# 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Cs能够产生对人体有害的辐射，核反应方程式为Cs→Cs+X，X为中子

D．原子核的结合能越大，原子核越稳定

【分析】β衰变的本质是中子转化为一个质子和一个电子；

天然放射现象揭示了原子核具有复杂的结构；

根据质量数守恒与电荷数守恒判断X的种类；

比结合能越大，原子核越稳定。

【解答】解：A、原子核能够放射出β粒子，是由于原子核内发生β衰变，其中的中子转化为质子而放出的电子，故A正确；

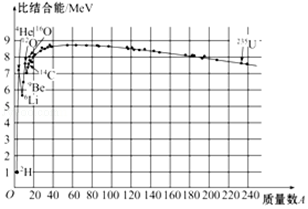
B、天然放射现象的发现，说明原子核是可以再分的，故B错误；

C、根据量子说守恒与电荷数守恒可知，核反应方程式Cs→Cs+X，可以判断X的质量数为0，电荷数为：z＝55﹣56＝﹣1，所以X为电子，故C错误；

D、原子核的比结合能越大，原子核越稳定，故D错误。

故选：A。

**【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（）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

【分析】核力与万有引力性质不同。核力只存在于相邻的核子之间；

比结合能是指：原子核结合能对其中所有核子的平均值，亦即若把原子核全部拆成自由核子，平均对每个核子所要添加的能量。用于表示原子核结合松紧程度。 比结合能越大，则原子越稳定。

【解答】解：ABC、原子核的结合能等于使其完全分解成自由核子所需的最小能量，而组成原子核的核子越多，它的结合能并不是越高，只有当比结合能越大，原子核中的核子结合的越牢固，原子核越稳定，故C正确，AB错误。

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，一定放出能量，故D错误。

故选：C。

**【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

【分析】光的波粒二象性是指光既具有波动性又有粒子性，少量粒子体现粒子性，大量粒子体现波动性。波长越长，其波动性越显著；半衰期具有统计规律；明确核力的性质：核力只存在于相邻的核子之间，核力的特点是：①短程力，核力只有在原子核的线度内才发生作用。②强相互作用，质子间产生库仑斥力，

而核力能抗拒库仑斥力而使质子紧密结合在一起，这说明核力很强，它比库仑力大100倍。

【解答】解：A、原子核的比结合能越大，原子核越稳定，故A错误。

B、光的波长越短，其粒子性越明显；波长越长，其波动性越显著，故B错误。

C、半衰期是大量放射性原子核发生衰变的统计规律，对个别的放射性原子没有意义。故C错误；

D、核力有时表现为斥力，有时表现为引力，但不是说核力既可能是引力，又可能是斥力。故D正确。

故选：D。

**【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

【分析】弱相互作用是引起β衰变的原因；比结合能越大，原子核越稳定；处于激发态的原子核，以光子的形式向外辐射能量，由此它的能量也跟原子的能量一样，其变化是不连续的，也存在着能级；核力、核力的来源是核子之间的相互作用，其作用的范围是10﹣15m。

【解答】解：A、弱相互作用，是引起β衰变的原因，故A正确；

B、天然放射现象的发现使人类认识到原子核具有复杂的结构故，B错误

C、比结合能越大，表示原子核中核子结合得越牢靠，原子核越稳定，故C错误；

D、α、β、γ三种射线，α射线，电离能力最强、穿透能力最弱，故D错误。

故选：A。

**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 ，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 、质子 、氘核 的质量分别是 、 、 。现用光子能量为 的 射线照射静止的氘核使之分解，核反应方程为 ，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. B.

C. D.

5. 根据爱因斯坦的研究成果，物体的能量和质量的关系是 ，这一关系叫爱因斯坦质能方程。质子的质量为 ，中子的质量为 ，氦核的质量为 ，下列关系式正确的是

A. B.

C. 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 和 ，下列说法错误的是

A. 表明物体具有的能量与其质量成正比

B. 根据 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. 中的 是发生核反应时释放的核能

8. 一个铀 吸收一个中子后发生的反应方程是 ，放出的能量为 ，铀 核的质量为 ，中子的质量为 ，氙 核的质量为 ，锶 核的质量为 ，真空中光速为 ，则释放的能量 等于

A. B.

C. D.

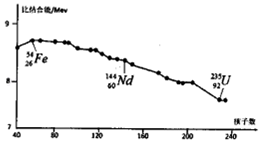
9. 当两个中子和两个质子结合成一个 粒子时，放出 的能量，当三个 粒子结合成一个碳核时，放出 的能量，则当 个中子和 个质子结合成一个碳核时，释放的能量为

A. B. C. D.

10. 原来静止的原子核 发生 衰变时，放出 粒子的动能为 。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. B. C. D.

11. 有一种典型的铀核裂变，生成钡和氪，同时放出 个中子，其核反应方程可表示为 ，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， 粒子是正电子

B. 核反应方程中， 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 粒子后变为钋核 ， 粒子动能为 。若衰变放出的能量全部变为反冲核和 粒子的动能.真空中的光速为 ，则该反应中的质量亏损为

A. B. C. D.

**二、填空题**

13. 一个锂核 受到一个质子的轰击，变成两个 粒子。已知氢原子的质量是 ，锂原子的质量是 ，氦原子的质量是 ，上述核反应的方程是  ，释放出的能量是   。（保留 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（）而获得了 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 四氯乙烯（）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 。已知 的质量为 ， 的质量为 ， 的质量为 ， 质量对应的能量为 。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 ，相碰前动能均为 ，光速为 ，普朗克常量为 ，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. 粒子的质量 ，质子的质量 ，中子的质量 。求 粒子（氦核）的平均结合能。

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

实验证明，反应过程中释放的核能（衰变能）全部转化为 粒子和新核的动能.已知 的质量 ， 的质量 粒子的质量 。一个静止的

核发生 衰变后放射出的 粒子的动能是多少 ?（，结果保留三位有效数字）

18. 为确定爱因斯坦质能方程 的正确性，设计了如下实验：用动能为 的质子轰击静止的锂核 ，生成两个 粒子，测得两个 粒子的动能之和为

（1）写出该核反应方程；

（2）通过计算说明 的正确性。（计算时质子、 粒子和锂核 的质量分别取 ， 和 ）

19. 用 光子轰击氘核，使之产生质子和中子。已知氘核质量为 ，质子质量为 ，中子质量为 ，，普朗克常量 ，求 光子的波长。

## 答案

**第一部分**

1. C

【解析】 只说明质量亏损和释放出核能这两种现象的联系，并不是说明物体的质量和能量之间存在着相互转化关系，故AB错误，C项正确。

在核反应中，能量和质量并不违反守恒定律，故D错误。

2. D

【解析】由于中子不带电，与原子核之间不存在库仑斥力，所以，它比其他粒子更易接近原子核并打进内部去，D项正确。

3. D

【解析】原子核分解成核子时需要的能量为结合能，它等于核子结合成原子核时放出的能量，所以选项A错误；

比结合能越大，原子核越稳定，而结合能 与核子数有关，所以选项B错误；

中等质量的原子核比结合能较大，所以选项C错误；

中等质量的原子核的比结合能较大，核子数又较多，其结合能比轻核的要大，所以选项D正确。

4. C

【解析】核反应因质量亏损释放的核能为 ，再加上原光子的能量也转化成动能，又因两个粒子动能相等，所以有 ，选项C正确。

5. B

【解析】 、 ，故B正确。

6. C

【解析】自由核子结合成原子核或其他类型的核反应，因为伴有能量的释放或吸收，根据爱因斯坦质能方程 知，核反应前后不遵守质量守恒，AB错误；

若核反应时，出现质量亏损情况，则为放能反应，C项正确

7. D

【解析】 中的 为质量是 的物质所对应的能量， 中的 才是核反应中释放的核能。

8. C

【解析】铀 裂变时的质量亏损：，由质能方程可得

9. C

【解析】根据爱因斯坦的质能方程知 ，

，，

故 。

10. D

【解析】衰变方程为 ，设新核动能为 ，由动量守恒 ，

则 ，总动能 ，

由质能方程 得质量亏损 ，故 、 、 错，D对。

11. D

【解析】根据电荷数守恒、质量数守恒知， 的电荷数为 ，质量数为 ， 为中子，故AB错误；

由图可知，在 附近原子核的比结合能最大，然后随核子数的增大，比结合能减小， 、 和 相比， 的比结合能最大，最稳定，故C错误；

重核裂变中，释放核能， 、 和 相比， 核的核子数最多，它的结合能最大，故D正确。

12. C

【解析】由于动量守恒，反冲核和 粒子的动量大小相等，由 ，它们的动能之比为 ，因此衰变释放的总能量是 ，由质能方程得质量亏损是 。

**第二部分**

13. ；

14.

【解析】核反应过程增加的质量：

应吸收的能量：

。

15. 守恒；

【解析】碰撞过程动量守恒；根据能量守恒可得：，可得：。

**第三部分**

16.

【解析】解析：核子的质量之和

这个数值与 粒子的质量之差

粒子的结合能

所以， 粒子的平均结合能 .

17. 因此衰变后 粒子的动能为

【解析】反应过程中释放的能量

静止的镭核发生 衰变的过程中，总动量守恒。设 粒子与新核的速度分别是 和 ，则 ，从而 。二者动能之比

因此衰变后 粒子的动能

18. （1）

      （2） 答案见解析

【解析】核反应的质量亏损 ，由质能方程可得，质量亏损相当的能量为 ，而系统增加的能量 。这些能量正是核反应中核能转化来的，在误差允许范围内可视为相等，所以 是正确的。

19.

【解析】该反应为吸收能量的核反应，所吸收的能量即光子的能量，

反应中增加的质量：，

由能量守恒，，又 得波长 ，

代入各量的数值得 。