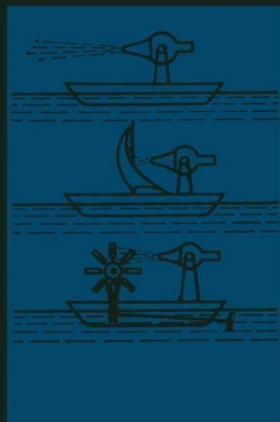
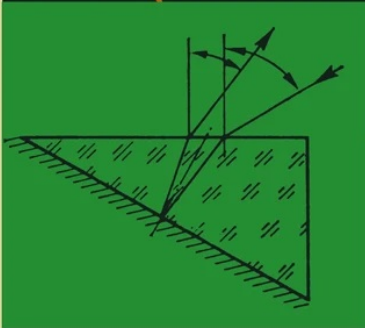




L I N D N E R

# Physikalische Aufgaben



**LINDNER · PHYSIKALISCHE AUFGABEN**

# Physikalische Aufgaben

von Studiendirektor **Helmut Lindner**  
Ingenieurhochschule Mittweida

15. Auflage

1185 Aufgaben mit Lösungen aus allen Gebieten der Physik

360 Bilder



VEB FACHBUCHVERLAG LEIPZIG

© VEB Fachbuchverlag Leipzig 1974

15. Auflage

Lizenznummer 114-210/32/74

LSV 1103

Verlagslektor: Dipl.-Phys. Klaus Vogelsang

Redaktionsschluß: 15. 1. 1974

Bestellnummer: 545 083 0

EVP 7,80



## VORWORT

Zielsetzung und Form physikalischer Aufgaben können recht verschieden sein. Überblickt man die Vielzahl der in der Vergangenheit erschienenen Aufgabensammlungen, so findet man nicht allein ein Vorwärtsschreiten in stofflicher Hinsicht, wie es das stürmische Wachstum der Physik mit sich bringen mußte, sondern auch die gesellschaftliche Entwicklung spiegelt sich darin wider. Während in früheren Zeiten Aufgaben abstrakten und vielfach lebensfremden Inhalts überwogen, wandten sich die Autoren später mehr den praktischen Erfordernissen und den Beziehungen zur Technik zu. Heute, da das Prinzip der polytechnischen Erziehung auch den Physikunterricht aller Schulen durchdringen muß, sollten Aufgaben grundsätzlich der technischen Praxis entnommen sein.

Das darf aber nicht zu einer Einengung des Gesichtskreises auf schon bekannte Anwendungen und technologische Prozesse allein führen. In einer nach Entwicklung und Fortschritt drängenden Zeit muß das physikalische Denken äußerst elastisch sein und auch Probleme behandeln, die zunächst keine unmittelbare Beziehung zur Praxis zu haben scheinen, sie aber überraschend schnell einmal gewinnen können. Aus diesem Grunde erscheinen hier nicht nur unmittelbar technikbezogene Aufgaben, sondern auch solche mit im Laufe der Zeit klassisch gewordener, das formale Denken fördernder Fragestellung. Deshalb wurden auch triviale Aufgaben, die lediglich durch Einsetzen von Werten in gegebene Formeln gelöst werden, nach Möglichkeit vermieden.

Um den Charakter des reinen Aufgabenbuches zu wahren, sind in den Aufgaben selbst die jeweils in Frage kommenden Gesetze bzw. Formeln und Hinweise zur Lösung absichtlich nicht gegeben worden. Man findet diese ja in den einschlägigen Lehrbüchern der allgemeinbildenden und ingenieurtechnischen Schulen; sie können daher als bekannt vorausgesetzt werden.

Die Lösungen sind grundsätzlich als Größengleichungen angegeben und im Ansatz meist nur soweit ausgeführt, daß der jeweils angewandte Grundgedanke erkennbar ist. Um die Aufgaben einem recht weiten Leserkreis zugänglich zu machen, wurden sie so gefaßt, daß ihre Lösungen durchweg mit den Mitteln der elementaren Mathematik, also ohne Zuhilfenahme der Infinitesimalrechnung, möglich ist.

Der Schwierigkeitsgrad entspricht dem Niveau der Ingenieur- und Fachschulen sowie der Ingenieurhochschulen der DDR.

In der 14. Auflage wurden wiederum Verbesserungen in den Lösungen vorgenommen und eine Anzahl von Aufgaben zur Festigkeitslehre, Wellenlehre, Wellenoptik, kinetischen Gastheorie und speziellen Relativitätstheorie eingefügt, ohne jedoch das Nummernsystem der übrigen Aufgaben zu ändern. Ferner wurde das letzte Kapitel zur Atom- und Kernphysik überarbeitet und erweitert, wodurch sich die Zahl der Aufgaben um etwa 30 erhöhte. Ein vollständiges Verzeichnis der verwendeten Größen und Formelzeichen befindet sich am Beginn des Aufgabenteils auf Seite 10.

Für die mühevollen Arbeit des Nachrechnens und viele textliche Verbesserungen sei den Herren Dr. Herbert Küstner, Leipzig, Dipl.-Ing. J. Rühberg, Magdeburg, und Dr. Helmar Lehmann, Leipzig, an dieser Stelle herzlichst gedankt.

Der Verfasser

## INHALTSVERZEICHNIS

Verzeichnis der verwendeten Formelzeichen . . .	Seite 10
<b>1.     <i>Mechanik fester Körper</i></b>	<b>Aufgabe Nr.</b>
1.1.    Statik. . . . .	
1.1.1.  Volumen und Dichte . . . . .	1 . . . 25
1.1.2.  Zusammensetzung und Zerlegung von Kräften . . . . .	26 . . . 55
1.1.3.  Hebel und Drehmoment . . . . .	56 . . . 89
1.1.4.  Schwerpunkt und Standfestigkeit . . . .	90 . . . 101
1.1.5.  Festigkeit . . . . .	102 . . . 113
1.1.6.  Einfache Maschinen . . . . .	114 . . . 126
1.1.7.  Reibung (statisch) . . . . .	127 . . . 144
1.2.    Kinematik	
1.2.1.  Gleichförmige und beschleunigte gerad- linige Bewegung . . . . .	145 . . . 184
1.2.2.  Freier Fall und Wurf . . . . .	185 . . . 208
1.2.3.  Gleichförmige und beschleunigte Dreh- bewegung . . . . .	209 . . . 241
1.2.4.  Zusammengesetzte Bewegungen . . . .	242 . . . 254
1.3.    Dynamik	
1.3.1.  Arbeit, Leistung, Wirkungsgrad. . . . .	255 . . . 280
1.3.2.  Grundgesetz der Dynamik . . . . .	281 . . . 316
1.3.3.  Potentielle und kinetische Energie . . .	317 . . . 334
1.3.4.  Reibungsarbeit . . . . .	335 . . . 346
1.3.5.  Massenträgheitsmoment und Rotations- energie . . . . .	347 . . . 373
1.3.6.  Fliehkraft . . . . .	374 . . . 389
1.3.7.  Impuls und Stoß . . . . .	390 . . . 418
1.3.8.  Massenanziehung . . . . .	419 . . . 429
1.4.    Schwingungen	
1.4.1.  Harmonische Bewegung . . . . .	430 . . . 444
1.4.2.  Elastische Schwingungen . . . . .	445 . . . 457
1.4.3.  Mathematisches Pendel . . . . .	458 . . . 465
1.4.4.  Physisches Pendel . . . . .	466 . . . 482
1.4.5.  Gedämpfte Schwingungen . . . . .	483 . . . 487

2.	<i>Mechanik der Flüssigkeiten und Gase</i>	
2.1.	Mechanik der Flüssigkeiten	
2.1.1.	Molekularerscheinungen . . . . .	488... 496
2.1.2.	Hydrostatischer Druck . . . . .	497... 505
2.1.3.	Auftrieb in Flüssigkeiten. . . . .	506... 530
2.2.	Mechanik der Gase	
2.2.1.	Luftdruck . . . . .	531... 547
2.2.2.	Gesetz von Boyle-Mariotte. . . . .	548... 568
2.2.3.	Auftrieb in der Luft. . . . .	569... 576
2.3.	Strömungen . . . . .	577... 607
2.4.	Wellen	
2.4.1.	Ausbreitung von Wellen . . . . .	608... 619
2.4.2.	Dopplereffekt . . . . .	620... 625
2.4.3.	Lautstärke. . . . .	626... 631
3.	<i>Wärmelehre</i>	
3.1.	Wärmeausdehnung	
3.1.1.	Längenausdehnung . . . . .	632... 646
3.1.2.	Räumliche Ausdehnung . . . . .	647... 660
3.1.3.	Ausdehnung der Gase . . . . .	661... 671
3.1.4.	Zustandsgleichung der Gase . . . . .	672... 694
3.2.	Wärmeenergie	
3.2.1.	Wärmemenge . . . . .	695... 718
3.2.2.	Erster Hauptsatz . . . . .	719... 738
3.2.3.	Zustandsänderung von Gasen. . . . .	739... 761
3.3.	Dämpfe	
3.3.1.	Wasserdampf . . . . .	762... 776
3.3.2.	Luftfeuchtigkeit . . . . .	777... 784
3.4.	Kinetische Gastheorie . . . . .	785... 797
3.5.	Ausbreitung der Wärme . . .	
3.5.1.	Wärmeleitung, Wärmedurchgang, Wärme- übergang . . . . .	798... 810
3.5.2.	Temperaturstrahlung . . . . .	811... 825

---

4.	<i>Optik</i>	
4.1.	Reflexion des Lichtes	
4.1.1.	Ebener Spiegel . . . . .	826...834
4.1.2.	Sphärische Spiegel . . . . .	835...842
4.2.	Lichtbrechung und Linsen	
4.2.1.	Brechungsgesetz . . . . .	843...862
4.2.2.	Einfache Linsen . . . . .	863...895
4.2.3.	Systeme dünner Linsen . . . . .	896...910
4.3.	Wellenoptik . . . . .	911...934
4.4.	Fotometrie. . . . .	935...960
5.	<i>Elektrizitätslehre</i>	
5.1.	Gleichstrom	
5.1.1.	Einfacher Stromkreis . . . . .	961...986
5.1.2.	Zusammengesetzte Widerstände . . . . .	987...1003
5.1.3.	Arbeit und Leistung des elektrischen Stromes . . . . .	1004...1027
5.2.	Elektrisches Feld . . . . .	1028...1051
5.3.	Magnetisches Feld . . . . .	1052...1070
5.4.	Induktionsvorgänge. . . . .	1071...1082
5.5.	Wechselstrom	
5.5.1.	Widerstände im Wechselstromkreis . . . . .	1083...1094
5.5.2.	Leistung und Leistungsfaktor. . . . .	1095...1109
6.	<i>Spezielle Relativitätstheorie</i> . . . . .	1110...1123
7.	<i>Atom- und Kernphysik</i>	
7.1.	Quanten- und Atomphysik . . . . .	1124...1146
7.2.	Radioaktivität . . . . .	1147...1168
7.3.	Kernenergie . . . . .	1169...1185
	Lösungen. . . . .	Seite 169

## Verzeichnis der verwendeten Formelzeichen

<b>A</b>	Fläche, Querschnitt, Aktivität	<b>J</b>	Massenträgheitsmoment, Schallintensität
<b>A<sub>r</sub></b>	relative Atommasse	<b>K</b>	Dosisleistungskonstante
<b>a</b>	Beschleunigung, opt. Gegenstandsweite, Breite	<b>k</b>	Dämpfungsverhältnis, Wärmedurchgangszahl, Boltzmann-Konstante
<b>B</b>	opt. Bildgröße, magnetische Flußdichte (Induktion)	<b>L</b>	Lautstärke, Leuchtdichte, Induktivität (Selbstinduktions-Koeffizient)
<b>b</b>	Breite, opt. Bildweite	<b>l</b>	Länge
<b>C</b>	elektrische Kapazität	<b>M</b>	Drehmoment
<b>c</b>	Lichtgeschwindigkeit, Schallgeschwindigkeit, spezifische Wärmekapazität	<b>M<sub>r</sub></b>	relative Molekülmasse
<b>c<sub>p</sub></b>	spezifische Wärmekapazität bei konstantem Druck	<b>m</b>	Masse
<b>c<sub>v</sub></b>	spezifische Wärmekapazität bei konstantem Volumen	<b>m<sub>0</sub></b>	Ruhmasse
<b>c<sub>w</sub></b>	Widerstandsbeizahl	<b>m</b>	als Index: mittlere
<b>D</b>	Energiedosis, Richtgröße (Federkonstante)	<b>N</b>	Windungszahl, Molekülanzahl
<b>D*</b>	Winkelrichtgröße	<b>N<sub>A</sub></b>	Avogadro-Konstante
<b>d</b>	Durchmesser, Abstand	<b>n</b>	Drehzahl, Brechzahl, Teilchenzahl je Volumeneinheit
<b>E</b>	Elastizitätsmodul, Beleuchtungsstärke, elektrische Feldstärke, Ursprungung	<b>P</b>	Leistung, Wirkleistung
<b>e</b>	Basis der natürlichen Logarithmen	<b>p</b>	Druck, Impuls
<b>e</b>	Entfernung, Elementarladung	<b>Q</b>	Wärmemenge, Elektrizitätsmenge (Ladung), Blindleistung
<b>F</b>	Kraft	<b>q</b>	spezifische Schmelzwärme
<b>F<sub>R</sub></b>	resultierende Kraft	<b>R</b>	Radius, Gaskonstante, elektrischer Widerstand, Wirkwiderstand
<b>F<sub>r</sub></b>	Reibungskraft	<b>R<sub>g</sub></b>	Gesamtwiderstand
<b>F<sub>H</sub>, F<sub>V</sub></b>	horizontale, vertikale Kraft	<b>R<sub>i</sub></b>	innerer Widerstand
<b>F<sub>A</sub>, F<sub>B</sub></b>	Auflagerkraft	<b>r</b>	Radius, Verdampfungswärme
<b>F<sub>N</sub></b>	Normalkraft	<b>S</b>	Scheinleistung
<b>F<sub>z</sub></b>	Fliehkraft	<b>s</b>	Weglänge, Strecke
<b>f</b>	Frequenz, absolute Feuchtigkeit, Brennweite	<b>T</b>	Periodendauer, Dauer einer Umdrehung, thermodynamische Temperatur
<b>f<sub>max</sub></b>	Sättigungsmenge für Wasserdampf	<b>T<sub>1/2</sub></b>	Halbwertszeit
<b>G</b>	Gewicht, optische Gegenstandsgröße	<b>t</b>	Zeit, Celsius-Temperatur
<b>g</b>	Schwerebeschleunigung	<b>t<sub>m</sub></b>	Mischtemperatur
<b>H</b>	magnetische Feldstärke	<b>U</b>	elektrische Spannung (Spannungsabfall)
<b>h</b>	Höhe, Wärmehalt (spez. Enthalpie), Planck-Konstante	<b>U<sub>k</sub></b>	Klemmenspannung
<b>I</b>	elektrische Stromstärke, Lichtstärke	<b>V</b>	Volumen
<b>I<sub>w</sub>, I<sub>b</sub></b>	Wirkstrom, Blindstrom	<b>v</b>	Geschwindigkeit, spezifisches Volumen, Vergrößerung (opt.)
		<b>v<sub>r</sub></b>	Relativgeschwindigkeit

$W$	Arbeit, Energie	$\theta$	Celsius-Temperatur, Streuwinkel
$w$	Wasserwert	$z$	Verhältnis $c_p/c_v$
$x$	gesuchte Größe	$\lambda$	Wellenlänge, Wärmeleit- fähigkeit, Zerfallskonstante
$X$	Blindwiderstand	$\mu$	Reibungszahl, Fahrwider- standszahl, Ausflußzahl, Permeabilität
$y$	Elongation (Auslenkung)	$\nu$	Frequenz
$y_{\max}$	Amplitude	$\rho$	Dichte, spezif. elektr. Widerstand
$Z$	Scheinwiderstand, Ordnungszahl	$\sigma$	Zugspannung, Oberflächen- spannung, Stefan-Boltzmann- Konstante
$z$	Anzahl	$\tau$	Scherspannung
$\alpha$	Winkel, Winkelbeschleuni- gung, Dehnzahl, Längenaus- dehnungskoeffizient, Wärme- übergangszahl	$\phi$	Lichtstrom
$\beta$	Winkel	$\varphi$	Winkel, Drehwinkel, Phasen- winkel, relative Feuchtigkeit
$\gamma$	Winkel, Volumenaus- dehnungskoeffizient, Gravita- tionskonstante	$\omega$	Winkel, Raumwinkel, Winkelgeschwindigkeit
$\epsilon$	Schwinkel, Dielektrizitäts- konstante		
$\eta$	Wirkungsgrad		

# 1. Mechanik fester Körper

## 1.1. Statik

### 1.1.1. Volumen und Dichte

1. Eine Blechtafel von der Größe  $1,0 \text{ m} \times 2,2 \text{ m}$  wird beiderseits mit einer  $0,08 \text{ mm}$  dicken Lackschicht überzogen. Wieviel Kubikzentimeter Lack werden benötigt?

2. Welche beiderseitige Schichtdicke ergibt sich, wenn man zum Überziehen einer  $2,5 \text{ m} \times 8,2 \text{ m}$  großen Blechtafel  $1,23 \text{ l}$  Lack benötigt?

3. Ein Papierband von  $b = 80 \text{ cm}$  Breite und  $h = 0,15 \text{ mm}$  Dicke ist auf einem Holzkern von  $d_1 = 5 \text{ cm}$  Dicke aufgewickelt und ergibt eine  $d_2 = 40 \text{ cm}$  dicke Rolle. Wieviel Quadratmeter Papier befinden sich auf der Rolle?

4. Welchen Durchmesser hat eine Rolle, auf der  $17,36 \text{ m}^2$  Papier von  $20 \text{ cm}$  Breite und  $0,2 \text{ mm}$  Dicke bei einem Kerndurchmesser von  $2 \text{ cm}$  aufgewickelt sind?

5. Ein  $l_1 = 50 \text{ m}$  langer und  $d_1 = 1 \text{ mm}$  dicker Kupferdraht wird auf die Länge  $l_2 = 1800 \text{ m}$  ausgezogen. Wie groß ist der neue Durchmesser  $d_2$ ?

6. Eine  $l = 12 \text{ cm}$  lange Kapillare ist mit Flüssigkeit gefüllt. Beim Hineinblasen bildet die vollständig ausgetriebene Flüssigkeit einen kugelförmigen Tropfen von  $2r = 1 \text{ mm}$  Durchmesser. Welchen inneren Durchmesser  $d$  hat die Kapillare?

7. In einen zylindrischen Behälter, der bis zur Höhe  $h = 1,2 \text{ m}$  mit Wasser gefüllt ist, wird nach Bild 1 ein zylindrischer Tauchkörper von  $d_2 = 30 \text{ cm}$  bis zum Grund eingesenkt, wodurch der Wasserstand um  $\Delta h = 4 \text{ cm}$  steigt. Wieviel Liter Wasser befinden sich im Behälter?

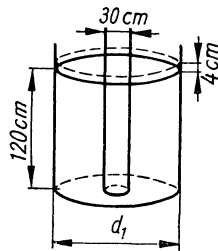


Bild 1

8. Ein zylindrischer Behälter ist ebenso breit wie hoch. Welche Höhe hat er bei einem Fassungsvermögen von  $120 \text{ m}^3$ ?

9. Neigt man ein bis zum Rand mit Wasser gefülltes zylindrisches Gefäß um  $45^\circ$ , so fließt  $\frac{1}{4}$  seines Inhaltes aus. In welchem Verhältnis stehen Höhe und Durchmesser zueinander?



10. Um welchen Winkel  $\alpha$  muß das in der vorigen Aufgabe betrachtete Gefäß gekippt werden, damit es sich zur Hälfte entleert?
11. Ein zylindrischer Gießkübel von 80 cm Höhe und 90 cm Durchmesser ist 70 cm hoch mit flüssigem Stahl gefüllt. Um wieviel Grad muß er geneigt werden, bis der Inhalt auszufließen beginnt?
12. Gegeben sind 2 gleiche Gefäße. Im Gefäß 1 befindet sich 1 l Benzin, im Gefäß 2 dagegen 1 l Öl. Man gießt  $\frac{1}{4}$  l von Gefäß 1 in Gefäß 2, rührt gut um und gießt dann  $\frac{1}{4}$  l von Gefäß 2 in Gefäß 1 zurück. Wie ist das Mischungsverhältnis in beiden Gefäßen?
13. Welche Masse haben 100 m Kupferdraht von 2 mm Durchmesser? ( $\rho = 8,9 \text{ g/cm}^3$ )
14. Welche Dichte hat Bleilot, das 33 Massenprocente Zinn ( $\rho_1 = 7,28 \text{ g/cm}^3$ ) und 67 Massenprocente Blei ( $\rho_2 = 11,34 \text{ g/cm}^3$ ) enthält?
15. 300 g Blei ( $\rho = 11,3 \text{ g/cm}^3$ ) werden in ein Überlaufgefäß gelegt. Wieviel Wasser fließt aus?
16. Eisenblech ist beiderseits mit einer Nickelschicht von  $12,5 \mu\text{m}$  Dicke plattiert. Wieviel Nickel trägt  $1 \text{ m}^2$  des Bleches? ( $\rho = 8,9 \text{ g/cm}^3$ )
17. 1000 Blatt Blattgold von je  $55 \text{ mm}^2$  Oberfläche wiegen 4,4 g; wie dick ist ein Blatt? ( $\rho = 19,3 \text{ g/cm}^3$ )
18. Welchen Durchmesser hat eine 6 cm lange Kapillare, deren Masse bei Füllung mit Quecksilber ( $\rho = 13,55 \text{ g/cm}^3$ ) um 75 mg größer wird?
19.  $1 \text{ m}^3$  Glaswolle wiegt 100 kg. Wieviel Prozent Glas enthält ihr Volumen, wenn Glas die Dichte  $2,5 \text{ g/cm}^3$  hat?
20. Um die Dichte einer Holzprobe von 30 g Masse zu bestimmen, wird diese an einem Bleistück von 400 g Masse ( $\rho_1 = 11,3 \text{ g/cm}^3$ ) befestigt und in das Überlaufgefäß versenkt. Es fließen 75  $\text{cm}^3$  Wasser aus. Welche Dichte  $\rho_2$  hat das Holz?
21. Ein Holzbalken ( $\rho = 0,6 \text{ g/cm}^3$ ) ist ebensoviel Meter lang, wie er Kilogramm wiegt. Wie groß ist sein Querschnitt?
22. Ein Pyknometer wiegt leer 12,82 g, mit Wasser gefüllt 65,43 g und mit Kalilauge gefüllt 74,56 g. Welche Dichte hat die Kalilauge, wenn die des Wassers mit  $1 \text{ g/cm}^3$  angenommen wird?

23. Ein leer  $m_1 = 28,50$  g wiegendes Pyknometer hat, mit Benzin ( $\rho_1 = 0,72$  g/cm<sup>3</sup>) gefüllt, die Masse  $m_2 = 64,86$  g. Nach Einbringen eines Drahtstückchens von der Masse  $m_3 = 2,65$  g und Abtrocknen des übergeflossenen Benzins wird eine Masse von  $m_4 = 67,42$  g festgestellt. Welche Dichte  $\rho_2$  hat der Draht?

24. Durch dreimaliges Wägen eines Glasballons soll die Dichte  $\rho_G$  eines Gases bestimmt werden. Es ergibt sich bei Füllung mit Luft die Masse  $x$ , bei Füllung mit Gas die Masse  $y$  und bei Füllung mit Wasser die Masse  $z$ . Die Dichte des Wassers sei  $\rho_w$  und die der Luft  $\rho_L$ . Welcher Ausdruck ergibt sich für  $\rho_G$ ?

25. Wie groß ist die Dichte eines Gases, wenn laut Aufgabe 24 folgende Massen festgestellt wurden:

$$x = 185,25 \text{ g}, y = 184,62 \text{ g}, z = 1253,50 \text{ g};$$

$$\rho_L = 0,00128 \text{ g/cm}^3, \text{ Dichte des Wassers } \rho_w = 1,0000 \text{ g/cm}^3$$

1.1.2. *Zusammensetzung und Zerlegung von Kräften*

26. Eine Zugmaschine soll 3 gleich schwere, mit Tauen aneinandergeschlossene Anhänger ziehen. Zur Verfügung stehen 6 Tawe gleicher Zugfestigkeit. Wie sind diese am zweckmäßigsten zu verteilen?

27. Der Magdeburger Bürgermeister v. Guericke ließ zu beiden Seiten seiner ausgepumpten Kugel je 8 Pferde anspannen, um die Kraft des Luftdruckes zu demonstrieren. Hätte er dieselbe Kraftwirkung auch mit weniger Pferden vorführen können?

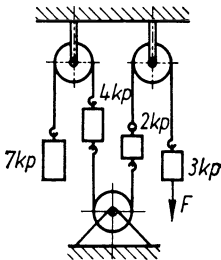


Bild 2

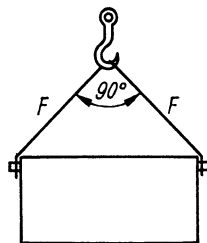


Bild 3

28. Welche Kraft  $F$  ist notwendig, um den auf Bild 2 angegebenen Gewichtsstücken das Gleichgewicht zu halten?

29. Mit welcher Kraft  $F$  wird das auf Bild 3 angegebene Halteseil gespannt, an dem eine 600 kp schwere Last hängt?

30. Von zwei unter einem rechten Winkel in einem Punkt angreifenden Kräften ist die eine um 2 kp größer als die andere. Wie groß sind ihre Beträge, wenn die Resultierende 8 kp groß ist?

31. Zwei unter einem rechten Winkel in einem Punkt angreifende Kräfte von 10 kp bzw. 18 kp sollen durch zwei andere, einander gleich große Kräfte ersetzt werden, die ebenfalls rechtwinklig zueinander wirken und dieselbe Resultierende ergeben. Wie groß sind diese Kräfte?

32. Von zwei unter einem rechten Winkel in einem Punkt angreifenden Kräften ist die eine um 3 kp größer als die andere und um 4 kp kleiner als die Resultierende. Wie groß sind diese 3 Kräfte?

33. Welches Gegengewicht  $G$  hält den beiden auf Bild 4 angegebenen Gewichtsstücken  $G_1 = 9$  kp und  $G_2 = 4$  kp das Gleichgewicht?

34. (Bild 5) Wie schwer ist die Last  $G$ , wenn a) das Seil  $a$  mit der Kraft 120 kp und b) das Seil  $b$  mit der Kraft 85 kp gespannt ist?

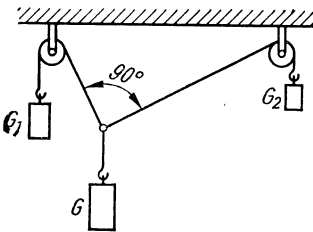


Bild 4

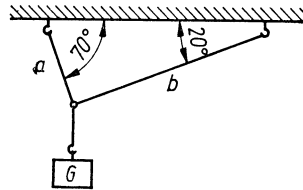


Bild 5

35. Ein 85 kp schweres Rad hängt in der auf Bild 6 angegebenen Lage an zwei Seilen. Welche Kräfte  $F_1$  und  $F_2$  wirken in den Seilen?

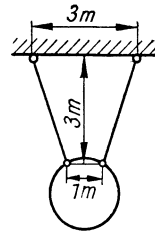


Bild 6

36. (Bild 7) Beim Transport eines 3 Mp schweren Kessels von 1,2 m Durchmesser stößt dieser gegen eine 5 cm hohe Kante. Wie groß ist die waagerechte Zugkraft  $F$ , die den Kessel vom Boden abhebt?

37. Die beiden Oberleitungen einer Straßenbahn hängen nach Bild 8 mit den Gewichtsanteilen von je  $G = 15$  kp an einem

quer über die Straße gespannten Seil. Durch welche Kräfte  $F_1$ ,  $F_2$  und  $F_3$  wird es gespannt?

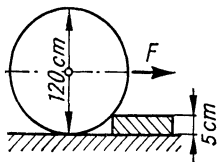


Bild 7

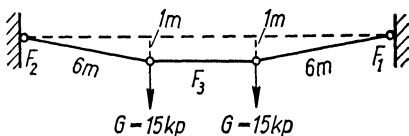


Bild 8

38. (Bild 9) Eine Wandkonsole trägt eine Rolle, an der eine Last von 200 kp hochgezogen wird. Es sind die auf die Stäbe  $AB$  und  $AC$  wirkenden Kräfte  $F_1$  und  $F_2$  zu berechnen.

39. (Bild 10) Welche Kräfte wirken in den beiden Streben  $S_1$  und  $S_2$ , wenn über die feste Rolle eine Last  $G = 120$  kp gehängt wird?

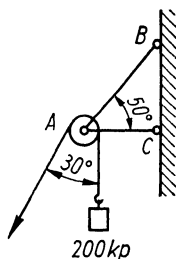


Bild 9

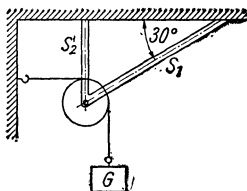


Bild 10

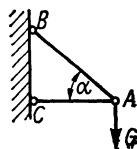


Bild 11

40. Die Stäbe  $AB$  und  $AC$  des Wandarms auf Bild 11 dürfen höchstens mit 210 kp bzw. 170 kp beansprucht werden. Wie groß ist der Winkel  $\alpha$  zu wählen, und welche Last  $G$  darf der Wandarm höchstens tragen?

41. (Bild 12) Um welche Höhe  $h$  kann die an einem 6 m langen Seil hängende Last von 1,8 Mp durch waagerechten Zug gehoben werden, wenn das Zugseil mit höchstens 1,0 Mp beansprucht werden darf?

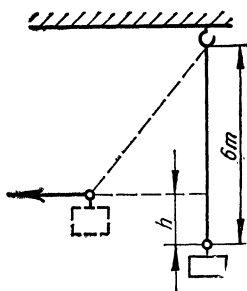


Bild 12

42. Gegen den Rücken des in Bild 13 angegebenen Keiles wirkt horizontal die Kraft  $F_1 = 60 \text{ kp}$ . Mit welcher Kraft  $F_2$  wird dadurch der bewegliche Stempel nach oben gedrückt?

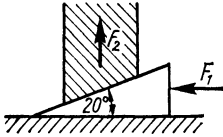


Bild 13

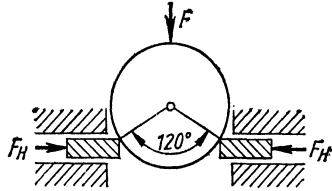


Bild 14

43. Welche Kraft  $F$  ist notwendig, um die auf Bild 14 angegebene Stahlkugel zwischen zwei Klemmbacken zu drücken, wenn der seitlich gerichtete Widerstand je  $F_H = 250 \text{ p}$  beträgt?

44. Welche Kraft  $F$  wirkt in dem Abspannseil, das nach Bild 15 über die Stangen 1 und 2 geführt wird und die der nach links wirkenden horizontalen Kraft  $F_H = 100 \text{ kp}$  das Gleichgewicht hält? Welche Druckkräfte  $F_1$  und  $F_2$  wirken auf die beiden Stangen?

45. (Bild 16) Wie groß sind die Kräfte  $F$  in den 3 schräg gestellten Stützpfeilern eines 60 Mp schweren Hochbehälters, wenn je 2 Pfeiler den Winkel  $30^\circ$  einschließen?

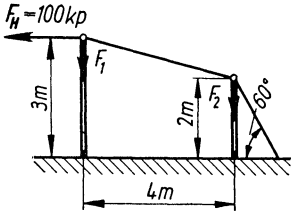


Bild 15

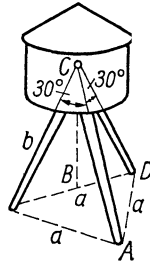


Bild 16

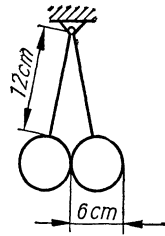


Bild 17

46. Zwei je 1 kp schwere Kugeln sind nach Bild 17 in einem gemeinsamen Punkt aufgehängt. Wie groß ist die Fadenspannkraft  $F_1$ , und mit welcher Kraft  $F_2$  drücken die Kugeln gegeneinander?

47. Ein  $G = 240 \text{ kp}$  schweres Regendach ist nach Bild 18 durch zwei parallele, in seiner Mittellinie angebrachte Zugseile befestigt und lehnt sich bei A gegen die Wand. Mit welcher Kraft



kugel an. Mit welcher Kraft  $F_1$  spannt sich der Faden, und mit welcher Kraft  $F_2$  drückt die Kugel gegen ihre Unterlage?

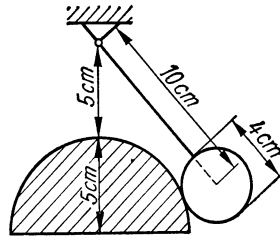


Bild 23

53. Der geradlinig gleitende Stößel eines Abfüllautomaten wird dadurch auf- und abbewegt, daß er mit Hilfe der Feder  $F$  und des Rädchens  $R_1$  gegen eine rotierende kreisförmige Exzentrerscheibe  $R_2$  gedrückt wird (Bild 24). Wie groß ist a) der Bewegungsspielraum  $h$  des Stößels und b) der kleinste und der größte Anpreßdruck des Rädchens  $R_1$ ? Die Federkraft  $F_1$  beträgt in der tiefsten Stellung 0,25 kp und nimmt je cm Verkürzung um 0,1 kp zu.

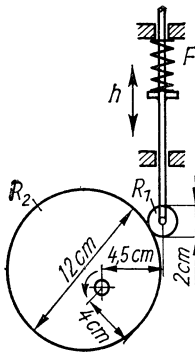


Bild 24

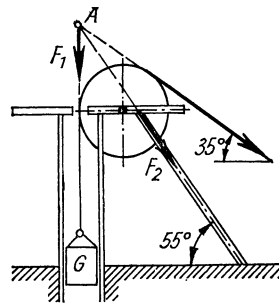


Bild 25

55. Über den Ausleger eines Trockenbaggers (Bild 26) läuft ein Zugseil, an dem das nach oben schwenkbare, 40 Mp schwere Gatter hängt, dessen Schwerpunkt  $S$  in der Mitte liegt. Welche Kraft  $F$  hält dieser Last das Gleichgewicht, und welche Kräfte ( $F_o$  und  $F_u$ ) wirken auf die Hauptstreben  $O$  und  $U$  des Auslegers?

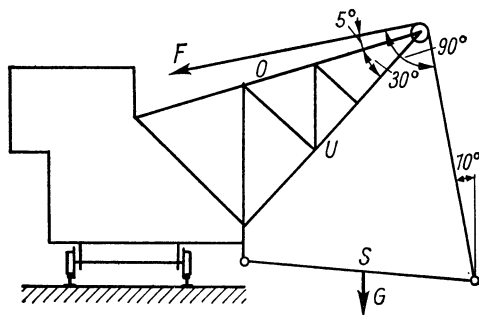


Bild 26

1.1.3. *Hebel und Drehmoment*

56. Ein 12 m langer und 27 Mp schwerer Güterwagen ist mit dem vorderen Räderpaar entgleist. Der Achsabstand beträgt 8 m. Welche Kraft ist am vorderen Wagenende anzusetzen?

57. Eine Schubkarre ist nach Bild 27 mit einer Last von 85 kp beladen. Mit welcher Kraft  $F$  muß sie gehalten werden?

58. Mit welcher Kraft  $F$  werden die Backen der auf Bild 28 angegebenen Schienenzange zusammengedrückt, wenn beim Anheben eine  $G = 120$  kp schwere Teillast daran hängt?

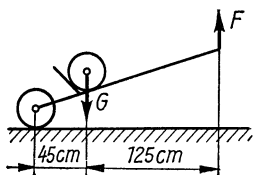


Bild 27

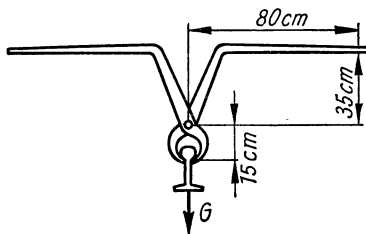


Bild 28

59. (Bild 29) Welche horizontal gerichtete Zugkraft  $F$  ist erforderlich, um einen 30 kp schweren Kanaldeckel mit der auf dem Bild angegebenen Brechstange anzuheben?

60. Um eine nur an den Längsseiten vernagelte Kiste zu öffnen, schiebt man eine 58 cm lange Brechstange 8 cm tief unter den Deckel und drückt mit der Kraft  $F_1 = 22$  kp auf das freie Ende



(Bild 30). Mit welcher Kraft  $F_2$  wird jede der beiden Nagelreihen herausgezogen, wenn sie gleich weit vom Deckelrand entfernt sind?

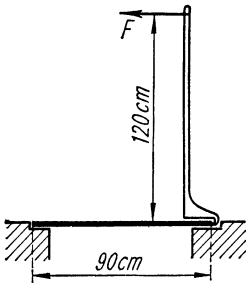


Bild 29

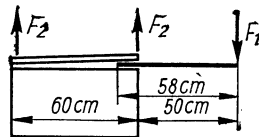


Bild 30

61. Von 8 Kugeln sind 7 genau gleich schwer, die achte dagegen ein wenig schwerer als die übrigen. Durch nur 2 Wägungen mit der Tafelwaage ist die schwerere herauszufinden. Wie ist zu verfahren?
62. Bei einer ungenau gearbeiteten Balkenwaage wiegt ein Gegenstand auf der linken Seite 60 g, auf der rechten dagegen 55 g. Welches ist seine wahre Masse?
63. (Bild 31) Welcher allgemeine Ausdruck ergibt sich für den Drehwinkel  $\varphi$  des Zeigers einer Briefwaage, wenn auf deren Schale die Kraft  $G$  einwirkt? Das Gewicht des Hebelsystems bleibe unberücksichtigt. Lastarm  $l_1$  und Kraftarm  $l_2$  sollen in jeder Lage einen rechten Winkel bilden.

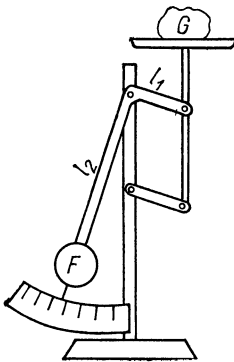


Bild 31

64. Wie schwer ist ein Stab, dessen Ende nach Bild 32 mit der Kraft 6,4 kp auf die Waage drückt?



Bild 32

65. Ruht ein beladener Wagen, dessen Achsabstand  $l = 4,5$  m beträgt, mit dem vorderen Radpaar auf der Plattform einer Waage, so zeigt diese die Masse 740 kg an. Ruht dagegen nur das hintere Radpaar auf der Waage, so zeigt die Waage 520 kg an. Welche Entfernung  $l_1$  hat der Schwerpunkt des Wagens von der Hinterachse?

66. Wieviel wiegt der auf Bild 33 angegebene Balken, wenn er durch die am Ende angebrachte Last von 75 kp in der Schwebelage bleibt?

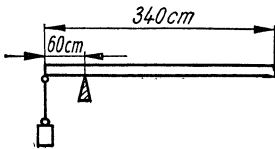


Bild 33

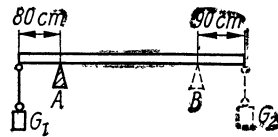


Bild 34

67. (Bild 34) Ein Balken wird am Ende mit  $G_1 = 50$  kp belastet und bleibt in der Schwebelage, wenn er bei A unterstützt wird. Wird er bei B unterstützt, muß er am anderen Ende mit  $G_2 = 40$  kp belastet werden. Berechne Länge  $l$  und Gewicht  $G$  des Balkens!

68. (Bild 35) Ein 1 m langer Stab wird zwischen 2 Schneiden  $S_1$  und  $S_2$ , deren Belastungen sich wie 1:3 zueinander verhalten, in horizontaler Lage gehalten. Welche Teillänge  $l$  des Stabes ragt über  $S_1$  hinaus?

69. (Bild 36) Zwei um 1,80 m entfernte Stützen sollen einen 7 m langen Balken so tragen, daß die eine  $\frac{2}{3}$  und die andere  $\frac{1}{3}$  der Last aufnimmt. Um wieviel ragt der Balken auf beiden Seiten über?

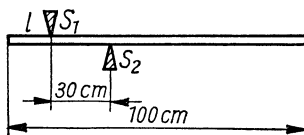


Bild 35

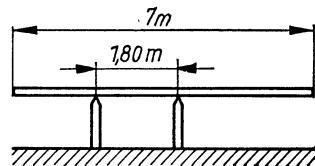


Bild 36

70. Um welchen Winkel muß man den auf Bild 37 angegebenen Winkelhebel nach links drehen, damit er von selbst weiter nach links umklappt?

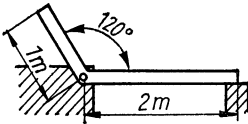


Bild 37

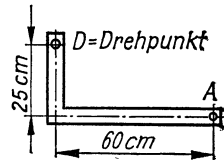


Bild 38

71. (Bild 38) Welches Drehmoment kann mittels einer im Punkt  $A$  angreifenden Kraft von  $1,5 \text{ kp}$  im Höchsfalle erzielt werden?

72. Welches Drehmoment hat ein  $35 \text{ kp}$  schwerer und  $6 \text{ m}$  langer Balken bezüglich einer waagerechten Achse, die  $20 \text{ cm}$  seitwärts von seinem Schwerpunkt liegt, a) in horizontaler Lage des Balkens und b), wenn der Balken mit der Waagerechten einen Winkel von  $40^\circ$  bildet?

73. (Bild 39) Ein  $8 \text{ kp}$  schweres Dachfenster, dessen Schwerpunkt mit  $S$  bezeichnet ist, wird durch die Strebe  $St$  abgestützt. Welche Kraft  $F$  wirkt in der Strebe, wenn das Dach die Neigung  $30^\circ$  hat und das Fenster mit einem Winkel von  $45^\circ$  geöffnet ist?

74. (Bild 40) Der Deckel einer Truhe, dessen Schwerpunkt in der Mitte liegt, wird durch eine rechtwinklig angreifende Stütze gehalten. Bei welchem Öffnungswinkel  $\alpha$  beträgt die Stützkraft das  $1,5$ fache des Gewichtes?

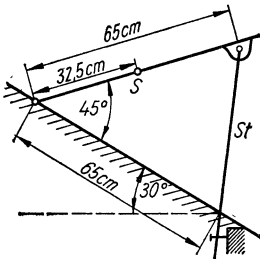


Bild 39

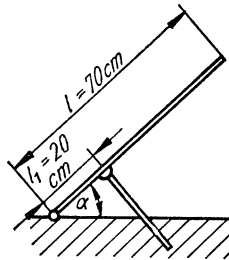


Bild 40

75. (Bild 41) Der dargestellte Hebel wird durch eine mit der Kraft  $1,5 \text{ kp}$  gespannte Feder in senkrechter Lage gehalten. Welches rückdrehende Moment entsteht, wenn der Hebel um  $90^\circ$  geschwenkt wird und die Richtgröße der Feder  $0,8 \text{ kp/cm}$  beträgt?

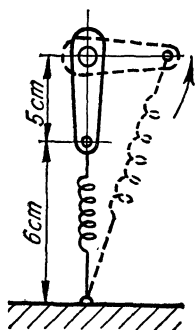


Bild 41

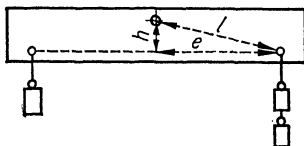


Bild 42

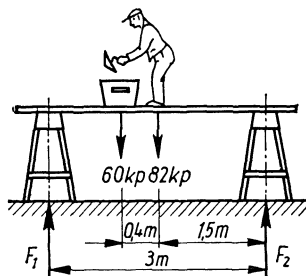


Bild 43

76. Um welchen Winkel  $\varphi$  dreht sich der in Bild 42 angegebene, gewichtslos zu denkende Waagebalken, wenn a) links 1 und rechts 2 Masseinheiten und b) links 2 und rechts 3 Masseinheiten hängen?

77. Welche Belastungen haben die auf Bild 43 angegebenen Stützen zu tragen?

78. Wie groß sind die Auflagerkräfte  $F_A$  und  $F_B$  einer nach Bild 44 beidseitig gelagerten, 3 kp schweren Welle, auf der ein 12 kp schweres Rad sitzt?

79. Die auf Bild 45 angegebenen Räder sind  $G_1 = 2$  kp,  $G_2 = 8$  kp,  $G_3 = 3$  kp,  $G_4 = 6$  kp schwer, die Welle 5 kp. Wie groß sind die Auflagerkräfte  $F_A$  und  $F_B$  in den beiden Lagern?

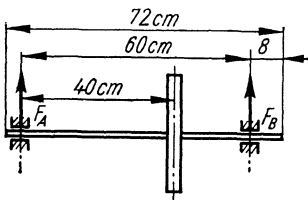


Bild 44

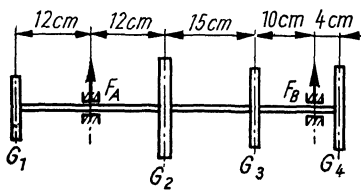


Bild 45

80. (Bild 46) In welchem Abstand  $x$  vom rechten Lager muß das rechte Rad angebracht werden, damit die Auflagerkräfte  $F_A$  und  $F_B$  gleich groß werden, und wie groß sind diese dann? (Welle 8 kp)

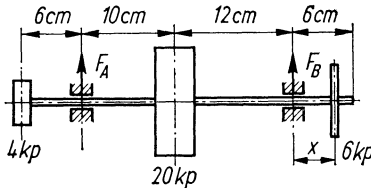


Bild 46

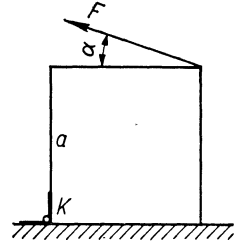


Bild 47

81. (Bild 47) Ein homogener Würfel vom Gewicht  $G$  kann sich um die Kante  $K$  drehen. Wie groß ist die Kraft  $F$ , um den Würfel durch Ziehen an dem unter dem Winkel  $\alpha$  angreifenden Seil anzuheben?

82. Mit welcher Kraft  $F$  drückt eine um den Winkel  $\alpha$  geneigte Leiter von der Länge  $l$  gegen die Wand, wenn der Schwerpunkt samt Belastung auf der Leitermitte liegt? (Gesamtgewicht  $G$ )

83. Eine  $l = 5$  m lange und  $G_1 = 15$  kp schwere Leiter lehnt unter einem Winkel von  $\alpha = 75^\circ$  gegen einen Mast. Welche Strecke  $h$  darf ein  $G_2 = 75$  kp schwerer Mann höchstens hinaufsteigen, wenn die gegen den Mast drückende Kraft nicht größer als 15 kp sein darf?

84. (Bild 48) In der Mitte  $M$  sowie am Ende  $B$  eines bei  $A$  pendelnd aufgehängten, gewichtslos gedachten Stabes hängen zwei gleich große Gewichtsstücke  $G$ , während in  $M$  eine waagrecht gerichtete Zugkraft  $F = G$  wirkt. Welchen Winkel bildet der Stab mit der Senkrechten?

85. An einer pendelnd aufgehängten losen Rolle wird nach Bild 49 eine Last  $G$  hochgezogen. Unter welchem Winkel stellt sich die Halterung gegen die Senkrechte ein, wenn alle Teile der Rolle gewichtslos gedacht werden?

86. Die auf Bild 50 angegebene 10 kp schwere Verschlussklappe wird durch ein im Schwerpunkt angreifendes Gegengewicht waagrecht in der Schwebe gehalten. Mit welcher Kraft  $F$  muß sie bei  $A$  gegen den Rand gedrückt werden, damit sie in der senkrechten Lage bleibt?

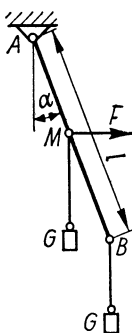


Bild 48

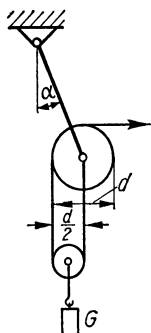


Bild 49

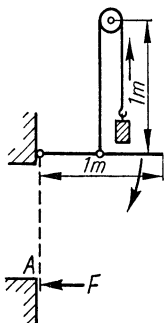


Bild 50

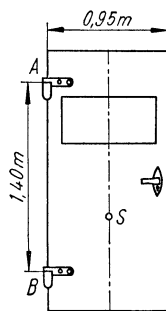


Bild 51

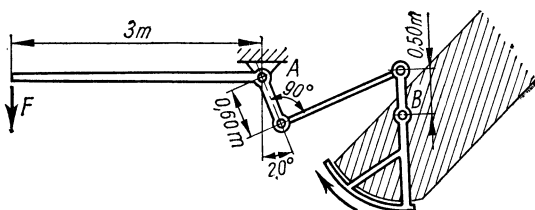


Bild 52

87. Das Gewicht einer 24 kp schweren Tür (Bild 51), deren Schwerpunkt in der vertikalen Mittellinie liegt, wird vollständig von der oberen Angel abgefangen. Welche Kräfte wirken in den beiden Angeln A und B?

88. Das Öffnen der Verschlussklappe eines schräg liegenden Abfüllschachtes (Bild 52) erfordert in bezug auf Punkt B (einschließlich Reibung) ein Drehmoment von 20 kpm. Mit welcher Kraft  $F$  muß der Hebel nach unten gezogen werden? Das Hebelsystem ist bei A und B drehbar gelagert.

89. Gegen den Verschlussbügel einer Bierflasche wirkt in der auf Bild 53 angegebenen Stellung unter einem rechten Winkel die Kraft  $F = 2$  kp. Mit welcher Kraft  $F_1$  wird der Verschuß auf die Flasche gedrückt?

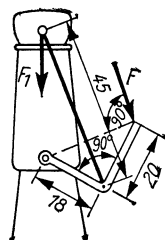


Bild 53

## 1.1.4. Schwerpunkt und Standfestigkeit

90. (Bild 54) Wo liegt der Schwerpunkt  $S$  eines 2 cm dicken und 80 cm langen, runden Holzstabes ( $\rho_1 = 0,6 \text{ g/cm}^3$ ), der zur Hälfte seiner Länge mit 1 mm dickem Eisenblech ( $\rho_2 = 7,6 \text{ g/cm}^3$ ) umhüllt ist?

91. Der Stiel des in Bild 55 angegebenen Hammers soll durch den Schwerpunkt des Kopfes laufen. Wie weit muß der Mittelpunkt der Bohrung von der stumpfen Kante entfernt sein? (Der rechnerische Einfluß der Bohrung selbst werde nicht berücksichtigt.)

92. Eine nach Bild 56 bei  $A$  aufgehängte Kreisscheibe trägt in  $P$  eine praktisch punktförmige Masse, die gleich der halben Masse der Kreisscheibe ist. Um welchen Winkel  $\alpha$  dreht sich die Scheibe zur Seite?

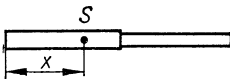


Bild 54

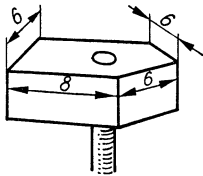


Bild 55

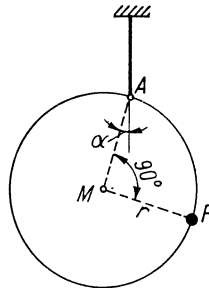


Bild 56

93. (Bild 57) Eine dreieckige Tischplatte  $ECD$  ruht auf 4 Beinen, von denen 2 an den Eckpunkten  $C$  und  $D$  stehen. In welchem Abstand von der dritten Ecke  $E$  müssen die anderen beiden Beine  $A$  und  $B$  stehen, damit alle 4 Beine gleich stark belastet werden? Die Verbindungslinie  $\overline{AB}$  soll parallel zu  $\overline{DC}$  verlaufen.

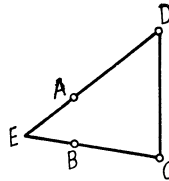


Bild 57



Bild 58

94. Es ist zu bestätigen, daß der Schwerpunkt eines Trapezes von der längeren parallelen Seite  $a$  den Abstand

$$s = \frac{h(a + 2b)}{3(a + b)} \text{ hat.}$$

95. (Bild 58) Ein rechtwinkliges Dreieck ist in einer Ecke aufgehängt, deren Winkel  $30^\circ$  beträgt. Welchen Winkel  $\alpha$  bildet die Hypotenuse mit der Verlängerung des Fadens?

96. In welcher Höhe  $b$  über dem Boden liegt der Schwerpunkt eines oben offenen, zylindrischen Gefäßes von  $h = 1,20$  m Höhe und  $d = 0,80$  m Durchmesser bei überall gleicher Wanddicke?

97. Das in der vorigen Aufgabe betrachtete Gefäß ist 50 kp schwer und kann sich um eine 3 cm oberhalb seines Schwerpunktes gelegene Querachse drehen. Bis zu welcher Höhe  $x$  kann es mit Wasser gefüllt werden, ehe es umkippt?

98. (Bild 59) In welcher Höhe  $h$  über dem Boden liegt der Schwerpunkt eines oben offenen, rechteckigen Kastens  $a, b, c$  bei überall gleicher Wanddicke? (Beispiel:  $a = 6$  cm,  $b = 10$  cm,  $c = 4$  cm)

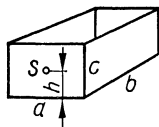


Bild 59

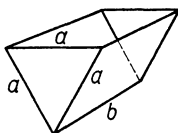


Bild 60

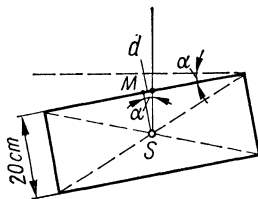


Bild 61

99. In welcher Höhe  $h$  über der Bodenkante liegt der Schwerpunkt eines oben offenen, dreieckigen Troges nach Bild 60? (Zahlenbeispiel:  $a = 3$  cm,  $b = 6$  cm)

100. (Bild 61) Ein 20 cm dicker Balken hängt an einem Seil, das  $d = 2$  cm seitlich vom Mittelpunkt  $M$  der Oberkante befestigt ist. Um welchen Winkel  $\alpha$  neigt sich der Balken gegen die Horizontale?

101. Die Unwucht einer Kreisscheibe vom Radius  $r_1 = 300$  mm, infolge deren der Schwerpunkt  $d = 1$  mm außer der Mitte liegt, soll durch Bohren eines kreisförmigen Loches von  $r_2 = 20$  mm behoben werden. In welchem Abstand  $e$  von der Mitte muß die Lochmitte liegen?



## 1.1.5. Festigkeit

**102.** (Bild 62) Ein zylindrischer Stab aus Bronze von 20 cm Länge und 1,5 cm Durchmesser wird durch eine Zugkraft von 500 kp einem Dehnungsversuch unterworfen und verlängert sich dabei um 0,05 mm. Wie groß ist a) der Elastizitätsmodul, b) die Dehnzahl und c) die Dehnung für den Fall der höchstzulässigen Zugspannung 1000 kp/cm<sup>2</sup>?

**103.** Mit welcher Kraft ist eine 0,1 mm dicke und 25 cm lange Klaviersaite gespannt, wenn sie sich beim Stimmen um 1,8 mm dehnt? ( $E = 2,1 \cdot 10^6$  kp/cm<sup>2</sup>)

**104.** (Bild 63) Welchen Durchmesser muß das Material einer mit 8 Mp belasteten Gliederkette haben, wenn die zulässige Spannung 550 kp/cm<sup>2</sup> beträgt?

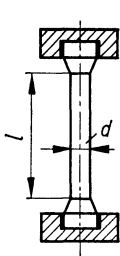


Bild 62

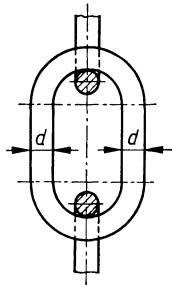


Bild 63

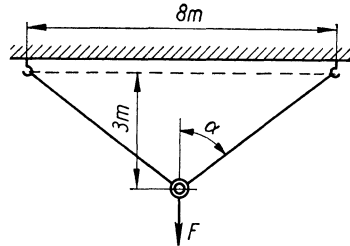


Bild 64

**105.** (Bild 64) Welche Last  $F$  darf an die beiden Stahlseile von je 1,5 cm<sup>2</sup> Querschnitt höchstens angehängt werden, wenn die zulässige Zugspannung  $\sigma_{zul} = 1400$  kp/cm<sup>2</sup> beträgt?

**106.** Welche Arbeit ist erforderlich, um einen 15 m langen und 1,2 mm dicken Chromnickeldraht ( $E = 2,1 \cdot 10^6$  kp/cm<sup>2</sup>) bis zur zulässigen Grenze von 3500 kp/cm<sup>2</sup> zu spannen?

**107.** (Bild 65) Eine an der angegebenen Stelle mit  $F = 500$  kp belastete Plattform, deren Eigengewicht vernachlässigt sei, ist einerseits mit 2 Schrauben befestigt und wird noch durch 2 Streben abgestützt. a) Welche Kräfte wirken in den Streben und Halteschrauben? b) Welchen Querschnitt müssen die Streben haben ( $\sigma_{zul} = 650$  kp/cm<sup>2</sup>)? c) Welchen Durchmesser müssen die Schrauben haben ( $\sigma_{zul} = 480$  kp/cm<sup>2</sup>)?

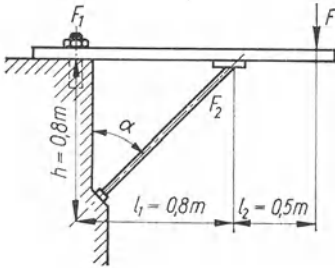


Bild 65

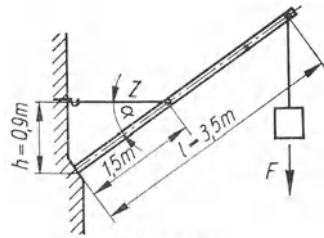


Bild 66

108. (Bild 66) Ein  $F_G = 80$  kp schwerer und  $l = 3,50$  m langer Ausleger stützt sich gegen einen Mauervorsprung und wird von der Zugstange Z, deren Durchmesser 10 mm beträgt, gehalten. Die zulässige Zugspannung beträgt  $\sigma_{zul} = 1200$  kp/cm<sup>2</sup>. Welche Last  $F$  darf höchstens angehängt werden?

109. (Bild 67) Die Kopplung zweier mit der Kraft 12000 kp auf Zug beanspruchter Stangen wird durch Flansche hergestellt, die durch 4 Schrauben verbunden sind. a) Welchen Kerndurchmesser müssen die Schrauben haben, wenn die zulässige Zugspannung 480 kp/cm<sup>2</sup> beträgt? b) Welche Verlängerung erfahren die Schrauben, wenn sie den Durchmesser 36 mm und den Elastizitätsmodul  $2,1 \cdot 10^6$  kp/cm<sup>2</sup> haben?

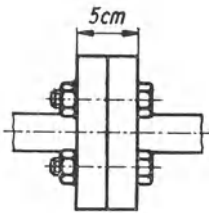


Bild 67

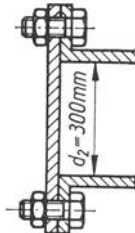


Bild 68

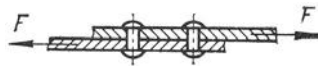


Bild 69

110. (Bild 68) Ein Dampfzylinder ist durch einen Deckel verschlossen, der mit 12 am Umfang des Flansches verteilten Schrauben M 10 (Kerndurchmesser  $d_1 = 8,16$  mm,  $\sigma_{zul} = 750$  kp/cm<sup>2</sup>) befestigt ist. Welcher maximal zulässige Dampfdruck ergibt sich hieraus?

111. (Bild 69) Wieviel Niete von je 4 mm Durchmesser sind erforderlich, wenn sie hintereinander liegend zwei 5 mm dicke

Alu-Schienen in einfacher Überlappung verbinden sollen, die einer Zugkraft von 200 kp unterliegen? Wie breit müssen die Schienen mindestens sein? Es sei  $\tau_{zul} = \varrho_{zul} = 4,5 \text{ kp/mm}^2$  angenommen.

**112.** Aus  $s = 2 \text{ mm}$  dickem Alu-Blech, dessen Abscherfestigkeit  $6 \text{ kp/mm}^2$  beträgt, sollen Ringe vom Außen- bzw. Innendurchmesser 40 mm bzw. 30 mm gestanzt werden. Wie groß sind die Stanzkraft und die je Stück aufzuwendende Arbeit, wenn für die Reibung ein Zuschlag von 25 % gemacht wird?

**113.** Eine Stanze vermag eine maximale Druckkraft von 55 Mp auszuüben. Wieviel kreisrunde Blechscheiben von je 2,5 cm Durchmesser können aus 4 mm dickem Blech gleichzeitig gestanzt werden, wenn die Abscherfestigkeit  $42 \text{ kp/mm}^2$  beträgt und mit 30 % Kraftverlusten gerechnet wird?

#### 1.1.6. Einfache Maschinen

**114.** (Bild 70) Welche Kraft wirkt bei  $A$ , wenn das über die Rolle gelegte Seil einerseits die Last  $G_1$  trägt, andererseits am Boden festgeknüpft ist?  $G_1 = 50 \text{ kp}$ , Gewicht der Rolle  $G_2 = 10 \text{ kp}$ .

**115.** (Bild 71) Welche Kraft  $F$  am freien Ende des einfachen Flaschenzuges hält der Last  $G_1 = 180 \text{ kp}$  das Gleichgewicht? Gewicht der festen Rolle  $G_2 = 4 \text{ kp}$ , der losen Rolle  $G_3 = 6 \text{ kp}$ . Welche Kräfte wirken in  $A$  und  $B$ ?

**116.** (Bild 72) Welche Kraft  $F$  hält am freien Ende des Flaschenzuges der Last  $G_1$  das Gleichgewicht?  $G_1 = 500 \text{ kp}$ , Gewichte der festen Rollen  $G_{2,3} = 20 \text{ kp}$ , der losen Rolle  $G_4 = 7 \text{ kp}$ . Welche Kraft  $F_A$  hat die Aufhängung zu tragen?

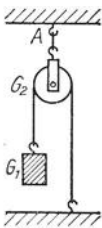


Bild 70

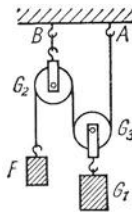


Bild 71

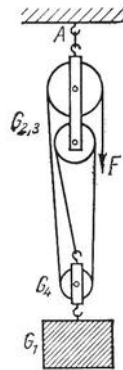


Bild 72

117. Es ist ein Flaschenzug zu zeichnen, der die Wirkung einer Last auf den fünften Teil reduziert.

118. (Bild 73) Welches Gegengewicht  $G$  hält dem Eimer  $G_1 = 18 \text{ kp}$  das Gleichgewicht, wenn die Rolle  $G_2 = 6 \text{ kp}$  und die Kette  $G_3 = 4,5 \text{ kp}$  schwer sind? Das Eigengewicht des Balkens werde vernachlässigt.

119. (Bild 74) Welche Kraft  $F$  muß aufgewandt werden, um der Last  $G = 80 \text{ kp}$  das Gleichgewicht zu halten?

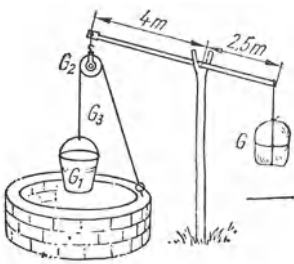


Bild 73

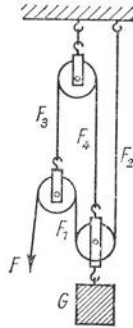


Bild 74

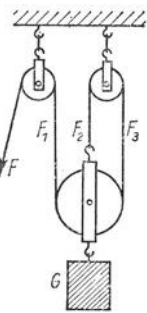


Bild 75

120. (Bild 75) Welche Kraft  $F$  ist erforderlich, um der Last  $G = 90 \text{ kp}$  das Gleichgewicht zu halten, wenn jede Rolle  $3 \text{ kp}$  schwer ist?

121. Ein Träger  $T$  vom Gewicht  $G$  wird mittels eines Seils über 5 Rollen (Bild 76) um den Drehpunkt  $A$  nach oben geschwenkt. Wie groß ist die Zugkraft  $F$ , die dem Träger das Gleichgewicht hält? Eine der Rollen ist im Schwerpunkt  $S$  des Trägers befestigt.

122. (Bild 77) Eine  $G = 250 \text{ kp}$  schwere Last wird durch Antrieb mit Riemenscheibe ( $R = 50 \text{ cm}$ ) und Welle ( $r = 8 \text{ cm}$ ) mit

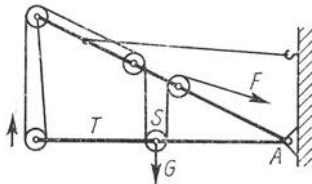


Bild 76

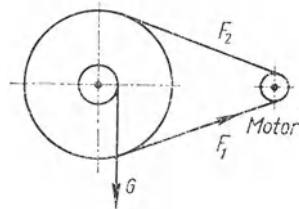


Bild 77

gleichförmiger Geschwindigkeit gehoben. Die Kraft  $F_1$  im Zugtrum ist das 2,3fache der Kraft  $F_2$  im Leertrum. Wie groß sind die Riemenkräfte  $F_1$  und  $F_2$ ?

**123.** Ein Motor, dessen Drehmoment 4 kpm beträgt, treibt nach Bild 78 zwei Maschinen über eine Transmission an. Welchen Radius  $r$  muß die Antriebsscheibe haben?

**124.** Welche Druckkraft  $F$  erzeugt eine Handspindelpresse von 8,5 mm Ganghöhe, wenn am 35 cm langen Hebelarm eine Kraft von 16 kp ausgeübt wird?

**125.** Welche Ganghöhe  $h$  muß die Spindel einer Prägepresse haben, wenn mit Hilfe der am Handrad von 65 cm Durchmesser wirkenden Antriebskraft von 3 kp eine Druckkraft von 1225 kp erzeugt werden soll?

**126.** Mit welcher Kraft  $F$  wird die Druckplatte der Kniehebelpresse nach Bild 79 angeedrückt, wenn an der Handkurbel mit einer Kraft von 2,5 kp gedreht wird? (Ganghöhe der Spindeln 4 mm)

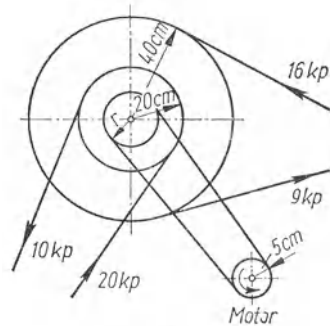


Bild 78

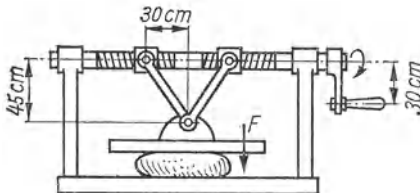


Bild 79

#### 1.1.7. Reibung (statisch)

**127.** Legt man ein Lineal waagrecht auf beide Zeigefinger und bewegt diese aufeinander zu, so treffen sich beide Finger stets im Schwerpunkt des Lineals. Wie ist dies zu erklären?

**128.** Die Zugkraft einer 248 Mp schweren Gelenklokomotive mit einem Reibungsgewicht von 170 Mp wird zu 37 500 kp angegeben. Mit welcher Haftreibungszahl  $\mu$  wird dabei gerechnet?

**129.** Zum Ziehen eines 160 kp schweren Handwagens wird eine Kraft von 12 kp benötigt. Wie groß ist die Fahrwiderstandszahl?

**130.** (Bild 80) Welche Kraft  $F$  bewegt einen Körper vom Gewicht  $G$  mit gleichförmiger Geschwindigkeit hangaufwärts? (Gegeben sind der Neigungswinkel  $\alpha$  und die Gleitreibungszahl  $\mu$ .)

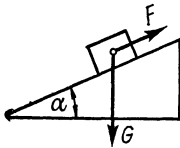


Bild 80

**131.** (Bild 80) Welche hangaufwärts gerichtete Kraft  $F$  hindert den Körper bei gegebener Haftreibungszahl  $\mu_0$  am Abgleiten?

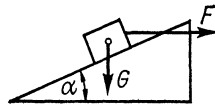


Bild 81

**132.** Weshalb ist der Bremsweg eines Fahrzeuges mit blockierten Rädern länger als mit rollenden Rädern?

**133.** (Bild 81) Welche waagrecht gerichtete Zugkraft  $F$  ist erforderlich, um eine Last vom Gewicht  $G$  auf einer schieben Ebene von der Steigung  $\alpha$  bei der Reibungszahl  $\mu$  aufwärts zu bewegen?

**134.** (Bild 82) Am Kopf einer Schraubenspindel von 30 mm Gewindedurchmesser und 15 mm Ganghöhe wirkt ein Drehmoment von 4,5 kpm. Wie groß wird die axial gerichtete Kraft  $F$  bei einer Reibungszahl von  $\mu = 0,2$ ?

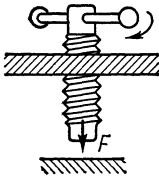


Bild 82

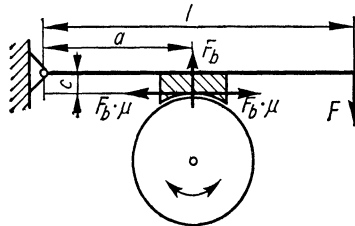


Bild 83

**135.** Bei welchem Spreizwinkel rutschen die Füße einer oben belasteten, ungesicherten Stehleiter auseinander, wenn für die Reibungszahl am Boden  $\mu = 0,3$  angenommen wird? Das Eigengewicht der Leiter bleibe unberücksichtigt.

**136.** Welche Kraft  $F$  ist am Bremshebel einer einfachen Backenbremse erforderlich, wenn Bremskraft  $F_b$ , Reibungszahl  $\mu$  und

Hebellängen nach Bild 83 gegeben sind a) bei Rechtsdrehung und b) bei Linksdrehung der Brems Scheibe?

**137.** (Bild 84) Der Bremshebel der Backenbremse ist so angeordnet, daß der Drehpunkt auf der Wirkungslinie der Reibungskraft liegt. Wie groß ist die am Hebel erforderliche Kraft  $F$ , und welche Besonderheiten treten gegenüber Aufgabe 136 auf?

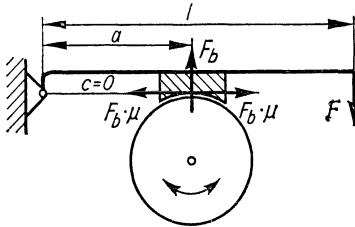


Bild 84

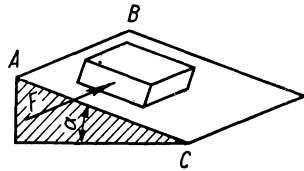


Bild 85

**138.** (Bild 85) Ein 2 kp schwerer Holzquader liegt auf einer schiefen Ebene mit dem Neigungswinkel  $\alpha = 20^\circ$  und wird zunächst infolge der Reibung ( $\mu = 0,5$ ) am Abgleiten gehindert. Durch eine parallel zur Kante  $AB$  wirkende Kraft wird er mit konstanter Geschwindigkeit bewegt. Wie groß ist diese Kraft  $F$ , und unter welchem Winkel weicht die resultierende Bewegung von der Richtung  $AC$  ab?

**139.** (Bild 86) Eine  $b = 2$  m breite Kiste wird durch horizontalen Zug abgeschleppt. In welcher Höhe  $h$  darf das Seil höchstens angebracht werden, damit die Kiste nicht kippt? (Schwerpunkt  $S$  in der Mitte,  $\mu = 0,6$ )

**140.** (Bild 87) Auf eine schräge Bahn gelegte Kisten sollen von selbst nach unten rutschen. Welche Höhe  $h$  dürfen sie bei gegebener Breite  $b$  höchstens haben, damit sie sich dabei nicht überschlagen? (Haftreibungszahl  $\mu = 0,7$ )

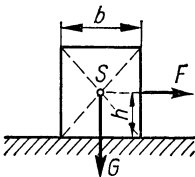


Bild 86

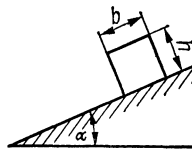


Bild 87

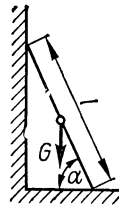


Bild 88

**141.** (Bild 88) Ein Balken, der reibungslos an einer Wand lehnt, stützt sich gegen den rauhen Fußboden (Reibungszahl  $\mu$ ). Wie groß muß der Winkel  $\alpha$  mindestens sein, damit der Balken nicht wegrutscht?

**142.** a) Um wieviel Grad muß eine Rutschbahn gegen die Horizontale geneigt sein, wenn Pakete bei einer Haftreibungszahl  $\mu_0 = 0,6$  darauf abgleiten sollen? b) Mit welcher Geschwindigkeit kommen die Pakete unten an, wenn die Bahn 15 m lang ist und die Gleitreibungszahl  $\mu = 0,4$  beträgt?

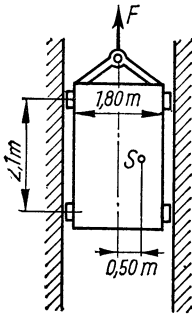


Bild 89

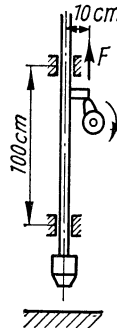


Bild 90

**143.** (Bild 89) Der Schwerpunkt eines 800 kp schweren Lastenaufzuges liegt 50 cm seitlich der Mittellinie. Welche Kraft  $F$  ist einschließlich der Reibung in den Führungen ( $\mu = 0,15$ ) bei gleichförmiger Aufwärtsbewegung zu überwinden?

**144.** (Bild 90) Ein 50 kp schwerer Schmiedehammer wird durch Drehung eines Nockens angehoben, dessen äußerster Angriffspunkt 10 cm von der Längsachse des Stiels entfernt ist. Welche senkrecht gerichtete Kraft  $F$  ist zum Anheben nötig, wenn die Reibungszahl in den beiden Führungen  $\mu = 0,2$  beträgt?

## 1.2. Kinematik

### 1.2.1. Gleichförmige und beschleunigte geradlinige Bewegung

**145.** Ein LKW legt insgesamt 120 km zurück, davon 90 km mit  $v_1 = 40$  km/h und 30 km mit  $v_2 = 60$  km/h. Wie lange dauert die Fahrt einschließlich einer Pause von 10 min?

**146.** Ein Wagen benötigt für eine Strecke von 120 km, die er zum Teil mit  $v_1 = 40$  km/h, zum Teil mit  $v_2 = 60$  km/h durch-



fährt, einschließlich einer Pause von 15 min die Zeit 2 h 40 min. Wie groß sind die beiden Teilstrecken?

**147.** Welche mittlere Geschwindigkeit  $v_m$  hat der Motorenkolben eines Kraftwagens bei einer Drehzahl von  $n = 3600$  1/min und dem Hub  $h = 69$  mm?

**148.** Bei Querwind wird die Rauchfahne eines 90 m langen Zuges, der mit  $v_1 = 70$  km/h fährt, abgetrieben und steht 30 m seitwärts vom Zugende. Welche Geschwindigkeit  $v_2$  hat der Wind?

**149.** Ein Beobachter sitzt 2 m hinter einem 50 cm breiten Fenster. Vor dem Fenster verläuft in 500 m Entfernung quer zur Blickrichtung eine Landstraße. Welche Geschwindigkeit hat ein Radfahrer, der 15 s lang im Blickfeld des Fensters zu sehen ist?

**150.** Ein Gegenstand bewegt sich in  $e = 250$  m Entfernung mit  $v_1 = 20$  m/s quer zur Visierlinie eines Gewehres. Um welche Strecke muß der Zielpunkt bei einer Geschwindigkeit von  $v_2 = 800$  m/s vorverlegt werden?

**151.** Eine Uhr braucht 6 Sekunden, um „6“ zu schlagen. Wieviel Sekunden braucht sie, um „12“ zu schlagen?

**152.** Mit welcher Geschwindigkeit verläßt ein Infanteriegeschöß den 80 cm langen Lauf, wenn ihm die eingearbeiteten Züge eine Drehzahl von  $n = 4500$  1/s erteilen und auf die Länge des Laufes 4 Drallängen entfallen?

**153.** Ein Kraftwagen bremst mit der Verzögerung  $6,5$  m/s<sup>2</sup> und legt bis zum Stillstand die Strecke 45 m zurück. Wie groß sind Bremszeit und Anfangsgeschwindigkeit?

**154.** Wie groß ist die Beschleunigung eines aus der Ruhelage startenden Körpers, der in der 6. Sekunde 6 m zurücklegt?

**155.** Welche Strecke legt eine Rakete in den nächsten 2,5 s zurück, wenn sie die Geschwindigkeit 900 m/s erreicht hat und die Beschleunigung  $45$  m/s<sup>2</sup> beträgt?

**156.** Ein Kraftwagen steigert beim Durchfahren von 125 m seine Geschwindigkeit von 15 m/s auf 28 m/s. Wie groß sind die zum Durchfahren der Strecke erforderliche Zeit und die Beschleunigung?

**157.** Wie groß sind Anfangsgeschwindigkeit und Beschleunigung eines Körpers, der in der 6. Sekunde 6 m und in der 11. Sekunde 8 m zurücklegt?

**158.** Ein Fahrzeug hat die Anfangsgeschwindigkeit  $v_0 = 6 \text{ m/s}$  und legt innerhalb der ersten  $5 \text{ s}$  die Strecke  $40 \text{ m}$  zurück. Wie groß ist die Beschleunigung?

**159.** Ein Güterzug verringert durch gleichmäßiges Bremsen seine Geschwindigkeit von  $54 \text{ km/h}$  auf  $36 \text{ km/h}$  und legt dabei die Strecke  $500 \text{ m}$  zurück. Wie lange dauert der Bremsvorgang?

**160.** Die Geschwindigkeit eines PKW beträgt  $4 \text{ s}$  nach dem Anfahren im 1. Gang  $25 \text{ km/h}$ , nach weiteren  $4 \text{ s}$  im 2. Gang  $45 \text{ km/h}$ , nach weiteren  $7 \text{ s}$  im 3. Gang  $65 \text{ km/h}$  und nach weiteren  $13 \text{ s}$  im 4. Gang  $90 \text{ km/h}$ .

a) Wie groß sind die 4 Beschleunigungswerte?

b) Wie groß ist die durchschnittlich erzielte Beschleunigung?

c) Welche Gesamtstrecke wird während des Anfahrens zurückgelegt?

Die für das Schalten benötigten Zwischenzeiten sollen vernachlässigt werden.

**161.** Untersuchungen der Bremsreaktionszeit bei Kraftfahrern ergaben für eine Gruppe  $0,74 \text{ s}$ , für eine andere Gruppe  $0,86 \text{ s}$ . Welche Gesamtstrecke wird beim Bremsen mit einer Verzögerung von  $a = 4,5 \text{ m/s}^2$  aus einer Geschwindigkeit von  $v = 72 \text{ km/h}$  zurückgelegt?

**162.** Während ein Personenzug  $700 \text{ m}$  zurücklegt, bremst er mit einer Verzögerung von  $0,15 \text{ m/s}^2$ . Wie groß sind die Bremszeit und seine Endgeschwindigkeit, wenn die Anfangsgeschwindigkeit  $55 \text{ km/h}$  beträgt?

**163.** Ein Motorrad beschleunigt seine Fahrt  $6 \text{ s}$  lang mit  $1,8 \text{ m/s}^2$  und erreicht die Endgeschwindigkeit  $85 \text{ km/h}$ . Wie groß ist die Anfangsgeschwindigkeit?

**164.** Ein Kraftwagen, dessen Geschwindigkeit anfangs  $45 \text{ km/h}$  und nach  $12 \text{ s}$   $60 \text{ km/h}$  beträgt, fährt mit der gleichen Beschleunigung weiter. Nach wieviel Sekunden ist seine Geschwindigkeit von  $60 \text{ km/h}$  auf  $90 \text{ km/h}$  gestiegen?

**165.** Welche Beschleunigung hat ein Güterzug, der  $25 \text{ s}$  benötigt, um seine Geschwindigkeit von  $36 \text{ km/h}$  auf  $48 \text{ km/h}$  zu erhöhen, und welche Strecke legt er dabei zurück?

**166.** Welche Strecke muß ein Kraftwagen durchfahren, um mit der Beschleunigung  $1,8 \text{ m/s}^2$  seine Geschwindigkeit von  $10 \text{ m/s}$  auf  $20 \text{ m/s}$  zu erhöhen, und welche Zeit benötigt er hierfür?

**167.** Zwei Kraftfahrer starten gleichzeitig von derselben Stelle. Der eine hat die Beschleunigung  $a_1 = 1,8 \text{ m/s}^2$  und hat nach 16 s vor dem anderen einen Vorsprung von  $s' = 50 \text{ m}$ . Welche Beschleunigung hat der andere?

**168.** Ein Motorrad durchfährt mit gleichmäßiger Beschleunigung eine 90 m lange Stoppstrecke in 3 s und verdoppelt dabei seine Geschwindigkeit. Welche Geschwindigkeiten wurden gestoppt, und wie weit ist der erste Meßpunkt vom Startplatz entfernt?

**169.** (Bild 91) Zwei Fahrzeuge starten unter einem rechten Winkel mit gleichmäßig anhaltender Beschleunigung und sind nach Ablauf von 15 s um 200 m voneinander entfernt, das eine jedoch doppelt so weit von der Kreuzung entfernt wie das andere. Welche Geschwindigkeiten haben sie in diesem Augenblick?

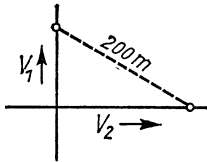


Bild 91

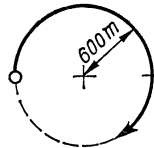


Bild 92

**170.** (Bild 92) Nach Durchlaufen einer halben Kreisbahn vom Radius 600 m hat ein Eisenbahnzug durch gleichmäßiges Bremsen seine Anfangsgeschwindigkeit von 36 km/h auf die Hälfte verringert. Welcher Bruchteil der Kreisbahn wird noch bis zum Stillstand durchfahren?

**171.** Ein Kurzstreckenläufer legt die Strecke von 100 m in 12 s zurück, davon die ersten 20 m gleichmäßig beschleunigt und den Rest mit gleichförmiger Geschwindigkeit. Wie groß sind erreichte Höchstgeschwindigkeit und Beschleunigung?

**172.** Ein Fahrzeug fährt 5 Sekunden lang mit einer Beschleunigung von  $a_1 = 2,5 \text{ m/s}^2$ , hierauf mit gleichförmiger Geschwindigkeit weiter und bremst dann mit einer Verzögerung von  $a_2 = 3,5 \text{ m/s}^2$  bis zum Stillstand. Die gesamte Fahrstrecke beträgt 100 m. Welche Fahrzeit wird benötigt?

**173.** Ein mit 72 km/h fahrender Zug erleidet eine Verspätung von  $t_v = 3 \text{ min}$  dadurch, daß er vorübergehend nur mit 18 km/h fahren darf. Brems- und Anfahrbeschleunigung betragen 0,2

bzw.  $0,1 \text{ m/s}^2$ . Wie lang ist die langsam durchfahrene Teilstrecke?

**174.** Der Kutscher einer mit gleichförmiger Geschwindigkeit fahrenden Langholzfuhre steigt während der Fahrt von seinem Sitz und begibt sich an das hintere Ende der Fuhre, um dort etwas nachzusehen. Hierbei macht er 10 Schritte. Er geht danach wieder nach seinem Sitz zurück und muß hierbei 15 Schritte machen. Wieviel Schritt lang ist die Fuhre?

**175.** Ein Fahrzeug vermindert durch Abbremsen mit der Verzögerung  $a = 1,6 \text{ m/s}^2$  seine Geschwindigkeit auf  $v_2 = 36 \text{ km/h}$ . Wie groß ist seine Anfangsgeschwindigkeit, wenn die Bremsstrecke  $70 \text{ m}$  beträgt?

**176.** Ein Kradfahrer erblickt in  $50 \text{ m}$  Entfernung eine Orts- tafel, von der ab nur mit  $v_2 = 50 \text{ km/h}$  gefahren werden darf. Wie lange dauert der Bremsvorgang und wie groß ist die Brems- verzögerung, wenn seine Anfangsgeschwindigkeit  $v_1 = 80 \text{ km/h}$  beträgt?

**177.** Ein Kradfahrer erreicht im Verlauf von  $3 \text{ s}$  nach Verlassen einer Ortschaft eine Geschwindigkeit von  $v_2 = 65 \text{ km/h}$  und legt während dieser Zeit  $40 \text{ m}$  zurück. Wie groß ist seine An- fangsgeschwindigkeit?

**178.** Für die letzten  $2000 \text{ m}$  bis zur Haltestelle benötigt ein Omnibus  $2 \text{ min}$ . Wie groß ist seine volle Fahrgeschwindigkeit, wenn der restliche Teil der  $2 \text{ km}$  langen Strecke, d. h. die Bremsstrecke, mit der Verzögerung  $a = 2,5 \text{ m/s}^2$  durchfahren wird?

**179.** Mit welcher Anfangsgeschwindigkeit fährt ein Kraftfahrer, der nach dem Gewahrwerden eines Hindernisses noch  $35 \text{ m}$  zurücklegt, wenn die Reaktionszeit  $0,8 \text{ s}$  und die Bremsverzöge- rung  $6,5 \text{ m/s}^2$  betragen?

**180.** Ein Kraftwagen fährt gleichmäßig mit  $40 \text{ km/h}$  an einem zweiten stehenden Kraftwagen vorüber. Nachdem sein Vor- sprung  $100 \text{ m}$  beträgt, startet der zweite Wagen und fährt mit gleichbleibender Beschleunigung von  $1,2 \text{ m/s}^2$  hinterher. Welche Zeit  $t$  braucht der zweite Wagen, bzw. welche Strecke  $s$  muß er zurücklegen, um den ersten Wagen einzuholen?

**181.** Ein Kraftwagen fährt mit konstanter Geschwindigkeit  $v = 36 \text{ km/h}$  an einem Motorradfahrer vorüber, der sich seeben mit gleichmäßiger Beschleunigung in Bewegung setzt und den Wagen nach  $30 \text{ s}$  überholt. Welche Beschleunigung hat das

Motorrad, und mit welcher Geschwindigkeit überholt es den Wagen?

**182.** Ein Lastkraftwagen fährt mit der konstanten Geschwindigkeit  $v_2 = 60$  km/h hinter einem anderen Wagen her, dessen Geschwindigkeit  $v_1 = 42$  km/h beträgt. Nach welcher Zeit  $t$  und welcher Fahrstrecke  $s$  wird der langsamere Wagen eingeholt, wenn die Wagen einen anfänglichen Abstand von 400 m haben?

**183.** Ein Kraftwagen mit  $v_2 = 60$  km/h wird von einem zweiten mit  $v_1 = 70$  km/h überholt. Wie lange dauert der Überholvorgang und welche Fahrstrecke muß der Überholer dabei zurücklegen, wenn der gegenseitige Abstand vor und nach dem Überholen 20 m beträgt und beide Wagen je 4 m lang sind?

**184.** Zwei Züge, von denen der eine 150 m und der andere 200 m lang ist, begegnen sich auf freier Strecke. Welche Geschwindigkeit haben beide Züge, wenn die Vorbeifahrt 10 s lang dauert und der eine während dieser Zeit die absolute Strecke 160 m zurücklegt?

### 1.2.2. Freier Fall und Wurf

**185.** Welche Strecke legt ein frei fallender Körper während der neunten Sekunde zurück?

**186.** Ein frei fallender Körper passiert zwei 12 m untereinanderliegende Meßpunkte im zeitlichen Abstand von 1,0 s. Aus welcher Höhe über dem oberen Meßpunkt fällt der Körper, und welche Geschwindigkeit hat er in den beiden Punkten?

**187.** In der wievielten Sekunde legt ein frei fallender Körper 122,6 m zurück?

**188.** Welche Neigung muß ein Dach bei gegebener Basis haben, damit darauf befindliches Wasser möglichst schnell abläuft?

**189.** Ein Körper gleitet auf einer schiefen Ebene der Steigung  $60^\circ$  reibungslos abwärts. Welche Strecke legt er in den ersten 2 Sekunden zurück, und wie groß ist seine Endgeschwindigkeit?

**190.** Ein Körper erreicht beim reibungslosen Abgleiten auf einer schiefen Ebene nach Zurücklegen von 5 m die Endgeschwindigkeit 3 m/s. Welche Zeit benötigt er hierfür, und wieviel Grad beträgt die Steigung?

**191.** Ein Körper erreicht beim reibungslosen Abgleiten auf einer schiefen Ebene nach 4 s die Geschwindigkeit 25 m/s. Welche Steigung hat die Bahn, und welche Strecke hat der Körper zurückgelegt?

**192.** (Bild 93) Man schlägt mit der Faust auf das freie Ende eines Brettes, wodurch ein am anderen Ende liegender Ball 3 m hoch fliegt. Mit welcher Endgeschwindigkeit erfolgt der Schlag?

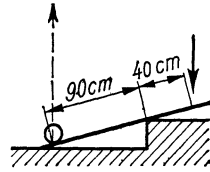


Bild 93

- 193.** Welche Geschwindigkeit hat ein mit der Anfangsgeschwindigkeit  $300 \text{ m/s}$  senkrecht nach oben abgefeuertes Geschöß in  $800 \text{ m}$  Höhe? (Ohne Berücksichtigung des Luftwiderstandes)
- 194.** Ein aus  $1 \text{ m}$  Höhe senkrecht gegen den Erdboden geschleuderter Ball springt  $6 \text{ m}$  hoch. Wie groß war seine Anfangsgeschwindigkeit, wenn von Geschwindigkeitsverlusten abgesehen wird?
- 195.** Ein senkrecht emporgeworfener Körper hat in  $20 \text{ m}$  Höhe die Geschwindigkeit  $v = 8 \text{ m/s}$ . Zu berechnen sind Startgeschwindigkeit und gesamte Flugzeit bis zur Rückkehr zum Startpunkt.
- 196.** Wieviel Zeit vergeht, bis ein mit der Anfangsgeschwindigkeit  $v_0 = 80 \text{ m/s}$  senkrecht emporgeworfener Körper die Höhe  $h = 200 \text{ m}$  erreicht hat? Deute die beiden Zahlenwerte des Ergebnisses!
- 197.** Während der Abwärtsbewegung eines Lastenaufzuges ( $v_0 = 0,8 \text{ m/s}$ ) erfolgt Seilbruch. a) Welche Geschwindigkeit hat die Kabine, wenn die Fangvorrichtung  $25 \text{ cm}$  nach Beginn des freien Falls eingreift? b) Welche Verzögerung wirkt, wenn die Kabine nach weiteren  $20 \text{ cm}$  zum Stillstand kommt?
- 198.** Die bei Seilbruch eines Aufzuges in Tätigkeit tretende Fangvorrichtung greift ein, wenn die Fallgeschwindigkeit das  $1,4$ fache der  $1,2 \text{ m/s}$  betragenden Abwärtsgeschwindigkeit erreicht. Wie groß ist die Fallstrecke?
- 199.** Ein Körper fällt aus  $800 \text{ m}$  Höhe; zugleich wird ein zweiter vom Boden aus mit der Anfangsgeschwindigkeit  $v_0 = 200 \text{ m/s}$  nach oben geschossen. Nach welcher Zeit und in welcher Höhe begegnen beide Gegenstände einander?
- 200.** Ein Wasserstrahl fließt mit der Anfangsgeschwindigkeit  $8 \text{ m/s}$  horizontal aus einer Düse. a) Mit welcher Geschwindigkeit und b) unter welchem Winkel gegen die Lotrechte trifft er  $3 \text{ m}$  tiefer auf eine horizontale Fläche?
- 201.** Aus einem waagrecht liegenden Rohr von  $8 \text{ cm}$  Durchmesser fließen je Sekunde  $5 \text{ Liter}$  Wasser. In welcher Höhe be-

findet sich das Rohr, wenn das Wasser 0,8 m weit geschleudert wird?

**202.** Von einem horizontalen Förderband aus soll Kohle bei 2,5 m Falltiefe 1,80 m weit geworfen werden. Welche Laufgeschwindigkeit muß das Band haben?

**203.** Von einer in 12 m Höhe mit der Geschwindigkeit 2,5 m/s rollenden Laufkatze fällt ein schwerer Gegenstand herab. Wie weit ist die Aufschlagstelle von der durch den Startpunkt gehenden Senkrechten entfernt?

**204.** (Bild 94) Ein unter  $20^\circ$  aufwärts führendes Förderband wirft Schutt mit der Anfangsgeschwindigkeit 2,2 m/s in die 4 m unter seinem oberen Ende stehende Lore. Berechne die Wurfweite.

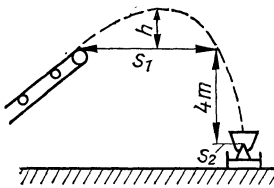


Bild 94

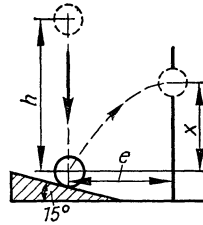


Bild 95

**205.** Ein Ferngeschöß hat die Anfangsgeschwindigkeit  $v_0 = 1500$  m/s bei einem Abschußwinkel von  $30^\circ$  gegenüber der Horizontalen. Es sind zu berechnen (luftleerer Raum)

- die maximale Schußweite und zugehörige Höhe sowie
- die Schußweite und -höhe.

**206.** (Bild 95) Bei einer Sortiermaschine fallen Stahlkugeln aus  $h = 30$  cm Höhe auf eine um  $15^\circ$  gegen die Horizontale geneigte Stahlplatte und springen dann (bei vorschriftsmäßiger Beschaffenheit) durch die Öffnung einer Wand, deren Abstand vom Reflexionspunkt  $e = 20$  cm beträgt. In welcher Höhe  $x$  befindet sich die Öffnung?

**207.** (Bild 96) Welche horizontale Anfangsgeschwindigkeit hat das Wasser eines Gebirgsbaches, das den um  $50^\circ$  geneigten Abhang in einer Entfernung von 40 m erreicht?

**208.** (Bild 97) Der Wasserstrahl einer Feuerspritze tritt mit der Anfangsgeschwindigkeit 18 m/s aus der Mündung und soll ein

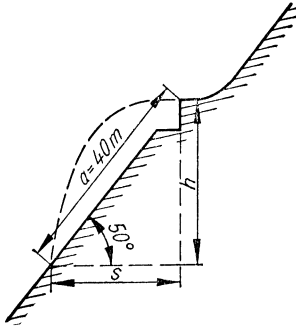


Bild 96

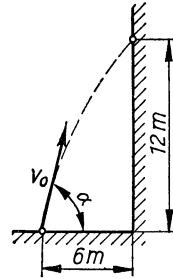


Bild 97

6 m entferntes Haus in 12 m Höhe treffen. Unter welchem Winkel muß die Mündung nach oben geneigt sein?

### 1.2.3. Gleichförmige und beschleunigte Drehbewegung

**209.** Der Läufer (1,80 m Durchmesser) einer Dampfturbine hat eine höchstzulässige Umfangsgeschwindigkeit von 225 m/s. Welcher Drehzahl entspricht dies?

**210.** Mit welcher minutlichen Drehzahl rotieren die 28'' großen Räder eines mit der Geschwindigkeit 25 km/h fahrenden Fahrrades?

**211.** Welche Winkelgeschwindigkeit hat a) eine Schallplatte bei 78 Umdrehungen je Minute, b) ein Fahrrad von 28'' Durchmesser bei 36 km/h, c) der große Zeiger und d) der kleine Zeiger einer Uhr?

**212.** Bei einer Fluggeschwindigkeit von 420 km/h legt die Nabe der Luftschraube während jeder Umdrehung die Strecke 3,6 m zurück. Welche Drehzahl hat die Luftschraube?

**213.** Die Spitze des Minutenzeigers einer Turmuhr hat die Geschwindigkeit 1,5 mm/s. Wie lang ist der Zeiger?

**214.** Eine Taschenuhr läßt sich als „Kompaß“ benutzen. Wenn man den kleinen Zeiger in Richtung zur Sonne hält, liegt die Südrichtung stets in der Mitte zwischen der 12 und dem kleinen Zeiger. Wie läßt sich dies erklären?

**215.** Wieviel Minuten nach 4 Uhr holt der Minutenzeiger den Stundenzeiger zum ersten Mal ein?



**216.** Wieviel Uhr ist es, wenn nach Überschreiten der Mittagszeit beide Zeiger genau einen rechten Winkel bilden?

**217.** Von zwei Uhren, die gleichzeitig auf 12 Uhr zeigen, geht die eine je Minute um 1,5 s vor. Welche Zeit wird vergehen, bis beide Uhren wieder gleichzeitig auf 12 Uhr zeigen?

**218.** Beide Zeiger einer Uhr stehen auf der Zwölf. Nach welcher Zeit decken einander die beiden Zeiger zum zweiten Mal?

**219.** (Bild 98) Zwei auf eine Transmission wirkende Treibriemen laufen mit der Geschwindigkeit  $v_1 = 8 \text{ m/s}$  bzw.  $v_2 = 5 \text{ m/s}$ . Die Durchmesser der Riemenscheiben unterscheiden sich um 15 cm. Welche Durchmesser und welche Drehzahl haben die fest miteinander verbundenen Scheiben?

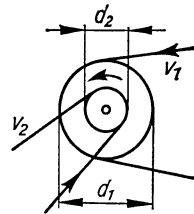


Bild 98

**220.** Bei einem Unfall geht die Riemenscheibe eines Motors zu Bruch. Ein Stück ihres Umfangs ( $d = 12 \text{ cm}$ ) fliegt 65 m hoch. Welche Drehzahl hatte der Motor?

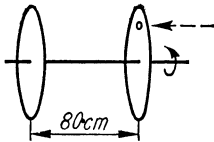


Bild 99

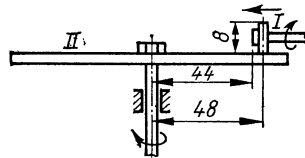


Bild 100

**221.** (Bild 99) Zur Bestimmung der Geschwindigkeit eines Geschosses wird dieses durch zwei Pappscheiben geschossen, die im Abstand von 80 cm auf gemeinsamer Welle mit der Drehzahl  $n = 1500 \text{ 1/min}$  rotieren. Welche Geschwindigkeit ergibt sich, wenn die beiden Durchschußstellen um  $12^\circ$  gegeneinander versetzt sind?

**222.** In einen  $h = 1000 \text{ m}$  tiefen, am Äquator gelegenen Schacht läßt man einen Stein fallen. Wie groß ist die durch die Erdumdrehung verursachte Lotabweichung des Auftreffpunktes?

**223.** (Bild 100) Wenn das gleichmäßig laufende Antriebsrad I (Durchmesser 8 cm) eines Friktionsgetriebes seinen Abstand von der Achse der angetriebenen Scheibe II von 48 cm auf 44 cm

verringert, nimmt deren Drehzahl um  $5 \text{ }^1/\text{min}$  zu. Welche Drehzahl hat das Antriebsrad?

**224.** Welche Höchstgeschwindigkeit hat ein PKW, dessen Motor die maximale Drehzahl  $n = 4300 \text{ }^1/\text{min}$  aufweist? Der Wagen hat im 4. Gang eine Gesamtuntersetzung von  $1:4,643$ , der äußere Raddurchmesser beträgt  $65 \text{ cm}$ .

**225.** (Bild 101) Ein Zahnrad mit 8 Zähnen dreht sich zwischen einer festen und einer beweglichen Zahnstange. Um wieviel Zähne verschiebt sich die bewegliche Stange gegen die feste, wenn sich das Rad einmal herumgedreht hat?

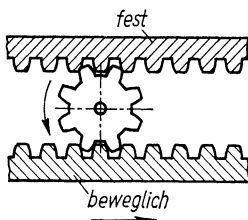


Bild 101

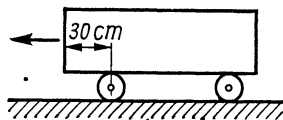


Bild 102

**226.** Ein nach Bild 102 auf Holzwalzen ruhender Steinblock wird um  $80 \text{ cm}$  nach links verschoben. Um welche Strecke bewegt sich die vordere Walze auf dem Erdboden, und um wieviel Zentimeter ragt dann der Block nach links vor?

**227.** (Bild 103) Nebenstehend skizziertes Kugellager ist durch folgende Größen bestimmt: Durchmesser des Innenringes  $D_1$ , des Außenringes  $D_a$ , Mittelwert  $D$ , Durchmesser einer Kugel  $d$ . Die Drehzahlen sind für jede Einzelkugel  $n_w$ , den Innenring  $n_i$ , den Außenring  $n_a$  und den Käfig  $n_k$ . Als Formeln sind angegeben

a) für die Drehzahl der Kugeln

$$n_w = n_i \frac{D^2 - d^2}{2dD},$$

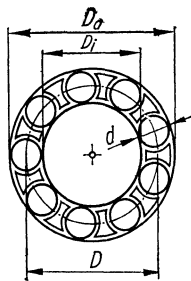


Bild 103

b) für die Drehzahl des Käfigs bei festem Außenring

$$n_k = n_w \frac{d}{D + d} \text{ und}$$

c) für die Drehzahl des Käfigs bei festem Innenring

$$n_k = n_w \frac{d}{D-d} . \text{ Leite diese Formeln her! In welchem Fall}$$

b) oder c) ist die Lebensdauer des Lagers größer?

**228.** Auf dem Rand eines 10-Pfennig-Stückes rollt ein zweites 10-Pfennig-Stück ab und bewegt sich einmal im Kreise herum. Wieviel Umdrehungen führt es dabei aus?

**229.** Die Drehzahl einer Schleifscheibe wird innerhalb von 10 s von  $n_1 = 3000 \text{ }^1/\text{min}$  auf  $n_2 = 2000 \text{ }^1/\text{min}$  abgebremst. Wieviel Umdrehungen führt die Scheibe in dieser Zeit aus?

**230.** Ein Elektromotor mit der Drehzahl  $4000 \text{ }^1/\text{min}$  läuft innerhalb von 8 s bis zum Stillstand aus. Wieviel Umdrehungen führt er dabei aus?

**231.** Ein Elektromotor führt innerhalb der ersten 5 s nach dem Einschalten 80 Umdrehungen aus. Welche Drehzahl erreicht er am Ende dieser Zeit?

**232.** Ein Elektromotor führt innerhalb der ersten 10 s nach dem Anlassen 280 Umdrehungen aus, wobei die Drehbewegung 5 s gleichmäßig beschleunigt und hernach gleichförmig ist. Welche Drehzahl hat der Motor erreicht?

**233.** Ein gleichmäßig beschleunigt anlaufender Elektromotor hat nach 1,5 s die Drehzahl  $90 \text{ }^1/\text{min}$ . Welche Drehzahl hat er bei konstanter Beschleunigung nach insgesamt 4 s erreicht?

**234.** Ein Schwungrad hat die Drehzahl  $n = 500 \text{ }^1/\text{min}$  und wird mit der Winkelbeschleunigung  $5 \text{ }^1/\text{s}^2$  15 Sekunden lang beschleunigt. Welche Drehzahl wird erreicht?

**235.** a) Welche Drehzahl je Minute erreicht ein Rad, das 4,5 s mit der konstanten Winkelbeschleunigung  $\alpha = 2,5 \text{ }^1/\text{s}^2$  aus dem Stillstand anläuft, und b) wieviel Umdrehungen führt es dabei aus?

**236.** Die Treibscheibe (Durchmesser 8,5 m) einer Fördermaschine wird innerhalb 17 s auf eine Seilgeschwindigkeit von 21 m/s gleichmäßig beschleunigt. a) Mit welcher Beschleunigung läuft das Seil ab? b) Wie groß ist die Winkelbeschleunigung? c) Wieviel Meter Seil laufen während des Anlaufvorganges ab?

**237.** Während 5 Sekunden, innerhalb welcher 120 Umdrehungen stattfinden, verdoppelt ein Rad seine Winkelgeschwindigkeit. Wie groß ist diese am Beginn und Ende des Vorganges?

**238.** Ein aus dem Stillstand anlaufendes Rad führt in der zweiten Sekunde 16 Umdrehungen aus. Wie groß ist seine Winkelbeschleunigung?

**239.** Welche Winkelbeschleunigung hat ein Motor, der 1,5 s nach dem Anlaufen die Drehzahl  $2500 \text{ }^1/\text{min}$  erreicht?

**240.** Ein Schwungrad von 1,2 m Durchmesser hat 5 s nach dem Anlaufen die Umfangsgeschwindigkeit  $30 \text{ m/s}$  erreicht. Wieviel Umdrehungen hat es in dieser Zeit ausgeführt?

**241.** Ein schweres, 60 cm großes Rad wird durch einen um seinen Umfang geschlungenen Faden, an dem ein Massenstück hängt, in Bewegung gesetzt. Dieses benötigt 12 s, um 5,4 m zu fallen. Welche Drehzahl wird erreicht, und wieviel Umdrehungen führt das Rad während dieser Zeit aus?

#### 1.2.4. *Zusammengesetzte Bewegungen*

**242.** Welche seitliche Abtrift erfährt ein Flugzeug, das mit der Eigengeschwindigkeit  $360 \text{ km/h}$  bei Windstärke 10 ( $23 \text{ m/s}$ ) quer zum Wind fliegt, a) je Flugstunde und b) je Flugkilometer?

**243.** Ein mit der Eigengeschwindigkeit  $250 \text{ km/h}$  nordwärts steuerndes Flugzeug legt bei Westwind je Minute die Strecke  $4,4 \text{ km}$  zurück. Wie groß ist die Windgeschwindigkeit?

**244.** Die Fallgeschwindigkeit mittelgroßer Regentropfen ist bei Windstille  $v_1 = 8 \text{ m/s}$ . Welche Geschwindigkeit  $v_2$  hat ein Zug, an dessen Wagenfenstern die Tropfen Spuren hinterlassen, die um  $70^\circ$  von der Senkrechten abweichen?

**245.** Eine in sträflichem Leichtsinne rechtwinklig und horizontal aus einem fahrenden Zug geschleuderte Bierflasche fällt auf eine  $h = 4 \text{ m}$  unter dem Abwurfpunkt gelegene Wiese und schlägt  $l = 20 \text{ m}$  (in Fahrtrichtung gemessen) vom Abwurfpunkt und  $b = 8 \text{ m}$  vom Bahnkörper entfernt auf. Mit welcher Geschwindigkeit fährt der Zug, wird die Flasche abgeworfen und trifft die Flasche auf den Erdboden?

**246.** Wo befindet sich die Aufschlagstelle, wenn die Flasche unter sonst gleichen Verhältnissen mit einer Geschwindigkeit von  $v_2 = 12 \text{ m/s}$  abgeworfen wird?

**247.** Um die Strecke  $2 \text{ km}$  zurückzulegen, benötigt ein Flugzeug bei Rückenwind 15 s und bei Gegenwind 20 s. Welche Eigengeschwindigkeit hat das Flugzeug, und wie groß ist die des Windes?

**248.** (Bild 104) Ein Fahrzeug bewegt sich mit gleichförmiger Geschwindigkeit  $v$  auf gerader Straße. Seitlich im Abstand  $e$  von der Straße steht ein Beobachter  $B$ . Mit welcher Geschwindigkeit  $v_e$  entfernt sich das Fahrzeug vom Beobachter nach Ablauf der Zeit  $t$ ? Nach welcher Zeit  $t'$  ist  $v_e = v/2$ ?

**249.** Ein Motorboot hat die Eigengeschwindigkeit  $v_1 = 4$  m/s und soll das  $e = 100$  m entfernte andere Ufer eines mit  $v_2 = 3$  m/s gleichförmig strömenden Flusses in möglichst kurzer Zeit erreichen. Unter welchem Winkel muß das Boot auf das andere Ufer zusteuern? Wie lange dauert die Überfahrt?

**250.** Wie lange dauert die Überfahrt, wenn das Boot der Aufgabe 249 schräg gegen die Strömung steuert, so daß der resultierende Fahrtweg rechtwinklig zu den Ufern verläuft?

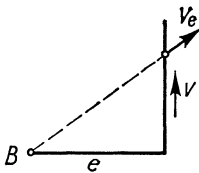


Bild 104

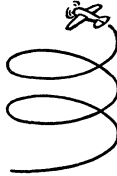


Bild 105

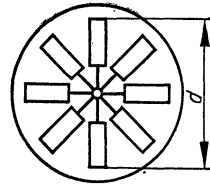


Bild 106

**251.** Das Boot der Aufgabe 249 erreicht das andere Ufer in 50 s. Welche Winkel bilden a) die gesteuerte Kursrichtung und b) die wahre Fahrtrichtung mit der kürzesten Querverbindung beider Ufer?

**252.** (Bild 105) Ein Flugzeug fliegt mit der Geschwindigkeit 250 km/h auf einer schraubenförmigen Bahn vom Krümmungsradius 300 m und gewinnt dabei innerhalb von 3 min die Höhe 1500 m. Es sind zu berechnen: a) die zurückgelegte Bahnlänge  $s$ , b) die Zeitdauer  $t_1$  des Durchfliegens einer Schleife, c) die Anzahl  $z$  der Schleifen und d) die Steighöhe  $h_1$  je Schleife.

**253.** Welche Strecke  $s$  legen die Endpunkte eines mit der Drehzahl  $n = 2500$  1/min rotierenden,  $d = 2$  m langen Flugzeugpropellers in 1 Minute bei einer Fluggeschwindigkeit von  $v = 360$  km/h zurück?

**254.** Zur Bestimmung von Gasgeschwindigkeiten  $v$  dient das Flügelrad-Anemometer (Bild 106). Die sekundliche Drehzahl ergibt sich als  $n = \frac{v \tan \alpha}{d\pi}$ , wenn die Flügel um den Winkel  $\alpha$

gegen den Gasstrom geneigt sind. Leite die Formel ab und berechne die Drehzahl für einen Gasstrom von  $v = 3,5 \text{ m/s}$  bei einem Flügelraddurchmesser von  $60 \text{ mm}$  und einem Anstellwinkel von  $45^\circ$ .

### 1.3. Dynamik

#### 1.3.1. Arbeit, Leistung, Wirkungsgrad

**255.** (Bild 107) Ein zylindrischer Tank von  $6 \text{ m}^2$  Grundfläche wird  $3 \text{ m}$  hoch mit Wasser gefüllt, und zwar, indem die Pumpe das Wasser a) über ein Steigrohr von oben einströmen läßt, b) durch ein in Bodenhöhe einmündendes Rohr in den Behälter drückt. Welche Arbeit ist in den genannten Fällen zu verrichten?

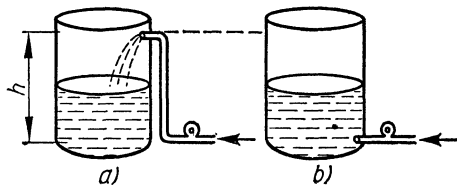


Bild 107

**256.** Um eine Schraubenfeder um  $15 \text{ cm}$  auszudehnen, ist die Arbeit  $8250 \text{ pcm}$  aufzuwenden. Wie groß ist die Endkraft, wenn die anfängliche Kraft  $100 \text{ p}$  beträgt?

**257.** Welche Arbeit ist nötig, um  $10$  auf der Erde liegende Ziegelsteine von je  $6,5 \text{ cm}$  Höhe und  $3,5 \text{ kp}$  Gewicht aufeinanderzuschichten?

**258.** a) Welche Kraft erfordert die Bewegung des Kolbens einer einfachen Kolbenaugpumpe (Durchmesser  $12 \text{ cm}$ ), wenn der Abstand zwischen dem Spiegel im Brunnen und der Ausflußöffnung  $7,50 \text{ m}$  beträgt? b) Welche Antriebsleistung in PS ist erforderlich, wenn je Minute  $80$  Arbeitstakte von je  $20 \text{ cm}$  Hub erfolgen, und c) wieviel Wasser wird je Minute gefördert, wenn von Verlusten durch Reibung und andere Ursachen abgesehen wird?

**259.** Welche Leistung (kW) erzielt ein Infanteriegewehr, wenn das Geschoß innerhalb von  $1/800 \text{ s}$  den Lauf verläßt und dabei die Energie  $400 \text{ kpm}$  besitzt?

**260.** Eine Elektrolokomotive erzielt im Gebirge bei der Geschwindigkeit 46 km/h eine Zugkraft von 10500 kp. Welcher PS-Leistung entspricht dies?

**261.** Welche Antriebsleistung wäre notwendig, um ein 250 kp schweres Segelflugzeug, dessen Sinkgeschwindigkeit im Gleitflug 0,4 m/s beträgt, auf gleicher Höhe schwebend zu erhalten (bei Vernachlässigung des Luftwiderstandes)?

**262.** Welche Leistung kann ein 15 kp schwerer, aus 0,8 m Höhe frei fallender Schmiedehammer beim Auftreffen abgeben?

**263.** Dem Arbeitskolben einer hydraulischen Presse fließen je Sekunde 0,4 l Öl unter einem Überdruck von 2,5 at zu. Welche Leistung ist zum Betrieb der Presse erforderlich?

**264.** Welche Leistung (PS) hat ein 3-Zylinder-Zweitaktmotor mit folgenden Daten: mittlerer Arbeitsdruck  $p_m = 4,2$  at Überdruck, Kolbenhub  $s = 78$  mm, Kolbendurchmesser  $d = 70$  mm, Drehzahl  $n = 3600$  1/min.

**265.** Die Leistung des in der vorigen Aufgabe behandelten Motors wird bei der Drehzahl  $n = 4300$  1/min mit 28 PS angegeben. Wie groß ist der mittlere Arbeitsdruck?

**266.** Welche Leistung (PS) hat ein Zweitaktmotor, der bei der Drehzahl  $n = 2500$  1/min ein Drehmoment von 7,5 kpm erzeugt?

**267.** Welches Drehmoment liefert dieser Motor, wenn er bei der Drehzahl  $n = 3600$  1/min 30 PS leistet?

**268.** Welche Kraft wirkt am Umfang der Riemenscheibe (Durchmesser 12 cm) eines Drehstrommotors, der bei der Drehzahl  $n = 2500$  1/min die Leistung 42 kW abgibt?

**269.** Wieviel Umdrehungen müssen an einer Kurbel ausgeübt werden, wenn mit dem Drehmoment 150 kpm die Arbeit 9000 kpm verrichtet werden soll?

**270.** Welches Drehmoment muß ein Motor haben, der bei der Drehzahl  $n = 4200$  1/min innerhalb von 15 s die Arbeit 45 000 Nm verrichten soll?

**271.** Bei welcher Drehzahl leistet ein Motor, dessen Drehmoment 9,5 kpm beträgt, 40 kW?

**272.** Zur Berechnung des Drehmomentes von Motoren wird die Formel  $M = 716,2 \frac{P}{n}$  ( $M$  in kpm,  $P$  Leistung in PS,  $n$  Drehzahl in 1/min) benutzt. Wie kommt diese Formel zustande?

**273.** Eine 1600 kp schwere Lore soll innerhalb von 2,5 min eine 190 m lange Strecke mit 16 % Anstieg zurücklegen. Welche Antriebsleistung muß der Motor bei einem Wirkungsgrad von 0,75 (ohne Berücksichtigung der Reibung) aufbringen?

**274.** Eine Lore soll innerhalb von 1,5 min auf eine Höhe von 17 m befördert werden. Wie schwer kann die Lore sein, wenn der Antriebsmotor die Leistung 5,5 kW hat und mit einem Wirkungsgrad von 0,6 gerechnet wird?

**275.** Durch 54 Umdrehungen an der 35 cm langen Kurbel einer Winde wird eine 680 kp schwere Last um 1,80 m gehoben. Welche Kraft ist bei einem Wirkungsgrad von 85 % erforderlich?

**276.** Eine Leistung von 12 PS wird mittels Treibriemens übertragen. Wie groß sind die Kräfte  $F_1$  und  $F_2$  im Zug- und Leertrum, wenn sie sich wie 2:1 verhalten, die Antriebswelle des Motors den Durchmesser 15 cm hat und je Minute 800 Umdrehungen ausführt?

**277.** Eine kleine Wasserturbine leistet bei 2,5 m Fallhöhe und einem Zulauf von 80 l/s 2,1 PS. Wie groß ist ihr Wirkungsgrad?

**278.** Für eine Hauswasseranlage wird zur Förderung von 40 l/min auf 30 m Höhe ein Pumpenaggregat von 300 W benötigt. Wie groß ist der Wirkungsgrad?

**279.** Wieviel Wasser muß einer großen Kaplan turbine je Sekunde bei einem Nutzgefälle von 6,5 m zugeführt werden, wenn deren Leistung bei einem Wirkungsgrad von 93 % 14130 PS betragen soll?

**280.** Die Nutzleistung eines Wasserkraftwerkes wird nach der Formel  $P = 10 Qh$  ( $P$  in PS,  $Q$  in  $\text{m}^3/\text{s}$ ,  $h$  Nutzgefälle in m) errechnet. Wie groß ist der hierbei angenommene Wirkungsgrad  $\eta$ ?

### 1.3.2. Grundgesetz der Dynamik

**281.** Wenn ein Eisenbahnzug vor dem Halten allmählich abbremst, erfahren die Fahrgäste beim Anhalten einen Ruck nach hinten. Wie ist dies zu erklären?

**282.** In die Mitte eines oben befestigten Fadens ist (Bild 108) ein Ziegelstein eingebunden. Wo reißt der Faden, wenn man a) vorsichtig, langsam und b) ruckartig am unteren Faden zieht?

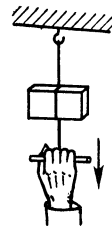


Bild 108



- 283.** Weshalb erlischt die in einem geräumigen geschlossenen Kasten brennende Kerze, wenn der Kasten frei herunterfällt?
- 284.** Die Flamme der in einem geschlossenen Kasten brennenden Kerze neigt sich nach der Richtung, in der man den Kasten vorwärtsbewegt. Wie ist das zu erklären?
- 285.** Welche Bremskraft ist erforderlich, um ein Fahrzeug von 800 kg Masse, dessen Geschwindigkeit 25 m/s beträgt, a) innerhalb von 60 m und b) innerhalb von 60 s zum Halten zu bringen?
- 286.** Mit welcher Kraft muß man einen Wagen von 15 t Masse schieben, um ihm innerhalb von 80 s die Endgeschwindigkeit 3 m/s zu erteilen, a) ohne Berücksichtigung der Reibung und b) bei Beachtung einer Fahrwiderstandszahl von 0,01?
- 287.** Wie lange muß ein Waggon von 12 t Masse angeschoben werden, damit er bei einer Schubkraft von 160 kp die Endgeschwindigkeit 2 m/s erlangt, und zwar a) ohne Berücksichtigung der Reibung und b) bei Beachtung einer Fahrwiderstandszahl von 0,01?
- 288.** Welche Zugkraft muß die Lokomotive eines Güterzuges von 500 t Masse aufwenden, um mit der Beschleunigung  $0,09 \text{ m/s}^2$  anzufahren, a) ohne Berücksichtigung der Reibung und b) unter Beachtung einer Fahrwiderstandszahl von 0,003?
- 289.** Mit welcher Kraft muß der Schützen eines Webstuhles, dessen Masse 700 g beträgt, beschleunigt werden, damit er innerhalb des dem Treiber gegebenen Spielraumes von 8 cm die Geschwindigkeit 3,5 m/s erhält?
- 290.** Welche Spitzenleistung in PS muß der Motor eines Kraftwagens von 900 kg Masse haben, wenn dieser 26 s nach dem Anfahren eine Geschwindigkeit von 90 km/h erreichen soll? (Unter Vernachlässigung der Reibung zu rechnen.)
- 291.** Auf wieviel PS erhöht sich die in der letzten Aufgabe berechnete Leistung, wenn für die Fahrwiderstandszahl des Fahrzeuges 4 % des Gewichtes veranschlagt werden?
- 292.** Bei der Berechnung eines Krans rechnet man für die beim Beschleunigen der Last auftretende zusätzliche Belastung (bei der Hubgeschwindigkeit von 2 m/s) mit einem Zuschlag von 2,5 %. Welchem Beschleunigungswert entspricht dies?
- 293.** Welche Kraft wirkt im Halteseil eines Aufzuges von 1500 kg Masse a) beim Anfahren nach oben und b) beim An-

fahren nach unten, wenn die Beschleunigung in beiden Fällen  $a = 1,5 \text{ m/s}^2$  beträgt?

**294.** Eine Masse von 200 kg soll innerhalb von 5 s auf die Höhe 8 m gehoben werden. Auf der ersten Hälfte des Weges erfolgt die Bewegung beschleunigt und auf der zweiten Weghälfte verzögert, wobei Beschleunigung und Verzögerung von gleich großem Betrag sind und die Endgeschwindigkeit gleich Null ist. Wie groß sind die aufzuwendenden Kräfte auf den beiden Weghälften?

**295.** Die Kabine eines Lifts ist 2100 kp schwer, das Gegengewicht 600 kp. Welche Endgeschwindigkeit würde nach 10 m Fallhöhe erreicht werden, wenn sich die Seilscheibe frei drehen könnte?

**296.** Welche Leistung erfordert der Antrieb eines Aufzuges von der Masse 820 kg, wenn die volle Hubgeschwindigkeit  $v = 30 \text{ m/min}$  nach einem Hub von 1,5 m erreicht wird, a) während der gleichförmigen Aufwärtsbewegung und b) beim Anfahren? Das Gegengewicht hat die Masse 250 kg.

**297.** Welche Leistung hat eine Lokomotive von 80 t Masse aufzuwenden, die innerhalb von 1 min auf eine Geschwindigkeit von 40 km/h gleichmäßig beschleunigt werden soll? Die Trägheitsmomente der rotierenden Massen sind durch einen Zuschlag von 32 % zur geradlinig bewegten Masse zu berücksichtigen.

**298.** In einem Luftgewehr wirkt auf das Geschoß von 4 g Masse die komprimierte Luft mit der konstanten Kraft 20 kp. Mit welcher Geschwindigkeit verläßt es den 60 cm langen Lauf?

**299.** Welche Zugkraft ist (ohne Berücksichtigung des Fahrwiderstandes) notwendig, um einen 1100 kp schweren Kraftwagen beim Anfahren auf einer Steigung von 5 % mit  $1,5 \text{ m/s}^2$  zu beschleunigen?

**300.** Mit welchem minimalen Kraftaufwand kann ein Rammbar von 180 kg Masse innerhalb 5 s auf 3 m Höhe gehoben werden, und welche Arbeit ist dazu notwendig?

**301.** (Bild 109) An einem mit dem Winkel  $\alpha = 20^\circ$  ansteigenden Bremsberg rollt die volle Lore (2,8 t) nach unten und zieht die leere Lore (0,8 t) nach oben. Welche Geschwindigkeit erreichen die Wagen ungebremst nach einer Laufstrecke von 90 m, a) ohne Reibung gerechnet, b) wenn der Fahrwiderstand mit 5% des Wagengewichtes veranschlagt wird?

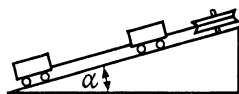


Bild 109

**302.** An einer über eine Rolle laufenden Schnur hängen links die Masse 300 g und rechts 320 g. a) Mit welcher Beschleunigung setzen sich die Massen in Bewegung? b) Wie groß muß die rechts hängende Masse sein, damit sich die Beschleunigung gegenüber Fall a verdoppelt? c) In welchem Verhältnis müssen die beiden Massen stehen, wenn sich beide mit der halben Schwerebeschleunigung in Bewegung setzen sollen?

**303.** Eine Masse von 300 kg wird gleichmäßig beschleunigt senkrecht um 8 m gehoben. Welche Zeit wird benötigt, wenn eine Kraft von 3500 N zur Verfügung steht?

**304.** Welche Beschleunigung kann einem Fahrzeug von 300 kg Masse erteilt werden, wenn zum Erreichen der Endgeschwindigkeit 20 m/s eine Leistung von 4 kW zur Verfügung steht, und zwar a) ohne Berücksichtigung der Reibung und b) bei Beachtung einer Fahrwiderstandszahl von 0,03?

**305.** Welche Endgeschwindigkeit kann einer ruhenden Masse von 150 kg durch Beschleunigung innerhalb von 15 s erteilt werden, wenn eine Leistung von 3 kW zur Verfügung steht?

**306.** Welche Endgeschwindigkeit erreicht eine Masse von 500 kg, die mit der gleichbleibenden Kraft 501 kp 10 m hoch gehoben wird?

**307.** (Bild 110) Wie stellt sich der Spiegel in einem mit Wasser gefüllten Tankwagen ein, wenn der Wagen erschütterungs- und reibungsfrei eine schiefe Ebene hinabrollt?

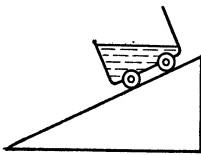


Bild 110

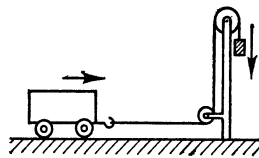


Bild 111

**308.** (Bild 111) Ein Waggon von 12 t Masse ist mittels ausklinkbaren Zugseiles mit einer 6 m hochgezogenen, 1,5 t großen Masse verbunden (Gewichtsakkumulator), die beim Herabsinken den Waggon antreibt.

- Welche Beschleunigung erhält der Waggon?
- Welche Geschwindigkeit erreicht er nach Zurücklegen der Strecke 6 m?

- c) Welche antreibende Masse wäre notwendig, um ihm unter gleichen Verhältnissen die Endgeschwindigkeit 2 m/s zu erteilen?

**309.** (Bild 112) Über die Achse einer Laufkatze von  $m_2 = 200$  kg Masse läuft mittels einer Umlenkrolle ein an der Hallenwand befestigtes Seil, an dem die Masse  $m_1$  hängt, die durch ihre Fallbewegung die Katze vorwärtsbewegen soll. Wie groß muß die Masse  $m_1$  sein, wenn die Laufkatze nach Durchlaufen von 12 m die Geschwindigkeit 5 m/s haben soll?

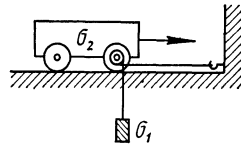


Bild 112

**310.** Der Motor eines Kraftwagens beschleunigt diesen auf horizontaler Strecke mit  $1,8 \text{ m/s}^2$ . Welche Beschleunigung ergibt sich bei einer Steigung von 6 %, wenn die Reibung als unverändert angenommen wird?

**311.** Beim Bremsen eines Lastkraftwagens kommt eine Kiste ins Rutschen. Bei welcher minimalen Verzögerung tritt dies ein, wenn die Reibungszahl  $\mu = 0,55$  beträgt?

**312.** Um die Motorleistung eines PKW von 1100 kg Masse zu bestimmen, wurden durchgeführt: 1. eine Beschleunigungsprobe; dabei konnte die Geschwindigkeit innerhalb von 4 s von 20 auf 50 km/h gesteigert werden; 2. eine Verzögerungsprobe; dabei brauchte das Fahrzeug mit ausgekuppeltem Motor 15 s, um seine Geschwindigkeit von 50 auf 20 km/h zu verringern. Welche Leistung entwickelte der Motor bei der mittleren Geschwindigkeit  $v_m = 35 \text{ km/h}$ ?

**313.** Mittels eines Seiles, dessen Zugfestigkeit 65 kp beträgt, wird eine 50 kg große Masse angehoben. Welche Hubgeschwindigkeit kann nach den ersten 3 Sekunden höchstens erreicht werden?

**314.** Ein Kraftwagen vermag innerhalb von 10 s vom Stillstand aus auf 50 km/h zu beschleunigen. Wieviel Prozent beträgt das Gefälle, wenn bergab in 10 s die Endgeschwindigkeit 75 km/h erzielt wird?

**315.** Die Vorderachse eines Wagens von 900 kg Masse ist mit  $\frac{4}{10}$ , die Hinterachse mit  $\frac{6}{10}$  des Gesamtgewichtes belastet, der Schwerpunkt liegt 0,75 m über dem Boden, der Radstand beträgt  $l = 3,10$  m. Wie groß sind die beiden Achsdruckkräfte, und wie ändern sich die Achsdruckkräfte, wenn mit einer Verzögerung von  $a = 6,5 \text{ m/s}^2$  gebremst wird?

**316.** Auf einem Trinkglas von 10 cm Durchmesser liegt ein Kartenblatt und in der Mitte darauf eine Münze. Mit welcher Mindestgeschwindigkeit muß das Blatt weggezogen werden, damit die Münze noch in das Glas fällt? ( $\mu = 0,5$ )

### 1.3.3. Potentielle und kinetische Energie

**317.** Ein Kraftwagen prallt mit der Geschwindigkeit 70 km/h gegen ein festes Hindernis. Welche Fallhöhe ergibt sich, wenn man den Vorgang mit einem freien Sturz aus gewisser Höhe vergleicht?

**318.** Ein 35,5-cm-Schiffsgeschütz schleudert die Granate von 620 kg Masse innerhalb  $\frac{1}{40}$  s aus dem Lauf, wobei diese die Geschwindigkeit 935 m/s erlangt. Welcher Leistung entspricht dies?

**319.** Welche potentielle Energie enthält eine um  $s = 5$  cm gedehnte Schraubenfeder, deren Richtgröße  $D = 1,5$  kp/cm beträgt?

**320.** Welche Masse hat ein Schmiedehammer, der mit der Geschwindigkeit  $v = 4,5$  m/s aufschlägt und dabei die Energie 240 Ws abgibt?

**321.** Welche Geschwindigkeit hat ein mit der Anfangsgeschwindigkeit  $v_0$  unter dem Winkel  $30^\circ$  nach oben abgefeuertes Geschosß im höchsten Punkt seiner Bahn?

**322.** Wie hoch springt eine Kugel von 100 g Masse, die auf eine um  $s = 20$  cm zusammengedrückte Schraubenfeder gelegt wird, wenn diese plötzlich entspannt wird? (Richtgröße 150 p/cm)

**323.** Die nach Bild 113 in einer Hülse sitzende Feder wird durch eine daraufgelegte Kugel von 50 g um  $\Delta s = 2$  mm zusammengedrückt. Wie hoch fliegt die Kugel, wenn die Feder um weitere 15 cm zusammengedrückt und dann plötzlich entspannt wird?

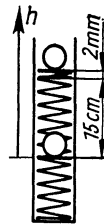


Bild 113

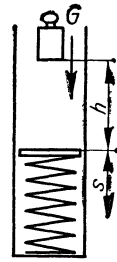


Bild 114

**324.** (Bild 114) Eine Masse von 12 kg fällt aus  $h = 70$  cm Höhe auf eine gefederte Unterlage, deren Federkonstante  $D = 4$  kp/cm beträgt. Um welches Stück  $s$  wird die Feder zusammengedrückt?

**325.** Ein  $G = 23\,000$  kp schwerer Förderkorb besitzt eine Fangvorrichtung, die beim Reißen des Seils sofort eingreift und deren Bremskraft  $F = 64\,000$  kp beträgt. Bei einem Bremsversuch ergab sich ein Bremsweg von  $s = 4$  m. Bei welcher Geschwindigkeit  $v$  griffen die Fänger ein?

**326.** Wie hoch ist eine Wassermenge von  $6000$  m<sup>3</sup> zu pumpen, wenn ihre potentielle Energie um  $850$  kWh zunehmen soll?

**327.** Welche Masse hat ein Rammbar, der nach einer Fallstrecke von  $8$  m die Energie  $5$  Wh entwickelt?

**328.** Welche Anfangsgeschwindigkeit  $v_0$  hat ein senkrecht nach oben abgefeuertes Geschöß, wenn in der Höhe  $h = 2000$  m kinetische und potentielle Energie gleich groß sind?

**329.** Beim Zurücklegen der ersten  $50$  m erreicht die kinetische Energie eines mit gleichbleibender Beschleunigung anfahrenen Wagens von  $1200$  kg Masse  $15\,000$  Nm. Wie groß sind Beschleunigung und Endgeschwindigkeit bei Vernachlässigung der Reibung?

**330.** Ein Körper durchläuft im freien Fall im zeitlichen Abstand von  $\Delta t = 2$  s die beiden Punkte  $P_1$  und  $P_2$ , die vom Ausgangspunkt die Entfernungen  $h_1$  und  $h_2$  haben. Seine kinetische Energie ist in  $P_2$  doppelt so groß wie in  $P_1$ . Wie groß sind die beiden Fallstrecken  $h_1$  und  $h_2$ ?

**331.** Mit welcher Kraft muß eine Handramme von  $40$  kg Masse aus  $h_1 = 50$  cm Höhe nach unten gestoßen werden, damit sie dieselbe Energie hat wie beim freien Fall aus  $h_2 = 75$  cm Höhe?

**332.** (Bild 115) Eine Masse  $m$  soll senkrecht auf die Höhe  $h$  gehoben werden. Zu diesem Zweck wird sie längs der ersten Teilstrecke  $h_1$  gleichförmig so beschleunigt, daß sie darüber hinaus noch um die zweite Teilstrecke  $h_2$  steigt. Welcher Ausdruck ergibt sich für die erforderliche Beschleunigung  $a$ ?



Bild 115

**333.** 1. Zahlenbeispiel zur Aufgabe 332. Ein Arbeiter wirft einen  $50$  kp schweren Sack mit einem anfänglichen Kraftaufwand von  $60$  kp auf die Schulter (Gesamthöhe  $1,50$  m). Welche Teilstrecke  $h_1$  hat er unter Kraftaufwand zu überwinden, und wie lange dauert der gesamte Vorgang?

**334.** 2. Zahlenbeispiel zur Aufgabe 332. Die unter Kraftaufwand gewonnene Höhe ist gleich der halben Gesamthöhe von  $1,50$  m. Welche Kraft für die  $50$  kp schwere Last ist hierbei aufzuwenden, und wie lange dauert der Vorgang in diesem Falle?

### 1.3.4. Reibungsarbeit

**335.** Welche Leistung vollbringt ein Pferd, das in langsamer Gangart (4 km/h) ein 950 kp schweres Fuhrwerk zieht?

(Steigung der Straße 5%, Fahrwiderstandszahl  $\mu = 0,06$ )

**336.** Wie schwer darf ein Fuhrwerk sein, wenn es von einem Pferd, dessen Leistung gerade 1 PS beträgt, gezogen werden soll? ( $v = 1$  m/s,  $\mu = 0,2$  auf schlechtem Erdweg)

**337.** Ein Mann schiebt einen Güterwagen von 5 t Masse mit der Kraft von 40 kp aus dem Stillstand 20 m weit. Welche Geschwindigkeit hat der Wagen im Moment des Loslassens, und wie weit rollt er noch, wenn der Fahrwiderstand  $\frac{1}{2}\%$  des Gewichtes beträgt?

**338.** Wie berechnet sich der Bremsweg eines Wagens a) bei blockierter Vierradbremung und b) mit blockierter Hinterradbremung (Achsdruckkraft ist  $\frac{6}{10}$  des Wagengewichtes), wenn Geschwindigkeit  $v$  in m/s und Haftreibungszahl  $\mu$  gegeben sind?

**339.** Ein PKW soll von der Anfangsgeschwindigkeit  $v = 80$  km/h aus auf horizontaler Strecke gleichmäßig zum Stillstand abgebremst werden, ohne daß die Räder dabei ins Rutschen kommen. Die Haftreibungszahl des Fahrzeuges sei  $\mu = 0,3$ . Welche kürzeste Bremszeit und Bremsstrecke ist a) mit Vierradbremse und b) mit Zweiradbremse möglich?

**340.** Bei einem volkswirtschaftlichen Vergleich der Transportleistung wurde mitgeteilt, daß mit je 1 PS folgende Massen befördert werden können: 150 kg durch Kraftwagen, 750 kg durch Eisenbahn und 4000 kg auf dem Wasserweg. Welche Fahrwiderstandszahlen ergeben sich daraus, wenn die Geschwindigkeiten 60 km/h bzw. 60 km/h bzw. 20 km/h angenommen werden?

**341.** Ein stillstehender Wagen erhält einen Stoß und rollt auf horizontaler Strecke in 8 Sekunden 32 m weit. Wie groß ist die Fahrwiderstandszahl?

**342.** Ein Wagen fährt mit der Geschwindigkeit 60 km/h auf horizontaler Strecke und rollt mit ausgekuppeltem Motor frei bis zum Stillstand aus. Wie lang sind Auslaufstrecke und Auslaufzeit bei einer Fahrwiderstandszahl von  $\mu = 0,04$ ?

**343.** Welche Anfangsgeschwindigkeit hat ein Güterwagen, der auf horizontaler Strecke bis zum Stillstand 220 m ausrollt? ( $\mu = 0,002$ )

**344.** Ein Skiläufer erlangt bei einer 100 m langen Schußfahrt, bei der ein Höhenunterschied von 40 m überwunden wird, eine Endgeschwindigkeit von 72 km/h. Wie groß ist die Reibungszahl? (Unter Nichtbeachtung des Luftwiderstandes)

**345.** (Bild 116) Ein Wagen rollt eine 200 m lange Strecke, deren Gefälle 4 % beträgt, abwärts und auf einer gleich großen Steigung anschließend wieder nach oben (Fahrwiderstandszahl  $\mu = 0,03$ ). Welche Strecke  $x$  legt er auf der Steigung zurück?

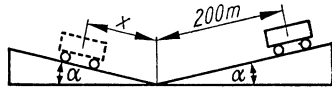


Bild 116

**346.** Auf einem Lastkraftwagen steht eine 1,6 m hohe und 0,4 m breite Kiste (Schwerpunkt in der Mitte). Unter welchem Wert muß die Beschleunigung (Verzögerung) liegen, mit der angefahren (gebremst) wird, a) ohne daß die Kiste rutscht ( $\mu = 0,2$ ), b) ohne daß die Kiste, deren Standfläche gegen Wegrutschen gesichert wird, umfällt?

### 1.3.5. Massenträgheitsmoment und Rotationsenergie

**347.** Welchen Durchmesser hat eine Kreisscheibe von 8 kg Masse, deren Trägheitsmoment  $1,69 \text{ kgm}^2$  beträgt?

**348.** Ein Metallring von rechteckigem Querschnitt hat die Abmessungen: äußerer bzw. innerer Durchmesser 58 cm bzw. 50 cm, Breite 6 cm. Das Trägheitsmoment ist  $0,8058 \text{ kgm}^2$ . Aus welchem Material könnte der Ring bestehen?

**349.** Um wieviel muß ein 75 cm langer, um seinen Mittelpunkt rotierender Stab verlängert werden, damit sich sein Trägheitsmoment verdoppelt?

**350.** Das Trägheitsmoment einer massiven Holzwalze von 6 kg Masse, 12 cm Durchmesser und 1 m Länge soll durch Einhüllen in einen Bleimantel verdreifacht werden. Wie dick muß dieser sein? ( $\rho = 11,3 \text{ g/cm}^3$ )

**351.** Um wieviel Prozent wird das auf die senkrecht durch den Mittelpunkt gehende Achse bezogene Trägheitsmoment einer Kreisscheibe geringer, wenn man so viel davon abdreht, daß ihr Durchmesser um 10 % kleiner wird?

**352.** Welche Energie enthält eine Kreisscheibe von 8 kg Masse und 50 cm Durchmesser bei einer Drehzahl von  $500 \text{ 1/min}$ ?



- 353.** Ein dünner Reifen rollt eine schiefe Ebene hinab. Welcher Bruchteil seiner Gesamtenergie entfällt auf Rotationsenergie?
- 354.** Welche Rotationsenergie enthält ein Teller von 12 kg Masse und 60 cm Durchmesser einer Maschine zum Schneiden von Schallplatten bei der Drehzahl 78  $1/\text{min}$ ?
- 355.** Welche Geschwindigkeit erreicht eine Vollkugel, die auf einer schiefen Ebene die Höhe  $h$  reibungslos durchläuft?
- 356.** Das Chassis eines 4rädigen Wagens hat die Masse 300 kg und die als massive Scheiben angenommenen Räder zusätzlich je 25 kg. Die bei der Infahrtsetzung des Wagens zu überwindende Trägheit der Gesamtmasse soll um einen Zuschlag erhöht werden, der das Trägheitsmoment der Räder berücksichtigt. Wieviel Prozent der Gesamtmasse sind zuzuschlagen?
- 357.** Ein Omnibus mit der Gesamtmasse  $m_1 = 5 \text{ t}$  soll mittels einer als Energiequelle dienenden, rotierenden massiven Schwungscheibe angetrieben werden und dadurch in der Lage sein, auf horizontaler Strecke 2 km weit zu rollen (Fahrwiderstandszahl 0,05). Welche Masse  $m_2$  muß die Scheibe bei einem Durchmesser von 1,2 m haben, wenn eine anfängliche Drehzahl von  $n = 3000 \text{ } 1/\text{min}$  angenommen wird?

**358.** Ein 6 kp schweres Gewichtsstück  $G_2$  versetzt nach Bild 117 über eine 4 cm dicke Welle eine 12 kp schwere Schwungscheibe  $G_1$  von 60 cm Durchmesser in Rotation. Welche Drehzahl erreicht die Scheibe, wenn das Gewichtsstück um  $h = 2 \text{ m}$  gesunken ist, und welche Geschwindigkeit hat dieses dann? (Das Trägheitsmoment der Welle werde vernachlässigt.)

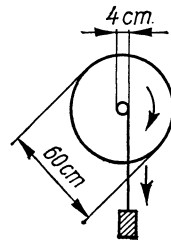


Bild 117

**359.** Ein 80 cm langer und 20 cm dicker Vollzylinder aus Stahl ( $\rho = 7,6 \text{ g/cm}^3$ ) soll auf einer Drehmaschine eine Drehzahl von 180  $1/\text{min}$  erhalten. Welche Antriebskraft muß auf die Stufenscheibe von 15 cm Radius übertragen werden, wenn die Anlaufzeit höchstens 5 s betragen darf, und welche Endleistung hat der Motor für diesen Zweck aufzuwenden?

**360.** Ein mit der Drehzahl 300  $1/\text{min}$  rotierender Schleifstein, dessen Durchmesser 150 cm und dessen Trägheitsmoment  $30 \text{ kgm}^2$  beträgt, wird bei abgekuppeltem Motor durch die 6 kp betragende Bremskraft des angeprägten Werkstückes zum

Stillstand gebracht. Wie lange dauert der Bremsvorgang, und wieviel Umdrehungen finden noch statt?

**361.** Eine Kreisscheibe von 5 kg Masse und 30 cm Durchmesser soll aus dem Stillstand innerhalb von 0,5 s einmal herumgedreht werden. Welche Kraft muß hierbei tangential am Umfang angreifen?

**362.** Die im Kranz eines Schwungrades ( $r_i = 50$  cm,  $r_a = 60$  cm) bei  $n = 500$  1/min gespeicherte Energie soll unter Abbremsen bis zum Stillstand während einer halben Minute die mittlere Leistung 12 PS liefern. Welche Masse muß der Kranz haben? Welche Anlaufzeit ist bei Verwendung eines Motors notwendig, der die mittlere Leistung 3 PS entwickelt?

**363.** Von einer Trommel vom Radius  $r = 20$  cm und dem Trägheitsmoment  $J = 1,472$  kgm<sup>2</sup> wickelt sich ein Seil ab, an dem eine Masse von 15 kg hängt. Mit welcher Beschleunigung  $a$  sinkt die Last nach unten, und mit welcher Kraft  $F$  ist das Seil gespannt?

**364.** (Bild 118) Eine Walze vom Radius  $r = 5$  cm hängt an zwei auf ihren Umfang gewickelten Fäden und durchfällt eine Höhe von 2 m. Welche Winkelgeschwindigkeit hat sie am Ende dieses Weges, und welche Zeit benötigt sie dazu, wenn die Bewegung lotrecht erfolgt?



Bild 118

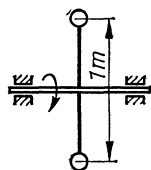


Bild 119

**365.** Eine rotierende Welle trägt nach Bild 119 einen 1 m langen Querstab (dessen Trägheitsmoment vernachlässigt wird), an dessen

Endpunkten je eine Kugel sitzt. Beim Auslaufen führt sie innerhalb der letzten 5 s noch 12 Umdrehungen aus. Wenn der Kugelabstand verkleinert wird, werden für die letzten 12 Umdrehungen 3 s benötigt. Wie groß ist der Kugelabstand dann?

**366.** Mit welcher Geschwindigkeit trifft der Endpunkt einer 2,5 m langen, anfänglich senkrecht stehenden Stange beim Umfallen auf den Boden?

**367.** Wie weit würde das Rad von 20 kg Masse und 68 cm Durchmesser eines PKW rollen, wenn es sich bei der Geschwindigkeit 72 km/h von der Achse lösen würde?

Sein Massenträgheitsmoment betrage 1 kgm<sup>2</sup> und die Kraft der Rollreibung 4 % des Radgewichtes.

**368.** Wie groß ist das Trägheitsmoment einer Kreisscheibe vom Radius  $r$  bezüglich einer senkrecht zu ihrer Ebene verlaufenden Achse, die  $r/2$  vom Mittelpunkt entfernt ist?

**369.** Wie groß ist das Trägheitsmoment eines Stabes der Länge  $l$  und der Masse  $m$  bezüglich einer Drehachse, die in der Verlängerung des Stabes  $1/4$  Stablänge vom Stabende entfernt ist?

**370.** Ein Stab von 1,2 kg Masse und 80 cm Länge, der um seinen Mittelpunkt rotiert, soll durch einen praktisch masselosen Stab ersetzt werden, der an seinen Enden je eine punktförmig gedachte Masse von 0,01 kg trägt. Wie weit müssen die beiden Massen voneinander entfernt sein, wenn das Trägheitsmoment unverändert sein soll?

**371.** Ein aufrecht stehender Stab der Masse  $m$  trägt am oberen Ende ein punktförmig zu denkendes Gewichtsstück der gleichen Masse  $m$ . Wie lang ist der Stab, wenn sein Endpunkt beim Umfallen mit der Geschwindigkeit  $v = 3$  m/s auf den Boden trifft?

**372.** Ein 6 m langer, am Boden liegender Balken von 20 kg Masse soll an einem Ende innerhalb von 1 s um 1 m angehoben werden. Welche Kraft ist dazu notwendig?

**373.** Ein  $l = 5$  m langer Balken ruht  $e = 10$  cm seitwärts vom Schwerpunkt auf einer Schneide. Drückt man den leichteren Teil gegen den Boden, so hebt sich das andere Ende um  $h = 30$  cm. Welche Zeit braucht der Balken, um wieder in die Ausgangslage zurückzukippen?

### 1.3.6. *Fliehkraft*

**374.** Welchen Durchmesser hat der Rotor einer Ultrazentrifuge, an dessen Umfang bei der Drehzahl  $n = 60\,000$  1/min die 250 000fache Erdbeschleunigung erreicht wird?

**375.** Eine Schaukel schwingt aus horizontaler Anfangslage als Pendel nach unten. Welche Kraft haben die gewichtslos gedachten Streben der Gondel im tiefsten Punkt auszuhalten, wenn die Masse der Gondel 60 kg und die des darin sitzenden Mannes 70 kg beträgt?

**376.** (Bild 120) Mit welcher Mindestdrehzahl muß eine zur Leistungsmessung dienende Bremstrommel laufen, die von innen mit Wasser gekühlt wird, wenn sich das Kühlwasser ringförmig an den Innenumfang der Trommel anlegen soll?  
( $r = 30$  cm)

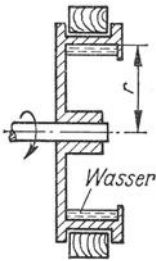


Bild 120

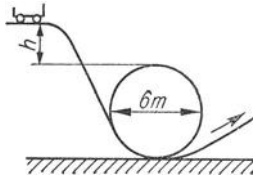


Bild 121



Bild 122

**377.** Die Bewegung des Mondes um die Erde ist genau genommen eine Bewegung beider Massen um ein gemeinsames Drehzentrum. In welcher Entfernung vom Erdmittelpunkt befindet sich dieses? (Mondmasse =  $\frac{1}{81}$  Erdmasse, Entfernung beider Mittelpunkte  $r = 60$  Erdradien)

**378.** Aus welcher Höhe muß ein Artist mindestens starten, damit er die auf Bild 121 skizzierte „Todesschleife“ durchfährt, ohne abzustürzen? (Ohne Berücksichtigung der Reibungswiderstände und der Eigenrotation des Fahrzeuges)

**379.** (Bild 122) Ein Radfahrer durchfährt mit der Geschwindigkeit  $v = 25$  km/h eine Kurve vom Krümmungsradius  $r = 20$  m. Um wieviel Grad muß er sich nach innen neigen?

**380.** Eine Kurve vom Krümmungsradius  $r = 600$  m soll für eine Zuggeschwindigkeit von 60 km/h so geneigt werden, daß die Resultierende aus Schwer- und Fliehkraft senkrecht zum Gleis steht. Um wieviel muß die äußere Schiene höher als die innere verlegt werden, wenn die Spurweite 1435 mm beträgt?

**381.** Mit welcher Geschwindigkeit muß sich ein Körper parallel zur Erdoberfläche bewegen, wenn durch die entstehende Fliehkraft die Erdanziehung aufgehoben werden soll? (Erdradius 6378 km)

**382.** Wie oft müßte sich die Erde täglich um ihre Achse drehen, wenn dadurch die Erdanziehung am Äquator ( $g = 9,78$  m/s<sup>2</sup>) aufgehoben werden soll? (Erdradius  $r = 6378$  km)

**383.** Ein Kraftwagen durchfährt eine Kurve vom Krümmungsradius  $r = 50$  m. Bei welcher Geschwindigkeit kommt der Wagen auf der regennassen Straße ins Schleudern? Dieses kommt dadurch zustande, daß für ein Radpaar, auf dem die halbe Last des Wagens ruhen möge, die Haftreibung ( $\mu = 0,2$ ) nicht mehr ausreicht, um der Fliehkraft das Gleichgewicht zu halten.

**384.** Wie berechnet sich die Erdbeschleunigung bei  $45^\circ$  nördl. Br. mit Rücksicht auf die Fliehkraft, wenn am Pol  $g = 9,83 \text{ m/s}^2$  und die Erde als Kugel mit dem Radius  $r = 6378 \text{ km}$  angenommen wird?

**385.** (Bild 123) Welchen Winkel bilden die beiden je  $30 \text{ cm}$  langen Pendel eines Fliehkraftreglers bei einer Drehzahl von  $100 \text{ 1/min}$  miteinander?

**386.** Wie groß ist die auf die Punktmasse eines schwingenden mathematischen Pendels wirkende Fliehkraft beim Durchgang durch die Ruhelage? Gegeben sind die Pendellänge  $l$  und der Winkel  $\alpha$  des maximalen Ausschlages.

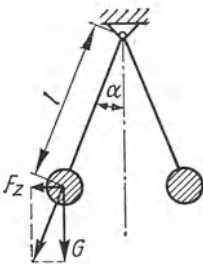


Bild 123



Bild 124



Bild 125

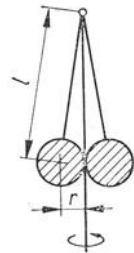


Bild 126

**387.** (Bild 124) Vom obersten Punkt einer Kugel vom Radius  $r$  gleitet reibungslos ein Massenpunkt nach unten. In welcher Höhe  $s$  löst er sich von der Kugeloberfläche ab?

**388.** (Bild 125) Eine anfänglich senkrecht stehende,  $1,2 \text{ m}$  lange und gewichtslos gedachte Stange ist um ihren Fußpunkt drehbar gelagert und trägt am freien Ende ein  $3 \text{ kg}$  großes Massenstück. a) Mit welcher Geschwindigkeit geht dieses durch den tiefsten Punkt, wenn es pendelnd nach unten schwingt, und b) welche größte Kraft wirkt dabei in der Stange?

**389.** (Bild 126) Wie lang sind die beiden Pendel eines Fliehkraftreglers, wenn sie bei einer Drehzahl von  $n = 72 \text{ 1/min}$  beginnen, sich voneinander abzuheben?

### 1.3.7. Impuls und Stoß

**390.** (Bild 127) Ein Kahn soll mittels eines starken Blasebalgs angetrieben werden, wozu folgende 3 Vorschläge gemacht werden: a) freier Luftstrom, b) Luftstrom trifft auf Segel, c) Luft-

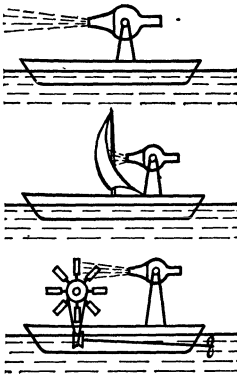


Bild 127

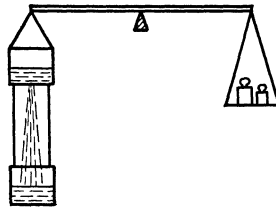


Bild 128

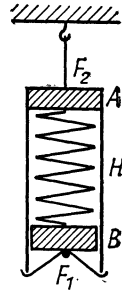


Bild 129

strom trifft auf Schaufelrad, das eine Schiffsschraube antreibt. Welche Wirkung haben diese 3 Antriebsarten?

**391.** (Bild 128) An einer im Gleichgewicht befindlichen Waage hängt links ein Gefäß mit Wasser und darunter ein leeres Gefäß. Wird im Boden des oberen Gefäßes ein Loch geöffnet, so fließt das Wasser in das untere Gefäß. Wie steht es mit dem Gleichgewicht während des Auslaufens?

**392.** (Bild 129) Zwei Massenstücke  $A$  und  $B$  sind mit einer starken Schraubenfeder verbunden. Diese wird gedehnt, indem  $B$  durch den Faden  $F_1$  in der Hülse  $H$  festgehalten wird. Das Ganze hängt am Faden  $F_2$ . Was geschieht, wenn Faden  $F_1$  durchgebrannt wird, so daß  $B$  in die Höhe schnellt?

**393.** Aus welcher Höhe fällt ein Körper, der beim Auftreffen am Boden die Bewegungsgröße (Impuls)  $100 \text{ kgm/s}$  und die kinetische Energie  $500 \text{ kgm}^2/\text{s}^2$  hat, und wie groß ist seine Masse?

**394.** Wie lange muß eine Kraft von  $5 \text{ kp}$  auf einen Körper einwirken, um ihm die Bewegungsgröße  $200 \text{ kgm/c}$  zu erteilen?

**395.** Welche Kraft ist notwendig, um einem Körper nach Zurücklegen der Strecke  $5 \text{ m}$  die Bewegungsgröße  $300 \text{ kgm/s}$  und die kinetische Energie  $250 \text{ Ws}$  mitzuteilen? Wie groß ist die Masse des Körpers?

**396.** Wird ein vorgegebener Körper mit der konstanten Beschleunigung  $a = 2,4 \text{ m/s}^2$  in Bewegung versetzt, so erreicht er innerhalb von  $12 \text{ s}$  die Bewegungsgröße  $800 \text{ kgm/s}$ . Welche Masse hat der Körper und welche Kraft ist wirksam?

**397.** Welche Strecke muß ein gegebener Körper zurücklegen, damit er unter der Wirkung einer Kraft von 12 kp die Bewegungsenergie 60 Ws und die Bewegungsgröße 100 kgm/s annimmt? Welche Zeit wird dazu benötigt?

**398.** Die Bewegungsgröße eines frei fallenden Körpers beträgt nach 6 m Fallstrecke 20 kgm/s. Wie groß sind Masse und gesamte Fallhöhe, wenn er beim Auftreffen am Boden die kinetische Energie 400 kgm<sup>2</sup>/s<sup>2</sup> hat?

**399.** (Bild 130) Zwei zylindrische Körper von  $m_1 = 120$  g und  $m_2 = 300$  g werden durch eine sich plötzlich entspannende Feder in entgegengesetzter Richtung aus dem Lauf L geworfen. Mit welchen Geschwindigkeiten  $v_1$  und  $v_2$  werden sie davongeschleudert, wenn die Feder die Energie  $W = 0,5$  kpm dabei abgibt?



Bild 130

**400.** Welche Geschwindigkeiten ergeben sich in der vorigen Aufgabe, wenn a) der Körper  $m_2$  oder b) der Körper  $m_1$  festgehalten wird?

**401.** In eine Lore von 800 kg Masse, die mit der Geschwindigkeit 1,5 m/s fährt, fallen senkrecht von oben 600 kg Schotter. Auf welchen Betrag sinkt dadurch die Geschwindigkeit der Lore?

**402.** Ein Straßenbahnwagen von 4,5 t Masse fährt mit  $u_1 = 2$  m/s gegen einen ruhenden Wagen von 2,5 t Masse, wobei die Kupplung sofort einklinkt. Mit welcher gemeinsamen Geschwindigkeit fahren die Wagen weiter?

**403.** Ein Güterwagen 1 der Masse  $m_1$  stößt elastisch gegen den ruhenden Wagen 2 der Masse  $m_2 = 14$  t, worauf Wagen 2 mit der Geschwindigkeit  $v_2 = 2$  m/s und Wagen 1 mit  $v_1 = 0,2$  m/s davonlaufen. Welche Masse  $m_1$  hat Wagen 1, und wie groß ist seine Anfangsgeschwindigkeit  $u_1$ ?

**404.** Ein Güterwagen 1 der Masse  $m_1 = 15$  t stößt mit der Geschwindigkeit  $u_1 = 6$  m/s elastisch gegen den ruhenden Wagen 2 der Masse  $m_2$  und erteilt ihm die Geschwindigkeit  $v_2 = 5$  m/s. Welche Masse  $m_2$  hat Wagen 2, und welche Geschwindigkeit erhält Wagen 1 nach dem Stoß?

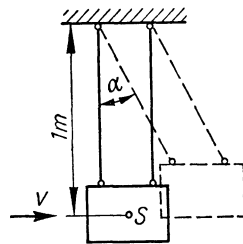


Bild 131

**405.** Ballistisches Pendel (Bild 131). Um die Geschwindigkeit eines Ge-

schosses ( $m_1 = 12 \text{ g}$ ) zu bestimmen, wird dieses in eine pendelnd ( $l = 1 \text{ m}$ ) aufgehängte Sandkiste ( $m_2 = 20 \text{ kg}$ ) geschossen, die dadurch um den Winkel  $\alpha = 10^\circ$  zur Seite schwingt. Welche Geschwindigkeit hat das Geschoß?

**406.** Ein Rammbar ( $m_1 = 250 \text{ kg}$ ) fällt aus  $h = 2 \text{ m}$  Höhe auf einen Pfahl ( $m_2 = 150 \text{ kg}$ ), der beim letzten Schlag  $s = 6 \text{ cm}$  tief ins Erdreich eindringt. Welche größte Belastung kann der Pfahl tragen, ohne tiefer einzusinken?

**407.** Zwei Fahrzeuge von gleicher Masse  $m$  prallen gegeneinander in der Weise, daß a) beide Fahrzeuge mit gleicher Geschwindigkeit  $v$  einander entgegenfahren oder b) das eine Fahrzeug mit der Geschwindigkeit  $2v$  gegen das andere, ruhende Fahrzeug trifft. Vergleiche die zerstörende Wirkung in beiden Fällen.

**408.** Das Geschoß ( $m_1 = 10 \text{ g}$ ) einer Pistole dringt in einen Holzklötz ( $m_2 = 600 \text{ g}$ ), der auf einer horizontalen Tischplatte liegt und dadurch  $5,5 \text{ m}$  weit fortrutscht (Reibungszahl  $\mu = 0,4$ ). Welche Geschwindigkeit  $u$  hat das Geschoß?

**409.** Wieviel Prozent der Geschoßenergie werden in der letzten Aufgabe a) durch Reibung auf der Tischplatte und b) durch Reibung im Holzklötz vernichtet?

**410.** Ein Güterwagen  $m_1$  stößt elastisch gegen einen stillstehenden Waggon  $m_2$ . In welchem Verhältnis  $m_1:m_2$  stehen ihre Massen zueinander, wenn nach dem Stoß a) beide Wagen mit derselben Geschwindigkeit entgegengesetzt auseinanderfahren, b)  $m_2$  die 3fache Geschwindigkeit von  $m_1$  in gleicher Richtung hat und c)  $m_1$  mit einem Drittel der ursprünglichen Geschwindigkeit zurückprallt?

**411.** Ein schwerer Hammer schlägt mit der Geschwindigkeit  $u$  gegen eine kleine elastische Stahlkugel. Mit welcher Geschwindigkeit fliegt diese davon?

**412.** Drei elastische Kugeln, deren Massen sich wie  $1:1/2:1/4$  verhalten, sind so aufgehängt, daß sie sich nach Bild 132 berühren. Nach Anheben der ersten Kugel fällt diese mit der Geschwindigkeit  $u_1$  gegen die beiden anderen. Mit welcher Geschwindigkeit fliegt die letzte Kugel zur Seite?

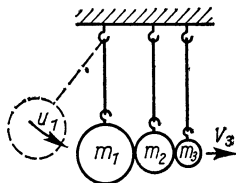


Bild 132



**413.** (Bild 133) Von zwei in gleicher Höhe pendelnd aufgehängten elastischen Kugeln ist die eine ( $m_1$ ) doppelt so schwer wie die andere ( $m_2$ ). Die schwerere Kugel wird um die Höhe  $h$  angehoben und losgelassen. Welche Höhen  $h_1$  und  $h_2$  erreichen beide Kugeln nach dem Zusammenprall?

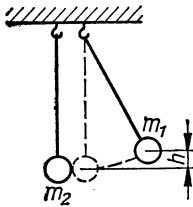


Bild 133

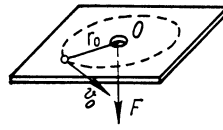


Bild 134

**415.** (Bild 134) Auf einer horizontalen Ebene läuft reibungsfrei eine kleine Kugel mit der Anfangsgeschwindigkeit  $v_0$ , gehalten von einem Faden der Länge  $R$ . Wird der Faden mit konstanter Geschwindigkeit  $u$  durch die Öffnung in der Mitte des Drehkreises gezogen, so wird die Bahn spiralförmig. Wie groß ist die Spannkraft des Fadens in Abhängigkeit von der Zeit  $t$ ?

**416.** Mit welchem Drehmoment muß ein Kreisel vom Trägheitsmoment  $J = 0,04 \text{ kgm}^2$  angetrieben werden, der innerhalb von 15 s die Drehzahl  $n = 4000 \text{ 1/min}$  erreichen soll?

**417.** Welche Winkelgeschwindigkeit erreicht eine Schwungscheibe von 20 kg Masse und 60 cm Durchmesser, die 12 s lang durch ein Drehmoment von 0,6 kpm angetrieben wird?

**418.** Wie groß ist das Trägheitsmoment eines Motorankers, dessen Drehzahl infolge der Lagerreibung (Reibungsmoment  $M = 0,819 \text{ Nm}$ ) innerhalb von 4,5 s von  $n_1 = 1500 \text{ 1/min}$  auf  $n_2 = 400 \text{ 1/min}$  abnimmt?

### 1.3.8. Massenanziehung

**419.** Welchen Wert hat die Schwerebeschleunigung 900 km über der Erdoberfläche (Entfernung des ersten künstlichen Erdsatelliten „Sputnik“)? (Erdradius  $r = 6378 \text{ km}$ )

**420.** Wie groß ist die Schwerebeschleunigung  $g'$  an der Sonnenoberfläche, wenn die Masse der Sonne  $m = 1,99 \cdot 10^{30}$  kg und der Sonnendurchmesser  $r = 695\,300$  km beträgt? (Gravitationskonstante  $\gamma = 6,67 \cdot 10^{-11}$  m<sup>3</sup>/kgs<sup>2</sup>)

**421.** Wieviel Erdmassen  $m_1$  beträgt die Masse  $m_2$  der Sonne, wenn die Umlaufzeit der Erde  $T = 365,24$  Tage, die Entfernung Sonne – Erde  $r_2 = 149,5 \cdot 10^6$  km und der Erdradius  $r_1 = 6378$  km gegeben sind?

**422.** Die Masse des Mondes ist etwa 81mal kleiner als die der Erde, sein Durchmesser beträgt etwa 0,273 Erddurchmesser. Welches Gewicht hat an seiner Oberfläche die Masse 1 kg?

**423.** In welcher Entfernung  $r_1$  vom Erdmittelpunkt wird ein zwischen Erde und Mond befindlicher Gegenstand schwerelos? (Abstand Mondmittelpunkt – Erdmittelpunkt  $r = 384\,400$  km, Mondmasse =  $\frac{1}{81}$  Erdmasse)

**424.** Welche Umlaufzeit ergibt sich für den ersten am 4. 10. 1957 in der SU gestarteten künstlichen Satelliten Sputnik 1 in seiner anfänglichen Entfernung von 900 km von der Erdoberfläche? (Erdradius  $r = 6378$  km)

**425.** Welchen Durchmesser müssen zwei sich berührende Bleikugeln ( $\rho = 11,3$  g/cm<sup>3</sup>) haben, wenn sie sich mit der Kraft 1 p gegenseitig anziehen sollen? (Gravitationskonstante  $\gamma = 6,67 \cdot 10^{-11}$  m<sup>3</sup>/kgs<sup>2</sup>)

**426.** Welche Strecke würde die Erde in der ersten Minute zurücklegen, wenn sie plötzlich angehalten und nur der Anziehungskraft der Sonne folgen würde? (Entfernung Erdmittelpunkt – Sonnenmittelpunkt  $149,5 \cdot 10^6$  km)

**427.** Es ist die Umlaufzeit von Sputnik 1 unter Anwendung des 3. Keplerschen Gesetzes durch Vergleich mit derjenigen des Mondes zu berechnen. (Abstand des Mondes vom Erdmittelpunkt  $384\,400$  km, Höhe des Sputnik über der Erdoberfläche  $900$  km, Erdradius  $6378$  km, Umlaufzeit des Mondes  $27,322$  Tage)

**428.** Welche mittlere Höhe über der Erdoberfläche hatte bei Annahme einer Kreisbahn der sowjetische Satellit Sputnik 3, wenn seine Umlaufzeit  $105,95$  min betrug? (Erdradius  $r = 6378$  km)

**429.** Welche Entfernung von der Erde muß ein künstlicher Satellit haben, der über einem bestimmten Punkt des Äquators stillzustehen scheint? (Erdradius  $r = 6378$  km)

## 1.4. Schwingungen

## 1.4.1. Harmonische Bewegung

**430.** Wie groß ist die Elongation einer Sinusschwingung, wenn die Amplitude 12 cm und die Frequenz 15 Hz beträgt, a) 0,01 s, b) 0,02 s und c) 0,03 s nach dem Nulldurchgang?

**431.** Welche Frequenzen haben die Sinusschwingungen der Amplitude  $y_{\max} = 10$  cm, die erstmalig die Elongationen a)  $y = 2$  cm, b)  $y = 5$  cm und c)  $y = 9$  cm 0,001 s nach Durchgang durch die Nullage erreichen?

**432.** Wieviel Sekunden nach dem Nulldurchgang erreicht die Elongation einer Sinusschwingung von  $y_{\max} = 2$  cm und  $f = 50$  Hz die Werte a) 1 mm, b) 5 mm und c) 15 mm?

**433.** Zwei Pendel verschiedener Länge, deren Periodendauern sich wie 19:20 verhalten, beginnen ihre Schwingungen gleichzeitig aus der Ruhelage. Nach 15 s hat das erste Pendel 3 Schwingungen mehr ausgeführt als das zweite. Welche Frequenzen und Periodendauern haben die Pendel?

**434.** Die auf Bild 135 angegebene 18 cm lange Kurbel, deren freies Ende in einem Kullissenschieber gleitet, rotiert mit der Drehzahl 210  $\frac{1}{\text{min}}$ . Welche Vertikalgeschwindigkeit hat der Schieber, wenn die Kurbel mit der Vertikalen die Winkel a)  $15^\circ$ , b)  $30^\circ$ , c)  $45^\circ$ , d)  $60^\circ$  und e)  $90^\circ$  bildet?

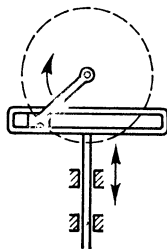


Bild 135

**435.** Die Elongation einer Sinusschwingung erreicht  $\frac{1}{20}$  s nach dem Nulldurchgang  $\frac{1}{4}$  ihres Scheitelwertes. Wie groß ist ihre Frequenz?

**436.** Ein harmonisch schwingender Massenpunkt ist 0,2 s nach Passieren der Ruhelage 4,5 cm von dieser entfernt. Wie groß sind Frequenz und Periodendauer, wenn die Amplitude 6 cm beträgt?

**437.** Zwei Sinusschwingungen gleicher Amplitude, deren Frequenzen sich wie 1:2 verhalten, beginnen gleichzeitig aus der Ruhelage. Nach 0,1 s überschneiden sich die Kurven zum ersten Mal. Wie groß sind die Frequenzen?

**438.** Die Elongation einer Sinusschwingung von 15 s Dauer und 10 cm Amplitude verdoppelt sich innerhalb von 1 s. Wie groß sind diese Elongationen?

**439.** Wieviel Zeit verstreicht, bis die Elongation einer Sinusschwingung von  $f = 54$  Hz und der Amplitude  $y_{\max} = 8$  cm von 3 cm auf 7 cm anwächst?

**440.** Wie groß ist die Amplitude einer Sinusschwingung von  $f = 50$  Hz, wenn die Elongation innerhalb von 0,002 s von 4 cm auf 8 cm anwächst?

**441.** Die Elongation einer Sinusschwingung von  $y_{\max} = 6$  cm erreicht in der 1. Halbperiode im zeitlichen Abstand von 0,001 s zweimal nacheinander den Wert  $y = 3$  cm. Wie groß ist die Frequenz?

**442.** Zwei Schwingungen gleicher Amplitude mit den Frequenzen  $f_1 = 50$  Hz und  $f_2 = 60$  Hz beginnen gleichzeitig aus der Nulllage. Nach wieviel Sekunden sind die Elongationen das erste Mal wieder gleich groß?

**443.** Die Elongationen einer Sinusschwingung von 10 cm Amplitude durchlaufen im Abstand  $\Delta t = 0,001$  s nacheinander die Werte 2 cm und 8 cm. Wie groß sind Frequenz und Periodendauer?

**444.** In welchem Zeitabstand nehmen die Elongationen einer Sinusschwingung innerhalb einer Viertelperiode nacheinander die Werte 3 und 4 cm an? (Periodendauer 20 s, Amplitude 15 cm)

#### 1.4.2. *Elastische Schwingungen*

**445.** Eine Schraubenfeder hat die Richtgröße  $D = 25$  p/cm. Welche Masse muß angehängt werden, damit sie unter der Wirkung des Gewichtes in einer Minute 25 Schwingungen ausführt?

**446.** Eine Feder hat die Richtgröße  $D = 30$  p/cm. Wie groß ist die Masse eines daranhängenden Gewichtsstückes, das Schwingungen der Amplitude 5 cm ausführt und mit der Geschwindigkeit 80 cm/s durch die Ruhelage geht?

**447.** An einer Schraubenfeder hängt eine (gewichtlos gedachte) Waagschale, auf die plötzlich ein Massenstück von 300 g gelegt wird. Die Feder führt daraufhin Schwingungen mit einer Amplitude von 12 cm aus. Zu berechnen sind die Frequenz und die Periodendauer.

**448.** Vergrößert man die an einer Schraubenfeder hängende Masse um  $m_0 = 60$  g, so verdoppelt sich die Periodendauer. Wie groß ist die anfängliche Masse?

449. Wie groß ist die Richtgröße einer Schraubenfeder, die nach Anhängen eines Massenstückes von 30 g je Minute 85 Schwingungen ausführt?

450. Die Karosserie von 800 kg Masse eines Lastkraftwagens senkt sich bei einer Zuladung von 1,8 t um 6 cm.

- Welche Periodendauer ergibt sich daraus?
- Welche Periodendauer hat die leere Karosserie?
- Bei welcher Zuladung ergibt sich die doppelte Periodendauer gegenüber b)?

451. Um eine Schraubenfeder um  $s = 8$  cm zu dehnen, ist die Arbeit  $W = 20$  pcm erforderlich. Welche Periodendauer ergibt sich beim Anhängen eines Massenstückes von  $m = 50$  g?

452. Das an einer Feder hängende 200 p schwere Gewichtsstück führt innerhalb von einer Minute 42 Schwingungen aus. Welche Dehnung erfährt die Feder durch das Gewicht im Ruhezustand?

453. (Bild 136) Die an den Windkessel einer Wasserpumpe anschließende Rohrleitung enthält bis zum Brunnen eine bestimmte Wassermenge  $m$ , die unter dem Einfluß des im Kessel herrschenden Druckes  $p$  Eigenschwingungen ausführen kann. Für deren Frequenz wird die Formel

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{gpA}{lV}}$$

angegeben ( $p$  Druck im Kessel in m Wassersäule,  $V$  Luftinhalt des Kessels in  $m^3$ ,  $A$  Leitungsquerschnitt in  $m^2$ ,  $l$  Leitungslänge in m). Wie kommt diese Formel zustande?

454. (Bild 137) Ein im Wasser schwimmender Holzquader von der Höhe  $h$  und der Dichte  $\rho_K$  führt nach einmaligem Anstoß

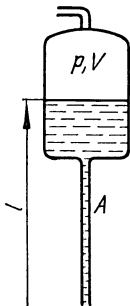


Bild 136



Bild 137

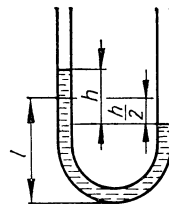


Bild 138

eine auf- und niederschwingende Bewegung aus. Welcher Ausdruck ergibt sich für die Periodendauer?

**455.** Weshalb kann eine im Wasser schwimmende Holzkugel keine harmonischen Schwingungen ausführen?

**456.** Im Innern der Erde nimmt die Schwerkraft bis zum Wert Null im Erdmittelpunkt gleichmäßig ab. Welche Periodendauer hätte ein Körper, der in einem geraden, durch den Erdmittelpunkt verlaufenden Rohr frei hin- und herschwingt? (Erdradius  $r = 6378 \text{ km}$ )

**457.** (Bild 138). Welche Periodendauer ergibt die in einem U-Rohr vom Querschnitt  $A$  hin- und herpendelnde Flüssigkeit bei einem anfänglichen Niveauunterschied  $h$  und der Füllhöhe  $l$ ?

### 1.4.3. Mathematisches Pendel

**458.** Eine Uhr geht im Verlauf von 12 Stunden 30 Minuten nach. Wie lang muß das ursprünglich 50 cm lange (mathematisch angenommene) Pendel gemacht werden, damit die Uhr richtig geht?

**459.** Geneigtes Zweifadenpendel. Eine Pendelkugel hängt symmetrisch an zwei Fäden, die an einem geneigten Stab befestigt sind (Bild 139). Berechne die Periodendauer.

**460.** Von einem Baukran hängt ein Seil herunter. Es führt mit dem daran befestigten Mörtelkübel in 25 Sekunden 2 Schwingungen aus. Wie lang ist das Seil?

**461.** Welche Periodendauern ergeben mathematische Pendel folgender Längen: a) 1 m, b) 2 m, c) 1 mm?

**462.** Verkürzt man ein mathematisches Pendel um  $\frac{1}{10}$  seiner Länge, so vergrößert sich seine Frequenz um  $\Delta f = 0,1 \text{ Hz}$ . Wie lang ist das Pendel, und wie groß ist seine Frequenz?

**463.** Während das eine von 2 Fadenpendeln 50 Schwingungen ausführt, schwingt das andere 54mal. Verlängert man das zweite um 6 cm, so führt es in der gleichen Zeit ebenfalls 50 Schwingungen aus. Wie lang sind die beiden Pendel?

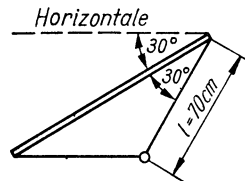


Bild 139

464. (Bild 140) 30 cm unter dem Aufhängepunkt eines 50 cm langen Fadenpendels befindet sich ein fester Stift S, an den sich der Faden während des Schwingens vorübergehend anlegt. Wieviel Schwingungen führt das Pendel in einer Minute aus?

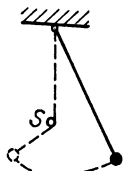


Bild 140

465. Um wieviel Prozent verkürzt sich die Periodendauer eines mathematischen Pendels, wenn es um  $\frac{1}{4}$  seiner Länge gekürzt wird?

#### 1.4.4. Physisches Pendel

466. Welche Periodendauer hat ein 80 cm langer, homogener Stab, der als Pendel um einen Punkt schwingt, der 20 cm unterhalb des oberen Endes liegt?

467. Wie groß ist die Periodendauer einer Schwungscheibe von 15 kg Masse, deren Massenträgheitsmoment  $0,8 \text{ kgm}^2$  beträgt und die um einen Punkt pendelt, der 12 cm oberhalb ihres Schwerpunktes liegt?

468. Eine Kreisscheibe, die um einen Punkt ihres Umfanges in ihrer Ebene schwingt, hat die Periodendauer  $T = 0,5 \text{ s}$ . Wie groß ist ihr Durchmesser?

469. Welche Periodendauer hat das auf Bild 141 angegebene Uhrpendel? Die Masse der Pendellinse sei punktförmig angenommen. (Masse des Stabes 200 g, Masse der Pendellinse 500 g)

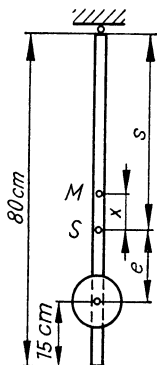


Bild 141

470. (Bild 142) An einem gewichtslosen Faden von  $l = 60 \text{ cm}$

Länge hängt ein  $l = 60 \text{ cm}$  langer Stab. Das Ganze schwingt um den Aufhängepunkt des Fadens. Wie groß ist die Periodendauer?

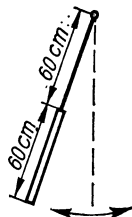


Bild 142

471. Wird ein Stabpendel um  $e = 50 \text{ cm}$  verlängert, so verdoppelt sich die Periodendauer. Wie lang ist es ursprünglich?

472. Ein masselos gedachter, um seinen Mittelpunkt schwingender Stab der Länge  $2l$  trägt an seinen Enden je eine punktförmig gedachte Masse  $m_1$  bzw.  $m_2$ . Welche Periodendauer ergibt sich für dieses Pendel?

473. Welche Periodendauer ergibt sich nach der letzten Aufgabe, wenn  $m_1 = 4 \text{ kg}$ ,  $m_2 = 3 \text{ kg}$  und  $2l = 80 \text{ cm}$  beträgt?

474. Welche Periodendauer hat ein an seinem Umfang aufgehängter Kreisring vom Durchmesser  $d$ , der in der Kreisebene frei pendelt?

475. Das Ersatzrad von  $20 \text{ kg}$  Masse eines PKW wird an einer Schnur aufgehängt und führt in  $1 \text{ min } 32$  Schwingungen aus. Wie groß ist das Massenträgheitsmoment bezüglich des Schwerpunktes, wenn der Abstand vom Aufhängepunkt bis zum Schwerpunkt  $e = 80 \text{ cm}$  beträgt?

476. Ein um seinen Mittelpunkt leicht drehbarer dünner Kreisring von der Masse  $m_1$  (Fahrradfelge) und dem Radius  $r$  ist durch eine an seinem Umfang befestigte Masse  $m_2$  (Fahrradventil) einseitig belastet und führt dadurch pendelnde Bewegungen aus. Welche Periodendauer ergibt sich?

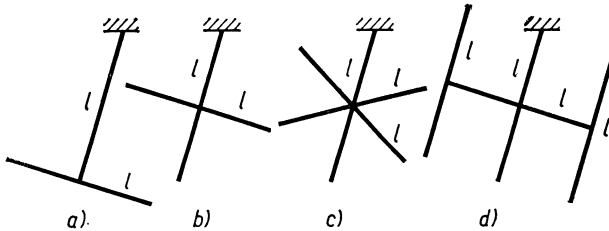


Bild 143

477. (Bild 143) Welche Periodendauern haben die aus dünnen Stäben von der Masse  $m$  und der Länge  $l$  zusammengesetzten Pendel?

478. Welche Länge darf ein pendelnd aufgehängter dünner Stab höchstens haben, wenn er Schwingungen von  $1 \text{ s}$  Dauer ausführen soll, und welchen Abstand hat dann der Aufhängepunkt vom Schwerpunkt?

479. Ein um seinen Endpunkt schwingender homogener Stab der Masse  $m$  trägt in seinem Schwerpunkt eine punktförmig zu denkende Zusatzmasse  $m$ . Welche Länge hat der Stab, wenn die Periodendauer  $5 \text{ s}$  beträgt?

480. Ein aus 4 dünnen Stäben angefertigter quadratischer Rahmen ist an einer Ecke aufgehängt und führt Schwingungen von  $1 \text{ s}$  Dauer aus. Wie groß ist die Seitenlänge des Quadrates?



**481.** Eine rechteckige Fläche mit den Seiten  $h$ ,  $b$  wird so aufgehängt, daß sie als physisches Pendel um die Mitte einer Schmalseite  $b$  in ihrer Ebene schwingen kann. Wird sie dann in der Mitte einer Längsseite aufgehängt, so ergibt sich im allgemeinen eine andere Periodendauer. Bei welchem Seitenverhältnis ergibt sich für beide Fälle die gleiche Periodendauer?

**482.** (Bild 144) Wird eine Taschenuhr (der Einfachheit halber als massiver Zylinder zu betrachten) an zwei gegenüberliegenden Punkten mit gleich langen Fäden aufgehängt, so führt sie infolge von Resonanz Drehschwingungen in ihrer eigenen Ebene aus. Wie lang müssen die Aufhängefäden sein, wenn die Periodendauer  $T = 0,4$  s betragen soll?

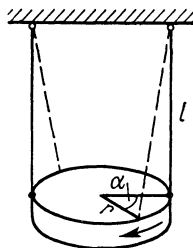


Bild 144

#### 1.4.5. Gedämpfte Schwingungen

**483.** Welche Werte haben die Amplituden der 2., 5. und 10. Schwingung, wenn die Amplitude der 1. Schwingung 5 cm und das Dämpfungsverhältnis  $k = 1,5$  betragen?

**484.** Die Amplituden der 1. und 3. Schwingung des Zeigers einer Analysenwaage betragen 10,5 bzw. 9,9 Skalenteile. Wie groß ist die Amplitude der 8. Schwingung?

**485.** Die 1. bzw. 20. Amplitude eines schwingenden Pendels sind 12 cm bzw. 9,6 cm. Die wievielte Schwingung hat die Amplitude 6 cm?

**486.** Die Amplitude der 50. Schwingung eines Pendels hat die Hälfte des Anfangswertes. Wie groß ist die Amplitude der 10. Schwingung im Vergleich zur ersten?

**487.** Die Amplituden der 4. bzw. der 5. Schwingung eines Pendels betragen 12 bzw. 11 cm. Wie groß ist die Amplitude der 1. Schwingung?

## 2. Mechanik der Flüssigkeiten und Gase

### 2.1. Mechanik der Flüssigkeiten

#### 2.1.1. Molekularerscheinungen

488. (Bild 145) Taucht man zwei keilförmig zusammengelegte Glasplatten in Wasser, so steigt dieses zwischen den Platten so nach oben, daß der obere Flüssigkeitsrand die Form einer Hyperbel annimmt. Dies soll bewiesen werden.

489. Zwei nahe beieinander im Wasser schwimmende Strohhalm ziehen einander an und legen sich schließlich parallel zusammen. Wie ist dies zu erklären?

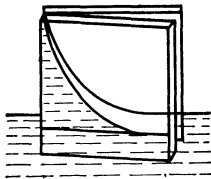


Bild 145

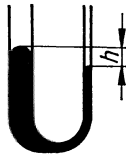


Bild 146

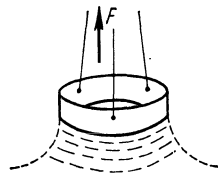


Bild 147

490. (Bild 146) Welchen Niveauunterschied ergeben die in einem beiderseits offenen U-Rohr stehenden Quecksilbersäulen (bei völliger Nichtbenetzung), wenn der Durchmesser einerseits 10 mm und andererseits 1 mm ist? ( $\sigma = 0,5 \text{ N/m}$ ,  $\rho = 13,6 \text{ g/cm}^3$ )

491. (Bild 147) Ein scharfkantiger Ring von 3 cm Durchmesser berührt bei guter Benetzung die Oberfläche einer Flüssigkeit. Wie groß ist deren Oberflächenspannung, wenn eine Kraft von 1,24 p notwendig ist, um den Ring von der Oberfläche abzureißen?

492. Wie hoch steigt Wasser bei vollkommener Benetzung in einer Kapillare von 0,14 mm lichter Weite? (Oberflächenspannung  $\sigma = 0,074 \text{ N/m}$ )

493. An einer Pipette, deren unteres Ende eben geschliffen ist (äußerer Durchmesser 1 mm), bilden sich beim Auslaufen annähernd kugelförmige Wassertropfen. Wie groß ist deren maximaler Durchmesser, wenn die Oberflächenspannung  $\sigma = 0,074 \text{ N/m}$  beträgt?

**494.** Eine 0,6 mm weite Kapillare wird in Alkohol ( $\rho = 0,79 \text{ g/cm}^3$ ) getaucht. Wie groß ist die Oberflächenspannung  $\sigma$ , wenn die Flüssigkeit bei voller Benetzung 19 mm hochsteigt?

**495.** Für den Druck in einer Seifenblase gilt  $p = \frac{4\sigma}{r}$ . Wie groß ist die Oberflächenspannung, wenn der Druck in einer Blase von 6 cm Durchmesser 4 N/m<sup>2</sup> beträgt?

**496.** Wie groß ist der Druck in einer Seifenblase ( $\sigma = 0,029 \text{ N/m}$ ) von 12 cm Durchmesser?

### 2.1.2. Hydrostatischer Druck

**497.** (Bild 148) Die Druckzylinder einer Hebevorrichtung haben die Durchmesser  $d_1 = 12 \text{ cm}$  bzw.  $d_2 = 3 \text{ cm}$ . Wie groß ist der Druck im unteren Zylinder, wenn auf den oberen Kolben ein Druck von 15 at wirkt?

**498.** Wie groß ist der Druck am Boden eines 0,8 m hoch mit Öl ( $\rho = 0,8 \text{ g/cm}^3$ ) gefüllten Gefäßes bei einem Luftdruck von 740 Torr?

**499.** Wie hoch steigt ein unter 5 at Überdruck senkrecht nach oben ausströmender Wasserstrahl, wenn man von der Luftreibung absieht?

**500.** Bei welcher Füllhöhe wird der Überdruck am Boden eines mit Azeton ( $\rho = 0,79 \text{ g/cm}^3$ ) gefüllten Behälters gleich 0,15 at?

**501.** Wie groß ist der Überdruck am Boden einer Gießform, wenn sie 78 cm hoch mit flüssigem Grauguß ( $\rho = 6,9 \text{ g/cm}^3$ ) gefüllt ist?

**502.** (Bild 149) In ein beiderseits offenes U-Rohr von 1 cm<sup>2</sup> Querschnitt gießt man der Reihe nach: in die linke Öffnung 40 cm<sup>3</sup> Wasser, in die rechte 10 cm<sup>3</sup> Benzin ( $\rho = 0,72 \text{ g/cm}^3$ ) und in die linke Öffnung 40 cm<sup>3</sup> Benzin. Welche Niveaudifferenz ergibt sich?

**503.** (Bild 150) In das U-Rohr der Aufgabe 502 werden der Reihe nach eingefüllt: 1. links 20 cm<sup>3</sup> Chloroform ( $\rho_1 = 1,489 \text{ g/cm}^3$ ), 2. rechts 5 cm<sup>3</sup> Wasser, 3. links 15 cm<sup>3</sup> Wasser und 4. rechts 8 cm<sup>3</sup> Benzin ( $\rho_2 = 0,720 \text{ g/cm}^3$ .) Wieviel Benzin ist links noch zuzugeben, um Niveaugleichheit herzustellen?

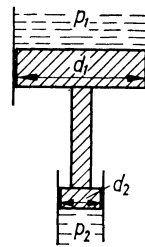


Bild 148

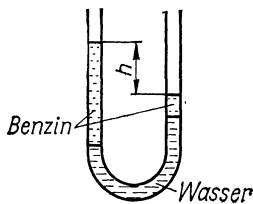


Bild 149

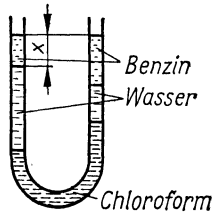


Bild 150

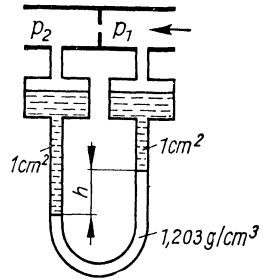


Bild 151

**504.** Welchen Niveauunterschied weist ein offenes Manometer auf, das Azetylentetrabromid ( $\rho = 2,967 \text{ g/cm}^3$ ) enthält, wenn der Überdruck  $0,0152 \text{ at}$  beträgt?

**505.** Zur genauen Messung kleiner Druckdifferenzen dient das Zweistoffmanometer (Bild 151). Ein solches ist mit Nitrobenzol ( $\rho = 1,203 \text{ g/cm}^3$ ) und Wasser gefüllt und zeigt einen Niveauunterschied von  $h = 26 \text{ mm}$ . Welche Druckdifferenz in mmWS ergibt sich daraus?

### 2.1.3. Auftrieb in Flüssigkeiten

**506.** Von einem Eisberg ragt ein etwa quaderförmiges Stück von  $500 \text{ m} \times 80 \text{ m} \times 50 \text{ m}$  aus dem Wasser heraus. Wie groß ist das eintauchende Volumen, wenn sich die Dichten von Eis und Wasser wie  $9:10$  zueinander verhalten?

**507.** Ein flacher,  $h = 4 \text{ cm}$  hoher Holzquader sinkt in Benzin ( $\rho_B = 0,7 \text{ g/cm}^3$ ) um  $\Delta h = 8 \text{ mm}$  tiefer ein als in Wasser. Welche Dichte  $\rho_H$  hat das Holz?

**508.** Ein Zahnrad aus Gußbronze wiegt an der Luft  $45,0 \text{ g}$  und, in Benzin ( $\rho_1 = 0,75 \text{ g/cm}^3$ ) getaucht,  $41,0 \text{ g}$ . Wieviel Prozent Kupfer ( $\rho_2 = 8,9 \text{ g/cm}^3$ ) und Zinn ( $\rho_3 = 7,2 \text{ g/cm}^3$ ) sind darin enthalten?

**509.** (Bild 152) Ein Perpetuum mobile soll so arbeiten, daß ein endloser Schlauch durch ein U-Rohr läuft, beim Austritt aus dem kürzeren Schenkel aber in Wasser gelangt. Das U-Rohr selbst enthält kein Wasser und ist bei  $A$  und  $B$  gut abgedichtet. Infolge des nur links vorhandenen Auftriebes steigt der Schlauch ständig nach oben und dreht das Rad. Wo liegt der Fehler?

**510.** (Bild 153) Auf den ebenen Grund eines Wasserbeckens wird ein wasserdicht abschließender Holzquader gedrückt. Was geschieht, wenn man den Quader losläßt?

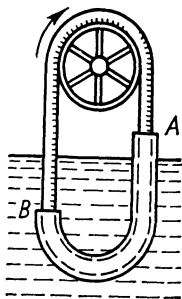


Bild 152



Bild 153

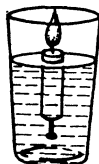


Bild 154

**511.** (Bild 154) Eine Kerze wird unten so mit einem Nagel beschwert, daß sie aufrecht im Wasser schwimmt und ein wenig herausragt. Zündet man sie an, dann brennt sie fast vollständig ab, ohne unterzugehen. Als Erklärung wurde einmal angegeben, daß sie beim Abbrennen leichter wird und deshalb nach oben steigt. Ist diese Erklärung richtig?

**512.** Ein Lastkahn von 6,5 t Masse gelangt vom Fluß in das Meer ( $\rho = 1,03 \text{ g/cm}^3$ ). Wieviel Tonnen müssen zugeladen werden, damit der Tiefgang gleichbleibt?

**513.** Das scheinbare Gewicht einer in Benzin ( $\rho_B = 0,7 \text{ g/cm}^3$ ) getauchten Aluminiumkugel ( $\rho_{Al} = 2,7 \text{ g/cm}^3$ ) beträgt 20 p. Welchen Durchmesser hat sie?

**514.** Als Schwimmer für einen Füllstandmesser dient eine aus 0,5 mm dickem Messingblech ( $\rho_M = 8,6 \text{ g/cm}^3$ ) gefertigte Kugel von 5 cm Durchmesser. a) Mit welcher Kraft strebt sie nach oben, wenn sie vollständig in Benzin ( $\rho_B = 0,72 \text{ g/cm}^3$ ) getaucht wird, und b) welcher Teil ihres Volumens taucht ein, wenn sie schwimmt?

**515.** Welche Wanddicke hat eine Hohlkugel von  $r_1 = 3 \text{ cm}$  Außenradius aus Aluminium ( $\rho_{Al} = 2,7 \text{ g/cm}^3$ ), die in Wasser schwimmt und dabei zur Hälfte herausragt?

**516.** Wie groß sind Durchmesser  $D$  und Wanddicke  $d$  einer Tiefsee-Tauchkugel aus Stahl ( $\rho_S = 7,7 \text{ g/cm}^3$ ), die in der Luft 13 Mp und in Wasser ( $\rho_W = 1 \text{ g/cm}^3$ ) 8 Mp wiegt?

**517.** Ein im Wasser schwimmender quaderförmiger Ponton hat die Grundfläche  $2\text{ m} \times 4\text{ m}$ , ist  $1,2\text{ m}$  hoch und ist aus  $10\text{ mm}$  dickem Stahlblech ( $\rho = 7,5\text{ g/cm}^3$ ) gefertigt. a) Wie weit ragt er aus dem Wasser, und b) bis zu welcher Höhe kann er sich mit Wasser füllen, ehe er untergeht?

**518.** Wie dick muß das zur Anfertigung eines Vergaserschwimmers dienende Messingblech ( $\rho_1 = 8,6\text{ g/cm}^3$ ) sein, wenn dieser, in Benzin ( $\rho_2 = 0,75\text{ g/cm}^3$ ) schwimmend, zu  $\frac{1}{4}$  seiner Höhe herausragen soll? Der Schwimmer ist zylindrisch,  $4\text{ cm}$  hoch und hat den Durchmesser  $5\text{ cm}$ .

**519.** Wieviel Kork ( $\rho_1 = 0,24\text{ g/cm}^3$ ) ist für eine Schwimmweste notwendig, damit eine  $70\text{ kp}$  schwere Person ( $\rho_2 = 1,1\text{ g/cm}^3$ ) so im Wasser schwimmt, daß  $\frac{1}{6}$  des Körpervolumens herausragen kann?

**520.** (Bild 155) Ein Aluminiumrohr von  $120\text{ g}$  Masse,  $d = 4\text{ cm}$  Durchmesser und  $h = 30\text{ cm}$  Länge ist mit  $150\text{ g}$  Bleischrot beschwert und schwimmt in Petroleum ( $\rho = 0,8\text{ g/cm}^3$ ). Wie weit ragt es aus der Flüssigkeit heraus?

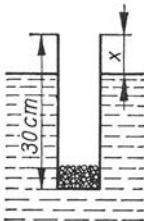


Bild 155

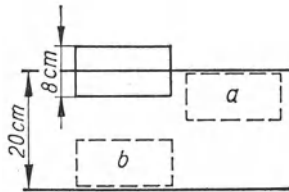


Bild 156

**521.** Wieviel Bleischrot muß dem Rohr in Aufgabe 520 zugegeben werden, damit es um  $1\text{ cm}$  tiefer einsinkt?

**522.** Um ein gesunkenes Schiff zu heben, werden  $30$  leere Fässer von je  $2\text{ m}^3$  Inhalt und je  $150\text{ kp}$  Eigengewicht daran befestigt, wodurch es eben zu steigen beginnt. (Die Dichte des Seewassers ist  $1,03\text{ g/cm}^3$ .) Wie schwer ist das Schiff im Wasser?

**523.** Ein unter Wasser ( $\rho_1 = 1\text{ g/cm}^3$ ) liegendes stählernes Wrackteil ( $\rho_2 = 7,5\text{ g/cm}^3$ ) wirkt am Zugseil mit einem scheinbaren Gewicht von  $G' = 550\text{ kp}$ . Wie schwer wird es über Wasser sein?

**524.** Eine  $G = 600$  kp schwere Holzkonstruktion ( $\rho_1 = 0,65$  g/cm<sup>3</sup>) soll im Wasser ( $\rho = 1$  g/cm<sup>3</sup>) versenkt und durch Auflegen von Steinen ( $\rho_2 = 2,5$  g/cm<sup>3</sup>) am Aufsteigen gehindert werden. Welches Mindestgewicht  $G'$  an Steinen ist notwendig?

**525.** Welches Gewicht  $G''$  an Steinen ist notwendig, wenn die in der vorigen Aufgabe beschriebene Konstruktion unter Wasser genauso fest aufrufen soll wie am Lande?

**526.** (Bild 156) Ein im Wasser schwimmender Holzquader von 2 kg Masse und  $h = 8$  cm Höhe ragt zur Hälfte aus dem Wasser heraus. Welche Arbeit ist erforderlich, um ihn a) gerade unter den Wasserspiegel und b) bis auf den Grund des  $s = 20$  cm tiefen Wassers zu drücken? Der Wasserstand sei konstant.

**527.** Wie ändert sich das Ergebnis der Aufgabe 526, wenn ein Quader von 2 kg Masse und  $h = 8$  cm Höhe verwendet wird, der nur zu  $\frac{1}{4}$  aus dem Wasser ragt?

**528.** Ein in Luft 100 p schwerer Gegenstand ist, in Benzin getaucht ( $\rho_B = 0,7$  g/cm<sup>3</sup>), um 20 % schwerer als in Wasser getaucht. Wie groß ist sein Volumen?

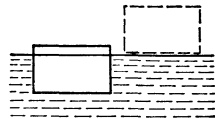


Bild 157

**529.** (Bild 157) Ein 1 m hoher und 750 kp schwerer stählerner Schwimmer mit der Grundfläche  $4 \text{ m} \times 2 \text{ m}$  soll so weit mit Wasser gefüllt werden, daß er nur noch 10 cm aus dem Wasser ragt. Wieviel Wasser muß eingefüllt werden, und welche Arbeit ist nötig, ihn von seiner Schwimmlage aus dem Wasser zu heben?

**530.** Wenn der Spiegel der aus einem Gefäß abfließenden Flüssigkeit unter eine an der Wandung angebrachte Marke sinkt, wird eine Stoppuhr in Gang gesetzt und unmittelbar danach ein 150 p schwerer Schwimmer in die Flüssigkeit gesenkt. Bis zu dem Augenblick, in dem der Spiegel zum zweiten Mal die Marke passiert, vergehen 6,5 s. Wie groß ist die Ausflußmenge  $Q$  in kg/min?

## 2.2. Mechanik der Gase

### 2.2.1. Luftdruck

**531.** Wieviel Torr beträgt der Luftdruck in einem Behälter, wenn er, von 720 Torr ausgehend, um 0,5 at erhöht wird?

**532.** Wieviel technische Atmosphären beträgt die Druckzunahme, wenn der Luftdruck von 710 Torr auf 770 Torr ansteigt?

**533.** Um wieviel Torr sinkt der Luftdruck, wenn er von 1021 mbar auf 1005 mbar abnimmt?

**534.** Am Kondensator einer Dampfmaschine wird ein Unterdruck von 0,91 at gemessen. Der Barometerstand ist 975 mbar. Wie groß ist der absolute Druck im Kondensator?

**535.** Im Kesselraum eines Schiffes herrscht ein Überdruck von 220 mm Wassersäule. Wie groß ist der absolute Druck bei einem Luftdruck im Freien von 775 Torr?

**536.** Eine Leuchtgasleitung hat den Überdruck 55 mm WS. Wieviel Torr beträgt der Gasdruck bei einem äußeren Luftdruck von 730 Torr?

**537.** Eine umgekehrte Flasche ist nach Bild 158 zum Teil mit Wasser gefüllt und durch ein dicht anliegendes Papierblatt verschlossen. Welchen Druck hat der Luftraum in der Flasche, wenn der äußere Luftdruck 760 Torr beträgt?

**538.** Um wieviel Meter WS kann sich die Saugleistung einer Wasserpumpe ändern, wenn mit einer Schwankung des Luftdruckes von  $\pm 40$  Torr gerechnet werden muß?

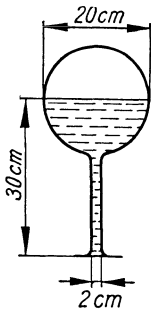


Bild 158

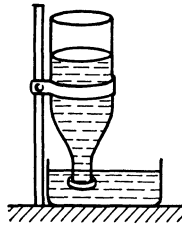


Bild 159

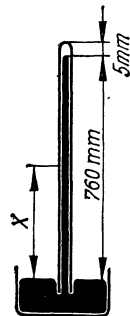


Bild 160

**539.** Wie wirkt die auf Bild 159 angegebene Geflügeltränke?

**540.** (Bild 160) In eine Torricellische Röhre von  $1 \text{ cm}^2$  Querschnitt, die bei normalem Luftdruck ein Vakuum von 5 mm Höhe enthält, werden von unten  $0,2 \text{ cm}^3$  Luft von  $0^\circ\text{C}$  hineingedrückt. Auf welche Höhe sinkt dadurch die Quecksilbersäule?

**541.** Welche Druckkraft verschließt den Deckel eines Konservenglases, wenn von innen der Dampfdruck des Wassers mit



0,02 at und von außen der Luftdruck mit 980 mbar wirkt?  
(Innerer Durchmesser des Glases 85 mm)

542. Bei welchem Barometerstand ist die Gefahr schlagender Wetter in Bergwerken besonders groß?

543. Otto von Guericke benutzte für seinen berühmten Versuch zwei Halbkugeln von 57,5 cm Durchmesser. Mit welcher Kraft hielten diese zusammen, wenn normaler Luftdruck angenommen wird?

544. Um zwei dichtschießende, aneinandergelegte, teilweise evakuierte Halbkugeln von je 8 cm innerem Durchmesser zu trennen, muß man eine Kraft von 20 kp aufwenden. Wieviel Torr beträgt der Druck in der Kugel, wenn der äußere Luftdruck 750 Torr beträgt?

545. (Bild 161) Welcher absolute Druck herrscht im Gasraum eines Druckkessels, wenn das Manometer M 2,450 at Überdruck anzeigt? Der äußere Luftdruck beträgt 730 Torr, der Spiegel der Absperrflüssigkeit (Öl,  $\rho = 0,85 \text{ g/cm}^3$ ) steht 80 cm über dem Manometeranschluß.

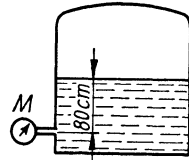


Bild 161

546. Die in einem Schornstein befindlichen Rauchgase haben die Dichte  $\rho_1 = 0,84 \text{ kg/m}^3$ . Welcher Druckunterschied in mm WS ergibt sich bei der Schornsteinhöhe  $h = 30 \text{ m}$ , wenn die Luft außerhalb des Schornsteins die Dichte  $\rho_2 = 1,293 \text{ kg/m}^3$  hat?

547. Wie hoch dürfte die irdische Atmosphäre entsprechend dem normalen Luftdruck sein, wenn sie durchweg von gleicher Dichte wäre und die Dichte der Luft mit  $1,293 \text{ kg/m}^3$  angenommen wird? Weshalb ist diese Betrachtungsweise falsch?

### 2.2.2. Gesetz von Boyle-Mariotte

548. Eine 2 mm weite, einseitig geschlossene Glasröhre enthält eine 20 cm lange Quecksilbersäule. In der auf Bild 162 gezeigten Lage schließt sie eine 20 cm hohe Luftsäule ab. Wie lang wird die Luftsäule, wenn man die Röhre auf den Kopf stellt? (Äußerer Luftdruck 750 Torr)

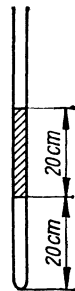


Bild 162

**549.** Wie groß ist in der vorigen Aufgabe der äußere Luftdruck, wenn die eingeschlossene Luftsäule in aufrechter Stellung 18,5 cm bzw. in umgekehrter Lage 48,5 cm und die Quecksilberfüllung 20 cm lang ist?

**550.** Eine Erdgasquelle speist täglich 35 000 m<sup>3</sup> Gas von 1,5 at in die Sammelleitung. Wieviel Kubikmeter verliert das Innere der Quelle, wenn diese unter einem Druck von 60 at steht?

**551.** Wenn man ein bestimmtes Luftvolumen durch Zusammenpressen isotherm um  $\Delta V = 5$  l verringert, steigt der Druck auf den 3fachen Wert an. Wie groß ist das Anfangsvolumen?

**552.** Wieviel Kubikmeter Luft vom Druck  $p_0 = 750$  Torr müssen in einen Druckluftbehälter, der bereits  $V = 800$  l von  $p_1 = 3$  at Überdruck enthält, noch hineingepumpt werden, damit ein Überdruck von  $p_2 = 8$  at entsteht?

**553.** Erhöht man den Druck komprimierter Luft um 2 at, so verringert sich das Volumen von 100 l auf 60 l. Wie groß ist der anfängliche Druck?

**554.** Die Dichte von Neon beträgt bei 0°C und 760 Torr 0,900 kg/m<sup>3</sup>. a) Wie groß ist sie bei 0°C und 5 at Überdruck? b) Bei wieviel Torr ist sie gleich 1 kg/m<sup>3</sup>?

**555.** (Bild 163) Die Quecksilberspiegel in einem geschlossenen Manometer stehen bei 750 Torr und 20°C auf gleichem Niveau, wobei der Gasraum 50 cm<sup>3</sup> enthält (Rohrquerschnitt 1 cm<sup>2</sup>,  $\rho_{\text{Hg}} = 13,595$  g/cm<sup>3</sup>). Wieviel Atmosphären zeigt das Manometer bei einem Stand von  $h = 20$  cm und gleicher Temperatur an?

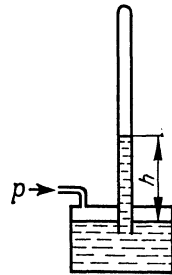


Bild 163

**556.** In einem geschlossenen Manometer befindet sich bei einem äußeren Luftdruck von 710 Torr eine 40 cm hohe Luftsäule. Auf welche Länge verkürzt sich diese, wenn auf den offenen Schenkel ein Überdruck von a) 2, b) 4 und c) 6 at wirkt? Das Gewicht der Manometerflüssigkeit werde vernachlässigt.

**557.** Zwischen zwei gleich großen Gefäßen besteht eine Druckdifferenz von  $\Delta p = 1,5$  at. Nachdem sie durch ein Rohr verbunden werden, beträgt der gemeinsame Enddruck  $p = 4,5$  at. Wie groß sind die Drücke  $p_1$  und  $p_2$  vorher?

**558.** Zwei Druckgasflaschen, von denen die eine 10 l Gas unter 15 at Druck und die andere 40 l Gas unter 8 at Druck enthält, werden miteinander verbunden. Welcher gemeinsame Druck stellt sich ein?

**559.** Wieviel Kubikmeter Sauerstoff können aus einem 3,5 m<sup>3</sup> großen Druckbehälter (15 at Überdruck) bei einem Barometerstand von 772 Torr entweichen?

**560.** Auf wieviel Atmosphären Überdruck müssen 2 m<sup>3</sup> eines Gases komprimiert werden, das bei 725 Torr in eine 40 l große Druckflasche gefüllt wird?

**561.** Von zwei gleich großen Behältern ist der eine mit Kohlendioxid von 5 at, der andere mit Luft von 2 at gefüllt. Welcher gemeinsame Druck stellt sich ein, wenn die Behälter durch ein Rohr verbunden werden, und welcher Volumenanteil CO<sub>2</sub> befindet sich hernach in der Luft?

**562.** Aus einer Sauerstoffflasche (anfänglicher Überdruck 50 at) von  $V_1 = 40$  l Inhalt werden bei einem Luftdruck von  $p_2 = 1$  at  $V_2 = 0,8$  m<sup>3</sup> entnommen. Auf welchen Betrag geht der Überdruck der Flasche zurück?

**563.** Verringert man das Volumen eines Gases durch Zusammenpressen erst um 60 l und dann um weitere 30 l, so nimmt der Druck erst um 2 at und dann um weitere 2,5 at zu. Wie groß sind Anfangsdruck und Anfangsvolumen?

**564.** (Bild 164) Ein einseitig geschlossenes U-Rohr von 1 cm<sup>2</sup> Querschnitt enthält eine 18 cm lange Luftsäule, die durch beiderseits auf gleichem Niveau stehendes Quecksilber abgesperrt ist. Auf wieviel Zentimeter verkürzt sich die Luftsäule, wenn man am offenen Ende 30 cm<sup>3</sup> Quecksilber zugießt und der äußere Luftdruck 730 Torr beträgt?



Bild 164

**565.** Auf das wievielfache Volumen vergrößert sich eine am Grunde einer 50 cm hoch mit Quecksilber ( $\rho = 13,6$  g/cm<sup>3</sup>) gefüllten Flasche haftende Luftblase beim Aufsteigen, wenn der äußere Luftdruck 1 at beträgt?

**566.** Eine Torricellische Röhre von 1 cm<sup>2</sup> Querschnitt enthält bei normalem Luftdruck eine Quecksilbersäule ( $\rho = 13,6$  g/cm<sup>3</sup>) von  $l = 76$  cm Höhe und darüber  $l_0 = 4$  cm leeren Raumes. Von unten her wird eine Luftblase von  $V = 10$  mm<sup>3</sup> hineingedrückt,

die unter Ausdehnung nach oben steigt. Auf welche Länge  $l$  vergrößert sich der zuvor leere Raum?

**567.** In einem Gasometer von 2 m Durchmesser und 1,5 m innerer Höhe steht Gas unter dem Druck 1,3 at. Um wieviel senkt sich die Glocke, wenn diese durch Auflegen von 3000 kp Gewicht zusätzlich belastet wird?

**568.** In einen oben offenen Zylinder von 3 cm Durchmesser und  $h = 60$  cm Höhe wird bei einem äußeren Luftdruck von  $p_0 = 710$  Torr ein reibungslos und dicht schließender Kolben eingesetzt. Wie schwer ist dieser, wenn er durch sein eigenes Gewicht  $G$  um  $\Delta h = 25,4$  cm nach unten sinkt?

### 2.2.3. *Auftrieb in der Luft*

**569.** Worauf beruht der Auftrieb in der Luft?

**570.** Der erste, von Charles 1783 in Paris gestartete Luftballon faßte  $V = 310$  m<sup>3</sup>. Er enthielt  $V' = 299$  m<sup>3</sup> unreinen Wasserstoff, dessen Dichte nur  $\frac{4}{21}$  von der der Luft ( $\rho = 1,29$  kg/m<sup>3</sup>) betrug, und hatte ohne Gasfüllung ein Eigengewicht von  $G = 302,25$  kp. a) Welche Steigkraft hatte der Ballon? b) In welcher Höhe blähte sich der Ballon ganz auf? (Anzunehmen sind normaler Luftdruck  $p_0$ , eine Luftdichte von  $\rho = 1,29$  kg/m<sup>3</sup> am Boden und die Druckabnahme von 1 Torr je 10,5 m Höhenunterschied.)

**571.** Aristoteles meinte, daß Luft kein Gewicht habe, weil eine mit Luft gefüllte Blase ebensoviel wiegt wie die zusammengedrückte Blase. Worin bestand der Irrtum?

**572.** Auf einer im Gleichgewicht befindlichen Waage liegen links ein Stück Holz und rechts ein Stück Eisen. Was würde geschehen, wenn die Waage unter den Rezipienten einer Luftpumpe gestellt und der Raum leerpumpt würde?

**573.** Welche Masse  $m'$  an Messing ist auf eine Waage zu legen, wenn genau (d. h. unter Berücksichtigung des beiderseitigen Auftriebes)  $m = 100$  g Wasser abgewogen werden sollen? (Dichte des Messings  $\rho_M = 8,9$  g/cm<sup>3</sup>, Dichte der Luft  $\rho_L = 0,00129$  g/cm<sup>3</sup>)

**574.** Um wieviel ist das wahre Gewicht eines 70 kp schweren Menschen größer als sein scheinbares? (Die Dichte des Menschenkörpers ist zu schätzen.)

**575.** Welche Dichte  $\rho$  hat eine Probe Uranpechblende, deren Masse ohne Berücksichtigung des Luftauftriebes  $m_1 = 4,5553$  g und mit Auftriebskorrektur  $m_2 = 4,5560$  g beträgt? (Luftdichte  $\rho_L = 1,28$  g/dm<sup>3</sup>)

**576.** Auf welches Volumen muß eine Gummiblase von 5 g Masse mit Leuchtgas ( $\rho_G = 0,85$  g/l) aufgebläht werden, damit sie in Luft ( $\rho_L = 1,29$  g/l) gerade schwebt?

### 2.3. Strömungen

**577.** Welchen Durchmesser hat die Windleitung eines Kupolofens, dem je Minute  $V = 70,8$  m<sup>3</sup> Luft mit der Geschwindigkeit  $v = 16,9$  m/s zugeführt werden?

**578.** Durch eine Rohrleitung von 250 mm lichter Weite drückt eine Pumpe stündlich 450 m<sup>3</sup> Wasser. Welche Strömungsgeschwindigkeit hat das Wasser?

**579.** In einem Überhitzer zirkuliert Wasserdampf von 550 °C mit der Geschwindigkeit 15 m/s durch Rohre von 27 mm innerem Durchmesser. Wie groß ist die stündliche Durchflußmenge in Kilogramm, wenn die Dampfdichte 35,3 kg/m<sup>3</sup> beträgt?

**580.** Welche Geschwindigkeit hat die Luft in einem pneumatischen Förderer, wenn der Luftverbrauch 110 m<sup>3</sup>/min und der Durchmesser der Saugleitung 30 cm beträgt?

**581.** Auf welchen Durchmesser muß ein 8 cm weites Rohr verjüngt werden, damit sich die Strömungsgeschwindigkeit verdoppelt?

**582.** Weshalb wird ein ausfließender Wasserstrahl nach unten hin immer dünner?

**583.** Ein Behälter ist bis zu 3,5 m Höhe mit Wasser gefüllt.  
a) Wieviel Wasser fließt anfangs je Sekunde aus der 2,5 cm<sup>2</sup> großen Bodenöffnung ab (Ausflußzahl  $\mu = 0,62$ )? Wieviel fließt je Sekunde ab, nachdem sich der Spiegel b) auf die Hälfte und c) auf ein Viertel der Anfangshöhe gesenkt hat?

**584.** Mit welcher Geschwindigkeit tritt ein Wasserstrahl aus der Öffnung eines Behälters aus, der unter einem Überdruck von 12 at stehendes Wasser enthält? (Ausflußzahl  $\mu = 0,7$ )

**585.** Aus einem zylindrischen Gefäß (Füllhöhe 1,4 m, Durchmesser 85 cm, Ausflußzahl  $\mu = 0,65$ ) fließt aus der 5 cm<sup>2</sup> großen Bodenöffnung ebensoviel ab wie zufließt. Wie lange dauert es, bis eine dem Gefäßinhalt gleiche Wassermenge abgeflossen ist?

**586.** In einem Behälter herrscht ein Überdruck von 1 at, und es strömen je Minute 3 m<sup>3</sup> Gas aus. Wieviel Gas strömt aus der gleichen Öffnung, wenn der Überdruck 2 at beträgt? Für die Ausströmgeschwindigkeit gilt das Bunsensche Gesetz

$$v = \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}} \quad (\Delta p \text{ Druckdifferenz, } \rho \text{ Gasdichte})$$

**587.** Ein Wassertank entleert aus einer scharfkantigen Düse von 2 cm Durchmesser 25 l in 15 s, wobei das Niveau durch entsprechenden Zufluß konstant bleibt. Wie hoch steht das Wasser über der Düsenmitte, wenn die Ausflußzahl  $\mu = 0,97$  beträgt?

**588.** Aus einem unterhalb des Wasserspiegels undicht gewordenen Dampfkessel spritzt in 1 m Höhe ein horizontal austretender Wasserstrahl 14,16 m weit. Wie groß ist der Dampfdruck, wenn ideale Ausflußverhältnisse angenommen werden?

**589.** Bei welcher Strömungsgeschwindigkeit beträgt der Staudruck 0,15 at a) in Wasser und b) in Luft ( $\rho_L = 1,26 \text{ kg/m}^3$ )?

**590.** Der Winddruck gegen einen Fabrikschornstein wird mit 107 kp/m<sup>2</sup> bei Windstärke 12 (etwa 50 m/s) angenommen. Welche Widerstandsbeizahl  $c_w$  liegt der Berechnung bei der Luftdichte 1,25 kg/m<sup>3</sup> zugrunde?

**591.** Der 32 kp schwere Fallschirm eines 75 kp schweren Piloten hat im geöffneten Zustand 12 m Durchmesser und sei als Halbkugel mit  $c_w = 1,3$  betrachtet. Welche höchste Sinkgeschwindigkeit ergibt sich bei der Luftdichte 1,25 kg/m<sup>3</sup>?

**592.** Welchen Durchmesser haben Regentropfen, die bei der Luftdichte  $\rho_L = 1,25 \text{ kg/m}^3$  und der Widerstandsbeizahl  $c_w = 0,25$  eine konstante Sinkgeschwindigkeit von 8 m/s erreichen?

**593.** Das Luftschiff Graf Zeppelin hatte den größten Durchmesser 27 m, die Widerstandsbeizahl  $c_w = 0,0566$ . Berechne den Luftwiderstand und die für eine Reisegeschwindigkeit von 108 km/h erforderliche Antriebsleistung (PS). (Luftdichte  $\rho_L = 1,25 \text{ kg/m}^3$ )

**594.** Bei welcher Windgeschwindigkeit wird eine 280 kp schwere Holzbude von 2,20 m Höhe (Schwerpunkt in halber Höhe) und

der Grundfläche von  $1,50 \text{ m} \times 1,50 \text{ m}$  umgeworfen, wenn der Wind lotrecht gegen eine Wand trifft? (Widerstandsbeizahl  $c_w = 0,9$ ,  $\rho_L = 1,29 \text{ kg/m}^3$ )

**595.** Mit welcher Kraft drückt Wind von  $v = 14 \text{ m/s}$  Geschwindigkeit gegen ein  $25 \text{ m}^2$  großes, quer zum Wind stehendes Segel? (Widerstandsbeizahl  $c_w = 1,2$ , Dichte der Luft  $\rho_L = 1,18 \text{ kg/m}^3$ )

**596.** Mit welcher Leistung (PS) wird das Schiff (Aufgabe 595) bei einer Fahrgeschwindigkeit von  $3,5 \text{ m/s}$  in Windrichtung vorangetrieben?

**597.** Ein Gummiballon ist mit einer Düse vom Querschnitt  $A = 0,5 \text{ cm}^2$  versehen und wird auf das Volumen  $V = 6 \text{ l}$  aufgeblasen. Nach Öffnen der senkrecht nach unten weisenden Düse strömt die Luft ( $\rho_L = 1,3 \text{ g/l}$ ) innerhalb von  $t = 5 \text{ s}$  mit konstanter Geschwindigkeit  $v$  aus und hält den Ballon in der Schwebelage. Wie groß muß das Gewicht des Ballons sein?

**598.** Für die überschlägliche Berechnung der Leistung von Windkraftwerken wird die Formel angegeben  $P/PS = \frac{A v^3}{1200}$  (auf-fangende Fläche  $A$  in  $\text{m}^2$ , Windgeschwindigkeit  $v$  in  $\text{m/s}$ ). Wie kommt diese Formel zustande?

**599.** Bei welcher Strömungsgeschwindigkeit wird an einer unter Wasser rotierenden Schiffsschraube der Dampfdruck des Wassers von  $10 \text{ Torr}$  unterschritten? (Luftdruck über Wasser  $760 \text{ Torr}$ )

**600.** Bei welcher Geschwindigkeit beträgt der statische Druck des in einem horizontalen Rohr strömenden Wassers die Hälfte des mit dem Pitotrohr gemessenen Gesamtdruckes  $p_0 = 100 \text{ mm WS}$ ?

**601.** Versuchsfahrten mit älteren elektrischen Schnellbahnen ergaben für den Luftdruck  $p$  ( $\text{kp/m}^2$ ) auf  $1 \text{ m}^2$  Stirnfläche die Formel  $p = 0,0052 v^2$  ( $v$  in  $\text{km/h}$ ).

a) Wie lautet diese Formel, wenn  $v$  in  $\text{m/s}$  eingesetzt werden soll?  
b) Welchen Wert hat die Widerstandsbeizahl bei der Luftdichte  $1,25 \text{ kg/m}^3$ ?

**602.** Wie groß wird der Luftwiderstand des in Aufgabe 601 betrachteten Wagens bei  $100 \text{ km/h}$  und  $22 \text{ km/h}$  Gegenwind, und welche Antriebsleistung (PS) wird zur Überwindung des Luftwiderstandes verbraucht? ( $A = 6,25 \text{ m}^2$ )

**603.** Welche Leistung muß ein Ventilator aufbringen, wenn er bei einem Druckgefälle von 200 mm WS und einem Wirkungsgrad  $\eta = 0,65$  je Sekunde  $1,5 \text{ m}^3$  Luft befördern soll?

**604.** Welches Druckgefälle und welche Sauggeschwindigkeit erzeugt ein Ventilator, wenn er je Sekunde  $0,8 \text{ m}^3$  Luft durch einen Rohrquerschnitt von  $1200 \text{ cm}^2$  fördert und bei einem Wirkungsgrad von  $\eta = 0,7$  die Antriebsleistung 8 kW benötigt?

**605.** Welcher Unterdruck entsteht an der verengten Stelle des auf Bild 165 angegebenen Entwässerungsrohres, wenn das Wasser bei A mit  $v_1 = 6 \text{ m/s}$  abströmt? (Durchmesser  $d_1 = 9 \text{ cm}$ ,  $d_2 = 6 \text{ cm}$ )

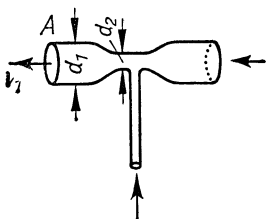


Bild 165

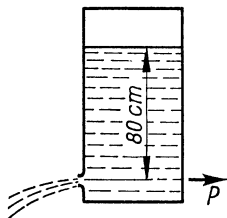


Bild 166

**606.** Ein- bzw. Austrittsöffnung einer Wasserturbine haben die Querschnitte  $A_1 = 300 \text{ cm}^2$  bzw.  $A_2 = 700 \text{ cm}^2$ . Welchem Nutzgefälle entspricht die an die Turbine abgegebene Leistung von 250 kW?

**607.** Ein mit Wasser gefüllter Behälter hat nach Bild 166 eine seitliche Öffnung von  $1 \text{ cm}^2$  Querschnitt. Wie groß ist die durch das ausfließende Wasser verursachte Rückstoßkraft, wenn der Wasserspiegel 80 cm über der Öffnung liegt?

## 2.4. Wellen

### 2.4.1. Ausbreitung von Wellen

**608.** Das freie Ende eines ausgespannten Gummischlauches wird mit der Frequenz  $3 \text{ 1/s}$  auf und ab bewegt, wobei sich eine stehende Welle mit  $1,80 \text{ m}$  Knotenabstand bildet. Wie groß ist die Ausbreitungsgeschwindigkeit  $c$ ?

**609.** Zwei ebene Wellen laufen mit der Geschwindigkeit  $c = 340 \text{ m/s}$  in gleicher Richtung in gleicher Phase durch einen



Punkt  $A$  und haben die Frequenzen  $f_1 = 300 \text{ 1/s}$  bzw.  $f_2 = 240 \text{ 1/s}$ . Nach welcher Laufstrecke  $x$  und Laufzeit  $t$  sind sie zum ersten Mal wieder in gleicher Phase?

**610.** Welche Frequenz hat eine ebene Welle, die 12 s benötigt, um eine Strecke von 7,5 Wellenlängen zurückzulegen?

**611.** Wieviel Wellenlängen legt eine Welle innerhalb von 25 s zurück, wenn die Ausbreitungsgeschwindigkeit 40 cm/s und die Wellenlänge 10 cm betragen?

**612.** Zwei gleichzeitig mit  $y = 0$  startende Wellen legen in 4 s die gemeinsame Strecke 5 m zurück. Wie groß sind ihre Wellenlängen, wenn die eine von beiden auf der gemeinsamen Strecke 3 Wellenlängen mehr hat und die Frequenzen im Verhältnis 7:8 zueinander stehen?

**613.** (Bild 167). Von den Punkten  $A$  und  $B$  aus starten gleichzeitig zwei Wellen. Im Punkt  $C$ , der 2,4 m von  $A$  und 3,6 m von  $B$  entfernt ist, trifft die von  $A$  ausgehende Welle nach 10 s ein. 5 s später beginnt hier die Überlagerung der Wellen mit der mittleren Frequenz  $f_m = 7 \text{ 1/s}$  und der Schwebungsfrequenz  $f_s = 2 \text{ 1/s}$ . Welche Wellenlängen liegen vor?

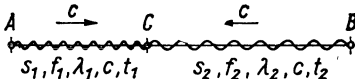


Bild 167

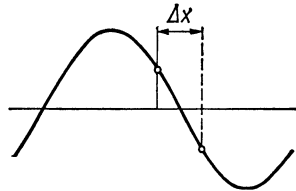


Bild 168

**614.** (Bild 168). Wie groß ist die Wellenlänge, wenn die im Abstand 6,8 m aufeinanderfolgenden Elongationen mit je  $\frac{1}{3}$  des Scheitelwertes entgegengesetzt gleich sind und die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Welle  $c = 340 \text{ m/s}$  ist?

**615.** Nach der Laufzeit 1,5 s und der Laufstrecke 250 m beträgt die Elongation einer ebenen Welle  $\frac{1}{4}$  der Amplitude. Wie groß ist die Wellenlänge? ( $c = 300 \text{ m/s}$ )

**616.** Eine ebene Welle hat die Amplitude 10 cm, die Geschwindigkeit 60 cm/s und die Wellenlänge 6 cm. In welcher Entfernung vom Ausgangspunkt (mit  $y = 0$ ) ist nach 5 s Laufzeit die Auslenkung 5 cm?

**617.** Eine ebene Welle hat die Amplitude 10 cm, die Frequenz  $50 \text{ 1/s}$  und die Wellenlänge 60 cm. a) In welchem kleinsten zeitlichen Abstand  $\Delta t$  beträgt die Auslenkung in einem bestimmten Punkt der  $x$ -Achse zweimal nacheinander  $+ 5 \text{ cm}$ ? b) Welchen kürzesten räumlichen Abstand haben zwei Punkte, die gleichzeitig die Auslenkung  $+ 5 \text{ cm}$  erfahren?

**618.** Eine ebene Welle hat die Amplitude 20 cm, die Geschwindigkeit  $40 \text{ cm/s}$  und die Frequenz  $10 \text{ 1/s}$ . 12 cm vom Startpunkt ( $y = 0$ ) entfernt hat die Auslenkung den Betrag 15 cm. Welche Laufzeit benötigt die Welle für diese Strecke?

**619.** Von zwei um 120 cm voneinander entfernten Punkten  $A$  und  $B$  starten gleichzeitig zwei ebene Wellen von gleichgroßer Amplitude und den Daten:  $f_1 = 4 \text{ Hz}$ ,  $c_1 = 15 \text{ cm/s}$  bzw.  $f_2 = 8 \text{ Hz}$ ,  $c_2 = 20 \text{ cm/s}$ . Nach Ablauf welcher Zeit löschen sich die Wellen im Punkt ihrer Begegnung zum ersten Male aus?

#### 2.4.2. Dopplereffekt

**620.** Welche Frequenz  $f$  nimmt man wahr, a) wenn man sich mit Schallgeschwindigkeit gegen eine ruhende Schallquelle der Frequenz  $f_0$  hinbewegt und b) wenn diese sich mit Schallgeschwindigkeit gegen den ruhenden Beobachter hinbewegt?

**621.** Auf dem Umfang einer mit der Drehzahl  $n = 4 \text{ 1/s}$  rotierenden Kreisscheibe von 60 cm Durchmesser ist eine schwingende Stimmgabel ( $a^1 = 440 \text{ Hz}$ ) befestigt. Zwischen welchen Frequenzen schwankt der Ton für einen in der Scheibenebene befindlichen entfernten Beobachter? ( $c = 340 \text{ m/s}$ )

**622.** Wie groß ist die Rotverschiebung  $\frac{\Delta\lambda}{\lambda}$  eines Spiralnebels, dessen Fluchtgeschwindigkeit auf Grund des Dopplereffektes zu  $15\,400 \text{ km/s}$  errechnet wurde, und mit welcher Wellenlänge erscheint dadurch die Heliumlinie  $\lambda = 587,56 \text{ nm}$ ? ( $c = 300\,000 \text{ km/s}$ )

**623.** Beim Herannahen eines Rennmotorrades nimmt man am Straßenrand einen Ton wahr, der um eine harmonische Quarte ( $f_1:f_2 = 4:3$ ) höher ist als der Ton beim Davonfahren der Maschine. Welche Geschwindigkeit hat diese?

**624.** Im Spektrum eines Fixsterns wurde die Wellenlänge der  $D_1$ -Linie des Natriums mit  $\lambda = 592 \text{ nm}$  bestimmt. Mit welcher Geschwindigkeit entfernt sich der Stern von der Erde, wenn irdische Messungen für diese Linie den Wert  $\lambda_0 = 589,6 \text{ nm}$  ergeben?

**625.** Zur Bestimmung der Geschwindigkeit einer davonfliegenden Rakete wird diese mit einem Radargerät von 120 MHz verfolgt. Die Überlagerung der vom Geschöß reflektierten mit den ausgesandten Wellen liefert eine Schwebungsfrequenz von  $f_s = 450$  Hz. Welche Geschwindigkeit ergibt sich daraus?

#### 2.4.3. Lautstärke

**626.** Die Schallstärke der menschlichen Stimme im Abstand 1 m kann zwischen  $10^{-7} \mu\text{W}/\text{cm}^2$  und  $10^{-1} \mu\text{W}/\text{cm}^2$  schwanken. Welchen Lautstärken entspricht dies, wenn die geringste wahrnehmbare Schallstärke  $10^{-10} \mu\text{W}/\text{cm}^2$  beträgt?

**627.** Ein Benzinmotor hat die Lautstärke 80 phon. Welche Lautstärke haben a) 3 Motoren und b) 50 Motoren? c) Wieviel Motoren müßten gleichzeitig laufen, wenn 130 phon (Schmerzgrenze) erreicht werden sollen?

**628.** 10 gleichartige Motorräder ergeben zusammen die Lautstärke 95 phon. Welche Lautstärke hat 1 Motorrad?

**629.** Eine ursprünglich 10 m vom Hörer entfernte punktförmige Schallquelle entfernt sich im schalltoten Raum mit der Geschwindigkeit von 18 m/s. a) Auf welchen Bruchteil des Anfangswertes  $J_1$  nimmt die Schallstärke in den ersten 5 s ab? b) Um wieviel Phon nimmt die Lautstärke in dieser Zeit ab?

**630.** Bei einer Gehörprüfung hört der Patient ein in 3 m Entfernung leise gesprochenes Wort noch gut, in 8 m Abstand jedoch eben nicht mehr. Wie groß ist die Lautstärke in 3 m Abstand?

**631.** Durch eine Holzwand, deren Dämmwert 15 db beträgt, hört man das Geräusch von Schreibmaschinen mit der Lautstärke 45 phon. Wieviel Maschinen sind im Betrieb, wenn eine einzelne Maschine im Arbeitsraum 45 phon ergibt?

### 3. Wärmelehre

Nach gesetzlicher Vorschrift sind im folgenden alle Temperaturdifferenzen mit der Einheit K (Kelvin) bezeichnet.

#### 3.1. Wärmeausdehnung

##### 3.1.1. Längenausdehnung

**632.** Welchen Längenausdehnungskoeffizienten hat eine Glasorte, die sich bei Erwärmung um 65 K um  $0,4^{0/00}$  ausdehnt?

**633.** Wie lang muß ein Messingrohr ( $\alpha = 18 \cdot 10^{-6} \text{ }^1/\text{K}$ ) bei  $15^\circ\text{C}$  sein, und welchen inneren Durchmesser muß es haben, damit es bei  $60^\circ\text{C}$  eine Länge von 50 cm und eine lichte Weite von 20 mm hat?

**634.** Wieviel Spielraum erhalten bei  $-5^\circ\text{C}$  genau passende Kolbenringe von 3 mm Breite aus Stahl ( $\alpha_1 = 13 \cdot 10^{-6} \text{ }^1/\text{K}$ ) in den Nuten des Kolbens ( $\alpha_2 = 24 \cdot 10^{-6} \text{ }^1/\text{K}$ ) bei einer Betriebstemperatur von  $250^\circ\text{C}$ ?

**635.** Bei der Celsius-Temperatur  $t$  ist die Länge des deutschen Urmeters  $l = 1 \text{ m} - 1,50 \mu\text{m} + (8,621 t + 0,00180 t^2) \mu\text{m}$ . Wieviel Millimeter beträgt seine Länge bei  $18^\circ\text{C}$ ?

**636.** Eine Aluminium-Hochspannungsleitung ist bei einem Mastabstand von 60 m verlegt. Wie groß muß der Durchhang bei  $20^\circ\text{C}$  sein, wenn die Leitung bei  $-25^\circ\text{C}$  (theoretisch) geradlinig gespannt ist und der Durchhang zur Vereinfachung der Rechnung dreieckig angenommen wird? ( $\alpha = 0,000023 \text{ }^1/\text{K}$ )

**637.** (Bild 169) Das insgesamt 60 cm lange Kompensationspendel einer Wanduhr besteht aus Eisenstäben ( $\alpha_1 = 12 \cdot 10^{-6} \text{ }^1/\text{K}$ ), deren Wärmeausdehnung durch zwei Zinkstäbe ( $\alpha_2 = 36 \cdot 10^{-6} \text{ }^1/\text{K}$ ) genau ausgeglichen werden soll. Welche Länge  $x$  müssen die Zinkstäbe haben?

**638.** (Bild 170) Um den Längenausdehnungskoeffizienten eines Rohres zu messen, läßt man Wasserdampf von  $100^\circ\text{C}$  hindurchströmen, wobei das sich ausdehnende Rohr einseitig beweglich auf einer Rolle von  $d = 1 \text{ mm}$  Durchmesser ruht. Der daran befestigte Zeiger dreht sich um den Winkel  $\varphi = 20^\circ$ . Wie groß ist der lineare Ausdehnungskoeffizient, wenn die Anfangstemperatur  $18^\circ\text{C}$  ist?

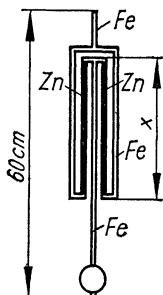


Bild 169

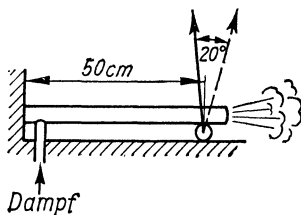


Bild 170

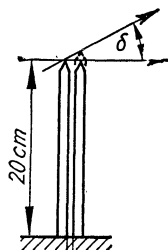


Bild 171

**639.** (Bild 171) Auf zwei im Abstand von 1 mm senkrecht stehenden, bei  $15^\circ\text{C}$  je 20 cm langen Stäben aus Kupfer ( $\alpha_1 = 14 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}$ ) bzw. Zink ( $\alpha_2 = 36 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}$ ) ruht waagrecht ein Querstab. Um welchen Winkel  $\delta$  neigt er sich, wenn die Stäbe auf  $75^\circ\text{C}$  erwärmt werden?

**640.** Die Temperatur von Rauchgasen soll dadurch gemessen werden, daß die Dehnung eines Eisenrohres ( $\alpha_1 = 11 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}$ ) gegenüber einem koaxial verlaufenden Invarstab ( $\alpha_2 = 2 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}$ ) gleicher Länge mit einer Meßuhr festgestellt wird. Wie lang muß das Rohr sein, wenn es sich gegenüber dem Invarstab bei einer Temperaturzunahme um 1000 K um 10 mm verlängern soll und die Dehnungszahl des Eisens je 100 K um  $0,5 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}$  zunimmt?

**641.** Erwärmt man zwei Aluminiumschienen ( $\alpha = 23 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}$ ) von der ursprünglichen Gesamtlänge 8 m um 70 K, so verlängert sich die eine um  $\Delta l = 2 \text{ mm}$  mehr als die andere. Welche Länge haben die beiden Schienen einzeln?

**642.** (Bild 172) Ein 10 cm langer Bimetallstreifen aus je  $a = 1 \text{ mm}$  dickem Zink- ( $\alpha_1 = 0,000036 \text{ 1/K}$ ) und Kupferblech ( $\alpha_2 = 0,000014 \text{ 1/K}$ ) wird um 50 K erwärmt. Um wieviel hebt sich der Streifen von dem in halber Höhe befindlichen Kontakt K ab?

**643.** Der auf Bild 173 angegebene Konus ist bei  $20^\circ\text{C}$  genau eingepaßt. Er wird herausgenommen und bei  $180^\circ\text{C}$  (beide Teile) erneut eingesetzt. Um wieviel ragt er jetzt oben heraus? ( $\alpha_{\text{Cu}} = 14 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}$ ,  $\alpha_{\text{Al}} = 23 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}$ )

**644.** Die Stoßfuge zwischen den je  $l = 25 \text{ m}$  langen Eisenbahnschienen verengt sich bei Erwärmung von  $5^\circ\text{C}$  auf  $20^\circ\text{C}$  um

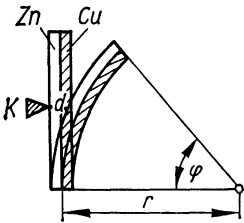


Bild 172

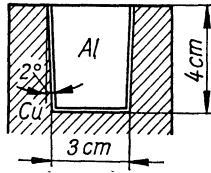


Bild 173

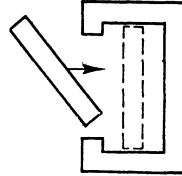


Bild 174

30 % ihres Anfangswertes. Bei welcher Temperatur schließen sich die Schienen völlig zusammen ( $\alpha = 14 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}$ ), und wie groß ist der anfängliche Abstand?

**645.** (Bild 174) Ein zylindrischer Glasstab ( $l_{20} = 60 \text{ mm}$ ,  $d_{20} = 3 \text{ mm}$ ,  $\alpha = 9 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}$ ) soll durch das Fenster eines Gehäuses zwanglos eingeführt werden, so daß er bei  $20^\circ\text{C}$  in senkrechter Lage genau hineinpaßt. Auf wieviel Grad mußte er vor der Montage abgekühlt werden?

**646.** Mit welcher Zugkraft werden die Verbindungsglaschen zweier Eisenbahnschienen S 49 ( $A = 62,3 \text{ cm}^2$ ) beansprucht, wenn sie bei  $10^\circ\text{C}$  verschraubt werden und mit einer Erwärmung auf  $45^\circ\text{C}$  gerechnet wird ( $\alpha = 14 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}$ ,  $E = 2,1 \cdot 10^6 \text{ kp/cm}^2$ )?

### 3.1.2. Räumliche Ausdehnung

**647.** Wie groß ist die Dichte von Gußstahl bei  $20^\circ\text{C}$ , wenn diese bei  $1200^\circ\text{C}$   $7,3 \text{ g/cm}^3$  beträgt? ( $\alpha = 11 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}$ )

**648.** Ein rechteckiger Öltank von  $5,2 \text{ m}$  Länge und  $4,1 \text{ m}$  Breite ist bis  $3,9 \text{ m}$  Höhe mit Heizöl von der Dichte  $0,88 \text{ t/m}^3$  und  $12^\circ\text{C}$  gefüllt. Um es dünnflüssig zu machen, wird es auf  $70^\circ\text{C}$  erwärmt ( $\gamma = 0,00096 \text{ 1/K}$ ). Um wieviel steigt der Ölspiegel, und wie ändert sich die Dichte des Öls? (Die Ausdehnung des Behälters selbst werde nicht mit berücksichtigt.)

**649.** Ein Meßglas ( $\alpha = 6 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}$ ) ist bei  $20^\circ\text{C}$  bis zur Füllmarke mit  $1 \text{ l}$  Wasser gefüllt. Um wieviel nimmt das Volumen des Wassers scheinbar zu, wenn es auf  $100^\circ\text{C}$  erwärmt wird und mit dem mittleren Volumenausdehnungskoeffizienten des Wassers  $0,00052 \text{ 1/K}$  gerechnet wird?

**650.** Das Stahlgehäuse eines Transformators vom Leervolumen  $300 \text{ l}$  (bei  $20^\circ\text{C}$ ) ist mit Öl ( $\gamma = 0,00096 \text{ 1/K}$ ) gefüllt. Der darin

befindliche Transformator besteht in der Hauptsache aus 500 kg Eisen ( $\rho_1 = 7,75 \text{ g/cm}^3$ ,  $\alpha_1 = 12 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}$ ) und 500 kg Kupfer ( $\rho_2 = 8,93 \text{ g/cm}^3$ ,  $\alpha_2 = 14 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}$ ). Wieviel Öl fließt bei der Betriebstemperatur von  $60^\circ\text{C}$  in das Ausgleichsgefäß über?

**651.** Welcher mittlere Volumenausdehnungskoeffizient  $\gamma$  ergibt sich für Wasser, dessen Dichte bei  $20^\circ\text{C}$   $\rho_1 = 0,99821 \text{ g/cm}^3$  und bei  $100^\circ\text{C}$   $\rho_2 = 0,95835 \text{ g/cm}^3$  beträgt?

**652.** Welchen Längenausdehnungskoeffizienten hat Grauguß, wenn sich sein Volumen beim Abkühlen von  $1180^\circ\text{C}$  auf  $20^\circ\text{C}$  um 3 % des Anfangswertes verringert?

**653.** Die Dichte von Grauguß springt beim Erstarren von  $6,9 \text{ g/cm}^3$  auf  $7,25 \text{ g/cm}^3$ . Welcher linearen Schwindung entspricht dies?

**654.** Welche Dichte hat Quecksilber bei  $25^\circ\text{C}$ , wenn sie bei  $0^\circ\text{C}$   $13,5951 \text{ g/cm}^3$  beträgt? ( $\gamma = 0,000181 \text{ 1/K}$ )

**655.** Welchen Querschnitt muß die Kapillare eines Thermometers haben, wenn  $\Delta t = 10 \text{ K}$  eine Skalenlänge von  $l = 10 \text{ cm}$  ergeben sollen? Die Kuppe enthält  $0,5 \text{ cm}^3$  Quecksilber, der scheinbare Ausdehnungskoeffizient des Quecksilbers im Glas ist  $0,00016 \text{ 1/K}$ .

**656.** Für die Abnahme der Dichte einer Flüssigkeit bei Erwärmung von  $0^\circ\text{C}$  auf die Temperatur  $t$  (in  $^\circ\text{C}$ ) gilt die Näherungsformel  $\rho_t \approx \rho_0 (1 - \gamma t)$  ( $\gamma$  Volumenausdehnungskoeffizient). Wie kommt die Formel zustande?

**657.** (Bild 175) Die bei  $5^\circ\text{C}$  10 mm breiten Stoßfugen zwischen den 10 m langen und 20 cm dicken Betonplatten ( $\alpha = 12 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}$ ) einer Autostraße sind mit Teer ( $\gamma = 0,00055 \text{ 1/K}$ ) zugewesen. Wieviel Teer quillt je 10 cm Fugenlänge heraus, wenn sich die Platten auf  $30^\circ\text{C}$  erwärmen?

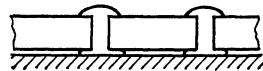


Bild 175

**658.** Welcher Querschnitt muß einer bei  $18^\circ\text{C}$  angefertigten Meßdüse von kreisförmigem Querschnitt aus Chromnickelstahl gegeben werden, damit sie bei einer Betriebstemperatur von  $350^\circ\text{C}$  einen Querschnitt von  $25 \text{ mm}^2$  hat? ( $\alpha = 18,5 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}$ )

**659.** Um wieviel Prozent vergrößern sich a) Durchmesser, b) Oberfläche und c) Rauminhalt eines Aluminiumgefäßes ( $\alpha = 0,000023 \text{ 1/K}$ ), wenn es von  $10^\circ\text{C}$  auf  $90^\circ\text{C}$  erwärmt wird?

**660.** In ein Pyknometer, das bei  $20^{\circ}\text{C}$   $50\text{ cm}^3$  faßt, wird bei  $10^{\circ}\text{C}$  eine Flüssigkeit gefüllt und im Wasserbad auf  $100^{\circ}\text{C}$  erwärmt. Welchen Volumenausdehnungskoeffizienten hat die Flüssigkeit, wenn bei dem Versuch  $2\text{ cm}^3$  überfließen?

$$(\alpha_{\text{Glas}} = 8 \cdot 10^{-6} \text{ } ^{\circ}\text{C}^{-1})$$

### 3.1.3. Ausdehnung der Gase

**661.** Welche Zugstärke in mm WS ergibt ein 50 m hoher Schornstein, wenn die Dichte der Abgase im Normzustand  $1,33\text{ kg/m}^3$  und deren mittlere Temperatur  $200^{\circ}\text{C}$  beträgt? Die Dichte der Außenluft sei mit  $1,29\text{ kg/m}^3$  angenommen.

**662.** Wieviel Luft ( $\text{m}^3$ ) entweicht bei gleichbleibendem Druck aus einem  $200\text{ m}^3$  großen Raum, wenn seine Temperatur von  $12^{\circ}\text{C}$  auf  $22^{\circ}\text{C}$  steigt?

**663.** Die Dichte von Chlorgas beträgt bei  $0^{\circ}\text{C}$  und 760 Torr  $3,22\text{ kg/m}^3$ . Wie groß ist sie bei 760 Torr und a)  $+20^{\circ}\text{C}$  und b)  $-20^{\circ}\text{C}$ ?

**664.** Der Überdruck in einer Stahlflasche nimmt durch Erwärmung von 62 at auf 75 at zu. Wie groß ist die Endtemperatur, wenn die Anfangstemperatur  $-14^{\circ}\text{C}$  beträgt?

**665.** Eine Kesselanlage verbraucht stündlich 300 kg Kohle, für deren Verbrennung je kg  $12\text{ m}^3$  Luft zugeführt werden. Wie groß muß der Mündungsdurchmesser des Schornsteins sein, wenn die Rauchgase am Mündungskopf  $250^{\circ}\text{C}$  heiß sind und mit der Geschwindigkeit  $v = 4\text{ m/s}$  abziehen sollen?

**666.** Auf welchen Überdruck steigt der Druck in einer Gasflasche bei Erwärmung auf  $50^{\circ}\text{C}$ , wenn sie bei  $10^{\circ}\text{C}$  einen Überdruck von 150 at hat? (Luftdruck  $1\text{ kp/cm}^2$ )

**667.** Eine mit Luft gefüllte Glaskugel, die man bei  $15^{\circ}\text{C}$  gewogen hat, wird bei offenem Hahn auf  $80^{\circ}\text{C}$  erwärmt und der Hahn sodann geschlossen. Eine zweite Wägung ergibt einen Massenverlust von  $0,250\text{ g}$ . Wie groß ist das Volumen der Kugel, wenn die Ausdehnung des Gefäßes vernachlässigt wird? (Dichte der Luft bei  $0^{\circ}\text{C}$   $\rho_0 = 1,293\text{ g/dm}^3$ )

**668.** Auf wieviel Torr steigt der bei  $15^{\circ}\text{C}$  2 Torr betragende Fülldruck einer Glühlampe, wenn sich diese auf  $120^{\circ}\text{C}$  erwärmt?

**669.** Wird die (in Celsiusgraden gemessene) Temperatur des in einem festen Behälter eingeschlossenen Gases um 50 % erhöht.



so steigt der absolute Druck um 10 %. Welche Anfangstemperatur hat das Gas?

**670.** Um wieviel Prozent nimmt das Volumen eines Gases zu, wenn die Celsius-Temperatur bei gleichbleibendem Druck von anfänglich 117,1 °C auf den doppelten Wert steigt?

**671.** Wird eine in einem Behälter eingeschlossene Gasmenge um 150 K erwärmt, so steigt der absolute Druck um 40 %. Wie hoch sind Anfangs- und Endtemperatur?

### 3.1.4. Zustandsgleichung der Gase

**672.** Welchen Wert hat die Gaskonstante von Leuchtgas, wenn 50 m<sup>3</sup> bei 15 °C und 770 Torr 41,5 kg wiegen?

**673.** Wieviel Kilogramm Luft enthält ein Wohnraum der Größe 4,5 m · 3,5 m · 5,2 m bei 24 °C und 725 Torr?  
( $R_L = 29,27 \text{ kpm/kg K}$ )

**674.** Bei welcher Temperatur haben 58,5 m<sup>3</sup> Luft die Masse 71,7 kg, wenn der Luftdruck 760 Torr beträgt?

**675.** Wie groß ist der Druck in einer 40 l fassenden Flasche, die bei 18 °C 4,147 kg Sauerstoff enthält? ( $R_{O_2} = 26,49 \text{ kpm/kg K}$ )

**676.** Welche Masse hat 1 m<sup>3</sup> Mischgas von folgender Zusammensetzung (Volumenprozent) bei 30 °C und 740 Torr: 15 % Wasserstoff, 30 % Kohlenoxid, 5 % Kohlendioxid, 50 % Stickstoff?

**677.** Welche Dichte hat das in einer Druckflasche eingeschlossene Wasserstoffgas bei 20 °C und 150 at Überdruck?

**678.** Wieviel Gramm Argon enthält eine 300 cm<sup>3</sup> große Glühlampe, deren Innendruck bei 15 °C 2 Torr beträgt?

**679.** Hülle und Zubehör eines 160 m<sup>3</sup> fassenden Heißluftballons haben die Masse 45 kg. Auf wieviel Grad muß die Innenluft bei 10 °C Außentemperatur und 730 Torr mindestens erhitzt werden, damit er sich vom Boden erheben kann?

**680.** Wie groß ist das Normvolumen  $V_0$  in trockenem Zustand von 2,300 m<sup>3</sup> Luft, deren Temperatur 16 °C, deren Druck 742 Torr und deren relative Feuchtigkeit 65 % beträgt?

**681.** Wieviel (Normzustand) Generatorgas werden einem  $V = 4,8 \text{ m}^3$  fassenden Windkessel entnommen, wenn der absolute Druck bei Beginn der Entnahme  $p_1 = 3,85 \text{ at}$  und am Ende  $p_2 = 1,17 \text{ at}$  beträgt und die entsprechenden Temperaturen  $t_1 = 24 \text{ °C}$  bzw.  $t_2 = 22 \text{ °C}$  sind?

**682.** Die durch eine weite Rohrleitung strömende Menge  $\text{CO}_2$ -Gas wird nach Bild 176 dadurch gemessen, daß mittels einer Heizwendel  $H$  eine elektrische Leistung von  $3,5 \text{ W}$  zugeführt wird. Wieviel Kubikmeter strömen je Stunde dem Rohr zu, wenn vor dem Heizkörper  $22^\circ \text{C}$  und dahinter  $36^\circ \text{C}$  gemessen werden? ( $c_p = 0,202 \text{ kcal/kg K}$ ,  $p = 1200 \text{ Torr}$ , Dichte im Normzustand  $\rho_0 = 1,977 \text{ kg/m}^3$ )

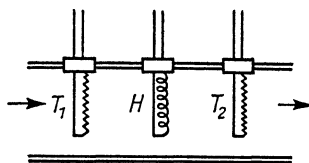


Bild 176

**683.**  $1 \text{ m}^3$  Luft hat bei  $20^\circ \text{C}$  und  $710 \text{ Torr}$  die Masse  $1,3 \text{ kg}$ . Wieviel Massenprozent Azetondampf ( $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$ ) enthält sie?

**684.** Die in einem zylindrischen Gefäß befindliche Luft wird von  $15^\circ \text{C}$  auf  $650^\circ \text{C}$  erwärmt und treibt bei konstantem Druck einen Kolben vorwärts. Wie groß ist die Masse der Luft, wenn sie dabei die Arbeit  $25000 \text{ J}$  verrichtet?

**685.** Beim Rösten von Erzen entsteht ein aus  $80$  Raumteilen Stickstoff ( $R_{\text{N}_2} = 30,26 \text{ kpm/kg K}$ ) und  $20$  Raumteilen Schwefeldioxid ( $R_{\text{SO}_2} = 13,25 \text{ kpm/kg K}$ ) bestehendes Gasgemisch von  $650^\circ \text{C}$ .

- a) Welche mittlere Gaskonstante hat das Gas?
- b) Welche Dichte hat das Gas bei dem Druck  $580 \text{ Torr}$ ?

**686.**  $3 \text{ m}^3$  Luft von  $150^\circ \text{C}$  werden mit  $8 \text{ m}^3$  Luft von  $5^\circ \text{C}$  vermischt. Welche Temperatur und welches Gesamtvolumen ergeben sich daraus, wenn der absolute Druck von  $1 \text{ at}$  dabei konstant bleibt?

**687.** In einem elektrolytischen Gasentwickler bilden sich  $500 \text{ cm}^3$  Knallgas von  $32^\circ \text{C}$  und  $720 \text{ Torr}$ . Welches Volumen nimmt das Gas im Normzustand ( $0^\circ \text{C}$ ,  $760 \text{ Torr}$ ) ein?

**688.** In Bodennähe enthält ein Freiballon bei  $18^\circ \text{C}$  und  $1020 \text{ mbar}$   $1200 \text{ m}^3$  Gas, in größerer Höhe bei  $480 \text{ mbar}$  dagegen  $2250 \text{ m}^3$ . Welche Temperatur hat das Füllgas dabei angenommen?

**689.** Wenn man Luft von der Anfangstemperatur  $20^\circ \text{C}$  auf den  $4$ . Teil zusammenpreßt, steigt ihr Druck auf den  $6$ fachen Wert. Wie hoch steigt dabei die Temperatur, wenn die gebildete Wärme nicht entweichen kann?

**690.** Ein Hochofengebläse ist ausreichend bemessen, wenn es je Minute  $400 \text{ m}^3$  Luft von  $0^\circ\text{C}$  und  $760 \text{ Torr}$  ansaugt. Für welches je Minute anzusaugende Luftvolumen ist es jedoch zu berechnen, wenn im praktischen Betrieb mit einer Lufttemperatur von  $28^\circ\text{C}$  und einem Barometerstand von  $710 \text{ Torr}$  gerechnet werden muß?

**691.** Ein Gaserzeuger liefert je Stunde  $500 \text{ m}^3$  Generatorgas (40 Massen-%  $\text{CO}$  und 60 Massen-%  $\text{N}_2$ ) von  $65^\circ\text{C}$  und  $1,2 \text{ at}$ . Wieviel Kilogramm Gas sind dies? ( $R_{\text{CO}} = 30,27 \text{ kpm/kg K}$  und  $R_{\text{N}_2} = 30,26 \text{ kpm/kg K}$ )

**692.** Aus einer unter  $70 \text{ at}$  Druck stehenden,  $40 \text{ l}$  fassenden Flasche werden bei einem Luftdruck von  $1 \text{ at}$   $80 \text{ l}$  Gas entnommen. Auf welchen Betrag sinkt der Druck in der Flasche?

**693.** Wieviel Liter Gas strömen bei einem Luftdruck von  $1 \text{ at}$  aus einer  $20 \text{ l}$  fassenden Flasche, wenn der Druck dadurch von  $100 \text{ at}$  auf  $95 \text{ at}$  sinkt?

**694.** Das in einem Behälter von  $50 \text{ l}$  Inhalt eingeschlossene Gas wird von  $100^\circ\text{C}$  auf  $10^\circ\text{C}$  abgekühlt. Auf welches Volumen muß es komprimiert werden, damit der Druck konstant bleibt?

## 3.2. Wärmeenergie

### 3.2.1. Wärmemenge

**695.** Welche Anfangstemperatur hat eine glühende Kupferkugel von der Masse  $m = 63 \text{ g}$ , die, in  $300 \text{ g}$  Wasser von  $18^\circ\text{C}$  geworfen, dieses auf  $37^\circ\text{C}$  erwärmt? ( $c = 0,092 \text{ cal/g K}$ )

**696.**  $200 \text{ g}$  Wasser werden in ein Kalorimetergefäß aus Kupfer von der Masse  $m = 151 \text{ g}$  gegeben, wonach eine Temperatur von  $18,6^\circ\text{C}$  gemessen wird. Nach Einbringen von  $85 \text{ g}$  Kupfer, das zuvor auf  $98,5^\circ\text{C}$  erwärmt wurde, steigt die Temperatur auf  $21,4^\circ\text{C}$ . Welcher Wert ergibt sich hiernach für die spezifische Wärmekapazität des Kupfers?

**697.**  $50 \text{ cm}^3$  heißen Tees von  $65^\circ\text{C}$  werden in einen Aluminiumbecher von  $120 \text{ g}$  und  $12^\circ\text{C}$  gegossen. Welche Temperatur nimmt der Tee dabei an? (Aluminium:  $c = 0,214 \text{ cal/g K}$ )

**698.** In einer Badewanne befinden sich  $220 \text{ l}$  Wasser von  $65^\circ\text{C}$ . Wieviel kaltes Wasser von  $14^\circ\text{C}$  muß zugegossen werden, damit eine Mischtemperatur von  $45^\circ\text{C}$  entsteht?

**699.** Zu  $m_1 = 200$  g verdünntem Alkohol von  $t_1 = 60^\circ\text{C}$  werden  $m_2 = 100$  g Wasser von  $t_2 = 18^\circ\text{C}$  gegossen, wodurch eine Mischtemperatur von  $t_m = 42,5^\circ\text{C}$  entsteht. Wieviel Gewichtsprocente enthielt der Alkohol? ( $c_1 = 0,57$  cal/g K)

**700.** Zur Bereitung eines Wannenbades von 200 l wird ein Heißwasserbedarf von 70 l bei  $85^\circ\text{C}$  angegeben. Welche Mischwassertemperatur ist dabei angenommen, wenn das Kaltwasser die Temperatur  $15^\circ\text{C}$  hat?

**701.** Dem Motor eines Traktors werden je Stunde 3100 l Kühlwasser zugeführt, das sich dabei um 8 K erwärmt. Wieviel Prozent der umgesetzten Wärme führt das Wasser ab, wenn die Maschine je Stunde 11 l Kraftstoff vom Heizwert 7000 kcal/l verbraucht?

**702.** Wie lang ist ein Stahldraht von  $4\text{ mm}^2$  Querschnitt ( $c = 0,12$  cal/g K,  $\alpha = 11 \cdot 10^{-6}$  1/K,  $\rho = 7,6$  g/cm<sup>3</sup>), der sich bei Aufnahme der Wärmemenge  $Q = 300$  cal um  $0,1\%$  verlängert?

**703.** Welche Wärmemenge muß man einem Kupferzylinder von  $50\text{ mm}^2$  Querschnitt ( $c = 0,092$  cal/g K,  $\rho = 8,9$  g/cm<sup>3</sup>,  $\alpha = 14 \cdot 10^{-6}$  1/K) zuführen, damit er sich um  $0,2$  mm verlängert?

**704.** Wieviel Eis aus Wasser von  $6^\circ\text{C}$  können mit 8 kg Trockeneis (festes  $\text{CO}_2$ ) hergestellt werden, das bei Erwärmung von  $-80^\circ\text{C}$  auf  $0^\circ\text{C}$  140 kcal je kg aufnimmt?

**705.** Auf  $t_1 = 950^\circ\text{C}$  erhitzte Stücke aus Werkzeugstahl ( $c_1 = 0,12$  kcal/kg K) sollen in  $m_2 = 80$  kg Öl ( $c_2 = 0,4$  kcal/kg K) von  $t_2 = 25^\circ\text{C}$  abgeschreckt werden, wobei die Endtemperatur  $t_m = 350^\circ\text{C}$  nicht überschreiten darf. Wieviel Stahl darf höchstens eingebracht werden, wenn mit  $10\%$  Wärmeverlusten gerechnet wird?

**706.** Welche Temperatur erlangt ein LötKolben ( $c_1 = 0,092$  kcal/kg K) der Masse  $m_1 = 300$  g von  $t_1 = 1000^\circ\text{C}$ , nachdem er kurze Zeit in  $m_2 = 21$  l Wasser getaucht wird und dieses um  $\Delta t = 3,5$  K erwärmt?

**707.** Wieviel Wasser verdampft, wenn  $m_1 = 6$  kg glühende Stahlschrauben ( $c_1 = 0,12$  kcal/kg K) von  $t_1 = 1200^\circ\text{C}$  in  $m_2 = 3$  kg Wasser von  $t_2 = 20^\circ\text{C}$  geworfen werden?

**708.** Zwei Gußteile aus Aluminium ( $c_1 = 0,214$  kcal/kg K) und Kupfer ( $c_2 = 0,092$  kcal/kg K) von je  $t_1 = 450^\circ\text{C}$  und zu-

sammen  $m = 650$  g werden in  $m_3 = 2,5$  kg Wasser von  $t_3 = 12^\circ\text{C}$  geworfen, das sich dabei auf  $t_m = 27^\circ\text{C}$  erwärmt. Welche Masse haben die beiden Teile einzeln?

**709.** Wieviel Eis bildet sich, wenn 2 l auf  $-8^\circ\text{C}$  unterkühltes Wasser durch Erschütterung plötzlich gefrieren?

**710.** Wieviel Dampf von  $100^\circ\text{C}$  müssen in 800 l Wasser von  $12^\circ\text{C}$  eingeleitet werden, damit dieses zum Sieden kommt?

**711.** Wieviel Eis von  $0^\circ\text{C}$  kann man mit 30 kg flüssigem Blei von  $450^\circ\text{C}$  schmelzen, wenn das Schmelzwasser  $20^\circ\text{C}$  warm werden soll? (Schmelzwärme des Bleis  $6,33$  kcal/kg, spez. Wärmekapazität des Bleis konstant  $0,031$  kcal/kg K)

**712.** Welchen Wasserwert  $w$  hat der eintauchende Teil eines Thermometers, das anfangs  $t_1 = 15^\circ\text{C}$  anzeigt und nach dem Eintauchen in  $m_2 = 10$  g Alkohol ( $c_2 = 0,57$  cal/g K) von  $t_2 = 30^\circ\text{C}$  die Temperatur  $t_m = 28,2^\circ\text{C}$  annimmt?

**713.** Um wieviel dehnt sich ein Aluminiumdraht von  $5$  mm<sup>2</sup> Querschnitt ( $\alpha = 23 \cdot 10^{-6}$  1/K,  $c = 0,214$  cal/g K,  $\rho = 2,7$  g/cm<sup>3</sup>) aus, der 1 min lang die Leistung  $16$  W aufnimmt, wenn angenommen wird, daß keine Wärmeverluste eintreten?

**714.** Wie groß ist die spezifische Wärmekapazität von flüssigem Grauguß, von dem 1 kg bei  $1170^\circ\text{C}$  den Wärmehalt  $h_1 = 253$  kcal und bei  $1400^\circ\text{C}$  den Wärmehalt  $h_2 = 282$  kcal aufweist?

**715.** Wie groß ist die spezifische Schmelzwärme  $q_s$  von Grauguß, dessen mittlere spezifische Wärmekapazität  $0,172$  kcal/kg K und dessen Wärmehalt im flüssigen Zustand bei  $1250^\circ\text{C}$  je kg  $273$  kcal beträgt?

**716.** Der Wärmehalt von 50 kg Grauguß ist bei Gießtemperatur ( $t_2 = 1450^\circ\text{C}$ )  $14500$  kcal. Wie groß ist die mittlere spezifische Wärmekapazität  $c_2$  im festen Zustand, wenn die spezifische Schmelzwärme  $q_s = 56$  kcal/kg und die spezifische Wärmekapazität vom Schmelzpunkt ( $t_1 = 1150^\circ\text{C}$ ) bis zur Gießtemperatur  $c_1 = 0,135$  kcal/kg K beträgt?

**717.** Wieviel Liter Wasser von  $95^\circ\text{C}$  können je Minute einem elektrischen Heißwasserbereiter entnommen werden, wenn dieser  $1,6$  kW aufnimmt und das Wasser die Anfangstemperatur  $14^\circ\text{C}$  hat?

**718.** Welche Wärmemenge gibt eine Warmwasserheizung je Stunde ab, wenn das Wasser mit  $15$  l/min zirkuliert, im Kessel

auf  $92^{\circ}\text{C}$  erhitzt wird und in den Heizkörpern die Temperatur  $70^{\circ}\text{C}$  annimmt?

### 3.2.2. *Erster Hauptsatz*

**719.** Die Ladung einer Gewehrpatrone (3,2 g Blättchenpulver) hat einen Energiegehalt von 2,8 kcal und entwickelt beim Abfeuern die Energie 400 kpm. Wieviel Prozent der Energie werden ausgenutzt?

**720.** Um wieviel Grad würde die Wassertemperatur zunehmen, wenn sich die gesamte Energie eines 15 m hohen Wasserfalls in Wärme umwandeln würde?

**721.** Wie groß ist der Wirkungsgrad eines Motorrades, das je Stunde 2 kg Benzin (Heizwert 10000 kcal/kg) verbraucht und dabei eine Leistung von 5 PS entwickelt?

**722.** Welche Wärmemenge entsteht in den Bremsen eines Güterzuges von 1200 t Masse, der aus der Geschwindigkeit 50 km/h zum Halten gebracht wird?

**723.** Welchen stündlichen Benzinverbrauch hat ein Motorrad, von dem folgende Werte bekannt sind: 4-Takt-1-Zylinder-Motor von 350 cm<sup>3</sup> Hubraum, mittlerer Arbeitsdruck 9,3 kp/cm<sup>2</sup> bei der Drehzahl  $n = 5030$  U/min, Wirkungsgrad 22 %, Heizwert des Benzins 10000 kcal/kg?

**724.** Bei der isobaren Erwärmung von 5 kg CO<sub>2</sub>-Gas verrichtet dieses die Ausdehnungsarbeit 5000 kpm. Welche Temperatur wird dabei erreicht, wenn diese anfangs  $10^{\circ}\text{C}$  beträgt?  
( $R = 19,26$  kpm/kg K)

**725.** In einer Stahlflasche befinden sich 20 l Wasserstoffgas. Welche Wärmemenge nimmt das Gas auf, wenn der Druck von 50 at auf 60 at ansteigt?

**726.** Durch Zufuhr von 50 kcal werden 300 l Luft bei konstantem Druck erwärmt. Wie groß ist der Druck, wenn sich das Volumen dabei verdoppelt?

**727.** Das Volumen des in einem Gasometer unter dem konstant bleibenden Druck 1 at stehenden Gases von der anfänglichen Dichte 1,94 kg/m<sup>3</sup> nimmt um 11 % zu, wenn es sich um 20 K erwärmt. Welchen Wert hat die Gaskonstante?

**728.** Wieviel Braunkohle vom Heizwert 600 kcal/kg würde theoretisch ausreichen, um die Luft ( $\rho = 1,25$  kg/m<sup>3</sup>) eines

90 m<sup>3</sup> großen Wohnraumes von 6 °C auf 24 °C zu erwärmen?  
( $c_p = 0,241$  kcal/kg K)

**729.** Welches Luftvolumen läßt sich durch Zufuhr von 2,5 kWh bei konstantem Druck um 30 K erwärmen?  
( $c_p = 0,241$  kcal/kg K,  $\rho = 1,25$  kg/m<sup>3</sup>)

**730.** 0,5 kg Kohlendioxid von der Temperatur  $t_1 = 18$  °C steht unter dem anfänglichen Druck 2 at und wird unter Aufwand der Arbeit 3500 kpm auf  $\frac{1}{4}$  des Volumens komprimiert. Welche Endtemperatur und welcher Enddruck entstehen, wenn durch Kühlung 4,5 kcal abgeführt werden?

**731.** Der Belastungswiderstand einer dynamoelektrischen Bremse nimmt die Leistung 300 kW auf und wird mittels hindurchgesaugter Luft gekühlt, die sich von 20 °C auf 120 °C erhitzen darf. Welches Volumen an Kühlluft ist je Stunde erforderlich? (760 Torr)

**732.** 4 m<sup>3</sup> Luft vom Normalzustand (0 °C, 760 Torr) werden unter Aufwand von 35000 kpm komprimiert, wobei die Endtemperatur 82 °C erreicht wird. Welche Wärmemenge führt das Kühlwasser dabei ab?

**733.** Welche Arbeit verrichten 15 kg Luft, wenn diese bei gleichbleibendem Druck von 20 °C auf 150 °C erwärmt wird?

**734.** Ein Gasgemisch hat die spezifischen Wärmekapazitäten  $c_p = 0,769$  bzw.  $c_v = 0,547$  kcal/kg K. Welche Ausdehnungsarbeit leistet 1 kg des Gases, wenn es bei konstantem Druck um 1 K erwärmt wird?

**735.** Auf welche Temperatur erwärmen sich 5 kg Luft bei einer Wärmezufuhr von 5 kcal, und welches Volumen nimmt die Luft ein, wenn der absolute Druck konstant bleibt? (Anfangszustand 10 °C und 1 at,  $R = 29,27$  kpm/kg K)

**736.** In einer Sauerstoffflasche von 40 l Inhalt steht das Gas bei 19 °C unter dem absoluten Druck 80 at. Wie hoch steigen Temperatur und Druck, wenn dem Gas 20 kcal zugeführt werden?  
( $c_v = 0,156$  kcal/kg K)

**737.** Welche Wärmemenge muß man einem Behälter mit 2,5 m<sup>3</sup> Luft zuführen, damit der Druck um 1 at ansteigt?  
( $c_v = 0,172$  kcal/kg K)

**738.** Ein Zylinder von 10 cm Durchmesser ist durch einen  $F = 60$  kp schweren, reibungslos beweglichen Kolben verschlossen

und enthält  $V_1 = 2\text{ l}$  Luft von  $22^\circ\text{C}$  bei einem äußeren Luftdruck von  $p_2 = 1\text{ at}$ . Auf wieviel Grad ist die Luft zu erhitzen, wenn sich der Kolben um  $h = 15\text{ cm}$  heben soll, und welche Wärmemenge  $Q$  ist zuzuführen?

### 3.2.3. Zustandsänderung von Gasen

**739.** Welche Arbeit ist aufzuwenden, um  $12\text{ m}^3$  Druckluft von  $12\text{ at}$  herzustellen, wenn der Anfangsdruck  $1,1\text{ at}$  beträgt und die Temperatur konstant bleibt?

**740.** Welcher Enddruck  $p_2$  wird erreicht, wenn  $500\text{ m}^3$  Luft vom Anfangsdruck  $p_1 = 1,1\text{ at}$  unter Aufwand von  $20\text{ kWh}$  isotherm verdichtet werden?

**741.** Aus einem Zylinder entweichen  $1,5\text{ m}^3$  Druckluft von  $8\text{ at}$  unter Entspannung auf  $1,05\text{ at}$ . Welche Ausdehnungsarbeit verrichtet die Luft dabei, wenn der Vorgang isotherm geleitet wird, und welche Wärmemenge muß die Luft dabei aufnehmen?

**742.** Ein Luftkompressor nimmt eine Leistung von  $15\text{ PS}$  auf und verdichtet isotherm stündlich  $200\text{ m}^3$  Luft vom Anfangsdruck  $1,12\text{ at}$ . Welcher Enddruck wird bei einem Wirkungsgrad von  $85\%$  erreicht?

**743.** Welche Arbeit (kWh) kann mit  $800\text{ l}$  auf  $25\text{ at}$  Überdruck komprimierter Luft bei  $20^\circ\text{C}$  auf isothermem Weg bestenfalls gewonnen werden, wenn der Außendruck  $1\text{ at}$  beträgt?

**744.** Welches Luftvolumen von  $6\text{ at}$  Überdruck kann ein Kompressor bei isothermer Verdichtung stündlich höchstens liefern, wenn er eine Antriebsleistung von  $15\text{ kW}$  aufnimmt? (Außendruck  $1\text{ at}$ )

**745.**  $1\text{ kg}$  Luft von  $1\text{ at}$  soll in zwei aufeinanderfolgenden Stufen isotherm auf  $20\text{ at}$  verdichtet werden. Welcher Druck muß in der ersten Stufe erreicht werden, damit in beiden Stufen die gleiche Arbeit verrichtet wird?

**746.** Zwei oben offene zylindrische Gefäße von gleichem Querschnitt  $A = 200\text{ cm}^2$  stehen nach Bild 177 miteinander in Verbindung und sind z. T. mit Wasser gefüllt. Im linken Gefäß befindet sich  $h = 60\text{ cm}$  über dem Spiegel ein dicht schließender Kolben, der so weit hineingedrückt werden soll,

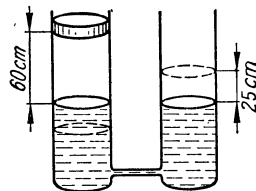


Bild 177



daß das Wasser rechts um 25 cm steigt. Welche Wärmemenge ist dabei abzuführen, und welche Arbeit ist aufzuwenden, wenn der Vorgang isotherm verläuft? Die Anwesenheit von Wasserdampf werde nicht beachtet. (Äußerer Luftdruck  $p = 1$  at)

**747.** Welche theoretische Leistung (kW) liefert eine doppeltwirkende Niederdruckdampfmaschine bei der Drehzahl 60  $1/\text{min}$ , wenn der Dampf im Kessel 4 at Überdruck hat, die Kolbenfläche 20  $\text{dm}^2$  und der Kolbenweg 50 cm beträgt, a) bei Vollampf und b) bei Absperrung der Dampfzufuhr nach  $1/4$  des Kolbenweges? Zur Vereinfachung werde der Dampf als ideales, sich isotherm ausdehnendes Gas betrachtet.

**748.** Welche Arbeit verrichten 2,5  $\text{m}^3$  Luft von  $32^\circ\text{C}$  und 4,5 at, wenn sie sich adiabatisch so weit ausdehnt, daß ihre Temperatur auf  $15^\circ\text{C}$  sinkt? ( $c_v = 0,172$  kcal/kg K,  $R = 29,27$  kpm/kg K)

**749.** Welche Werte erreichen in der letzten Aufgabe Endvolumen und Enddruck? ( $\kappa = 1,40$ )

**750.** Welches Verdichtungsverhältnis ist notwendig, um durch adiabatische Verdichtung die Lufttemperatur von  $75^\circ\text{C}$  auf  $650^\circ\text{C}$  zu steigern? ( $c_p/c_v = 1,4$ )

**751.** Der Kolben eines Verdichters ist im oberen Totpunkt 80 cm vom Zylinderboden entfernt und komprimiert die mit 1 at angesaugte Luft auf 6 at, und zwar a) isotherm und b) adiabatisch. Welchen Weg muß der Kolben in beiden Fällen zurücklegen? ( $\kappa = 1,40$ )

**752.** Welchen Wert hat der Polytropenexponent  $n$ , wenn der in der vorigen Aufgabe verlangte Enddruck nach einem Kolbenweg von 63 cm erreicht wird?

**753.** Auf welche Temperatur kühlt sich das in einer halbleeren Bierflasche enthaltene Kohlendioxid ( $18^\circ\text{C}$ , 0,5 at Überdruck) ab, wenn der Verschuß plötzlich aufspringt und der äußere Luftdruck 1 at beträgt? ( $\kappa = 1,30$ )

**754.** Im Zylinder eines Dieselmotors wird die angesaugte Luft ( $60^\circ\text{C}$ , 1 at) auf den 15. Teil des Volumens zusammengedrückt. Wie hoch sind Endtemperatur und Enddruck, wenn die Kompression adiabatisch verläuft? ( $\kappa = 1,40$ )

**755.** Luft von  $0^\circ\text{C}$  wird in zwei aufeinanderfolgenden Stufen adiabatisch verdichtet, wobei sich der Druck jedesmal ver-

doppelt. Welche Zwischen- und Endtemperatur wird dabei erreicht?

**756.** Der in einem Zylinder von  $400 \text{ cm}^2$  Querschnitt bewegliche Kolben wird um  $20 \text{ cm}$  nach innen geschoben, wodurch sich der Druck der eingeschlossenen Luft adiabatisch verdoppelt. Wie groß ist das Anfangsvolumen im Zylinder? ( $\kappa = 1,40$ )

**757.** Die Celsius-Temperatur einer Luftmenge sinkt auf den halben Wert, wenn diese sich adiabatisch auf den doppelten Wert des Anfangsvolumens ausdehnt. Wie hoch ist die Anfangstemperatur? ( $\kappa = 1,40$ )

**758.**  $3 \text{ kg}$  Luft ( $t_1 = 20^\circ\text{C}$  und  $p_1 = 0,8 \text{ at}$ ) wird bei konstantem Volumen erwärmt. Anschließend dehnt sich die Luft adiabatisch aus, wobei sie sich wieder auf die Anfangstemperatur  $t_1 = 20^\circ\text{C}$  ( $p_2 = 0,366 \text{ at}$ ) abkühlt. a) Welche Wärmemenge  $Q$  ist zuzuführen? b) Wie hoch sind Zwischentemperatur  $t_z$  und -druck  $p_z$ ?

**759.** Welche Leistung hat der Antriebsmotor eines Kompressors aufzuwenden, der stündlich  $35 \text{ m}^3$  Druckluft von  $5 \text{ at}$  Überdruck bei einem Luftdruck von  $1 \text{ at}$  isotherm liefern soll?

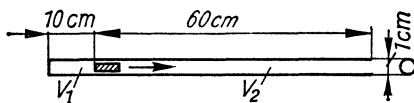


Bild 178

**760.** Durch adiabatische Entspannung von Druckluft (Anfangsüberdruck  $50 \text{ at}$ , Anfangstemperatur  $20^\circ\text{C}$ ) wird ein  $15 \text{ p}$  schweres Geschöß nach Bild 178 aus einem vorn offenen Rohr herausgeschleudert. Mit welcher Geschwindigkeit verläßt es den Lauf?

**761.** Ein Behälter mit Luft von  $10^\circ\text{C}$  und  $2 \text{ at}$  Überdruck wird kurzzeitig geöffnet, wobei Druckausgleich mit der Umgebung ( $1 \text{ at}$ ) erfolgt. Welcher Druck stellt sich ein, wenn sich der Behälter anschließend wieder auf  $10^\circ\text{C}$  erwärmt?

### 3.3. Dämpfe

#### 3.3.1. Wasserdampf

**762.**  $3 \text{ m}^3$  Wasserdampf von  $4,5 \text{ at}$  werden in  $V_1 = 2 \text{ m}^3$  Wasser von  $t_1 = 5^\circ\text{C}$  eingeleitet. Welche Mischtemperatur  $t_m$  stellt sich ein?

**763.** Ein moderner Dampferzeuger nimmt in einer Stunde  $8 \cdot 10^6$  kcal auf und liefert bei einer Speisewassertemperatur von  $86^\circ\text{C}$  stündlich 10,25 t überhitzten Dampf. Welcher Wirkungsgrad wird damit erreicht, wenn der Wärmeinhalt des Dampfes  $h'' = 760,8$  kcal/kg beträgt?

**764.** Der Dampfdruck des Wassers bei  $0^\circ\text{C}$  beträgt 4,58 Torr. Wie groß sind die Dichte  $\rho$  und das spezifische Volumen  $v$  des Dampfes? (Gaskonstante des Wasserdampfes  $R = 47,1$  kpm/kg K)

**765.** In einem Zylinder vom Anfangsvolumen  $V = 18$  l befindet sich gesättigter Dampf von 2 at absolut. Wieviel Kondenswasser  $V_w$  bildet sich, und welche Wärmemenge  $Q$  ist abzuführen, wenn der Kolben bei konstant gehaltener Temperatur um  $\frac{2}{3}$  der Zylinderlänge hineingeschoben wird?

**766.**  $m_1 = 4$  t Wasser von  $17^\circ\text{C}$  Anfangstemperatur strömen durch eine Rohrschlange und werden im Gegenstrom durch Dampf von 1,5 at auf  $85^\circ\text{C}$  erhitzt, wobei das Dampfkondensat mit  $45^\circ\text{C}$  abfließt. Welche Dampfmenge  $m_2$  ist erforderlich?

**767.** Welche Dampfmenge  $m_2$  von 3,5 at Überdruck muß in  $m_1 = 250$  t Wasser von  $8^\circ\text{C}$  eingeleitet werden, um dieses auf  $50^\circ\text{C}$  zu erwärmen?

**768.** Welche Kühlwassermenge  $m_2$  von  $t_2 = 12^\circ\text{C}$  wird im Mischkondensator einer Dampfmaschine für  $m_1 = 1$  kg Dampf von 1,5 at Überdruck benötigt, wenn das Kühlwasser mit der Temperatur  $t_1 = 30^\circ\text{C}$  austreten soll?

**769.** Ein Kessel nimmt stündlich 300 000 kcal auf und erzeugt Dampf von 5 at Überdruck. Wieviel Kilogramm Dampf entstehen je Stunde, und mit welcher Geschwindigkeit strömt dieser durch das Ableitungsrohr von 12 cm Durchmesser?

**770.** Der gesamte Wirkungsgrad einer Dampfmaschine beträgt 13,5 %. Welche Leistung hat sie bei einem stündlichen Verbrauch von 650 kg Dampf von 9 at Überdruck und der Speisewassertemperatur  $60^\circ\text{C}$ ?

**771.** Wieviel Steinkohle (6800 kcal/kg) werden zur stündlichen Erzeugung von 450 kg Dampf von 8 at Überdruck verbraucht, wenn der Wirkungsgrad der Kesselanlage 75 % und die Speisewassertemperatur  $45^\circ\text{C}$  beträgt?

**772.** Durch plötzliches Öffnen des Ventils sinkt der absolute Druck eines Dampfkessels von 5 auf 4 at.

- a) Wieviel Kilogramm Dampf strömen aus, wenn das Dampf-  
volumen im Kessel  $0,5 \text{ m}^3$  beträgt?  
b) Wieviel Wärme wird dadurch im Kessel frei, wenn dieser  
außer dem Dampf noch  $2 \text{ m}^3$  Wasser enthält?  
c) Wieviel Kilogramm Dampf bilden sich während der sofort  
einsetzenden Nachverdampfung, wenn der absolute Druck bei  
 $4 \text{ at}$  konstant gehalten wird?

**773.** Ein Kessel ist zum größten Teil mit  $m_1 = 120 \text{ t}$  Wasser ge-  
füllt, das als Wärmespeicher dient. Welche Dampfmenge  $m_2$   
kann entnommen werden, wenn der Kessel mit gesättigtem  
Dampf von  $9 \text{ at}$  gefüllt und bei  $3 \text{ at}$  absolut entleert wird?

**774.** Welche Dampfmenge  $m_2$  von  $2 \text{ at}$  absolut muß man in  
Wasser von  $t_2 = 6^\circ\text{C}$  einleiten, um insgesamt  $m_1 = 800 \text{ kg}$   
Wasser von  $t_1 = 50^\circ\text{C}$  zu erhalten?

**775.** Was ist an dem Satz falsch: „Gesättigter Dampf konden-  
siert, wenn man ihn komprimiert“?

**776.** Ein Kessel enthält bei anfangs  $20^\circ\text{C}$  und  $720 \text{ Torr}$  Wasser  
und trockene Luft. Welcher Überdruck stellt sich ein, wenn der  
Kessel verschlossen und dann auf  $100^\circ\text{C}$  erhitzt wird?

### 3.3.2. Luftfeuchtigkeit

**777.** Ein Hygrometer zeigt bei  $17^\circ\text{C}$  eine relative Feuchtigkeit  
von  $55\%$  an. Wie groß ist die absolute Feuchtigkeit?

**778.** Welche absolute und relative Feuchtigkeit ergibt sich für  
Luft von  $19^\circ\text{C}$ , deren Taupunkt bei  $16^\circ\text{C}$  liegt?

**779.**  $75 \text{ l}$  Luft werden bei  $22^\circ\text{C}$  durch Chlorkalzium gesaugt,  
wobei dieses unter völliger Trocknung der Luft eine Massen-  
zunahme von  $0,82 \text{ g}$  erfährt. Wie groß sind absolute und relative  
Feuchtigkeit?

**780.** Wieviel Wasser wird aus der Luft eines  $250 \text{ m}^3$  großen  
Raumes abgeschieden, wenn die Temperatur von werktags  
 $19^\circ\text{C}$  während der Feiertage auf  $4^\circ\text{C}$  sinkt und die Feuchtigkeit  
 $\varphi = 75\%$  betrug?

**781.** Wieviel Wasser muß verdampft werden, um die relative  
Luftfeuchtigkeit eines  $180 \text{ m}^3$  großen Raumes, in dem die Tem-  
peratur  $24^\circ\text{C}$  herrscht, von  $25\%$  auf  $70\%$  zu erhöhen?

**782. a)** Wieviel wiegt  $1 \text{ m}^3$  Luft von  $20^\circ\text{C}$ ,  $720 \text{ Torr}$  und  $60\%$   
relativer Feuchtigkeit?

b) Wieviel wiegt demgegenüber  $1 \text{ m}^3$  trockene Luft von  $20^\circ\text{C}$  und 720 Torr?

**783.** In einen geschlossenen, 60 l großen und mit trockener Luft von  $12^\circ\text{C}$  gefüllten Behälter werden 0,4 g Wasser gebracht.  
a) Wie groß wird die relative Feuchtigkeit? b) Auf wieviel Grad muß der Behälter abgekühlt werden, damit Taubildung eintritt?

**784.** Durch Abkühlung feuchter Luft von  $22^\circ\text{C}$  auf  $-5^\circ\text{C}$  vermindert sich deren Druck bei gleichbleibendem Volumen infolge der Kondensation von Wasserdampf von 818 Torr auf 736 Torr. Wie groß ist die relative Feuchtigkeit?

### 3.4. Kinetische Gastheorie

**785.** Wieviel Teilchen enthält  $1 \text{ cm}^3$  des idealen Gases bei der Temperatur  $15^\circ\text{C}$  und dem Druck  $10^{-8}$  Torr?

**786.** Welche Temperatur hat ein Gas, das beim Druck  $10^{-10}$  Torr je  $\text{cm}^3$   $10^6$  Teilchen enthält?

**787.** Welche mittlere Geschwindigkeit haben die Moleküle eines Gases, das bei dem Druck  $10^{-3}$  at die Dichte  $1,75 \cdot 10^{-4} \text{ kg/m}^3$  hat?

**788.** Welche innere Energie (kinetische Energie der Teilchen) enthalten  $5 \text{ cm}^3$  des idealen Gases bei einem Druck von 760 Torr?

**789.**  $6,474 \cdot 10^{20}$  Moleküle eines Gases sind im Volumen  $20 \text{ cm}^3$  eingeschlossen und haben die kinetische Energie 5 Js. Wie groß sind Druck und Temperatur des Gases?

**790.** Nach Erwärmung eines geschlossenen Gasbehälters von  $20^\circ\text{C}$  auf  $200^\circ\text{C}$  steigt der Druck von 1 at auf 1,2 at. Wieviel Prozent der anfangs vorhandenen Moleküle entweichen dabei durch ein vorhandenes Leck?

**791.** Die Mittelwerte der kinetischen Energie und des Impulses eines einzelnen Moleküls betragen  $W = 6,5 \cdot 10^{-21}$  Js bzw.  $p = 4,253 \cdot 10^{-23}$  kgm/s. Um welches Gas handelt es sich?

**792.** In einem kugelförmigen Gefäß von 15 cm Durchmesser befindet sich Wasserstoff von  $25^\circ\text{C}$ . Bei welchem Fülldruck (in Torr) ist die mittlere freie Weglänge gleich dem Gefäßdurchmesser? (Moleküldurchmesser  $2,5 \cdot 10^{-10} \text{ m}$ )

**793.** Welche mittlere Energie (in eV) haben die Teilchen im Plasma des Sonnenzentrums und unter welchem Druck steht

dieses, wenn die Temperatur auf  $2 \cdot 10^7$  K und die Teilchendichte auf  $5 \cdot 10^{23} \text{ 1/cm}^3$  geschätzt werden?

**794.** Bei welchem Gasdruck betragen die kinetische Energie eines Sauerstoffmoleküls (Durchmesser  $3 \cdot 10^{-10}$  m)  $8 \cdot 10^{-21}$  Ws und seine mittlere freie Weglänge 5 mm?

**795.** Wie groß ist die mittlere freie Weglänge der Moleküle von Wasserstoff, dessen Dichte  $1,5 \cdot 10^{-8}$  kg/m<sup>3</sup> beträgt? (Moleküldurchmesser  $2,5 \cdot 10^{-10}$  m)

**796.** Auf wieviel Grad Celsius muß die Temperatur eines Gases erhöht werden, damit sich die bei 20 °C vorhandene Molekulargeschwindigkeit verdoppelt?

**797.** Wieviel Zusammenstöße erleidet ein Chlor-Molekül (Wirkungsradius  $r = 3,8 \cdot 10^{-10}$  m) im zeitlichen Mittel je Sekunde, wenn das Gas bei 100 °C den Druck 3 at hat?

### 3.5. Ausbreitung der Wärme

#### 3.5.1. Wärmeleitung, Wärmedurchgang, Wärmeübergang

**798.** (Bild 179) In einem Prüfgerät zur Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit einer 50 cm  $\times$  50 cm großen und 6 cm dicken Baustoffplatte wird einerseits durch elektrische Beheizung eine konstante Oberflächentemperatur von 85 °C hergestellt. Die andere Oberfläche wird gekühlt, indem je Minute 5 l Wasser von 18 °C durch eine Kühlplatte strömen. Wie groß ist die Wärmeleitzahl  $\lambda$ , wenn sich das Wasser auf 20 °C erwärmt?

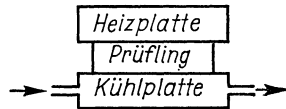


Bild 179

**799.** Welche Wärmemenge geht täglich durch eine 24 m<sup>2</sup> große, beiderseits verputzte Ziegelwand von 43 cm Dicke, wenn die Wandtemperaturen innen 20 °C bzw. außen  $-5$  °C betragen? ( $\lambda = 0,6$  kcal/m h K)

**800.** Eine frei aufgehängte Metallkugel von 10 cm Durchmesser empfängt durch Sonnenstrahlung je Stunde 2 kcal. Welche Temperatur erreicht sie, wenn die Außentemperatur  $\vartheta = 15$  °C und die Wärmeübergangszahl  $\alpha = 4,5$  kcal/m<sup>2</sup> h K beträgt?

**801.** Ein Hörsaal hat einfache Fenster von insgesamt 8 m<sup>2</sup> Fensterfläche und 4 mm Glasdicke. Welche Wärme geht im Ver-

lauf von 8 Stunden verloren, wenn die Temperaturen innen  $18^\circ\text{C}$  bzw. außen  $-5^\circ\text{C}$  betragen? Die Wärmeübergangszahlen betragen  $4,8$  bzw.  $11,6$  kcal/m<sup>2</sup> h K, die Wärmeleitzahl des Glases  $0,7$  kcal/m h K.

**802.** a) Welchen Wert hat die Wärmedurchgangszahl  $k$  für eine 25 cm dicke Ziegelwand, wenn die Wärmeübergangszahlen innen  $\alpha_1 = 4,8$  kcal/m<sup>2</sup> h K bzw. außen  $\alpha_2 = 14,0$  kcal/m<sup>2</sup> h K und die Wärmeleitzahl  $\alpha = 0,5$  kcal/m h K sind?

b) Welche Wandtemperaturen stellen sich ein, wenn die Zimmertemperatur  $\vartheta_1 = 19^\circ\text{C}$  und die Außentemperatur  $\vartheta_2 = 4^\circ\text{C}$  beträgt?

**803.** Bei welcher Außentemperatur  $\vartheta_2$  beschlägt ein 3 mm dickes einfaches Fenster, wenn die Zimmertemperatur  $\vartheta_1 = 18^\circ\text{C}$  und die relative Luftfeuchtigkeit 70 % beträgt? Es werden die Wärmeübergangszahlen innen  $\alpha_1 = 5$  kcal/m<sup>2</sup> h K, außen  $\alpha_2 = 12$  kcal/m<sup>2</sup> h K und die Wärmeleitzahl  $\lambda = 0,7$  kcal/m h K angenommen.

**804.** Wie dick muß eine Holzwand ( $\lambda_1 = 0,25$  kcal/m h K) sein, wenn sie je m<sup>2</sup> nicht mehr Wärme ableiten soll als eine gleich große 38 cm dicke Ziegelwand? ( $\lambda_2 = 0,4$  kcal/m h K)

**805.** Welche Wärmeübergangszahl  $\alpha$  ergibt sich für eine frei verlegte, 1,5 mm dicke Kupferleitung, die, mit der höchstzulässigen Stromstärke 25 A belastet, sich im Dauerbetrieb um 35 K über die Außentemperatur von  $25^\circ\text{C}$  erwärmt? (Spez. Widerstand  $\rho = 0,02 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$ )

**806.** Welche Wärmemenge dringt je Stunde durch ein 3 m<sup>2</sup> großes Doppelfenster in einen Kühlraum, wenn folgende Werte gegeben sind: Wärmeübergangszahl außen  $\alpha_1 = 25$  kcal/m<sup>2</sup> h K, innen  $\alpha_2 = 6$  kcal/m<sup>2</sup> h K, Wärmeleitzahl für Glas  $\lambda = 0,65$  kcal/m h K, Wärmeleitwiderstand des Luftzwischenraums  $0,2 \text{ m}^2 \text{ h K/kcal}$ , Scheibendicke  $d = 4$  mm, Temperatur außen  $\vartheta_1 = 30^\circ\text{C}$ , innen  $\vartheta_2 = -8^\circ\text{C}$ ?

**807.** Welche Temperaturen  $\vartheta_1' \dots \vartheta_4'$  nehmen die 4 Glasoberflächen der Aufgabe 806 an?

**808.** Welche Wärmemenge geht je Stunde durch 1 m<sup>2</sup> Rohrwandung eines Überhitzers, wenn die Wärmeübergangszahlen außen bzw. innen  $\alpha_1 = 76$  bzw.  $\alpha_2 = 1770$  kcal/m<sup>2</sup> h K, die Temperatur der Rauchgase  $800^\circ\text{C}$  und die des Wasserdampfes

550 °C betragen? Der Einfluß der Wärmeleitung werde vernachlässigt.

**809.** Von den Brennstoffelementen eines Kernreaktors, deren Oberflächentemperatur 632 °C beträgt, werden je Stunde und Quadratmeter 50 000 kcal abgegeben. Wie groß ist die Wärmeübergangszahl, wenn das die Wärme abführende Gas die Temperatur 600 °C hat?

**810.** Im Wärmeaustauscher eines Kernkraftwerkes umspült flüssiges Natrium der Temperatur 677,4 °C Rohre von 1 mm Wanddicke, in denen Helium von 600 °C zirkuliert. Wie groß sind die Wärmeübergangszahlen außen und innen sowie die Wärmeleitzahl, wenn die Wandtemperaturen außen 675,8 °C, innen 669,8 °C und der Wärmefluß 115 000 kcal/m<sup>2</sup> h betragen?

### 3.5.2. . Temperaturstrahlung

**811.** Zwei gleich große Reagenzgläser, von denen das erste mit schwarzer Tusche und das zweite mit Milch gefüllt ist, werden in die Sonne gestellt. Welches Glas erwärmt sich schneller?

**812.** Auf einem Gasherd steht ein Topf mit Wasser. Weshalb geht die Erwärmung von 10 °C auf 20 °C schneller vor sich als von 70 °C auf 80 °C?

**813.** Ein senkrecht hängender Bleidraht kann mittels elektrischen Stromes zum Glühen gebracht werden. Wie ist das zu erklären?

**814.** Einem Gast werden eine Tasse heißen Kaffees und ein Kännchen kalter Milch serviert. Wie kommt er am schnellsten zu einem möglichst kühlen Getränk? Soll er die Milch sofort in den Kaffee gießen und dann abwarten oder erst eine Weile warten und dann die Getränke mischen?

**815.** Warum sind blanke Sammelschienen für Starkstrom nicht so hoch belastbar wie angestrichene?

**816.** Die Oberfläche eines Körpers reflektiert 86 % aller auftreffenden Strahlung. Wie groß ist sein Emissionsvermögen  $\epsilon$ , wenn das des schwarzen Körpers  $\epsilon_s = 1$  beträgt?

**817.** Welche Leistung ist nötig, um den 40 cm langen und 2 cm dicken Silitstab ( $\epsilon = 0,93$ ) eines elektrischen Ofens (Innentemperatur 300 °C) auf Dunkelrotglut (700 °C) zu halten? Stefan-Boltzmannsche Konstante  $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$ .



**818.** Im Weltraum befinde sich in Erdnähe eine senkrecht zum Strahleneinfall der Sonne orientierte, beiderseits schwarze Fläche. Welche Temperatur nimmt sie im Strahlungsgleichgewicht an, wenn die Einstrahlung von seiten der Sonne  $0,033 \text{ cal/cm}^2 \text{ s}$  beträgt? (Stefan-Boltzmannsche Konstante  $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$ )

**819.** Welche Temperatur hat die aus 10 m Chromnickeldraht von 1 mm Dicke gedrehte Wendel eines elektrischen Strahlrofens, der eine Leistung von 1 kW aufnimmt, wenn die Raumtemperatur  $18^\circ\text{C}$  und das Emissionsvermögen des Drahtes  $\varepsilon = 0,6$  beträgt?

**820.** Die aus  $l = 10 \text{ m}$  Chromnickeldraht gewickelte Heizwendel eines elektrischen Strahlrofens für Anschluß an 220 V soll sich bei einer Raumtemperatur von  $20^\circ\text{C}$  auf  $1100^\circ\text{C}$  erhitzen. Welchen Durchmesser  $d$  muß der Draht haben? (Spez. Widerstand  $\rho = 1,1 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$ , Emissionsvermögen  $\varepsilon = 0,6$ )

**821.** Welche Korrektur erfährt das Ergebnis der Aufgabe 805, wenn die Wärmeabgabe durch Strahlung berücksichtigt wird? (Emissionsvermögen  $\varepsilon = 0,9$ )

**822.** Einem elektrischen Heizkörper von  $350 \text{ cm}^2$  strahlender Oberfläche wird die Leistung 1,5 kW zugeführt. Welche Temperatur nimmt er an, wenn die Raumtemperatur  $250^\circ\text{C}$  und das Emissionsvermögen  $\varepsilon = 0,9$  beträgt?

**823.** Eine Linse von 10 cm Durchmesser und 20 cm Brennweite wird gegen die Sonne gehalten und in ihren Brennpunkt eine Wolframkugel von der Größe des Sonnenbildes gesetzt. Auf welche Temperatur erwärmt sich die Kugel, wenn angenommen wird, daß die Strahlung beim Durchgang durch die Linse keine Verluste erleidet? (Raumtemperatur  $20^\circ\text{C}$ , Winkeldurchmesser der Sonne  $32'$ , Emissionsvermögen von Wolfram  $\varepsilon = 0,3$ , Solar-konstante  $1,37 \text{ kW/m}^2$ ).

**824.** Es ist die an einen Flammrohrkessel (Bild 180) stündlich übertragene Wärmemenge zu berechnen, wobei die Strahlung der Kohlschicht und der Flamme sowie der Wärmeübergang an das Flammrohr zu berücksichtigen sind. Gegebene Daten: Rostfläche  $A_1 = 1,5 \text{ m}^2$ , Flammrohrfläche  $A_3 = 2,5 \text{ m}^2$ , strah-

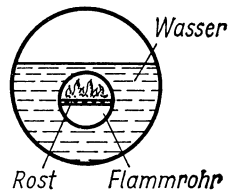


Bild 180

lende Fläche der Flamme  $A_2 = 1 \text{ m}^2$ ; Temperaturen: Flamme  $\vartheta_3 = 1050^\circ\text{C}$ , Kohlschicht  $\vartheta_2 = 850^\circ\text{C}$ , Flammrohr  $\vartheta_1 = 240^\circ\text{C}$ ; Emissionsvermögen: Kohle  $\varepsilon_1 = 0,9$ , Flamme  $\varepsilon_2 = 0,5$ ; Wärmeübergangszahl für die  $1050^\circ\text{C}$  heißen Gase  $\alpha = 8 \text{ kcal/m}^2 \text{ h K}$ .

**825.** Ein als schwarzer Körper zu betrachtender Schmelzofen hat die Innentemperatur  $1350^\circ\text{C}$ . Welche Wärmemenge  $Q$  wird stündlich durch die  $20 \text{ cm} \times 30 \text{ cm}$  große Öffnung bei der Außentemperatur  $25^\circ\text{C}$  abgegeben?

## 4. Optik

### 4.1. Reflexion des Lichtes

#### 4.1.1. Ebener Spiegel

826. Gegeben ist eine Spiegelanordnung nach Bild 181. a) Unter welchem Winkel wird der auf Spiegel I fallende Strahl 1 bei der dritten Reflexion von Spiegel III zurückgeworfen? b) Um wieviel Grad ist der ausfallende Strahl gegenüber dem einfallenden Strahl gedreht?

827. Die direkte Entfernung zwischen Auge  $A$  und Punkt  $P$  (Bild 182) beträgt 6 m. Wie weit ist das Spiegelbild des Punktes  $P$  vom Auge entfernt?

828. Zwischen dem in 20 m Höhe stehenden Beobachter und einem 60 m hohen Schornstein befindet sich ein Teich, in dem das Spiegelbild des Schornsteinkopfes unter  $35^\circ$  gegen die Waagerechte zu sehen ist. Wie weit ist der Schornstein entfernt?

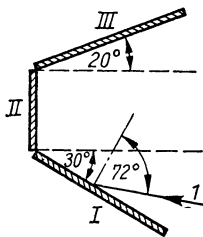


Bild 181

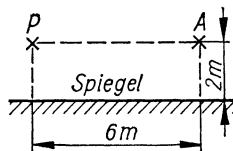


Bild 182

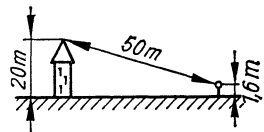


Bild 183

829. (Bild 183) Die Luftlinie zwischen dem 1,60 m hoch gelegenen Auge des Beobachters und der Spitze des 20 m hohen Turmes am jenseitigen Ufer eines Teiches beträgt 50 m. Wie weit ist das im Wasser sichtbare Spiegelbild der Turmspitze vom Auge entfernt?

830. Welche Länge muß ein senkrecht an der Wand hängender Spiegel mindestens haben, damit man sich selbst vom Scheitel bis zur Sohle vollständig sehen kann?

831. Welche Länge  $x$  muß ein nach Bild 184 unter  $\alpha = 30^\circ$  gegen die Wand hängender Spiegel haben, wenn sich eine davorstehende Person von  $h = 1,70$  m Größe gerade vollständig darin

sehen soll und der Abstand Kopf-Spiegel  $a = 2 \text{ m}$  beträgt? (Unter Nichtbeachtung der Stirnhöhe)

**832.** Der Zeiger eines Meßinstrumentes spielt 1 mm über einer Spiegelskale, deren unten versilbertes Spiegelglas 0,8 mm dick ist. Welche Entfernung  $a$  hat das Spiegelbild vom Zeiger?

**833.** Bei zweimaliger Reflexion an zwei rechtwinklig angeordneten Spiegeln wird jeder in der Ebene der beiden Spiegelnormalen einfallende Strahl parallel zu sich selbst zurückgeworfen. Dies ist zu beweisen!

**834.** Bei der Reflexion an zwei Spiegeln I und II, die den Winkel  $\alpha$  miteinander einschließen, ist der ausfallende Strahl gegenüber dem einfallenden um  $2\alpha$  verdreht. Dies ist zu beweisen!

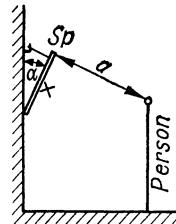


Bild 184

4.1.2. Sphärische Spiegel

**835.** (Bild 185) Im Brennpunkt eines sphärischen Hohlspiegels, dessen Rand in Brennpunkthöhe abschneidet, befindet sich eine punktförmige Lichtquelle. Welchen Winkel bilden die reflektierten Randstrahlen mit der Spiegelachse?

**836.** Der Öffnungsdurchmesser eines sphärischen Hohlspiegels beträgt  $2a = 100 \text{ cm}$ , sein Krümmungsradius  $r = 60 \text{ cm}$ . Welchen Abstand  $x$  vom Spiegelscheitel muß eine punktförmige Lichtquelle haben, wenn die äußersten reflektierten Randstrahlen parallel zur Achse verlaufen?

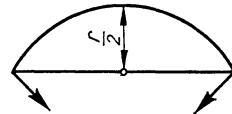


Bild 185

**837.** Im Brennpunkt eines halbkugeligen Reflektors ( $r = 60 \text{ cm}$ ) ist eine kleine Lampe angebracht. a) Welchen Radius  $R_1$  hat die 6 m unter dem Brennpunkt liegende beleuchtete Fläche?

b) Welchen Radius  $R_2$  hat der von den reflektierten Strahlen besonders hell erleuchtete Kreis?

**838.** An den unteren Rand des in der letzten Aufgabe behandelten Reflektors soll ein zylindrischer Blechkragen so angesetzt werden, daß der Lichtschein nur auf den hellen Innenkreis beschränkt bleibt. Welche Höhe muß die Blende haben?

**839.** Wie groß ist das Öffnungsverhältnis (Öffnungsdurchmesser  $d$ : Brennweite  $f$ ) eines sphärischen Hohlspiegels von  $r = 50$  cm, der achsenparalleles Licht mit einem Fehler von höchstens  $\Delta f = 1$  mm im Brennpunkt vereinigt?

**840.** Berechne für einen Hohlspiegel die Größe  $B$ , die Art und Lage des Bildes und seine Entfernung  $b$  vom Spiegelscheitel, wenn folgende Größen gegeben sind:

Krümmungsradius  $r$     Gegenstandsgröße  $G$     Gegenstandsweite  $a$

a)	50 cm	8 cm	30 cm
b)	80 cm	6 cm	15 cm
c)	40 cm	12 cm	30 cm
d)	30 cm	5 cm	15 cm

**841.** Wie weit muß ein Gegenstand vom Scheitel des Hohlspiegels ( $r = 20$  cm) entfernt sein, damit ein 5mal so großes a) reelles, b) virtuelles Bild entsteht? In welchen Entfernungen vom Scheitel befinden sich diese Bilder?

**842.** Ein Gegenstand steht zwischen einem Konkav- und einem Konvexspiegel von gleich großen Krümmungsradien  $r$ . Der Scheitelabstand der Spiegel ist  $a$ . In welcher Entfernung  $x$  vom Konkavspiegel steht der Gegenstand, wenn beide Bilder gleich groß sind?

## 4.2. Lichtbrechung und Linsen

### 4.2.1. Brechungsgesetz

**843.** Inwiefern sind die auf Bild 186 angegebenen Strahlengänge durch ein in Luft befindliches Glasprisma falsch?

**844.** Weshalb ist ein beliebiger, auf die Hypotenuse in ein rechtwinkliges Spiegelprisma fallender Strahl parallel zu sich selbst zurückgeworfen?

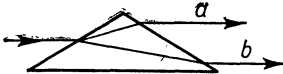


Bild 186

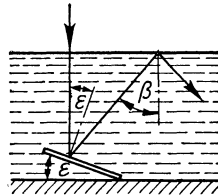


Bild 187

845. (Bild 187) Licht fällt senkrecht von oben auf einen unter Wasser liegenden Spiegel. Um welchen Winkel  $\varepsilon$  muß dieser mindestens gegen die Horizontale geneigt sein, wenn das von ihm reflektierte Licht nicht wieder in die Luft zurückkehren soll?

846. Ein Strahl fällt nach Bild 188 unter  $60^\circ$  auf die Fläche 1 des Prismas ( $n = 1,5$ ). Die Fläche 2 außen ist versilbert und bildet mit Fläche 1 einen brechenden Winkel von  $30^\circ$ . Unter welchem Winkel  $\varepsilon$  verläßt der Strahl das Prisma?

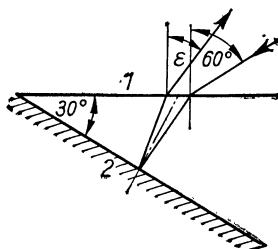


Bild 188

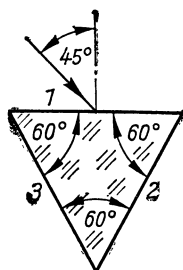


Bild 189

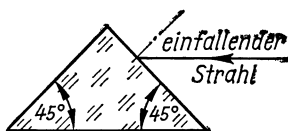


Bild 190

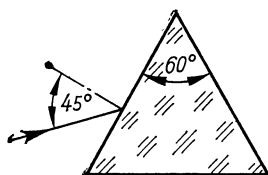


Bild 191

847. Auf die Fläche 1 des in Bild 189 gezeigten Glasprismas ( $n = 1,7$ ) fällt ein Strahl unter  $45^\circ$ . Unter welchem Winkel tritt der Strahl wieder aus, wenn a) die Flächen 2 und 3 außen versilbert sind, b) nur eine Fläche und c) keine Fläche versilbert ist?

848. Aus welcher Fläche und unter welchem Winkel tritt der Strahl aus dem in Bild 190 angegebenen Prisma ( $n = 1,65$ ) wieder aus?

849. Welche Gesamtablenkung erleidet der in das auf Bild 191 angegebene Prisma einfallende Strahl ( $n = 1,5$ )?

850. Prinzip des Lichtleiters.

a) Welche Brechzahl muß ein zylindrischer Stab (Bild 192) mindestens haben, wenn alle in seine Basis eintretenden Strahlen innerhalb des Stabes durch Totalreflexion fortgeleitet werden sollen?

b) Wie groß ist der maximale Eintrittswinkel bei  $n = 1,33$ ?

851. Wie groß ist die Querverschiebung  $d_1$  eines schräg durch eine Parallelplatte von der Dicke  $d$  laufenden Lichtstrahls?

a) Allgemeine Formel und b) für  $d = 6 \text{ mm}$ ,  $\alpha = 40^\circ$  und  $n = 1,5$

852. Um welche Strecke  $d_2$  wird ein schräg durch eine Parallelplatte von der Dicke  $d$  gehender Strahl in Richtung des Ausfallotes verschoben

a) bei beliebigem Einfallswinkel  $\alpha$  und

b) bei kleinem Einfallswinkel  $\alpha$ ?

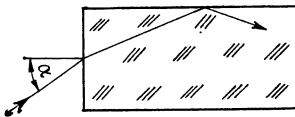


Bild 192

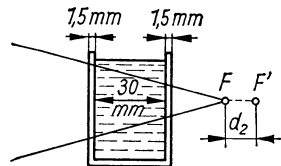


Bild 193

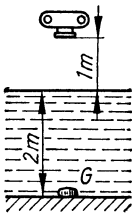


Bild 194

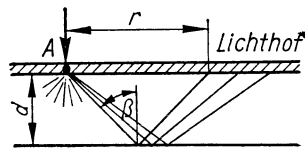


Bild 195

853. (Bild 193) In den Strahlengang einer Bildwerferlampe wird zwecks Kühlung eine mit Kupfersulfatlösung gefüllte Kuvette gestellt. Um wieviel Millimeter verschiebt sich dadurch der Brennpunkt  $F$  scheinbar nach rechts? ( $n_{\text{Glas}} = 1,5$ ,  $n_{\text{Lösung}} = 1,33$ )

854. (Bild 194) Auf welche Entfernung  $e$  muß eine Kamera eingestellt werden, wenn ein 2 m unter Wasser liegender Gegen-

stand  $G$  senkrecht von oben aus einer Entfernung von 1 m über dem Wasserspiegel fotografiert werden soll?

**855.** (Bild 195) Fällt ein intensiver Lichtstrahl auf eine Fotoplatte, so kann sich rund um die Auftreffstelle  $A$  ein „Reflexionslichthof“ bilden (verursacht durch Totalreflexion des in der Emulsion zerstreuten Lichtes an der Plattenunterseite). Wie groß ist dessen innerer Radius  $r$ , wenn das Glas die Dicke  $d = 1,5$  mm hat und  $n = 1,5$  ist?

**856.** Welche Dicke hat Kinofilm ( $n = 1,5$ ), wenn der in Aufgabe 855 beschriebene Lichthofradius 0,234 mm groß ist?

**857.** Ein Lichtstrahl fällt unter  $75^\circ$  auf eine 15 mm dicke Glasplatte ( $n = 1,5$ ), die auf der Rückseite versilbert ist. Ein Teil des Lichtes dringt ins Glas ein und wird an der Unterseite reflektiert. Welchen Abstand haben die beiden parallel austretenden Strahlen?

**858.** Welche Brechzahl hat das Glas in Aufgabe 857, wenn der Einfallswinkel  $60^\circ$  und der Abstand der beiden austretenden Strahlen 8 mm beträgt?

**859.** Unter welchem Winkel muß ein Lichtstrahl auf Glas von  $n = 1,5$  fallen, wenn reflektierter und eindringender Strahl aufeinander senkrecht stehen sollen?

**860.** Wie groß ist der Durchmesser des Kreises, durch den ein 12 m unter Wasser befindlicher Taucher den Himmel sehen kann?

**861.** (Bild 196) Ein scheinbar vom Punkt  $G'$  unter Wasser ausgehender Lichtstrahl wird unter einem Senkungswinkel von  $30^\circ$  gesehen und hat die scheinbare Länge von 2 m. In welcher Tiefe liegt der Gegenstand, wenn  $n = 1,33$  ist?

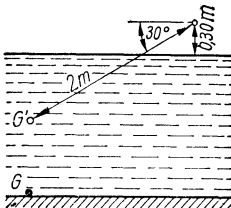


Bild 196

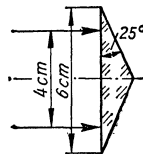


Bild 197



**862.** (Bild 197) Zwei parallele Strahlen fallen im Abstand von 4 cm lotrecht auf die Basis des Glasprismas ( $n = 1,65$ ).

- a) Unter welchem Winkel  $\alpha$  treten sie aus dem Prisma aus?  
b) In welcher Entfernung von der Basis schneiden sie einander?

#### 4.2.2. *Einfache Linsen*

**863.** Wieviel Dioptrien hat ein konkavkonvexes Brillenglas ( $n = 1,5$ ) mit den Krümmungsradien  $r_1 = 12$  cm und  $r_2 = 18$  cm?

**864.** Eine Plankonvexlinse hat den Krümmungsradius  $r = 12$  cm und die Brennweite  $f = 20$  cm. Wie groß ist ihre Brechzahl?

**865.** Verschiebt man eine punktförmige Lichtquelle längs der Achse einer Linse von 6 cm Durchmesser und 12 cm Brennweite, so entsteht auf dem 30 cm entfernten Bildschirm zweimal ein Lichtschein von Linsengröße. Wie weit ist die Lampe in beiden Fällen von der Linse entfernt, und in welchem Falle ist der Schein heller?

**866.** Sonnenlicht trifft lotrecht auf eine Linse von 7 cm Durchmesser und wirft auf einen 4 cm dahinter aufgestellten Schirm einen Schein von 5 cm Durchmesser. Wie groß ist die Brennweite der Linse?

**867.** Eine punktförmige Lichtquelle soll auf einem 2 m entfernten Schirm eine Kreisfläche von 20 cm Durchmesser möglichst hell ausleuchten. In welchem Abstand von der Lichtquelle muß eine zur Verfügung stehende Sammellinse von 8 cm Durchmesser und 25 cm Brennweite aufgestellt werden?

**868.** Ein Lichtstrahl fällt nach Bild 198 sehr nahe an der brechenden Kante ( $\omega = 40^\circ$ ) parallel zur Basis auf ein gleichschenkliges Prisma ( $n = 1,3$ ). Unter welchem Winkel  $\varphi$  und in welcher Entfernung  $e$  von der Symmetrieebene erreicht der Strahl die verlängerte Basis?

**869.** (Bild 199) Die beiden Oberflächen einer symmetrischen Bikonvexlinse ( $n = 1,5$ ) bilden am Rande einen Winkel von  $\omega = 20^\circ$ . Um wieviel Prozent ändert sich die Entfernung des Sammelpunktes von der Linse für achsparallele Strahlen beim Übergang von achsnahen Strahlen zu den Randstrahlen?

**870.** Graphische Bestimmung der Bildweite  $b$  (Bild 200). Man zeichnet ein Quadrat  $ABCD$  von der Seitenlänge  $f$  mit der Ver-

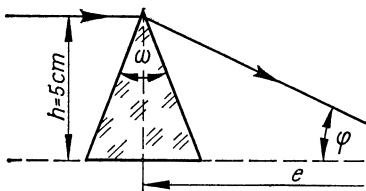


Bild 198

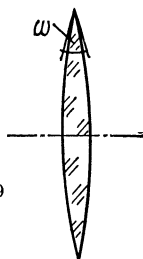


Bild 199

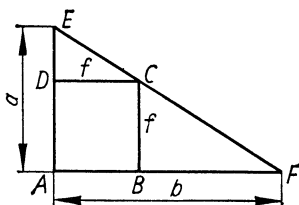


Bild 200

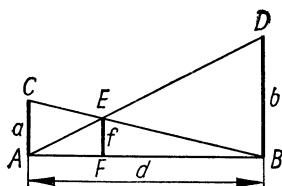


Bild 201

längerung  $\overline{AE} = a$  (Gegenstandsweite). Dann ist die zweite Kathete des Dreiecks  $AFE$  die Bildweite  $b$ . Dies ist zu beweisen.

871. Es ist zu beweisen, daß die auf Bild 201 angegebene Konstruktion eine von den drei Größen  $a$ ,  $b$  und  $f$  liefert, wenn die zwei anderen gegeben sind. Die Länge  $d$  der Grundlinie  $AB$  ist beliebig.

872. Das Objektiv einer Kamera von  $f = 5$  cm ist auf eine Objektentfernung von 50 cm eingestellt. In welchem Verhältnis stehen Bild- und Objektgröße zueinander?

873. Wie weit muß eine 1,75 m große Person vom Objektiv ( $f = 5$  cm) einer Kleinbildkamera mindestens entfernt sein, wenn sie auf dem  $24 \text{ mm} \times 36 \text{ mm}$  großen Film (Hochformat) vollständig abgebildet werden soll?

874. Welche Brennweite muß das Objektiv einer Kamera haben, wenn ein in 60 cm Entfernung befindlicher Gegenstand in natürlicher Größe abgebildet werden soll?

875. Ein Kleinbildprojektor (Filmbreite 36 mm) entwirft ein 72 cm breites Bild auf dem Schirm. Rückt man ihn um 2 m

weiter weg, so wird das Bild um 1 m breiter. Welche Brennweite hat das Objektiv, und welche Entfernung hat jetzt das Gerät vom Schirm?

876. Das virtuelle Bild einer 2,5 cm großen Briefmarke erscheint in einer Lupe 7,5 cm groß. Rückt man die Lupe um 1 cm näher an die Briefmarke heran, so erscheint ihr Bild nur noch 5 cm groß. Welche Brennweite hat die Lupe?

877. (Bild 202) Um die Brennweite eines Objektivs zu bestimmen, stellt man den Abbildungsmaßstab  $\beta_1$  für eine bestimmte Entfernung des Objektes fest. Dann verschiebt man das Objekt um die Strecke  $h$  und bestimmt den neuen Abbildungsmaßstab  $\beta_2$ . Es ist zu beweisen, daß  $f = \frac{h}{\beta_2 - \beta_1}$  ist.

878. Für die Entfernung  $b$  des Lichtbildschirmes vom Projektionsapparat gilt die praktische Formel  $b = f \cdot B$  ( $f$  Brennweite des Objektivs,  $B$  Bildbreite für je 1 cm Breite des Diapositivs). Wie kommt diese Formel zustande?

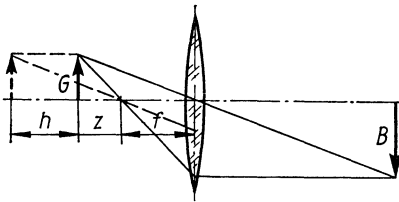


Bild 202

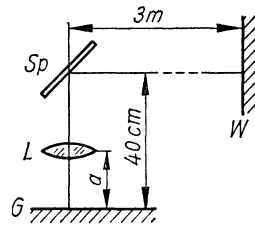


Bild 203

879. Welche Brennweite muß das Objektiv eines Filmvorführgerätes haben, wenn das 18 mm hohe Filmbild auf der 35 m entfernten Leinwand 2,5 m hoch erscheinen soll?

880. Eine Bikonvexlinse von  $f = 60$  mm wird als Lupe benutzt. Zu bestimmen sind Entfernung, Größe und Art des Bildes, das entsteht, wenn der 1,2 cm große Gegenstand 4 cm vor der Linse liegt.

881. (Bild 203) Welche Entfernung  $a$  vom Gegenstand  $G$  hat das Objektiv  $L$  ( $f = 15$  cm) eines Episkops, wenn der Umlenkspiegel  $Sp$  vom Gegenstand 40 cm und von der Projektionswand  $W$  3 m entfernt ist?

882. Wieviel Quadratkilometer Erdoberfläche werden von einer Luftbildkamera der Brennweite  $f = 50$  cm bei einem Bildformat von  $18 \text{ cm} \times 18 \text{ cm}$  aus  $4000 \text{ m}$  Höhe abgebildet?

883. Zwischen Gehäuse und Objektiv einer Kleinbildkamera von  $f = 5$  cm, deren Objektiv für Gegenstandsweiten zwischen  $50 \text{ cm}$  und  $\infty$  verstellbar ist, wird ein  $2 \text{ cm}$  langer Zwischenring eingesetzt. Welche Gegenstandsweiten können nunmehr erfaßt werden?

884. Rückt der ursprünglich  $3 \text{ m}$  weit vom Objektiv eines Fotoapparates entfernte Gegenstand um  $1 \text{ m}$  weiter weg, so muß das Objektiv um  $2 \text{ mm}$  weiter hineingedreht werden, um gleiche Bildschärfe zu erzielen. Welche Brennweite hat das Objektiv?

885. Innerhalb welchen Spielraums ist das Objektiv ( $f = 5 \text{ cm}$ ) einer Kamera entsprechend der angegebenen Entfernungsskala von  $1 \text{ m}$  bis  $\infty$  verschiebbar?

886. Ein konvexkonkaves Brillenglas hat auf der hohlen Seite den Krümmungsradius  $r_1 = 15 \text{ cm}$ . Wie stark muß die Krümmung der konvexen Seite sein, damit die Brechkraft des Glases  $-2,5 \text{ dpt}$  ( $n = 1,5$ ) beträgt?

887. (Bild 204) Im Krümmungsmittelpunkt eines Hohlspiegels ( $f = 50 \text{ cm}$ ) steht eine Sammellinse, die die gleiche Brennweite wie der Hohlspiegel hat.  $25 \text{ cm}$  vor der Linse steht ein leuchtender Gegenstand G. Wie wird dieser abgebildet?

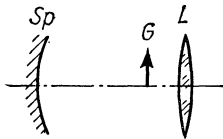


Bild 204

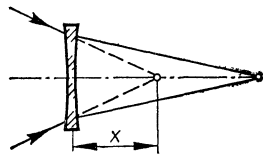


Bild 205

888. (Bild 205) Wie weit muß eine Konkavlinse von  $f = -10 \text{ cm}$  vom Sammelpunkt eines konvergenten Strahlenbündels entfernt sein, damit dieser Punkt um  $40 \text{ cm}$  verschoben wird?

889. Läßt man Sonnenlicht durch eine Zerstreulinse auf einen Bildschirm fallen, so entsteht dort in der Entfernung  $l$  ein Lichtkreis vom Durchmesser  $b$ . Mit dem Linsendurchmesser  $d$  gilt dann für die Brennweite  $f = \frac{df}{b-d}$ . Wie kommt die Formel zustande?

**890.** Zwischen einem leuchtenden Gegenstand  $G$  und dem Bildschirm im feststehenden Abstand  $l$  wird eine Sammellinse hin- und hergeschoben. Dabei erzeugt sie einmal ein verkleinertes und einmal ein vergrößertes Bild. Ist der Abstand zwischen diesen beiden Linsenstellungen gleich  $e$ , so gilt für die Brennweite  $f = \frac{l^2 - e^2}{4l}$ . Wie kommt die Formel zustande?

**891.** Sonnenlicht fällt durch einen mit Wasser ( $n = 4/3$ ) gefüllten Standzylinder von 6 cm Durchmesser. In welcher Entfernung von der Hinterwand entsteht die Brennpunktlinie, wenn für den Abstand der beiden Hauptebenen die Formel  $\overline{HH'} = d(1 - 1/n)$  gilt?

**892.** Was für ein Bild sieht man, wenn man aus größerer Entfernung durch eine Sammellinse blickt und der Gegenstand außerhalb der doppelten Brennweite steht?

**893.** Welchen Krümmungsradius muß eine Bikonvexlinse ( $n = 1,650$ ) haben, damit man unter Wasser ( $n = 1,333$ ) einen in deutlicher Sehweite befindlichen Gegenstand einwandfrei sehen kann, wenn die Linse 6 cm von der Netzhaut entfernt ist? Hierbei ist anzunehmen, daß die Brechzahl der das Auge bildenden Substanzen gleich der des Wassers ist.

**894.** Weshalb ist keine solche Linse notwendig, wenn unter Wasser eine wasserdichte, mit Planglas abgeschlossene Haube verwendet wird?

**895.** (Bild 206) 8 cm vor den Sammelpunkt eines konvergenten Strahlenbündels wird

a) eine Sammellinse von  $f = 20$  cm und  
b) eine Zerstreuungslinse von  $f = -20$  cm gesetzt. In welcher Entfernung  $b$  von der Linse sammeln sich die Strahlen jetzt?

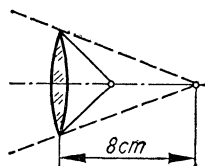


Bild 206

#### 4.2.3. Systeme dünner Linsen

**896.** Eine Sammellinse ( $f_1 = 8$  cm) wird mit einer Zerstreuungslinse ( $f_2 = -8$  cm) zu einem Linsensystem vereinigt. Welche Gesamtbrennweite ergibt sich bei einem gegenseitigen Abstand von a) 5 mm, b) 10 mm, c) 20 mm und d) 0?

**897.** Eine Kamera ( $f_1 = 5$  cm) soll mit einer Vorsatzlinse versehen werden, so daß eine Briefmarke in natürlicher Größe

erscheint, wenn die Kamera auf  $\infty$  eingestellt wird. Wie groß ist die Brennweite  $f_2$  der Vorsatzlinse?

**898.** Entsprechend den Kameraeinstellungen von  $\infty$  bis 1 m soll eine Vorsatzlinse für Entfernungen von 20 cm an abwärts verwendbar sein.

- a) Welche Brennweite  $f_2$  muß sie bei einem Objektiv von  $f_1 = 5$  cm haben, und  
 b) welcher Objektentfernung entspricht die Einstellung auf 1 m?

**899.** Auf dem Film einer Kamera von  $f_1 = 8$  cm sollen Gegenstände am Horizont mit Hilfe einer Vorsatzlinse 1,5mal so groß erscheinen wie ohne Vorsatzlinse. Was für eine Linse ist erforderlich?

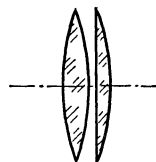


Bild 207

**900.** Welcher Ausdruck ergibt sich für die Brennweite  $f$  des auf Bild 207 angegebenen Linsensystems, wenn die Krümmungsradien  $r$  gleich groß sind und  $n = 1,5$  beträgt?

**901.** Welche Brennweite bzw. wieviel Dioptrien muß eine Brille haben, um die deutliche Sehweite a) von 18 cm eines Kurzsichtigen, b) von 60 cm eines Weitsichtigen auf den normalen Wert von 25 cm zu korrigieren? (Es soll die einfache Formel

$$f = \frac{f_1 f_2}{f_1 + f_2} \text{ angewandt werden.})$$

**902.** Zwei Linsen, von denen die schwächere eine Brennweite von  $f_1 = 8$  cm hat, sollen zu einer zusammenklappbaren Doppel Lupe so vereinigt werden, daß sich die drei Normalvergrößerungen wie 1 : 2 : 3 verhalten. Welche Brennweite muß die andere Linse haben, und welche Vergrößerungen ergeben sich?

**903.** Welchen Abstand müssen 2 Sammellinsen von je 10 cm Brennweite haben, damit ihre Gesamtbrennweite  $f = 8$  cm wird?

**904.** Welchen Abstand  $e$  müssen zwei dünne Sammellinsen der Brennweite  $f_1$  und  $f_2$  haben, damit ihre Gesamtbrennweite gleich dem  $m$ -ten Teil der Brennweite einer Einzellinse ist?

**905.** Welche Brennweite muß eine im Abstand  $e = 5$  cm von einer Sammellinse  $f_1 = 14$  cm stehende Zerstreuungslinse haben, damit deren sammelnde Wirkung gerade aufgehoben wird?

**906.** Die beleuchtete Lichtmarke  $M$  eines Spiegelgalvanometers wird nach Bild 208 mit einer dicht vor dem Systemspiegel  $Sp$  stehenden Linse  $L$  auf die  $1,20\text{ m}$  entfernte Skala projiziert. Welche Brennweite hat die Linse?

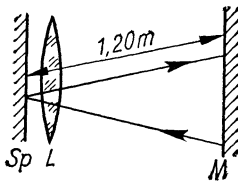


Bild 208

**907.** Ein Teleobjektiv besteht aus einer Sammellinse (objektseitig) von  $f_1 = 8\text{ cm}$  und einer Zerstreuungslinse (bildseitig) von  $f_2 = -4\text{ cm}$  im Abstand  $e = 6\text{ cm}$ . Welche Brennweite hat das System, und in welcher Entfernung von der Frontlinse befinden sich die beiden Hauptebenen?

**908.** Welche allgemeinen Bedingungen müssen die Brennweiten  $f_1$  und  $f_2$  der beiden Einzellinsen eines Teleobjektivs erfüllen, damit die beiden Hauptebenen objektseitig vor der Frontlinse liegen? Gegeben seien die Brennweite  $f_1$  der Sammellinse und der Linsenabstand  $e$ .

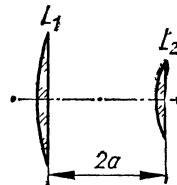


Bild 209

**909.** Prinzip einer „Gummilinse“. Durch Änderung des gegenseitigen Linsenabstandes innerhalb eines Spielraumes von  $2$  bis  $8\text{ cm}$  ist die Brennweite eines zweilinsigen Systems zwischen  $f' = 5\text{ cm}$  und  $f'' = 8\text{ cm}$  veränderlich. Welche Brennweiten müssen die Einzellinsen haben?

**910.** Ein Huygenssches Okular besteht nach Bild 209 aus zwei Sammellinsen  $L_1$  und  $L_2$  von  $f_1 = 3a$  bzw.  $f_2 = a$  im Abstand  $e = 2a$ . Zu berechnen sind die Abstände der beiden Hauptebenen von den Linsen und die Systembrennweite.

### 4.3. Wellenoptik

**911.** Welche Wellenlängen aus dem sichtbaren Bereich des Spektrums werden bei der Reflexion an einer  $750\text{ nm}$  dicken Seifenlamelle ( $n = 1,35$ ) bei senkrechtem Strahleneinfall a) ausgelöscht und b) verstärkt?

**912.** (Bild 210) Interferenz am dünnen Blättchen. Es ist zu beweisen, daß Strahl 1 bis zu seiner Vereinigung mit Strahl 2 im

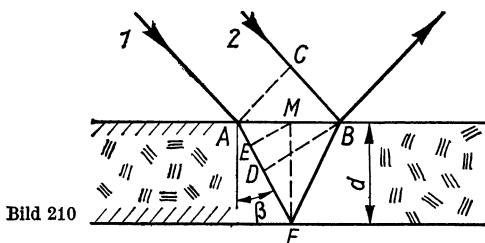


Bild 210

Punkt  $B$  auf dem Umweg über  $F$  einen Gangunterschied von  $\Delta s = 2nd \cos \beta - \frac{\lambda}{2}$  erleidet. ( $AC$  und  $DB$  sind Wellenfronten,  $\beta$  Brechungswinkel)

**913.** a) Der Gangunterschied bei der Reflexion am dünnen Blättchen  $\Delta s = 2nd \cos \beta - \frac{\lambda}{2}$  ist als Funktion des Einfallswinkels  $\alpha$  auszudrücken. b) Um welchen Betrag ändert sich der Gangunterschied mit dem Einfallswinkel zwischen  $0$  und  $90^\circ$  bei der Blättchendicke  $500 \text{ nm}$  und  $n = 1,5$ ?

**914.** Die Oberfläche einer Linse ( $n = 1,53$ ) wird mit einem Material ( $n = 1,35$ ) vergütet, so daß die im reflektierten Licht enthaltene (Vakuum-)Wellenlänge  $\lambda = 550 \text{ nm}$  ausgelöscht wird. a) Wie dick muß die Schicht sein? b) Welche Phasenverschiebung erleidet dadurch das reflektierte violette ( $400 \text{ nm}$ ) und rote ( $700 \text{ nm}$ ) Licht (in Winkelgrad)?

**915.** Lloydscher Spiegel (Bild 211). Das vom Spalt  $S$  ausgehende Licht erreicht auf direktem (1) und indirektem (2) Weg den Punkt  $P$  und kommt hier zur Interferenz. Welchen Abstand  $y$  vom Spiegel hat Punkt  $P$ , wenn hier das 1. Minimum erscheint? Gegeben seien die Wellenlänge  $\lambda$ , der Schirmabstand  $a$  und der Abstand  $d$  des Spaltes vom Spiegel. ( $d$  und  $y$  sind gegenüber  $a$  vernachlässigbar klein.)

**916.** (Bild 212) Das dünne Blättchen befindet sich auf einer optisch dichteren Unterlage. Der an der Oberseite reflektierte

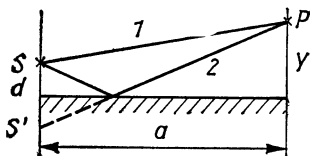


Bild 211

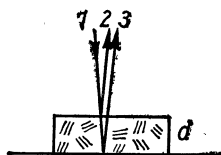


Bild 212



Strahl 2 löscht sich mit Strahl 3 aus, wenn bei senkrechtem Einfall der optische Weg von Strahl 3 dreimal so groß ist wie sein geometrischer Weg.

- a) Wie groß ist die Brechzahl des Blättchens?  
 b) Welche Dicke hat das Blättchen im Verhältnis zur Wellenlänge? c) Welche Erscheinung zeigt sich, wenn das Blättchen auf einer optisch dünneren Unterlage liegt?

**917.** (Bild 213) a) Welchen Gangunterschied erleidet Strahl 3 gegenüber dem an der Oberseite reflektierten Strahl 2 bei nahezu senkrechtem Lichteinfall, wenn er im Vakuum 2 im Abstand  $a = d$  befindliche Platten von der Dicke  $d$  nacheinander durchsetzt? b) Bei welchem kleinsten Abstand  $a_{\min}$  bei unveränderter Plattendicke tritt Auslöschung ein?

**918.** a) Welchen Gangunterschied  $\Delta s$ , ausgedrückt in Vielfachen der Wellenlänge ( $\lambda = 500$  nm in Luft), erleidet ein Lichtstrahl beim Durchsetzen einer  $2 \mu\text{m}$  dicken Kunststoffolie ( $n = 1,45$ ) gegenüber dem ungestörten Strahl? b) Welche Dicke hat die Folie, wenn der Gangunterschied  $\frac{\lambda}{4}$  beträgt?

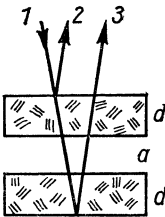


Bild 213

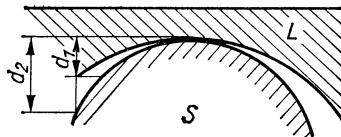


Bild 214

**919.** In einem Interferometer entsteht bei Verwendung von Natriumlicht ( $\lambda = 589,3$  nm) ein Gangunterschied von 127 Wellenlängen, wenn die eine der beiden  $l = 50$  cm langen Meßkammern mit einem Gas gefüllt wird. Wie groß ist dessen Brechzahl, wenn als Vergleichsgas Luft ( $n = 1,000292$ ) dient?

**920.** Wie verändert sich der Radius des  $k$ -ten Newtonschen Ringes  $a_k = 2,60$  cm, wenn der Raum zwischen Linse und ebener Platte mit Äthylalkohol ( $n = 1,36$ ) ausgefüllt wird?

**921.** Prüfverfahren beim Linsenschleifen (Bild 214). Die zu prüfende Konkavlinse L (Krümmungsradius  $r_1$ ) wird auf eine sphärische Vergleichsfläche S ( $r_2 = 25$  cm) gelegt. Wegen nicht völliger Übereinstimmung von  $r_1$  und  $r_2$  hat bei grünem Licht

( $\lambda = 550 \text{ nm}$ ) der 1. dunkle Newtonsche Ring den Radius  $a = 12 \text{ mm}$ . Um wieviel weicht  $r_1$  von  $r_2$  ab?

**922.** Für den  $k$ -ten dunklen Newtonschen Ring, der bei der Wellenlänge  $\lambda$  und dem Krümmungsradius  $r$  der Linse den

Radius  $a_k$  hat, gilt die Beziehung  $\lambda = \frac{a_k^2}{kr}$ . a) Welche Wellenlänge hat das verwendete Licht, wenn mit einer Linse von  $r = 4 \text{ m}$  der 5. Ring den Radius  $3,1 \text{ mm}$  hat? b) Der wievielte Ring hat den doppelten Radius?

**923.** Weshalb erscheint das Zentrum der Newtonschen Ringe im reflektierten Licht schwarz?

**924.** Auf der optischen Achse des einfachen Spaltes (Bild 215)  $S_1$   $S_2$  befindet sich die punktförmige Lichtquelle  $A$  und liefert bei  $B$  mit dem über  $S_1$  bzw.  $S_2$  laufenden Strahl ein Beugungsmaximum. Welche Bedingung erfüllt dabei die Summe  $\frac{1}{a} + \frac{1}{b}$ ?

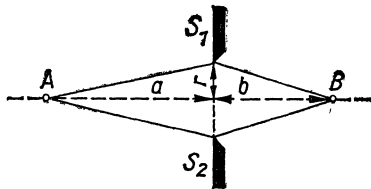


Bild 215

**925.** Beugung nach Fraunhofer. Ein einfacher Spalt von  $d = 0,25 \text{ mm}$  Breite wird von parallelem Licht der Wellenlänge  $\lambda = 500 \text{ nm}$  beleuchtet. In dem von einer Sammellinse auf dem Schirm entworfenen Beugungsbild beträgt der Abstand zwischen den links bzw. rechts von der Mitte gelegenen 3. Minima  $2a = 3 \text{ mm}$ . Welche Brennweite hat die Linse?

**926.** Mit einer Kamera vom Öffnungsverhältnis  $d:f = 1:2,8$  wird ein Stern fotografiert. Welchen Radius hat das auf dem Film entstehende zentrale Beugungsscheibchen ( $\lambda = 600 \text{ nm}$ )?

**927.** Blickt man durch ein Strichgitter gegen den leuchtenden Plasmafaden einer Heliumröhre, so sieht man die gelbe Linie 1. Ordnung ( $\lambda = 587,56 \text{ nm}$ ) unter einem seitlichen Winkel von  $\alpha_1 = 27,4^\circ$ . Unter welchem Winkel erscheint die Linie 2. Ordnung?

**928.** Welche Breite (in Winkelgrad) hat das Spektrum 1. Ordnung (gerechnet von  $\lambda_1 = 700 \text{ nm}$  bis  $\lambda_2 = 400 \text{ nm}$ ), wenn weißes

Licht senkrecht auf ein Strichgitter fällt, das 800 Linien je Millimeter enthält?

**929.** Es soll nachgewiesen werden, daß das rote Ende ( $\lambda_1 = 700 \text{ nm}$ ) des Spektrums 2. Ordnung eines Beugungsgitters vom violetten Ende des Spektrums 3. Ordnung ( $\lambda_2 = 400 \text{ nm}$ ) überlappt wird.

**930.** Paralleles weißes Licht ( $\lambda = 350 \cdots 750 \text{ nm}$ ) fällt senkrecht auf ein Beugungsgitter. Unmittelbar dahinter steht eine Sammellinse ( $f = 150 \text{ cm}$ ) und entwirft in ihrer Brennebene ein Spektrum 1. Ordnung von 6 cm Breite. Wie groß ist die Gitterkonstante?

**931.** Welchen Durchmesser muß ein kreisförmiger Fleck in der Zeichenebene haben, wenn er in der deutlichen Sehweite (25 cm) ebenso groß erscheint wie der Mond am Himmel? (Mondentfernung 384 400 km, Monddurchmesser 3480 km)

**932.** Fällt Sonnenlicht durch das Blätterdach eines Baumes, so entstehen am Boden kreisrunde Lichtflecke von 12 cm Durchmesser. In welcher Höhe befindet sich die Baumkrone? (Die Sonne erscheint unter einem Sehwinkel von  $32'$ .)

**933.** Für die förderliche Vergrößerung eines Mikroskopes wird die Formel  $v = \frac{\varepsilon A}{6,88 \lambda}$  angegeben. Sie entsteht durch Vergleich des physiologischen Sehwinkels  $\varepsilon$  des Auges mit dem Winkel  $\varepsilon_0$ , der durch den kleinsten auflösbaren Punktabstand  $g = \frac{\lambda}{2A}$  und der deutlichen Sehweite  $s$  gegeben ist ( $A$  numerische Apertur,  $\lambda$  Wellenlänge des Lichtes in mm,  $\varepsilon$  in Minuten,  $s = 250 \text{ mm}$ ).  
a) Die Richtigkeit der Formel ist zu bestätigen. b) Welcher Wert ergibt sich bei der mittleren Wellenlänge  $\lambda = 550 \text{ nm}$ , der numerischen Apertur  $A = 1,4$  und dem Sehwinkel für aufmerksames Sehen  $\varepsilon = 2'$ ?

**934.** Trotz Auswechseln des Okulars und Verlängerung des Tubus des Mikroskops ist es mit einem bestimmten Objektiv nicht möglich, mehr Einzelheiten zu erkennen als bei 500facher Vergrößerung. Welches ist der kleinste auflösbare Punktabstand? (Sehwinkel für aufmerksames Sehen  $2'$ , deutliche Sehweite 25 cm, mittlere Wellenlänge  $\lambda = 600 \text{ nm}$ )

## 4.4. Fotometrie

935. Der Paraffinfleck auf einem Fotometerschirm verschwindet für das Auge, wenn er einerseits von einer Lampe der Lichtstärke  $I_1 = 2,5$  cd aus 65 cm Entfernung, andererseits von einer Lampe der Lichtstärke  $I_2$  aus 1,56 m Entfernung beleuchtet wird. Wie groß ist die Lichtstärke  $I_2$ ?

936. (Bild 216) Zwei Lampen von  $I_1 = 35$  cd bzw.  $I_2 = 95$  cd haben einen Abstand von 1,50 m. An welcher Stelle ihrer Verbindungsstrecke muß ein beiderseits weißer Schirm S aufgestellt werden, damit er auf beiden Seiten gleich stark beleuchtet wird?

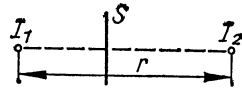


Bild 216

937. Eine punktförmig strahlende Lampe ergibt in 50 m Abstand die Beleuchtungsstärke 0,1 lx. a) Welche Lichtstärke und b) welchen Lichtstrom hat die Lampe?

938. Welche Beleuchtungsstärke ergibt eine punktförmige Lichtquelle in 6 m Entfernung, wenn sie in 8 m Entfernung 12 lx beträgt?

939. Welchen Lichtstrom empfängt eine 20 cm  $\times$  30 cm große Fläche, auf die das Licht einer 2,40 m entfernten punktförmigen Lichtquelle von 80 cd senkrecht auftrifft?

940. Der Lichtkegel eines Scheinwerfers ist 60 m lang und beleuchtet einen Kreis von 3 m Durchmesser mit 4 lx. a) Welche Lichtstärke hat die Lichtquelle, und b) welcher Lichtstrom fällt auf den Kreis?

941. (Bild 217) Zwei Lampen von  $I_1 = 20$  cd bzw.  $I_2 = 80$  cd im Abstand von 1,80 m beleuchten einen Schirm, der 90 cm seitwärts von der Mitte ihrer Verbindungslinie aufgestellt ist. Um welchen Winkel muß er geneigt werden, damit er von beiden Lampen gleich stark beleuchtet wird? Wie groß ist dann die Beleuchtungsstärke des Schirms?

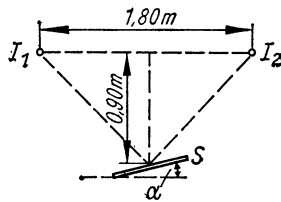


Bild 217

942. Eine allseitig gleichmäßig strahlend gedachte Lampe von 5000 lm hängt 8 m über der Straße. Welche Beleuchtungsstärke

ergibt sich a) senkrecht unter der Lampe und b) am 6 m seitlich gelegenen Straßenrand?

**943.** Welche Beleuchtungsstärke liefert eine Lampe, die 1,80 m über und 1 m seitlich von der Schreibfläche eines Tisches angebracht ist und in der betrachteten Richtung die Lichtstärke 142 cd aufweist?

**944.** Der Teil einer Tischfläche, der 2,5 m unterhalb und 1,2 m seitlich einer Lampe liegt, soll mit 80 lx beleuchtet werden. Welche Lichtstärke muß die Lampe in dieser Richtung haben?

**945.** Eine 150 cd starke Lampe hängt  $h = 2$  m über Tischhöhe.  
a) Wie groß ist die Beleuchtungsstärke auf der Tischfläche unmittelbar unter der Lampe?

b) Wieviel Meter seitlich davon besteht noch eine Beleuchtungsstärke von 20 lx, wenn angenommen wird, daß die Lichtstärke in seitlicher Richtung unverändert 150 cd beträgt?

**946.** (Bild 218) Über einem Arbeitsplatz werden in gleicher Höhe zwei Lampen angebracht, die eine 1 m links, die andere 2 m rechts davon, so daß der Lampenabstand 3 m beträgt. Wie hoch müssen die Lampen hängen, damit an der beleuchteten Stelle möglichst wenig Schatten entsteht, wenn die Lichtstärken  $I_1 = 100$  cd bzw.  $I_2 = 266$  cd betragen?

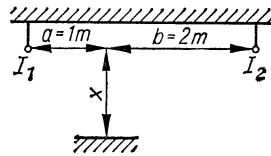


Bild 218

**947.** Welchen Lichtstrom wirft eine punktförmig strahlende Lampe der Lichtstärke 250 cd auf eine  $r_1 = 3,5$  m entfernte kreisförmige Fläche vom Radius  $r_2 = 40$  cm?

**948.** Eine Lampe von 65 cd beleuchtet eine 1,8 m darunterliegende Fläche. Wie stark muß eine Lampe sein, die aus einer Höhe von 3,2 m die gleiche Beleuchtungsstärke ergibt?

**949.** Eine  $50\text{ cm}^2$  große Fläche, die senkrecht zu den einfallenden Strahlen gehalten wird, strahlt mit einer Leuchtdichte von 0,02 sb. Welche Beleuchtungsstärke erfährt sie von der 2 m entfernten Lampe bei vollständiger diffuser Reflexion?

**950.** Die punktförmige Lichtquelle (3000 lm) eines Bildwerfers steht 12 cm vom Kondensator (Durchmesser 10 cm) im Krümmungsmittelpunkt des Reflektors. Welche Beleuchtungsstärke erfährt die 8 m vom Objektiv ( $f = 25$  cm) entfernte Projektionswand, wenn von Lichtverlusten abgesehen wird?

**951.** Welche Lichtstärke hat eine 1,20 m lange und 5 cm dicke Leuchtstoffröhre, deren Leuchtdichte 0,2 sb beträgt?

**952.** Ein Fotometer wird von einer Klarglaslampe in 110 cm Abstand ebenso hell beleuchtet wie von einer Lampe von 45 cd im Abstand von 75 cm. a) Welche Lichtstärke hat die Klarglaslampe? b) Welche Leuchtdichte hat diese Lampe, wenn die abstrahlende Oberfläche des Glühfadens in der betrachteten Richtung  $6 \text{ mm}^2$  beträgt?

**953.** Welche Leuchtdichte hat eine mattierte kugelförmige Glühlampe von 6 cm Durchmesser und 350 lm bei Annahme gleichmäßiger Abstrahlung?

**954.** Eine kugelförmige Lampe von  $r = 3,5$  cm Radius und der Leuchtdichte  $L_L = 3$  sb beleuchtet eine  $\alpha = 60$  cm entfernte verlustlos diffus reflektierende Fläche. Wie groß ist deren Leuchtdichte  $L_E$ ?

**955.** Bei der Beleuchtung von Arbeitsplätzen soll zur Vermeidung von Blendung die Leuchtdichte von Lampen den Wert von 0,2 sb nicht überschreiten. Welchen Durchmesser muß die kugelförmige Milchglasglocke um eine 100-W-Lampe (1220 lm) mindestens haben, wenn angenommen wird, daß diese nach allen Richtungen gleichmäßig strahlt?

**956.** Welche Leuchtdichte hat eine vom Tageslicht mit 2000 lx beschienene, ideal weiße,  $50 \text{ cm}^2$  große Fläche, und welche Lichtstärke kommt ihr zu, wenn man sie als Eigenstrahler auffaßt?

**957.** Welche Beleuchtungsstärke  $E_{M_0}$  liefert der Vollmond auf der Erde, wenn die des vollen Sonnenlichtes auf der Erde  $E_{S_0} = 100\,000$  lx beträgt und folgende Daten gegeben sind: Entfernung  $r_{S_0}$  Sonne–Mond = Sonne–Erde, Monddurchmesser  $d = 3480$  km, Entfernung Mond–Erde  $r_{M_0} = 384\,400$  km, Rückstrahlung des Mondes  $\eta = 0,073$  des auffallenden Lichtes.

**958.** Vor einem weißen, von der Sonne mit 8000 lx beschienenen Hintergrund hängt eine kugelige Opalglas-Glühlampe von 10 cm Durchmesser. Mit wieviel Candela darf die Lampe höchstens leuchten, wenn ihr Eigenlicht vor dem Hintergrund verschwinden soll? (Unter Nichtbeachtung des Farbunterschiedes)

**959.** Die  $7 \text{ m} \times 5,9 \text{ m}$  große Leinwand eines Lichtspielhauses wirft 75 % der auffallenden Lichtmenge zurück. Bei der Wiedergabe von Farbfilmen wird eine Beleuchtungsstärke vom

50fachen Zahlenwert der in Meter gerechneten Bildbreite verlangt. Wie groß sind a) die Beleuchtungsstärke, b) der auf die Fläche fallende Lichtstrom und c) die Leuchtdichte?

**960.** In welchem Abstand von einer 60 cd starken Lampe muß eine weiße Fläche aufgestellt werden, damit sie ebenso hell erleuchtet wird wie vom Licht des Vollmondes, dessen Leuchtdichte 0,25 sb beträgt und der unter dem Schwinkel von 31' erscheint?

## 5. Elektrizitätslehre

### 5.1. Gleichstrom

#### 5.1.1. Einfacher Stromkreis

**961.** Welche Spannung besteht zwischen zwei um 50 cm voneinander entfernten Punkten eines 1 mm dicken Kupferdrahtes ( $\rho = 0,0178 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$ ), durch den ein Strom von 6 A fließt?

**962.** Zwischen zwei um 6 m voneinander entfernten Punkten einer Starkstromleitung (Kupfer,  $\rho = 0,0178 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$ ) von  $70 \text{ mm}^2$  Querschnitt wird die Spannung 0,23 V gemessen. Welcher Strom fließt durch die Leitung?

**963.** Welcher Strom fließt bei vollständigem Kurzschluß durch einen Akkumulator von 2 V und  $0,05 \Omega$  Innenwiderstand?

**964.** Welcher Strom fließt je Volt Spannung durch ein Voltmeter, dessen Innenwiderstand  $30000 \Omega$  beträgt?

**965.** Durch einen unbelasteten Spannungsteiler von 8 cm Länge und  $3 \text{ k}\Omega$  Gesamtwiderstand fließt ein Querstrom von 0,45 mA. Welche Spannung wird an zwei um 5 cm entfernten Punkten abgegriffen?

**966.** Ein Relais trägt 40000 Windungen von je 8,2 cm mittlerer Länge aus 0,5 mm dickem Kupferdraht und liegt an einer Spannung von 60 V. Welcher Strom fließt?

**967.** Wickelt man von einer Spule 10 m Draht ab, so erhöht sich bei derselben Spannung der Strom von 1,52 A auf 1,54 A. Wieviel Meter Draht enthält die volle Spule?

**968.** Auf das Wievielfache nimmt der Widerstand eines Drahtes zu, wenn dieser bei unveränderter Masse auf die 10fache Länge gestreckt wird?

**969.** Ein  $l = 32 \text{ cm}$  langer, lückenlos bewickelter Schiebewiderstand hat den Höchstwert  $400 \Omega$ . Wieviel Windungen trägt der  $d_1 = 4 \text{ cm}$  dicke Wickelkörper, und welche Dicke  $d_2$  hat der Draht? (Konstantan,  $\rho = 0,5 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$ )

**970.** Welchen Spannungsverlust verursacht die aus 5 mm dickem Kupferdraht ( $\rho = 0,0175 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$ ) bestehende Zuleitung  $z_u$  der 650 m vom Speisepunkt entfernten Baustelle bei einer Belastung mit a) 25 A und b) 60 A?



**971.** Ein Verbraucher ist über eine 500 m vom Speisepunkt entfernte, 3 mm dicke Aluminiumleitung ( $\rho = 0,0286 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$ ) mit der Spannungsquelle verbunden. Bei Belastung mit  $I_1 = 5 \text{ A}$  beträgt die Klemmenspannung 189,8 V. Wie groß ist die Klemmenspannung bei Belastung mit  $I_2 = 10 \text{ A}$ ?

**972.** Ein Relais hat den Widerstand  $1961 \Omega$ . Die Wicklung hat den Querschnitt  $60,4 \text{ mm} \times 4 \text{ mm}$ , den Kupferfüllfaktor 0,65 und den Innendurchmesser 1 cm. Wieviel Windungen enthält die Spule, und welchen Netto-Durchmesser hat der Draht?

**973.** (Bild 219) Auf einen  $d_1 = 2 \text{ cm}$  dicken Kern soll aus  $d_2 = 0,2 \text{ mm}$  dickem Kupferdraht ( $\rho = 0,0175 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$ ) eine aus 15000 Windungen bestehende Spule gewickelt werden, deren Widerstand  $1000 \Omega$  beträgt. Welche Wickelbreite  $b$  und Wickelhöhe  $h$  erhält die Spule bei einem Kupferfüllfaktor von 0,6?

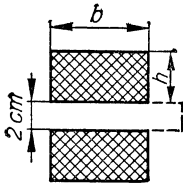


Bild 219

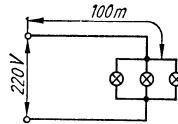


Bild 220

**974.** (Bild 220) 3 Lampen mit je  $240 \Omega$  Widerstand sind über eine 100 m lange (Einfachlänge), 1,5 mm dicke Aluminiumleitung ( $\rho = 0,02857 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$ ) an eine Spannung von 220 V angeschlossen. Wie groß ist die Brennspannung der Lampen, und um wieviel erhöht sie sich, wenn eine bzw. zwei Lampen abgeschaltet werden?

**975.** An einer Sammlerbatterie, deren Ursprungung 6,2 V beträgt, wird bei Entnahme eines Stromes von  $I_1 = 5 \text{ A}$  die Klemmenspannung  $U_k = 6,1 \text{ V}$  gemessen. Wie groß sind Klemmenspannung bei Entnahme von  $I_2 = 20 \text{ A}$  und innerer Widerstand?

**976.** Wie groß sind der innere Widerstand und die Ursprungung einer Spannungsquelle, wenn die Klemmenspannung bei Entnahme von  $I_1 = 12 \text{ A}$  bzw.  $I_2 = 25 \text{ A}$  die Werte  $U_{k1} = 24,6 \text{ V}$  bzw.  $U_{k2} = 24,3 \text{ V}$  annimmt?

**977.** Von einer Steckdose, an der  $U = 224 \text{ V}$  gemessen werden, führt eine  $l = 26 \text{ m}$  lange (Einfachlänge), 2 mm dicke Alu-

miniumleitung ( $\rho = 0,0286 \Omega \text{mm}^2/\text{m}$ ) zu einem Kochherd, der den Strom  $I = 12 \text{ A}$  aufnimmt. Welche Spannung liegt am Kochherd?

978. Eine Autobatterie, deren Ursprungung  $6 \text{ V}$  und deren innerer Widerstand  $0,01 \Omega$  beträgt, wird bei Nachtfahrt mit a)  $15 \text{ A}$  und b) bei zusätzlicher Betätigung des Anlassers mit  $130 \text{ A}$  belastet. Wie groß sind die Klemmenspannungen?

979. Die Klemmenspannung einer Batterie hat bei einem äußeren Widerstand  $R_{a1} = 17 \Omega$  den Betrag  $4,4 \text{ V}$  und bei  $R_{a2} = 9 \Omega$  den Betrag  $4,3 \text{ V}$ . Wie groß sind Ursprungung und innerer Widerstand?

980. Ein Gleichstromgenerator mit der Ursprungung  $120 \text{ V}$  und dem Innenwiderstand  $0,04 \Omega$  ist über eine  $80 \text{ m}$  lange (Einfachlänge),  $1 \text{ mm}$  dicke Kupferleitung mit  $2$  parallelgeschalteten Verbrauchern von  $20 \Omega$  bzw.  $28 \Omega$  verbunden. Von welchem Strom werden diese durchflossen, und wie groß ist die Klemmenspannung am Generator sowie an den Verbrauchern?

981. Jedes der auf Bild 221 angegebenen Elemente hat die Ursprungung  $E$ , von den Widerständen haben drei den Wert  $R$ , einer den Wert  $2R$ . Wie groß ist die Spannung zwischen den Punkten  $A$  und  $B$ ?

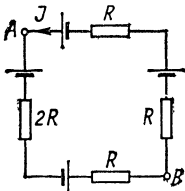


Bild 221

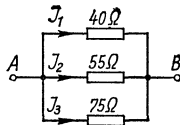


Bild 222

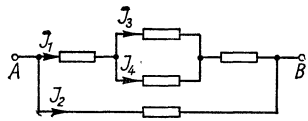


Bild 223

982. (Bild 222) Wie groß sind die Ströme  $I_1 \dots I_3$ , wenn an den Klemmen  $A$  und  $B$  die Spannung  $65 \text{ V}$  liegt?

983. Jeder der auf Bild 223 angegebenen Widerstände beträgt  $50 \Omega$ . Von welchen Strömen werden sie durchflossen, wenn die Spannung zwischen  $A$  und  $B$   $125 \text{ V}$  beträgt?

984.  $4$  Lämpchen zu je  $R = 36 \Omega$  sind nach Bild 224 über einen Vorschaltwiderstand von  $R_v = 9 \Omega$  an eine  $12\text{-V}$ -Batterie angeschlossen. Auf welchen Wert

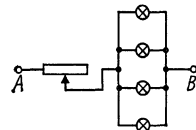


Bild 224

ist der Widerstand einzuregeln, wenn bei Ausfall eines Lämpchens die Stromstärke der übrigen so groß wie vorher bleiben soll?

**985.** Ein Drehspulinstrument von  $R_1 = 3 \Omega$  Innenwiderstand, das bei 30 mA voll ausschlägt, soll als Spannungsmesser für einen Meßbereich von a) 3 V, b) 10 V und c) 100 V dienen. Welchen Wert muß der erforderliche Vorschaltwiderstand jeweils haben?

**986.** Schaltet man ein Drehspulinstrument in Reihe mit einem Widerstand von  $50 \Omega$  bzw.  $60 \Omega$ , so zeigt es einen Strom von 85,7 mA bzw. 72,0 mA an. Wie groß sind der Widerstand des Instrumentes und die angelegte Spannung?

### 5.1.2. Zusammengesetzte Widerstände

**987.** (Bild 225) Wie groß muß  $R_2$  gewählt werden, wenn  $R_1 = 750 \Omega$  ist und der Gesamtwiderstand  $R_g = 350 \Omega$  betragen soll?

**988.** (Bild 226) Berechne den Gesamtwiderstand zwischen den Punkten  $A$  und  $B$ , wenn jeder Einzelwiderstand  $3 \Omega$  beträgt.

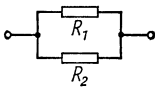


Bild 225

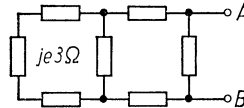


Bild 226

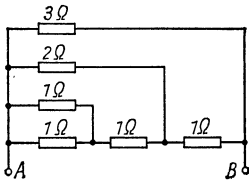


Bild 227

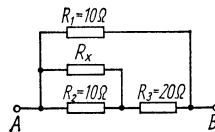


Bild 228

**989.** (Bild 227) Berechne den Gesamtwiderstand zwischen den Punkten  $A$  und  $B$ .

**990.** Wie groß muß der Widerstand  $R_x$  auf Bild 228 gewählt werden, damit der Gesamtwiderstand zwischen den Klemmen  $A$  und  $B$  den Betrag  $R_{AB} = 7 \Omega$  hat?

**991.** Innerhalb welcher Grenzen läßt sich der Gesamtwiderstand in der letzten Aufgabe bei beliebiger Wahl von  $R_x$  ändern?

**992.** Schaltet man zu einem Widerstand  $R_1$  einen zweiten  $R_2$  parallel, so beträgt der Gesamtwiderstand nur noch  $R_1/5$ . Wie groß ist das Verhältnis  $R_1/R_2$ ?

**993.** Zwei Widerstände ergeben in Reihenschaltung den 6fachen Wert wie in Parallelschaltung. In welchem Verhältnis  $R_2/R_1 = a$  stehen sie zueinander?

**994.** Von einem geraden Stück Draht der Länge  $l$  wird ein Stück  $x$  abgeschnitten und der Länge nach mit dem Rest verlötet (Bild 229). Wie lang muß das Stück  $x$  sein, wenn der Widerstand nunmehr den halben Wert haben soll?

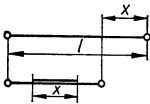


Bild 229

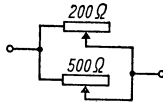


Bild 230

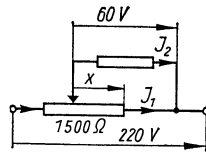


Bild 231

**995.** Ein gerades Stück Draht vom Widerstand  $R$  wird zu einem quadratischen Rahmen zusammengelötet. Den wievielten Teil von  $R$  beträgt der Widerstand zwischen den Endpunkten einer Quadratseite?

**996.** Ein gerades Stück Draht vom Widerstand  $R$  wird zu einem Rechteck gebogen und zusammengelötet. In welchem Verhältnis stehen die Rechteckseiten zueinander, wenn der Widerstand zwischen den Endpunkten einer Rechteckseite  $1/8 R$  beträgt?

**997.** Zwei Widerstände von  $200 \Omega \pm 10\%$  bzw.  $500 \Omega \pm 10\%$  sind parallelgeschaltet. Wie groß sind der Gesamtwiderstand und die dazugehörige Toleranz?

**998.** Zwei gleichmäßig bewickelte Schiebewiderstände von je 20 cm Länge und  $R_1 = 200 \Omega$  bzw.  $R_2 = 500 \Omega$  sind nach Bild 230 je zur Hälfte eingeschaltet und liegen parallel. Um wieviel ist der Abgriff des unteren Widerstandes zu verschieben, wenn der obere um 4 cm nach rechts verschoben wird und der Gesamtstrom sich dabei nicht ändern soll?

**999.** (Bild 231) An einem Spannungsteiler von  $R = 1500 \Omega$  Gesamtwiderstand wird die Spannung  $U_1 = 60 \text{ V}$  abgegriffen, wobei der vom Verbraucher entnommene Strom  $I_2 = 0,15 \text{ A}$

beträgt. Welcher Bruchteil  $x$  der Länge des Spannungsteilers liegt dem Verbraucher parallel, und mit welchen Strömen  $I$  und  $I_1$  werden die beiden Teilabschnitte belastet, wenn die Gesamtspannung  $U = 220 \text{ V}$  beträgt?

**1000.** Der Meßbereich  $I_1 = 20 \text{ mA}$  eines Strommessers soll durch Parallelschalten eines Widerstandes (Shunt) auf a)  $I = 200 \text{ mA}$ , b)  $I = 1 \text{ A}$  und c)  $I = 10 \text{ A}$  erweitert werden. Welche Widerstandswerte müssen die Shunts aufweisen, wenn der Widerstand des Instrumentes einschl. Anschlußschmüren  $R_1 = 3 \Omega$  beträgt?

**1001.** Zu einem Strommesser, dessen Innenwiderstand  $R_1 = 1 \Omega$  beträgt, werden nacheinander Widerstände (Shunts) von a)  $0,2 \Omega$ , b)  $0,01266 \Omega$  und c)  $0,00402 \Omega$  parallelgeschaltet. Auf den wievielfachen Wert erhöht sich dadurch der Meßbereich?

**1002.** Der Zeiger eines Strommessers, dessen Innenwiderstand  $24 \Omega$  beträgt, schlägt bei  $84 \text{ mA}$  voll aus. Welchen Wert muß ein Nebenwiderstand haben, wenn dem Vollausschlag  $100 \text{ mA}$  entsprechen sollen?

**1003.** Durch Parallelschalten eines Widerstandes von  $28 \Omega$  wird der Meßbereich eines Strommessers von  $5,6 \text{ A}$  auf  $6 \text{ A}$  korrigiert. Wie groß ist sein Innenwiderstand?

### 5.1.3. *Arbeit und Leistung des elektrischen Stromes*

**1004.** Wieviel Lampen von je  $40 \text{ W}$  dürfen bei  $125 \text{ V}$  Spannung höchstens gleichzeitig brennen, wenn die Leitung mit  $6 \text{ A}$  abgesichert ist?

**1005.** Wieviel Watt verbraucht eine Lampe ( $100 \text{ W}/220 \text{ V}$ ), wenn die Netzspannung nur  $190 \text{ V}$  beträgt und ihr Widerstand als konstant angenommen wird?

**1006.** Welche elektrische Leistung wird vergeudet, wenn man ein für  $U_1 = 125 \text{ V}$  bestimmtes Gerät mit dem Verbrauch  $850 \text{ W}$  über einen passenden Vorschaltwiderstand an das  $220\text{-V}$ -Netz anschließt?

**1007.** Ein Zähler macht je kWh  $1800$  Umdrehungen. Welche Leistung verbrauchen die angeschlossenen Geräte, wenn er in einer Minute  $117$  Umdrehungen ausführt?

**1008.** Zwei in einen Kochherd eingebaute Heizkörper geben in Reihe  $133 \text{ W}$  und parallelgeschaltet  $600 \text{ W}$  ab. Welche Leistun-

gen werden abgegeben, wenn jeder Heizkörper einzeln eingeschaltet wird?

**1009.** In welchem Verhältnis stehen 2 Widerstände zueinander die bei gleicher Spannung in Parallelschaltung die 6fache Leistung wie in Reihenschaltung verbrauchen?

**1010.** Die Beträge zweier Widerstände verhalten sich zueinander wie  $R_1:R_2 = 1:5,83$ . In welchem Verhältnis stehen die Leistungen zueinander, wenn die Widerstände parallel zueinander geschaltet werden?

**1011.** Zwei für  $U_1 = 125 \text{ V}$  bestimmte Lampen von  $P_1 = 40 \text{ W}$  bzw.  $P_2 = 100 \text{ W}$  werden in Reihe an  $U_2 = 220 \text{ V}$  angeschlossen. Welche Leistungen nehmen sie bei unverändert angenommenem Widerstand auf?

**1012.** Eine Lampe für  $U_1 = 4 \text{ V}$  und  $P_1 = 6 \text{ W}$  soll in Reihe mit einem elektrischen Heizkörper an das 220-V-Netz angeschlossen werden, wobei sie normal brennen soll. Welche Leistung muß der Heizkörper bei voller Spannung von 220 V bzw. bei vorgeschalteter Lampe aufnehmen?

**1013.** Ein frisch geladener Akkumulator der Kapazität 75 Ah speist bei einer Klemmenspannung von 6,3 V  $2\frac{1}{2}$  Stunden lang 2 Lampen zu je 32 W und 3 Stunden lang 6 Lampen zu je 6,5 W. Welche Ladungsmenge verbleibt, wenn die Spannung als konstant angenommen wird?

**1014.** Ein Motor von 25 kW Leistung und der Klemmenspannung 450 V wird über eine 250 m lange (einfache Länge) Kupferleitung von 4 mm Durchmesser gespeist. Wieviel Prozent der abgegebenen Leistung gehen in der Leitung verloren?

**1015.** Wie dick muß der Leitungsdraht mindestens sein, wenn der Übertragungsverlust in der vorigen Aufgabe 5 % nicht überschreiten soll?

**1016.** Die Leistung eines elektrischen Gerätes sinkt infolge Unterspannung im Netz um 18 %. Um wieviel Prozent liegen Spannung und Strom unter ihrem Sollwert?

**1017.** Beim Anschluß eines elektrischen Ofens an das 220-V-Netz über eine Kupferleitung ( $\rho = 0,0178 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$ ) von 10 m Ein-fachlänge und  $1,5 \text{ mm}^2$  Querschnitt sinkt die Spannung um 2,5 V. Welche Leistung verbraucht der Ofen?

**1018.** Erhöht sich die an einem Heizgerät vom Widerstand  $15 \Omega$  liegende Spannung um  $3 \text{ V}$ , so nimmt die Leistung um  $88,5 \text{ W}$  zu. Wie groß sind ursprüngliche Spannung und Leistung?

**1019.** Der Heizdraht eines Kochherdes für  $220 \text{ V}/400 \text{ W}$  wird bei einer Reparatur um  $1/10$  seiner Länge verkürzt. Wie ändern sich Leistung und Stromstärke?

**1020.** In einem Wohnhaus werden täglich  $5$  Stunden lang  $80 \text{ m}$  Kupferleitungsdraht ( $\rho = 0,0178 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$ ) vom Strom  $4,5 \text{ A}$  durchflossen. Wieviel Kilowattstunden werden jährlich eingespart, wenn Draht von  $1,5 \text{ mm}^2$  Querschnitt anstelle eines Querschnittes von  $0,75 \text{ mm}^2$  verlegt wird?

**1021.** Aus einem Bergwerksschacht sind stündlich  $3,2 \text{ m}^3$  Wasser aus  $600 \text{ m}$  Tiefe zu fördern. Wieviel Kilowatt nimmt der Antriebsmotor auf, wenn der Wirkungsgrad des Motors  $0,95$  und der der Pumpe  $0,75$  beträgt?

**1022.** Für eine Projektionslampe von  $P_1 = 150 \text{ W}$  und  $U_1 = 60 \text{ V}$  soll zum Anschluß an  $125 \text{ V}$  ein Vorschaltwiderstand aus  $0,4 \text{ mm}$  dickem Konstantandraht ( $\rho = 0,5 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$ ) gewickelt werden. Wieviel Meter Draht sind erforderlich, und welche Leistung  $P_2$  verbraucht der Widerstand?

**1023.** Um wieviel Grad erwärmt sich eine  $100 \text{ m}$  lange und  $1,2 \text{ mm}$  dicke Kupferleitung, die eine Stunde lang von  $6 \text{ A}$  durchflossen wird, wenn keinerlei Wärme nach außen abgegeben wird? (Spez. Widerstand  $0,02 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$ , Dichte  $8,93 \text{ kg}/\text{dm}^3$ , spez. Wärmekapazität  $0,093 \text{ kcal}/\text{kg K}$ ).

**1024.** Durch eine  $1 \text{ mm}$  dicke Kupferleitung mit eingeschalteter Schmelzsicherung ( $0,2 \text{ mm}$  dicker Silberdraht) fließt ein Kurzschlußstrom von  $25 \text{ A}$ .

a) Wie lange dauert es, bis die Sicherung zu schmelzen beginnt, und b) welche Temperatur hat die Leitung bis dahin angenommen? (Silber:  $c_1 = 0,055 \text{ cal}/\text{g K}$ ,  $\rho_1 = 0,016 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$ , Dichte  $\rho_1' = 10,5 \text{ g}/\text{cm}^3$ , Schmelzpunkt  $961 \text{ }^\circ\text{C}$ ; Kupfer:  $c_2 = 0,092 \text{ cal}/\text{g K}$ ,  $\rho_2 = 0,0175 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$ , Dichte  $\rho_2' = 8,93 \text{ g}/\text{cm}^3$ , Anfangstemperatur  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ )

**1025.** Am Eingang einer  $l = 200 \text{ m}$  langen Doppelleitung ( $1\text{-mm}$  Kupferdraht) liegt eine Spannung von  $U = 220 \text{ V}$ , am Ende sind  $3$  Lampen von je  $P_1 = 100 \text{ W}$  angeschlossen. Wie groß ist die Brennspannung der Lampen, und um wieviel sinkt diese Verbraucherspannung, wenn außerdem noch ein Heizgerät der Leistung  $P_2 = 800 \text{ W}$  angeschlossen wird?

**1026.** Vier Lampen, von denen bei  $U_1 = 110\text{ V}$  zwei mit  $P_1 = 40\text{ W}$  und zwei mit  $P_2 = 60\text{ W}$  normal brennen, werden nach Bild 232 an eine Spannung von  $U = 220\text{ V}$  angeschlossen. Wieviel Watt nehmen sie in dieser Schaltung auf, und welche Spannung besteht zwischen den Punkten 1 und 2? (Der Lampenwiderstand werde als konstant angenommen.)

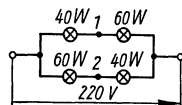


Bild 232

**1027.** Welche Leistung nehmen in der vorigen Aufgabe die Lampen auf, wenn die Punkte 1 und 2 kurzgeschlossen werden?

### 5.2. Elektrisches Feld

**1028.** Welcher Strom fließt aus einem Elektrometer von der Kapazität  $25\text{ pF}$  ab, wenn es anfänglich eine Spannung von  $60\text{ V}$  anzeigt, die innerhalb  $24\text{ s}$  auf  $42\text{ V}$  zurückgeht?

**1029. 1030. 1031.** Es ist die Gesamtkapazität der auf den Bildern 233, 234, 235 angegebenen Schaltungen zu berechnen.

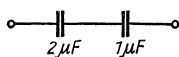


Bild 233

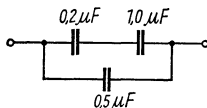


Bild 234

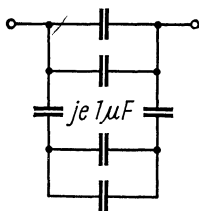


Bild 235

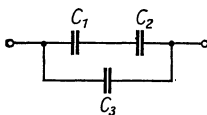


Bild 236

**1032.** Die Gesamtkapazität  $C$  der auf Bild 236' angegebenen Schaltung beträgt  $5,2\text{ }\mu\text{F}$ . Wird  $C_2$  infolge Durchschlagens kurzgeschlossen, so ist die Gesamtkapazität  $C' = 6\text{ }\mu\text{F}$ . Wird dagegen  $C_1$  kurzgeschlossen, so ist  $C'' = 7\text{ }\mu\text{F}$ . Welche Werte haben  $C_1$ ,  $C_2$  und  $C_3$ ?

**1033.** Welche Ladung enthält ein auf  $220\text{ V}$  geladener Kondensator von  $1,5\text{ }\mu\text{F}$ ?



**1034.** Zwei parallelgeschaltete Kondensatoren, von denen der eine die Kapazität  $C_1 = 2,8 \mu\text{F}$  hat, liegen an der Spannung  $22,7 \text{ V}$  und enthalten die Ladung  $75 \mu\text{As}$ . Welche Kapazität hat der andere Kondensator?

**1035.** Zwei in Reihe geschaltete Kondensatoren von  $C_1 = 1,5 \mu\text{F}$  bzw.  $C_2 = 3,5 \mu\text{F}$  liegen an der Spannung  $110 \text{ V}$ . Auf welche Teilspannungen laden sie sich auf, und welche Ladungsmengen enthalten sie?

**1036.** Ein Fadenelektrometer hat die Kapazität  $2 \text{ pF}$  und ergibt bei  $0,8 \text{ V}$  Spannung einen deutlichen Ausschlag. Wieviel Elektronen bewirken dies?

**1037.** Zwei kreisförmige Platten von je  $20 \text{ cm}$  Durchmesser stehen einander im Abstand von  $1,2 \text{ cm}$  isoliert gegenüber und sind mit einer Spannungsquelle von  $220 \text{ V}$  verbunden. Wie groß ist die Feldstärke im Zwischenraum, und welche Ladungsmenge befindet sich auf den Platten?

**1038.** Wie ändern sich Feldstärke und Ladungsmenge in der letzten Aufgabe, wenn der Zwischenraum unter Aufrechterhaltung der Spannung mit Paraffinöl ( $\epsilon = 2,5$ ) ausgefüllt wird?

**1039.** Ein Luftkondensator wird mit  $80 \text{ V}$  geladen, von der Spannungsquelle abgetrennt und mit einem Öl von  $\epsilon = 2,1$  gefüllt. Wie ändern sich Ladung und Spannung?

**1040.** Drei Kondensatoren, von denen der eine die Kapazität  $C_1 = 3 \mu\text{F}$  hat, ergeben in Parallelschaltung  $C' = 13 \mu\text{F}$  und in Reihenschaltung  $C'' = 1\frac{1}{3} \mu\text{F}$ . Welche Kapazitäten haben die beiden anderen Kondensatoren?

**1041.** Zwei Kondensatoren von  $C_1 = 2 \mu\text{F}$  bzw.  $C_2 = 5 \mu\text{F}$  werden auf  $U_1 = 100 \text{ V}$  bzw.  $U_2 = 200 \text{ V}$  geladen und dann mit gleichen Vorzeichen parallelgeschaltet. Welche gemeinsame Spannung stellt sich ein?

**1042.** Die beiden Kondensatoren der letzten Aufgabe werden nach dem Aufladen in Reihe geschaltet, wobei der Pluspol des einen mit dem Minuspol des anderen verbunden wird.

a) Welche Spannung besteht zwischen den freien Klemmen?  
b) Welche Ladung tragen die Kondensatoren, und wie groß sind ihre Spannungen, wenn die freien Klemmen jetzt kurzgeschlossen werden?

**1043.** Zwei in Reihe geschaltete Kondensatoren von  $C_1 = 1 \mu\text{F}$  bzw.  $C_2 = 4 \mu\text{F}$  werden an  $200 \text{ V}$  Spannung angeschlossen und

nach dem Aufladen von der Spannungsquelle getrennt. Welche gemeinsame Spannung stellt sich ein, wenn sie a) mit gleichen Vorzeichen und b) mit entgegengesetzten Vorzeichen parallelgeschaltet werden?

**1044.** Welche Einheiten ergeben sich bei der Vereinfachung folgender Ausdrücke:

$$\begin{array}{lll}
 \text{a) } \frac{\text{V m A}^2 \text{ s}^2}{\text{As m}^2} & \text{b) } \sqrt{\frac{\text{A}^2 \text{ s}^2 \text{ V m s}^2}{\text{As kg m}}} & \text{c) } \sqrt{\frac{\text{N V}}{\text{m As}}} \\
 \text{d) } \frac{\text{kg m}^4 \text{ V}}{\text{s}^3 \text{ A V}^2} & \text{e) } \frac{\text{W s}^3}{\text{kg m}^2} & \text{f) } \frac{\text{kg m}^2}{\text{A V s}^2} \\
 \text{g) } \sqrt{\frac{\text{W s}^3}{\text{kg}}} & \text{h) } \frac{\text{Nm}}{\text{As}} & \text{i) } \frac{\text{W}^2 \text{ s}^4}{\text{V m As kg}}
 \end{array}$$

**1045.** Auf welche Spannung muß ein Kondensator von  $0,2 \mu\text{F}$  geladen werden, damit er die Energie  $2 \text{Ws}$  enthält?

**1046.** Werden zwei verschieden große, ursprünglich in Reihe geschaltete geladene Kondensatoren parallelgeschaltet, so nimmt die elektrische Feldenergie ab. Wie ist dies zu erklären?

**1047.** Zwei in Reihe geschaltete Kondensatoren liegen an  $120 \text{V}$  Spannung und enthalten die Energie  $W_1 = 0,01157 \text{Ws}$ . Werden sie abgetrennt und mit gleichen Polen parallelgeschaltet, so sinkt die Energie auf  $W_2 = 0,010626 \text{Ws}$ . Wie groß sind ihre Kapazitäten?

**1048.** Das elektrische Feld in einem Zweiplattenkondensator soll einem darin befindlichen Elektron die gleiche Beschleunigung erteilen wie das Schwerfeld der Erde einem fallenden Stein. Welche Spannung muß zwischen den in  $1 \text{cm}$  Abstand befindlichen Platten bestehen?

**1049.** Mit welcher Kraft stoßen sich 2 Metallkugeln von je  $1 \text{mm}$  Radius im Mittelpunktsabstand  $3 \text{cm}$  ab, wenn sie beide auf die Spannung  $220 \text{V}$  gegen Erde aufgeladen werden?

**1050.** Zwei durch Luftzwischenraum voneinander isolierte Platten sind an eine Spannungsquelle von  $1000 \text{V}$  angeschlossen und ziehen sich mit der Kraft  $1 \text{kp}$  an, wenn die Feldstärke  $10000 \text{V/cm}$  beträgt. Wie groß sind die Platten, und welche Kapazität hat der von ihnen gebildete Kondensator?

**1051.** Welche Energie enthält ein Kondensator der Kapazität  $5 \mu\text{F}$ , wenn er mit der Spannung  $220 \text{V}$  aufgeladen wird?

### 5.3. Magnetisches Feld

**1052.** Von zwei äußerlich gleich aussehenden Stahlstäben ist der eine magnetisch. Wie läßt sich dieser ohne weitere Hilfsmittel herausfinden?

**1053.** Ein Elektromagnet wird durch 2800 Windungen erregt, durch die ein Strom von 3,2 A fließt. Welcher Strom würde bei nur 650 Windungen denselben magnetischen Fluß erzeugen?

**1054.** Eine 25 cm lange eisenlose Zylinderspule mit 240 Windungen hat im Innern denselben magnetischen Fluß wie eine halb so lange Spule mit 150 Windungen. In welchem Verhältnis stehen die Stromstärken zueinander?

**1055.** Weshalb ist die Formel  $H_{Fe} = \frac{IN}{l_{Fe}}$  im Fall einer Zylinderspule ungültig, wenn ihr Inneres mit einem geraden Eisenkern (Bild 237) ausgefüllt ist? ( $N$  Windungszahl)

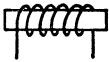


Bild 237

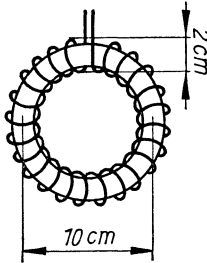


Bild 238

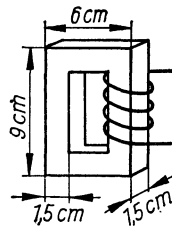


Bild 239

**1056.** Welcher Strom fließt durch die 450 Windungen (2 cm Durchmesser) einer eisenfreien Ringspule von 10 cm mittlerem Durchmesser (Bild 238), in deren Innern ein magnetischer Fluß von  $200 \cdot 10^{-8}$  Vs besteht?

**1057.** An den Enden einer 15 cm langen eisenfreien Zylinderspule von 850 Windungen (mittlere Windungslänge 6 cm) aus 0,3 mm dickem Kupferdraht ( $\rho = 0,0175 \Omega \text{mm}^2/\text{m}$ ) liegt eine Spannung von 20 V. Welche Induktion herrscht im Spulennern?

**1058.** In dem auf Bild 239 angegebenen Eisenkern besteht eine Induktion von  $1,5 \text{ Vs}/\text{m}^2$ , wenn die aus 500 Windungen bestehende Spule von 1,2 A durchflossen wird. Wie groß ist die relative Permeabilität des Eisens?

**1059.** Auf welchen Betrag muß der Spulenstrom in der letzten Aufgabe erhöht werden, wenn bei gleicher Eiseninduktion der Kern einen 1 mm breiten Luftspalt erhält?

**1060.** Wie groß wird die Eiseninduktion in Aufgabe 1058, wenn bei einer Stromstärke von 0,8 A die Permeabilitätszahl den Wert  $\mu_r = 668,6$  hat und kein Luftspalt vorhanden ist?

**1061.** Wieviel Amperewindungen sind nötig, um in dem Kern einer Vorschalt-drossel mit Luftspalt (Bild 240) die Induktion  $1,2 \text{ Vs/m}^2$  zu erzeugen? ( $\mu_r = 1470$ )

**1062.** Wieviel Amperewindungen sind für den Kern der letzten Aufgabe nötig, wenn die Induktion nur  $0,8 \text{ Vs/m}^2$  betragen soll? ( $\mu_r = 3185$ )

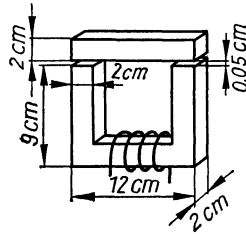


Bild 240

**1063.** Die Induktion des magnetisch gesättigten Eisenkerns einer Spule beträgt  $2,1 \text{ Vs/m}^2$  bei einer Feldstärke von  $5 \cdot 10^4 \text{ A/m}$ . Welchen Wert hat sie bei der Feldstärke  $15 \cdot 10^4 \text{ A/m}$ ?

**1064.** Wieviel Windungen muß eine eisenfreie, 6 cm lange Zylinderspule von 0,6 cm Durchmesser tragen, damit ihre Induktivität 50 mH beträgt?

**1065.** Wieviel Amperewindungen muß eine eisenfreie Ringspule von 10 cm mittlerem Ringradius und  $2 \text{ cm}^2$  Windungsquerschnitt tragen, wenn ihr Magnetfeld die Energie 0,1 Ws enthält?

**1066.** Länge und Durchmesser einer eisenfreien Zylinderspule mit 50 Windungen werden auf die Hälfte verkleinert. Wie ist die Windungszahl zu ändern, damit die Induktivität erhalten bleibt?

**1067.** Wieviel Windungen muß eine eisengefüllte Zylinderspule von  $5 \text{ cm}^2$  Querschnitt und der Induktivität 1,5 H tragen, wenn die Stromstärke 0,3 A, die Feldstärke  $500 \text{ A/m}$  und die zugehörige Permeabilitätszahl 1900 beträgt, und welche Länge muß die Spule haben?

**1068.** Eine supraleitende Magnetspule weist folgende Daten auf: Induktion  $B = 5 \text{ Vs/m}^2$ , Stromstärke  $I = 100 \text{ A}$ , Windungs-

zahl  $N = 1000$ , Spulenquerschnitt  $A = 10 \text{ cm}^2$ . Welche Energie speichert die Spule, und wie groß ist ihre Induktivität?

**1069.** Es soll eine eisenfreie Spule von der Induktivität  $400 \mu\text{H}$  auf einen Kern von  $3 \text{ cm}^2$  Querschnitt gewickelt werden. Wieviel Windungen sind auf  $4 \text{ cm}$  Spulenlänge zu verteilen?

**1070.** Ein hufeisenförmiger Elektromagnet hat  $10 \text{ kp}$  Tragkraft,  $100$  Windungen und zwei Polflächen zu je  $10 \text{ cm}^2$ . Zu berechnen sind die Stromstärke und die Induktivität unter Zugrundelegung einer Permeabilitätszahl von  $3400$  und einer mittleren Länge der Feldlinien von  $50 \text{ cm}$ .

#### 5.4. Induktionsvorgänge

**1071.** Ein Generator gibt  $25 \text{ kW}$  an das  $220\text{-V}$ -Netz ab. Wie groß ist die vom Anker induzierte Ursprungsspannung, wenn dessen Widerstand  $R = 0,06 \Omega$  beträgt?

**1072.** In der Ankerwicklung (Durchmesser  $18 \text{ cm}$ ,  $R = 0,2 \Omega$ ) eines Gleichstrommotors befinden sich ständig  $90$  je  $35 \text{ cm}$  lange Drähte im Feld. Wie groß ist hier die Induktion, wenn der Motor bei einer Drehzahl von  $600 \text{ 1/min}$  eine Leistung von  $2,207 \text{ kW}$  bei einem Wirkungsgrad von  $0,88$  abgibt und die Klemmenspannung  $218 \text{ V}$  beträgt?

**1073.** Welche Leistung gibt der in der letzten Aufgabe betrachtete Motor ab, wenn bei sonst gleichen Verhältnissen die Induktion zwischen Feld und Anker nur  $0,8 \text{ Vs/m}^2$  und die Klemmenspannung  $150 \text{ V}$  beträgt?

**1074.** (Bild 241) Im Stromkreis eines Elektromagneten liegt mit der Batterie  $B$  das normal brennende Lämpchen  $L$  in Reihe. Welcher Vorgang spielt sich ab, wenn der Anker  $A$  des Magneten plötzlich abgehoben wird?

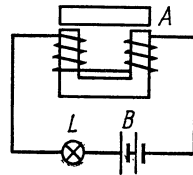


Bild 241

**1075.** Aus einer fest stehenden Zylinder-spule von  $300$  Windungen wird ein permanenter Stabmagnet herausgezogen, wobei das im Stromkreis (Gesamtwiderstand  $40 \Omega$ ) der Spule liegende ballistische Galvanometer einen Stoßausschlag von  $150 \mu\text{C}$  anzeigt. Welchen magnetischen Fluß hat der Magnet?

**1076.** Welche Urspannung wird in einer Spule von 75 Windungen induziert, während der die Spule durchsetzende magnetische Fluß innerhalb von 3 s gleichförmig um  $5 \cdot 10^{-5}$  Vs zunimmt?

**1077.** Eine elektrische Maschine ist an ein 125 V führendes Netz angeschlossen. Ihre Erregung wird bei konstant gehaltener Drehzahl so eingestellt, daß im Anker ( $R = 0,04 \Omega$ ) die Urspannung 123 V induziert wird.

a) Arbeitet die Maschine als Motor oder als Generator?

b) Welche Leistung nimmt die Maschine auf bzw. gibt sie ab?

**1078.** Die Felderregung eines Nebenschlußmotors wird bei gleichbleibender Leistung erhöht. Was ist die Folge hiervon?

**1079.** Welche Spannung wird in jedem der 40 cm langen Ankerstäbe eines Generators induziert, wenn diese, am Umfang einer Trommel von 30 cm Durchmesser sitzend, mit der Drehzahl  $n = 800$  1/min im Feld von  $0,6$  Vs/m<sup>2</sup> umlaufen?

**1080.** (Bild 242) Die rechteckige Spule eines Drehspulinstrumentes ist  $a = 10$  mm breit und  $d = 15$  mm hoch, besteht aus  $N = 300$  Windungen und befindet sich in einem Magnetfeld von  $B = 0,2$  Vs/m<sup>2</sup>. Welcher Stromstärke entspricht ein Zeigerausschlag von  $\alpha = 90^\circ$ , wenn die Winkelrichtgröße der rückdrehenden Federn  $D = 30$  mp  $\cdot$  cm/1 $^\circ$  beträgt?

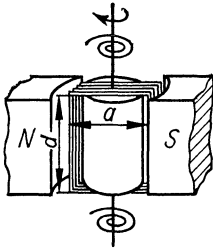


Bild 242

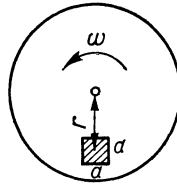


Bild 243

**1081.** (Bild 243) Eine  $d = 2$  mm dicke Aluminiumscheibe rotiert mit der Winkelgeschwindigkeit  $\omega = 10$  1/s zwischen zwei Magnetpolen in einem Feld von  $0,4$  Vs/m<sup>2</sup>. Die Pole haben quadratische Form von der Seitenlänge  $a = 2$  cm und liegen im mittleren Abstand  $r = 8$  cm von der Drehachse. Näherungsweise wird angenommen, daß der Widerstand der gesamten Strombahn gleich dem 2fachen Widerstandswert des im Feld

liegenden Teiles der Scheibe ist. Zu berechnen ist die durch die Wirbelströme verursachte Bremsleistung ( $W$ ) und das Bremsmoment ( $Nm$ ).

**1082.** Wie groß ist der Abstand zweier von je 50 A durchflossenen paralleler Leiter, die sich je 2 m Leitungslänge mit der Kraft 15 p anziehen?

## 5.5. Wechselstrom

### 5.5.1. Widerstände im Wechselstromkreis

**1083.** Welcher Strom fließt durch eine Spule der Induktivität  $L = 1,4$  H beim Anlegen einer Spannung von 220 V und 50 Hz bei Vernachlässigung des ohmschen Widerstandes?

**1084.** Welche Kapazität muß ein Kondensator haben, wenn sein Wechselstromwiderstand bei 100 Hz  $60 \Omega$  betragen soll?

**1085.** Wie groß muß die Kapazität eines Kondensators sein, der bei 48 Hz die Wirkung einer Induktivität von 2,3 H gerade aufheben soll?

**1086.** Bei welcher Frequenz beträgt der Blindwiderstand einer Drosselspule von 1,9 H  $600 \Omega$ ?

**1087.** Liegt an einer Drosselspule eine Gleichspannung von 6 V, so ist die Stromstärke 0,3 A. Beim Anlegen einer Wechselspannung von 125 V fließen 0,75 A. Zu berechnen sind der Scheinwiderstand  $Z$ , Wirk- und Blindwiderstand  $R$  bzw.  $\omega L$ , die Induktivität  $L$  sowie der Phasenwinkel  $\varphi$  bei  $f = 50$  Hz.

**1088.** Eine Glühlampe für 60 V und 30 W soll bei gleicher Leistung unter Zwischenschaltung eines Kondensators an 120 V Wechselspannung (50 Hz) angeschlossen werden. Welche Kapazität muß dieser haben?

**1089.** Induktiver und ohmscher Widerstand einer Fernleitung betragen  $18 \Omega$  bzw.  $15 \Omega$ . Wie groß ist die Klemmenspannung am Leitungsausgang, wenn ein Meßstrom von 0,5 A fließt und am Eingang 50 V (50 Hz) liegen?

**1090.** Eine Leuchtstoffröhre, deren Brennspannung bei einer Stromstärke von 0,15 A 55 V beträgt, soll über eine Vorschalt-drossel an die Netzspannung von 220 V (50 Hz) angeschlossen werden. Wie groß muß die Induktivität sein?

**1091.** (Bild 244) Mit einer Spule von  $R = 10 \Omega$  und  $L = 0,06 \text{ H}$  soll ein ohmscher Widerstand  $R_x$  in Reihe geschaltet werden, so daß sich ein Scheinwiderstand von  $Z = 26 \Omega$  ergibt. Wie groß muß  $R_x$  sein? ( $f = 50 \text{ Hz}$ )

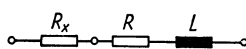


Bild 244

**1092.** Die Induktivität  $L$  einer Reihenschaltung aus  $R$  und  $L$  wird um die Hälfte vergrößert. Auf welchen Bruchteil  $x$  muß  $R$  verkleinert werden, wenn der Scheinwiderstand  $Z$  konstant bleiben soll und  $R$  anfänglich gleich  $2\omega L$  ist?

**1093.** a) bis g)

Für die in den Bildern 245a bis g angegebenen Schaltungen sind die Stromstärken und die Verschiebungswinkel zwischen Strom und Spannung zu berechnen, wenn die Klemmenspannung  $U = 200 \text{ V}$  und die Frequenz  $50 \text{ Hz}$  beträgt.

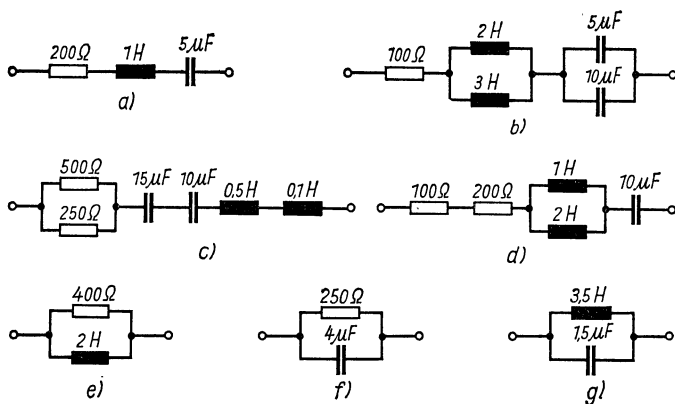


Bild 245

**1094.** Welche Kapazität muß der Kondensator in der auf Bild 246 angegebenen Schaltung haben, wenn sich die Spannungen  $U_1$  und  $U_2$  wie 1:2 zueinander verhalten sollen, und welcher Strom fließt in diesem Fall? ( $f = 50 \text{ Hz}$ )

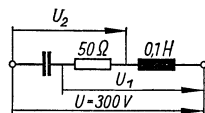


Bild 246



### 5.5.2. Leistung und Leistungsfaktor

**1095.** Welcher Strom fließt in der Zuleitung zu einem Motor, der bei einem Leistungsfaktor von 0,75 und der Spannung 248 V 8,6 kW verbraucht?

**1096.** Eine Drosselspule hat den Wirkwiderstand  $4,3 \Omega$  und die Induktivität 0,2 H. Wie groß ist der Leistungsfaktor? ( $f = 50 \text{ Hz}$ )

**1097.** Ein Motor nimmt bei 220 V Klemmenspannung den Strom von 25 A auf und hat einen Leistungsfaktor von 0,8. Wie groß sind Wirk- und Blindstrom sowie Wirk-, Blind- und Scheinleistung?

**1098.** Ein Motor verbraucht bei einer Klemmenspannung von 210 V und einer mittleren Stromstärke von 28 A in  $2\frac{1}{2}$  Stunden 12,5 kWh. Wie groß sind Leistungsfaktor und Blindstrom?

**1099.** Durch Verbesserung des Leistungsfaktors um 6,5 % vermindert sich die mittlere tägliche Blindleistung eines Industriebetriebes um 20 %. Wie groß ist der Leistungsfaktor  $\cos \varphi$  vorher und nachher?

**1100.** Durch Zuschaltung von Kondensatoren wird der durchschnittliche Leistungsfaktor eines Industrierwerkes von 0,75 auf 0,92 verbessert. Um welchen Faktor vermindern sich dadurch die Stromwärmeverluste in der Zuleitung, wenn die Wirklast die gleiche bleibt?

**1101.** Welchen gemeinsamen Leistungsfaktor ergeben zwei parallelgeschaltete Motoren von 3,6 kW bzw. 6 kW, deren Leistungsfaktoren 0,6 bzw. 0,8 betragen? ( $U = 380 \text{ V}$ )

**1102.** Eine Leuchtstofflampe ist über eine Vorschaltdrossel an  $U = 220 \text{ V}$  angeschlossen, wobei ein Betriebsstrom von 0,15 A fließt. Die Leistungsfaktoren der Drossel einschl. Lampe bzw. der Lampe allein sind 0,39 bzw. 1,0. Wieviel Watt verbraucht die Lampe allein, und welchen Leistungsfaktor hat die Drossel allein, wenn die Brennspannung  $U_L = 66,67 \text{ V}$  beträgt?

**1103.** Welcher prozentuale Anteil der in einem Leitungsnetz entstehenden Stromwärmeverluste entfällt auf den Blindstrom, wenn der durchschnittliche Leistungsfaktor der Verbraucher 0,85 beträgt?

**1104.** Eine Bogenlampe hat eine Brennspannung von  $U_1 = 45 \text{ V}$  und ist über eine Drossel an  $U = 125 \text{ V}$  angeschlossen. Welche Induktivität hat die Drossel, wenn ihr ohmscher Widerstand

1,5  $\Omega$  beträgt und die Lampe eine Leistung von 400 W verbraucht? ( $f = 50$  Hz)

**1105.** Welche Wärmemenge wird je Minute in einer eisenlosen Drosselspule von 0,2 H und 25  $\Omega$  Widerstand entwickelt, wenn diese an die Wechselspannung 220 V und  $f = 50$  Hz angelegt wird?

**1106.** Wie groß ist die Blindleistung, die ein zum Verbraucher parallelgeschalteter Kondensator von 200  $\mu\text{F}$  bei 220 V und  $f = 50$  Hz vollständig kompensiert?

**1107.** Wie groß muß ein Kondensator sein, der in Parallelschaltung bei 380 V und  $f = 50$  Hz die Blindleistung 12 kvar voll kompensiert?

**1108.** Der Leistungsfaktor eines Motors für 125 V und 15 kW beträgt  $\cos \varphi_1 = 0,65$  und wird durch Parallelschalten eines Kondensators auf  $\cos \varphi_2 = 0,85$  verbessert. Wie groß ist dessen Kapazität?

**1109.** Ein Motor nimmt bei  $U_1 = 220$  V 20 mA auf, hat den Leistungsfaktor 0,5 und wird über einen Kondensator an die Spannung von  $U_2 = 120$  V angeschlossen ( $f = 50$  Hz). Welche Kapazität hat der Kondensator bei unveränderter Leistung des Motors, und bis zu welcher kleinsten Spannung läßt sich der Motor in dieser Weise betreiben?

## 6. Spezielle Relativitätstheorie

**1110.** Auf das Wievielfache erhöht sich die Masse eines Körpers' wenn seine Geschwindigkeit a) 90 %, b) 99 % und c) 99,99 % der Lichtgeschwindigkeit beträgt?

**1111.** Welche kinetische Energie hat die Masse 1 g, wenn sie sich mit der Geschwindigkeit  $0,6c$  bewegt?

**1112.** Bei welcher Geschwindigkeit hat die Masse 1 kg die kinetische Energie  $4,5 \cdot 10^{16}$  Ws?

**1113.** Bei welcher Geschwindigkeit beträgt die kinetische Energie eines Körpers 1 % seiner Ruhenergie?

**1114.** Ein Körper hat die Geschwindigkeit  $v$ . Auf das Wievielfache ist diese zu erhöhen, wenn sich seine Masse verdoppeln soll?

**1115.** a) Mit welcher Spannung sind Elektronen zu beschleunigen, wenn sich deren Ruhmasse dabei verdreifacht? b) Wie groß ist dann ihre Geschwindigkeit?

**1116.** Mit welcher Spannung sind Elektronen zu beschleunigen, wenn ihre Geschwindigkeit 20 % unter der des Lichtes liegen soll?

**1117.** a) Welche Zeit benötigt ein Elektron, das zuvor mit der Spannung 0,5 MV beschleunigt wurde, zum Durchlaufen einer 10 m langen Strecke? b) Wie lang erscheint diese Strecke im Bezugssystem des Elektrons?

**1118.** Wie lange braucht ein Proton der Energie  $10^{19}$  eV, dem beobachteten Höchstbetrag in der kosmischen Strahlung, zum Durchlaufen der Galaxis, deren Durchmesser rund  $10^5$  Lichtjahre beträgt, a) gemessen nach irdischem Zeitmaß, b) gemessen im Bezugssystem des bewegten Protons?

**1119.** Im Zeitmaß eines utopischen Raumschiffes benötigt dieses für die einfache Fahrt bis zum nächsten Fixstern (Proxima Centauri,  $e = 4,3$  Lichtjahre) 1 Jahr. a) Welche Geschwindigkeit muß es haben, und b) welche Zeit verstreicht inzwischen auf der Erde?

**1120.** Auf das Wievielfache der Ruhmasse wächst die Masse des Elektrons im Elektronensynchrotron an, wo es mit 6 GV beschleunigt wird?

**1121.** Mit welcher Energie (in MeV) treffen Protonen gegen die Außenhaut eines Raumschiffes, das sich ihnen gegenüber mit  $0,6 c$  bewegt?

**1122.** Welche Antriebsenergie wäre notwendig, um ein Raumschiff von 100 t Masse auf die Geschwindigkeit  $v = 0,9 c$  zu beschleunigen? (Vergleiche mit der Leistung eines Großkraftwerkes von 1200 MW)

**1123.** Wenn sich die Geschwindigkeit eines Teilchens verfünffacht, wächst seine Masse ebenfalls auf das Fünffache an. Bei welcher Geschwindigkeit ist dies der Fall?

## 7. Atom- und Kernphysik

### 7.1. Quanten- und Atomphysik

In diesem Abschnitt wird mit folgenden Konstanten gerechnet:

Plancksche Konstante  $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Ws}^2$ ;

Ruhmasse des Elektrons  $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ ;

Elementarladung  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ As}$ ;

Rydbergfrequenz  $R = 3,29 \cdot 10^{15} \text{ 1/s}$

Einheit der relativen Atommasse  $1 \text{ u} = 1,6605 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \hat{=} \hat{=} 931 \text{ MeV}$

**1124.** Welche Wellenlänge hat eine  $\gamma$ -Strahlung von 1,8 MeV?

**1125.** Welche Energie (MeV) haben die Quanten einer  $\gamma$ -Strahlung von der Wellenlänge  $\lambda = 2,5 \cdot 10^{-11} \text{ cm}$ ?

**1126.** Wieviel Lichtquanten der Wellenlänge  $\lambda = 589,3 \text{ nm}$  sendet eine Natriumdampflampe bei einem Strahlungsfluß von 3 W je Sekunde aus?

**1127.** Auf eine verlustfrei reflektierende Fläche von  $1 \text{ cm}^2$  wirkt eine Strahlung mit der Leistung 6 W. Wie groß ist der entstehende Strahlungsdruck?

**1128.** Der Strahlungsdruck des senkrecht auf einen Spiegel fallenden Sonnenlichtes beträgt etwa  $10^{-3} \text{ p/m}^2$ . Wieviel Kalorien strahlt hiernach die Sonne je Sekunde auf die Fläche von  $1 \text{ cm}^2$ ?

**1129.** Wieviel kostet „1 Gramm Licht“, wenn dieses mit Glühlampen bei einem Wirkungsgrad von 4 % erzeugt wird und 1 kWh mit 0,08 Mark berechnet wird?

**1130.** (Bild 247). Eine Fozelle wird in zwei Versuchen mit monochromatischem Licht der Wellenlänge  $\lambda_1 = 350 \text{ nm}$  bzw.  $\lambda_2 = 250 \text{ nm}$  bestrahlt. Durch Anlegen einer Gegenspannung  $U_1 = 3,55 \text{ V}$  bzw.  $4,97 \text{ V}$  wird der Fotostrom vollständig kompensiert. Hieraus ist die Plancksche Konstante  $h$  zu berechnen.

**1131.** Wie groß ist die Abtrennarbeit einer Fotokathode, wenn bei Bestrahlung mit Licht der Wellenlänge  $2,2 \cdot 10^{-7} \text{ m}$  der Fotoeffekt durch eine Gegenspannung von 1,85 V vollständig unterdrückt wird?

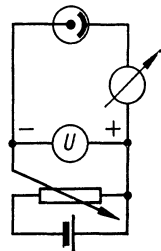


Bild 247

**1132.** Oberhalb welcher Wellenlänge des bestrahlenden Lichtes kann bei einer Kalium-Katode kein Fotoeffekt mehr eintreten, wenn die Abtrennarbeit  $1,83 \text{ eV}$  beträgt?

**1133.** Mit welcher Wellenlänge wird eine Fotokatode bestrahlt, wenn ihre Abtrennarbeit  $2,8 \text{ eV}$  beträgt und Elektronen der Geschwindigkeit  $1200 \text{ km/s}$  austreten?

**1134.** Bei welchem Streuwinkel beträgt die durch Compton-effekt bewirkte Änderung der Wellenlänge  $\Delta\lambda = 3,5 \cdot 10^{-12} \text{ m}$ ?

**1135.** a) Welche Wellenlänge haben die durch Comptoneffekt um den Winkel  $150^\circ$  gestreuten Röntgenquanten, wenn sie anfangs  $10^{-12} \text{ m}$  beträgt? b) Welche Energie haben die ausgelösten Rückstoßelektronen?

**1136.** Welche Wellenlänge hat die primäre Strahlung, wenn die unter dem Winkel  $\vartheta = 180^\circ$  austretende Comptonstreustrahlung die Wellenlänge  $\lambda' = 1,5 \cdot 10^{-11} \text{ m}$  hat?

**1137.** Das von einem Strahlungsquant der Wellenlänge  $4,655 \cdot 10^{-12} \text{ m}$  ausgelöste Rückstoßelektron hat die Energie  $0,08 \text{ MeV}$ . Unter welchem Winkel tritt das gestreute Strahlungsquant aus, und welche Wellenlänge hat es?

**1138.** Wie groß ist die Wellenlänge der Primärstrahlung, wenn bei dem Streuwinkel  $\vartheta = 90^\circ$  die Comptonelektronen die Energie  $1,5 \text{ MeV}$  haben?

**1139.** Zwischen welchen Grenzen liegt die Energie der von einer primären Strahlung der Wellenlänge  $10^{-12} \text{ m}$  ausgelösten Comptonelektronen?

**1140.** Welche maximale Änderung der Wellenlänge ist zu erwarten, wenn Lichtquanten an Protonen gestreut werden?

**1141.** Welche de-Broglie-Wellenlänge haben Elektronen bei  $50\%$  Lichtgeschwindigkeit?

**1142.** Bei welcher Elektronengeschwindigkeit ergibt sich für die de-Broglie-Wellenlänge der doppelte Wert, wenn mit der Ruhmasse anstatt mit der relativistisch veränderten Masse des Elektrons gerechnet wird?

**1143.** Mit welcher Spannung müssen Elektronen beschleunigt werden, damit ihre de-Broglie-Wellenlänge  $5 \cdot 10^{-11} \text{ m}$  beträgt?

**1144.** Welche Grenzwellenlänge der Röntgenbremsstrahlung wird durch Elektronen der Geschwindigkeit  $0,3 c$  ausgelöst?

1145. Welche Wellenlänge hat die  $K_{\beta}$ -Linie des Röntgenspektrums des Eisens?

1146. Aus welchem Material besteht die Anode, wenn die Quanten der  $K_{\alpha}$ -Linie einer Röntgenstrahlung die Energie 8 keV haben?

## 7.2. Radioaktivität

1147. Wieviel Zerfallsakte finden je Sekunde in 1 g reinem Radiokobalt  $^{60}\text{Co}$  statt? ( $T_{1/2} = 5,3 \text{ a}$ )

1148. Wieviel Gramm stellen 3 mCi reines Radiojod  $^{131}\text{J}$  ( $T_{1/2} = 8 \text{ d}$ ) dar?

1149. Die Aktivität einer strahlenden Substanz sinkt innerhalb zweier Tage von 4 mCi auf 2,4 mCi. Wie groß ist die Aktivität nach weiteren 8 Tagen?

1150. Die Aktivität einer strahlenden Substanz klingt innerhalb von 3 Stunden von 3,5 mCi auf 3,1 mCi ab. Wie groß ist die Halbwertszeit?

1151. Wieviel Gramm  $^{32}\text{P}$  sind von 1 g Anfangsmenge nach 35 Tagen noch aktiv? (Halbwertszeit  $T_{1/2} = 14,3 \text{ d}$ )

1152. Innerhalb welcher Zeit klingt die Aktivität des Radionatriums  $^{24}\text{Na}$  ( $T_{1/2} = 14,8 \text{ h}$ ) auf  $1/10$  des Anfangswertes ab?

1153. Wieviel Curie stellen 2 mg reiner Radiokohlenstoff  $^{14}\text{C}$  dar? ( $T_{1/2} = 5700 \text{ a}$ )

1154. Wie groß ist die Halbwertszeit eines Radionuklides, wenn seine Aktivität innerhalb einer bestimmten Zeit auf  $9/10$  und nach weiteren 5 Stunden auf  $7/10$  des Anfangswertes abnimmt?

1155. Die Aktivität zweier radioaktiver Substanzen beträgt anfänglich 80 mCi bzw. 50 mCi und ist nach 12 Tagen gleich groß. Wie groß ist die Halbwertszeit der zweiten Substanz, wenn die der ersten 5 Tage beträgt?

1156. Die Aktivitäten zweier Radionuklide, die sich anfangs wie 2:1 verhalten, sind nach Ablauf von 6 Tagen gleich groß. Wie groß ist die Halbwertszeit des zweiten Nuklides, wenn die des ersten 4 Tage beträgt?

1157. Eine Lösung von Radionatrium ( $T_{1/2} = 14,8 \text{ h}$ ) liefert im Zählgerät anfänglich 12500 Impulse/min. Welche Impulsrate wird nach einem Tag (24 h) festgestellt?

- 1158.** Nach wieviel Halbwertszeiten beträgt die Aktivität einer radioaktiven Substanz nur noch  $1/100$  ihres Anfangswertes?
- 1159.** Wieviel reines  $^{238}_{94}\text{Pu}$  ( $T_{1/2} = 86,4$  Jahre) ist zum Betrieb einer Thermobatterie erforderlich, wenn eine anfängliche Wärmeleistung von 1 kW erzielt werden soll und die mittlere Energie eines  $\alpha$ -Teilchens  $W_\alpha = 5,48$  MeV beträgt?
- 1160.** Welche Energie (in kcal) liefert 1 g  $^{226}_{88}\text{Ra}$  ( $T_{1/2} = 1600$  a) im Zeitraum eines Jahres, wenn nur die Energie der  $\alpha$ -Strahlung ( $W_\alpha = 4,78$  MeV) berücksichtigt wird?
- 1161.** Welche anfängliche Leistung kann eine mit 100 g  $^{238}_{94}\text{Pu}$  ( $T_{1/2} = 86,4$  Jahre) geladene Radionuklidbatterie maximal abgeben, wenn die Energie ihrer  $\alpha$ -Strahlung  $W_\alpha = 5,48$  MeV beträgt?
- 1162.** Welche Energie liefert eine mit  $^{90}_{38}\text{Sr}$  betriebene Radionuklidbatterie in 10 Jahren, wenn die Halbwertszeit  $T_{1/2} = 28$  Jahre und die Anfangsleistung 50 W beträgt?
- 1163.** Welche Energie (kWh) wird beim vollständigen Zerfall von Co 60 ( $T_{1/2} = 5,3$  a) frei, wenn die Anfangsaktivität  $A = 1$  Ci beträgt und je Zerfallsakt zwei  $\gamma$ -Quanten mit zusammen 2,5 MeV und ein  $\beta$ -Teilchen mit 0,3 MeV freiwerden?
- 1164.** Die Dosisleistung eines punktförmigen Gamma-Strahlers beträgt in 0,6 m Abstand vom Präparat 0,5 mR/h. In welchem Abstand beträgt sie nur noch 0,1 mR/h?
- 1165.** Wieviel Röntgen erzeugen  $A = 5$  mCi Radium im Abstand  $r = 1$  m innerhalb von  $t = 30$  min, wenn die Dosiskonstante  $K_\gamma = 8,4$  R/mCi  $\cdot$  h in 1 cm Abstand beträgt?
- 1166.** Die Dosiskonstante des  $^{60}\text{Co}$  ist  $K_\gamma = 13$  R  $\cdot$  cm<sup>2</sup>/mCi h. Welche Aktivität  $A$  ergibt im Abstand von 0,5 m die höchstzulässige Dosis von 0,1 R/Woche, wenn die Woche zu 40 Arbeitsstunden angenommen wird?
- 1167.** Welcher Arbeitsabstand  $r$  muß mindestens eingehalten werden, wenn täglich  $1/2$  Stunde lang mit 0,6 Ci  $^{192}\text{Ir}$  gearbeitet wird? (Dosiskonstante  $K_\gamma = 5,46$  R  $\cdot$  cm<sup>2</sup>/mCi h)
- 1168.** Gegeben sei ein punktförmig zu betrachtendes Präparat von 1 mCi  $^{60}\text{Co}$ , das je Zerfallsakt 2  $\gamma$ -Quanten von je  $W_\gamma = 1,25$  MeV abgibt. Wieviel  $\gamma$ -Quanten und welche Strahlungsenergie (Ws) treffen im Abstand 0,8 m je Sekunde auf die Fläche 1 cm<sup>2</sup>?





teilt sich die dabei frei werdende Energie  $W = 165 \text{ MeV}$  auf die beiden Teile, und mit welchen Geschwindigkeiten fliegen sie auseinander?

**1179.** a) In welchem Verhältnis  $m_1:m_2$  stehen die beiden bei der Spaltung eines Urankerns entstehenden Bruchstücke zueinander, wenn ihre kinetischen Energien  $W_1 = 110,4 \text{ MeV}$  bzw.  $W_2 = 53,8 \text{ MeV}$  betragen? b) Welche Massenwerte haben sie, wenn die des Zwischenkerns mit  $A = 235$  angenommen wird?

**1180.** Wieviel reines  ${}_{92}^{235}\text{U}$  verbraucht ein Kernkraftwerk täglich, dessen thermische Leistung  $300 \text{ MW}$  beträgt, wenn mit  $200 \text{ MeV}$  je Spaltakt gerechnet wird?

**1181.** Der Abbrand der in einem Kernkraftwerk eingesetzten Brennelemente wird mit  $17400 \text{ MWd/t}$  angegeben (d = Abkürzung für Tage). Wieviel  $\text{kg } {}_{92}^{235}\text{U}$  je t Kernbrennstoff werden dabei verbraucht? Vergleiche damit die mittlere Anreicherung von  $2,2 \%$ .

**1182.** Aus der Reaktionsgleichung

${}^2_1\text{D} + {}^2_1\text{D} \rightarrow {}^3_2\text{He} + {}^1_0\text{n} + 3,25 \text{ MeV}$  ist der genaue Massenwert des  ${}^3_2\text{He}$  zu berechnen, wenn der genaue Massenwert des Atoms  ${}^2_1\text{D}$  mit  $2,01409 \text{ u}$  bekannt ist.

**1183.** Wieviel Kilowattstunden würden bei der vollständigen Fusion von  $1 \text{ g}$  Wasserstoff zu Helium frei werden?

**1184.** Welche Energie (MeV) wird bei der Kernverschmelzung  ${}^7_3\text{Li} + \text{p} \rightarrow 2{}^4_2\text{He}$  frei, wenn die Massenwerte für  ${}^7_3\text{Li}$   $7,01600$ , für  $\text{p}$   $1,00727$  und für  ${}^4_2\text{He}$   $4,00261$  betragen?

**1185.** Welche Energieänderung erfährt ein  $\gamma$ -Quant der Energie  $W = 129 \text{ keV}$  durch den Rückstoß des emittierenden Kerns Ir 191?

## **Lösungen**

## 1. Mechanik fester Körper

1.  $V = 2lbh = 2 \cdot 100 \text{ cm} \cdot 220 \text{ cm} \cdot 0,008 \text{ cm} = \underline{352 \text{ cm}^3}$

2.  $d = \frac{V}{2lb} = \underline{0,03 \text{ mm}}$

3.  $hA = \frac{(d_2^2 - d_1^2)\pi b}{4}$ ;  $A = \underline{659,7 \text{ m}^2}$

4. Der Ansatz von Aufg. 3 ergibt  $d_1 = \sqrt{d_2^2 + \frac{4hA}{\pi b}} = \underline{15 \text{ cm}}$

5.  $\frac{d_1^2 \pi l_1}{4} = \frac{d_2^2 \pi l_2}{4}$ ;  $d_2 = d_1 \sqrt{\frac{l_1}{l_2}} = \underline{0,17 \text{ mm}}$

6.  $\frac{d^2 \pi l}{4} = \frac{4\pi r^3}{3}$ ;  $d = \sqrt{\frac{16r^3}{3l}} = \underline{0,075 \text{ mm}}$

7.  $\frac{d_1^2 \pi h}{4} = \frac{(d_1^2 - d_2^2) \pi (h + \Delta h)}{4}$ ; hieraus folgt

$$d_1 = d_2 \sqrt{\frac{h + \Delta h}{\Delta h}};$$

$$V = \frac{d_1^2 \pi h}{4} = \frac{d_2^2 (h + \Delta h) \pi h}{4 \Delta h} = \underline{2,63 \text{ m}^3}$$

8.  $\frac{d^2 \pi h}{4} = V$ ;  $h = d = \sqrt[3]{\frac{4V}{\pi}} = \underline{5,35 \text{ m}}$

9. (Bild 248) Es ist  $c = \frac{h}{4}$  und  
wegen  $45^\circ$  Neigung

$$c = \frac{d}{2}, \text{ so da\ss } \frac{d}{2} = \frac{h}{4} \text{ und } d : h = \underline{1 : 2}$$

10. (Bild 249)

$$c \cot \alpha = \frac{h}{4} : \frac{h}{2} = 0,5; \alpha = \underline{63,4^\circ}$$

11. (Bild 250)  $\tan \alpha = \frac{10}{45}$ ;  $\alpha = \underline{12,5^\circ}$

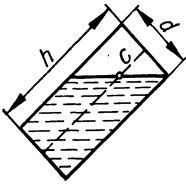


Bild 248

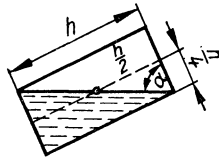


Bild 249

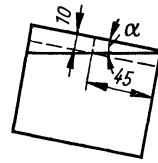


Bild 250

12.	Gefäß 1		Gefäß 2	
	Benzin	Öl	Öl	Benzin
1.	1000	0	1000	0
2.	750	—	1000	250
3.	800	200	800	200

Verhältnis von Benzin/Öl in 1 gleich Öl/Benzin in 2; in beiden Fällen 4 : 1

$$13. \quad m = \frac{d^2 \pi l \rho}{4} = \frac{0,2^2 \text{ cm}^2 \cdot \pi \cdot 10000 \text{ cm} \cdot 8,9 \text{ g/cm}^3}{4} = 2796 \text{ g} = \underline{2,796 \text{ kg}}$$

$$14. \quad \rho = \frac{m}{V_1 + V_2} = \frac{100}{\frac{33}{\rho_1} + \frac{67}{\rho_2}} = \underline{9,6 \text{ g/cm}^3}$$

$$15. \quad V = \frac{m}{\rho} = \frac{300 \text{ g}}{11,3 \text{ g/cm}^3} = \underline{26,55 \text{ cm}^3}$$

$$16. \quad m = 2A h \rho = \underline{222,5 \text{ g}}$$

$$17. \quad h = \frac{m}{1000 A \rho} = 4,145 \cdot 10^{-4} \text{ cm} = \underline{4,145 \text{ } \mu\text{m}}$$

$$18. \quad m = \frac{d^2 \pi l \rho}{4}; \quad d = \sqrt{\frac{4m}{\pi l \rho}} = 0,034 \text{ cm} = \underline{0,34 \text{ mm}}$$

19.  $V = \frac{m}{\rho} = \frac{100 \text{ kg}}{2,5 \text{ kg/dm}^3} = 40 \text{ dm}^3$ ;  $\frac{40}{1000} = \underline{4\%}$
20. Volumen des Bleis  $V_1 = \frac{m_1}{\rho_1}$ ; verdrängtes Volumen  $V$ ;  
Dichte des Holzes  $\rho_2 = \frac{m_2}{V_2} = \frac{m_2}{V - \frac{m_1}{\rho_1}} = \underline{0,76 \text{ g/cm}^3}$
21.  $A = \frac{m}{l\rho} = \frac{x \text{ kg m}^3}{x \text{ m } 600 \text{ kg}} = 0,001667 \text{ m}^2 = \underline{16,67 \text{ cm}^2}$
22.  $\rho = \frac{m_{F1}}{V_{F1}} = \frac{(74,56 - 12,82) \text{ g}}{(65,43 - 12,82) \text{ cm}^3} = \underline{1,174 \text{ g/cm}^3}$
23. Volumen des Pyknometers  $V = \frac{m_2 - m_1}{\rho_1}$ ;  
 $m_4 = \left( V - \frac{m_3}{\rho_2} \right) \rho_1 + m_1 + m_3$ ; nach Einsetzen von  $V$   
erhält man  $\rho_2 = \frac{m_3 \rho_1}{m_2 + m_3 - m_4} = \underline{21,2 \text{ g/cm}^3}$
24.  $m_0 + V\rho_L = x$ ;  $m_0 + V\rho_G = y$ ;  $m_0 + V\rho_W = z$ ; paarweises  
Subtrahieren liefert die Gleichungen  $V\rho_W - V\rho_L = z - x$ ;  
 $V\rho_L - V\rho_G = x - y$ ; Isolieren von  $V$  und Gleichsetzen er-  
gibt  
$$\rho_G = \frac{\rho_W(x - y) - \rho_L(z - y)}{x - z}$$
25.  $\rho_G = \underline{0,000691 \text{ g/cm}^3}$
26. 3 Taue verbinden den ersten Hänger mit der Zugmaschine,  
2 Taue die ersten beiden und 1 Tau die beiden letzten  
Hänger.
27. Es hätten 8 Pferde auf der einen Seite genügt; ein fester  
Widerhalt auf der anderen Seite hätte dieselbe Gegenkraft  
ergeben.
28.  $(7 + 2) \text{ kp} = (4 + 3) \text{ kp} + F$ ;  $F = \underline{2 \text{ kp}}$
29. (Bild 251) In jeder Seilhälfte wirkt die Zugkraft  
$$F = \frac{F_R}{\sqrt{2}} = 300 \text{ kp } \sqrt{2} = \underline{424,3 \text{ kp}}$$

30.  $8 \text{ kp} = \sqrt{F_1^2 + (F_1 + 2 \text{ kp})^2}$ ;  $F_1 = 4,57 \text{ kp}$ ;

$F_2 = 6,57 \text{ kp}$

31.  $\sqrt{F_1^2 + F_2^2} = \sqrt{F_3^2 + F_3^2}$ ;  $F_3 = 14,6 \text{ kp}$

32.  $F_1^2 + (F_1 + 3 \text{ kp})^2 = (F_1 + 7 \text{ kp})^2$ ;  $F_1 = 11,48 \text{ kp}$ ;

$F_2 = 14,48 \text{ kp}$ ;  $F_R = 18,48 \text{ kp}$

33.  $G = \sqrt{G_1^2 + G_2^2} = \sqrt{(81 + 16) \text{ kp}^2} = 9,85 \text{ kp}$

34. a)  $G_1 = \frac{120 \text{ kp}}{\cos 20^\circ} = 128 \text{ kp}$     b)  $G_2 = \frac{85 \text{ kp}}{\sin 20^\circ} = 249 \text{ kp}$

35. (Bild 252)  $\tan \alpha = 1/3 = 0,3333$ ;  $\alpha = 18,4^\circ$ ;

$\frac{G'}{2F_1} = \cos 18,4^\circ$ ;  $F_1 = F_2 = 44,8 \text{ kp}$

36. (Bild 253) Gegen die Kante wirkt die Resultierende  $F_R$  aus der Zugkraft  $F$  und dem Gewicht  $G$ . Es ist  $F:G = a:b$ , wobei  $a = \sqrt{(60^2 - 55^2) \text{ cm}^2} = 24,0 \text{ cm}$  und  $b = 55 \text{ cm}$ ; hieraus wird  $F = 1,31 \text{ Mp}$ .

37. (Bild 254) Das Kräfteck liefert  $F_1:G = 6:1$ , wonach  $F_1 = F_2 = 90 \text{ kp}$ ; mit  $a = \sqrt{(6^2 - 1^2) \text{ m}^2} = 5,92 \text{ m}$  und  $F_3:G = 5,92:1$  wird  $F_3 = 88,7 \text{ kp}$

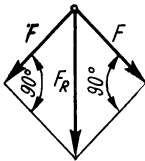


Bild 251

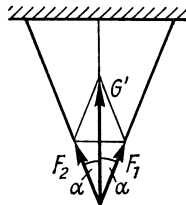


Bild 252

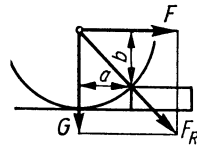


Bild 253

38. (Bild 255) Zugseil und Last ergeben die um  $15^\circ$  gegen die Vertikale geneigte Resultierende  $F_R = 2 \cdot 200 \text{ kp} \cdot \cos 15^\circ = 386,4 \text{ kp}$ ;  $F_R$  liefert

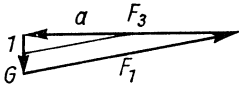


Bild 254

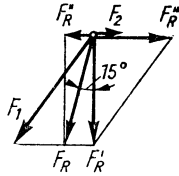


Bild 255

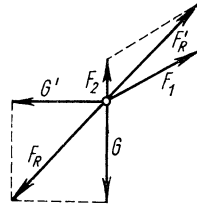


Bild 256

$$\begin{aligned}
 F_{R'} &= F_R \cos 15^\circ = \underline{373,2 \text{ kp}} \text{ und } F_{R''} = F_R \sin 15^\circ = \\
 &= \underline{100,0 \text{ kp}}; F_{R'} \text{ liefert } F_1 = \frac{F_{R'}}{\sin 50^\circ} = \underline{487,2 \text{ kp}} \text{ und} \\
 F_{R'''} &= F_1 \cos 50^\circ = \underline{313,2 \text{ kp}}; \\
 F_2 &= F_{R'''} - F_{R''} = \underline{213,2 \text{ kp}}
 \end{aligned}$$

39. (Bild 256)  $F_{R'} = F_R = G\sqrt{2} = \underline{169,7 \text{ kp}}$ ;  
 $F_1 : F_{R'} = \sin 45^\circ : \sin 120^\circ$ ;  $F_1 = \underline{138,6 \text{ kp}}$ ;  
 $F_2 = \frac{F' \sin 15^\circ}{\sin 120^\circ} = \underline{50,7 \text{ kp}}$
40.  $\cos \alpha = \frac{170 \text{ kp}}{210 \text{ kp}} = 0,8095$ ;  $\alpha = 36^\circ$ ;  
 $G = 210 \text{ kp} \cdot \sin \alpha = \underline{123,4 \text{ kp}}$
41. (Bild 257)  $\cot \varphi = \frac{1,8}{1}$ ; mit der Seillänge  $l = 6 \text{ m}$  ist  
 $h = l(1 - \cos \varphi) = \underline{0,75 \text{ m}}$
42. (Bild 258)  $F_2 = F_1 \cot 20^\circ = 60 \text{ kp} \cdot 2,747 = \underline{164,8 \text{ kp}}$
43. (Bild 259)  $F = 2 \cdot 250 \text{ p} \cdot \tan 30^\circ = \underline{288,7 \text{ p}}$
44. (Bild 260) An Stange 2 wirkt nach links die gleiche horizontale Kraft  $F_H = 100 \text{ kp}$ ;  $F_1 : 100 = (3-2) : 4$ ;  $F_1 = 25 \text{ kp}$ ;  
 $F_2' = 25 \text{ kp}$ ;  $F_2'' = 100 \text{ kp} \cdot \tan 60^\circ = 173,2 \text{ kp}$ ;  
 $F_2 = (F_2'' - F_2') = \underline{148,2 \text{ kp}}$ ;  $F = \frac{F_2''}{\sin 60^\circ} = \underline{200 \text{ kp}}$   
 oder auch  $F = \frac{100 \text{ kp}}{\sin 30^\circ}$
45. (Bild 261) Drückt man im Dreieck  $ADC$  den halben Winkel durch  $\sin 15^\circ = \frac{a/2}{b}$  aus, so gilt im Dreieck  $ABC$



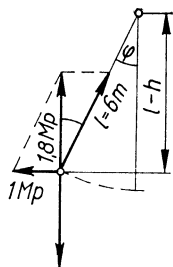


Bild 257

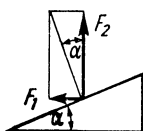


Bild 258

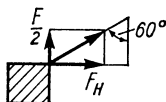


Bild 259

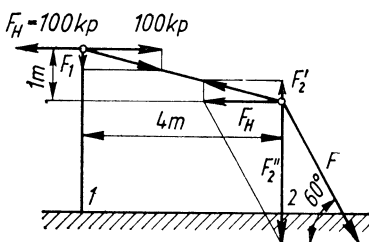


Bild 260

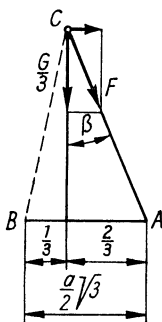


Bild 261

$$\sin \beta = \frac{2}{3} \frac{a}{2b\sqrt{3}}; \text{ so da\ss } \sin \beta = \frac{2\sqrt{3}}{3} \sin 15^\circ \text{ und}$$

$$\beta = 17,4^\circ; \quad F = \frac{G}{3 \cos \beta} = \underline{20,96 \text{ Mp}}$$

46. (Bild 262)  $h = \sqrt{(15^2 - 3^2) \text{ cm}^2} = \underline{14,70 \text{ cm}}; F_1:G = 15 \text{ cm}:h; F_1 = \underline{1,02 \text{ kp}}; F_2:G = 3 \text{ cm}:h; F_2 = \underline{0,20 \text{ kp}}$

47. (Bild 263)  $F_2 = \frac{240 \text{ kp} \cdot 1,5 \text{ m}}{1 \text{ m}} = 360 \text{ kp};$

mit dem Cosinussatz ist

$$F_1 = \sqrt{G^2 + F_2^2 + 2F_2G \cos 75^\circ} = 481,6 \text{ kp}; \quad F_1/2 = \underline{240,8 \text{ kp}};$$

$$F_3 = F_2 \cos 15^\circ = \underline{347,7 \text{ kp}}$$

48. (Bild 264)  $\frac{F/2}{F_1} = \frac{18}{24}; \quad F_1 = 8 \text{ kp};$

$$\frac{F/2}{F_2} = \frac{72}{24}; \quad F_2 = 2 \text{ kp}; \quad F' = F_1 + F_2 = \underline{10 \text{ kp}}$$

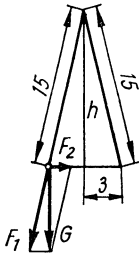


Bild 262

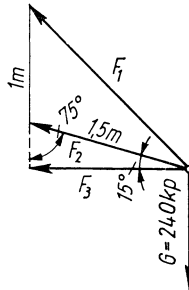


Bild 263

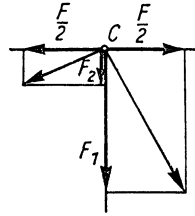


Bild 264

#### 49. Waagerechte Kräfte

$$F_1 = (12 + 24) \text{ kp} \cdot \cos 10^\circ = 35,45 \text{ kp};$$

senkrechte Kräfte

$$F_2 = (24 - 12) \text{ kp} \cdot \sin 10^\circ = 2,08 \text{ kp};$$

Winkel mit der Waagerechten

$$\tan \alpha = \frac{F_2}{F_1} = \frac{2,08}{35,45}; \quad \alpha = \underline{3,4^\circ};$$

Resultierende

$$F_R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2} = \underline{35,51 \text{ kp}}$$

50. (Bild 265)  $F_H = F_{H2} - F_{H1} =$   
 $= (F_2 - F_1) \cos 45^\circ = \underline{0,35 \text{ Mp}};$   
 $F_V = F_{V2} + F_{V1} =$   
 $= (F_2 + F_1) \cos 45^\circ = \underline{3,89 \text{ Mp}}$

#### 51. (Bild 266)

a) Kolbenkraft  $F_1 =$   
 $= \frac{8 \text{ kp/cm}^2 \cdot 6,8^2 \text{ cm}^2 \cdot \pi}{4} = \underline{290,5 \text{ kp}}$

b)  $a = 35 \text{ mm} \cdot \sin \alpha = 17,5 \text{ mm};$   
 $\sin \beta = \frac{17,5}{130}; \quad \beta = 7,7^\circ; \quad \text{Kraft im Pleuel}$

$$F_2 = \frac{F_1}{\cos \beta} = \underline{293,1 \text{ kp}}$$

c)  $\gamma = 30^\circ + 7,7^\circ = 37,7^\circ; \quad \text{Kraft in der Kurbel}$   
 $F_3 = F_2 \cos \gamma = \underline{231,9 \text{ kp}}$

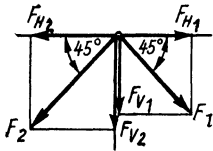


Bild 265

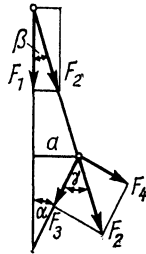


Bild 266

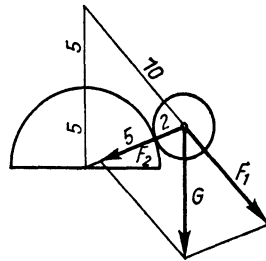


Bild 267

d) Kraft rechtwinklig zur Kurbel

$$F_4 = F_2 \sin \gamma = \underline{179,2 \text{ kp}}$$

52. (Bild 267)  $F_1 = G = 80 \text{ p}$ ;  $F_2 = G \cdot \frac{7 \text{ cm}}{10 \text{ cm}} = \underline{56 \text{ p}}$

53. a) Tiefste Stellung (Bild 268a):  $h_1 = \sqrt{(5^2 - 4,5^2) \text{ cm}^2} = 2,18 \text{ cm}$ ;

höchste Stellung (Bild 268b):  $h_2 = \sqrt{(9^2 - 4,5^2) \text{ cm}^2} = 7,79 \text{ cm}$ ;  $h = (7,79 - 2,18) \text{ cm} = \underline{5,61 \text{ cm}}$

b) Federkraft in höchster Stellung

$$F_2 = 0,25 \text{ kp} + 5,61 \text{ cm} \cdot 0,1 \text{ kp/cm} = 0,81 \text{ kp}$$

kleinster Druck  $F_{D1}: 0,25 = 5:2,18$ ;  $F_{D1} = \underline{0,57 \text{ kp}}$ ;

größter Druck  $F_{D2}: 0,81 = 9:7,79$ ;  $F_{D2} = \underline{0,94 \text{ kp}}$

54. (Bild 269)  $F_R = 2 G \cos 27,5^\circ = 14,19 \text{ Mp}$ ;

$$F_R : F_1 = \sin 145^\circ : \sin 7,5^\circ; F_1 = \frac{F_R \cdot 0,1305}{0,5736} = \underline{3,23 \text{ Mp}}$$

$$F_2 = \frac{F_R \cdot \sin 27,5^\circ}{\sin 145^\circ} = \underline{11,42 \text{ Mp}}$$

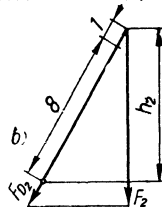
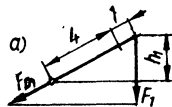


Bild 268

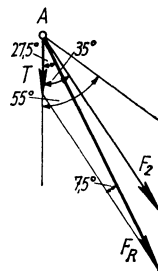


Bild 269

55. (Bild 270)  $F = \frac{40 \text{ Mp}}{2 \cos 10^\circ} = 20,3 \text{ Mp}$ ; die Resultierende der beiden Seilkräfte ist  $F_R = F\sqrt{2} = 28,7 \text{ Mp}$  und bildet mit der unteren Stöbe den Winkel  $55^\circ - 45^\circ = 10^\circ$ ; für das Dreieck aus den Kräften  $F_R$ ,  $F_o$  und  $F_u$  gilt mit dem Sinussatz

$$\frac{F_u}{F_R} = \frac{\sin 140^\circ}{\sin 30^\circ}, \text{ wonach } F_u = 36,9 \text{ Mp (Druckkraft) sowie}$$

$$\frac{F_o}{F_R} = \frac{\sin 10^\circ}{\sin 30^\circ}, \text{ wonach } F_o = \underline{10,0 \text{ Mp}} \text{ (Zugkraft)}$$

56.  $F \cdot 10 \text{ m} = 27 \text{ Mp} \cdot 4 \text{ m}$ ;  $F = \underline{10,8 \text{ Mp}}$

57.  $F = \frac{85 \text{ kp} \cdot 45 \text{ cm}}{170 \text{ cm}} = \underline{22,5 \text{ kp}}$

58.  $F = \frac{80 \text{ kp} \cdot 60 \text{ cm}}{15 \text{ cm}} = \underline{320 \text{ kp}}$

59.  $F = \frac{30 \text{ kp} \cdot 45 \text{ cm}}{120 \text{ cm}} = \underline{11,25 \text{ kp}}$

60. Am Lastarm des Hebels wirkt  $F_3 = \frac{22 \text{ kp} \cdot 50 \text{ cm}}{8 \text{ cm}} = 137,5 \text{ kp}$ ; haben die Nägel vom Deckelrand die Entfernung  $x$ , so gilt für den Deckel  $137,5 \text{ kp} \cdot 52 \text{ cm} = xF_2 + (60 \text{ cm} - x)F_2$ , wonach  $F_2 = \underline{119,2 \text{ kp}}$

61. Man legt auf beide Seiten der Waage je 3 Kugeln. Ist Gleichgewicht vorhanden, so befindet sich die schwerere Kugel unter den beiden restlichen und kann durch eine zweite Wägung herausgefunden werden. Andernfalls werden von den 3 Kugeln der schwereren Seite 2 erneut auf die Waage gelegt. Stellt sich Gleichgewicht ein, so ist die übriggebliebene Kugel die schwerere; andernfalls hat man die schwerere Kugel sofort gefunden.

62. Sind die Hebellängen  $l_1$  bzw.  $l_2$ , so gelten die Gleichungen  $l_1G = 60 \text{ p} \cdot l_2$  und  $l_2G = 55 \text{ p} \cdot l_1$ ; hiernach ist  $G = \sqrt{60 \text{ p} \cdot 55 \text{ p}} = \underline{57,45 \text{ p}}$

63. (Bild 271) Für die Drehmomente ergibt sich die Gleichung

$$Fl_2 \sin \varphi = Gl_1 \cos \varphi; \tan \varphi = \frac{l_1G}{l_2F}$$

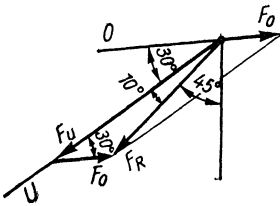


Bild 270

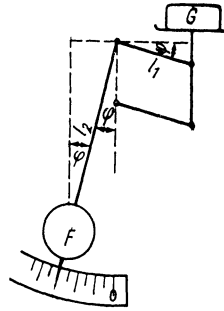


Bild 271

64.  $G \frac{l}{2} = 6,4 \text{ kp} \cdot l$ ;  $G = \underline{12,8 \text{ kp}}$

65.  $G_1 l = (G_1 + G_2) l_1$ ;  $l_1 = \underline{2,64 \text{ m}}$

66. Das Gewicht des Balkens greift im Schwerpunkt an:

$$G = \frac{75 \text{ kp} \cdot 60 \text{ cm}}{110 \text{ cm}} = \underline{40,9 \text{ kp}}$$

67.  $50 \text{ kp} \cdot 80 \text{ cm} = \left(\frac{l}{2} - 80 \text{ cm}\right) G$ ;

$90 \text{ kp} \cdot 40 \text{ cm} = \left(\frac{l}{2} - 90 \text{ cm}\right) G$ ;

die Gleichungen ergeben  $l = \underline{360 \text{ cm}}$ ,  $G = \underline{40 \text{ kp}}$

68. Momentengleichung, bezogen auf  $S_1$ :  $(50 \text{ cm} - l) G = 30 F_2$   
und bezogen auf  $S_2$ :  $(20 \text{ cm} - l) G = 30 F_1$ ; nach Division

der Gleichungen wird  $\frac{20 \text{ cm} - l}{50 \text{ cm} - l} = \frac{F_1}{F_2} = \frac{1}{3}$  und hieraus  
 $l = \underline{5 \text{ cm}}$

69. Die Abstände des Schwerpunktes von den Stützen sind  
120 cm bzw. 60 cm; der Balken ragt links  $(350 - 120) \text{ cm} =$   
 $= \underline{230 \text{ cm}}$  und rechts  $(350 - 60) \text{ cm} = \underline{290 \text{ cm}}$  über.

70. (Bild 272)

$2 \text{ m} \cdot \cos \alpha = 0,5 \text{ m} \cdot \cos (60^\circ - \alpha)$ ;

$4 \cos \alpha = 0,5 \cos \alpha + 0,866 \sin \alpha$ ;

$\tan \alpha = \frac{3,5}{0,866}$ ;  $\alpha = \underline{76^\circ}$

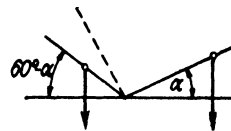


Bild 272

71. Größtmögliche Hebellänge  $\overline{AD} = \sqrt{(25^2 + 60^2)} \text{ cm}^2 = 65 \text{ cm}$ ; Drehmoment  $M = 1,5 \text{ kp} \cdot 65 \text{ cm} = 97,5 \text{ kpcm}$

72. a)  $M_1 = 35 \text{ kp} \cdot 0,2 \text{ m} = 7 \text{ kpcm}$   
 b)  $M_2 = M_1 \cos 40^\circ = 5,36 \text{ kpcm}$

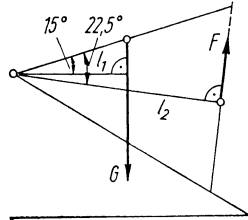


Bild 273

73. (Bild 273)  $F \cdot l_2 = G \cdot l_1$ ;

$$F = \frac{8 \text{ kp} \cdot 32,5 \text{ cm} \cdot \cos 15^\circ}{65 \text{ cm} \cdot \cos 22,5^\circ} = 4,18 \text{ kp}$$

74.  $1,5 G l_2 = G \frac{l_1}{2} \cos \alpha$ ;  $\cos \alpha = \frac{1,5 \cdot 20 \text{ cm}}{35 \text{ cm}}$ ;  $\alpha = 31^\circ$

75. (Bild 274) Länge der Feder nach der Dehnung  $l = \sqrt{(5^2 + 11^2)} \text{ cm}^2 = 12,08 \text{ cm}$ ; Spannkraft  $F = 1,5 \text{ kp} + (0,8 \cdot 6,08) \text{ kp} = 6,36 \text{ kp}$ ;  $M = F \cdot 5 \text{ cm} \cdot \cos \alpha$ ;  
 $M = \frac{6,36 \text{ kp} \cdot 5 \text{ cm} \cdot 11 \text{ cm}}{12,08 \text{ cm}} = 29 \text{ kpcm}$

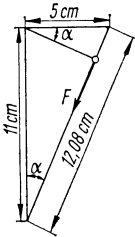


Bild 274

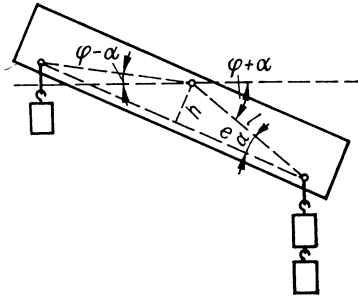


Bild 275

76. (Bild 275) a) Nach erfolgter Drehung bis zum Gleichgewicht ergibt sich die Momentengleichung

$$1 \cdot l \cdot \cos(\varphi - \alpha) = 2 \cdot l \cdot \cos(\varphi + \alpha), \text{ woraus}$$

$$\cos \alpha \cos \varphi + \sin \alpha \sin \varphi = 2 \cos \alpha \cos \varphi - 2 \sin \alpha \sin \varphi$$

oder  $3 \sin \alpha \sin \varphi = \cos \alpha \cos \varphi$  und damit

$$\tan \varphi = \frac{\cot \alpha}{3} = \frac{e}{3h} \text{ folgt}$$

b)  $\tan \varphi = \frac{e}{5h}$

77.  $F_1 \cdot 3 \text{ m} = 60 \text{ kp} \cdot 1,9 \text{ m} + 82 \text{ kp} \cdot 1,5 \text{ m}; F_1 = \underline{79 \text{ kp}};$   
 $F_2 = (142 - 79) \text{ kp} = \underline{63 \text{ kp}}$
78.  $F_B \cdot 60 \text{ cm} = 3 \text{ kp} \cdot 32 \text{ cm} + 12 \text{ kp} \cdot 40 \text{ cm}$ , woraus  
 $F_B = \underline{9,6 \text{ kp}}$  folgt;  $F_A \cdot 60 \text{ cm} = 3 \text{ kp} \cdot 28 \text{ cm} + 12 \text{ kp} \cdot 20 \text{ cm};$   
 $F_A = \underline{5,4 \text{ kp}}$
79. In bezug auf  $A$  als Drehpunkt gilt  
 $F_B \cdot 37 \text{ cm} = 6 \text{ kp} \cdot 41 \text{ cm} + 3 \text{ kp} \cdot 27 \text{ cm} + 8 \text{ kp} \cdot 12 \text{ cm} -$   
 $- 2 \text{ kp} \cdot 12 \text{ cm} + 5 \text{ kp} \cdot 14,5 \text{ cm}$ , so daß  $F_B = \underline{12,74 \text{ kp}};$   
 entsprechend ist  $F_A = \underline{11,26 \text{ kp}}$
80. In bezug auf  $A$  bzw.  $B$  gilt die Gleichung  
 $4 \text{ kp} \cdot 28 \text{ cm} + 20 \text{ kp} \cdot 12 \text{ cm} - x \cdot 6 \text{ kp} + 8 \text{ kp} \cdot 11 \text{ cm} =$   
 $= 6 \text{ kp} (22 \text{ cm} + x) + 20 \text{ kp} \cdot 10 \text{ cm} + 8 \text{ kp} \cdot 11 \text{ cm} -$   
 $- 4 \text{ kp} \cdot 6 \text{ cm}$ , woraus  $x = \underline{3,67 \text{ cm}}$  folgt;  
 $F_A = F_B = \frac{(4 + 20 + 6 + 8) \text{ kp}}{2} = \underline{19 \text{ kp}}$
81. (Bild 276)  $\frac{Ga}{2} = Fl$ ; mit  $l = a(1 + \tan \alpha) \cos \alpha$  wird die

$$\text{Kraft } F = \frac{G}{2(\sin \alpha + \cos \alpha)}$$

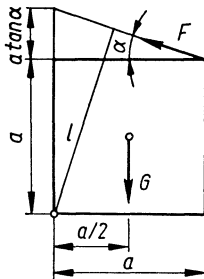


Bild 276

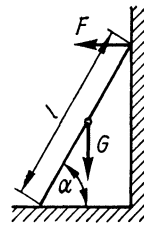


Bild 277

82. Die Last bewirkt (Bild 277) ein rechtsdrehendes Moment  $G \frac{l}{2} \cos \alpha$ , die von der Wand ausgeübte Gegenkraft ein gleich großes linksdrehendes Moment  $Fl \sin \alpha$ , so daß  $F = \frac{G}{2} \cot \alpha$  ist.
83. Entsprechend der vorigen Aufgabe besteht die Momentengleichung  $G_1 \frac{l}{2} \cos \alpha + G_2 h \cos \alpha = G_3 l \sin \alpha$ . Hieraus

folgt  $h = \frac{l}{G_2} (G_3 \tan \alpha - G_1/2)$  und nach Einsetzen der Zahlenwerte  $h = 3,23 \text{ m}$

84. In bezug auf Punkt  $A$  gilt  $G \frac{l}{2} \sin \alpha + Gl \sin \alpha = G \frac{l}{2} \cos \alpha$ ; hieraus wird  $\cot \alpha = 3$  und  $\alpha = 18,4^\circ$

85. (Bild 278) In bezug auf den Aufhängepunkt gilt  $\frac{G}{2} (l \sin \alpha) + \frac{G}{2} (l \sin \alpha - r) = \frac{G}{2} (l \cos \alpha - r)$ ; hieraus wird  $\frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = 0,5$ ;  $\alpha = 26,6^\circ$

86. (Bild 279)  $\frac{d}{0,5 \text{ m}} = \frac{0,5 \text{ m}}{\sqrt{(1,5^2 + 0,5^2) \text{ m}}}$ ;  
 $d = 0,158 \text{ m}$ ;  $F \cdot 1 \text{ m} = Gd = 1,58 \text{ kp}$

87. (Bild 280) In bezug auf Punkt  $B$  gilt  $F_A h = \frac{Ga}{2}$ ;  
 $F_A = 8,1 \text{ kp}$ ;  $F_B = 8,1 \text{ kp}$ ;  $F_R = \sqrt{G^2 + F_A^2} = 25,3 \text{ kp}$

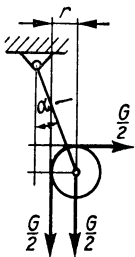


Bild 278

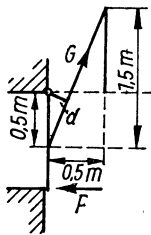


Bild 279

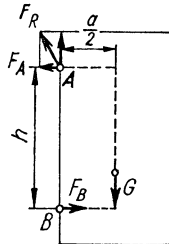


Bild 280

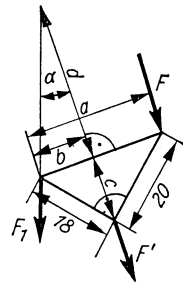


Bild 281

88. Die Schubstange überträgt die Kraft

$$F' = \frac{20 \text{ kpm}}{0,5 \text{ m} \cdot \cos 20^\circ} = 42,57 \text{ kp}; \quad F = \frac{42,57 \text{ kp} \cdot 0,6 \text{ m}}{3 \text{ m}} = 8,51 \text{ kp}$$

89. (Bild 281)  $a = \sqrt{(18^2 + 20^2) \text{ mm}^2} = 26,9 \text{ mm}$ ;

$$b:18 \text{ mm} = 18 \text{ mm}:a; \quad b = 12 \text{ mm};$$

$$F' = \frac{F \cdot a}{b} = \frac{2 \text{ kp} \cdot 26,9 \text{ mm}}{12 \text{ mm}} = 4,48 \text{ kp};$$

$$c = \sqrt{(18^2 - 12^2) \text{ mm}^2} = 13,42 \text{ mm};$$



$$d = (45 - 13,42) \text{ mm} = 31,58 \text{ mm};$$

$$\tan \alpha = \frac{b}{d} = \frac{12}{31,58} = 0,3799; \quad \alpha = 20,8^\circ;$$

$$F_1 = F' \cdot \cos \alpha = 4,19 \text{ kp}$$

90.  $m_1$  (Holz) = 150,8 g;  $m_2$  (Eisen) = 191,0 g;  
 Gesamtmasse  $m = 341,8$  g;  $m \cdot x = m_1 \cdot 40 \text{ cm} + m_2 \cdot 20 \text{ cm};$   
 $x = 28,8 \text{ cm}$

91. (Bild 282) In der Draufsicht erkennt man die Flächeninhalte:  
 (Rechteck)  $48 \text{ cm}^2 +$  (Dreieck)  $15,59 \text{ cm}^2 = 63,59 \text{ cm}^2$  und  
 die Momente in bezug auf die linke Kante  $63,59 \text{ cm}^2 \cdot x =$   
 $= 48 \text{ cm}^2 \cdot 4 \text{ cm} + 15,59 \text{ cm}^2 (8 + \sqrt{3}) \text{ cm}$  und hieraus  $x =$   
 $= 5,41 \text{ cm}$

92. Der Gesamtschwerpunkt liegt auf der Verbindungslinie  $\overline{MP}$   
 und lotrecht unter  $A$ . Sein Abstand  $d$  von der Scheiben-  
 mitte  $M$  folgt aus

$$d \cdot 1\frac{1}{2} m = r \cdot \frac{1}{2} m, \text{ wonach}$$

$$d = r/3; \quad \tan \alpha = \frac{r/3}{r} = 0,333; \quad \alpha = 18,4^\circ$$

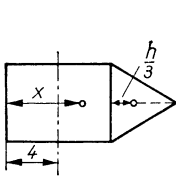


Bild 282

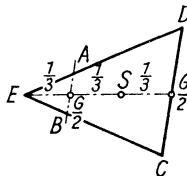


Bild 283

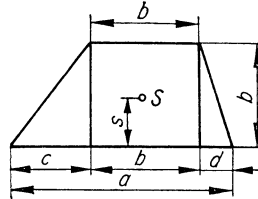


Bild 284

93. (Bild 283) Trägt jedes Bein die Teillast  $\frac{G}{4}$ , so wirkt im  
 Mittelpunkt von  $\overline{CD}$  und  $\overline{AB}$  je die Last  $\frac{G}{2}$ . Der Angriffs-  
 punkt der Gesamtlast  $G$  muß mit dem Schwerpunkt  $S$  des  
 Dreiecks zusammenfallen. Da der Schwerpunkt die Mittel-  
 linie im Verhältnis 2:1 teilt und  $\overline{AB}$  parallel zu  $\overline{CD}$  ver-  
 laufen soll, stehen die Beine  $A$  und  $B$  um je  $\frac{1}{3}$  Seitenlänge  
 von  $E$  entfernt.
94. (Bild 284) Zerlegt man das Trapez in 2 Dreiecke und  
 1 Rechteck, so gilt mit den Bezeichnungen von Bild 284  
 in bezug auf die Seite  $a$  die Momentengleichung:

$$s \left( \frac{h(c + 2b + d)}{2} \right) = bh \cdot \frac{h}{2} + \frac{ch}{2} \cdot \frac{h}{3} + \frac{dh}{2} \cdot \frac{h}{3}$$

Hieraus erhält man  $s = \frac{2h(3b + c + d)}{6(2b + c + d)}$  und wegen

$a = c + b + d$  die genannte Formel.

95. (Bild 285) Das Lot (Schwerlinie!) halbiert die Gegenkathete;

$$\tan 30^\circ = \frac{a}{b}; \quad \tan \beta = \frac{a}{2b} = 0,2887; \quad \beta = 16,1^\circ; \quad \alpha = \underline{13,9^\circ}$$

96. (Bild 286) In bezug auf die Bodenmitte gilt die Gleichung

$$b \left( d\pi h + \frac{d^2\pi}{4} \right) = \frac{h}{2} d\pi h; \quad b = \frac{h^2}{2(h + d/4)} = \underline{0,514 \text{ m}}$$

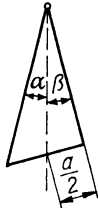


Bild 285

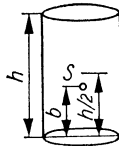


Bild 286

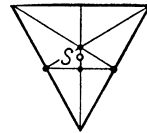


Bild 287

97. In bezug auf die Bodenmitte gilt die Momentengleichung

$$\left( 50 + \frac{d^2 \pi \gamma x}{4} \right) \text{kp} \cdot 5,44 \text{ dm} = 50 \text{ kp} \cdot 5,14 \text{ dm} + \frac{d^2 \pi \gamma x}{4} \text{kp} \cdot \frac{x}{2}; \text{ hieraus folgt mit } \gamma = 1 \text{ kp/dm}^3$$

$$x = 10,94 \text{ dm} = \underline{1,094 \text{ m}}$$

98. In bezug auf die Bodenmitte gilt die Momentengleichung

$$h(2bc + 2ac + ab) = \frac{c}{2}(2bc + 2ac), \text{ woraus}$$

$$h = \frac{c^2(a+b)}{2bc + 2ac + ab} \text{ folgt. Die Zahlenwerte ergeben}$$

$$h = \underline{1,36 \text{ cm}}$$

99. (Bild 287) Der Schwerpunkt der beiden schrägen Seitenwände liegt  $\frac{a}{4} \sqrt{3}$ , derjenige der beiden Dreieckswände liegt

$\frac{a}{3} \sqrt{3}$  über der Bodenkante. In bezug auf die Bodenkante gilt die Momentengleichung

$$h \left( 2ab + \frac{a^2}{2} \sqrt{3} \right) = \frac{a}{4} \sqrt{3} \cdot 2ab + \frac{a}{3} \sqrt{3} \cdot \frac{a^2}{4} \sqrt{3} \cdot 2,$$

wonach  $h = \frac{a(a + b\sqrt{3})}{4b + a\sqrt{3}}$ ; mit den Zahlenwerten ist

$$h = \underline{1,38 \text{ cm}}$$

100.  $\tan \alpha = \frac{2}{10}$ ;  $\alpha = \underline{11^\circ}$

101. (Bild 288) In bezug auf den Mittelpunkt gilt die Momentengleichung

$$dr_1^2 \pi = er_2^2 \pi; e = \frac{dr_1^2}{r_2^2} = \underline{225 \text{ mm}}$$

102. a)  $E = \frac{Fl}{A\Delta l} = \frac{500 \text{ kp} \cdot 20 \text{ cm} \cdot 4}{1,5^2 \text{ cm}^2 \cdot \pi \cdot 5 \cdot 10^{-3} \text{ cm}} = \underline{1,13 \cdot 10^6 \text{ kp/cm}^2}$

b)  $\alpha = \frac{1}{E} = \underline{8,85 \cdot 10^{-7} \text{ cm}^2/\text{kp}}$     c)  $\Delta l = \frac{\sigma_{\text{zul}} l}{E} = \underline{0,177 \text{ mm}}$

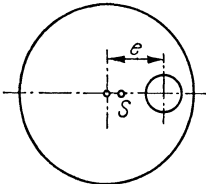


Bild 288

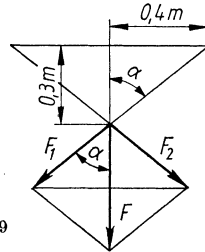


Bild 289

103.  $F = \frac{AE\Delta l}{l} = \frac{0,1^2 \pi \text{ cm}^2 \cdot 2,1 \cdot 10^6 \text{ kp} \cdot 0,18 \text{ cm}}{4 \text{ cm}^2 \cdot 25 \text{ cm}} = \underline{119 \text{ kp}}$

104. Mit  $\frac{2d^2 \pi}{4} = \frac{F}{\sigma_{\text{zul}}}$  wird  $d = \sqrt{\frac{2F}{\sigma_{\text{zul}} \pi}} = \underline{3,04 \text{ cm}}$

105. (Bild 289) Mit  $\tan \alpha = 4/3 = 1,33$  ist  $\alpha = 53,1^\circ$ ;  $F = 2\sigma_{\text{zul}} A \cos \alpha = 2 \cdot 1400 \text{ kp/cm}^2 \cdot 1,5 \text{ cm}^2 \cdot 0,6 = \underline{2520 \text{ kp}}$

106. Da die Kraft der Verlängerung proportional ist, muß die mittlere Kraft  $\frac{F_{\text{max}}}{2}$  eingesetzt werden:  $W = \frac{F_{\text{max}} \cdot \Delta l}{2}$ ; mit

$$F_{\max} = \sigma_{\text{zul}} A \text{ und } \Delta l = \sigma_{\text{zul}} \cdot \frac{l}{E} \text{ wird}$$

$$W = \frac{\sigma_{\text{zul}}^2 A l}{2E} = 49,5 \text{ kpcm} = \underline{0,495 \text{ kpm}}$$

107. (Bild 290) a) Aus der Gleichung der Kräfte  $F_1 + F = F_2 \cos \alpha$  und der Momente  $F(l_1 + l_2) = F_2 h \sin \alpha$  und mit  $\alpha = 45^\circ$  erhält man  $F_2 = \underline{1149 \text{ kp}}$  sowie  $F_1 = \underline{312,5 \text{ kp}}$

b) Querschnitt einer Stütze  $A_2 = \frac{F_2}{2\sigma_2} = \underline{0,88 \text{ cm}^2}$

- c) Kernquerschnitt der Schrauben

$$A_1 = \frac{F_1}{2\sigma_1} = \underline{0,326 \text{ cm}^2};$$

gewählt M 8.

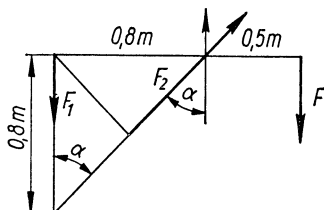


Bild 290

108.  $\sin \alpha = 0,6$ ;  $\cos \alpha = \sqrt{1 - 0,6^2} = 0,8$ ;  $F_Z = \sigma_{\text{zul}} A = 942,5 \text{ kp}$ ; aus der Momentengleichung  $F_Z h = F_G \frac{l}{2} \cos \alpha + Fl \cos \alpha$  wird

$$F = \frac{F_Z h - G_G l \cdot 0,4}{0,8l} = \underline{263 \text{ kp}}$$

109. a) Kernquerschnitt einer Schraube  $A = \frac{3000 \text{ kp} \cdot \text{cm}^2}{480 \text{ kp}} = 6,25 \text{ cm}^2$ ;  $d = \underline{28,2 \text{ mm}}$ ; (gewählt M 36); mit diesem Durchmesser wird

b)  $\Delta l = \frac{Fl}{AE} = \frac{3000 \text{ kp} \cdot 5 \text{ cm} \cdot \text{cm}^2}{10,18 \text{ cm}^2 \cdot 2,1 \cdot 10^6 \text{ kp}} = \underline{0,007 \text{ mm}}$

110. Aus der Gesamtkraft  $F = 12 \sigma_{\text{zul}} A_1$  und dem Zylinderquerschnitt

$$A_2 = \frac{d_2^2 \pi}{4} \text{ ergibt sich der Überdruck } p = \frac{F}{A_2} = \frac{12 \sigma_{\text{zul}} d_1^2}{d_2^2} = \underline{6,66 \text{ kp/cm}^2} \text{ (at)}$$

111. Zulässige Kraft je Niet  $F_1 = \frac{\tau d^2 \pi}{4} = 56,6 \text{ kp}$ ; damit sind

$$n = \frac{200}{56,6} = 4 \underline{\text{ Niete}}$$
 erforderlich; der durch die Bohrung

geschwächte Querschnitt ist (Bild 291)  $A = bs - ds$ ;

$$b = \frac{A + ds}{s}; \text{ mit}$$

$$A = \frac{F}{\sigma} = 44,44 \text{ mm}^2 \text{ ist } b = \underline{12,9 \text{ mm}}$$

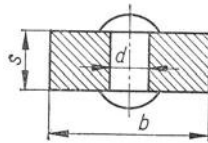


Bild 291

**112.** Schnittfläche  $A = \pi (d_1 + d_2) s =$   
 $= 440 \text{ mm}^2$ ;

$$F = 1,25 A \tau =$$

$$= 1,25 \cdot 440 \text{ mm}^2 \cdot 6 \text{ kp/mm}^2 = 3300 \text{ kp};$$

$$W = Fs = \underline{6,6 \text{ kpm}}$$

**113.**  $F_1 = \tau A \cdot 1,3 = 17150 \text{ kp}$ ;  $n = \frac{55}{17,15} = 3,21 \approx \underline{3 \text{ Scheiben}}$

**114.** In  $A$  wirkt eine Kraft  $F$ , die sich aus der Last  $G_1$ , dem Rollengewicht  $G_2$  und der von  $G_1$  erzeugten Gegenkraft zusammensetzt.  $F = 2G_1 + G_2 = \underline{110 \text{ kp}}$

**115.** In  $A$  wirkt  $\frac{G_1 + G_3}{2} = 93 \text{ kp}$ ;

ebenso ist  $F = 93 \text{ kp}$ ;

$$B \text{ tragt } 2F + G_2 = \underline{190 \text{ kp}}$$

**116.**  $F = \frac{G_1 + G_4}{3} = 169 \text{ kp}$ ;

$$F_A = G_1 + G_4 + G_{2,3} + F = \underline{696 \text{ kp}}$$

**117.** Siehe Bild 292

**118.** Gesamtlast  $2G_1 + G_2 + G_3 = 46,5 \text{ kp}$ ;

$$G = \frac{46,5 \text{ kp} \cdot 4 \text{ m}}{2,5 \text{ m}} = \underline{74,4 \text{ kp}}$$

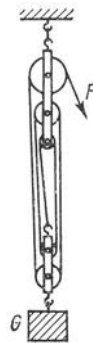


Bild 292

**119.** Wegen  $F = F_1$  und  $F_3 = F_4$  ist  $F_4 = 2F$ ; wegen  $F_2 = F_1$  ist  $F_2 = F$ . Es ist daher  $G = F_1 + F_4 + F_2 = 4F$  oder  $F = \underline{20 \text{ kp}}$ .

Die Gewichte der Rollen wirken nicht auf  $F$ , da die beiden unteren Rollen von der oberen im Gleichgewicht gehalten werden.

**120.** Es ist  $F = F_1$  und  $F_1 = \frac{(90 + 3) \text{ kp}}{3}$ , also  $F = \underline{31 \text{ kp}}$

121. (Bild 293) In jedem Seilabschnitt wirkt die Kraft  $F$ . Dreht sich der Träger um den Winkel  $\alpha$ , so verrichten diese Kräfte zusammen die Arbeit  $2F(h_2 + h_1)$ , wobei  $h_2 = 2h_1$ . Der Schwerpunkt des Trägers wird dabei um  $h_1$  gehoben, so daß  $6Fh_1 = Gh_1$  und  $F = \underline{G/6}$

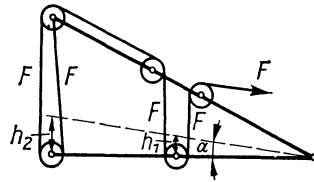


Bild 293

122. Aus  $Gr = (F_1 - F_2) \cdot R$  und  $F_1 = 2,3 F_2$  erhält man  $F_1 = \underline{70,8 \text{ kp}}$  und  $F_2 = \underline{30,8 \text{ kp}}$
123. Die Zugkraft des Motors ist  $F = \frac{4 \text{ kpm}}{0,05 \text{ m}} = 80 \text{ kp}$ ;  
 $(16 - 9) \text{ kp} \cdot 0,4 \text{ m} + (20 - 10) \text{ kp} \cdot 0,2 \text{ m} = 80 \text{ kp} \cdot r$ ;  
 $r = \underline{0,06 \text{ m}}$
124.  $0,85 \text{ cm} \cdot F = 16 \text{ kp} \cdot 2\pi \cdot 35 \text{ cm}$ ;  $F = \underline{4140 \text{ kp}}$
125.  $1225 \text{ kp} \cdot h = \frac{3 \text{ kp} \cdot 2\pi \cdot 65 \text{ cm}}{2} = \underline{5 \text{ mm}}$
126. Die Spindelmuttern schieben sich mit der Kraft  
 $F_1 = \frac{2,5 \text{ kp} \cdot 2\pi \cdot 30 \text{ cm}}{0,4 \text{ cm}} = 1178 \text{ kp}$  gegeneinander; jeder der beiden Hebel drückt senkrecht nach unten mit der Kraft  
 $\frac{F}{2} = F_1 \frac{45 \text{ cm}}{30 \text{ cm}}$ ;  $F = \underline{3534 \text{ kp}}$
127. Immer gleitet derjenige Finger am Lineal entlang, der vom Schwerpunkt weiter entfernt ist; denn dort ist die Reibungskraft kleiner als auf der anderen Seite.
128.  $\mu = \frac{F}{G} = \frac{37,5 \text{ Mp}}{170 \text{ Mp}} = \underline{0,22}$
129.  $\mu = \frac{F}{G} = \frac{12 \text{ kp}}{160 \text{ kp}} = \underline{0,075}$
130. Es sind zu überwinden der Hangabtrieb  $G \sin \alpha$  und die der Normalkraft  $G \cos \alpha$  proportionale Reibungskraft;  
 $F = G (\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$ .

131. Dem Hangabtrieb  $G \sin \alpha$  wirkt die Haftreibung entgegen, so daß  $F = G (\sin \alpha - \mu_0 \cos \alpha)$ .

132. Bei maßvoll verzögertem Rollen wirkt der Koeffizient der Haftreibung, während bei blockierten Rädern der Koeffizient der Gleitreibung wirkt, der stets kleiner als der erstere ist.

133.  $F$  erzeugt die Normalkraft  $F_1 = F \sin \alpha$ ,  $G$  die Normalkraft  $F_2 = G \cos \alpha$ ; beide ergeben die Reibungskraft  $\mu (F_1 + F_2)$ ; der Hangabtrieb ist  $F_3 = G \sin \alpha$ ; Zugkraft in Bahnrichtung  $F \cos \alpha = (F_1 + F_2) \mu + G \sin \alpha$ ; daraus

$$F = \frac{(F_1 + F_2) \mu + G \sin \alpha}{\cos \alpha}; \quad F = G \frac{\mu + \tan \alpha}{1 - \mu \tan \alpha}$$

134. Die Schraube ist eine aufgewickelte schiefe Ebene von der Steigung  $\tan \alpha = \frac{15 \text{ mm}}{30 \pi \text{ mm}} = 0,159$ ; zufolge Aufgabe 133 hat man

$$\frac{4,5 \text{ kpm}}{0,015 \text{ m}} = F \frac{0,2 + 0,159}{1 - 0,2 \cdot 0,159} \quad \text{und damit } F = \underline{809 \text{ kp}}$$

135. (Bild 294) Bei  $A$  wirkt nach links die Kraft  $F = \frac{G}{2} \tan \alpha$ , nach rechts die Reibungskraft  $F_r = \frac{G}{2} \mu$ . Im Fall des Gleichgewichts ist  $F = F_r$ , so daß  $\mu = \tan \alpha$  und  $\alpha = 16,7^\circ$  bzw. der Spreizwinkel  $\underline{33,4^\circ}$  ist.

136. a) Am Hebel wirken das rechtsdrehende Moment  $F l$  und die linksdrehenden Momente  $F_b a$  und  $F_b \mu c$ , so daß

$$F = \frac{F_b a + F_b \mu c}{l}$$

b) Bei Linksdrehung ist

$$F = \frac{F_b a - F_b \mu c}{l};$$

weil die Reibungskraft  $F_b \mu$  ein rechtsdrehendes Moment ergibt.

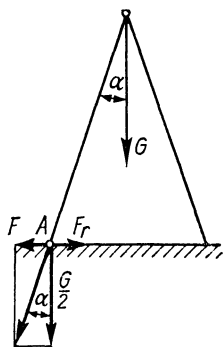


Bild 294

137. Da das Moment der Reibungskraft gleich Null ist, wird

$F = \frac{F_b a}{l}$ ; Drehsinn der Bremsscheibe und Reibungszahl sind ohne Einfluß.

138. (Bild 295) Bei konstanter Kraft ist die bewogende Kraft gleich der Reibungskraft  $F_R = \mu G \cos \alpha$ , die wiederum gleich der Resultierenden aus der Querkraft  $F$  und dem Hangabtrieb  $F_H = G \sin \alpha$  ist;

$$\begin{aligned} \mu G \cos \alpha &= \sqrt{F^2 + G^2 \sin^2 \alpha}; \\ F &= 2 \text{ kp} \sqrt{0,5^2 \cdot 0,940^2 - 0,342^2} = \\ &= \underline{0,644 \text{ kp}}; \tan \beta = \frac{F}{F_H} = 0,942; \\ \beta &= \underline{43,3^\circ} \end{aligned}$$

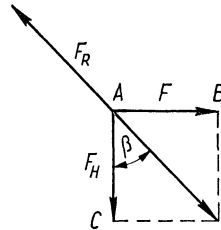


Bild 295

139. Die Zugkraft beträgt  $F = G\mu$ . Ihr Moment in bezug auf die Kippkante ist  $G\mu h = G \frac{b}{2}$ ;  $h = \underline{1,67 \text{ m}}$

140. Für das Umkippen besteht die Beziehung  $\tan \alpha = \frac{b}{h}$ , für das Abgleiten die Beziehung  $\tan \alpha = \mu$ ; hiernach ist  $h = \frac{b}{\mu} = \underline{1,43 b}$

141. In bezug auf den oberen Stützpunkt gilt die Momentengleichung  $G l \cos \alpha - G l \mu \sin \alpha = \frac{G l}{2} \cos \alpha$ ;  $\tan \alpha = \underline{\frac{1}{2 \mu}}$

142. a)  $\tan \alpha = 0,6$ ;  $\alpha = \underline{31^\circ}$

b) Hangabtriebskraft  $F_H = G \sin \alpha$ ;  
 Reibungskraft  $F_R = G 0,4 \cos \alpha$ ;  
 Resultierende  $F_H' = G (\sin \alpha - 0,4 \cos \alpha)$ ;

$$a = \frac{F_H'}{m} = g (\sin \alpha - 0,4 \cos \alpha);$$

$$\begin{aligned} v &= \sqrt{2 a s} = \sqrt{2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 15 \text{ m} (\sin 31^\circ - 0,4 \cos 31^\circ)} = \\ &= \underline{7,12 \text{ m/s}} \end{aligned}$$

143. Normalkraft links unten und rechts oben je  $F_N$ ; Reibungskraft  $F_r = 2F_N\mu$ ; Zugkraft  $F = G + F_r$ ; für die Momente bezüglich des linken unteren Führungzapfens gilt

$$G \cdot 1,4 \text{ m} - F \cdot 0,9 \text{ m} - F_N \cdot 2,1 \text{ m} + F_N \mu \cdot 1,8 \text{ m} = 0;$$



$$F_N = 190,5 \text{ kp}; F_R = 381,0 \text{ kp} \cdot 0,15 = 57,15 \text{ kp};$$

$$F = \underline{857,2 \text{ kp}}$$

144. Für die Momente bezüglich der linken oberen Führung gilt

$$F_N \cdot 1 \text{ m} = F \cdot 0,1 \text{ m}; \text{ Druckkraft gegen die Führung}$$

$$F_N = 0,1F; \text{ Reibungskraft } F_r = 2 \cdot 0,1F\mu; \text{ Hubkraft}$$

$$F = F_r + G = 0,04F + 50 \text{ kp};$$

$$F = \frac{50 \text{ kp}}{(1 - 0,04)} = \underline{52 \text{ kp}}$$

$$145. t_1 = \frac{90 \text{ km}}{40 \text{ km/h}} = 2 \text{ h } 15 \text{ min}; t_2 = 30 \text{ min}; t_{\text{ges}} = \underline{2 \text{ h } 55 \text{ min}}$$

$$146. t = \frac{s_1}{v_1} + \frac{s_2}{v_2} = \frac{145 \text{ h}}{60}, \text{ wobei } s_1 + s_2 = 120 \text{ km};$$

$$\text{hieraus erhält man } s_1 = \underline{50 \text{ km}} \text{ und } s_2 = \underline{70 \text{ km}}$$

$$147. v_m = 2hn = \underline{8,28 \text{ m/s}}$$

148. Um die Strecke  $s = 90 \text{ m}$  zurückzulegen, braucht der Zug

$$\text{die Zeit } t = \frac{s}{v_1}; \text{ mit } a = 30 \text{ m ist } v_2 = \frac{a v_1}{s} = \underline{6,48 \text{ m/s}}$$

149. Für die vom Radfahrer durchfahrene Strecke gilt

$$s : 502 \text{ m} = 0,5 \text{ m} : 2 \text{ m}, \text{ so daß } s = \frac{502 \text{ m} \cdot 0,5 \text{ m}}{2 \text{ m}} = 125,5 \text{ m};$$

$$v = \frac{s}{t} = \frac{125,5 \text{ m}}{15 \text{ s}} = \underline{8,37 \text{ m/s}} \text{ oder } \underline{30,1 \text{ km/h}}$$

$$150. \text{ Flugzeit des Geschosses } t = \frac{e}{v_2} = \frac{250 \text{ m}}{800 \text{ m/s}} = 0,3125 \text{ s}. \text{ In}$$

$$\text{dieser Zeit legt der Gegenstand die Strecke } s = v_1 t = \frac{v_1 e}{v_2} =$$

$$= \underline{6,25 \text{ m}} \text{ zurück.}$$

151. Wenn sie „6“ schlägt, vergehen zwischen je 2 aufeinanderfolgenden Schlägen  $1,2 \text{ s}$ . Das ergibt bei 12 Schlägen  $11 \cdot 1,2 \text{ s} = \underline{13,2 \text{ s}}$

152. Für eine Umdrehung wird die Zeit  $T = \frac{1}{n}$  benötigt und dabei die Strecke  $l/4$  zurückgelegt, so daß

$$v = \frac{l}{4T} = \frac{ln}{4} = \underline{900 \text{ m/s}}$$

$$153. t = \sqrt{\frac{2s}{a}} = \underline{3,72 \text{ s}}; \quad v = \frac{2s}{t} = \underline{87 \text{ km/h}};$$

$$\text{oder auch } v = \sqrt{2as}$$

$$154. s = \frac{a}{2} (t_2^2 - t_1^2) = \frac{a}{2} (36 - 25) \text{ s}^2 = 6 \text{ m}; \quad a = \underline{1,1 \text{ m/s}^2}$$

$$155. s = vt + \frac{a}{2} t^2 = \underline{2391 \text{ m}}$$

$$156. t = \frac{2s}{v_1 + v_2} = 5,81 \text{ s}; \quad a = \frac{v_1 - v_2}{t} = \frac{v_1^2 - v_2^2}{2s} = \underline{2,24 \text{ m/s}^2}$$

$$157. \text{ Aus den Gleichungen } s = v_0 t + \frac{a}{2} t^2 \text{ bzw. } v_0 (6 - 5) \text{ s} + \\ + \frac{a}{2} (36 - 25) \text{ s}^2 = 6 \text{ m und } v_0 (11 - 10) \text{ s} + \frac{a}{2} (121 - 100) \text{ s}^2 = \\ = 8 \text{ m ergibt sich } a = \underline{0,4 \text{ m/s}^2} \text{ und } v_0 = \underline{3,8 \text{ m/s}}$$

$$158. s = v_0 t + \frac{a}{2} t^2; \quad a = \frac{2(s - v_0 t)}{t^2} = \underline{0,8 \text{ m/s}^2}$$

$$159. \text{ Mittlere Geschwindigkeit } v_m = \frac{v_1 + v_2}{2};$$

$$t = \frac{2s}{v_1 + v_2} = \underline{40 \text{ s}}$$

$$160. \text{ a) } a_1 = \frac{v_1}{t_1} = \underline{1,74 \text{ m/s}^2}; \quad a_2 = \frac{v_2 - v_1}{t_2} = \underline{1,39 \text{ m/s}^2}; \\ a_3 = 0,79 \text{ m/s}^2; \quad a_4 = 0,53 \text{ m/s}^2$$

$$\text{b) } a_m = \frac{v_4}{t_1 + t_2 + t_3 + t_4} = \underline{0,89 \text{ m/s}^2} \quad \text{c) } s = s_1 + s_2 + s_3 + s_4; \\ s = \frac{v_1 t_1}{2} + \frac{(v_1 + v_2) t_2}{2} + \frac{(v_2 + v_3) t_3}{2} + \frac{(v_3 + v_4) t_4}{2} = \\ = 14 \text{ m} + 39 \text{ m} + 107 \text{ m} + 280 \text{ m} = \underline{440 \text{ m}}$$

$$161. \text{ a) } s = \frac{v^2}{2a} + vt = \frac{20^2 \text{ m}^2/\text{s}^2}{2 \cdot 4,5 \text{ m/s}^2} + 20 \text{ m/s} \cdot 0,74 \text{ s} = \underline{59,24 \text{ m}}$$

$$\text{b) } s = 44,44 \text{ m} + 17,2 \text{ m} = \underline{61,64 \text{ m}}$$

$$162. \text{ Aus } s = \frac{(v_1 + v_2)t}{2} \text{ und } t = \frac{v_1 - v_2}{a} \text{ folgt } s = \frac{v_1^2 - v_2^2}{2a} \text{ und} \\ \text{hieraus } v_2 = 4,85 \text{ m/s} = \underline{17,46 \text{ km/h}}; \quad t = \underline{69,5 \text{ s}}$$

163.  $\Delta v = at = 10,8 \text{ m/s} = 38,9 \text{ km/h}$ ;  $v_1 = v_2 - \Delta v = \underline{46,1 \text{ km/h}}$

164. Aus  $a = \frac{v_2 - v_1}{t_1}$  und  $t = \frac{v_3 - v_2}{a}$  folgt  $t = \frac{(v_3 - v_2) t_1}{v_2 - v_1} = \underline{24 \text{ s}}$

165.  $a = \frac{v_2 - v_1}{t} = 0,13 \text{ m/s}^2$ ;  $s = \frac{(v_1 + v_2) t}{2} = \underline{291,7 \text{ m}}$

166.  $t = \frac{v_2 - v_1}{a}$ ;  $s = \frac{(v_1 + v_2) t}{2} = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2a} = \underline{83,3 \text{ m}}$

167.  $s_2 = \frac{a_1 t^2}{2} - s'$ ;  $a_2 = \frac{2s_2}{t^2} = a_1 - \frac{2s'}{t^2} = \underline{1,41 \text{ m/s}^2}$

168. Mit der mittleren Geschwindigkeit  $1,5 v_1$  ist  $1,5 v_1 \cdot t = s$ ;

$$v_1 = \underline{20 \text{ m/s}}; \quad v_2 = \underline{40 \text{ m/s}}; \quad a = \frac{2v_1 - v_1}{t};$$

$$s_1 = \frac{v_1^2}{2a} = \frac{v_1 t}{2} = \underline{30 \text{ m}}$$

169.  $s = \sqrt{s_1^2 + s_2^2} = \sqrt{s_1^2 + (2s_1)^2} = s_1 \sqrt{5}$ ;

$$v_1 = \frac{2s_1}{t} = \frac{2s}{t\sqrt{5}} = \underline{11,9 \text{ m/s}}; \quad v_2 = \underline{23,8 \text{ m/s}}$$

170.  $v_2 = v_1/2$ ;  $s_1 = r\pi = \frac{(v_1 + v_2)t}{2} = \frac{3v_2 t}{2}$ ;

$$a = \frac{v_2 - v_1}{t} = -\frac{v_2}{t} = -\frac{3v_2^2}{2s_1}; \quad s_2 = -\frac{v_2^2}{2a} =$$

$$= \frac{v_2^3 \cdot 2s_1}{2 \cdot 3v_2^2} = \frac{2r\pi}{6}, \text{ d. h. } \underline{1/6 \text{ der Kreisbahn.}}$$

171. Aus  $vt - vt_1 = s - s_1$  wird mit  $\frac{vt_1}{2} = s_1$  die Gleichung

$$v = \frac{s + s_1}{t} = \frac{120 \text{ m}}{12 \text{ s}} = \underline{10 \text{ m/s}}; \quad a = \frac{v^2}{2s_1} = \underline{2,5 \text{ m/s}^2}$$

172. (Bild 296)  $s_1 = \frac{a_1 t_1^2}{2}$ ;

$$v_1 = a_1 t_1;$$

$$t_3 = \frac{v_1}{a_2} = \frac{a_1 t_1}{a_2};$$

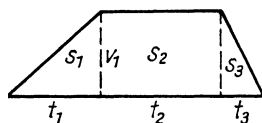


Bild 296

$$s_3 = \frac{v_1 t_3}{2} = \frac{a_1 t_1 t_3}{2} = \frac{a_1^2 t_1^2}{2 a_2};$$

$$s_2 = s - s_1 - s_3;$$

$$t_2 = \frac{s_2}{v_1} = \frac{s}{a_1 t_1} - \frac{t_1}{2} - \frac{a_1 t_1}{2 a_2};$$

$$t = t_1 + t_2 + t_3 = \underline{12,29 \text{ s}}$$

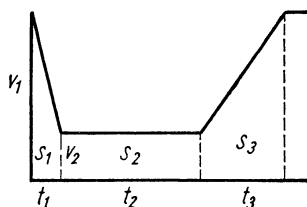


Bild 297

173. (Bild 297) Länge der Baustelle  $s_2$ ; Gesamtstrecke  $s =$

$$= s_1 + s_2 + s_3; \text{ Gesamtfahrzeit } t = \frac{s}{v_1} + t_v = t_1 + t_2 + t_3;$$

$$t_1 = \frac{v_1 - v_2}{a_1} = 75 \text{ s}; \quad t_3 = \frac{v_1 - v_2}{a_2} = 150 \text{ s}; \quad t_2 = \frac{s_2}{v_2};$$

$$s_1 = \frac{(v_1 + v_2)t_1}{2} = 937,5 \text{ m}; \quad s_3 = \frac{(v_1 + v_2)t_3}{2} = 1875 \text{ m};$$

$$\frac{s_1 + s_2 + s_3}{v_1} + t_v = t_1 + \frac{s_2}{v_2} + t_3; \quad s_2 = \underline{637,5 \text{ m}}$$

174. Aus den beiden Gleichungen  $l - vt_1 = 10e$  ( $e$  Schrittlänge) und  $l + vt_2 = 15e$  erhält man mit  $\frac{t_1}{t_2} = \frac{10}{15}$  die Länge der Fahre  $l = \underline{12 e}$

$$175. s = \frac{(v_1 + v_2)t}{2}; \quad a = \frac{v_1 - v_2}{t}; \quad s = \frac{(v_1 + v_2)(v_1 - v_2)}{2a} =$$

$$= \frac{v_1^2 - v_2^2}{2a}; \quad v_1 = \sqrt{2as + v_2^2} = 18 \text{ m/s} = \underline{64,8 \text{ km/h}}$$

$$176. s = \frac{(v_1 + v_2)t}{2}; \quad t = \frac{2s}{v_1 + v_2} = 2,8 \text{ s}; \quad a = \frac{v_1 - v_2}{t} = \underline{3 \text{ m/s}^2}$$

$$177. s = \frac{(v_1 + v_2)t}{2}; \quad v_1 = \frac{2s}{t} - v_2 = 8,61 \text{ m/s} = \underline{31 \text{ km/h}}$$

178. (Bild 298) Aus  $s = vt - \frac{v^2}{2a}$  erhält man

$$v = at \pm \sqrt{a^2 t^2 - 2as}; \quad v_1 = 17,16 \text{ m/s} = \underline{61,8 \text{ km/h}} \text{ (die zweite Lösung } v_2 = 582,8 \text{ m/s ist nicht real)}$$

$$179. \text{ (Bild 299) } s = vt_1 + \frac{v^2}{2a}; \quad v = -at_1 \pm \sqrt{a^2 t_1^2 + 2as} =$$

$$= 16,8 \text{ m/s} = \underline{60,3 \text{ km/h}}$$

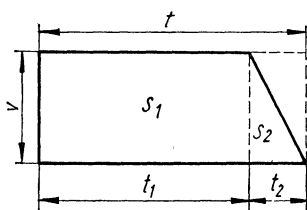


Bild 298

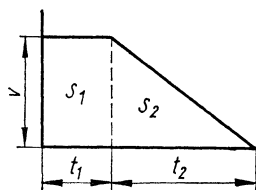


Bild 299

180. Die Fahrstrecke des ersten Wagens  $s = s_1 + vt$  ist gleich der des zweiten Wagens  $s = \frac{a}{2} t^2$ ; die Gleichung  $s_1 + vt = \frac{a}{2} t^2$  ergibt mit  $s_1 = 100 \text{ m}$ ,  $v = 40 \text{ km/h}$  und  $a = 1,2 \text{ m/s}^2$   $t = \underline{25,15 \text{ s}}$  und  $s = \underline{379,5 \text{ m}}$

181. Nach 30 s haben beide Fahrzeuge die gleiche Strecke zurückgelegt, nämlich  $\frac{a}{2} t^2 = vt$ , wonach  $a = \frac{2v}{t} = 0,67 \text{ m/s}^2$ ;  $v = at = 20 \text{ m/s} = \underline{72 \text{ km/h}}$

182. Die Relativgeschwindigkeit ist  $v_r = v_2 - v_1 = 5 \text{ m/s}$ ; mit  $s_1 = 400 \text{ m}$  wird  $t = \frac{s_1}{v_r} = \underline{80 \text{ s}}$ ;  $s = v_1 t = \underline{1333,3 \text{ m}}$

183. Die Relativgeschwindigkeit ist  $v_r = v_2 - v_1$ ; relative Überholstrecke  $s_r = (20 + 8 + 20) \text{ m} = 48 \text{ m}$ ; Überholzeit  $t = \frac{s_r}{v_r} = \frac{s_r}{v_2 - v_1} = \underline{17,27 \text{ s}}$ ; absolute Überholstrecke  $s = v_1 t = \underline{335,8 \text{ m}}$

184. Relativgeschwindigkeit  $v_r = v_1 + v_2$ ; relative Strecke der Begegnung  $s_r = (150 + 200) \text{ m} = 350 \text{ m}$ ;  $v_r = \frac{s_r}{t}$ ;  $v_1 = \frac{s}{t}$ ;  $v_2 = v_r - v_1 = \frac{s_r - s}{t} = \underline{19 \text{ m/s}}$

185. Mit  $t_2 = 9 \text{ s}$  und  $t_1 = 8 \text{ s}$  ergibt sich

$$s = \frac{g(t_2^2 - t_1^2)}{2} = \underline{83,4 \text{ m}}$$

186. Mit  $h = \frac{g}{2} t^2$ ,  $\Delta h = 12 \text{ m}$  und  $\Delta t = 1 \text{ s}$  erhält man

$$\left(\frac{g}{2} t^2 + \Delta h\right) = \frac{g}{2} (t + \Delta t)^2 \text{ und hieraus } t = 0,723 \text{ s};$$

$$h = \underline{2,56 \text{ m}}; \quad v_1 = \sqrt{2gh} = \underline{7,09 \text{ m/s}}; \quad v_2 = \underline{16,90 \text{ m/s}}$$

187. Mit  $\Delta s = 122,6 \text{ m}$  und  $\Delta t = 1 \text{ s}$  ergibt sich

$$\Delta s = \frac{g}{2} [t^2 - (t - \Delta t)^2]; \quad t = \underline{13 \text{ s}}$$

188. (Bild 300) Beschleunigung in Bahnrichtung  $g' = g \sin \alpha$ ;

$$l = \frac{g \sin \alpha}{2} t^2; \quad l = \frac{b}{\cos \alpha}; \quad t = \sqrt{\frac{2b}{g \sin \alpha \cos \alpha}} = \sqrt{\frac{4b}{g \sin 2\alpha}};$$

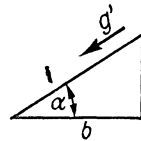
$t$  ist am kleinsten, wenn  $\sin 2\alpha$  am größten, d. h. gleich 1 ist.

Dann ist  $\alpha = \underline{45^\circ}$

189.  $s = \frac{g \sin \alpha \cdot t^2}{2} = \underline{17 \text{ m}};$

$$v = g \sin \alpha \cdot t = \underline{17 \text{ m/s}}$$

Bild 300



190.  $t = \frac{2s}{v} = \underline{3,3 \text{ s}}; \quad \sin \alpha = \frac{v^2}{2gs} = 0,0918; \quad \alpha = \underline{5,3^\circ}$

191.  $\sin \alpha = \frac{v}{gt} = 0,637; \quad \alpha = \underline{39,6^\circ}; \quad s = \frac{vt}{2} = \underline{50 \text{ m}}$

192.  $v_1 = \sqrt{2gh} = 7,67 \text{ m/s}; \quad v_2 = \frac{7,67 \text{ m/s} \cdot 0,4 \text{ m}}{0,9 \text{ m}} = \underline{3,41 \text{ m/s}}$

193.  $v = \sqrt{v_0^2 - 2gh} = \underline{272,6 \text{ m/s}}$

194.  $\sqrt{v_0^2 + 2gh_1} = \sqrt{2gh_2}; \quad v_0 = \underline{9,9 \text{ m/s}}$

195. Aus  $v = \sqrt{v_0^2 - 2gh}$  ergibt sich die Anfangsgeschwindigkeit

$$v_0 = \underline{21,36 \text{ m/s}}; \quad t = \frac{2v_0}{g} = \underline{4,35 \text{ s}}$$

196. Der Ansatz  $h = vt - \frac{g}{2} t^2$  liefert  $t_1 = 3,08 \text{ s}$  und  $t_2 = 13,2 \text{ s}$ ;

der größere Wert entspricht dem Aufstieg auf die maximale Höhe und anschließender Rückkehr bis auf 200 m Höhe.

197. a)  $v = \sqrt{v_0^2 + 2gh} = \underline{2,35 \text{ m/s}}$     b)  $a = \frac{v^2}{2s} = \underline{13,81 \text{ m/s}^2}$

198.  $h = \frac{v^2 - v_0^2}{2g} = \underline{0,07 \text{ m}}$

199. (Bild 301)  $h_1 = \frac{g}{2} t^2$ ;  $h_2 = v_0 t - \frac{g}{2} t^2$ ;

$$h_2 = h - h_1$$

$$h - \frac{g}{2} t^2 = v_0 t - \frac{g}{2} t^2$$

$$t = \frac{h}{v_0} = \frac{800 \text{ m}}{200 \text{ m/s}} = 4 \text{ s}$$

$$h_1 = \underline{78,5 \text{ m}}; \quad h_2 = \underline{721,5 \text{ m}}$$

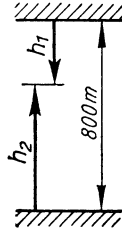


Bild 301

200. Vertikale Endgeschwindigkeit  $v = \sqrt{2gh}$ ;

a) Gesamtgeschwindigkeit  $v_g = \sqrt{v_0^2 + 2gh} = \underline{11,08 \text{ m/s}}$

b)  $\tan \alpha = \frac{v_0}{v} = \frac{8 \text{ m/s}}{7,67 \text{ m/s}} = 1,043$ ;  $\alpha = \underline{46,2^\circ}$

201.  $v = \frac{V}{tA}$ ;  $h = \frac{gs^2}{2v^2} = \frac{gs^2 t^2 A^2}{2V^2} = \underline{3,17 \text{ m}}$

202. Fallzeit  $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$ ;  $v = \frac{s}{t} = s \sqrt{\frac{g}{2h}} = \underline{2,52 \text{ m/s}}$

203. Fallzeit  $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$ ;  $s = v \sqrt{\frac{2h}{g}} = \underline{3,9 \text{ m}}$

204.  $s_1 = \frac{2v^2 \sin 20^\circ \cos 20^\circ}{g} = 0,32 \text{ m}$ ; Horizontalgeschwin-

digkeit  $v_H = v \cos 20^\circ = 2,067 \text{ m/s}$ ; Wurfhöhe über dem oberen Ende  $h = \frac{v^2 \sin^2 20^\circ}{2g} = 0,029 \text{ m}$ ;

Fallzeit für diese Teilstrecke  $t_h = 0,077 \text{ s}$ ;

gesamte Fallhöhe  $4,029 \text{ m}$ ; gesamte Fallzeit  $t_g = 0,906 \text{ s}$ ;

die Fallzeit für  $4 \text{ m}$  ist  $t = t_g - t_h = 0,829 \text{ s}$ ;

$$s_2 = v_H t = 1,71 \text{ m}; \quad s = s_1 + s_2 = \underline{2,03 \text{ m}}$$

205. a)  $s_{\max} = \frac{v_0^2}{g} = \frac{1500^2 \text{ m}^2/\text{s}^2}{9,81 \text{ m/s}^2} = 229\,360 \text{ m} = \underline{229,36 \text{ km}}$ ;

$$h_{\max} = \frac{v_0^2 \sin^2 45^\circ}{2g} = \underline{57,34 \text{ km}} \quad \text{b) } s = \frac{2v_0^2 \sin 30^\circ \cos 30^\circ}{g} =$$

$$= \underline{198,62 \text{ km}}; \quad h = \frac{v_0^2 \sin^2 30^\circ}{2g} = \underline{28,67 \text{ km}}$$

**206.** Auftreffgeschwindigkeit = Abprallgeschwindigkeit

$$v_0 = \sqrt{2gh}; \text{ Horizontalkomponente } v_h = \cos 60^\circ \sqrt{2gh};$$

Wurfzeit bis zum Erreichen der Öffnung

$$t = \frac{e}{\cos 60^\circ \sqrt{2gh}} = 0,165 \text{ s};$$

$$\text{Vertikalkomponente } v_v = \sin 60^\circ \sqrt{2gh};$$

Wurfhöhe

$$x = v_v t - \frac{g}{2} t^2 = \underline{21,31 \text{ cm}}$$

**207.** Wurfweite  $s = 40 \text{ m} \cdot \cos 50^\circ = 25,71 \text{ m};$

$$\text{Wurfhöhe } h = 40 \text{ m} \cdot \sin 50^\circ = 30,64 \text{ m};$$

$$\text{Fallzeit } t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = 2,50 \text{ s}; \quad v = \frac{s}{t} = \underline{10,28 \text{ m/s}}$$

**208.**  $h = v_0 t \sin \alpha - \frac{g}{2} t^2; s = v_0 t \cos \alpha;$  die erste Gleichung liefert

$$\sin \alpha = \frac{2h + gt^2}{2v_0 t}; \text{ dies wird in die zweite Gleichung ein-}$$

$$\text{gesetzt: } s = v_0 t \sqrt{1 - \left(\frac{2h + gt^2}{2v_0 t}\right)^2}; \text{ für } t \text{ ergeben sich die}$$

beiden Werte  $t_1 = 0,993 \text{ s}$  und  $t_2 = 2,754 \text{ s};$  aus  $\cos \alpha = \frac{s}{v_0 t}$

$$\text{erhält man die beiden möglichen Winkel } \alpha_1 = \underline{70,4^\circ} \text{ und}$$

$$\alpha_2 = \underline{83,1^\circ}$$

$$\mathbf{209.} \quad n = \frac{v}{d\pi} = \frac{225 \text{ m/s}}{1,8 \text{ m}\pi} = 39,8 \text{ 1/s} = \underline{2387 \text{ 1/min}}$$

$$\mathbf{210.} \quad n = \frac{v}{d\pi} = \frac{25 \text{ m/s}}{3,6 (28 \cdot 0,0254) \text{ m}\pi} = 3,11 \text{ 1/s} = \underline{186,5 \text{ 1/min}}$$

$$\mathbf{211.} \quad \text{a) } \omega = 2\pi n = \frac{2\pi \cdot 78 \text{ 1/s}}{60} = \underline{8,17 \text{ 1/s}}$$

$$\text{b) } \omega = \frac{v}{r} =$$

$$= \frac{10 \text{ m/s}}{(14 \cdot 0,0254) \text{ m}} = \underline{28,1 \text{ 1/s}}$$

$$\text{c) } \omega = \frac{\varphi}{t} = \frac{2\pi}{3600 \text{ s}} = 0,00175 \text{ 1/s} \quad \text{d) } \omega = \frac{2\pi}{12 \cdot 3600 \text{ s}} = \underline{0,000145 \text{ 1/s}}$$



212. Dauer einer Umdrehung  $T = \frac{s}{v}$ ; minutliche Drehzahl

$$n = \frac{1}{T} = \frac{v}{s} = \frac{420 \text{ m/s}}{3,6 \cdot 3,6 \text{ m}} = \underline{1944 \text{ }^1/\text{min}}$$

213.  $r = \frac{v}{\omega} = \frac{0,0015 \text{ m/s} \cdot 3600}{2\pi \text{ }^1/\text{s}} = \underline{0,86 \text{ m}}$

214. Der kleine Zeiger führt in 24 Stunden 2 Umdrehungen aus, läuft also doppelt so schnell wie die Sonne. Man muß daher den Drehwinkel des Zeigers halbieren.

215. Wegen  $\varphi = \omega t$  ist  $\frac{2\pi}{60 \text{ min}} t = \frac{2\pi}{3} + \frac{2\pi}{12 \cdot 60 \text{ min}} t$  und

$$\text{hieraus } t = \underline{21 \text{ }^9/_{11} \text{ min}}$$

216. Wegen  $\varphi = \omega t$  ist  $\frac{2\pi}{60 \text{ min}} t - \frac{2\pi}{12 \cdot 60 \text{ min}} t = \frac{2\pi}{4}$ ;

$$t = 16 \text{ }^4/_{11} \text{ min}; \text{ es ist } \underline{12^{\text{h}} 16^{\text{min}} 22^{\text{s}}}$$

217. Dies ist der Fall, wenn die eine Uhr genau 12 Stunden vorgeht. Da sie in einer Stunde um  $90 \text{ s} = \frac{1}{40} \text{ h}$  vorgeht, vergehen  $\frac{12 \text{ h}}{1/40 \text{ h/h}} = 480 \text{ Stunden}$ , das sind 20 Tage

218. Innerhalb von 12 Stunden überholt der große Zeiger den kleinen Zeiger 11mal; das erste Mal nach

$$\frac{12 \text{ h}}{11} = 1,090909 \text{ h oder } \underline{1 \text{ h } 5 \text{ min } 27,3 \text{ s}}$$

219.  $\frac{v_1}{v_2} = \frac{8 \text{ m/s}}{5 \text{ m/s}} = \frac{d_1}{d_2}$ ;  $d_2 = d_1 - 15 \text{ cm}$ ;

$$\frac{8 \text{ m/s}}{5 \text{ m/s}} = \frac{d_1}{d_1 - 15 \text{ cm}}; \quad d_1 = \underline{40 \text{ cm}};$$

$$d_2 = \underline{25 \text{ cm}}; \quad n = \frac{v}{d\pi} = 6,37 \text{ }^1/\text{s} = \underline{382 \text{ }^1/\text{min}}$$

220.  $v = \sqrt{2gh}$ ;  $n = \frac{v}{d\pi} = \frac{\sqrt{2gh}}{d\pi} = \underline{5683 \text{ }^1/\text{min}}$

221. Mit dem Drehwinkel  $\varphi = \frac{12^\circ \pi}{180^\circ}$  wird die Flugzeit

$$t = \frac{\varphi}{\omega} = \frac{12^\circ \pi}{180^\circ \cdot 2\pi n} = \frac{1}{30 n};$$

$$v = \frac{s}{t} = 0,8 \text{ m} \cdot 30 n = \underline{600 \text{ m/s}}$$

222.  $\omega = \frac{2\pi}{(24 \cdot 3600) \text{ s}} = 7,272 \cdot 10^{-5} \text{ 1/s}$ ; Fallzeit  $t = 14,28 \text{ s}$ ;

der Stein behält die am Erdumfang vorhandene Geschwindigkeit  $v_1 = r_1 \omega$  bei, während sich der Boden des Schachtes mit  $v_2 = (r_1 - h) \omega$  weiterbewegt; Relativgeschwindigkeit des Steines  $v = v_1 - v_2$ ; seitliche Abweichung  $s = (v_1 - v_2) t = h \omega t = (1000 \cdot 7,272 \cdot 10^{-5}) \text{ m/s} \cdot 14,28 \text{ s} = \underline{1,04 \text{ m}}$

223.  $\frac{8 \text{ cm}}{96 \text{ cm}} = \frac{n_{\text{II}}}{n_{\text{I}}}$ ;  $\frac{8 \text{ cm}}{88 \text{ cm}} = \frac{n_{\text{II}} + 5 \text{ 1/min}}{n_{\text{I}}}$ ;

aus diesen beiden Gleichungen erhält man  $n_{\text{II}} = 55 \text{ 1/min}$  und  $n_{\text{I}} = \underline{660 \text{ 1/min}}$

224.  $v = \frac{d\pi n}{4,643} = \frac{0,65 \text{ m} \cdot \pi \cdot 4300 \text{ 1/min}}{60 \text{ s/min} \cdot 4,643}$   
 $= \underline{31,5 \text{ m/s}}$

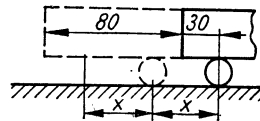


Bild 302

225. Das Rad wandert um 8 Zähne nach rechts, die bewegliche Stange um 16 Zähne in gleicher Richtung.
226. (Bild 302) Die Walze wickelt die Strecke  $x$  auf der Unterseite des Blockes nach rückwärts und die gleiche Strecke am Boden nach vorwärts ab.  $(80 + 30) \text{ cm} = 30 \text{ cm} + 2x$ ;  $x = 40 \text{ cm}$ ; die Walze bewegt sich am Boden um 40 cm vorwärts, der Block ragt dann um 70 cm vor.
227. a) Wird überall der Faktor  $\pi$  weggelassen, so legt die Kugel auf dem Innenring je Zeiteinheit die Bogenstrecke  $n_i D_i - n_w d$  zurück. Auf den größeren Außenbogen bezogen, ist diese Strecke  $\frac{(n_i D_i - n_w d) D_a}{D_i}$  und gleich der Strecke  $n_w d$ , die die auf dem Außenring laufende Kugel zurücklegt. Aus der Gleichung  $\frac{(n_i D_i - n_w d) D_a}{D_i} = n_w d$  ergibt sich mit  $D_i = D - d$  und  $D_a = D + d$  die angegebene Formel.

- b) Der Käfig legt je Zeiteinheit die Strecke  $n_K (D + d)$  zurück, welche gleich  $n_W d$  ist, womit die angegebene Formel herauskommt.
- c) Der auf dem Innenring rollende Käfig legt die Strecke  $n_K (D - d)$  zurück usw.
- d) Wegen der viel kleineren Drehzahl im Fall b) ist die Abnutzung wesentlich geringer und die Bauart mit festem Außenring dauerhafter.
- 228.** 2 Umdrehungen; die Kreisbahn selbst sowie eine Drehung um seine eigene Achse.
- 229.** Mittlere Drehzahl  $n_m = \frac{n_1 + n_2}{2}$  ;  
 $z = n_m \cdot t = \frac{(n_1 + n_2) t}{2} = \underline{417 \text{ Umdrehungen}}$
- 230.** Mittlere Drehzahl beim Auslaufen  $n_m = 2000 \text{ 1/min}$  ;  
 $z = n_m \cdot t = \underline{266,7 \text{ Umdrehungen}}$
- 231.** Bei gleichmäßiger Beschleunigung ist die mittlere Drehzahl  $n_m = \frac{z}{t} = 16 \text{ 1/s} = 960 \text{ 1/min}$  ; die erreichte Drehzahl ist dann doppelt so groß;  $n = \underline{1920 \text{ 1/min}}$
- 232.**  $z = \frac{n}{2} t_1 + n t_1$  ;  $n = \frac{2z}{3t_1} = 37,33 \text{ 1/s}$  ;  $n = \underline{2240 \text{ 1/min}}$
- 233.** Da die Drehzahl proportional der Zeit zunimmt, beträgt sie am Ende  $n_2 = \frac{n_1 t_2}{t_1} = \frac{90 \text{ 1/min} \cdot 4 \text{ s}}{1,5 \text{ s}} = \underline{240 \text{ 1/min}}$
- 234.**  $\omega = \omega_0 + \alpha t$  ;  $\omega_0 = 2\pi n_1 = 52,4 \text{ 1/s}$  ;  $\alpha t = 75 \text{ 1/s}$  ;  
 $\omega = 127,4 \text{ 1/s}$  ;  $n_2 = \underline{1217 \text{ 1/min}}$
- 235.** a)  $\omega = \alpha \cdot t$  ;  $n = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{\alpha t}{2\pi} = 1,78 \text{ 1/s} = \underline{107 \text{ 1/min}}$
- b)  $z = \frac{\alpha t^2}{2 \cdot 2\pi} = \underline{4,03}$
- 236.** a)  $\alpha = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{21 \text{ m/s}}{17 \text{ s}} = \underline{1,24 \text{ m/s}^2}$     b)  $\alpha = \frac{a}{r} = \underline{0,292 \text{ 1/s}^2}$
- c)  $s = \frac{a}{2} t^2 = \underline{179,2 \text{ m}}$

237.  $\varphi = \frac{(\omega_0 + 2\omega_0)t}{2}$ ;  $\omega_0 = \frac{2\varphi}{3t} =$   
 $= \frac{2z \cdot 2\pi}{3t} = 100,53 \text{ 1/s}$ ;  $\omega = \frac{201,06 \text{ 1/s}}$
238.  $\varphi_1 = \frac{\alpha}{2} t_1^2$ ;  $\varphi_2 = \frac{\alpha}{2} t_2^2$ ;  $\alpha = \frac{2 \cdot \Delta \varphi}{t_2^2 - t_1^2} =$   
 $= \frac{2 \cdot 16 \cdot 2\pi}{(4 - 1) \text{ s}^2} = 67 \text{ 1/s}^2$
239.  $\varphi = \frac{\omega}{t} = \frac{2\pi n}{t} = \frac{2\pi \cdot 2500 \text{ 1/min}}{60 \text{ s/min} \cdot 1,5 \text{ s}} = 174,5 \text{ 1/s}^2$
240. Erreichte Drehzahl  $n = \frac{v}{\pi d}$ ;  
 mittlere Drehzahl  $n_m = \frac{v}{2\pi d}$ ;  
 $z = \frac{vt}{2\pi d} = \frac{30 \text{ m/s} \cdot 5 \text{ s}}{2,4 \text{ m} \cdot \pi} = 19,9$
241. Zahl der Umdrehungen  $z = \frac{h}{d\pi}$ ; mittlere  
 Drehzahl  $n_m = \frac{z}{t} = \frac{h}{d\pi t}$ ;  
 Enddrehzahl  $n = \frac{2h}{d\pi t} = 28,6 \text{ 1/min}$
242. a)  $s = v_2 \cdot t = 0,023 \text{ km/s} \cdot 3600 \text{ s} = 82,8 \text{ km}$   
 b)  $v = \sqrt{v_1^2 + v_2^2} = 102,6 \text{ m/s}$ ; Flugzeit je km  
 $t = \frac{1000 \text{ m}}{102,6 \text{ m/s}} = 9,75 \text{ s}$ ;  $s' = 23 \text{ m/s} \cdot 9,75 \text{ s} = 224 \text{ m}$
243.  $v = 264,4 \text{ km/h}$ ;  $v_1 = 250 \text{ km/h}$ ;  $v_2 = \sqrt{v^2 - v_1^2} =$   
 $= 84,8 \text{ km/h}$
244.  $\frac{v_2}{v_1} = \tan 70^\circ$ ;  $v_2 = v_1 \cdot 2,747 = 21,98 \text{ m/s} = 79,1 \text{ km/h}$
245. Wurfzeit = Fallzeit;  $t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = 0,903 \text{ s}$ ;  
 Zuggeschwindigkeit  $v_1 = \frac{l}{t} = 22,15 \text{ m/s}$ ;  
 Abwurfgeschwindigkeit  $v_2 = \frac{b}{t} = 8,86 \text{ m/s}$ ;  
 Fallgeschwindigkeit  $v_3 = \sqrt{2gh}$ ;  $v_3^2 = 78,48 \text{ m}^2/\text{s}^2$ ;  
 Horizontalgeschwindigkeit  $v_h = \sqrt{v_1^2 + v_2^2} = 23,86 \text{ m/s}$ ;  
 Gesamtgeschwindigkeit  $v = \sqrt{v_h^2 + v_3^2} = 25,4 \text{ m/s}$

**246.** Da die Wurfzeit die gleiche wie in der vorigen Aufgabe ist, liegt die Auftreffstelle, in Fahrtrichtung gemessen, ebenfalls 20 m vom Abwurfpunkt entfernt. Entfernung vom Bahnkörper  $b = 12 \text{ m/s} \cdot 0,903 \text{ s} = \underline{10,84 \text{ m}}$

**247.**  $v + v_w = \frac{s}{t_1}$ ;  $v - v_w = \frac{s}{t_2}$ ; hieraus wird

$$v = \frac{s(t_1 + t_2)}{2t_1t_2} = 116,67 \text{ m/s und}$$

$$v = \frac{s(t_2 - t_1)}{2t_1t_2} = 16,67 \text{ m/s}$$

**248.** (Bild 303) Die gesuchte Geschwindigkeit ist die Projektion von  $v$  auf den durch  $B$  und den momentanen Standort des Fahrzeuges gezogenen Strahl;

$$\frac{v_e}{v} = \frac{vt}{\sqrt{v^2t^2 + e^2}}; \quad v_e = \frac{v^2}{\sqrt{v^2 + e^2/t^2}};$$

$$\text{für } v_e = v/2 \text{ wird } t = \frac{e}{3v} \sqrt{3}$$

**249.** Nach dem Prinzip der ungestörten Überlagerung der Teilbewegungen erreicht das Boot das andere Ufer in derselben kürzesten Zeit wie bei ruhendem Wasser, wenn es ohne Rücksicht auf die Abtrift rechtwinklig hinübergesteuert wird. Überfahrtszeit  $t = \frac{e}{v_1} = \underline{25 \text{ s}}$

**250.** (Bild 304) Resultierende Geschwindigkeit

$$v = \sqrt{v_1^2 - v_2^2} = 2,646 \text{ m/s}; \quad t' = \frac{e}{v} = \underline{37,8 \text{ s}}$$

**251.** (Bild 305) Geschwindigkeitskomponente in rechtwinkliger

$$\text{Richtung } v'' = \frac{100 \text{ m}}{50 \text{ s}} = 2 \text{ m/s};$$

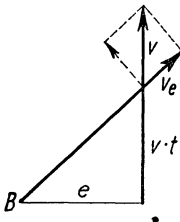


Bild 303

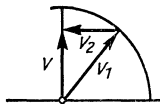


Bild 304

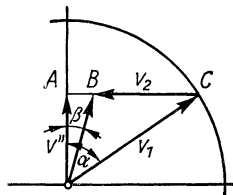


Bild 305

$$\text{a) } \cos \alpha = \frac{v''}{v_1} = \frac{2 \text{ m/s}}{4 \text{ m/s}} = 0,5; \quad \alpha = \underline{60^\circ}$$

$$\begin{aligned} \text{b) } \text{Komponenten } \overline{AC} &= \sqrt{v_1^2 - v''^2} = \underline{3,464 \text{ m/s}}; \\ \text{Komponenten } \overline{AB} &= (3,464 - 3) \text{ m/s} = \underline{0,464 \text{ m/s}}; \\ \tan \beta &= \frac{\overline{AB}}{v''} = \underline{0,232}; \quad \beta = \underline{13,1^\circ} \end{aligned}$$

$$\text{252. Steiggeschwindigkeit } v_1 = \frac{h}{t} = \underline{8,33 \text{ m/s}}; \text{ Horizontalkomponente } v_2 = \sqrt{v^2 - v_1^2} = \underline{68,94 \text{ m/s}};$$

$$\text{a) } \text{Bahnlänge } s = vt = \underline{12,5 \text{ km}}$$

$$\text{b) } \text{Zeit für eine Schleife } t_1 = \frac{2 \pi r}{v_2} = \underline{27,34 \text{ s}}$$

$$\text{c) } \text{Anzahl der Schleifen } z = \frac{t}{t_1} = \underline{6,58}$$

$$\text{d) } \text{Steighöhe je Schleife } h_1 = \frac{h}{z} = \underline{228 \text{ m}}$$

**253.** Die Bahn ist schraubenförmig. Die Geschwindigkeitskomponenten sind  $v_1 = 100 \text{ m/s}$  und  $v_2 = d\pi n =$

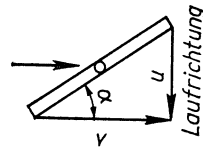
$$= \frac{2 \text{ m} \cdot \pi \cdot 2500 \text{ 1/min}}{60 \text{ s/min}} = \underline{261,8 \text{ m/s}}; \quad \text{es resultiert}$$

$$v = \sqrt{v_1^2 + v_2^2} = \underline{280,25 \text{ m/s}};$$

$$s = vt = 280,25 \text{ m/s} \cdot 60 \text{ s} =$$

$$= \underline{16815 \text{ m}} = \underline{16,815 \text{ km}}$$

Bild 306



**254.** (Bild 306) Die Umfangsgeschwindigkeit des Rädchens ist  $u = v \tan \alpha$  und andererseits  $u = d \cdot \pi \cdot n$ , woraus die genannte Formel folgt;  $n = \frac{350 \text{ cm/s} \cdot 1}{6 \text{ cm} \cdot \pi} = \underline{18,57 \text{ 1/s}}$

$$\text{255. a) } W = G \cdot h = 18000 \text{ kp} \cdot 3 \text{ m} = \underline{54000 \text{ kpm}}$$

$$\begin{aligned} \text{b) } \text{mittlere Förderhöhe } h_m &= 1,5 \text{ m}; \\ W &= 18000 \text{ kp} \cdot 1,5 \text{ m} = \underline{27000 \text{ kpm}} \end{aligned}$$

$$\text{256. } \frac{(100 \text{ p} + x) 15 \text{ cm}}{2} = 8250 \text{ pcm}; \quad x = \underline{1000 \text{ p}}$$

$$\text{257. } W = 3,5 \text{ kp} (0,065 + 0,13 + \dots + 0,585) \text{ m} = \underline{10,24 \text{ kpm}}$$

$$\text{258. a) } F = \frac{d^2 \pi p}{4} = \frac{12^2 \text{ cm}^2 \cdot \pi \cdot 0,75 \text{ kp/cm}^2}{4} = \underline{84,8 \text{ kp}}$$

$$\text{b) Jeder Arbeitshub dauert } t = \frac{60 \text{ s}}{80 \cdot 2} = 0,375 \text{ s;}$$

$$P = \frac{Fs}{t} = \underline{45,22 \text{ kpm/s}} = \underline{444 \text{ W}} = \underline{0,6 \text{ PS}}$$

$$\text{c) } m = \frac{Pt'}{gh} = \frac{444 \text{ W} \cdot 60 \text{ s}}{9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 7,5 \text{ m}} = \underline{362 \text{ kg}}$$

$$259. P = \frac{W}{t} = \frac{400 \text{ kpm}}{1/800 \text{ s}} = 320000 \text{ kpm/s} = \underline{3139 \text{ kW}}$$

$$260. P = Fv = \frac{10500 \text{ kp} \cdot 46 \text{ m/s}}{3,6} = 134170 \text{ kpm/s} = \underline{1790 \text{ PS}}$$

$$261. P = Fv = 100 \text{ kpm/s} = \underline{981 \text{ W}} = \underline{1,33 \text{ PS}}$$

$$262. \dot{P} = Fv = F \sqrt{2gh} = \underline{583 \text{ W}}$$

$$263. P = Fv = pAv = \frac{pAV}{At} = \frac{pV}{t} = \\ = \frac{2,5 \cdot 10^4 \text{ kp/m}^2 \cdot 4 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3}{1 \text{ s}} = 10 \text{ kpm/s} = \underline{98,1 \text{ W}}$$

$$264. P = \frac{3p_m d^2 \pi s n}{4} = \\ = \frac{3 \cdot 42000 \text{ kp/m}^2 \cdot 0,07^2 \text{ m}^2 \pi \cdot 0,078 \text{ m} \cdot 3600 \text{ 1/min}}{4 \cdot 60 \text{ s/min}} = \\ = 2269,4 \text{ kpm/s} = 22,26 \text{ kW} = \underline{30,3 \text{ PS}}$$

$$265. \text{ Mit } P = 28 \text{ PS} = 2100 \text{ kpm/s} \text{ ergibt sich aus dem letzten Ansatz } p_m = 32540 \text{ kp/m}^2 = \underline{3,25 \text{ at Überdruck}}$$

$$266. P = Fv = Fr\omega = M \cdot 2\pi n = \frac{7,5 \text{ kpm} \cdot 2\pi \cdot 2500 \text{ 1/min}}{60 \text{ s/min}} = \\ = 1963,5 \text{ kpm/s} = \underline{26,2 \text{ PS}}$$

$$267. M = \frac{P}{2\pi n} = \frac{(30 \cdot 75) \text{ kpm/s}}{2\pi \cdot 60 \text{ 1/s}} = \underline{6,0 \text{ kpm}}$$

$$268. F = \frac{P}{\pi d n} = 2674 \text{ N} = \underline{272,6 \text{ kp}}$$

$$269. z = \frac{W}{M2\pi} = \frac{9000 \text{ kpm}}{150 \text{ kpm} \cdot 2\pi} = \underline{9,5 \text{ Umdrehungen}}$$

$$270. M = \frac{W}{2\pi nt} = \frac{45\,000 \text{ Nm} \cdot 60 \text{ s}}{2\pi \cdot 4200 \cdot 15 \text{ s}} = 6,82 \text{ Nm} = \underline{0,7 \text{ kpm}}$$

$$271. n = \frac{P}{2\pi M} = \frac{40\,000 \text{ Nm/s}}{2\pi (9,5 \cdot 9,81) \text{ Nm}} = 68,3 \text{ 1/s} = \underline{4098 \text{ 1/min}}$$

272. Aus  $P = Fv = M\omega$  resultiert  $M = \frac{P}{2\pi n}$ ; mit den entsprechenden Umrechnungsfaktoren ergibt sich die Zahlenwertgleichung

$$M = \frac{75 \cdot 60}{2\pi} \cdot \frac{P}{n} = 716,2 \frac{P}{n}$$

$$273. \tan \alpha = 0,16; \quad \alpha = 9,1^\circ; \quad P = \frac{Fs}{t\eta} = \frac{Gs \sin \alpha}{t\eta} = \\ = \frac{(1600 \cdot 9,81) \text{ N} \cdot 190 \text{ m} \cdot 0,1582}{150 \text{ s} \cdot 0,75} = 4194 \text{ W} = \underline{4,2 \text{ kW}}$$

$$274. G = \frac{Pt\eta}{h} = \frac{5500 \text{ Nm/s} \cdot 90 \text{ s} \cdot 0,6}{17 \text{ m}} = 17470 \text{ N} = \underline{1781 \text{ kp}}$$

$$275. F = \frac{Gh}{0,85 \cdot 54 \cdot 2\pi r} = \underline{12,1 \text{ kp}}$$

$$276. F = F_1 - F_2 = \frac{P}{2r\pi n} = \frac{(12 \cdot 75) \text{ kpm/s} \cdot 60 \text{ s/min}}{0,15 \text{ m} \cdot \pi \cdot 800 \text{ 1/min}} = \\ = 143 \text{ kp}; \quad F_1 = 286 \text{ kp}; \quad F_2 = \underline{143 \text{ kp}}$$

$$277. \eta = \frac{P_{\text{ab}}}{P_{\text{zu}}} = \frac{P_{\text{abt}}}{Gh} = \frac{(2,1 \cdot 75) \text{ kpm/s} \cdot 1 \text{ s}}{80 \text{ kp} \cdot 2,5 \text{ m}} = 0,79 = \underline{79 \%}$$

$$278. \eta = \frac{P_{\text{ab}}}{P_{\text{zu}}} = \frac{Gh}{tP_{\text{zu}}} = \frac{(40 \cdot 9,81) \text{ N} \cdot 30 \text{ m}}{60 \text{ s} \cdot 300 \text{ W}} = 0,654 = \underline{65,4 \%}$$

$$279. G = \frac{P_{\text{abt}}}{\eta h} = \frac{(14130 \cdot 75) \text{ kpm/s} \cdot 1 \text{ s}}{0,93 \cdot 6,5 \text{ m}} = 175300 \text{ kp} \hat{=} \underline{175,3 \text{ m}^3}$$

280. Mit dem Faktor 75 erhält man die abgegebene Leistung in kpm/s  $P_{\text{ab}} = 75 \cdot 10 \text{ Qh}$ ; da  $1 \text{ m}^3$  Wasser  $1000 \text{ kg}$  entspricht, ist die zugeführte Leistung  $P_{\text{zu}} = 1000 \text{ Qh}$ ;

$$\eta = \frac{P_{\text{ab}}}{P_{\text{zu}}} = \frac{750 \text{ Qh}}{1000 \text{ Qh}} = \underline{0,75}$$

281. Um der nach vorn wirkenden Trägheitskraft während des Bremsens entgegenzuwirken, drücken sich die Fahrgäste unbewußt nach hinten. Der plötzliche Wegfall der Träg-



heitskraft beim Anhalten wird jedoch nicht schnell genug bemerkt, und der Körper gibt rückwärts nach.

282. a) Zieht man langsam, so reißt der Faden oberhalb, weil er dort stärker belastet ist (Gewicht des Steines + Zugkraft) als unterhalb (lediglich Zugkraft).

b) Bei ruckartigem Zug reißt er unterhalb des Steines, da sich dieser infolge seiner Trägheit erst verspätet in Bewegung setzt.

283. Die Flamme bildet sich infolge des Auftriebs, der von unten her Frischluft zuführt und die Verbrennungsgase nach oben abströmen läßt. Mit Fortfall der Erdbeschleunigung fällt auch der Auftrieb weg, und die Flamme erstickt.

284. Die Trägheit der Luft wie auch der Flammengase bewirkt eine nach hinten gerichtete Scheinkraft, die sich mit der Schwerkraft zu einer Resultierenden zusammensetzt. Die Flamme stellt sich entgegen dieser Richtung, d. h. nach schräg vorwärts ein, weil der Auftrieb in entgegengesetzter Richtung dieser Resultierenden wirkt.

$$285. \text{ a) } F = ma = \frac{mv^2}{2s} = 4166,7 \text{ kgm/s}^2 \text{ (N)} = \underline{424,7 \text{ kp}}$$

$$\text{ b) } F = ma = \frac{mv}{t} = 333 \text{ kgm/s}^2 = 333 \text{ N} = \underline{34 \text{ kp}}$$

$$286. \text{ a) } F = \frac{mv}{t} = 562,5 \text{ kgm/s}^2 = \underline{57,3 \text{ kp}}$$

$$\text{ b) } F = \frac{mv}{t} + mg\mu = 2034 \text{ kgm/s}^2 = \underline{207,3 \text{ kp}}$$

$$287. \text{ a) } a = \frac{v}{t} = \frac{F}{m}; \quad t = \frac{mv}{F} = \underline{15,3 \text{ s}}$$

$$\text{ b) } F = (160 - 120) \text{ kp} = 40 \text{ kp}; \quad t = \frac{mv}{F} = \underline{61,2 \text{ s}}$$

$$288. \text{ a) } F = ma = \underline{4587 \text{ kp}}$$

$$\text{ b) } F = (4587 + 1500) \text{ kp} = \underline{6087 \text{ kp}}$$

$$289. F = \frac{mv^2}{2s} = 53,6 \text{ N} = \underline{5,46 \text{ kp}}$$

$$290. P = Fv = mav = \frac{mv^2}{t} = \frac{900 \text{ kp} \cdot 25^2 \text{ m}^2/\text{s}^2}{26 \text{ s}} = \\ = 21\,640 \text{ W} = \underline{29,4 \text{ PS}}$$

291. Kraft zur Beschleunigung der Masse

$$F = ma = \frac{mv}{t} = 865,4 \text{ N}; \text{ Reibungskraft}$$

$$F_r = (900 \cdot 9,81) \text{ N} \cdot 0,04 = 353,2 \text{ N}; \text{ Gesamtkraft } 1218,6 \text{ N};$$

$$P = (F + F_r)v = 1218,6 \text{ N} \cdot 25 \text{ m/s} = 30465 \text{ W} = \\ = \underline{41,4 \text{ PS}}$$

$$292. a = 0,025 \text{ g} = \underline{0,245 \text{ m/s}^2}$$

$$293. \text{ a) } F_1 = m(g + a) = 1500 \text{ kg} \cdot 11,31 \text{ m/s}^2 = 16965 \text{ N} = \\ = \underline{1729 \text{ kp}}$$

$$\text{ b) } F_2 = m(g - a) = 12465 \text{ N} = \underline{1271 \text{ kp}}$$

$$294. s_1 = \frac{a_1 t_1^2}{2}, \quad a_1 = \frac{2s_1}{t_1^2} = 1,28 \text{ m/s}^2; \quad a_2 = -1,28 \text{ m/s}^2;$$

$$F_1 = m(g + a_1) = 200 \text{ kg} \cdot 11,09 \text{ m/s}^2 = 2218 \text{ N} = \\ = \underline{226 \text{ kp}};$$

$$F_2 = m(g - a_2) = 1706 \text{ N} = \underline{174 \text{ kp}}$$

$$295. (m_1 - m_2)g = (m_1 + m_2)a; \quad a = \frac{(m_1 - m_2)g}{m_1 + m_2} = 5,45 \text{ m/s}^2;$$

$$v = \sqrt{2as} = \underline{10,4 \text{ m/s}}$$

$$296. \text{ a) } P = (m_1 - m_2)gv = \underline{2,796 \text{ kW}}$$

$$\text{ b) } F = (m_1 - m_2)g + (m_1 + m_2)a;$$

$$P = [(m_1 - m_2)g + (m_1 + m_2)a]v;$$

$$a = \frac{v^2}{2s} = 0,0833 \text{ m/s}^2; \quad P = \underline{2,840 \text{ kW}}$$

$$297. P = Fv = mav = \frac{mv^2}{t} = \frac{1,32 \cdot 80\,000 \text{ kg} \cdot 40^2 \text{ m}^2/\text{s}^2}{3,6^2 \cdot 60 \text{ s}} =$$

$$= 217\,280 \text{ W} = \underline{295 \text{ PS}}$$

$$298. F = ma = \frac{mv^2}{2s}; \quad v = \sqrt{\frac{2Fs}{m}} =$$

$$= \sqrt{\frac{2 \cdot (20 \cdot 9,81) \text{ kgm/s}^2 \cdot 0,6 \text{ m}}{0,004 \text{ kg}}} = \underline{242,6 \text{ m/s}}$$

$$299. \tan \alpha \approx \sin \alpha = 0,05; \quad F = m(g \sin \alpha + a) = 2190 \text{ N} = \underline{223 \text{ kp}}$$

**300.** Der Kraftaufwand ist bei konstanter Beschleunigung am kleinsten. Dann ist  $a = \frac{2s}{t^2} = 0,24 \text{ m/s}^2$ ; die gesamte der Masse zu erteilende Kraft ist  $F = m(g + a) = 1809 \text{ N} = \underline{184,4 \text{ kp}}$ ;  $W = Fh = \underline{553,2 \text{ kpm}}$

**301.** a)  $F = (m_1 - m_2) g \sin \alpha = (m_1 + m_2) a$ ;  $a = \frac{v^2}{2s}$ ;

$$v = \sqrt{\frac{(m_1 - m_2) g \sin \alpha \cdot 2s}{m_1 + m_2}} = \underline{18,3 \text{ m/s}}$$

b) der Hangabtrieb  $(m_1 - m_2) g \sin \alpha$  wird um die Reibungskraft  $(m_1 + m_2) g\mu$  vermindert;  $v = \underline{15,8 \text{ m/s}}$

**302.** a)  $a = \frac{(m_1 - m_2) g}{m_1 + m_2} = \underline{0,316 \text{ m/s}^2}$

b) aus dieser Gleichung folgt

$$m_1 = m_2 \frac{g + 2a}{g - 2a} = \underline{341 \text{ g}}$$

c) mit  $a = 0,5 \text{ g}$  wird daraus  $m_1 : m_2 = \underline{3:1}$

**303.**  $F = m(g + a)$ ;  $a = \frac{2s}{t^2} = \frac{F - mg}{m}$ ;

$$t = \sqrt{\frac{2sm}{F - mg}} = \underline{2,93 \text{ s}}$$

**304.** a)  $v = \frac{P}{F} = \frac{P}{ma}$ ;  $a = \frac{P}{mv} = \underline{0,67 \text{ m/s}^2}$

b)  $P = (F_b + F_r) v$ ;  $v = \frac{P}{ma + mg\mu}$ ;

$$a = \frac{P - mv g \mu}{mv} = \underline{0,372 \text{ m/s}^2}$$

**305.**  $P = Fv = mav = \frac{mv^2}{t}$ ;  $v = \sqrt{\frac{Pt}{m}} = \underline{17,3 \text{ m/s}}$

**306.**  $F = m(g + a) = m\left(g + \frac{v^2}{h}\right)$ ;  $v = \sqrt{\left(\frac{F}{m} - g\right) \cdot 2h} = \underline{0,63 \text{ m/s}}$

**307.** Die in die Bahnrichtung fallende Komponente der Erdbeschleunigung (d. h. der Hangabtrieb) entfällt, so daß

allein die senkrecht zur Bahn wirkende Komponente verbleibt. Der Wasserspiegel stellt sich parallel zur Bahn ein.

$$308. a) a = \frac{m_2 g}{m_1 + m_2} = \frac{1500 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2}{(12000 + 1500) \text{ kg}} = \underline{1,09 \text{ m/s}^2}$$

$$b) v = \sqrt{2as} = \underline{3,62 \text{ m/s}}$$

$$c) a' = \frac{v^2}{2s} = 0,333 \text{ m/s}^2; \quad m'_2 = \frac{(m_1 + m'_2) a'}{g} = \underline{422 \text{ kg}}$$

309. Auf die Laufkatze wirkt die Kraft  $m_1(g - a)$ ; diese bewegt die Masse  $m_1 + m_2$ , so daß  $(m_1 + m_2)a = m_1(g - a)$ ;

$$\text{mit } a = \frac{v^2}{2s} = 1,04 \text{ m/s}^2 \text{ erh\u00e4lt man } m_1 = \underline{26,9 \text{ kg}}$$

310. Der Kraft  $F = ma$  wirkt der Hangabtrieb  $mg \sin \alpha$  entgegen, so da\u00df die resultierende Antriebskraft  $ma' = -m(a - g \sin \alpha)$  ist. Wegen  $\sin \alpha \approx \tan \alpha$  gilt

$$a' = (1,8 - 9,81 \cdot 0,06) \text{ m/s}^2 = \underline{1,21 \text{ m/s}^2}$$

$$311. ma \geq mg\mu; a \geq g\mu = \underline{5,4 \text{ m/s}^2}$$

312. Die Leistung zur Massenbeschleunigung ist  $P_m = ma_1 v_m$  bzw. zur \u00dcberwindung des Fahrwiderstandes  $P_w = ma_2 v_m$ ; die Summe beider gibt die Gesamtleistung  $P = m v_m (a_1 + a_2)$ ; mit  $a_1 = 2,08 \text{ m/s}^2$ ,  $a_2 = 0,56 \text{ m/s}^2$  und  $v_m = 9,72 \text{ m/s}$  ergibt sich  $P = 1100 \text{ kg} \cdot 9,72 \text{ m/s} \cdot 2,64 \text{ m/s}^2 = 28227 \text{ W} = \underline{38,4 \text{ PS}}$

$$313. F = m(g + a); a = \frac{F}{m} - g = 2,94 \text{ m/s}^2; v = at = \underline{8,82 \text{ m/s}}$$

314. Zwischen den beiden Beschleunigungen  $a_1 = \frac{v_1}{t} = 1,39 \text{ m/s}^2$

und  $a_2 = \frac{v_2}{t} = 2,08 \text{ m/s}^2$  besteht die Beziehung  $a_2 = a_1 + g \sin \alpha$ ; hieraus  $\sin \alpha = \frac{a_2 - a_1}{g} = 0,0707 \approx \tan \alpha$ . Das Gef\u00e4lle betr\u00e4gt daher 7%

315. (Bild 307) Achsdruckkraft vorn  $F_1 = mg \cdot 0,4 = \underline{3531,6 \text{ N}}$ ;

Achsdruckkraft hinten  $F_2 = mg \cdot 0,6 = \underline{5297,4 \text{ N}}$ ; das Moment der beim Bremsen auftretenden Tr\u00e4gheitskraft  $ma$  be-

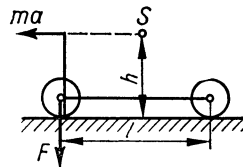


Bild 307

lastet die Vorderachse zusätzlich um  $F_3$ . Aus der Momentengleichung  $mah = F_3 l$  folgt

$$F_3 = \frac{mah}{l} = \frac{900 \text{ kg} \cdot 6,5 \text{ m/s}^2 \cdot 0,75 \text{ m}}{3,1 \text{ m}} = 1415,3 \text{ N};$$

neue Achsdruckkraft vorn  $F_1' = F_1 + F_3 = 4946,9 \text{ N} = 504,3 \text{ kp}$  und hinten  $F_2' = F_2 - F_3 = 3882,1 \text{ N} = 395,7 \text{ kp}$

**316.** Die Münze erfährt die Beschleunigung  $a = \frac{F}{m} = \mu g$ . In der Zeit  $t$  darf sie höchstens die Strecke  $s = 5 \text{ cm}$  zurücklegen, so daß

$$\frac{a}{2} t^2 \leq s; \quad t = \frac{2s}{v}; \quad \frac{4\mu g s^2}{2v^2} \leq s; \quad v \geq \underline{70 \text{ cm/s}}$$

**317.**  $\frac{mv^2}{2} = mgh; \quad h = \frac{v^2}{2g} = \underline{19,3 \text{ m}}$

**318.**  $W_{\text{kin}} = \frac{mv^2}{2}; \quad P = \frac{W_{\text{kin}}}{t} = \frac{620 \text{ kg} \cdot 935^2 \text{ m}^2/\text{s}^2}{1/40 \text{ s} \cdot 2} = 1,084 \cdot 10^{10} \text{ W}$

**319.**  $F_{\text{max}} = Ds; \quad W_{\text{pot}} = \frac{F_{\text{max}} s}{2} = \frac{Ds^2}{2} = \underline{18,75 \text{ kJ}}$

**320.**  $W = \frac{mv^2}{2}; \quad m = \frac{2W}{v^2} = \frac{480 \text{ kgm}^2/\text{s}^2}{20,25 \text{ m}^2/\text{s}^2} = \underline{23,7 \text{ kg}}$

**321.** Mit der Wurfhöhe  $h_{\text{max}} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} = \frac{v_0^2}{8g}$  ist im höchsten

Bahnpunkt  $W_{\text{pot}} = mgh_{\text{max}} = \frac{mv_0^2}{8}$ ; es verbleibt  $\frac{mv^2}{2} =$

$$= \frac{mv_0^2}{2} - \frac{mv_0^2}{8} = \frac{3mv_0^2}{8}, \text{ wonach } v = \frac{v_0}{2} \sqrt{3} \text{ ist.}$$

**322.** Mittlere treibende Kraft  $F_m = \frac{Ds}{2}$ ; Spannarbeit  $W = \frac{Ds^2}{2}$ ;

aus  $\frac{Ds^2}{2} = mgh$  wird  $h = \frac{Ds^2}{2mg} = \frac{15 \cdot 9,81 \text{ N} \cdot 0,2^2 \text{ m}^2}{\text{m} \cdot 2 \cdot 0,1 \cdot 9,81 \text{ N}} = \underline{3 \text{ m}}$

**323.** Richtgröße  $D = \frac{mg}{\Delta s}$ ; mittlere treibende Kraft  $F_m = \frac{mg(s + \Delta s)}{2\Delta s}$ ;  $mgh = \frac{mg(s + \Delta s)^2}{2\Delta s}$ ;  $h = \frac{(s + \Delta s)^2}{2\Delta s} = \underline{577,6 \text{ cm}}$

**324.** Das Massenstück gibt die Arbeit  $W_1 = G(h + s)$  ab. Diese ist gleich der Arbeit  $W_2 = \frac{D}{2}s^2$ , die für das Zusammen-drücken der Feder erforderlich ist.

$$\text{Aus } G(h + s) = \frac{D}{2}s^2 \text{ ergibt sich } s = \underline{23,7 \text{ cm}}$$

$$\mathbf{325.} \quad \frac{m}{2}v^2 + Gs = Fs; \quad v = \sqrt{\frac{2s(F - G)g}{G}} = \underline{11,83 \text{ m/s}}$$

$$\mathbf{326.} \quad h = \frac{W}{mg} = \frac{850 \cdot 3600 \cdot 10^3 \text{ Nm}}{6000 \cdot 10^3 \cdot 9,81 \text{ N}} = \underline{52 \text{ m}}$$

$$\mathbf{327.} \quad m = \frac{W}{gh} = \frac{5 \cdot 3600 \text{ kgm}^2/\text{s}^2}{9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 8 \text{ m}} = \underline{229 \text{ kg}}$$

$$\mathbf{328.} \quad \frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv^2}{2} + mgh = 2mgh; \quad v_0 = \sqrt{4gh} = \underline{280 \text{ m/s}}$$

$$\mathbf{329.} \quad a = \frac{W}{ms} = \frac{15000 \text{ kgm}^2/\text{s}^2}{1200 \text{ kg} \cdot 50 \text{ m}} = \underline{0,25 \text{ m/s}^2}; \quad v = \sqrt{2as} = \underline{5 \text{ m/s}}$$

$$\mathbf{330.} \quad \text{Aus } 2 \frac{m}{2}v_1^2 = \frac{m}{2}v_2^2 \text{ folgt über } v = gt \text{ die Gleichung } \frac{2t_1^2}{2} = \\ = \frac{(t_1 + \Delta t)^2}{2}; \quad t_1 = 4,83 \text{ s}; \quad h_1 = \underline{114,35 \text{ m}}; \quad h_2 = \underline{228,70 \text{ m}}$$

**331.** Mit  $mgh_2 = W_{\text{pot}2}$  und  $mgh_1 = W_{\text{pot}1}$

wird  $W_{\text{pot}1} + Fh_1 = W_{\text{pot}2}$ ;

$$F = \frac{mg(h_2 - h_1)}{h_1} = \frac{40 \text{ kp} \cdot 0,25 \text{ m}}{0,5 \text{ m}} = \underline{20 \text{ kp}}$$

**332.**  $m(g + a)h_1 - mgh_1 = \frac{m}{2}v_1^2$ ;  $v_1 = \sqrt{2gh_2}$ ; damit wird

$$(g + a)h_1 - gh_1 = gh_2 \text{ und } \frac{a}{g} = \frac{h_2}{h_1}$$

**333.**  $F = m(g + a)$ ;  $a = \frac{F}{m} - g = 1,96 \text{ m/s}^2$ ;  $\frac{g + a}{g} = \frac{h}{h_1}$ ; nach

$$\text{Einsetzen von } a \text{ erhält man } h_1 = \frac{mgh}{F} = \underline{1,25 \text{ m}};$$

$$\text{aus } h_1 = \frac{a}{2}t_1^2 \text{ ergibt sich } t_1 = \underline{1,13 \text{ s}};$$

mit  $h_2 = h - h_1 = 0,25 \text{ m}$

und wegen  $h_2 = \frac{g}{2} t_2^2$  hat man  $t_2 = \underline{0,23 \text{ s}}$ , so daß  $t = \underline{1,36 \text{ s}}$

**334.** Wegen  $h_1 = h_2$  ist  $a = g$ ;  $h_1 = h_2 = \underline{0,75 \text{ m}}$ ;

$$F = m \cdot 2g = \underline{100 \text{ kp}};$$

$$t_1 = t_2 = \sqrt{\frac{2h_1}{g}} = \underline{0,39 \text{ s}}; \quad t_{\text{ges}} = 2t_1 = \underline{0,78 \text{ s}}$$

**335.** Zugkraft  $F = \text{Hangabtrieb} + \text{Reibungskraft}$ ;  $G \cdot \sin \alpha + G \cos \alpha \cdot \mu = 104,3 \text{ kp}$ ;  $P = Fv = 1136,9 \text{ W} = \underline{1,55 \text{ PS}}$

**336.** Aus  $P = Fv = \mu mgv$  erhält man mit  $P = 735,5 \text{ W}$

$$m = \frac{P}{\mu gv} = \underline{375 \text{ kg}}$$

**337.** Aus  $F = ma + G\mu$  erhält man  $a = 0,0294 \text{ m/s}^2$ ;

$$v = \sqrt{2as} = \underline{1,085 \text{ m/s}}; \quad \text{aus } \frac{mv^2}{2} = mg\mu s' \text{ wird } s' = \underline{12 \text{ m}}$$

**338.**  $mg\mu s = \frac{mv^2}{2}$  (Reibungsarbeit = kinetische Energie);

$$\text{a) } s = \frac{v^2}{2g\mu} \quad \text{b) } s = \frac{v^2}{1,2g\mu}$$

**339.** a) Die Bremskraft darf höchstens gleich der Reibungskraft sein, so daß  $F = \mu G = \mu mg$ ; die mögliche Verzögerung ist  $a = \frac{F}{m} = \mu g$ ;  $t = \frac{v}{a} = \underline{7,6 \text{ s}}$ ;  $s = \frac{v}{2} t = \underline{84,4 \text{ m}}$

b) Bei Annahme gleicher Lastverteilung kommt für die zulässige Bremskraft  $F$  nur das halbe Wagengewicht in Betracht; hieraus ergeben sich die halbe Beschleunigung, die doppelte Bremszeit  $15,2 \text{ s}$  und der doppelte Bremsweg  $168,8 \text{ m}$ .

**340.** Aus  $P = \mu mgv$  ergeben sich  $\mu_1 = \underline{0,03}$ ,  $\mu_2 = \underline{0,006}$ ,  $\mu_3 = \underline{0,0034}$

$$\text{341. } a = \frac{2s}{t^2}; \quad ma = mg\mu; \quad \mu = \frac{2s}{gt^2} = \underline{0,102}$$

**342.** Die kinetische Energie des Wagens setzt sich in Reibungsarbeit (Reibungskraft  $\cdot$  Weg) um;  $\frac{mv^2}{2} = \mu mgs$ ;

$$s = \frac{v^2}{2\mu g} = \underline{354 \text{ m}}; \quad t = \frac{2s}{v} = \frac{v}{\mu g} = \underline{42,5 \text{ s}}$$

**343.** Ansatz wie in der vorigen Aufgabe;

$$v = \sqrt{2\mu g s} = \underline{2,94 \text{ m/s}} = \underline{10,6 \text{ km/h}}$$

**344.** Potentielle Energie = kinetische Energie + Reibungsarbeit;  $mgh = \frac{m}{2}v^2 + mg\mu s \cos \alpha$ ;  $\mu = \underline{0,21}$

**345.** Verlust an potentieller Energie = Reibungsarbeit;

$$mgs \sin \alpha - mgx \sin \alpha = mg\mu (s + x) \cos \alpha;$$

$$s \tan \alpha - x \tan \alpha = \mu (s + x);$$

mit  $\tan \alpha = 0,04$  ist

$$x = \frac{s(\tan \alpha - \mu)}{\tan \alpha + \mu} = \underline{28,6 \text{ m}}$$

**346. a)**  $ma = mg\mu$ ;  $a = \underline{1,96 \text{ m/s}^2}$

b) bezüglich der Kippkante ist Moment der Trägheitskraft = Kippmoment;

$$\frac{ma \cdot 1,6 \text{ m}}{2} = \frac{mg \cdot 0,4 \text{ m}}{2}; \quad a = \underline{2,45 \text{ m/s}^2}$$

$$347. d = 2 \sqrt{\frac{2J}{m}} = \underline{1,30 \text{ m}}$$

$$348. J = \frac{m(r_1^2 + r_2^2)}{2} = \frac{\pi d \rho (r_1^2 - r_2^2)(r_1^2 + r_2^2)}{2};$$

$$\rho = \frac{2J}{\pi d (r_1^4 - r_2^4)} = \underline{2,7 \text{ g/cm}^3} \text{ (Aluminium)}$$

**349.** Da die Stabmasse der Länge proportional ist, gilt

$$J \sim \frac{l_2^3}{12} = \frac{2l_1^3}{12}, \text{ so da\ss } l_2 = l_1 \sqrt[3]{2} = \underline{94,5 \text{ cm}} \text{ und}$$

$$l_2 - l_1 = \underline{19,5 \text{ cm}}$$

**350.** Für den Holzzyylinder ergibt sich  $J_1 = 0,0108 \text{ kgm}^2$ ; für den Hohlzyylinder aus Blei ist  $J_2 = 2J_1$ ;

$$\text{mit } J_2 = m \frac{r_1^2 + r_2^2}{2} \text{ und } m = l \rho \pi (r_2^2 - r_1^2) \text{ wird}$$



$J_2 = \frac{l\rho\pi(r_2^4 - r_1^4)}{2} = 0,0216 \text{ kgm}^2$ ; die gegebenen Werte liefern dann  $r_2 = 0,0614 \text{ m} = 6,14 \text{ cm}$ ; Dicke des Bleiman-  
tels  $\Delta r = \underline{1,4 \text{ mm}}$

351.  $\frac{\rho\pi dr_1^4}{2} - \frac{\rho\pi d \cdot 0,9r_1^4}{2} = \frac{\rho\pi dr_1^4(1 - 0,9^4)}{2}$ ;  
 $1 - 0,656 \hat{=} \underline{34,4 \%}$

352.  $J = \frac{mr^2}{2}$ ;  $\omega = 52,36 \text{ 1/s}$ ;

$$W = \frac{J\omega^2}{2} = \frac{mr^2\omega^2}{4} = 342,7 \text{ Nm} = \underline{34,9 \text{ kpm}}$$

353.  $W_{\text{ges}} = \frac{mv^2}{2} + \frac{mr^2}{2}\omega^2 = mv^2$ ; die  Hälfte  davon ist Rota-  
tionsenergie.

354.  $W = \frac{J\omega^2}{2} = \frac{mr^2\omega^2}{4} = \underline{18 \text{ kgm}^2/\text{s}^2}$  (Ws)

355.  $\frac{mr^2\omega^2}{2} + \frac{2mr^2\omega^2}{5 \cdot 2} = mgh$ ;  $r\omega = v = \sqrt{\frac{10gh}{7}}$

356. Gesamtenergie  $\frac{m}{2}v^2$ , Rotationsenergie  $\frac{m_1 r^2 \omega^2}{4}$ , wobei  $m$  die Gesamtmasse,  $m_1$  die Masse der Räder und  $r\omega = v$  ist; die Masse ist daher scheinbar um  $\frac{m_1 \cdot 2}{4m} = \frac{100}{800} = 0,125$  oder  12,5 %  vergrößert

357. Zu verrichtende Arbeit  $W = m_1 g \mu s$ ; aus  $\frac{J\omega^2}{2} = W$  bzw.  $\frac{m_2 r^2 \omega^2}{2 \cdot 2} = m_1 g \mu s$  wird mit  $\omega = 314 \text{ 1/s}$   $m_2 = \underline{553 \text{ kg}}$

358. Rotationsenergie der Scheibe + kinetische Energie des Gewichtstückes = Abnahme der potentiellen Energie des Gewichtstückes;  $\omega^2 \left( \frac{m_1 r_1^2}{4} + \frac{m_2 r_2^2}{2} \right) = m_2 g h$ ;  
 $\omega = 20,8 \text{ 1/s}$ ;  $n = \underline{198,7 \text{ 1/min}}$ ;  $v = 20,8 \cdot 0,02 \text{ m/s} = \underline{0,42 \text{ m/s}}$

$$359. m = \pi r_1^2 l \rho; \quad J = \frac{m r_1^2}{2};$$

$$\omega = 18,85 \text{ 1/s}; \quad \alpha = \frac{\omega}{t}; \quad F = \frac{J\alpha}{r_2} = \frac{r_1^4 \pi l \rho \omega}{2 r_2 t} = \underline{24,0 \text{ N}};$$

$$P = Fv = F r_2 \omega = \underline{67,9 \text{ W}}$$

$$360. \alpha = \frac{Fr}{J}; \quad t = \frac{\omega}{\alpha} = \frac{J\omega}{Fr} = \underline{21,4 \text{ s}}; \quad z = \frac{\omega t}{2\pi \cdot 2} = \underline{53,5}$$

$$361. \alpha = \frac{2\varphi}{t^2}; \quad \text{wegen } Fr = J\alpha \text{ ist } F = \frac{m r^2 2\varphi}{2 r t^2} = \frac{m r 2\pi}{t^2} = \\ = 18,8 \text{ N} = \underline{1,9 \text{ kp}}$$

$$362. W = P_1 t_1 = 12 \cdot 735,5 \text{ W} \cdot 30 \text{ s} = 264\,780 \text{ Nm};$$

$$\omega = 52,36 \text{ 1/s}; \quad \text{aus } \frac{m(r_1^2 + r_a^2)\omega^2}{2 \cdot 2} = W \text{ erh\u00e4lt man}$$

$$m = \underline{633,3 \text{ kg}}; \quad t_2 = \frac{W}{P_2} = \frac{P_1 t_1}{P_2} = \frac{12 \cdot 30 \text{ s}}{3} = 120 \text{ s} = \underline{2 \text{ min}}$$

$$363. \text{Zugkraft } F = m(g - a); \quad m r(g - a) = J\alpha;$$

$$\text{mit } \alpha = \frac{a}{r} \text{ wird } a = \frac{m r^2 g}{J + m r^2} = \underline{2,84 \text{ m/s}^2};$$

$$F = 15 \text{ kg} \cdot 6,97 \text{ m/s}^2 = 104,6 \text{ N} = \underline{10,7 \text{ kp}}$$

$$364. \frac{m r^2 \omega^2}{4} + \frac{m r^2 \omega^2}{2} = m g h; \quad \omega = \sqrt{\frac{4 g h}{3 r^2}} = \underline{102,3 \text{ 1/s}}$$

Endgeschwindigkeit  $v = r\omega$ ; wegen

$$h = \frac{v}{2} t \text{ ist } t = \frac{2h}{r\omega} = \underline{0,78 \text{ s}}$$

$$365. \text{Gesamter Drehwinkel } \varphi = 12 \cdot 2\pi = \underline{75,4}; \text{ Winkelgeschwin-}$$

$$\text{digkeit am Anfang } \omega_1 = \frac{2\varphi}{t_1}; \quad \alpha_1 = \frac{\omega_1}{t_1} = \frac{2\varphi}{t_1^2}; \quad \omega_2 = \frac{2\varphi}{t_2};$$

$\alpha_2 = \frac{\omega_2}{t_2} = \frac{2\varphi}{t_2^2}$ ; wegen der gleichen Lagerbelastung ist das Reibungsmoment in beiden F\u00e4llen gleich gro\u00df, so da\u00df

$$M = J_1 \alpha_1 = J_2 \alpha_2; \quad m r_1^2 \cdot \frac{2\varphi}{t_1^2} = m r_2^2 \cdot \frac{2\varphi}{t_2^2}; \quad r_2 = \underline{0,3 \text{ m}};$$

$$d = \underline{60 \text{ cm}}$$

**366.** Potentielle Energie des Schwerpunktes = Rotationsenergie:

$$\frac{mgl}{2} = \frac{ml^2v^2}{3 \cdot 2l^2}; \text{ hieraus folgt } v = \sqrt{3gl} = \underline{8,58 \text{ m/s}}$$

$$\mathbf{367.} \quad \frac{mv^2}{2} + \frac{J\omega^2}{2} = Fs; \quad s = \frac{(mr^2 + J)\omega^2}{2 \cdot 0,04mg} = \underline{730 \text{ m}}$$

$$\mathbf{368.} \quad J = \frac{mr^2}{2} + \frac{mr^2}{4} = \underline{\frac{3mr^2}{4}}$$

$$\mathbf{369.} \quad J = \frac{ml^2}{12} + m \left( \frac{l}{2} + \frac{l}{4} \right)^2 = \frac{31}{48} ml^2 = \underline{0,65 ml^2}$$

$$\mathbf{370.} \quad \frac{m_1 l_1^2}{12} = 2m_2 \frac{l_2^2}{4}; \quad l_2 = l_1 \sqrt{\frac{m_1}{6m_2}} = \underline{357,8 \text{ cm}}$$

$$\mathbf{371.} \quad W_{\text{pot}} = \frac{mgl}{2} + mgl = \frac{3mgl}{2}; \quad J = \frac{ml^2}{3} + ml^2 = \frac{4ml^2}{3};$$

$$W_{\text{kin}} = \frac{Jv^2}{2l^2}; \quad \frac{3mgl}{2} = \frac{4ml^2v^2}{3 \cdot 2l^2}; \quad l = \frac{4v^2}{9g} = \underline{0,41 \text{ m}}$$

**372.**  $F = F_1$  (halbes Eigengewicht) +  $F_2$  (Drehkraft); für den Drehwinkel gilt  $\sin \varphi = 1/6 = 0,1667$ ;  $\varphi = 9,6^\circ$ ;

$$\alpha = \frac{2\varphi}{t^2}; \quad \text{aus } F_2 l = J\alpha \text{ wird } F_2 = \frac{ml \cdot 2\varphi}{3t^2} = 13,4 \text{ N} = \underline{1,37 \text{ kp}}$$

$$F = (10 + 1,37) \text{ kp} = \underline{11,37 \text{ kp}}$$

**373.** Man geht aus von  $M = J\alpha$ ; das Drehmoment ist

$$M = \frac{m_1 g l_1}{2} - \frac{m_2 g l_2}{2} = \frac{\rho A g (l_1^2 - l_2^2)}{2}; \quad \text{das Trägheitsmo-}$$

$$\text{ment ist } J = \frac{m_1 l_1^2}{3} + \frac{m_2 l_2^2}{3} = \frac{\rho A (l_1^3 + l_2^3)}{3};$$

$$t = \sqrt{\frac{2\varphi}{\alpha}} = \sqrt{\frac{2\varphi J}{M}}; \quad \varphi \approx \frac{h}{l};$$

$$t = \sqrt{\frac{2 \cdot 2h (l_1^3 + l_2^3)}{g l_1 (l_1^2 - l_2^2)}} = \underline{0,69 \text{ s}}$$

$$\mathbf{374.} \quad 250000 \text{ g} = r\omega^2; \quad \omega = 2000\pi \text{ 1/s}; \quad r = \frac{250000 \text{ g}}{\omega^2} = \underline{6,21 \text{ cm}};$$

$$\underline{d = 12,42 \text{ cm}}$$

375. Geschwindigkeit im tiefsten Punkt  $v = \sqrt{2rg}$ ;

Fliehkraft  $F_z = \frac{mv^2}{r} = 2mg = 2G$ ; dazu kommt noch das Gewicht selbst, so daß die Gesamtlast  $3 \cdot 130 \text{ kp} = \underline{390 \text{ kp}}$  beträgt

376.  $mg = mr\omega^2 = mr4\pi^2n^2$ ;

$$n = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{r}} = 0,91 \text{ 1/s} = \underline{54,6 \text{ 1/min}}$$

377. Die Gleichheit der Fliehkräfte ergibt  $m_1r_1\omega^2 = m_2r_2\omega^2$ , wobei  $\omega$  die gemeinsame Winkelgeschwindigkeit ist; hieraus folgt  $\frac{m_1}{m_2} = 81 = \frac{r-r_1}{r_1}$ ;  $r_1 = \frac{r}{82}$  oder  $\frac{60}{82}$  Erdradien; die Entfernung des Drehzentrums vom Erdmittelpunkt beträgt etwa  $\frac{3}{4}$  Erdradien, es liegt also im Erdinnern.

378. Es gelten die Gleichungen  $\frac{mv^2}{r} = mg$  (Fliehkraft = Gewicht) und  $mgh = \frac{mv^2}{2}$  ( $W_{\text{pot}} = W_{\text{kin}}$ ) oder vereinfacht:  $v^2 = rg$  bzw.  $v^2 = 2gh$ . Nach Gleichsetzen erhält man  $h = \frac{r}{2} = 1,50 \text{ m}$ ; Gesamthöhe über dem Boden  $(6 + 1,50) \text{ m} = \underline{7,50 \text{ m}}$

$$\begin{aligned} 379. \tan \alpha &= \frac{F_z}{G} = \frac{mv^2}{r} : mg = \frac{v^2}{rg} = \frac{25^2 \text{ m}^2/\text{s}^2}{3,6^2 \cdot 20 \text{ m} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2} = \\ &= 0,2458; \quad \alpha = \underline{13,8^\circ} \end{aligned}$$

380. Für die Neigung der Schwellen gegen die Horizontale gilt

$$\begin{aligned} \tan \alpha &= \frac{F_z}{g} = \frac{v^2}{rg} = 0,0472; \\ h &= b \sin \alpha = 1435 \text{ mm} \cdot 0,0471 = \underline{67,6 \text{ mm}} \end{aligned}$$

$$381. \frac{mv^2}{r} = mg; \quad v = \sqrt{gr} = 7,9 \cdot 10^3 \text{ m/s} = \underline{7,9 \text{ km/s}}$$

$$\begin{aligned} 382. mr\omega^2 &= mg; \quad \omega = \sqrt{\frac{g}{r}} = 1,238 \cdot 10^{-3} \text{ 1/s}; \text{ Zahl der Um-} \\ \text{drehungen je Tag } z &= \frac{\omega \cdot t}{2\pi} = \frac{1,238 \cdot 10^{-3} \text{ 1/s} \cdot 86400 \text{ s}}{2\pi} = \underline{17} \end{aligned}$$

383. Mit dem Achsabstand  $l$  gilt bezüglich der festbleibenden

$$\text{Achse } \frac{mg\mu l}{2} - \frac{mv^2 l}{2r} = 0 \text{ und}$$

$$v = \sqrt{rg\mu} = 9,9 \text{ m/s} = 35,6 \text{ km/h}$$

384. (Bild 308) Zentripetalbeschleunigung rechtwinklig zur Erdachse  $a' = r'\omega^2$ ; ihre Komponente zum Erdmittelpunkt hin  $a'' = r'\omega^2 \cos \alpha$ ;  $r' = r \cos \alpha$ ;  $a'' = r\omega^2 \cos^2 \alpha$ ;

$$\text{mit } \omega = \frac{2\pi}{86400 \text{ s}} \text{ und } \cos^2 \alpha = 0,5 \text{ wird } a'' = 1,7 \cdot 10^{-2} \text{ m/s}^2;$$

$$g_{45^\circ} = (9,83 - 0,017) \text{ m/s}^2 = 9,813 \text{ m/s}^2$$

385. Die Pendel stellen sich in Richtung der Resultierenden aus dem Gewicht  $G = mg$  und der Fliehkraft  $F_z = mr\omega^2 = ml \sin \alpha \omega^2$  ein, so daß  $\frac{F_z}{G} = \tan \alpha$  und  $\cos \alpha = \frac{g}{l\omega^2} = 0,2982$ . Danach ist  $\alpha = 72,6^\circ$  und der volle Winkel 145,2°

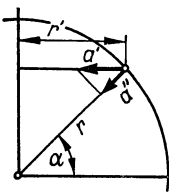


Bild 308

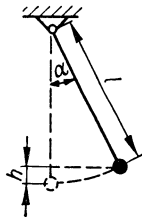


Bild 309

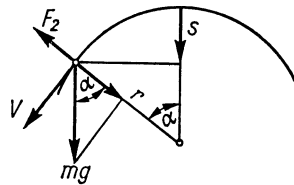


Bild 310

386. (Bild 309) Höhenverlust der Pendelmasse  $h = l - l \cos \alpha$ ;

$$\frac{mv^2}{2} = mgh; \quad mv^2 = 2mgl(1 - \cos \alpha); \quad F_z = \frac{mv^2}{l} =$$

$$= 2mg(1 - \cos \alpha)$$

387. (Bild 310)  $s = \frac{v^2}{2g}$  (Fallgesetz); Fliehkraft  $F_z = \frac{mv^2}{r} = \frac{2msg}{r}$ ; im Zeitpunkt der Ablösung ist die Radialkomponente des Gewichtes  $mg \cos \alpha$  gleich der Fliehkraft;

$$\cos \alpha = \frac{r-s}{r}; \quad \text{somit wird } \frac{2msg}{r} = mg \frac{r-s}{r}, \text{ woraus}$$

$$s = \frac{r}{3} \text{ folgt.}$$

$$388. \text{ a) } 2lmg = \frac{J\omega^2}{2} = \frac{ml^2v^2}{2l^2}; \quad v = \sqrt{gl} = \underline{6,86 \text{ m/s}}$$

$$\text{ b) } F = \frac{mv^2}{l} + mg = 5mg = \underline{15 \text{ kp}}$$

$$389. \text{ Die Pendel heben sich, wenn } mr\omega^2l = mgr \text{ ist; } l = \frac{g}{\omega^2} = \\ = \frac{981 \text{ cm s}^2}{\text{s}^2 4\pi^2 1,44} = \underline{17,3 \text{ cm}}$$

390. a) Dem Impuls der ausgestoßenen Luft entspricht ein gleich großer entgegengesetzter Impuls des Kahnes. Dieser bewegt sich rückwärts.

b) Blasebalg, Segel und Kahn bilden ein abgeschlossenes System, dessen Gesamtimpuls gleich Null bleibt. Der Kahn bewegt sich nicht.

c) Der Impuls der ausgestoßenen Luft überträgt sich über das Schaufelrad auf die Schiffsschraube. Der Kahn bewegt sich vorwärts.

391. Ist die Ausflußgeschwindigkeit  $v_1$ , so hat das Wasser im unteren Gefäß die Geschwindigkeit  $v_2 = v_1 + gt$  ( $t$  Fallzeit des Strahles). Multipliziert man mit der in der Zeit  $t$  abfließenden Wassermasse  $m$  und dividiert durch die Zeit  $t$ , so wird  $\frac{mv_2}{t} - \frac{mv_1}{t} - mg = 0$ . Hierbei ist  $\frac{mv_2}{t}$  bzw.  $\frac{mv_1}{t}$  die auf das untere bzw. obere Gefäß wirkende Kraft (zeitliche Änderung des Impulses) und  $mg$  das Gewicht des unterwegs befindlichen Wassers. Die Waage bleibt im Gleichgewicht.

392. Auf  $A$  wirkt ruckartig ein Impuls nach unten, so daß der Faden  $F_2$  zerreißen kann.

$$393. W = \frac{pv}{2}; \quad v = \frac{2W}{p}; \quad h = \frac{v^2}{2g} = \frac{4W^2}{2p^2g} = \\ = \frac{4 \cdot 25 \cdot 10^4 \text{ kg}^2\text{m}^4/\text{s}^4}{2 \cdot 10^4 \text{ kg}^2\text{m}^2/\text{s}^2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2} = \underline{5,10 \text{ m};}$$

$$m = \frac{p}{v} = \frac{p^2}{2W} = \underline{10 \text{ kg}}$$

$$394. t = \frac{mv}{F} = \frac{200 \text{ kgm/s}}{(5 \cdot 9,81) \text{ kgm/s}^2} = \underline{4,08 \text{ s}}$$

$$395. W = \frac{pv}{2}; \quad m = \frac{p}{v} = \frac{p^2}{2W} = \underline{180 \text{ kg}}$$

$$Fs = \frac{mv^2}{2}; \quad F = \frac{250 \text{ Nm}}{5 \text{ m}} = 50 \text{ N} = \underline{5,1 \text{ kp}}$$

$$396. m = \frac{mv}{at} = \underline{27,8 \text{ kg}}; \quad F = \frac{mv}{t} = \underline{66,7 \text{ N}} = \underline{6,8 \text{ kp}}$$

$$397. s = \frac{mv^2/2}{F} = \underline{0,51 \text{ m}}; \quad t = \frac{mv}{F} = \underline{0,85 \text{ s}}$$

$$398. v_1 = \sqrt{2gh_1}; \quad m = \frac{p}{v_1} = \frac{20 \text{ kgm/s}}{10,85 \text{ m/s}} = \underline{1,843 \text{ kg}}$$

aus  $mgh = W_{\text{kin}}$  erhält man  $h = \underline{22,12 \text{ m}}$

$$399. \text{Energiesatz: } \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} = W;$$

Impulssatz:  $m_1 v_1 = m_2 v_2$ ; zusammengefaßt:

$$\frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_1^2 v_1^2}{2m_2} = W; \quad \text{hieraus } v_1 = \underline{764 \text{ cm/s}}; \quad v_2 = \underline{306 \text{ cm/s}}$$

$$400. \text{ a) } \frac{m_1 v_1^2}{2} = W; \quad v_1 = \underline{904 \text{ cm/s}} \quad \text{ b) } v_2 = \underline{571 \text{ cm/s}}$$

$$401. v = \frac{m_1 u_1}{m_1 + m_2} = \frac{1,5 \text{ m/s} \cdot 800 \text{ kg}}{(600 + 800) \text{ kg}} = \underline{0,86 \text{ m/s}}$$

$$402. v = \frac{m_1 u_1}{m_1 + m_2} = \frac{2 \text{ m/s} \cdot 4,5 \text{ t}}{(4,5 + 2,5) \text{ t}} = \underline{1,29 \text{ m/s}}$$

$$403. \text{ Aus } \frac{v_1}{v_2} = \frac{m_1 - m_2}{2m_1} \text{ wird } m_1 = \frac{-v_2 m_2}{2v_1 - v_2} = \underline{17,5 \text{ t}};$$

$$u_1 = \frac{v_1 (m_1 + m_2)}{m_1 - m_2} = \underline{1,8 \text{ m/s}}$$

$$404. \text{ Aus } v_2 = u_1 \frac{2m_1}{m_1 + m_2} \text{ wird } m_2 = \frac{m_1 (2u_1 - v_2)}{v_2} = \underline{21 \text{ t}};$$

$$v_1 = u_1 \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} = \underline{-1 \text{ m/s}}$$

405. Die Kiste erhält die Geschwindigkeit  $v = \frac{um_1}{m_1 + m_2} = \sqrt{2gh}$ ; der Schwerpunkt der Kiste hebt sich um  $h = l(1 - \cos \alpha) = 0,0152 \text{ m}$ ;  $u = \frac{m_1 + m_2}{m_1} \sqrt{2gh} = \underline{910,7 \text{ m/s}}$

406. Auftreffgeschwindigkeit  $u = \sqrt{2gh} = 6,26 \text{ m/s}$ ;  
Geschwindigkeit nach dem unelastischen Stoß

$$c = \frac{um_1}{m_1 + m_2} = 3,91 \text{ m/s}; \text{ Energie nach dem Stoß}$$

$$W_{\text{kin}} + W_{\text{pot}} = \text{Reibungsarbeit, d. h. } \frac{(m_1 + m_2)c^2}{2} +$$

$$+ (m_1 + m_2)gs = Fs; F = \frac{3293 \text{ Nm}}{0,06 \text{ m}} = 54883 \text{ N} = \underline{5595 \text{ kp}}$$

407. a) Nach dem Stoß sind beide Massen in Ruhe, die Gesamtenergie  $2 \frac{mv^2}{2} = mv^2$  ist in Zerstörungsarbeit und Wärme umgesetzt worden.

b) Beide Wagen bzw. ihre Trümmer bewegen sich mit der gemeinsamen Geschwindigkeit  $v$  weiter. Zur Zerstörung verbleibt die Energie  $\frac{4mv^2}{2} - \frac{2mv^2}{2} = mv^2$ . Die Wirkung ist in beiden Fällen die gleiche.

408.  $v = \frac{um_1}{m_1 + m_2}$ ; kinetische Energie = Reibungsarbeit;  
 $\frac{(m_1 + m_2)v^2}{2} = (m_1 + m_2)g\mu s$ ; nach Einsetzen von  $v$  wird  
 $u = \frac{m_1 + m_2}{m_1} \sqrt{2g\mu s} = \underline{400 \text{ m/s}}$

409. a) Der Quotient aus der Reibungsarbeit  $(m_1 + m_2)g\mu s$  und der Anfangsenergie des Geschosses  $\frac{m_1 u^2}{2}$  ergibt

$$\frac{m_1}{m_1 + m_2} = 0,016 \hat{=} \underline{1,6 \%}$$

b)  $100 - 1,6 \hat{=} \underline{98,4 \%}$

410. a) Die Geschwindigkeiten nach dem Stoß sind  $v_1 = -v_2$ ,

$$\text{so daß } u_1 \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} = -u_1 \frac{2m_1}{m_1 + m_2}, \text{ wonach } \frac{m_1}{m_2} = \underline{\underline{\frac{1}{3}}}$$



$$\text{b) } v_2 = 3v_1; \quad u_1 \frac{2m_1}{m_1 + m_2} = 3u_1 \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}; \quad \frac{m_1}{m_2} = \underline{\underline{\frac{3}{1}}}$$

$$\text{c) } v_1 = -\frac{u_1}{3}; \quad u_1 \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} = -\frac{u_1}{3}; \quad \frac{m_1}{m_2} = \underline{\underline{\frac{1}{2}}}$$

411. Aus  $v_2 = u \frac{2m_1}{m_1 + m_2}$  ergibt sich wegen  $m_1 \gg m_2$ :  $v_2 = \underline{\underline{2v}}$

$$\text{412. } v_2 = u_1 \frac{2m_1}{m_1 + \frac{m_1}{2}} = \frac{4u_1}{3}; \quad v_3 = v_2 \frac{2m_2}{m_2 + \frac{m_2}{2}} = \frac{16u_1}{9}$$

413. Die stoßende Kugel hat die Geschwindigkeit  $u_1 = \sqrt{2gh}$ ;  
mit  $m_1 = 2m_2$  wird nach dem Stoß  $v_1 = \frac{1}{3} \sqrt{2gh}$  und  
 $v_2 = \frac{4}{3} \sqrt{2gh}$ ; die kinetischen Energien setzen sich in potentielle um. Dabei gilt für die schwere Kugel  $\frac{m_1 v_1^2}{2} = m_1 g h_1$   
und  $h_1 = \frac{1}{9} h$ ; für die leichte Kugel gilt  $\frac{m_2 v_2^2}{2} = m_2 g h_2$   
und  $h_2 = \underline{\underline{\frac{16}{9} h}}$

$$\text{414. } (J_1 + J_2) \omega = J_2 \omega_2; \quad n = \frac{J_2 n_2}{J_1 + J_2} = \frac{m_2 d_2^2 n_2}{m_1 d_1^2 + m_2 d_2^2} = \underline{\underline{45,71 \text{ 1/min}}}$$

415. Nach dem Drehimpulssatz (Flächensatz) ist  $mv_0 r_0 = mvr$ ;  
am Faden wirkt die Fliehkraft  $F = \frac{mv^2}{r}$ ; mit  $v = \frac{v_0 r_0}{r}$  wird  
 $F = \frac{mv_0^2 r_0^2}{r^3} - \frac{mv_0^2 r_0^2}{(r_0 - ut)^3}$

$$\text{416. } M = \frac{J \omega}{t} = \frac{0,04 \text{ kgm}^2 (2\pi \cdot 4000/60)^2 / \text{s}}{15 \text{ s}} = 1,116 \text{ Nm} = \underline{\underline{0,114 \text{ kpm}}}$$

$$\text{417. } J = \frac{mr^2}{2} = 0,9 \text{ kgm}^2; \quad \omega = \frac{Mt}{J} = \underline{\underline{78,5 \text{ 1/s}}}$$

$$\text{418. } J = \frac{Mt}{\omega_1 - \omega_2}; \quad \omega_1 - \omega_2 = 115,19 \text{ 1/s}; \quad J = \underline{\underline{0,032 \text{ kgm}^2}}$$

419. Da die Anziehungskraft der Erde mit dem Quadrat des Abstandes vom Erdmittelpunkt abnimmt, gilt

$$\frac{9,81 \text{ m/s}^2}{g'} = \frac{(6378 + 900)^2}{6378^2}; \quad \text{wonach } g' = \underline{7,53 \text{ m/s}^2}$$

$$420. \frac{\gamma m_0 m}{r^2} = m_0 g'; \quad g' = \frac{\gamma m}{r^2} = \frac{6,67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3/\text{kg s}^2 \cdot 1,99 \cdot 10^{30} \text{ kg}}{6,953^2 \cdot 10^{16} \text{ m}^2} \\ = \underline{275 \text{ m/s}^2}$$

421. Die von einer Masse  $m_0$  auf der Erdoberfläche hervorgerufene Kraft ist  $m_0 g = \frac{\gamma m_0 m_1}{r_1^2}$ . Mit der Sonnenmasse

$$m_2 = x m_1 \text{ ist } \frac{\gamma m_1 x m_1}{r_2^2} = m_1 r_2 \omega^2; \text{ mit der 1. Gleichung} \\ \text{ergibt sich } x = \frac{\omega^2 r_2^3}{g r_1^2}; \quad \omega = \frac{2\pi}{T}; \quad T = 3,1557 \cdot 10^7 \text{ s}; \\ m_2 = \underline{332\,000 \text{ Erdmassen}}$$

$$422. \text{ F\u00fcr die Erde gilt } F_1 = \gamma \frac{m_0 m_1}{r_1^2}, \text{ f\u00fcr den Mond } F_2 = \\ = \gamma \frac{m_0 m_2}{r_2^2}, \text{ so da\u00df } \frac{F_1}{F_2} = \frac{m_1 r_2^2}{m_2 r_1^2};$$

$$\text{mit } F_1 = 1 \text{ kp folgt hieraus } F_2 = \underline{\frac{1}{6} \text{ kp}}$$

$$423. \text{ Es gilt } F = \gamma \frac{m_0 m_1}{r_1^2} = \gamma \frac{m_0 m_2}{r_2^2}, \text{ so da\u00df } \frac{m_1}{m_2} = \frac{r_1^2}{(r - r_1)^2} = 81; \\ r_1 = 0,9r = \underline{346\,000 \text{ km}}$$

424. Fliehkraft  $F_Z =$  Schwerkraft  $G$ ;  $m r \omega^2 = m g'$ , wobei  $g'$  der Wert der Schwerebeschleunigung ist, der in Aufgabe 419 mit  $7,53 \text{ m/s}^2$  berechnet wurde;  $r = (6378 + 900) \text{ km} =$

$$= 7278 \text{ km};$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{\frac{r}{g'}} = 6177 \text{ s oder } \underline{1 \text{ h } 43 \text{ min}}$$

425. Aus  $F = \frac{\gamma m \cdot m}{d^2}$  erh\u00e4lt man mit  $d = 2r$  und  $m = \frac{4}{3} \pi r^3 \rho$

$$r = \sqrt[4]{\frac{9F}{\gamma 4\pi^2 \rho^2}} = 0,715 \text{ m}; \quad d = \underline{1,43 \text{ m}}$$

426.  $\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{(365 \cdot 86400) \text{ s}} = 1,9924 \cdot 10^{-7} \text{ 1/s}$ ; Zentripetal-  
 beschleunigung  $a = r\omega^2 = 0,005935 \text{ m/s}^2$ ;  
 $s = \frac{at^2}{2} = \underline{10,7 \text{ m}}$

427.  $T = (27,322 \cdot 24) \text{ h} \sqrt{\frac{7278^3}{384400^3}} = 1,708 \text{ h} = \underline{1 \text{ h } 42 \text{ min}}$

428. Mit dem Bahnradius  $r'$  gilt  $mr'\omega^2 = mg'$ , wobei  $g' = \frac{gr^2}{r'^2}$ ;  
 daraus  $r' = \sqrt[3]{\frac{gr^2}{\omega^2}} = 7425 \text{ km}$ ;  
 $h = (7425 - 6378) \text{ km} = \underline{1047 \text{ km}}$

429. Bedeutet  $r'$  die Entfernung des Satelliten vom Erdmittelpunkt,  $g'$  seine Schwerkraftbeschleunigung,  $\omega$  die Winkelgeschwindigkeit und  $T$  die Umlaufzeit, so gilt die Beziehung  
 $mr'\omega^2 = mg'$ , wobei  $g' = g \frac{r^2}{r'^2}$ ,  $\omega = \frac{2\pi}{T}$  und  $T = 86400 \text{ s}$ ;  
 dies ergibt  $r' = \sqrt[3]{\frac{gr^2 T^2}{4\pi^2}} = \underline{42260 \text{ km}}$ ; Höhe über der Erde  
 $h = (42260 - 6378) \text{ km} = \underline{35882 \text{ km}}$

430. a)  $y = y_{\max} \sin 2\pi ft$ ;  $2\pi ft = 6,28 \cdot 15 \cdot 0,01 = 0,9425 =$   
 $= 54^\circ$ ;  $y = 12 \text{ cm} \cdot 0,8090 = \underline{9,71 \text{ cm}}$   
 b)  $2\pi ft = 108^\circ$ ;  $y = \underline{11,41 \text{ cm}}$     c)  $y = \underline{3,71 \text{ cm}}$

431. a)  $y/y_{\max} = \sin 2\pi ft = 0,2$ ;  $2\pi ft = 11,5^\circ = 0,20071$ ;  
 $f = \frac{0,20071}{2\pi \cdot 0,001} = \underline{31,9 \text{ Hz}}$     b)  $\underline{83,3 \text{ Hz}}$     c)  $\underline{178 \text{ Hz}}$

432. a)  $y/y_{\max} = \sin 2\pi ft = 0,05 = \sin 2,9^\circ$ ;  $2\pi ft = 2,9^\circ = 0,05061$ ;  
 $t = \underline{160 \mu\text{s}}$     b)  $\underline{805 \mu\text{s}}$     c)  $\underline{2,71 \text{ ms}}$

433. Aus  $f_1 - f_2 = \frac{3}{15} \text{ Hz}$  folgen mit  $\frac{f_1}{f_2} = \frac{20}{19}$  die Werte  
 $f_1 = \underline{4 \text{ Hz}}$  und  $f_2 = \underline{3,8 \text{ Hz}}$  bzw.  $T_1 = \underline{0,25 \text{ s}}$  und  $T_2 = \underline{0,26 \text{ s}}$

434. Die Komponente der Umfangsgeschwindigkeit in senkrechter Richtung ist  
 a)  $v = 2\pi r n \sin \alpha = \frac{2\pi \cdot 18 \text{ cm} \cdot 210 \text{ 1/s}}{60} \sin 15^\circ = \underline{102,4 \text{ cm/s}}$   
 b)  $\underline{197,9 \text{ cm/s}}$     c)  $\underline{279,9 \text{ cm/s}}$     d)  $\underline{342,8 \text{ cm/s}}$     e)  $\underline{395,8 \text{ cm/s}}$

435.  $\frac{1}{4} = \sin 2\pi ft$ ;  $2\pi ft = 14,5^\circ = 0,2531$ ;  $f = \underline{0,806 \text{ Hz}}$

436.  $\sin 2\pi ft = y/y_{\max} = 0,75$ ;  $2\pi ft = 48,6^\circ = 0,8482$ ;  
 $f = \underline{0,68 \text{ Hz}}$ ;  $T = \underline{1,47 \text{ s}}$

437. (Bild 311) Betrachtet man die entsprechenden Kreisbewegungen, so sind die Elongationen das erste Mal gleich, wenn  $\sin \omega_1 t = \sin(\pi - \omega_2 t)$ , wonach  $\omega_1 t = \pi - \omega_2 t$ ; wegen  $\omega_2 = 2\omega_1$  wird  $3\omega_1 t = \pi$  und hiernach  $f_1 = \underline{1,67 \text{ s}}$ ;  
 $f_2 = \underline{3,33 \text{ s}}$

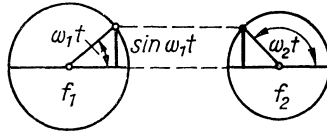


Bild 311

438.  $\frac{\sin \omega(t_1 + \Delta t)}{\sin \omega t_1} = 2$ ;  $\cos \omega \cdot \Delta t + \frac{\sin \omega \cdot \Delta t}{\tan \omega t_1} = 2$ ;  $\Delta t = 1 \text{ s}$ ;

$\omega = 0,4189 \text{ 1/s}$ ;  $0,9135 + \frac{0,4067}{\tan \omega t_1} = 2$ ;

$t_1 = 0,8541 \text{ s}$ ;  $t_2 = 1,8541 \text{ s}$ ;

$y_1 = 10 \sin 20,5^\circ = \underline{3,5 \text{ cm}}$ ;  $y_2 = \underline{7,0 \text{ cm}}$

439.  $\sin \omega t_1 = \frac{3}{8} = 0,375$ ;  $\omega t_1 = 22,0^\circ = 0,3840$ ;

$t_1 = \frac{0,3840}{2\pi f} = 1,13 \text{ ms}$ ;  $t_2 = 3,13 \text{ ms}$ ;  $t_2 - t_1 = \underline{2 \text{ ms}}$

440.  $y_1/y_{\max} = \sin \omega t_1$ ;  $y_2/y_{\max} = \sin \omega(t_1 + \Delta t) =$   
 $= \sin \omega t_1 \cos \omega \Delta t + \cos \omega t_1 \sin \omega \Delta t = y_1/y_{\max} \cdot 0,8090 +$   
 $+ \sqrt{1 - (y_1/y_{\max})^2} \cdot 0,5878$ ; aus  $\frac{y_2 - 0,8090 y_1}{y_{\max}} =$   
 $= 5878 \sqrt{1 - (y_1/y_{\max})^2}$  erhält man  $y_{\max} = \underline{9,0 \text{ cm}}$

441.  $\sin \omega t_1 = 0,5$ ;  $\omega t_1 = 30^\circ = 0,5236$ ;  $\sin \omega(t_1 + \Delta t) =$   
 $= \sin(\pi - \omega t_1)$ ;  $\omega = \frac{\pi - 2\omega t_1}{\Delta t}$ ;  $f = \underline{333,3 \text{ Hz}}$

442. (Bild 311) Wie in Aufg. 437 ist  $\omega_1 t = \pi - \omega_2 t$  und

$t = \frac{\pi}{2\pi(50 + 60) \text{ 1/s}} = \underline{\frac{1}{220} \text{ s}}$

443.  $\omega t_1 = 11,5^\circ = 0,2007$ ;  $\omega(t_1 + \Delta t) = 53,1^\circ = 0,9268$ ;

$\omega(t_1 + \Delta t) - \omega t_1 = 0,7261$ ;  $\omega = \frac{0,7261}{\Delta t} = 726,1 \text{ 1/s}$ ;

$f = \underline{115,6 \text{ Hz}}$ ;  $T = \underline{0,0087 \text{ s}}$

444.  $\omega = 0,3142 \text{ 1/s}$ ;  $\omega t_1 = 0,2007$ ;  $\omega (t_1 + \Delta t) = 0,2705$ ;

$\omega \Delta t = 0,2705 - 0,2007 = 0,0698$ ;  $\Delta t = \underline{0,222 \text{ s}}$

445.  $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{D}}$  ;  $m = \frac{T^2 D}{4\pi^2} = \frac{60^2 \text{ s}^2 \cdot 2,5 \cdot 9,81 \text{ kg}}{25^2 \text{ s}^2 \cdot 4\pi^2} =$   
 $= \underline{3,6 \text{ kg}}$

446.  $\omega = \frac{v}{y_{\max}} = \sqrt{\frac{D}{m}}$  ;  $m = \frac{y_{\max}^2 D}{v^2} = \frac{0,05^2 \text{ m}^2 \cdot 3 \cdot 9,81 \text{ kg/s}^2}{0,8^2 \text{ m}^2/\text{s}^2} =$   
 $= \underline{0,115 \text{ kg}}$

447. Richtgröße  $D = \frac{(0,3 \cdot 9,81) \text{ N}}{0,12 \text{ m}}$  ;

$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{D}} = \underline{0,695 \text{ s}}$ ;  $f = \frac{1}{T} = \underline{1,44 \text{ Hz}}$

448. Dividiert man die Gleichungen  $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{D}}$  und

$2T = 2\pi \sqrt{\frac{m+m_0}{D}}$  miteinander, so findet man

$2 = \sqrt{\frac{m+m_0}{m}}$  und  $m = \underline{20 \text{ g}}$

449.  $D = \frac{4\pi^2 m}{T^2} = \frac{4\pi^2 \cdot 85^2 \cdot 0,03 \text{ kg}}{60^2 \text{ s}^2} = 2,377 \text{ kg/s}^2 = \underline{0,242 \text{ kp/m}}$

450. a)  $T = 2\pi \sqrt{\frac{(m_1 + m_2) s}{m_1 g}} = 2\pi \sqrt{\frac{2600 \text{ kg} \cdot 0,06 \text{ m}}{(1800 \cdot 9,81) \text{ kgm/s}^2}} = \underline{0,19 \text{ s}}$

b)  $T' = 2\pi \sqrt{\frac{m_2 s}{m_1 g}} = \underline{0,33 \text{ s}}$

c)  $4\pi \sqrt{\frac{m_2 s}{m_1 g}} = 2\pi \sqrt{\frac{(m_2 + x) s}{m_1 g}}$  ;  $x = 3m_1 = \underline{2400 \text{ kg}}$

451. Zur Dehnung notwendige maximale Kraft  $F = \frac{2W}{s}$  ;

$D = \frac{F}{s} = \frac{2W}{s^2}$  ;  $T = 2\pi \sqrt{\frac{ms^2}{2W}} =$

$= 2\pi \sqrt{\frac{0,05 \text{ kg} \cdot 0,08^2 \text{ m}^2}{2(20 \cdot 10^{-5} \cdot 9,81) \text{ kgm}^2/\text{s}^2}} = \underline{1,79 \text{ s}}$

452.  $D = \frac{4\pi^2 m}{T^2} = 3,869 \text{ N/m}$ ;  $l = \frac{mg}{D} = \frac{0,2 \cdot 9,81 \text{ N}}{3,869 \text{ Nm}} = \underline{0,507 \text{ m}}$
453. Es liegt die Formel  $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{D}{m}}$  zugrunde; die schwingende Wassermasse ist  $m = Al\rho$ ; die Richtgröße  $D$  ist gleich  $\frac{F}{s}$ , wobei  $F = pA\rho g$ ; diese Kraft ruft die Verschiebung der Wassersäule  $s = \frac{V}{A}$  hervor; also ist  $f = 2\pi \sqrt{\frac{gpA\rho A}{lA\rho V}}$ , woraus die angegebene Formel folgt.
454. Wird der Quader um das Stück  $\Delta h$  tiefer in das Wasser gedrückt, so erfordert das die Kraft (Auftrieb)  $F = A\Delta h\rho g$ ; Richtgröße  $D = \frac{F}{\Delta h} = A\rho g$ ; schwingende Masse  $m = A h\rho_K$ ;  $T = 2\pi \sqrt{\frac{h\rho_K}{g\rho_W}}$
455. Wegen des veränderlichen Querschnitts ist der Auftrieb nicht proportional zur Eintauchtiefe.
456. Richtgröße  $D = \frac{mg}{r}$ ;  $T = 2\pi \sqrt{\frac{r}{g}} = 5066 \text{ s} = \underline{84,4 \text{ min}}$
457.  $m = 2lA\rho$ ; Richtgröße  $D = \frac{hA\rho g}{h/2} = 2A\rho g$ ;  $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$
458. Da sich die Pendellängen wie die Quadrate der Periodendauern verhalten, gilt  $50:x = 12^2:11,5^2$ , wonach  $x = \underline{45,9 \text{ cm}}$
459. Die Pendellänge ist gleich dem Abstand vom Stab, d. i.  $l \sin 30^\circ$ . Wirksame Beschleunigung  $g \cdot \cos 30^\circ$ ;
- $$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g} \tan 30^\circ} = \underline{1,27 \text{ s}}$$
460.  $l = \sqrt{\frac{T^2 g}{4\pi^2}} = \frac{(25/2)^2 \text{ s}^2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2}{4\pi^2} = \underline{38,8 \text{ m}}$
461. a)  $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} = 2\pi \sqrt{\frac{1 \text{ m}}{9,81 \text{ m/s}^2}} = \underline{2,006 \text{ s}}$   
 b) 2,84 s    c) 0,063 s

462. Aus dem Ansatz  $f + \Delta f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{0,9l}}$  erhält man durch Einsetzen von

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{l}} \text{ die Pendellänge}$$

$$l = \frac{g(1 - \sqrt{0,9})^2}{4\pi^2 \cdot 0,9 \Delta f^2} = \underline{7,27 \text{ cm}}; \quad \text{aus}$$

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{l}} \text{ folgt dann } f = \underline{1,85 \text{ Hz}}$$

463.  $\frac{l_2 + 6 \text{ cm}}{l_2} = \frac{54^2}{50^2}; \quad l_2 = \underline{36,1 \text{ cm}}; \quad l_1 = \underline{42,1 \text{ cm}}$

464. Das Pendel schwingt je zur Hälfte einer Periode mit der vollen Länge von 50 cm und mit der verkürzten Länge von 20 cm, so daß  $T = \frac{T_1}{2} + \frac{T_2}{2} = \pi(0,226 + 0,143) \text{ s} = \underline{1,159 \text{ s}}; \quad n = \underline{51,8 \text{ 1/min}}$

465.  $xT = 2\pi \sqrt{\frac{0,75l}{g}}; \quad T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}; \quad x = \sqrt{0,75} = 0,866;$

$$\frac{T - xT}{T} = 0,134 \text{ oder } \underline{13,4 \%}$$

466.  $J = \frac{m}{4} \frac{l_1^2}{3} + \frac{3m}{4} \frac{l_2^2}{3} = m \left( \frac{l_1^2}{12} + \frac{l_2^2}{4} \right)$ , mit  $l_1 = 20 \text{ cm}$

und  $l_2 = 60 \text{ cm}; \quad T = 2\pi \sqrt{\frac{\frac{l_1^2}{3} + l_2^2}{gl}} = \underline{1,37 \text{ s}}$

467.  $J = J_s + md^2 = (0,8 + 0,216) \text{ kgm}^2 = 1,016 \text{ kgm}^2;$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{J}{mgd}} = \underline{1,5 \text{ s}}$$

468.  $J = \frac{m}{2} r^2 + mr^2 = \frac{3mr^2}{2}; \quad T = 2\pi \sqrt{\frac{3r}{2g}};$

$$d = 2r = \frac{gT^2}{3\pi^2} = \underline{8,3 \text{ cm}}$$

469.  $J = \frac{0,2 \text{ kg} \cdot 0,8^2 \text{ m}^2}{3} + 0,5 \text{ kg} \cdot 0,65^2 \text{ m}^2 = 0,2539 \text{ kgm}^2$ ; für den Abstand  $x$  des Gesamtschwerpunktes  $S$  von der Stabmitte  $M$  gilt  $x:e = 500:200$  oder  $(x+e):x = 700:500$ ;  $x = \frac{500 \cdot 0,25 \text{ m}}{700} = 0,1786 \text{ m}$ ; Abstand des Gesamtschwerpunktes vom Aufhängepunkt  $s = (0,4 + 0,1786) \text{ m} = 0,5786 \text{ m}$ ;

Gesamtmasse  $m = 0,7 \text{ kg}$ ;  $T = 2\pi \sqrt{\frac{J}{mgs}} = \underline{1,59 \text{ s}}$

470.  $J = \frac{m l^2}{12} + m \left(\frac{3l}{2}\right)^2 = \frac{7}{3} m l^2$ ; Schwerpunktabstand

$r = \frac{3l}{2}$ ;  $T = 2\pi \sqrt{\frac{J}{m g r}} = 2\pi \sqrt{\frac{14l}{9g}} = \underline{1,94 \text{ s}}$

471.  $2 \cdot 2\pi \sqrt{\frac{2l}{3g}} = 2\pi \sqrt{\frac{2(l+e)}{3g}}$ ; hieraus  $l = \underline{16,7 \text{ cm}}$

472. (Bild 312) Das Trägheitsmoment der beiden Massen ist  $J = (m_1 + m_2) l^2$ ;  $G = (m_1 + m_2) g$ ; für den Abstand des Schwerpunktes vom Drehpunkt gilt

$$m_1 : m_2 = l_2 : l_1;$$

$$(m_1 + m_2) : m_1 = 2l : l_2;$$

$$l_2 = \frac{2 m_1 l}{m_1 + m_2};$$

$$l_2 - l = \frac{l(m_1 - m_2)}{m_1 + m_2};$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l(m_1 + m_2)}{g(m_1 - m_2)}}.$$

473.  $T = 2\pi \sqrt{\frac{0,4 \text{ m} \cdot 7 \text{ kg}}{9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 1 \text{ kg}}} = \underline{3,35 \text{ s}}$

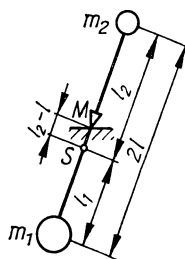


Bild 312

474.  $J = \frac{m d^2}{4} + \frac{m d^2}{4} = \frac{m d^2}{2}$ ;  $G = m g$ ; Abstand des Schwerpunktes vom Drehpunkt  $s = \frac{d}{2}$ ;  $T = 2\pi \sqrt{\frac{d}{g}}$  (mathematisches Pendel von der Länge  $d$ )



475. Aus  $T = 2\pi \sqrt{\frac{J}{mge}}$  wird  $J = mge \left(\frac{T}{2\pi}\right)^2 = 14,0 \text{ kgm}^2$ ;

$J_s = J - me^2 = (14,0 - 12,8) \text{ kgm}^2 = 1,2 \text{ kgm}^2$

476. (Bild 313)  $J = (m_1 + m_2)r^2$ ;  $G = (m_1 + m_2)g$ ; für den Schwerpunktabstand  $s$  gilt  $m_1:m_2 = e:s$ ;

$(m_1 + m_2):m_1 = r:e$ ;

$s = r - e = \frac{m_2 r}{m_1 + m_2}$ ;  $T = 2\pi \sqrt{\frac{r}{g} \frac{(m_1 + m_2)}{m_2}}$

477. Allgemeine Gleichung  $T = 2\pi \sqrt{\frac{\sum J}{s \sum m}}$ ;  $s =$  Abstand des Schwerpunktes vom Aufhängepunkt.

a)  $\sum J = \frac{ml^2}{3} + \left(\frac{ml^2}{12} + ml^2\right) = \frac{17ml^2}{12}$ ;  $s = \frac{3l}{4}$ ;

$T = 2\pi \sqrt{\frac{17l}{18g}}$  b)  $\sum J = \frac{2ml^2}{3}$ ;  $s = \frac{l}{2}$ ;  $T = 2\pi \sqrt{\frac{2l}{3g}}$

c)  $\sum J = ml^2$ ;  $s = \frac{l}{2}$ ;  $T = 2\pi \sqrt{\frac{2l}{3g}}$

d)  $\sum J = \frac{11ml^2}{6}$ ;  $s = \frac{l}{2}$ ;  $T = 2\pi \sqrt{\frac{11l}{12g}}$

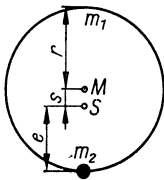


Bild 313

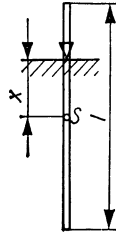


Bild 314

478. (Bild 314) Wird der Abstand Schwerpunkt-Aufhängepunkt mit  $x$  bezeichnet, so ergibt sich aus dem Ansatz

$T = 2\pi \sqrt{\frac{\frac{ml^2}{12} + mx^2}{mgx}}$  mit  $\frac{T^2}{4\pi^2} = c$

die Gleichung  $x = \frac{cg}{2} \pm \sqrt{\frac{c^2 g^2}{4} - \frac{l^2}{12}}$ .

Die Lösung ist nur reell, wenn  $\frac{l^2}{12} \leq \frac{c^2 g^2}{4}$  bzw.

$$l \leq cg \sqrt{3} \text{ bzw. } l \leq \underline{0,43 \text{ m.}}$$

Im Grenzfall  $l = 0,43 \text{ m}$  ist  $x = \underline{0,124 \text{ m.}}$

479. Mit  $J = \frac{ml^2}{3} + \frac{ml^2}{4}$  und dem Schwerpunktsabstand  $r = \frac{l}{2}$

wird aus  $T = 2\pi \sqrt{\frac{J}{2mgr}}$  die Länge  $l = \frac{12gT^2}{7 \cdot 4\pi^2} = \underline{10,65 \text{ m}}$

480. Das Trägheitsmoment der 4 Stäbe in bezug auf den Aufhängepunkt ist

$$J = 2m \left( \frac{l^2}{3} + \frac{l^2}{12} + \frac{5l^2}{4} \right) = \frac{10ml^2}{3};$$

$$\text{aus } T = 2\pi \sqrt{\frac{J}{4mgl/\sqrt{2}}} = 2\pi \sqrt{\frac{5l\sqrt{2}}{6g}}$$

$$\text{ergibt sich } l = \frac{T^2 \cdot 6g}{4\pi^2 \cdot 5\sqrt{2}} = \underline{0,21 \text{ m}}$$

481. Die Trägheitsmomente sind  $J_1 = \frac{1}{12} m (b^2 + h^2) + \frac{mh^2}{4}$   
bzw.  $J_2 = \frac{1}{12} m (h^2 + b^2) + \frac{mb^2}{4}$ ; durch Gleichsetzen

$$\text{von } T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{J_1}{mgh/2}} \text{ und } T_2 = 2\pi \sqrt{\frac{J_2}{mgb/2}} \text{ ergibt}$$

$$\text{sich } 4hb(h-b) = h^3 - b^3 \text{ und hieraus } \frac{h}{b} = \frac{3 + \sqrt{5}}{2} = \underline{2,62 : 1}$$

482. (Bild 315) Dreht sich die Uhr um den kleinen Winkel  $\alpha$ , so bewegen sich die Aufhängepunkte um das Stück  $ra$  zur Seite; für die rücktreibende Kraft gilt  $\frac{F}{mg} \approx \frac{ra}{l}$ ; dies ergibt mit der Winkelrichtgröße  $D^* = \frac{Fr}{\alpha}$  und dem Massenträgheitsmoment  $J = \frac{mr^2}{2}$

die Periodendauer

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{J}{D^*}} = 2\pi \sqrt{\frac{l}{2g}};$$

hieraus  $l = \underline{8,0 \text{ cm}}$

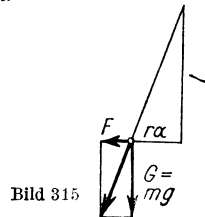


Bild 315

$$483. y_2 = \frac{y_1}{k} = \frac{5 \text{ cm}}{1,5} = \underline{2,22 \text{ cm}}; \quad y_5 = \frac{y_1}{k^4} = \frac{5 \text{ cm}}{5,0625} = \underline{0,988 \text{ cm}};$$

$$y_{10} = \frac{y_1}{k^9} = \underline{0,130 \text{ cm}}$$

$$484. \text{ Dämpfungsverhältnis } k = \sqrt{\frac{y_1}{y_3}} = 1,0299;$$

$$y_7 = \frac{y_1}{k^7} = \frac{10,5}{1,0299^7} = \underline{8,54 \text{ Skalenteile}}$$

$$485. k = \sqrt[19]{\frac{y_1}{y_{20}}}; \quad \lg k = 0,005101; \quad \text{die Amplitude der } x\text{-ten}$$

$$\text{Schwingung ist } y_x = \frac{y_1}{k^{x-1}}, \text{ wonach } (x-1) \lg k = \lg \frac{12}{6}$$

$$\text{wird; } x = \underline{60}$$

$$486. k = \sqrt[49]{2}; \quad \lg k = 0,006143; \quad y_{10} = \frac{y_1}{k^9} = \underline{0,880 y_1}$$

$$487. \text{ Aus } \frac{y_4}{y_5} = k \text{ wird } k = \frac{12}{11} = 1,09; \quad \text{aus } \frac{y_1}{y_4} = k^3 \text{ wird}$$

$$y_1 = 12 \text{ cm} \cdot 1,09^3 = \underline{15,54 \text{ cm}}$$

## 2. Mechanik der Flüssigkeiten und Gase

488. In einer Kapillare herrscht Gleichgewicht, wenn  $2\pi r\sigma = h\pi r^2 \rho g$ , oder  $2rh = 4\sigma/\rho g = \text{konst.}$  Hier bedeutet  $2r$  den Plattenabstand, der proportional zur Entfernung  $e$  von der gemeinsamen Kante ist, so daß  $he = \text{konst.}$  ist. Dies ist die Gleichung einer Hyperbel.

489. Die freie Oberfläche einer Flüssigkeit strebt danach, sich möglichst zu verkleinern. Beim Zusammenlegen verschwindet der Meniskus zwischen den beiden Halmen.

$$490. h_1 = \frac{2\sigma}{r\rho g} = \frac{2 \cdot 0,5 \text{ kg m}^3 \text{ s}^2}{\text{s}^2 \cdot 5 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot 13,6 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m}} = 0,15 \text{ cm};$$

$$h_2 = 1,50 \text{ cm}; \quad h_2 - h_1 = \underline{1,35 \text{ cm}}$$

491. Da 2 Oberflächen gebildet werden, gilt für die Kraft

$$F = 2d\pi\sigma,$$

$$\text{womit } \sigma = \frac{F}{2\pi d} = \frac{1,24 \cdot 10^{-3} \cdot 9,81 \text{ N}}{\pi \cdot 6 \cdot 10^{-2} \text{ m}} = \underline{0,065 \text{ N/m}}$$

$$492. h = \frac{2\sigma}{\rho g r} = \frac{2 \cdot 0,074 \text{ N m}^3 \text{ s}^2}{\text{m} \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m} \cdot 7 \cdot 10^{-5} \text{ m}} = \underline{21,6 \text{ cm}}$$

$$493. mg = \frac{4\pi r_2^3 \rho g}{3} = 2r_1 \pi \sigma; \quad r_2 = \sqrt[3]{\frac{3r_1 \sigma}{2\rho g}} = 0,178 \text{ cm};$$

$$d = \underline{0,36 \text{ cm}}$$

$$494. \sigma = \frac{r \rho g h}{2} = \underline{0,022 \text{ N/m}}$$

$$495. \sigma = \frac{r p}{4} = \underline{0,03 \text{ N/m}}$$

$$496. p = \frac{4\sigma}{r} = \underline{1,9 \text{ N/m}^2}$$

$$497. p_1 A_1 = p_2 A_2; \quad p_2 = \frac{p_1 A_1}{A_2} = \underline{240 \text{ at}}$$

$$498. p = p_0 + h \rho g = (98\,657 + 6278) \text{ N/m}^2 = 104\,935 \text{ N/m}^2 =$$

$$= \underline{1,07 \text{ at}}$$

$$499. 5 \text{ at} = \underline{50 \text{ m}}$$
 Wassersäule

$$500. h = \frac{p}{\rho g} = \frac{(1500 \cdot 9,81) \text{ N/m}^2}{(790 \cdot 9,81) \text{ N/m}^3} = \underline{1,90 \text{ m}}$$

$$501. p = h \rho g = 0,78 \text{ m} \cdot (6900 \cdot 9,81) \text{ N/m}^2 = 52\,800 \text{ N/m}^2 =$$

$$= \underline{0,538 \text{ kp/cm}^2}$$

502. Im Gleichgewichtsfall gilt

$$40 \text{ cm}^3 \cdot 0,72 \text{ g/cm}^3 = 10 \text{ cm}^3 \cdot 0,72 \text{ g/cm}^3 +$$

$$+ [(40 - 10) \text{ cm}^3 - V] \cdot 1 \text{ g/cm}^3; \quad V = 8,4 \text{ cm}^3; \quad h = \underline{8,4 \text{ cm}}$$

503. Im Gleichgewichtsfall gilt die Gleichung

$$0,72 \text{ g/cm}^3 \cdot V + 15 \text{ g} = 8 \text{ cm}^3 \cdot 0,72 \text{ g/cm}^3 + 5 \text{ cm}^3 \cdot 1 \text{ g/cm}^3 +$$

$$+ [V + (15 - 8 - 5) \text{ cm}^3] \cdot 1,489 \text{ g/cm}^3; \quad V = \underline{1,641 \text{ cm}^3}$$

$$504. h = \frac{p}{\rho g} = \frac{(152 \cdot 9,81) \text{ N/m}^2}{(2967 \cdot 9,81) \text{ N/m}^3} = 0,0512 \text{ m} = \underline{5,12 \text{ cm}}$$

$$505. \Delta p = h \Delta \rho g = 0,528 \text{ p/cm}^2 = \underline{5,28 \text{ mmWS}}$$

$$506. \frac{V + 2 \cdot 10^6 \text{ m}^3}{V} = \frac{10}{9}; \quad V = \underline{18 \cdot 10^6 \text{ m}^3}$$

507. Beim Schwimmen gilt  $hA_{\rho_{\text{HG}}} = h_1A_{\rho_{\text{WG}}} = h_2A_{\rho_{\text{BG}}}$ ;

$$\text{hieraus folgt } \rho_{\text{H}} = \frac{h_2 - h_1}{h \left( \frac{1}{\rho_{\text{B}}} - \frac{1}{\rho_{\text{W}}} \right)}$$

$$\rho_{\text{H}} = \underline{0,467 \text{ g/cm}^3}$$

508. Auftrieb = Gewichts­differenz:  $V\rho_1g = (m - m')g$ ;

$$\text{Dichte der Bronze } \rho = \frac{m}{V} = \frac{m\rho_1}{m - m'} = 8,44 \text{ g/cm}^3;$$

$$\text{aus der Gleichung } \rho = \frac{m}{V_2 + V_3} \text{ mit } V_2 \text{ (Kupfer)} = \frac{m_2}{\rho_2}$$

$$\text{und } V_3 \text{ (Zinn)} = \frac{m - m_2}{\rho_3} \text{ folgt die Masse des Kupfers}$$

$$m_2 = \frac{m\rho_2(\rho - \rho_3)}{\rho(\rho_2 - \rho_3)} = 34,6 \text{ g oder } \underline{76,9 \%}; \text{ Masse des Zinns } 10,4 \text{ g oder } \underline{23,1 \%}$$

509. Der Schlauch erfährt keinen Auftrieb, weil weder auf die Basis noch auf die Deckfläche des eintauchenden Volumens ein hydrostatischer Druck einwirkt.

510. Der Quader bleibt liegen, weil auf seine Unterseite kein hydrostatischer Druck wirkt.

511. Mit zunehmendem Abbrand wird der Einfluß des Nagels immer größer, bis das Gewicht der Kerze größer wird als das der verdrängten Wassermenge. Dann müßte die Kerze eigentlich untergehen. Am Grunde der Flamme bildet sich aber eine tiefe Mulde im Kerzenkörper, die die Kerze dennoch schwimmend erhält.

512. Der Kahn verdrängt im Fluß  $6,5 \text{ m}^3$  Wasser. Damit er im Meer ebensoviel verdrängt, muß sein Gewicht auf das 1,03fache, d. i.  $6,695 \text{ Mp}$ , anwachsen. Zuladung  $\underline{0,195 \text{ Mp}}$

$$513. G - F_A = \frac{4\pi r^3 (\rho_{\text{A1}} - \rho_{\text{B}}) g}{3}; \quad r = 1,34 \text{ cm}; \quad d = \underline{2,68 \text{ cm}}$$

$$514. \text{ a) } G = 4\pi r^2 d \rho_{\text{MG}} = 0,331 \text{ N}; \quad F_A = \frac{4\pi r^3 \rho_{\text{BG}}}{3} = 0,462 \text{ N}; \quad F_A - G = 0,131 \text{ N} = \underline{13,3 \text{ p}}$$

$$\text{ b) Volumen der Kugel } V = \frac{4\pi r^3}{3}; \text{ eintauchendes}$$

$$\text{Volumen } V_1 = \frac{G}{\rho_{\text{BG}}} = \frac{4\pi r^2 d \rho_{\text{MG}}}{\rho_{\text{B}}}; \quad \frac{V_1}{V} = \frac{3d\rho_{\text{M}}}{r\rho_{\text{B}}};$$

$$V_1 = \underline{0,72 V}$$

515. Aus  $\varrho_{A1} \left( \frac{4\pi r_1^3}{3} - \frac{4\pi r_2^3}{3} \right) g = \frac{4\pi r_1^3 \varrho_w g}{3 \cdot 2}$  erhält man

$$r_2 = r_1 \sqrt[3]{\frac{2,2}{2,7}} = 2,8 \text{ cm} \quad d = r_1 - r_2 = \underline{2 \text{ mm}}$$

516.  $F_A = \frac{4\pi r_1^3 \varrho_w g}{3} = (5000 \cdot 9,81) \text{ N}$ ;  $r_1 = \sqrt[3]{\frac{3F_A}{4\pi \varrho_w g}} = 1,06 \text{ m}$ ;

$$D = 2,12 \text{ m}; \quad G = \frac{4\pi}{3} (r_1^3 - r_2^3) \varrho_s g;$$

$$r_2 = \sqrt[3]{\left( \frac{F_A \varrho_s}{\varrho_w} - G \right) \frac{3}{4\pi \varrho_s g}} = 0,924 \text{ m};$$

$$d = (1,060 - 0,924) \text{ m} = \underline{0,136 \text{ m}}$$

517. a) Flächeninhalt des Bleches  $30,4 \text{ m}^2$ ; Masse des Pontons  $m = 2,28 \text{ t}$ ; mit der eintauchenden Höhe  $h_1$  ist  $h_1 A \varrho_w g = mg$  und  $h_1 = \underline{0,285 \text{ m}}$ ; es ragen  $0,915 \text{ m}$  heraus.

b)  $mg + h_2 A \varrho_w g = h A \varrho_w g$ ;  $h_2 = \frac{h A \varrho_w - m}{A \varrho_w} = \underline{0,915 \text{ m}}$

518.  $G = [2\pi r (h - 2d) + 2\pi r^2] d \varrho_1 g$ ;  $F_A = \frac{3}{4} \pi r^2 h \varrho_2 g$ ;

durch Gleichsetzen dieser Ausdrücke erhält man

$$d = \underline{0,5 \text{ mm}}$$

519.  $x + G = \frac{x \varrho_w}{\varrho_1} + \frac{5}{6} \cdot \frac{G \varrho_w}{\varrho_2}$ ;  $x = \underline{5,4 \text{ kp}}$

520.  $\frac{\pi d^2}{4} (h - x) \varrho g = mg$ ;  $x = \underline{3,1 \text{ cm}}$

521. Mit  $h' = (30 - 2,1) \text{ cm} = 27,9 \text{ cm}$  wird  $\frac{\pi d^2}{4} h' \varrho g = m' g$ ; Zugabe  $m' - m = \underline{10,5 \text{ g}}$

522.  $G' + (30 \cdot 0,15) \text{ Mp} = (60 \cdot 1,03) \text{ Mp}$ ;  $G' = \underline{57,3 \text{ Mp}}$

523.  $V g (\varrho_2 - \varrho_1) = G'$ ;  $V = \frac{G'}{(\varrho_2 - \varrho_1) g}$ ;

$$G = V \varrho_2 g = \frac{G' \varrho_2}{\varrho_2 - \varrho_1} = \underline{634,6 \text{ kp}}$$

524.  $G + G' = \frac{G \varrho}{\varrho_1} + \frac{G' \varrho}{\varrho_2}$ ;  $G' = \underline{538,5 \text{ kp}}$

525. Gesamtgewicht = Gesamtauftrieb + Holzgewicht

$$G + G'' = \frac{G \varrho}{\varrho_1} + \frac{G'' \varrho}{\varrho_2} + G; \quad G'' = \frac{G \varrho \varrho_2}{\varrho_1 (\varrho_2 - \varrho)} = \underline{1\,538,5 \text{ kp}}$$

526. a)  $\varrho = 0,5 \text{ kg/dm}^3$ ; Kraft bei vollem Eintauchen

$$F = \left( \frac{m \varrho_w}{\varrho} - m \right) g; \quad \text{mittlere Kraft } F_m = \frac{F}{2};$$

$$W_1 = \left( \frac{\varrho_w}{\varrho} - 1 \right) \frac{mg}{2} \cdot \frac{h}{2} = \underline{0,4 \text{ kpm}}$$

b) Hierzu kommt noch die Arbeit

$$W_2 = \left( \frac{\varrho_w}{\varrho} - 1 \right) mg (s - h) = 0,24 \text{ kpm};$$

$$W = W_1 + W_2 = \underline{0,28 \text{ kpm}}$$

527. Wegen  $V \varrho' g = \frac{3 V \varrho_w g}{4}$  ist die Dichte jetzt  $\varrho' = \frac{3 \varrho_w}{4} = 0,75 \text{ kg/dm}^3$ ;

a) Mit den gleichen Beziehungen wie in Aufg. 526 und der Tauchtiefe  $\frac{h}{4}$  ist  $W_1 = \underline{0,0067 \text{ kpm}}$

b)  $W_2 = 0,08 \text{ kpm}$ ;  $W = \underline{0,0867 \text{ kpm}}$

528.  $1,2(mg - V \varrho_w g) = mg - V \varrho_B g$ ;

$$V = \frac{0,2 \text{ m}}{1,2 \varrho_w - \varrho_B} = \underline{40 \text{ cm}^3}$$

529. Wasserfüllung  $(7200 - 750) \text{ kp} = \underline{6450 \text{ kp}}$ ;

$$W = \frac{7200 \text{ kp} \cdot 0,9 \text{ m}}{2} = \underline{3240 \text{ kpm}}$$

530. Der Schwimmer verdrängt  $m = 0,15 \text{ kg}$  Flüssigkeit; durchschnittliche Ausflußmenge je Minute

$$Q = \frac{m}{t} = \frac{0,15 \text{ kg} \cdot 60 \text{ s}}{6,5 \text{ s} \cdot \text{min}} = \underline{1,38 \text{ kg/min}}$$

531.  $0,5 \text{ at} \hat{=} \frac{0,5 \cdot 760}{1,033} \text{ Torr} = 368 \text{ Torr}$ ;

$$p = (720 + 368) \text{ Torr} = \underline{1088 \text{ Torr}}$$

532.  $\Delta p = 60 \text{ Torr} \hat{=} \frac{60 \cdot 1,033}{760} \text{ at} = \underline{0,082 \text{ at}}$

$$533. \Delta p = 16 \text{ mbar} \hat{=} \frac{16 \cdot 760}{1013,25} \text{ Torr} = \underline{12 \text{ Torr}}$$

$$534. \text{ Der Luftdruck betr\u00e4gt } \frac{975 \cdot 1,033}{1013,25} \text{ at} = \underline{0,994 \text{ at}};$$

$$\text{ Kondensatordruck } p = (0,994 - 0,910) \text{ at} = \underline{0,084 \text{ at}}$$

$$535. \text{ F\u00fcr den \u00dcberdruck im Kesselraum gilt}$$

$$\frac{0,22 \cdot 760}{10,33} \text{ Torr} = 16,19 \text{ Torr. Absoluter Luftdruck}$$

$$p = (775 + 16,19) \text{ Torr} = \underline{791,19 \text{ Torr}} \text{ oder } \underline{1,076 \text{ at}}$$

$$536. p = \left( 730 + \frac{760 \cdot 0,055}{10 \cdot 1,033} \right) \text{ Torr} = \underline{734,05 \text{ Torr}}$$

$$537. \text{ Die angegebenen Durchmesser haben keinen Einflu\u00df auf}$$

$$\text{ das Ergebnis. Auf den Luftraum wirkt der Druck}$$

$$(1033 - 30) \text{ cm WS} = \underline{1003 \text{ cm WS}} = \underline{738 \text{ Torr}}$$

$$538. \frac{80 \cdot 10,33}{760} \text{ m WS} = \underline{1,09 \text{ m WS}}$$

539. Sinkt der Wasserspiegel in der Sch\u00fcssel, so flie\u00dft das Wasser aus der Flasche so lange nach, bis ihre untere \u00d6ffnung wieder verschlossen ist und der \u00e4u\u00dfere Luftdruck dem Gegendruck von Luft und Wasser in der Flasche das Gleichgewicht h\u00e4lt.

540. Es gelten die Zahlenwertgleichungen: a) f\u00fcr den Druck der Luft in der R\u00f6hre  $p_x = \frac{760 \cdot 2}{V_x}$ ; b) f\u00fcr das Druckgleichgewicht  $\frac{760 \cdot 2}{V_x} + x = 760$ ; c) f\u00fcr das Luftvolumen in der R\u00f6hre  $V_x = 5 + 760 - x$ ; hieraus erh\u00e4lt man  $x = \underline{723,4 \text{ mm}}$

$$541. \text{ Luftdruck ist } 1 \text{ at, resultierender Druck ist } 0,98 \text{ at};$$

$$F = pA = 0,98 \text{ kp/cm}^2 \cdot 56,75 \text{ cm}^2 = \underline{55,6 \text{ kp}}$$

542. Bei fallendem Luftdruck, weil dann die in den Kohlenfl\u00f6zen eingeschlossenen Gasmassen ihren \u00dcberdruck verst\u00e4rken.

$$543. F = \frac{\pi d^2 p}{4} = \frac{\pi \cdot 57,5 \text{ cm}^2 \cdot 1,033 \text{ kp/cm}^2}{4} = \underline{2682,4 \text{ kp}}$$

$$544. p_2 = p_1 - \frac{F}{A} = \left( 750 - \frac{20 \cdot 760}{50,27 \cdot 1,033} \right) \text{ Torr} = \underline{457 \text{ Torr}}$$



- 545.** Der vom Manometer angezeigte Druck ist 3,442 at; davon ist der Druck der Ölsäule  $(0,08 \cdot 0,85)$  at = 0,068 at abzugiehen, so daß  $p = \underline{3,374}$  at
- 546.** Der Druckunterschied ist gleich demjenigen zweier gleich langer Gassäulen;  $p_2 - p_1 = h(\rho_2 - \rho_1)g = 133,3 \text{ N/m}^2 = 13,59 \text{ kp/m}^2 = \underline{13,59 \text{ mm WS}}$
- 547.** Auf  $1 \text{ m}^2$  ruht die Kraft  $10330 \text{ kp}$ ;  $h = \frac{10330 \text{ kp/m}^2}{1,293 \text{ kp/m}^3} = 7989 \text{ m}$ ; es wurde jedoch die Abnahme des Luftdrucks mit zunehmender Höhe nicht berücksichtigt
- 548.**  $(750 + 200) \text{ Torr} \cdot 20 \text{ cm} = (750 - 200) \text{ Torr} \cdot x$ ;  
 $x = \underline{34,5 \text{ cm}}$
- 549.**  $(x + 200) \text{ Torr} \cdot 18,5 \text{ cm} = (x - 200) \text{ Torr} \cdot 48,5 \text{ cm}$ ;  
 $x = \underline{447 \text{ Torr}}$
- 550.**  $p_1 V_1 = p_2 V_2$ ;  $V_2 = \frac{p_1 V_1}{p_2} = \frac{1,5 \text{ at} \cdot 35000 \text{ m}^3}{60 \text{ at}} = \underline{875 \text{ m}^3}$
- 551.**  $Vp = (V - \Delta V) 3p$ ;  $V = \underline{7,5 \text{ l}}$
- 552.**  $V_x p_0 = V(p_2 - p_1)$ ;  $V_x = \frac{800 \text{ l} \cdot 5 \text{ at}}{1,0194 \text{ at}} = \underline{3924 \text{ l}}$
- 553.** Aus  $(p_x + \Delta p) V_2 = p_x V_1$  wird  $p_x = \frac{\Delta p V_2}{V_1 - V_2} = \underline{3 \text{ at}}$
- 554.** a)  $\rho_2 = \rho_1 \frac{p_2}{p_1}$ ;  $p_2 = \left(760 + \frac{5 \cdot 760}{1,033}\right) \text{ Torr} = \underline{4439 \text{ Torr}}$ ;  
 b)  $p_2 = \frac{\rho_2}{\rho_1} p_1 = \frac{1 \cdot 760}{0,9} \text{ Torr} = \underline{844 \text{ Torr}}$
- 555.**  $p = h\rho g + p_1$ ;  $p_1 = \frac{(1,033 \cdot 750/760) \text{ at} \cdot 50 \text{ cm}^3}{30 \text{ cm}^3} = 1,699 \text{ at}$ ;  
 $p = (0,02 \cdot 13,595) \text{ at} + 1,699 \text{ at} = \underline{1,971 \text{ at}}$
- 556.** Der äußere Luftdruck ist  $p_1 = (1,033 \cdot 710/760) \text{ at} = 0,965 \text{ at}$ ;

$$\text{a) } V_2 = A h_2 = \frac{p_1 A h_1}{p_1 + \Delta p}; \quad h_2 = \underline{13,02 \text{ cm}}$$

$$\text{b) } \underline{7,77 \text{ cm}} \quad \text{c) } \underline{5,54 \text{ cm}}$$

557. Aus  $p = \frac{p_1 + p_2}{2}$  und  $\Delta p = p_1 - p_2$  folgt

$$p_1 = \frac{2p + \Delta p}{2} = \underline{5,25 \text{ at}} \quad \text{und} \quad p_2 = \underline{3,75 \text{ at}}$$

558.  $p_1 V_1 + p_2 V_2 = (V_1 + V_2) p$ ;  $p = \underline{9,4 \text{ at}}$

559.  $p_1 = \left( 772 + \frac{15 \cdot 760}{1,033} \right) \text{ Torr} = 11808 \text{ Torr};$

$$V_2 = \frac{p_1 V_1}{p_2} = \frac{3,5 \text{ m}^3 \cdot 11808 \text{ Torr}}{772 \text{ Torr}} = 53,5 \text{ m}^3; \quad \text{hiervon}$$

bleiben  $3,5 \text{ m}^3$  im Behälter, so daß  $\underline{50 \text{ m}^3}$  entweichen.

560.  $p_2 = \frac{p_1 V_1}{V_2} = \frac{2 \text{ m}^3 \cdot 725 \text{ Torr}}{0,04 \text{ m}^3} = \underline{36250 \text{ Torr};}$

$(36250 - 725) \text{ Torr} = 35525 \text{ Torr} = \underline{48,3 \text{ at}}$  Überdruck

561. Mittlerer Druck  $p_m = 3,5 \text{ at}$ ; der Inhalt des Gefäßes mit dem höheren Druck expandiert nach der Gleichung

$$p_1 V = p_m (V + V'); \quad V' = \frac{V (p_1 - p_m)}{p_m} = \underline{0,43 V}$$

562. Das entwichene Gas besaß in der Flasche das Volumen

$$V' = \frac{p_2 V_2}{p_1} = 15,7 \text{ l}; \quad \text{bezüglich des Restes gilt mit } p_1 = 51 \text{ at}$$

$$p_1 (V_1 - V') = p V_1; \quad p = 31 \text{ at, d. i. } \underline{30 \text{ at}}$$

Überdruck

563. Aus den Gleichungen  $(p_x + \Delta p_1) (V_x - \Delta V_1) = p_x V_x$  und  $(p_x + \Delta p_2) (V_x - \Delta V_2) = p_x V_x$  erhält man mit  $\Delta p_1 = 2 \text{ at}$ ,  $\Delta p_2 = 4,5 \text{ at}$ ,  $\Delta V_1 = 60 \text{ l}$  und  $V_2 = 90 \text{ l}$ ;  $V_x = \underline{150 \text{ l}}$  und  $p_x = \underline{3 \text{ at}}$

564. Mit dem Niveaustieg im offenen Schenkel  $(18 - x)$  und dem Niveauunterschied  $30 - 2(18 - x)$  wird die Zahlenwertgleichung  $73 \cdot 18 = (73 + 30 - 36 + 2x) x$ , woraus sich  $x = \underline{13,9 \text{ cm}}$  ergibt.

565. Ist der Luftdruck gleich  $p_0$ , so herrscht am Boden der Flasche der Druck  $p_1 = p_0 + h\varrho g$ ;  $V_2 = \left(\frac{h\varrho g + p_0}{p_0}\right) V_1 = \underline{1,68 V_1}$

566. Bezeichnet  $p$  den äußeren Luftdruck,  $V$  das Volumen der Luftblase,  $p_1$  den Druck und  $V_1 = l_1 A$  das Volumen der aufgestiegenen Luft nach der Ausdehnung sowie  $p_2$  den Druck der dadurch gesunkenen Quecksilbersäule, so gilt  $p = p_1 + p_2$  und  $p_1 = \frac{p V}{V_1}$  und somit  $p = \frac{p V}{l_1 A} + p_2$ .

Setzt man  $p = \varrho g l$  und  $p_2 = \varrho g l_2$ , so wird nach Kürzen

$$l = \frac{l V}{l_1 A} + l_2 = \frac{l V}{l_1 A} + l + l_0 - l_1.$$

$$\text{Hieraus erhält man } l_1 = \frac{l_0}{2} + \sqrt{\frac{l V}{A} + \frac{l_0^2}{4}} = \underline{4,18 \text{ cm}}$$

567.  $h_1 p_1 = h_2 p_2$ ;  $p_2 = \left(1,3 + \frac{3000}{31416}\right) \text{ kp/cm}^2 = 1,3955 \text{ kp/cm}^2$ ;  $h_2 = 1,40 \text{ m}$ ;  $h_1 - h_2 = \underline{10 \text{ cm}}$

568. Mit  $V = hA$  und dem Enddruck  $p_1$  ist  $p_0 h A = p_1 (h - \Delta h) A$ ;

$$\text{Kolbendruck } \frac{G}{A} = p_1 - p_0 = \frac{p_0 h A}{(h - \Delta h) A} - p_0;$$

$$G = \frac{p_0 \Delta h A}{h - \Delta h} = \underline{5,0 \text{ kp}}$$

569. Der Auftrieb beruht auf dem mit zunehmender Höhe abnehmenden Luftdruck.

$$570. \text{ a) Steigkraft } F = F_A - G = V\varrho g - \left(mg + \frac{V'\varrho g}{5,25}\right) = 237,2 \text{ N} = \underline{24,18 \text{ kp}}$$

b) Bei Ausdehnung des Gasinhalts in größerer Höhe ist der

Gasdruck  $p_1 = \frac{V' p_0}{V} = 733 \text{ Torr}$ ; rechnet man mit 1 Torr Druckabnahme je 10,5 m Anstieg, so ergibt sich die Höhe  $h = 10,5 \text{ m/Torr} \cdot (760 - 733) \text{ Torr} = \underline{284 \text{ m}}$

571. Aristoteles übersah den Auftrieb.

Die mit Luft gefüllte Blase wird, in der Luft gewogen, durch den Auftrieb um ebensoviel leichter, wie ihr Volumen Luft verdrängt.

572. Die linke Seite würde sich senken, weil wegen des größeren Volumens des Holzes auch der Auftrieb größer ist als rechts.

573. Die Waage ist im Gleichgewicht, wenn die scheinbaren Gewichte beiderseits gleich sind. Diese sind die wahren Gewichte, vermindert um deren Auftrieb

$$m'g - \frac{m' \rho_L g}{\rho_M} = mg - \frac{m \rho_L g}{\rho_W}; \quad m' = m \frac{(\rho_W - \rho_L) \rho_M}{\rho_W (\rho_M - \rho_L)} = \underline{99,885 \text{ p}}$$

574. Da der menschliche Körper im Wasser eben noch schwimmt, kann man auf eine Wichte von etwa  $1 \text{ kp/dm}^3$  und demnach auf ein Volumen von  $70 \text{ dm}^3$  schließen. Da  $1 \text{ dm}^3$  Luft etwa  $1,29 \text{ p}$  wiegt, ist der Auftrieb  $70 \text{ dm}^3 \cdot 1,29 \text{ p/dm}^3 = 90,3 \text{ p}$ . Um ebensoviel ist das wahre Gewicht größer.

$$575. \rho = \frac{m_2 \rho_L}{m_2 - m_1} = \underline{8,331 \text{ g/cm}^3}$$

$$576. V = \frac{m}{\rho_L - \rho_G} = \underline{11,3641}$$

$$577. A = \frac{V}{vt} = \frac{70,8 \text{ m}^3}{16,9 \text{ m/s} \cdot 60 \text{ s}} = 0,06975 \text{ m}^2; \quad d = \underline{29,8 \text{ cm}}$$

$$578. v = \frac{V}{At} = \frac{4 \cdot 450 \text{ m}^3}{0,25^2 \pi \text{ m}^2 \cdot 3600 \text{ s}} = \underline{2,55 \text{ m/s}}$$

$$579. V = vAt = 15 \text{ m/s} \cdot 572,5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \cdot 3600 \text{ s} = 30,9 \text{ m}^3;$$

$$m = \underline{1091 \text{ kg}}$$

$$580. v = \frac{V}{At} = \underline{25,9 \text{ m/s}}$$

$$581. \text{ Aus } \frac{v_1}{v_2} = \frac{A_2}{A_1} \text{ mit } v_2 = 2v_1 \text{ folgt } d_2 = \frac{8 \text{ cm}}{\sqrt{2}} = \underline{5,66 \text{ cm}}$$

582. Nach dem Fallgesetz wird seine Geschwindigkeit immer größer, während sie oben konstant bleibt. Der durchströmte Querschnitt muß daher immer kleiner werden.

$$583. \text{ a) } V = tA\mu \sqrt{2gh} = 1 \text{ s} \cdot 2,5 \text{ cm}^2 \cdot 0,62 \sqrt{2 \cdot 981 \text{ cm/s}^2 \cdot 350 \text{ cm}} \\ = 1284 \text{ cm}^3 = \underline{1,284 \text{ l}} \quad \text{ b) } \underline{0,908 \text{ l}} \quad \text{ c) } \underline{0,642 \text{ l}}$$

584. Aus  $p = \frac{\rho}{2} v^2$  wird  $v = \mu \sqrt{\frac{2p}{\rho}} = \underline{34,0 \text{ m/s}}$

585.  $V = Av\mu t$ ;  $t = \frac{V}{A\mu\sqrt{2gh}} = 466 \text{ s} = \underline{7 \text{ min } 46 \text{ s}}$

586. Wegen  $\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{2}{3}$  und  $\frac{\Delta p_1}{\Delta p_2} = \frac{1}{2}$  wird  $\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{4}{3}}$  und  
damit  $V = \underline{3,5 \text{ m}^3}$

587.  $v = \frac{V}{tA} = \frac{25 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3}{15 \text{ s} \cdot 3,14 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2} = 5,31 \text{ m/s}$ ;

$h = \frac{v^2}{\mu^2 2g} = \underline{1,53 \text{ m}}$

588. Fallzeit des Strahls  $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$ ; Ausströmgeschwindigkeit

$v = \frac{s}{t}$ ; Dampfdruck  $p = \frac{\rho v^2}{2} = \frac{\rho s^2 g}{4h} = 491\,740 \text{ N/m}^2 =$   
 $= \underline{5 \text{ at Überdruck}}$

589. a)  $v = \sqrt{\frac{2p}{\rho}} = \underline{5,42 \text{ m/s}}$  b)  $\underline{152,6 \text{ m/s}}$

590.  $c_w = \frac{2F}{A\rho v^2} = \frac{2(107 \cdot 9,81) \text{ N/m}^2}{1,25 \text{ kg/m}^3 \cdot 2500 \text{ m}^2/\text{s}^2} = \underline{0,67}$

591. Luftwiderstand = Gewicht; hieraus wird

$v = \sqrt{\frac{2mg}{c_w A \rho}} = \underline{3,38 \text{ m/s}}$

592. Aus  $\frac{c_w r^2 \pi \rho_L v^2}{2} = mg = \frac{4r^3 \pi \rho_W g}{3}$  wird  $r = \frac{3c_w \rho_L v^2}{8\rho_W g} =$   
 $= 76 \cdot 10^{-5} \text{ m}$ ;  $d = \underline{1,5 \text{ mm}}$

593.  $F = \frac{c_w A \rho_L v^2}{2} = 18227 \text{ N} = 1858 \text{ kp}$ ;  
 $P = Fv = \underline{546,8 \text{ kW}} = \underline{743 \text{ PS}}$

594. (Bild 316) Kippmoment = Moment der Windlast;

$G \cdot 0,75 \text{ m} = F \cdot 1,1 \text{ m}$ ;  $F = 0,682 \text{ mg}$ ;

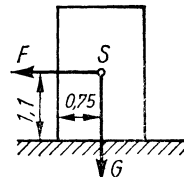


Bild 316

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,682mg}{c_w A \rho_L}} = \underline{31,27 \text{ m/s}}$$

595. Bei stillstehendem Schiff ist  $v = 14 \text{ m/s}$  und

$$F = \frac{c_w A \rho_L v^2}{2} = \underline{3468,8 \text{ N}} = \underline{353,6 \text{ kp}}$$

596. Relativgeschwindigkeit  $v_r = (14 - 3,5) \text{ m/s} = 10,5 \text{ m/s}$ ;

$$P = F v_r = \frac{c_w A \rho_L v_r^3}{2} = \underline{20490 \text{ W}} = \underline{27,9 \text{ PS}}$$

597. Antrieb = Bewegungsgröße;  $mg t = \rho_L V v$ ; mit der Ausströmgeschwindigkeit  $v = \frac{V}{At}$  ergibt sich

$$G = mg = \frac{\rho_L V^2}{A t^2} = \underline{3,74 \cdot 10^{-2} \text{ N}} = \underline{3,8 \text{ p}}$$

598. Die Leistungsformel  $P = \frac{c_w A \rho v^3}{2}$  nimmt mit der Widerstandsbeizahl  $c_w = 1$ , der mittleren Luftdichte  $\rho = \frac{1,25 \text{ kg}}{\text{m}^3}$ ,

dem Faktor 9,81 für die Umrechnung von N in kp und dem Faktor 75 für die Umrechnung von kpm/s in PS die Gestalt

$$P = \frac{1 \cdot A \cdot 1,25 v^3}{9,81 \cdot 2 \cdot 75} \text{ an. Das ergibt für } A v^3 \text{ einen Faktor von}$$

$$\text{rund } \frac{1}{1200}.$$

$$599. p_1 - p_2 = \frac{\rho v^2}{2}; \quad v = \sqrt{\frac{2(10330 \cdot 9,81 \cdot 750/760) \text{ N/m}^2}{1000 \text{ kg/m}^3}} =$$

$$= \underline{14,14 \text{ m/s}}$$

$$600. \frac{\rho v^2}{2} = \frac{p_0}{2}; \quad v = \sqrt{\frac{p_0}{\rho}} = \sqrt{\frac{100 \cdot 9,81 \text{ N/m}^2}{1000 \text{ kg/m}^3}} = \underline{0,99 \text{ m/s}}$$

$$601. \text{ a) } p = 0,0052 (3,6v)^2 = \underline{0,067v^2}$$

$$\text{ b) Aus } p = \frac{c_w \rho v^2}{2} = 0,067v^2 \text{ wird } c_w = \underline{1,05}$$

602. Zahlenwertgleichung  $F = 0,0052 \cdot 122^2 \cdot 6,25 = \underline{483,73 \text{ kp}}$ ;

$$P = F v = 483,73 \text{ kp} \cdot 122/3,6 \text{ m/s} = 16393 \text{ kpm/s} =$$

$$= \underline{218,6 \text{ PS}}$$

$$\begin{aligned} 603. P &= \frac{Fv}{\eta} = \frac{\Delta p Av}{\eta} = \frac{\Delta p V}{\eta t}; \quad \Delta p = 0,02 \text{ at} = \\ &= 200 \text{ kp/m}^2 = 1962 \text{ N/m}^2; \quad P = \underline{4,53 \text{ kW}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 604. \text{ (S. auch Aufgabe 603)} \quad \Delta p &= \frac{P\eta t}{V} = 7000 \text{ N/m}^2 = \\ &= 714 \text{ kp/m}^2 = 0,0714 \text{ at}; \quad v = \frac{V}{At} = \underline{6,67 \text{ m/s}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 605. v_2 &= \frac{v_1 d_1^2}{d_2^2}; \quad \Delta p = \frac{\rho}{2} (v_2^2 - v_1^2) = \frac{\rho v_1^2}{2} \left( \frac{d_1^4}{d_2^4} - 1 \right) \\ &= 73125 \text{ N/m}^2 = \underline{0,745 \text{ at}} \end{aligned}$$

$$606. A_1 v_1 = A_2 v_2; \quad \text{aus } P = \frac{\rho A_1 v_1}{2} (v_1^2 - v_2^2) \text{ wird}$$

$$P = \frac{\rho A_1 v_1^3}{2} \left[ 1 - \left( \frac{A_1}{A_2} \right)^2 \right], \text{ und mit } P = 250000 \text{ Nm/s}$$

$$\text{wird } v_1 = \sqrt[3]{\frac{2 \cdot 250000 \text{ Nm/s}}{0,03 \text{ m}^2 \cdot 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,8163}} = 27,33 \text{ m/s};$$

$$\begin{aligned} v_2 &= 11,72 \text{ m/s}; \quad \Delta p = \frac{\rho}{2} (v_1^2 - v_2^2) = 304800 \text{ N/m}^2 = \\ &= 31097 \text{ kp/m}^2; \quad h = \underline{31,1 \text{ m}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 607. \text{ In der Zeit } t \text{ fließt die Masse } m = \rho A v t \text{ ab. Rückstoßkraft} = \\ \text{zeitliche Impulsänderung, d. h. } F = \frac{mv}{t} = \rho A v^2; \text{ mit} \\ v = \sqrt{2gh} \text{ wird } F = 2gh\rho A = 1,57 \text{ N} = \underline{0,16 \text{ kp}} \end{aligned}$$

$$608. c = 2sf = 2 \cdot 1,80 \text{ m} \cdot 3 \text{ 1/s} = \underline{10,8 \text{ m/s}}$$

$$609. x = n_1 \lambda_1 = n_2 \lambda_2; \text{ für das ganzzahlige Verhältnis } n_1 : n_2 \text{ gilt}$$

$$\frac{n_1 c}{f_1} = \frac{n_2 c}{f_2} \text{ bzw. } n_1 : n_2 = f_1 : f_2 = 5 : 4;$$

$$x = \frac{5 \cdot 340 \text{ m s}}{300 \text{ s}} = \frac{4 \cdot 340 \text{ m s}}{240 \text{ s}} = \underline{5,67 \text{ m}}; \quad t = \frac{x}{c} = \underline{0,017 \text{ s}}$$

$$610. c = \frac{n\lambda}{t} = \frac{nc}{ft}; \quad f = \frac{n}{t} = \underline{0,625 \text{ 1/s}}$$

$$611. c = \frac{n\lambda}{t}; \quad n = \frac{ct}{\lambda} = \underline{100}$$

612. Die Laufstrecke ist  $x = n\lambda_1 = (n + \Delta n)\lambda_2$ ;

$$n \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = n + \Delta n; \quad n = \frac{\Delta n}{\lambda_1/\lambda_2 - 1} = 21;$$

$$\lambda_1 = \frac{x}{n} = \underline{0,24 \text{ m}}; \quad \lambda_2 = \frac{x}{n + \Delta n} = \underline{0,21 \text{ m}}$$

613. Aus  $f_1 - f_2 = f_s$  und  $\frac{f_1 + f_2}{2} = f_m$  folgen  $f_1 = 8 \frac{1}{s}$  und

$$f_2 = 6 \frac{1}{s}; \quad \lambda_1 = \frac{c_1}{f_1} = \frac{s_1}{t_1 f_1} = \underline{3 \text{ cm}}; \quad \lambda_2 = \underline{4 \text{ cm}}$$

614.  $t_{AB} = \frac{\Delta x}{c} = 0,02 \text{ s}; \quad 0,3333 = \sin 19,5^\circ = \sin 0,3403 =$

$$= \sin \omega \frac{t}{2}; \quad 2\pi f \frac{t}{2} = 0,3403; \quad \lambda = \frac{\pi c t}{0,3403} = \underline{62,8 \text{ m}}$$

615.  $0,25 = \sin \omega \left( t - \frac{x}{c} \right); \quad \omega = \left( t - \frac{x}{c} \right) = 0,2531;$

$$\lambda = \frac{2\pi (ct - x)}{0,2531} = \underline{4965 \text{ m}}$$

616.  $5 \text{ cm} = 10 \text{ cm} \cdot \sin 2\pi f \left( t - \frac{x}{c} \right); \quad 2\pi f \left( t - \frac{x}{c} \right) = \frac{\pi}{6};$

$$x = c \left( t - \frac{1}{12f} \right) = \underline{299,5 \text{ cm}}$$

617. (Bild 317) a)  $5 \text{ cm} = 10 \text{ cm} \cdot \sin \omega \left( t - \frac{x}{c} \right);$

$$5 \text{ cm} = 10 \text{ cm} \cdot \sin \omega \left( t + \Delta t - \frac{x}{c} \right) = 10 \text{ cm} \cdot \sin \left[ \pi - \omega \left( t - \frac{x}{c} \right) \right]; \quad \text{mit } \omega \left( t - \frac{x}{c} \right) = \frac{\pi}{6}$$

$$\text{folgt } \Delta t = \frac{2\pi}{3\omega} = \frac{1}{150} \text{ s}$$

$$\text{b) } \Delta x = c \Delta t = \lambda f \Delta t = \underline{0,2 \text{ m}}$$

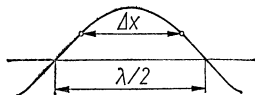


Bild 317

618.  $0,75 = \sin 2\pi f \left( t - \frac{x}{c} \right); \quad 0,75 = \sin 0,8494;$

$$2\pi f \left( t - \frac{x}{c} \right) = 0,8494; \quad t = \frac{0,8494}{2\pi f} + \frac{x}{c} = \underline{0,314 \text{ s}}$$



619. Für den Punkt der Begegnung gilt  $\frac{x_1}{x_2} = \frac{c_1}{c_2}$  und

$$x_1 = 51,43 \text{ cm}; \quad \text{im Fall der Auslöschung ist } y_1 = -y_2;$$

$$\sin \omega_1 \left( t - \frac{x_1}{c_1} \right) = \sin \left[ \omega_2 \left( t - \frac{x_2}{c_2} \right) - \pi \right]; \quad t = \underline{3,3 \text{ s}}$$

620. a)  $f = f_0 \left( 1 + \frac{c}{c} \right) = \underline{2f_0}$ ;    b)  $f = \frac{f_0}{1 - \frac{c}{c}} = \underline{\infty}$

621.  $v = 7,54 \text{ m/s}; \quad f_1 = \frac{f_0}{1 + \frac{v}{c}} = \frac{440 \text{ }^1/\text{s}}{1 + \frac{7,54}{340}} = \underline{430,4 \text{ Hz}}$ ;

$$f_2 = \underline{450 \text{ Hz}}$$

622. Bei davoneilender Strahlungsquelle ist  $\lambda' = \frac{c+v}{f} =$   
 $= \frac{(c+v)\lambda}{c}$  und  $\lambda' - \lambda = \Delta\lambda = \frac{v\lambda}{c}$ ;  $\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{15,4}{500} =$   
 $= \underline{0,0513}$ ;

$$\Delta\lambda = 0,0513 \cdot 587,56 \text{ nm} = 30,14 \text{ nm}; \quad \lambda' = \underline{617,70 \text{ nm}}$$

623.  $\frac{f_1}{f_2} = \frac{c+v}{c-v} = \frac{4}{3}$ ;    mit  $c = 340 \text{ m/s}$  wird  $v = \underline{174,85 \text{ km/h}}$

624. Mit  $f = \frac{f_0}{1 + v/c}$  und  $f = \frac{c}{\lambda}$  wird  $v = c \left( \frac{\lambda}{\lambda_0} - 1 \right) =$   
 $= \underline{1221 \text{ km/s}}$

625. Die von der Rakete „empfangene“ Frequenz

$f' = f_0(1 - v/c)$  wird von dieser zurückgesandt und kehrt mit dem Wert  $f = \frac{f'}{1 + v/c}$  zur Erde zurück, so daß

$$f = f_0 \frac{c-v}{c+v}; \quad f_s = f_0 - f = \frac{2f_0v}{c+v}; \quad v = \underline{562,5 \text{ m/s}}$$

626.  $L_1 = 10 \lg \frac{10^{-7}}{10^{-10}} = \underline{30 \text{ phon}}$ ;  $L_2 = \underline{90 \text{ phon}}$

627. a) Man hat die Gleichung  $80 = 10 \lg \frac{J_1}{J_0}$  ( $J_1$  Schallstärke eines Motors) und  $x = 10 \lg \frac{3J_1}{J_0}$ ; subtrahiert man die

zweite von der ersten, so ergibt sich

$$80 - x = 10 \lg \frac{J_1 J_0}{3 J_1 J_0} = 10 \lg \frac{1}{3} = -10 \lg 3 = 4,77;$$

$$x = 80 + 4,8 \approx \underline{85 \text{ phon}}$$

b) Entsprechend ergibt sich  $80 - x = 10 \lg \frac{1}{50}$ ;

$$x = \underline{97 \text{ phon}}$$

c) Als zweite Gleichung setzt man  $130 = 10 \lg \frac{x J_1}{J_0}$ ;

subtrahiert man sie von der ersten, so wird  $80 - 130 =$

$$= 10 \lg \frac{J_1 J_0}{x J_1 J_0} = 10 \lg \frac{1}{x} = -10 \lg x; \quad \lg x = \frac{-50}{-10} = 5;$$

$$x = \underline{100000 \text{ Motoren}}$$

682.  $95 - x = 10 \lg \frac{10J}{J}$ ;  $x = \underline{85 \text{ phon}}$

629. a) Die Schallstärke nimmt mit dem Quadrat der Entfernung ab, so daß  $J_2 = J_1 \frac{100}{10000} = \frac{J_1}{100}$

b) Es gelten die Gleichungen  $L_1 = 10 \lg \frac{J_1}{J_0}$  und

$$L_2 = 10 \lg \frac{J_1}{100 J_0}; \text{ die Abnahme der Lautstärke ist}$$

$$L_1 - L_2 = 10 \lg 100 = \underline{20 \text{ phon}}$$

630.  $\frac{J_1}{J_2} = \frac{r_1^2}{r_2^2}$ ;  $J_2 = \frac{9J_1}{64}$ ;  $L_1 - L_0 = 10 \lg \frac{64}{9} = \underline{9 \text{ phon}}$

631. Aus den Gleichungen  $(45 + 15) = 10 \lg \frac{J_1 x}{J_0}$  und

$$45 = 10 \lg \frac{J_1}{J_0} \text{ erhält man } \lg x = 1,5 \text{ und}$$

$$x = \underline{32 \text{ Maschinen}}$$

### 3. Wärmelehre

632.  $\alpha \Delta t = 0,0004$ ;  $\alpha = \underline{6,15 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}}$

633.  $l = l_0(1 - \alpha \Delta t) = 50 \text{ cm } (1 - 18 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K} \cdot 45 \text{ K}) =$   
 $= \underline{49,96 \text{ cm}}$ ;  $d = d_0(1 - \alpha \Delta t) = \underline{19,98 \text{ mm}}$

634.  $\Delta l = l(\alpha_2 - \alpha_1) \Delta t = 3 \text{ mm} \cdot 11 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K} \cdot 255 \text{ K} =$   
 $= \underline{0,0084 \text{ mm}}$

635.  $(1000 - 0,0015 + 0,155178 + 0,0005832) \text{ mm} =$   
 $= \underline{1000,15426 \text{ mm}}$

636. (Bild 318) Bei  $-25^\circ\text{C}$  ist  
 $l_1/2 = 30 \text{ m}$ ; bei  $20^\circ\text{C}$  ist  $l_2/2 =$   
 $= l_1/2(1 + \alpha \Delta t) =$   
 $= 30 \text{ m} (1 + 23 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K} \cdot 45 \text{ K}) =$   
 $= 30,031 \text{ m}$ ;  $x = \underline{1,37 \text{ m}}$

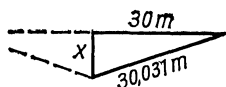


Bild 318

637.  $(l + x) \alpha_1 \Delta t = x \alpha_2 \Delta t$ ;  $x = \frac{l \alpha_1}{\alpha_2 - \alpha_1}$ ;  $x = \underline{30 \text{ cm}}$

638. Die Rolle legt die Strecke  $\frac{\pi d \varphi}{360^\circ} = 0,1745 \text{ mm}$  zurück,  
 also beträgt die Ausdehnung des Rohres  $0,3490 \text{ mm}$ ; aus  
 $0,3490 \text{ mm} = 500 \text{ mm} \cdot \alpha \cdot 82 \text{ K}$  ergibt sich  
 $\alpha = \underline{8,5 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}}$

639.  $\Delta l = l(\alpha_2 - \alpha_1) \Delta t = 0,26 \text{ mm}$ ;  $\tan \delta = 0,26$ ;  $\delta = \underline{14,6^\circ}$

640.  $l = \frac{0,010 \text{ m}}{(11 + 5 - 2) 10^{-6} \text{ 1/K} \cdot 1000 \text{ K}} = \underline{0,714 \text{ m}}$

641. Aus  $\Delta l = \Delta l_1 - \Delta l_2 = l_1 \alpha \Delta t - (l - l_1) \alpha \Delta t$  erhält man

$$l_1 = \frac{\Delta l + l \alpha \Delta t}{2 \alpha \Delta t} = \underline{4,62 \text{ m}} \text{ und } l_2 = \underline{3,38 \text{ m}}$$

642. Die Einzellängen der neutralen Faser nach der Erwärmung sind  $l_1 = l(1 + \alpha_1 \cdot \Delta t) = 10,018 \text{ cm}$  bzw.  $l_2 = 10,007 \text{ cm}$ ; hinsichtlich der Bogenlängen gilt dann  $\frac{l_1}{l_2} = \frac{(r + a/2) \varphi}{(r - a/2) \varphi}$ , woraus sich mit  $a = 1 \text{ mm}$   $r = 91 \text{ cm}$  ergibt.

Für den zugehörigen Winkel folgt

$$\varphi = \frac{l_1}{r + a/2} = \frac{10,018}{91,05} = 0,11 \text{ oder } 6,3^\circ;$$

Abstand

$$e = (r + a) (1 - \cos \varphi/2) = \underline{0,15 \text{ cm}}$$

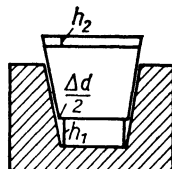


Bild 319

643. (Bild 319) Die relative Vergrößerung des unteren Durchmessers

ist  $\Delta d = 3 \text{ cm} \cdot 9 \cdot 10^{-6} \text{ }^1/\text{K} \cdot 160 \text{ K} = \underline{0,0432 \text{ mm}}$ ; dadurch hebt sich das untere Ende des Konus um

$h_1 = \frac{\Delta d/2}{\tan 2^\circ} = 0,62 \text{ mm}$ ; die Eigenhöhe des Konus verändert sich gegenüber der des Kupfers um

$h_2 = 40 \text{ mm} \cdot 9 \cdot 10^{-6} \text{ }^1/\text{K} \cdot 160 \text{ K} = 0,06 \text{ mm}$ ;  
herausragendes Stück  $h = h_1 + h_2 = \underline{0,68 \text{ mm}}$

**644.** Da die Ausdehnung der Temperaturdifferenz proportional ist, gilt

$$0,3 : 1 = \Delta t_1 : \Delta t_2; \quad \Delta t_2 = \frac{\Delta t_1}{0,3} = \frac{15 \text{ K}}{0,3} = 50 \text{ K}; \quad t_2 = \underline{55 \text{ }^\circ\text{C}};$$

$$\Delta l = \lambda \alpha \Delta t = \underline{1,75 \text{ cm}}$$

**645.** Bei schrägem Einführen muß die Diagonale des Stabes gleich seiner Länge bei  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  sein;  $d_t = 60 \text{ mm}$ ;

$$d_{20} = \sqrt{(60^2 + 3^2) \text{ mm}^2} = 60,075 \text{ mm}; \quad \Delta d = 0,075 \text{ mm};$$

aus  $\Delta d = \lambda \alpha \Delta t$  ergibt sich  $\Delta t = 139 \text{ K}$ ;  $t = \underline{-119 \text{ }^\circ\text{C}}$

**646.** Nach Gleichsetzen von  $\Delta l = \frac{Fl}{AE}$  und  $\Delta l = \alpha l \Delta t$  ergibt sich

$$F = \alpha A E \Delta t = \underline{64107 \text{ kp}}$$

**647.**  $\varrho_1 = \varrho_2(1 + 3\alpha \Delta t) = 1,0389 \cdot 7,3 \text{ g/cm}^3 = \underline{7,58 \text{ g/cm}^3}$

**648.** Da die Grundfläche konstant bleiben soll, ist

$$h_2 = h_1(1 + \gamma \Delta t) = 4,12 \text{ m}; \quad \text{Niveauanstieg } \underline{22 \text{ cm}}; \quad \text{neue}$$

$$\text{Dichte } \frac{\varrho}{1 + \gamma \Delta t} = \underline{0,83 \text{ t/m}^3}$$

**649.** Scheinbarer Ausdehnungskoeffizient

$$\alpha_s = (0,00052 - 3 \cdot 0,000006) \text{ }^1/\text{K} = 0,000502 \text{ }^1/\text{K};$$

$$\Delta V = V \alpha_s \Delta t = \underline{40,16 \text{ cm}^3}$$

**650.** Die Volumina bei  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  sind für das Eisen  $64,52 \text{ dm}^3$ , das Kupfer  $55,99 \text{ dm}^3$ , das Öl  $179,49 \text{ dm}^3$ ; bei  $60 \text{ }^\circ\text{C}$  betragen sie für das Eisen  $64,61 \text{ dm}^3$ , das Kupfer  $56,08 \text{ dm}^3$ , das Öl  $186,38 \text{ dm}^3$  und den Behälter  $300,43 \text{ dm}^3$ ; die überlaufende Ölmenge ergibt sich als Differenz der Volumenzunahme des Inhalts und der des Behälters zu  $\underline{6,64 \text{ dm}^3}$

$$\mathbf{651.} \quad \varrho_2 = \frac{\varrho_1}{1 + \gamma \Delta t}; \quad \gamma = \frac{\frac{\varrho_1}{\varrho_2} - 1}{\Delta t} = \underline{0,00052 \text{ }^1/\text{K}}$$

652.  $\frac{\Delta V}{V} = 0,03$ ;  $\frac{\Delta l}{l} = 0,01$ ;  $\alpha = \frac{\Delta l}{l \Delta t} = \underline{8,6 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}}$

653.  $V_1 = \frac{m}{\rho_1}$ ;  $V_2 = \frac{m}{\rho_2}$ ;  $\frac{\Delta V}{V_1} = \frac{m}{V_1} \left( \frac{1}{\rho_1} - \frac{1}{\rho_2} \right) =$   
 $= \rho_1 \left( \frac{1}{\rho_1} - \frac{1}{\rho_2} \right) = 1 - \frac{\rho_1}{\rho_2} = 0,048 = \underline{4,8 \text{ Vol.-% bzw.}}$

$\frac{\Delta l}{l} = 0,016 = \underline{1,6 \%}$

654.  $V_2 = \frac{m}{\rho_2} = \frac{m}{\rho_1} (1 + \gamma \Delta t)$ ;  $\rho_2 = \underline{13,5339 \text{ g/cm}^3}$

655.  $(1 + \gamma \Delta t) = V + \Delta A$ ;  $A = 0,00008 \text{ cm}^2 = \underline{0,008 \text{ mm}^2}$

656. Für das spezifische Volumen

$v_t = v_0(1 + \gamma t)$  oder auch  $\frac{1}{\rho_t} = \frac{1}{\rho_0} (1 + \gamma t)$ , d. h.  $\rho_t =$   
 $= \frac{\rho_0}{1 + \gamma t}$ ; erweitert man mit  $(1 - \gamma t)$ , so wird der Nenner  
 $(1 - \gamma^2 t^2)$ ; das quadratische Glied kann wegfallen, da  $\alpha$   
 eine sehr kleine Zahl ist.

657. Volumen des Zwischenraumes bei  $5^\circ\text{C}$

$V_1 = (1 \cdot 20 \cdot 10) \text{ cm}^3 = 200 \text{ cm}^3$ ; Volumen bei  $30^\circ\text{C}$  (unter  
 Vernachlässigung der Höhen- und Breitenausdehnung)  
 $V_2 = (0,7 \cdot 20 \cdot 10) \text{ cm}^3 = 140 \text{ cm}^3$ ; Teervolumen bei  $30^\circ\text{C}$   
 $V_3 = V_1(1 + \gamma \Delta t) = 202,8 \text{ cm}^3$ , es quellen heraus  
 $V_3 - V_2 = \underline{62,8 \text{ cm}^3}$

658.  $A_0 = A(1 - 2\alpha \Delta t) =$   
 $= 25 \text{ mm}^2 (1 - 2 \cdot 18,5 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K} \cdot 332 \text{ K}) =$   
 $= \underline{24,7 \text{ mm}^2}$

659. a)  $\frac{\Delta d}{d} = \alpha \Delta t = 0,00184 = \underline{0,18 \%}$

b)  $\frac{\Delta A}{A} = 2\alpha \Delta t = \underline{0,37 \%}$

c)  $\frac{\Delta V}{V} = 3\alpha \Delta t = \underline{0,55 \%}$

660. Aus den Gleichungen  $V_{10} = V_{20}(1 - 3\alpha \Delta t_1)$  und  
 $V_{100} = V_{10} [1 + (\gamma - 3\alpha) \Delta t_2]$  wird mit  $\Delta t_1 = 10 \text{ K}$  und  
 $\Delta t_2 = 90 \text{ K}$ :  
 $\gamma = \underline{469 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}}$

661.  $\rho_2 = \frac{\rho_1 T_1}{T_2} = \frac{1,33 \text{ kg/m}^3 \cdot 273,2 \text{ K}}{(273,2 + 200) \text{ K}} = 0,768 \text{ kg/m}^3$ ;  
 $\Delta p = h \Delta \rho g = 50 \text{ m} (1,29 - 0,768) \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 =$   
 $= 256,24 \text{ N/m}^2 = \underline{26,12 \text{ mm WS}}$
662.  $V_2 = \frac{V_1 T_2}{T_1} = \frac{200 \text{ m}^3 \cdot 295,2 \text{ K}}{285,2 \text{ K}} = 207,0 \text{ m}^3$ ;  
 es entweichen 7 m<sup>3</sup> Luft.
663. a)  $\rho_2 = \frac{\rho_1 T_1}{T_2} = \underline{3,00 \text{ kg/m}^3}$     b) 3,47 kg/m<sup>3</sup>
664.  $T_2 = \frac{T_1 p_2}{p_1} = \frac{259,2 \text{ K} \cdot 76 \text{ at}}{63 \text{ at}} = 312,7 \text{ K} \hat{=} \underline{39,5 \text{ }^\circ\text{C}}$
665. Je Sekunde müssen abziehen  
 $Q = \frac{V_1 T_2}{t T_1} = \frac{(300 \cdot 12) \text{ m}^3 (273 + 250) \text{ K}}{3600 \text{ s} \cdot 273 \text{ K}} = 1,916 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  
 $A = \frac{Q}{v} = 0,479 \text{ m}^2$ ;     $d = \underline{0,78 \text{ m}}$
666.  $p_2 = \frac{p_1 T_2}{T_1} = \frac{151 \text{ at} \cdot 323 \text{ K}}{283 \text{ K}} = 172,3 \text{ at}$  absolut oder  
171,3 at Überdruck
667.  $V = \frac{\Delta m}{\Delta \rho}$ ;     $\Delta \rho = \frac{\rho_0 T_0}{T_{15}} - \frac{\rho_0 T_0}{T_{80}}$ ;     $V = \underline{1,108 \text{ dm}^3}$
668.  $p_2 = \frac{p_1 T_2}{T_1} = \frac{2 \text{ Torr} \cdot 393,2 \text{ K}}{288,2 \text{ K}} = \underline{2,73 \text{ Torr}}$
669.  $\frac{1}{1,1} = \frac{273,2 \text{ K} + t_1}{273,2 \text{ K} + 1,5 t_1}$ ;     $t_1 = \underline{68,3 \text{ }^\circ\text{C}}$
670.  $\frac{V}{xV} = \frac{(273,2 + 117,1) \text{ K}}{(273,2 + 234,2) \text{ K}}$ ;     $x = 1,3$ ;    die Volumenzunahme beträgt 30 %
671.  $\frac{1,4 p_1}{p_1} = \frac{T_1 + 150 \text{ K}}{T_1}$ ;     $t_1 = \underline{101,8 \text{ }^\circ\text{C}}$ ;     $t_2 = \underline{251,8 \text{ }^\circ\text{C}}$
672.  $R = \frac{pV}{mT} = \frac{770/760 \cdot 10330 \text{ kp/m}^2 \cdot 50 \text{ m}^3}{288,2 \text{ K} \cdot 41,5 \text{ kg}} =$   
 $= \underline{43,75 \text{ kpm/kg K}}$

$$673. m = \frac{pV}{RT} = \frac{725/760 \cdot 10330 \text{ kp/m}^2 \cdot 81,9 \text{ m}^3}{29,27 \text{ kpm/kg K} \cdot 297,2 \text{ K}} = \underline{92,8 \text{ kg}}$$

$$674. T = \frac{pV}{mR} = \frac{10330 \text{ kp/m}^2 \cdot 58,5 \text{ m}^3}{71,7 \text{ kg} \cdot 29,27 \text{ kpm/kg K}} = 287,9 \text{ K} \hat{=} \underline{14,7 \text{ }^\circ\text{C}}$$

$$675. p = \frac{mRT}{V} = \frac{4,147 \text{ kg} \cdot 26,50 \text{ kpm/kg K} \cdot 291,2 \text{ K}}{0,04 \text{ m}^3} = \\ = 800000 \text{ kp/m}^2 = \underline{80 \text{ at}}$$

676. Tabellenwerte ergeben für  $0^\circ\text{C}$  und 760 Torr die Masse  $(0,15 \cdot 0,0899 + 0,3 \cdot 1,250 + 0,05 \cdot 1,977 + 0,5 \cdot 1,251) \text{ kg} = 1,113 \text{ kg}$ . Aus den Teilmengen ergibt sich die mittlere Gaskonstante zu  $R_m =$

$$\frac{0,0135 \cdot 420,6 + 0,375 \cdot 30,27 + 0,0989 \cdot 19,27 + 0,6255 \cdot 30,26}{1,113}$$

$$R_m = 34,02 \text{ kpm/kg K}; \quad m = \frac{pV}{R_m T} = \underline{0,975 \text{ kg}}$$

$$677. \rho = \frac{p}{RT} = \frac{1,51 \cdot 10^6 \text{ kp/m}^2}{420,6 \text{ kpm/kg K} \cdot 293,2 \text{ K}} = \underline{12,24 \text{ kg/m}^3}$$

$$678. \text{ Die Gaskonstante ist } R = \frac{848 \text{ kpm}}{39,944 \text{ kg K}} = \\ = 21,230 \text{ kpm/kg K};$$

$$m = \frac{pV}{RT} = 1,33 \cdot 10^{-6} \text{ kg} = \underline{1,33 \text{ mg}}$$

$$679. \text{ Masse der verdrängten Luft } m_1 = \frac{pV}{RT_1} = 191,52 \text{ kg};$$

$$\text{Masse der erhitzten Luft } m_2 = (191,52 - 45) \text{ kg} = \\ = 146,52 \text{ kg}; \quad T_2 = \frac{pV}{m_2 R} = 370,2 \text{ K} \hat{=} \underline{97,0^\circ\text{C}}$$

680. Sättigungsdruck des Dampfes lt. Tabelle 13,6 Torr; bei 65 % ist  $p_d = (13,6 \cdot 0,65) \text{ Torr} = 8,84 \text{ Torr}$ ;  $p = (742 - 8,84) \text{ Torr} = 733,16 \text{ Torr}$ ;  $V_0 = \frac{pV T_0}{p_0 T} = \underline{2,096 \text{ m}^3}$

$$681. \text{ Es entweicht } V_x = V_2 - V_1 = V_1 \left( \frac{p_1 T_2}{T_1 p_2} - 1 \right);$$

$$\text{bzw. im Normzustand } V_0 = V_1 \frac{T_0}{p_0} \left( \frac{p_1}{T_1} - \frac{p_2}{T_2} \right) = \underline{11,41 \text{ m}^3}$$

682. Aus  $Q = mc_p \Delta t$  mit  $Q = (0,0035 \cdot 860) \text{ kcal} = 3,01 \text{ kcal}$  erhält man  $m = \frac{Q}{c_p \Delta t} = 1,064 \text{ kg}$  bzw. mit  $\rho = \frac{e_0 p T_0}{p_0 T} =$

$$= \frac{1,977 \text{ kg/m}^3 \cdot 1200 \text{ Torr} \cdot 273,2 \text{ K}}{760 \text{ Torr} \cdot 295,2 \text{ K}} = 2,889 \text{ kg/m}^3 \quad \text{die}$$

$$\text{stündliche Menge } V = \frac{m}{\rho} = \frac{1,064 \text{ kg}}{2,889 \text{ kg/m}^3} = \underline{0,368 \text{ m}^3}$$

683. Die mittlere Gaskonstante  $R_m$  ergibt sich zu

$$R_m = \frac{pV}{mT} = 25,32 \text{ kpm/kg K};$$

$$R_{Az} = \frac{848 \text{ kpm}}{58 \text{ kg K}} = 14,62 \text{ kpm/kg K}; \quad \text{aus}$$

$$\frac{14,62x + 29,27(100 - x)}{100} = 25,32 \quad \text{erhält man}$$

$$x = \underline{26,96 \text{ Gew.}\% \text{ Azeton}}$$

$$684. W = p\Delta V = mR(T_2 - T_1); \quad m = \frac{W}{R(T_2 - T_1)} =$$

$$= \frac{25000 \text{ Nm kg K}}{29,27 \cdot 9,81 \text{ Nm} \cdot 635 \text{ K}} = \underline{137 \text{ g}}$$

685. Die Dichten der beiden Bestandteile verhalten sich wie 28:64 (relative Molekülmassen); a) mittlere Gaskonstante

$$R_m = \frac{0,8 \cdot 28 \cdot 30,26 + 0,2 \cdot 64 \cdot 13,25}{0,8 \cdot 28 + 0,2 \cdot 64} \text{ kpm/kg K} =$$

$$= \underline{24,07 \text{ kpm/kg K}}$$

$$\text{b) } \rho = \frac{p}{R_m T} = \underline{0,355 \text{ kg/m}^3}$$

$$686. m_1 = \frac{pV_1}{RT_1}; \quad m_2 = \frac{pV_2}{RT_2}; \quad \text{Mischtemperatur } T_m =$$

$$= \frac{m_1 T_1 + m_2 T_2}{m_1 + m_2} = \frac{(V_1 + V_2) T_1 T_2}{V_1 T_2 + V_2 T_1} = 306,66 \text{ K} \hat{=} \underline{33,5 \text{ }^\circ\text{C}};$$

das Volumen bleibt mit

$$(3 + 8) \text{ m}^3 = \underline{11 \text{ m}^3} \text{ konstant.}$$

$$687. V_0 = \frac{pVT_0}{p_0 T} = \underline{424,0 \text{ cm}^3}$$

$$688. T_2 = \frac{p_2 V_2 T_1}{p_1 V_1} = 256,9 \text{ K} \hat{=} \underline{-16,3 \text{ }^\circ\text{C}}$$

$$689. T_2 = \frac{6p_1 V_1 / 4 T_1}{p_1 V_1} = 439,8 \text{ K} \hat{=} \underline{166,6 \text{ }^\circ\text{C}}$$



$$690. V_2 = \frac{p_1 V_1 T_2}{p_2 T_1} = \underline{472 \text{ m}^3}$$

$$691. R_m = \frac{(30,27 \cdot 40 + 30,26 \cdot 60) \text{ kpm/kg K}}{100} =$$

$$= 30,26 \text{ kpm/kg K};$$

$$m = \frac{pV}{R_m T} = \underline{586 \text{ kg}}$$

$$692. \text{ Aus den Gleichungen } m_1 = \frac{p_1 V_1}{R T_1}, m_2 = \frac{p_2 V_2}{R T_1} \text{ und}$$

$$m_1 - m_2 = \frac{p_x V_1}{R T_1} \text{ erhält man } p_x = \frac{p_1 V_1 - p_2 V_2}{V_1} =$$

$$= \frac{70 \text{ at} \cdot 40 \text{ l} - 1 \text{ at} \cdot 80 \text{ l}}{40 \text{ l}} = \underline{68 \text{ at}}$$

$$693. \text{ Nach den in der vorigen Aufgabe errechneten Beziehungen}$$

$$\text{erhält man } V_x = \frac{p_1 V_1 - p_2 V_1}{p_3} =$$

$$= \frac{100 \text{ at} \cdot 20 \text{ l} - 95 \text{ at} \cdot 20 \text{ l}}{1 \text{ at}} = \underline{100 \text{ l}}$$

$$694. \frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_1 V_2}{T_2}; V_2 = V_1 \frac{T_2}{T_1} = \underline{38 \text{ l}}$$

695. Abgegebene Wärme = aufgenommene Wärme;

$$m_1 c_1 (t_1 - t_m) = m_w c_w (t_m - t_2);$$

$$t_1 = \frac{m_w c_w (t_m - t_2)}{m_1 c_1} + t_m = \underline{1020 \text{ }^\circ\text{C}}$$

$$696. m_1 c (t_1 - t_m) = (m_w c_w + m_2 c) (t_m - t_2);$$

$$c = \frac{m_w c_w (t_m - t_2)}{m_1 (t_1 - t_m) - m_2 (t_m - t_2)} = \underline{0,0913 \text{ cal/g K}}$$

$$697. m_w c_w (t_1 - t_m) = m_2 c_2 (t_m - t_2);$$

$$t_m = \frac{m_w c_w t_1 + m_2 c_2 t_2}{m_w c_w + m_2 c_2} = \underline{47 \text{ }^\circ\text{C}}$$

$$698. m_1 c_w (t_1 - t_m) = m_2 c_w (t_m - t_2);$$

$$m_2 = \frac{m_1 (t_1 - t_m)}{t_m - t_2} = \underline{142 \text{ kg (Liter)}}$$

699. Bedeutet  $m$  die im Alkohol enthaltene Wassermenge und  $c_w$  die spezifische Wärmekapazität des Wassers, so gilt

$$[mc_w + (m_1 - m)c_1](t_1 - t_m) = m_2c_w(t_m - t_2);$$

$$m = 60,5 \text{ g Wasser, d. i. } \underline{30,2\%}$$

700.  $70 \text{ kg} \cdot c_w \cdot (85 \text{ K} - t) = 130 \text{ kg} \cdot c_w \cdot (t - 15 \text{ K});$   
 $t = \underline{39,5^\circ\text{C}}$

701.  $77\,000 \text{ kcal} \cdot x = (3100 \cdot 8) \text{ kcal}; x = 0,32 = \underline{32\%}$

702. Aus  $\Delta t = \frac{\Delta l}{l\alpha}$  und  $Q = c\rho l A \Delta t$  wird  $l = \frac{l\alpha Q}{c\rho A \Delta l} = \underline{90,5 \text{ cm}}$

703. Aus  $\Delta l = \alpha l \Delta t$  und  $Q = c\rho l A \Delta t$  erhält man  $Q = \frac{\Delta l c\rho A}{\alpha} =$   
 $= \underline{585 \text{ cal}}$

704.  $m(6 + 79,7) \text{ kcal} = 8 \text{ kg} \cdot 140 \text{ kcal}; m = \underline{13,07 \text{ kg}}$

705.  $0,9 m_1 c_1 (t_1 - t_m) = m_2 c_2 (t_m - t_2); m_1 = \underline{160,5 \text{ kg}}$

706.  $m_1 c_1 (t_1 - t) = m_2 c_w \Delta t; t = \underline{746,4^\circ\text{C}}$

707.  $m_1 c_1 (t_1 - 100 \text{ K}) = m_2 c_w (100 \text{ K} - t_2) + m \cdot 539 \text{ kcal/kg};$   
 $m = \underline{1,02 \text{ kg}}$

708.  $m_2 c_2 (t_1 - t_m) + (m - m_2) c_1 (t_1 - t_m) = m_3 c_w (t_m - t_3);$   
 $m_2 = \underline{0,414 \text{ kg Kupfer}}$  und  $m_1 = \underline{0,236 \text{ kg Aluminium}}$

709.  $q_s = 79,7 \text{ kcal/kg}; c_w = 1 \text{ kcal/kg K}; \Delta t = 8 \text{ K};$   
 $m \cdot q_s = 2 \text{ kg} \cdot c_w \Delta t; m = \underline{0,201 \text{ kg}}$

710.  $c_w = 1 \text{ kcal/kg K}; \Delta t = (100 - 12) \text{ K}; r = 539 \text{ kcal/kg};$   
 $800 \text{ kg} \cdot c_w \Delta t = mr; m = \underline{130,6 \text{ kg}}$

711. Zahlenwertgleichung:

$$30[0,031(450 - 20) + 6,33] = m(79,7 + 20); m = \underline{5,92 \text{ kg}}$$

712.  $w(t_m - t_1) = m_2 c_2 (t_2 - t_m); w = \underline{0,78 \text{ cal/K}}$

713.  $Q = P \cdot t = 960 \text{ Ws} = 229,44 \text{ cal}; m = A l \rho; \Delta \vartheta = \frac{Q}{m c};$

$$\Delta l = l \alpha \cdot \Delta \vartheta; \Delta l = \frac{\alpha Q}{A \rho c} = \underline{1,8 \text{ mm}}$$

714.  $c = \frac{h_2 - h_1}{m(t_2 - t_1)} = \frac{29 \text{ kcal}}{1 \text{ kg} \cdot 230 \text{ K}} = \underline{0,126 \text{ kcal/kg K}}$

715.  $q_s = \frac{h}{m} - c \Delta t = 273 \text{ kcal/kg} -$   
 $- 0,172 \text{ kcal/kg K} \cdot 1\,250 \text{ K} = \underline{58 \text{ kcal/kg}}$

716.  $h = c_1 m (t_2 - t_1) + m q_s + c_2 m t_1;$

$$c_1 = \frac{h - c_1 m (t_2 - t_1) - m q_s}{m t_1} = \underline{0,168 \text{ kcal/kg K}}$$

717.  $\frac{Q}{t} = \frac{V \rho c \Delta T}{t};$

$$\frac{V}{t} = \frac{1,6 \cdot 860 \text{ kcal}}{1 \text{ kg/l} \cdot 1 \text{ kcal/kg K} \cdot 81 \text{ K} \cdot 60 \text{ min}} = \underline{0,283 \text{ l/min}}$$

718.  $\frac{Q}{t} = \frac{V \rho c \Delta T}{t} = 1 \text{ kg/l} \cdot 15 \cdot 60 \text{ l/h} \cdot 1 \text{ kcal/kg K} \cdot 22 \text{ K} =$   
 $= \underline{19800 \text{ kcal/h}}$

719.  $2,8 \text{ kcal} = 1195,6 \text{ kpm}; \frac{400 \text{ kpm}}{1195,6 \text{ kpm}} = 0,335 = \underline{33,5 \%}$

720. Bezogen auf 1 kg Wasser wird die Energie 15 kpm frei, d. i. 0,035 kcal, die das Wasser um 0,035 K erwärmen, wenn sonst keine Energieverluste eintreten würden.

721.  $20\,000 \text{ kcal/h} = 8\,540\,000 \text{ kpm/h} = 2372 \text{ kpm/s} = 31,63 \text{ PS};$

$$\eta = \frac{5 \text{ PS}}{31,63 \text{ PS}} = 0,158 = \underline{15,8 \%}$$

722.  $W = \frac{m v^2}{2} = \frac{1,2 \cdot 10^6 \text{ kg} \cdot (50/3,6)^2 \text{ m}^2/\text{s}^2}{2} = 115,74 \cdot 10^6 \text{ J} =$   
 $= \underline{27650 \text{ kcal}}$

723.  $P_{ab} = pV \cdot n/2 = 93\,000 \text{ kp/m}^2 \cdot 0,00035 \text{ m}^3 \times$   
 $\times (5030/2 \cdot 60)^1/\text{s} = 1364,4 \text{ kpm/s} = 13,385 \text{ kW};$

$$P_{zu} = \frac{P_{ab}}{\eta} = 60,84 \text{ kW} = 52\,308 \text{ kcal/h}; m = \underline{5,23 \text{ kg}}$$

Benzin je Stunde

724.  $W = (c_p - c_v) m \Delta T; \Delta T = \frac{W}{(c_p - c_v) m} = \frac{W}{Rm} = 51,9 \text{ K};$   
 $t_2 = \underline{61,9 \text{ }^\circ\text{C}}$

725. Wegen  $V = \text{konst.}$  ist  $\Delta p = \frac{mR\Delta T}{V};$  aus  $Q = c_v m \Delta T$   
wird daher  $Q = \frac{c_v V \Delta p}{R} = \underline{11,5 \text{ kcal}}$

726. Wegen  $p = \text{konst.}$  verdoppelt sich auch die absolute Temperatur;  $Q = c_p m \Delta T = \frac{c_p p V \Delta T}{R T}; p = \frac{R T Q}{c_p V \Delta T} =$   
 $= \frac{R Q}{c_p \bar{V}} = 199800 \text{ N/m}^2 = \underline{2,04 \text{ at}}$

727. Aus  $p \Delta V = m R \Delta T$  und  $m = \rho V$  wird  $R = \frac{p \Delta V}{\rho V \Delta T} =$   
 $= \underline{28,3 \text{ kpm/kg K}}$

728.  $Q = c_p \rho V \Delta T = 0,241 \text{ kcal/kg K} \cdot 1,25 \text{ kg/m}^3 \cdot 90 \text{ m}^3 \times$   
 $\times 18 \text{ K} = 488 \text{ kcal} \hat{=} \underline{0,81 \text{ kg Braunkohle}}$

729.  $V = \frac{Q}{c_p \rho \Delta t}$ ; mit  $Q = (2,5 \cdot 860) \text{ kcal}$  wird  $V = \underline{238 \text{ m}^3}$

730. Aus  $-Q = m c_v \Delta T - W$  wird  $t_2 = \frac{W - Q}{m c_v} + t_1 = \underline{60^\circ \text{C}}$ ;

$$p_2 = \frac{p_1 V_1 T_2}{T_1 V_2} = \underline{9,1 \text{ at}}$$

731. Stündlich abzuführende Wärmemenge  $Q = c_p m \Delta t$ ; mit

$$m = \frac{p V}{R T} \text{ wird } V = \frac{Q R T}{c_p p \Delta T} = \underline{8880 \text{ m}^3}$$

732. Mit der abgeführten Wärme  $-Q_2$  und dem Arbeitsaufwand  $-W$  lautet der I. Hauptsatz  $-Q_2 = c_v m \Delta T - W$  bzw.

$$Q_2 = W - \frac{c_v p V \Delta T}{R T} = \underline{9,0 \text{ kcal}}$$

733.  $W = R m \Delta T = \frac{29,27 \text{ kpm} \cdot 15 \text{ kg} \cdot 130 \text{ K}}{\text{kg K}} = \underline{57100 \text{ kpm}}$

734.  $W = m R \Delta T = m (c_p - c_v) \Delta T = 0,222 \text{ kcal} = \underline{94,8 \text{ kpm}}$

735. Aus  $Q = m c_p (t_2 - t_1)$  erhält man  $t_2 = \underline{14,15^\circ \text{C}}$ ;

$$V_2 = \frac{m R T_2}{p} = \underline{4,2 \text{ m}^3}$$

736. Mit  $m = \frac{p_1 V_1}{R T_1}$  wird  $\Delta T = \frac{Q}{m c_v} = \frac{Q R T_1}{p_1 V_1 c_v} = \underline{31 \text{ K}}$ ;

$$t_2 = (31 + 19)^\circ \text{C} = \underline{50^\circ \text{C}}; \quad p_2 = \frac{p_1 T_2}{T_1} = \underline{88,5 \text{ at}}$$

737. Aus  $Q = c_v m (T_2 - T_1)$ ,  $m = \frac{p_1 V}{R T_1}$  und  $\frac{p_2}{p_1} = \frac{T_2}{T_1}$  erhält

$$\text{man } Q = \frac{c_v p_1 V}{R} \left( \frac{p_2}{p_1} - 1 \right) = \underline{147 \text{ kcal}}$$

738.  $V_2 = A h + V_1 = 0,003178 \text{ m}^3$ ;

$$T_2 = \frac{V_2 T_1}{V_1} = 469,1 \text{ K} \hat{=} \underline{195,9^\circ \text{C}}; \quad p_1 = p_2 + \frac{F}{A} = 1,764 \text{ at};$$

$$Q = c_p m (T_2 - T_1) = \frac{c_p p_1 V_1 (T_2 - T_1)}{R T_1} = \underline{0,171 \text{ kcal}}$$

bzw. durch Vereinfachen  $Q = \frac{c_p p_1 A h}{R} = \underline{0,171 \text{ kcal}}$

$$739. W = p_2 V_2 \ln \frac{p_2}{p_1} = 120\,000 \text{ kp/m}^2 \cdot 12 \text{ m}^3 \cdot 2,303 \lg \frac{12}{1,1} = \\ = \underline{3,44 \cdot 10^6 \text{ kpm}}$$

740. Aus  $W = p_1 V_1 \ln \frac{p_2}{p_1}$  folgt mit

$$W = (20\,000 \cdot 3600) \text{ Nm (Ws):}$$

$$\lg \frac{p_2}{p_1} = \frac{W}{2,3 p_1 V_1} = \frac{7,2 \cdot 10^7 \text{ Nm}}{2,3 (11\,000 \cdot 9,81) \text{ N/m}^2 \cdot 500 \text{ m}^3} = 0,58;$$

$$p_2 = 3,802 p_1 = \underline{4,2 \text{ at}}$$

$$741. W = p_1 V_1 \ln \frac{p_2}{p_1} = 243\,722 \text{ kpm} = \underline{571 \text{ kcal}}$$

$$742. \ln \frac{p_2}{p_1} = \frac{\eta P t}{p_1 V_1} = 1,5368; \lg \frac{p_2}{p_1} = 0,6673;$$

$$p_2 = 4,649 \cdot 1,12 \text{ at} = \underline{5,21 \text{ at}}$$

$$743. W = p_2 V_2 \ln \frac{p_1}{p_2} = 6,64 \cdot 10^6 \text{ Ws} = \underline{1,84 \text{ kWh}}$$

$$744. V_2 = \frac{P t}{p_2 \ln \frac{p_2}{p_1}} = \frac{15\,000 \text{ kgm}^2/\text{s}^3 \cdot 3600 \text{ s}}{70\,000 \cdot 9,81 \text{ kgm/s}^2\text{m}^2 \cdot 2,3 \cdot 0,8451} = \underline{40,5 \text{ m}^3}$$

745. Wegen  $p_2 V_2 \ln \frac{p_2}{p_1} = p_3 V_3 \ln \frac{p_3}{p_2}$  und  $p_2 V_2 = p_3 V_3$  ist

$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{p_3}{p_2} \text{ und } p_2 = \sqrt{1 \cdot 20} \text{ at} = \underline{4,47 \text{ at}}$$

746.  $p_1 = 1 \text{ at}; V_1 = Ah = 12\,000 \text{ cm}^3;$

$$p_2 = (1 + 0,05) \text{ at} = 1,05 \text{ at};$$

$$W_1 = p_1 V_1 \ln \frac{p_1}{p_2} = 5,85 \text{ kpm}; \text{ zur Hebung des Wassers}$$

$$W_2 = 5 \text{ kp} \cdot 0,25 \text{ m} = 1,25 \text{ kpm};$$

$$W = (5,85 + 1,25) \text{ kpm} = \underline{7,10 \text{ kpm}}; Q = \underline{0,014 \text{ kcal}}$$

$$747. \text{ a) } P = \frac{2 \cdot p_1' A h}{t} = \frac{2 (40\,000 \cdot 9,81) \text{ N/m}^2 \cdot 0,2 \text{ m}^2 \cdot 0,5 \text{ m}}{1 \text{ s}} = \\ = \underline{78,5 \text{ kW}}$$

$$\begin{aligned}
 \text{b) } P_1 &= \frac{2 \cdot p_1' A h}{4t} = 19,6 \text{ kW}; & P_2 &= \frac{2 \cdot p_1 V_1}{t} \ln \frac{V_2}{V_1}, \\
 P_2 &= \frac{2 (50\,000 \cdot 9,81) \text{ N/m}^2 \cdot 0,2 \text{ m}^2 \cdot 0,125 \text{ m}}{1 \text{ s}} \cdot 2,3 \lg 4 = \\
 &= 34,0 \text{ kW}; \\
 \text{mit } P_3 &= \frac{2 (10\,000 \cdot 9,81) \text{ N/m}^2 \cdot 0,2 \text{ m}^2 \cdot 0,375 \text{ m}}{1 \text{ s}} = 14,7 \text{ kW} \\
 \text{wird } P &= P_1 + P_2 - P_3 = \underline{38,9 \text{ kW}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{748. } m &= \frac{p_1 V_1}{R T_1} = 12,59 \text{ kg}; & Q &= m c_v \Delta T = 36,81 \text{ kcal} = \\
 &= \underline{15\,718 \text{ kpm}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{749. Aus } \frac{T_1}{T_2} &= \left( \frac{V_2}{V_1} \right)^{\kappa-1} \text{ erh\u00e4lt man } V_2 = 2,5 \left( \frac{305,2}{288,2} \right)^{\frac{1}{0,4}} = \\
 &= \underline{2,89 \text{ m}^3}; & p_2 &= \frac{p_1 V_1 T_2}{T_1 V_2} = \underline{3,68 \text{ at}}
 \end{aligned}$$

$$\text{750. } \frac{V_1}{V_2} = \left( \frac{T_2}{T_1} \right)^{\frac{1}{\kappa-1}} = \left( \frac{923,2}{348,2} \right)^{2,5} = \underline{11,45 : 1}$$

751. F\u00fcr die Entfernung des Kolbens vom Zylinderboden gilt

$$\text{a) } \frac{h_2}{h_1} = \frac{p_1}{p_2}; \quad h_2 = h_1 \frac{p_1}{p_2} = 0,8 \text{ m} \cdot \frac{1}{6} = \underline{0,13 \text{ m}}$$

$$\text{b) } \frac{h_2}{h_1} = \left( \frac{p_1}{p_2} \right)^{\frac{1}{\kappa}}; \quad h_2 = \underline{0,22 \text{ m}};$$

$$\text{Kolbenweg } s_a = (0,80 - 0,13) \text{ m} = \underline{0,67 \text{ m}}; \quad s_b = \underline{0,58 \text{ m}}$$

$$\text{752. Aus } \frac{0,17}{0,80} = \left( \frac{1}{6} \right)^{\frac{1}{n}} \text{ wird } n = \underline{1,16}$$

$$\text{753. } T_2 = 291,2 \text{ K} \left( \frac{1}{1,5} \right)^{\frac{1,3-1}{1,3}} = 265,2 \text{ K} \hat{=} \underline{-8 \text{ }^\circ\text{C}}$$

$$\text{754. } T_2 = 333,2 \text{ K} \cdot 15^{1,4-1} = 984,3 \text{ K} \hat{=} \underline{711,1 \text{ }^\circ\text{C}};$$

$$p_2 = \frac{p_1' T_2}{T_1} = \frac{15 \text{ at} \cdot 984,3 \text{ K}}{333,2 \text{ K}} = \underline{44,3 \text{ at}}$$

$$\text{755. } \left( \frac{p_2}{p_1} \right)^{0,286} = \frac{T_2}{T_1}; \quad T_2 = 273,2 \text{ K} \cdot 1,22 = 333 \text{ K} \hat{=} \underline{60 \text{ }^\circ\text{C}};$$

$$T_3 = 273 \text{ K} \cdot 4^{0,286} = 406 \text{ K} \hat{=} \underline{133 \text{ }^\circ\text{C}}$$

756.  $\frac{1}{2} = \left( \frac{V_1 - \Delta V}{V_1} \right)^{1,4}$ ;  $\Delta V = (20 \cdot 400) \text{ cm}^3 = 8 \text{ l}$ ;  $V_1 = \underline{20,49 \text{ l}}$

757. Mit  $T_0 = 273,2 \text{ K}$  ist  $\frac{T_0 + t}{T_0 + t/2} = 2^{1,4-1}$ ; Anfangstemperatur  
 $t = \underline{257,0 \text{ }^\circ\text{C}}$

758. a)  $Q = mc_v (T_2 - T_1)$ ;  $T_2 = \frac{Q}{mc_v} + T_1$ ;

$$p_2 = \frac{p_1 T_2}{T_1} = \frac{p_1 \left( \frac{Q}{mc_v} + T_1 \right)}{T_1}; \quad \frac{T_2}{T_1} = \left( \frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}}$$

bzw.  $\frac{T_1}{\frac{Q}{mc_v} + T_1} = \left( \frac{p_1 \left( \frac{Q}{mc_v} + T_1 \right)}{p_2 T_1} \right)^{0,286}$ ;  $Q = \underline{57 \text{ kcal}}$

b)  $T_2 = 401 \text{ K}$ ;  $t_2 = \underline{127,8 \text{ }^\circ\text{C}}$ ;  $p_2 = \underline{1,09 \text{ at}}$

759.  $P = \frac{p_2 V_2}{t} \ln \frac{p_2}{p_1} = \frac{(60\,000 \cdot 9,81) \text{ N/m}^2 \cdot 35 \text{ m}^3 \cdot \ln 6}{3600 \text{ s}} =$   
 $= \underline{10,25 \text{ kW}}$

760. Aus dem Volumenverhältnis  $\frac{V_2}{V_1} = 7$  ergibt sich die Endtemperatur  $T_2 = 134,5 \text{ K}$ ; eingeschlossene Luftmasse

$m = 0,467 \text{ g}$ ; freiwerdende Energie

$W = \frac{m R \Delta T}{\kappa - 1} = 5,42 \text{ kpm}$ ;  $v = \underline{84,2 \text{ m/s}}$

761.  $\left( \frac{3}{1} \right)^{0,286} = \frac{283,15 \text{ K}}{T_2}$ ;  $T_2 = 206,8 \text{ K}$ ;

$p_3 = \frac{1 \text{ at} \cdot 283,15 \text{ K}}{206,8 \text{ K}} = \underline{1,37 \text{ at}}$

762. Dampfdichte  $\rho = 2,374 \text{ kg/m}^3$ ,

Dampfwärme  $h'' = 655,2 \text{ kcal/kg}$ ,

Dampf Temperatur  $t_D = 147,2 \text{ }^\circ\text{C}$ ; Masse des Kondensats

$m_2 = \rho V = 7,122 \text{ kg}$ ; Wärmehalte vor dem Mischen:

$Q = m_1 c_w t_1 + m_2 h'' = 14\,663 \text{ kcal}$ ;

$t_m = \frac{Q}{(m_1 + m_2) c_w} = \underline{7,3 \text{ }^\circ\text{C}}$

763.  $Q = m(h'' - h') = 10\,250 \text{ kg} (760,8 - 86) \text{ kcal/kg} =$   
 $= 6,917 \cdot 10^6 \text{ kcal}; \quad \eta = \frac{6,917}{8} = \underline{0,86}$
764.  $\rho = \frac{p}{RT} = \frac{(10\,330 \cdot 4,58/760) \text{ kp/m}^2}{47,1 \text{ kpm/kg K} \cdot 273,2 \text{ K}} = 0,00484 \text{ kg/m}^3;$   
 $v = \frac{1}{\rho} = \underline{206,6 \text{ m}^3/\text{kg}}$
765. Mit der Dampfdichte  $\rho = 1,109 \text{ kg/m}^3$ , der Dichte des Wassers  $\rho_w = 1000 \text{ kg/m}^3$  und der Verdampfungswärme  $r = 526,4 \text{ kcal/kg}$  gilt  $(^{2/3} V - V_w)\rho = V_w \rho_w$ , daraus  $V_w = \underline{13,3 \text{ cm}^3}; Q = (^{2/3} V - V_w)\rho r = \underline{7,0 \text{ kcal}}$
766. Spez. Wärmekapazität des Wassers  $c_w$ , Wärmehalt des Dampfes  $h'' = 643,1 \text{ kcal/kg}$ , Wärmehalt des Wassers  $h_w = 45 \text{ kcal/kg}; m_1(t_2 - t_1)c_w = m_2(h'' - h_w);$   
 $m_2 = \underline{455 \text{ kg}}$
767. Spez. Wärmekapazität des Wassers  $c_w$ , Wärmehalt des Dampfes  $h'' = 655,2 \text{ kcal/kg}$ , Wärmehalt des Wassers  $h_w = 50 \text{ kcal/kg};$   
 $m_1(t_2 - t_1)c_w = m_2(h'' - h_w); m_2 = \underline{17\,350 \text{ kg}}$
768. Spez. Wärmekapazität des Wassers  $c_w$ ; Wärmehalt des Dampfes  
 $h'' = 648,7 \text{ kcal/kg}; m_1 h'' + m_2 t_2 c_w = (m_1 + m_2) t_1 c_w;$   
 $m_2 = \underline{34,4 \text{ kg}}$
769. Verdampfungswärme  $r = 498,9 \text{ kcal/kg};$  Dampfdichte  $\rho =$   
 $= 3,111 \text{ kg/m}^3; m = \frac{Q}{r} = \underline{601,3 \text{ kg}}; \frac{V}{t} = \frac{m}{\rho t} = 193,3 \text{ m}^3/\text{h} =$   
 $= 536\,500 \text{ cm}^3/\text{s}; A = \underline{113,1 \text{ cm}^2}; v = \frac{V}{tA} = \underline{4,74 \text{ m/s}}$
770. Wärmehalt des Dampfes  $h'' = 663,3 \text{ kcal/kg};$  Wärmehalt des Wassers  $h_w = 60 \text{ kcal/kg}; P_{zu} = \frac{m}{t} (h'' - h_w) =$   
 $= 392\,150 \text{ kcal/h}; P_{ab} = \eta P_{zu} = 52\,940 \text{ kcal/h} = \underline{61,6 \text{ kW}}$
771. Wärmehalt des Dampfes  $h'' = 662,3 \text{ kcal/kg};$  W.-I. des Wassers  $h_w = 45 \text{ kcal/kg}; Q = \frac{m(h'' - h_w)}{\eta} = 370\,380 \text{ kcal};$   
 $m' = \frac{Q}{H} = \underline{54,5 \text{ kg}}$



772. a) Die Dampfdichte verringert sich von  $\rho_1 = 2,620$  auf  
 $\rho_2 = 2,124 \text{ kg/m}^3$ ;  $m = V \Delta \rho = \underline{0,248 \text{ kg}}$
- b) Differenz der Flüssigkeitswärmern  
 $Q = 2000 \text{ kg} (152,1 - 143,7) \text{ kcal/kg} = \underline{16800 \text{ kcal}}$ ;  
 die Differenz der Dampfwärmern kann vernachlässigt werden
- c) mit der Verdampfungswärme  $r = 510,2 \text{ kcal/kg}$  bei 4 at  
 ist die Dampfmenge  $m' = \frac{Q}{r} = \underline{33 \text{ kg}}$
773. Flüssigkeitswärme bei 9 at  $h_1' = 176,5 \text{ kcal/kg}$  und bei 3 at  
 $h_2' = 133,4 \text{ kcal/kg}$ , Dampfwärme  $h'' = 662,3 \text{ kcal/kg}$ ;  
 $m_1 h_1' = (m_1 - m_2) h_2' + m_2 h''$ ;  $m_2 = \underline{9779 \text{ kg}}$
774. Spez. Wärmekapazität des Wassers  $c_W$ , Dampfwärme  
 $h'' = 646,3 \text{ kcal/kg}$ ;  
 $m_1 c_W t_1 = (m_1 - m_2) c_W t_2 + m_2 h''$ ;  $m_2 = \underline{55,0 \text{ kg}}$
775. Nur ein Gas läßt sich komprimieren, nicht jedoch Dampf.  
 Es muß heißen: „...“, wenn man das ihm zur Verfügung stehende Volumen verkleinert“.
776. Partialdruck der Luft
- $$p_L = \frac{p_1 T_2}{T_1} = \frac{(1,033 \cdot 720/760) \text{ at} \cdot 373,2 \text{ K}}{293,2 \text{ K}} = 1,246 \text{ at};$$
- Partialdruck des Dampfes  $p_D = 760 \text{ Torr} = 1,033 \text{ at}$ ,  
 Gesamtdruck 2,279 at, Anfangsdruck 720 Torr = 0,979 at,  
 Überdruck 1,300 at
777. Nach Tabelle ist  $f_{\max} = 14,5 \text{ g/m}^3$ ;  $f = f_{\max} \cdot 0,55 =$   
 $= \underline{7,98 \text{ g/m}^3}$
778.  $f = f_{\max} 16^\circ \text{C} = \underline{13,6 \text{ g/m}^3}$ ;  $f_{\max} 19^\circ \text{C} = 16,35 \text{ g/m}^3$ ;  
 $\varphi = \frac{f \cdot 100\%}{f_{\max} 19^\circ \text{C}} = \underline{83,2\%}$
779.  $f = \frac{m}{V} = \frac{0,82 \text{ g}}{0,075 \text{ m}^3} = 10,93 \text{ g/m}^3$ ;  $\varphi = \frac{10,93 \cdot 100\%}{19,4} = 56,3\%$
780. Bei  $19^\circ \text{C}$  ist  $f_{\max 1} = 16,35 \text{ g/m}^3$ , bei  $4^\circ \text{C}$   $f_{\max 2} = 6,4 \text{ g/m}^3$ ;  
 Wassermenge bei  $19^\circ \text{C}$   $m_1 = f_{\max 1} V \varphi = 3065,6 \text{ g}$ ;

maximale Wassermenge  $m_2 = f_{\max 2} V = 1600 \text{ g}$ ;

$$m_1 - m_2 = \underline{1465,6 \text{ g}}$$

$$781. \dot{m} = V f_{\max} \Delta \varphi = 180 \text{ m}^3 \cdot 21,8 \text{ g/m}^3 (0,70 - 0,25) = \underline{1765,8 \text{ g}}$$

782. a) Sättigungsdruck bei  $20^\circ\text{C}$  laut Tabelle  $p' = 17,5 \text{ Torr}$ , bei 60 % Sättigung  $p_1 = p' \cdot 0,6 = 10,5 \text{ Torr}$ ; Partialdruck der Luft  $p_2 = p - p_1 = 709,5 \text{ Torr}$ ; Wassermenge laut Tabelle bzw. nach Rechnung  $m_1 = 10,4 \text{ g}$ ;

$$\text{Luftmenge } m_2 = \frac{p_2 V}{RT} = 1,124 \text{ kg};$$

$$\text{Gesamtmenge } m = m_1 + m_2 = \underline{1,134 \text{ kg}}$$

$$\text{b) } m = \frac{pV}{RT} = \underline{1,140 \text{ kg}}$$

$$783. \text{ a) } f = \frac{m}{V} = \frac{0,4 \text{ g}}{0,06 \text{ m}^3} = 6,67 \text{ g/m}^3; f_{\max} = 10,7 \text{ g/m}^3;$$

$$\varphi = \frac{f \cdot 100 \%}{f_{\max}} = \underline{62,3 \%}$$

b) Dem Sättigungswert  $6,67 \text{ g/m}^3$  entspricht die Temperatur (Interpolation nach Tabelle)  $\underline{4,6^\circ\text{C}}$

784. Partialdruck des Dampfes bei  $-5^\circ\text{C}$  ist laut Tabelle  $3,01 \text{ Torr}$ . Hieraus Partialdruck der Luft ( $736 - 3,01$ ) Torr =  $732,99 \text{ Torr}$ ;

$$\text{Partialdruck der Luft bei } 22^\circ\text{C} \text{ ist } \frac{732,99 \cdot 295,2}{268,2} \text{ Torr} =$$

$$= 806,8 \text{ Torr}; \text{ Partialdruck des Dampfes bei } 22^\circ\text{C}$$

$$(818 - 806,8) \text{ Torr} = 11,2 \text{ Torr}; \text{ Sättigungsdruck bei } 22^\circ\text{C}$$

$$\text{laut Tabelle } 19,8 \text{ Torr}; \varphi = \frac{11,2 \cdot 100 \%}{19,8} = \underline{56,6 \%}$$

$$785. n = \frac{p}{kT} = \frac{10^4 \cdot 9,81 \cdot 10^{-8} \cdot 1,033 \text{ N K}}{\text{m}^2 \cdot 760 \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Nm} \cdot 288,15 \text{ K}} =$$

$$= \underline{3,35 \cdot 10^{14} \text{ 1/m}^3} = \underline{3,35 \cdot 10^8 \text{ 1/cm}^3}$$

$$786. T = \frac{p}{nk} = \frac{10^{-10} \cdot 133,32 \text{ Nm}^3}{\text{m}^2 \cdot 10^{12} \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ W s/K}} = \underline{966 \text{ K}}$$

$$787. \text{ Aus } p = \frac{\rho v^2}{3} \text{ wird } v = \sqrt{\frac{3p}{\rho}} = \underline{1297 \text{ m/s}}$$

$$788. W = \frac{3}{2} mRT = \frac{3}{2} pV = \underline{0,76 \text{ W s}}$$

$$789. \text{ Aus } W = \frac{3}{2} mRT = \frac{3}{2} VnkT \text{ wird } T = \frac{2W}{3Vnk} = \\ = 373 \text{ K} = \underline{100 \text{ }^\circ\text{C}}$$

$$p = \frac{mv^2}{3V} = \frac{2W}{3V} = 1,667 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2 = \underline{1,7 \text{ kp/cm}^2}$$

790. Nach Dividieren der beiden Gleichungen  $p_1 = n_1 k T_1$  und  $p_2 = n_2 k T$  ist das Verhältnis der Teilchenzahlen  $n_1 : n_2 = 1 : 0,74$ ; es sind demnach 26 % entwichen.

$$791. \text{ Aus } \frac{m_0 v^2}{2} = W \text{ und } m_0 v = p \text{ folgt } N_A = \frac{1}{m_0} = \frac{2W}{p^2}$$

$$\text{und hieraus } M_r = \frac{6,023 \cdot 10^{26} p^2}{\text{kg} \cdot 2W} = \underline{83,8}, \text{ d.h. Krypton}$$

$$792. p = \frac{kT}{\pi \sqrt{2} \lambda d^2} = 9,9 \cdot 10^{-2} \text{ N/m}^2 = \underline{7,36 \cdot 10^{-4} \text{ Torr}}$$

$$793. W = \frac{3kT}{2} = 4,14 \cdot 10^{-16} \text{ W}_S = 2590 \text{ eV};$$

$$p = nkT = 13,8 \cdot 10^{13} \text{ N/m}^2 = \underline{1,4 \cdot 10^9 \text{ at}}$$

$$794. \text{ Mit } kT = \frac{2W}{3} \text{ wird } p = \frac{2W}{3\pi \sqrt{2} \lambda d^2} = 2,667 \text{ N/m}^2 = \\ = \underline{2 \cdot 10^{-4} \text{ Torr}}$$

$$795. \text{ Mit } n = \rho N_A \text{ wird } \lambda = \frac{1}{\pi \sqrt{2} d^2 \rho N_A} = \underline{0,80 \text{ m}}$$

$$796. \text{ Aus } \frac{2}{1} = \sqrt{\frac{3RT_2}{3RT_1}} \text{ wird } 4 \cdot 293 = 273 + t_1 \text{ und } t_1 = \underline{899 \text{ }^\circ\text{C}}$$

$$797. \text{ Aus } z = \pi \sqrt{2} r^2 v n \text{ folgt durch Einsetzen } z = \pi \sqrt{2} r^2 \sqrt{3RT} \rho N_A; \\ \text{mit } \rho = \frac{p}{RT} \text{ und } \frac{R}{N_A} = k \text{ wird schließlich } z = \frac{\pi \sqrt{2} r^2 p \sqrt{3R}}{k \sqrt{T}} \\ = \underline{1,33 \cdot 10^{10} \text{ 1/s}}$$

$$798. Q = mc_w \Delta \theta = 5 \text{ kg} \cdot 1 \text{ kcal/kg K} \cdot (20 - 18) \text{ K} = 10 \text{ kcal};$$

$$\lambda = \frac{Q \cdot l}{At(\vartheta_1 - \vartheta_2)};$$

$$\lambda = \frac{10 \text{ kcal} \cdot 0,06 \text{ m}}{\frac{1}{60} \text{ h} \cdot 0,25 \text{ m}^2 (85 - 19) \text{ K}} = \underline{2,18 \text{ kcal/m h K}}$$

$$799. Q = \frac{\lambda \Delta \vartheta A t}{l} = \underline{20100 \text{ kcal}}$$

$$800. \Delta \vartheta = \frac{Q}{\alpha t A} = 14,2 \text{ K}; \quad \vartheta_2 = \underline{29,2 \text{ }^\circ\text{C}}$$

$$801. \frac{1}{k} = \left( \frac{1}{4,8} + \frac{1}{11,6} + \frac{0,004}{0,7} \right) \text{ m}^2 \text{ h K/kcal} = 0,30 \text{ m}^2 \text{ h K/kcal};$$

$$Q = k A t (\vartheta_1 - \vartheta_2) = \frac{8 \text{ m}^2 \cdot 8 \text{ h} (18 + 5) \text{ K}}{0,30 \text{ m}^2 \text{ h K/kcal}} = \underline{4902 \text{ kcal}}$$

$$802. \text{ a) } \frac{1}{k} = \left( \frac{1}{4,8} + \frac{1}{14} + \frac{0,25}{0,5} \right) \text{ m}^2 \text{ h K/kcal} = 0,78 \text{ m}^2 \text{ h K/kcal};$$

$$k = 1,282 \text{ kcal/m}^2 \text{ h K}$$

$$\text{ b) Für den Wärmefluß gilt } Q = k A t (\vartheta_1 - \vartheta_2) =$$

$$= \alpha_1 A t (\vartheta_1 - \vartheta_1'); \text{ hieraus folgt } \vartheta_1' = \underline{15,0 \text{ }^\circ\text{C}};$$

$$Q = k A t (\vartheta_1 - \vartheta_2) = \alpha_2 A t (\vartheta_2' - \vartheta_2); \vartheta_2' = \underline{5,4 \text{ }^\circ\text{C}}$$

$$803. \text{ Absolute Feuchtigkeit } f = (15,4 \cdot 0,7) \text{ g/m}^3 = 10,78 \text{ g/m}^3;$$

$$\text{ Taupunkt lt. Tab. } \vartheta_1' = 12 \text{ }^\circ\text{C}; \quad \frac{1}{k} = \frac{1}{5} + \frac{1}{12} + \frac{0,003}{0,07} =$$

$$= 0,2876;$$

$$\text{ Wärmedurchgangszahl } k = 3,477 \text{ kcal/m}^2 \text{ h K};$$

$$Q = k A t (\vartheta_1 - \vartheta_2) = \alpha_1 A t (\vartheta_1 - \vartheta_1'); \vartheta_2 = \underline{9,4 \text{ }^\circ\text{C}}$$

$$804. l_1 = \frac{\lambda_1 l_2}{\lambda_2} = \underline{0,24 \text{ m}}$$

$$805. \text{ Drahtquerschnitt } A = \pi d^2/4; \text{ Drahtoberfläche } A' = \pi d l;$$

$$\text{ umgesetzte Leistung } P = I^2 R = \frac{I^2 \rho l}{A}; \quad \alpha = \frac{P}{A' \Delta \vartheta} =$$

$$= \frac{4 I^2 \rho l}{\pi d^2 \pi d l \Delta \vartheta} = \frac{4 I^2 \rho}{\pi^2 d^3 \Delta \vartheta} = 42,8 \text{ W/m}^2 \text{ K} =$$

$$= \underline{36,9 \text{ kcal/m}^2 \text{ h K}}$$

$$806. \frac{1}{k} = \left( \frac{1}{25} + \frac{1}{6} + \frac{1}{5} + \frac{2 \cdot 0,004}{0,65} \right) \frac{\text{ m}^2 \text{ h K}}{\text{ kcal}} =$$

$$= 0,419 \text{ m}^2 \text{ h K/kcal};$$

$$Q = k A t \Delta \vartheta = 272 \text{ kcal}$$

$$807. (\text{Bild 320}) Q = \alpha_1 A t (\vartheta_1 - \vartheta_1'); \vartheta_1' = \underline{26,4 \text{ }^\circ\text{C}};$$

$$Q = \frac{\lambda}{d} A t (\vartheta_1' - \vartheta_2'); \vartheta_2' = \underline{25,8 \text{ }^\circ\text{C}}$$

$$Q = \alpha_2 A t (\vartheta_4' - \vartheta_2); \vartheta_4' = \underline{7,1 \text{ }^\circ\text{C}}$$

$$Q = \frac{\lambda}{d} A t (\vartheta_3' - \vartheta_4'); \vartheta_3' = \underline{7,7 \text{ }^\circ\text{C}}$$

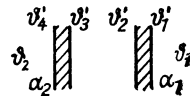


Bild 320

808. Für die Wärmedurchgangszahl  $k$  gilt  $\frac{1}{k} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2}$ ;  
 $k = 73 \text{ kcal/m}^2 \text{ h K}$ ;  $Q = kAt\Delta\vartheta = 73 \text{ kcal/m}^2 \text{ h K} \times$   
 $\times 1 \text{ m}^2 \cdot 1 \text{ h} \cdot 250 \text{ K} = \underline{18250 \text{ kcal}}$

809.  $\alpha = \frac{Q}{At(\vartheta_1 - \vartheta_2)} = \underline{1563 \text{ kcal/m}^2 \text{ h K}}$

810.  $\alpha_1 = \frac{Q}{At(\vartheta_1 - \vartheta_2)} = \frac{115000 \text{ kcal/m}^2 \text{ h}}{1,6 \text{ K}} = \underline{71875 \text{ kcal/m}^2 \text{ h K}}$ ;  
 $\alpha_2 = 1648 \text{ kcal/m}^2 \text{ h K}$ ;  $\lambda = \frac{115000 \text{ kcal/m}^2 \text{ h} \cdot 10^{-3} \text{ m}}{6 \text{ K}} =$   
 $= \underline{19,2 \text{ kcal/m h K}}$

811. Das erste Glas wird schneller warm, weil es die Wärmestrahlung stärker absorbiert.

812. Die Wärmeverluste durch Abstrahlung und Wärmeübergang sind um so höher, je größer der Unterschied zwischen Wasser- und Raumtemperatur ist.

813. Beim Schmelzpunkt des Bleies ( $327,3^\circ\text{C}$ ) kann noch kein sichtbares Licht abgestrahlt werden. Der Bleidraht überzieht sich aber mit einer dünnen Oxidschicht, die das flüssige Blei zusammenhält und eine höhere Temperatur erreichen läßt.

814. Er wartet erst und gießt dann zu. So ist der Temperaturunterschied zwischen Kaffee und Umgebung der größtmögliche und damit auch die Wärmeabgabe größer. Die Abkühlung erfolgt daher schnell.

815. Das Emissionsvermögen für blankes Kupfer ist kleiner als für angestrichenes. Daher erhitzt sich die blanke Schiene bei gleicher Wärmezufuhr stärker.

816. Da  $(100 - 86)\% = 14\%$  aller Strahlen absorbiert werden, ist das Absorptionsvermögen  $\alpha = 0,14$ ;

wegen  $\frac{\varepsilon}{\alpha} = \varepsilon_s = 1$  ist  $\varepsilon = \underline{0,14}$

817. Oberfläche  $A = 0,02 \text{ m} \cdot \pi \cdot 0,4 \text{ m} = 0,0251 \text{ m}^2$ ;

$P = \frac{Q}{t} = \varepsilon\sigma A(T_1^4 - T_2^4) = \underline{1,04 \text{ kW}}$

818.  $2\sigma T^4 = 0,033 \text{ cal/cm}^2 \text{ s} = 1382 \text{ W/m}^2$ ;

$$T = 332,1 \text{ K} = \underline{58,9^\circ \text{C}}$$

819. Die abgestrahlte Leistung ist  $P = \varepsilon\sigma A(T_1^4 - T_2^4)$ ; hieraus ergibt sich mit

$$A = (0,001 \cdot \pi \cdot 10) \text{ m}^2 = 0,0314 \text{ m}^2 \text{ und } T_2 = 291,2 \text{ K}:$$

$$T_1 = \sqrt[4]{\frac{P}{\varepsilon\sigma A} + T_2^4} = 986 \text{ K} \text{ oder } \underline{713^\circ \text{C}}$$

820. Aufgenommene Leistung  $P = \frac{U^2}{R} = \frac{U^2 d^2 \pi}{4 \rho l}$ ; abgestrahlte

Leistung  $P = \varepsilon\sigma d\pi l(T_1^4 - T_2^4)$ ; durch Gleichsetzen ergibt sich  $d = \frac{\varepsilon\sigma l^2 (T_1^4 - T_2^4) 4 \rho}{U^2} = \underline{1,1 \text{ mm}}$

821. Je Längeneinheit und Stunde werden abgestrahlt

$$Q = \varepsilon\sigma d\pi l t (T_1^4 - T_2^4) = 0,914 \text{ kcal}; \text{ f\"ur den W\"arm\"uber-} \\ \text{gang verbleiben } (6,084 - 0,914) \text{ kcal} = 5,170 \text{ kcal}; \text{ hieraus} \\ \text{folgt } \alpha = \underline{31,3 \text{ kcal/m}^2 \text{ h K}}$$

$$822. T_1 = \sqrt[4]{\frac{P}{\varepsilon\sigma A} + T_1^4} = 978,0 \text{ K} \hat{=} \underline{704,8^\circ \text{C}}$$

823. Durchmesser des Sonnenbildes  $d = 20 \text{ cm} \cdot \tan 32' = 0,1862 \text{ cm}$ ; Oberfl\"ache der Kugel  $A = 4\pi r^2 = 1,09 \times 10^{-5} \text{ m}^2$ ; Linsenoberfl\"ache  $A_L = 78,54 \text{ cm}^2$ ;  $A_L$  empf\"angt die Leistung

$$P = 1,37 \cdot 10^3 \text{ W/m}^2 \cdot 78,5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 = 10,75 \text{ W};$$

$$T_1 = \sqrt[4]{\frac{P}{\varepsilon\sigma A} + T_2^4} = 2760 \text{ K} \hat{=} \underline{2487^\circ \text{C}}$$

824. St\"undliche Strahlung der Kohle:

$$Q_1 = \varepsilon_1 \sigma A_1 t (T_2^4 - T_1^4) = 100190 \text{ kcal};$$

st\"undliche Strahlung der Flamme:

$$Q_2 = \varepsilon_2 \sigma A_2 t (T_3^4 - T_1^4) = 73370 \text{ kcal};$$

st\"undlicher W\"arm\"uberangang:  $Q_3 = \alpha A_3 t (T_3 - T_1) = 16200 \text{ kcal};$   $Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = \underline{189760 \text{ kcal}}$

825.  $Q = \varepsilon\sigma A t (T_1^4 - T_2^4) = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot 3600 \text{ s} \times 0,06 \text{ m}^2 (1623^4 - 298^4) \text{ K}^4 = \underline{20270 \text{ kcal}}$

4. Optik

826. (Bild 321) a) Aus der Betrachtung der Dreieckswinkel ergibt sich bei Spiegel III ein Ausfallwinkel von 62°.

- b) Spiegel I dreht Strahl 1 um  $2 \cdot 18^\circ = 36^\circ$   
 Spiegel II dreht Strahl 2 um  $2 \cdot 42^\circ = 84^\circ$   
 Spiegel III dreht Strahl 3 um  $2 \cdot 28^\circ = 56^\circ$   
 insgesamt wird Strahl 1 gedreht um 176°

827. (Bild 322) Scheinbare Entfernung

$$AP' = 2\sqrt{e^2 - h^2} = \underline{7,21 \text{ m}}$$

828. (Bild 323)  $l = \frac{h_1 + h_2}{\tan 35^\circ} = \underline{114 \text{ m}}$

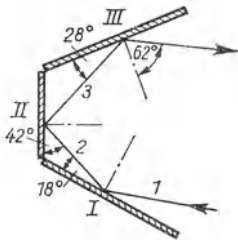


Bild 321

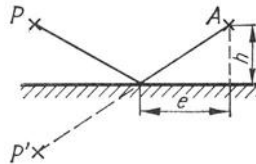


Bild 322

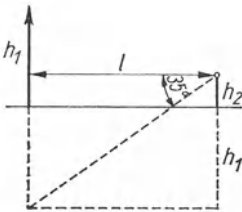


Bild 323

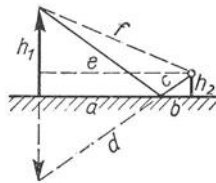


Bild 324

829. (Bild 324) Die Entfernung der beiden Fußpunkte ist  $e = \sqrt{f^2 - (h_1 - h_2)^2} = 46,49 \text{ m}$ ; für die Teilabstände des Reflexionspunktes gilt  $\tan \alpha = \frac{h_2}{b} = \frac{h_1}{a}$ , so daß wegen  $a = e - b$  gilt:  $h_2(e - b) = h_1 b$ , woraus  $b = 3,44 \text{ m}$  und  $a = (46,49 - 3,44) \text{ m} = 43,05 \text{ m}$ ; die beiden Lichtwege sind  $c = \sqrt{h_2^2 + b^2} = 3,79 \text{ m}$  und  $d = \sqrt{a^2 + h_1^2} = 47,47 \text{ m}$ , so daß  $c + d = \underline{51,26 \text{ m}}$

830. Der Spiegel muß bei der aus Bild 325 ersichtlichen Aufhängung die halbe Länge des Betrachters haben.

831. Aus den in Bild 326 auftretenden Dreiecken liest man ab:

$$\frac{x}{y} = \frac{a}{a+z} \text{ sowie } x+y = h \cos \alpha, \text{ womit}$$

$$x = h \cos \alpha - \frac{(a+z)x}{a}. \text{ Das ergibt wegen } z = h \sin \alpha$$

$$\text{schließlich } x = \frac{ah \cos \alpha}{2a + h \sin \alpha} = \underline{0,61 \text{ m}}$$

832.  $a = 2 \cdot 1,8 \text{ mm} = \underline{3,6 \text{ mm}}$

833. Aus Bild 327 ist zu erkennen, daß einfallender und zurückgeworfener Strahl um den gleichen Winkel gegen die Horizontale geneigt sind.

834. (Bild 328) Spiegel I kann man sich durch Drehung um  $180^\circ - \alpha$  in die Richtung des Spiegels II gebracht denken. Der auf Spiegel I fallende Strahl wird dann um das Doppelte, d. h. um  $360^\circ - 2\alpha$  gedreht.

835. (Bild 329) Da  $\sin \alpha = \frac{r/2}{r} = 0,5$ , also  $\alpha = 30^\circ$ , errechnet man für den gesuchten Winkel ebenfalls  $30^\circ$ .

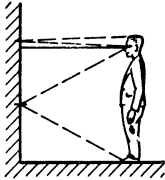


Bild 325

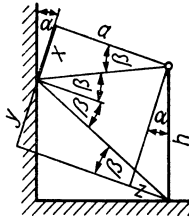


Bild 326

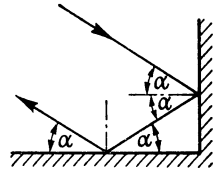


Bild 327

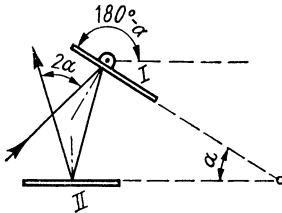


Bild 328

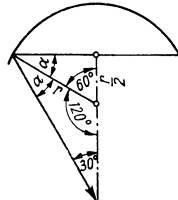


Bild 329



836. (Bild 330) Es ist  $x = r - h - b$ . Dabei ist  $b = r \cos \alpha$  und der Öffnungsradius  $a = r \sin \alpha$ .

Wegen  $h = a \tan (2\alpha - 90^\circ)$  ist  $h = r \sin \alpha \tan (2\alpha - 90^\circ)$  und  $x = r [1 - \sin \alpha \tan (2\alpha - 90^\circ) - \cos \alpha]$ ; aus

$\sin \alpha = \frac{a}{r}$  ergibt sich  $\alpha = 56,4^\circ$ ; dann ist  $x = \underline{5,78 \text{ cm}}$

837. (Bild 331) a) Die geometrischen Verhältnisse geben die Pro-

$$\text{portion } \frac{r/2}{r} = \frac{h}{R_1} \text{ und } R_1 = \underline{12 \text{ m}}$$

$$\text{b) } \frac{r/2}{r} = \frac{h-r}{R_2}; \quad R_2 = \underline{10,8 \text{ m}}$$

838. (Bild 332) Es gelten die Proportionen  $\frac{r/2}{p} = \frac{h}{R_2}$  und

$$\frac{x}{r-p} = \frac{h}{R_2}, \text{ wonach } x = 0,03 \text{ m} = \underline{3 \text{ cm}}$$

839. (Bild 333) Wegen des Reflexionsgesetzes ergibt sich ein gleichschenkliges Dreieck, für das mit  $r = 500 \text{ mm}$  und

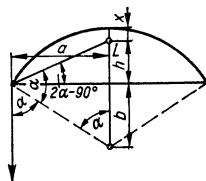


Bild 330

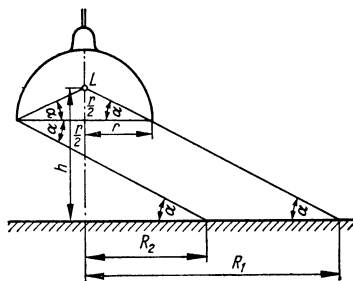


Bild 331

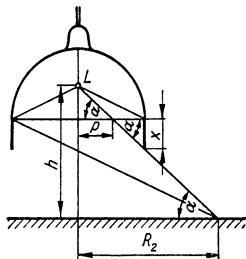


Bild 332

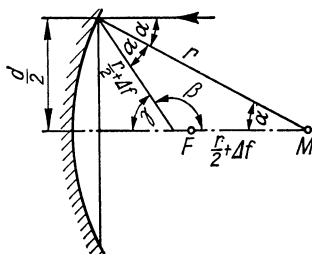


Bild 333

$\Delta f = 1 \text{ mm}$  gilt  $r^2 = 2(r/2 + \Delta f)^2 - 2(r/2 + \Delta f)^2 \cos \beta$ ,  
 wonach  $\cos \beta = -0,98413$ ;  $\gamma = 10,2^\circ$ ;  $d/2 = (r/2 + \Delta f) \times$   
 $\times \sin \gamma$ ;  $d = 89 \text{ mm}$ ;  $d/f = 89/250 = \underline{1:2,81}$

840. a) Mit  $f = 25 \text{ cm}$  ist  $b = \frac{af}{a-f} = \frac{(30 \cdot 25) \text{ cm}^2}{(30-25) \text{ cm}} = \underline{150 \text{ cm}}$ ;

$$B = \frac{bG}{a} = \frac{(150 \cdot 8) \text{ cm}^2}{30 \text{ cm}} = \underline{40 \text{ cm}}$$

(umgekehrt reell, vor dem Spiegel, vergrößert)

b)  $f = 40 \text{ cm}$ ;  $b = \underline{-24 \text{ cm}}$ ;  $B = \underline{-9,6 \text{ cm}}$

(aufrecht, vergrößert, virtuell, hinter dem Spiegel)

c)  $f = 20 \text{ cm}$ ;  $b = \underline{60 \text{ cm}}$ ;  $B = \underline{24 \text{ cm}}$

(umgekehrt, vergrößert, reell, vor dem Spiegel)

d)  $f = 15 \text{ cm}$ ;  $b = \underline{\infty}$ ;  $B = \underline{\infty}$

(kein Bild, paralleler Strahlenaustritt)

841. a)  $\frac{B}{G} = \frac{b}{a} = 5$ ;  $b = 5a$ ;  $\frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{5a}$ ;  $a_1 = \underline{12 \text{ cm}}$ ;

$$b_1 = \underline{60 \text{ cm}}$$

b)  $b = -5a$ ;  $a_2 = 8 \text{ cm}$ ;  $b_2 = \underline{-40 \text{ cm}}$

(hinter dem Spiegel)

842. (Bild 334) Es gelten die Beziehungen  $\frac{G}{B} = \frac{x}{b_1}$ ;  $\frac{G}{B} = \frac{f}{f-b_2}$ ;

$$b_1 = \frac{xf}{x-f}$$
;  $b_2 = \frac{(a-x)f}{a-x+f}$ ; setzt man  $f = \frac{r}{2}$ , so folgt

durch Gleichsetzung der ersten beiden Gleichungen und

$$\text{Einsetzen von } b_1 \text{ und } b_2 \quad x = \frac{a+r}{2}$$

843. Strahl a verläuft beim Eintritt ins Prisma falsch, da er in Wahrheit von der brechenden Kante weggebrochen wird;

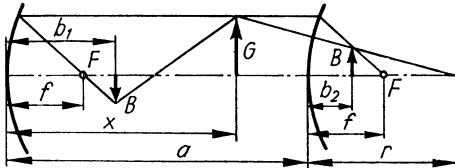


Bild 334

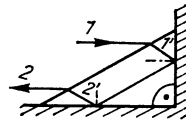


Bild 335

Strahl b verläuft beim Austritt aus dem gleichen Grunde falsch.

844. (Bild 335) Die Strahlen 1' und 2' im Glas sind (s. Aufgabe 833) parallel, die Ablenkungen beim Ein- und Austritt infolge der Brechung sind ebenfalls gleich groß.

845. Der Grenzwinkel der Totalreflexion ist  $\beta = 48,8^\circ$ . Dieser Winkel wird vom Einfallslot des Spiegels halbiert, so daß  $\varepsilon = \underline{24,4^\circ}$  ist.

846. Der Brechungswinkel beim Einfall ist  $35,3^\circ$ , der Reflexionswinkel an der versilberten Fläche  $5,3^\circ$ . Der Einfallswinkel vor dem Wiederaustritt ist  $24,7^\circ$  und der Austrittswinkel (wegen  $\sin \varepsilon = 1,5 \cdot \sin 24,7^\circ$ )  $\varepsilon = \underline{38,8^\circ}$

847. (Bild 336) a) Wegen  $\sin \beta = \frac{\sin 45^\circ}{1,7}$  ist  $\beta = 24,6^\circ$ . Aus den geometrischen Verhältnissen folgt  $\gamma = 60^\circ - 24,6^\circ = 35,4^\circ$ . Der Austrittswinkel von Strahl 1' ist  $\varepsilon = 80^\circ$

b) Ist nur die Fläche 2 versilbert, so tritt der Strahl 3' unter  $45^\circ$  aus.

c) Strahl 2' tritt wie Strahl 1' unter  $80^\circ$  aus.

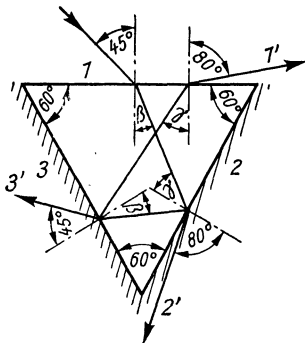


Bild 336

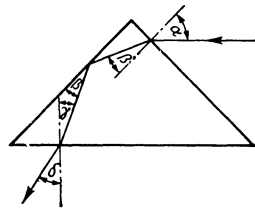


Bild 337

848. (Bild 337)  $\sin \beta = \frac{\sin 45^\circ}{1,65} = 0,4285$ ;  $\beta = 25,4^\circ$ . An der Kathete tritt Totalreflexion ein.

$$\gamma = 19,6^\circ; \sin \delta = 1,65 \sin 19,6^\circ = 0,5536; \delta = \underline{33,6^\circ}$$

849. (Bild 338)  $\sin \beta = \frac{\sin \alpha}{1,5}$ ;  $\beta = 28,1^\circ$ ;  $\varepsilon = 180^\circ - (2\omega + \beta) = 31,9^\circ$ ;  $\sin \gamma = 1,5 \sin \varepsilon$ ;  $\gamma = 52,4^\circ$ ;  
 $\delta = (45^\circ - \beta) + (\gamma - \varepsilon) = 37,4^\circ$

850. (Bild 339) a) Für den Grenzwinkel der Totalreflexion gilt  $\sin \gamma = \frac{1}{n}$ ;  $\cos \gamma = \sqrt{1 - \sin^2 \gamma} = \sqrt{1 - \frac{1}{n^2}}$ , für den an der Basis eintretenden Strahl  $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n$ ;  $\sin \beta = \cos \gamma$ ;  
 $\frac{\sin \alpha}{\cos \gamma} = n$ ;  $\sin \alpha = n \cos \gamma = n \sqrt{1 - \frac{1}{n^2}} = \sqrt{n^2 - 1}$ . Wenn alle eintretenden Strahlen fortgeleitet werden sollen, muß die Gleichung auch für  $\sin \alpha = 1$  ( $\alpha = 90^\circ$ ) erfüllt sein, womit  $n^2$  mindestens gleich 2 sein muß;  $n = 1,41$

b) Aus  $\sin \alpha = \sqrt{n^2 - 1}$  mit  $n = 1,33$  folgt  $\alpha = 61,3^\circ$ .  
 Wenn  $\alpha > 61,3^\circ$  ist, kann Licht aus den Längsseiten des Zylinders austreten.

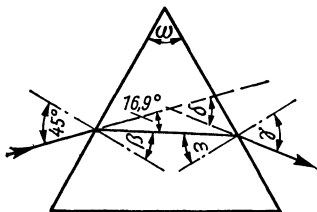


Bild 338

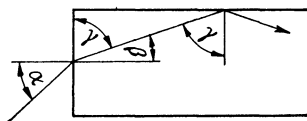


Bild 339

851. (Bild 340) a) Es ist  $e = \frac{d}{\cos \beta} = \frac{d_1}{\sin(\alpha - \beta)}$ , so daß

$$d_1 = d \frac{\sin(\alpha - \beta)}{\cos \beta}$$

b)  $d_1 = \frac{6 \text{ mm} \cdot \sin(40^\circ - 25,4^\circ)}{\cos 25,4^\circ} = 1,67 \text{ mm}$

852. (Bild 341) a)  $d_2 = \frac{d_1}{\sin \alpha}$ ; mit  $d_1 = d \frac{\sin(\alpha - \beta)}{\cos \beta}$  wird

$$(\text{Aufgabe 851}) d_2 = d \frac{\sin(\alpha - \beta)}{\cos \beta \sin \alpha} = d \left( 1 - \frac{\cos \alpha \sin \beta}{\sin \alpha \cos \beta} \right)$$

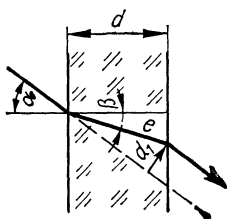


Bild 340

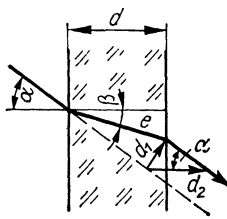


Bild 341

b) für kleine Winkel  $\alpha$  ist  $\frac{\cos \alpha}{\cos \beta} \approx 1$ , so daß  $d_2 = d \left(1 - \frac{1}{n}\right)$

853. Nach dem Ergebnis der letzten Aufgabe erhält man

$$d_2 = 2 \cdot 1,5 \text{ mm} \left(1 - \frac{1}{1,5}\right) + 30 \text{ mm} \left(1 - \frac{1}{1,33}\right) = \underline{8,4 \text{ mm}}$$

854. Die scheinbare Dicke der Wasserschicht ist (s. Aufgabe 852):

$$d' = d - d \left(1 - \frac{1}{n}\right) = \frac{d}{n} = \frac{2 \text{ m}}{1,33} = 1,5 \text{ m}; e = (1 + 1,5) \text{ m} = \underline{2,5 \text{ m}}$$

855. Für den Grenzwinkel gilt  $\sin \beta = \frac{1}{1,5}$ , wonach  $\beta = 41,8^\circ$ ;  
 $r = 2d \tan \beta = \underline{2,68 \text{ mm}}$

856. Grenzwinkel der Totalreflexion  $\beta = 41,8^\circ$ ;  $d = \frac{r}{2 \tan \beta} = \underline{0,131 \text{ mm}}$

857. (Bild 342)  $\sin \beta = \frac{\sin \alpha}{n}$ ;

$$e = a \tan \beta; \text{ aus } \frac{d}{2e} = \cos \alpha \text{ wird}$$

$$d = 2e \cos \alpha = \frac{2a \sin \alpha \cos \alpha}{n \cos \beta} = \underline{6,54 \text{ mm}}$$

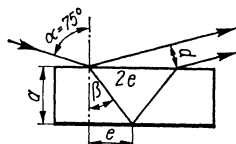


Bild 342

858. Ausgehend von  $\frac{d}{2e} = \cos \alpha$  erhält man  $e = 8 \text{ mm}$ ,

$$\beta = 28,1^\circ \text{ und } n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \underline{1,84}$$

859. Wegen  $\alpha + \beta = 90^\circ$  lautet das Brechungsgesetz

$$\frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \tan \alpha = 1,5, \text{ wonach } \alpha = \underline{56,3^\circ}$$

860. Der Grenzwinkel der Totalreflexion für Wasser ( $n = 1,33$ )

ergibt sich aus  $\frac{1}{\sin \beta} = 1,33$  zu  $\beta = 48,8^\circ$ ;

$$r = 12 \text{ m} \cdot \tan \beta; \quad d = \underline{27,4 \text{ m}}$$

861. (Bild 343)  $\sin 30^\circ = \frac{a}{e-b} = 0,5$ ;  $b = 140 \text{ cm}$ ;

$\sin \beta = \frac{\sin 60^\circ}{1,33} = 0,651$ ; infolge der Strahlverkürzung

unter Wasser ist  $b' = bn = 140 \text{ cm} \cdot 1,33 = 186,2 \text{ cm}$ ;

$\cos \beta = 0,7593 = \frac{h}{b'}$ ;  $h = \underline{141,4 \text{ cm}}$

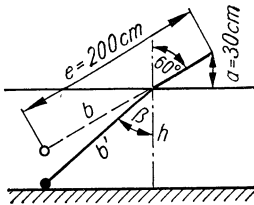


Bild 343

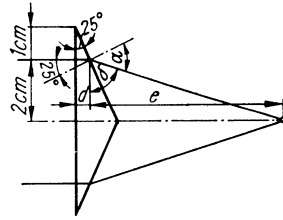


Bild 344

862. (Bild 344) a)  $\sin \alpha = 1,65 \cdot \sin 25^\circ$ ;  $\alpha = \underline{44,2^\circ}$

b)  $\frac{e}{2 \text{ cm}} = \tan \delta$ ;  $\delta = (90^\circ - 44,2^\circ) + 25^\circ = 70,8^\circ$ ;

$e = 5,74 \text{ cm}$ ;  $d = 1 \text{ cm} \cdot \tan 25^\circ = 0,47 \text{ cm}$ ; Entfernung des Schnittpunktes von der Basis:  $d + e = \underline{6,2 \text{ cm}}$

$$863. \quad \frac{1}{f} = (n-1) \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) = \underline{+1,39 \text{ dpt}}$$

$$864. \quad \frac{1}{f} = (n-1) \frac{1}{r}; \quad n = \underline{1,6}$$

865. (Bild 345) Mit  $b = 15 \text{ cm}$  ist  $a = \frac{bf}{b-f} = \underline{60 \text{ cm}}$ ;

oder die Lampe steht im Brennpunkt der Linse. Der Schein ist in diesem Fall heller, weil mehr Licht auf die Linse fällt.

866. (Bild 346) Es gilt die Proportion  $\frac{f-4 \text{ cm}}{f} = \frac{2,5}{3,5}$ ;  $f = \underline{14 \text{ cm}}$

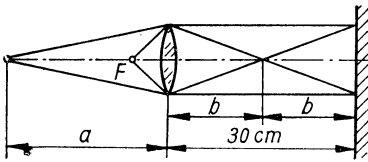


Bild 345

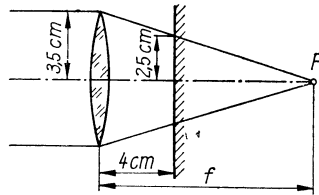


Bild 346

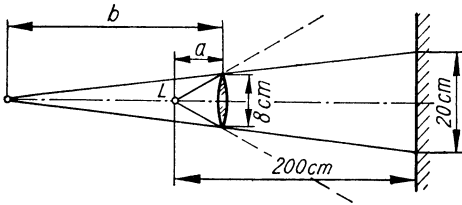


Bild 347

867. (Bild 347)  $\frac{4 \text{ cm}}{b} = \frac{10 \text{ cm}}{200 \text{ cm} + b - a}$ ;  $b = \frac{800 \text{ cm}^2 - 4 \text{ cm} \cdot a}{6 \text{ cm}}$ ;  
 ferner ist  $a = \frac{-bf}{-b-f}$ ; hieraus erhält man  $a = \underline{20,7 \text{ cm}}$

868. (Bild 348) Es ergeben sich folgende Winkel:  $\alpha = 20^\circ$ ;  
 $\beta = 15,3^\circ$ ;  $\omega' = 180^\circ - \omega = 140^\circ$ ;  $\gamma = \omega - \beta = 24,7^\circ$ ;  
 $\delta = 32,9^\circ$ ;  $\varepsilon = 20^\circ + 90^\circ - \delta = 77,1^\circ$ ;  $\varphi = 90^\circ - \varepsilon =$   
 $= 12,9^\circ$ ; unter Vernachlässigung des kurzen Lichtweges  
 im Prisma wird  $\tan \varphi = \frac{h}{e}$ , woraus  $e = \underline{21,8 \text{ cm}}$  folgt.

869. (Bild 349) Analog zu Aufgabe 868 ergibt sich für den Winkel zwischen Randstrahl und Achse  $\varphi = 10,3^\circ$ ; bei einer symmetrischen Sammellinse und  $n = 1,5$  ist  $f = r$ ;

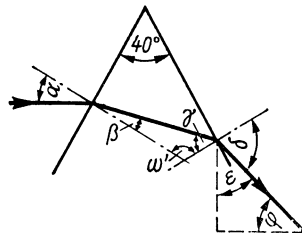


Bild 348

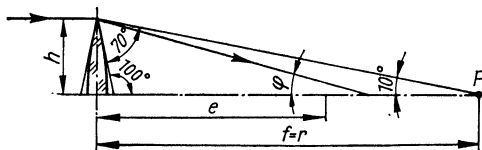


Bild 349

es gilt dann  $\frac{h}{e} = \tan 10,3^\circ$  und  $\frac{h}{r} = \tan 10^\circ$ ;  $\frac{e}{r} = 0,97$ ;  
die Änderung beträgt 3 %.

870. Auf Grund ähnlicher Dreiecke ist  $\frac{a-f}{f} = \frac{a}{b}$ ; dividiert  
man die Gleichung durch  $a$ , so wird  $\frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b}$

871. Es gelten die Proportionen  $\frac{f}{a} = \frac{d-AF}{d}$  und  $\frac{f}{b} = \frac{d-BF}{d}$ ;  
durch Addition ergibt sich  $\frac{f}{a} + \frac{f}{b} = \frac{2d-d}{d} = 1$ ; nach Di-  
vision durch  $f$  erhält man  $\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$

$$872. b = \frac{af}{a-f} = 5,56 \text{ cm}; \quad B : G = b : a = \underline{1 : 9}$$

$$873. \frac{B}{G} = \frac{3,6}{175} = \frac{f}{a-f}; \quad a = \underline{248 \text{ cm}}$$

$$874. \text{ Wegen } G = B \text{ ist auch } a = b, \text{ so daß } f = \frac{a}{2} = \underline{30 \text{ cm}}$$

875. Aus den Gleichungen  $\frac{3,6}{172} = \frac{a_2}{b_2}$  bzw.  $\frac{3,6}{72} = \frac{a_1}{b_2 - 200 \text{ cm}}$  und  
den entsprechenden Abbildungsgleichungen gewinnt man  
 $f = \underline{7,2 \text{ cm}}$  und  $b_2 = \underline{351 \text{ cm}}$

876.  $b_1 = \frac{aB_1}{G}$ ;  $b_2 = \frac{(a-\Delta a) B_2}{G}$ ; setzt man diese Werte in die  
Brennweitenformel  $f = \frac{a(-b)}{a-b}$  ein, so erhält man durch  
Gleichsetzen  $\frac{aB_1}{G-B_1} = \frac{(a-\Delta a) B_2}{G-B_2}$  und hieraus  $a = 4 \text{ cm}$   
sowie  $b_1 = 12 \text{ cm}$  und  $f = \underline{6 \text{ cm}}$



877. Es ist  $\frac{G}{B} = \beta_1 = \frac{z}{f}$  sowie  $\beta_2 = \frac{z+h}{f}$ ; subtrahiert man beide Gleichungen, so erhält man die genannte Formel.

878. Aus  $\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$  und  $\frac{G}{B} = \frac{a}{b}$  ergibt sich  $b = \frac{f(G+B)}{G}$ ; setzt man  $G = 1$  cm, so ergibt sich wegen  $G \ll B$  die genannte Formel.

879. Mit der Gegenstandsweite  $a = \frac{bG}{B}$  folgt für die Brennweite  $f = \frac{ab}{a+b}$  die Gleichung  $f = \frac{Gb}{G+B} = \underline{25,02 \text{ cm}}$

880.  $b = \frac{af}{a-f} = \underline{-12 \text{ cm}}$ ;  $B = \frac{bG}{a} = \underline{-3,6 \text{ cm}}$ ; die negativen Vorzeichen besagen, daß das Bild virtuell ist.

881. Die Entfernung von G über Sp nach W ist  $d = 340$  cm; es gilt dann  $\frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{d-a}$ , wonach  $a = \frac{d}{2} \pm \sqrt{\frac{d^2}{4} - fd}$  oder mit den Zahlenwerten  $a = \underline{15,73 \text{ cm}}$

882.  $G = \frac{Ba}{b} = \frac{18 \text{ cm} \cdot 400\,000 \text{ cm}}{50 \text{ cm}} = 144\,000 \text{ cm} = 1,44 \text{ km}$ ;  
 $A = 1,44^2 \text{ km}^2 = \underline{2,074 \text{ km}^2}$

883. Bildweiten ohne Zwischenring  $b_1 = 5,65$  cm und  $b_2 = 5,0$  cm; mit Zwischenring ist  $b_1' = 7,56$  cm und  $b_2' = 7,0$  cm;

$$a' = \frac{b_1'f}{b_1' - f} = \underline{14,8 \text{ cm}}; \quad a_2' = \underline{17,5 \text{ cm}}$$

884. Es ist  $\frac{1}{f} = \frac{1}{300 \text{ cm}} + \frac{1}{b} = \frac{1}{400 \text{ cm}} + \frac{1}{b-0,2 \text{ cm}}$ ; hieraus folgt

$$b = 15,6 \text{ cm} \text{ und mit der ersten Gleichung } f = \underline{14,8 \text{ cm}}$$

885.  $b = \frac{af}{a-f}$ ;  $b_1 = 5,26$  cm;  $b_\infty = 5$  cm;  $b_1 - b_\infty = \underline{0,26 \text{ cm}}$

886.  $-2,5 \text{ } ^1/m = (1,5 - 1) \left( \frac{1}{r_2} - \frac{1}{0,15 \text{ m}} \right)$ ;  $r_2 = 0,6 \text{ m} = \underline{60 \text{ cm}}$

887. Die Konstruktion des Strahlenganges (Bild 350) zeigt: Die Linse allein erzeugt ein aufrechtes virtuelles Bild  $B_1$  von der Größe  $2G$ ; Spiegel und Linse zusammen erzeugen ein umgekehrtes reelles Bild  $B_2$  von der Größe  $G$ .

888. Aus der Abbildungsgleichung  $\frac{1}{f} = \frac{1}{g} - \frac{1}{b}$  wird mit  $b = x$  und  $g = 40 \text{ cm} + b$  der Abstand  $b = \underline{8,28 \text{ cm}}$

889. Aus (Bild 351) liest man ab  $\frac{d}{f} = \frac{b}{l+f}$ , woraus sich die Formel ergibt.

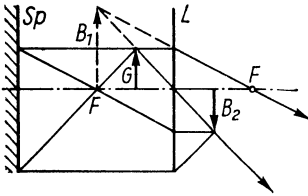


Bild 350

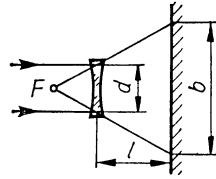


Bild 351

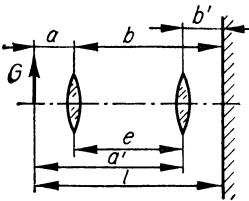


Bild 352

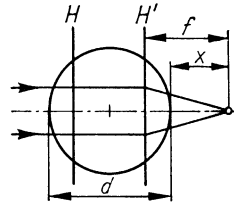


Bild 353

890. (Bild 352) Grundsätzlich gilt  $\frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b}$ ; hier ist wegen der Vertauschbarkeit von Gegenstand und Bild  $a = b' = \frac{l-e}{2}$  und  $b = a' = \frac{l+e}{2}$ ; setzt man diese Werte in die Grundgleichung ein, so ergibt sich die genannte Formel.

891. (Bild 353) Mit  $n = 4/3$  wird  $\overline{HH'} = r/2$ ;  
aus  $1/f = (n-1)\left(\frac{1}{r} + \frac{1}{r}\right)$  ergibt sich  $f = \frac{3}{2}r$ , und der gesuchte Abstand ist  $x = f - \frac{3r}{4} = \frac{3r}{4} = \underline{2,25 \text{ cm}}$

892. Man sieht das umgekehrte, verkleinerte, reelle Bild im Schnittpunkt der ins Auge gelangenden Strahlen.

$$893. \frac{1}{f} = \frac{1}{25 \text{ cm}} + \frac{1}{6 \text{ cm}} = \left( \frac{1,650}{1,333} - 1 \right) \frac{2}{r}; r = \underline{2,3 \text{ cm}}$$

894. Beim Durchgang durch das Planglas wird der Strahlengang (abgesehen von geringfügiger Parallelversetzung) nicht geändert. Das Auge grenzt wie beim normalen Sehen an Luft.

$$895. \text{ a) } b = \frac{af}{a-f}, \text{ wobei } a = -8 \text{ cm ist, so daß}$$

$$b = \frac{(-8 \text{ cm})(20 \text{ cm})}{-8 \text{ cm} - 20 \text{ cm}} = \underline{5,71 \text{ cm}}$$

$$\text{ b) } b = \frac{-8 \cdot (-20)}{-8 + 20} \text{ cm} = \underline{13,33 \text{ cm}}$$

$$896. \text{ a) } f = \frac{f_1 f_2}{f_1 + f_2 - e} = \frac{8 \text{ cm} \cdot (-8 \text{ cm})}{(8 - 8 - 0,5) \text{ cm}} = \underline{128 \text{ cm}} \quad \text{ b) } \underline{64 \text{ cm}}$$

$$\text{ c) } \underline{32 \text{ cm}} \quad \text{ d) } \underline{\infty}$$

897. Mit der Einstellung auf  $\infty$  liegt die Bildweite  $b = 5 \text{ cm}$  fest und damit auch die Gegenstandsweite mit  $a = 5 \text{ cm}$ . Gesamtbrennweite  $f = \frac{a}{2} = 2,5 \text{ cm}; f_2 = \frac{f_1 f}{f_1 - f} = \underline{5 \text{ cm}}$

$$898. \text{ a) Für die Gesamtbrennweite } f \text{ gilt } \frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b}; \text{ mit } a =$$

$$= 20 \text{ cm und } b = 5 \text{ cm ist } f = 4 \text{ cm}; f_2 = \frac{f_1 f}{f_1 - f} = \underline{20 \text{ cm}}$$

b) Die Einstellung auf 1 m ergibt die Bildweite

$$b = 5,26 \text{ cm}; a = \frac{bf}{b-f} = \underline{16,70 \text{ cm}}$$

899. Wegen des unveränderten Schwinkels ist  $f = 1,5 \cdot 8 \text{ cm} =$   
 $= 12 \text{ cm}$  und  $f_2 = \frac{f_1 f}{f_1 - f} = \underline{-24 \text{ cm}}$  (Zerstreuungslinse)

900. Für die Bikonvexlinse folgt aus  $\frac{1}{f} = (n-1) \left( \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right)$  mit  $n = 1,5$  die Brennweite  $f_1 = r$  und für die Plankonvexlinse  $f_2 = 2r$ . Die Gesamtbrennweite ergibt sich aus

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{r} + \frac{1}{2r} \text{ zu } f = \underline{\frac{2}{3} r}$$

901. a) Da Bildweite  $b$  und Brennweite  $f_1$  der Augenlinse anatomisch festliegen, gilt

$$\frac{1}{f_1} = \frac{1}{18 \text{ cm}} + \frac{1}{b} \text{ bzw. } \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f'_1} = \frac{1}{25 \text{ cm}} + \frac{1}{b};$$

durch Subtraktion der Gleichungen erhält man  $f'_1 = \underline{-64,3 \text{ cm}}$  oder  $\underline{-1,56 \text{ dpt}}$

b) entsprechend ergibt sich  $f'_2 = \underline{42,9 \text{ cm}}$  oder  $\underline{+2,33 \text{ dpt}}$

902.  $\frac{v_1}{v_2} = \frac{f_2}{f_1} = \frac{1}{2}; f_2 = 4 \text{ cm}; f_{1,2} = \frac{f_1 f_2}{f_1 + f_2} = \underline{2,67 \text{ cm}};$

$$v_1 = \frac{s}{f_1} = \frac{25}{8} = \underline{3,13}; \quad v_2 = \underline{6,25}; \quad v_3 = \underline{9,36}$$

903.  $f = \frac{f_1^2}{2f_1 - e}; \quad e = \underline{7,5 \text{ cm}}$

904.  $\frac{f_1}{m} = \frac{f_1 f_2}{f_1 + f_2 - e}; \quad e = \underline{f_1 + f_2 (1 - m)}$

905. Damit  $f = \infty$ , muß der Nenner der Formel  $f = \frac{f_1 f_2}{f_1 + f_2 - e}$  gleich 0 sein; hieraus  $f_2 = e - f_1 = (5 - 14) \text{ cm} = \underline{-9 \text{ cm}}$

906. Da das Licht in kurzem Abstand zweimal durch dieselbe Linse geht, gilt mit  $a = b = 120 \text{ cm}$  die Abbildungsgleichung

$$\frac{1}{f} + \frac{1}{f} = \frac{1}{120 \text{ cm}} + \frac{1}{120 \text{ cm}}, \text{ woraus sich } f = \underline{120 \text{ cm}} \text{ ergibt.}$$

907. (Bild 354)  $\overline{FL_1} = \frac{(-4 - 6) \text{ cm} \cdot 8 \text{ cm}}{(8 - 4 - 6) \text{ cm}} = \underline{40 \text{ cm}};$

$$\overline{L_2 F'} = \frac{(-4) \text{ cm} (8 - 6) \text{ cm}}{(-2) \text{ cm}} = 4 \text{ cm}; \quad f = \frac{(-4) \text{ cm} \cdot 8 \text{ cm}}{(-2) \text{ cm}} =$$

$$= 16 \text{ cm}; \quad \overline{HL_1} = (40 - 16) \text{ cm} = \underline{24 \text{ cm}};$$

$$\overline{H'L_1} = (16 - 4 - 6) \text{ cm} = \underline{6 \text{ cm}}$$

908. Damit  $H$  links vor  $L_1$  liege, muß gelten  $f < \overline{FL_1} =$

$$= \frac{f_1 (f_2 - e)}{f_1 + f_2 - e}; \text{ hieraus folgt } \underline{f_2 < e - f_1}; \text{ damit } H' \text{ links von}$$

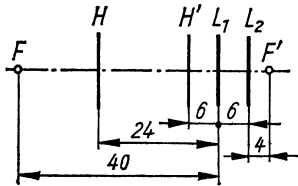


Bild 354

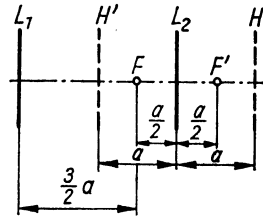


Bild 355

$L_1$  liege, muß gelten  $f > e + \overline{L_2 F'} = e + \frac{f_2(f_1 - e)}{f_1 + f_2 - e}$ ; hieraus folgt  $e < \frac{f_2 e}{f_1 + f_2 - e}$ , und da der Nenner negativ ist,  $ef_1 + ef_2 - e^2 > ef_2$ , woraus  $f_1 > e$

909. Aus den beiden Gleichungen  $5 \text{ cm} = \frac{f_1 f_2}{f_1 + f_2 - 2 \text{ cm}}$  und  $8 \text{ cm} = \frac{f_1 f_2}{f_1 + f_2 - 8 \text{ cm}}$  erhält man  $f_1 = \underline{10 \text{ cm}}$  und  $f_2 = \underline{8 \text{ cm}}$

910. (Bild 355) Abstand des linken Brennpunktes  $F$  von Linse  $L_1$ :

$$\overline{FL_1} = \frac{3a(a-2a)}{3a+a-2a} = -\frac{3a}{2}$$

(d. h. rechts von  $L_1$ ); Abstand des rechten Brennpunktes  $F'$  von der rechten Linse:

$$\overline{F'L_2} = \frac{a(3a-2a)}{3a+a-2a} = \frac{a}{2} \quad (\text{d. h. rechts von } L_2);$$

$$f = \frac{3a \cdot a}{3a+a-2a} = \underline{\frac{3a}{2}}; \text{ die zu } F' \text{ gehörige Hauptebene } H'$$

liegt in der Mitte zwischen  $L_1$  und  $L_2$ , die zu  $F$  gehörige Hauptebene  $H$  liegt rechts von  $L_2$  im Abstand  $a$ .

911. a)  $\Delta s_1 = \frac{5\lambda_1}{2} = 2nd - \frac{\lambda_1}{2}; \quad \lambda_1 = \frac{2nd}{3} = \underline{674,9 \text{ nm}};$

$$\lambda_2 = \underline{506,3 \text{ nm}}; \quad \lambda_3 = \underline{405,0 \text{ nm}}$$

- b)  $\Delta s_1 = 3\lambda_1 = 2nd - \frac{\lambda_1}{2}; \quad \lambda_1 = \frac{4nd}{7} = \underline{578,6 \text{ nm}};$

$$\lambda_2 = \underline{450 \text{ nm}}$$

**912.** Die Strahlen sind in  $D$  und  $B$  phasengleich. Der geometrische Umweg von Strahl 1 ist  $s_0 = \overline{DF} + \overline{FB} = \overline{DF} + \overline{AF} = 2\overline{AF} - \overline{AD}$ ;  $\overline{AD} = 2\overline{AE}$ ;  $s_0 = 2(\overline{AF} - \overline{AE}) = 2\overline{EF} = 2d \cos \beta$ ; opt. Umweg  $s_1 = 2nd \cos \beta$ ; mit dem Phasensprung von Strahl 2 bei  $B$  ist  $\Delta s = 2nd \cos \beta - \frac{\lambda}{2}$ .

**913. a)** Mit  $\cos \beta = \sqrt{1 - \sin^2 \beta}$  und  $\sin \alpha = n \sin \beta$  wird

$$\Delta s = 2d \sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha} - \frac{\lambda}{2}$$

b) Für  $\alpha = 0^\circ$  ist  $\Delta s_1 = 1500 \text{ nm} - \frac{\lambda}{2}$ ; für  $\alpha = 90^\circ$  ist  $\Delta s_2 = 1118 \text{ nm} - \frac{\lambda}{2}$ ;  $\Delta s_1 - \Delta s_2 = \underline{382 \text{ nm}}$

**914. a)**  $d = \frac{k\lambda}{4n}$ ; für  $k = 1$  ist  $d = 101,85 \text{ nm}$ ;

b)  $\Delta s = 2nd$ ;  $400:360^\circ = 2nd:\varphi_v$ ;  $\varphi_v = \underline{247,5^\circ}$ ;  
 $\varphi_r = \underline{141,4^\circ}$

**915.** Mit Hilfe des Spiegelbildes  $S'$  von  $S$  findet man den geometrischen Wegunterschied

$$\begin{aligned} s_2 - s_1 &= \sqrt{a^2 + (y+d)^2} - \sqrt{a^2 + (y-d)^2} \approx \\ &\approx a \left\{ 1 + \frac{(y+d)^2}{2a^2} - \left[ 1 + \frac{(y-d)^2}{2a^2} \right] \right\} = \frac{2yd}{a}; \end{aligned}$$

unter Berücksichtigung des Phasensprungs bei der Reflexion gilt für das 1. Minimum  $\frac{2dy}{a} + \frac{\lambda}{2} = \frac{3\lambda}{2}$  und hiernach  $y = \underline{\frac{\lambda a}{2d}}$

**916.** Optischer Weg von Strahl 3:  $2nd + \frac{\lambda}{2} = 6d$ ; Auslöschung:

$$2nd = \frac{\lambda}{2};$$

a) Einsetzen ergibt  $n = \underline{1,5}$

$$\text{b) } d = \frac{\lambda}{6}$$

c) Wegen des Gangunterschiedes 0 erfolgt Verstärkung.

**917. a)** Strahl 3 hat die optische Weglänge  $4nd + 2d$ ;

$$\Delta s = 4nd + 2d - \frac{\lambda}{2} = \underline{\underline{2d(2n+1) - \frac{\lambda}{2}}}$$

$$\text{b) } \frac{\lambda}{2} = 4nd + 2a - \frac{\lambda}{2}; \quad a = \frac{\lambda}{2} - 2nd$$

$$\text{918. a) } \Delta s = nd - d = d(n - 1) = 2 \cdot 10^{-6} \text{ m} \cdot 0,45 = \\ = 900 \text{ nm} = \underline{1,8 \lambda}$$

$$\text{b) } d = \frac{\lambda}{4(n-1)} = \underline{278 \text{ nm}}$$

919. Der Gangunterschied ist einerseits  $\Delta s = z\lambda$  und andererseits gleich der Differenz der optischen Weglängen  $\Delta s = l(n_G - n_L)$ ; durch Gleichsetzen wird  $n_G = \frac{z\lambda}{l} + n_L = 1,50 \cdot 10^{-4} + 1,000292 = \underline{1,000442}$  (Methan).

920. Für den  $k$ -ten dunklen Ring gilt als Beziehung  $nd = \frac{k\lambda}{2}$  mit

$$d = \frac{a_k^2}{2r}; \quad a_k = \sqrt{\frac{k r \lambda}{n}} = \frac{a_{\text{vak}}}{\sqrt{n}} = \underline{2,23 \text{ cm}}$$

921. Der Luftspalt hat die Dicke  $d_2 - d_1 = \frac{a^2}{2r_2} - \frac{a^2}{2r_1}$ ; für den

1. dunklen Ring gilt daher  $\lambda = a^2 \left( \frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1} \right)$ ; wegen

$$r_1 \approx r_2 \text{ ist dann } \lambda = \frac{a^2 \Delta r}{r^2} \text{ und } \Delta r = \frac{r^2 \lambda}{a^2} = \underline{0,24 \text{ mm}}$$

$$\text{922. a) } \lambda = \frac{a^2}{5r} = \underline{481 \text{ nm}} \quad \text{b) } k = \frac{(2a)^2}{\lambda r} = \frac{4a^2 \cdot 5r}{a^2 r} = \underline{20}$$

923. In der unmittelbaren Umgebung der Berührungsstelle der Linse kann die Dicke der Luftschicht vernachlässigt werden. Der Phasensprung an der ebenen Glasplatte bewirkt hier vollständige Auslöschung.

924. Der Lichtweg über  $S_1$  ist  $s_1 = \sqrt{a^2 + r^2} + \sqrt{b^2 + r^2} =$

$$= a \sqrt{1 + \frac{r^2}{a^2}} + b \sqrt{1 + \frac{r^2}{b^2}}; \text{ da } r \ll a \text{ bzw. } b \text{ ist, kann ge-}$$

schrieben werden  $s_1 = a \left( 1 + \frac{r^2}{2a^2} \right) + b \left( 1 + \frac{r^2}{2b^2} \right) = a + b + \frac{r^2}{2} \left( \frac{1}{a} + \frac{1}{b} \right)$ . Mit dem direkten Lichtweg  $s_0 = a + b$  und

unter Berücksichtigung des Phasensprungs bei  $S_1$  ist  $\Delta s = \frac{r^2}{2} \left( \frac{1}{a} + \frac{1}{b} \right) + \frac{\lambda}{2}$ ; für die Maxima gilt

$$\Delta s = k\lambda \quad (k = 1, 2, \dots) \text{ und daher } \underline{\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{\lambda}{r^2} (2k - 1)}$$

$$925. \sin \alpha \approx \tan \alpha; \quad \frac{3\lambda}{d} = \frac{a}{f}; \quad f = \frac{ad}{3\lambda} = \underline{25 \text{ cm}}$$

$$926. \text{Rechnet man den Radius bis zum 1. Minimum, so gilt}$$

$$\sin \alpha = \frac{1,22 \lambda}{d}; \quad \text{mit } \sin \alpha \approx \alpha \text{ wird } r = \alpha f = \frac{1,22 \lambda f}{d} =$$

$$= \underline{0,002 \text{ mm}}$$

$$927. \sin \alpha_1 = \frac{\lambda}{g} = 0,4602; \quad \sin \alpha_2 = \frac{2\lambda}{g} = 2 \cdot 0,4602 = 0,9204;$$

$$\Delta \alpha = \underline{67,0^\circ}$$

$$928. \text{Gitterkonstante } g = \frac{10^{-3} \text{ m}}{800} = 1250 \text{ nm}; \quad \sin \alpha_1 = \frac{\lambda_1}{g} =$$

$$= 0,56; \quad \alpha_1 = 34,1^\circ; \quad \sin \alpha_2 = \frac{\lambda_2}{g} = 0,32; \quad \alpha_2 = 18,7^\circ;$$

$$\Delta \alpha = \underline{15,4^\circ}$$

$$929. \sin \alpha = \frac{2 \cdot 700 \cdot 10^{-9}}{g} > \frac{3 \cdot 400 \cdot 10^{-9}}{g}$$

$$930. \sin \alpha \approx \tan \alpha; \quad \frac{\lambda_1}{g} = \frac{a_1}{f} \quad (a_1 \text{ seitlicher Abstand des Maxi-}$$

$$\text{mums 1. Ordnung vom Max. 0. Ordnung); } a_1 = \frac{f\lambda_1}{g};$$

$$a_2 = \frac{f\lambda_2}{g}; \quad g = \frac{f(\lambda_1 - \lambda_2)}{a_1 - a_2} = \underline{0,01 \text{ mm}}$$

$$931. x:25 \text{ cm} = 3,48:384; \quad x = 0,23 \text{ cm} = \underline{2,3 \text{ mm}}$$

$$932. \varepsilon h = 12 \text{ cm}; \quad h = \frac{12 \text{ cm} \cdot 60 \cdot 360}{32 \cdot 2\pi} = 1289 \text{ cm} \approx \underline{13 \text{ m}}$$

933. a) Die noch getrennt abgebildeten Punkte erscheinen im Abstand  $s$  unter dem Winkel  $\varepsilon_0 = \frac{g}{s} = \frac{\lambda}{2sA}$  bzw. nach Umrechnung in Minuten

$$\varepsilon_0 = \frac{180 \cdot 60 \lambda}{A \cdot 2 \cdot 250\pi} = \frac{6,88 \lambda}{A}; \quad v = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_0} = \frac{\varepsilon A}{6,88 \lambda}$$

$$\text{b) } v = \frac{2 \cdot 1,4}{6,88 \cdot 550 \cdot 10^{-6}} = \underline{740}$$

$$934. v = \frac{\varepsilon_{\text{mit Instr.}}}{\varepsilon_0 \text{ ohne Instr.}} = \frac{\varepsilon s}{g}; \quad g = \frac{\varepsilon s}{v} = \frac{2\pi \cdot 0,25 \text{ m}}{180 \cdot 60 \cdot 500} = \underline{291 \text{ nm}}$$

$$935. \frac{I_1}{r_1^2} = \frac{I_2}{r_2^2}; \quad I_2 = \underline{14,4 \text{ cd}}$$



936.  $\frac{I_1}{r_1^2} = \frac{I_2}{(r - r_1)^2}$ ; der Abstand der Lampe  $L_1$  vom Schirm beträgt  $r_1 = \underline{0,57 \text{ m}}$

937. a)  $I = Er^2 = \underline{250 \text{ cd}}$  b)  $\Phi = 4\pi I = \underline{3140 \text{ lm}}$

938.  $E_2 = \frac{E_1 r_1^2}{r_2^2} = \underline{21,3 \text{ lx}}$

939. Raumwinkel  $\omega = \frac{A}{r^2} = 0,0104 \text{ sr}$ ;  $\Phi = I\omega = \underline{0,832 \text{ lm}}$

940.  $I = Er^2 = \underline{14400 \text{ cd}}$ ;  $\Phi = I\omega = \frac{IA}{r^2} = \underline{28,3 \text{ lm}}$

941.  $I_1 \cos(45^\circ - \alpha) = I_2 \cos(45^\circ + \alpha)$ ; nach Anwendung des Additionstheorems und Einsetzen der Zahlenwerte wird

$\frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \tan \alpha = 0,6$ ;  $\alpha = \underline{31^\circ}$  nach Richtung von  $I_1$ ; mit

$r = 0,9 \text{ m} \cdot \sqrt{2} = 1,273 \text{ m}$  wird  $E = \frac{2I_1 \cos 14^\circ}{r^2} = \underline{24 \text{ lx}}$

942. a)  $I = \frac{5000 \text{ lm}}{4\pi} = 397,9 \text{ cd}$ ;  $E = \frac{I}{r^2} = \underline{6,22 \text{ lx}}$

b) (Bild 356)  $r' = \sqrt{(64 + 36) \text{ m}^2} = 10 \text{ m}$ ;

$E = \frac{I \cos \alpha}{r'^2} = \frac{Ih}{r'^3} = \underline{3,18 \text{ lx}}$

943.  $r = \sqrt{(1,8^2 + 1^2) \text{ m}^2} = 2,06 \text{ m}$ ;  $\cos \alpha = \frac{h}{r}$ ;

$E = \frac{I \cos \alpha}{r^2} = \frac{Ih}{r^3} = \underline{29,2 \text{ lx}}$

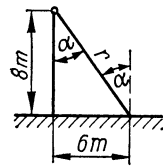


Bild 356

944.  $r = \sqrt{(2,5^2 + 1,2^2) \text{ m}^2} = 2,77 \text{ m}$ ;  $\cos \alpha = \frac{h}{r}$ ;

$I = \frac{Er^2}{\cos \alpha} = \frac{Er^3}{h} = \underline{680 \text{ cd}}$

945. a)  $E = \frac{I}{h^2} = \underline{37,5 \text{ lx}}$  b)  $E = \frac{I}{r^2} \cos \alpha = \frac{Ih}{\sqrt{(h^2 + x^2)^3}}$ ;

mit  $E = 20 \text{ lx}$  folgt daraus  $x = \underline{1,44 \text{ m}}$

946. Die Beleuchtungsstärken beider Lampen müssen gleich

$$\text{groß sein, so daß } \frac{I_1 x}{\frac{\sqrt{a^2 + x^2}}{a^2 + x^2}} = \frac{I_2 x}{\frac{\sqrt{b^2 + x^2}}{b^2 + x^2}}; \quad x = \underline{1,5 \text{ m}}$$

$$947. \Phi = I\omega; \quad \omega \approx \frac{r_2^2 \pi}{r_1^2}; \quad \Phi = \underline{10,3 \text{ lm}}$$

$$948. I_2 = \frac{I_1 e_2^2}{e_1^2} = \frac{65 \text{ cd} \cdot 3,2^2 \text{ m}^2}{1,8 \text{ m}^3} = \underline{205,4 \text{ cd}}$$

$$949. \text{ Mit } I = L\pi r^2 \text{ wird } E = \frac{I}{r^2} = L\pi = \underline{628,3 \text{ lx}}$$

950. (Bild 357) Der Kondensator erfaßt den Lichtstrom  $\Phi' = \frac{\Phi A}{4\pi r^2}$ , wobei  $r = \sqrt{(5^2 + 12^2)} \text{ cm} = 13 \text{ cm}$  und  $A$  die Oberfläche der Kugelkappe der Höhe  $h = (13 - 12) \text{ cm} = 1 \text{ cm}$  ist. Wegen des Reflektors ist  $\Phi'' = \frac{2\Phi 2\pi r h}{4\pi r^2} = 230,8 \text{ lm}$ ; Gegenstandsweite ist nach Abbildungsgleichung  $a = 0,258 \text{ m}$ , Radius der ausgeleuchteten Fläche  $R = 1,55 \text{ m}$ ; ausgeleuchtete Fläche am Bildschirm  $A' = \pi R^2 = 7,55 \text{ m}^2$ ; Beleuchtungsstärke  $E = \frac{\Phi''}{A'} = \underline{30,6 \text{ lx}}$

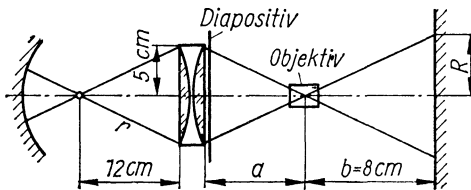


Bild 357

$$951. I = 0,2 \text{ cd/cm}^2 \cdot 120 \text{ cm} \cdot 5 \text{ cm} = \underline{120 \text{ cd}}$$

$$952. \text{ a) } I_2 = \frac{I_1 e_2^2}{e_1^2} = \frac{45 \text{ cd} \cdot 110^2 \text{ cm}^2}{75^2 \text{ cm}^2} = 96,8 \text{ cd}$$

$$\text{ b) } L = \frac{I_2}{A} = \frac{96,8 \text{ cd}}{0,06 \text{ cm}^2} = \underline{1613 \text{ sb}}$$

953. Mit der bestrahlten Fläche  $A = 4\pi r^2$  wird

$$L = \frac{\Phi}{\pi A} = \frac{\Phi}{4\pi^2 r^2} = \underline{0,99 \text{ sb}}$$

954.  $I_L = L_L \pi r^2$ ;  $L_F = \frac{I_L}{\pi a^2} = \frac{L_L r^2}{a^2} = \underline{0,0102 \text{ sb}}$

955.  $L = \frac{\Phi}{\pi A} = \frac{\Phi}{\pi \cdot 4\pi r^2}$ ;  $r = \sqrt{\frac{\Phi}{L \cdot 4\pi^2}} = 12,43 \text{ cm}$ ;  $d = \underline{24,9 \text{ cm}}$

956. Unter der Annahme, daß die Fläche von einer in der Entfernung  $r$  befindlichen Lichtquelle bestrahlt wird, hat diese die Lichtstärke  $I' = Er^2$ ; dann ist

$$L = \frac{I'}{\pi r^2} = \frac{E}{\pi} = \frac{2000 \text{ cd}}{\text{m}^2} = \underline{0,067 \text{ sb}}; \quad I_F = LA = \underline{3,2 \text{ cd}}$$

957. Lichtstärke der Sonne  $I_{\text{So}} = E_{\text{So}}' r_{\text{So}}^2$ , Leuchtdichte des Mondes  $L_{\text{Mo}} = \frac{\eta I_{\text{So}}}{\pi r_{\text{So}}^2}$ ; Lichtstärke des Mondes  $I_{\text{Mo}} = L_{\text{Mo}} A_{\text{Mo}}$ ;

Beleuchtungsstärke der Erde

$$E_{\text{Mo}} = \frac{I_{\text{Mo}}}{r_{\text{Mo}}^2} = \frac{\eta E_{\text{So}}' r_{\text{So}}^2 A_{\text{Mo}}}{r_{\text{Mo}}^2 \pi r_{\text{So}}^2} = \underline{0,15 \text{ lx}}$$

958. Nach Aufg. 956 ist die Leuchtdichte des Hintergrundes

$$L = \frac{E}{\pi} \text{ und die Lichtstärke der Lampe } I = L\pi r^2 = Er^2 = \underline{20 \text{ cd}}$$

959. a)  $E = (50 \cdot 7) \text{ lx} = \underline{350 \text{ lx}}$

b)  $\Phi = EA = \underline{14455 \text{ lm}}$

c)  $L = \frac{0,75}{A\pi} = \underline{0,00836 \text{ sb}}$

960. Die Lichtstärke des Mondes ist  $I = LA$ , wobei  $A = \pi r^2$  ( $r$  Mondradius); sie ergibt die Beleuchtungsstärke  $E_1 = \frac{I}{R^2}$  ( $R$  Mondabstand), so daß  $\frac{L\pi r^2}{R^2} = \frac{I}{x^2}$  ist;  
 $\frac{r}{R} = \sin 15,5' = 0,004509$ ;  $x = \underline{19,4 \text{ m}}$

## 5. Elektrizitätslehre

$$961. R = \frac{\rho l}{A}; U = IR = \frac{6 \text{ A} \cdot 0,0178 \Omega \text{ mm}^2/\text{m} \cdot 0,5 \text{ m}}{0,7854 \text{ mm}^2} = \underline{0,068 \text{ V}}$$

$$962. I = \frac{UA}{\rho l} = \frac{0,23 \text{ V} \cdot 70 \text{ mm}^2}{0,0178 \text{ V/A} \cdot \text{mm}^2/\text{m} \cdot 6 \text{ m}} = \underline{150,7 \text{ A}}$$

$$963. I = \frac{U}{R_1} = \frac{2 \text{ V}}{0,05 \text{ V/A}} = \underline{40 \text{ A}}$$

$$964. I = \frac{U}{R_1} = \frac{1 \text{ A}}{30000 \text{ V/A}} = \underline{33 \mu\text{A}}$$

$$965. U = IR = 0,00045 \text{ A} \cdot 3000 \text{ V/A} = 1,35 \text{ V}; U_1 = \frac{U \Delta l}{l} = \\ = \frac{1,35 \text{ V} \cdot 5 \text{ cm}}{8 \text{ cm}} = \underline{0,84 \text{ V}}$$

$$966. R = \frac{\rho N l}{A} = \frac{0,0178 \Omega \text{ mm}^2/\text{m} \cdot 40000 \cdot 0,082 \text{ m}}{0,1964 \text{ mm}^2} = \underline{297,3 \Omega};$$

$$I = \frac{U}{R} = \underline{0,202 \text{ A}}$$

967. Da sich die Stromstärken umgekehrt wie die Drahtlängen verhalten, ist  $\frac{I_1}{I_2} = \frac{l - 10 \text{ m}}{l}$  und  $l = \underline{770 \text{ m}}$

968. Die Länge wird 10mal so groß und wegen  $V = IA$  der Querschnitt nur 1 Zehntel, so daß der Widerstand 100mal so groß wird.

969. Drahtlänge  $l = \pi d_1 N$ ; Drahtdicke  $d_2 = \frac{l}{N}$ ;

$$\text{Drahtquerschnitt } A = \frac{\pi d_2^2}{4} = \frac{\pi \left(\frac{l}{N}\right)^2}{4};$$

$$R = \frac{\rho l}{A} = \frac{\rho \pi d_1 N \cdot 4N^2}{\pi l^2};$$

$$N = \sqrt[3]{\frac{400 \Omega \cdot 0,32^2 \text{ m}^2 \cdot 10^6 \text{ mm}^2/\text{m}^2}{4 \cdot 0,5 \Omega \text{ mm}^2/\text{m} \cdot 0,04 \text{ m}}} = \underline{800 \text{ Windungen}};$$

$$d_2 = \frac{l}{N} = \underline{0,4 \text{ mm}}$$

970. a)  $A = 19,64 \text{ mm}^2$ ;  $U = IR = \frac{2I\rho l}{A} = \underline{29 \text{ V}}$

b) 69,5 V

971.  $R = 4,046 \ \Omega$ ; Spannungsverlust der Leitung  $U_1 = I_1R = 20,23 \text{ V}$ ;  $U_2 = I_2R = 40,46 \text{ V}$ ;  $U = (189,8 + 20,23 - 40,46) \text{ V} = \underline{169,6 \text{ V}}$

972. (Bild 358) Gesamter Kupferquerschnitt  $A' = 0,65 \cdot 60,4 \text{ mm} \cdot 4 \text{ mm} = 157,04 \text{ mm}^2$ ; Drahtquerschnitt  $A = \frac{A'}{N}$ ; mittlere Länge einer Win-

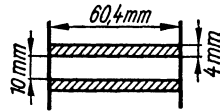


Bild 358

dung  $l_m = \pi d_m$ , wobei  $d_m = 14 \text{ mm}$ ;  $R = \frac{\rho\pi d_m N^2}{A'}$ ;

$$N = \sqrt{\frac{157,04 \text{ mm}^2 \cdot 1961 \ \Omega}{0,0175 \ \Omega \text{ mm}^2/\text{m} \cdot \pi \cdot 0,014 \text{ m}}} = \underline{20000}$$

$A = 0,007852 \text{ mm}^2$ ;  $d = \underline{0,1 \text{ mm}}$

973. Mittlere Länge einer Windung  $l_m = \pi d_m = \pi(d_1 + h)$ ;

$$R = \frac{\rho l}{A} = \frac{\rho\pi(d_1 + h)N}{A}; \quad h = \frac{RA}{\rho\pi N} - d_1 = 0,018 \text{ m} = \underline{18 \text{ mm}}$$

aus  $\frac{0,6hb}{N} = A$  wird  $b = \underline{43,6 \text{ mm}}$

974. Leitungswiderstand  $R_L = 3,23 \ \Omega$ ;  $I = \frac{U}{R/3 + R_L} = 2,644 \text{ A}$ ;  $U_k = U - IR_L = \underline{211,46 \text{ V}}$ ; nach Abschalten einer Lampe ist  $I_1 = \frac{U}{R/2 + R_L} = 1,785 \text{ A}$ ;  $U_k' = U - I_1R_L = 214,23 \text{ V}$ ;  $\Delta U_1 = \underline{2,77 \text{ V}}$ ; nach Abschalten von 2 Lampen ist  $I_2 = 0,904 \text{ A}$ ;  $U_k'' = 217,08 \text{ V}$ ;  $\Delta U_2 = \underline{5,62 \text{ V}}$

975.  $E = U_k + IR_1$ ;  $R_1 = \frac{E - U_k}{I}$ ;  $R_1 = \underline{0,02 \ \Omega}$ ;

$U_k' = E - I_2R_1 = \underline{5,8 \text{ V}}$

976. Aus den Gleichungen  $U_{k1} = E - I_1R_1$  und  $U_{k2} = E - I_2R_1$  ergeben sich  $R_1 = \underline{0,023 \ \Omega}$  und  $E = \underline{24,88 \text{ V}}$

977. Leitungswiderstand  $R = \frac{2\rho l}{A} = 0,474 \Omega$ ; Spannungsabfall in der Leitung  $U_V = IR = 5,69 \text{ V}$ ; Klemmenspannung  $U_k = U - U_V = \underline{218,31 \text{ V}}$

978. a)  $U_k = E - IR_i = \underline{5,85 \text{ V}}$       b)  $\underline{4,7 \text{ V}}$

979.  $I_1 = \frac{U_{k1}}{R_{a1}} = 0,259 \text{ A}$ ;     $I_2 = \frac{U_{k2}}{R_{a2}} = \underline{0,478 \text{ A}}$ ;

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_i + R_{a1}}{R_i + R_{a2}}; \quad R_i = \underline{0,46 \Omega}; \quad E = I_1 (R_i + R_{a1}) = \underline{4,52 \text{ V}}$$

980. Leitungswiderstand  $R_L = 3,626 \Omega$ ; Verbraucherwiderstand  $R_V = 11,7 \Omega$ ;  $I = \frac{E}{R_L + R_V + R_i} = 7,83 \text{ A}$ ;  $I_{20} = 4,57 \text{ A}$ ;  $I_{28} = 3,26 \text{ A}$ ; Klemmenspannung an den Verbrauchern  $U_{kV} = IR_V = \underline{91,35 \text{ V}}$ ; am Generator  $U_{kG} = E - IR_i = \underline{119,69 \text{ V}}$

981. Die Maschenregel ergibt  $2E = 5IR$ ;  $I = \frac{2E}{5R}$ ;

$$U_{AB} = 2E - \frac{2E}{5R} \cdot 2R = \underline{\frac{6}{5}E}$$

982.  $I_1 = \frac{U_{AB}}{R_1} = \underline{1,625 \text{ A}}$ ;     $I_2 = \underline{1,182 \text{ A}}$ ;     $I_3 = \underline{0,867 \text{ A}}$

983.  $I_1 = \underline{1 \text{ A}}$ ;     $I_2 = \underline{2,5 \text{ A}}$ ;     $I_3 = I_4 = \underline{0,5 \text{ A}}$

984. Gesamtwiderstand  $R_g = \frac{R}{4} + R_{V1}$ ;  $I_1 = \frac{E}{R/4 + R_{V1}}$ ;  
nach Ausfall einer Lampe darf die Stromstärke nur noch  $I_2 = \frac{3I_1}{4} = \frac{3E}{R + 4R_{V1}} = \frac{E}{R/3 + R_{V2}}$  betragen, hieraus wird  $R_{V2} = \frac{4R_{V1}}{3} = \underline{12 \Omega}$

985. a)  $R = \frac{U}{I} - R_i = \underline{97 \Omega}$     b)  $\underline{330 \Omega}$     c)  $\underline{3330 \Omega}$

986.  $\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_1 + R_2}{R_1 + R_1}$ ;     $R_1 = \frac{I_2 R_2 - I_1 R_1}{I_1 - I_2} = \underline{2,55 \Omega}$ ;  
 $U = I_1 (R_1 + R_1) = \underline{4,5 \text{ V}}$

987.  $R_2 = \frac{R_g R_1}{R_1 - R_g} = \underline{656,25 \Omega}$

988. Ersatzwiderstand der linken Vierergruppe

$$R_I = \frac{3R \cdot R}{3R + R} = 2,25 \Omega; \quad R_{AB} = \frac{(R_I + 2R) R}{R_I + 3R} = \underline{2,2 \Omega}$$

989. Von links nach rechts fortschreitend, erhält man schrittweise

$$R_I = \frac{R_1 \cdot R_I}{R_1 + R_I} = 1,5 \Omega; \quad R_{II} = \frac{R_I \cdot R_2}{R_I + R_2} = 1,857 \Omega;$$

$$R_{AB} = \frac{R_{III} \cdot R_3}{R_{III} + R_3} = \underline{1,15 \Omega}$$

990.  $\frac{\left(\frac{R_2 R_x}{R_2 + R_x} + R_3\right) R_1}{R_1 + R_3 + \frac{R_2 R_x}{R_2 + R_x}} = R_{AB}; \quad R_x = \underline{5 \Omega}$

991. Für  $R_x = 0$  wird  $R'_{AB} = \frac{R_1 R_3}{R_1 + R_3} = \underline{6,67 \Omega}; \quad \text{für } R_x \rightarrow \infty$

wird  $R''_{AB} = \frac{R_1 (R_2 + R_3)}{R_1 + R_2 + R_3} = \underline{7,5 \Omega}$

992.  $\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{R_1}{5}; \quad \frac{R_1}{R_2} = \underline{4}$

993.  $R_1 + R_2 = \frac{6R_1 R_2}{R_1 + R_2}; \quad \text{mit } \frac{R_1}{R_2} = a \text{ ergibt sich } a = 2 \pm \sqrt{3};$

$R_1 : R_2 = \underline{3,732 : 1}$  oder  $\underline{0,268 : 1}$

994.  $l = 2 \left( l - 2x + \frac{x}{2} \right); \quad x = \underline{\frac{l}{3}}$

995.  $R' = \frac{\frac{R}{4} \cdot \frac{3R}{4}}{R} = \underline{\frac{3R}{16}}$

996. Werden die Rechteckseiten mit  $a$  und  $b$  bezeichnet, so gilt

für die Widerstände  $\frac{(2a + b)b}{2a + 2b} = \frac{2a + 2b}{8}$ , woraus sich

$a : b = \underline{1 : 2,41}$  ergibt.

997.  $R_g = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \underline{142,86 \Omega}$ ; mit dem Kleinst- bzw. Größtwert ergibt sich  $R_{gu} = 128,57 \Omega$  bzw.  $R_{go} = 157,14 \Omega$ , so daß mit einer Toleranz von  $\pm 14,3 \Omega$  gerechnet werden muß.

$$998. \frac{\frac{R_1}{2} \cdot \frac{R_2}{2}}{\frac{R_1}{2} + \frac{R_2}{2}} = \frac{\frac{14 R_1}{20} \cdot \frac{x R_2}{20}}{\frac{14 R_1}{20} + \frac{x R_2}{20}}; \quad x = \frac{280 R_1}{8 R_2 + 28 R_1} = 5,8 \text{ cm};$$

der Abgriff muß um 4,2 cm nach links verschoben werden.

$$999. \quad I_1 = \frac{U_1}{R \cdot x}; \quad I = I_2 + \frac{U_1}{R \cdot x}; \quad U - U_1 = \left( I_2 + \frac{U_1}{R \cdot x} \right) R (1 - x);$$

$$x = \underline{0,527}; \quad I_1 = \underline{0,076 \text{ A}}; \quad I = \underline{0,226 \text{ A}}$$

$$1000. \quad I_1 : (I - I_1) = R : R_1; \quad R = \frac{I_1 R_1}{I - I_1};$$

$$\text{a) } \underline{0,333 \Omega} \quad \text{b) } \underline{0,061 \Omega} \quad \text{c) } \underline{0,006 \Omega}$$

1001.  $(I - I_1) : I_1 = R_1 : R$ ; die Meßbereichserweiterung entspricht dem Verhältnis  $\frac{I}{I_1} = \frac{R_1}{R} + 1$ ; a) 6 b) 80 c) 250

$$1002. \quad R = \frac{I_1 R_1}{I - I_1} = \underline{126 \Omega}$$

$$1003. \quad \text{Aus } R = \frac{I_1 R_1}{I - I_1} \text{ wird } R_1 = \frac{R(I - I_1)}{I_1} = \underline{2 \Omega}$$

$$1004. \quad I = \frac{P}{U} = 0,32 \text{ A}; \quad x = \frac{6 \text{ A}}{0,32 \text{ A}} = 18,75; \quad \underline{18 \text{ Lampen}}$$

$$1005. \quad R = \frac{U^2}{P} = 484 \Omega; \quad P' = \frac{U_2^2}{R} = \underline{74,6 \text{ W}}$$

$$1006. \quad I = \frac{P}{U_1} = 6,8 \text{ A}; \quad \text{Leistung des Vorschaltwiderstandes}$$

$$P_v = I(U - U_1) = \underline{646 \text{ W}}$$

$$1007. \quad P = \frac{117^2 / \text{min} \cdot 60 \text{ min/h}}{1800^2 / \text{kWh}} = \underline{3,9 \text{ kW}}$$

1008. Mit den Einzelleistungen  $P_1' = \frac{U^2}{R_1}$  und  $P_2' = \frac{U^2}{R_2}$  ist in Parallelschaltung  $P_2 = P_1' + P_2'$  und in Reihenschal-



tung  $P_1 = \frac{U^2}{R_1 + R_2} = \frac{P_1' P_2'}{P_2}$ ; das ergibt die quadratische Gleichung  $P_1'^2 - P_1' P_2 = -P_1 P_2$  mit den Lösungen  $P_1' = \underline{199 \text{ W}}$  bzw.  $\underline{401 \text{ W}}$  sowie  $P_2' = \underline{401 \text{ W}}$  bzw.  $\underline{199 \text{ W}}$

1009. Der Ansatz  $\frac{U^2 (R_1 + R_2)}{R_1 R_2} = \frac{6U^2}{R_1 + R_2}$  liefert eine quadratische Gleichung mit  $R_1 = \underline{3,7321 R_2}$  bzw.  $\underline{0,2679 R_2}$

$$1010. \frac{U^2}{R_1} : \frac{U^2}{R_2} = \frac{1}{1} : \frac{1}{5,83} = \underline{1 : 0,172} = \underline{5,83 : 1}$$

$$1011. R_1 = \frac{U_1^2}{P_1} = 390,63 \Omega; R_2 = 156,25 \Omega; I = \frac{U_2}{R_1 + R_2} = 0,4023 \text{ A}; P_1' = I^2 R_1 = \underline{63,22 \text{ W}}; P_2' = \underline{25,29 \text{ W}}$$

$$1012. I = \frac{P_1}{U_1} = 1,5 \text{ A}; R_H = \frac{(U - U_1)}{I} = 144 \Omega; R_L = \frac{U_1}{I} = 2,667 \Omega; P_{220} = \frac{U^2}{R_H} = 336 \text{ W}; P_{216} = \frac{(U - U_1)^2}{R_H} = \underline{324 \text{ W}}$$

$$1013. Q_1 = \frac{P_1 t_1}{U} = \frac{2 \cdot 32 \text{ W} \cdot 2,5 \text{ h}}{6,3 \text{ V}} = 25,4 \text{ Ah}; Q_2 = \frac{P_2 t_2}{U} = 18,6 \text{ Ah}; Q = (75 - 44) \text{ Ah} = \underline{31 \text{ Ah}}$$

$$1014. R = \frac{2 \varrho l}{A} = 0,7083 \Omega; I = \frac{25000 \text{ W}}{450 \text{ V}} = 55,56 \text{ A}; P = I^2 R = 2186,5 \text{ W}; \frac{2,187 \text{ kW} \cdot 100}{25 \text{ kW}} = \underline{8,7\%}$$

1015. Zulässiger Verlust  $P_V = 25 \text{ kW} \cdot 0,05 = 1,25 \text{ kW}$ ;

$$R = \frac{P_V}{I^2} = 0,405 \Omega; A = \frac{2 \varrho l}{R} = 21,975 \text{ mm}^2; d = \underline{5,3 \text{ mm}}$$

1016. Aus  $P(1 - 0,18) = \frac{U^2 (1 - x)^2}{R}$  bzw.  $0,82 = (x - 1)^2$  ergibt sich die Unterspannung  $x = 0,0945 = \underline{9,45\%}$ ; um ebensoviel geht auch der Strom zurück.

1017. Die Leitung hat den Widerstand  $R = 0,2373 \Omega$ ; Strom

$$I = \frac{U}{R} = 10,54 \text{ A}; \quad P = (U - \Delta U) I = \underline{2,29 \text{ kW}}$$

1018.  $\frac{(U + \Delta U)^2}{R} - \frac{U^2}{R} = \Delta P$ ;  $U = \frac{\Delta P R - \Delta U^2}{2 \Delta U} = \underline{220 \text{ V}}$ ;

$$P = \frac{U^2}{R} = \underline{3,23 \text{ kW}}$$

1019.  $R_2 = 0,9 R_1$ ;  $P_2 = \frac{U^2}{0,9 R_1} = \frac{P_1}{0,9} = \underline{444 \text{ W}}$ ;  $I_1 = 1,82 \text{ A}$ ;

$$I_2 = 2,02 \text{ A}; \quad \Delta I = \underline{+0,2 \text{ A}}; \quad \Delta P = \underline{+44 \text{ W}}$$

1020.  $W = I^2 t (R_1 - R_2) = I^2 t \rho l \left( \frac{1}{A_1} - \frac{1}{A_2} \right) = \underline{35,1 \text{ kWh}}$

1021.  $P_{\text{ab}} = \frac{m g h}{t} = 5232 \text{ Nm/s (W)}$ ;  $P_{\text{zu}} = \frac{P_{\text{ab}}}{\eta_1 \cdot \eta_2} = \underline{7,34 \text{ kW}}$

1022.  $I = \frac{P_1}{U_1} = 2,5 \text{ A}$ ; erforderliche Größe des Widerstandes

$$R = \frac{(U - U_1)}{I} = 26 \Omega; \quad l = \frac{R A}{\rho} = \underline{6,54 \text{ m}}$$

$$P_2 = I^2 R = \underline{162,5 \text{ W}}$$

1023.  $W = I^2 R t$ ;  $W = c m \Delta \vartheta \cdot 4187 \text{ Ws/kcal}$ ;  $R = \frac{\rho l}{A}$ ;

$$m = \rho' A l; \quad \Delta \vartheta = \frac{I^2 \rho t}{A^2 c \rho' 4187 \text{ Ws/kcal}} = \underline{583 \text{ K}}$$

1024. a) Im Silberdraht umgesetzte Leistung  $P_1 = \frac{I^2 \rho_1 l}{A_1}$ ; Masse des Drahtes  $m_1 = A_1 l \rho_1'$ ; bis zum Schmelzpunkt aufgenommene Wärme  $W_1 = m_1 c_1 \Delta \vartheta = A_1 l \rho_1' c_1 \Delta \vartheta$ ;

$$t = \frac{W_1}{P_1} = \frac{A_1^2 \rho_1' c_1 \Delta \vartheta}{I^2 \rho_1} = \underline{0,22 \text{ s}}$$

b) Nach analoger Gleichung für den Kupferdraht ergibt sich

$$\Delta \vartheta = \frac{I^2 \rho_2 t}{A_2^2 \rho_2' c_2} = 1,14 \text{ K}; \quad \vartheta = \underline{21,14^\circ \text{C}}$$

1025. Widerstand der 3 Lampen  $R_1 = \frac{U^2}{3P_1} = 161,33 \Omega$ ; Leitungswiderstand  $R_2 = \frac{2ql}{A} = 9,07 \Omega$ ;  $I_1 = \frac{U}{R_1 + R_2} = 1,291 \text{ A}$ ;  $U_1 = I_1 R_1 = 208,3 \text{ V}$ ; Widerstand des Heizgerätes  $R_3 = \frac{U^2}{P_2} = 60,5 \Omega$ ; Widerstand von Heizgerät und Lampen  $R_4 = \frac{R_1 R_3}{R_1 + R_3} = 44 \Omega$ ;  $I_2 = \frac{U}{R_2 + R_4} = 4,146 \text{ A}$ ;  $U_2 = I_2 R_4 = 182,4 \text{ V}$ ;  $U_1 - U_2 = 25,9 \text{ V}$

1026.  $R_1 = \frac{U_1^2}{P_1} = 302,5 \Omega$ ;  $R_2 = \frac{U_1^2}{P_2} = 201,67 \Omega$ ;  
 $I_1 = I_2 = \frac{U}{R_1 + R_2} = 0,4364 \text{ A}$ ;  $P_1' = I_1^2 R_1 = 57,6 \text{ W}$ ;  
 $P_2' = I_1^2 R_2 = 38,4 \text{ W}$ ;  $I_1 R_1 + U - I_1 R_2 = 0$ ;  $U = 44 \text{ V}$

1027. Da beide Lampenpaare denselben Gesamtwiderstand haben, liegen an jedem Paar 110 V; die Lampen brennen normal mit 40 bzw. 60 W.

1028.  $I = \frac{\Delta U C}{\Delta t} = \frac{(60 - 42) \text{ V} \cdot 25 \cdot 10^{-12} \text{ F}}{24 \text{ s}} = 18,8 \cdot 10^{-12} \text{ A}$

1029.  $C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = 0,67 \mu\text{F}$

1030.  $C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} + C_3 = 0,67 \mu\text{F}$

1031. Die beiden oberen bzw. unteren parallelliegenden Kondensatoren ergeben zusammen je  $2 \mu\text{F}$ , womit die auf Bild 359 angegebene Ersatzschaltung entsteht. Die Kapazität  $C'$  der unteren 3 Kondensatoren ergibt sich aus

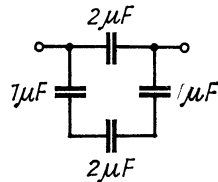


Bild 359

$$\frac{1}{C'} = \left( \frac{1}{1} + \frac{1}{1} + \frac{1}{2} \right) \frac{1}{\mu\text{F}}$$

$$\text{zu } C' = \frac{2}{5} \mu\text{F};$$

somit wird  $C = (2 + 0,4) \mu\text{F} = 2,4 \mu\text{F}$

1032.  $C_1 + C_3 = C'$ ;  $C_2 + C_3 = C''$ ;  $\frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} + C_3 = C$ ; durch Zusammenfassen der Gleichungen erhält man  $C_1 = \underline{2\mu\text{F}}$ ;

$$C_2 = \underline{3\mu\text{F}}; C_3 = \underline{4\mu\text{F}}$$

1033.  $Q = UC = 220 \text{ V} \cdot 1,5 \cdot 10^{-6} \text{ F} = \underline{330 \mu\text{As}}$

1034.  $C = \frac{Q}{U} = \frac{75 \cdot 10^{-6} \text{ As}}{22,7 \text{ V}} = \underline{3,3 \mu\text{F}}$ ;

$$C_2 = (3,3 - 2,8) \mu\text{F} = \underline{0,5 \mu\text{F}}$$

1035.  $C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = \underline{1,05 \mu\text{F}}$ ;

$$Q = Q_1 = Q_2 = UC = \underline{115,5 \mu\text{As}}$$
;

$$U_1 = \frac{Q_1}{C_1} = \underline{77 \text{ V}}; U_2 = \underline{33 \text{ V}}$$

1036.  $Q = UC = 0,8 \text{ V} \cdot 2 \cdot 10^{-12} \text{ F} = \underline{1,6 \text{ pAs}}$ ;

$$x = \frac{1,6 \cdot 10^{-12} \text{ As}}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ As}} = \underline{10^7 \text{ Elektronen}}$$

1037.  $E = \frac{U}{d} = \frac{220 \text{ V}}{1,2 \text{ cm}} = \underline{183,3 \text{ V/cm}}$ ;  $Q = \epsilon_0 EA =$

$$= 8,854 \cdot 10^{-14} \text{ As/V cm} \cdot 183,3 \text{ V/cm} \cdot 314,16 \text{ cm}^2 =$$

$$= \underline{5,1 \cdot 10^{-9} \text{ As}}$$

1038.  $E = \underline{183,3 \text{ V}}$  (unverändert);  $Q' = \epsilon_0 \epsilon EA = \epsilon Q =$

$$= 2,5 \cdot 5,1 \cdot 10^{-9} \text{ As} = \underline{1,275 \cdot 10^{-8} \text{ As}}$$

1039. Die Ladung bleibt unverändert, die Spannung ist dann  $\frac{80 \text{ V}}{2,1} = \underline{38,1 \text{ V}}$ , weil die Kapazität auf den 2,1fachen Wert ansteigt.

1040.  $C_1 + C_2 + C_3 = C'$ ;  $\frac{1}{C''} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$ ;

$$C_2 = \underline{6 \mu\text{F}}; C_3 = \underline{4 \mu\text{F}}$$

1041.  $Q = U_1 C_1 + U_2 C_2$ ;  $U = \frac{U_1 C_1 + U_2 C_2}{C_1 + C_2} = \underline{171,4 \text{ V}}$

1042. a) Gesamtspannung  $U = (100 + 200) \text{ V} = \underline{300 \text{ V}}$

b) Es gleicht sich die Ladungsmenge von  $\pm 1000 \cdot 10^{-6} \text{ As}$  gegen  $\pm 200 \cdot 10^{-6} \text{ As}$  teilweise aus, so daß die Gesamtladung von  $Q = \pm 800 \cdot 10^{-6} \text{ As}$  verbleibt. Da die Spannung an den nunmehr parallelliegenden Kondensatoren gleich groß sein muß, gilt  $U = \frac{Q_1}{C_1} = \frac{Q_2}{C_2} = \frac{Q - Q_1}{C_2}$ ; hieraus folgt  $Q_1 = \frac{QC_1}{C_1 + C_2} = \frac{228,6 \cdot 10^{-6} \text{ As}}{}$  bzw.  $Q_2 = \frac{571,4 \cdot 10^{-6} \text{ As}}$  und  $U_1 = U_2 = \underline{114,3 \text{ V}}$

1043. a)  $C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = 0,8 \mu\text{F}$ ;  $Q = UC = 160 \cdot 10^{-6} \text{ As}$ ;

$U_1 = \frac{Q}{C_1} = 160 \text{ V}$ ;  $U_2 = 40 \text{ V}$ ; nach dem Parallelschalten bleibt die Gesamtladung  $2Q$  erhalten; die Kapazität ist jetzt  $C' = (1 + 4) \mu\text{F} = 5 \mu\text{F}$ , so daß

$$U' = \frac{2Q}{C'} = \underline{64 \text{ V}}$$

b) Die Ladungen gleichen sich aus, so daß  $U' = 0$  ist.

1044. a)  $\frac{W_s}{m} = \frac{Nm}{m} = \underline{N}$  b) mit  $1 \text{ kgm/s}^2 = 1 \text{ N}$  entsteht

$$\sqrt{\frac{Wsm}{m}} = \sqrt{\frac{Nm^2}{N}} = \underline{m} \quad \text{c) } \sqrt{\frac{NV^2m}{m^2Ws}} = \underline{\frac{V}{m}}$$

d)  $\frac{Nm^3}{Ws} = \underline{m^2}$  e)  $\frac{Ws}{Nm} = \underline{1}$  f)  $\frac{Ws}{W} = \underline{s}$

g)  $\sqrt{\frac{Wsm^2}{Nm}} = \underline{m}$  h)  $\frac{Ws}{As} = \underline{V}$  i)  $\underline{m}$

1045.  $W = \frac{U^2 C}{2}$ ;  $U = \sqrt{\frac{2W}{C}} = \underline{4472 \text{ V}}$

1046. Zur Trennung von Ladungen ist Energie aufzuwenden. Da beim Umschalten sich ein Teil der Ladung ausgleicht, wird Energie frei.

1047.  $C_R = \frac{2W_1}{U^2} = 1,607 \mu\text{F}$ ;  $Q_R = UC_R = 192,84 \cdot 10^{-6} \text{ As}$ ;

$$Q_P = 2Q_R = 385,68 \cdot 10^{-6} \text{ As}; \quad U_P = \frac{2W_2}{Q_P} = 55,1 \text{ V};$$

$$C_1 + C_2 = \frac{2W_2}{U_p^2} = 7 \mu\text{F}; \quad \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = 1,607 \mu\text{F};$$

$$C_1 = \underline{2,5 \mu\text{F}}; \quad C_2 = \underline{4,5 \mu\text{F}}$$

- 1048.** Auf die Elementarladung  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  As wirkt die Kraft  $F = ma = eE$ . Mit der Beschleunigung  $a = 9,81 \text{ m/s}^2$  und

$$E = \frac{U}{d} \text{ wird } U = \frac{mad}{e} = \frac{9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m} \cdot 10^{-2} \text{ m}}{\text{s}^2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ As}} = \\ = \underline{5,6 \cdot 10^{-13} \text{ V}}$$

- 1049.** Ladung einer Kugel  $Q = UC = U \cdot 4\pi\epsilon_0 r$ ;

$$F = \frac{U^2 \cdot 16\pi^2\epsilon_0^2 r^2}{4\pi\epsilon_0 R^2} = \frac{U^2 \cdot 4\pi\epsilon_0 r^2}{R^2} = \underline{6 \cdot 10^{-9} \text{ N}}$$

- 1050.** Plattenabstand  $d = \frac{U}{E} = 0,1 \text{ cm}$ ; Plattenoberfläche

$$A = \frac{2Fd^2}{\epsilon_0 U^2} = \underline{2,22 \text{ m}^2}; \quad C = \frac{\epsilon_0 A}{d} = \underline{19,7 \text{ nF}}$$

- 1051.**  $W = \frac{CU^2}{2} = \underline{0,121 \text{ Ws}}$

- 1052.** Wird das Ende von Stab 1 gegen die Mitte von Stab 2 gehalten und erfolgt Anziehung, so ist Stab 1 der Magnet. Gegenprobe: Stab 2, gegen die Mitte von Stab 1 gehalten, bewirkt keine Anziehung.

**1053.**  $I_2 = \frac{I_1 N_1}{N_2} = \underline{13,8 \text{ A}}$

**1054.**  $\frac{I_1 \cdot 240}{25 \text{ cm}} = \frac{I_2 \cdot 150}{12,5 \text{ cm}}; \quad I_1 : I_2 = \underline{1 : 0,8}$

- 1055.** Der Durchflutungssatz lautet vollständig:  $\sum Hl = IN$ ; bei Anwendung der genannten Formel würde man die Summe der magnetischen Spannungen für den im Luftraum verlaufenden Teil der Feldlinien außer acht lassen. Zweiter Grund: Entmagnetisierung bei einem Kern mit freien Enden.

**1056.**  $B = \frac{\Phi}{A} = \frac{200 \cdot 10^{-8} \text{ Vs}}{3,14 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2} = 63,7 \cdot 10^{-4} \text{ Vs/m}^2;$

$$H = \frac{B}{\mu_0} = \frac{63,7 \cdot 10^{-4} \text{ Vs/m}^2}{1,256 \cdot 10^{-6} \text{ Vs/Am}} = 5068 \text{ A/m};$$

$$I = \frac{Hl}{N} = \frac{5068 \text{ A/m} \cdot 0,1\pi \text{ m}}{450} = \underline{3,54 \text{ A}}$$

1057.  $R = \frac{\rho l_m N}{A} = 12,63 \Omega; \quad I = \frac{U}{R} = 1,58 \text{ A};$

$$H = \frac{IN}{l} = 8953 \text{ A/m}; \quad B = \mu_0 H = \underline{112,4 \cdot 10^{-4} \text{ Vs/m}^2}$$

1058. Mittlere Länge der Feldlinien im Eisen  $l_{\text{Fe}} = (2 \cdot 9 + 2 \cdot 3) \text{ cm}$

$$= 0,24 \text{ m}; \quad H = \frac{IN}{l} = 2500 \text{ A/m}; \quad \mu = \frac{B}{\mu_0 H} = \underline{477}$$

1059. Da der magnetische Widerstand des Eisens konstant bleibt, sind für das Eisen  $IN = 1,2 \text{ A} \cdot 500 = 600 \text{ A}$

erforderlich.  $H_L = \frac{B}{\mu_0} = 1,1943 \cdot 10^6 \text{ A/m}; \quad l_L = 10^{-3} \text{ m};$

für den Luftspalt sind  $H_L l_L = 1194 \text{ A}$  notwendig, zusammen  $1794 \text{ A}; \quad I = \frac{\sum Hl}{N} = \underline{3,59 \text{ A}}$

1060.  $H = \frac{IN}{l} = 1667 \text{ A/m}; \quad B = \mu_0 \mu_r H = \underline{1,4 \text{ Vs/m}^2}$

1061.  $H_{\text{Fe}} = \frac{B}{\mu_0 \mu_r} = 650 \text{ A/m}; \quad l_{\text{Fe}} = (2 \cdot 12 + 2 \cdot 7) \text{ cm} = 0,38 \text{ m};$

$$H_L = \frac{B}{\mu_0} = 9,554 \cdot 10^5 \text{ A/m}; \quad l_L = 2 \cdot 0,05 \text{ cm} = 10^{-3} \text{ m};$$

$$\sum Hl = (247 + 955) \text{ A} = \underline{1202 \text{ A}}$$

1062.  $H_{\text{Fe}} = 200 \text{ A/m}; \quad H_L = 6,370 \cdot 10^5 \text{ A/m}; \quad \sum Hl =$   
 $= 76 + 637 = \underline{713 \text{ A}}$

1063. Im Sättigungsbereich beträgt die Zunahme der Induktion

$$\Delta B = \mu_0 \cdot \Delta H = 1,256 \cdot 10^{-6} \text{ Vs/Am} (15 - 5) \cdot 10^4 \text{ A/m} =$$

$$= 0,1256 \text{ Vs/m}^2; \quad B_2 = B_1 + \Delta B = \underline{2,225 \text{ Vs/m}^2}$$

1064.  $N = \sqrt{\frac{Ll}{\mu_0 \mu_r A}} = \sqrt{\frac{50 \cdot 10^{-3} \text{ Vs} \cdot 6 \cdot 10^{-2} \text{ m Am} \cdot 4}{\text{A} \cdot 1,256 \cdot 10^{-6} \text{ Vs} \cdot 36 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \cdot \pi}} =$   
 $= \underline{9191}$

$$1065. IN = \sqrt{\frac{2lW}{\mu_0 \mu A}} = \underline{22,4 \cdot 10^3 \text{ A}}$$

$$1066. \frac{N_1^2 \mu_0 \mu \pi d^2}{4l} = \frac{N_2^2 \mu_0 \mu \pi d^2 2^2}{4 \cdot 4l}; \quad \frac{N_2}{N_1} = \sqrt{2}; \quad N_2 = \underline{71}$$

$$1067. \text{ Aus } L = \frac{N\Phi}{I} = \frac{N\mu_0 \mu H A}{I} \text{ folgt } N = \frac{LI}{\mu_0 \mu H A} = \\ = \underline{754 \text{ Windungen}}; \quad l = \frac{IN}{H} = \underline{0,45 \text{ m}}$$

$$1068. \text{ Aus } W = \frac{H^2 \mu_0 \mu l A}{2}, \quad H = \frac{IN}{l} \text{ und } H\mu_0 \mu = B \text{ folgt} \\ W = \frac{BIN A}{2} = \underline{250 \text{ Ws}}; \text{ aus } W = \frac{LI^2}{2} \text{ ergibt sich} \\ L = \frac{2W}{I^2} = \underline{0,05 \text{ H}}$$

$$1069. L = \frac{N^2 \mu_0 \mu A}{l}; \quad N = \sqrt{\frac{LI}{\mu_0 \mu A}} = \underline{206 \text{ Windungen}}$$

$$1070. \text{ Aus der Gleichung für die Zugkraft } F = \frac{B^2 A}{2\mu_0} \text{ folgt mit}$$

$$A = 2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2; \quad B = 0,35 \text{ Vs/m}^2; \quad I = \frac{Hl}{N} = \frac{Bl}{\mu_0 \mu N} = \\ = \underline{0,41 \text{ A}};$$

$$\text{mit } A = 10^{-3} \text{ m}^2 \text{ ist } L = \frac{NBA}{I} = \underline{0,086 \text{ H}}$$

$$1071. I = \frac{P}{U} = 113,64 \text{ A}; \quad IR = 6,82 \text{ V};$$

$$E = (220 + 6,82) \text{ V} = \underline{226,82 \text{ V}}$$

$$1072. P_{\text{zu}} = \frac{P_{\text{ab}}}{\eta} = 2507,4 \text{ W}; \quad I = \frac{P_{\text{zu}}}{U_{\text{k}}} = 11,5 \text{ A};$$

$$IR = 2,3 \text{ V}; \quad E = U_{\text{k}} - IR = 215,7 \text{ V}; \quad \text{aus } E = Blv$$

$$\text{wird } B = \frac{E}{lv} = \frac{215,7 \text{ V}}{(0,90 \cdot 0,35) \text{ m} \cdot 0,18 \text{ m} \cdot \pi \cdot (600/60) \text{ 1/s}} = \\ = \underline{1,21 \text{ Vs/m}^2}$$



1073.  $E = Blv = 142,5 \text{ V}; \quad IR = U_k - E = 7,5 \text{ V};$

$$I = \frac{IR}{R} = 37,5 \text{ A}; \quad P_{\text{zu}} = U_k I = 5,625 \text{ kW};$$

$$P_{\text{ab}} = \eta P_{\text{zu}} = \underline{4,95 \text{ kW}}$$

1074. Durch Vergrößerung des magnetischen Widerstandes nimmt der magnetische Fluß plötzlich ab, wodurch eine mit der angelegten Spannung gleich gerichtete Urspannung induziert wird. Dieser Stromstoß kann ein Durchbrennen des Lämpchens bewirken.

1075. Aus  $Q = I \Delta t = \frac{U \Delta t}{R} = \frac{N \Delta \Phi}{R}$  wird  $\Delta \Phi = \frac{Q R}{N} =$   
 $\underline{= 20 \cdot 10^{-6} \text{ V}}$

1076.  $E = \frac{N \Delta \Phi}{\Delta t} = \underline{0,00125 \text{ V}}$

1077. a) Die Maschine arbeitet als Motor, da ihre EMK kleiner als die Netzspannung ist.

b)  $I = \frac{U - E}{R} = 50 \text{ A}; \quad P = UI = \underline{6,25 \text{ kW}}$

1078. Die Drehzahl muß abnehmen, damit die vom Anker induzierte Spannung konstant bleibt.

1079.  $E = Blv = 0,6 \text{ Vs/m}^2 \cdot 0,40 \text{ m} \cdot 0,30 \text{ m} \cdot \pi \cdot (800/60)^{1/3} =$   
 $\underline{= 3,016 \text{ V}}$

1080. Das Drehmoment ist einerseits  $M = D\alpha$  und andererseits  $M = Fa$ , wobei  $D = 3 \cdot 9,81 \cdot 10^{-7} \text{ Nm/1}^\circ$ ; durch Gleichsetzen entsteht mit  $F = NBdI$  die Gleichung

$$I = \frac{D\alpha}{aN Bd} = \frac{3 \cdot 9,81 \cdot 10^{-7} \text{ Nm} \cdot 90}{0,01 \text{ m} \cdot 300 \cdot 2 \cdot 10^{-1} \text{ Vs/m}^2 \cdot 0,015 \text{ m}} =$$

$$\underline{= 0,0294 \text{ A}}$$

1081. (Bild 360) Widerstand des im Feld liegenden Quadrates

$$R' = \frac{\rho a}{a d} = 1,43 \cdot 10^{-5} \Omega;$$

Gesamtwiderstand  $R = 2R'$ ; induzierte Urspannung  $E = Bar\omega = 6,4 \cdot 10^{-3} \text{ V};$

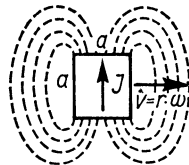


Bild 360

$$I = \frac{E}{R} = 224 \text{ A}; \quad P = EI = \underline{1,43 \text{ W}};$$

$$M = \frac{P}{\omega} = \underline{0,143 \text{ Nm}}$$

1082. Aus  $F = BI = \mu_0 H I = \frac{\mu_0 I^2 l}{2\pi r}$  folgt

$$r = \frac{\mu_0 I^2 l}{2\pi F} = \frac{1,256 \cdot 10^{-6} \text{ Vs} \cdot 50^2 \text{ A}^2 \cdot 2 \text{ m}}{\text{Am} \cdot 2 \cdot 10^{-3} \cdot 9,81 \text{ N} \cdot \pi} = \underline{6,8 \text{ mm}}$$

1083.  $I = \frac{U}{2\pi f L} = \frac{220 \text{ V}}{2\pi \cdot 50 \text{ 1/s} \cdot 1,4 \text{ H}} = \underline{0,5 \text{ A}}$

1084.  $\frac{1}{2\pi f C} = 60 \text{ } \Omega$ ;  $C = \underline{26,5 \text{ } \mu\text{F}}$

1085. Aus  $\frac{1}{2\pi f C} = 2\pi f L$  wird  $C = \frac{1}{\omega^2 L} = \underline{4,78 \text{ } \mu\text{F}}$

1086.  $f = \frac{X_L}{2\pi L} = \underline{50,3 \text{ Hz}}$

1087. Wirkwiderstand  $R = \frac{U_1}{I_1} = \underline{20 \text{ } \Omega}$ ; Scheinwiderstand  $Z = \frac{U_2}{I_2} = \underline{166,67 \text{ } \Omega}$ ; Blindwiderstand  $\omega L = \sqrt{Z^2 - R^2} = \underline{165,5 \text{ } \Omega}$ ; Induktivität  $L = \frac{\omega L}{\omega} = \underline{0,53 \text{ H}}$ ;

$$\tan \varphi = \frac{\omega L}{R}; \quad \varphi = \underline{83,1^\circ}$$

1088.  $R = \frac{U_1^2}{P} = 120 \text{ } \Omega$ ;  $Z = \frac{U_2}{I} = 240 \text{ } \Omega$ ; aus  $\frac{1}{\omega C} = X_C = \sqrt{Z^2 - R^2}$  wird  $C = \frac{1}{2\pi f X_C} = \underline{15,3 \text{ } \mu\text{F}}$

1089. Spannungsabfall  $U_v = I \sqrt{X_L^2 + R^2} = 11,7 \text{ V}$ ;  
 $U_k = U - U_v = \underline{38,3 \text{ V}}$

1090. Spannungsabfall an der Drossel  $U_D = \sqrt{U^2 - U_1^2} = \underline{213 \text{ V}}$ ;  
 $L = \frac{U_D}{2\pi f I} = \underline{4,52 \text{ H}}$

1091. Aus  $(R_x + R)^2 + (2\pi f L)^2 = Z^2$  folgt  $R_x = \underline{7,91 \text{ } \Omega}$

1092. Aus der Gleichung  $(1,5\omega L)^2 + (xR)^2 = (\omega L)^2 + R^2$  folgt mit  $R = 2\omega L$ :  $x = \underline{0,83}$

$$1093. \text{ a) } Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2} = 379,6 \, \Omega; \quad I = \frac{U}{Z} =$$

$$= 0,53 \, \text{A}; \quad \tan \varphi = \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R} = -1,613;$$

$$\varphi = \underline{-58,2^\circ} \text{ (Nacheilen der Spannung)}$$

$$\text{b) } Z = 192,7 \, \Omega; \quad I = 1,04 \, \text{A}; \quad \varphi = \underline{58,8^\circ}$$

(Voreilen der Spannung)

$$\text{c) } Z = 380,5 \, \Omega; \quad I = 0,53 \, \text{A}; \quad \varphi = \underline{-64^\circ}$$

(Nacheilen der Spannung)

$$\text{d) } Z = 319,1 \, \Omega; \quad I = 0,63 \, \text{A}; \quad \varphi = \underline{-19,9^\circ}$$

(Nacheilen der Spannung)

$$\text{e) } I_R = \frac{U}{R} = 0,5 \, \text{A}; \quad I_L = \frac{U}{\omega L} = 0,32 \, \text{A};$$

$$I = \sqrt{I_R^2 + I_L^2} = \underline{0,594 \, \text{A}}; \quad \tan \varphi = \frac{I_L}{I_R};$$

$$\varphi = \underline{32,6^\circ} \text{ (Nacheilen des Stromes)}$$

$$\text{f) } I = \underline{0,84 \, \text{A}}; \quad \varphi = \underline{-17,4^\circ} \text{ (Voreilen des Stromes)}$$

$$\text{g) } I_L = 0,182 \, \text{A}; \quad I_C = 0,094 \, \text{A}; \quad I = (0,182 - 0,094) \, \text{A}$$

$$= \underline{0,088 \, \text{A}}; \quad \varphi = \underline{90^\circ} \text{ (Nacheilen des Stromes)}$$

$$1094. \quad \frac{1}{2} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}}{\sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}}; \quad C = \frac{1}{\omega \sqrt{3 R^2 + 4 \omega^2 L^2}} =$$

$$= \underline{29,7 \, \mu\text{F}}$$

$$I = \frac{U}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}} = \underline{3,3 \, \text{A}}$$

$$1095. \quad I_w = \frac{P}{U} = 34,68 \, \text{A}; \quad I = \frac{I_w}{\cos \varphi} = \frac{I_w}{0,75} = \underline{46,24 \, \text{A}}$$

$$1096. \quad Z = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2} = 62,95 \, \Omega; \quad \cos \varphi = \frac{R}{Z} = \underline{0,068}$$

$$1097. \quad I_w = I \cos \varphi = 25 \, \text{A} \cdot 0,8 = 20 \, \text{A};$$

$$I_b = I \sqrt{1 - \cos^2 \varphi} = \underline{15 \, \text{A}};$$

$$P = UI_w = \underline{4400 \text{ W}}; \quad Q = UI_b = \underline{3300 \text{ var}};$$

$$S = UI = \underline{5500 \text{ VA}}$$

$$1098. \quad P = \frac{W}{t} = \underline{5 \text{ kW}}; \quad I_w = \frac{P}{U} = \underline{23,81 \text{ A}}; \quad \cos \varphi = \frac{I_w}{I} =$$

$$= \underline{0,85}; \quad I_b = \sqrt{I^2 - I_w^2} = \underline{14,73 \text{ A}}$$

$$1099. \quad \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{1}{0,8} = \frac{\sqrt{1 - \cos^2 \varphi_1}}{\sqrt{1 - (1,065 \cos \varphi_1)^2}}; \quad \cos \varphi_1 = 0,86 \text{ (vorher)};$$

nachher:  $\cos \varphi_2 = 0,86 \cdot 1,065 = \underline{0,92}$

$$1100. \quad P = I_1^2 R \cos^2 \varphi_1 = I_2^2 R \cos^2 \varphi_2;$$

$$\left(\frac{I_2}{I_1}\right)^2 = \left(\frac{\cos \varphi_1}{\cos \varphi_2}\right)^2 = 0,665,$$

d. h., die Verluste vermindern sich um  $\frac{1}{3}$

$$1101. \quad S_1 = \frac{P_1}{0,6} = 6 \text{ kVA}; \quad S_2 = \frac{P_2}{0,8} = 7,5 \text{ kVA};$$

$$Q_1 = S_1 \sqrt{1 - 0,6^2} = 4,8 \text{ kvar}; \quad Q_2 = 4,5 \text{ kvar};$$

$$S = \sqrt{(P_1 + P_2)^2 + (Q_1 + Q_2)^2} = 13,37 \text{ kVA};$$

$$\cos \varphi = \frac{P_1 + P_2}{S} = \underline{0,72}$$

$$1102. \quad \text{Gesamte Scheinleistung } S = UI = 33 \text{ VA}; \quad \text{Gesamtverbrauch } P = S \cos \varphi = 13 \text{ W}; \quad P_L = U_L I = 10 \text{ W};$$

$$P_D = P - P_L = 3 \text{ W}; \quad \text{Blindleistung der Drossel}$$

$$Q_D = S \sqrt{1 - \cos^2 \varphi} = 30,39 \text{ var}; \quad \text{Scheinleistung der}$$

$$\text{Drossel } S_D = \sqrt{P_D^2 + Q_D^2} = 30,54 \text{ VA}; \quad \cos \varphi_D =$$

$$= \frac{P_D}{S_D} = \underline{0,1}$$

$$1103. \quad I^2 R = I_w^2 R + I_b^2 R = I^2 \cdot 0,85^2 R + I^2 (1 - 0,85^2) R;$$

$$(1 - 0,85^2) = 0,2775; \quad \text{auf den Blindstrom entfallen}$$

$$\underline{27,75 \%} \text{ der Gesamtverluste.}$$

$$1104. \quad I = \frac{P}{U_1} = 8,89 \text{ A}; \quad \text{ohmscher Spannungsabfall der Drossel}$$

$$U_{RD} = IR = 13,34 \text{ V}; \quad I \omega L = \sqrt{U^2 - (U_1 + U_{RD})^2} =$$

$$= 110,5 \text{ V}; \quad L = \frac{I \omega L}{2\pi f I} = \underline{0,04 \text{ H}}$$

1105.  $Z = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2} = 67,6 \Omega$ ;  $I = 3,254 \text{ A}$ ;  $P = I^2 R = 264,71 \text{ W}$ ;  $Q = Pt = 15883 \text{ Ws} = \underline{3796 \text{ cal}}$

1106.  $Q = U^2 \omega C = \underline{3,04 \text{ kvar}}$

1107.  $Q = U^2 \omega C$ ;  $C = \frac{Q}{2\pi f U^2} = \underline{264,7 \mu\text{F}}$

1108.  $Q_1 = S \sin \varphi_1 = P \tan \varphi_1 = 17565 \text{ kvar}$ ;  
 $Q_2 = P \tan \varphi_2 = 9300 \text{ kvar}$ ; es werden kompensiert  
 $\Delta P_{\text{b.}} = (17,565 - 9,3) \text{ kvar} = 8,265 \text{ kvar}$ ;  
 $C = \frac{\Delta Q}{2\pi f U^2} = \underline{1684 \mu\text{F}}$

1109.  $P = U_1 I \cos \varphi = 2,2 \text{ W}$ ;  $R = \frac{P}{I^2} = \underline{5500 \Omega}$ ;

aus  $I = \frac{U_1}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}}$  wird  $\omega L = 9526 \Omega$ ;

aus  $I = \frac{U_2}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}}$  wird  $C = 0,447 \mu\text{F}$ ; aus der

Gleichung  $\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right) = \sqrt{\frac{U_2^2}{I^2} - R^2}$  ergibt sich, daß für reelle Kapazität auch die Quadratwurzel reell sein muß; im Grenzfall ist dann  $\frac{U_3^2}{I^2} = R^2$ , woraus  $U_3 = \underline{110 \text{ V}}$  folgt,

## 6. Spezielle Relativitätstheorie

1110. a)  $\frac{m}{m_0} = \frac{1}{\sqrt{1-0,9^2}} = \underline{2,29}$     b) 7,09    c) 70,7

1111.  $W_{\text{kin}} = m_0 c^2 \left( \frac{1}{\sqrt{1-0,6^2}} - 1 \right) = 2,25 \cdot 10^{13} \text{ Ws} =$   
 $= \underline{6,25 \cdot 10^6 \text{ kWh}}$

1112. Aus  $W_{\text{kin}} = m_0 c^2 \left( \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}} - 1 \right)$  erhält man durch

$$\text{Umstellen } v = c \sqrt{1 - \frac{1}{\left(1 + \frac{W}{m_0 c^2}\right)^2}} = \underline{0,745 c}$$

$$1113. \quad mc^2 - m_0 c^2 = 0,01 m_0 c^2; \quad 1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2 = \frac{1}{1,0201}; \quad v = \underline{0,14 c}$$

$$1114. \quad \frac{2m_0}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}} = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \left(\frac{xv}{c}\right)^2}}; \quad 4 - \frac{4x^2 v^2}{c^2} = 1 - \frac{v^2}{c^2};$$

$$x = \frac{\sqrt{3c^2 + v^2}}{2v}$$

$$1115. \quad \text{a) Aus } eU = 3m_0 c^2 - m_0 c^2 = 2m_0 c^2 \text{ wird}$$

$$U = \frac{2m_0 c^2}{e} = \underline{1,024 \text{ MV}} \quad \text{b) } v = \underline{0,943 c}$$

$$1116. \quad eU = mc^2 = m_0 c^2 \left( \frac{1}{\sqrt{1 - 0,8^2}} - 1 \right); \quad U = \underline{341 \text{ kV}}$$

$$1117. \quad \text{a) } v = c \sqrt{1 - \frac{1}{\left(1 + 1,96 \cdot 10^{-6} \sqrt{V \cdot U}\right)^2}} = 0,863c;$$

$$t = \frac{s}{v} = \underline{3,86 \cdot 10^{-8} \text{ s}}$$

$$\text{b) } s' = s \sqrt{1 - 0,863^2} = \underline{5,05 \text{ m}}$$

1118. a) Da das Proton praktisch Lichtgeschwindigkeit hat, beträgt die Laufzeit  $10^5$  Jahre.

b) Unter Vernachlässigung der Ruhenergie des Protons

$$\text{wird } eU = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}}; \text{ hieraus folgt } \sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2} =$$

$$= 9,41 \cdot 10^{-11}; \text{ aus } \Delta t = \Delta t_0 \sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2} \text{ folgt dann}$$

$$\Delta t = \underline{4,95 \text{ min}}$$

1119. a) Hat das Raumschiff die Geschwindigkeit  $v$ , so benötigt es nach irdischem Zeitmaß  $\frac{4,3 c}{v}$  Jahre;

$$\frac{4,3 c}{v} \sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2} = 1; v = \underline{0,974 c}$$

$$\text{b) } t = \frac{s}{v} = \frac{4,3 c}{0,974 c} \text{ Jahre} = \underline{4,42 \text{ Jahre}}$$

$$1120. \frac{m}{m_0} = \frac{eU + m_0 c^2}{m_0 c^2} = \frac{eU}{m_0 c^2} + 1 = \underline{11700}$$

$$1121. eU = m_0 c^2 \left( \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}} - 1 \right) = 3,763 \cdot 10^{-11} \text{ Ws} = \\ = \underline{235 \text{ MeV}}$$

$$1122. W = m_0 c^2 \left( \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}} - 1 \right) = \underline{11,7 \cdot 10^{21} \text{ Ws}};$$

das Kraftwerk produziert im Jahr  $37,8 \cdot 10^{15} \text{ Ws}$  und müßte etwa 300000 Jahre für das Raumschiff arbeiten.

$$1123. \frac{5m_0}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}} = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \left(\frac{5v}{c}\right)^2}}; v = \underline{0,196 c}$$

## 7. Atom- und Kernphysik

$$1124. \nu = \frac{W}{h} = \frac{1,8 \cdot 10^6 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Ws}}{6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Ws}^2} = 0,437 \cdot 10^{21} 1/\text{s};$$

$$\lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{0,437 \cdot 10^{21} 1/\text{s}} = \underline{6,86 \cdot 10^{-13} \text{ m}}$$

$$1125. W = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Ws}^2 \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{2,5 \cdot 10^{-13} \text{ m}} = 7,92 \cdot 10^{-13} \text{ Ws} = \\ = \underline{4,94 \text{ MeV}}$$

$$1126. n = \frac{P\lambda}{hc} = \frac{3 \text{ W} \cdot 589,3 \cdot 10^{-9} \text{ m}}{6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Ws}^2 \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}} = \underline{8,93 \cdot 10^{18} 1/\text{s}}$$

**1127.** Masse eines Lichtquantens  $m = \frac{h\nu}{c^2}$ ; Anzahl der sekundlich je  $\text{cm}^2$  auftreffenden Quanten  $n = \frac{P}{h\nu}$ ;

$$\text{Druck} = \frac{\text{sekundliche Impulsänderung}}{\text{Fläche}};$$

$$p = \frac{2nmc}{A} = \frac{2P}{Ac} = \underline{4 \cdot 10^{-8} \text{ N/cm}^2}$$

$$\begin{aligned} \text{1128. } P &= \frac{pc}{2} \text{ (s. Aufgabe 1127)} = \frac{10^{-3} \text{ p/m}^2 \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{2} = \\ &= 1,5 \cdot 10^2 \text{ kpm/m}^2\text{s} = \underline{0,035 \text{ cal/cm}^2\text{s}} \end{aligned}$$

$$\text{1129. } W = \frac{mc^2}{\eta} = 2,25 \cdot 10^{15} \text{ Ws} = 6,3 \cdot 10^8 \text{ kWh} \hat{=} \underline{50 \cdot 10^6 \text{ Mark}}$$

$$\begin{aligned} \text{1130. Aus } h\nu_1 &= W_A + eU_1 \text{ und } h\nu_2 = W_A + eU_2 \text{ folgt } h = \\ &= \frac{U_2 - U_1}{\nu_2 - \nu_1}; \text{ mit } \nu_1 = 0,8571 \cdot 10^{15} \text{ 1/s} \text{ bzw. } \nu_2 = \\ &= 1,2000 \cdot 10^{15} \text{ ergibt sich } h = \underline{6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Ws}^2} \end{aligned}$$

$$\text{1131. } W_A = \frac{hc}{\lambda} - eU = 5,64 \text{ eV} - 1,85 \text{ eV} = \underline{3,79 \text{ eV}}$$

$$\text{1132. } \frac{hc}{\lambda} = W_A; \quad \lambda = \frac{hc}{W_A} = \underline{678 \text{ nm}}$$

$$\begin{aligned} \text{1133. } \lambda &= \frac{hc}{W_A + \frac{mv^2}{2}} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Ws}^2 \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{(4,481 + 6,552) \cdot 10^{-19} \text{ Ws}} = \\ &= 1,8 \cdot 10^{-7} \text{ m} = \underline{180 \text{ nm}} \end{aligned}$$

$$\text{1134. } 1 - \cos \vartheta = \frac{\Delta\lambda mc}{h}; \quad \cos \vartheta = 1 - 1,4433; \quad \vartheta = \underline{116,3^\circ}$$

$$\begin{aligned} \text{1135. a) } \Delta\lambda &= \frac{h}{mc} (1 - \cos \vartheta) = 0,2425 \cdot 10^{-11} \text{ m} \cdot 1,867 = \\ &= 4,528 \cdot 10^{-12} \text{ m}; \\ \lambda' &= (1 + 4,528) 10^{-12} \text{ m} = \underline{5,528 \cdot 10^{-12} \text{ m}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b) } \nu &= \frac{c}{\lambda} = 3 \cdot 10^{20} \text{ 1/s}; \quad \nu' = 5,427 \cdot 10^{19} \text{ 1/s}; \\ W &= h \cdot \Delta\nu = 1,627 \cdot 10^{-13} \text{ Ws} = \underline{1,02 \text{ MeV}} \end{aligned}$$



1136.  $\Delta\lambda = \frac{2h}{mc} = 0,485 \cdot 10^{-11} \text{ m}$ ;  $\lambda = \lambda' + \Delta\lambda = \underline{1,985 \cdot 10^{-11} \text{ m}}$

1137. Die Wellenlänge des gestreuten Quantes folgt aus der Gleichung  $\frac{hc}{\lambda} - eU = \frac{hc}{\lambda'}$ , d. h.  $(4,2663 - 1,08) \cdot 10^{-14} \text{ Ws} = 3,1863 \cdot 10^{-14} \text{ Ws}$ ; hiernach ist  $\lambda' = \underline{6,2335 \cdot 10^{-12} \text{ m}}$ ;  
 $\cos \vartheta = 1 - \frac{\Delta\lambda mc}{h} = 1 - 0,6510 = 0,3490$ ;  $\vartheta = \underline{69,6^\circ}$

1138. Mit dem Ansatz  $\frac{hc}{\lambda} - \frac{hc}{\lambda + \Delta\lambda} = eU$  sowie  $\Delta\lambda = \frac{h}{mc}$  erhält man die quadratische Gleichung  $\frac{h^2}{m} = eU (\lambda^2 + \lambda \cdot \Delta\lambda)$  und hiernach  $\lambda = \underline{6,07 \cdot 10^{-13} \text{ m}}$

1139. Die Wellenlänge ändert sich um  $\Delta\lambda_1 = \frac{h}{mc} = 0,2425 \cdot 10^{-11} \text{ m}$  bzw. um  $\Delta\lambda_2 = \frac{2h}{mc} = 0,4850 \cdot 10^{-11} \text{ m}$ ;  
 hieraus ergeben sich die Wellenlängen der Streustrahlung  $\lambda_1 = 3,425 \cdot 10^{-12} \text{ m}$  bzw.  $\lambda_2 = 5,85 \cdot 10^{-12} \text{ m}$ ; aus  $\frac{hc}{\lambda_1} - \frac{hc}{\lambda_2} = eU$  findet man die Energie  
 $W_1 = 14,06 \cdot 10^{-14} \text{ Ws} = \underline{0,88 \text{ MeV}}$  bzw.  
 $W_2 = 16,47 \cdot 10^{-14} \text{ Ws} = \underline{1,03 \text{ MeV}}$

1140.  $\Delta\lambda = \frac{2h}{mc} = \frac{2 \cdot 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Ws}^2}{1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \cdot 3 \text{ m/s}} = \underline{2,64 \cdot 10^{-15} \text{ m}}$

1141.  $\lambda = \frac{h \sqrt{1 - (v/c)^2}}{m_0 v} = \frac{h \sqrt{1 - 0,5^2}}{0,5 m_0 c} = \underline{4,2 \cdot 10^{-12} \text{ m}}$

1142. Aus  $\frac{2h \sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}}{m_0 v} = \frac{h}{m_0 v}$  ergibt sich  $v = \frac{c}{2} \sqrt{3} = \underline{2,6 \cdot 10^8 \text{ m/s}}$

1143. Bei nicht-relativistischer Rechnung ergibt sich  $v = \frac{h}{m\lambda} = 1,455 \cdot 10^7 \text{ m/s}$  und die Energie  $eU = \frac{mv^2}{2}$ , wonach  $U = \frac{mv^2}{2e} = \underline{602 \text{ V}}$  ist; bei dieser geringen Spannung kann die relativistische Massenänderung vernachlässigt werden.

1144. Aus  $\frac{hc}{\lambda_{\text{gr}}} = \frac{mv^2}{2}$  folgt  $\lambda_{\text{gr}} = \frac{2hc}{mv^2} = \underline{5,4 \cdot 10^{-11} \text{ m}}$

1145. Mit  $Z' = 26$  wird  $\nu = (Z - 1)^2 R \left( \frac{1}{1} - \frac{1}{9} \right) =$   
 $= 1,8267 \cdot 10^{18} \text{ 1/s}; \quad \lambda = \frac{c}{\nu} = \underline{1,642 \cdot 10^{-10} \text{ m}}$

1146. Mit  $h\nu = 1,28 \cdot 10^{-15} \text{ Ws}$  wird  $(Z - 1) =$   
 $= \sqrt{\frac{eU}{hR \left( \frac{1}{1} - \frac{1}{4} \right)}} = 28$  und  $Z = \underline{29}$  (Kupfer)

1147.  $\Delta N = \lambda N \cdot \Delta t = \frac{\ln 2 \cdot 6,023 \cdot 10^{23} \cdot 1 \text{ s}}{T_{1/2} \cdot 60} = \underline{4,17 \cdot 10^{13}}$

1148. Mit der Masse des Einzelatoms  $m_0 = \frac{1}{N_A} \text{ g}$  ist  $m =$   
 $= \frac{\Delta N}{N_A \lambda \cdot \Delta t} \text{ g} = \frac{3 \cdot 10^{-3} \cdot 3,7 \cdot 10^{10} \cdot 8 \cdot 86400 \text{ s}}{\ln 2 \cdot 6 \cdot 10^{23} \text{ s}} \text{ g} = \underline{0,024 \mu \text{ g}}$

1149. Aus  $\frac{2,4}{4} = e^{-2\lambda}$  folgt  $-2\lambda = \ln 0,6$  und  $\lambda = 0,2554 \text{ 1/d};$   
 durch Einsetzen in  $-8\lambda = \ln \frac{x}{2,4}$  folgt  $x = \underline{0,31 \text{ mCi}}$

1150. Aus  $\frac{3,1}{3,5} = e^{-3\lambda}$  folgt  $\lambda = 0,0405 \text{ 1/h};$

$$T_{1/2} = \frac{0,693 \text{ h}}{0,0405} = \underline{17,1 \text{ h}}$$

1151. Zerfallskonstante  $\lambda = 5,61 \cdot 10^{-7} \text{ 1/s};$

$$m = m_0 e^{-\lambda t} = 1 \text{ g} \cdot e^{-5,61 \cdot 10^{-7} \cdot 35 \cdot 86400} =$$

$$= e^{-1,7} \text{ g} = \underline{0,183 \text{ g}}$$

1152. Zerfallskonstante  $\lambda = \frac{\ln 2}{14,8 \text{ h}} = 0,0468 \text{ 1/h};$  aus  $0,1 = e^{-\lambda t}$   
 wird  $0,0468 \text{ 1/s} \cdot t = 2,303 \lg 0,1$  und  $t = \underline{49,2 \text{ h}}$

1153. Die Masse  $m$  enthält  $N = m N_A$  Atome; davon zerfallen  
 in der Zeiteinheit  $\frac{\Delta N}{\Delta t} = \lambda N = \frac{\ln 2 \cdot m N_A}{T_{1/2}} = 3,30 \cdot 10^8;$   
 $\frac{3,30 \cdot 10^8}{3,7 \cdot 10^{10} \text{ 1/s}} = \underline{7,93 \text{ mCi}}$

**1154.** Aus den Gleichungen  $0,9 = e^{-\lambda t}$  und  $0,7 = e^{-\lambda(t + \Delta t)}$  erhält man  $\ln 0,9 = -\lambda t$  bzw.  $\ln 0,7 = -\lambda(t + \Delta t)$  und hieraus durch Einsetzen  $\lambda = 0,0502 \text{ 1/h}$ ;  $T_{1/2} = \underline{13,8 \text{ h}}$

**1155.** Nach 12 Tagen besteht die Gleichung  $A_1 e^{-\lambda_1 t} = A_2 e^{-\lambda_2 t}$  bzw.  $\frac{A_1}{A_2} = e^{(\lambda_1 - \lambda_2)t}$ ; hieraus folgt  $\lambda_2 = \lambda_1 - \frac{1}{t} \ln \frac{A_1}{A_2} = 0,0995 \text{ 1/d}$ ;  $T_2 = \underline{7,0 \text{ d}}$

**1156.** Aus  $2e^{-\lambda_1 t} = e^{-\lambda_2 t}$  folgt  $\lambda_2 = \lambda_1 - \frac{\ln 2}{t}$ ; mit  $t = 6 \text{ d}$  und  $\lambda_1 = 0,17325 \text{ 1/d}$  wird  $\lambda_2 = 0,058 \text{ 1/d}$ ;  $T_2 = \underline{12,0 \text{ d}}$

**1157.** Da die Impulsrate der Anzahl der vorhandenen Kerne proportional ist, gilt das Zerfallsgesetz  $N = N_0 e^{-\frac{t \ln 2}{T_{1/2}}}$ ;  
 $\ln N = \ln N_0 - \frac{t \ln 2}{T_{1/2}} = 3,608$ ;  $N = \underline{4060 \text{ Imp./min}}$

**1158.**  $\frac{2^x}{1} = \frac{100}{1}$ ;  $x = \frac{\lg 100}{\lg 2} = \underline{6,64}$

**1159.** Die Anzahl der Kerne in  $x \text{ kg Pu}$  ist  $x N_A$ ; sie liefern die Leistung  $P = x N_A \lambda W_\alpha$ ;  $x = \frac{P T_{1/2}}{N_A \ln 2 \cdot W_\alpha} = \underline{1,77 \text{ kg}}$

**1160.** In der Zeiteinheit zerfallen  $\Delta N = \lambda m N_A$  Kerne und liefern jährlich die Energie

$$\begin{aligned} W &= \lambda m N_A W_\alpha = \\ &= \frac{0,693 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot 6,023 \cdot 10^{26} \cdot 4,78 \cdot 1,6 \cdot 10^{-13} \text{ Ws}}{1600 \text{ a} \cdot 226 \text{ kg} \cdot 4,1868 \text{ Ws/cal}} = \\ &= \underline{2,11 \cdot 10^5 \text{ cal/a} = 211 \text{ kcal/Jahr}} \end{aligned}$$

**1161.**  $P = m N_A \lambda W_\alpha =$   
 $= \frac{0,1 \text{ kg} \cdot 6,023 \cdot 10^{26} \cdot 0,693 \cdot 5,48 \cdot 10^6 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Ws}}{238 \text{ kg} \cdot 86,4 \cdot 365 \cdot 86400 \text{ s}} = \underline{56,4 \text{ W}}$

**1162.**  $W = \int_0^t P \cdot dt = P_0 \int_0^t e^{-\lambda t} dt = \frac{P_0}{\lambda} (1 - e^{-\lambda t})$ ;

mit  $\frac{P_0}{\lambda} = 17,7 \cdot 10^6 \text{ Wh}$  wird dann

$$\begin{aligned} W &= 17,7 \cdot 10^6 (1 - 0,7813) = 3,876 \cdot 10^6 \text{ Wh} = \\ &= \underline{3876 \text{ kWh}} \end{aligned}$$

1163. Wegen  $A = \frac{\Delta N}{\Delta t}$  und  $\Delta N = \lambda N \cdot \Delta t$  sind anfangs  $N = \frac{A}{\lambda}$  Kerne vorhanden. Mit der Energie  $W_1$  je Zerfallsakt ist

$$W = \frac{A W_1 T^{1/2}}{\ln 2} = 4,0 \cdot 10^6 \text{ Ws} = \underline{1,11 \text{ kWh}}$$

1164.  $\frac{0,5}{0,1} = \frac{x^2}{0,6^2}$ ;  $x = \underline{1,34 \text{ m}}$

1165.  $D = \frac{K_y A t}{r^2} = \frac{8,4 \text{ Rem}^2/\text{mCi h} \cdot 5 \text{ mCi} \cdot 0,5 \text{ h}}{100^2 \text{ cm}^2} = \underline{2,1 \text{ mR}}$

1166.  $A = \frac{D r^2}{K_y t} = \frac{0,1 \text{ R} \cdot 50^2 \text{ cm}^2}{13 \text{ Rem}^2/\text{mCi h} \cdot 40 \text{ h}} = \underline{0,48 \text{ mCi}}$

1167.  $r = \sqrt{\frac{K_y t A}{D}} = \sqrt{\frac{5,46 \text{ R} \cdot \text{cm}^2/\text{mCi h} \cdot (0,5 \cdot 6) \text{ h} \cdot 600 \text{ mCi}}{0,1 \text{ R}}} =$   
 $= \underline{313 \text{ cm}}$

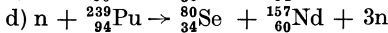
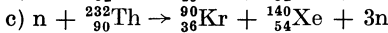
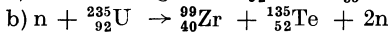
1168.  $z = \frac{N}{tA} = \frac{2 \cdot 3,7 \cdot 10^7}{1 \text{ s} \cdot 4 \pi \cdot 80^2 \text{ cm}^2} = \underline{920 \text{ } 1/\text{cm}^2 \text{ s}}$

$$\text{Energieflu\ss} \ 920 \text{ } 1/\text{cm}^2 \text{ s} \cdot 1,6 \cdot 10^{-6} \text{ erg/MeV} \cdot 1,25 \text{ MeV} =$$

$$= \underline{1,84 \cdot 10^{-3} \text{ erg/cm}^2 \text{ s}}$$

1169. a)  $\rightarrow {}^7_3\text{Li}$  b)  $\rightarrow {}^{43}_{20}\text{Ca}$  c)  $\rightarrow {}^{26}_{12}\text{Mg}$

1170. a) Es ist zu erg\u00e4nzen  ${}^{235}_{92}\text{U}$  und  ${}^{87}_{35}\text{Br}$



1171.  $W = mc^2 = 3 \cdot 10^{-6} \text{ kg} \cdot (3 \cdot 10^8)^2 \text{ m}^2/\text{s}^2 = 27 \cdot 10^{10} \text{ Ws} =$   
 $= \underline{75000 \text{ kWh}}$

1172.  $W = mc^2 = 1,6605 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \cdot (2,998 \cdot 10^8)^2 \text{ m}^2/\text{s}^2 =$   
 $= 14,9230 \cdot 10^{-11} \text{ Ws} = \underline{931 \text{ MeV}}$

1173.  $\Delta m = \frac{W}{c^2} = \frac{10^4 \cdot 3,6 \cdot 10^6 \text{ Ws}}{9 \cdot 10^{16} \text{ m}^2/\text{s}^2} = \underline{0,4 \text{ mg}}$

1174. a)  $13 \cdot 1,00728 + 14 \cdot 1,00860 + 13 \cdot 0,00055 = 27,2222$ ;  
 $(27,2222 - 26,9815) \text{ u} = 0,2407 \text{ u} \hat{=} 224 \text{ MeV}$ ;  
 $\frac{224}{27} \text{ MeV} = \underline{8,3 \text{ MeV}}$

b)  $\underline{7,9 \text{ MeV}}$

**1175.** Anfangsmasse:  $(235,0423 + 1,00860) \text{ u} = 236,05090 \text{ u}$   
 Endmasse:  
 $(95,90701 + 137,9049 + 2,01720) \text{ u} = \underline{235,82911 \text{ u}}$   
 Massendefekt =  $0,22179 \text{ u}$   
 Spaltungsenergie lt. Auf. 1172:  
 $W = 0,22179 \cdot 931 = \underline{206,4 \text{ MeV}}$

**1176.** Für den relativ kurzen Zeitraum kann gesetzt werden  
 $W = W_1 \Delta N = W_1 \lambda N_A \cdot \Delta t = \underline{6,5 \cdot 10^{-3} \text{ cal}}$

**1177.** a)  $W = \frac{10^{-3} \text{ kg} \cdot 6,023 \cdot 10^{26} \cdot 200 \cdot 1,6 \cdot 10^{-13} \text{ Ws}}{235 \text{ kg} \cdot 3,6 \cdot 10^6 \text{ Ws/kWh}} =$   
 $= \underline{22800 \text{ kWh}}$

b)  $1 \text{ cal} = 4,1868 \text{ Ws}; \quad W = \frac{22800 \text{ kWh} \cdot 3,6 \cdot 10^3 \text{ s}}{\text{h} \cdot 4,1868 \text{ kWh/kcal}} =$   
 $= \underline{19,6 \cdot 10^6 \text{ kcal}}$

**1178.** Nach dem Impulssatz ist  $m_1 v_1 = m_2 v_2$  und nach dem Energiesatz

$$\frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} = W; \quad \text{Einsetzen von } v_1 = \frac{m_2 v_2}{m_1}$$

$$\text{ergibt } v_2 = \sqrt{\frac{2Wm_1}{m_2(m_1 + m_2)}} =$$

$$= \sqrt{\frac{2 \cdot 165 \cdot 1,6 \cdot 10^{-13} \text{ Ws} \cdot 88 \cdot 6 \cdot 10^{26}}{148 \cdot 236 \text{ kg}}} = \underline{8,93 \cdot 10^6 \text{ m/s};}$$

$$v_1 = \frac{m_2 v_2}{m_1} = \underline{15,02 \cdot 10^6 \text{ m/s.}}$$

Das Verhältnis  $\frac{W_1}{W_2}$  liefert  $\frac{m_1 v_1^2 \cdot 2}{2m_2 v_2^2} = \frac{1,682}{1}$  und hieraus

$$W_1 = \underline{103,5 \text{ MeV}} \text{ sowie } W_2 = \underline{61,5 \text{ MeV}}$$

**1179.** a) Nach dem Impulssatz ist  $\frac{v_1}{v_2} = \frac{m_2}{m_1}$ ; dies, in das Verhältnis der kinetischen Energien eingesetzt, ergibt

$$\frac{W_1}{W_2} = \frac{2m_1 v_1^2}{2m_2 v_2^2} = \frac{m_2}{m_1} = \frac{110,4}{53,8}$$

b) Nach der vorigen Aufgabe ist

$$v_2 = \sqrt{\frac{2 \cdot 164,2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-13} \text{ Ws} \cdot 53,8 \cdot 6 \cdot 10^{26}}{110,4 \cdot 235 \text{ kg}}} =$$

$$= 8,10 \cdot 10^6 \text{ m/s};$$

$$m_2 = \frac{2W_2}{v_2^2}; \quad A_2 = m_2 \cdot 6,023 \cdot 10^{26} \text{ 1/kg} = \underline{158,0}; \quad A_1 = \underline{77,0}$$

1180. Je kg U 235 wird die Energie frei

$$W_1 = \frac{6,023 \cdot 10^{26} \cdot 200 \cdot 1,6 \cdot 10^{-13} \text{ Ws}}{235 \text{ kg}} = 8,2 \cdot 10^{13} \text{ Ws/kg};$$

$$P = \frac{W_1 m}{t}; \quad m = \frac{Pt}{W_1} = \underline{0,316 \text{ kg}}$$

1181. Nach Aufg. 1177 liefert 1 kg  ${}_{92}^{235}\text{U}$  die Energie  $8,2 \cdot 10^{13} \text{ Ws/kg} = 949 \text{ MWd/kg}$ ; also enthält 1 t des Materials  $\frac{17400 \text{ MWd} \cdot \text{kg}}{949 \text{ MWd}} = \underline{18,3 \text{ kg}}$ ; dies sind 1,83% des spaltbaren Materials, so daß nicht die volle Menge (2,2%) der Anreicherung ausgenutzt wird.

1182. Anfangs vorhandene Masse  $2 \cdot 2,01409 \text{ u} = 4,02818 \text{ u}$ ;

$$\frac{3,25 \text{ MeV}}{931 \text{ MeV/u}} = 0,003491 \text{ u}; \text{ Masse des Neutrons}$$

1,00860; Masse von  ${}^3_2\text{He}$  ist

$$4,02818 \text{ u} - (1,00860 + 0,00349) \text{ u} = \underline{3,01609 \text{ u}}$$

1183. Unter Benutzung der relativen Atommassen errechnet sich ein Massendefekt von  $(4 \cdot 1,008 - 1 \cdot 4,003) \text{ u} = 0,029 \text{ u}$

je 4,032 u  $\text{H}_2$ ; auf 1 g entfällt  $\frac{0,029}{4,032} \text{ g} = 0,00719 \text{ g}$ ;

$$W = \Delta mc^2 = \underline{180000 \text{ kWh}}$$

1184.  $\Delta m = (7,01600 + 1,00728 - 8,00522) \text{ u} = 0,018 \text{ u}$ ;

$$W = 0,018 \text{ u} \cdot 931 \text{ MeV/u} = \underline{16,8 \text{ MeV}}$$

1185. Bezeichnet  $m_1$  die Masse des Iridiumkerns und  $m_2$  die des  $\gamma$ -Quants, so ist nach dem Impulssatz  $m_1 v = m_2 c$  oder

$p = m_1 v = \frac{Wc}{c^2}$ . Die Energie des  $\gamma$ -Quants ändert sich um

$$\Delta W = \frac{m_1 v^2}{2} = \frac{p^2}{2m_1} = \frac{W^2}{2m_1 c^2}; \text{ da im Nenner das doppelte}$$

Energieäquivalent der Kernmasse steht, gilt

$$\Delta W = \frac{129^2 \cdot 10^6 (\text{eV})^2}{191 \cdot 931 \cdot 10^6 \text{ eV}} = \underline{\underline{0,094 \text{ eV}}}$$