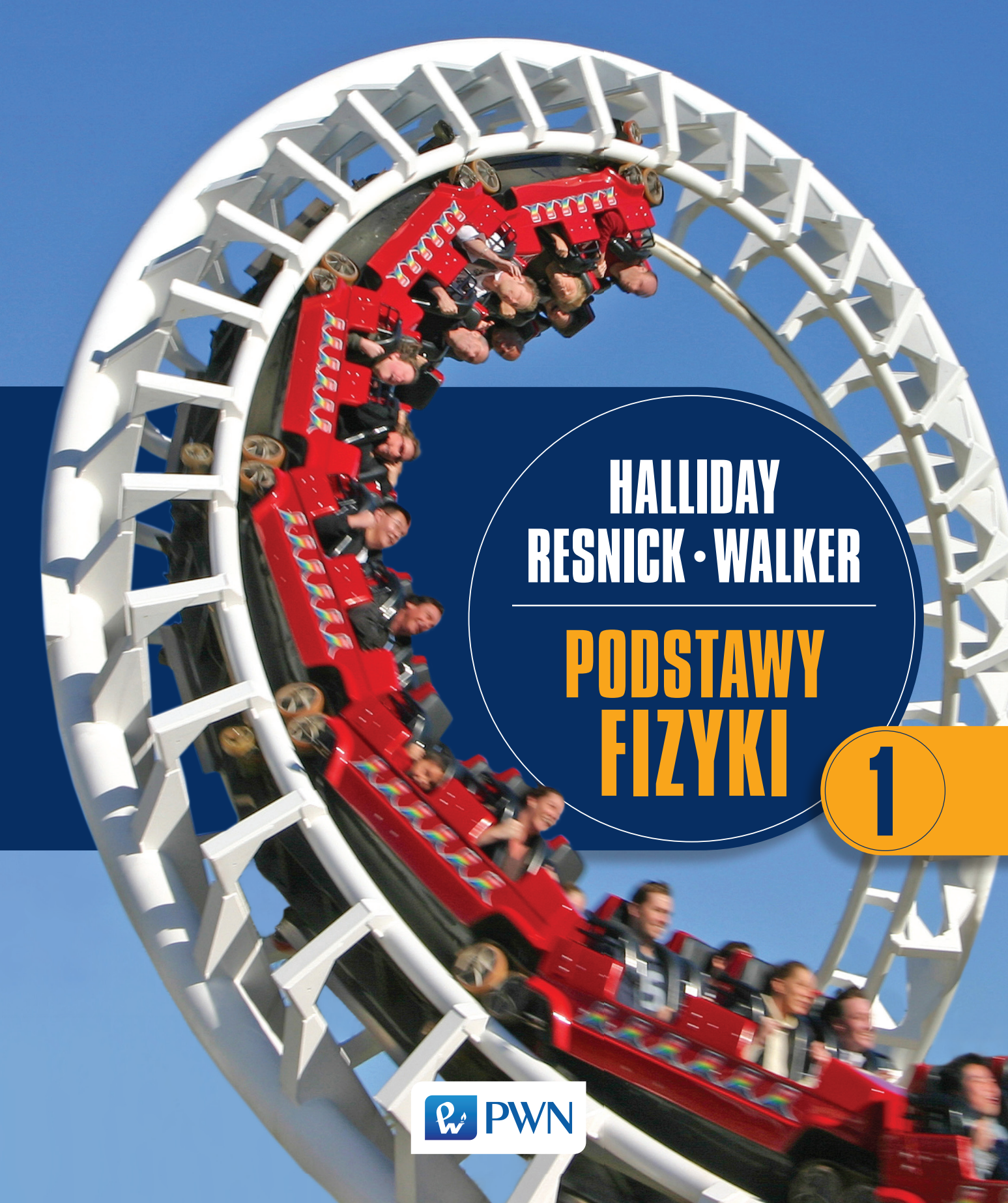


HALLIDAY
RESNICK • WALKER

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 ciepeł 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 odległej 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

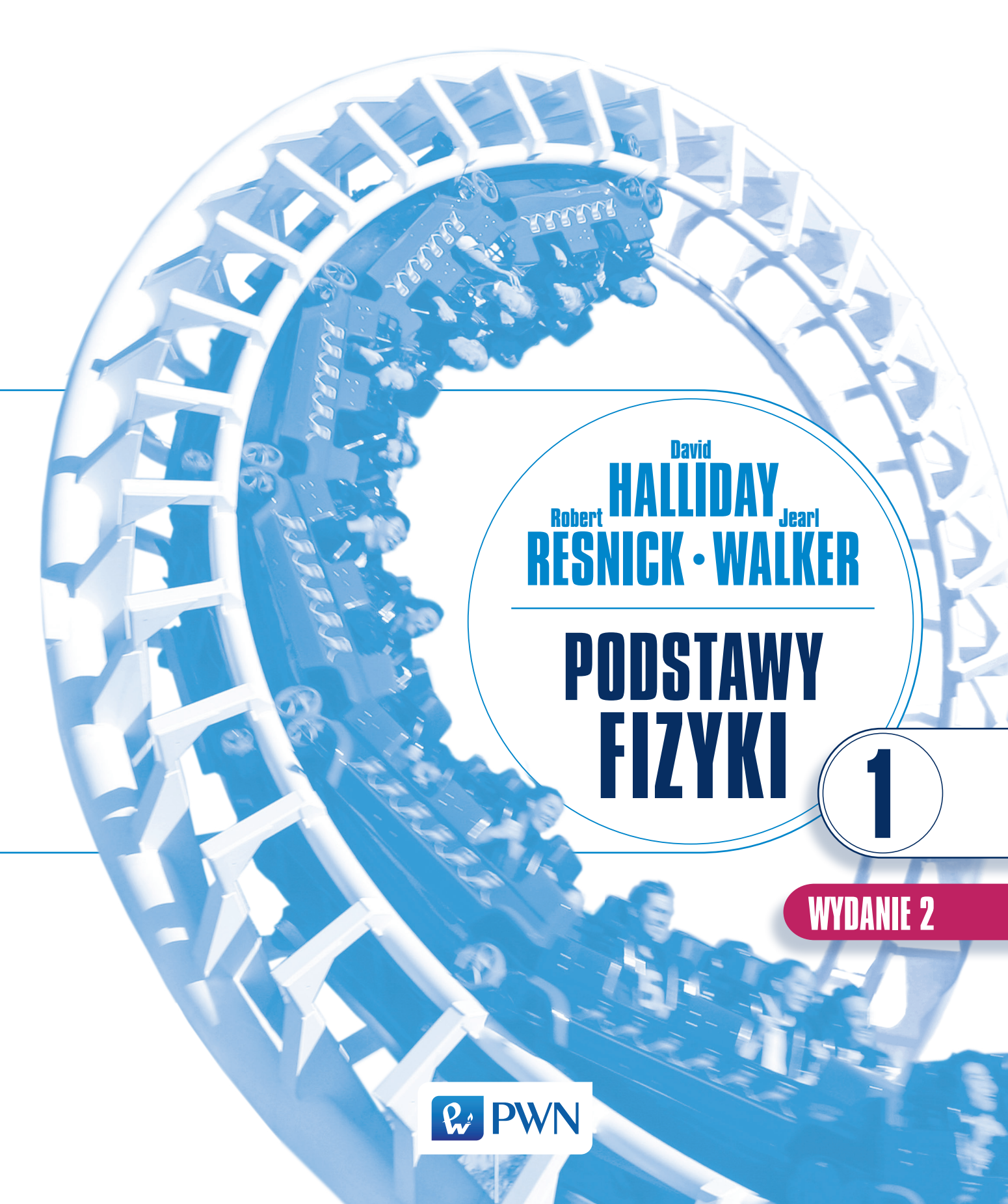
alfa	A	α	iota	I	ι	ro	P	ρ
beta	B	β	kappa	K	κ	sigma	Σ	σ
gamma	Γ	γ	lambda	Λ	λ	tau	T	τ
delta	Δ	δ	mi	M	μ	ypsilon	Υ	υ
epsilon	E	ϵ	ni	N	ν	fi	Φ	ϕ, φ
dzeta	Z	ζ	ksi	Ξ	ξ	chi	X	χ
eta	H	η	omikron	O	o	psi	Ψ	ψ
theta	Θ	θ	pi	Π	π	omega	Ω	ω

HALLIDAY
RESNICK • WALKER

PODSTAWY FIZYKI

1

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



David
HALLIDAY
Robert
RESNICK • WALKER
Jearl

PODSTAWY FIZYKI

1

WYDANIE 2

PWN

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

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, 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 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: rakieta 304
Układ o zmiennej masie: rakieta 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 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

zawiera podobne zasoby dla szóstego wydania amerykańskiego.

*Stan na 27 lutego 2015 r. Po kliknęciu *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*).