

中山大学

2017 年攻读硕士学位研究生入学考试试题

科目代码: 893

科目名称: 反应堆物理

考试时间: 2016 年 12 月 25 日下午

考生须知
全部答案一律写在答题纸
上, 答在试题纸上的不计分! 答
题要写清题号, 不必抄题。

(共 43 题, 总分 150 分)

一、填空题 (共 20 分)

1. ____ 是最简单的核反应, 它是中子波和核表面势相互作用的结果, 中子并未进入靶核。(2 分)
2. 中子由于散射碰撞而降低速度的过程叫做 ____。(2 分)
3. 分群扩散模型中, 将中子能量从源能量到热能之间分成为若干个能量区间, 称之为 ____。(2 分)
4. 描述中子输运过程的精确方程叫做 ____。(2 分)
5. 所谓 ____ 就是将所讨论的能量区间划分成很多细窄的能群, 一般群数可达 25~100 群甚至更多。(2 分)
6. 常见的堆芯栅格结构包括由棒状燃料构成的 ____ 以及由片状燃料构成的平板栅格。(2 分)
7. 我们把由裂变反应直接生成的裂变碎片以及随后这些碎片经过放射性衰变形成的各种同位素统称为 ____。(2 分)
8. 一个新装料堆芯从开始运行到有效增殖因数降到 1 时, 反应堆满功率运行的时间称为 ____。(2 分)
9. 中子与原子核相互作用时, 由于靶核的热运动随温度的增加而增强, 导致共振峰的宽度随温度的上升而增加, 同时峰值截面也逐渐缩小。这一现象称为 ____。(2 分)
10. 为方便起见, 我们把堆内中子通量密度增长一倍所需的时间, 称为 ____。(2 分)

二、选择题 (共 20 分)

11. 在反应堆内, 下列哪项不属于中子与原子核相互作用的主要方式? (2 分)
A. 势散射 B. 直接相互作用 C. 间接相互作用 D. 复合核的形成
12. 下列哪项不属于易裂变同位素? (2 分)
A. ^{233}U B. ^{235}U C. ^{238}U D. ^{239}Pu
13. 下列入射中子能量 E 中, 属于快中子区的有? (2 分)
A. $E=10\text{eV}$ B. $E=100\text{eV}$ C. $E=500\text{eV}$ D. $E=5000\text{eV}$
14. ^{235}U 核裂变释放的能量中最大的是哪项? (2 分)
A. 裂变碎片的动能 B. 裂变中子的动能 C. 瞬发 γ 能量 D. 裂变产物衰变产生的能量
15. 下列哪种物质不属于慢化剂? (2 分)
A. H_2O B. ^{238}U C. D_2O D. Be E. 石墨
16. 当出现空泡或者空泡份额增大的情况时, 下列哪项不属于可能出现的效应。(2 分)
A. 冷却剂的有害中子吸收减少 B. 中子泄漏增加 C. 慢化能力变小 D. 慢化能力变大
17. 按控制毒物在调节过程中的作用和要求, 可以把反应堆的控制分成三类。下列哪项不属于这三类。(2 分)
A. 紧急控制 B. 功率调节 C. 燃料输送 D. 补偿控制
18. 下列哪项不属于压水堆中控制棒使用的主要材料。(2 分)
A. Ag B. In C. Cd D. Fe
19. 下列哪项不属于主要的反应性温度系数? (2 分)
A. 燃料温度系数 B. 冷却剂温度系数 C. 慢化剂温度系数
20. 中子吸收反应不包括下列哪项? (2 分)
A. 核聚变 B. 核裂变 C. (n, p) D. (n, γ)

考试完毕, 试题随答题纸一起交回。

第 1 页 共 3 页

三、判断题 (共 20 分)

21. 根据中子与靶核相互作用结果的不同, 将中子与原子核的相互作用分为反射和吸收两大类。(2分)
22. 微观截面表征一个中子与单位体积内所有原子核发生核反应的平均概率大小。(2分)
23. 人们通常会在反应堆芯部外面围以反射层以减少中子的泄漏损失, 这种反射层厚度越厚越好。(2分)
24. 对于实际核电站反应堆, 热中子通量密度分布不均匀系数要远小于裸堆的数值。(2分)
25. 当燃料温度升高时, 由于多普勒展宽, 能量自屏和空间自屏效应增加, 使得共振吸收减弱, 从而导致有效增殖因数和反应性变大, 其反应性效益总是正的。(2分)
26. 转换比 CR 是指反应堆中每消耗一个可裂变材料原子所产生的新的易裂变材料的原子数。(2分)
27. 为了保证反应堆的安全运行, 要求反应性系数为正值, 以便形成正反馈效应。(2分)
28. 在天然铀中, ^{235}U 占 0.71%, ^{238}U 占 99.28%。(2分)
29. 以 ^{235}U 或 ^{239}Pu 做燃料的反应堆, 只有当裂变主要是在快中子能谱区内发生时才能增殖, 这种反应堆通常称为快中子增殖堆。(2分)
30. 慢化剂温度效应滞后于功率的变化, 故慢化剂温度系数属于缓发温度系数。(2分)

四、简答题 (共 24 分)

31. 控制棒主要用来控制哪些因素引起的反应性变化。请试举三个因素。(4分)
32. 化学补偿控制的优点有哪些? 请列举三条。(4分)
33. 反应堆内中子数目的增减与平衡主要取决于哪些过程。(4分)
34. 试述反射层的作用。(4分)
35. 对于压水堆而言, 展平堆芯功率分布的措施有哪些。(4分)
36. 为什么对热中子反应堆来讲, 在裂变产物中, 同位素 ^{135}Xe 和 ^{149}Sm 非常重要。(4分)

五、画图解释 (共 24 分)

37. 试在下图中绘制不同厚度介质内的中子通量密度分布曲线, 并解释平板介质的厚度对中子通量密度的影响。(6分)

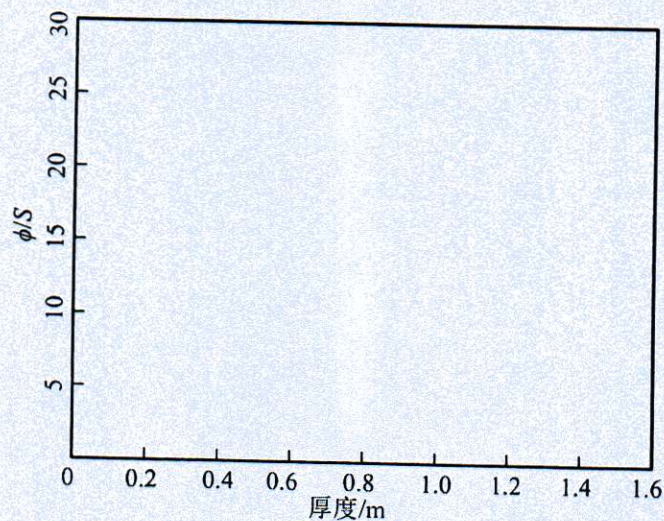


图 1 不同厚度介质内的中子通量密度分布

38. 试绘制铀-水栅格增殖因数 K_{∞} 与 $V_{\text{H}_2\text{O}} / V_{\text{UO}_2}$ 的关系图, 并加以简单解释。(6分)

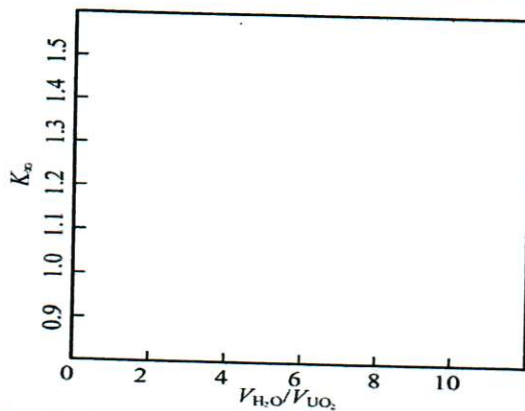


图2 铀-水栅格增殖因数 K_{∞} 与 V_{H_2O} / V_{UO_2} 的关系

39. 试绘制 ^{235}U 和 ^{239}Pu 的核密度随燃耗深度的变化曲线, 并给予简单说明。(6分)

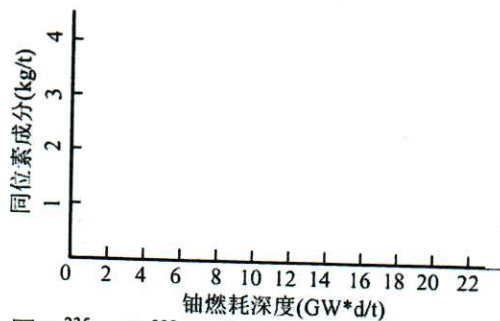


图3 ^{235}U 和 ^{239}Pu 核密度随燃耗深度的变化

40. 试在图4中绘制两根对称偏心控制棒的干涉效应示意图, 并加以简单说明。(6分)

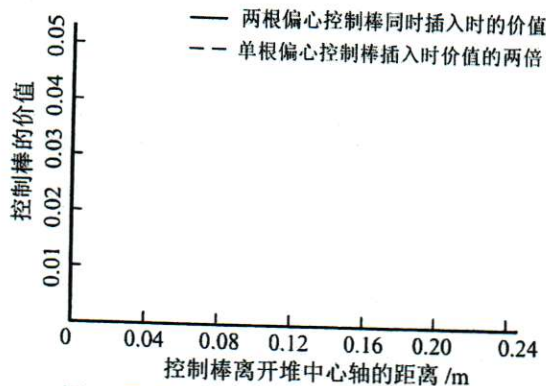


图4 两根对称偏心控制棒的干涉效应

六、计算题 (共 42 分)

41. 一压水堆核电站的热功率为 1000MW, 电站年负荷因子为 0.85, 试估算该电站 1 年 (365 天) 所消耗的 ^{235}U 质量 (已知 $\alpha = 0.169$)。(14 分)
42. 设有一轻水裸圆柱形堆芯, 其核参数为: $L^2 = 4.7\text{cm}^2$, $\tau = 48\text{cm}^2$, $\lambda_{tr} = 8\text{cm}$, 加硼后 $k_{\infty} = 1.072$ 。(1) 设芯部高度 $H = 3.55\text{m}$, 试求堆芯的临界半径; (2) 如果给定堆芯半径 $R = 1.2\text{m}$, 那么试求堆芯的反应性。(14 分)
43. UO_2 的密度为 $10.42 \times 10^3 \text{kg/m}^3$, ^{235}U 的富集度 $\epsilon = 3\%$ (指 ^{235}U 在同位素 U 中的重量百分比)。已知在 0.0253eV 时, ^{235}U 的微观吸收截面为 680.9b , ^{238}U 为 2.7b , O 为 $2.7 \times 10^{-4}\text{b}$ 。试求 UO_2 的宏观吸收截面。(14 分)