# 第十三单元 原子和宇宙

# 一、概述

本单元基础型课程的内容由微观和宇观两个世界的物质特性和规律组成，微观部分由原子的核式结构、物质的放射性、原子核的组成以及核能及其利用组成，宇观部分由宇宙的结构及天体的演化组成。拓展型课程的内容有放射性元素的衰变和原子核的人工转变等组成。

在本单元学习中，要在了解质子、中子的发现历程中，感悟理论预见对实践的指导意义。要经历微观世界和宇观世界的物理知识的学习，了解这些知识对增强人类认识和利用自然的能力的作用。要激发不断探索物质世界的兴趣，树立科学的物质观、宇宙观，感悟科学家在推动近代物理的发展中的科学精神和人文精神。

本单元基础型课程需8课时，拓展型课程需4课时。

# 二、学习内容与要求

## （一）内容与水平

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **编号** | **基础型** | **拓展型** | **学习水平** |
| 13.1.1 | 原子的核式结构 |  | A |
| 13.1.2 | 物质的放射性 |  | A |
| 13.1.3 | 原子核的组成 |  | A |
| 13.1.4 | 重核的裂变 链式反应 |  | A |
| 13.1.5 | 核能的应用 核电站 |  | A |
| 13.1.6 | 我国核工业发展 |  | A |
| 13.1.7 | 宇宙的基本结构 |  | A |
| 13.1.8 | 天体的演化 |  | A |
| 13.2.1. |  | 放射性元素的衰变 | B |
| 13.2.2 |  | 原子核的人工转变 | B |

## （二）导图

卢瑟福

查德威克

*α*粒子散射实验

卢瑟福

汤姆孙

*α*粒子轰击N原子核

*α*粒子轰击Be原子核

阴极射线

原子的核式结构

原子核的人工转变

原子核的天然衰变

发现质子、中子

重核裂变

链式反应

核反应堆

核电站

应用

三种射线

宇宙的基本结构

空间

天体的演化

时间

星系

恒星

行星

其它物质

诞生期

死亡期

存在期

星云收缩成原恒星

恒星巨星

超巨星

黑矮星

中子星黑洞

物质的结构

微观

宇观

## （三）要求

13.1.1 知道原子的核式结构。①知道电子的发现过程；②知道α粒子散射实验的装置；③知道α粒子散射实验的现象；④知道原子核式结构模型。

13.1.2 知道物质的放射性。①知道天然放射现象；②知道α、β、γ射线的本质；③知道三种射线的电离本领、穿透性以及速率等基本特性；④知道射线的基本应用和防护方法。

13.1.3 知道原子核的组成。①知道原子核是由质子和中子组成的；②知道质子和中子统称为核子；③知道原子核的常用符号A ZXAZX；④知道同位素。

13.1.4 知道重核的裂变和链式反应。①知道原子核变化时会放出核能；②知道重核裂变是获取核能的有效途径之一；③知道链式反应和产生链式反应的条件。

13.1.5 知道核能的应用和核电站。①知道反应堆、核电站的基本构成和基本原理；②知道核能在能源、军事、生命科学等领域的应用；③知道核能的开发与利用是一把双刃剑。

13.1.6 知道我国核工业的发展。①知道我国核工业的发展现状；②知道我国核工业的发展前景。

13.1.7 知道宇宙的基本结构。①知道太阳系、银河系的结构；②知道宇宙的概念。

13.1.8 知道天体的演化。①知道恒星一般按照其亮度、体积等特征来分类；②知道恒星的质量与其寿命的关系。

13.2.1 理解放射性元素的衰变。①知道衰变的概念；②知道衰变的种类；③知道半衰期的概念；④能根据电荷数和质量数守恒完成衰变方程。

13.2.2 理解原子核的人工转变。①知道原子核的人工转变的概念；②知道发现质子、中子的过程；③知道发现质子、中子的实验装置、原理；④会写发现质子、中子的核反应方程式；⑤能区分原子核的人工转变与天然衰变；⑥能根据电荷数、质量数守恒完成核反应方程式。

# 三、学习指引（基础型）

## 16-06a（一）实验指要

本单元没有学生实验，也很难进行演示实验，但著名的α粒子散射实验非常重要，要了解该实验的装置（如图所示），理解卢瑟福对实验现象的分析并由此得出的原子的核式结构模型。

1．主要器材：α粒子源、金箔、光屏、显微镜。

2．实验要点：

（1）当有α粒子打到光屏上时，通过显微镜可在光屏上观察到一个亮点。显微镜和光屏可一起在圆轨道上移动。

（2）绝大多数粒子穿过金箔，方向偏转不大；有少数粒子产生大角度偏转，个别粒子偏转超过90°。

（3）卢瑟福正是依据实验中α粒子发生了大角度散射的现象，提出了原子的核式结构模型。

## （二）应用示例

**例题1** 下列关于α粒子散射实验的说法正确的是（ ）。

（A）α粒子散射实验中，穿过金箔的α粒子向各个方向偏转的几率差不多

（B）α粒子散射实验说明了原子内部的正电荷均匀地分布在整个原子内

（C）α粒子散射实验说明了几乎全部的质量都集中在一个很小的核上

（D）α粒子散射实验证明了原子核是由质子和中子组成的

**分析**：α粒子散射实验的现象是绝大多数粒子穿过金箔，方向偏转不大；有少数粒子产生大角度偏转，个别粒子偏转超过90°，由此分析出绝大多数α粒子碰不到正电荷，只有个别粒子能碰到正电荷，所以得出原子的全部正电荷都集中在一个很小的核上的结论。至于质量，电子的质量只占整个原子质量的很小一部分，所以原子几乎全部的质量都在正电荷上，也就是原子几乎全部的质量都集中在很小的核上。α粒子散射实验只能得出原子的核式结构，至于原子核内的组成部分，从这个实验的现象是无法获知的。

**解答**：C。

**说明**：本题考查原子的核式结构。要求要求知道α粒子发生偏转的原因和由实验现象能得到的结论。因此学习水平为知道（A）。

**学习内容**：13.1.1原子的核式结构。

**学习要求**：13.1.1③知道α粒子散射实验的现象；④知道原子核式结构模型。

**学习水平**：知道（A）。

**例题2** 如图所示为核电站发电流程示意图。在核能转化为电能输出的过程中还出现了\_\_\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_\_\_两种形式的能。

蒸汽发生器

水泥防护层

蒸汽

汽轮机

发电机

冷凝器

泵

泵

冷却剂

反应堆

水

**分析**：在核电站系统中有两个循环系统，虚线左侧为第一循环系统，右侧为第二循环系统。核能来源于图中左侧的反应堆，核反应产生的大量的热通过第一循环系统带至蒸汽发生器，这一过程核能转化为内能。在蒸汽发生器中使通过它的第二循环系统产生大量的高温蒸汽，蒸汽进入汽轮机做功，使汽轮机转动，从而带动发电机发电，内能先转化为机械能最后转化为电能。第二循环中的蒸汽从汽轮机中排出后进入冷凝器充分冷却变成水，再一次进入蒸汽发生器吸收热量，如此循环往复，完成发电过程。

**解答**：内能，机械能。

**说明**：本题考查核能的应用和核电站。要求知道在核电站的发电过程中能量的转化情况，知道核电站发电过程的基本原理。因此学习水平为知道（A）。

**学习内容**：13.1.5核能的应用 核电站。

**学习要求**：13.1.5①知道反应堆、核电站的基本构成和基本原理。

**学习水平**：知道（A）。

**例题3** 由原子核内射出、属于电磁波的射线是（ ）

（A）阴极射线 （B）X射线

（C）α射线 （D）γ射线

**分析**：首先，在核反应过程中从原子核内发出的射线是α射线、β射线和γ射线，其中α射线、β射线分别是高速运动的氦核和电子流，都不是电磁波，只有γ射线是光子，速度为光速，是电磁波；阴极射线是原子核外的电子从原子中释放出来形成的电子流，不是电磁波；X射线是原子核外电子在不同能级间跃迁时释放的光子流，属于电磁波。

**解答**：D。

**说明**：本题考查物质的放射性。要求知道三种射线的来源与本质。因此学习水平为知道（A）。

**学习内容**：13.1.2物质的放射性。

**学习要求**：13.1.2②知道α、β、γ射线的本质。

**学习水平**：知道（A）。

# 四、评价示例（基础型）

## （一）评价建议

单元评价包括日常作业评价、单元测试和活动评价等几个部分，其中日常作业评价和单元测试的评价方式与方法具体可参考第一单元，活动评价如“搜集与交流”等可由教师或小组同学根据演示文稿的内容与结构的合理性、交流时表达与思维的逻辑性等方面的情况，完成对学生的学习态度、学习水平等维度的评价。

## （二）活动示例

### 搜集与交流——核能的应用和核电站

搜集目前人们利用核能情况的资料。制作演示文稿，围绕 “核能的开发与利用是一把双刃剑”等问题进行讨论，明确如何科学地、合理地利用核能。

## （三）检测示例

### 填空题

1. 1897年，英国物理学家汤姆生通过一系列关于阴极射线的实验，发现了\_\_\_\_\_\_\_，该发现证明了\_\_\_\_\_\_\_\_是可分的，\_\_\_\_\_\_\_\_是\_\_\_\_\_\_的组成部分。
2. 天然放射性元素放出的α、β、γ三种射线的贯穿本领各不相同，图为这三种射线贯穿物体情况的示意图，①、②、③各代表一种射线，则①为\_\_\_\_\_\_射线，它的贯穿本领很弱；③为\_\_\_\_\_\_射线，它的贯穿本领很强。

①

②

③

铝

铅

1. 原子核是由\_\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_\_组成的，它们统称为\_\_\_\_\_\_\_，在原子核内把它们紧紧拉在一起的力叫做\_\_\_\_\_\_\_\_。
2. 已知镭的原子序数是88，原子质量数是226，则镭核中有\_\_\_\_\_\_个质子，有\_\_\_\_\_个中子，镭核所带的电荷量为\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_C。
3. \_\_\_\_\_\_\_受到其它粒子（如中子）轰击时变成两块质量较轻的核，同时还可能放出\_\_\_\_\_\_\_，这就是\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_。
4. 铀核受到\_\_\_\_\_\_\_\_\_轰击而发生裂变时，能放出2~3个中子，这2~3个中子又引起其余铀核的裂变，这样裂变就会不断地持续下去，释放出越来越多的能量，这种反应叫做\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_。
5. 所有的空间及其中的万物称为\_\_\_\_\_\_\_。我们观察到每个星系都在与其它星系远离，距离越远的星系退行的速度越大，这意味着宇宙在\_\_\_\_\_\_\_\_\_。

### 单选题

1. 一颗恒星的寿命取决于它的（ ）。

（A）温度 （B）质量 （C）颜色 （D）体积

1. 下列关于宇宙的说法中正确的是（ ）。

（A）地球是宇宙中唯一有卫星的行星 （B）太阳是银河系中唯一发光的恒星

（C）太阳系是银河系的一个组成部分 （D）所谓恒星就是永恒不变的星球

1. 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）一座是利用核裂变释放的核能，一座是利用核聚变释放的核能

（D）以上说法都不对

【解析】核电站的能量来自于重核裂变产生的核能，目前可控核聚变仍处于研究之中，并没有投入实用。

正确选项为A。

1. 卢瑟福提出原子的核式结构模型，该模型建立的基础是（ ）

（A）质子的发现 （B）对阴极射线的研究

（C）天然放射性现象的发现 （D）α粒子的散射实验

1. 如图为卢瑟福的α粒子散射实验，①、②两条线表示实验中α粒子运动的轨迹，则沿③所示方向射向原子核的α粒子可能的运动轨迹为（ ）。

+

原子核

①

②

③

a

b

c

d

（A）轨迹a （B）轨迹b

（C）轨迹c （D）轨迹d

1. 由核反应产生，且属于电磁波的射线是（ ）。

（A）阴极射线 （B）X射线 （C）α射线 （D）γ射线

### 实验题

1. 1909年，为了验证汤姆孙提出的原子结构，英国物理学家卢瑟福和他的同事们用高速飞行的α粒子去轰击金箔来探测原子的构造情况。如图所示实验装置示意图，其中A为\_\_\_\_\_\_\_\_，B为\_\_\_\_\_\_\_\_，C为\_\_\_\_\_\_\_\_，D为\_\_\_\_\_\_\_\_。

A

B

C

D

# 五、学习指引（拓展型）

## 应用示例

**例题1** 在一个23892U原子核衰变为一个20682Pb原子核的过程中，发生β衰变的次数为（ ）

（A）6次 （B）10次 （C）22次 （D）32次

**分析**：每一次β衰变释放出一个e，会造成质量数不变、电荷数增加1。而从23892U衰变成20682Pb，质量数减少了32，电荷数减少了10。可见此过程中还有α衰变，每一次α衰变会造成质量数减少4、电荷数减少2。由质量数减少32可确定经历了8次α衰变，而8次α衰变会使电荷数减少16，最终的电荷数只减少了10，因此可以断定还发生了6次β衰变。

**解答**：A

**说明**：本题考查放射性元素的衰变。要求根据原子核的电荷数、质量数的变化分析衰变的次数和种类。因此学习水平为理解（B）。

**学习内容**：13.2.1放射性元素的衰变。

**学习要求**：13.2.1②知道衰变的种类；④能根据电荷数和质量数守恒完成衰变方程。

**学习水平**：理解（B）

**例题2** 英国物理学家卢瑟福1919年通过如图所示的实验装置，第一次完成了原子核的人工转变，并由此发现了\_\_\_\_\_\_\_\_\_。实验时，卢瑟福仔细调节铝箔的厚度，使\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_恰好不能穿透铝箔。该实验的核反应方程为：147N＋42He→\_\_\_\_\_\_\_＋\_\_\_\_\_\_\_\_。

**分析**：这是卢瑟福发现质子的实验装置，也是世界上第一次完成的人工转变。当装置未通氮气时，通过显微镜可以观察到荧光粉发光，这是因为放射源衰变放出的α射线造成的。调节铝箔的厚度，使其恰好能挡住α射线，不再能观察到荧光粉发光。通入氮气，又能观察到荧光粉发光，卢瑟福由此断定α射线轰击氮原子核产生了其他粒子，就是质子。

**解答**：质子；178O，11H

**说明**：本题考查原子核的人工转变。要求知道质子发现的人工转变；要求理解实验装置，并完成核反应方程式。因此学习水平为理解（B）。

**学习内容**：13.2.2原子核的人工转变。

**学习要求**：13.2.2③知道发现质子、中子的实验装置、原理；④能根据电荷数和质量数守恒完成衰变方程

**学习水平**：理解（B）

**例题3** 下列核反应方程中X表示α粒子，且属于人工转变的是（ ）。

（A）23892U→23490Th+X

（B）23490Th→23491Pa+X

（C）21H+31H→X+1nn

（D）94Be+X→126C+10n

**分析**：人工转变与天然衰变的区别在于：人工转变需要有粒子去轰击某个原子核，因此在方程式的左边至少有两项，而天然衰变则由某个原子核自发地发射出α粒子或β粒子，在方程式的左边只有一项。在核反应过程中，无论是衰变还是人工转变，都遵循两个守恒：即质量数守恒和电荷数守恒。根据这两个守恒，通过简单的加减计算即可求出每个反应式中X的质量数和电荷数。α粒子的本质是氦原子核，即42He，质量数为4，电荷数为2。

**解答**：D。

**说明**：本题考查原子核的人工转变。要求辨识人工转变的核反应方程式，并应用质量数守恒和电荷数守恒两个规律，确定α粒子。因此学习水平为理解（B）。

**学习内容**：13.2.2原子核的人工转变

**学习要求**：13.2.2⑤能区分原子核的人工转变与天然衰变；⑥能根据电荷数、质量数守恒完成核反应方程式

**学习水平**：理解（B）

# 六、评价示例（拓展型）

## （一）活动示例

### 1．比较与分析——放射性元素的衰变

分析天然放射现象,根据三种射线的基本特性,通过比较原子核衰变前后质量数、电荷数的变化,得出原子核衰变过程中遵循质量数守恒和电荷数守恒的结论。

### 2．搜集与交流——质子和中子的发现

搜集发现质子、中子的实验和过程的相关资料。围绕“α粒子击中氮核的产物及核反应过程”等问题进行讨论,明确质子是原子核的组成部分。围绕大多数原子核的质量数均大于电荷数的事实,进行分析、讨论,推断“原子核中存在中子”；对约里奥·居里夫妇的“失败”和查德威克的成功带给人们的启迪并进行讨论和交流。

## （二）检测示例

### 填空题

1. 科学家正在设法探寻“反物质”，所谓的“反物质”是由“反粒子”构成的，“反粒子”与其对应的正粒子具有相同的质量和相同的电量，但电荷的符号相反，据此，若有反α粒子，它的质量数为\_\_\_\_\_\_\_，电荷数为\_\_\_\_\_\_\_。
2. 1911年卢瑟福依据α粒子散射实验中α粒子发生了\_\_\_\_\_\_（选填“大”或“小”）角度散射现象，提出了原子的核式结构模型。若用动能为1 MeV的α粒子轰击金箔，其速度约为\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_m/s。（质子和中子的质量均为1.67×10-27 kg，1 MeV＝106 eV）

### 单选题

1. 卢瑟福在分析α粒子散射实验现象时，认为电子不会对α粒子偏转产生影响，其主要原因是（ ）。

（A）α粒子与各电子相互作用的效果互相抵消

（B）电子的体积很小，α粒子碰不到它

（C）电子的电荷量很小，与α粒子的相互作用力很小，可忽略不计

（D）电子的质量很小，就算碰到，也不会引起明显的偏转

1. 卢瑟福预言原子核内除除质子外还有中子的事实依据是（ ）。

（A）电子数与质子数相等

（B）原子核的质量大于核内质子质量

（C）原子核的核电荷数只是质子数的一半或少一些

（D）质子和中子的质量几乎相等

1. 关于太阳系下列说法中正确的是（ ）。

（A）太阳是一颗能发光、发热的液态星球

（B）太阳处在银河系的中心位置

（C）太阳系的八大行星几乎在同一平面内运动

（D）离太阳越远的行星绕太阳运转的周期越小，公转速度越大

1. 太阳辐射能量主要来自于太阳内部的（ ）。

（A）化学反应 （B）放射性衰变

（C）裂变反应 （D）热核反应

1. 如图中P为放在匀强电场中的天然放射源，其放出的射线在电场的作用下分成a、b、c三束。以下判断中正确的是（ ）。

a

b

c

+

-

P

（A）a为α射线，b为γ射线

（B）a为α射线，b为β射线

（C）b为γ射线，c为α射线

（D）b为α射线，c为γ射线

1. 下列论述正确的是（ ）。

（A）卢瑟福的α粒子散射实验说明原子核具有复杂的结构

（B）汤姆孙发现电子说明原子核具有复杂的结构

（C）天然放射现象揭示了原子核由质子和中子组成

（D）天然放射现象说明原子核具有复杂的结构

1. 有一衰变反应如下：X→Y，下列说法中正确的是（ ）。

（A）若放射性元素X经过6 h还剩下没有衰变，则它的半衰期为0.75 h

（B）X、Y的中子数可能相同

（C）X、Y的质子数可能相同

（D）X、Y的核子数可能相同

1. 下列能正确反映原子核的人工转变的方程是（ ）。

（A）23490Th→23491Pa+0-1e （B）147N+42He→178O+11H

（C）23892U→23490Th+42He （D）23592U+10n→14456Ba+8936Kr+310n

1. 一质子束入射到静止靶核2713Al上，产生如下核反应：p+2713Al→X+n，p、n分别为质子和中子，则产生新核的核子数和电荷数分别为（ ）。

（A）27和12 （B）27和14 （C）28和13 （D）28和15

1. 氢、氘、氚是同位素，它们的核内具有相同的（ ）。

（A）电子数 （B）质子数 （C）中子数 （D）核子数

### 实验题

1. 1919年卢瑟福通过如图所示的实验装置，第一次完成了原子核的人工转变，并由此发现质子。图中A为放射源发出的\_\_\_\_\_\_\_粒子，B为\_\_\_\_\_\_气。

B（气体）

A

放射源

银箔

荧光屏

显微镜

1. 如图所示为査德威克的实验示意图，由天然放射性元素Po放出的α射线轰击铍时产生粒子流A，用粒子流A轰击石蜡时会打出粒子流B，则（ ）。

Po

铍

石蜡

A

α粒子

B

（A）A为中子，B为质子

（B）A为质子，B为中子

（C）A为γ射线，B为中子

（D）A为中子，B为γ射线

1. 一置于铅盒中的放射源发射的α、β和γ射线，由铅盒的小孔射出，在小孔外放一铝箔后，铝箔后的空间有一匀强电场。进入电场后，射线变为a、b两束，射线a沿原来方向行进，射线b发生了偏转，如图所示，则图中的射线a为\_\_\_\_\_\_射线，射线b为\_\_\_\_\_\_射线。

放射源

铅盒

铝箔

带电极板

射线b

射线a

照

相

底

片

带电极板