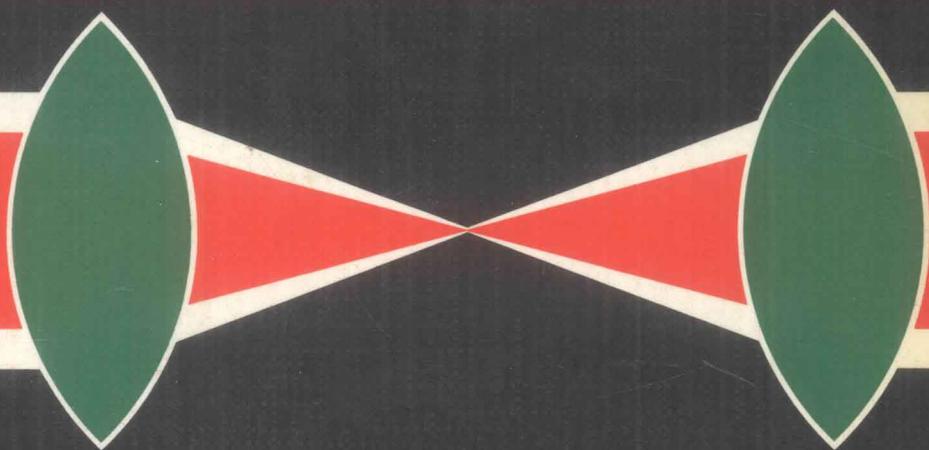


H Ö F L I N G

PHYSIK

BAND II

TEIL 1



Ü M M L E R

OSKAR HÖFLING

PHYSIK

BAND II TEIL 1
MECHANIK – WÄRME

Zwölfte Auflage.
Bearbeitet von Dr. Oskar Höfling.
318 Abbildungen.
Dümmelerbuch 4114



D Ü M M L E R

HÖFLING^S neubearbeitete PHYSIK für die Sekundarstufe I und II

Lehrbücher

PHYSIK I

für die Sekundarstufe I

14. Aufl. Bearbeitet von Dr. Oskar Höfling und Bernd Mirow. 1978.
480 Seiten. 637 Abbildungen. 1 Farbtafel.
Gelber Linsoneinband. Dümmlerbuch 4103

PHYSIK II (Teilbände)

für die Sekundarstufe II (Rote Bände)

Bearbeitet von Dr. Oskar Höfling, Bernd Mirow und Gerhard Becker

Teilband 1: Mechanik – Wärme

12. Aufl. Bearbeitet von Dr. Oskar Höfling. 1978.
422 Seiten. 318 Abbildungen.
Kart. Ausgabe. Dümmlerbuch 4114
Geb. Ausgabe. 11. Aufl. Dümmlerbuch 4144

Teilband 2: Elektrizität – Magnetismus – Optik – Relativitätstheorie

11. Aufl. Bearbeitet von Bernd Mirow und Gerhard Becker. 1976.
340 Seiten. 324 Abbildungen. 1 Farbtafel.
Kart. Ausgabe. Dümmlerbuch 4115
Geb. Ausgabe. 11. Aufl. Dümmlerbuch 4145

Teilband 3: Quanten und Atome

11. Aufl. Bearbeitet von Dr. Oskar Höfling. 1976.
326 Seiten. 140 Abbildungen. 1 Farbtafel.
Kart. Ausgabe. Dümmlerbuch 4116
Geb. Ausgabe. 11. Aufl. Dümmlerbuch 4146

PHYSIK II (Gesamtband)

Lehrbuch für Unterricht und Selbststudium

Umfaßt die drei Teilbände von Physik II.
11. Aufl. 1976.
1070 Seiten. 784 Abbildungen. 2 Farbtafeln.
Roter Linsoneinband. Dümmlerbuch 4104

PHYSIK II (Kurzausgabe)

Einbändige Kurzausgabe der drei Teilbände von Physik II.
11. Aufl. 1978.
480 Seiten. 356 Abbildungen. 1 Farbtafel.
Blauer Linsoneinband. Dümmlerbuch 4126

Aufgabensammlungen

PHYSIK-AUFGABEN I

für die Sekundarstufe I (zu 4103)

13., erw. Aufl. Bearbeitet von Dr. Oskar Höfling und Bernd Mirow. 1978.
64 Seiten. 500 Aufgaben.
Kart. Dümmlerbuch 4181

PHYSIK-AUFGABEN II (Teilbände)

für die Sekundarstufe II

Bearbeitet von Dr. Oskar Höfling, Bernd Mirow und Gerhard Becker

Teil 1: Mechanik – Wärme (zu 4114 und 4144)

9. Aufl. Bearbeitet von Dr. Oskar Höfling, Bernd Mirow und Gerhard Becker. 1975.
51 Seiten. 320 Aufgaben.
Kart. Dümmlerbuch 4183

Teil 2: Elektrizität – Magnetismus –

Optik – Relativitätstheorie (zu 4115 und 4145)

9. Aufl. Bearbeitet von Dr. Oskar Höfling, Bernd Mirow und Gerhard Becker. 1975.
47 Seiten. 260 Aufgaben.
Kart. Dümmlerbuch 4185

Teil 3: Quanten und Atome (zu 4116 und 4146)

3. Aufl. Bearbeitet von Dr. Oskar Höfling, Bernd Mirow und Gerhard Becker. 1975.
33 Seiten. 120 Aufgaben.
Kart. Dümmlerbuch 4187

PHYSIK-AUFGABEN II (Gesamtband)

Übungsbuch für Unterricht und Selbststudium

Umfaßt die drei Teile von Physik-Aufgaben II.
Zu 4104, 4126 und 4114–4116 sowie 4144–4146.
9. Auflage 1975. 144 Seiten.
700 Aufgaben mit numerischen Endergebnissen.
Kart. Dümmlerbuch 4189

ISBN 3-427-41142-7

Alle Rechte vorbehalten. Die Vervielfältigung auch einzelner Teile, Texte oder Bilder – mit Ausnahme der in §§ 53, 54 UrhG ausdrücklich genannten Sonderfälle – gestattet das Urheberrecht nur, wenn sie mit dem Verlag vorher vereinbart wurde.

© 1978 Ferd. Dümmlers Verlag, Kaiserstraße 31–37 (Dümmlerhaus), 5300 Bonn 1

Printed in Germany by Universitätsdruckerei H. Stürtz AG, 8700 Würzburg

OSKAR HÖFLING
PHYSIK
BAND II
TEIL 1: MECHANIK – WÄRME

Vorwort zur zehnten bis zwölften Auflage

Seit dem Erscheinen der ersten Auflage dieses Buches sind mehr als 20 Jahre vergangen. In dieser Zeit haben sich in der Physik und Technik stürmische Entwicklungen vollzogen, die im Physikunterricht der Schulen nicht unbeachtet bleiben dürfen. Deshalb wurde das Buch vollständig neu bearbeitet, wobei nicht nur eine Reihe moderner Gebiete aufgenommen, sondern auch eine Fülle methodischer Verbesserungen und Modernisierungen durchgeführt werden konnten. Der Verfasser ist dabei von der Überzeugung ausgegangen, daß es für ein neuzeitliches Lehrbuch der Physik nicht tragbar ist, wenn bei der Stoffauswahl und der Darstellung nur der Stand von gestern, nicht aber derjenige von heute oder morgen berücksichtigt wird. Im einzelnen ist hierzu folgendes zu sagen:

1. Im Juli 1970 sind in der Bundesrepublik Deutschland das *Gesetz über Einheiten im Meßwesen* und die dazugehörige Ausführungsverordnung in Kraft getreten. Diese gesetzliche Neuregelung gründet sich auf das Internationale Einheitensystem (SI), das seinerseits auf den Empfehlungen der Generalkonferenz für Maß und Gewicht beruht. Sinn und Bedeutung der neuen Rechtsvorschriften liegen in einer Vereinfachung und Vereinheitlichung der in der Physik und Technik verwendeten Einheiten sowie in dem Anschluß der Bundesrepublik Deutschland an die internationale Entwicklung. Die ausschließliche Verwendung von Einheiten, die zu einem einzigen System gehören, bietet zahlreiche Vorteile, die im Physikunterricht genutzt werden sollen und müssen.

Dieser Tatsache wird in dem vorliegenden Buche Rechnung getragen, indem konsequent nur noch die gesetzlich vorgeschriebenen Einheiten verwendet werden. Die Definitionen der Einheiten werden dabei wörtlich aus den gesetzlichen Vorschriften übernommen, auch wenn die Formulierungen bisweilen etwas schwerfällig erscheinen, weil der Schüler lernen soll, auch die Sprache der Gesetze zu verstehen und zu interpretieren.

Um den Übergang zu den neuen Einheiten zu erleichtern, sind die früher benutzten alten Einheiten und ihre Umrechnung auf die neuen gesetzlichen Einheiten bei jeder Einführung einer solchen Einheit angegeben. Damit wird der Tatsache Rechnung getragen, daß zahlreiche alte Einheiten, wie die Kalorie (cal), die Pferdestärke (PS), die Atmosphäre (at, atm) usw., noch lange Zeit in Büchern und im Sprachgebrauch des Alltags vorkommen werden und daß es deshalb nicht vertretbar wäre, wenn sie im Physikunterricht überhaupt nicht erwähnt würden. Sie erscheinen in diesem Buche als überlieferte Gegebenheiten, die nur noch historisches Interesse haben.

Mit der Umstellung auf die neuen Einheiten wird ein wichtiger Beitrag zur Modernisierung, Vereinheitlichung und Vereinfachung der physikalischen Fachsprache geleistet.

2. Ein moderner Physikunterricht kann sich nicht auf die Vermittlung physikalischer Fakten und Gesetze beschränken, sondern er muß darüber hinaus besonderen Wert darauf legen, die Schüler mit den *Wegen physikalischer Erkenntnisgewinnung* vertraut zu machen. Dieser Forderung wurde dadurch Rechnung getragen, daß nicht nur an zahlreichen Stellen grundsätzliche Betrachtungen über den Sinn und die Hintergründe der betreffenden Untersuchungen eingeschaltet worden sind, sondern daß darüber hinaus in besonderen Kapiteln Betrachtungen über den Inhalt, die Tragweite und die Grenzen physikalischer Erkenntnisse angestellt worden sind. Dabei war es notwendig, das *Modelldenken der Physik* und die *Aufgabe physikalischer Modellvorstellungen* sowie zahlreiche naturphilosophische Grenzgebiete der Physik ausführlicher darzustellen, als dies im allgemeinen üblich ist.

3. Das vorliegende Buch stellt an den Schüler bewußt *hohe Anforderungen*. Wenn die Physik die ihr innewohnenden Bildungswerte voll entfalten will, dann muß der großen Bedeutung, die die physikalischen Erkenntnisse für das gegenwärtige Weltbild und für das technische und wirtschaftliche Leben unserer Zeit

haben, Rechnung getragen werden. Es liegt ferner kein Grund dafür vor, daß die Beanspruchung der Denkfähigkeit der Schüler im Physikunterricht geringer sein müßte als in irgendeinem anderen Schulfach. Dieser Tatsache trägt das vorliegende Buch, das aus einer langen Unterrichtserfahrung erwachsen und in der Praxis erprobt ist, Rechnung.

Dabei wurde besondere Mühe darauf verwendet, den Stoff so aufzubereiten und so verständlich darzustellen, daß *die Schüler zahlreiche Abschnitte des Buches auch ohne die Hilfe des Lehrers selbständig verarbeiten und verstehen können*. Dies verlangt eine gewisse Breite und Ausführlichkeit der Darstellung. Dafür ergibt sich aber der Vorteil, daß der Schüler die Möglichkeit hat, versäumte Stunden in eigener Arbeit nachzuholen oder sich selbständig mit einzelnen im Unterricht nicht behandelten Gebieten zu beschäftigen. Auf der Sekundarstufe II ist dies von besonderer Wichtigkeit, weil damit der Forderung nachgekommen wird, die Schüler besser als früher *auf die selbständige wissenschaftliche Arbeitsweise der Hochschulen vorzubereiten*.

4. Bei dem raschen Anwachsen der physikalischen Erkenntnisse und der immer noch viel zu geringen Stundenzahl für den Physikunterricht können die Bildungsaufgaben dieses Faches nur erfüllt werden, wenn einige charakteristische Gebiete der Physik in den Vordergrund gestellt werden und im übrigen eine starke Stoffbegrenzung vorgenommen wird. Dabei ist es nicht entscheidend, an welchen Stoffgebieten die Hauptziele erarbeitet werden. Es muß dem einzelnen Lehrer überlassen bleiben, je nach den vorliegenden Verhältnissen diejenigen Gebiete auszuwählen, die besonders ausführlich und gründlich behandelt werden sollen. Ein Lehrbuch kann und darf eine solche Entscheidung nicht vorwegnehmen. Deshalb wird in diesem Buche das Material für *alle wichtigen Gebiete zur Verfügung gestellt. Selbstverständlich ist es keineswegs im Sinne dieses Buches, alle hier dargestellten Gebiete mit der gleichen Ausführlichkeit und Eindringlichkeit im Unterricht zu behandeln*.

5. Wenn die Behandlung der technischen Anwendungen physikalischer Erkenntnisse auf der höheren Schule auch nicht Selbstzweck und Endziel des Unterrichts sein kann, so darf auf der anderen Seite die *enge Verflechtung der Physik mit allen Lebensbereichen des Menschen* nicht übersehen werden. Es wird deshalb in diesem Buche versucht, die Beziehungen der behandelten physikalischen Erscheinungen und Gesetze zur Praxis des täglichen Lebens und der Technik aufzuzeigen. Aber auch dabei liegt der Schwerpunkt auf der geistigen Durchdringung der technischen Errungenschaften; ein vertieftes Verständnis der inneren Zusammenhänge erscheint uns wichtiger als die Kenntnis technischer Einzelheiten. Die technischen Ausführungen der Geräte und Maschinen sind einem dauernden Wandel unterworfen und meist sehr verwickelt, die zugrunde liegenden physikalischen Gesetze sind dagegen unwandelbar und im allgemeinen verhältnismäßig einfach. Diese Gesetze zu erkennen und zu verstehen, ist deshalb für den jungen Menschen wichtiger als die Beherrschung dieser oder jener technischen Einzelheit.

6. Eine wertvolle Hilfe für die Festigung und Vertiefung der behandelten Stoffe sowie eine aufschlußreiche Selbstkontrolle über das erworbene Verständnis ist das *Lösen von Aufgaben*. Am Ende aller größeren Abschnitte finden sich deshalb jeweils eine oder mehrere Aufgaben mit der vollständigen Lösung, wobei auf eine exakte und saubere Schreibweise in der Form von Größengleichungen besonderer Wert gelegt wurde. Es wird empfohlen, in jedem Falle weitere Aufgaben aus der von dem gleichen Verfasser herausgegebenen Sammlung von *Physik-Aufgaben* durch die Schüler lösen zu lassen.

7. Schließlich wurde der *Terminologie* eine größere Beachtung geschenkt, als dies sonst oft üblich ist. Dabei wurde die Auffassung vertreten, daß im Physikunterricht *keine besondere Schulerminologie* verwendet werden sollte, die außerhalb des Unterrichts, etwa in der Wissenschaft oder Technik, nicht üblich ist. Der Physikunterricht der Gymnasien muß sich vielmehr auf allen Stufen der Terminologie und Symbolik bedienen, die auch sonst verwendet wird. Es ist selbstverständlich, daß die *Nomenklatur* und die *Formelzeichen* sich nach den *internationalen Vereinbarungen* richten. In diesen Zusammenhang gehört auch die oben bereits erwähnte Tatsache, daß die Definitionen der Einheiten wörtlich aus dem Gesetz über Einheiten im Meßwesen und aus der zugehörigen Ausführungsverordnung übernommen worden sind.

8. Zusammen mit der textlichen Neubearbeitung des Buches wurden auch *alle Abbildungen neu gestaltet*. Nach einer sorgfältigen Prüfung aller Argumente konnte der heutigen Modeerscheinung, die Abbildungen in den Physikbüchern farbig auszuführen, nicht gefolgt werden. Dafür waren die folgenden Gesichtspunkte maßgebend:

Bei den physikalischen Geräten und Erscheinungen spielen die Farben im allgemeinen keine charakteristische Rolle. Eine Ausnahme machen hier nur einige Erscheinungen aus der Optik, die aber auch früher immer schon durch Farbtafeln wiedergegeben worden sind; an dieser Gewohnheit wurde auch hier festgehalten.

In allen anderen Fällen trägt die Farbe kaum etwas zum besseren Verständnis der physikalischen Vorgänge und Zusammenhänge bei. Die psychologische Bedeutung, durch die man farbige Abbildungen notfalls rechtfertigen könnte, ist so gering, daß sie den zusätzlichen Kostenaufwand, der sich im Preise des Buches niederschlagen müßte, nicht rechtfertigt. Dies gilt in besonderem Maße für die Sekundarstufe II. Es sollte bei der Diskussion dieser Frage auch beachtet werden, daß es in der Bundesrepublik Deutschland wohl kein einziges Hochschullehrbuch der Physik gibt, das farbige Abbildungen enthält. Die Schüler der Sekundarstufe II sollen aber gerade auch darauf vorbereitet werden, später einmal wissenschaftliche Bücher zu lesen. Auch aus diesem Grunde erscheint es völlig ungerechtfertigt, in den Schulbüchern anders zu verfahren, als dies in den entsprechenden wissenschaftlichen Büchern geschieht. Es wurde deshalb eine in deutschen Schulbüchern der Physik bisher nicht benutzte Abbildungstechnik verwendet, die auch *ohne Farben ein Höchstmaß an Deutlichkeit und Aussagekraft* der Darstellungen gewährleistet.

9. Die *Gliederung des Buches* ist weiterhin in der traditionellen Weise erfolgt, indem an der Einteilung des Stoffes in Mechanik, Wärme, Elektrizität, Magnetismus, Optik, Relativitätstheorie, Quanten- und Atomphysik festgehalten wird. Aus praktischen Gründen erscheint das Buch in den folgenden drei Teilbänden:

Band II, Teil 1: *Mechanik und Wärme*,

Band II, Teil 2: *Elektrizität, Magnetismus, Optik, Relativitätstheorie*;

Band II, Teil 3: *Quanten und Atome*.

Außerdem steht eine aus der Vereinigung der drei Teilbände sich ergebende Gesamtausgabe zur Verfügung. Seit Herbst 1977 gibt es auch eine einbändige *Kurzausgabe* der drei Teilbände, die besonders für Grundkurse der gymnasialen Oberstufe sowie für Fachoberschulen geeignet ist, vgl. Seite IV.

Mit der Aufgliederung in die genannten Teilbände wird der Tatsache Rechnung getragen, daß die Schüler in Kursen und Arbeitsgemeinschaften bestimmte Gebiete auswählen können und dann für die laufende Arbeit nicht immer den umfangreichen Gesamtband zur Hand nehmen müssen. Andererseits kann aber auf die Gesamtausgabe kaum verzichtet werden, weil die Physik ein in sich geschlossenes Gedankengebäude darstellt, bei dem die Behandlung einzelner Teilgebiete nicht selten die Herstellung von Querverbindungen und Zusammenhängen mit anderen Gebieten erfordert, die dann am besten mit Hilfe des Gesamtbandes erfolgen wird. In jedem Falle wird durch die verschiedenen Ausgaben allen praktisch sich ergebenden Notwendigkeiten Rechnung getragen.

10. Der Verfasser hofft, mit dieser Neubearbeitung einen Schritt vorwärts im Sinne einer Modernisierung des Physikunterrichts getan zu haben. Wenn das Buch dem Schüler dasjenige Grundwissen zu vermitteln hilft, dessen er zur erfolgreichen Teilnahme an einem nach modernen lernpsychologischen Gesichtspunkten konzipierten Physikunterrichts bedarf, und wenn es ihm weiter das Verständnis des geistigen Lebens unserer Zeit sowie der immer verwickelter werdenden technischen Umwelt erleichtert, dann hat das Buch sein eigentliches Ziel erreicht. Das Buch hat von seiner ersten Auflage an eine verbreitete Zustimmung gefunden. Zahlreiche Kolleginnen und Kollegen haben mit einer großen Zahl von Verbesserungsvorschlägen einen Beitrag zu der vorliegenden Neubearbeitung geliefert. Hierfür möchte der Verfasser allen sehr herzlich danken. Er möchte darüber hinaus aber dem Wunsch und der Bitte Ausdruck geben, daß dies auch weiterhin so bleiben möge. Für eine kritische Prüfung dieser Neubearbeitung sowie für die Äußerung von Wünschen und Verbesserungsvorschlägen, die bei einer späteren Neuauflage berücksichtigt werden sollen, ist der Verfasser allen Kolleginnen und Kollegen stets dankbar.

11. Da die zehnte Auflage dieses Werkes völlig neu bearbeitet war, konnte die dank der günstigen Aufnahme schnell erforderliche elfte und zwölfte Auflage nahezu unverändert nachgedruckt werden. Die Auflagen sind also uneingeschränkt nebeneinander benutzbar. Die Änderungen beziehen sich vornehmlich auf nützliche Hinweise der zahlreichen Benutzer wie auf Verbesserungsvorschläge seitens der Lehrbuchprüfer der Kultusministerien. Die überaus rege Auseinandersetzung der Benutzer mit diesem Werk hat den Verfasser sehr erfreut.

Physikalische Größen, ihre Dimensionen und ihre Einheiten

In der folgenden Tabelle sind die in diesem Bande eingeführten physikalischen Größen und ihre Einheiten zusammengestellt. Die Basisgrößen sind durch Fettdruck gekennzeichnet. Hinter jeder Größe und jeder Einheit sind die Seiten angegeben, auf denen die genauen Definitionen zu finden sind.

Name der Größe und Formelzeichen	Verknüpfung	Dimension	Einheit und Einheitenzeichen
1. Geometrie			
Länge (S. 13) $\vec{s}, \vec{r}, \vec{l}, \dots$	–	L	1 Meter (S. 14) 1 m
Fläche (S. 16) A	$A = l_1 \cdot l_2$	L²	1 Quadratmeter (S. 17) 1 m ²
Volumen (S. 17) V	$V = l_1 \cdot l_2 \cdot l_3$	L³	1 Kubikmeter (S. 17) 1 m ³
Ebener Winkel (S. 19) α, φ, \dots	$\varphi = \frac{l_1}{l_2}$	L⁰	1 Radiant (S. 19) 1 rad = 1 m · 1 m ⁻¹ = 1
Räumlicher Winkel (S. 20) β, Ω	$\beta = \frac{A}{l^2}$	L⁰	1 Steradian (S. 20) 1 sr = 1 m ² · 1 m ⁻² = 1
2. Kinematik			
Zeit (S. 21) t	–	Z	1 Sekunde (S. 22) 1 s
Geschwindigkeit (S. 37) \vec{v}	$\vec{v} = \frac{\vec{s}}{t}$	L Z⁻¹	1 Meter durch Sekunde (S. 37) 1 m s ⁻¹
Beschleunigung (S. 43) \vec{a}	$\vec{a} = \frac{\vec{v}}{t}$	L Z⁻²	1 Meter durch Sekundequadrat (S. 43) 1 m s ⁻²
Frequenz (S. 56) ν	$\nu = \frac{n}{t}$	Z⁻¹	1 Hertz (S. 56) 1 Hz = 1 s ⁻¹
Winkelgeschwindigkeit (S. 55) ω	$\omega = \frac{\varphi}{t}$	Z⁻¹	1 Radiant durch Sekunde (S. 55) 1 rads ⁻¹ = 1 s ⁻¹
Winkelbeschleunigung (S. 134) α	$\alpha = \frac{\omega}{t}$	Z⁻²	1 Radiant durch Sekundequadrat (S. 134) 1 rads ⁻² = 1 s ⁻²
3. Dynamik			
Masse (S. 66) m	–	M	1 Kilogramm (S. 66) 1 kg
Dichte (S. 68) ρ	$\rho = \frac{m}{V}$	M L⁻³	1 Kilogramm durch Kubikmeter (S. 68) 1 kg m ⁻³

Physikalische Größen, ihre Dimensionen und ihre Einheiten (Fortsetzung)

<i>Name der Größe und Formelzeichen</i>	<i>Verknüpfung</i>	<i>Dimension</i>	<i>Einheit und Einheitenzeichen</i>
Kraft (S. 73) \vec{F}	$\vec{F} = m \vec{a}$	MLZ⁻²	1 Newton (S. 80) 1 N = 1 kg m s ⁻²
Arbeit, Energie (S. 99) W	$W = \vec{F} \cdot \vec{s}$	ML²Z⁻²	1 Joule (S. 100) 1 J = 1 N m = 1 kg m ² s ⁻²
Leistung (S. 112) P	$P = \frac{W}{t}$	ML²Z⁻³	1 Watt (S. 112) 1 W = 1 J s ⁻¹ = 1 kg m ² s ⁻³
Wirkung (S. 113) H	$H = W t$	ML²Z⁻¹	1 Joulesekunde (S. 113) 1 J s = 1 kg m ² s ⁻¹
Impuls oder Bewegungsgröße (S. 115) \vec{p}	$\vec{p} = m \vec{v}$	MLZ⁻¹	1 Newtonsekunde (S. 115) 1 N s = 1 kg m s ⁻¹
Kraftstoß (S. 116) \vec{p}	$\vec{p} = \vec{F} \cdot \Delta t$	MLZ⁻¹	1 Newtonsekunde (S. 116) 1 N s = 1 kg m s ⁻¹
Drehmoment (S. 128) \vec{M}	$\vec{M} = \vec{r} \times \vec{F}$	ML²Z⁻²	1 Newtonmeter (S. 128) 1 N m = 1 kg m ² s ⁻²
Trägheitsmoment (S. 131) oder Drehmasse J	$J = m r^2$	ML²	1 Kilogramm mal Meterquadrat (S. 132) 1 kg m ²
Drehimpuls oder Drall (S. 136) \vec{L}	$\vec{L} = J \vec{\omega}$	ML²Z⁻¹	1 Joulesekunde (S. 137) 1 J s = 1 kg m ² s ⁻¹
Gravitationsfeldstärke (S. 151) \vec{G}_g	$\vec{G}_g = \frac{\vec{F}}{m}$	LZ⁻²	1 Newton durch Kilogramm (S. 151) 1 N kg ⁻¹ = 1 m s ⁻²
Gravitationspotential (S. 167) V	$V = \frac{W}{m}$	L²Z⁻²	1 Joule durch Kilogramm (S. 167) 1 J kg ⁻¹ = 1 m ² s ⁻²
Gravitationskonstante (S. 161)	$G = \frac{F r^2}{m_1 m_2}$	M⁻¹L³Z⁻²	1 kg ⁻¹ m ³ s ⁻² (S. 161)
Richtgröße oder Richtungsgröße (S. 197) D	$D = \frac{F}{s}$	MZ⁻²	1 Kilogramm durch Sekundequadrat 1 N m ⁻¹ = 1 kg s ⁻²
Wellenzahl (S. 220) N	$N = \frac{1}{\lambda}$	L⁻¹	1 durch Meter 1 m ⁻¹
Schallwellenwiderstand (S. 254) Z	$Z = \rho c$	ML⁻²Z⁻¹	1 kg m ⁻² s ⁻¹ (S. 254)
Druck (S. 276) p	$p = \frac{F}{A}$	ML⁻¹Z⁻²	1 Pascal (S. 268) 1 Pa = 1 N m ⁻² = 1 kg m ⁻¹ s ⁻²
Mechanische Spannung (S. 268, 269) σ, τ	$\sigma = \frac{F_n}{A}, \tau = \frac{F_t}{A}$	ML⁻¹Z⁻²	1 Pascal (S. 268) 1 Pa = 1 N m ⁻² = 1 kg m ⁻¹ s ⁻²
Elastische Dehnung (S. 269) ε	$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l}$	Zahl	– (S. 269)
Elastizitätsmodul (S. 270) E	$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$	ML⁻¹Z⁻²	1 Pascal (S. 268) 1 Pa = 1 N m ⁻² = 1 kg m ⁻¹ s ⁻²

Physikalische Größen, ihre Dimensionen und ihre Einheiten (Fortsetzung)

Name der Größe und Formelzeichen	Verknüpfung	Dimension	Einheit und Einheitenzeichen
Dehnungsgröße (S. 270) α	$\alpha = \frac{1}{E}$	$\mathbf{M}^{-1} \mathbf{L} \mathbf{Z}^2$	1 durch Pascal (S. 268) $1 \text{ Pa}^{-1} = 1 \text{ N}^{-1} \text{ m}^2 = 1 \text{ kg}^{-1} \text{ m s}^2$
Torsionsmodul (S. 272) G	$G = \frac{2 M l}{\varphi \pi r^4}$	$\mathbf{M} \mathbf{L}^{-1} \mathbf{Z}^{-2}$	1 Pascal (S. 268) $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N m}^{-2} = 1 \text{ kg m}^{-1} \text{ s}^{-2}$
Kompressionsmodul (S. 274) K	$K = \frac{\sigma V}{\Delta V}$	$\mathbf{M} \mathbf{L}^{-1} \mathbf{Z}^{-2}$	1 Pascal (S. 268) $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N m}^{-2} = 1 \text{ kg m}^{-1} \text{ s}^{-2}$
Kompressibilität (S. 274) κ	$\kappa = \frac{1}{K}$	$\mathbf{M}^{-1} \mathbf{L} \mathbf{Z}^2$	1 Quadratmeter durch Newton (S. 274) $1 \text{ N}^{-1} \text{ m}^2 = \text{kg}^{-1} \text{ m s}^2$
Dynamische Viskosität (S. 296) η	$\eta = \frac{F z}{A v}$	$\mathbf{M} \mathbf{L}^{-1} \mathbf{Z}^{-1}$	1 Pascalsekunde (S. 296) $1 \text{ Pas} = 1 \text{ N m}^{-2} \text{ s} = 1 \text{ kg m}^{-1} \text{ s}^{-1}$
Kinematische Viskosität (S. 296) ν	$\nu = \frac{\eta}{\rho}$	$\mathbf{L}^2 \mathbf{Z}^{-1}$	1 Quadratmeter durch Sekunde (S. 296) $1 \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$

4. Wärme

Temperatur (S. 320) ϑ oder T	–	T	1 Kelvin oder 1 °Celsius (S. 320 u. 323) 1 K oder 1 °C
Wärmemenge (= Energie) (S. 339) Q	$Q = W$	$\mathbf{M} \mathbf{L}^2 \mathbf{Z}^{-2}$	1 Joule (S. 100) $1 \text{ J} = 1 \text{ N m} = 1 \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-2}$
Wärmekapazität (S. 343) C	$C = \frac{\Delta Q}{\Delta T}$	$\mathbf{M} \mathbf{L}^2 \mathbf{Z}^{-2} \mathbf{T}^{-1}$	1 Joule durch Kelvin (S. 343) $1 \text{ J K}^{-1} = 1 \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-2} \text{ K}^{-1}$
Spezifische Wärmekapazität (S. 339) c	$c = \frac{\Delta Q}{m \cdot \Delta T}$	$\mathbf{L}^2 \mathbf{Z}^{-2} \mathbf{T}^{-1}$	$1 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1} = 1 \text{ m}^2 \text{ s}^{-2} \text{ K}^{-1}$ (S. 339)
Stoffmenge (S. 327) ν	–	N	1 Mol (S. 327) 1 mol
Molare Masse (S. 328) M_{molar}	$M_{\text{molar}} = \frac{m}{\nu}$	$\mathbf{M} \mathbf{N}^{-1}$	1 Kilogramm durch Mol (S. 328) 1 kg mol^{-1}
Molares Volumen (S. 329) V_{molar}	$V_{\text{molar}} = \frac{V}{\nu}$	$\mathbf{L}^3 \mathbf{N}^{-1}$	1 Kubikmeter durch Mol (S. 329) $1 \text{ m}^3 \text{ mol}^{-1}$
Molare Wärmekapazität (S. 344) C_{molar}	$C_{\text{molar}} = \frac{C}{\nu}$	$\mathbf{M} \mathbf{L}^2 \mathbf{Z}^{-2} \mathbf{T}^{-1} \mathbf{N}^{-1}$	$1 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} = 1 \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-2} \text{ K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ (S. 344)
Entropieänderung (S. 378) ΔS	$\Delta S = \frac{Q}{T}$	$\mathbf{M} \mathbf{L}^2 \mathbf{Z}^{-2} \mathbf{T}^{-1}$	1 Joule durch Kelvin (S. 378) $1 \text{ J K}^{-1} = 1 \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-2} \text{ K}^{-1}$
AVOGADRO-Konstante (S. 328) N_A	$N_A = \frac{N}{\nu}$	\mathbf{N}^{-1}	1 durch Mol (S. 328) 1 mol ⁻¹
Universelle Gaskonstante (S. 334) R	$R = \frac{p V_{\text{molar}}}{T}$	$\mathbf{M} \mathbf{L}^2 \mathbf{Z}^{-2} \mathbf{T}^{-1} \mathbf{N}^{-1}$	$1 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} = 1 \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-2} \text{ K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ (S. 334)
BOLTZMANN-Konstante (S. 334) k	$k = \frac{R}{N_A}$	$\mathbf{M} \mathbf{L}^2 \mathbf{Z}^{-2} \mathbf{T}^{-1}$	1 Joule durch Kelvin $1 \text{ J K}^{-1} = 1 \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-2} \text{ K}^{-1}$ (S. 334)

Namen- und Sachverzeichnis

- Abbrandgeschwindigkeit 178
Abgeschlossenes System 378
Abklingkonstante 203
Absiden 188
— -Punkt 188
Achse, freie 141
actio und reactio, Prinzip von 78
Adhäsionskräfte 287
Äquipotentialfläche 168
Äther 147
Aggregatzustände 347
Akustik 243
—, physikalische 243
—, physiologische 243
Allgemeingültigkeit 394
AMONTONS-Gesetz 321
Amplitude 195
Analogien zwischen der Translations- und der Rotationsbewegung 145
Analysator 232
ANDREWS, THOMAS (1813–1885) 354
Ängström 15
Anschaulichkeit 397
Anstieg, kapillarer 290
Aphel 158, 188
Apogäum 188
Ar 17
Arbeit 98
Arbeitsdiagramm 105
Arbeitshypothese 392
ARCHIMEDES-Gesetz 281
— für Gase 316
ARISTOTELES (384–322 v. Chr.) 72, 73
ASTON, FRANCIS WILLIAM (1877–1945) 330
at 277
atm 277
Atmosphäre, physikalische 277
—, technische 277
Atom, Durchmesser der 331
—, Größe der 328, 331
—, Masse und Größe 330
Atomgitter 263, 264
Atommasse, relative 325
—, Tabelle der relativen 326
Atomuhr 24
Atto 11
Attometer 15
Aufhängung, kardanische 144
Auftrieb 280, 316
Ausbreitungsgeschwindigkeit 220
— mechanischer Wellen 221
— transversaler Wellen 223
Ausdehnung, elastische 273
Auslenkung 195
Ausströmungsgeschwindigkeit 179
AVOGADRO, AMADEO (1776–1856) 328
— -Konstante 328, 329, 330
— -Satz 329
Bahnbeschleunigung 47
Bahngeschwindigkeit 54
Bar 269
Basiseinheiten 8
Basisgröße 5, 8
Beharrungsvermögen 66, 77, 172
Bel 259
BELL, ALEXANDER (1847–1922) 259
BERNOULLI, DANIEL (1700–1782) 293
— -Gleichung 293
Beschleunigung 43
— und Kraft 75
— Zeitdiagramm 44
—, mittlere 45
—, Wirkung auf den Menschen 48
Beschleunigungsarbeit 105
BESSEL, FRIEDRICH-WILHELM (1784–1846)
13, 162
Beugung 235
— der Schallwellen 255
Bewegung 27
— auf geneigter Ebene 51
— eines Schiffes 79
—, beschleunigte 42
—, gleichförmige 36, 38, 49
—, gleichmäßig beschleunigte 43
—, Klassifikation der 48
—, ungleichförmige 42
—, ungleichförmige oder beschleunigte 49
Bewegungsamplitude 258
Bewegungsenergie 110
Bewegungsgröße 115
Bezugssysteme 27, 63
Biegung, elastische 273
Biegungs Pfeil 273
BOIS-REYMOND, EMIL (1818–1896) 387
BOLTZMANN, LUDWIG (1844–1906) 396
— -Konstante 334
BOYLE, ROBERT (1627–1691) 304
BOYLE-MARIOTTE-Gesetz 301, 304
—, Gültigkeitsgrenze des 305
BRAHE, TYCHO (1546–1601) 156
Brechung der Schallwellen 253
Brechzahl 238
Brenndauer 179
BROWN, ROBERT (1773–1858) 275
— -Bewegung 275
Bürette 18

CARDANO, GERONIMO (1501–1576) 144
CARNOT, SADI (1796–1832) 372
— -Kreisprozeß 324, 372
CAVENDISH, HENRY (1731–1810) 149
CELSIUS, ANDERS (1701–1744) 320
CLAUSIUS, RUDOLF (1822–1888) 360, 372
CORIOLIS, GASPARD GUSTAVE (1792–1843)
95
— -Kraft 95

Dämpfe, gesättigte und ungesättigte 350
Dämpfungskonstante 203
DALTON, JOHN (1766–1844) 352
— -Gesetz 352
Dampfdruckkurve 357
Dampfmaschine 377
deduktiver Weg 305
Definitions-gleichung 70
Deformation, elastische 267
—, plastische 267
—, unelastische 267
Dehnung, elastische 269
Dehnungsgröße 270
Deka 11
Dekameter 15
Depression, kapillare 290
Dezi 11
Dezibel 259
Dezimeter 15
Diabolokreis 142
Dichte 68
— einiger Stoffe 69
Diffusion 308
— durch poröse Wände 308, 310
—, freie 308, 309
Diffusionskoeffizienten 310
Dimension 11
DIRAC, PAUL ADRIENNE MAURICE (geb. 1902) 161
Direktionsgröße 197
Diskusscheibe 142
Dispersion 239
DOPPLER, CHRISTIAN (1803–1853)
240
— -Prinzip 240
— — bei Schallwellen 256
Drall 136
Drehbewegung 127
Drehimpuls 136
Drehimpulserhaltungssatz 138
Drehmasse 131
Drehmoment 127
Dreistufenrakete 183
Drillung 272
Druck, hydrostatischer 278
— in ruhenden Flüssigkeiten 276
—, kritischer 355
—, statischer 294
Druckspannung 268
Dualismus von Welle und Korpuskel
397
Durchbiegung 273
Durchlässigkeitsgrad 254
Durchsatz 178
Durchschnittsbeschleunigung 45
Durchschnittsgeschwindigkeit 39
Dyn 80
Dynamometer 71

- Ebene, geneigte 103
 EDDINGTON, ARTHUR STANLEY
 (1882 – 1944) 380, 399
 Effusion 310
 Eigenfrequenz 211, 212
 Einheit 5, 6, 7
 —, atomphysikalische 9
 Einheitensystem 8, 10
 —, kohärentes 10
 Einheitszeichen 6
 Einstufenrakete 183
 Eispunkt 319
 Elastizitätsmodul 270
 Elementarwelle 232
 Elongation 195
 Endgeschwindigkeit, ideale 181
 Endmaßstab 15, 16
 Energie 108
 —, elastische 110
 —, innere 360
 —, kinetische 110
 —, potentielle 109
 —, Prinzip der Erhaltung von 361
 Energieerhaltungssatz 110, 111
 Energieformen der Mechanik 110
 Energiesatz der Mechanik 111
 Entropie 380
 Entropiesatz 379
 Entropievermehrung, Prinzip der 379
 Entspannungsmittel 284
 Epizyklentheorie 155
 Epizykloiden 155
 Erddichte 163
 Erdmasse 163
 Erfahrungswissenschaft 2
 Erg 101
 Erkenntnis, Grenzen der physikalischen 399
 Erregerfrequenz 212
 Erwärmung, isobare 343
 —, isochore 343
 Exameter 15
 Experiment 391, 393
 —, physikalisches 3

Fadenpendel 195, 196
 Fahrstrahl 84
 Fallbeschleunigung 50
 —, auf dem Mond 51
 —, Normwert der 50
 Fallbewegungen 49
 FARADAY, MICHAEL (1791 – 1867) 147
 Faser, neutrale 273
 FECHNER, GUSTAV THEODOR (1801 – 1887)
 260
 Federkonstante 105
 Federpendel 194, 196
 Fehlordnung, chemische 266
 —, FRENKEL- 266
 —, SCHOTTKY- 266
 Feld 147, 151
 —, elektrisches 147
 —, homogenes 152
 —, inhomogenes 152
 —, magnetisches 147
 Femto 11
 Femtometer 15

 Fermi 15
 Fernkräfte 147
 Fernmeldesatellit 174
 Fernordnung 263
 Fernwirkung 147
 Festkörper 263
 —, amorpher 263
 —, kristalliner 263
 Feststoffrakete 177
 Figurenachse 141
 Fixpunkt 320
 Flachschuß 63
 Flachwurf 63
 Fläche 16
 Fliehkraft 92
 Fließgrenze 271
 Fluchtenergie 186
 Fluchtgeschwindigkeit 185
 Flüssigkeit 275
 —, benetzende 288
 —, Bewegung idealer 292
 —, ideale 275
 —, inkompressible 275
 —, nicht benetzende 288
 —, Viskosität der 295
 Flüssigkeitsrakete 177
 Flüssigkeitsthermometer 321
 Fluktuationen 22
 Formelzeichen 6
 FOUCAULT, LÉON (1819 – 1868) 95
 — -Pendel 96
 FOURIER, JEAN BAPTISTE (1768 – 1830) 210
 Freiflugbahn 192
 Freiheitsgrad 337
 FRENKEL-Fehlordnung 266
 Frequenz 56, 195, 220
 — -Amplituden-Diagramm 244
 Frequenzspektrum des Klages 244
 FRESNEL, AUGUSTIN JEAN (1788 – 1827)
 234
 Fundamentalpunkt 320

GALILEI, GALILEO (1564 – 1642) 3, 49, 72,
 73, 148, 156
 — -Transformationen 88
 GALLE, JOHANN GOTTFRIED (1812 – 1910)
 162
 Gasdruck 301
 Gasgleichung, universelle 334
 Gas im Schwerefeld der Erde 311
 —, einatomiges 337
 —, zweiatomiges 337
 —, dreiatomiges 338
 —, ideales 300
 —, mechanische Eigenschaften 299
 —, mehratomiges 338
 —, Modell des idealen 300
 —, permanentes 354
 —, quasi ideales 300
 —, Wägung von 315
 Gasthermometer 322
 GAUSS-RAUSCHEN 245
 GAY-LUSSAC, LOUIS JOSEPH (1788 – 1850)
 365
 — -Gesetz 321
 Gegenstromprinzip 366

 Generalkonferenz für Maß und Gewicht
 8
 Geräusch 245
 Gesamtdruck 294
 Gesamtpotential Erde-Mond 171
 Geschoß 142
 Geschoßdrall 142
 Geschwindigkeit 36, 37
 —, astronautische, erste 184
 —, —, zweite 185
 —, —, dritte 187
 —, —, vierte 187
 —, kosmische, erste 184
 —, —, zweite 184
 —, —, dritte 187
 —, —, vierte 187
 —, mittlere 39, 45, 303
 —, resultierende 32
 —, Wirkung auf den Menschen 42
 —, Geschwindigkeit-Zeit-Diagramm 38,
 44
 —, Geschwindigkeit-Zeit-Gesetz für die
 gleichmäßig beschleunigte Bewegung
 44
 Geschwindigkeitsquadrat, mittleres 303
 Gesetz über Einheiten im Meßwesen 8
 —, physikalisches 4, 70
 Gewicht 68, 81, 83
 — eines Körpers 68
 Gewichtskraft 68, 81, 83, 94
 Gewichtsstück 84
 Giga 11
 Gigameter 15
 glatte Eisfläche 79
 Gleichgewicht, dynamisches 351
 Gleichgewichtsbedingung 131
 Gleichung, persönliche 24
 Gleichverteilungssatz 338
 GOETHE, JOHANN WOLFGANG VON
 (1749 – 1832) 156
 Grad Celsius 320
 Graphit 265
 Gravitation 146, 148
 Gravitationsdrehwaage 149, 161
 Gravitationsfeld 148, 150
 — der Erde 152
 —, Feldlinien des 151
 Gravitationsfeldstärke 151, 169
 —, Normwerte der 152
 Gravitationsgesetz, NEWTON- 159, 160
 Gravitationskonstante 161
 Gravitationskraft 81, 148, 150
 Gravitationspotential 165, 167, 169
 — an der Erdoberfläche 169
 — an der Mondoberfläche 170
 Grenzernergie 185
 Grenzflächenspannung 287
 Grenzgeschwindigkeit 184
 Grenzkurve 355
 Größe, abgeleitete 5, 8
 —, atomphysikalische 9
 —, physikalische 5
 —, physikalische, Rechnen mit 9
 —, skalare 31
 —, vektorielle 31
 Größengleichung 8

- Größensystem 8
 Grundton 244
- HAGEN, G.** (1797 – 1884) 297
 — -POISEUILLE-Gesetz 297
 Halbwertschichtdicke 257
 Halbwertszeit 203
 Hauptsatz der Wärmelehre
 — — erster 360
 — — zweiter 369
 Hauptträgheitsachse 133, 140
 Hektar 17
 Hekto 11
 Hektometer 15
HELMHOLTZ, HERMANN VON (1821 – 1894) 361
HERSCHEL, FRIEDRICH WILHELM
 (1738 – 1822) 162
 Hertz 56
 Himmelsmechanik 161
 Höchstleistungen, sportliche 153
 Höhenformel, barometrische 314
 Hörschall 243
HOOKE, ROBERT (1635 – 1703) 71
 — -Gesetz 105, 270, 274
 Horizont, künstlicher 144
 Hubarbeit 103
HUYGENS, CHRISTIAN (1629 – 1695) 232, 396
 — -Prinzip 232
 Hydrostatik, Grundgesetz der 277
 Hyperschall 244
- Idealisierung 391
 Impuls 115
 Impulsänderung 117
 Impulserhaltungssatz 118, 125
 induktiver Weg 305
 Inertialsystem 27, 88
 Infinitesimalbeschleunigung 46
 Infinitesimalrechnung 40
 Infrashall 243
 Interferenz der Schallwellen 248, 249
 — der Wellen 224
 — -Hyperbel 250
 Internationales Einheitensystem (SI-System) 8
 Ionengitter 263, 264
 Ionenmasse, relative 325
 Isobaren 334
 Isochoren 334
 Isotherme 334
 —, kritische 355
- JOLLY, PHILIP VON** (1809 – 1884) 153
JOULE, JAMES PRESCOTT (1818 – 1889) 340, 360, 365
 Joule, das 100, 339
 Joulesekunde 113
JOULE-THOMSON-Effekt, inverser 366
 —, normaler 366
 Jupitermasse 164
- Kältemaschine** 381
 —, Wirkungsgrad einer idealen 382
 Kalorie 339
- Kausalgesetze 390
 Kausalität 389
 Karat 67
 —, metrisches 67
 Kelvin 323
KEPLER, JOHANNES (1571 – 1630) 156
KEPLER-Gesetz, erstes 157
 —, zweites 157
 —, drittes 159
 — für die Satellitenbewegung, erstes 188
 — — —, zweites 188
 — — —, drittes 188
 Kernfeld 148
 Kilo 11
 Kilogramm 66
 Kilokalorie 339
 Kilometer 15
 Kilopond 80, 81
 Kilopondmeter 101
 — durch Sekunde 113
 Kinematik 27, 30
 Kinderspielreifen 142
 Klang 244
 —, Frequenzspektrum des 244
 Klanganalyse 244
 Klangfarbe 244
 Klanggemisch 245
 Klanghöhe 244
 Klangstärke 244
 Knall 245
 Knotenpunkt 227
 Körper, amorpher 267
 —, anisotroper 267
 —, elastische Eigenschaften der 267
 —, isotroper 267
 Kohäsionskräfte 287
 Kombinationsgitter 265
 Kombinationstyp 263
 Komponente 34
 Kompressibilität 274
 Kompression, elastische 273
 Kompressionsmodul 274
 Kontinuität 388
 Kontinuitätsgleichung 293
 Koordinatensystem 27
KOPERNIKUS, NIKOLAUS (1473 – 1543) 155
 Kopplung, feste 214
 —, lose 214
 Korpuskulartheorie des Lichtes 397
 Kräftegleichgewicht 130
 Kräftegleichheit, Definition der 70
 Kräftepaar 129
 —, Arm des 130
 Kräftevielfaches, Definition des 70
 Kraft 69
 — und Beschleunigung 75
 — und Gegenkraft 78
 — und Kompensationskraft 80
 — -Weg-Diagramm 105
 Kraft, konservative 112
 Kraftarm 127
 Kraftfeld 146, 147, 151
 Kraftmesser 71, 82
 —, Kalibrierung des 82
 Kraftmessung 69, 82
 —, dynamische 70
 —, statische 69
 Kraftstoß 116, 117
 Kreisbewegung 54
 —, gleichmäßige 54, 84, 91
 Kreisel 139
 —, kräftefreier, symmetrischer 141
 —, nicht kräftefreier, symmetrischer 143
 —, nordsuchender 145
 —, symmetrischer 140
 Kreiselhorizont 144
 Kreiselkompaß 144
 Kreiselkräfte 143
 Kreisfrequenz 56
 Kubikmeter 17
 Kugelfallmethode 297
KUNDT, AUGUST (1839 – 1894) 251
 — -Rohr 251
 — -Staubfiguren 252
 Kurve, ballistische 63
 Kurzzeichen 11
- Länge 13
 — im Kosmos 16
 Längeneinheit 13
 Längenmessung 6
 —, mittelbare 15
 —, unmittelbare 15
 Längswelle 218
 Lärm 260
 Lärmbelästigung 261
 Lageenergie 109
LAPLACE, PIERRE-SIMON DE (1749 – 1827) 163, 223, 387
 — -Dämon 387
 Lautstärke 260, 261
 Leermasse 178
LEIBNIZ, GOTTFRIED WILHELM
 (1646 – 1716) 388
 Leistung 112
 — des Menschen 113
 Leitungselektronen 265
LEVERRIER, URBAIN JEAN JOSEPH
 (1811 – 1877) 162
 Lex quarta 203
 Licht, Korpuskulartheorie des 397
 —, Wellentheorie des 397
 Lichtstrahl 235
LINDE, CARL VON (1842 – 1934) 366
 — -Verfahren 366
 Linkssystem 28
 Liter 18
LISSAJOUS, JULES ANTOINE (1822 – 1880) 206
 — -Kurven 206
 Longitudinalwellen 217, 218
 — in festen Körpern 221
 — in Flüssigkeiten 223
 — in Gasen 223
LOSCHMIDT, JOSEPH (1821 – 1895) 328
LOSCHMIDT-Konstante 328
 Luftdruck 312
 —, Abnahme mit der Höhe 312
 —, atmosphärischer 312
 Luftfahrt 174
 Luna 17, 175
 Lunochod 175

- MARIOTTE, EDME (1620 – 1684) 304
 Marssonde 175
 Masse 65, 328
 —, Erhaltung der 66
 —, molare 328
 —, schwere 66, 77, 172
 —, spezifische 68
 —, träge 66, 77, 172
 Massenanziehung 148
 Masseneinheit, atomare 325
 Messgleichheit 67
 —, Definition der 77
 Massenmittelpunkt 118, 120
 Massenpunkt 29
 Massenvielfaches 68
 Maßgleichheit 7
 Maßvielfachheit 7
 MAXWELL, JAMES CLERK (1831 – 1879)
 357, 396
 MAYER, JULIUS ROBERT (1814 – 1878) 360
 Mechanik 13
 —, Energieformen der 110
 —, Grundgesetz der 77
 Medien, isotrope 239
 Mega 11
 Megameter 15
 Messung einer physikalischen Größe 5
 — von Kräften 80
 Meßergebnisse, Auswertung der 393
 Meßflasche 18
 Meßpipette 18
 Meßsatellit 174
 Meßverfahren 7
 Metallgitter 263, 264
 Meter 13, 15
 Meterkonvention 13
 Meterprototyp, internationaler 14
 Meter-Wassersäule 277
 Metronomie 13
 Milli 11
 MILLIKAN-Versuch 297
 Millimeter 15
 Mikro 11
 Mikrometer 15
 Mikron 15
 Mischungsversuche 341
 mmHg 277
 Modelle 394
 Modellvorstellungen in der Physik 396
 Mol 327
 Molekülbewegung und absolute Temperatur 336
 Molekülgeschwindigkeiten 306
 Molekülgitter 263, 264
 Molekülmasse, relative 325
 Molekularkräfte 275, 287
 Momentanbeschleunigung 46
 Momentangeschwindigkeit 40
 Mond 82
 Mondbewegung 58
 mWs 277
- Nachrichtensatellit 174
 Nahordnung 263
 Nano 11
 Nanometer 15
- Neper 260
 Neptun 162
 Newtonmeter 128
 NEWTON, ISAAC (1643 – 1727) 66, 72, 73,
 148
 — -Flüssigkeit 295
 — -Axiom, erstes 73
 — —, zweites 77, 115
 — —, drittes 78
 — —, der Mechanik 73
 Newton, das 80
 Newtonsekunde 115
 Niveaulfläche 168
 Normalbeschleunigung 48, 57
 Normalspannung 268
 Normalvolumen 333
 Normfallbeschleunigung 51
 Nullpunkt, absoluter 323
- Oberflächenspannung bei Flüssigkeiten
 282
 —, spezifische 283
 Oberflächenwelle 223
 Oberton 244
 Objektivierbarkeit 390
 Ortsvektor 27
 OSTWALD, WILHELM (1853 – 1932) 372
 Oszillator 212
- Partialschwingung 244
 PASCALE, BLAISE (1623 – 1662) 277
 — -Gesetz 277
 Pascale, das 268
 Pascalsekunde 296
 Pegel 260
 Pendel, mathematisches 202
 Perigäum 188
 Periode 56, 195
 Periodendauer 56
 Periphel 158, 188
 Perpetuum mobile erster Art 361
 — — zweiter Art 372
 Petameter 15
 Pferdestärke 113
 Phase der Schwingung 198
 Phasendiagramm 357, 358
 Phasendifferenz 206
 Phasenumwandlung 357
 Phasenverschiebung 206
 Phonmeter 261
 Phonon 266
 Photontriebwerk 178
 Picometer 15
 Piko 11
 Planetenbewegung 154
 Pluto 162
 POINCARÉ, HENRY (1854 – 1912) 396
 Poise 296
 POISSON, DENIS (1781 – 1840) 271, 364
 — -Gesetz 368
 — -Konstante 364
 — -Zahl 271
 Polarisation 230
 Polarisator 231
 Pond 80
 Pondzentimeter 101
- Potential 167
 Potentialtopf 170
 Präzession 143
 Präzisionsmessung 25
 Produkt, skalares 35
 —, vektorielles 35
 Proportionalitätsgesetz 271
 Prozesse, adiabatische 362
 —, isobare 362
 —, isochore 362
 —, isotherme 362
 PTOLEMÄUS, CLAUDIUS (85 – 165 n. Chr.)
 155
 Pycnometer 18
- Quadratmeter 17
 Quarzuhr 24
 Quecksilberthermometer 321
 Quecksilbertropfen 286
 Querkontraktion 269, 271
 Querkontraktionszahl 271
 Querwelle 217
 QUINCKE, GEORG HERMANN (1834 – 1924)
 248
 — -Interferenzrohr 249
- Radialbeschleunigung 48, 57
 Radialkraft 84
 Radian 19
 Radiusvektor 84
 Rakete 176
 —, Massenverhältnis der 181
 —, Polaris- 177
 —, Saturn-5- 175, 177
 —, —, dreistufige 183
 —, Stufenprinzip bei 183
 Raketenantrieb 176
 Raketenformel 178
 Raketentriebwerk, Schub eines 180
 Randwinkel 289
 Raum 13
 Raumfahrt 174
 —, erdnahe 174
 —, intergalaktische 176
 —, interlunare 175
 —, interplanetare 175
 —, interstellare 175
 —, terrestrische 174
 Raumfahrzeug, Apollo- 175
 Rauminhalt 17
 Raumsonde 191
 Raumwelle 223
 Raumwinkel 20
 Rauschen, weißes 245
 Rechtsschraubenregel 36
 Rechtssystem 28
 Reflexion der Schallwellen 253
 — der Wellen 236
 Reflexionsgesetz 237
 Reflexionsgrad 254
 Reibung, innere 275
 —, Koeffizient der inneren 295
 Reibungsarbeit 107
 Relativitätsprinzip der klassischen
 Mechanik 87, 89
 Resonanz 213
 Resonanzfrequenz 213

- Resonanzkatastrophe 213
 Resonanzkurve 213
 Resonator 213
 Richtgröße 197
 Richtmoment 272
 RÖNTGEN-Strahlen 227
 Rotationsbewegung 127, 135
 Rotationsenergie 132, 337
 RUBENS, HEINRICH (1865 – 1922) 252
 — -Flammenrohr 252
 Rückstellkraft 194, 195
 Rückstoßprinzip 176
 Ruhe 27
- Sättigungsdampfdruck 351
 Sättigungsgebiet 355
 Sättigungszustand 351
 Satellit 191
 Satellitenbahn 188
 Satellitenparadoxon 190
 Schallabsorption 257
 Schallabsorptionskoeffizient 257
 Schallausschlag 258
 Schalldruck 258
 Schallfeld 257
 Schallfeldgrößen 257
 Schallgeschwindigkeiten 247
 Schallgeschwindigkeit in Gasen 247
 — — festen Körpern 247
 — — Flüssigkeiten 247
 Schallintensität 254, 258
 Schallkopf 245
 Schalleistung 258
 Schalleistungspegel 260
 Schallschnelle 258
 Schallschnellenamplitude 259
 Schallstärke 258
 Schallwechsellldruck 258
 Schallwelle 243
 —, Ausbreitung der 246
 —, Beugung der 255
 —, Brechung der 253
 —, DOPPLER-Prinzip bei 256
 —, Interferenz der 248, 249
 —, Reflexion der 253
 —, stehende 251
 —, Totalreflexion 253
 Schallwellenwiderstand 254
 Scheinbeschleunigung 89
 Scheinkräfte 89
 Scherung, elastische 271
 Scherungsebene 271
 Scherungsmodul 272
 Scherungswinkel 271
 SCHLICK, ERNST OTTO (1840 – 1913) 143
 — -Schiffskreisel 143
 Schmelzdruckkurve 358
 Schmelzpunkt 347
 Schmelzwärme, molare 347
 SCHÖTTKY-Fehlordnung 266
 Schraubenfeder 71
 Schub 176
 — eines Raketentriebwerkes 180
 Schubkoeffizient 272
 Schubspannung 268
 Schubzahl 272
- Schweben 281
 Schwebung 210
 Schwebungsdauer 210
 Schwebungsfrequenz 210
 Schweißen, Zone des 255
 Schwere 172
 Schweredruck bei ruhenden Flüssigkeiten 278
 Schwerefeld 148
 —, Gase im — der Erde 311
 Schwerelosigkeit 90, 93, 192
 Schwerkraft 81
 Schwerpunkt 118, 120
 Schwerpunktsatz 118, 121, 125
 Schwimmen 280, 281
 Schwingung 194
 —, erzwungene 211, 212
 —, freie 211
 —, gedämpfte 196
 —, gedämpft harmonische 202
 —, harmonische 196, 197, 198
 —, mechanische 194
 —, Phase der 198
 —, Superposition von 204
 —, Überlagerung harmonischer 203
 —, Überlagerung von 204
 —, ungedämpfte 196
 —, Zeigerstellung der harmonischen
 Schwingungsdauer 220
 Schwingungsebene 231
 Schwingungsenergie 337
 Schwingungsweite 195
 Schwingungszahl 195, 220
 Seifenblase 286
 Sekunde 22
 Sekundenpendel 23
 Sieden 353
 Siedepunkt 319
 Sinusschwingung 198
 Skalar 30, 31
 SNELLIUS-Brechungsgesetz 238
 SOMMERFELD, ARNOLD (1868 – 1951) 399
 Sonnenmasse 164
 Sonnentag, mittlerer 21
 —, wahrer 21
 Spannarbeit 105
 Spannung, mechanische 268
 Spannungs-Dehnungs-Diagramm 271
 Spannungskoeffizient 321
 Stabilisierungseinrichtungen 143
 statistische Begriffe 300
 — Gesetze 300
 Stauchung 269
 Staudruck 294
 Steigzeit 61
 Steilschuß 63
 Steilwurf 63
 STEINER-Gesetz 136
 Steradian 20
 STERN, OTTO (1888 – 1969) 307
 Sterntag 21
 Stetigkeit 388
 Stoffmenge 327
 STOKES, GEORGE GABRIEL (1819 – 1903)
 296, 297
 — -Gesetz 297
- Stoppuhr 24
 Stoß 121
 —, vollkommen elastischer 121
 —, vollkommen unelastischer 124
 Stoßfrequenz, mittlere 308
 Strahl 235
 Strichmaßstab 15
 Strömung, laminaire 295
 —, stationäre 292
 Stromlinien 292
 Sublimation 348
 Sublimationsdruckkurve 358
 Symmetriekombination 263
 Systeme, konservative 112
 Synchronsatellit 174
- Tangentialbeschleunigung 47
 Tangentialspannung 268
 Teilchenmenge 327
 Teilchenzahl 327
 Teilchenzahldichte 302
 Teilschwingung 244
 Temperatur 319
 —, absolute 323
 —, kritische 355
 Temperaturdifferenzen 323
 Temperaturskala, empirische 320
 —, thermodynamische 324
 Tera 11
 Terameter 15
 Thermodynamik 319
 —, Hauptsätze der 360
 Thermometer 319
 THOMSON, SIR WILLIAM (LORD KELVIN)
 (1824 – 1907) 323, 365, 396
 Ton 244
 Tonfrequenzgenerator 245
 Tongemisch 245
 Tonhöhe 244
 Tonne 67
 Tonstärke 244
 Torr 277
 TORRICELLI-Gesetz 294
 — -Rohre 350
 — -Vakuum 350
 Torsion 272
 Torsionspendel 195, 272
 Torsionsschwingung 195, 272
 Totalreflexion 254
 —, der Schallwellen 253
 Trägheit 66, 77, 172
 Trägheitskraft 86, 88
 Trägheitsmoment 131, 135
 —, Beispiel für 136
 Trägheitsprinzip 73, 74, 75, 77
 Translationsbewegung 135
 Translationsenergie 337
 Transversalwellen 217
 Triebwerk 176
 —, elektrisches 178
 —, elektrostatisches 178
 —, elektrothermisches 178
 —, magnetohydrodynamisches
 178
 —, nukleares 177
 Tripelpunkt 358

- Tripelpunkt des Wassers 324, 359
 Tropfen, kugelförmiger 286
- Übergangsgitter** 265
 Übergangstyp 263
 Überlaufgefäß 18
 Überströmungsversuch 365
 Uhr 23
 Ultraschall 243
 Umlaufzeit 56, 159, 174, 188
 Unabhängigkeitsprinzip 203
 Unordnung, Prinzip der molekularen 302
 Uranus 162
 Urmeter, Prototyp des 14
- VAN-DER-WAALS, JOHAN DIDERIK**
 (1837 – 1923) 356
 — -Kräfte 265
 — -Konstanten 356
 — -Zustandsgleichung 356
- Vektor** 30, 31
 —, Addition von 32
 —, Multiplikation zweier 35
 —, skalares Produkt zweier 35
 —, Subtraktion von 33
 —, Zerlegung eines 34
Vektorprodukt zweier Vektoren 35
Venussonde 175
Verdampfungswärme, molare 348
Verdichtung 218
Verdrillungsmodul 272
Verdünnung 218
Verdunstung 348, 353
Verfahren, deduktives 4, 395
 —, induktives 4, 391
Verflüssigung 354
Versuch, physikalischer 3
Verwindung 272
Viskosität 275
 — der Flüssigkeiten 295
 —, kinematische 295
- VOLTAIRE, FRANCOIS MARIE AROUET**
 (1694 – 1778) 148
- Volumen** 17
 —, molares 329
Volumenausdehnungskoeffizient
 321
Vorgang, nicht umkehrbarer 367
 —, umkehrbarer 367
- Vorsätze** 11
Vortrieb 176
VIVIANI, VINCENZO (1622 – 1703) 95
- Wägung** 68
 — von Gasen 315
Wägestück 83
Wärmekapazität 339, 343
 —, molare 344
 —, —, bei konstantem Druck 344, 345
 —, —, bei konstantem Volumen 344
 —, spezifische 339, 342
 —, —, für einige Gase 343
 —, —, einiger fester und flüssiger Stoffe 341
Wärmelehre, erster Hauptsatz der 360, 361
 —, zweiter Hauptsatz der 371, 377
Wärmemenge 339
Wärmepumpe 381
 —, Wirkungsgrad einer idealen 382
Wärmetod der Welt 371
Wahrscheinlichkeit 368, 370
Wahrscheinlichkeitsverhältnis, thermodynamisches 370
Wasserstoffatom, Größe des 331
Watt, das 112
Wattsekunde 339
WEBER, WILHELM (1804 – 1891) 260
 — -FECHNER-Gesetz 260
Weglänge, mittlere freie 307
Weg-Zeit-Diagramm 28, 37
 — -Gesetz 28
 —, für gleichförmige Bewegung 37
 —, für gleichmäßig beschleunigte Bewegung 45, 54
- WEIZSÄCKER, CARL FRIEDRICH VON**
 (geb. 1912) 400
Welle 194
 —, Ausbreitungsgeschwindigkeit transversaler 223
 —, Brechung der 236, 238
 —, Entstehung von 213
 —, Interferenz der 224
 —, polarisierte 231
 —, räumliche Ausbreitung der 234
 —, Reflexion der 236
 —, stehende 227
Wellenberg 217
Wellenlänge 220
 —, mittlere freie 307
Wellental 217
Wellentheorie des Lichtes 397
Wellenzahl 220
Weltäther 147
- Weltbetrachtung, magische** 385
 —, physikalische 385
Weltbild der klassischen Physik 385
 —, geozentrisches 155
 —, heliozentrisches 155
 —, Kopernikanisches 155
 —, Ptolemäisches 155
Wettersatellit 175
Winkel 19
 —, ebener 19
 —, räumlicher 19
Winkelbeschleunigung 134
Winkelgeschwindigkeit 55
 —, Einheit der 55
Winkelrichtgröße 272
Wirkung 113
Wirkungsgrad, thermodynamischer 376
 —, wirtschaftlicher 377
Wirkungsquantum 113
WULF, THEODOR (1868 – 1946) 330
Wurf, horizontaler 58
 —, schiefer 58, 60
 —, vertikaler 53
Wurfhöhe 62
Wurfweite 62
- Zähigkeit** 275
 —, dynamische 295
 —, kinematische 295
Zahlenwert 5, 6, 7
Zeit 13, 380
Zeitkonstante 203
Zeitmessung 24
Zelle 176
Zenti 11
Zentimeter 15
Zentralbewegung 159
Zentrifugalkräfte 85, 92
Zentripetalbeschleunigung 57
Zentripetalkraft 84
Zerreibfestigkeit 271
Zerreißspannung 271
ZIOLKOWSKI, KONSTANTIN
 EDUARDOWITSCH (1857 – 1935) 178
 — -Raketenformel 178, 181
Zone, wirksame 234
Zugspannung 268
Zugwirkung von Kaminen 315
Zungenfrequenzmesser 213
Zusammendrückbarkeit 274
Zustandsgrößen 333
Zweikörperproblem 191

Bildquellennachweis

Leybold-Heraeus, Köln (341.2); Phywe AG, Göttingen (214.2, 216.1, 237.3, 245.1, 246.1, 252.1, 301.2 a, b); Sperry Kreiselschleife, München (144.1, 144.4)

Inhalt

1. Einführung	1
1.1 Die Aufgaben und Ziele der Physik	1
1.2 Die Arbeitsweise der Physik	2
1.3 Die physikalischen Größen und ihre Messung	4
1.4 Die Basisgrößen und Basiseinheiten	8
1.5 Die Dimensionen	11
2. Mechanik	13
2.1 Der Raum und die Zeit	13
2.1.1 Die Länge und ihre Messung	13
2.1.2 Die Fläche und ihre Messung	16
2.1.3 Das Volumen und seine Messung	17
2.1.4 Der Winkel und seine Messung	19
2.1.5 Die Zeit und ihre Messung	20
2.1.6 Die Bedeutung und die Grenzen der Präzisionsmessungen	25
2.2 Die Kinematik der Massenpunkte	27
2.2.1 Die Bezugssysteme	27
2.2.2 Das Modell des Massenpunktes	29
2.2.3 Die Vektoren und die Skalare	30
2.2.4 Der Umgang mit Vektoren	32
2.2.5 Der Begriff der Geschwindigkeit	36
2.2.6 Der Begriff der Beschleunigung	42
2.2.7 Die verschiedenen Bewegungsarten der Massenpunkte	48
2.2.8 Die Fallbewegungen	49
2.2.9 Der vertikale Wurf	53
2.2.10 Die gleichmäßige Kreisbewegung	54
2.2.11 Der horizontale und der schiefe Wurf	58
2.2.12 Die Bewegungen und das Bezugssystem	63
2.3 Die Masse und die Kraft	65
2.3.1 Die Masse und ihre Messung	65
2.3.2 Die spezifische Masse oder die Dichte	68
2.3.3 Die Kraft und ihre Wirkungen	69
2.3.4 Die Newton-Axiome der Mechanik	73
2.3.5 Die Messung von Kräften	80
2.3.6 Die Gewichtskraft und das Gewicht	81
2.3.7 Die Kräfte bei der gleichmäßigen Kreisbewegung	84
2.3.8 Die Trägheitskräfte	86