

## SPIS TREŚCI

|                                                                                     |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Materia: jej dzieje i ewolucja (zamiast przedmowy)                                  | 5   |
| Część pierwsza                                                                      |     |
| <b>EWOLUCJA WSZECHŚWIATA</b>                                                        | 19  |
| <b>Rozdział 1.1. Fakty i zasady</b>                                                 | 23  |
| Poczerwienienie galaktyk                                                            | 27  |
| Promieniowanie szczątkowe, czyli jak zimny jest Wszechświat                         | 32  |
| Dlaczego niebo jest ciemne?                                                         | 39  |
| Problem nadmiaru helu                                                               | 42  |
| Jeszcze kilka faktów                                                                | 43  |
| Zasady kosmologiczne                                                                | 47  |
| Podsumowanie                                                                        | 50  |
| <b>Rozdział 1.2. Kosmologia geometryczna, czyli geometria jako nauka empiryczna</b> | 51  |
| Od Euklidesa do Einsteina                                                           | 55  |
| Geometria = Fizyka                                                                  | 63  |
| Jak trudno pozbyć się przesądów                                                     | 70  |
| Jak rozszerza się Wszechświat?                                                      | 75  |
| Stacjonarny Wszechświat, czyli powstawanie materii z niczego                        | 85  |
| Testy kosmologiczne                                                                 | 87  |
| Podsumowanie                                                                        | 92  |
| <b>Rozdział 1.3. Kosmologia fizyczna, czyli paleontologia kosmiczna</b>             | 93  |
| W głąb mikroświata                                                                  | 98  |
| Ładunki barionowe i leptonowe                                                       | 106 |
| Hierarchia oddziaływań elementarnych                                                | 108 |
| Elementarność i złożoność                                                           | 110 |
| Materia nadgęsta w początkach świata — raj dla fizyków                              |     |
| cząstek elementarnych                                                               | 114 |
| Chaos pierwotny — szczybel kosmologii kwantowej                                     | 121 |
| Pierwotna rasa ognista                                                              | 123 |
| Era gwiazdowa i powstawanie galaktyk                                                | 136 |
| Podsumowanie                                                                        | 140 |

|                                         |            |
|-----------------------------------------|------------|
| <b>Rozdział 1.4. Znaki zapytania</b>    | <b>142</b> |
| Osobliwość pierwotna                    | 143        |
| Antymateria we Wszechświecie            | 150        |
| Zagadka kwazarów                        | 154        |
| Eksplodujące galaktyki                  | 161        |
| Nowa postać materii — nowe prawa fizyki | 169        |
| Światy w letargu                        | 171        |
| Worek pytań                             | 172        |
| Podsumowanie                            | 175        |

## Część druga

|                                         |            |
|-----------------------------------------|------------|
| <b>EWOLUCJA OBIEKTÓW MAKROSKOPOWYCH</b> | <b>177</b> |
|-----------------------------------------|------------|

|                                                           |            |
|-----------------------------------------------------------|------------|
| <b>Rozdział 2.1. Kosmiczne formy występowania materii</b> | <b>180</b> |
|-----------------------------------------------------------|------------|

|                                                    |     |
|----------------------------------------------------|-----|
| Wielkości charakteryzujące gwiazdy                 | 182 |
| Widma gwiazd                                       | 185 |
| Statystyka typów widmowych                         | 190 |
| Pytania związane z diagramem H-R. Próby odpowiedzi | 201 |
| Dwie populacje gwiazd                              | 203 |
| Gwiazdy zmienne                                    | 207 |
| Pulsary — zagadkowe zegary kosmosu                 | 216 |
| Jak widzieć to, czego nie widać, czyli czarne jamy | 229 |
| Mgławice, obłoki, gaz i pył                        | 233 |
| Maczek kosmosu                                     | 241 |
| Podsumowanie                                       | 243 |

|                                              |            |
|----------------------------------------------|------------|
| <b>Rozdział 2.2. Jedność w różnorodności</b> | <b>245</b> |
|----------------------------------------------|------------|

|                                                            |     |
|------------------------------------------------------------|-----|
| Fizyka jądrowa a pierwiastki chemiczne                     | 249 |
| Po co nam to było?                                         | 264 |
| Wytwarzanie energii a powstawanie pierwiastków chemicznych | 270 |
| Prawidłowości rozpowszechnienia pierwiastków               | 273 |
| Anomalia promieniowania kosmicznego                        | 284 |
| Kosmiczna nić Ariadny                                      | 287 |
| Kosmiczna synteza pierwiastków chemicznych                 | 290 |
| Podsumowanie                                               | 297 |

|                                                                                 |            |
|---------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Rozdział 2.3. Ewolucja gwiazd — podstawowa forma ewolucji makrofizycznej</b> | <b>299</b> |
|---------------------------------------------------------------------------------|------------|

|                                                          |     |
|----------------------------------------------------------|-----|
| Narodziny gwiazdy — poglądy większości i mniejszości     | 301 |
| Przedłużone dzieciństwo, czyli o spalaniu wodoru         | 310 |
| Poszukajcie gorętszego miejsca                           | 320 |
| Spalanie gazu szlachetnego                               | 325 |
| Pierwiastki chemiczne — produkty uboczne ewolucji gwiazd | 335 |
| Skąd się biorą pierwiastki ciężkie?                      | 344 |
| Reaktory i bomby atomowe — w gwiazdach?                  | 349 |
| Dwa procesy wychwyty neutronów                           | 352 |
| W poszukiwaniu wyspy stabilności                         | 363 |
| Ewolucja gwiazdy — ewolucją jądrową                      | 366 |
| Podsumowanie                                             | 371 |

|                                               |            |
|-----------------------------------------------|------------|
| <b>Rozdział 2.4. Gwiazdy umierają chudnąc</b> | <b>374</b> |
|-----------------------------------------------|------------|

|                                                 |     |
|-------------------------------------------------|-----|
| Słońce jako czajnik, czyli o wietrze słonecznym | 376 |
| Wiek męski, wiek kłęski                         | 379 |
| Zwyrodnienie przeciwko zapaści                  | 382 |

|                                                                                                                       |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Neutrina — złodzieje energii . . . . .                                                                                | 391        |
| Późne stadia ewolucji gwiazd . . . . .                                                                                | 393        |
| Ewolucja pulsarów . . . . .                                                                                           | 396        |
| Na drodze do czarnej jamy . . . . .                                                                                   | 404        |
| Podsumowanie . . . . .                                                                                                | 411        |
| <b>Rozdział 2.5. Śladami ewolucji . . . . .</b>                                                                       | <b>413</b> |
| Ciasne układy podwójne . . . . .                                                                                      | 414        |
| Testowanie procesu s . . . . .                                                                                        | 418        |
| Radionuklidy w gwiazdach . . . . .                                                                                    | 420        |
| Osobliwości gwiazd osobliwych . . . . .                                                                               | 423        |
| Wygasłe promieniotwórczości i kosmochronologia . . . . .                                                              | 426        |
| Uwagi o ewolucji układów planetarnych . . . . .                                                                       | 430        |
| O ewolucji galaktyk . . . . .                                                                                         | 432        |
| Podsumowanie . . . . .                                                                                                | 434        |
| <b>Część trzecia</b>                                                                                                  |            |
| <b>EWOLUCJA ELEMENTARNYCH SKŁADNIKÓW MATERII . . . . .</b>                                                            | <b>437</b> |
| <b>Rozdział 3.1. Ku poznaniu struktury materii: czy można</b><br><b>stać się w głąb? . . . . .</b>                    | <b>441</b> |
| Na drodze ku cząstkom elementarnym . . . . .                                                                          | 442        |
| Hierarchia struktur . . . . .                                                                                         | 446        |
| Dynamiczna struktura cząstek . . . . .                                                                                | 451        |
| Krótko o wynikach doświadczeń . . . . .                                                                               | 457        |
| Jednolite pole i długość elementarna . . . . .                                                                        | 461        |
| Podsumowanie . . . . .                                                                                                | 467        |
| <b>Rozdział 3.2. Czy cząstki elementarne się starzeją? . . . . .</b>                                                  | <b>469</b> |
| Demaskujemy rozrzutników . . . . .                                                                                    | 470        |
| Zdumiewające koincydencje wielkich liczb . . . . .                                                                    | 475        |
| Hipoteza Diraca i zmienność „stałych” . . . . .                                                                       | 480        |
| Cykliczność i nieodwracalność rozwoju . . . . .                                                                       | 483        |
| Podsumowanie . . . . .                                                                                                | 486        |
| <b>Rozdział 3.3. Światy w światach . . . . .</b>                                                                      | <b>487</b> |
| Ograniczenie dla masy cząstki elementarnej: maksymony . . . . .                                                       | 488        |
| Czy pole grawitacyjne może odgrywać istotną rolę w struktu-<br>rze cząstki elementarnej? . . . . .                    | 492        |
| Cząstka elementarna jako pulsująca minigwiazda . . . . .                                                              | 497        |
| Planckony a ewolucja Wszechświata . . . . .                                                                           | 499        |
| Hierarchia mini-(wszech)światów . . . . .                                                                             | 501        |
| Podsumowanie . . . . .                                                                                                | 502        |
| <b>Rozdział 3.4. Tylko geometria . . . . .</b>                                                                        | <b>503</b> |
| Przestrzeń i jej wypełnienie . . . . .                                                                                | 504        |
| Geometrodynamika . . . . .                                                                                            | 507        |
| „Ładunek bez ładunku” . . . . .                                                                                       | 509        |
| Superprzestrzeń i ewolucja geometrii . . . . .                                                                        | 512        |
| Tylko piana . . . . .                                                                                                 | 514        |
| Podsumowanie . . . . .                                                                                                | 515        |
| <b>Zakończenie. Ewolucja fizyczna materii — wstępnym warun-<br/>kiem ewolucji chemicznej i biologicznej . . . . .</b> | <b>517</b> |
| <b>Literatura uzupełniająca . . . . .</b>                                                                             | <b>524</b> |
| <b>Skorowidz . . . . .</b>                                                                                            | <b>527</b> |