**质量亏损**

**一、质量亏损**

**1．结合能**

上述过程是用宏观物体做的例子。原子核是核子凭借核力结合在一起构成的，要把它们分开，也需要能量，这就是原子的结合能。

显然，组成原子核的核子越多，它的结合能越高。因此，有意义的是它的结合能与核子数之比，称为比结合能，也叫平均结合能。比结合能越大，原子核中核子结合得越牢固，原子核越稳定。

中等质量的核比结合能较大，原子核较稳定，因此，重核的裂变、轻核的聚变都是放能反应。

**典例精讲**

**【例1.1】**（天津一模）关于原子和原子核，下列说法正确的是（　　）

A．天然放射线中的β射线来自原子核内

B．天然放射现象的发现，说明原子是可以再分的

C．核泄漏污染物$\_{55}^{137}$Cs能够产生对人体有害的辐射，核反应方程式为$\_{55}^{137}$Cs→$\_{56}^{137}$Cs+X，X为中子

D．原子核的结合能越大，原子核越稳定

**【例1.2】**（工农区校级期末）如图所示，表示原子核的比结合能与质量数A的关系，据此下列说法中正确的（　　）



A．重的原子核，因为它的核子多，核力大，所以结合得坚固而稳定

B．锂核（$\_{3}^{6}Li$）的核子的比结合能比铀核的比结合能小，因而比铀核结合得更坚固更稳定

C．原子核结合的松紧程度可以用“比结合能”来表征，比结合能的定义是每个核子的平均结合能；比结合能越大的原子核越稳定

D．比结合能小的原子核结合成（或分裂成）比结合能大的原子核时一定吸收能量

**【例1.3】**（福州期末）下列说法正确的是（　　）

A．原子核结合能越大，原子核越稳定

B．光的波长越短，其波动性越明显；波长越长，其粒子性越显著

C．氡的半衰期为3.8天，若有四个氡原子核，经过7.6天就只剩下一个

D．核力是一种强相互作用力，在其作用范围内，可能是引力也可能是斥力

**【例1.4】**（徐州期末）下列叙述正确的是（　　）

A．弱相互作用是引起原子核β衰变的原因

B．天然放射现象的发现使人类认识到原子具有复杂的结构

C．结合能越大，原子核中核子结合得越牢固，原子核越稳定

D．比较α、β、γ三种射线，α射线，电离能力最弱、穿透能力最强

**2．质量亏损**

原子核的结合能很难直接测量，爱因斯坦已经给我们指出了物体的能量和它的质量之间的关系，即。

实验表明，原子核的质量小于组成它的核子的质量之和，这个现象叫做质量亏损。我们可以通过来计算质量亏损过程中释放出的能量。

随堂练习

**一、单项选择题**

1. 对公式 $ΔE=Δmc^{2}$，下列说法中正确的是

 A. 能量可以转化为质量

 B. 质量可以转化为能量

 C. 能量的转化与质量的转化是成比例的

 D. 在核反应中，能量与质量都不守恒

2. 中子比质子更容易击中原子核的原因是

 A. 中子体积较小 B. 中子速度较大 C. 中子能量较大 D. 中子不带电

3. 下面关于结合能和比结合能的说法中，正确的是

 A. 核子结合成原子核吸收的能量或原子核分解成核子放出的能量称为结合能

 B. 比结合能越大的原子核越稳定，因此它的结合能也一定越大

 C. 重核与中等质量原子核相比较，重核的结合能和比结合能都大

 D. 中等质量的原子核的结合能和比结合能均比轻核的要大

4. 中子 $n$ 、质子 $p$ 、氘核 $D$ 的质量分别是 $m\_{n}$ 、 $m\_{p}$ 、 $m\_{D}$。现用光子能量为 $E$ 的 $γ$ 射线照射静止的氘核使之分解，核反应方程为 $γ+D=p+n$，若分解后中子、质子的动能可视为相等，且能量都以动能的形式存在，则中子的动能是

 A. $\frac{(m\_{D}−m\_{p}−m\_{n})c^{2}−E}{2}$ B. $\frac{(m\_{D}+m\_{n}−m\_{p})c^{2}+E}{2}$

 C. $\frac{(m\_{D}−m\_{p}−m\_{n})c^{2}+E}{2}$ D. $\frac{(m\_{D}+m\_{n}−m\_{p})c^{2}+E}{2}$

5. 根据爱因斯坦的研究成果，物体的能量和质量的关系是 $E=mc^{2}$，这一关系叫爱因斯坦质能方程。质子的质量为 $m\_{p}$，中子的质量为 $m\_{n}$，氦核的质量为 $mα$，下列关系式正确的是

 A. $m\_{α}=(2m\_{p}+2m\_{n})$ B. $m\_{α}<(2m\_{p}+2m\_{n})$

 C. $m\_{α}>(2m\_{p}+2m\_{n})$ D. 以上关系式都不正确

6. 下列说法正确的是

 A. 自由核子结合成原子核时，一定遵守质量守恒

 B. 在发生核反应时，反应前物质的总质量一定等于反应后所生成物质的总质量

 C. 发生核反应时，反应前的总质量大于反应后的总质量，这个反应是放能反应

 D. 发生核反应时，反应前的总质量大于反应后的总质量，这个反应必须吸收能量才能发生

7. 关于爱因斯坦提出的质能方程 $E=mc^{2}$ 和 $ΔE=Δmc^{2}$，下列说法错误的是

 A. $E=mc^{2}$ 表明物体具有的能量与其质量成正比

 B. 根据 $ΔE=Δmc^{2}$ 可以计算核反应中释放的核能

 C. 一个中子和一个质子结合成氖核时，释放出核能，表明此过程中出现了质量亏损

 D. $E=mc^{2}$ 中的 $E$ 是发生核反应时释放的核能

8. 一个铀 $235$ 吸收一个中子后发生的反应方程是 $+\rightarrow ++10$，放出的能量为 $E$，铀 $235$ 核的质量为 $M$，中子的质量为 $m$，氙 $136$ 核的质量为 $m\_{1}$，锶 $90$ 核的质量为 $m\_{2}$，真空中光速为 $c$，则释放的能量 $E$ 等于

 A. $(M−m\_{1}−m\_{2})c^{2}$ B. $(M+m−m\_{1}−m\_{2})c^{2}$

 C. $(M−m\_{1}−m\_{2}−9m)c^{2}$ D. $(m\_{1}+m\_{2}+9m−M)c^{2}$

9. 当两个中子和两个质子结合成一个 $α$ 粒子时，放出 $28.30 MeV$ 的能量，当三个 $α$ 粒子结合成一个碳核时，放出 $7.26 MeV$ 的能量，则当 $6$ 个中子和 $6$ 个质子结合成一个碳核时，释放的能量为

 A. $21.04 MeV$ B. $35.56 MeV$ C. $92.16 MeV$ D. $77.64 MeV$

10. 原来静止的原子核 $$ 发生 $α$ 衰变时，放出 $α$ 粒子的动能为 $E\_{0}$。假设衰变时产生的能量全部以动能的形式释放出来，则在此衰变过程中的质量亏损是

 A. $\frac{E\_{0}}{c^{2}}$ B. $\frac{E\_{0}}{(a−4)c^{2}}$ C. $\frac{(a−4)E\_{0}}{c^{2}}$ D. $\frac{aE\_{0}}{(a−4)c^{2}}$

11. 有一种典型的铀核裂变，生成钡和氪，同时放出 $3$ 个中子，其核反应方程可表示为 $+X\rightarrow ++3\_{0}^{1}n$，已知部分原子核的比结合能与核子数的关系如图所示，下列说法正确的是

 

 A. 核反应方程中，$X$ 粒子是正电子

 B. 核反应方程中，$X$ 粒子是质子

 C. $$ 、 $$ 和 $$ 相比，$$ 核的比结合能最大，它最稳定

 D. $$ 、 $$ 和 $$ 相比，$$ 核的核子数最多，它的结合能最大

12. 静止的氡核 $$ 放出 $α$ 粒子后变为钋核 $$，$α$ 粒子动能为 $E\_{α}$。若衰变放出的能量全部变为反冲核和 $α$ 粒子的动能.真空中的光速为 $c$，则该反应中的质量亏损为

 A. $\frac{4}{218}⋅\frac{E\_{α}}{c^{2}}$ B. $0$ C. $\frac{222}{218}⋅\frac{E\_{α}}{c^{2}}$ D. $\frac{218}{222}⋅\frac{E\_{α}}{c^{2}}$

**二、填空题**

13. 一个锂核 $$ 受到一个质子的轰击，变成两个 $α$ 粒子。已知氢原子的质量是 $1.6736×10^{−27} kg$，锂原子的质量是 $11.6505×10^{−27} kg$，氦原子的质量是 $6.6466×10^{−27} kg$，上述核反应的方程是  ，释放出的能量是   $J$。（保留 $3$ 位有效数字）

14. 雷蒙德 $⋅$ 戴维斯因研究来自太阳的电子中微子（$v\_{e}$）而获得了 $2002$ 年诺贝尔物理学奖。他探测中微子所用的探测器的主体是一个贮满 $615 t$ 四氯乙烯（$C\_{2}Cl\_{4}$）溶液的巨桶。电子中微子可以将一个氯核转变成为一个氩核，其核反应方程式为 $ν\_{e}+\rightarrow  \_{18}^{37}Ar+ \_{−1}^{0}e$。已知 $$ 的质量为 $36.95658 u$，$$ 的质量为 $36.95691 u$，$$ 的质量为 $0.00055 u$，$1 u$ 质量对应的能量为 $931.5 MeV$。根据以上数据，可判断参与上述反应的电子中微子的最小能量为  。

15. “正电子湮没”是指正电子与电子相遇后一起消失而放出光子的过程，若一个电子和一个正电子相撞发生湮灭转化成一对光子，正、负电子的质量均为 $m$，相碰前动能均为 $E\_{k}$，光速为 $c$，普朗克常量为 $ℎ$，则对撞过程中系统动量  （选填“守恒”、“不守恒”），光子的频率为  。

**三、解答题**

16. $α$ 粒子的质量 $m\_{α}=6.6467×10^{−27} kg$，质子的质量 $m\_{p}=1.6726×10^{−27} kg$，中子的质量 $m\_{n}=1.6749×10^{−27} kg$。求 $α$ 粒子（氦核）的平均结合能。

17. 镭（$Ra$）是历史上第一个被分离出来的放射性元素。$$ 具有 $α$ 放射性，即它能自发的放出 $α$ 粒子而衰变成新核，其核反应方程是

 $\rightarrow +$

 实验证明，反应过程中释放的核能（衰变能）全部转化为 $α$ 粒子和新核的动能.已知 $$ 的质量 $M\_{1}=3.7533×10^{−25} kg$，$$ 的质量 $M\_{2}=3.6867×10^{−25} kg,α$ 粒子的质量 $m=6.6466×10^{−27} kg$。一个静止的

 $$ 核发生 $α$ 衰变后放射出的 $α$ 粒子的动能是多少 $ MeV$?（$1 MeV=10^{6} eV$，结果保留三位有效数字）

18. 为确定爱因斯坦质能方程 $ΔE=Δmc^{2}$ 的正确性，设计了如下实验：用动能为 $E\_{1}=0.6 MeV$ 的质子轰击静止的锂核 $$，生成两个 $α$ 粒子，测得两个 $α$ 粒子的动能之和为 $E\_{2}=19.9 MeV$

（1）写出该核反应方程；

（2）通过计算说明 $ΔE＝Δmc^{2}$ 的正确性。（计算时质子、 $α$ 粒子和锂核 $$ 的质量分别取 $m\_{p}=1.0073 u$ ， $m\_{α}=4.0015 u$ 和 $m\_{Li}=7.0160 u$）

19. 用 $γ$ 光子轰击氘核，使之产生质子和中子。已知氘核质量为 $2.0135 u$，质子质量为 $1.0072 u$，中子质量为 $1.0086 u$，$1 u=1.6606×10^{−27} kg$，普朗克常量 $ℎ=6.63×10^{−34} J⋅s$，求 $γ$ 光子的波长。