

ABITUR

DUDEN

BASISWISSEN
SCHULE



EXTRA:

1 Monat kosten-
freier KI-Lerntutor
über WhatsApp

PHYSIK
ABI

Duden

BASISWISSEN SCHULE

PHYSIK

ABI

6., überarbeitete und aktualisierte Auflage

Dudenverlag
Berlin

Herausgeber

Prof. Dr. habil. Lothar Meyer, Prof. Dr. Gerd-Dietrich Schmidt

Autoren

Prof. Detlef Hoche, Dr. Josef Küblbeck, Prof. Dr. habil. Lothar Meyer,
Dr. Rainer Reichwald, Prof. Dr. Gerd-Dietrich Schmidt,
Prof. Dr. habil. Oliver Schwarz, Dr. Christian Spitz

Redaktionelle Leitung David Harvie, Ina Koslowski
Redaktion Dr. Angelika Fallert-Müller, Michael Venhoff

Layout Britta Scharffenberg
Umschlaggestaltung Robert Grill, München
Satz LemmeDESIGN, Berlin

www.duden.de

www.cornelsen.de

6. Auflage, 1. Druck 2025

© 2025 Cornelsen Verlag GmbH, Mecklenburgische Str. 53, 14197 Berlin,
E-Mail: kundenservice@duden.de

Das Werk und seine Teile sind urheberrechtlich geschützt. Jede Nutzung in anderen als den gesetzlich zugelassenen Fällen bedarf der vorherigen schriftlichen Einwilligung des Verlages. Hinweis zu §§ 60 a, 60 b UrhG: Weder das Werk noch seine Teile dürfen ohne eine solche Einwilligung an Schulen oder in Unterrichts- und Lehrmedien (§ 60 b Abs. 3 UrhG) vervielfältigt, insbesondere kopiert oder eingescannt, verbreitet oder in ein Netzwerk eingestellt oder sonst öffentlich zugänglich gemacht oder wiedergegeben werden. Dies gilt auch für Intranets von Schulen und anderen Bildungseinrichtungen.

Der Anbieter behält sich eine Nutzung der Inhalte für Text- und Data-Mining im Sinne von § 44 b UrhG ausdrücklich vor.

Das Wort **Duden** ist für die Cornelsen Verlag GmbH als Marke geschützt.

Druck und Bindung H. Heenemann, Berlin

ISBN 978-3-411-71005-8



PEFC zertifiziert

Dieses Produkt stammt aus nachhaltig
bewirtschafteten Wäldern und kontrollierten
Quellen.

www.pefc.de

Inhaltsverzeichnis

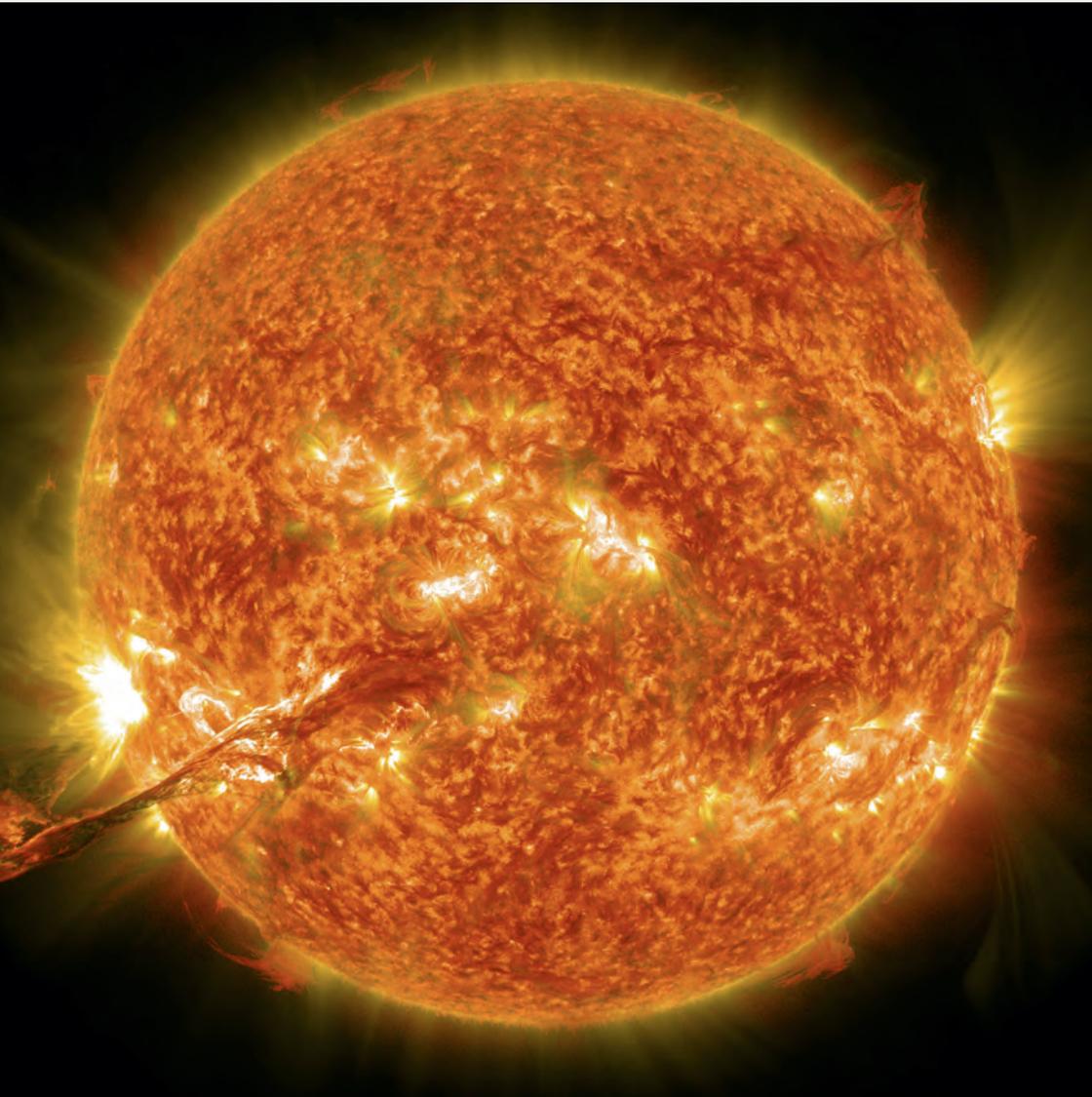
1	Die Physik – eine Naturwissenschaft	7	
1.1	Die Entwicklung der Physik als Wissenschaft	8	
1.2	Denk- und Arbeitsweisen in der Physik	15	
1.2.1	Begriffe und Größen in der Physik	15	
1.2.2	Gesetze, Modelle und Theorien in der Physik	19	
1.2.3	Das Erkennen physikalischer Gesetze	23	
1.2.4	Experimente in der Physik	28	
1.2.5	Tätigkeiten in der Physik	32	
1.2.6	Lösen physikalisch-mathematischer Aufgaben	39	
1.2.7	Fehler bei physikalischen Messungen	44	
2	Mechanik	49	
2.1	Eigenschaften von Körpern und Stoffen	50	
2.1.1	Volumen, Masse und Dichte	50	
2.1.2	Teilchenanzahl, Stoffmenge und Aufbau der Stoffe	51	■ Überblick 56
2.2	Kinematik	57	
2.2.1	Beschreibung von Bewegungen	57	
2.2.2	Gleichförmige geradlinige Bewegungen	62	
2.2.3	Gleichförmige Kreisbewegungen	63	
2.2.4	Gleichmäßig beschleunigte geradlinige Bewegungen	65	
2.2.5	Der freie Fall	67	
2.2.6	Überlagerung von Bewegungen	68	■ Überblick 72
2.3	Dynamik	73	
2.3.1	Kräfte und ihre Wirkungen	73	
2.3.2	Die newtonschen Gesetze	78	
2.3.3	Arten von Kräften	82	■ Überblick 86
2.4	Energie, mechanische Arbeit und Leistung	87	
2.4.1	Energie und Energieerhaltung	87	
2.4.2	Die mechanische Arbeit	91	
2.4.3	Die mechanische Leistung	94	
2.4.4	Der Wirkungsgrad	95	■ Überblick 96
2.5	Mechanik starrer Körper	97	
2.5.1	Statik starrer Körper	97	
2.5.2	Kinematik rotierender starrer Körper	99	
2.5.3	Dynamik rotierender starrer Körper	102	■ Überblick 106
2.6	Impuls und Drehimpuls von Körpern	107	
2.6.1	Kraftstoß, Impuls und Impulserhaltungssatz	107	
2.6.2	Unelastische und elastische Stöße	114	
2.6.3	Der Drehimpuls und seine Erhaltung	118	■ Überblick 120
2.7	Gravitation	121	
2.7.1	Das Gravitationsgesetz	121	
2.7.2	Gravitationsfelder	125	■ Überblick 132
2.8	Mechanische Schwingungen und Wellen	133	
2.8.1	Entstehung und Beschreibung mechanischer Schwingungen	133	
2.8.2	Überlagerung von Schwingungen	142	
2.8.3	Entstehung und Beschreibung mechanischer Wellen	143	
2.8.4	Ausbreitung und Eigenschaften mechanischer Wellen	147	
2.8.5	Akustik	152	
2.8.6	Chaotische Vorgänge	154	■ Überblick 158

	3	Thermodynamik	159
	3.1	Betrachtungsweisen und Modelle in der Thermodynamik	160
	3.1.1	Die phänomenologische Betrachtungsweise	160
	3.1.2	Die kinetisch-statistische Betrachtungsweise	161
	3.2	Thermisches Verhalten von Körpern und Stoffen	163
	3.2.1	Temperatur, innere Energie und Wärme.	163
	3.2.2	Wärmeübertragung	166
	3.2.3	Volumen- und Längenänderung von Körpern	170
	3.2.4	Aggregatzustände und ihre Änderungen.	172
	3.2.5	Die Gasgesetze	175
	3.3	Kinetische Theorie der Wärme	180
	3.3.1	Der atomare Aufbau der Stoffe.	180
	3.3.2	Kinetische Gastheorie	183
	3.4	Hauptsätze der Thermodynamik	193
	3.4.1	Der 1. Hauptsatz der Thermodynamik.	193
	3.4.2	Kreisprozesse	204
	3.4.3	Der 2. und 3. Hauptsatz der Thermodynamik.	211
	3.5	Temperaturstrahlung und Strahlungsgesetze	218
	4	Elektrizitätslehre und Magnetismus	223
	4.1	Elektrische Felder	224
	4.1.1	Elektrische Ladungen	224
	4.1.2	Elektrische Felder	230
■	Überblick	245	
	4.1.3	Geladene Teilchen in elektrischen Feldern	242
	4.2	Magnetische Felder	246
	4.2.1	Magnetische Felder von Dauer- und Elektromagneten	246
	4.2.2	Beschreibung magnetischer Felder durch Feldgrößen	249
■	Überblick	259	
	4.2.3	Geladene Teilchen und Stoffe in magnetischen Feldern	252
	4.3	Elektromagnetische Induktion	260
	4.3.1	Grundlagen der elektromagnetischen Induktion	260
	4.3.2	Das Induktionsgesetz	264
	4.3.3	Lenzsches Gesetz und Selbstinduktion	266
	4.3.4	Generatoren	270
■	Überblick	275	
	4.3.5	Transformatoren	272
	4.4	Gleichstromkreis und Wechselstromkreis	276
	4.4.1	Der Gleichstromkreis	276
	4.4.2	Der Wechselstromkreis	281
	4.4.3	Ohmsche, induktive und kapazitive Widerstände	284
■	Überblick	292	
	4.4.4	Zusammenwirken von Widerständen im Wechselstromkreis	288
	4.5	Elektrische Leitungsvorgänge	293
	4.5.1	Elektrische Leitungsvorgänge in Metallen	293
	4.5.2	Elektrische Leitungsvorgänge in Flüssigkeiten	298
	4.5.3	Elektrische Leitungsvorgänge in Gasen	299
	4.5.4	Elektrische Leitungsvorgänge im Vakuum	301
	4.5.5	Elektrische Leitungsvorgänge in Halbleitern	302
■	Überblick	313	
	4.5.6	Analoge und digitale Signalverarbeitung	310
	4.6	Elektromagnetische Schwingungen und Wellen	314
	4.6.1	Elektromagnetische Felder	314
	4.6.2	Elektromagnetische Schwingungen	318
	4.6.3	Hertzsche Wellen	322
■	Überblick	332	
	4.6.4	Das Spektrum elektromagnetischer Wellen	330

5	Optik	333	
5.1	Modelle für das Licht	334	
5.1.1	Das Modell Lichtstrahl	334	
5.1.2	Das Modell Lichtwelle	335	
5.2	Ausbreitung von Licht und Wechselwirkung mit Stoffen	336	
5.2.1	Die Lichtgeschwindigkeit	336	
5.2.2	Reflexion und Brechung von Licht	337	
5.2.3	Streuung und Absorption von Licht	346	■ Überblick 347
5.3	Bilder und optische Geräte	348	
5.3.1	Bildentstehung an Spiegeln und Linsen	348	
5.3.2	Optische Geräte	356	■ Überblick 359
5.4	Beugung und Interferenz von Licht	360	
5.5	Polarisation von Licht	371	
5.6	Licht und Farben	375	
5.6.1	Spektren und Spektralanalyse	375	
5.6.2	Mischung von Farben	377	■ Überblick 380
6	Quantenphysik	381	
6.1	Quanteneffekte bei elektromagnetischer Strahlung	382	
6.1.1	Der äußere lichtelektrische Effekt	382	
6.1.2	Energie, Masse und Impuls von Photonen	386	
6.1.3	Röntgenstrahlung	388	
6.2	Interferenz von Quantenobjekten	396	
6.3	Komplementarität und Unbestimmtheit	402	
6.3.1	Komplementarität bei Doppelspalt-Experimenten	402	■ Überblick 411,
6.3.2	Unbestimmtheit von Ort und Impuls	407	412
7	Atom- und Kernphysik	413	
7.1	Physik der Atomhülle	414	
7.1.1	Grundexperimente der Atomphysik	414	
7.1.2	Atommodelle	417	
7.1.3	Die Energieniveaus der Atomhülle im physikalischen Experiment	427	
7.1.4	Spontane und induzierte Emission	429	■ Überblick 431
7.2	Physik des Atomkerns	432	
7.2.1	Atomkerne, Radioaktivität und Kernstrahlung	432	
7.2.2	Kernmodelle	445	
7.2.3	Kernenergie	448	
7.2.4	Elementarteilchen	451	■ Überblick 456
8	Spezielle Relativitätstheorie	457	
8.1	Von der klassischen Physik zur Relativitätstheorie	458	
8.1.1	Die klassischen Vorstellungen von Raum und Zeit	458	
8.1.2	Inertialsysteme und das galileische Relativitätsprinzip	459	
8.1.3	Das Michelson-Morley-Experiment	462	
8.2	Grundaussagen der speziellen Relativitätstheorie	464	
8.3	Relativistische Kinematik	466	
8.4	Relativistische Dynamik	473	
8.5	Hinweise zur allgemeinen Relativitätstheorie	478	■ Überblick 480
A	Anhang	481	

Die Physik –
eine Naturwissenschaft

1



1.1 Die Entwicklung der Physik als Wissenschaft



Die Geschichte der Wissenschaft Physik reicht zurück bis in die griechische Antike. Bereits vor der Antike haben die Menschen allerdings Erfahrungen und Erkenntnisse gesammelt und systematisiert, deren wissenschaftliche Aufarbeitung und Weiterentwicklung heute in die Wissenschaft Physik einzuordnen ist. So kannten die Menschen in Ägypten zum Beispiel bereits im dritten Jahrtausend vor unserer Zeitrechnung Geräte zum Messen von Entfernungen und Zeiten, wie Sonnen-, Wasser- und Sanduhren, Volumen-, Gewichts- und Längemaße, sowie kraftumformende Einrichtungen, wie Rollen, Walzen, Hebel und Räder. Die Men-

schen begannen, die Gestirne und ihren Lauf zu beobachten sowie den Jahres- und Tagesablauf nach periodischen Bewegungen der Sonne und des Mondes einzuteilen. Etwa 2000 Jahre vor unserer Zeitrechnung entstand in Babylon bereits ein Verzeichnis von Sternbildern und Fixsternen. Die zahlreichen Einzelkenntnisse gewannen die Menschen mehr durch unmittelbare und zufällige Erfahrungen mit der Natur als durch systematisches und zielstrebiges Erforschen von Naturerscheinungen. Mit diesem Einzelwissen gaben sich die Gelehrten der Antike nicht mehr zufrieden. Sie suchten nach den tiefsten Geheimnissen der Natur, nach den „Urstoffen“ und „Urkräften“, aus denen die ganze Welt aufgebaut ist und die überall wirken. Sie wollten eine einheitliche und systematische Wissenschaft betreiben und ganze Weltbilder erschaffen.

Eine Blüte erlebten die Naturwissenschaften im antiken Griechenland vom 6. Jahrhundert vor unserer Zeitrechnung an. Als einer der Ersten versuchte **THALES VON MILET** (um 624 bis um 546 v. Chr.) alle Erscheinungen auf ein gemeinsames Prinzip zurückzuführen. Wasser sollte der Urstoff für alle Körper sein. Außerdem führte er alle Erscheinungen auf zwei Urkräfte zurück: das Zusammenziehen und das Ausdehnen.

PYTHAGORAS (um 560 bis um 480 v. Chr.) war Mathematiker und Philosoph und gründete eine ganze Schule mit Gelehrten, die Pythagoräer. Sie sahen in den mathematischen Beziehungen die Verbindungen zwischen den Gegenständen der Wirklichkeit. Die Pythagoräer gelangten zu beachtlichen mathematischen Erkenntnissen. **PYTHAGORAS** experimentierte außerdem mit einer gespannten Saite – einem **Monochord** – und fand mathematische Zusammenhänge zwischen der Länge der schwingenden Saite und der Tonhöhe.

Dabei ist beachtenswert, dass die Pythagoräer auf ähnliche Weise zu Erkenntnissen gelangten, wie dies erst wieder zu Zeiten von **GALILEI** im

► Die griechischen Gelehrten der Antike gingen davon aus, dass viele Erscheinungen in der Natur nicht von Göttern, sondern von der Natur selbst verursacht sind und dass sich der Mensch diese Naturerscheinungen nutzbar machen kann.

► In Griechenland hatten sich mächtige Stadtstaaten herausgebildet, die ihren Reichtum vor allem der Arbeit von Sklaven verdankten. Die freien Bürger hatten Zeit und Muße, sich mit Wissenschaft, Medizin, Geschichte und Kunst zu beschäftigen.

17. Jahrhundert üblich wurde, nämlich durch Beobachtung von Einzelerscheinungen, vor allem im Experiment, und deren Verallgemeinerung.

Einer der größten Gelehrten der Antike war **ARISTOTELES** (384–322 v. Chr., Bild rechts). Er beschäftigte sich mit fast allen Gebieten der Wissenschaft seiner Zeit und brachte sie in ein umfassendes System. Seine Werke wurden ins Lateinische übersetzt und von der Kirche und vielen Wissenschaftlern bis ins Mittelalter als unumstößlich betrachtet. Er prägte die Begriffe „**Physik**“ und „**Botanik**“. Besonderen Einfluss auf die Naturwissenschaften seiner Zeit und der Jahrhunderte danach hatten seine Ansichten zu Raum, Zeit, den Bewegungen und dem Leeren (Vakuum). ARISTOTELES beschäftigte sich auch mit dem Aufbau der Erde und des Weltalls. In seiner Physik nahm er eine Trennung zwischen Himmel und Erde vor. Himmelskörper und himmlische Bewegungen (Kreisbewegungen) waren gleichbleibend. Die Bewegungen auf der Erde teilte er in natürliche und erzwungene Bewegungen ein.

Ein großer Gelehrter seiner Zeit war **ARCHIMEDES** (um 287–212 v. Chr.). Er verband die Physik mit der Mathematik und der Technik. Physikalische Gesetze wurden bereits mathematisch formuliert und zum Bau von technischen Geräten und Maschinen genutzt. Er formulierte Gesetze für den Hebel, den Auftrieb, die Dichte und Teilbereiche der Optik, baute ein Planetarium und erfand etwa 40 Maschinen, darunter Kräne, die endlose Schraube und den Flaschenzug. Besonders bemerkenswert ist die Tatsache, dass physikalische Erkenntnisse bewusst zur Lösung von praktischen Problemen genutzt wurden. Mit ARCHIMEDES und seinen Zeitgenossen erlebten die Mathematik und Physik der Antike ihren Höhepunkt. Zu dieser Zeit begannen sich erstmals Teilgebiete der Physik herauszubilden.

Eine Zusammenfassung der bisherigen Erkenntnisse der astronomischen Forschung nahm **CLAUDIUS PTOLEMÄUS** (um 100 bis um 170 n. Chr.) vor. Er sah die Erde im Mittelpunkt der Welt, um die sich alle Himmelskörper bewegten. So formte er das **geozentrische Weltbild**. Sein Buch wurde 827 ins Arabische und später ins Lateinische übersetzt. Das geozentrische Weltbild war – auch durch die Unterstützung der Kirche – bis ins Mittelalter bestimmend. Im ersten Jahrhundert unserer Zeitrechnung übernahm das römische Kaiserreich die führende Stellung in der Welt. In der römischen Antike wurden zwar die wissenschaftlichen Leistungen der griechischen Gelehrten bewahrt und angewendet, jedoch kaum weiterentwickelt. Eine Weiterentwicklung der Physik gab es danach vor allem in der arabischen Welt durch die Völker des Islam.

Die Physik als Naturwissenschaft bildete sich in der griechischen Antike heraus, war aber in dieser Zeit insgesamt eher eine Naturphilosophie. Die Physik beschrieb die Natur in erster Linie, wie sie sich unmittelbar und augenscheinlich darbot. Vereinzelt wurden jedoch auch bereits Experimente durchgeführt. Insbesondere durch ARCHIMEDES kam es zu einer ersten Verbindung von Mathematik und Physik sowie zu einer bewussten technischen Nutzung von physikalischen Erkenntnissen.



► Das Wort **Physik** kommt vom griechischen Wort *physis* und bedeutet Natur. Der Begriff Physik umfasste damit ursprünglich das gesamte Naturgeschehen und war die umfassende Wissenschaft von der Natur. Die Wissenschaftler nannten sich Physiker oder Physiologen.



► **CLAUDIUS PTOLEMÄUS** stellte sein Weltbild in dem Werk „*Syntaxis mathematicae*“ (Mathematische Zusammenstellung), arabisch auch *Al-magest* genannt, vor.

- Elektrotauchlackierung 299
 Elementarladung 18, 225, 299
 Elementarmagnet 246
 Elementarteilchen 451
 Elementarwellen 148
 Elemente
 – galvanische 224
 Elongation 135, 145
 Emission 300, 431
 – induzierte 429
 – spontane 429
 Emission eines Photons 418
 Emissionsgrad 219
 Empfangsdipole 328, 329
 Endoskop 342
 Energie 18, 127, 128, 166, 189,
 238, 244, 384, 436, 477
 – chemische 89
 – innere 161, 165, 179, 186, 193
 – kinetische 89, 161
 – magnetische 89
 – mittlere kinetische 192
 – potenzielle 89, 126, 128,
 129, 237
 – relativistische kinetische 476
 – thermische 89, 165
 Energiebilanz 114
 Energiedosis 456
 Energieerhaltungssatz 87, 96,
 194, 266, 275, 475
 – der Mechanik 88
 Energieniveau
 – diskretes 420
 Energieniveauschema 424, 431
 Energieverteilung 186
 Entladestrom 239
 Entropie 161, 212–214
 Entspiegelung 368
 Erdanziehungskraft 121
 Erdbebenwellen 144
 Erdmagnetfeld 248
 Ereigniskegel 471
 Erhaltungsgrößen 18
 Erhaltungssatz 41, 111, 229, 477
 Ersatzschaltung 280
 Erstarrungstemperatur 172
 Erstarrungswärme 173
 Expansion
 – adiabatische 202
 Experiment 28, 29
- F**
- Fachbegriffe 16
 Fadenpendel 139
 FAHRENHEIT, DANIEL 164
 Fahrenheitskala 17
- Fahrraddynamo 271
 Fallbeschleunigung 67, 125, 139
 Fallgesetz 67
 Faraday-Effekt 371
 FARADAY, MICHAEL 125, 230,
 239, 265, 298, 314
 faradaysche Gesetze 298
 faradayscher Käfig 232
 faradaysches Induktions-
 gesetz 265
 Farben 364
 Farbenkreis 378
 Farbenlehre 375
 Farbmischung
 – additive 378
 – subtraktive 378
 Farbstofffaser 430
 Fata Morgana 345
 Federkraftmesser 75
 Federschwinger 138
 Fehler
 – absolute 46
 – prozentuale 46
 – relative 46
 Fehlerbalken 48
 Fehlerbetrachtung 45
 – nach der Messung 48
 – vor der Messung 48
 Fehlerfortpflanzung 47
 Fehlerkästchen 48
 Fehlerrechnung 48
 FEIGENBAUM, MITCHELL 157
 Feld 16, 265
 – elektrisches 125, 230
 – elektromagnetisches 316
 – homogenes 230
 – homogenes magneti-
 sches 259
 – inhomogenes 230
 – magnetisches 125, 231, 247
 – radialsymmetrisches 231
 – statisches 230
 Feldeffekttransistor 309
 Feldenergie 240
 Feldkraft 233
 Feldlinienbild 125, 230, 247
 Feldstärke 233
 – elektrische 232, 238, 316, 318
 – magnetische 250
 Feldtheorie 125
 – elektromagnetische 314
 Fenster
 – optisches 331
 FERMAT 28
 fermatsches Prinzip 335, 338
 Fermienergie 296
- FERMI, ENRICO 296
 Fernfeld 323
 Fernrohr 353, 359
 – keplersches 358
 Fernsehbildröhre 244, 256
 Fernwirkungsprinzip 12
 Fernwirkungstheorie 230
 ferromagnetische Stoffe 246
 Festkörperlaser 430
 Festkörperphysik 302
 Feuerzeug
 – pneumatisches 202
 Filmdosimeter 437
 Filter 289
 Fixpunkte 163
 Fläche
 – wirksame 262
 Flächenladungsdichte 234
 Flaschen
 – magnetische 256
 Flaschenzüge 74
 Fluss
 – magnetischer 263, 273
 Flusssdichte
 – elektrische 234
 – magnetische 249, 250, 254,
 316, 318
 Flüssigkeitsthermometer 171
 Flüssigkristallanzeige 374
 Fotoapparat 353
 Fotoeffekt
 – äußerer 382, 411
 Fotoemission 301
 Fotowiderstand 304
 FOUCAULT, LEON 85, 336
 Franck-Hertz-Versuch 427
 FRANCK, JAMES 427, 428
 FRANKLIN, BENJAMIN 224
 fraunhofersche Linien 363, 376
 Freiheitsgrade 190
 Frequenz 17, 63, 135, 142, 145,
 281, 323, 326
 Frequenzmodulation 328
 FRESNEL, AUGUSTIN JEAN 12, 148
 Fresnellinsen 351
 FRIEDRICH, WALTHER 392
 Fullerene 397
 Füllstandsmessung 444
 Funkenentladung 300
 Fusionsreaktoren 450
- G**
- GALILEI, GALILEO 10, 67, 28, 31
 galileisches Relativitäts-
 prinzip 459

- Galilei-Transformation 57, 460, 465
- galvanische Elemente 224
- Gammastrahlung 330
- Gangunterschied 150, 361
- Gas 415
- ideales 165, 179, 189, 197, 200, 201
- Gasentladung
- selbstständige 300
- Gasgleichung
- allgemeine 175
- Gaskonstante 178
- allgemeine 177
 - spezifische 178, 200
- Gaslaser 430
- Gastheorie
- kinetische 162
- Gasturbinen 204
- Gasturbinenprozess 206
- GAU 450
- GAUSS, CARL FRIEDRICH 264
- GAY-LUSSAC, JOSEPH LOUIS 12, 170, 175
- Gedankenexperiment 31, 403, 466
- Gegenfeldmethode 384
- Gegenstandspunkt 351
- GEIGER, HANS 438
- Geiger-Müller-Zählrohr 438
- GELL-MANN, M. 453
- geneigte Ebene 74
- Generator 263, 267, 270
- Generatorprinzip 260
- genetische Schäden 440
- geometrische Optik 334
- Gesamtenergie 186, 480
- Gesamtkraft 86
- Gesamtwirkungsgrad 95
- Geschütze
- rückstoßfreie 112
- Geschwindigkeit
- Änderung 461
 - Definition 59, 60
 - elastischer Stoß 117
 - klassische Addition 68
 - mittlere 184, 192
 - Oszillator 137
 - relative 461
 - relativistische 473, 477
 - relativistische Addition 471
 - Teilchen 161, 186, 188
 - unelastischer Stoß 115
 - wahrscheinlichste 184
- Geschwindigkeitsfilter 257
- Geschwindigkeitsverteilung 162
- maxwellsche 184
- Geschwindigkeit-Zeit-Gesetz 62, 65, 137
- Gesetz
- 1. faradaysches 298
 - 2. faradaysches 299
 - brewstersches 372
 - coulombsches 227
 - hookeches 138
 - keplersches 132
 - lenzsches 264, 266
- Gesetz der Erhaltung der Masse 51
- Gesetz der konstanten Proportionen 180
- Gesetze 19
- dynamische 21
 - faradaysche 298
 - keplersche 121
 - kirchhoffsche 279, 280
 - physikalische 193
 - statistische 21
- Gesetze der Elektrolyse 298
- Gesetz von der Erhaltung der Energie 87, 96
- Gesetz von der Erhaltung der Masse 180
- gesteuerte Kettenreaktion 449
- Gewichtskraft 73, 76, 82
- Gitter 363, 376
- Gitterkonstante 364
- Gitterspektren 364
- Glasfaserkabel 342
- Gleichgewicht
- indifferentes 97
 - labiles 97, 98
 - stabiles 97, 98
- Gleichrichter 306
- Gleichrichterschaltung 281
- Gleichstrom 281, 292
- Gleichstromgenerator 270
- Gleichstromkreis 276, 284
- Gleichung
- einsteinsche 384
- Gleichverteilung 183
- Gleichzeitigkeit 464, 466, 480
- Definition 466
 - Relativität 467
- Glimmlampe 270, 300
- Glimmlicht 300
- Glockenzählrohr 438
- glüh elektrischer Effekt 301
- Glühemission 301
- Glühlampe 429
- Gravitation 121, 123
- Gravitationsfeld 126, 132
- Gravitationsfeldstärke 132
- Gravitationsgesetz 123, 132
- Gravitationskonstante 123
- Gravitationskräfte 132
- Gravitationslinsen 479
- Graviton 454
- Grenzfrequenz 385, 389
- Grenzschicht 305
- Grenzwinkel 341
- Größen
- feldbeschreibende 258
 - gerichtete 18, 74
 - physikalische 17
 - skalare (ungerichtete) 18
 - vektorielle 18, 59, 74, 107, 109, 118
- Größtfehler 46
- Grundfarben 375, 378
- Grundgesetz
- newtonsches 86
- Grundgesetz der Dynamik der Rotation 104, 106
- Grundgesetz des Wärmeaustauschs 167
- Grundgesetz der Dynamik 78
- Grundgleichung der kinetischen Gastheorie 187, 188, 192
- Grundgleichung der Wärmelehre 166, 179
- Grundschiwingung 324

H

- Hadron 451
- Hafele-Keating-Experiment 469
- HAHN, OTTO 448
- Halbleiter 302, 304
- Halbleiter-Elektronik 307
- Halbwertsdicke 437
- Halbwertszeit 441
- HALL, EDWIN HERBERT 255
- Hall-Effekt 255
- Hall-Sonde 254, 315
- Hall-Spannung 255, 256
- HALLWACHS, WILHELM 301, 382
- Halogenlampe 274, 429
- Hangabtriebskraft 76
- harmonische Schwingung 135
- Härte der Feder 75
- Hauptquantenzahl 418
- Hauptsätze der Thermodynamik 217
- Hebel 74
- HEISENBERG, WERNER 407
- Heißleiter 304
- Heißluftmotor 206, 210
- Heliumsynthese 450

- HELMHOLTZ, HERMANN VON 251
 HENRY, JOSEPH 269
 HERTZ, GUSTAV 427, 428
 HERTZ, HEINRICH 63, 135, 322
 hertzische Wellen 316, 322, 325, 326, 330
 HF-Schwingungen 328
 Hochfrequenz-Schwingungen 328
 Hochpass 289
 Hochtemperatur-Supraleiter 296
 Hohlspiegel 349, 350
 Holografie 367
 Hologramme 367
 HOOKE, ROBERT 75, 357, 358
 hookesches Gesetz 75, 138
 Hörbereich 152
 Hörfläche 152
 HUYGENS, CHRISTIAAN 147, 372
 Huygens-fresnelsches Prinzip 148
 Huygenssches Prinzip 147, 335
 Hyperon 451
 Hypothese 23, 28
- I**
- ideales Gas 165, 179, 189, 197, 200, 201
 – Modell 162
 – Zustandsgleichung 189, 199
 Idealisierungen 21
 ideale Modelle 22
 Impuls 18, 107–110, 118, 120, 188, 477
 Impulsänderung 108
 Impulserhaltung 113
 Impulserhaltungssatz 110, 111, 120, 473, 477
 Impulslaser 430
 Impulsmasse 476
 indifferentes Gleichgewicht 97
 Induktion
 – elektromagnetische 261
 – magnetische 249
 Induktionsgesetz 262, 263, 275
 – Faradaysches 265
 Induktionshärten 267
 Induktionsherd 267
 Induktionskanone 268
 Induktionsspannung 261, 262
 Induktionsstrom 261
 Induktionszähler 267
 induktiver Widerstand 285, 288, 292
 Induktivität 17, 322
 induzierte Emission 429
- Inertialsysteme 57, 78, 459, 460, 467
 Influenz 228
 Informationsübertragung 342
 infrarotes Licht 330
 Infrarotfotografie 218
 Infraraschall 152
 Innenpolmaschine 270, 271
 innere Energie 161, 165, 179, 186, 193
 innerer lichtelektrischer Effekt 382
 Interferenz 147, 149, 326, 332, 345, 360–366, 380, 388
 Interferenz am Doppelspalt 412
 Interferenzfarben 368
 Interferenzmuster 150, 408, 409
 Interferometer 370, 403
 Internationales Einheitensystem 17, 50, 52, 337
 Ionen 265, 298
 Ionenmasse 257
 Ionenquelle 257
 Ionisation 299, 300
 Ionisationskammer 438
 Ionisierung 431
 Ionisierungsenergie 420
 irreversible Vorgänge 211, 213
 isobare Zustandsänderung 201
 isochore Zustandsänderung 200
 isotherme Zustandsänderung 198, 200
 Isotope 433
 Isotopentrennung 434
- J**
- JOHN, JOSEPH 257
 JÖNSSON, CLAUS 396
 JOSEPHSON, BRIAN DAVID 297
 JOULE, JAMES PRESCOTT 87, 195, 196
- K**
- Käfig
 – Faradayscher 232
 Kalkspat 372
 Kalorimeter 169
 kalorimetrische Messung 168
 Kaltleiter 304
 KAMERLINGH-ONNES, HEIKE 296
 Kaon 451
 Kapazität 239, 329
 kapazitiver Widerstand 286, 288, 292
 Kapillarität 54
 Kationen 298
- Katode 265
 Kausalität 154
 Kausalitätsprinzip 12, 154
 KELVIN, LORD 163, 164
 Kelvinskala 17, 163
 Kennlinienfeld 308
 KEPLER, JOHANNES 121, 358
 keplersche Gesetze 14, 121, 132
 keplersches Fernrohr 358
 Kernbausteine 456
 Kernenergie 89
 Kernfusion 256, 435, 446, 450, 456
 Kernkraft 445
 Kernkraftwerke 449
 Kernladungszahl 432
 Kernmasse 445
 Kernmaterie
 – Dichte 445
 Kernradius 416, 445
 Kernreaktion 435
 Kernspaltung 435, 446, 448, 456
 Kernstrahlung 435, 436
 Kernumwandlungen 435
 – künstliche 442
 Kerr-Effekt 373
 KERR, JOHN 373
 Kettenreaktion
 – gesteuerte 449
k-Faktor 465
 Kinematik 72
 kinetische Energie 89, 161
 kinetische Gastheorie 162
 – Grundgleichung 187, 188, 189, 192
 kinetisch-statische Beschreibung von Gasen 192
 kinetisch-statistische Betrachtungsweise 160, 161, 162, 183
 KIRCHHOFF, GUSTAV ROBERT 219, 279, 377
 kirchhoffsche Gesetze 279, 280
 kirchhoffsche Regeln 280
 kirchhoffsches Strahlungsgesetz 219
 klassischer Determinismus 141
 Klemmenspannung 279
 KNIPPING, PAUL 392
 Knotenpunktsatz 280
 kohärentes Licht 361
 Kohärenz 150
 Kohäsion 54
 Kohäsionskräfte 54
 Komplementärfarben 375, 377
 Komplementarität 404, 405

- Komplementaritätsprinzip 404, 405
- Kondensationstemperatur 173
- Kondensationswärme 174
- Kondensator 239
- Konkavlinse 351
- Konkavspiegel 349
- Konstantspannungsquelle 306
- Konvektion 166
- Konvexlinse 351
- Konvexspiegel 349
- KOPERNIKUS, NIKOLAUS 121
- Körper
 - elastischer 56
 - geladener 227
 - ideal elastischer 55
 - ideal unelastischer 55
 - schwarzer 219
 - starrer 55, 56, 97
 - unelastischer 56
- Körperfarbe 377
- Korpuskulartheorie 334
- kosmische Strahlung 330
- Kraft 102, 110, 461, 477
 - resultierende 86
- Kraftarm 102
- Kräftegleichgewicht 81
- Kräfteparallelogramm 76
- Kraftmessung
 - dynamische 75
 - elektrische 75
 - statische 75
- Kraftmoment 102
- Kraftstoß 108, 109
- kraftumformende Einrichtungen 74
- Kreisbahngeschwindigkeit
 - minimale 130
- Kreisbewegung 63, 85
 - gleichförmige 136
- Kreisel 105, 119
- Kreisfrequenz 136, 137, 145, 282
- Kreisprozess 217
 - Carnotscher 204
 - Stirlingscher 206
- kristalline Stoffe 172
- kritische Masse 449
- Kühlmaschinen 204
- Kühlschränke 208
- künstliche Kernumwandlungen 442
- künstliche Radioaktivität 442
- L**
 - labiles Gleichgewicht 97, 98
 - Ladestrom 239
 - Ladung
 - im Vakuum 337
 - Konstanz 464
 - Messung 336, 337
 - Michelson-Morley-Experiment 463, 464
 - und relativistische Masse 473
 - Lichtmikroskop 358
 - Lichtquanten 411
 - Lichtquellen 371
 - Lichtstrahl
 - Modell 334
 - Lichtuhr 31
 - Linien
 - Fraunhofersche 363, 376
 - Linke-Hand-Regel 249, 253, 255
 - Linsen 351
 - magnetische 256
 - Linsensysteme 353
 - Loch
 - schwarzes 479
 - Lochkamera 348
 - Longitudinalwellen 144
 - Lord KELVIN 320
 - Lord RAYLEIGH 346
 - Lorentz-Faktor 465
 - LORENTZ, HENDRIK ANTOON 252, 465
 - Lorentzkraft 259
 - Lorentz-Transformation 465, 467, 468, 470, 471
 - Luftspiegelungen 339, 345
 - Luftwiderstandskraft 83
 - Lupe 356, 359
- M**
 - Magnetfeld 258, 297
 - homogenes 251
 - zeitlich konstantes 263
 - zeitlich veränderliches 263
 - magnetische Energie 89
 - magnetische Feldstärke 250
 - magnetische Flaschen 256
 - magnetische Flusssdichte 249, 250, 254, 316, 259
 - magnetische Induktion 249
 - magnetische Linsen 256
 - magnetischer Fluss 263, 273
 - magnetisches Feld 125, 231, 247
 - Magnetpendel 141
 - Magnetpole 246
 - Magnetron 324
 - MARIOTTE, EDMÉ 175
 - Markierungsverfahren 444
 - Maschensatz 280
 - Masse
 - Bezugssystem 461
- Ladung
 - bewegte 226
 - elektrische 225
 - spezifische 242, 254, 257
- Ladungsausgleich 227
- Ladungsmessung 229
- Ladungsteilung 227
- Ladungsträgerdichte 294, 302
- Ladungstrennung 224, 227
- Ladungsverschiebung 227
- Längenkontraktion 470, 480
- Längenmessung 470, 480
- Längsfeld
 - homogenes 242
- Lärm 152
- Laser 361, 429
 - kontinuierliche 430
- Laserlicht 371, 387
- Lasermedium 430
- Laserstrahlung 430
- Laue-Diagramm 393
- Laue-Verfahren 393
- Lautstärke 153
- LCD 374
- Leerlaufspannung 279
- Leistung 226
 - elektrische 277
 - mechanische 94, 96
- Leistungsfaktor 291
- Leistungsmesser 277
- Leistungsumsatz 284
- Leitfähigkeit
 - spezifische elektrische 295
- Leitungsband 296
- Leitungsverluste 274
- Leitungsvorgang 313
 - elektrischer 293
- LENARD, PHILIPP 415
- LENZ, HEINRICH FRIEDRICH EMIL 266
- lenzsches Gesetz 264, 266
- Lepton 451, 456
- Leuchtdiode 361
- Leuchtröhre 300
- Leuchtstofflampe 270, 300, 429
- Licht
 - infrarotes 330
 - kohärentes 361
 - monochromatisches 361
 - sichtbares 330
 - ultraviolettes 330
- Lichtbündel 334
- lichtelektrischer Effekt 301
- Lichtenergie 89
- Lichtgeschwindigkeit
 - Brechzahl 338, 370

- Definition 50, 56
- dynamische 473
- Elektronen 254
- Impuls 108
- kritische 449
- relativistische 473
- Satz von der Erhaltung 475, 477
- Massendefekt 446, 456
- Massenmittelpunkt 97
- Massenpunkt 55
- Massenspektrograf 181, 257, 432, 434
- Massenspektroskopie 257
- Massenzahl 432
- Massepunkt 55, 56, 63, 109, 139
- Masse von Atomen 181
- Masse von Körpern 480
- Materiewellen 398
- MAXWELL, JAMES CLERK 183, 184, 314, 316, 322, 464
- maxwellsche Geschwindigkeitsverteilung 184
- MAYBACH, WILHELM 209
- MAYER, JULIUS ROBERT 87
- Mechanik
 - newtonsche 459, 480
- mechanische Arbeit 16, 96, 193, 195–198, 236
- mechanische Leistung 94
- mechanische Schwingung 133
- mechanisches Wärme-
 - äquivalent 195, 196
- MEISSNER, ALEXANDER 321
- Meissner-Ochsenfeld-Effekt 297
- meißnersche Rückkopplungsschaltung 321
- MEITNER, LISE 448
- menschliches Auge 359
- Merkur 478
- Meson 451
- Messbereich 38
- Messbereichserweiterung 278
- Messfehler 38
- Messgenauigkeit 38, 355
- Messgerätefehler 45
- Messschaltung 278
- Messung
 - kalorimetrische 168
- Messwert 44
- Messzylinder 50, 56
- Metallbindung 293
- Meteore 128
- Meteoroiden 128
- Meter
 - Definition 337
- Methode
 - besselsche 355
 - experimentelle 28
 - galileische 28
 - heuristische 26
- MICHELSON, ALBERT ABRAHAM 336, 370, 462, 463
- Michelson-Interferometer 462
- Michelson-Morley-Experiment 465
- MIE, ADOLF 346
- Mikrofonverstärker 309
- Mikroskop 353, 356, 359
- Mikrowellen 325, 330
- Mikrowellengerät 324
- Mikrowellensender 325
- Millikan-Versuch 242
- minimale Kreisbahngeschwindigkeit 130
- Minkowski-Diagramme 460
- MINKOWSKI, HERMANN 460, 471
- Mischfarbe 377
- Mischungsregel
 - richmannsche 168
- Mischungstemperatur 167
- Mittelpunktstrahlen 352
- mittlere Beschleunigung 61
- mittlere Dichte 51
- mittlere freie Weglänge 415
- mittlere Geschwindigkeit 184, 192
- mittlere kinetische Energie 192
- Modelle 21, 55, 97
 - ideale 22
 - materielle 22
 - physikalische 417
- Modellexperimente 22
- Modell Feldlinienbild 259
- Modell ideales Gas 162
- Modell Lichtstrahl 334, 347
- Modell Lichtwelle 347
- Modell Massepunkt 58, 107
- Modell starrer Körper 106
- Moderatoren 449
- Modulation 328
- Molekularbewegung 182, 186
- Moleküle 161
- Momentangeschwindigkeit 60
- Mondrechnung 122
- monochromatisches Licht 361
- Morgenrot 346
- Motoren 204
- MÜLLER, WALTHER 438
- Musik 152
- Myon 451, 469

N

- Nachrichtentechnik 342
- Nachweismethoden 437
- Nahfeld 323
- Nahwirkungstheorie 230
- Natriumdampfampe 300
- Naturkonstanten 18
- natürlicher Treibhauseffekt 220
- natürliche Strahlenbelastung 440
- natürliche Zerfallsreihen 442
- Nebelkammer 438
- Nebenregenbogen 344, 345
- NERNST, WALTHER 216
- Netzgerät 274
- Netzwerke 280
- Neutrino 447
- Neutronen 442, 451, 456
 - thermische 449
- NEWTON, ISAAC 11, 12, 22, 74, 78, 79, 123, 130, 334, 369, 375, 458, 459
- newtonsche Mechanik 459, 480
- newtonsche Ringe 369
- newtonsches Grundgesetz 79, 86
- Newton's Mondrechnung 122
- NF-Schwingungen 328
- nichtlineare Physik 13
- Niederfrequenz-Schwingungen 328
- n-Leitung 304
- Nordpol 247
- Normalkraft 76, 83
- Normalvergrößerung 357
- Normfarbtafel 379
- nnp-Transistor 307
- Nukleonen 432
- Nukleonenzahl 432
- Nuklide 433, 441, 448
 - radioaktive 435
- Nuklidkarte 433, 482, 483
- Nulleffekt 438
- Nullpunkt 163
 - absoluter 163

O

- Oberflächenvergütung 368
- Oberflächenwellen 144
- Objekte
 - makroskopische 408
- Objektiv 358
- OERSTED, HANS CHRISTIAN 246
- OHM, GEORG SIMON 284
- ohmscher Widerstand 288, 292
- Okular 358
- Ölfleckmethode 181
- Ölfleckversuch 415

Operationsverstärker 310
 Optik
 – geometrische 334
 optischer Dopplereffekt 151, 472
 optisches Fenster 331
 optisches Gerät 357
 optisches Gitter 380
 Orbitale 422
 Ordnungszahl 432
 Ort eines Körpers 57
 Ortsfaktor 67, 82, 125
 Ortsmessung 403
 Ortsvektor 59
 Ortsveränderung 59
 Oszillograf 244
 Oszillografenbildröhre 244
 Ottomotor 209

P

Paarbildung 303, 452
 Paarerzeugung 452
 Paarerstrahlung 452
 Packungsmodell 302
 Parabolspiegel 349
 Parallelstrahlen 352
 Pauli-Prinzip 425, 426, 447
 PAULI, WOLFGANG 426
 Pendel
 – mathematisches 139
 – physisches 139
 Periheldrehung 478
 Periodendauer 16, 135
 Periodensystem der Elemente
 426, 432, 433, 434, 446
 Permanentmagnet 246
 Permeabilitätszahl 251
 Permittivitätszahl 240
 Perpetuum mobile 88, 194
 – 1. Art 194
 – 2. Art 216
 phänomenologische Betrachtungs-
 weise 160, 161, 183
 Phase 136, 173
 Phasengeschwindigkeit 145
 Phasensprung 369
 Phasenumwandlung 173
 Phasenverschiebung 282, 286,
 289, 291
 Phasenwinkel 136
 Photon 411, 451
 – Absorption 418
 – Emission 418
 Photonentheorie 334
 Pion 451
 PIXII, HIPPOLYTE 271
 Planartechnik 53, 309

Planck-Konstante 384
 PLANCK, MAX 13, 221, 382
 plancksches Strahlungsge-
 setz 221
 plancksches Wirkungs-
 quantum 383, 384, 409
 Planetenmodell 417
 Plasma 50, 172, 256
 Plattenkondensator 245
 p-Leitung 304
 pnp-Transistor 307
 pn-Übergang 305
 Polarisation 150, 332
 – dielektrische 228
 Polarisationsfilter 371
 Polarlichter 256
 Positron 442, 447, 451
 Postulate
 – bohrsche 417
 Potenzial 128, 129, 237
 Potenzialtopf 422
 – linearer 431
 Potenzialtopfmodell 446, 447
 Potenzialwall 446
 potenzielle Energie 89, 126, 128,
 129, 237
 Potenziometerschaltung 278
 Prinzip
 – dynamoelektrisches 271
 – elektromotorisches 260
 – fermatsches 335, 338
 – huygens-fresnelsches 148
 – huygenssches 147, 335
 Prinzip von der Konstanz der
 Lichtgeschwindigkeit 480
 Prismen 343
 PROCHOROW, ALEXANDER M. 430
 Proton 451, 456
 Proton-Proton-Reaktion 450
 Prozessgrößen 109, 160, 161, 165
 PTOLEMÄUS, CLAUDIUS 9

Q

Quantenobjekte 396–398, 402,
 419
 – einzelne 412
 Quantenphysik 382, 403, 418
 quantenphysikalisches Atommol-
 dell 422
 Quantentheorie 13, 221, 382,
 395, 400
 Quarks 453
 Quasare 472
 Quecksilberdampfampe 300
 Querfeld
 – homogenes 243

R

Radar 327
 Radialbeschleunigung 61, 64,
 417
 Radialfeld 231, 234, 236
 Radialkraft 84, 122
 radioaktive Nuklide 435
 radioaktive Strahlung 435, 437
 Radioaktivität 456
 – künstliche 442
 Radiofenster 331
 Radiokarbonmethode 443
 Radiokohlenstoffmethode 443
 Radionuklide 435
 Raketengrundgleichung 112
 Randkrümmung 54
 Randstrahlen 334
 Raum 471
 – absoluter 458
 räumliche Verteilung 161
 RC-Hochpass 289
 RC-Tiefpass 289
 RÉAUMUR, RÉNE-ANTOINE 164
 Réaumurskala 17
 Rechte-Hand-Regel 249, 253
 reelle Bilder 348
 Reflexion
 – elektromagnetische
 Wellen 332
 – herztsche Wellen 326
 – Licht 337, 338, 351, 372
 – mechanische Wellen 147, 148
 Reflexionsgesetz 326, 339
 Reflexionsgitter 364
 Regel
 – lenzsche 266
 – kirchhoffsche 280
 Regenbogen 344
 Reibungselektrizität 224
 Reibungskräfte 73, 83
 Reihenschaltung 288, 291
 relative Atommasse 181
 relative Fehler 46
 relativistische kinetische
 Energie 476
 relativistische Masse 473
 relativistischer Dopplereffekt
 472
 relativistische Rot-
 verschiebung 479
 Relativität der Bewegung 57
 Relativität der Zeitmessung 467
 Relativitätsprinzip 480
 – allgemeines 478
 – galileisches 459
 Relativitätstheorie 13, 31

- allgemeine 458, 478
 - spezielle 458, 478
 - Resonanz 140, 321, 324
 - Resonanzkurve 140
 - Restmagnetismus 258
 - Resultierende 76
 - reversible Vorgänge 211
 - RICHMANN, GEORG WILHELM 168
 - richmannsche Mischungsregel 168
 - Rollen 74
 - Röntgendiagnostik 391
 - Röntgensatelliten 389
 - Röntgenstrahlung 324, 330, 388–395, 437
 - Röntgenstrukturanalyse 391, 393
 - Röntgentherapie 391
 - RÖNTGEN, WILHELM CONRAD 388
 - Rotation 101
 - Rotationsenergie 88, 89, 104, 106
 - Rotverschiebung 472
 - relativistische 479
 - ROWLAND, HENRY AUGUSTUS 363
 - Rückkopplung 321
 - positive 155
 - Rückkopplungsschaltung
 - meißnersche 321
 - Rückstoß 111
 - rückstoßfreie Geschütze 112
 - Rückstoßprinzip 112
 - Rückwirkung 273
 - Ruheenergie 475, 476
 - RUTHERFORD, ERNEST 416, 432, 442
 - rutherfordisches Atommodell 417
 - Rydberg-Frequenz 416, 420
- S**
- Sammellinse 351–353, 358
 - Satz von der Erhaltung der Masse 475, 477
 - Schäden
 - genetische 440
 - somatische 440
 - Schalenmodell 425, 426
 - Schallwellen 144, 148, 149, 150, 151
 - Schalter 309
 - elektronischer 308
 - Scheinkräfte 85
 - Scheinleistung 291
 - Scheinwiderstand 288, 289
 - SCHERRER, PAUL 393
 - Schmelzenergie 173
 - Schmelzenthalpie 173
 - Schmelzflusselektrolyse 299
 - Schmelztemperatur 172
 - Schmelzwärme 173
 - Schnellkochtopf 174
 - SCHRÖDINGER, ERWIN 410, 422
 - Schrödingergleichung 423
 - Schrödingers Katze 410
 - Schubkraft 73
 - Schüttelapparat 187
 - Schwankung
 - statistische 183
 - schwarze Löcher 479
 - schwarzer Körper 219
 - schwarzer Strahler 219
 - Schwebung 142
 - Schwellenspannung 306
 - Schwere 78
 - Schwerpunkt 97, 113
 - Schwerpunktsatz 113
 - Schwingkreis 332
 - Schwingung 15, 133, 143
 - elektromagnetische 318
 - erzwungene 140, 321
 - freie 321
 - gedämpfte 136, 139, 321
 - harmonische 135
 - lineare 134
 - mechanische 133
 - ungedämpfte 321
 - Schwingungsbäuche 151
 - Schwingungsdämpfer 140
 - Schwingungsdauer 16, 135, 145, 146, 332
 - Schwingungsgleichung 158
 - thomsonsche 319, 320
 - Schwingungsknoten 151
 - Schwungräder 105
 - Segerkegel 164
 - Sehwinkel
 - kleinster 367
 - Sekundärelektronenverstärker 439
 - Selbstinduktion 268, 285
 - selbstständige Gasentladung 300
 - senkrechter Wurf 70
 - nach oben 70
 - nach unten 70
 - Sensoren 311
 - Serienformeln 416
 - SHOCKLEY, WILLIAM 307
 - sichtbares Licht 330
 - Siedetemperatur 173
 - SIEMENS, WERNER VON 271
 - Signal
 - analoges 310
 - digitales 310
 - sinusförmige Wechselspannung 281
 - skalare (ungerichtete) Größen 18
 - somatische Schäden 440
 - Sonne 429
 - Sonnenwind 386
 - Spannung 226
 - elektrische 276
 - mittlere 284
 - Spannungsdoppelbrechung 373
 - Spannungsoptik 373
 - Spektralanalyse 380
 - Spektralapparate 377
 - Spektralfarben 375
 - Spektren 376
 - Spektrum
 - charakteristisches 390, 391
 - elektromagnetisches 327
 - Röntgenstrahlung 390
 - Sperrichtung 306
 - Sperrschicht 305
 - spezielle Relativitätstheorie 458, 478
 - spezifische elektrische Leitfähigkeit 295
 - spezifische Gaskonstante 178, 200
 - spezifische Ladung 242, 254, 257
 - spezifischer elektrischer Widerstand 295
 - spezifische Wärmekapazität 166
 - Spiegel 359
 - ebene 349
 - gewölbte 349
 - Spinthariskop 438
 - Spitzenentladung 300
 - Sprungtemperatur 296
 - Standardabweichung 46
 - Standardmodell 453
 - Standfestigkeit 98
 - starrer Körper 55, 56, 97
 - STEFAN, JOSEF 222
 - stehende Wellen 151
 - Steigzeit 71
 - Stern-Gerlach-Versuch 425
 - Stimmumfang 152
 - Stirling-Motor 206, 210
 - STIRLING, ROBERT 206
 - stirlingscher Kreisprozess 206
 - Stoffe
 - amorphe 172
 - ferromagnetische 246
 - kristalline 172
 - magnetisch harte 258
 - magnetisch weiche 258
 - Stoffmenge 52, 178

- Störstellenleitung 303, 304
 Stoß 114 ff.
 Stoßionisation 300
 Strahlenbelastung 440, 441
 – durchschnittliche 440
 – natürliche 440
 Strahlenoptik 334
 Strahlenschäden 440
 Strahlenschutz 391
 Strahler
 – schwarzer 219
 Strahltriebwerke 204
 Strahlung
 – elektromagnetische 395
 – kosmische 330
 – radioaktive 435
 Strahlungsdruck 387
 Strahlungsenergie 89
 Strahlungsgesetz 164, 219, 222
 – kirchhoffsches 219, 222
 – plancksches 222
 – von Stefan und Boltzmann 219
 Strahlungsgleichgewicht 222
 Strahlungsgürtel 256
 Strahlungspyrometer 218
 STRASSMANN, FRITZ 448
 Streuung 150, 347
 Streuversuche 415, 452
 Stromstärke 226, 254, 284
 – Definition 226
 – elektrische 276
 – mittlere 283
 Stromverbundnetz 274
 STRUTT, JOHN WILLIAM 346
 subtraktive Farbmischung 378
 Südpol 247
 Superposition 68, 149
 Superpositionsprinzip 18, 68, 235
 Supraleitung 296
 Swing-by-Manöver 131
 Symbolschreibweise 433
 Synchrotronstrahlung 324
 Synchrozyklotron 256
 Synonyme 16
 System 87, 160, 161, 216
 – abgeschlossenes 110
 – chaotisches 155
 – thermodynamisches 160
 Systemgrenze 87
 Szintigrafie 444
 Szintillationszähler 439
- T**
 Tachometer 60
 Teilchen 15, 480
 Teilchenanzahl 51, 161, 192
 Teilchenanzahldichte 183
 Teilchenbeschleuniger 256, 297,
 324, 442, 474
 Teilchenbewegung 189
 Teilchengröße 162, 192
 Teilchenmodell 21, 53, 161, 398
 Teilchenzoo 451
 Teilkräfte 76
 Temperatur 17, 161, 163, 167,
 179, 189, 207
 – absolute 163
 Temperaturausgleich 215
 Temperaturmessung 164, 167
 Temperaturskala
 – absolute 163
 Temperaturstrahlung 222
 TESLA, NICOLA 249
 Thermistor 304
 Thermodiffusion 53, 303
 Thermodynamik 160, 193
 thermodynamisches System 160
 thermodynamische Wahr-
 scheinlichkeit 213
 thermodynamische Zustands-
 größe 163
 Thermoelement 164
 Thermofarben 164
 Thermografie 218
 Thermometer 164
 – elektronisches 164
 thomsonsche Schwingungsglei-
 chung 319, 332
 THOMSON, WILLIAM 163, 257,
 320
 Tiefpass 289
 TOLMAN, RICHARD CHALE 294
 Tolman-Versuch 294
 Tongenerator 321
 Tonhöhe 152
 Totalreflexion 341, 347
 TOWNES, CHARLES T. 430
 Trägheit 78, 473
 Trägheitsgesetz 78, 86
 Trägheitskraft 84, 85
 Trägheitsmoment 102, 103
 Transformator 263, 267, 272, 273
 – belasteter 272
 – unbelasteter 272
 Transistor 308, 309, 313, 321
 – bipolarer 307
 – unipolarer 309
 Transistoreffekt 302, 307, 308
 Translation 101
 Transuran 442
 Transversalwelle 144, 151, 371
- Treibhauseffekt
 – anthropogener 220
 – natürlicher 220
 Tröpfchenmodell 445
- U**
 Überlaufmethode 50
 Übersichtigkeit 356
 Uhrenparadoxon 468
 Ultraschall 152, 153
 Ultraschalldiagnostik 153
 Umkehrprismen 343
 Unabhängigkeitsprinzip 68
 Unbestimmtheit 407, 410
 – objektive 402
 Unbestimmtheitsrelation 402,
 407
 Unschärferelation 407
 UVW-Regel 253
- V**
 Vakuumlichtgeschwindigkeit 14,
 464
 Valenzband 296
 vektorielle Größe 18, 59, 74, 107,
 109, 118
 Verbrennungswärme 166
 Verdampfungswärme 174
 Verdunsten 174
 Verdunstungskälte 174
 Verformung
 – elastische 74
 – plastische 74
 Vergrößerung 357
 Verschiebung
 – dielektrische 234
 Verschiebungsdichte
 – elektrische 234
 Verschiebungsgesetz
 – wiensches 221
 Verstärker 309
 Versuch von Stern 184
 Verteilung
 – räumliche 161
 Verwandlungswert 212
 Viertakt-Verbrennungsmo-
 tor 206
 Voltmeter 278
 Volumen 17, 50, 56, 161
 – konstantes 199
 Volumenarbeit 93, 197
 Vorgänge
 – irreversible 211, 213
 – reversible 211
 – umkehrbare 211

W

Waage 50, 56
 waagerechter Wurf 243
 wahrer Wert 44
 Wahrscheinlichkeit 213, 400, 401
 – thermodynamische 213
 wahrscheinlichste Geschwindigkeit 184
 WANKEL, FELIX 209
 Wankelmotor 209
 Wärme 16, 161, 165, 166, 179, 193, 195, 197, 199
 Wärmeäquivalent
 – mechanisches 195, 196
 Wärmeaustausch 167, 168
 – Grundgesetz 167
 Wärmefluss 218
 Wärmekapazität 168, 169
 – spezifische 166
 Wärmekraftmaschinen 217
 Wärmelehre 160
 – Grundgleichung 166, 179
 Wärmeleitung 166
 Wärmemenge 16
 Wärmepumpe 207, 208
 Wärmequelle 166
 Wärmestrahlung 166, 218
 Wärmeströmung 166
 Wärmethorem 216
 Wärmemethode 213
 Wasser
 – Anomalie 170
 Wasserkraft 73
 Wasserwellen 144
 WATT, JAMES 94, 204, 210, 277
 WEBER, WILHELM EDUARD 264
 Wechselspannung 270
 – sinusförmige 281
 Wechselstrom 276, 284, 292
 – technischer 330
 – tonfrequenter 330
 Wechselstromgenerator 270, 271
 Wechselstromkreis 284, 288
 Wechselstromwiderstand 285, 288
 Wechselwirkung 81
 Wechselwirkungen
 – fundamentale 454
 Wechselwirkungsgesetz 86
 Wechselwirkungsgröße 18, 74
 Wechselwirkungskräfte 80
 Weg 59, 461
 Weglänge
 – mittlere freie 415

Weg-Zeit-Gesetz 62, 65
 WEHNELT, ARTHUR 301
 weißsche Bereiche 258
 Weitsichtigkeit 356
 Wellen 16, 145, 158
 – elektromagnetische 146, 316, 325, 332
 – fortschreitende 151
 – hertzische 316, 322, 325, 326, 330
 – stehende 151
 Welleneigenschaften 150
 Wellenfronten 147, 148
 Wellengleichung 158
 – Herleitung 146
 Wellenlänge 145, 146, 323, 326, 346, 369
 – de-Broglie- 411
 wellenlängenunabhängige Eigenschaften 324
 Wellenmodell 335, 338
 Wellennormale 147, 335
 Wellenoptik 335
 Wellentheorie 148, 334
 Weltbilder 57, 121
 Werkstoffprüfung 153, 391
 Widerstand
 – elektrischer 276
 – induktiver 285, 288, 292
 – kapazitiver 286, 288, 292
 – ohmscher 288, 292
 – spezifischer elektrischer 295
 Widerstandsthermometer 164
 wiensches Verschiebungsgesetz 221, 222
 WIEN, WILHELM 221
 WILSON, C. P. R. 438
 Windkraft 73
 Winkelbeschleunigung 100, 104, 106
 Winkelgeschwindigkeit 63, 64, 100, 106, 118, 137
 Wirbelstrombremse 267
 Wirbelströme 267
 Wirkleistung 284, 291
 wirksame Fläche 262
 Wirkung 384
 Wirkungsgrad 95, 96
 – maximaler 207
 – thermischer 207, 217
 Wirkungsquantum
 – plancksches 383, 384, 409
 Wirkwiderstand 284, 288

Wölbspiegel 349, 350
 Würfe 70f.
 Würfe im Sport 71
 Wurffhöhe 71
 Wurfparabeln 71
 Wurfweite 71

Z

Zeigerdarstellung 141, 143, 282
 Zeigerdiagramm 141
 Zeigermodell 335, 362, 364, 366, 400
 Zeit 59, 461, 471
 – absolute 458
 Zeitdilatation 468, 480
 zeitlich konstantes Magnetfeld 263
 zeitlich veränderliches Magnetfeld 263
 Zeitmessung 480
 – Relativität 467
 Zentralbeschleunigung 64
 Zentralkraft 84
 Zentrifugalkraft 84
 Zentripetalbeschleunigung 64
 Zentripetalkraft 84
 Zerfall 469
 Zerfallsgesetz 441
 Zerfallsreihen 443
 – natürliche 442
 Zerstreuungslinse 351–353, 358
 zufällige Fehler 45
 Zugkräfte 73
 Zündspule 270
 Zungenfrequenzmesser 140
 Zustandsänderung
 – adiabatische 176, 198, 202
 – isobare 201
 – isochore 200
 – isotherme 198, 200
 Zustandsgleichung
 – allgemeine 175, 179
 – ideales Gas 189, 199
 Zustandsgrößen 18, 87, 107, 118, 160, 161, 192
 – makroskopische 161
 – thermodynamische 163
 ZWIG, G. 453
 Zweitaktmotor 209
 Zweiweggleichrichtung 276
 Zwillingparadoxon 468
 Zyklotron 256

Bildquellenverzeichnis

Legende: Ol = Oben links, O = Oben mittig, Or = oben rechts, Ml = Mitte links, M = Mitte mittig, Mr = Mitte rechts, Ul = Unten links, Um = Unten mittig, Ur = Unten rechts

Hinweis: Die Seitenzahl steht immer an erster Stelle, danach folgt die Positionsangabe (z. B. 75Or = Seite 75 Oben rechts). Falls keine konkrete Position angegeben ist, stammen alle urheberrechtlich relevanten Abbildungen vom selben Urheber.

AdobeStock: Adulsak/stock.adobe.com 373Mr; Ana Gram/stock.adobe.com 81Or; Andrzej Solnica/stock.adobe.com 297; atdigit/stock.adobe.com 367Ur; atlasphoto/stock.adobe.com 270; Enrica Guilane-Nachez/stock.adobe.com 8; fotofritz16/stock.adobe.com 89Ol; james_pintar/stock.adobe.com 98; leopold/stock.adobe.com 58; marcorubino/stock.adobe.com 232Or; Microgen/stock.adobe.com 119; Nada Sertic/stock.adobe.com 81Ol, 218Ur; pat_hastings/stock.adobe.com 223; peterschreiber.media/stock.adobe.com 381; Roman Milert/stock.adobe.com 51Ml; Sashkin/stock.adobe.com 49; Smileus/stock.adobe.com 133Ol; Stanislav Loginov/stock.adobe.com 267Ul; tamaslaza3/stock.adobe.com 206; Tan Kian Khoon/stock.adobe.com 211Ul; the_builder/stock.adobe.com 372 Ol, 372Or; thomas-dll/stock.adobe.com 481; Ttstudio/stock.adobe.com 346Ur;

akg-images: akg-images 474; akg-images/ClassicStock/D. Degnan 348; akg-images/Elizaveta Becker 256; akg-images/Fototeca Gilardi 153Ml; akg-images/Science Photo Library 393Mr, 435Om; akg-images/Science Photo Library/Sheila Terry 264; akg-images/Science Source 11Mm, 79, 458Ml;

Ingo Berg (<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:MagneticPendulum.jpg>) 156;

bpk-Fotoarchiv/Fotograf unbekannt: 478;

Christine Gebreyes, Berlin: 9Ur, 10Ul, 11Om, 13, 25, 32, 33Ur, 40Ml, 53Mm, 53Um, 54Ul, 54Um, 54Ur, 55Ml, 55Mr, 56Ul, 67, 75, 78Ol, 81Ul, 83, 84, 85Um, 86, 88, 92Ol, 92Om, 92Or, 93Ol, 93Or, 93Ur, 94, 103, 105, 110, 111Um, 112Or, 121Ol, 124O, 125Or, 127Um, 129, 130, 132, 133Or, 134, 138, 141, 143Ml, 144Ol, 144Ml, 148Ml, 148Ur, 150Or, 150Ur, 154, 155, 157, 160, 164Ol, 164Or, 169, 170, 175, 180Um, 186Um, 187, 191, 193, 194, 195, 196, 197, 199, 205, 208, 209, 210Or, 210Mm, 211Or, 225, 227, 228, 229Ur, 229Mm, 230, 234, 244, 246Or, 246Ul, 246U, 247Ml, 247Ul, 247Ur, 248Om, 248Or, 248Ul, 248Ur, 253Ol, 255, 259Ol, 259Ml, 260, 261, 268, 271Ol, 271Mm, 272Ol, 274, 275Ol, 275Mm, 294, 301, 306Or, 306Um, 311, 315, 316, 317, 319, 322, 324, 329, 332O, 336, 342Ml, 343Ur, 344Ur, 345Or, 345Ul, 349Or, 349Ur, 351Or, 352, 356Or, 356Om, 357, 358, 361, 365, 367Om, 373, 374Om, 375, 382Ol, 382Um, 387, 388, 389, 396, 397, 399Ur, 399Um, 411, 413, 415, 416Ul, 416Om, 430Ol, 438Om, 439, 444Or, 444Ul, 449Or, 449Um, 452, 458Ol, 458Um, 459, 460Om, 462Ol, 462Mm, 475Mr;

Imago Images: imago images/Cinema Publishers Collection 430Ur; imago images/StockTrek Images 7; imago images/UPI Photo 218Ml, 218Um, 331Um, 438Ul, 479M; imago images/Xinhua 40;

INTERFOTO / Science & Society / Emily Churchill: 373Ml;

Gerlinde Keller, München: 9Or, 22Ul, 53Ml, 74, 78Ml, 121Mr, 147Ur, 163, 178, 180Ol, 186Ul, 219, 252, 265, 266, 314, 377Or, 407, 416Ml, 422, 435Or, 435Ur, 458Ul, 458Ur, 465;

© LEYBOLD / LD DIDACTIC GmbH: 148Ul, 149Ol, 149Ul, 239, 267Ur, 364, 428;

Christo Libuda: 346Or;

Mauritius Images: mauritius images/Angel Di Bilio/Alamy 331Ur; mauritius images/Historic Images/Alamy 377Mm; mauritius images/sciencephotos/Alamy 254; mauritius-images/Science Source 438Or;

MEV Verlag GmbH, Augsburg: 50Mm, 113, 449Ol, 449Om;

Meyer, L., Potsdam: 73Ml, 73Um, 153Mmr, 164Ul, 171, 204Ol, 247Or, 247Mr, 248Ol, 253Or, 259Om, 259Ur, 267Or, 306Ol, 307, 312Ol, 312Or, 312MOl, 312MOr, 312MUI, 312Ul, 312Ur, 334, 343Ul, 351Ml, 351Mr, 371Ul, 371Ur, 373Or, 393Ul;

Picture alliance: picture alliance/Moritz Vennemann 22Or; picture alliance/imageBROKER 210Ur; picture-alliance/dpa 299, 443;

Walther-Maria Scheid: 26, 356Ul, 356Ur, 479O;

Science Photo Library: Science Photo Library 27, 229Mr, 438Ur; Science Photo Library/Alfred Pasioka 342Or; Science Photo Library/Cern/Atlas Collaboration 14; Science Photo Library/Dr. Jean Lorre 472Ml; Science Photo Library/EUROPEAN SPACE AGENCY/Stephane Corvaja 112Ol; Science Photo Library/Johnny Greig 60; Science Photo Library/Library of Congress 140; Science Photo Library/Martin Bond 444Ol; Science Photo Library/Patrick Dumas/Look at Sciences 182; Science Photo Library/Russell Kightley 341; Science Photo Library/Sheila Terry 10Mm; Science Photo Library/Tek Image 342Ol; Science Photo Library/TRL 78Mm, 78Mr, 80, 107, 114Ml; Science Photo Library/Victor de Schwanberg 150Ol;

Shutterstock: 3Dsculptor/Shutterstock.com 73Ul; Alexander Rochau/Shutterstock.com 111Ml; Amalga/Shutterstock.com 344Ul; Audrius Merfeldas/Shutterstock.com 251; AVS-Images/Shutterstock.com 374Ul; Azuzl/Shutterstock.com 440; Baranov E/Shutterstock.com 124U, 472Ol; Borkin Vadim/Shutterstock.com 430Or; chozmen/Shutterstock.com 246Ol; Civdis/Shutterstock.com 89Ul; cornflower/Shutterstock.com 391; Daniel M. Nagy/Shutterstock.com 211Ur; Dark Moon Pictures/Shutterstock.com 300; djgis/Shutterstock.com 345Ur; Eugene Suslo/Shutterstock.com 73Ur; Fedorov Ivan Sergeevich/Shutterstock.com 51Ol; fizkes/Shutterstock.com 73Mm; Forgem/Shutterstock.com 89Mr; Fouad A. Saad/Shutterstock.com 151; Funny Drew/Shutterstock.com 15Mr, 143Mr; gresei/Shutterstock.com 56Ol; Guryanov Andrey/Shutterstock.com 430Om; Inna Ogando/Shutterstock.com 327; Ivan Smuk/Shutterstock.com 218Mr; John D Sirlin/Shutterstock.com 39; Juan Gaertner/Shutterstock.com 399Ul; Karin Jaehne/Shutterstock.com 312MUr; katueng/Shutterstock.com 204Or; Kim Christensen/Shutterstock.com 249; Koldunov/Shutterstock.com 241; kriangphrom/Shutterstock.com 272Or, 325; Likoper/Shutterstock.com 333; Lisa /Shutterstock.com 277; LisaOS/Shutterstock.com 331Ul; loskutnikov/Shutterstock.com 346Ul; Marina Biryukova/Shutterstock.com 89Ml; Mark and Anna Photography/Shutterstock.com 89Or; MAXSHOT.PL/Shutterstock.com 232Ol; Minerva Studio/Shutterstock.com 153Mml; Mr.B-king/Shutterstock.com 271Or; NASA images/Shutterstock.com 457; Oleksandr Kuliichenko/Shutterstock.com 33Ul; Pavol Kmeto/Shutterstock.com 63; PRILL/Shutterstock.com 50Ur; Richard L. Bowman/Shutterstock.com 147Ml; Robert Przybysz/Shutterstock.com 430Ol; science photo/Shutterstock.com 29; sergios/Shutterstock.com 73Mr; sirtravelalot/Shutterstock.com 108; sirtravelalot/Shutterstock.com 114Mr; Skycolors/Shutterstock.com 89Om; SpeedKingz/Shutterstock.com 349Ol; Tanathip Rattanatum/Shutterstock.com 159; Triff/NASA/Shutterstock.com 475Ur; Tyler Mabie/Shutterstock.com 149Ul; UBC Stock/Shutterstock.com 89Mm; worradirek/Shutterstock.com 89Um; zhangyang13576997233/Shutterstock.com 089Ur; Zodar/Shutterstock.com 153Mr;

Sybill Storch: 85Mm, 121Or