

A photograph of a roller coaster with red cars and white tracks, looping vertically. The cars are filled with people. The background is a clear blue sky.

**HALLIDAY
RESNICK • WALKER**

**PODSTAWY
FIZYKI**

5

WYBRANE WŁAŚCIWOŚCI FIZYCZNE (WARTOŚCI ZAOKRĄGLONE)

Powietrze (suche, w temp. 20°C i pod ciśn. 1 atm)

gęstość	1,21 kg/m ³
ciepło właściwe pod stałym ciśnieniem	1010 J/(kg · K)
stosunek ciepła właściwych c_p/c_v	1,40
prędkość dźwięku	343 m/s
natężenie pola elektrycznego przebicia	$3 \cdot 10^6$ V/m
efektywna masa molowa	0,0289 kg/mol

Woda

gęstość	1000 kg/m ³
prędkość dźwięku	1460 m/s
ciepło właściwe pod stałym ciśnieniem	4190 J/(kg · K)
ciepło topnienia (w temp. 0°C)	333 kJ/kg
ciepło parowania (w temp. 100°C)	2260 kJ/kg
współczynnik załamania ($\lambda = 589$ nm)	1,33
masa molowa	0,0180 kg/mol

Ziemia

masa	$5,98 \cdot 10^{24}$ kg
średni promień	$6,37 \cdot 10^6$ m
przyspieszenie grawitacyjne na powierzchni Ziemi	9,8 m/s ²
standardowe ciśnienie atmosferyczne	$1,01 \cdot 10^5$ Pa
okres ruchu satelity na orbicie oddległej od Ziemi o 100 km	86,3 min
promień orbity geostacjonarnej	42 200 km
prędkość ucieczki	11,2 km/s
dipolowy moment magnetyczny	$8,0 \cdot 10^{22}$ A · m ²
średnie pole elektryczne na powierzchni Ziemi	150 V/m, skierowane w dół

Odległości od Ziemi

do Księżyca	$3,82 \cdot 10^8$ m
do Słońca	$1,50 \cdot 10^{11}$ m
do najbliższej gwiazdy	$4,04 \cdot 10^{16}$ m
do środka naszej Galaktyki	$2,2 \cdot 10^{20}$ m
do galaktyki Andromedy	$2,1 \cdot 10^{22}$ m
do granicy obserwowalnego Wszechświata	$\sim 10^{26}$ m

WZORY MATEMATYCZNE — PATRZ DODATEK E

ALFABET GRECKI

alfa	A	α	iota	I	ι	ro	P	ρ
beta	B	β	kappa	K	κ	sigma	Σ	σ
gamma	Γ	γ	lambda	Λ	λ	tau	T	τ
delta	Δ	δ	mi	M	μ	ypsilon	Υ	υ
epsilon	E	ϵ	ni	N	ν	fi	Φ	ϕ, φ
dzeta	Z	ζ	ksi	Ξ	ξ	chi	X	χ
eta	H	η	omikron	O	o	psi	Ψ	ψ
theta	Θ	θ	pi	Π	π	omega	Ω	ω

**HALLIDAY
RESNICK • WALKER**

**PODSTAWY
FIZYKI**

5

Dane oryginału

Fundamentals of Physics Extended, 10th edition, by Jearl Walker, David Halliday, Robert Resnick

Copyright © 2014, 2011, 2008, 2005 John Wiley & Sons, Inc.

All rights reserved. This translation under licence with the original publisher John Wiley & Sons, Inc.

Projekt okładki i stron tytułowych **Przemysław Spiechowski**

Ilustracja na okładce **jabiru/Depositphotos**

Przekład z języka angielskiego: wydanie 1: **Adam Babiński** (rozdz. 39–42)

Rafał Bożek (rozdz. 43–45)

wydanie 2: **Krzysztof Piasecki** (rozdz. 38–43)

Krzysztof Turzyński (rozdz. 44)

Wydawca **Izabela Ewa Mika**

Redaktor prowadzący **Irena Puchalska**

Redaktor merytoryczny **Małgorzata Kopczyńska**

Produkcja **Mariola Grzywacka**

Łamanie **FixPoint, Warszawa**

Książka, którą nabyłeś, jest dziełem twórcy i wydawcy. Prosimy, abyś przestrzegał praw, jakie im przysługują. Jej zawartość możesz udostępnić nieodpłatnie osobom bliskim lub osobiście znanym. Ale nie publikuj jej w internecie. Jeśli cytujesz jej fragmenty, nie zmieniaj ich treści i koniecznie zaznacz, czyje to dzieło. A kopiując jej część, rób to jedynie na użytek osobisty.

Szanujmy cudzą własność i prawo.

Więcej na www.legalnakultura.pl

Polska Izba Książki

Copyright © for the Polish edition by Wydawnictwo Naukowe PWN SA
Warszawa 2003, 2015

ISBN 978-83-01-18153-6 tom 5

ISBN 978-83-01-18123-9 tomy 1–5

Wydanie drugie

Wydawnictwo Naukowe PWN SA


02-460 Warszawa, ul. Gottlieba Daimlera 2

infolinia 801 33 33 88

tel. 22 69 54 321, faks 22 69 54 288

e-mail: pwn@pwn.com.pl, www.pwn.pl

Druk i oprawa: Drukarnia ArtDruk, Kobyłka

A blue-tinted photograph of a roller coaster track forming a large loop. The coaster cars are filled with people, and the track is supported by a white metal structure. The background is a bright, clear sky.

David
HALLIDAY
Robert **RESNICK** • **WALKER** Jearl

PODSTAWY FIZYKI

5

WYDANIE 2

 **PWN**

Przekład z języka angielskiego

wydanie 1: **Adam Babiński, Rafał Bożek**

wydanie 2: **Krzysztof Piasecki, Krzysztof Turzyński**

S P I S T R E Ś C I

TOM 1

1. Pomiar
2. Ruch prostoliniowy
3. Wektory
4. Ruch w dwóch i trzech wymiarach
5. Siła i ruch I
6. Siła i ruch II
7. Energia kinetyczna i praca
8. Energia potencjalna i zachowanie energii
9. Środek masy i pęd
10. Obroty
11. Toczenie się ciał, moment siły i moment pędu

TOM 2

12. Równowaga i sprężystość
13. Grawitacja
14. Płyny
15. Drgania
16. Fale I
17. Fale II
18. Temperatura, ciepło i pierwsza zasada termodynamiki
19. Kinetyczna teoria gazów
20. Entropia i druga zasada termodynamiki

TOM 3

21. Prawo Coulomba
22. Pole elektryczne

23. Prawo Gaussa
24. Potencjał elektryczny
25. Pojemność elektryczna
26. Prąd elektryczny i opór elektryczny
27. Obwody elektryczne
28. Pole magnetyczne
29. Pole magnetyczne wywołane przepływem prądu
30. Zjawisko indukcji i indukcyjność
31. Drgania elektromagnetyczne i prąd zmienny
32. Równania Maxwella: magnetyzm materii

TOM 4

33. Fale elektromagnetyczne
34. Obrazy
35. Interferencja
36. Dyfrakcja
37. Teoria względności

TOM 5

38. Fotony i fale materii
39. Jeszcze o falach materii
40. Wszystko o atomach
41. Przewodnictwo elektryczne ciał stałych
42. Fizyka jądrowa
43. Energia jądrowa
44. Kwarki, leptony i Wielki Wybuch

Dodatki

S P I S T R E Ś C I

Od Wydawcy do drugiego wydania polskiego xi

Przedmowa xiii

Podziękowania xxii

38. Fotony i fale materii 1

38.1. Foton, kwant światła 1

O fizyce 1

Foton, czyli kwant światła 2

38.2. Zjawisko fotoelektryczne 4

Zjawisko fotoelektryczne 4

38.3. Fotony, pęd, rozpraszanie comptonowskie i interferencja światła 8

Fotony mają pęd 9

Światło jako fala prawdopodobieństwa 13

38.4. Narodziny fizyki kwantowej 16

Narodziny fizyki kwantowej 16

38.5. Elektrony i fale materii 19

Elektrony i fale materii 19

38.6. Równanie Schrödingera 23

Równanie Schrödingera 24

38.7. Zasada nieoznaczoności Heisenberga 26

Zasada nieoznaczoności Heisenberga 27

38.8. Odbicie od progu potencjału 29

Odbicie od progu potencjału 29

38.9. Tunelowanie przez barierę potencjału 31

Tunelowanie przez barierę potencjału 32

Skaningowy mikroskop tunelowy (STM) 34

Podsumowanie 36 Pytania 37 Zadania 38

39. Jeszcze o falach materii 45

39.1. Energia elektronu w pułapce 45

O fizyce 46

Fale w linie a fale materii 46

Energia elektronu w pułapce 47

39.2. Funkcje falowe elektronu w pułapce 52

Funkcje falowe elektronu w pułapce 53

39.3. Elektron w skończonej studni potencjału 57

Elektron w skończonej studni potencjału 58

39.4. Dwu- i trójwymiarowe pułapki elektronów 60

Inne pułapki elektronów 60

Dwu- i trójwymiarowe pułapki elektronów 63

39.5. Atom wodoru 65

Atom wodoru jako pułapka elektronu 66

Model Bohra atomu wodoru jako szczęśliwy zbieg okoliczności 66

Podsumowanie 79 Pytania 80 Zadania 81

40. Wszystko o atomach 87

40.1. Własności atomów 87

O fizyce 88

Niektóre własności atomów 88

Moment pędu i momenty magnetyczne 91

40.2. Doświadczenie Sterna–Gerlacha 95

Doświadczenie Sterna–Gerlacha 96

40.3. Rezonans magnetyczny 99

Rezonans magnetyczny 100

40.4. Zakaz Pauliego a wiele elektronów w pułapce 101

Zakaz Pauliego 101

Wiele elektronów w pułapkach prostokątnych 102

40.5. Budowa układu okresowego 106

Budowa układu okresowego 106

Neon 107

40.6. Promieniowanie rentgenowskie i uszeregowanie pierwiastków 109

Promieniowanie rentgenowskie i uszeregowanie pierwiastków 109

40.7. Lasery 114

Lasery i światło laserowe 115

Jak działa laser 116

Podsumowanie 120 Pytania 122 Zadania 123

41. Przewodnictwo elektryczne ciał stałych 130

41.1. Właściwości elektryczne metali 130

O fizyce 131

Właściwości elektryczne ciał stałych 131

Poziomy energetyczne w kryształach 132

Izolatory 134

Metale 135

Prawdopodobieństwo obsadzenia $P(E)$ 139

41.2. Półprzewodniki i domieszkowanie 143

Półprzewodniki 143

Półprzewodniki domieszkowane 145

41.3. Złącze $p-n$ i tranzystor 148

Złącze $p-n$ 149

Złącze prostujące 151

Dioda świecąca (LED) 152

Tranzystor 155

Podsumowanie 156 Pytania 158 Zadania 158

42. Fizyka jądrowa 163

42.1. Odkrycie jądra atomowego 163

O fizyce 163

Odkrycie jądra atomowego 163

42.2. Niektóre właściwości jąder 167

Niektóre właściwości jąder 167

Energia wiązania jądra 171

42.3. Rozpad promieniotwórczy 175

Rozpad promieniotwórczy 175

42.4. Rozpad α 179

Rozpad α 179

42.5. Rozpad β 182

Rozpad β 182

42.6. Datowanie na podstawie rozpadu promieniotwórczego 185

Datowanie na podstawie rozpadu promieniotwórczego 186

42.7. Pomiary dawki promieniowania 187

Pomiar dawki promieniowania 187

42.8. Modele jądrowe 188

Modele jądrowe 189

Model kroplowy 189

Model powłokowy 190

Model uogólniony 191

Podsumowanie 192 Pytania 193 Zadania 194

43. Energia jądrowa 203

43.1. Rozszczepienie jądra atomowego 203

O fizyce 203

Rozszczepienie jądra: podstawy procesu 204

Model rozszczepienia jądra 207

43.2. Reaktor jądrowy 212

Reaktor jądrowy 212

43.3. Naturalny reaktor jądrowy 217

Naturalny reaktor jądrowy 217

43.4. Synteza termojądrowa: podstawy procesu 219

Synteza termojądrowa: podstawy procesu 219

43.5. Synteza termojądrowa we wnętrzu Słońca i innych gwiazd 221

Synteza termojądrowa we wnętrzu Słońca i innych gwiazd 222

43.6. Kontrolowana synteza termojądrowa 225

Kontrolowana synteza termojądrowa 225

Podsumowanie 228 Pytania 228 Zadania 229

44. Kwarki, leptoni i Wielki Wybuch 235

44.1. Ogólne własności cząstek elementarnych 235

O fizyce 235

Cząstki, cząstki, cząstki 236

Interludium 241

44.2. Leptoni, hadrony i dziwność 246

Leptoni 246

Hadrony 248

Jeszcze jedno prawo zachowania 249

Ścieżka ośmiokrotna 250

- 44.3. Kwarki i cząstki pośredniczące** 253
Model kwarkowy 254
Oddziaływania elementarne i cząstki pośredniczące 257
Oddziaływania słabe 258
- 44.4. Kosmologia** 260
Chwila refleksji 261
Wszechświat się rozszerza 262
Promieniowanie reliktowe 263
Ciemna materia 264
Wielki Wybuch 265
Przyspieszone rozszerzanie się Wszechświata 267
Zakończenie 269
Podsumowanie 269 Pytania 270 Zadania 271

Dodatki 278

- A. Międzynarodowy Układ Jednostek (SI)** 278

- B. Niektóre podstawowe stałe fizyczne** 280
- C. Niektóre dane astronomiczne** 282
- D. Współczynniki zamiany jednostek** 284
- E. Wzory matematyczne** 288
- F. Właściwości pierwiastków** 291
- G. Układ okresowy pierwiastków** 294

Autorzy zdjęć 295

Odpowiedzi 296

Skorowidz 299

OD WYDAWCY DO DRUGIEGO WYDANIA POLSKIEGO

Od czasu gdy do rąk polskich Czytelników trafiło I wydanie *Podstaw fizyki*, będące tłumaczeniem VI wydania oryginalnego, na rynku amerykańskim ukazały się trzy kolejne wydania tego znakomitego podręcznika. Obecne, II wydanie polskie jest tłumaczeniem **X wydania oryginalnego**.

W książce poczyniono pewne zmiany. Podzielono na nowo rozdziały, tak by podrozdziały dotyczyły jednego podstawowego pojęcia. Na początku każdego z nich dodano listę celów nauczania, a po nich informację o podstawowych faktach, które należy przyswoić. Dodatkowo znacznie zmodyfikowano rozdziały o prawie Gaussa i potencjale elektrycznym, które sprawiały studentom najwięcej trudności. W rozdziałach dotyczących fizyki kwantowej rozszerzono natomiast omówienie równania Schrödingera. Oddzielono również opis modelu atomu Bohra od rozwiązania równania Schrödingera dla atomu wodoru. Dodano także podrozdział o promieniowaniu ciała doskonale czarnego i prawie Plancka.

Cenne uzupełnienie stanowi 16 nowych przykładów napisanych z myślą o dokładniejszym wyjaśnieniu fragmentów wykładu oraz 250 nowych zadań domowych i 50 pytań.

Dodatkowo wydawca oryginału na swojej platformie WileyPLUS udostępnia czytelnikom dynamiczne centrum kształcenia (strony <https://www.wileyplus.com/WileyCDA/> oraz <http://www.webassign.net/index.html>). Opis jego zawartości znajduje się w Przedmowie. Studenci uczelni w USA otrzymują dostęp do materiałów po wykonaniu trzech kroków: zalogowaniu się, podaniu kodu (który otrzymali wraz zakupionym podręcznikiem lub który zakupili osobno) i podaniu URL, który uzyskali od wykładowcy.

Polscy czytelnicy mogą uzyskać dostęp do części tych udogodnień ze strony*:

<http://eu.wiley.com/WileyCDA/WileyTitle/productCd-1118230728.html>

Natomiast strona

<http://bcs.wiley.com/he-bcs/>

[Books?action=index&bcsId=1074&itemId=0471320005](http://bcs.wiley.com/he-bcs/Books?action=index&bcsId=1074&itemId=0471320005)

zawiera podobne zasoby dla szóstego wydania amerykańskiego.

*Stan na 27 lutego 2015 r. Po kliknięciu *Visit Companion Site* (w polu *Students Resources*) otwiera się strona *Students Companion Site*. Po wybraniu *Browse by Resource* jest wyświetlana lista obejmująca: symulacje (*Concept Simulations*), eseje Jearla Walkera (*Jearl Walker Essays*), instrukcje użycia kalkulatorów (*Programmable Calculator Instructions*) oraz interaktywne rozwiązania zadań (*Interactive Learning Ware*).