**人工核反**

## 一、人工核反

#### 1．核反应

⑴ 原子核在其他粒子的轰击下产生新原子核的过程，称为核反应。

⑵ 重要的人工核反应

第一次实现原子核的人工转变：（发现质子的核反应）

第一次人工制造放射性同位素：

发现中子的核反应：

#### 2．核裂变与核聚变

⑴ 重核的裂变

① 重核分裂成质量较小的核，释放出核能的反应，称为裂变。

② 铀核的裂变： （是氪）

③ 在一定条件下，由重核裂变产生的中子，再引起新的裂变，就能使核裂变反应不断地进行下去。这种由重核裂变产生的中子使核裂变一代接一代继续下去的过程，叫做核裂变的链式反应。裂变物质的体积是链式反应能否进行的重要因素。只有当体积足够大时，裂变产生的中子才有足够的概率打中新原子核，使链式反应进行下去。通常把裂变物质能够发生链式反应的最小体积叫做它的临界体积，相应的质量叫做临界质量。

⑵ 核聚变

① 两个轻核结合成质量较大的核，这样的核反应叫做核聚变。

② 典型的聚变反应：

③ 要使轻核发生聚变，必须使它们的距离达到以内，核力才能起作用。由于原子核都带正电，要使它们接近这种程度，必须克服巨大的库仑斥力。有一种办法是把它们加热到很高的温度。当物质的温度达到几百万开尔文时，剧烈的热运动使得一部分原子核具有足够的动能，可以克服库仑斥力，碰撞时十分接近，发生聚变。因此，聚变又叫热核反应。

④ 聚变与裂变相比有很多优点。第一，轻核聚变产能效率高；第二，地球上聚变燃料的储量丰富；第三，轻核聚变更为安全清洁。

##### 典例精讲

**【例2.1】**（平顶山期末）我国核聚变反应研究的科学装置“人造太阳”2018年获得重大突破，等离子体中心电子温度首次达到1亿度，为人类开发利用核聚变能源奠定了重要的技术基础。下列关于聚变的说法正确的是（　　）

A．核裂变比核聚变更为安全、清洁

B．任何两个原子核都可以发生聚变

C．两个轻核结合成质量较大的核，总质量较聚变前增加

D．两个轻核结合成质量较大的核，核子的比结合能增加

【分析】轻核聚变辐射极少，更为安全、清洁，原子核在聚变时释放出巨大的能量，出现质量亏损，比结合能增加。

【解答】解：A、与裂变相比轻核聚变辐射极少，废物容易处理，更为安全、清洁，故A错误

B、自然界中最容易实现的聚变反应是氢的同位素﹣﹣氘与氚的聚变，不是任意的原子核就能发生核聚变，故B错误；

C、两个轻核结合成质量较大的核，平均质量减小，则总质量较聚变前减小，出现质量亏损，结合时放出能量，故C错误；

D、两个轻核结合成质量较大的核，放出能量，总的结合增加，则核子的比结合能增加，故D正确。

故选：D。

**【例2.2】**（凯里市校级模拟）关于核反应，下列选项正确的是（　　）

A．Na→Mge是核裂变

B．HH→He+X中的X是电子

C．Un→XeSr+2n是重核裂变

D．Un→KrBa+xn中x＝2

【分析】根据质量数守恒与电荷数守恒判断核反应的产物；依据β衰变的本质；根据轻核聚变和重核裂变概念，即可求解。

【解答】解：A、核反应是β衰变，故A错误；

B、根据轻核聚变可知B选项中X是中子，故B错误；

C、核反应方程是重核裂变，故C正确；

D、根据核反应方程遵循核电荷数守恒和质量数守恒可知D选项中x＝3，故D错误。

故选：C。

**【例2.3】**（朝阳区一模）一个铀核（U）发生裂变，核反应方程是Un→BaK+3X，并出现质量亏损。则（　　）

A．X是电子，裂变过程放出能量

B．X是中子，裂变过程放出能量

C．X是电子，裂变过程吸收能量

D．X是中子，裂变过程吸收能量

【分析】根据质量数守恒与电荷数守恒即可判断出X中的质子数与中子数；根据质量亏损，结合爱因斯坦质能方程求出释放的能量。铀核裂变放出的能量很高，反应前后质量数守恒，有质量亏损。

【解答】解：根据质量数守恒，则X的质量数：3m＝235+0﹣89﹣144＝3；

根据核电荷数守恒，得：z＝92+1﹣36﹣56＝0；可知X是中子；

在核反应的过程中，质量数是守恒的，但质量出现亏损，那么裂变过程放出能量，故ACD错误，B正确；

故选：B。

**【例2.4】**（虹口区校级期中）关于我国已建成的秦山和大亚湾核电站，下面说法正确的是（　　）

A．它们都是利用核裂变释放的核能

B．它们都是利用核聚变释放的核能

C．一座利用核裂变释放的核能，一座利用核聚变释放的核能

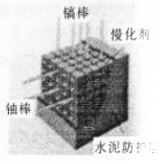
D．以上说法都不对

【分析】我国已建成的秦山和大亚湾核电站都是利用核裂变释放的核能。

【解答】解：我国已建成的秦山和大亚湾核电站都是利用核裂变释放的核能。故BCD错误，A正确。

故选：A。

**【例2.5】**（金华期末）“核反应堆”是通过可控的链式反应实现核能的释放。如图所示核燃料是铀，在铀棒周围要放“慢化剂”，快中子和慢化剂中的碳原子核磁撞后，中子能量减少变为慢中子。碳核的质量是中子的12倍，假设中子与碳核是弹性正碰，且认为磁撞前碳核都是静止的，则（　　）



A．铀核裂变的核反应是U→BaKr+2n

B．镉棒的作用是与铀棒发生化学反应，消耗多余的铀原子核，从而达到控制核反应速度的目的

C．由于中子相对碳核质量很小，经过一次碰撞，中子将失去绝大部分动能

D．铀（U）经过多次α、β衰变形成稳定的铅（Pb）的过程中，有6个中子转变成质子

【分析】镉棒的作用是吸收中子。中子与碳核是弹性正碰，由动量守恒定律和动能守恒求碰后中子的速度，从而求得中子失去的动能。根据两种衰变的特点以及质量数守恒和电荷数守恒判断。

【解答】解：A、铀核吸收一个慢中子后才能发生链式反应，该核反应方程中，等号两侧的中子不能约掉。故A错误；

B、核反应堆中，镉棒的作用是吸收中子，以控制反应速度，故B错误；

C、取碰撞前中子的速度方向为正方向，根据动量守恒有：mv0＝mv1+12mv2

依据能量守恒有：

联立可得：

所以中子损失的动能为：△Ek，可知中子经过一次碰撞，中子将失去绝大部分动能，故C正确；

D、铀（U）经过衰变形成稳定的铅（Pb）的过程中，需经过8 次α衰变和 6次β衰变，每经过一次β衰变就会有一个中子转变为质子，同时放出一个电子，所以共有6个中子转化为质子。故D正确

故选：CD。

**随堂练习**

**一．选择题（共6小题）**

1．（安阳二模）下列说法正确的是（　　）

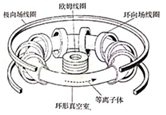
A．U→Th+X中X为中子，核反应类型为衰变

B．HH→He+Y中Y为中子，核反应类型为人工核转变

C．Un→XeSr+K，其中K为10个中子，核反应类型为重核裂变

D．NHe→O+Z，其中Z为氢核核反应类型为轻核聚变

2．（海淀区模拟）托卡马克（Tokamak）是一种复杂的环形装置，结构如图所示。环心处有一欧姆线圈，四周是一个环形真空室，真空室外部排列着环向场线圈和极向场线圈。当欧姆线圈中通以变化的电流时，在托卡马克的内部会产生巨大的涡旋电场，将真空室中的等离子体加速，从而达到较高的温度。再通过其他方式的进一步加热，就可以达到核聚变的临界温度。同时，环形真空室中的高温等离子体形成等离子电流，与极向场线圈、环向场线圈共同产生磁场，在真空室区域形成闭合磁笼，将高温等离子体约束在真空室中，有利于核聚变的进行。已知真空室内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，下列说法正确的是（　　）



A．托卡马克装置中核聚变的原理和目前核电站中核反应的原理是相同的

B．极向场线圈和环向场线圈的主要作用是加热等离子体

C．欧姆线圈中通以恒定电流时，托卡马克装置中的等离子体将不能发生核聚变

D．为了约束温度为T的等离子体，所需要的磁感应强度B必须正比于温度T

3．（杜集区校级月考）目前核电站所用核燃烧主要是浓缩铀U发生裂变反应，一种可能的裂变方程为Un→XSr+2n，则下列说法正确的是（　　）

A．X原子核中含有86个中子

B．因为裂变释放能量，出现质量亏损，所以裂变后总质量数减少

C．U是天然放射性元素，半衰期约为7亿年，随着地球环境的不断变化，半衰期可能变短

D．现已建成的核电站的能量也有利用热核聚变

4．（湘潭模拟）下列说法中正确的是（　　）

A．利用α射线可发现金属制品中的裂纹

B．原子核中，质子间的库仑力能使它自发裂变

C．在温度达到107K时，能与发生聚变，这个反应需要吸收能量

D．一束C60分子通过双缝装置后会出现干涉图样，证明分子也会象光波一样表现出波动性

5．（福清市校级模拟）秦山核电站是我国自行设计建造的第一座核电站。该核电站核反应堆的工作原理主要是基于（　　）

A．同位素衰变 B．人工核转变 C．轻核聚变 D．重核裂变

6．（长寿区校级月考）太阳发光原理可以简化为4H→He+2e，ee→2γ．以下说法错误的是（　　）

A．一对正负电子湮灭生成一对γ光子，即产生电磁波导致太阳发光

B．理论上γ光子的频率为2

C．太阳发光是聚变反应，炙热的太阳火球是等离子体

D．太阳在它的氢即将耗尽后就由主序星步入红巨星阶段，内核仍然继续燃烧剩余的氢，氦不参与反应

**二．多选题（共3小题）**

7．（宿州一模）为了保护绿水青山，我国大力发展核能等清洁能源。下列关于核反应说法正确的是（　　）

A．U→ThHe属于裂变反应

B．Un→BaKr+3n属于裂变反应

C．目前核电站都是利用重核裂变产生的核能

D．核电站产生的核废料都不具有放射性

8．（集宁区校级期末）以下有关近代物理内容的几种说法中正确的是（　　）

A．重核的裂变过程质量增大，轻核的聚变过程有质量亏损

B．太阳辐射的能量主要来自太阳内部的热核反应

C．若使放射性物质的温度升高，其半衰期可能变小

D．用14 eV光子照射位于基态的氢原子，可使其电离

9．（云南校级期末）下列说法正确的是（　　）

A．U→ThHe是核裂变反应方程

B．HH→He+γ是核聚变反应方程

C．无论光强多强，只要光的频率小于极限频率就不能产生光电效应

D．无论光的频率多低，只要光照时间足够长就能产生光电效应

**三．计算题（共1小题）**

10．（南木林县校级月考）一静止的铀核U（原子质量为232.0372u）放出一个带电粒子（原子质量为4.0026u）后衰变成钍核Th（原子质量为228.0287u）．

（1）写出该过程的衰变方程；

（2）求该衰变过程中放出的核能（1u相当于931MeV，结果保留2位有效数字）

**四．解答题（共2小题）**

11．（洮北区校级期末）一个静止的铀核U（原子质量为232.0372u）放出一个α粒子（原子质量为4.0026u）后衰变成钍核Th（原子质量为228.0287u）。（已知原子质量单位1u＝1.67×10﹣27kg，1u相当于931.5MeV的能量）

①写出铀核的衰变反应方程；

②算出该衰变反应中释放出的核能；

③若释放的核能全部转化为新核的动能，则α粒子的动能为多少？

12．（聊城一模）原子核聚变可望给人类未来提供丰富洁净的能源．当氘等离子体被加热到适当高温时，氘核参与的几种聚变反应可能发生，放出能量．这几种反应的总效果可以表示为

H→HeHn+43.15MeV，（1MeV＝1.6×10﹣13J）

①该反应方程中的k＝　 　，d＝　 　；

②质量亏损为　 　kg．

**随堂练习**

**参考答案与试题解析**

**一．选择题（共6小题）**

1．（安阳二模）下列说法正确的是（　　）

A．U→Th+X中X为中子，核反应类型为衰变

B．HH→He+Y中Y为中子，核反应类型为人工核转变

C．Un→XeSr+K，其中K为10个中子，核反应类型为重核裂变

D．NHe→O+Z，其中Z为氢核核反应类型为轻核聚变

【分析】重核裂变是质量数较大的核裂变为质量中等的核，聚变是质量数较小的和转化为质量较大的核，在转化过程中质量数和电荷数都守恒。

【解答】解：A、核反应方程U→Th He，放出的是α粒子，这是α衰变，故A错误；

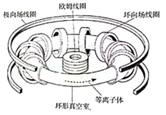
B、HH→He+Y中Y为中子，核反应类型为轻核聚变，故B错误；

C、裂变是重核吸收一个慢中子后分裂成两个或两个以上的中等质量的原子和的过程，根据质量数守恒与电荷数守恒可知，裂变方程中裂变的核反应可能为Un→XeSr+K，其中K为10个中子，核反应类型为重核裂变，故C正确；

D、核反应方程：NHe→O+Z是人工核反应方程，不是轻核聚变，故D错误；

故选：C。

2．（海淀区模拟）托卡马克（Tokamak）是一种复杂的环形装置，结构如图所示。环心处有一欧姆线圈，四周是一个环形真空室，真空室外部排列着环向场线圈和极向场线圈。当欧姆线圈中通以变化的电流时，在托卡马克的内部会产生巨大的涡旋电场，将真空室中的等离子体加速，从而达到较高的温度。再通过其他方式的进一步加热，就可以达到核聚变的临界温度。同时，环形真空室中的高温等离子体形成等离子电流，与极向场线圈、环向场线圈共同产生磁场，在真空室区域形成闭合磁笼，将高温等离子体约束在真空室中，有利于核聚变的进行。已知真空室内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，下列说法正确的是（　　）



A．托卡马克装置中核聚变的原理和目前核电站中核反应的原理是相同的

B．极向场线圈和环向场线圈的主要作用是加热等离子体

C．欧姆线圈中通以恒定电流时，托卡马克装置中的等离子体将不能发生核聚变

D．为了约束温度为T的等离子体，所需要的磁感应强度B必须正比于温度T

【分析】托卡马克装置中核反应原理是核聚变，欧姆线圈中的变化的电流会在托卡马克内部产生涡旋电场，使等离子体加速，使得平均动能增大，温度升高。而极向场线圈产生的极向磁场控制等离子体截面形状和位置平衡，环向场线圈产生的环向磁场保证等离子体的宏观整体稳定性，极向磁场和环向磁场共同约束等离子体。

【解答】解：A、目前核电站中核反应的原理是核裂变，与托卡马克装置中核聚变的原理不同，故A错误。

B、欧姆线圈中的变化的电流会在托卡马克内部产生涡旋电场，使等离子体加速，平均动能增大，温度升高。而极向场线圈产生的极向磁场控制等离子体截面形状和位置平衡，环向场线圈产生的环向磁场保证等离子体的宏观整体稳定性，极向磁场和环向磁场共同约束等离子体。故B错误。

C、当欧姆线圈中通以恒定电流时，周围产生的磁场是恒定的，不能产生涡旋电场，对等离子体加热，不能达到较高温度，使核聚变发生。故C正确。

D、材料中没有提到磁感应强度B与温度的关系，不能确定，故D错误。

故选：C。

3．（杜集区校级月考）目前核电站所用核燃烧主要是浓缩铀U发生裂变反应，一种可能的裂变方程为Un→XSr+2n，则下列说法正确的是（　　）

A．X原子核中含有86个中子

B．因为裂变释放能量，出现质量亏损，所以裂变后总质量数减少

C．U是天然放射性元素，半衰期约为7亿年，随着地球环境的不断变化，半衰期可能变短

D．现已建成的核电站的能量也有利用热核聚变

【分析】在核反应过程中，质量数和电荷数守恒，据此求出X的核电荷数与质量数；在裂变过程中，质量数守恒，由于存在质量亏损，质量并不守恒。

【解答】解：A、设X的原子核中含有x个质子，质量数为y，根据电荷数和质量数守恒有：92＝x+38，235+1＝y+94+2，解得x＝54，y＝140，所以X的中子数为：y﹣x＝86，故A正确；

B、裂变反应过程中质量数守恒，质量数不会减小，裂变过程存在质量有亏损，释放能量，质量减小，故B错误；

C、半衰期由原子核本身较多，与外界因素无关，故C错误；

D、现已建成的核电站的能量，是利用重核的裂变反应，不是热核聚变反应，故D错误。

故选：A。

4．（湘潭模拟）下列说法中正确的是（　　）

A．利用α射线可发现金属制品中的裂纹

B．原子核中，质子间的库仑力能使它自发裂变

C．在温度达到107K时，能与发生聚变，这个反应需要吸收能量

D．一束C60分子通过双缝装置后会出现干涉图样，证明分子也会象光波一样表现出波动性

【分析】α射线的穿透能力最弱，不能用α射线检查金属制品的裂纹；重核裂变不能自发进行；轻核聚变释放能量；实物粒子的干涉图样，说明实物粒子具有波动性．

【解答】解：A、α射线的穿透能力最弱，不能用α射线检查金属制品的裂纹。故 A错误。

B、铀核裂变属于重核裂变，不能自发进行。故B错误。

C、在温度达到107K时，能与发生聚变，这个反应放出能量。故C错误。

D、一束C60分子通过双缝装置后会出现干涉图样，证明分子也会象光波一样表现出波动性。故D正确。

故选：D。

5．（福清市校级模拟）秦山核电站是我国自行设计建造的第一座核电站。该核电站核反应堆的工作原理主要是基于（　　）

A．同位素衰变 B．人工核转变 C．轻核聚变 D．重核裂变

【分析】核电站是利用核能发电，利用了核裂变原理。

【解答】解：核电站发电是利用重核裂变原理，故D正确。

故选：D。

6．（长寿区校级月考）太阳发光原理可以简化为4H→He+2e，ee→2γ．以下说法错误的是（　　）

A．一对正负电子湮灭生成一对γ光子，即产生电磁波导致太阳发光

B．理论上γ光子的频率为2

C．太阳发光是聚变反应，炙热的太阳火球是等离子体

D．太阳在它的氢即将耗尽后就由主序星步入红巨星阶段，内核仍然继续燃烧剩余的氢，氦不参与反应

【分析】太阳的能量来自于内部的核聚变；太阳内部进行的核反应是氢原子核聚变成氦原子核；

【解答】解：A、一对正负电子湮灭生成一对γ光子，即产生电磁波导致太阳发光，故A正确；

B、γ光子的质量为零，两个电子湮灭，则释放能量为E＝2mec2，放出两个光子，每个光子的能量E＝mec2，且 E＝hγ，则：γ光子的频率为γ，故B错误；

C、太阳发光是聚变反应，炙热的太阳火球是等离子体，故C正确；

D、太阳在它的氢即将耗尽后就由主序星步入红巨星阶段，内核仍然继续燃烧剩余的氢，将由氦和其它较重元素的核反应维持其能源，D正确；

本题选错误的，故选：B

**二．多选题（共3小题）**

7．（宿州一模）为了保护绿水青山，我国大力发展核能等清洁能源。下列关于核反应说法正确的是（　　）

A．U→ThHe属于裂变反应

B．Un→BaKr+3n属于裂变反应

C．目前核电站都是利用重核裂变产生的核能

D．核电站产生的核废料都不具有放射性

【分析】聚变是质量轻的核结合成质量大的核；裂变反应是质量大的核分裂成质量小的核；重核裂变和轻核聚变，都释放能量，而裂变产生核废料都具有放射性。

【解答】解：A、U→ThHe属于衰变反应，不是裂变反应，故A错误；

B、裂变反应是质量大的核分裂成质量小的核，那么Un→BaKr+3n属于裂变反应，故B正确；

C、目前核电站利用的是重核裂变释放的核能，故C正确；

D、核电站产生的核废料都具有放射性，故D错误。

故选：BC。

8．（集宁区校级期末）以下有关近代物理内容的几种说法中正确的是（　　）

A．重核的裂变过程质量增大，轻核的聚变过程有质量亏损

B．太阳辐射的能量主要来自太阳内部的热核反应

C．若使放射性物质的温度升高，其半衰期可能变小

D．用14 eV光子照射位于基态的氢原子，可使其电离

【分析】知道轻核聚变与重核裂变均释放能量，太阳辐射的能量主要来自太阳内部的轻核聚变；半衰期与外界因素无关；用14eV光子照射位于基态的氢原子，可使其电离。

【解答】解：A、轻核聚变与重核裂变均释放能量，都有质量亏损，故A错误；

B、太阳辐射的能量主要来自太阳内部的热核反应，故B正确；

C、半衰期与外界因素无关，使放射性物质的温度升高，其半衰期不变，故C错误；

D、基态的氢原子的电离能是13.6eV，用14eV的光子照射处于基态的氢原子，光子的能量大于氢原子的电离能，可使其电离，故D正确；

故选：BD。

9．（云南校级期末）下列说法正确的是（　　）

A．U→ThHe是核裂变反应方程

B．HH→He+γ是核聚变反应方程

C．无论光强多强，只要光的频率小于极限频率就不能产生光电效应

D．无论光的频率多低，只要光照时间足够长就能产生光电效应

【分析】聚变是较轻的核聚变成较重的核，裂变是质量较大的核分裂成两个质量中等的核，α衰变生成核原子核；能否发生光电效应于光照强度无关，其条件是光的频率大于金属的极限频率

【解答】解：A、A是α衰变生成氦原子核，B是聚变方程，故A错误，B正确。

C、每种金属都有它的极限频率ν0，只有入射光子的频率大于极限频率ν0时，才会发生光电效应，无论光照强度多强，都不能发生光电效应，故C正确；

D、发生光电效应的条件是光的频率大于极限频率ν0，与光照强度无关，故D错误；

故选：BC。

**三．计算题（共1小题）**

10．（南木林县校级月考）一静止的铀核U（原子质量为232.0372u）放出一个带电粒子（原子质量为4.0026u）后衰变成钍核Th（原子质量为228.0287u）．

（1）写出该过程的衰变方程；

（2）求该衰变过程中放出的核能（1u相当于931MeV，结果保留2位有效数字）

【分析】（1）根据电荷数守恒、质量数守恒写出衰变方程；

（2）根据质量亏损，结合爱因斯坦质能方程求出释放的核能．

【解答】解：（1）根据电荷数守恒、质量数守恒知，衰变方程为：→；

（2）根据爱因斯坦质能方程得，△E＝△mc2＝（232.0372﹣228.0287﹣4.0026）×931MeV≈5.5MeV．

答：（1）该过程的衰变方程为：→；

（2）该衰变过程中放出的核能为5.5MeV．

**四．解答题（共2小题）**

11．（洮北区校级期末）一个静止的铀核U（原子质量为232.0372u）放出一个α粒子（原子质量为4.0026u）后衰变成钍核Th（原子质量为228.0287u）。（已知原子质量单位1u＝1.67×10﹣27kg，1u相当于931.5MeV的能量）

①写出铀核的衰变反应方程；

②算出该衰变反应中释放出的核能；

③若释放的核能全部转化为新核的动能，则α粒子的动能为多少？

【分析】（1）根据电荷数守恒、质量数守恒写出核衰变方程。

（2）根据质量亏损，结合爱因斯坦光电效应方程求出释放的核能。

（3）根据动量守恒定律得出两粒子的动量大小关系，结合动能和动量的关系求出动能。

【解答】解：①根据电荷数守恒、质量数守恒

U→ThHe

②质量亏损△m＝mU﹣mα﹣mTh＝0.0059 u

△E＝△mc2＝0.0059×931.5 MeV＝5.50 MeV

③系统动量守恒，钍核和α粒子的动量大小相等，即根据动量守恒定律得，

pTh＝pα

根据动能与动量的关系：

EKTh+EKα

所以钍核获得的动能

0.09Mev

解得：Eα＝5.50 MeV﹣0.09 MeV＝5.4 MeV。

答：①铀核的衰变反应方程U→ThHe；

②该衰变反应中释放出的核能5.50 MeV；

③若释放的核能全部转化为新核的动能，则α粒子的动能为5.4 MeV

12．（聊城一模）原子核聚变可望给人类未来提供丰富洁净的能源．当氘等离子体被加热到适当高温时，氘核参与的几种聚变反应可能发生，放出能量．这几种反应的总效果可以表示为

H→HeHn+43.15MeV，（1MeV＝1.6×10﹣13J）

①该反应方程中的k＝　2　，d＝　2　；

②质量亏损为　7.67×10﹣29　kg．

【分析】根据核反应中遵循质量数守恒，核电荷数守恒可以求出kd的得数．根据爱因斯坦质能方程即可求解质量亏损．

【解答】解：（1）在核反应的过程由质量数守恒可得：6×2＝4k+d+2×1…①

根据核电荷数守恒可得：6×1＝2k+d…②

联立①②两式解得：k＝2，d＝2．

根据爱因斯坦质能方程得：△E＝△mc2

解得：kg

故答案为：（1）2，2；（2）7.67×10﹣29