**质量亏损**

**一、质量亏损**

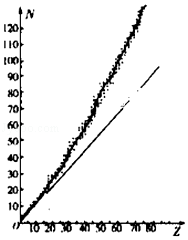
**1．结合能**

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】**（河南月考）自然界中稳定原子核的质子数与中子数的关系如图所示，下列说法错误的是（　　）

A．自然界中较轻的原子核，质子数和中子数大致相等

B．图象中横坐标Z表示质子数

C．较重的原子核，中子数大于质子数

D．核子数越多，结合能越高，原子核越稳定

【分析】如图所示，自然界中较轻的原子核，质子数和中子数大致相等；图象中横坐标Z表示质子数，N表示中子数；较重的原子核，中子数大于质子数；平均结合能越大的核子越大越稳定。

【解答】解：A、自然界中较轻的原子核，质子数和中子数大致相等，故A正确。

B、图象中横坐标Z表示质子数，N表示中子数，故B正确。

C、较重的原子核，中子数大于质子数，故C正确。

D、核子数越多，结合能越高，原子核不一定越稳定，平均结合能越大的核子越大越稳定。故D错误。

本题选错误的，故选：D。

**【例1.2】**（市中区校级期末）关于原子核的结合能，下列说法正确的是（　　）

A．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

B．一重原子核衰变成α粒子和另一原子核，衰变产物的结合能之和一定等于原来重核的结合能

C．结合能越大，原子核越稳定

D．自由核子组成原子核时，其质量亏损所对应的能量大于该原子核的结合能

【分析】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；一重原子核衰变成α粒子和另一原子核，衰变产物的结合能之和小于原来重核的结合能；平均结合能越大，原子核越稳定。。

【解答】解：A、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。故A正确；

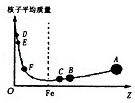
B、一重原子核衰变成α粒子和另一原子核，衰变产物的结合能之和小于原来重核的结合能。故B错误；

C、平均结合能越大，原子核越稳定。故C错误；

D、根据质能方程可知，自由核子组成原子核时，其质量亏损所对应的能量等于该原子核的结合能。故D错误；

故选：A。

**【例1.3】**（洛阳三模）精确的研究表明，不同的原子核，其核子的平均质量（原子核的质量除以核子数）与原子序数Z有如图所示的关系。根据该图所提供的信息及原子核的聚变、裂变有关知识，下列说法正确的是（　　）



A．从图中可以看出，铁Fe原子核中核子的平均质量最大

B．原子序数较大的重核A分裂成原子序数小一些的核B和C，质量会增加

C．原子序数很小的轻核D和E结合成一个原子序数大些的F核，能释放核能

D．原子序数较大的重核裂成原子序数小一些的核B和C，需要吸收能量

【分析】根据图象判断出各原子核质量关系，然后判断发生核反应时质量变化情况，最后根据质能方程分析答题。

【解答】解：A、分析图可知，铁Fe原子核中核子的平均质量最小，故A错误。

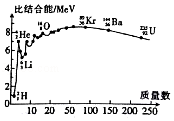
B、原子序数较大的重核A分裂成原子序数小一些的核B和C，由于后者的核子平均质量小，故发生质量亏损，故B错误。

C、同理，原子序数很小的轻核D和E结合成原子序数大些的F核，则发生质量亏损，释放核能，故C正确。

D、原子序数较大的重核裂成原子序数小一些的核B和C，质量亏损，释放核能，故D错误。

故选：C。

**【例1.4】**（颍州区校级月考）原子核的比结合能曲线如图所示，根据该曲线，下列判断正确的是（　　）



A．重核U裂变成Kr和Ba要吸收能量

B．H核的结合能约为2MeV

C．中等质量的原子核最不稳定

D．两个H核结合成He核要释放能量

【分析】由图得出氘核的比结合能，抓住比结合能等于结合能与核子数的比值得氘氦核的结合能；比结合能越大，原子核越稳定，通过图示得出比结合能的大小。

【解答】解：A、由图可知重核的比结合能小于裂变产物的结合能，所以该反应释放能量，故A错误。

B、根据图象可知的比结合能约为1MeV，所以的结合能E＝2×1MeV＝2MeV，故B正确。

C、中等质量的原子核比结合能最大，最稳定，故C错误。

D、根据图象可知的比结合能大于的比结合能，所以反应释放能量，故D正确。

故选：BD。

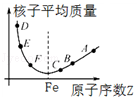
**2．质量亏损**

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。

**典例精讲**

**【例2.1】**（天心区校级期末）下列关于原子结构和原子核的说法中不正确的是（　　）



A．卢瑟福在α粒子散射实验的基础上提出了原子的核式结构模型

B．天然放射性元素在衰变过程中核电荷数和质量数守恒，其放射线在磁场中不偏转的是γ射线

C．由图可知，原子核D和E聚变成原子核F要吸收能量

D．由图可知，原子核A裂变成原子核B和C要放出核能

【分析】α粒子散射实验的现象说明原子内部存在原子核；天然放射现象的射线有α、β、γ三种射线，其中不带电的是γ射线；核反应中，有质量亏损时会释放核能，反之会吸收核能。

【解答】解：A、α粒子散射实验中，绝大多数α粒子能够穿过原子，只有极少数发生大角度偏转，故卢瑟福在此基础上提出了原子的核式结构模型，故A说法正确；

B、天然放射性元素在衰变过程中电荷数和质量数守恒，其放射线有α、β、γ三种射线，其中不带电的是γ射线，放射线在磁场中不偏转的是γ射线，故B说法正确；

C、据图可知，原子核D和E聚变成原子核F过程中有质量亏损，故会放出核能，故C说法不正确；

D、据图可知，原子核A裂变成原子核B和C过程中有质量亏损，故会放出核能，故D说法正确；

本题选不正确的，故选：C。

随堂练习

**一、单项选择题（共12小题）**

1. 下列关于核力的说法正确的是

A. 核力同万有引力没有区别，都是物体间的相互作用

B. 核力就是电磁力

C. 核力是短程力，作用范围在 之内

D. 核力与电荷有关

2. 核子结合成原子核或原子核分解为核子时，都伴随着巨大的能量变化，这是因为

A. 原子核带正电，电子带负电，电荷间存在很大的库仑力

B. 核子具有质量且相距很近，存在很大的万有引力

C. 核子间存在着强大的核力

D. 核子间存在着复杂的磁力

3. 关于核力的下列说法正确的是

A. 核力同万有引力没有区别，都是物体间的作用

B. 核力就是电磁力

C. 核力是短程力

D. 核力与电荷有关

4. 下列说法正确的是

A. 爱因斯坦质能方程反映了物体的质量就是能量，它们之间可以相互转化

B. 由 可知，能量与质量之间存在着正比关系

C. 核反应中发现的“质重亏损”是消失的质量转变成为能量

D. 因在核反应中能产生能量，有质量的转化，所以系统只有质量数守恒，系统的总能量和总质量并不守恒

5. 【 北京高考 】质子、中子和氖核的质量分别为 、 和 。当一个质子和一个中子结合成氘核时，释放的能量是（ 表示真空中的光速）

A. B.

C. D.

6. 下列关于核力的说法正确的是

A. 核力同万有引力没有区别，都是物体间的作用

B. 核力就是电磁力

C. 核力是短程力，作用范围在 之内

D. 核力与电荷有关

7. 核子结合成原子核或原子核分解为核子时，都伴随着巨大的能量变化，这是因为  。

A. 核子间存在着复杂磁力

B. 核子间存在着强大的核力

C. 核子具有质量且相距很近，存在很大的万有引力

D. 原子核带正电，电子带负电，电荷间存在很大的库仑力

8. 下面关于结合能和平均结合能的说法中，正确的有

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. 平均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，重核的结合能和平均结合能都大

D. 中等质量原子核的结合能和平均结合能均比轻核的要大

9. 下列关于原子核中质子和中子的说法正确的是

A. 原子核中质子数和中子数一定相等

B. 稳定的重原子核里，质子数比中子数多

C. 原子核都是非常稳定的

D. 由于核力的作用范围是有限的，以及核力的饱和性，原子核不可能无节制地增大而仍稳定存在

10. 质子、中子和氘核的质量分别为加 、 和 。当一个质子和 个中子结合成氘核时，释放的能量是（ 表示真空中的光速）

A. （ B. （

C. （ D. （

11. 已知氦原子的质量为 ，电子的质量为 ，质子的质量为 ，中子的质量为 ， 为原子质量单位，且由爱因斯坦质能方程 可知： 对应于 的能量，若取光速 ，则两个质子和两个中子聚变成一个氦核，释放的能量为

A.

B.

C.

D.

12. 一个锂核受到一个质子轰击变为 个 粒子，核反应方程为 。已知一个氢原子的质量为 ，一个锂原子的质量为 ，一个氦原子的质量为 。根据以上信息，下列判断正确的是

A. 属于 衰变

B. 属于轻核聚变

C. 根据题中信息，可以计算核反应释放的核能

D. 因为题中给出的是三种原子的质量，没有给出核的质量，故无法计算核反应释放的核能

**二、填空题（共3小题）**

13. 在某恒星内， 个 粒子结合成一个 ，已知 的质量为 ， 的质量为 ，这个核反应放出的能量为 =   。

14. 一个正电子和一个负电子相遇会发生湮灭而转化为一对光子，设正、负电子的质量均为 ，普朗克常量为 ，则这一对光子的频率为

15. 用中子轰击锂核（）发生核反应，产生氚核和 粒子并放出 的能量。则该核反应方程为  ，上述反应中的质量亏损为   。（保留两位有效数字）

**三、解答题（共4小题）**

16. 两个中子和两个质子结合成一个氦核，同时释放一定的核能，中子的质量为 ，质子的质量为 ，氦核的质量为 ，试计算用中子和质子生成 的氦时，则要释放出多少核能?

17. 如果要把 分成 个质子和 个中子，要给它多少?要把它分成 个 ，要给它多少能量?已知 的核子比结合能是 ， 的核子比结合能是 。

18. 已知氮核质量 ，氧核质量 ，氦核质量 ，质子质量 ，试判断核反应： 是吸能反应还是放能反应?能量变化多少?

19. 氘核和氚核反应时的核反应方程为 ，已知 的比结合能是 ， 的比结合能是 ， 的比结合能是 ，试计算核反应时释放的能量。

## 答案

**第一部分**

1. C

【解析】核力是短程力，超过 ，核力急剧下降几乎消失，故选项C正确。

核力与万有引力、电磁力不同，故选项AB错误。

核力与电荷无关，故选项D错误。

2. C

【解析】核子间存在着强大的核力，故核反应过程中伴随着巨大的能量变化。

3. C

【解析】核力是短程力，故C对；核力与万有引力、电磁力不同，故A、B不对；核力与电荷无关，故D错。

4. B

【解析】 说明能量和质量之间存在着联系，即能量与质量之间存在着正比关系，并不是说明了能量和质量之间存在相互转化的关系，A项错误，B项正确；核反应中的“质量亏损”并不是质量消失，实际上是由静止的质量变成运动的质量，并不是质量转变成能量，C项错误；在核反应中，质量守恒，能量也守恒，在核反应前后只是能量的存在方式不同，总能量不变，在核反应前后只是物质由静质量变成动质量，D项错误。

5. C

【解析】题中核反应方程为 ，根据爱因斯坦的质能方程得 ，C 正确。

6. C

【解析】核力是短程力，超过 ，核力急剧下降几乎消失，故C对；

核力与万有引力、电磁力不同，故A、B不对；

核力与电荷无关，故D错。

7. B

8. D

【解析】核子结合成原子核放出的能量或原子核分解成核子吸收的能量称为结合能，故A错误；平均结合能越大的原子核越稳定，它的结合能还和核子的数量有关，故B错误；重核与中等质量原子核相比较，重核的结合能大，重核的核子平均结合能比中等核的小，故C错误；与轻核相比，中等质量原子核中一个核子受到更多其他粒子的强作用力，所以平均结合能大，结合能就更大，故D正确。

9. D

【解析】自然界中较轻的原子核，质子数与中子数大致相等，对于较重的原子核，中子数大于质子数，越重的元素，两者相差越多。选项 D 正确。

10. C

【解析】该聚变反应方程为 ，故发生的质量亏损是 ，根据质能方程得该反应放出的能量 ，选项C正确。

11. B

【解析】核反应方程为 ，质量亏损 ，所以释放的能量为 ，选项B正确。

12. C

【解析】一个锂核受到一个质子轰击变为 个 粒子，核反应类型是人工核转变，选项A、B均错误；

反应前一个氢原子和一个锂原子共有 个核外电子，反应后两个氦原子也是共有 个核外电子，因此只要将一个氢原子和一个锂原子的总质量减去两个氦原子的质量，得到的恰好是反应前后核的质量亏损，电子质量自然消掉，由爱因斯坦质能方程 可以计算释放的核能，选项C正确、D错误。

**第二部分**

13.

14.

【解析】 ，则 。

15. ；

【解析】由题得核反应方程为

释放的能量 ，因 得

。

**第三部分**

16.

【解析】先计算生成一个氦核释放的能量，再根据 氦核的个数即可计算出释放的总核能。

核反应方程 ，

生成一个氦核过程的质量亏损 ，

释放的能量 ，

生成 氦核释放的能量 。

17. 把 分成 个质子和 个中子需提供的能量为 ；将 分成 个 需提供的能量为

【解析】将 分成 个质子和 个中子所提供的能量为 的结合能，即为其核子数与比结合能的乘积。将 分成 个 可以看作两个过程：一是将 分成 个质子和 个中子，然后再将 个质子和 个中子结合成 个 ，需提供的能量为此两个过程的能量之差。把 分成 个质子和 个中子需提供的能量为 。

将 个质子和 个中子结合成一个 所放出的能量为

。

则将 分成 个 需提供的能量为

。

18. 吸能反应；

【解析】反应前总质量

反应后总质量

因为反应中质量增加，所以此反应为吸能反应，所吸收能量为 。

19.

【解析】反应前氘核和氚核的总结合能

。

反应后生成的氦核的结合能

。

由于单个核子无结合能，所以反应过程释放出的能量

。