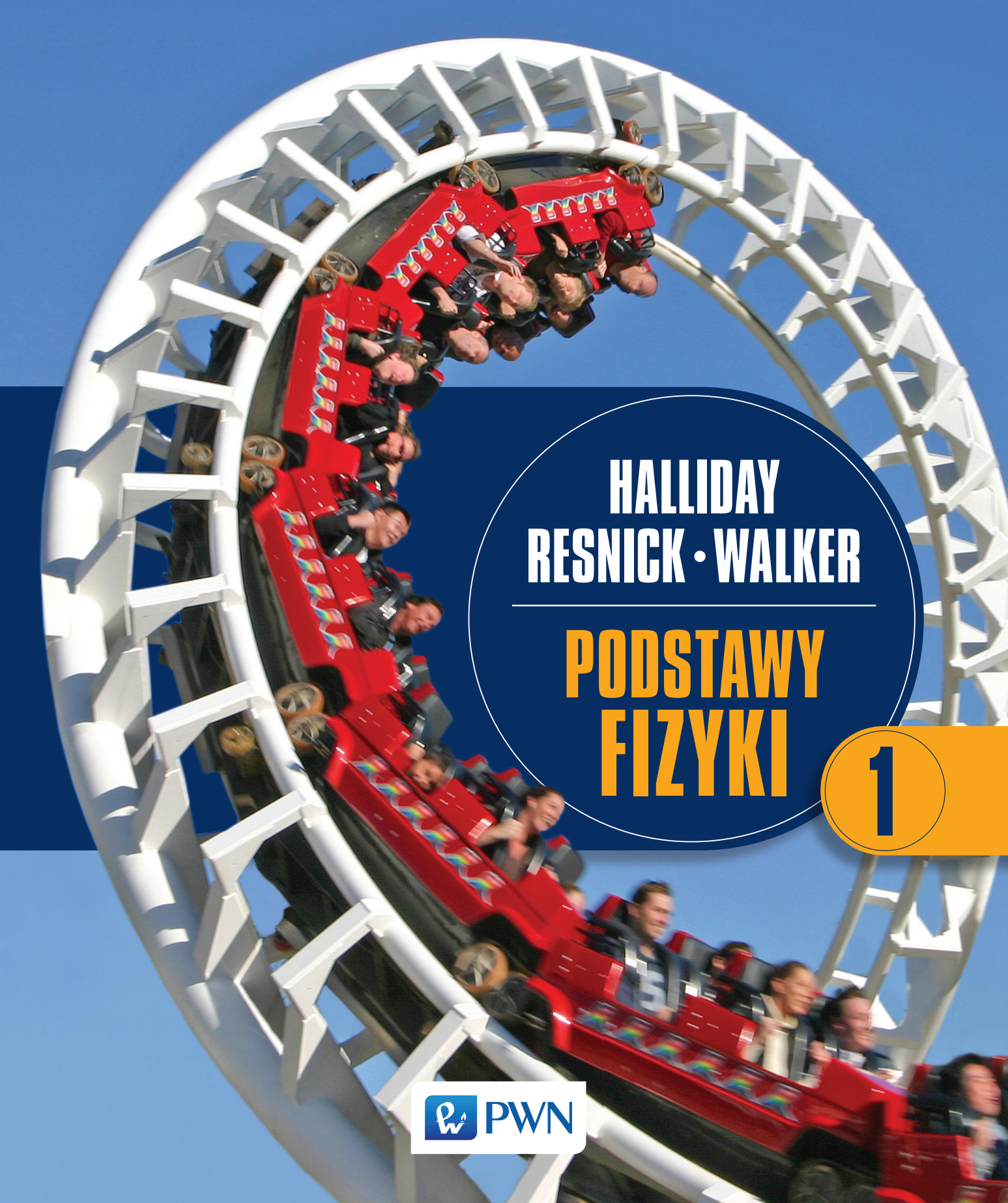


A photograph of a white roller coaster track forming a large loop. Red roller coaster cars with passengers are visible at the top and bottom of the loop. The background is a clear blue sky.

**HALLIDAY
RESNICK • WALKER**

**PODSTAWY
FIZYKI**

1



PWN

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

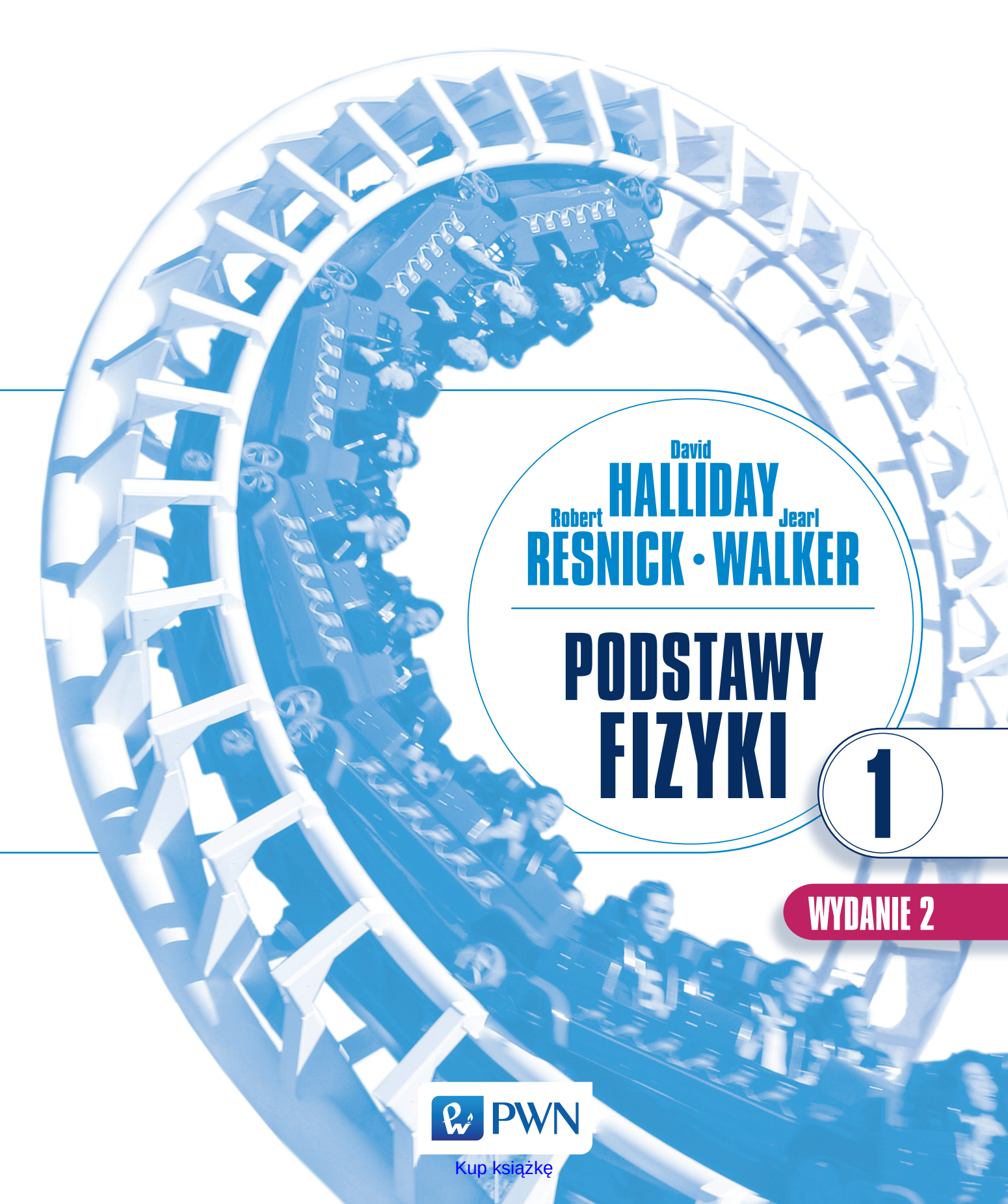
**HALLIDAY
RESNICK • WALKER**

**PODSTAWY
FIZYKI**

1

Przekład
z języka angielskiego
Mirosław ŁUKASZEWSKI (wydanie 1 i 2)

[Kup książkę](#)

A blue-tinted photograph of a roller coaster with passengers, viewed from a low angle looking up at a loop.

David
HALLIDAY
Robert Jearl
RESNICK • WALKER

PODSTAWY FIZYKI

1

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 i 2) **Mirosław Łukaszewski**

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 978-83-01-18114-7 tom 1

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. Równanie 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 xi

Przedmowa xiii

Podziękowania xxi

1. Pomiar 1

1.1. Jak się mierzy różne rzeczy, na przykład długość? 1

O fizyce 1

Jak się mierzy różne rzeczy? 2

Międzynarodowy Układ Jednostek 2

Zamiana jednostek 3

Długość 4

Cyfry znaczące i cyfry po przecinku 5

1.2. Czas 6

Czas 6

1.3. Masa 7

Masa 8

Podsumowanie 9 Zadania 10

2. Ruch prostoliniowy 16

2.1. Położenie, przemieszczenie i prędkość średnia 16

O fizyce 16

Ruch 17

Położenie i przemieszczenie 17

Prędkość średnia 19

2.2. Prędkość chwilowa 22

Prędkość chwilowa 22

2.3. Przyspieszenie 25

Przyspieszenie 25

2.4. Ruch ze stałym przyspieszeniem 28
Ważny przypadek szczególny: ruch ze stałym przyspieszeniem 29
Stałe przyspieszenie w innym świetle 33

2.5. Spadek swobodny 34

Spadek swobodny 34

2.6. Całkowanie graficzne przy badaniu ruchu 36

Całkowanie graficzne przy badaniu ruchu 36

Podsumowanie 38 Pytania 39 Zadania 41

3. Wektory 52

3.1. Wektory i ich składowe 52

O fizyce 52

Wektory i skalary 53

Geometryczne dodawanie wektorów 53

Składowe wektorów 55

3.2. Wektory jednostkowe, dodawanie wektorów na składowych 59

Wektory jednostkowe 59

Dodawanie wektorów na składowych 60

Wektory a prawa fizyki 61

3.3. Mnożenie wektorów 64

Mnożenie wektorów 65

Podsumowanie 70 Pytania 71 Zadania 72

4. Ruch w dwóch i trzech wymiarach 79

4.1. Położenie i przemieszczenie 79

O fizyce 79

Położenie i przemieszczenie 80

4.2. Prędkość średnia i prędkość chwilowa 82

Prędkość średnia i prędkość chwilowa 82

4.3. Przyspieszenie średnie i przyspieszenie chwilowe 85

Przyspieszenie średnie i przyspieszenie chwilowe 85

4.4. Rzut ukośny 87

Rzut ukośny 88

4.5. Ruch jednostajny po okręgu 95

Ruch jednostajny po okręgu 95

4.6. Ruch względny w jednym wymiarze 98

Ruch względny w jednym wymiarze 98

4.7. Ruch względny w dwóch wymiarach 100

Ruch względny w dwóch wymiarach 100

Podsumowanie 102 Pytania 103 Zadania 105

5. Siła i ruch I 119**5.1. Pierwsza i druga zasada dynamiki Newtona 119**

O fizyce 120

Mechanika klasyczna 120

Pierwsza zasada dynamiki Newtona 121

Siła 121

Masa 124

Druga zasada dynamiki Newtona 124

5.2. Kilka ważnych sił 129

Kilka ważnych sił 129

5.3. Jak stosować zasady dynamiki Newtona? 134

Trzecia zasada dynamiki Newtona 134

Jak stosować zasady dynamiki Newtona? 135

Podsumowanie 143 Pytania 143 Zadania 146

6. Siła i ruch II 156**6.1. Tarcie 156**

O fizyce 156

Tarcie 157

Właściwości tarcia 160

6.2. Siła oporu i prędkość graniczna 164

Siła oporu i prędkość graniczna 164

6.3. Ruch jednostajny po okręgu 167

Ruch jednostajny po okręgu 167

Podsumowanie 173 Pytania 174 Zadania 175

7. Energia kinetyczna i praca 187**7.1. Energia kinetyczna 187**

O fizyce 187

Co to jest energia? 187

Energia kinetyczna 188

7.2. Praca i energia kinetyczna 189

Praca 190

Praca i energia kinetyczna 190

7.3. Praca wykonana przez siłę ciężkości 195

Praca wykonana przez siłę ciężkości 196

7.4. Praca wykonana przez siłę sprężystości 200

Praca wykonana przez siłę sprężystości 200

7.5. Praca wykonana przez dowolną siłę zmienną 204

Praca wykonana przez dowolną siłę zmienną 205

7.6. Moc 209

Moc 210

Podsumowanie 212 Pytania 213 Zadania 215

8. Energia potencjalna i zachowanie energii 224**8.1. Energia potencjalna 224**

O fizyce 224

Praca i energia potencjalna 225

Siły zachowawcze: niezależność pracy od drogi 226

Wyznaczanie energii potencjalnej 229

8.2. Zachowanie energii mechanicznej 232

Zachowanie energii mechanicznej 232

8.3. Zastosowanie krzywych energii potencjalnej 236

Zastosowanie krzywych energii potencjalnej 237

8.4. Praca wykonana nad układem przez siłę zewnętrzną 241

Praca wykonana nad układem przez siłę zewnętrzną 242

8.5. Zasada zachowania energii 246

Zasada zachowania energii 246

Podsumowanie 251 Pytania 252 Zadania 254

9. Środek masy i pęd 271**9.1. Środek masy 271**

O fizyce 271

Środek masy 272

9.2. Druga zasada dynamiki Newtona dla układu cząstek 278

Druga zasada dynamiki Newtona dla układu cząstek 278

9.3. Pęd 283

Pęd 283

Pęd układu cząstek 284

9.4. Zderzenie i popęd siły 285

Zderzenie i popęd siły 285

9.5. Zachowanie pędu 290

Zachowanie pędu 290

9.6. Pęd i energia kinetyczna w zderzeniach 294

Pęd i energia kinetyczna w zderzeniach 294

Zderzenia niesprężyste w jednym wymiarze 295

9.7. Zderzenia sprężyste w jednym wymiarze 298

Zderzenia sprężyste w jednym wymiarze 299

9.8. Zderzenia w dwóch wymiarach 303

Zderzenia w dwóch wymiarach 303

9.9. Układ o zmiennej masie: rakiet 304

Układ o zmiennej masie: rakiet 304

Podsumowanie 307 Pytania 308 Zadania 310

10. Obroty 325**10.1. Zmienne obrotowe** 325

O fizyce 326

Zmienne obrotowe 327

Czy wielkości kątowe są wektorami? 334

10.2. Obrót ze stałym przyspieszeniem kątowym 335

Obrót ze stałym przyspieszeniem kątowym 336

10.3. Związek zmiennych liniowych z kątowymi 338

Związek zmiennych liniowych z kątowymi 339

10.4. Energia kinetyczna w ruchu obrotowym 343

Energia kinetyczna w ruchu obrotowym 343

10.5. Jak obliczyć moment bezwładności? 345

Jak obliczyć moment bezwładności? 345

10.6. Moment siły 350

Moment siły 350

10.7. Druga zasada dynamiki Newtona dla ruchu obrotowego 352

Druga zasada dynamiki Newtona dla ruchu obrotowego 352

10.8. Praca i energia kinetyczna ruchu obrotowego 356

Praca i energia kinetyczna ruchu obrotowego 357

Podsumowanie 360 Pytania 362 Zadania 363

11. Toczenie się ciał, moment siły i moment pędu 375**11.1. Toczenie jako złożenie ruchu obrotowego i postępowego** 375

O fizyce 375

Toczenie jako złożenie ruchu obrotowego i postępowego 376

11.2. Siły i energia kinetyczna w ruchu tocznym 378

Energia kinetyczna ruchu tocznego 378

Siły działające przy toczeniu 379

11.3. Jo-jo 383

Jo-jo 383

11.4. Moment siły raz jeszcze 384

Moment siły raz jeszcze 384

11.5. Moment pędu 387

Moment pędu 388

11.6. Druga zasada dynamiki Newtona dla ruchu obrotowego 390

Druga zasada dynamiki Newtona dla ruchu obrotowego 390

11.7. Moment pędu ciała sztywnego 393

Moment pędu układu cząstek 394

Moment pędu ciała sztywnego obracającego się wokół stałej osi 395

11.8. Zachowanie momentu pędu 397

Zachowanie momentu pędu 397

11.9. Precesja żyroskopu 403

Precesja żyroskopu 403

Podsumowanie 405 Pytania 406 Zadania 407

Dodatki 418**A. Międzynarodowy Układ Jednostek (SI)** 418**B. Niektóre podstawowe stałe fizyczne** 420**C. Niektóre dane astronomiczne** 422**D. Współczynniki zamiany jednostek** 424**E. Wzory matematyczne** 428**F. Właściwości pierwiastków** 431**G. Układ okresowy pierwiastków** 434**Autorzy zdjęć** 435**Odpowiedzi** 436**Skorowidz** 441

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*).