

Physikalische Aufgabensammlung

von

Prof. G. Mahler

Fortgeführt von

Prof. Karl Mahler

Neubearbeitet von

Emil Sohr

Dreizehnte Auflage



Sammlung Göschen Band 243/243a

Walter de Gruyter & Co · Berlin 1969

vormals G. J. Göschen'sche Verlagshandlung · J. Guttentag,
Verlagsbuchhandlung · Georg Reimer · Karl J. Trübner · Veit & Comp.



Copyright 1969 by Walter de Gruyter & Co., vormal's G. J. Göschen'sche Verlagshandlung — J. Guttentag, Verlagsbuchhandlung, — Georg Reimer — Karl J. Trübner — Veit & Comp., Berlin 30. — Alle Rechte, einschl. der Rechte der Herstellung von Photokopien und Mikrofilmen, vom Verlag vorbehalten. — Archiv-Nr. 77 41 690 — Satz und Druck: Walter de Gruyter & Co., Berlin 30. — Printed in Germany.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Literatur	6
 I. Kapitel Mechanik	
§ 1. Einheiten der Länge und der Zeit	11
§ 2. Die gleichförmige, geradlinige Bewegung	12
§ 3. Die gleichförmig beschleunigte Bewegung	14
§ 4. Freier Fall und Bewegung auf der schiefen Ebene	16
§ 5. Der Wurf	17
§ 6. Die Newtonschen Bewegungsgesetze	19
§ 7. Impuls, Impulserhaltungssatz	21
§ 8. Arbeit, Energie, Leistung, Wirkung	22
§ 9. Die Zentralbewegung	24
§ 10. Die harmonische Bewegung	27
§ 11. Das mathematische Pendel	28
§ 12. Axiome der Statik. Statik in der Ebene und im Raum	29
§ 13. Schwerpunkt, Schwerpunktsatz	31
§ 14. D'Alembertsches Prinzip. Trägheitskräfte	33
§ 15. Einfache Maschinen. Prinzip der virtuellen Verrückung	35
§ 16. Das Trägheitsmoment	38
§ 17. Gesetze der drehenden Bewegung. Kreisel	39
§ 18. Federpendel und physisches Pendel. Schwingungsgleichung	41
§ 19. Energieerhaltungssatz der Mechanik	42
§ 20. Reibung	43
§ 21. Der Stoß	45
§ 22. Die Elastizität	48
§ 23. Die allgemeine Gravitation. Gravitationspotential	50
 II. Kapitel. Statik der Flüssigkeiten und Gase	
§ 1. Druck in einer ruhenden Flüssigkeit	52
§ 2. Archimedisches Prinzip	54
§ 3. Wichte, Dichte	55
§ 4. Eigenschaften der Gase	56
§ 5. Luftdruck, Luftpumpen	57
§ 6. Gesetz von Boyle-Mariotte	59
 III. Kapitel. Dynamik der Flüssigkeiten und Gase	
§ 1. Strömung von Flüssigkeiten und Gasen aus einer Öffnung	62
§ 2. Ausfluß in Flüssigkeiten und Gasen aus einer Öffnung	63
§ 3. Flächen in Luft und Wasser	65
 IV. Kapitel. Molekularphysik	
§ 1. Atom- und Molekulargewicht	68
§ 2. Oberflächenspannung. Kapillarität. Diffusion. Osmose	68
§ 3. Strömung in Kapillaren. Turbulenz. Gesetz von Stokes	69
§ 4. Kinetische Theorie der Gase	70

V. Kapitel. Wärmelehre	Seite
§ 1. Thermometer	71
§ 2. Ausdehnung der Körper durch die Wärme	72
§ 3. Kalorimetrie, spezifische Wärmekapazität	77
§ 4. Änderung des Aggregatzustandes	79
§ 5. Thermodynamik. Die drei Hauptsätze	83
§ 6. Wärmeübertragung	87
VI. Kapitel. Wellenlehre und Akustik	
§ 1. Wellenlehre I	88
§ 2. Wellenlehre II	90
§ 3. Schwingungszahl	91
§ 4. Tonquellen	92
§ 5. Ausbreitung des Schalles. Schallgeschwindigkeit	94
VII. Kapitel. Geometrische Optik	
§ 1. Reflexion des Lichtes an ebenen Flächen	96
§ 2. Kugel- oder sphärischer Spiegel	98
§ 3. Brechung des Lichtes	99
§ 4. Prisma	101
§ 5. Brechung durch Linsen	102
§ 6. Optische Instrumente	105
VIII. Kapitel. Optische Strahlung. Strahlungsgesetze	
§ 1. Photometrie	108
§ 2. Strahlungsgesetze	110
§ 3. Lichtgeschwindigkeit. Spektrum	110
§ 4. Wellenlängenmessung	114
§ 5. Polarisation. Doppelbrechung	116
IX. Kapitel. Elektrizität und Magnetismus	
§ 1. Elektrisches Feld	116
§ 2. Eigenschaften der Ladung	117
§ 3. Potential. Spannung	117
§ 4. Kapazität. Kondensator	119
§ 5. Kräfte und Arbeit im elektrischen Feld	120
§ 6. Das elektrische Feld von Punktladungen	122
X. Kapitel. Das magnetische Feld	
§ 1. Ausmessungen des magnetischen Feldes	124
§ 2. Kräfte im magnetischen Feld	125
XI. Kapitel. Elektrische Strömung	
§ 1. Ohmsches Gesetz. Elektronenleitung in Metallen	128
§ 2. Stromstärke einer Batterie	131
§ 3. Stromverzweigung. Sätze von Kirchhoff	132
§ 4. Stromenergie. Gesetz von Joule	134
§ 5. Die Gesetze von Faraday. Das elektrische Elementarquantum	137
XII. Kapitel. Induktion	
§ 1. Grundlagen	138
§ 2. Selbstinduktion	139
§ 3. Kräfte in magnetischen Feldern	140
§ 4. Einphasenwechselstrom	141
§ 5. Verschiebungsstrom. Maxwellsche Gleichungen. Schwingkreis	145

Inhaltsverzeichnis

5

XIII. Kapitel. Elektronik	Seite
Elektrizitätsleitung im Hochvakuum	147
XIV. Quanten - und Atomphysik	
§ 1. Dualismus von Welle und Koruskel	148
§ 2. Die Dreielektronenröhre	150
§ 3. Radioaktivität	151
§ 4. Atombau und Atomumwandlung. Periodisches System der Elemente	151
§ 5. Bohrsche Sätze. Wasserstoffatom	152
§ 6. Relativitätstheorie	153
Ergebnisse	154

Literatur

Bei der großen Zahl von Aufgaben, die in dem vorliegenden Band der Sammlung Götschen enthalten sind, mußten die Lösungen sich im wesentlichen auf die Angabe der Schlußresultate beschränken. Ausführlichere Anleitung findet der Leser in der sehr ausgedehnten physikalischen Literatur, aus der einige wenige Werke namentlich genannt seien:

A. Schulbücher

- Dorn, Physik. Hannover, Schroedel.
Fock-Weber, Lehrbuch der Physik. Frankfurt/M. — Hamburg, Salle.
Grimsehl (bearb. v. German, Graewe, Neunhöffer u. Weiß), Physik, Stuttgart, Klett.
Hahn, K., Lehrbuch der Physik. Braunschweig, Westermann.
Höfling, Lehrbuch der Physik. Bonn, Dümmler.
Poske-Bavink-Brennecke-Wolski, Physik. Braunschweig, Vieweg & Sohn.
Roth-Treu, Einführung in die Physik. Bamberg, Buchner.

B. Hochschulbücher

- Bergmann-Schaefer, Lehrbuch der Experimentalphysik. Berlin, de Gruyter.
Döring, Einführung in die theoretische Physik (Samml. Götschen Nr. 76 bis 78, 374, 1017). Berlin, de Gruyter.
Grimsehl (hrsg. v. Schallreuter), Lehrbuch der Physik. Leipzig, Teubner.
Kohlrausch (hrsg. v. Ebert u. Justi), Praktische Physik. Stuttgart, Teubner.
Lecher (bearb. v. Schreiber u. Seidl), Lehrbuch der Physik für Mediziner und Biologen. Leipzig, Teubner.
Mahler-Sohr, Physikalische Formelsammlung (Slg. Götschen Bd 136). Berlin, de Gruyter.
Pohl, Einführung in die Physik. Berlin, Springer.
Schaefer-Päsler, Einführung in die theoretische Physik. Berlin, de Gruyter.
Schaefer-Bergmann-Kliefoth, Grundaufgaben des physikalischen Praktikums. Stuttgart, Teubner.
Westphal, Physik. Ein Lehrbuch. Berlin, Springer.
—, Physikalisches Praktikum. Braunschweig, Vieweg & Sohn.

C. Spezialbücher zur Atomphysik

- Bechert-Gerthsen-Flammersfeld, Atomphysik (Samml. Götschen Nr. 1009, 1033, 1123, 1165). Berlin, de Gruyter.

- Finkelburg, Einführung in die Atomphysik. Berlin, Springer.
 Friedlander-Kennedy, Lehrbuch der Kern- und Radiochemie. München, Thiemig.
 Graewe, Atomphysik. Bonn, Dümmler.
 Hertz, Lehrbuch der Kernphysik. Leipzig, Teubner.
 Riezler, Einführung in die Kernphysik. München, Oldenbourg.
 Schpoliski, Atomphysik. Berlin, Dtsch. Verlag d. Wissenschaften.
 Schröder, Atomphysik in Versuchen. Braunschweig, Vieweg & Sohn.

D. Aufgabensammlungen

- Arzt, Physikalische Reifeprüfungsaufgaben (mit Lösungsheft). Stuttgart, Klett.
 Grimsehl (bearb. v. Neunhöffer), Zusätzliche Aufgaben für die Hand des Lehrers (mit Lösungen). Stuttgart, Klett.
 Höfling, Physik-Aufgaben, Mittelstufe u. Oberstufe (Lehrerausgabe mit vollständigen Lösungen), Bonn, Dümmler.
 Läuchli-Müller, Physikalische Aufgabensammlung (mit Lösungen u. Tab.). Zürich, Füssli.
 Lindner, Physikalische Aufgaben (mit Lösungen), Braunschweig, Vieweg & Sohn.
 Menge-Schrieder und Menge-Zimmermann, Mechanik-Aufgaben, 4 Teile (mit Lösungen). Hannover, Schroedel.
 Nikol-Teller, Beispiele und Aufgaben aus der Physik (mit Lösungen. Lindauers Häusl. Unterricht Nr. 14 u. 15). München, Lindauer.
 Parnemann und Parnemann-Wilke, Aufgaben aus der Elektrotechnik (mehrere Teilbände mit Lösungen). Hannover, Schroedel.
 Scherrer-Stoll, Physikalische Übungsaufgaben (mit Lösungen. B.I.-Hochschultaschenbücher Nr. 32, 33—34). Mannheim, Bibliographisches Institut.
 Vogel-Nikol, Physikalische Aufgabensammlung (mit Lösungen. Ergänzungshefte f. d. Physikunterricht Heft 4). Braunschweig, Westermann.

E. Bemerkungen

1. Sämtliche Aufgaben der vorliegenden Aufgabensammlung sind so abgefaßt, daß diese mit den im Göschenband Nr. 136 „Grundbegriffe und Formeln“ angegebenen Formeln gelöst werden können. Neben den vielen einfachen Einsetzungsaufgaben finden sich in dieser Sammlung insbesondere solche Aufgaben, die vertieftes physikalisches Denkvermögen voraussetzen. Die Einteilung in Abschnitte und Paragraphen ist dem oben angegebenen Bändchen angepaßt, so daß eine rasche Orientierung für den Lösungsweg der Aufgaben möglich ist.

2. Die mit einem Stern versehenen Aufgaben erfordern höhere mathematisch-physikalische Kenntnisse. Diese Aufgaben sind meist nur mit Hilfe der Differential- u. Integralrechnung lösbar. Auftretende Differentialgleichungen können durch Trennung der Variablen integriert werden.

Übersicht über die auftretenden Konstanten

	Genauer Wert	Bel den Rechnungen zu benutzender Wert (sofern keine weiteren Angaben gemacht sind)
π	3,14 159 ...	3,14
$\lg \pi$ ($= \log_{10} \pi$)	0,497 149 9	0,4971
Dichte ρ von Wasser bei 4 °C von Quecksilber bei 0 °C der Luft bei 0 °C und 760 Torr	0,999 973 g/cm ³ 13,5951 g/cm ³ 0,001 293 g/cm ³	1 g/cm ³ 13,6 g/cm ³ 0,001 293 g/cm ³
Fallbeschleunigung g auf der Erde (Normwert)	980,665 cm/s ²	981 cm/s ² bzw. 9,81 m/s ²
Normaldruck b_0 = 760 Torr (= Druck von 760 mm Hg oder 10,332 m WS)	1013,250 mb oder 1013,250 · 10 ³ N/m ² = 1,0332 kp/cm ²	1,033 kp/cm ²
Normaltemperatur bei Gasen	0 °C	0 °C
Absoluter Nullpunkt	-273,15 °C	-273,2 °C
Raumausdehnungszahl β der idealen Gase	$\frac{1}{273,15}$ /grd = 0,003 661 /grd	0,003 66 /grd
Mechanisches Wärmeäquivalent	4185,5 Nm/kcal $\hat{=}$ 426,8 kpm/kcal	427 kpm/kcal
Frequenz des Kamertons a'	440 Hz	440 Hz
Schallgeschwindigkeit in Luft von 0 °C bei 1 atm in Luft von Zimmertemperatur in Luft von 20 °C bei 1 atm	331 m/s 343,8 m/s	331 m/s etwa 340 m/s 344 m/s

	Genauer Wert	Bel den Rechnungen zu benutzender Wert (sofern keine weiteren Angaben gemacht sind)
Lichtgeschwindigkeit im Vakuum ($\approx$ in Luft)	$2,997\,93 \cdot 10^8$ m/s	300 000 km/s
Relative Atommasse des Silbers (bezogen auf ^{12}C als Atomgewichtsbasis)	107,870	107,87
1 Ampere (1 A)	Kraft vom Betrag $2 \cdot 10^{-7}$ N/m zwischen zwei im Abstand 1 m parallelen, geraden, unendlich langen, vom gleichen Strom durchflossenen Leitern.	1 A scheidet in 1 s aus einer Silbersalzlösung 1,118 mg Ag aus.
1 Ohm (1 Ω)	elektr. Widerstand eines Leiters, in dem bei einer angelegten Spannung von 1 Volt ein Strom von 1 Ampere fließt.	1 Ω Widerstand besitzt ein Quecksilberfaden von 106,3 cm Länge und 1 mm ² Querschnitt bei 0 °C.
Avogadro-Konstante N_A (= Zahl der Moleküle im Mol, bezogen auf ^{12}C als Atomgewichtsbasis)	$6,023 \cdot 10^{23}$ /mol	$6,02 \cdot 10^{23}$ /mol
Molvolum idealer Gase bei 0 °C und 1 atm (bezogen auf ^{12}C als Atomgewichtsbasis)	$2,241\,36 \cdot 10^{-3}$ m ³ /mol	22 414 cm ³ /mol oder 22,414 l/mol
Universelle Gaskonstante R_g (bezogen auf ^{12}C als Atomgewichtsbasis)	$8,3143$ J/grd mol oder $0,08205$ l atm/grd mol	0,0821 l atm/grd mol
Faradaysche Konstante F der Elektrolyse (bezogen auf ^{12}C als Atomgewichtsbasis)	$9,649\,16 \cdot 10^4$ Coulomb/mol	96 492 Coulomb/mol
Elektrisches Wärmeäquivalent	0,239 cal/Ws	0,24 cal/Ws
Elektrisches Elementarquantum e	$1,602 \cdot 10^{-19}$ Coulomb	$1,6 \cdot 10^{-19}$ Coulomb
Absolute Dielektrizitätskonstante ϵ_0	$8,859 \cdot 10^{-12}$ As/Vm oder $8,859 \cdot 10^{-12}$ As/Vcm	$8,86 \cdot 10^{-12}$ As/Vm oder $8,86 \cdot 10^{-12}$ As/Vcm
Absolute Permeabilität μ_0	$1,2566 \cdot 10^{-6}$ Vs/Am oder $1,2566 \cdot 10^{-6}$ Vs/Acm	$1,26 \cdot 10^{-6}$ Vs/Am oder $1,26 \cdot 10^{-6}$ Vs/Acm

EMK = Elektromotorische Kraft, gemessen in Volt.

Diese gibt die Kraft an, welche die Trennung positiver und negativer Ladungen verursacht; mechanische oder chemische Energie liefert die für die Trennung erforderliche Arbeit. Für einen offenen Stromkreis ist die EMK gleich der an seinen Enden vorhandenen Spannung.

1p (Pond) = Gewicht von 1cm³ dest. Wasser bei 4°C unter 45° geograph. Breite in Meereshöhe; 1 kp = 1000 p; 1 Mp = 1000 kp; 1 mp = 1/1000 p.

Im übrigen wird auf die in der „Physikal. Formelsammlung“ von Mahler-Sohr (Götschenband Nr. 136) angegebenen Zahlenwerte verwiesen.

Vielfache und Teile der benutzten Einheiten

werden nach DIN 1301 durch folgende *Vorsätze* gekennzeichnet:

da	Deka	= 10 ¹	d	Dezi	= 10 ⁻¹
h	Hekto	= 10 ²	c	Zenti	= 10 ⁻²
k	Kilo	= 10 ³	m	Milli	= 10 ⁻³
M	Mega	= 10 ⁶	μ	Mikro	= 10 ⁻⁶
G	Giga	= 10 ⁹	n	Nano	= 10 ⁻⁹
T	Tera	= 10 ¹²	p	Piko	= 10 ⁻¹²

Die früher üblichen Einheiten μ (Mikron), mμ (Millimikron), μμ (Mikromikron) sind also zu ersetzen durch μm (Mikrometer = 10⁻⁶ m), nm (Nanometer = 10⁻⁹ m), pm (Pikometer = 10⁻¹² m).

Weiter werden benutzt:

1 Å (Ångström) = 10⁻¹⁰ m (innerhalb der Meßfehler),

1 X (X-Einheit) = 10⁻¹³ m (mit großer Annäherung gültig).

Genaue Definitionen für diese beiden im exakten Sinne nicht metrischen Einheiten (nach DIN 1301):

1 Å = der 6438,4996te Teil der Wellenlänge der roten Cadmiumlinie in trockener Luft von 1 atm Druck bei einer Temperatur von 15 °C und einem Kohlensäure-Volumgehalt von 0,03%,

1 X = der 3029,45te Teil der Gitterkonstanten des Kalkspatkristalls bei 15 °C.

Für die *Zeitmaße* gelten folgende Abkürzungen: a (annus) = Jahr, d (dies) = Tag, h (hora) = Stunde, min (minuta) = Minute, s (secunda) = Sekunde. Auf der Zeile bedeuten die Kurzzeichen Zeitspannen, hochgestellt dagegen Zeitpunkte (Uhrzeiten).

I. Kapitel

Mechanik

§ 1. Einheiten der Länge und der Zeit

1. Die Länge eines m (cm) ist in μm , nm und $\text{\AA}$ umzurechnen.

2. Aus genauen Messungen ergibt sich, daß auf einer Strecke von 1 m 1650763,73 Wellenlängen der orangefarbenen Kryptonlinie des Isotops 86 liegen. Wieviel nm bzw. $\text{\AA}$ beträgt danach die Wellenlänge dieser Linie?

3. Der Stern α Centauri ist von der Erde $3\frac{1}{2}$ Lichtjahre (je $365\frac{1}{4}$ Tage) entfernt. Wieviel km beträgt diese Entfernung?

4. Eine angeblich quadratische Metallplatte ist 29,93 cm lang und 30,08 cm breit. Wieviel dm^2 , cm^2 , mm^2 enthält ihre Fläche, und um wieviel % weicht dieser Wert von dem Sollwert 900 cm^2 ab?

5. Die Dicke eines Drahtes ergibt sich mit der Mikrometerschraube zu 1,22 mm. Welches ist der Drahtquerschnitt in mm^2 und cm^2 ?

6. a) Um den äußeren Krümmungshalbmesser R eines Uhrglases zu bestimmen, mißt man den Durchmesser des Begrenzungskreises ($2r = 3,72 \text{ cm}$) und den Abstand des Scheitelpunktes vom Mittelpunkt des Begrenzungskreises ($h = 6,93 \text{ mm}$). Berechne R ! b) Wie groß ist der Krümmungshalbmesser R einer plankonkaven Linse, für die $2r = 3,84 \text{ cm}$, ferner die Dicke am Rand $d_1 = 6,28 \text{ mm}$ und die Dicke im innersten Punkt $d_2 = 3,05 \text{ mm}$ ist?

7. Um die lichte Öffnung einer überall gleich weiten Haarröhre zu bestimmen, wird zunächst ihr Gewicht (leer) festgestellt; es beträgt $G = 69$ mp. Nachdem Wasser in ihr bis zur Höhe $h = 8,1$ cm aufgestiegen ist, besitzt sie das Gewicht $G_1 = 82$ mp. Wie groß ist der Halbmesser der kreisförmig angenommenen lichten Öffnung?

8. Zum Kreisbogen $b = 4$ cm gehört der Zentriwinkel $1,5$ rad. Welchen Radius hat der Kreis?

9. Eine Kugelfläche wird unter dem Zentriwinkel 8 sterad. gesehen. Der Kugelradius ist 4 dm. Wie groß ist die Kugeloberfläche?

10. Vom Zentrum einer Kugel ($r = 5$ dm) wird die Kugelfläche $4,5$ dm² gesehen. Welchen räumlichen Winkel bilden die Randstrahlen?

11. Die astronomische Entfernung von der aus der scheinbare Halbmesser der Erdbahn gleich einer Winkelsekunde ist, heißt ein parsec. Der Radius der Erdbahn ist 150 Millionen km, ein Lichtjahr die Entfernung, die das Licht in einem Jahr durchläuft. Wieviel Lichtjahre hat ein parsec?

§ 2. Die gleichförmige, geradlinige Bewegung

1. Wie groß ist die Geschwindigkeit eines Sportflugzeugs, das um $10^h 35^{min}$ in Frankfurt am Main nach dem 305 km entfernten München abfliegt und dort um $12^h 15^{min}$ ankommt?

2. Wie groß ist die Geschwindigkeit der Erde bei ihrer Bewegung um die Sonne? Es werde angenommen, daß die Bewegung eine gleichförmige, die Bahn ein Kreis vom Halbmesser $150\,840\,000$ km und die Umlaufzeit $365\frac{1}{4}$ Tage sei.

3. In welcher Zeit passiert ein mit der Geschwindigkeit $v = 15 \text{ m/s}$ fahrender Eisenbahnzug von 200 m Länge einen 1600 m langen Tunnel?

4. Um die Geschwindigkeit eines Geschosses zu bestimmen, durchschießt man zwei in 75 cm Entfernung hintereinander auf einer rasch rotierenden Achse angebrachte Scheiben; es erfolgen in 10 Sekunden 300 Umdrehungen, und das zweite Schußloch ist gegen das erste um 30° versetzt.

5. Ein Motorboot hat stromabwärts die Geschwindigkeit $v' = 6,2 \text{ m/s}$, stromaufwärts $v'' = 3,8 \text{ m/s}$. Man bestimme die Geschwindigkeit des Stromes und die des Bootes.

6. Mit der Geschwindigkeit $v = 1,8 \text{ m/s}$ fährt ein Kahn quer zur Strömung nach dem jenseitigen Ufer eines $a = 54 \text{ m}$ breiten Stromes, wird aber bis zur Landung $s = 15 \text{ m}$ stromabwärts getrieben. Welche Geschwindigkeit hat das Wasser?

7. Ein Sportflugzeug steuert in Richtung $N 70^\circ O$ mit einer Eigengeschwindigkeit von 180 km/h , und es weht Wind aus NW mit 10 m/s . Wie groß ist die Geschwindigkeit des Flugzeugs gegen Erde, und um welchen Winkel wird es abgetrieben?

8. Welchen Steuerkurs und welche resultierende Geschwindigkeit besitzt ein Luftschiff mit 108 km/h Eigengeschwindigkeit, das längs eines Meridians von S nach N fliegen soll und Wind aus NO mit einer Geschwindigkeit von 8 m/s erhält?

9. Wie lange braucht ein Flugzeug zum Zurücklegen der genau ostwestlich liegenden Strecke $AB = 350 \text{ km}$, wenn es eine Eigengeschwindigkeit von 180 km/h besitzt und Wind aus SO mit der Stärke 10 m/s weht?

10. Ein Boot segelt mit der größtmöglichen Geschwindigkeit ostwärts, während der Wind aus NNW

bläst. Welche Stellung hat man dem Segel zu geben? Wie groß ist jene Geschwindigkeit, wenn die des Windes $v = 14 \text{ m/s}$ ist?

11. Ein Körper bewegt sich auf einer Strecke von 70 km auf $\frac{1}{4}$ des Weges mit einer Geschwindigkeit von 25 km/h, auf $\frac{1}{3}$ des Weges mit 60 km/h und auf dem Rest mit 40 km/h. Wie groß ist seine mittlere Geschwindigkeit?

§ 3. Die gleichförmig beschleunigte Bewegung

1. Eine Gewehrkuugel verläßt das $s = 1,2 \text{ m}$ lange Rohr mit der Geschwindigkeit $\hat{v} = 720 \text{ m/s}$. Wie groß ist die durch die Pulvergase erzeugte Beschleunigung, wenn man die Wirkung der Gase unveränderlich annimmt, und wie lange ist das Geschoß im Rohr?

2. Ein Körper durchheilt seine geradlinige Bahn mit gleichmäßig beschleunigter Bewegung. In der ersten Sekunde ist sein Weg 20 cm. a) Welches ist sein Weg in der 10. Sekunde; b) wie lange dauert es, bis er eine Geschwindigkeit von 24 m/s erreicht hat; c) welchen Weg legt er in 3 Minuten zurück?

3. Ein Personenzug hat eine Geschwindigkeit von $v = 18 \text{ m/s}$. Er wird nun so gebremst, daß er in $t = 15$ Sekunden stillsteht. Wie groß ist die Verzögerung a , und welchen Weg s legt der gebremste Zug noch zurück? Welche Geschwindigkeit hat er nach der 10. Sekunde, und welchen Weg legt er in den letzten 5 Sekunden zurück?

4. Welche Bewegungsformen lassen sich aus der Annahme, daß die Beschleunigung a konstant (null) ist, ableiten?

5. Ein Flugzeug soll beim Katapultieren eine Geschwindigkeit von 150 km/h erreichen. Wie lang muß

der Katapult mindestens sein, wenn die höchste, zulässige Beschleunigung $3g$ ($g = \text{Erdbeschleunigung}$) betragen darf?

6. Ein Auto wird aus einer Geschwindigkeit von 45 km/h in 28 s zum Stehen gebracht. Wie lange ist die Bremsstrecke, wenn die Bremskraft konstant bleibt?

7. Wie groß ist die mittlere Beschleunigung eines Autos, das 20 Sekunden braucht, um vom Start auf eine Geschwindigkeit von 60 km/h zu kommen?

8. Auf einer 225 m langen Strecke vergrößert ein Fahrzeug seine Geschwindigkeit von $v_1 = 20 \text{ m/s}$ auf $v_2 = 25 \text{ m/s}$. Welche Beschleunigung erfährt das Fahrzeug und welche Zeit benötigt es für das Durchfahren dieser Strecke?

9. Die anfängliche Geschwindigkeit eines Autos beträgt $v_1 = 14,4 \text{ km/h}$. Nach 10 Sekunden gleichmäßiger Beschleunigung erreicht das Auto die Geschwindigkeit $v_2 = 18,4 \text{ km/h}$. Nach wieviel Sekunden hat das Auto 6 m zurückgelegt, wenn seine Beschleunigung konstant bleibt und welche Geschwindigkeit hat es bekommen?

10. Ein Fahrzeug hatte nach 2 Sekunden 40 m , nach 6 Sekunden 180 m zurückgelegt. Wie groß waren seine Anfangsgeschwindigkeit und seine Beschleunigung? Welchen Weg hatte es nach 8 Sekunden bei konstanter Beschleunigung zurückgelegt?

11*. Die Anfahrbeschleunigung a eines Flugzeuges auf dem Rollfeld hängt mit seiner Geschwindigkeit v zusammen nach dem Gesetz: $av = b$. Wie groß ist die Konstante b , wenn das Flugzeug nach 30 Sekunden die zum Aufsteigen nötige Geschwindigkeit von 48 m/s erreicht, und welche Strecke hat es bis dahin auf dem Rollfeld zurückgelegt?

§ 4. Freier Fall und Bewegung auf der schiefen Ebene

1. Ein Körper fällt frei. Im Punkt A seiner Bahn hat er die Geschwindigkeit $v = (3 \text{ s}) \cdot g$, im Punkt B die Geschwindigkeit $v_1 = (5 \text{ s}) \cdot g$. Wie lang ist $\overline{AB}$, und in welcher Zeit durchfällt der Körper die Strecke $\overline{AB}$?

2. Wie hoch ist ein Ballon, wenn ein aus ihm fallender Stein bis zur Erde $5,6 \text{ s}$ braucht? (Ohne Luftwiderstand.)

3. Der Hauptturm des Ulmer Münsters ist $s = 161 \text{ m}$ hoch. Wie lange braucht ein Körper, um diese Höhe frei zu durchfallen; mit welcher Geschwindigkeit kommt er unten an?

4. Von einem erhöhten Punkt aus läßt man alle Viertelsekunden eine Kugel fallen, im ganzen sechs. In welchen Abständen befinden sie sich nach $1\frac{1}{4}$ Sekunden, vom Beginn der Bewegung an gerechnet?

5. In einem senkrechten Schacht liegt der Ort A um $h = 58,86 \text{ m}$ höher als B . Aus beiden Stellen fallen Kugeln, und zwar aus B $t_1 = 1,5$ Sekunden später als aus A . Die Kugeln erreichen gleichzeitig den Boden. Man bestimme die Fallstrecke s und die Fallzeit t der Kugeln aus B .

6. Um die Tiefe x eines Brunnens zu bestimmen, läßt man in denselben einen Stein frei fallen. Man hört das Aufschlagen nach $t = 6$ Sekunden. Wie tief ist der Brunnen, wenn die Geschwindigkeit des Schalles $v = 334 \text{ m/s}$ ist?

7. Eine elastische Kugel fällt aus der Höhe $h = 78,48 \text{ m}$ auf eine elastische Ebene und prallt von dieser mit der $n = 0,75$ fachen Geschwindigkeit zurück. Welche Steighöhe erreicht die Kugel, und welche Zeit vom Anfang

der Bewegung an verfließt, bis die Kugel zum zweitenmal aufschlägt?

8. Ein Körper wird mit der Geschwindigkeit $v = g \cdot (4 \text{ s})$ in die Höhe geschleudert. Vom Gipfelpunkt seiner Bahn wird gleichzeitig ein zweiter Körper mit der gleichen Geschwindigkeit senkrecht abwärts geworfen. Wann, wo und mit welchen Geschwindigkeiten treffen sich die Körper?

9. Welcher Mittelwert ergibt sich für die Fallbeschleunigung, wenn man auf eine rotierende Scheibe mit dem Umfang $u = 68,5 \text{ cm}$ und der konstanten Umlaufzeit $T = 0,46 \text{ s}$ aus der Höhe $h = 20, 40, 60, 80, 100 \text{ cm}$ einen Stift fallen läßt und die Einschlüsse $a = 30,15; 42,65; 52,3; 60,5; 67,3 \text{ cm}$ vom Nullpunkt entfernt sind?

10. Welche Beziehung besteht zwischen der Zeit t_1 , die ein Körper braucht, um die Höhe einer schiefen Ebene mit dem Neigungswinkel α zu durchfallen, und der Zeit t_2 , die er braucht, um die Länge derselben schiefen Ebene zu durchlaufen?

11. Bestimme die Fallzeiten und die Endgeschwindigkeiten eines Körpers, der längs den Sehnen eines lotrechten Kreises vom Halbmesser r fällt, die vom höchsten Punkt ausgehen.

12. Mit der Anfangsgeschwindigkeit $v_0 = 54 \text{ m/s}$ bewegt sich ein Körper eine schiefe Ebene hinauf, die eine Neigung von $\alpha = 32^\circ$ hat. Welchen Weg legt er zurück, und wie lange bewegt er sich aufwärts?

13*. Welche Neigung müssen Dächer haben, damit das Wasser auf ihnen am schnellsten herabfließe?

§ 5. Der Wurf

1. Von einem $h = 100 \text{ m}$ hohen Standort wird eine Kugel mit der Geschwindigkeit $v_0 = 240 \text{ m/s}$ waage-

recht abgeschossen. Wo befindet sie sich nach $t = 4$ Sekunden? Welches ist in diesem Augenblick ihre Geschwindigkeit v , und welchen Winkel φ bildet diese mit der Waagerechten?

2. An einem Ort, der $h = 180$ m über der waagerechten Ebene liegt, wird eine Kugel mit der Anfangsgeschwindigkeit $v_0 = 540$ m/s waagerecht abgeschossen. Mit welcher Geschwindigkeit v trifft sie die waagerechte Ebene? Wie groß ist die Wurfweite W ?

3. Mit welcher Anfangsgeschwindigkeit wird ein Körper abgeschleudert, wenn er nach 4 Sekunden im senkrechten Wurf seine größte Höhe erreicht hat? Wo befindet sich der Körper nach 2 bzw. 6 Sekunden vom Beginn der Bewegung an gerechnet? ($g \approx 10$ m/s²).

4. Man schleudert einen Stein unter $\alpha = 40^\circ$ Erhebung über ein Haus mit der Anfangsgeschwindigkeit $v_0 = 36$ m/s. Wie hoch (H) steigt der Stein; wie lange (T) braucht er dazu; wie weit (W) fliegt er; wo befindet er sich nach $t = 3$ Sekunden?

5. Eine Motorfeuerspritze liefert bei konstantem Druck zwei Wasserstrahlen unter den Erhebungswinkeln $\alpha = 45^\circ$ und $\beta = 60^\circ$. Man vergleiche die Wurfhöhen und Wurfweiten miteinander.

6. Ein Geschoß wird durch eine Wurfmaschine geschleudert; es erreicht die Wurfweite $W = 190$ m und die Wurfhöhe $H = 40$ m. Wie groß waren seine Anfangsgeschwindigkeit v_0 und der Erhebungswinkel α ?

7. Von einem Punkt aus werden Körper gleichzeitig nach allen Richtungen mit der gleichen Geschwindigkeit geworfen. Wo befinden sich die Körper in einem gegebenen Zeitpunkt?

8. Unter welchem Winkel α muß ein Körper schief aufwärts geworfen werden, wenn er senkrecht auf eine schiefe Ebene auffallen soll, deren Neigungswinkel β ist,

die auf der Ebene der Wurfparabel senkrecht steht und durch den Ausgangspunkt des Körpers geht?

§ 6. Die Newtonschen Bewegungsgesetze

1. Ein Körper wiegt 3,5 kp. Welches ist seine Masse im CGS-, im MKS- und im technischen Maßsystem? Welche Beschleunigung erteilt ihm eine konstante Kraft von 10,5 Newton ($= 10,5 \cdot 10^5$ dyn)?

2. Welche Anfangsgeschwindigkeit besitzt ein Körper von 1,5 kp Gewicht, der unter dem Winkel 30° 36 m weit geworfen wird? Wie groß ist die Kraft des Werfenden, wenn diese Anfangsgeschwindigkeit auf einer Strecke von 1,6 m erteilt wird? ($g \approx 10 \text{ m/s}^2$).

3. Ein in einem Fahrstuhl befindliches Gewicht von $G = 120 \text{ kp}$ wird mit der Beschleunigung $a = 2,4 \text{ m/s}^2$ bewegt. Wie groß ist die Kraft des Gewichts auf den Fahrstuhl a) bei der Aufwärts-, b) bei der Abwärtsbewegung?

4. Ein sehr leichtbeweglicher Reifen vom Durchmesser $2r = 60 \text{ cm}$ und dem Gewicht $G = 1518 \text{ p}$ wird durch ein $G_1 = 10 \text{ p}$ schweres Gewicht, das durch einen über eine Rolle laufenden Faden an einer mit dem Reifen verbundenen Trommel vom Durchmesser $2r_1 = 2 \text{ cm}$ wirkt, in Bewegung gesetzt. Wie groß ist die Geschwindigkeit, wenn das Antriebsgewicht nach 30 Sekunden abgehoben wird?

5. Auf einer nach rechts ansteigenden schiefen Ebene mit dem Neigungswinkel α liegt eine Masse m . Mit welcher Beschleunigung a muß die schiefe Ebene von rechts nach links bewegt werden, damit die Masse auf der schiefen Ebene stehenbleibt, wenn zwischen der Masse und der Ebene keine Reibung wirkt?

6. Über einer Rolle mit waagerechter Achse hängt ein Seil, an dessen Enden die Gewichte $G_1 = 19,62 \text{ kp}$

und $G_2 = 29,43$ kp wirken. Die Rolle wird mit der Beschleunigung $a = 2,19$ m/s² aufwärts bewegt. Welche Bewegungen erfahren die an den Seilen hängenden Massen?

7. Welche Zugkraft ist erforderlich, wenn einem Katapultflugzeug von 9000 kp Gewicht (alles in allem) auf einer Anlaufstrecke von 30 m eine Geschwindigkeit von 180 km/h erteilt wird?

8. Ein Antriebskörper mit der Masse $m_2 = 100$ g und ein Wagen mit der Masse $m_1 = 300$ g werden mit einem Faden verbunden, der über eine an einem Tische befestigte feste Rolle gelegt wird. Infolge des Betriebskörpers setzt sich der Wagen reibungsfrei auf einem Tisch in Bewegung. Welche Beschleunigung erfährt der Wagen und welche Geschwindigkeit hat er, wenn der Betriebskörper 0,5 m gesunken ist? Welche Zeit ist vom Anfang der Bewegung dann vergangen?

9. Ein 900 kp schweres Auto soll in 4 Sekunden seine Geschwindigkeit $v = 80$ km/h verlieren. Welche Bremskraft ist dazu nötig und wie groß war der Bremsweg?

10. Auf einer reibungsfreien Oberfläche wirkt auf einen auf ihr liegenden Körper mit der Masse 200 g während $\frac{1}{10}$ Sekunden die Kraft 50 N. Welche Beschleunigung erfährt er und welchen Weg hat er nach 5 Sekunden zurückgelegt?

11. Auf einen Körper der Masse 5 kg wirkt 2 Sekunden lang eine Kraft, die den Körper von der Ruhe aus 10 m weit bewegt. Wie groß war die Kraft und welche Endgeschwindigkeit hat der Körper, wenn man von Reibungskräften absieht?

12. An den beiden Enden eines Seiles, das über eine feste Rolle geführt ist, hängen zwei Körper mit den Massen $m_1 = 100$ g und $m_2 = 102$ g. Infolge der größeren Masse m_2 kommt das System in Bewegung, wenn