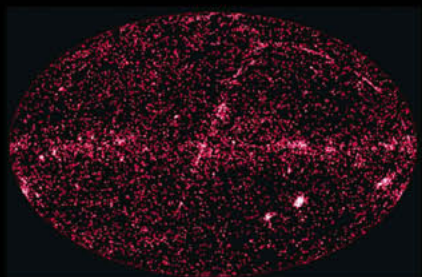




Maria Pańków



Ćwiczenia z podstaw astrofizyki



Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego



Katowice 2011

**Ćwiczenia
z podstaw astrofizyki**



NR 108

Maria Pańków

Ćwiczenia z podstaw astrofizyki

Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego



Katowice 2011

Redaktor serii: Fizyka
Władysław Borgiel

Recenzenci
Honorata Korpikiewicz
Konrad Rudnicki

Redaktor: Barbara Todos-Burny
Projektant okładki: Małgorzata Pleśniar
Redaktor techniczny: Małgorzata Pleśniar
Korektor: Aleksandra Gaździcka

Copyright © 2011 by
Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego
Wszelkie prawa zastrzeżone

ISSN 1644-0552
ISBN 978-83-226-1805-9
(wersja drukowana)

ISBN 978-83-8012-614-5
(wersja elektroniczna)

Wydawca
Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego
ul. Bankowa 12B, 40-007 Katowice
www.wydawnictwo.us.edu.pl
e-mail: wydawus@us.edu.pl

Wydanie I. Ark. druk. 16,5. Ark. wyd. 14,0.
Papier offset. kl. III, 90 g Cena 26 zł (+ VAT)

Łamanie: Pracownia Składu Komputerowego
Wydawnictwa Uniwersytetu Śląskiego
Druk i oprawa: EXPOL, P. Rybiński, J. Dąbek, Spółka Jawna
ul. Brzeska 4, 87-800 Włocławek



Spis treści

Przedmowa	7
Wykaz skrótów	9
Wyznaczanie odległości liniowych na Ziemi i kątowych na niebie	11
Obrotowa mapa nieba	18
Ruchy Ziemi	31
Podstawowe przyrządy służące do obserwacji promieniowania widzialnego	52
Klasyfikacja widmowa	68
Wybrane metody wyznaczania odległości we Wszechświecie	76
Księżyc	82
Przejścia planet przed tarczą Słońca	100
Mgławica Krab	107
Odległości gromad gwiazd i pył w przestrzeni kosmicznej	110
Gwiazdy zmienne w gromadzie kulistej M 15	113
Pulsary	116
Gwiazdy zmienne w Małym Obłoku Magellana. Gwiazdy zmienne cefeidy i kosmiczna skala odległości	119

Prawo Hubble'a	120
Astronomia pozaatmosferyczna	123
Przykłady niektórych istotnych misji kosmicznych	142
Nazewnictwo w Układzie Słonecznym	151
Kratery w Układzie Słonecznym	159
Aktywność Słońca i badanie jej wpływu na przebieg zjawisk geofizycznych	162
Zagadnienia różne	171
Układy współrzędnych sferycznych	175
Ciało niebieskie na miejscowym południku	182
Pory roku na półkuli północnej	185
Astronomiczny problem czasu	188
Zależność średnicy planetoidy od jej jasności absolutnej	190
Skorowidz	193

Przedmowa



Rys. 1. Średniowieczne wyobrażenie komety

Szesnastowieczne ilustracje dowodzą, że w owym czasie pojawienie się komety interpretowano jako złowróżbny znak. Poglądy te zmieniały się niesłychanie wolno. Pod koniec XVII wieku Kasper Ciekanowski, profesor Akademii Krakowskiej, pisał: „Kometa jest wapor gorący i suchy, tłusty i lipki, mocą gwiazd z Ziemi wyciągniony, aż pod sferę ognia wyniesiony i tamże zapalony”.

W 1910 roku, podczas kolejnego powrotu do peryhelium komety Halleya, według prof. Marcina Ernsta, we Włoszech, w San Lorenzo, gdy na niebie pojawiło się kilka meteorów i kometa, miejscowa ludność popadła w panikę, w przekonaniu że niebawem nadejdą liczne klęski

Niniejszy skrypt ma być pomocny studentom trzeciego roku fizyki i geofizyki, którzy w programie studiów mają zajęcia z astrofizyki. Wykład zatytułowany *Wstęp do astrofizyki*, w wymiarze 30 godzin, jest uzupełniony ćwiczeniami, również w wymiarze zaledwie 30 godzin. Ani w okresie nauki szkolnej, ani we wcześniejszych latach studiów studenci nie uczestniczą w żadnych systematycznych zajęciach obejmujących podstawowe wiadomości z astronomii, dlatego w toku ćwiczeń, na początku, konieczne jest wprowadzenie i zdefiniowanie podstawowych pojęć z tej dziedziny, a także zrealizowanie tematów ułatwiających orientację na sferze niebieskiej. Podaje się też wstępne wiadomości dotyczące ogólnie używanych przyrządów obserwacyjnych i podstawowych technik obserwacyjnych. Przegląd zjawisk przebiegających na sferze niebieskiej powinien być uzupełniony najprostszymi obserwacjami astronomicznymi. Studenci słuchali już wykładów z fizyki ogólnej i mechaniki teoretycznej, zatem w wielu przypadkach (na przykład jeśli chodzi o podstawowe zagadnienia z mechaniki nieba) nie ma potrzeby przedstawiania teorii omawianych zjawisk, a powtórzenie stosownych wiadomości stanowić będzie część indywidualnego przygotowania się do poszczególnych ćwiczeń.

Program wykładów i ćwiczeń jest bardzo obszerny i zawiera różnorodny materiał. Ważne, by w toku zajęć przedstawić — choćby skrótowo — początki nowoczesnej astrofizyki. Za celowe należy uznać ukazanie drogi od najprostszyc, prymitywnych obserwacji, wykonywanych z bojaźliwą ciekawością, do współczesnych wyspecjalizowanych badań. Warto pokazać, jak doskonaliła się technika obserwacji, dzięki której szybko powstawały i rozwijały się nowe teorie. Znaczący, kolejny już przełom nastąpił w tym względzie u schyłku lat pięćdziesiątych ubiegłego stulecia, a dokonał się dzięki wprowadzeniu na orbity okołozemskie pierwszych sztucznych satelitów. Zapoczątkowały one obserwacje pozaatmosferyczne, na podstawie których wyodrębniono różne działy astronomii pozaatmosferycznej: radioastronomię satelitarną, astronomię w podczerwieni, astrofizykę w nadfiolecie, astronomię rentgenowską i astrofizykę wysokich energii.

Wykaz skrótów*

α	— rektascensja = współrzędna z układu równonocnego mierzona kątem dwuściennym
β	— szerokość ekliptyczna = współrzędna z układu ekliptycznego mierzona kątem płaskim
δ	— deklinacja = współrzędna z układów I i II równikowego mierzona kątem płaskim
ε	— nachylenie heliocentrycznej płaszczyzny orbity Ziemi do płaszczyzny równika niebieskiego
λ	— długość geograficzna lub długość fali
π	— paralaksa
ω	— prędkość kątowna w ruchu obrotowym Ziemi
φ	— szerokość geograficzna
ρ	— średnica krążka dyfrakcyjnego w radianach
F	— ogniskowa obiektywu
f	— ogniskowa okularu lub liczba plam na Słońcu
n	— powiększenie kątowe
g	— liczba grup plam na Słońcu
W	— liczba Wolfa
h	— wysokość = współrzędna z układu horyzontalnego mierzona kątem płaskim
z	— odległość zenitalna używana zamiennie z wysokością, mierzona kątem płaskim, liczbowo równa dopełnieniu wysokości do 90°
r	— refrakcja
M	— jasność absolutna

* W załączonym wykazie ujęto niemal wszystkie częściej używane skróty. W przypadku kolizji oznaczeń czytelnik sam wybiera właściwą interpretację przypisywaną określonemu symbolowi. Na przykład odległość od obserwatora do gwiazdy oznaczana jest jako D lub d , zgodnie z konwencją, którą przyjmuje w tekście ćwiczenia jego autor, natomiast m oznacza masę lub *magnitudo*.

- m — jasność widoma (pozorna, obserwowana) = *magnitudo* — zamiast tej łacińskiej nazwy używa się niekiedy określenia „wielkość gwiazdowa”; oba określenia wywodzą się z teorii Ptolemeusza, który był przekonany, że obserwowana jasność gwiazdy jest miarą jej rozmiarów liniowych; pojęcia *magnitudo* używają również geofizycy, podając skalę siły trzęsień Ziemi
- m — masa
- Q — średnica kątowa gromady gwiazd
- c — prędkość światła w próżni
- v — prędkość ucieczki
- D (lub d) — odległość gwiazdy wyrażona w parsekach
- H — stała Hubble’a
- Mpc — megaparsek

Skorowidz

A

Aberracja chromatyczna (światła) 41,
52–54
 sferyczna 52–54
 pozaosiowa 53, 54
Absorpcja 47, 50, 111, 131, 136, 167
Aktywność Słońca 71, 133, 144, 145,
162–167
Albedo 61, 86, 190
Aldrin E.E. 99, 154
Analemma 37, 38
Anders W.A. 99
Aphelium 34, 39, 43, 57, 82, 140
Apogeum 82, 83, 87, 92, 95, 96, 131, 139
Apollo 86, 88, 97, 99, 124, 154, 159
Armstrong Neil A. 99, 154
Astrofizyka wysokich energii 7, 125, 127, 145
 w nadfiolecie 7, 130
 w podczerwieni 136
Astronomia neutrinowa
 pozaatmosferyczna 7, 45, 51, 63,
 98, 123, 125, 127, 128, 131, 132
 rentgenowska 7, 127, 140, 149
 sferyczna 11, 47, 49, 90, 182, 188
 w podczerwieni 7, 63, 136
Astronomy Picture of the Day (Archive)
 39, 107, 109, 127, 162
Atlas of Deep-Sky 110
Awdiejew Siergiej 124
Azymut 61, 89, 176, 179, 181

B

Baran 24, 37, 38, 173, 185
Barana punkt 21, 24, 38, 39, 43, 85, 94, 171,
172, 174, 176, 180, 181, 188, 189

Bean Alan N. 99

Białe noce 48, 49

Biegun geograficzny 12, 15, 18, 19, 21, 26,
32, 35, 76, 77, 83, 84, 96, 133, 136, 139,
178, 185–187

 galaktyczny 21

 magnetyczny 35

 świata 12, 14, 18, 19, 21, 22, 31–33,
 41, 42, 173, 174, 181, 189

Bliźnięta 2, 24, 26, 28, 37, 174, 185

Blue Moon 82, 90, 91

Błyski gamma 125, 126, 130, 144, 145

Borman Frank 99

Byk 24, 28, 30, 37, 107, 108, 110, 112, 174,
185

C

Cassini 146, 148

Cefeida 69, 71, 73, 80, 81, 113–115, 119

Centaur 108, 116

Cernan Eugene A. 99

Chandra 55, 108, 117, 119, 121, 127, 129,
130, 145

Chandrayaan-1 145

Chang-Diez Franklin 124

Charon 103, 146, 158

Collins Michael 99, 154

Concordia 104

Conrad Charles 99

Cook James 102

Cunningham R.W. 99

Cygnus X-1 126

Cyklon 33, 123

Czarna dziura 66, 125–127, 129, 137, 138,
145

Czas gwiazdowy 14, 16, 25, 27, 181, 188
prawdziwy 188, 189
słoneczny 31, 37, 188, 189
średni 188, 189

D

Deimos 105, 156, 160
Deklinacja 9, 17, 18, 19, 21–23, 25–27, 34,
37, 40, 47, 48, 61, 62, 85, 168, 174, 175,
181, 183, 185–187
Desiderata 104
Diagram H – R 68, 69, 71–73, 111
Długość ekliptyczna 26, 28, 96, 176, 181
geograficzna 9, 15, 28, 29, 105, 136,
166, 176, 179
Doba gwiazdowa 22, 23, 31, 39, 61, 182
słoneczna 39, 189
Duke Charles M. 99

E

Einstein (SSZ) 126, 128
Eisele Donn F. 99
Ekliptyka 21, 24, 26, 28, 34, 37–39, 41, 42,
60, 83, 85, 96, 100, 144, 165, 168, 169,
173, 174, 176, 180, 181, 189
Ekstynkcja 29, 47, 49, 50, 74, 80, 82, 113, 131
Epicentrum 135, 136
ESA (European Space Agency) 63, 66, 147,
148
Eta Carinae 128
Europa (księżyc Jowisza) 104, 156
Evans Aneurin 120
Evans Ronald E. 99

F

Fazy Księżyca 48, 49, 83, 88, 89, 92

G

Galaktyka 11, 20, 50, 55, 64, 65, 71, 72, 80,
81, 104, 107, 108, 110, 112–114, 117, 119–
122, 125, 127–131, 137–140, 145, 149
Galileo 124, 141–144, 158
Galileuszowe księżyce Jowisza 103, 104,
141, 142, 143, 144, 159
Ganimedes 103–105, 142, 157, 160

Gaspra 124, 143, 158
Gassendi 100
Gemini 37, 97
Geminidy 36
Geodezja satelitarna 76, 132, 133, 149
Gingerich Owen 107, 110, 113,
Glenn John 124
Globalne zaciemnienie 50, 167
Goebel Ronald W. 119
GOES (Geostationary Operational Envi-
ronmental Satellite) 127, 129, 134
Gordon Kurtiss J. 116
Gordon Richard F. 99
GRO (Gamma Ray Observatory) 144
Gromada galaktyk 81, 113, 114, 121, 127,
129
gwiazd 10, 69, 80, 110, 111, 113,
130, 137, 145
kulista 69, 73, 80, 113, 117, 128
otwarta 69, 73, 110–112
ruchoma 19, 110, 111
Gwiazda neutronowa 107, 116, 117, 125,
130
Gwiazd klasyfikacja widmowa 68, 69, 72,
75, 127
Gwiazdy zmienne 20, 71, 80, 103, 113–115,
119
typu RR Lyrae 81, 113, 119

H

HEAO (High Energy Astronomy Obser-
vatory) 125, 126, 128
Heise Fred W. 99, 124
Heliakalny wschód 24, 38, 39
Heweliusz Jan 89, 100, 153
Hiady 110–112
Hipparcos (SSZ) 132
Horrocs 100
Huragan 133, 134

I

Io 103–105, 142, 159
Irwin James B. 99
IUE (International Ultrafiolet Explorer)
(SSZ) 130, 131

J

Jasność absolutna 9, 57, 61, 71, 73, 74, 79–81, 107, 108, 111, 113, 114, 119, 190
 obserwowana 73, 79, 111, 119
 powierzchniowa obrazu 56, 97, 168
 widoma 10, 20, 29, 80, 81, 114, 116
Jednostka astronomiczna 11, 34, 78, 171
Jowisz 29, 56, 57, 59, 79, 95, 102–105, 131, 141–147, 152, 156, 157, 159, 160, 162

K

Kallisto 103, 104, 143, 157, 161
Kamera Schmidta 54, 65, 68
Kasjoepa 21, 22, 108, 117, 129
Kąt godzinny 14, 16, 23, 27, 29, 62, 176, 181, 188, 189
Kepler Johannes 87, 93, 95, 100, 108, 116, 141, 173, 189
Kłos 25
Koło godzinne 19, 21, 26, 173–176, wielkie 173, 174
Komety Holmesa 68, 69
 Machholza 77
 S-L 9 35, 142–145, 152, 159
Kometry kamikaze 146, 147
Kordylewski Kazimierz 95
Koronium 72
Krab 107–109, 118, 125, 127, 128
Kraterki na Księżycu 86, 154
 na powierzchni satelitów Jowisza 142
Kratery w Układzie Słonecznym 159–161
Krzywe kalibracyjne 79, 80
Księżyc 11, 12, 20, 24, 25, 27–30, 34, 36, 39, 41, 42, 44, 48–50, 53, 55, 57, 58, 76, 78, 82–99, 103–106, 116, 124, 132, 133, 139, 140, 145, 151–155, 157–160, 163, 167, 173, 181, 190, 191
Kwanty gamma 125
Kwazar 55, 125, 127, 130, 131, 137, 145

L

LASCO (Large Angle and Spectrometric Coronagraph) 147
Leonidy 36, 78

Libracja fizyczna 87, 88
 optyczna 87, 88
Liczba Wolfa 9, 163, 164, 168, 169
Linie absorpcyjne 49, 69
 emisyjne 50, 68, 69, 71, 72
 wzbronione 72, 137
Lovell J.A. 99, 124
Lunar Orbiter 88, 97

M

Magellan (sonda) 142
Magnitudo 9, 10, 20, 35, 47, 73, 81, 116, 128, 132, 135, 136, 190
Mała Niedźwiedzica 22, 33
Mały Obłok Magellana 114, 119
Mapa nieba 18, 19, 20, 26, 28–30, 33, 38, 40, 85, 112, 127, 181
Mars 11, 29, 34, 39, 40, 44, 57, 59, 102, 105, 124, 140, 141, 146, 149, 155, 156, 159, 160, 163
Maskony 88
Mattingly Thomas K. 99
Mc Divitt J.A. 99
Merkury 27, 30, 38, 59, 88, 100–102, 105, 140, 146–148, 155, 156, 160
Messenger 160
Messier Charles 107, 153
Meteor 7, 19, 33–36, 44, 45, 60, 78, 110, 139
Meteoroid 35, 44, 60, 160
Meteorologia satelitarna 133, 134
Meteoryt 35, 36, 44, 45, 60, 143, 149, 154, 160, 161
Metoda Piewcowa 14
Mgławica 49, 55, 60, 71, 72, 107–109, 112, 118, 120, 125, 127, 128, 130, 137, 143
Miesiąc anomalistyczny 87, 92
 gwiazdowy 30, 85, 93–95
 smoczy 83, 87, 94, 95
 synodyczny 83, 88, 89, 95
Mimośród 34, 39, 57, 60, 68, 78, 82, 83, 95, 124, 140, 145, 189
Mitchell Edgar D. 99
Montaż horyzontalny 61–63, 179
 paralaktyczny 61, 62, 181
Morze Spokoju 154

Mount Wilson 114

N

Nadir 174, 175, 178

NASA (National Aeronautics and Space Administration) 36, 58, 66, 117, 147

Nazewnictwo w Układzie Słonecznym 151

Near Earth Objects (NEO) 57, 58

Nebulium 72, 112

Neutrino 108, 126, 127

New Horizons 103, 146

Nova Tychonis 108

NPS 31, 56

Nutacja 41, 42

O

Obserwatorium Parkes w Australii 116

Odchylenie wschodnie 33

Odległość biegunowa 181

 kątowna 11, 27, 31, 55, 90, 147, 179, 181

 liniowa 11, 83

 zenitalna 9, 16, 46, 179

OGLE (The Optical Gravitational Leasing Experiment) 60, 103, 148

Okna atmosferyczne 50, 124, 140

Orbita 7, 9, 28, 30, 34, 35, 37, 39, 43, 57, 60, 63, 78, 79, 82, 83, 85, 87, 94–98, 100–102, 123, 130–133, 136, 139, 140–142, 144–149, 151, 152, 154, 159, 160, 167, 171, 173, 189

Orion 28, 32, 112, 120, 127, 128

Oś świata 61, 174, 175, 180

 ziemska 174, 175

P

Paczyński Bogdan 60, 138

Pallas 104

Paralaksa geocentryczna 77, 78, 88

 spektralna 79

 spektroskopowa 71

 trygonometryczna (heliocentryczna) 78, 79, 104

Parsek 10, 11, 79, 111, 113, 117, 119, 171

Pasachoff Jay M. 119

Pas Kuipera 57, 64, 146

Pasma molekularne 69

Pasy Van Allena 123, 145

Perygeum 82–84, 87, 89, 92, 93, 95, 96, 131, 173, 151

Peryhelium 7, 34, 39, 43, 57, 82, 103, 140, 143, 145–148, 151, 152

Pioneer 142, 160

Plamy na Słońcu 9, 39, 70, 71, 162–166, 168–170

Planeta 11, 12, 25–27, 29, 35, 38, 43, 56–60, 63, 72, 76, 78, 83, 86, 87, 93, 100–105, 118, 124, 132–134, 138–144, 146–149, 151–156, 159, 160, 163, 181

Planetoidy 25, 35, 36, 44, 56–61, 64, 66, 86, 95, 104, 124, 132, 134, 138, 142, 143, 145, 146, 149, 151, 152, 158, 175, 181, 190

Pluton 59, 103, 146, 151, 158

Poczerwienienie 50, 130

Południk 14, 15, 18, 19, 21, 23, 28, 33, 39, 76, 77, 90, 136, 162, 169, 173–176, 179, 180, 182, 189

Pory roku 22, 30, 36, 37, 39, 40, 97, 185

Potentially Hazardous Asteroids (PHA) 57, 58, 124

Powiększenie kątowne 9, 54

Prawo Hubble'a 81, 120

Precesja 12, 22, 33, 38, 41, 42, 181

Promieniowanie korpuskularne 125, 133, 138, 162, 168

Proxima Centauri 79

Pulsar 107–109, 116–118, 127–129

Punkt równonocy jesiennej (Wagi) 21, 28, 39, 174

 wiosennej (Barana) 21, 24, 30, 38, 39, 174, 176

Punkty libracyjne 94, 95

R

Radioastronomia satelitarna 7, 138, 140

Radioastronomiczne Obserwatorium w Greek Bank w Zachodniej Wirginii 117

Radioźródło 108, 128

Reflaktor 52, 55, 62, 64, 102, 119

Reflektor 52

Refrakcja 9, 35, 46, 47, 131

Rektascensja 9, 16, 19, 21–23, 25, 26, 28, 38,
176, 181, 188, 189
Regulus 21, 104
Roemer Olaf 105, 153
Rok anomalistyczny 173
 gwiazdowy 34, 173, 189
 zaćmieniowy 83, 173
 zwrotnikowy 94, 172, 173
Roosa Stuart A. 99
Rosetta 124, 141, 145, 146, 148
Równik galaktyczny 49, 125, 130
 niebieski 9, 21, 24, 39, 133, 173, 174,
 181, 189
 świata 37, 41, 42, 85, 174–176, 180,
 181, 188, 189
 słoneczny 163, 168, 169
 ziemski 19, 33–35, 37, 46, 61, 84, 85,
 123, 133, 139, 173–176, 178–180,
 183–187

S

Saros 83–85, 106, 170, 190
Satelita geodezyjny 76, 133, 141
Saturn 29, 59, 78, 102, 103, 105, 140, 142,
146, 147, 157
Schirra Walter 99
Schmitt Harrison H. 99
Schweickart Rusty L. 99
Scott David R. 99
Scyntyłacja 49, 131
Sfera niebieska 7, 11, 12, 13, 19, 20–23,
25, 28, 32, 33, 37, 40, 42, 56, 61, 62, 93,
172–176, 181
Shepard Allan B. 99
Siła Coriolisa 32
Sky and Teleskope 17, 72, 108
Skylab 95
Słońce 5, 6, 9, 11, 14, 16, 17, 21, 23–31,
34–41, 43, 46–48, 57–60, 68–73, 76–79,
82–87, 89–91, 94–97, 100–108, 119, 120,
124–130, 132, 133, 137–140, 142–149,
151, 152, 156, 157, 160, 162–174, 176,
181–183, 185–189, 193, 195, 196
SMART 98
SOHO (Solar and Heliospheric Obser-

vatory) 27, 28, 147, 148, 162, 165
Sputnik 1 123, 166
Stafford Thomas P. 99
Stanowisko letnie Słońca 28, 188
Super-Kamiokande 127
Supernowa 64, 71, 80, 81, 104, 107–109,
115, 117, 118, 125, 127–130, 145
Surveyor 97
Swigert John L. 99, 124
Szerokość ekliptyczna 9, 85, 89, 96, 181
 geograficzna 9, 14, 15, 18, 19, 22,
 23, 25, 32–35, 37, 46–48, 77, 85,
 89, 96, 157, 163, 165, 166, 168,
 174, 175, 179, 182–187, 189

Ś

Światłosiła 55, 56
Światło zodiakalne 165
Świt 47, 48, 155, 184

T

Teleskop Hubble'a 36, 55, 63, 103, 107, 108,
113, 121, 132, 143, 145, 146, 152, 158,
Kecka 63, 103
Maksutowa 54
VLT 63, 130
soczewkowo-zwierciadłowy 52, 54
zwierciadłowy 52, 53, 62, 63
Thisbe 104
Triangulacja 76–78, 133
Trójkąt paralaktyczny (nautyczny) 14, 16, 179
 sferyczny 11–13, 15, 77
Trygonometria sferyczna 11–13, 77
Tryton 103, 157
Trzęsienie ziemi 124, 135, 136
Tsunami 124, 135, 136
Twierdzenie cosinusów 13, 14, 16, 77
 sinusów 13
Tytan 103, 105, 142, 146, 157, 161

U

Udalski Andrzej 60, 103
Układ ekliptyczny 9, 175, 176
 godzinny (pierwszy równikowy)

11, 175, 180
horyzontalny 9, 11, 14, 175, 176
równonocny (drugi równikowy)
9, 11, 175, 176, 180
współrzędnych geograficznych 11,
18, 175, 178, 179
Ulysses 144
Uran 59, 78, 105, 142, 151, 157, 161
„Urania – Postępy Astronomii” 38, 105,
112, 116, 139

V

Vehrenberg Hans 110
Vela-1 107, 125, 128, 129
Virgo 37
Vitagliano Aldo 102

W

Wahadło Foucaulta 33, 34
Wenus 26, 27, 29, 59, 66, 93, 100–102, 104,
105, 116, 128, 140, 141, 143, 146, 147,
155, 159, 160
Wężownik 79, 104, 108
Wiek Księżyca 85, 89, 95, 154
Wielka Mgławica w Andromedzie 20, 128
Wielka Niedźwiedzica (Wielki Wóz) 19,
22, 33, 42, 111, 120
Wielki Obłok Magellana 11, 108,
Wielkość gwiazdowa 10, 20, 47, 56–59, 77,
79, 97, 107, 111, 113, 114, 117, 124, 130, 146
Wilk 108, 116

Wolszczan Aleksander 118
Worden Alfred M. 99
Wzór Pogsona 71

X

XMM-Newton 108, 129

Y

Young John W. 99

Z

Zaćmienie Księżyca 49, 76, 83, 84, 89, 93,
94, 106, 132, 173, 190, 191
Słońca 37, 38, 76, 83–86, 89, 94, 96,
97, 102, 103, 106, 170, 177
Zdolność rozdzielcza 55, 132, 145, 152
Zegar słoneczny 168, 188, 189
Zenit 14, 19–22, 139, 174, 175, 178, 179,
182
Zmierzch cywilny 47, 48, 187
żeglarski 48, 184
Znak zodiaku 24, 27, 30, 38, 41, 173, 185, 186
Zodiak 24, 37, 38, 40, 41, 85, 89, 173, 185,
186
Zorza polarna 35, 36, 45, 131, 146, 162,
163–166

Ż

Źródło rentgenowskie 107, 116, 127, 128,
130, 145, 149

Ż

Żagiel 107, 129

Cena 26 zł
(+ VAT)

Maria Pańków

Ćwiczenia z podstaw astrofizyki

ISSN 1644-0552