

Einheiten

Wir werden in diesem Buch stets SI-Einheiten benutzen. Dieses Einheitensystem baut auf vier Basiseinheiten auf: Meter, Kilogramm, Sekunde und Ampere. Einen Überblick über die daraus abgeleiteten Einheiten gibt die nebenstehende Tabelle. Sie enthält auch die Umrechnungsfaktoren in CGS-Einheiten, in denen es nur drei Basiseinheiten, Gramm, Zentimeter und Sekunde gibt. Die Einheit der Ladung wird hier über das Coulombsche Gesetz als abgeleitete Einheit definiert.

Es ist oft zweckmäßig, Vielfache der Einheiten zu verwenden. Wir können Längen beispielsweise in Metern, Kilometern (10^3 m), Zentimetern (10^{-2} m), Millimetern (10^{-3} m), Mikrometern (10^{-6} m) oder Nanometern (10^{-9} m) ausdrücken. Die Tabelle zeigt, wie derartige Vielfache der Basiseinheiten mit Hilfe von Vorsätzen gebildet werden.

Dezimalvorsätze

Zehnerpotenz	Vorsatz	Abkürzung	Beispiele
10^{12}	Tera-	T	
10^9	Giga-	G	Gigahertz (GHz)
10^6	Mega-	M	Megahertz (MHz) Megohm ($M\Omega$), Megawatt (MW)
10^3	Kilo-	k	Kilovolt (kV), Kilowatt (kW)
10^{-2}	Zenti-	c	Zentimeter (cm)
10^{-3}	Milli-	m	Milliampere (mA), Millihenry (mH)
10^{-6}	Micro-	μ	Microvolt (μV), Microfarad (μF)
10^{-9}	Nano-	n	Nanosekunde (ns)
10^{-12}	Pico-	p	Picofarad (pF), Picosekunde (ps)

Einheiten

Physikalische Größe	SI-Einheit	Abkürzung	CGS-Einheit
Länge	Meter	m	cm = 10^{-2} m
Masse	Kilogramm	kg	g = 10^{-3} kg
Zeit	Sekunde	s	s
Kraft	Newton	$N = \text{kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2$	dyn = 10^{-5} N
Energie	Joule	$J = \text{Nm}$	erg = 10^{-7} J
Leistung	Watt	$W = \text{J}/\text{s}$	erg/s = 10^{-7} W
elektrische Ladung	Coulomb	$C = \text{As}$	$(10^{-9}/2,998)$ C
elektrischer Strom	Ampere	A	10 A
Spannung	Volt	$V = \text{W}/\text{A}$	299,8 V
elektrisches Feld	Volt/Meter	$\text{V}/\text{m} = \text{N}/\text{C}$	
Magnetfeld ¹⁾	Tesla	$\text{T} = \text{Wb}/\text{m}^2$	Gauß = 10^{-4} T
Widerstand	Ohm	$\Omega = \text{V}/\text{A}$	
Kapazität	Farad	$F = \text{C}/\text{V}$	
Induktivität	Henry	$H = \text{Vs}/\text{A}$	

¹⁾ Unter „Magnetfeld“ verstehen wir hier, ebenso wie in Band 2 des Berkeley Physik Kurses das Feld B , das oft als „magnetische Induktion“ oder „magnetische Flußdichte“ bezeichnet wird. Unglücklicherweise wurde nämlich bei der Schaffung der SI-Einheiten das Hilfsfeld H als „Magnetfeld“ bezeichnet; dieses Feld werden wir hier nicht benötigen. (A.d.Ü.)

Berkeley Physik Kurs

Band 6

PHYSIK

IM

EXPERIMENT

Berkeley Physik Kurs

Band 6

Band 1 Mechanik

Band 2 Elektrizität und Magnetismus

Band 3 Schwingungen und Wellen

Band 4 Quantenphysik

Band 5 Statistische Physik

Band 6 Physik im Experiment

Alan M. Portis Hugh D. Young

***PHYSIK
IM
EXPERIMENT***

Mit 307 Bildern



Friedr. Vieweg + Sohn · Braunschweig

Originalausgabe

Alan M. Portis, Hugh D. Young

Berkeley Physics Laboratory, 2nd Edition

Copyright © 1971 by McGraw-Hill, Inc.

Die 1. Auflage der Originalausgabe, Copyright © 1963, 1964, 1965 by Education Development Center, wurde durch die finanzielle Unterstützung der National Science Foundation an Education Development Center ermöglicht.

Deutsche Ausgabe

Wissenschaftliche Beratung:

Prof. Dr. *Roman Sexl*, Wien

Übersetzung aus dem Englischen:

Prof. Dr. *Theodor Duenbostl*, Prof. Dr. *Roman Sexl*

Verlagsredaktion: *Alfred Schubert*

CIP-Kurztitelaufnahme der Deutschen Bibliothek

Berkeley-Physik-Kurs. – Braunschweig: Vieweg.
Einheitssacht. Berkeley physics cours (dt.)

NE: EST

Bd. 6. → Portis, Alan M.: Physik im Experiment

Portis, Alan M.

Physik im Experiment / Alan M. Portis; Hugh D.
Young. – 1. Aufl. – Braunschweig: Vieweg, 1978.

(Berkeley-Physik-Kurs; Bd. 6)

Einheitssacht.: Berkeley physics laboratory (dt.)

ISBN 978-3-528-08356-4 ISBN 978-3-322-88768-9 (eBook)

DOI 10.1007/978-3-322-88768-9

NE: Young, Hugh D.:

1978

© der deutschen Ausgabe Friedr. Vieweg + Sohn Verlagsgesellschaft mbH, Braunschweig 1978
Softcover reprint of the hardcover 1st edition 1978

Alle Rechte an der deutschen Ausgabe vorbehalten

Die Vervielfältigung und Übertragung einzelner Textabschnitte, Zeichnungen oder Bilder, auch für Zwecke der Unterrichtsgestaltung, gestattet das Urheberrecht nur, wenn sie mit dem Verlag vorher vereinbart wurden. Im Einzelfall muß über die Zahlung einer Gebühr für die Nutzung fremden geistigen Eigentums entschieden werden. Das gilt für die Vervielfältigung durch alle Verfahren einschließlich Speicherung und jede Übertragung auf Papier, Transparente, Filme, Bänder, Platten und andere Medien.

Satz: Friedr. Vieweg + Sohn, Braunschweig

Umschlaggestaltung: Peter Morys, Wolfenbüttel

ISBN 978-3-528-08356-4

„Physik im Experiment“ ist die deutschsprachige Ausgabe des „Berkeley Physics Laboratory“. Der deutsche Titel soll andeuten, daß das vorliegende Buch weit über den Inhalt der üblichen Bücher zu physikalischen Praktika hinausgeht: „Physik im Experiment“ ist ein ausgereiftes Lehrbuch der Experimentalphysik und des Experimentierens.

Die Experimente umfassen dabei einen unüblich großen Ausschnitt aus dem Gesamtgebiet der Physik. Beginnend mit der Statistik, über elektronische Instrumente reicht das Spektrum bis zur Atomphysik, Kernphysik und Halbleiterelektronik. Dabei werden alle benötigten Begriffe, wie z. B. die Grundideen der Statistik oder der Feldbegriff, anhand von Versuchen entwickelt. So steht eine in sich abgeschlossene Darstellung der Experimentiertechnik zur Verfügung, die der Student bereits in den ersten Semestern benutzen kann.

Für die Versuche werden die gängigen Experimentiergeräte oft in überraschend neuer Weise benutzt. Beispielsweise wird die Luftkissenfahrbahn zur

systematischen Erforschung von Reibungseffekten herangezogen, die oft nur als unerwünschte Störungen betrachtet werden, hier aber neue physikalische Einsichten vermitteln.

Ein separat erhältliches Manual gibt dem Praktikumsbetreuer Hinweise für den Einsatz leicht erhältlicher Standardbauteile zum Aufbau des Praktikums.

An jede der 60 Gruppen zusammengehöriger Experimente schließt sich eine Reihe von Fragen an, die den Stoff wiederholen und vertiefen, aber auch zu neuen Experimenten anregen.

„Physik im Experiment“ bietet dem zukünftigen Physiker eine solide Grundlage der Experimentiertechnik, die für Schule, Industrie und Forschung unerlässlich ist.

Wien, im Januar 1978

*Theodor Duenbostl
Roman Sexl*

Aus dem Vorwort zur englischen Ausgabe

Die Experimente sind in zwölf Gruppen zusammengefaßt, wobei jede Gruppe vier bis sechs Experimente umfaßt, deren Schwierigkeitsgrade sich jeweils steigern. Meist wird dieselbe Laborausüstung für alle Experimente einer Einheit benützt, wobei kleine Änderungen des Zubehörs für die einzelnen Experimente notwendig sind. Dies hat den pädagogischen Vorteil, daß sich der Student nicht für jedes Experiment mit einem vollständig neuen Versuchsaufbau vertraut machen muß. Die Experimente sind in Abschnitte unterteilt, welche durchnummeriert sind. So kann auch ein Teil eines Experiments als Aufgabe gestellt werden.

Wir hoffen, daß dieses Schema hinreichend flexibel ist, um einen individuellen Kursaufbau für verschiedene Zwecke zu ermöglichen. Es ist dabei nicht notwendig, sämtliche Experimente der Reihe nach durchzuführen. Für einige Versuche sind aber Vorkenntnisse wünschenswert. Beispielsweise sollte ein Student die Experimente über elektronische Instrumente kennenlernen, bevor er sich mit elektrischen Schaltungen oder Elektronen und Feldern beschäftigt.

Die Experimente können zumeist von einem Durchschnittsstudenten mit hinreichender Genauigkeit innerhalb von drei Stunden ausgeführt

werden. Manchmal wird es allerdings wünschenswert sein, einige Abschnitte auszulassen oder zwei Übungstage darauf zu verwenden. Die Stoffanordnung ist, wie wir hoffen, so gewählt, daß die Studenten jeweils ihren eigenen Fähigkeiten und Motivationen gemäß arbeiten können.

Bei der Überarbeitung des Lehrganges wurden durchgehend SI-Einheiten gewählt, da sie bei elektrischen Messungen in der Praxis stets üblich sind. Außerdem benützen nunmehr die meisten neuen Lehrbücher ausschließlich SI-Einheiten.

Abschließend möchten wir die Feststellung zum Vorwort der ersten Auflage wiederholen, nämlich daß dieser Kurs dem Studenten vielleicht mehr abverlangt, als konventionell aufgebaute Praktika. Wir haben uns bemüht, „Kochrezepte“ zu vermeiden, und es ist uns bewußt, daß für manchen Studenten größere Anstrengungen erforderlich sind. Diese Anstrengungen sind aber ein wesentlicher Teil des Lernprozesses und Vorbedingung eines vertieften Verständnisses physikalischer Vorgänge.

*Alan M. Portis
Hugh D. Young*

1. Mathematik und Statistik (MS)	1	5. Elektronen und Felder (EF)	81
1.1. Einleitung	1	5.1. Einleitung	81
1.2. MS-1: Ableitungen und Integrale	1	5.2. EF-1: Beschleunigung und Ablenkung von Elektronen	84
1.3. MS-2: Trigonometrische und Exponentialfunktionen	5	5.3. EF-2: Fokussierungs- und Intensitätsregelung	88
1.4. MS-3: Der beladene Würfel	10	5.4. EF-3: Magnetische Ablenkung von Elektronen	95
1.5. MS-4: Wahrscheinlichkeitsverteilungen	13	5.5. EF-4: Schraubenbewegung von Elektronen	100
1.6. MS-5: Binomialverteilung	16	5.6. EF-5: Röhrendioden und die Magnetronbedingung	104
1.7. MS-6: Normalverteilung	20		
2. Mechanik (M)	24	6. Elektrische Schaltkreise (ES)	110
2.1. Einleitung	24	6.1. Einleitung	110
2.2. M-1: Geschwindigkeit und Beschleunigung	24	6.2. ES-1: Schaltkreise mit Widerständen und Kondensatoren	111
2.3. M-2: Stöße	27	6.3. ES-2: Schaltkreise mit Widerständen und Spulen	121
2.4. M-3: Reibungskräfte	29	6.4. ES-3: <i>LRC</i> -Schaltkreise und Schwingungen	124
2.5. M-4: Periodische Bewegung	32	6.5. ES-4: Gekoppelte Oszillatoren	132
2.6. M-5: Erzwungene Schwingungen	37	6.6. ES-5: Periodische Strukturen und Leitungen	138
3. Elektronische Instrumente (EI)	41	7. Akustik und Flüssigkeiten (AF)	146
3.1. Einleitung	41	7.1. Einleitung	146
3.2. EI-1: Spannungs-, Strom- und Widerstandsmessungen	41	7.2. AF-1: Akustische Wellen	146
3.3. EI-2: Messung von Wechselspannung und Wechselstrom	45	7.3. AF-2: Schallbeugung und -interferenz	148
3.4. EI-3: Messung der Wellenform	51	7.4. AF-3: Akustische Interferometrie	150
3.5. EI-4: Vergleich veränderlicher Spannungen	59	7.5. AF-4: Flüssigkeitsströmungen	152
3.6. EI-5: Wandler	64	7.6. AF-5: Strömung viskoser Flüssigkeiten	156
 		7.7. AF-6: Turbulente Strömung	160
4. Felder (F)	68	8. Mikrowellenoptik (MO)	162
4.1. Einleitung	68	8.1. Einleitung	162
4.2. F-1: Radialfelder	68	8.2. MO-1: Erzeugung und Reflexion von Mikrowellen	165
4.3. F-2: Gespiegelte Ladungen	70		
4.4. F-3: Feldlinien und Reziprozität	73		
4.5. F-4: Das magnetische Feld	75		
4.6. F-5: Magnetische Kopplung	78		

8.3.	MO-2: Interferenz und Beugung	167	11. Kernphysik (KP)	214
8.4.	MO-3: Das Klystron	170	11.1. Einleitung	214
8.5.	MO-4: Die Ausbreitung von Mikrowellen	175	11.2. KP-1: Das Geiger-Müller-Zählrohr	214
			11.3. KP-2: Radioaktiver Zerfall	218
			11.4. KP-3: Der Szintillationszähler	221
			11.5. KP-4: Beta- und Gammaabsorption	223
			11.6. KP-5: Neutronenaktivierung	225
9.	Laser-Optik (LO)	179		
9.1.	Einleitung	179		
9.2.	LO-1: Reflexion und Brechung von Licht	179		
9.3.	LO-2: Polarisierung von Licht	182	12. Halbleiterelektronik (HE)	229
9.4.	LO-3: Beugung von Licht	187	12.1. Einleitung	229
9.5.	LO-4: Interferenz von Licht	190	12.2. HE-1: Halbleiterdioden	231
9.6.	LO-5: Holographie	193	12.3. HE-2: Tunneldioden und Kipposzillatoren	234
			12.4. HE-3: Der Transistor	240
			12.5. HE-4: Transistor-Verstärker	245
10. Atomphysik (AP)	197		12.6. HE-5: Positive Rückkopplung und Schwingung	250
10.1.	Einleitung	197	12.7. HE-6: Negative Rückkopplung	254
10.2.	AP-1: Atomspektren	197		
10.3.	AP-2: Der photoelektrische Effekt	200		
10.4.	AP-3: Der Photomultiplier und das Photonenrauschen	204		
10.5.	AP-4: Ionisierung durch Elektronen	208		
10.6.	AP-5: Elektronenbeugung	210	Sachwortverzeichnis	261