

核工程原理第一章思考题

1. 中子与原子核相互作用（核反应）有很多种。哪几种对于核反应堆物理分析是最重要的？为什么？
2. 试述微观截面的物理意义。
3. 试从两个角度说明宏观截面的物理意义。
4. 为什么宏观截面的倒数就是平均自由程？
5. 能级宽度的定义是什么？用在什么地方？它与衰变常数之间有什么关系？
6. 中子在某介质中穿行 x 距离而不与该介质发生相互作用的几率是多少？中子在某介质中穿行 x 距离不与该介质发生相互作用、但在 x 至 $x+dx$ 之间与该介质发生相互作用的概率是多少？
7. 简述各种核反应截面随能量变化的一般规律。
8. 非弹性散射为什么有阈值？为什么在非弹性散射发生前后动能不守恒？
9. 什么是 $1/V$ 规律？
10. 试述氢原子核的散射截面与中子能量的关系。
11. 为什么低能中子被吸收的概率比高能中子大？
12. 为什么势散射截面在相当宽的能量范围内近似为常数？
13. 什么是核反应中的共振现象？
14. 中子通量密度 ϕ 的定义是什么？它是向量还是标量？
15. 为什么反应率密度等于宏观截面乘以中子通量密度？
16. 能量相关通量 $\phi(E)$ 的定义是什么？它的单位是什么？ $\phi(E)dE$ 表示什么？
17. 为什么计算平均反应截面时应该用中子通量 $\phi(E)$ 作为权重函数？
18. 哪些核素是易裂变核？哪些核素是可裂变核？
19. 易裂变核之所以易裂变，原因是什么？
20. 把 235 个核子（质子和中子）结合成一个铀-235 原子核核时要放出结合能。一个“合理”的推论似乎应是：把铀-235 核打碎时应该吸收能量。但实际上中子将铀-235 核打碎时反而会放出大量能量，这是为什么？
21. 为什么大部分裂变产物都是放射性核素？
22. 既然快中子可以使铀-238 发生裂变，为什么快堆不能采用铀-238 作燃料，而只是把它用作增殖材料？
23. 一克铀 235 和一克钚 239，放在热堆中烧，哪个放出的能量多？为什么？
24. 对于快堆和热堆，有效裂变中子数 η 的含义有何不同？
25. 据计算，1.05 克铀-235 全部裂变时可放出一兆瓦日的能量。是否可以说，在反应堆中每生产一兆瓦日的能量需要消耗 1.05 克铀-235？

26. 以低浓缩铀为燃料的核反应堆，在运行过程中其缓发中子份额 β 是否会发生变化？如果会发生变化，那么是变大还是变小？
27. 什么是热中子？
28. 什么是冷中子？
29. 有人说，热中子的能量是 0.0253 eV（电子伏），对吗？
30. 有人说，当温度是 20°C 时，热中子的能量是 0.0253eV，对吗？
31. 有人说，从表上查得的 2200 米/秒 的核反应截面就是 20°C 时的热中子反应截面，对吗？
32. 为什么水的热中子散射截面不等于一个氧核与两个氢核的热中子散射截面之和？
33. 写出计算热中子平均吸收截面的公式，并解释其中各个因子的物理意义。
34. 写出在共振能 E_0 附近的平均多普勒展宽截面 $\sigma_x(E, T)$ 计算公式。其中 E 表示什么？ T 表示什么？
35. 我们知道，中子与某种核相互作用时，反应截面与核反应的类型和中子能量有关，为什么在上式中反应截面还与 T 有关？
36. 快中子反应堆里没有慢化剂，但是快堆内的中子平均能量也只有 0.2 至 0.3 MeV，而不是 2 MeV（裂变中子的平均能量），这是为什么？
37. 为什么利用快堆可以比较容易地实现核燃料的增殖和充分地利用核资源？
38. 在什么情况下有效裂变中子数 η 与无穷增殖系数 K_{∞} 相等？
39. 以纯铀-235 做燃料的热中子反应堆，其有效增殖系数最大能达到多少？
40. 为什么热中子反应堆内的热中子能谱不完全等同于麦克斯威谱？
41. 什么是吸收硬化现象？
42. 为什么要引入中子温度的概念？
43. 写出描述热中子反应堆内中子循环的六因子公式，并说明每一个因子的物理意义。
44. 已经有了 K_{eff} ，为何还要定义一个 K_{∞} ？世界上哪有无限大的反应堆？
45. 对于每种裂变材料核，我们定义了一个参数 η ，称为有效裂变中子数；四因子公式中也有一因子 η ，也称为有效裂变中子数。这两者是一回事吗？
46. 为什么用天然铀做燃料的反应堆不能用水做慢化剂？

比较复杂的问题

1. 我们如何能知道，存在两种不同机理的弹性散射：势散射和复合弹性散射？
2. 在教材 p22 表 1-4 中 我们看到，对于铀 238 在 $E = 6.67\text{eV}$ 处的第一共振峰，

其伽玛宽度 $E_\gamma = 0.026\text{ev}$ ，中子宽度 $E_n = 0.00152\text{ev}$ ，这说明 U-238 核与能量为 6.67ev 的中子 发生共振俘获反应的概率远大于发生共振散射的概率。试解释其原因。

3. 某共振峰的 $\Gamma_\gamma \gg \Gamma_n$ ，这说明发生共振俘获反应的概率远大于发生共振散射的概率。除此之外还说明什么？

4. 严格来说，核反应截面应该用 $\sigma(E, T)$ 来表示。但是为什么除了讨论共振现象之外，我们都只是把截面表示为 $\sigma(E)$ ？一般情况下不需要考虑原子核的热运动吗？

5. 为什么温度升高时，共振峰峰值降低？

6. 为什么温度升高时，共振峰宽度增大？

7. 温度变化时共振峰曲线下的面积(基本上)不变。既然如此, 为什么温度升高时被共振吸收的中子数目会增加？

8. 在什么特殊情况下中子通量密度具有“通量”(单位时间内通过单位面积的中子数) 的意义？

9. 中子注量率的定义是什么？为什么这个量与中子通量密度是一回事？

10. 什么是虚能级？