

# OBSAH

## Předmluva

### 1. Cesty k výrobě atomové energie a jejímu použití

1. Atomová energie v přírodě	11
2. Neschůdné cesty k výrobě atomové energie	11
3. Schůdné cesty k výrobě atomové energie	13
4. Umělá atomová paliva	15
5. Podmínky uskutečnění řetězové reakce	16
6. Reaktory (atomové baterie) „rychlé“ a „pomalé“	17
7. Reaktor homogenní a heterogenní	19
8. Reaktor rezonanční (epithermický)	20
9. Ovládání řetězové reakce	20
10. Poločas reaktoru	22
11. Význam zpožděných neutronů pro řiditelnost reaktoru	23
12. Uranový-tuhový reaktor (reaktor z přírodního uranu)	24
13. Základní otázky výroby atomové energie	25
14. Plutonium zvětšuje zásobu nukleární energie. (Sekundární plutonium)	28
15. Samoplození plutonia a uranu 233. (Regenerace plutonia)	30
16. Otázky zásob nukleárních paliv	31
17. Životní cyklus atomového jádra v reaktoru. — Jak brzy se dá uskutečnit mírové využití atomové energie?	31
18. Přehled dosavadních reaktorů ve Spojených státech amerických	33
19. Reaktor ZEEP	40
20. Reaktory GLEEP a BEPO. Atomová stanice v Harwellu	41
21. Atomová energie a nukleární inženýrství ve Francii. Reaktor ZOÉ	44
22. Pokusy s atomovou energií v Německu a příčiny jejich technických neúspěchů	45
23. Americká kritika německých pokusů	48
24. Podstata zdravotnické fyziky	50
25. Mírové využití atomové energie	54
Přímé ozařování.	55
Výroba umělých radioaktivních prvků	55
Hlavní způsoby použití uměle radioaktivních prvků (radioisotopů) v lékařství	55
Selektivní ozařování	56
Podstata „stopování“ (metoda radioaktivních indikátorů)	56
Použití radioaktivních isotopů k řešení různých úkolů	57
Použití radioaktivního stopování v biologickém bádání	58
26. <i>Přehled 1. kapitoly s vysvětlivkami a celkovým oceněním dosavadních výsledků</i>	62
Resonanční hladiny jádra	63
Štěpení těžkých prvků	64
Podstata atomové baterie neboli reaktoru	65
Definice rychlého reaktoru	66
Reaktor pomalý neboli termický	70
Regenerace paliva v reaktoru	71
Atomový věk dosud nenastal	72
Nejnovější směry ve stavbě nukleárních reaktorů	72

## 2. Štěpení atomových jader se zřetelem k využití v reaktoru

27. Vazebná energie atomových jader a energie atomová	77
28. Jaderná energie v závislosti na atomovém a hmotovém čísle	79
29. Jaderná energie a štěpení	81
30. Štěpení samovolné	83
31. Štěpení uranu 235	84
32. Štěpný výtěžek	86
33. Některé zvláštnosti štěpení	88
34. Druhy štěpení	90
35. Okamžité neutrony při rozštěpení jádra	91
36. Zpožděné neutrony při rozštěpení jádra	92
a) Zpožděné neutrony z uranu 235	92
b) Zpožděné neutrony z plutonia	95
37. Některé zajímavosti o štěpných zplodinách uranového jádra	96
38. Tvorba štěpných zplodin v uranovém reaktoru	97
39. Období „chladnutí“ reaktoru	101
40. Štěpení zdrojem radioaktivních hmot	103
41. Výpočet množství radioaktivních zplodin v uranovém reaktoru	104
42. Výroba radioaktivní hmoty v reaktoru v závislosti na její době života	106
43. Radioaktivní energie ze štěpných zplodin. <i>Watty</i> radioaktivity	106
44. Fotoštěpení	107
45. Částice alfa vymršťované při štěpení. Ternární a kvaternární štěpení	108
46. Fotoneutrony v reaktorech	109
47. Multiplikace neutronů (kromě štěpení).	109
48. Štěpení a tříštění těžkých jader	109
49. <i>Přehled 2. kapitoly s vysvětlivkami</i>	
Závislost energie vazby na atomovém a hmotovém čísle	111
Energie podmíněná jadernou neboli vazebnou silou	112
Energie povrchového napětí	112
Energie elektrostatická neboli Coulombova	113
Jemná struktura energie jádra	116
Úkol mesonů (mesotronů) v atomovém jádře	119
Překvapující objev <i>varitronů</i>	120
Cesta k výrobě umělých kosmických paprsků	122
Podstata nukleonu podle mesonové teorie	123
Problémy fyziky atomového jádra	124
Pokusy o důkaz neutrina	126
Střely velkých energií. Trhání deuteronů, odlupování protonů a neutronů	128
Pokus o výklad umělé výroby mesonů	132
Drcení jader částicemi veliké energie a kosmickými paprsky. Různé druhy „hvězdic“	134
Vyrážení nukleonů z jader (prostřelování jader)	136
Proměna záření na hmotu a hmoty na záření	138

## 3. Podstata technologie atomových paliv

50. Přehled atomových paliv	143
51. Některé zajímavosti o výrobě atomových paliv	145
52. Podstata rozdělování uranových isotopů difusí	147
53. Difusní kaskáda	152
54. Těžké prvky	154
55. Transurany	158
56. Přehled transuranů	156
57. Otázka prvku č. 97	162
58. Některé vlastnosti transuranů	162
59. <i>Několik poznámek a vysvětlivek k 3. kapitole.</i>	165

#### 4. Vybrané statě z nukleoniky. (Přehled znalostí potřebných k porozumění základům teorie reaktoru.)

60.	Zjišťování elektricky nabitých částic a neutronů	175
61.	Účinný průřez atomového jádra	177
62.	Umělá radioaktivita účinkem neutronů	179
63.	Výroba radiokobaltu	182
64.	Výroba dlouhožijícího isotopu berylia (Be 10) v reaktoru	184
65.	Měření toku neutronů v reaktoru	186
66.	Měření účinných průřezů atomových jader. Methoda transmisní neboli absorpční	187
67.	Účinné průřezy atomových jader v závislosti na energii	187
68.	Třidiče rychlostí neutronů	189
69.	Podstata mechanického třidiče neutronů	189
70.	Třidiče podle doby letu	191
71.	Krystalový třidič	191
72.	Třidiče rezonanční	192
73.	Studené neutrony	192
74.	Měření absorpčních průřezů jader	193
75.	Měření absorpčních průřezů umělou radioaktivitou	193
76.	Reakce, které mají význam pro nukleární inženýrství. (Účinné průřezy některých jaderných reakcí)	194
77.	Optika neutronů. Spektroskopie a spektrometrie neutronů. Totální odraz neutronů	196
78.	Šířka energetické hladiny jádra	199
79.	Výklad závislosti účinných průřezů jader na energii	200
80.	Přehled praktických výsledků dispersní teorie srážek neutronů s jádrem, se zřetelem k stavbě reaktorů	204
81.	Měření počtu neutronů z jednoho štěpení	207
82.	Účinný průřez jádra a střední volná dráha neutronu	209
83.	Střední doba života neutronu	210
84.	Pracovní výkon homogenního uranového reaktoru	211
85.	Pracovní výkon heterogenního reaktoru	211
86.	Souvislost účinného průřezu s tokem neutronů	213
87.	Ideální, stejnorodý reaktor s monokinetickými neutrony a bez neutronů zpožděných	214

#### 5. Základy teorie reaktoru. Výpočet skutečného reaktoru

88.	Stejnorodý reaktor s neutrony jedné rychlosti, včetně neutronů zpožděných. (Reaktor idealisovaný.)	219
89.	Bilance neutronů ve skutečném reaktoru	222
90.	Osudy neutronu v reaktoru	226
91.	Pravděpodobnost pohlcení termického neutronu	228
92.	Podstata Fermiho teorie mřížoví	229
93.	Podrobnosti o brzdění neutronů v reaktoru	234
94.	Brzdění neutronů a rezonanční lapání neutronů	238
95.	Kritická velikost reaktoru s termickými neutrony	239
a)	Kritická velikost koule ze štěpitelné hmoty	239
b)	Kulový reaktor ze štěpitelné hmoty, obklopený reflektorem neutronů.	244
c)	Krychlový reaktor	245
d)	Hranolový reaktor	247
e)	Válcový reaktor	248
96.	Průběh hustoty neutronů v reaktoru heterogenním	248
97.	Praktický výpočet reaktoru (I. část)	250

98. Reaktor s thermickými neutrony; velikost podkritická, kritická a nadkritická; časový průběh hustoty neutronů	251
99. Snahy o matematický popis skutečného reaktoru	253
100. Kritická velikost reaktoru s neutrony všech rychlostí	255
101. Reaktor s neutrony všech rychlostí velikosti přibližně kritické a s únikem neutronů	257
102. Jednotka reaktivity: <i>inversní hodina</i>	259
103. Praktický výpočet obohaceného, stejnorodého reaktoru (II. část)	261
104. Podstata měření brzdící hustoty (hustoty zpomalování neutronů)	264
105. Měření pravděpodobnosti úniku rezonančnímu polapení	265
106. Podstatu měření thermického využití	266
107. <i>Přehled základů teorie reaktoru</i>	266

## 6. Některé technické otázky reaktorů

108. Řízení chodu reaktoru	279
109. Otázky odebrání tepla z reaktoru	282
110. Resonanční a „rychlé“ reaktory. Činitel metalického využití	284
111. Otázka thermického reaktoru uranového-lithiového	286
112. Homogenní thermický reaktor uranový-tuhový	287
113. Otázky výpočtu a konstrukce rezonančních a „rychlých“ reaktorů	288
114. Resonanční reaktor uranový-měděný	290
115. Reaktor uranový-vizmutový s rychlými neutrony	291
116. Řízení reaktorů s rychlými a epithermickými neutrony	292
117. Reaktory s těžkou vodou	293
118. Možnosti konstrukce stejnorodých reaktorů	297
119. Několik poznámek ke konstrukci reaktorů různorodých. Žhavé reaktory	299
120. Otázka atomových raket a reakčních atomových motorů	299
121. Otázka elektromotoru poháněného štěpením. (Přímá proměna atomové energie v elektřinu)	301
122. Výkonnost a účinnost reaktorů	302

## 7. Člověk vyrábí umělé prvky

123. Proměnové řady přirozených radioaktivních prvků	307
124. Umělá řada uranová-radiová z reaktoru	310
125. Řada neptuniová	313
126. Řada protaktiniová	314
127. Výroba umělých prvků	316
128. Výroba technecia (prvku č. 43) v uranovém reaktoru	317
129. Výroba „promethea“, prvku č. 61 v uranovém reaktoru	318
130. Výroba astatu (prvku č. 85)	319
131. Prvek francium (prvek č. 87)	320
132. Výroba radioisotopů v atomovém reaktoru	322
133. Způsoby výroby radioisotopů v reaktoru	324
134. Isolované radioisotopy	326
135. Radioisotop v živé hmotě	329
136. Množství radioisotopu v jednotkách <i>curie</i> a množství váhové	329
137. Výroba isotopů stabilních	330

Doslov Karel Beran

331

Literatura

337

Seznam příloh

341

Věcný rejstřík

343

Jmenný rejstřík

346

Opravy a doplňky

347