

A photograph of a roller coaster with red cars and white tracks, looping vertically against a clear blue sky. The cars are filled with passengers, and the track forms a large circular loop.

**HALLIDAY
RESNICK • WALKER**

**PODSTAWY
FIZYKI**

4

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 ciepł 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**

4

Przekład z języka angielskiego

wydanie 1: **Jerzy Prochorow, Rafał Bożek**

wydanie 2: **Rafał Bożek**

[Kup książkę](#)

A blue-tinted photograph of a roller coaster track looping vertically, with several cars full of passengers visible. The image is used as a background for the book cover.

David
HALLIDAY
Robert Jearl
RESNICK • WALKER

PODSTAWY FIZYKI

4

WYDANIE 2

 **PWN**

Kup książkę

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: **Jerzy Prochorow** (rozdz. 34–37)

Rafał Bożek (rozdz. 38)

wydanie 2: **Rafał Bożek**

Wydawca **Izabela Ewa Mika**

Redaktor prowadzący **Irena Puchalska**

Redaktor merytoryczny **Anna Bogdanienko**

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 978-83-01-18125-3 tom 4

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 Art-Druk, Kobyłka

[Kup książkę](#)

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, leptoni i Wielki Wybuch

Dodatki

S P I S T R E Ś C I

Od Wydawcy do drugiego wydania polskiego ix

Przedmowa xi

Podziękowania xix

33. Fale elektromagnetyczne 1

33.1. Fale elektromagnetyczne 1

O fizyce 1

Tęcza Maxwella 2

Rozchodzenie się fali elektromagnetycznej. Opis jakościowy 3

Rozchodzenie się fali elektromagnetycznej. Opis ilościowy 8

33.2. Przepływ energii i wektor Poyntinga 11

Przepływ energii i wektor Poyntinga 11

33.3. Ciśnienie promieniowania 15

Ciśnienie promieniowanie 15

33.4. Polaryzacja 17

Polaryzacja 18

33.5. Odbicie i załamanie 23

Odbicie i załamanie 24

Rozszczepienie światła 26

33.6. Całkowite wewnętrzne odbicie 31

Całkowite wewnętrzne odbicie 31

33.7. Polaryzacja przy odbiciu 32

Polaryzacja przy odbiciu 33

Podsumowanie 34 Pytania 35 Zadania 37

34. Obrazy 49

34.1. Obrazy i zwierciadła płaskie 49

O fizyce 49

Dwa rodzaje obrazów 50

Zwierciadła płaskie 51

34.2. Zwierciadła sferyczne 54

Zwierciadła sferyczne 55

Obrazy wytwarzane przez zwierciadła sferyczne 57

34.3. Sferyczne powierzchnie załamujące 62

Sferyczne powierzchnie załamujące 62

34.4. Soczewki cienkie 65

Soczewki cienkie 66

34.5. Przyrządy optyczne 75

Przyrządy optyczne 75

34.6. Trzy wyprowadzenia 80

Podsumowanie 83 Pytania 84 Zadania 85

35. Interferencja 97

35.1. Światło jako fala 97

O fizyce 97

Światło jako fala 98

35.2. Doświadczenie interferencyjne Younga 104

Dyfrakcja 105

Doświadczenie Younga 106

35.3. Natężenie światła w obrazie interferencyjnym 112

Spójność 112

Natężenie światła w obrazie interferencyjnym 113

35.4. Interferencja w cienkich warstwach 117

Interferencja w cienkiej warstwie 118

35.5. Interferometr Michelsona 127

Interferometr Michelsona 127

Podsumowanie 128 Pytania 129 Zadania 131

36. Dyfrakcja 141

36.1. Dyfrakcja na pojedynczej szczelinie 141

O fizyce 141

Dyfrakcja i falowa teoria światła 142

Dyfrakcja na pojedynczej szczelinie: położenia minimów 143

- 36.2. Natężenie światła w obrazie dyfrakcyjnym pojedynczej szczeliny** 147
 Natężenie światła w obrazie dyfrakcyjnym pojedynczej szczeliny. Opis jakościowy. 148
 Natężenie światła w obrazie dyfrakcyjnym pojedynczej szczeliny. Opis ilościowy 150
- 36.3. Dyfrakcja na otworze kołowym** 153
 Dyfrakcja na otworze kołowym 154
- 36.4. Dyfrakcja na dwóch szczelinach** 158
 Dyfrakcja na dwóch szczelinach 158
- 36.5. Siatki dyfrakcyjne** 162
 Siatki dyfrakcyjne 163
- 36.6. Siatki dyfrakcyjne: dyspersja i zdolność rozdzielcza** 167
 Siatki dyfrakcyjne: Dyspersja i zdolność rozdzielcza 167
- 36.7. Dyfrakcja promieniowania rentgenowskiego** 170
 Dyfrakcja promieniowania rentgenowskiego 171
 Podsumowanie 174 Pytania 175 Zadania 176

37. Teoria względności 187

- 37.1. Równoczesność i dylatacja czasu** 187
 O fizyce 187
 Postulaty 189
 Jak „mierzyć” zdarzenie 190
 Względność równoczesności 192
 Względność czasu 193
- 37.2. Względność długości** 199
 Względność długości 200
- 37.3. Transformacja Lorentza** 204

Transformacja Lorentza 204
 Kilka wniosków z transformacji Lorentza 207
 Skrócenie długości 208

- 37.4. Względność prędkości** 210
 Względność prędkości 210
- 37.5. Zjawisko Dopplera dla światła** 211
 Zjawisko Dopplera dla światła 211
- 37.6. Pęd i energia** 215
 Nowe spojrzenie na pęd 215
 Nowe spojrzenie na energię 216
 Podsumowanie 222 Pytania 223 Zadania 225

Dodatki 235

- A. Międzynarodowy Układ Jednostek (SI)** 235
- B. Niektóre podstawowe stałe fizyczne** 237
- C. Niektóre dane astronomiczne** 239
- D. Współczynniki zamiany jednostek** 241
- E. Wzory matematyczne** 245
- F. Właściwości pierwiastków** 248
- G. Układ okresowy pierwiastków** 251

Autorzy zdjęć 252

Odpowiedzi 253

Skorowidz 256

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 największą trudność. 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*).

P R Z E D M O W A

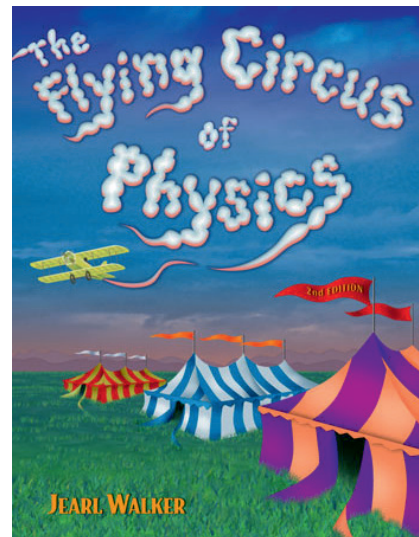
DLACZEGO NAPISAŁEM TĘ KSIĄŻKĘ

Fizyka to wielkie wyzwanie, ale również świetna zabawa. Uprzytomniłem to sobie w pełni w dniu, gdy Sharon, jedna w moich studentek, zapytała mnie nagle: „A czy cokolwiek z tego wszystkiego ma jakiś związek z moim codziennym życiem?”. Oczywiście natychmiast odpowiedziałem: „Sharon, to wszystko ma związek z twoim codziennym życiem — taka już jest fizyka”.

Poprosiła, bym wyjaśnił jej to na jakimś przykładzie. Myślałem i myślałem, i żaden dobry przykład nie przychodził mi do głowy. Wieczorem tego dnia zacząłem pisać książkę *The Flying Circus of Physics* (*Latający cyrk fizyki*, John Wiley & Sons Inc., 1975), głównie dla Sharon, ale i dla siebie, gdyż zdałem sobie sprawę, że czuję to samo, co ona. Przez sześć lat szukałem najbardziej mi odpowiadającego podręcznika fizyki. Testowałem ich dziesiątki, były dobrze napisane i oparte na najlepszych koncepcjach dydaktycznych, lecz czegoś mi w nich brakowało. Fizyka to najciekawszy na świecie przedmiot, gdyż mówi o tym, jak świat naprawdę działa. Tymczasem większość podręczników fizyki jest niemal całkiem pozbawiona informacji o związkach fizyki z otaczającym nas światem. Cała przyjemność studiowania fizyki gdzieś więc umyka.

W *Podstawach fizyki* zawarłem wiele fizyki związanej ze światem wokół nas, a także powiązałem ten podręcznik z nowym wydaniem *Latającego cyrku fizyki*. Materiał czerpałem w większości z treści moich zajęć z podstaw fizyki, podczas których mogę najlepiej poznać po wyrazie twarzy i szczerych uwagach studentów, które tematy i sposoby ich przedstawienia trafiają do słuchaczy, a które nie. Zapisywałem przypadki, w których odniosłem sukcesy, i te, w których poniosłem porażki, co mi potem pomogło zdecydować, co umieścić w tej książce. Od dość już odległego czasu, gdy spotkałem Sharon, mówię wszystkim studentom wciąż to samo: „Tak, wychodząc od podstawowych pojęć fizyki, możesz naprawdę dojść na drodze rozumowania aż do wniosków dotyczących świata, z którym stykasz się na co dzień, a dopiero zrozumienie, jak działa świat wokół nas, to prawdziwa przyjemność, jakiej dostarcza nam fizyka”.

Pisząc tę książkę, miałem wiele celów, a najważniejszym z nich było danie wykładowcom narzędzi do nauczania studentów, jak skutecznie czytać tekst podręcznika, identyfikować podstawowe pojęcia, rozumować, zadając istotne pytania, i wreszcie rozwiązywać zagadnienia ilościowe. To nie jest proces łatwy ani dla studentów, ani dla wykładowców. Zajęcia, których podstawą będzie ta książka, mogą się okazać najtrudniejsze z odbywanych przez studenta. Mogą być też jednak najbardziej pożyteczne, gdyż dotyczą podstawowych metod poznania, jak działa świat, z których korzystają wszystkie inne nauki przyrodnicze i dziedziny techniki.



[Kup książkę](#)