

# Spis treści

Słowo wstępne	9
Podziękowania	10
Przedmowa	13
Przedmowa do drugiego wydania	15
<b>1. Wstęp: istota fizyki środowiska</b>	<b>17</b>
1.1. System ekonomiczny	17
1.2. Życie w cieplarni	19
1.3. Dar Słońca	21
1.4. Przepływ materii, energii i pędu	22
1.5. Aspekty społeczne i polityczne	23
Literatura	26
<b>2. Podstawy spektroskopii środowiska</b>	<b>27</b>
2.1. Widmo słoneczne — wprowadzenie	27
2.1.1. Promieniowanie ciała doskonale czarnego	29
2.1.2. Widmo emisyjne Słońca	32
2.2. Oddziaływanie światła z materią	32
2.2.1. Przejścia elektryczne dipolowe	33
2.2.2. Współczynniki Einsteina	35
2.2.3. Prawo Lamberta–Beera	36
2.3. Cząsteczki biologiczne, ozon i światło nadfioletowe	39
2.3.1. Spektroskopia cząsteczek biologicznych	39
2.3.2. Życie i słoneczny nadfiolet	40
2.3.3. Filtr ozonowy	41
Ćwiczenia	45
Literatura	46

<b>3. Klimat globalny</b>	47
3.1. Bilans energetyczny: zerowymiarowy model cieplarniany	47
3.2. Elementy pogody i klimatu	58
3.3. Zmienność klimatu i jego modelowanie	71
Dygresja 3A. Dwa proste przykłady chaosu	79
3A.1. Wahadło podwójne	79
3A.2. Matematyczny model krzywej wzrostu	81
Ćwiczenia	83
Literatura	84
<b>4. Energia w służbie człowieka</b>	86
4.1. Wymiana ciepła	86
4.2. Paliwa kopalne (głównym) źródłem energii	100
4.2.1. Zmienne termodynamiczne	100
4.2.2. Zamiana ciepła na pracę i pracy na ciepło; praca możliwa do uzyskania	104
Dygresja 4A. Sprawność 'rzeczywistego' silnika cieplnego	107
Dygresja 4B. Strata egzergii w spalaniu	113
4.2.3. Silniki cieplne: zamiana ciepła na pracę	115
4.2.4. Silniki o spalaniu wewnętrznym: zamiana energii chemicznej na pracę	119
4.2.5. Przewody ciepłe	122
4.2.6. Elektryczność	122
4.2.7. Magazynowanie i transport energii	126
4.2.8. Zmniejszanie zanieczyszczenia środowiska	132
Dygresja 4C. Oszczędności energii w elektrociepłowniach	136
4.2.9. Chłodnictwo	138
4.2.10. Transport	141
4.3. Cena przetwarzania energii	143
4.4. Odnawialne źródła energii	146
Dygresja 4D. Ogniwo Grätzela	161
4.4.2. Energia wiatru	167
4.4.3. Fale	173
4.4.4. Energia pochodzenia biologicznego	176
4.4.5. Energia wodna i ogniwa paliwowe	181
4.5. Energia jądrowa	184
4.5.1. Energia uzyskana z rozszczepienia jąder	185
4.5.2. Energia uwolniona podczas reakcji syntezy jądrowej	199
4.5.3. Promieniowanie i bezpieczeństwo	205
Dygresja 4E. Promieniowanie elektromagnetyczne i zdrowie	210
4E.1. Promieniowanie o częstotliwości 50 lub 60 Hz	212
4E.2. Pola mikrofalowe o częstotliwości 2,45 GHz (magnetrony)	215
4E.3. Telefony komórkowe	217
4.5.4. Zarządzanie obiegiem paliwowym; odpady	218
Ćwiczenia	227
Literatura	235
<b>5. Transport zanieczyszczeń</b>	237
5.1. Dyfuzja	238
Dygresja 5A. Zachowanie masy	242
5A.1. Prawo Gaussa	242

5A.2. Interpretacja div $F$	243
5A.3. Transport cząstek zanieczyszczenia w ośrodku	244
5.2. Przepływy w rzekach	251
5.3. Przepływ wód gruntowych	263
5.4. Równania dynamiki płynów	284
5.5. Turbulencja	294
Dygresja 5B. Dyfuzja turbulencyjna	304
5.6. Smuga gaussowska w powietrzu	306
5.7. Strugi turbulენტne	316
5.8. Fizyka drobin	327
Ćwiczenia	334
Literatura	338
<b>6. Hałas</b>	<b>340</b>
6.1. Podstawy akustyki	340
6.2. Zdolność percepcyjna człowieka i kryteria hałasu	357
6.3. Ograniczanie przenoszenia dźwięków	368
6.4. Aktywna kontrola dźwięków	381
Ćwiczenia	389
Literatura	390
<b>7. Widma i przykłady spektroskopii środowiska</b>	<b>392</b>
7.1. Przegląd spektroskopii	393
7.1.1. Obsadzenie poziomów energetycznych i natężenie linii	396
7.1.2. Dipolowy moment przejścia: reguły wyboru	397
7.1.3. Szerokość linii	398
7.2. Widma atomowe	401
7.2.1. Atomy jednoelektronowe	401
7.2.2. Atomy wieloelektronowe	402
7.3. Widma cząsteczkowe	403
7.3.1. Przejścia rotacyjne	403
7.3.2. Przejścia oscylacyjne	405
7.3.3. Przejścia elektronowe w cząsteczkach	410
7.4. Rozproszenie	415
7.4.1. Rozproszenie Ramana	416
Dygresja 7A. Rezonansowe rozproszenie Ramana	417
7.4.2. Rozproszenie Rayleigha	419
7.4.3. Rozproszenie Mie	419
7.5. Spektroskopia wewnętrznych elektronów atomów i cząsteczek	419
7.5.1. Emisyjna spektroskopia rentgenowska	419
7.5.2. Rentgenowskie widma absorpcyjne	422
7.5.3. Zjawisko Augera	423
7.5.4. Spektroskopia fotoelektronów	424
7.6. Przykłady analizy środowiska	425
7.6.1. Satelitarne monitorowanie zanieczyszczenia górnej warstwy atmosfery	425
7.6.2. LIDAR: metoda pomiaru zanieczyszczenia atmosfery	431
Dygresja 7B. Lidarowe pomiary ozonu stratosferycznego	435
Dygresja 7C. Pomiary stężenia aerozolu w Karkonoszach	438

7.6.3. Energetycznie selektywna spektroskopia cząsteczek ..	439
7.6.4. Indukowana cząstkami emisja promieni X (PIXE) ..	460
Ćwiczenia .. .. .	466
Literatura .. .. .	468
<b>8. Społeczne znaczenie fizyki środowiska .. .. .</b>	<b>470</b>
8.1. Ocena ryzyka .. .. .	472
8.2. Kres tanich rezerw energetycznych .. .. .	479
8.3. Oszczędzanie zasobów energetycznych i przyrody .. .. .	487
8.4. Podsumowanie .. .. .	494
Dygresja 8A. Samoorganizujący się stan krytyczny .. .. .	497
8A.1. Prawo potęgowe .. .. .	497
8A.2. Sterta piachu .. .. .	499
Ćwiczenia .. .. .	501
Tematy esejów .. .. .	501
Literatura .. .. .	503
<b>Dodatek A. Funkcja Gaussa, funkcja delta i funkcja błędu .. .. .</b>	<b>505</b>
<b>Dodatek B. Przykłady różniczkowania wektorów .. .. .</b>	<b>507</b>
<b>Dodatek C. Stałe fizyczne i czynniki przeliczeniowe .. .. .</b>	<b>509</b>
<b>Skorowidz .. .. .</b>	<b>511</b>