

# OBSAH

|                     |   |
|---------------------|---|
| Předmluva . . . . . | 7 |
|---------------------|---|

## I. díl

### ČÁST OBECNÁ

(J. Petrová)

|                                                        |     |
|--------------------------------------------------------|-----|
| Složení atomu . . . . .                                | 17  |
| Model atomu . . . . .                                  | 17  |
| Isotopie . . . . .                                     | 19  |
| Radioaktivita . . . . .                                | 22  |
| Rozpadový zákon . . . . .                              | 22  |
| Rozpad $\alpha$ . . . . .                              | 25  |
| Rozpad $\beta$ . . . . .                               | 26  |
| Emise záření $\gamma$ . . . . .                        | 29  |
| Schéma rozpadu . . . . .                               | 31  |
| Sekundární záření . . . . .                            | 31  |
| Sekundární záření $\gamma$ resp. X . . . . .           | 33  |
| Sekundární záření $\beta$ . . . . .                    | 33  |
| Radioaktivní řady . . . . .                            | 34  |
| Jednotka radioaktivity . . . . .                       | 39  |
| Specifická aktivita . . . . .                          | 40  |
| Jaderné reakce . . . . .                               | 43  |
| Energetické poměry jaderných reakcí . . . . .          | 43  |
| Neutron . . . . .                                      | 46  |
| Srážka pružná . . . . .                                | 47  |
| Srážka nepružná . . . . .                              | 47  |
| Umělá radioaktivita . . . . .                          | 49  |
| Štěpení uranu . . . . .                                | 50  |
| Příprava radioisotopů . . . . .                        | 52  |
| Účinný průřez . . . . .                                | 52  |
| Chemické dělení . . . . .                              | 56  |
| Szilard-Chalmersův jev . . . . .                       | 57  |
| Vzájemné působení pronikavého záření a hmoty . . . . . | 58  |
| Detekce záření . . . . .                               | 58  |
| Částice $\alpha$ . . . . .                             | 62  |
| Částice $\beta$ . . . . .                              | 63  |
| Rozptyl . . . . .                                      | 63  |
| Absorpce . . . . .                                     | 65  |
| Záření $\gamma$ . . . . .                              | 71  |
| Rozptyl . . . . .                                      | 71  |
| Absorpce . . . . .                                     | 72  |
| Dávkování radioisotopů . . . . .                       | 81  |
| Měřicí metody . . . . .                                | 81  |
| Měření záření $\alpha$ . . . . .                       | 85  |
| Měření záření $\beta$ . . . . .                        | 86  |
| Měření záření $\gamma$ . . . . .                       | 86  |
| Citlivost stanovení radioisotopu . . . . .             | 87  |
| Stanovení dávky záření . . . . .                       | 88  |
| Dávkování zářičů $\gamma$ . . . . .                    | 96  |
| Dávka z vnitřně podaného radioisotopu . . . . .        | 100 |

|                                                             |     |
|-------------------------------------------------------------|-----|
| Teorie biologického účinku pronikavého záření . . . . .     | 103 |
| Fysikální podklady . . . . .                                | 103 |
| Přímý účinek záření . . . . .                               | 105 |
| Exponenciální křivka . . . . .                              | 105 |
| Sigmoidní křivka . . . . .                                  | 107 |
| Časový faktor . . . . .                                     | 109 |
| Hustota ionisace . . . . .                                  | 109 |
| Nepřímý účinek záření . . . . .                             | 111 |
| Zředovací jev . . . . .                                     | 111 |
| Ochranný jev . . . . .                                      | 112 |
| Použití radioisotopů v biologii . . . . .                   | 114 |
| Metody . . . . .                                            | 114 |
| Osud radioisotopu v organismu . . . . .                     | 116 |
| Metoda isotopového ředění . . . . .                         | 118 |
| Kinetika reakcí látkové výměny . . . . .                    | 119 |
| Možnosti chyb při použití radioisotopů v biologii . . . . . | 140 |
| Isotopový efekt . . . . .                                   | 140 |
| Účinek záření . . . . .                                     | 143 |
| Chemická vazba . . . . .                                    | 144 |
| Výmenné reakce . . . . .                                    | 145 |
| Adsorpce . . . . .                                          | 149 |
| Tékavost . . . . .                                          | 151 |
| Chyby fyziologické . . . . .                                | 151 |

## II. díl

### ČÁST EXPERIMENTÁLNÍ

(Kolektiv autorů)

#### Použití radioisotopů v biochemii a v biologii

|                                                                |     |
|----------------------------------------------------------------|-----|
| Laboratoře a zařízení ( <i>A. Babický</i> ) . . . . .          | 157 |
| Rozdělení pracovišť do kategorií . . . . .                     | 157 |
| Stavební úpravy a vybavení laboratoří . . . . .                | 157 |
| Zásady pro adaptaci pracoviště . . . . .                       | 158 |
| Zásady pro plánování nového pracoviště . . . . .               | 158 |
| Materiály a zařízení používané v laboratořích . . . . .        | 159 |
| Lékařská zařízení . . . . .                                    | 161 |
| Přípustná mez zamoření laboratoří . . . . .                    | 161 |
| Odmořování . . . . .                                           | 162 |
| Odstraňování odpadů . . . . .                                  | 163 |
| Příprava vzorků ( <i>A. Babický</i> ) . . . . .                | 165 |
| Výběr a základní příprava vzorků . . . . .                     | 165 |
| Sušení a vážení vzorků . . . . .                               | 165 |
| Kritéria pro výběr metodiky přípravy vzorků . . . . .          | 166 |
| Pseudomokré spalování . . . . .                                | 166 |
| Spalování vzorků . . . . .                                     | 167 |
| Stanovení různých biologicky důležitých radioisotopů . . . . . | 168 |
| Příprava vzorků k měření . . . . .                             | 172 |
| Odpařování roztoků . . . . .                                   | 172 |
| Příprava vzorků ze suspensí . . . . .                          | 173 |
| Lisování vzorků . . . . .                                      | 176 |
| Příprava vzorků elektrolysou . . . . .                         | 176 |
| Detekce radioisotopů . . . . .                                 | 179 |
| Měřicí přístroje ( <i>A. Babický</i> ) . . . . .               | 179 |
| Princip měření ionizačními detektory . . . . .                 | 179 |
| Geigerovy-Müllerovy počítáče . . . . .                         | 181 |
| Proporcionální počítáče . . . . .                              | 183 |
| Základní vlastnosti počítáčů . . . . .                         | 183 |

|                                                                                                                  |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Nejobvyklejší typy GM čítačů . . . . .                                                                           | 184 |
| Scintilační počítací . . . . .                                                                                   | 188 |
| Luminiscenční látky . . . . .                                                                                    | 188 |
| Fotonásobiče . . . . .                                                                                           | 190 |
| Pomocná elektronická zařízení . . . . .                                                                          | 193 |
| Vyzkoušení čítače . . . . .                                                                                      | 197 |
| Měření radioisotopů ( <i>A. Babický</i> ) . . . . .                                                              | 198 |
| Relativní měření radioisotopů . . . . .                                                                          | 198 |
| Faktory ovlivňující měření . . . . .                                                                             | 199 |
| Technika měření . . . . .                                                                                        | 206 |
| Druhy měření . . . . .                                                                                           | 206 |
| Nejpoužívanější metody a počítací . . . . .                                                                      | 214 |
| Absolutní měření . . . . .                                                                                       | 219 |
| Statistika detekce radioaktivity ( <i>V. Matoušek</i> ) . . . . .                                                | 224 |
| Radioaktivní rozpad . . . . .                                                                                    | 224 |
| Detekce radioaktivního rozpadu . . . . .                                                                         | 225 |
| Poissonův zákon a zákon normálního rozložení . . . . .                                                           | 226 |
| Odhady aktivity v různých případech . . . . .                                                                    | 227 |
| Pozadí . . . . .                                                                                                 | 229 |
| Intervaly spolehlivosti . . . . .                                                                                | 231 |
| Koeficient variace. Ekonomika měření . . . . .                                                                   | 231 |
| Kontrola čistoty procesu detekce. Opakovaná měření . . . . .                                                     | 232 |
| Prakticky dosažitelná maximální přesnost měření . . . . .                                                        | 235 |
| Průkaznost aktivity. Rozdíl aktivit . . . . .                                                                    | 236 |
| Parametry rozložení. Měření absolutní a relativní . . . . .                                                      | 236 |
| Autoradiografie ( <i>J. Koloušek</i> ) . . . . .                                                                 | 241 |
| Možnosti a rozsah použití autoradiografie v biologii . . . . .                                                   | 241 |
| Definice . . . . .                                                                                               | 241 |
| Fotografická emulze . . . . .                                                                                    | 242 |
| Vznik latentního obrazu . . . . .                                                                                | 242 |
| Zobrazení aktivních center a rozlišovací schopnost autoradiografie . . . . .                                     | 244 |
| Příprava autoradiogramu . . . . .                                                                                | 248 |
| Určení expoziční doby . . . . .                                                                                  | 248 |
| Uložení preparátů k expozici . . . . .                                                                           | 251 |
| Vyvolávání . . . . .                                                                                             | 252 |
| Ustalování . . . . .                                                                                             | 252 |
| Vypírání . . . . .                                                                                               | 254 |
| Sušení . . . . .                                                                                                 | 254 |
| Zdroje chyb a artefaktů . . . . .                                                                                | 254 |
| Autoradiografická technika . . . . .                                                                             | 258 |
| Autoradiografie plastických preparátů . . . . .                                                                  | 258 |
| Autoradiografie velkých řezů . . . . .                                                                           | 258 |
| Ochranný film . . . . .                                                                                          | 259 |
| Histoautoradiografie . . . . .                                                                                   | 260 |
| Kontaktní metoda . . . . .                                                                                       | 261 |
| Přímé montování . . . . .                                                                                        | 261 |
| Přelévání preparátu . . . . .                                                                                    | 262 |
| Stažení emulze . . . . .                                                                                         | 262 |
| Koloidové vlhké emulze . . . . .                                                                                 | 264 |
| Autoradiografie mikroskopických částic hmoty . . . . .                                                           | 266 |
| Kvantitativní autoradiografie jednotlivých submikroskopických částic, tzv. molekulární autoradiografie . . . . . | 266 |
| Radioisotopy ve výzkumu metabolismu bílkovin ( <i>J. Chaloupka</i> ) . . . . .                                   | 268 |
| Studium stability bílkovin . . . . .                                                                             | 268 |
| Asimilace aminokyselin . . . . .                                                                                 | 269 |
| Kritéria inkorporace . . . . .                                                                                   | 269 |
| Možnosti chyb . . . . .                                                                                          | 270 |
| Stanovení radioaktivity v bílkovinách . . . . .                                                                  | 271 |
| Použití radioisotopů při řešení dílčích otázek proteosynthese . . . . .                                          | 271 |
| Studium asimilace aminokyselin v homogenátech a v bezbuněčných extraktech . . . . .                              | 272 |
| Přínos isotopové metody pro naše vědomosti o proteosynthese . . . . .                                            | 272 |

|                                                                                |     |
|--------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Radioisotopy v mikrobiologickém výzkumu ( <i>J. Chaloupka</i> ) . . . . .      | 275 |
| Technika práce s radioisotopy v mikrobiologii . . . . .                        | 275 |
| Toxický účinek radioisotopů . . . . .                                          | 276 |
| Příprava mikrobů nebo jejich částí označených radioaktivními isotopy . . . . . | 277 |
| Označování bakterií radioaktivními isotopy . . . . .                           | 277 |
| Příprava značených fágů a virů . . . . .                                       | 279 |
| Biosynthesa značených sloučenin pomocí mikroorganismů . . . . .                | 281 |
| Biosynthesa organických kyselin mikroorganismy . . . . .                       | 283 |

## Použití radioisotopů v lékařství

|                                                                                             |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Biologické účinky ionisujícího záření ( <i>V. Zelený</i> ) . . . . .                        | 286 |
| Patogenesa biologického účinku záření . . . . .                                             | 286 |
| Patologie poškození po ozáření . . . . .                                                    | 287 |
| Účinek na orgánové systémy . . . . .                                                        | 288 |
| Ozáření celého těla . . . . .                                                               | 291 |
| Místní ozáření . . . . .                                                                    | 292 |
| Chronické a pozdní následky ozáření . . . . .                                               | 293 |
| Toxicita vnitřních zářičů . . . . .                                                         | 295 |
| Relativní biologická účinnost . . . . .                                                     | 296 |
| Nejvyšší přípustné dávky . . . . .                                                          | 297 |
| Zevní ozáření . . . . .                                                                     | 297 |
| Vnitřní ozáření . . . . .                                                                   | 298 |
| Přípustné koncentrace ve vzduchu a ve vodě . . . . .                                        | 301 |
| Snížení pracovního rizika . . . . .                                                         | 303 |
| Ochrana před zevním ozářením . . . . .                                                      | 303 |
| Ochrana před vnitřním ozářením . . . . .                                                    | 303 |
| Individuální kontrola expozice . . . . .                                                    | 304 |
| Biologická kontrola . . . . .                                                               | 304 |
| Fysikální kontrola . . . . .                                                                | 305 |
| Radioisotopy v diagnostice ( <i>V. Zelený</i> ) . . . . .                                   | 306 |
| Hematologie . . . . .                                                                       | 307 |
| Diagnostické použití železa a chromu . . . . .                                              | 307 |
| Přehled klinických testů s použitím <sup>59</sup> Fe a <sup>51</sup> Cr . . . . .           | 309 |
| Použité postupy s <sup>59</sup> Fe a <sup>51</sup> Cr . . . . .                             | 310 |
| Technika značení červených krvinek radiochromem . . . . .                                   | 310 |
| Určení krevního objemu . . . . .                                                            | 311 |
| Technika určení objemu červených krvinek . . . . .                                          | 311 |
| Výsledky diagnostického použití železa a chromu . . . . .                                   | 312 |
| Diferenciální diagnosa anémie . . . . .                                                     | 313 |
| Diagnosa perniciosní anémie . . . . .                                                       | 313 |
| Diagnostika krevního oběhu . . . . .                                                        | 314 |
| Měření oběhové doby . . . . .                                                               | 314 |
| Periferní krevní oběh . . . . .                                                             | 315 |
| Difuse radioisotopu z oběhu . . . . .                                                       | 315 |
| Clearance radioisotopu <sup>24</sup> Na jako test lokálního periferního prokrvení . . . . . | 316 |
| Parametry oběhového systému . . . . .                                                       | 316 |
| Diagnostika nádorů . . . . .                                                                | 318 |
| Radioaktivní fosfor <sup>32</sup> P . . . . .                                               | 319 |
| Lokalisace mozkových nádorů . . . . .                                                       | 319 |
| Lokalisace nitroočních nádorů . . . . .                                                     | 319 |
| Diagnosa a lokalisace nádorů prsní žlázy . . . . .                                          | 320 |
| Diagnosa a lokalisace maligního seminomu varlat . . . . .                                   | 320 |
| Další možnosti rozpoznávání nádorů pomocí <sup>32</sup> P . . . . .                         | 320 |
| Jiné radioisotopy . . . . .                                                                 | 320 |
| Značené organické sloučeniny . . . . .                                                      | 321 |
| Dijodfluorescein . . . . .                                                                  | 321 |
| Jodovaný albumin . . . . .                                                                  | 322 |

|                                                                                                                    |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Minerální a vodní hospodářství . . . . .                                                                           | 323 |
| Stanovení extracelulárního prostoru . . . . .                                                                      | 323 |
| Určení celkového objemu tělesné tekutiny . . . . .                                                                 | 324 |
| Minerální metabolismus . . . . .                                                                                   | 324 |
| Jiné diagnostické testy s použitím radioisotopů . . . . .                                                          | 324 |
| Test na funkci zdatnost pankreatu . . . . .                                                                        | 325 |
| Test na funkci jaterního parenchymu . . . . .                                                                      | 325 |
| Test na střevní resorpci . . . . .                                                                                 | 325 |
| Test na funkci ledvin . . . . .                                                                                    | 326 |
| Diagnosa Wilsonovy choroby . . . . .                                                                               | 326 |
| Určení životnosti tkáně a hloubky spálenin . . . . .                                                               | 327 |
| Test na funkci hematoencefalické bariéry . . . . .                                                                 | 327 |
| Test na funkci respiračního traktu . . . . .                                                                       | 327 |
| Radiografie isotopy . . . . .                                                                                      | 328 |
| Léčebné použití radioisotopů ( <i>Z. Hlasivec</i> ) . . . . .                                                      | 332 |
| Přehled způsobů léčebného použití umělých radioisotopů . . . . .                                                   | 332 |
| Ozařování z vnějšku . . . . .                                                                                      | 334 |
| Teleterapie . . . . .                                                                                              | 334 |
| Kobaltová bomba . . . . .                                                                                          | 336 |
| Kobaltové bomby pro polohlubkovou terapii . . . . .                                                                | 347 |
| Cesiová bomba . . . . .                                                                                            | 347 |
| Výzkum teleterapie méně obvyklými zdroji . . . . .                                                                 | 349 |
| Brachyterapie . . . . .                                                                                            | 350 |
| Kontaktní terapie . . . . .                                                                                        | 352 |
| Intrakavitární terapie . . . . .                                                                                   | 356 |
| Intrakavitární ozařování ojedinělými aplikátory . . . . .                                                          | 357 |
| Kontaktní lineární aplikátory . . . . .                                                                            | 357 |
| Kontaktní nástěnné aplikátory . . . . .                                                                            | 358 |
| Centrální dutinové aplikátory . . . . .                                                                            | 358 |
| Výplň dutin mnohočetnými aplikátory . . . . .                                                                      | 365 |
| Kobaltové perly . . . . .                                                                                          | 365 |
| Intrakavitární použití Makrobaltu . . . . .                                                                        | 368 |
| Intrakavitární aplikátory s roztoky nebo makrosuspensí radioisotopů . . . . .                                      | 369 |
| Aplikace radioisotopů do serosních dutin . . . . .                                                                 | 372 |
| Koloid radiozlata $^{198}\text{Au}$ . . . . .                                                                      | 372 |
| Radioaktivní fosforečnan chromitý a yttrium . . . . .                                                              | 379 |
| Ozařování intratumorální . . . . .                                                                                 | 380 |
| Intersticiální aplikace . . . . .                                                                                  | 380 |
| Dočasná intersticiální aplikace . . . . .                                                                          | 381 |
| Trvalá (permanentní) implantace . . . . .                                                                          | 389 |
| Trvalá implantace vstřebatelných vláken s krátkodobými zářiči $\beta$ . . . . .                                    | 395 |
| Infiltrační terapie . . . . .                                                                                      | 396 |
| Všeobecné principy . . . . .                                                                                       | 396 |
| Klinické použití . . . . .                                                                                         | 399 |
| Biologická lokalisace . . . . .                                                                                    | 401 |
| Metabolická lokalisace . . . . .                                                                                   | 402 |
| Radiojod $^{131}\text{J}$ , radioastat $^{211}\text{At}$ . . . . .                                                 | 403 |
| Radiofosfor $^{32}\text{P}$ . . . . .                                                                              | 403 |
| Radiosodík $^{24}\text{Na}$ . . . . .                                                                              | 407 |
| Radiogalium $^{72}\text{Ga}$ . . . . .                                                                             | 407 |
| Radiostroreum $^{89}\text{Sr}$ . . . . .                                                                           | 407 |
| Aktivace boru a lithia v organismu tepelnými neutrony . . . . .                                                    | 407 |
| Použití radioaktivního jodu v diagnostice a terapii chorob štítné žlázy ( <i>K. Šilink, S. Vohnout</i> ) . . . . . | 411 |
| Radioaktivní isotopy jodu . . . . .                                                                                | 412 |
| Fysiologie štítné žlázy . . . . .                                                                                  | 413 |
| Použití radiojodu v diagnostice chorob štítné žlázy . . . . .                                                      | 420 |
| Rozbor různých typů akumulčních křivek . . . . .                                                                   | 426 |
| Tyreoidální clearance . . . . .                                                                                    | 427 |
| Gamagrafie . . . . .                                                                                               | 427 |
| Stanovení exkrece radioaktivního jodu v moči . . . . .                                                             | 431 |
| Stanovení hladiny celkového radioaktivního jodu v krvi . . . . .                                                   | 432 |

|                                                                                                                           |                          |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| Konversní faktor . . . . .                                                                                                | 432                      |
| Stanovení proteinového radioaktivního jodu (PRJ) . . . . .                                                                | 433                      |
| Přehled nejdůležitějších metod k diagnostice tyreoidálních funkčních poruch a jejich srovnání s jinými metodami . . . . . | 436                      |
| Použití radiojodu k léčení chorob štítné žlázy . . . . .                                                                  | 437                      |
| Reakce tyreoidální tkáně na ozáření . . . . .                                                                             | 437                      |
| Indikace k léčbě radiojodem . . . . .                                                                                     | 441                      |
| Dosimetrie . . . . .                                                                                                      | 442                      |
| Léčení difusních toxických strum . . . . .                                                                                | 445                      |
| Léčení uzlových toxických strum . . . . .                                                                                 | 447                      |
| Léčení pokročilé rakoviny štítné žlázy radioaktivním jodem . . . . .                                                      | 448                      |
| Dosimetrie . . . . .                                                                                                      | 451                      |
| Praktický postup při léčení rakoviny štítné žlázy . . . . .                                                               | 455                      |
| Výsledky léčení pokročilých rakovin štítné žlázy pomocí $^{131}\text{J}$ . . . . .                                        | 458                      |
| Použité monografie . . . . .                                                                                              | 463                      |
| Radioisotopy nejčastěji používané v biologii a lékařství ( <i>J. Petrová</i> ) . . . . .                                  | 467                      |
| Obrazová příloha . . . . .                                                                                                | za str. 488              |
| Seznam vyobrazení . . . . .                                                                                               | 489                      |
| Seznam tabulek . . . . .                                                                                                  | 493                      |
| Věcný rejstřík . . . . .                                                                                                  | 495                      |
| Mendělejevova periodická soustava prvků . . . . .                                                                         | (vložená na konci knihy) |