

原子结构和天然放射现象

2020.2

原子物理、核式结构模型

1

几个问题：

原子是不是组成物质的最小单位？我们如何知道这一点？

原子之所以不会自发分裂，是因为内部有什么相互作用力？

原子内部的“景象”是静止还是运动的，是密集还是空旷？

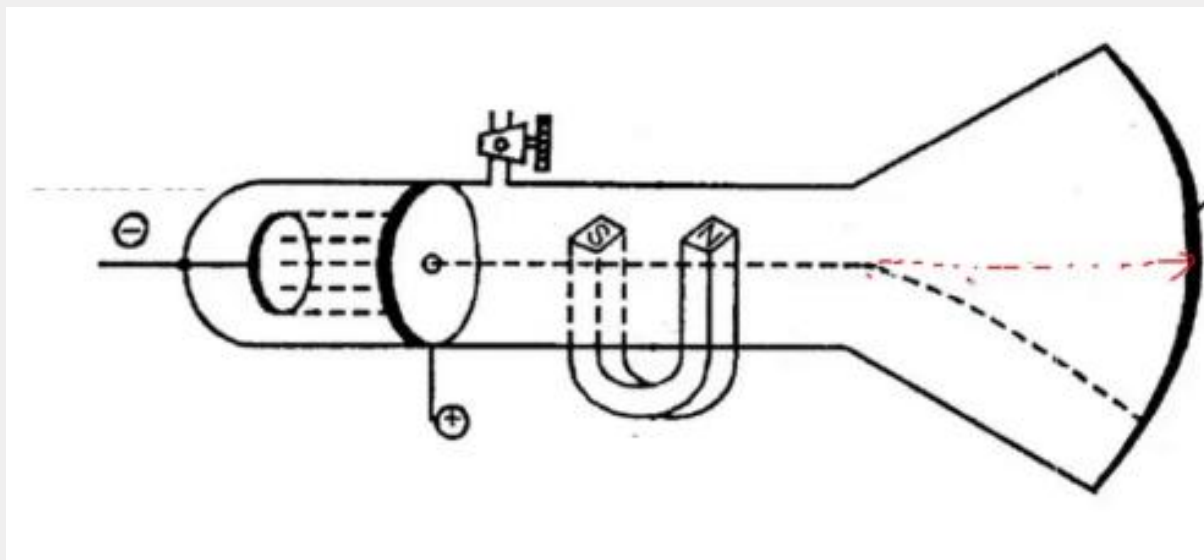
电子的发现

发现者：J. J. 汤姆森（19世纪末）

研究对象：阴极射线（电子流）

意义：表明原子的内部有复杂结构

--> 早期的原子模型：静态的原子（葡萄干布丁或枣糕模型）



核式结构模型

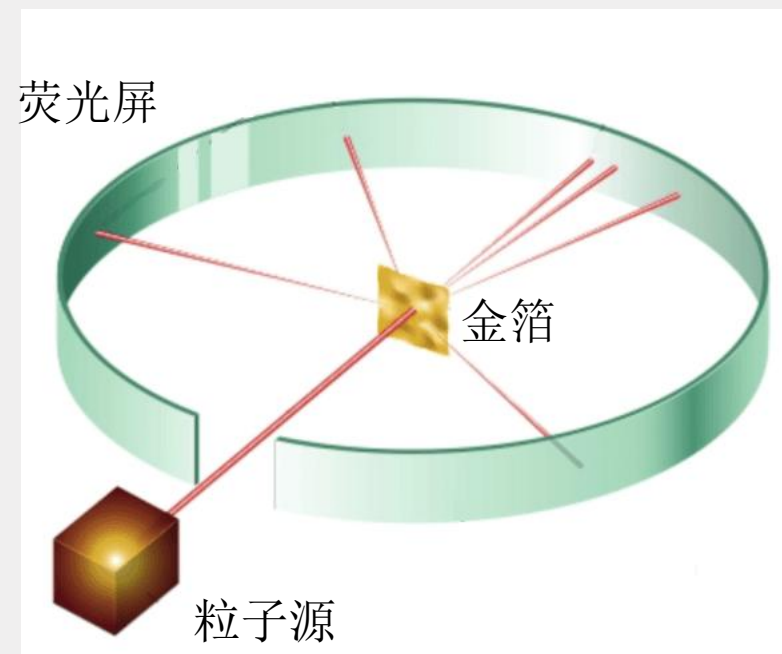
什么是推翻汤姆森的原子模型的关键实验证据？

什么实验是提出核式结构模型的关键证据？

α 粒子散射实验（卢瑟福等人，20世纪初）

散射：运动路径偏转

α 粒子：氦原子核 ${}^4_2\text{He}$



实验的结果：

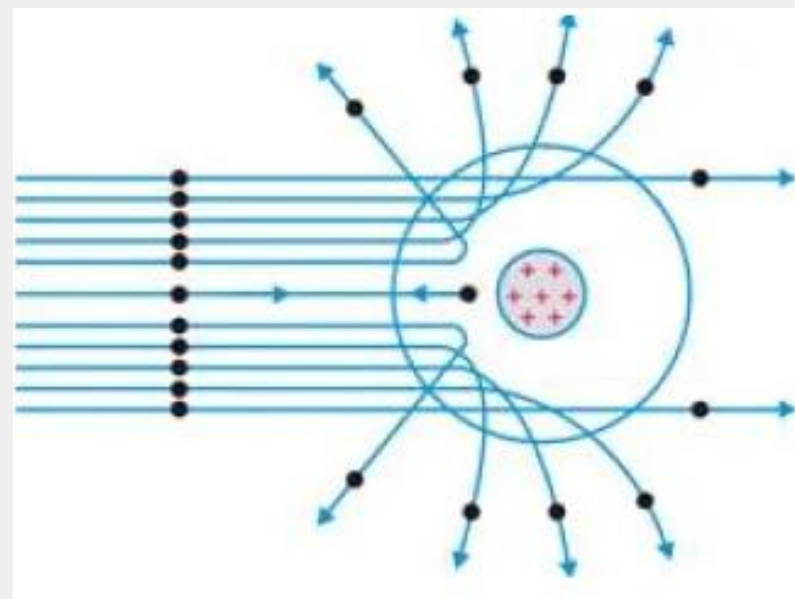
大部分 α 粒子未发生明显偏转；极小部分发生了很大角度的偏转

α 粒子散射实验的意义

实验结果否定了旧原子模型：小部分发生了很大角度的偏转

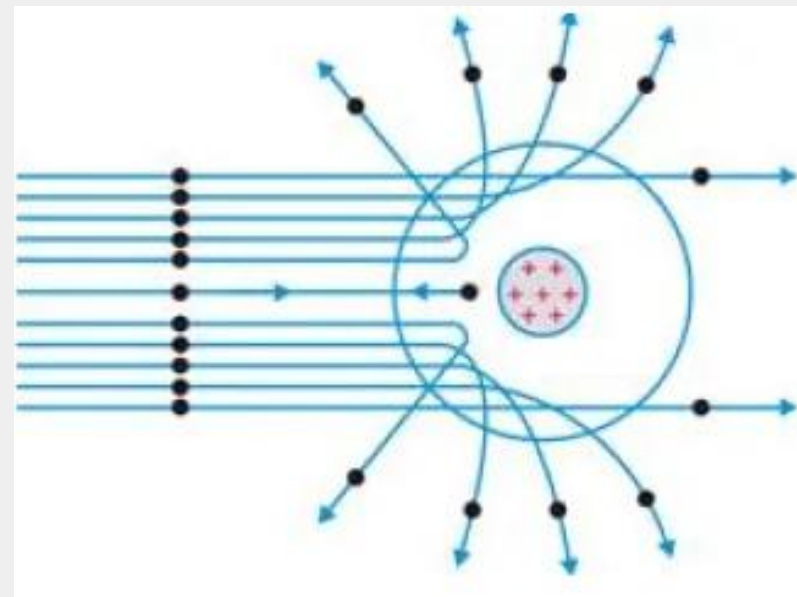
原子核式结构模型（卢瑟福）

原子中，所有的正电和大部分质量都集中在极微小的原子核中；核外的电子绕核转动。



思考题

1. 原子核中的电子对 α 粒子的散射有何影响?



2. 若不考虑 α 粒子之间的相互作用，则发生大角度散射的 α 粒子
().

- (A) 经过位置的电势先增后减 (B) 动能不断减小
(C) 电势能不断增加 (D) 机械能守恒

几个问题：

原子是不是组成物质的最小单位？我们如何知道这一点？

原子之所以不会自发分裂，是因为内部有什么相互作用力？

原子内部的“景象”是静止还是运动的，是密集还是空旷？

天然放射现象和原子核的组成

2

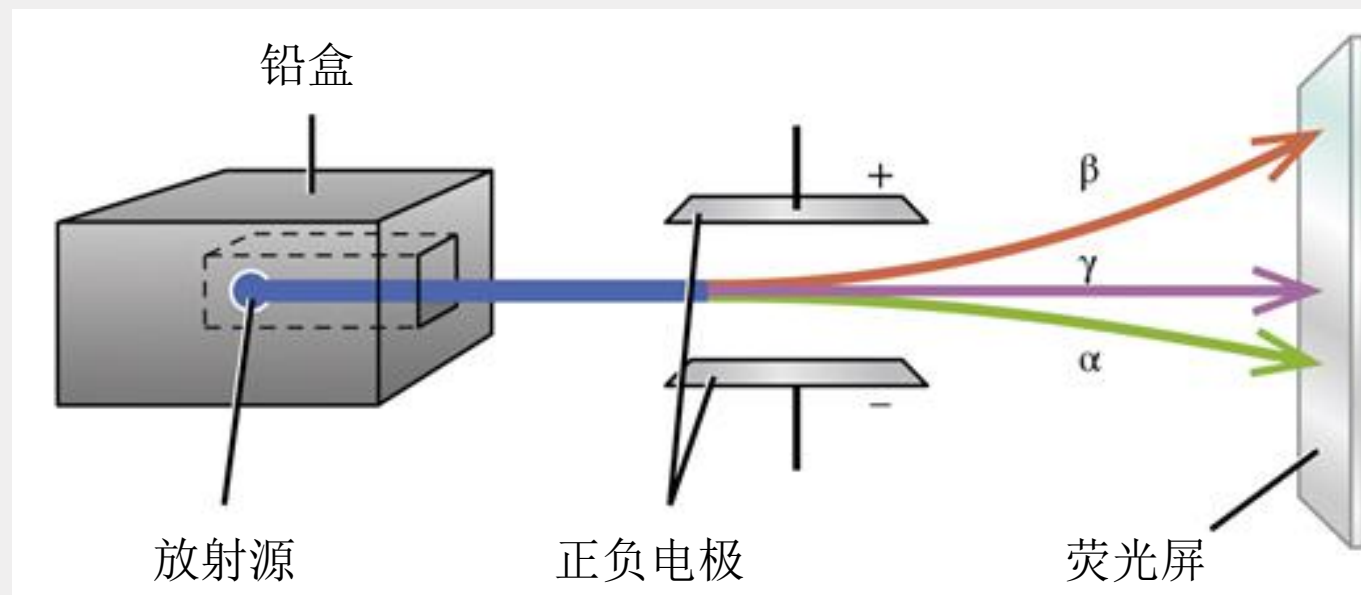
天然放射现象（贝可勒尔19世纪末）

天然放射现象：放射性元素自发放出射线的现象

特征：

只与元素本身有关，与其存在的化学形态、所处的物理环境无关
发出的射线既有穿透性(贯穿本领)，又有一定的电离作用

三种射线

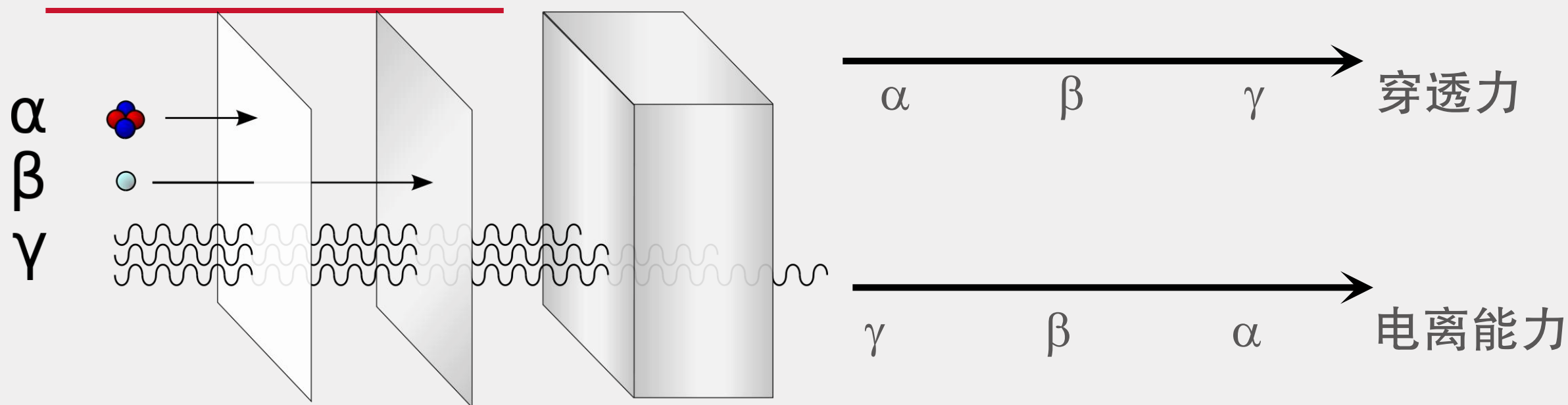


α 射线：高速的 α 粒子流（ ${}^4_2\text{He}$ ），带正电的实物粒子

β 射线：高速电子流（ ${}^0_{-1}\text{e}$ ），带负电的实物粒子

γ 射线：高频的电磁波，不带电，不是实物粒子

三种射线



放射线的应用：生物育种，工业探伤，生物示踪等

问题

α 射线, β 射线, γ 射线 和 x射线, 阴极射线中,

(1) 哪些是电磁波? 频率如何?

(2) 哪些是来自原子核?

(3) 哪些是实物粒子? 他们的质量如何?

衰变

原子核自发放出射线或粒子，成为新的原子核

α 衰变： ${}_b^aX = {}_{b-2}^{a-4}Y + {}_2^4\text{He}$

β 衰变： ${}_b^aX = {}_{b+1}^aZ + {}_{-1}^0e$

(α β 衰变同时伴有 γ 射线产生)

衰变的性质：

- (1) 是一种自发核反应，不受外界物理化学环境的影响
- (2) 过程中原子核的 质量数 和 电荷数 守恒

半衰期

大量原子核中，一半发生衰变所需要的时间。

- (1) 半衰期只与原子核的种类有关，不受物理、化学条件影响。
- (2) 半衰期是大量原子核满足的统计规律

问题：

- (1) 经过1个半衰期，某种原子核衰变了一半，再经过一个半衰期，剩下的一半也衰变了？
- (2) 如果只有一个孤立的原子核，经过1个半衰期变成几个？

核反应和核能

3

问题：

- (1) 原子核衰变将释放出氦核和电子，能不能说原子核中存在氦核和电子？
- (2) 大部分原子核之所以稳定而不会自发分裂，是因为内部有什么相互作用力？
- (3) 原子核的人工转变和衰变有什么区别？

质子和中子

质子的发现（卢瑟福）：首次人工核转变

α 粒子轰击氮原子核，在荧光屏上产生闪光



中子的发现（查德威克）

α 粒子轰击铍原子核，产生能从石蜡中打出质子的射线。



思考题

(1) 比较 α 粒子、质子和中子的穿透本领

(2) α 粒子轰击氮原子核产生了闪光，怎么知道闪光不是 α 粒子产生的？

原子核的组成

质子 (${}^1_1\text{H}$) 和 (${}^1_0\text{n}$) 中子, 统称核子

原子核由核子通过核力结合在一起

四种基本相互作用

万有引力

电磁力 (包括宏观上的弹力、摩擦力)

强力

弱力

问题: 分子力本质上属于什么相互作用?

相邻的原子核之间需不需要考虑核力?

问题：

- (1) 原子核衰变将释放出氦核和电子，能不能说原子核中存在氦核和电子？
- (2) 大部分原子核之所以稳定而不会自发分裂，是因为内部有什么相互作用力？
- (3) 原子核的人工转变和衰变有什么区别？

核反应和核能

原子核变化产生新原子核；伴随巨大的能量变化

电荷数守恒、质量数守恒

较大的原子核分裂成较小的原子核，并释放能量：裂变

较小的原子核融合成较大的原子核，并释放能量：聚变

核裂变

典型的反应：铀（U）的裂变

典型的应用：原子弹，核电站，核反应堆

链式反应

中子轰击诱发裂变，并产生更多中子

存在临界体积

用减速剂（如石墨、重水）对中子减速

用吸收棒（如镉）控制反应速度

核聚变

典型的反应：氘和氚的聚变

条件：热核反应

应用：制造氢弹，宇宙中恒星的能量来源

问题

能不能说恒星的体积已经超过了临界体积？

宇宙学简介

4

宇宙的起源

宇宙起源于一次大爆炸，并在不断膨胀

宇宙是有年龄的，也是有大小的

恒星

恒星的能量来自核聚变，也有产生和消亡

恒星的寿命取决于质量。质量越大，寿命越短

太阳最终会变成一颗红巨星，并走向衰亡