

核工程原理（中子扩散）思考题

1. 菲克定律在哪些情况下不适用？为什么？
2. 在推导菲克定律时，我们得到 $D = \frac{\lambda_s}{3}$ 。而实际上我们采用 $D = \frac{\lambda_{tr}}{3}$ ，试解释其原因。
2+ 输运平均自由程 λ_{tr} 的物理意义是什么？
3. 解中子扩散方程时，常用的边界条件有哪几种？请尽可能完整地加以列举。
4. “在凸自由表面的外推距离处中子通量等于零”，是常用的边界条件。这是否意味着该处的中子通量真的为零？上述边界条件的物理本质是什么？
5. 为什么我们要用关于中子通量的外推边界条件来代替关于中子流的边界条件？
6. 用菲克定律推导出的外推距离 $d = 2D = 0.667 \lambda_{tr}$ 实际上我们所采用的外推距离是 $d = 0.7104 \lambda_{tr}$ ，试解释其原因。
7. 为什么在两种介质的交界面上中子通量连续而不光滑？
8. 对于具有任意分布源的扩散问题，一般可采用哪些方法求解？
9. “扩散长度的平方等于热中子从产生地点到被吸收地点的直线距离的均方值的六分之一”，这种说法严格吗？严格地应该如何说？
10. 为什么在只有奇异源（点源，平面源）的介质中，中子通量曲线是凹的，而存在体源时（即介质中到处有中子源）时，通量分布曲线是凸的？

11. 如下图所示, 在非均匀介质中如果中子通量为常数, 而 Σ_s 是位置的函数. 那么在平面 $X=0$ 左边的碰撞密度将大于平面 $X=0$ 右边的碰撞密度, 因此大概可以预料, 有沿着 X 方向的净中子流存在. 但是根据菲克定律, 既然介质中的中子通量为常数, 应有

$J = -D \, d\phi / dx = 0$. 这两种分析究竟那一种是正确的? 为什么?

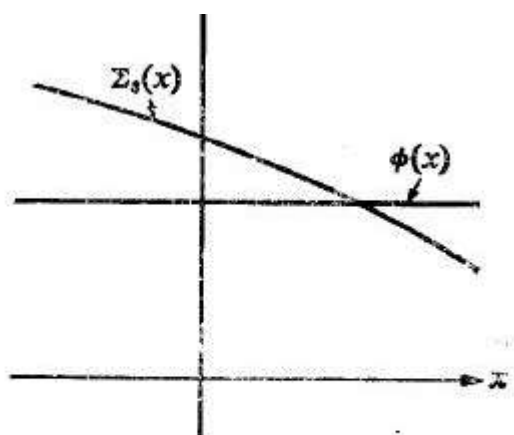


图 5-6 假想的具有均匀通量分布的非均匀介质

12. 在一个大水池内的 A 点有一个点源, 假设它放出的都是热中子. 已知热中子在水中的平均吸收自由程 $\lambda_a = 45 \text{ cm}$, 这是否意味着中子被吸收地点 B 离开 A 点的平均距离是 45cm?

13. 什么是反照率?

14. 热中子在水中和在石墨中的扩散长度分别是多少? 为什么以石墨作慢化剂的反应堆, 其临界体积要比以水作慢化剂的反应堆大得多?

15. 外推边界条件是从真空边界条件推导出来的. 请问: 在介质与真空的交界面上, $J_n = 0$ 这一边界条件与外推边界条件是否等价?

16. 在介质与真空的交界面上, $J_n = 0$ 这一边界条件与外推边界条件, 究竟哪个更好一些? 在回答这个问题之前, 请仔细阅读 Lamarsh

的书（中文译本） P95-96。

17. 为什么热中子在介质中的扩散时间比快中子在介质中的慢化时间长得多？例如在水中，快中子的慢化时间大约是 1 微妙，而热中子的扩散时间大约为 210 微秒。

18. 同一温度下热中子的飞行速度并不划一（而是按麦克斯韦分布），为什么热中子的扩散时间与热中子的速度（能量）无关？

19. 扩散长度的定义是 $\sqrt{D/\Sigma_a}$ ，为什么扩散长度的定义只对热中子才有意义？

20. 扩散理论只适合于弱吸收介质。堆芯里面的核燃料是强吸收介质，为什么扩散方程可以用于堆芯计算？

21. 在哪些情况下，中子流密度与中子通量密度在数值上相等？为什么？

22. 如果废除外推边界条件，会带来哪些消极后果？（这个问题在学完第四章后再来讨论为好）

本章研究论题

1. 在上述思考题中，第 11 题的结论是：在 $x=0$ 处 没有净中子流。请从数学上加以证明。

2. 如何用实验方法测量扩散长度？

3. 采用外推边界条件有哪些好处？