# 十九、原子与原子核

## 水平预测

（40分钟）

### 双基型

1. ★下面列举的事例中正确的是（ ）

（A）居里夫妇用α粒子轰击铝箔时发现了正电子

（B）卢瑟福的原子结构学说成功地解释了氢原子的发光现象

（C）麦克斯韦从理论上预言了电磁波的存在，赫兹用实验方法给予证实

（D）玻尔建立了量子理论，解释了各种原子发光现象

1. ★★关于原子核能，下列说法中正确的是（ ）

（A）使原子核分解为粒子时放出的能量

（B）核子结合成原子核时需要供给的能量

（C）核子结合成原子核时吸收的能最或原子核分解为核子时放出的能量

（D）核子结合成原子核时放出的能量或原子核分解成粒子时所吸收的能量

1. ★平衡核反应方程，23592U＋\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_→9038Sr＋13654Xe＋1010n，在核反应堆中石墨起的作用，镉棒\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_的作用。

### 横向型

1. ★★中子的质量为1.0087u，质子质量为1.0073u，氘核的质量为2.0136u，中子和质子结合成氘核时释放的能量为\_\_\_\_\_\_\_\_J（计算结果取两位有效数字，1u＝1.7×1027 kg）。
2. ★★★氢原子的核外电子从一个轨道跃迁到另一轨道时，可能发生的情况有（ ）

（A）放出光子，电子动能减少，原子势能增加

（B）放出光子，电子动能增加，原子势能减少

（C）吸收光子，电子动能减少，原子势能增加

（D）吸收光子，电子动能增加，原子势能减少

1. ★★★一个原子核X进行一次α衰变后成为原子核cdY，然后又进行一次β衰变，成为原子核fgZ：abX→cdY→fgZ，它们的质量数a、c、f及电荷数b、d、g之间应有的关系是（ ）

（A）a＝f＋4 （B）c＝f （C）d＝g－1 （D）b＝g＋1

1. ★★★放射性元素2411Na经过2 h，只剩1/2的核没有衰变，再经过\_\_\_\_\_h，将只剩下1/8的核没有衰变。

### 横向型

1. ★★23892U发生衰变后变成23490Th，把静止的23892U放在匀强磁场中，衰变后Th核的速度方向与磁场方向垂直，生成的α粒子动能为Δ*E*。【10】

（1）写出衰变方程；

（2）衰变后核的轨道半径与粒子的轨道半径之比是多少？

（3）衰变过程中放出的能量多大？

1. ★★★已知氘核的质量为2.0136u，中子质量为1.0087u，氦3（32He）的质量为3.0150u。

（1）写出两个氘核聚变生成氦3的方程；

（2）求聚变放出的能量；

（3）若两个氘核以相同的动能*E*k＝0.35 MeV正碰，求碰撞后生成物的动能。【7】

1. ★★★氢原子的核外电子质量为*m*，电量为*e*，在离核最近的轨道上运动，轨道半径为*r*1，求：

（1）电子运动的动能；

（2）电子绕核转动的频率；

（3）电子绕核转动相当于环形电流的电流大小。

## 阶梯训练 原子核式结构和玻尔模型

### 双基训练

1. ★卢瑟福提出原子核式结构学说的根据是在用α粒子轰击金箔的实验中，发现粒子（ ）【1】

（A）全部穿过或发生很小的偏转

（B）全部发生很大的偏转

（C）绝大多数穿过，只有少数发生很大偏转，甚至极少数被弹回

（D）绝大多数发生偏转，甚至被弹回

1. ★氢原子的核外电子，在由离核较远的可能轨道跃迁到离核较近的可能轨道的过程中（ ）。【1】

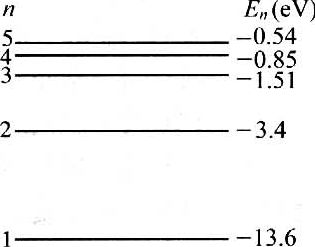
（A）辐射光子，获得能量 （B）吸收光子，获得能量

（C）吸收光子，放出能量 （D）辐射光子，放出能量

1. ★在玻尔的原子模型中，比较氢原子所处的量子数*n*＝1及*n*＝2的两个状态，若用*E*表示氢原子的能量，*r*表示氢原子核外电子的轨道半径，则（ ）。【1】

（A）*E*2>*E*1，*r*2>*r*1 （B）*E*2>*E*1，*r*2<*r*1

（C）*E*2<*E*1，*r*2>*r*1 （D）*E*2<*E*1，*r*2<*r*1

1. ★★★如图所示，氢原子在下列各能级间跃迁：（1）从*n*＝1到*n*＝2；（2）从*n*＝5到*n*＝3；（3）从*n*＝4到*n*＝2；在跃迁过程中辐射的电磁波的波长分别用*λ*1、*λ*2、*λ*3表示.波长*λ*1、*λ*2、*λ*3大小的顺序是（ ）。【2】

（A）*λ*1<*λ*2<*λ*3 （B）*λ*1<*λ*3<*λ*2

（C）*λ*3<*λ*2<*λ*1 （D）*λ*3<*λ*1<*λ*2

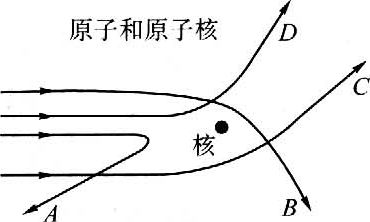
1. ★★★氢原子基态能级为－13.6 eV，一群氢原子处于量子数*n*＝3的激发态，它们向较低能级跃迁时，放出光子的能量可以是（ ）。【2】

（A）1.51 eV （B）1.89 eV （C）10.2 eV （D）12.09 eV

1. ★★★在玻尔的氢原子模型中，电子的第1条（即离核最近的那条）可能轨道的半径为*r*1，则第2条可能轨道的半径*r*2＝\_\_\_\_\_\_\_\_\_.电子在这第2条可能轨道上运动时的动能*E*k＝\_\_\_\_\_\_\_\_\_。已知基本电荷为*e*，静电力恒量为*k*。【1.5】
2. ★★★用某一频率的电磁波照射氢原子，使它从基态跃到量子数*n*＝3的激发态，该电磁波在真空中波长等于多少微米（已知基态能级*E*1＝－13.6 eV）？【3】

### 纵向应用

1. ★★★当α粒子被重核散射时，如图所示的运动轨迹中不可能存在的是\_\_\_\_\_\_\_。【1】



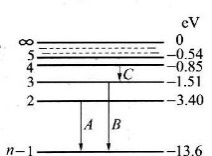
1. ★★★在α粒子穿过金箔发生大角度散射的过程中，下列说法中正确的是（ ）。【1】

（A）α粒子一直受到金原子核的斥力作用

（B）α粒子的动能不断减小

（C）α粒子的电势能不断增加

（D）α粒子发生散射，是与电子碰撞的结果

1. ★★★如图为氢原子的能级图，A、B、C分别表示电子在三种不同能级跃迁时放出的光子，其中（ ）【2】

（A）频率最大的是B （B）波长最长的是C

（C）频率最大的是A （D）波长最长的是B

1. ★★★一群处于*n*＝4的激发态的氢原子向低能级跃迁时，可能发射的光线为（ ）。【1】

（A）3条 （B）4条 （C）5条 （D）6条

★★★处于基态的氢原子在某单色光束照射下，只能发出频率为*ν*1、*ν*2、*ν*3的三种光，且*ν*1＜*ν*2＜*ν*3则该照射光的光子能量为（ ）。（1998年全国高考试题）【2】

（A）*hν*1 （B）*hν*2 （C）*hν*3 （D）*h*（*ν*1＋*ν*2＋*ν*3）

★★★★按照玻尔理论，下列关于氢原子的论述中正确的是（ ）。（2001年全国高考试题）【1.5】

（A）第*m*个定态和第*n*个定态的轨道半径*r*m和*r*n之比为*r*m：*r*n＝*m*2∶*n*2

（B）第*m*个定态和第*n*个定态的能量*E*m和*E*n之比为*E*m：*E*n＝*n*2∶*m*2

（C）电子沿某一轨道绕核运动，若其圆周运动的频率是*ν*，则其发光频率也是*ν*

（D）若氢原子处于能量为*E*的定态，则其发光频率为*ν*＝*E*/*h*

### 横向拓展

1. ★★★玻尔的原子模型在解释原子的下列问题时，与卢瑟福的核式结构学说观点不同的是（ ）。【2】

（A）电子绕核运动的向心力，就是电子与核之间的静电引力

（B）电子只能在一些不连续的轨道上运动

（C）电子在不同轨道上运动时的能量不同

（D）电子在不同轨道上运动时的静电引力不同

1. ★★★卢瑟福的实验证明，两个原子核之间的斥力，在它们之间距离小到10-14 m时，还遵守库仑定律。试求两质子在相距10-14 m时的加速度。已知质子的质量是1.67×10-27 kg。【2】
2. ★★★α粒子质量为6.68×10-27 kg，以速度*v*＝2.0×107 m/s轰击金箔后，速度方向偏转了180°。试求粒子与金原子核最接近时所具有的电势能（以α粒子远离金原子核时的电势能为零）。【3】
3. ★★★★氢原子核外电子在第一轨道上运动时，能量*E*＝－13.6 eV，轨道半径*r*1＝0.53×10-10 m。这时电子运动的动能是多少电子伏？电势能是多少电子伏？【3】
4. ★★★★氢原子中电子离核最近的轨道半径*r*1＝0.53×10-10 m，试计算电子在该轨道上运动时的等效电流。【3】

## 天然放射现象及原子核的人工转变

### 双基训练

1. ★天然放射性现象中23892U发生α衰变后变成23490Th，已知23892U、23490Th和α粒子的质量分别是*m*1、*m*2和*m*3，它们之间应满是（ ）。【1】

（A）*m*1＝*m*2＋*m*3 （B）*m*2＝*m*1＋*m*3

（C）*m*1> *m*2＋*m*3 （D）*m*1<*m*2＋*m*3

★天然放射现象的发现揭示了（ ）（1999年上海高考试题）【1】

（A）原子不可再分 （B）原子的核式结构

（C）原子核还可再分 （D）原子核由质子和中子组成

1. ★放射性元素发生β衰变放出一个电子，这个电子是（ ）。【1】

（A）核外电子向内层轨道跃迁时放出来的

（B）核内有电子受激发后由核内射出来的

（C）核内有一个质子分裂时放出的

（D）核内中子转化为质子时放出来的

1. ★根据布拉凯特的充氮云室实验可知（ ）。【1】

（A）质子是α粒子直接从氮核中打出来的

（B）α粒子打进氮核后生成一个复核，这个复核放出一个质子

（C）云室照片中，分叉后短而粗的是质子的径迹

（D）云室照片中，短而粗的是α粒子的径迹

1. ★用α粒子轰击铍时得到原子核126C，同时放出一种射线，关于这种射线的说法与事实不相符的是（ ）。【1】

（A）它来自原子核 （B）它能穿透几厘米的铅

（C）它在磁场中不发生偏转 （D）它是一种带电粒子流

1. ★同位素是指（ ）【1】

（A）质子数相同而核子数不同的原子 （B）核子数相同而中子数不同的原子

（C）核子数相同而质子数不同的原子 （D）中子数相同而核子数不同的原子

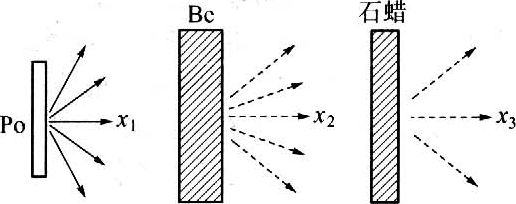
1. ★★关于γ射线，下列说法中正确的是（ ）。【1】

（A）是核外电子由外层轨道向内层轨道跃迁时产生的

（B）衰变时伴随α射线或β射线产生的

（C）是原子核由高能级向低能级跃迁时产生的

（D）是不带电的高速中子流

★★如图所示，由天然放射性元素钋（Po）放出的射线*x*1，轰击铍（94Be）时会产生粒子流*x*2，用粒子流*x*2轰击石蜡时会打出粒子流*x*3，经研究知道（ ）【1】（类似于1988年上海高考）

（A）*x*1为α粒子，*x*2为中子

（B）*x*1为α粒子，*x*3为质子

（C）*x*2为质子，*x*3为中子

（D）*x*2为质子，*x*3为光子

★★在下列核反应方程中，X代表质子的方程是（ ）。（1997年全国高考试题）

【1】

（A）2713Al＋42He→3015P＋X （B）147N＋42He→178O＋X

（C）21H＋γ→10n＋X （D）31H＋X→42He＋10n

★★★若元素A的半衰期为4 d，元素B的半衰期为5 d，则相同质量的A和B，经过20 d后，剩下元素A和元素B的质量之比*m*A：*m*B是（ ）。【1】（1993年全国高考）

（A）30∶31 （B）31∶30 （C）1∶2 （D）2∶1

1. ★★★元素X是A的同位素，分别进行下列衰变：X⎯→P⎯→Q，A⎯→R⎯→S。则下面说法中正确的是（ ）。【1】

（A）Q和S不是同位素 （B）X和R的原子序数相同

（C）X和R的质量数相同 （D）R的质子数多于前述任何元素

### 纵向应用

★★下列说法中正确的是（ ）。（1999年广东高考试题）【1】

（A）“原子由电子和带正电的物质组成”是通过卢瑟福α粒子散射实验判定的

（B）玻尔理论认为原子只能处在能量不连续的一系列状态

（C）放射性元素的半衰期与温度、压强无关

（D）同一元素的两种同位素，其原子核内的质子数相同而中子数不同

1. ★★用中子轰击硼核105B发生的核反应是：105B＋10n→73Li＋X，其中的X粒子应是（ ）

（A）α粒子 （B）β粒子 （C）质子 （D）中子

1. ★★α粒子轰击硼10生成氮13和x粒子，氮13具有放射性，放出y的粒子并生成碳13，则x粒子和y粒子分别是（ ）。【1】

（A）质子和中子 （B）质子和电子 （C）中子和电子 （D）中子和正电子

★★★天然放射性元素23290Th（钍）经过一系列α衰变和β衰变之后，变成20882Pb（铅）。下列论断中正确的是（ ）。（1998年全国高考试题）【1.5】

（A）铅核比钍核少24个中子

（B）铅核比钍核少8个质子

（C）衰变过程中共有4次α衰变和8次β哀变

（D）衰变过程中共有6次α衰变和4次β衰变

1. ★★★某放射性同位素样品，在21d甲衰减掉7/8，它的半衰期是（ ）。【1】

（A）3d （B）5.25d （C）7d （D）10.5d

1. ★★★完成下列核反应方程：

2713A1→3015P＋\_\_\_\_\_\_\_\_\_；

147N＋10n→146C＋\_\_\_\_\_\_\_；

146C→147N＋\_\_\_\_\_\_\_\_。【1】

1. ★★★活着的有机体中，14C对12C的比与大气中是相同的，约为1∶7.7×1011。有机体死亡后，由于14C的β衰变，其含量就不断减少。因此，考古人员测量出土占生物体遗骸中每克碳中现有的14C含量，就可以根据14C的半衰期（τ＝5730a[年]）推知该生物体的死亡年代。现测知某一古墓中1 g碳中所含14C为1.04×10-12 g。试确定墓主死亡年代。【4】
2. ★★★同位素原子在许多方面有着广泛的应用：1934年，科学家在用α粒子轰击铝箔时，除探测到预料中的中子外，还探测到了正电子，更意外的是，拿走α放射源后，铝箔虽不再发射中子，但仍能继续发射正电子，而且这种放射性随时间衰减的规律跟天然放射性一样，也有一定的半衰期。【5】

（1）写出α粒子轰击铝箔（2713A1）产生中子的核反应方程式；

（2）上述产生的具有放射性的同位素叫作放射性同位素，写出其产生正电子的核反应方程式；

（3）简要说明放射性同位素的应用，并至少举出两个实际应用的例子。

1. ★★★★铀238的半衰期是4.5×109 a（年），假使一块矿石中含有1 kg铀238，经45亿年后还剩多少铀238？假设发生衰变的铀238都变成了铅206，矿石中含有多少铅？这时铀铅比例是多少？写出矿石中铀、铅比例随时间变化的一般关系式，并说明能否根据这种铀铅比例判断出矿石的年龄。【8】

### 横向拓展

1. ★★一个静止的、质量为*M*的不稳定原子核，当它放射出质量为*m*、速度为*v*的粒子后，原子核的剩余部分的速度*u*等于（ ）。【1.5】

（A）－*v* （B）－*v* （C）－*v* （D）－*v*

★★★目前普遍认为，质子和中子都是被称为u夸克和d夸克的两类夸克组成。u夸克带电量为*e*，d夸克带电量为－*e*，*e*为基元电荷。下列论断中可能正确的是（ ）。（2002年全国理综）【5】

（A）质子中1个u夸克和1个d夸克组成，中子由1个u夸克和2个d夸克组成

（B）质子由2个u夸克和1个d夸克组成，中子由1个u夸克和2个d夸克组成

（C）质子由1个u夸克和2个d夸克组成，中子由2个u夸克和1个d夸克组成

（D）质子由2个u夸克和1个d夸克组成，中子由1个u夸克和1个d夸克组成

1. ★★★我国科学家在1965年9月首先用人工方法合成了牛胰岛素。为了证明人工合成的牛胰岛素与天然的是否为同一物质，在人工合成牛胰岛素过程中掺了放射性14C，然后将人工合成的牛胰岛素与天然的混合得到了放射性14C分布均匀的结晶物，从而证明了两者都是同一物质，为我国在国际上首先合成具有生物活性牛胰岛素提供了有力证据。在人工合成过程中掺入放射性14C的用途是（ ）。

（A）催化剂 （B）媒介质 （C）组成元素 （D）示踪原子

1. ★★★在匀强磁场中，一个静止的氡核22286Rn发生α衰变。放出的α粒子速度与磁场垂直，氡核的剩余部分（即钋核）和粒子都将分别以一定的半径在磁场中作圆周运动。试求α粒子和钋核作圆周运动的半径之比，并说明这两个粒子运动轨迹的相互关系。【2】
2. ★★★★科学家发现太空γ射线一般都是从很远的星体放射出来的。当γ射线爆发时，在数秒所产生的能量，相当于太阳在过去一百亿年所发出的能量总和的1000倍左右，大致相当于将太阳全部质量转变为能量的总和。科学家利用超级计算机对γ射线爆发的状态进行了模拟，经过模拟，发现射线爆发是起源于一个垂死的星球的“坍塌”过程，只有星球“坍塌”时所放出的能量，才可以发出这么巨大的能量。已知太阳光照射到地球上大约需要8min时间，由此来估算，宇宙中一次γ射线爆发所放出的能量（*G*＝6.67×10-11 N·m2/kg2）。【5】
3. ★★★★一静止的硼核（105B）吸收一个慢中子（速度可忽略）后，转变成锂核（73Li）并发出一个粒子，已知该粒子的动能为1.8 MeV，求锂核的动能。【5】

## 重核裂变 轻核聚变 核能

### 双基训练

1. ★对于下述四个核反应方程说法中正确的有（ ）。【1.5】

①94Be+42He→126C+10n

②31H+11H→42He+能量

③23592U+10n→9038Sr+13654Xe+X10n

④199F+Y→168O+42He

（A）①是发现中子的核反应方程 （B）②是链式反应方程

（C）③是核裂变方程，其中X＝10 （D）④是α衰变方程，其中Y是质子

★太阳辐射能量主要来自太阳内部的（ ）。【1.5】

（A）化学反应 （B）放射性衰变 （C）裂变反应 （D）热核反应

★★设质子、中子、氘核的质量分别为*m*1、*m*2和*m*3，那么，当一个质子和一个中子结合成一个氘核时，释放的能量是（ ）。【1】（类似于2014北京理综）

（A）*mc*2 （B）（*m*1＋*m*2）*c*2

（C）（*m*3－*m*2－*m*1）c2 （D）（*m*1＋*m*2－*m*3）*c*2

★★一个锂核（73Li）受到一个质子的轰击，变成2个α粒子，这一过程的核反应方程为\_\_\_\_\_\_\_\_\_。已知一个氢原子的质量是1.6736×10-27 kg，一个锂原子的质量是11.6505×10-27 kg，一个氦原子的质量是6.6466×10-27 kg，上述核反应所释放的能量等于\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_J（最后结果取三位有效数字）。【2】（1991年上海高考）

### 纵向应用

1. ★★★用中子轰击锂核（63Li）发生核反应，生成氚和α粒子外放出4.8 MeV的能量。

（1）写出核反应方程式；

（2）求出质量亏损；

（3）若中子与锂核是以等值反向的动量相碰，则氚和α粒子的动能之比是多少？

（4）α粒子的动能多大？【6】

1. ★★★两氘核发生了如下核反应：21H＋21H→32He＋10n，其中氘核质量为2.0136u，氦核质量为3.0150u，中子质量为1.0087u。

（1）求核反应中释放的核能。

（2）在两氘核以相等的动能0.35 MeV进行对心碰撞，并且核能全部转化为机械能的情况下，求反应中产生的中子和氦核的动能。

（3）假设反应中产生的氦核沿直线向原来静止的碳核（126C）接近，受库仑力的影响，当它们距离最近时，两个原子核的动能各是多少？【7】

1. ★★★核电站的发电原理是通过核裂变产生巨大的能量，完成下面铀核裂变可能的一个反应方程：23592u＋10n→14156Ba＋9236Kr＋\_\_\_\_\_\_\_\_\_，并计算1个铀核裂变放出的能量是多少（结果保留两位有效数字，23592U、14156Ba、9236Kr和中子的质量分别为235.0493u，140.9139u，91.8973u和1.0087u，1u＝1.66×10-27 kg）。

### 横向拓展

1. ★★★在原子反应堆中，用石墨作减速剂，将铀核裂变产生的快中子变成慢性中子，若初速度为*v*0的中子与碳原子发生弹性正碰，且碳原子在碰撞前是静止的。求中子与50个碳原子核发生碰撞后的速度（已知碳核的质量是中子质量的12倍）。【5】
2. ★★★太阳内部持续不断地发生着4个质子聚变为1个氦核的热核反应，这个核反应释放出的大量能量就是太阳的能源。

（1）写出这个核反应方程；

（2）这一核反应能释放多少能量？

（3）已知太阳每秒释放的能量为3.8×1026 J，则太阳每秒减少的质量为多少千克？

（4）若太阳质量减少万分之三，热核反应就不能继续进行，计算太阳还能存在多少年？（*m*p＝1.0073u，*m*α＝4.0015u，，*m*e＝0.00055u）【5】

1. ★★★★利用反应堆工作时释放出的热能使水汽化以推动汽轮发电机发电，这就是核电站。核电站消耗的“燃料”很少，但功率却很大。目前，核能发电技术已经成熟。【10】

（1）核反应堆中的“燃料”是23592U＋10n→90（）Sr＋（）54Xe＋1010n，填写括号中的数值。

（2）一座100万千瓦的核电站，每年需要多少吨浓缩铀？已知铀核的质量为235.0439u，中子质量为1.0087u，锶（Sr）核的质量为89.9077u，氙核（Xe）的质量为135.9072u，1u＝1.66×10-27 kg，浓缩铀中铀235的含量占2%。

（3）同样功率（100万千瓦）的火力发电站，每年要消耗多少吨标准煤（已知标准煤的燃烧值为3.08×107 J/kg）？

（4）为了防止铀核裂变产物放出的各种射线对人体的危害和对环境的污染，需采取哪些措施（举2种）？