OBSAH

str.

ÚVOD 3

1. JADERNÉ REAKTORY 4

1.1 Klasifikace jaderných reaktorů 4
1.2 Tepelný jaderný reaktor 6
1.3 Obecné problémy fyzikální teorie jaderných reaktorů 7
1.3.1 Rozložení neutronů v jaderném reaktoru 7
1.3.2 Úkoly fyzikálního výpočtu jaderného reaktoru 7
1.3.3 Výpočtové metody jaderného reaktoru 9

2. NEUTRONOVÉ REAKCE 11

2.1 Interakce neutronů s jádry 12
2.1.1 Chování neutronů v jaderném reaktoru 12
2.1.2 Typy neutronových interakcí 13
2.1.3 Neutronové účinné průřezy 14
2.2 Pravděpodobnost srážky 17
2.2.1 Pravděpodobnostní funkce 17
2.2.2 Střední volná dráha 18
2.3 Hustota neutronových interakcí 20
2.4 Hustota toku neutronů 20

3. ŠTĚPNÁ ŘETĚZOVÁ REAKCE 22

3.1 Štěpení jader 22
3.1.1 Štěpné produkty 23
3.1.2 Energie štěpení 24
3.1.3 Okamžité a zpožděné neutrony 25
3.2 Neutronová bilance ve štěpné řetězové reakci s tepelnými neutrony 29
3.3 Koeficient násobení neutronů v nekonečné soustavě 30
3.4 Efektivní koeficient násobení 33
3.5 Kritická podmínka jaderného reaktoru 33
3.6 Časový průběh štěpné řetězové reakce 34
3.7 Řízení štěpné řetězové reakce 35
3.8 Vliv zpožděných neutronů 36

4. DIFÚZE NEUTRONŮ 37

4.1 Elementární difúzní teorie 38
4.1.1 Charakteristiky neutronového pole 38
4.1.2 Obecná transportní rovnice 42
4.1.3 Jednorychlostní stacionární transportní rovnice v P_1 přiblížení 44

4.1.4 Podmínky použitelnosti elementární difúzní teorie 50
4.1.5 Asymptotické řešení transportní rovnice 52

4.2 Aplikace elementární difúzní teorie 56

4.2.1 Elementární odvození Fickova zákona 56
4.2.2 Upřesnění elementární difúzní teorie na základě transportní rovnice 59
4.2.3 Únik neutronů z objemové jednotky 60
4.2.4 Difúzní rovnice 62
4.2.5 Formulace okrajových podmínek 62
4.2.6 Řešení difúzní rovnice 66

1. Nekonečný rovinný zdroj v nekonečném prostředí 66
2. Nekonečný přímkový zdroj v nekonečném prostředí 67
3. Bodový zdroj v nekonečném prostředí 68
4. Princip superpozice 70
5. Nekonečný rovinný zdroj v difúzním prostředí konečné tloušťky 73

4.2.7 Difúzní délka (Fyzikální význam difúzní délky) 74
4.2.8 Albedo v teorii difúze (Albedo jako okrajová podmínka) 76

5. ZPOMALOVÁNÍ NEUTRONŮ 79

5.1 Rozptyl neutronů 79

5.1.1 Mechanismus pružného rozptylu 79
5.1.2 Změna kinetické energie neutronu při rozptylu 82
5.1.3 Rozptylová funkce 82
5.1.4 Střední volná dráha pro transport 86
5.1.5 Charakteristiky zpomalujícího prostředí 87
5.1.6 Letargie neutronu 89

5.2 Zpomalování v nekonečném prostředí při prostorové nezávislosti hustoty toku neutronů 89

5.2.1 Hustota zpomalení 90
5.2.2 Zpomalování v nekonečném prostředí bez absorpce 90
1. Zpomalování ve vodíku 90
2. Zpomalování v prostředí s $A > 1$ 92
5.2.3 Zpomalování v nekonečném prostředí s absorpcí 98
1. Zpomalování s absorpcí ve vodíku 99
2. Zpomalování s absorpcí v prostředí s $A > 1$ 102
5.2.4 Zpomalování v prostředí tvořeném směsí několika druhu jader 108

5.3 Model spojitého zpomalování 111

5.4 Účinné průřezy tepelných neutronů 111

5.4.1 Maxwell-Boltzmannovo rozložení 112
5.4.2 Efektivní teplota neutronů 115
5.4.3 Středování účinných průřezů pro tepelné neutrony 116
5.4.4 Efektivní účinný průřez 118

6. HOMOGENNÍ REAKTOR BEZ REFLEKTORU 121

6.1 Fermiho teorie stárnutí 121

6.1.1 Rovnice rovnováhy neutronů při difúzi s účinkem zpomalování 122

6.1.2 Fermiho rovnice stárnutí 124

6.1.3 Řešení Fermiho rovnice stárnutí s elementárními zdroji v nekonečném prostředí 126

1. Rovinný zdroj rychlých neutronů v nekonečném prostředí. 126

2. Bodový zdroj rychlých neutronů v nekonečném prostředí.. 128

6.1.4 Fermiho stáří neutronů a jeho fyzikální význam 129

6.2 Kritická rovnice 131

6.2.1 Podmínka kritického stavu tepelného jaderného reaktoru.... 132

6.2.2 Únik neutronů z tepelného reaktoru 135

6.2.3 Stanovení kritických rozměrů a kritického složení tepelného reaktoru 135

6.2.4 Geometrický parametr reaktoru různého tvaru 136

1. Reaktor ve tvaru kvádru 136

2. Kulový reaktor 138

3. Válcový reaktor 139

6.2.5 Kritická rovnice pro velký reaktor 142

6.2.6 Příklad výpočtu kritických rozměrů válcového reaktoru..... 143

7. HOMOGENNÍ TEPELNÝ REAKTOR S REFLEKTOREM 144

7.1 Skupinová metoda výpočtu reaktoru 145

7.2 Jednoskupinová metoda výpočtu reaktoru s reflektorem 146

7.3 Dvojskupinová metoda výpočtu reaktoru s reflektorem 149

7.3.1 Hustota toku neutronů v aktivní zóně 150

7.3.2 Hustota toku neutronů v reflektoru 151

7.3.3 Kritická rovnice reaktoru s reflektorem 154

SEZNAM LITERATURY 160

DODATKY 162