

Spis treści

Wstęp	V
-------------	---



1. Astronomia i astrofizyka	1
Słońce i jego pole magnetyczne – Plamy słoneczne i rozbłyski	2
Powstanie Układu Słonecznego – Dyski akrecyjne i protoplanety	4
Powstanie Księżyca – Jak kolizja planety Thei stworzyła Księżyc	6
Wulkany w Układzie Słonecznym – Siły pływowe, Księżyc niczym pizza i kriowulkany	8
Prawa Keplera – Ruchy planet	10
Satelity z orbitami geosynchronicznymi – Artystyczne pętle na niebie	12
Manewry rakiet – Taniec po Układzie Słonecznym	14
Na skraju Układu Słonecznego – Gdzie jest granica?	16
Planety pozasłoneczne – Poszukiwanie planet poza Układem Słonecznym	18
Rozgwieżdżone niebo – Gwiazdy, planety i Droga Mleczna	20
Narodziny gwiazd – Jak obłoki gazowe tworzą gwiazdy	22
Klasyfikacja widmowa – Jaki kolor mają gwiazdy?	24
Diagram Hertzsprunga–Russella – Temperatura, jasność i cykl życia gwiazd	26
Cefeidy – Pulsujące gwiazdy	28
Mgławice planetarne – Kres zwykłych gwiazd	30
Białe karły – Wypalone gwiazdy	32
Supernowe typu Ia – Kiedy białe karły stają się bombami atomowymi	34
Supernowe z kolapsu grawitacyjnego – Kres gwiazd o wielkiej masie	36



Gwiazdy neutronowe – Wypalone gwiazdy o wielkiej masie	38
Gwiazdy-giganty i hipernowe – Krótki żywot i wybuchowy kres wyjątkowo masywnych gwiazd	40
Świece standardowe – Latarnie kosmosu	42
Supermasywne czarne dziury – Giganty grawitacji w centrum galaktyk	44
Galaktyki aktywne – Międzygalaktyczne magnetyczne proce	46
Rodzaje galaktyk – Różnorodność galaktyk	48
Losy Drogi Mlecznej – Spotkanie Drogi Mlecznej i Galaktyki Andromedy	50
Kolizje galaktyk – Zderzenia gigantów	52

2. Elektromagnetyzm i światło

Pola wektorowe i linie pola – Pomocne szkice wskazujące kierunki	56
Oddziaływanie elektromagnetyczne – Równania Maxwella dla pól elektromagnetycznych	58
Dipol Hertza – Drganie i rozprzestrzenianie	60
Burza – Błyskawice, ognie świętego Elma i czerwone duszki	62



Kolory – Jak barwny jest świat?	64
Załamanie światła – Światło na zakręcie	66
Tęcza – Estetyczne załamanie światła na kropki wody	68
Anizotropia – Podwójne widzenie bez alkoholu	70
Soczewki optyczne – Odwzorowania i jego błędy	72
Optyka adaptatywna – Inteligentne zwierciadła	74
Miraże – Latający Holender, fatamorgana i wyspy-widma	76
Urządzenia maskujące – Metamateriały i sen o byciu niewidzialnym	78

3. Mechanika i termodynamika

Zasady dynamiki Newtona – Dlaczego ciała się poruszają?	82
Zasada najmniejszego działania – Twierdzenie Noether	84
Wahadło Foucaulta – Dowód na ruch obrotowy Ziemi	86
Żyroskopy, na które nie działają żadne siły – Swobodnie obracające się ciała w stanie nieważkości	88
Żyroskopy z zewnętrznym momentem obrotowym – Precesja i nutacja	90



Prawo powszechnego ciężenia – O spadających jabłkach i krążących planetach	92
Prędkości kosmiczne – Wznoszenie się i spadanie w polu ciężkości ciał niebieskich	94
Pływy – Jak Księżyc powoduje przypływy i odpływy	96
Prawo Archimedesesa – Czyli dlaczego statki mogą zatonać w Trójkącie Bermudzkim	98
Fizyka płynów – Wiry i turbulencje	100
Dlaczego samolot lata? – Bernoulli czy Newton?	102
Zwyczajne fale wodne – Ich wyjątkowe właściwości fizyczne	104
Nadzwyczajne fale wodne – Tsunami, solitony i fale-giganty	106
Efekt lotosu – Współzawodnictwo między kohezją i adhezją	108
Ruchy chaotyczne – Deterministyczne, lecz nieprzewidywalne	110
Drgające struny i płyty – Czy można zobaczyć dźwięki?	112
Rezonans – Wychwycić właściwą nutę z drgań	114
Siły pozorne – Odczuwalne siły bez przyczyny	116
Materia granularna – Ciekła i zarazem stała	118
Ruchy Browna – Nieprzewidywalne zachowanie kurzu, pyłków i kursów akcji	120
Entropia i drugie prawo termodynamiki – Co nadaje czasowi kierunek	122
Maszyna parowa i spółka – Na ile sprawdza się maszyna na energię cieplną?	124
Ujemne temperatury bezwzględne – Goręcej niż gorąco	126
4. Teoria względności	129
Czym jest czas? – Uporczywa iluzja	130
Prędkość światła i szczególna teoria względności – Światła nie można prześcignąć	132
Rotacja Terrella – Zawila sprawa	134



$E = mc^2$ – Masa jako uwięziona energia	136
Grawitacja i ogólna teoria względności – Einsteina teoria powszechnego ciążenia	138
Czasoprzestrzeń nierotujących czarnych dziur – W mackach przestrzeni i czasu	140
Czasoprzestrzeń rotujących czarnych dziur – W wirze przestrzeni i czasu	142
Napęd warp – Jak prześcignąć światło	144
Tunele czasoprzestrzenne – Na skróty przez przestrzeń i czas	146
GPS – Określanie lokalizacji przez sygnał satelitarny	148

5. Kosmologia 151

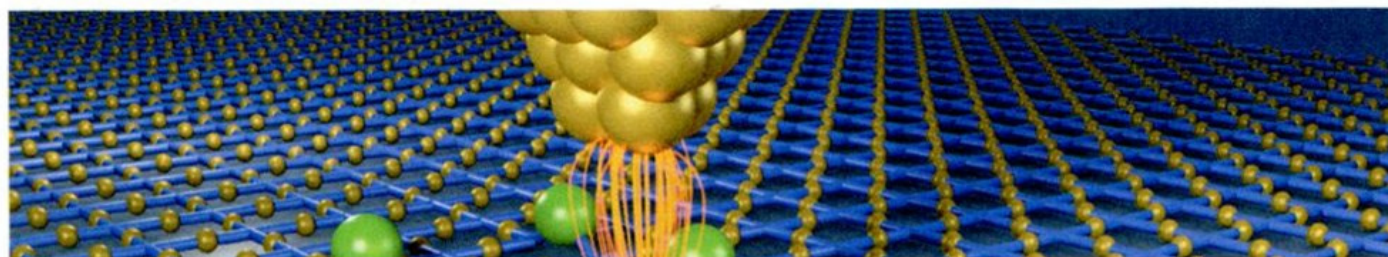
Głębokie spojrzenie we wszechświat – Oko w oko z przeszłością dzięki teleskopowi Hubble’a	152
Rozszerzający się wszechświat – Dlaczego nocne niebo jest ciemne?	154
Mikrofalowe promieniowanie tła – Mikrofałe z wczesnej fazy istnienia wszechświata	156
Ciemna materia – Wszechświat jest cięższy niż się wydaje	158
Przyspieszona ekspansja i ciemna energia – Brakująca forma materii we wszechświecie	160



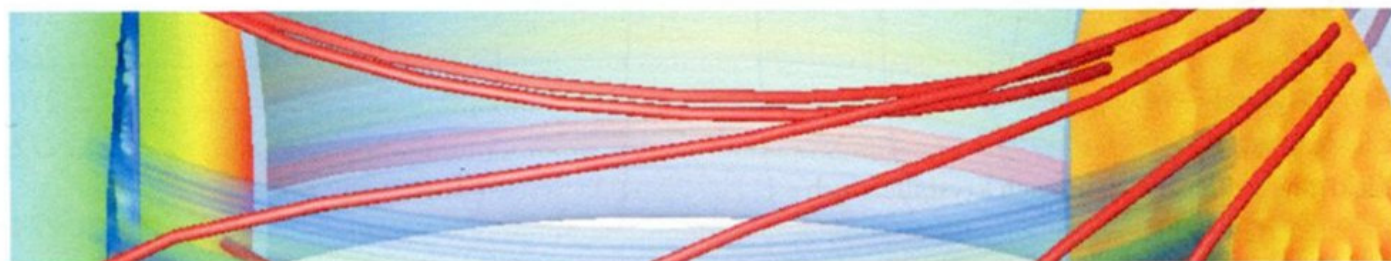
Wielki Wybuch i inflacja kosmologiczna – Dlaczego przestrzeń jest płaska, a tło wszędzie jednakowo zimne	162
Narodziny materii – Co wydarzyło się 10^{-10} sekund po Wielkim Wybuchu	164
Horyzonty kosmiczne – Jak daleko sięga wzrok w czasie i przestrzeni	166
Struktury kosmiczne – Siatka materii	168
Powstawanie struktur kosmicznych – Potęga grawitacji	170
Soczewkowanie grawitacyjne – Jak zważyć wszechświat za pomocą pozornie zniekształconych galaktyk	172
Fale grawitacyjne – Rytmiczne zniekształcenia czasu i przestrzeni	174
Pośredni dowód istnienia fal grawitacyjnych – Sygnały kosmiczne służące pomiarowi czasoprzestrzeni	176
Bezpośredni dowód istnienia fal grawitacyjnych – Pomiar niewielkich zniekształceń	178

6. Atomy i mechanika kwantowa 181

Model atomu Bohra – Czym jest atom?	182
Jądra atomowe – Znane od stu lat i wciąż nie do końca zrozumiane	184



Rozpad promieniotwórczy – Jądra atomowe w stanie nierównowagi	186
Dualizm korpuskularno-falowy – Cząstki poruszają się jak fale	188
Funkcja falowa – Rozmyte cząstki	190
Efekt tunelowy – Cząstki bez pozwolenia na pobyt	192
Eksperyment Francka–Hertza – Skoki energetyczne w atomach	194
Spin cząstki – Kwantowanie obrotu	196
Reguła Pauliego – Dlaczego elektrony unikają się nawzajem	198
Paradoks EPR i nierówności Bella – Czy mechanika kwantowa jest niepełna?	200
Teleportacja kwantowa – Beam me up, Scotty!	202
Interpretacja mechaniki kwantowej – Kot Schrödingera i koncepcja wieloświatów Everetta	204
Plazma – Czwarty stan skupienia	206
Reaktory jądrowe – Zaawansowana technologicznie energia z ognia słonecznego	208
Przemiany fazowe – Stałe, ciekłe, gazowe... i inne!	210
Kondensaty Bosego–Einsteina – Atomy w kwantowo-mechanicznym równym kroku	212
Stany topologiczne materii – Wiry i zwoje	214
Chłodzenie laserem – Dlaczego gazy mogą się schładzać po naświetleniu	216
Nadprzewodnictwo – Opór jest daremny	218
Nadciecze – Jeszcze bardziej mokro	220
Próżnia kwantowa – Jak mocno uciska nicłość?	222
Mikroskopia elektronowa – Mikroskopy dla skali nanometrowej	224



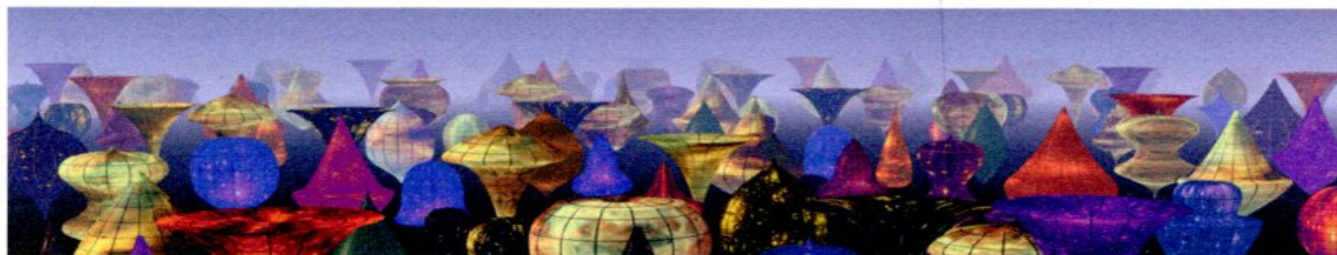
Skaningowy mikroskop tunelowy – Jak ujrzeć pojedyncze atomy	226
Nanoświaty – Na samym dole jest jeszcze pełno miejsca	228

Lasery – Maszerujące cząstki światła	230
Komputer kwantowy – Bity kwantowe: tak, nie, być może	232
Jednostki SI – Miara świata	234



7. Świat cząstek elementarnych	237
Model standardowy fizyki cząstek – Kwarki, leptony i trzy oddziaływania podstawowe	238
Diagramy Feynmana – Język relatywistycznej teorii pola kwantowego	240
Oddziaływanie silne – Siła łącząca kwarki	242
Oddziaływanie słabe – Rozpady cząstek, bozony W, Z oraz Higgsa	244
Neutrino – Efemeryczne cząstki-widma	246
Antymateria – Odbicie zwierciadlane materii i jej niszczycielska siła	248
Naruszenie symetrii zwierciadlanej – Inne oblicze świata po drugiej stronie lustra	250
Plazma kwarkowo-gluonowa – Stopione protony i neutrony	252
Promieniowanie kosmiczne – Bogatsze w energię niż promieniowanie w największym akceleratorze	254
Wielki Zderzacz Hadronów (LHC) – Najpotężniejszy akcelerator cząstek	256
Odkrycie cząstki Higgsa – Krok milowy w fizyce cząstek	258
8. Kryształy i inne ciała stałe	261
Plazmony – Olśniewający blask kwantów	262
Ferromagnetyzm – Siła magnesów podstawowych	264
Sieć krystaliczna – Czternaście sposobów na okresowe wypełnienie przestrzeni	266
Krystalizacja – Od załążka do dojrzałego kryształu	268
Kwazikryształy – Nieperiodyczne, a jednak symetryczne	270
Ciekłe kryształy – Porządnie mokre	272
Elektrony w półprzewodnikach krystalicznych – Od izolatora do przewodnika za sprawą szczypty arsenu	274
Diody półprzewodnikowe – Elektryczne ulice jednokierunkowe	276
Diody elektroluminescencyjne – Świejące kryształy i giętkie ekrany	278

9. Geofizyka	281
Budowa wnętrza Ziemi – Podróż do podziemia	282
Dryf kontynentów – Prądy konwekcyjne i tektonika płyt	284
Izostazja – Wspólne cechy kontynentów i gór lodowych	286
Trzęsienia Ziemi i fale sejsmiczne – Starcia płyt kontynentalnych	288
Jądro Ziemi jako źródło pola magnetycznego Ziemi – Wewnętrzne geodynamo naszej Ziemi	290
Pole magnetyczne Ziemi i zorze polarne – Kiedy wiatr słoneczny rozświetla niebo	292
Epoki lodowcowe i cykle Milankowicia – Skąd biorą się zlodowacenia?	294
Ruchy lodowców – Wędrujące olbrzymy	296
Globalne ocieplenie – W jaki sposób gazy cieplarniane podgrzewają naszą planetę?	298
10. Granice wiedzy	301
Supersymetria – W poszukiwaniu superpartnerów	302
Teoria strun i M-teoria – Poszukiwanie wzoru na świat	304
Ukryte wymiary – Ile wymiarów ma przestrzeń?	306
Multiwersum i zasada antropiczna – Za horyzontem	308
Światy bran – Teoria strun to więcej niż tylko struny	310
Entropia i temperatura czarnych dziur – Czarne dziury nie są całkowicie czarne	312
Zasada holograficzna – Czy nasz świat to hologram?	314
Pętlowa grawitacja kwantowa – Kwanty czasoprzestrzeni	316



Wykaz ilustracji	318
Skorowidz	329