

A roller coaster with red cars is shown in a vertical loop against a clear blue sky. The cars are filled with people, and the white track structure is prominent. A dark blue circular graphic is overlaid on the right side of the image, containing the text 'HALLIDAY RESNICK • WALKER'.

**HALLIDAY
RESNICK • WALKER**

**PODSTAWY
FIZYKI**

3

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**

3

Przekład z języka angielskiego

wydanie 1: **Zygmunt Ajduk, Marek Jaworski**

wydanie 2: **Adam Babiński, Krzysztof Turzyński**

A blue-tinted photograph of a roller coaster track forming a large loop. The train is at the top of the loop, inverted. The background is a bright, clear sky.

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

**PODSTAWY
FIZYKI**

3

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: **Zygmunt Ajduk** (rozdz. 22–28)

Marek Jaworski (rozdz. 29–33)

wydanie 2: **Adam Babiński** (rozdz. 21–27)

Krzysztof Turzyński (rozdz. 28–32)

Wydawca **Izabela Ewa Mika**

Redaktor prowadzący **Irena Puchalska**

Redaktor merytoryczny **Agnieszka Grabarczyk**

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 978-83-01-18124-6 tom 3

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. 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 **xxI**

21. Prawo Coulomba **1**

21.1. Prawo Coulomba **1**

O fizyce **2**

Ładunek elektryczny **3**

Przewodniki i izolatory **4**

Prawo Coulomba **7**

Przewodniki kuliste **9**

21.2. Ładunek jest skwantowany **15**

Ładunek jest skwantowany **15**

21.3. Ładunek jest zachowany **17**

Ładunek jest zachowany **17**

Podsumowanie **18** Pytania **19** Zadania **21**

22. Pole elektryczne **29**

22.1. Pole elektryczne **29**

O fizyce **29**

Pole elektryczne **30**

Linie pola elektrycznego **31**

22.2. Pole elektryczne ładunku punktowego **33**

Pole elektryczne ładunku punktowego **33**

22.3. Pole elektryczne dipola elektrycznego **36**

Pole elektryczne dipola elektrycznego **36**

22.4. Pole elektryczne naładowanej linii **39**

Pole elektryczne naładowanej linii **39**

22.5. Pole elektryczne naładowanej tarczy **46**

Pole elektryczne naładowanej tarczy **46**

22.6. Ładunek punktowy w polu elektrycznym **48**

Ładunek punktowy w polu elektrycznym **48**

22.7. Dipol w polu elektrycznym **51**

Dipol w polu elektrycznym **51**

Podsumowanie **55** Pytania **56** Zadania **58**

23. Prawo Gaussa **67**

23.1. Strumień pola elektrycznego **67**

O fizyce **67**

Strumień pola elektrycznego **69**

23.2. Prawo Gaussa **74**

Prawo Gaussa **74**

Prawo Gaussa a prawo Coulomba **76**

23.3. Izolowany przewodnik naładowany **79**

Izolowany przewodnik naładowany **79**

23.4. Zastosowanie prawa Gaussa: symetria walcowa **83**

Zastosowanie prawa Gaussa: symetria walcowa **83**

23.5. Zastosowanie prawa Gaussa: symetria płaszczyznowa **85**

Zastosowanie prawa Gaussa: symetria płaszczyznowa **86**

23.6. Zastosowanie prawa Gaussa: symetria sferyczna **89**

Zastosowanie prawa Gaussa: symetria sferyczna **89**

Podsumowanie **91** Pytania **92** Zadania **93**

24. Potencjał elektryczny **102**

24.1. Potencjał elektryczny **102**

O fizyce **103**

Potencjał elektryczny i elektryczna energia potencjalna **103**

Ruch w polu elektrycznym **105**

24.2. Powierzchnie ekwipotencjalne a pole elektryczne **108**

Powierzchnie ekwipotencjalne **109**

Obliczanie potencjału na podstawie natężenia pola **110**

- 24.3. Potencjał pola naładowanej cząstki** 113
 Potencjał pola naładowanej cząstki 114
 Potencjał pola układu naładowanych cząstek 115
- 24.4. Potencjał pola dipola elektrycznego** 117
 Potencjał pola dipola elektrycznego 117
 Indukowany moment dipolowy 118
- 24.5. Potencjał pola ładunku o ciągłym rozkładzie** 119
 Potencjał pola ładunku o ciągłym rozkładzie 119
 Naładowana linia 120
 Naładowana tarcza 121
- 24.6. Obliczanie natężenia pola na podstawie potencjału** 122
 Obliczanie natężenia pola na podstawie potencjału 122
- 24.7. Elektryczna energia potencjalna układu naładowanych cząstek** 124
 Elektryczna energia potencjalna układu naładowanych cząstek 124
- 24.8. Potencjał izolowanego naładowanego przewodnika** 128
 Potencjał izolowanego naładowanego przewodnika 128
 Wyładowanie iskrowe z naładowanego przewodnika 129
 Izolowany przewodnik w zewnętrznym polu elektrycznym 129
 Podsumowanie 130 Pytania 131 Zadania 133
- 25. Pojemność elektryczna** 143
- 25.1. Pojemność elektryczna** 143
 O fizyce 143
 Pojemność elektryczna 144
 Ładowanie kondensatora 145
- 25.2. Obliczanie pojemności elektrycznej** 146
 Obliczanie pojemności elektrycznej 146
- 25.3. Kondensatory połączone równolegle i szeregowo** 151
 Kondensatory połączone równolegle i szeregowo 151
- 25.4. Energia zmagazynowana w polu elektrycznym** 157
 Energia zmagazynowana w polu elektrycznym 157
- 25.5. Kondensator z dielektrykiem** 160
 Kondensator z dielektrykiem 161
 Dielektryki: obraz mikroskopowy 163
- 25.6. Dielektryki i prawo Gaussa** 165
 Dielektryki i prawo Gaussa 165
 Podsumowanie 168 Pytania 169 Zadania 170
- 26. Prąd elektryczny i opór elektryczny** 178
- 26.1. Prąd elektryczny** 178
 O fizyce 178
 Prąd elektryczny 179
- 26.2. Gęstość prądu elektrycznego** 182
 Gęstość prądu 182
- 26.3. Opór elektryczny i opór elektryczny właściwy** 187
 Opór elektryczny i opór elektryczny właściwy 187
- 26.4. Prawo Ohma** 191
 Prawo Ohma 192
 Prawo Ohma — obraz mikroskopowy 193
- 26.5. Moc w obwodach elektrycznych, półprzewodniki, nadprzewodniki** 196
 Moc w obwodach elektrycznych 196
 Półprzewodniki 198
 Nadprzewodniki 200
 Podsumowanie 200 Pytania 201 Zadania 203
- 27. Obwody elektryczne** 210
- 27.1. Obwody elektryczne o jednym oczku** 210
 O fizyce 211
 „Pompowanie” ładunków 211
 Praca, energia i SEM 212
 Obliczanie natężenia prądu w obwodzie o jednym oczku 214
 Inne obwody o jednym oczku 216
 Różnica potencjałów pomiędzy dwoma punktami 218
- 27.2. Obwody elektryczne o wielu oczkach** 222
 Obwody o wielu oczkach 223
- 27.3. Amperomierz i woltomierz** 230
 Amperomierz i woltomierz 230
- 27.4. Obwody RC** 231
 Obwody RC 232
 Podsumowanie 237 Pytania 237 Zadania 239
- 28. Pole magnetyczne** 251
- 28.1. POLE MAGNETYCZNE I DEFINICJA WEKTORA \vec{B}** 251
 O fizyce 251
 Co wytwarza pole magnetyczne? 252
 Definicja wektora \vec{B} 253

28.2. Pola skrzyżowane: odkrycie elektronu 258

Pola skrzyżowane: odkrycie elektronu 258

28.3. Pola skrzyżowane: zjawisko Halla 260

Pola skrzyżowane: zjawisko Halla 261

28.4. Ruch cząstek naładowanych po okręgu w polu magnetycznym 265

Ruch cząstek naładowanych po okręgu w polu magnetycznym 265

Tory śrubowe 267

28.5. Cyklotrony i synchrotrony 269

Cyklotrony i synchrotrony 269

Synchrotron protonów 271

28.6. Siła magnetyczna działająca na przewodnik z prądem 272

Siła magnetyczna działająca na przewodnik z prądem 272

28.7. Moment siły działający na ramkę z prądem 275

Moment siły działający na ramkę z prądem 275

28.8. Dipolowy moment magnetyczny 277

Dipolowy moment magnetyczny 278

Podsumowanie 281 Pytania 281 Zadania 283

29. Pole magnetyczne wywołane przepływem prądu 293**29.1. Pole magnetyczne wywołane przepływem prądu** 293

O fizyce 293

Obliczanie indukcji magnetycznej pola wywołanego przepływem prądu 294

29.2. Siły działające między dwoma równoległymi przewodnikami z prądem 301

Siły działające między dwoma równoległymi przewodnikami z prądem 301

29.3. PRAWO AMPÈRE'A 303

Prawo Ampère'a 303

29.4. Solenoidy i toroidy 309

Solenoidy i toroidy 309

29.5. Cewka z prądem jako dipol magnetyczny 312

Cewka z prądem jako dipol magnetyczny 313

Podsumowanie 315 Pytania 316 Zadania 318

30. Zjawisko indukcji i indukcyjność 329**30.1. Prawo Faradaya i reguła Lenza** 329

O fizyce 330

Dwa doświadczenia 330

Prawo indukcji Faradaya 331

Reguła Lenza 334

30.2. Zjawisko indukcji i przekazywanie energii 338

Zjawisko indukcji i przekazywanie energii 339

30.3. Indukowane pola elektryczne 342

Indukowane pola elektryczne 343

30.4. Cewki i indukcyjność 348

Cewki i indukcyjność 348

30.5. Samoindukcja 350

Samoindukcja 350

30.6. Obwody RL 352Obwody RL 352**30.7. Energia zmagazynowana w polu magnetycznym** 357

Energia zmagazynowana w polu magnetycznym 357

30.8. Gęstość energii pola magnetycznego 359

Gęstość energii pola magnetycznego 360

30.9. Indukcja wzajemna 361

Indukcja wzajemna 361

Podsumowanie 364 Pytania 365 Zadania 367

31. Drgania elektromagnetyczne i prąd zmienny 378**31.1. Drgania elektromagnetyczne w obwodach LC** 378

O fizyce 379

Drgania obwodu LC : opis jakościowy 379

Analogiczne układy drgające: elektryczny i mechaniczny 382

Drgania obwodu LC : opis ilościowy 383**31.2. Drgania tłumione w obwodzie RLC** 387Drgania tłumione w obwodzie RLC 387**31.3. Drgania wymuszone: trzy proste obwody** 389

Prąd zmienny 390

Drgania wymuszone 391

Trzy proste obwody 392

31.4. Obwód szeregowy RLC 400Obwód szeregowy RLC 400

X SPIS TREŚCI

31.5. Moc w obwodach prądu zmiennego 407

Moc w obwodach prądu zmiennego 407

31.6. Transformatory 411

Transformatory 411

Podsumowanie 416 Pytania 417 Zadania 418

32. Równania Maxwella: magnetyzm materii 426

32.1. Prawo Gaussa dla pól magnetycznych 426

O fizyce 426

Prawo Gaussa dla pól magnetycznych 427

32.2. Indukowane pole magnetyczne 428

Indukowane pole magnetyczne 429

Uogólnione prawo Ampère'a 430

32.3. Prąd przesunięcia 432

Prąd przesunięcia 433

Równania Maxwella 436

32.4. Magnesy 437

Magnesy 437

32.5. Magnetyzm i elektrony 439

Magnetyzm i elektrony 440

Materiały magnetyczne 445

32.6. Diamagnetyzm 446

Diamagnetyzm 446

32.7. Paramagnetyzm 448

Paramagnetyzm 449

32.8. Ferromagnetyzm 451

Ferromagnetyzm 452

Podsumowanie 455 Pytania 457 Zadania 458

Dodatki 466

A. Międzynarodowy Układ Jednostek (SI) 466

B. Niektóre podstawowe stałe fizyczne 468

C. Niektóre dane astronomiczne 470

D. Współczynniki zamiany jednostek 472

E. Wzory matematyczne 476

F. Właściwości pierwiastków 479

G. Układ okresowy pierwiastków 482

Autorzy zdjęć 483

Odpowiedzi 484

Skorowidz 488

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*).