量	电离能力	贯穿本领
α 射线	氦核	${}^4_2\text{He}$	$+2e$	4 u	最强	最弱
β 射线	电子	${}^0_{-1}\text{e}$	$-e$	5.486×10^{-4} u	较强	较强
γ 射线	光子	γ	0	0	最弱	最强

3.半衰期。

(1)定义:放射性元素的原子核有半数发生衰变所需的时间。

(2)衰变规律: $N=N_0 \frac{1}{2}^{\frac{t}{\tau}}$ 、 $m=m_0 \frac{1}{2}^{\frac{t}{\tau}}$ 。

(3)影响因素:由原子核内部因素决定,跟原子所处的物理、化学状态无关。

典例剖析

【例1】 (多选) ^{14}C 衰变为 ^{14}N ,半衰期约为5 730年。已知植物存活期间,其体内 ^{14}C 与 ^{12}C 的比例不变,生命活动结束后, ^{14}C 的比例会持续减少。现测量某古木样品中 ^{14}C 的比例,发现正好是现代植物样品中 ^{14}C 比例的四分之一,

则(AC)

A.该古木生命活动结束的年代距今约11 460年

B.再过约5 730年,该样品中的 ^{14}C 将全部衰变殆尽

C. ^{14}C 衰变为 ^{14}N 的本质是原子核内 ${}^1_0\text{n} \longrightarrow {}^1_1\text{H} + {}^0_{-1}\text{e}$

D.改变样品测量环境的温度和压强,可以改变 ^{14}C 的衰变快慢

解析: 设原来 ^{14}C 的质量为 m_0 , 衰变后剩余质量为 m , 则有 $\frac{m}{m_0} = \frac{1}{4} =$

$\left(\frac{1}{2}\right)^n$, 其中 n 为发生半衰期的次数, 故 $n=2$, 所以该古木生命活动结束的
年代距今约 11 460 年, 选项 A 正确; 再过约 5 730 年, 则又经过了一个
半衰期, 该样品中的 ^{14}C 将变成现代植物样品中 ^{14}C 比例的 $\frac{1}{8}$, 选项
B 错误; ^{14}C 衰变为 ^{14}N 的过程中质量数没有变化而核电荷数增加 1,
所以是其中的一个中子变成了一个质子和一个电子, 故放出 β 射线,
其衰变的本质为 ${}^1_0\text{n} \longrightarrow {}^1_1\text{H} + {}^0_{-1}\text{e}$, 选项 C 正确; 放射性元素的半衰期
与物理环境以及化学环境无关, 选项 D 错误。

规律方法 对半衰期的理解

1. 半衰期是大量原子核衰变时的统计规律,对个别或少量原子核,无半衰期可言。

2. 根据半衰期的概念,可总结出公式 $N_{\text{余}} = N_{\text{原}} \frac{1}{2}^{\frac{t}{\tau}}$, $m_{\text{余}} = m_{\text{原}} \frac{1}{2}^{\frac{t}{\tau}}$ 。

式中 $N_{\text{原}}$ 、 $m_{\text{原}}$ 表示衰变前的放射性元素的原子数和质量, $N_{\text{余}}$ 、 $m_{\text{余}}$ 表示衰变后尚未发生衰变的放射性元素的原子数和质量, t 表示衰变时间, τ 表示半衰期。

学以致用

1. 下列说法正确的是()

A. 氡的半衰期为3.8天,8个氡原子核经过7.6天后一定有6个氡原子核发生了衰变

B. 天然放射的三种射线中,穿透能力最强的是 α 射线

C. ${}_{92}^{238}\text{U}$ 衰变成 ${}_{82}^{206}\text{Pb}$ 要经过 8 次 α 衰变和 6 次 β 衰变

D. 放射性元素发生 β 衰变时所释放的电子是原子的核外电子挣脱原子核的束缚形成的

答案:C

解析:半衰期具有统计规律,对大量的原子核适用,对少量的原子核不适用,选项A错误;

α 射线实质是氦核, β 射线是高速的电子流, γ 射线实质是电磁波, γ 射线的穿透本领最强, α 射线穿透本领最弱,选项B错误;

因为 β 衰变的质量数不变,所以 α 衰变的次数 $n = \frac{238-206}{4} = 8$,在 α 衰

变的过程中电荷数总共少16,则 β 衰变的次数 $m = \frac{16-10}{1} = 6$,选项C

正确;

β 衰变所释放的电子是原子核内的中子转化成质子和电子所产生的,不是来自核外电子,选项D错误。

2.航天器上常用的核电池为“钚238”核热电池,其原理为:电池芯部的“钚238”衰变产生热量,通过“热电转换器”将热能转化为电能。已知“钚238”(${}^{238}_{94}\text{Pu}$)衰变产生 α 粒子和新核X,质量为 m 的“钚238”经时间 t_0 发生衰变的质量为 $\frac{3}{4}m$,则()

A.产生的 α 射线有很强的穿透能力

B.X核内有143个中子 $\frac{t_0}{2}$

C.“钚238”的半衰期为

D.电池工作时内部处于高温,“钚238”的半衰期变短

答案:C

解析: α 射线穿透能力较弱,在空气中只能前进几厘米,用一张纸就能把它挡住,选项A错误;根据质量数守恒和电荷数守恒可知X的质量数和电荷数分别为 $A=238-4=234$, $Z=94-2=92$,所以中子数为 $N=A-Z=142$,选项B错误;设“钚238”的半衰期为 t ,

由题意可得 $m \frac{1}{2}^{\frac{t_0}{t}} = m - \frac{3}{4}m$,解得 $t = \frac{t_0}{2}$,选项C正确;

半衰期由核内部自身的因素决定,与原子所处的化学状态和外部条件均无关,所以电池工作时内部处于高温,“钚238”的半衰期不变,选项D错误。

二 核反应类型及核反应方程

知识讲解

1.核反应的四种类型。

类型		可控性	核反应方程典例
衰变	α 衰变	自发	${}_{92}^{238}\text{U} \longrightarrow {}_{90}^{234}\text{Th} + {}_2^4\text{He}$
	β 衰变	自发	${}_{90}^{234}\text{Th} \longrightarrow {}_{91}^{234}\text{Pa} + {}_{-1}^0\text{e}$

类型		可控性	核反应方程典例
人工 转变	人工控制	${}_{7}^{14}\text{N} + {}_{2}^{4}\text{He} \longrightarrow {}_{8}^{17}\text{O} + {}_{1}^{1}\text{H}$ (卢瑟福发现质子)	
		${}_{2}^{4}\text{He} + {}_{4}^{9}\text{Be} \longrightarrow {}_{6}^{12}\text{C} + {}_{0}^{1}\text{n}$ (查德威克发现中子)	
		${}_{13}^{27}\text{Al} + {}_{2}^{4}\text{He} \longrightarrow {}_{15}^{30}\text{P} + {}_{0}^{1}\text{n}$	约里奥·居里夫妇发现放射性同位素,同时发现正电子
		${}_{15}^{30}\text{P} \longrightarrow {}_{14}^{30}\text{Si} + {}_{1}^{0}\text{e}$	

类型		可控性	核反应方程典例
重核 裂变	比较容易进 行人工控制		${}_{92}^{235}\text{U} + {}_0^1\text{n} \longrightarrow {}_{56}^{144}\text{Ba} + {}_{36}^{89}\text{Kr} + 3{}_0^1\text{n}$
			${}_{92}^{235}\text{U} + {}_0^1\text{n} \longrightarrow {}_{54}^{136}\text{Xe} + {}_{38}^{90}\text{Sr} + 10{}_0^1\text{n}$
轻核 聚变	很难控制		${}_1^2\text{H} + {}_1^3\text{H} \longrightarrow {}_2^4\text{He} + {}_0^1\text{n}$

2.核反应方程式的书写。

(1)熟记常见基本粒子的符号是正确书写核反应方程的基础。

如质子(${}^1_1\text{H}$)、中子(${}^1_0\text{n}$)、 α 粒子(${}^4_2\text{He}$)、 β 粒子(${}_{-1}^0\text{e}$)、正电子(${}^0_1\text{e}$)、氘核(${}^2_1\text{H}$)、氚核(${}^3_1\text{H}$)等。

(2)核反应过程遵循两个守恒:①质量数守恒;②电荷数守恒。

(3)由于核反应不可逆,所以书写核反应方程式时只能用“ \rightarrow ”表示反应方向,而不能用“ $=$ ”。

(4)核反应的生成物一定要以实验为基础,不能只依据质量数守恒、电荷数守恒凭空杜撰出生成物来写核反应方程。

典例剖析

【例 2】 20 世纪 40 年代初,我国科学家王淦昌先生首先提出证明中微子存在的实验方案:如果静止原子核 ${}^7_4\text{Be}$ 俘获核外 K 层电子 e,可生成一个新原子核 X,并放出中微子 ν_e ,即 ${}^7_4\text{Be} + {}_{-1}^0\text{e} \longrightarrow \text{X} + {}^0_0\nu_e$ 。根据核反应后原子核 X 的动能和动量,可以间接测量中微子的能量和动量,进而确定中微子的存在。

下列说法正确的是()

A.原子核 X 是 ${}^7_3\text{Li}$

B.核反应前后的总质子数不变

C.核反应前后总质量数不同

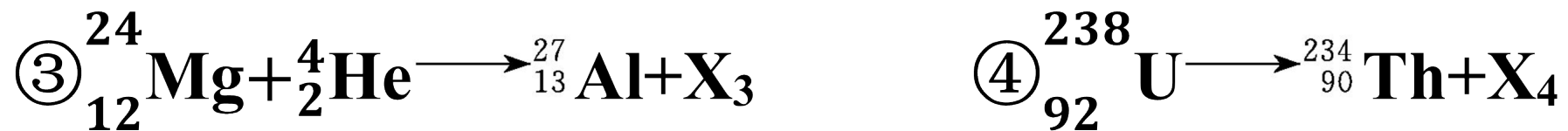
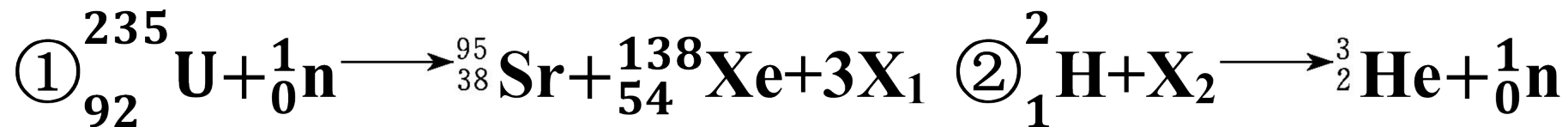
D.中微子 ν_e 的电荷量与电子的相同

答案:A

解析:根据质量数守恒和电荷数守恒可知,X的质量数为7,电荷数为3,可知原子核X是 ${}^7_3\text{Li}$,选项A正确,C错误;由选项A可知,原子核X是 ${}^7_3\text{Li}$,则核反应方程为 ${}^7_4\text{Be}+{}^{-1}_0\text{e}\longrightarrow{}^7_3\text{Li}+{}^0_0\nu_{\text{e}}$,则反应前的总质子数为4,反应后的总质子数为3,选项B错误;中微子不带电,则中微子 ν_{e} 电荷量与电子的不相同,选项D错误。

学以致用

3. 有四个核反应方程如下, 下列说法正确的是()



A. ①是核聚变, X_1 是 $\text{}_{0}^1\text{n}$

B. ②是核裂变, X_2 是 $\text{}_{1}^2\text{H}$

C. ③是原子核的人工转变, X_3 是 $\text{}_{1}^1\text{H}$

D. ④是核裂变, X_4 是 $\text{}_{2}^4\text{He}$

答案:C

解析:根据质量数与电荷数守恒, X_1 的质量数与电荷数分别为

$\frac{235+1-95-138}{3}=1, \frac{92-38-54}{3}=0$,则 X_1 是 ${}_0^1\text{n}$,该反应是核裂变,选项 A 错误;

根据质量数与电荷数守恒, X_2 的质量数与电荷数分别为 $3+1-2=2$,

$2-1=1$,则 X_2 是 ${}_1^2\text{H}$,该反应是核聚变,选项 B 错误;根据质量数与电

荷数守恒, X_3 的质量数与电荷数分别为 $24+4-27=1, 12+2-13=1$,则

X_3 是 ${}_1^1\text{H}$,该反应是人工核转变,选项 C 正确;根据质量数与电荷

数守恒, X_4 的质量数与电荷数分别为 $238-234=4, 92-90=2$,则 X_4 是

${}_2^4\text{He}$,该反应是 α 衰变,选项 D 错误。

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/615020230012012001>