

# FIZYKA

Zbigniew Kąkol

Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej  
Akademia Górniczo-Hutnicza

Kraków 2006-2011

## Spis treści

Spis treści.....	2
Od autora .....	11
Informacje ogólne.....	11
Porady dla studiujących.....	12
Układ treści i korzystanie z materiałów .....	12
Wskazówki ułatwiające samokontrolę postępów .....	13
MODUŁ I.....	15
1    Wiadomości wstępne.....	16
1.1    Wielkości fizyczne, jednostki .....	16
1.2    Wektory .....	17
1.2.1    Rozkładanie wektorów na składowe .....	17
1.2.2    Suma wektorów .....	18
1.2.3    Iloczyn skalarny.....	19
1.2.4    Iloczyn wektorowy .....	19
2    Ruch jednowymiarowy.....	20
2.1    Wstęp .....	20
2.2    Prędkość.....	20
2.2.1    Prędkość stała .....	20
2.2.2    Prędkość chwilowa.....	21
2.2.3    Prędkość średnia .....	22
2.3    Przyspieszenie.....	23
2.3.1    Przyspieszenie jednostajne .....	23
2.3.2    Przyspieszenie chwilowe.....	24
2.3.3    Ruch jednostajnie zmienny.....	24
3    Ruch na płaszczyźnie.....	26
3.1    Przemieszczenie, prędkość i przyspieszenie.....	26
3.2    Rzut ukośny .....	27
3.3    Ruch jednostajny po okręgu.....	30
3.4    Ruch krzywoliniowy .....	32
4    Podstawy dynamiki .....	34
4.1    Wstęp .....	34
4.1.1    Oddziaływania podstawowe .....	34
4.1.2    Masa .....	35
4.1.3    Pęd .....	35
4.1.4    Siła.....	35
4.2    Zasady dynamiki Newtona .....	36
5    Wybrane zagadnienia z dynamiki.....	41
5.1    Siły kontaktowe i tarcie .....	41
5.1.1    Tarcie .....	41
5.2    Siły bezwładności .....	43
6    Grawitacja.....	47
6.1    Prawo powszechnego ciężenia.....	47
6.1.1    Doświadczenie Cavendisha .....	48
6.2    Prawa Keplera ruchu planet .....	50

6.3	Ciężar .....	51
6.3.1	Masa bezwładna i grawitacyjna .....	51
6.4	Pole grawitacyjne, pola sił .....	52
	Podsumowanie .....	54
	Materiały dodatkowe do Modułu I .....	55
I. 1.	Średnia ważona .....	55
I. 2.	Ruch przyspieszony po okręgu .....	55
I. 3.	Ruch w polu grawitacyjnym z uwzględnieniem oporu powietrza .....	57
I. 4.	Siła Coriolisa .....	58
I. 5.	Prawa Keplera a zasady dynamiki Newtona .....	60
	Rozwiązania ćwiczeń z modułu I .....	62
	Test I .....	67
	MODUŁ II .....	69
7	Praca i energia .....	70
7.1	Praca wykonana przez siłę stałą .....	70
7.2	Praca wykonana przez siłę zmienną .....	72
7.3	Energia kinetyczna .....	75
7.4	Moc .....	76
8	Zasada zachowania energii .....	78
8.1	Siły zachowawcze i niezachowawcze .....	78
8.2	Energia potencjalna .....	81
8.2.1	Energia potencjalna i potencjał pola grawitacyjnego .....	84
8.3	Zasada zachowania energii .....	86
9	Zasada zachowania pędu .....	90
9.1	Środek masy .....	90
9.2	Ruch środka masy .....	91
9.3	Pęd układu punktów materialnych .....	93
9.4	Zasada zachowania pędu .....	94
10	Zderzenia .....	96
10.1	Zderzenia w przestrzeni jednowymiarowej .....	96
10.2	Zderzenia na płaszczyźnie .....	99
	Podsumowanie .....	103
	Materiały dodatkowe do Modułu II .....	104
II. 1.	Energia kinetyczna w układzie środka masy .....	104
II. 2.	Układy o zmiennej masie .....	105
	Rozwiązania ćwiczeń z modułu II .....	107
	Test II .....	112
	MODUŁ III .....	114
11	Ruch obrotowy .....	115
11.1	Kinematyka ruchu obrotowego .....	115
11.2	Dynamika punktu materialnego .....	117
11.2.1	Moment pędu .....	118
11.2.2	Zachowanie momentu pędu .....	119
11.3	Ciało sztywne i moment bezwładności .....	120
11.4	Ruch obrotowo-postępowy .....	122
12	Ruch drgający .....	125

12.1	Siła harmoniczna, drgania swobodne.....	125
12.2	Wahadła.....	127
12.2.1	Wahadło proste.....	127
12.2.2	Wahadło fizyczne.....	129
12.3	Energia ruchu harmonicznego prostego.....	130
12.4	Oscylator harmoniczny tłumiony.....	132
12.4.1	Straty mocy, współczynnik dobroci.....	134
12.5	Drgania wymuszone oscylatora harmonicznego.....	135
12.5.1	Rezonans.....	137
12.6	Składanie drgań harmoniczných.....	138
12.6.1	Składanie drgań równoległych.....	138
12.6.2	Składanie drgań prostopadłych.....	140
	Podsumowanie.....	141
	Materiały dodatkowe do Modułu III.....	142
III. 1.	Ruch przyspieszony po okręgu.....	142
III. 2.	Obliczanie momentu bezwładności - przykład.....	143
III. 3.	Ruch precesyjny (bąk).....	144
III. 4.	Równanie ruchu harmonicznego tłumionego.....	146
III. 5.	Amplituda i faza w ruchu harmonicznym wymuszonym.....	147
III. 6.	Moc absorbowana przez oscylator.....	148
III. 7.	Składanie drgań metodą wektorową.....	149
	Rozwiązania ćwiczeń z modułu III.....	151
	Test III.....	154
	MODUŁ IV.....	156
13	Fale w ośrodkach sprężystych.....	157
13.1	Fale mechaniczne.....	157
13.1.1	Rodzaje fal.....	157
13.2	Rozchodzenie się fal w przestrzeni.....	160
13.3	Prędkość rozchodzenia się fal, równanie falowe.....	162
13.4	Przenoszenie energii przez fale.....	164
13.5	Interferencja fal, fale stojące.....	165
13.5.1	Fale stojące.....	166
13.6	Analiza fal złożonych.....	167
13.7	Dudnienia, modulacja amplitudy.....	169
13.8	Zjawisko Dopplera.....	171
14	Statyka i dynamika płynów.....	174
14.1	Ciśnienie i gęstość.....	174
14.2	Ciśnienie wewnątrz nieruchomego płynu.....	175
14.2.1	Pomiar ciśnienia (barometr).....	176
14.3	Prawo Pascala i prawo Archimedesasa.....	177
14.4	Ogólny opis przepływu płynów.....	179
14.5	Równanie Bernoulliego.....	181
14.6	Dynamiczna siła nośna.....	185
	Podsumowanie.....	186
	Materiały dodatkowe do Modułu IV.....	187
IV. 1.	Prędkość grupowa.....	187

IV. 2. Prędkość fal w naprężonym sznurze (strunie).....	188
Rozwiązania ćwiczeń z modułu IV .....	190
Test IV .....	193
MODUŁ V.....	194
15 Kinetyczna teoria gazów i termodynamika I.....	195
15.1 Ciśnienie gazu doskonałego .....	195
15.2 Temperatura, równanie stanu gazu doskonałego .....	198
15.2.1 Zerowa zasada termodynamiki.....	198
15.2.2 Kinetyczna interpretacja temperatury.....	198
15.2.3 Równanie stanu gazu doskonałego.....	198
15.2.4 Pomiar temperatury, skale temperatur.....	199
15.3 Ekwipartycja energii .....	200
15.4 Pierwsza zasada termodynamiki .....	202
15.5 Ciepło właściwe .....	204
15.5.1 Ciepło właściwe przy stałej objętości.....	204
15.5.2 Ciepło właściwe przy stałym ciśnieniu .....	206
15.6 Rozprężanie izotermiczne i adiabatyczne .....	207
15.6.1 Rozprężanie izotermiczne.....	207
15.6.2 Rozprężanie adiabatyczne .....	207
16 Kinetyczna teoria gazów i termodynamika II.....	209
16.1 Średnia droga swobodna .....	209
16.2 Rozkład Maxwella prędkości cząsteczek.....	211
16.3 Równanie stanu Van der Waalsa.....	212
16.4 Procesy odwracalne i nieodwracalne, cykl Carnota.....	213
16.4.1 Procesy odwracalne i nieodwracalne.....	213
16.4.2 Cykl Carnota.....	214
16.5 Entropia i druga zasada termodynamiki.....	216
16.5.1 Termodynamiczna skala temperatur.....	217
16.5.2 Entropia .....	217
16.5.3 Entropia a nieuporządkowanie .....	219
16.6 Stany równowagi, zjawiska transportu.....	220
16.6.1 Stany równowagi .....	220
16.6.2 Zjawiska transportu .....	221
Podsumowanie.....	223
Materiały dodatkowe do Modułu V .....	225
V. 1. Rotacyjne i wibracyjne stopnie swobody cząsteczki wodoru .....	225
V. 2. Równanie Poissona dla przemiany adiabatycznej.....	225
V. 3. Sprawność silnika Carnota .....	226
V. 4. Sprawność silników cieplnych .....	228
V. 5. Przepływ ciepła .....	229
Rozwiązania ćwiczeń z modułu V.....	230
Test V .....	232
MODUŁ VI .....	233
17 Pole elektryczne.....	234
17.1 Ładunek elektryczny .....	234
17.1.1 Kwantyztacja ładunku .....	234

17.1.2	Zachowanie ładunku.....	234
17.2	Prawo Coulomba.....	234
17.2.1	Zasada superpozycji.....	236
17.3	Pole elektryczne.....	237
18	Prawo Gaussa.....	240
18.1	Strumień pola elektrycznego.....	240
18.2	Prawo Gaussa.....	242
18.3	Przykłady zastosowania prawa Gaussa I.....	243
18.3.1	Izolowany przewodnik.....	243
18.3.2	Kuliste rozkłady ładunków - jednorodnie naładowana sfera.....	244
18.3.3	Kuliste rozkłady ładunków - jednorodnie naładowana kula.....	244
18.4	Przykłady zastosowania prawa Gaussa II.....	246
18.4.1	Liniowy rozkład ładunków.....	246
18.4.2	Płaskie rozkłady ładunków.....	247
18.4.3	Powierzchnia przewodnika.....	249
19	Potencjał elektryczny.....	250
19.1	Energia potencjalna w polu elektrycznym.....	250
19.2	Potencjał elektryczny.....	250
19.3	Obliczanie potencjału elektrycznego.....	254
20	Kondensatory i dielektryki.....	257
20.1	Pojemność elektryczna.....	257
20.2	Energia pola elektrycznego.....	259
20.3	Kondensator z dielektrykiem.....	260
	Podsumowanie.....	264
	Materiały dodatkowe do Modułu VI.....	265
VI. 1.	Pole elektryczne na osi pierścienia.....	265
VI. 2.	Gradient pola.....	266
VI. 3.	Dielektryk w polu elektrycznym - rozważania ilościowe.....	267
	Rozwiązania ćwiczeń z modułu VI.....	270
	Test VI.....	274
	MODUŁ VII.....	276
21	Prąd elektryczny.....	277
21.1	Natężenie prądu elektrycznego.....	277
21.2	Prawo Ohma.....	279
21.3	Praca i moc prądu, straty ciepłe.....	282
21.3.1	Straty ciepłe.....	283
21.4	Obwody prądu stałego.....	284
21.4.1	Siła elektromotoryczna, prawo Ohma dla obwodu zamkniętego.....	284
21.4.2	Prawa Kirchoffa.....	285
22	Pole magnetyczne.....	289
22.1	Siła magnetyczna.....	289
22.2	Linie pola magnetycznego, kierunek pola.....	291
22.3	Ruch naładowanych cząstek w polu magnetycznym.....	292
22.4	Działanie pola magnetycznego na przewodnik z prądem.....	296
22.4.1	Obwód z prądem.....	297
22.4.2	Magnetyczny moment dipolowy.....	298

22.5	Efekt Halla.....	299
23	Pole magnetyczne przewodników z prądem .....	301
23.1	Prawo Ampère'a .....	301
23.1.1	Pole wokół przewodnika z prądem.....	301
23.1.2	Prawo Ampère'a.....	301
23.1.3	Przykład - prostoliniowy przewodnik.....	302
23.1.4	Przykład - cewka (solenoid) .....	303
23.2	Oddziaływanie równoległych przewodników z prądem .....	305
23.3	Prawo Biot-Savarta.....	306
	Podsumowanie.....	309
	Materiały dodatkowe do Modułu VII.....	310
VII. 1.	Wyprowadzenie prawa Ohma .....	310
VII. 2.	Cyklotron.....	311
	Rozwiązania ćwiczeń z modułu VII .....	313
	Test VII.....	317
	MODUŁ VIII.....	319
24	Indukcja elektromagnetyczna .....	320
24.1	Prawo indukcji Faradaya .....	320
24.2	Reguła Lenza.....	322
24.3	Indukcyjność .....	324
24.3.1	Transformator .....	324
24.3.2	Indukcyjność własna .....	325
24.4	Energia pola magnetycznego .....	327
25	Drgania elektromagnetyczne .....	329
25.1	Drgania w obwodzie LC .....	329
25.2	Obwód szeregowy RLC .....	331
25.3	Rezonans .....	334
25.4	Moc w obwodzie prądu zmiennego .....	336
26	Równania Maxwella.....	338
26.1	Prawo Gaussa dla pola magnetycznego .....	338
26.2	Indukowane wirowe pole elektryczne.....	339
26.3	Indukowane pole magnetyczne .....	340
26.4	Równania Maxwella.....	342
27	Fale elektromagnetyczne .....	343
27.1	Widmo fal elektromagnetycznych .....	343
27.2	Równanie falowe.....	344
27.3	Rozchodzenie się fal elektromagnetycznych .....	345
27.4	Wektor Poyntinga.....	347
	Podsumowanie.....	349
	Materiały dodatkowe do Modułu VIII .....	351
VIII. 1.	Obwody RC i RL, stałe czasowe .....	351
VIII. 2.	Zawada w obwodzie RLC .....	354
VIII. 3.	Prąd przesunięcia.....	356
VIII. 4.	Równania Maxwella .....	356
VIII. 5.	Równania Maxwella w postaci różniczkowej (operatorowej) .....	357
	Rozwiązania ćwiczeń z modułu VIII.....	359

Test VIII .....	363
MODUŁ IX .....	364
28 Optyka geometryczna i falowa .....	365
28.1 Wstęp.....	365
28.2 Odbicie i załamanie.....	366
28.2.1 Współczynnik załamania, droga optyczna, dyspersja światła.....	366
28.2.2 Prawo odbicia i prawo załamania.....	366
28.2.3 Soczewki.....	369
28.3 Warunki stosowalności optyki geometrycznej.....	371
28.3.1 Zasada Huygensa.....	371
29 Interferencja.....	373
29.1 Doświadczenie Younga.....	373
29.2 Spójność (koherencja) fal świetlnych .....	376
29.3 Natężenie światła w doświadczeniu Younga .....	377
29.4 Interferencja w cienkich warstwach.....	379
29.5 Interferencja fal z wielu źródeł, siatka dyfrakcyjna .....	381
30 Dyfrakcja .....	384
30.1 Wstęp.....	384
30.2 Dyfrakcja na pojedynczej szczelinie.....	385
30.3 Natężenie światła w obrazie dyfrakcyjnym .....	386
30.4 Interferencja i dyfrakcja na dwóch szczelinach .....	389
30.5 Dyfrakcja promieni Roentgena (promieni X) .....	391
31 Polaryzacja.....	394
31.1 Wstęp.....	394
31.2 Płytki polaryzujące.....	395
31.3 Polaryzacja przez odbicie.....	397
31.4 Dwójłomność .....	398
Podsumowanie.....	400
Materiały dodatkowe do Modułu IX .....	401
IX. 1. Widzenie barwne.....	401
IX. 2. Zasada Fermata .....	401
IX. 3. Prawo Bragga .....	404
Rozwiązania ćwiczeń z modułu IX .....	405
Test IX .....	409
MODUŁ X.....	410
32 Światło a fizyka kwantowa.....	411
32.1 Promieniowanie termiczne .....	411
32.2 Ciało doskonale czarne.....	412
32.3 Teoria promieniowania we wnętrzu, prawo Plancka.....	414
32.3.1 Rozważania klasyczne .....	414
32.3.2 Teoria Plancka promieniowania ciała doskonale czarnego.....	415
32.3.3 Zastosowanie prawa promieniowania w termometrii.....	416
32.4 Zjawisko fotoelektryczne zewnętrzne.....	417
32.4.1 Kwantowa teoria Einsteina zjawiska fotoelektrycznego.....	420
32.5 Efekt Comptona.....	422
33 Model atomu Bohra .....	425

33.1	Wstęp.....	425
33.2	Widma atomowe .....	426
33.3	Model Bohra atomu wodoru .....	427
33.4	Stany energetyczne i widmo atomowe wodoru.....	431
34	Fale i cząstki .....	433
34.1	Fale materii.....	433
34.2	Struktura atomu i fale materii.....	435
35	Elementy mechaniki kwantowej.....	437
35.1	Funkcja falowa .....	437
35.2	Zasada nieoznaczoności .....	438
35.3	Teoria Schrödingera atomu wodoru .....	439
35.3.1	Równanie Schrödingera.....	439
35.3.2	Kwantowomechaniczny opis atomu wodoru.....	440
35.3.3	Funkcje falowe .....	441
35.3.4	Energia elektronu.....	443
	Podsumowanie.....	445
	Materiały dodatkowe do Modułu X .....	446
	X. 1. Zasada nieoznaczoności w pomiarach .....	446
	Rozwiązania ćwiczeń z modułu X.....	448
	Test X .....	451
	MODUŁ XI .....	452
36	Atomy wieloelektronowe .....	453
36.1	Orbitalny moment pędu i spin elektronu.....	453
36.1.1	Orbitalny moment pędu .....	453
36.1.2	Spin elektronu.....	454
36.2	Zasada Pauliego.....	454
36.3	Układ okresowy pierwiastków .....	455
36.4	Promienie X.....	458
36.5	Lasery .....	461
36.5.1	Emisja spontaniczna .....	461
36.5.2	Emisja wymuszona.....	462
36.5.3	Rozkład Boltzmana .....	463
36.5.4	Laser .....	464
37	Materia skondensowana .....	466
37.1	Rodzaje kryształów (rodzaje wiązań) .....	466
37.1.1	Kryształy cząsteczkowe.....	466
37.1.2	Kryształy o wiązaniach wodorowych.....	467
37.1.3	Kryształy jonowe.....	467
37.1.4	Kryształy atomowe (kowalentne).....	467
37.1.5	Ciała metaliczne .....	468
37.2	Fizyka półprzewodników .....	468
37.2.1	Domieszkowanie półprzewodników.....	469
37.3	Zastosowania półprzewodników .....	469
37.3.1	Termistor .....	469
37.3.2	Złącze p - n .....	470
37.3.3	Baterie słoneczne.....	471

37.3.4	Tranzystor .....	471
37.4	Własności magnetyczne ciał stałych .....	472
37.4.1	Diamagnetyzm .....	472
37.4.2	Paramagnetyzm .....	473
37.4.3	Ferromagnetyzm .....	473
38	Fizyka jądrowa .....	476
38.1	Wstęp .....	476
38.2	Oddziaływanie nukleon-nukleon .....	477
38.3	Rozpady jądrowe .....	479
38.3.1	Rozpad alfa .....	480
38.3.2	Rozpad beta .....	480
38.3.3	Promieniowanie gamma .....	481
38.3.4	Prawo rozpadu nuklidów .....	482
38.4	Reakcje jądrowe .....	484
38.4.1	Rozszczepienie jąder atomowych .....	484
38.4.2	Reakcja syntezy jądrowej .....	485
38.4.3	Źródła energii gwiazd .....	486
	Podsumowanie .....	489
	Materiały dodatkowe do Modułu XI .....	490
XI. 1.	Rozkład Boltzmana .....	490
	Rozwiązania ćwiczeń z modułu XI .....	492
	Test XI .....	494
U.1	Elementy szczególnej teorii względności .....	496
U.1.1	Transformacja Galileusza .....	496
U.1.2	Dylatacja czasu .....	498
U.1.3	Transformacja Lorentza .....	500
U.1.3.1	Jednoczesność .....	500
U.1.3.2	Skrócenie długości .....	501
U.1.3.3	Dodawanie prędkości .....	501
U.1.3.4	Zależność masy od prędkości .....	502
U.1.3.5	Równoważność masy i energii .....	504
	Uniwersalne stałe fizyczne .....	506
	Użyteczne wzory matematyczne .....	507
	Układ okresowy pierwiastków .....	508

## Od autora

Podręcznik "Fizyka" został opracowany z przeznaczeniem do samodzielnego studiowania fizyki w systemie kształcenia na odległość oraz jako materiał pomocniczy w kursach prowadzonych systemem stacjonarnym.

Szanowny Czytelniku zanim rozpoczniesz naukę fizyki z wykorzystaniem tych materiałów przeczytaj poniższe informacje i koniecznie zapoznaj się z wprowadzeniem zawierającym porady dla studiujących. Znajdziesz tam wskazówki jak *efektywnie* uczyć się i jak sprawdzać swoje postępy.

## Informacje ogólne

Fizyka jest nauką przyrodniczą badającą najbardziej podstawowe i ogólne własności otaczającego nas świata materialnego i zachodzące w tym świecie zjawiska. Celem fizyki jest poznanie praw przyrody, od których zależą wszystkie zjawiska fizyczne.

Podstawową metodą badawczą fizyki są obserwacje i doświadczenia. Na ogół proces poznawczy rozpoczyna się od obserwacji jakościowych; rejestrujemy, odkrywamy nowe zjawisko. Następnie przeprowadzamy doświadczenia mające na celu ustalić związki przyczynowe jak i uzyskać informacje ilościowe. Na tej podstawie staramy się sformułować prawa fizyki, które zapisujemy w postaci równań matematycznych. To przejście od obserwacji do modelu matematycznego znane jest jako metoda indukcji. W tej metodzie rozpoczynasz naukę od poznania przykładu lub od wykonania samodzielnego ćwiczenia, które ma na celu zwrócić uwagę na samo zjawisko jak i na czynniki istotne dla tego zjawiska. Ten sposób jest niewątpliwie najbardziej kształcący z punktu widzenia samodzielnej nauki.

Jednak umiejętności poprawnego wnioskowania i dokonywania uogólnień nie zawsze wystarczają do szybkiego, samodzielnego dotarcia do sformułowań praw fizyki (teorii fizycznych). Dzieje się tak po części dlatego, że prawa fizyki wyrażają związki ilościowe między różnymi wielkościami fizycznymi. Nie wystarczy stwierdzić, że jedna wielkość fizyczna zależy od drugiej (sformułowanie jakościowe) ale trzeba podać ścisłą relację między tymi wielkościami w postaci równania matematycznego, a to wiąże się zawsze z pomiarami określającymi liczbowo stosunek danej wielkości do przyjętej jednostki. Ponadto wszystkie wielkości fizyczne muszą być jednoznacznie określone i znajomość tych definicji jest niezbędna do sformułowania praw fizyki. Dlatego często naukę rozpoczyna się od poznania pewnej ilości definicji wielkości fizycznych, po których wprowadzane są wybrane prawa fizyczne. W większości przypadków prawa te poprzedzone są możliwie prostym wyprowadzeniem, którego celem jest podkreślenie logicznej struktury wnioskowania. Prawa te starałem się zilustrować (uzasadnić) za pomocą różnych faktów doświadczalnych, które są podane w formie przykładów lub ćwiczeń do samodzielnego wykonania. W tej części nauka polega na wyciąganiu wniosków z poznanych uprzednio praw. Ta metoda, w której nowe zjawiska i wyniki doświadczeń przewidujemy jako logiczną konsekwencję poznanych praw (teorii) znana jest jako metoda dedukcji.

Praktyczne zastosowania pokazujące związek między fizyką i techniką są tym na co powinien zwrócić uwagę przyszły inżynier. Dlatego starałem się zarówno w ćwiczeniach jak i przykładach przedstawić zagadnienia związane z rzeczywistymi sytuacjami. Mają one

unaocznic fakt bezposredniego zwiazku fizyki z codziennym zyciem, z jego ruznymi aspektami.

## Porady dla studiujacych


### Uklad treści i korzystanie z materialow

Materiał kursu został podzielony na rozdziały, które pogrupowane są w moduły. Powinieneś studiować je po kolei i przechodzić do następnego rozdziału dopiero gdy upewniłeś się, że rozumiesz materiał z poprzedniego. Ma to istotne znaczenie bo z wniosków i informacji z danego rozdziału będziesz wielokrotnie korzystał w następnych punktach. Na końcu każdego modułu znajdziesz ponadto, krótkie podsumowanie najważniejszych wiadomości.

Przy czytaniu zwróć uwagę na specjalne oznaczenia (ikony) umieszczone w tekście. Mają one na celu zwrócić Twoją uwagę na najistotniejsze elementy takie jak



#### Definicje, Prawa, zasady, twierdzenia i Jednostki

Fizyka, jak każda inna dyscyplina, posługuje się pewnymi charakterystycznymi sformułowaniami i pojęciami tak zwanymi *pojęciami podstawowymi*. Zostały one też opatrzone etykietami w postaci . Są one pomocne zwłaszcza przy powtórce i utrwalaniu wiadomości. Dodatkowo elementy najistotniejsze dla zrozumienia i opanowaniu materiału zostały wyszczególnione *pochyłą czcionką*. Zwróć na nie szczególną uwagę.

Oprócz tekstu podstawowego zawierającego między innymi definicje, twierdzenia, komentarze, w rozdziałach umieszczone zostały również



#### Ćwiczenia

do samodzielnego wykonania. Ćwiczenia te mają różny charakter i różny stopień trudności. Są wśród nich takie, które uczą rozwiązywania zadań i problemów. Inne polegają na podaniu przez Ciebie przykładów ilustrujących dane prawa i zależności. Spotkasz się też z prostymi obliczeniami, które pozwolą zorientować się jaka jest skala różnych wielkości fizycznych. Poprawnie zrobione ćwiczenie stanowi cenne uzupełnienie materiałów. Część uzyskanych wyników jest potem wykorzystywana w kolejnych ćwiczeniach lub wprost w kolejnych zagadnieniach. Spróbuj je wszystkie wykonać. Na końcu każdego z modułów możesz sprawdzić poprawność rozwiązania lub uzyskać dodatkowe informacje, które pomogą rozwiązać problem. Dlatego nawet gdy nie potrafisz rozwiązać zadania zapisz te obliczenia, którym podołałeś i zanotuj gdzie napotkałeś na trudności. Postaraj się sprecyzować czy kłopot sprawiło Ci sformułowanie problemu, dobór odpowiednich wzorów czy obliczenia matematyczne, a następnie sprawdź rozwiązanie.

Prezentowane materiały są ilustrowane prostymi



## Programami

(symulacjami komputerowymi) dostępnymi do pobrania ze strony WWW autora (<http://home.agh.edu.pl/~kakol/>).

Ponadto, w tekście umieszczono



## Odnosiniki do dodatkowego materiału

do dodatkowego materiału, umieszczonego na końcu modułów, a stanowiącego rozszerzenie i uzupełnienie kursu podstawowego. Postaraj się również w miarę możliwości zapoznać z tymi informacjami.

Na końcu każdego modułu znajduje się "**Test kontrolny**". Zawiera on zadania podobne do tych z jakimi spotkasz się na egzaminie lub przy zaliczeniu przedmiotu. Koniecznie zrób te zadania samodzielnie. Będziesz mógł ich rozwiązanie skonsultować z prowadzącym przedmiot. Dzięki korekcie i uwagom prowadzącego będziesz mógł się zorientować się czy opanowałeś materiał w wystarczającym stopniu. Przede wszystkim powinieneś jednak sam próbować ocenić swoje postępy. W tej ocenie mogą Ci pomóc zamieszczone poniżej kryteria.

### Wskazówki ułatwiające samokontrolę postępów

Po przestudiowaniu każdego z rozdziałów, modułów powinieneś sprawdzić czy udało Ci się osiągnąć podane poniżej wyniki uczenia się. Umiejętność wykonania czynności zapisanych na tej liście świadczy o Twoich postępach w nauce i zdobytej wiedzy.

- Po pierwsze sprawdź czy zapamiętałeś wiadomości z danego rozdziału. W tym celu wypowiedz na głos lub napisz na kartce definicje podstawowych pojęć, na przykład masy, pędu, siły. Czy potrafisz również napisać odpowiednie wzory?
- Teraz sprawdź czy rozumiesz zapamiętany materiał i czy potrafisz się nim posługiwać. Spróbuj najpierw rozwiązać samodzielnie (powtórzyć) przykłady rozwiązane w tekście. Określ wielkości szukane w zadaniu i wskaż na informacje niezbędne do jego rozwiązania (dane). Czy potrafisz podać metodę rozwiązania zadania wraz z odpowiednimi wzorami? Czy wiesz jakie warunki i założenia leżą u podstaw tych zależności?
- Spróbuj wypowiedzieć definicje odpowiednich wielkości fizycznych i praw fizyki określających zjawiska w rozwiązywanym przykładzie. Czy potrafisz to zrobić własnymi słowami?
- Czy poznane zależności i pojęcia wiążą się z rzeczywistymi sytuacjami życiowymi; postaraj się podać przykłady.
- Spróbuj przekształcić podane wzory tak aby uzyskać postać umożliwiającą wyliczenie innych wielkości występujących w zadaniu. Ponownie spróbuj wskazać wielkości dane i szukane.
- Spróbuj sam ułożyć zadanie lub sformułować pytania problemowe, pozwalające przećwiczyć rozwiązywanie problemów podobnych do tych w przykładach. Jeżeli określisz szczegółowe warunki i założenia niezbędne do rozwiązania zdania i potrafisz

podać jakie dane są do tego niezbędne to dowiodłeś, że potrafisz analizować zjawiska przyrodnicze, wyciągać wnioski i dokonywać uogólnienia (syntezy).

- Czy potrafisz powiedzieć jak można uzyskać te niezbędne dane?
- Może zaprojektujesz doświadczenia (podaś sposób pomiaru), które z jednej strony pozwolą na otrzymanie potrzebnych danych, a z drugiej pozwolą niezależnie zmierzyć wielkość szukaną co umożliwi zweryfikowanie modelu teoretycznego?
- Zastanów się czy analizując przykład, ćwiczenie, potrafisz ocenić stopień zgodności z rzeczywistością przyjętych założeń i uproszczeń. Czy taka idealizacja warunków jest konieczna? Które z przyjętych założeń i uproszczeń uważasz za najbardziej istotne i dlaczego? Może potrafisz zaproponować bardziej dokładne metody obliczania, wyznaczenia, wielkości fizycznych występujących w przykładach.

Jeżeli potrafisz wykonać powyższe czynności to stajesz się ekspertem i możesz być pewny swojej wiedzy.

# MODUŁ I