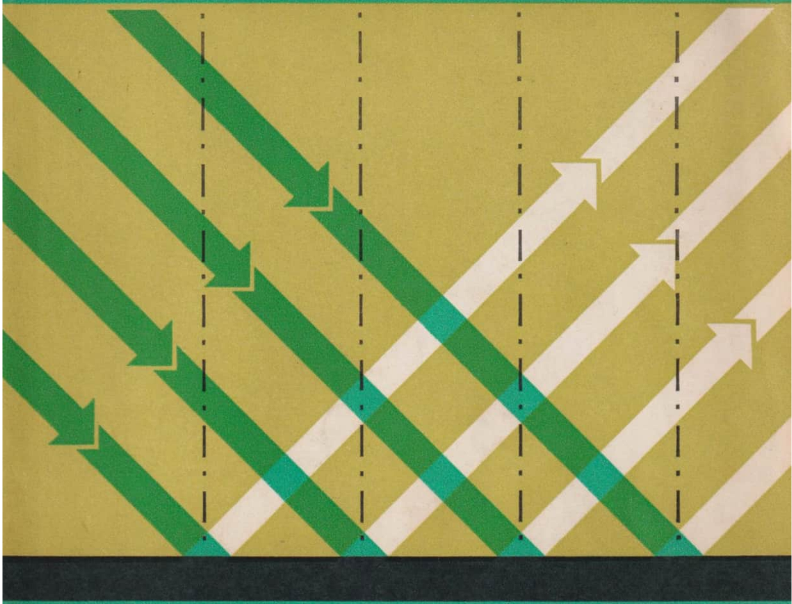


Übungsaufgaben
für den Physikunterricht
Klassen 6 bis 10

Übungsaufgaben für den Physikunterricht Klassen 6 bis 10

Volk und Wissen Volkseigener Verlag Berlin

1967

Verfaßt und zusammengestellt von
Lothar Elke
Rolf Fischer
Heinz Schumann
unter Mitwirkung von Arnim Haack
Redaktion: Werner Golm · Ing. Günter Meyer

Ausgabe 1966

Umschlag: Manfred Behrendt
Typografie: Atelier Volk und Wissen Berlin
Zeichnungen nach Vorlagen der Autoren: Ingrid Schäfer
ES 10 C · Bestell-Nr. 02 21 11-2 · Preis: 4,00 · Lizenz-Nr. 203 · 1000/67 (UN)
Satz: B. G. Teubner, Leipzig (III/18/154)
Druck: VEB Buch- und Werkdruckerei Mylau-Netzschkau III/26/17

Inhaltsverzeichnis

Wärmelehre (Klasse 8)

Elektrizitätslehre (Klasse 8)

Elektrizitätslehre (Klasse 9)

Mechanik der festen Körper (Klasse 9)

Elektrizitätslehre (Klasse 10)

Mechanische Schwingungen und Wellen (Klasse 10)

Elektromagnetische Wellen (Klasse 10)

Atomphysik (Klasse 10)

Vorwort zur 1. Auflage

Durch das Lösen physikalischer Aufgaben wird der Unterrichtsstoff der Physik gefestigt. Hierbei müssen bestimmte mathematische Kenntnisse im Physikunterricht angewendet werden.
In der vorliegenden Aufgabensammlung sind für die Klassen 6 bis 10 nach dem zur Zeit gültigen Lehrplan Übungsaufgaben für die einzelnen physikalischen Stoffgebiete zusammengestellt. Dabei wurde berücksichtigt, daß immer die zum Lösen der Aufgaben erforderlichen mathematischen Kenntnisse im Mathematikunterricht bereits vermittelt worden sind.
Zusätzlich zu diesen Aufgaben sind am Ende eines jeden Schuljahresabschnittes Aufgaben gegeben, die wegen fehlender mathematischer Voraussetzungen zur Zeit der Stoffvermittlung noch nicht gelöst werden konnten. Der Lehrer muß entscheiden, wie er diese Aufgaben einsetzen will.
In dieser Broschüre ist für die meisten Aufgaben jeweils ein Lösungsweg angegeben. Der Lehrer kann ihn für seine Tafelarbeit verwenden und auch für die Kontrolle von Schülerarbeiten. Es ist aber zu bedenken, daß oft auch andere Lösungswege möglich sind. Der Lehrer muß in jedem Fall entscheiden, ob mit den in der Broschüre empfohlenen oder mit anderen Methoden und Hilfsmitteln (z. B. Kopfrechnen, Rechenstab, Logarithmentafel) das jeweilige Ergebnis gefunden werden kann.
Nebenrechnungen (auch Überschläge) werden dann weggelassen, wenn es sich für die betreffende Klassenstufe um einfache Rechnungen handelt.
Die Beispiele sollten vom Lehrer und von den Schülern in der Form geschrieben werden, wie sie in den gültigen Schulbüchern und z.B. auf Seite 10 im Beispiel 6.3 dieses Buches benutzt wird.
In der Physik ist es allgemein üblich, zur Darstellung physikalischer Zusammenhänge Größengleichungen zu verwenden. Die in den physikalischen Größengleichungen verwendeten physikalischen Größen spiegeln als Produkt aus Zahlenwert und Einheit die Verbindung zwischen physikalischer Erscheinung und der zugehörigen mathematischen Beschreibung wider. Es wird verhindert, daß die physikalische Größe sich in einen abstrakten mathematischen Begriff, in eine Zahl verwandelt. Auch die aus der Physik für den Unterricht gewählten Aufgaben werden mit Hilfe von Größengleichungen gelöst.

Zweckmäßigerweise werden physikalische Aufgaben nach einem folgenden, allgemein anwendbaren Schema in Teilschritten gelöst.

1. Aufgabenstellung

   Jede physikalische Aufgabe stellt in erster Linie ein physikalisches Problem dar. Man versuche als erstes, dieses zu erfassen. Zu diesem Zweck fertigt man — wenn möglich — eine Skizze an.

2. Zusammenstellen der gegebenen und der gesuchten Größen.

3. Eintragen der Größensymbole (Formelzeichen ohne Zahlenwert und Einheit) in die Skizze.

4. Ansatz

   Formulieren des physikalischen Problems mit Hilfe der mathematischen Sprache, Übergang von der physikalischen Erscheinung zu den mathematischen Symbolen.

   Aufsuchen von Größengleichungen, in denen gesuchte und gegebene Größen miteinander verknüpft sind. Umstellen der Größengleichungen nach der gesuchten Größe; unter Umständen muß dies mehrmals ausgeführt werden, um über Nebenrechnungen zu den erforderlichen Größen für die Hauptrechnung zu gelangen.

5. Rechnung

   Ausführen von mathematischen Operationen

   Zusammenfassung mehrerer Größengleichungen. Einsetzen von Zahlenwerten und Einheiten in die Größengleichung.

   Ermitteln des Zahlenwertes und der Einheit des Endergebnisses.

6. Ergebnis

   Interpretation der mathematisch gefaßten Ergebnisse, Übergang von den mathematischen Symbolen zu den physikalischen Erscheinungen. Das Ergebnis der Aufgabe wird in einem Schlußsatz formuliert.

7. Proben

   Um die Richtigkeit zu überprüfen, führt man zwei Proben durch: Einheitenkontrolle — auf beiden Seiten der Gleichung müssen gleiche Einheiten stehen.

   Schätzen der Größenordnung des Ergebnisses — die Lösung muß physikalisch sinnvoll sein.

Die Fülle des Stoffes zwang zu einer Auswahl. Die vorliegende Broschüre soll nicht nur eine Aufgabensammlung sein, sie soll vor allem auch Anregung geben, welche Aufgaben in den einzelnen Stoffgebieten gerechnet werden können.

Die Redaktion

Elementare Grundlagen der Mechanik (Klasse 6)

Längenmessungen

Die Längenmessungen spielen im Physikunterricht eine große Rolle. Es ist deshalb besonders wichtig, das Rechnen mit Längeneinheiten zu beherrschen. In diesem Stoffgebiet ergeben sich viele Möglichkeiten der Übung.
Beim Umrechnen von Einheiten soll der Lehrer versuchen, von Anfang an eine exakte Schreibweise zu benutzen. Dem Schüler kann erläutert werden, daß beim Umrechnen von z. B. der Einheit Zentimeter in die Einheit Millimeter zu setzen ist, 10 mm je 1 cm $= \frac{10\,\text{mm}}{1\,\text{cm}}$, und daß bei gleichen Einheiten über und unter dem Bruchstrich gekürzt werden kann wie bei natürlichen Zahlen.

Vielfache und Teile von Einheiten

Beispiel 6.1.

$$8{,}3\,\text{cm} = \frac{8{,}3\,\text{cm} \cdot 10\,\text{mm}}{1\,\text{cm}} = \underline{\underline{83\,\text{mm}}}$$

Beispiel 6.2.

Umwandlung einer Einheit in ein Vielfaches dieser Einheit

$$35\,\text{m} = \frac{35\,\text{m} \cdot 1\,\text{km}}{1000\,\text{m}} = \underline{\underline{0{,}035\,\text{km}}}$$

Volumenmessungen

Beispiel 6.3.

Bei Betonarbeiten ist ein Hohlraum mit einer Grundfläche von 5 dm^2 und einer Höhe von 1,70 m mit Beton zu füllen.
Wieviel Kubikdezimeter Beton werden benötigt?

Gegeben:	*Lösung:*
$A = 5\ \mathrm{dm}^2$	$V = A \cdot h$
$h = 1{,}70\ \mathrm{m}$	$V = 5\ \mathrm{dm}^2 \cdot 17\ \mathrm{dm}$
$ = 17\ \mathrm{dm}$	$\underline{\underline{V = 85\ \mathrm{dm}^3}}$
Gesucht:	*Es sind 85 dm³ Beton in die Form zu füllen.*
V in dm^3	

Bestimmen von Massen

Beispiel 6.4.

Eine Waage zeigt 193 g an. Welche Wägestücke muß man bei der gleichen Masse in die andere Waagschale einer einfachen Balkenwaage legen, um mit der kleinsten Zahl von Wägestücken Gleichgewicht herzustellen?

Lösung:	1	100-g-Stück:	100 g
	1	50-g-Stück:	50 g
	2	20-g-Stück:	40 g
	1	2-g-Stück:	2 g
	1	1-g-Stück:	1 g
			$\underline{\underline{193\ \mathrm{g}}}$

Wärmelehre – Akustik – Optik (Klasse 6)

Temperaturmessungen

In der Physik werden Temperaturen über und unter 0 °C mit den Zeichen + und − eingeführt. Der Lehrer hat die Möglichkeit, in verschiedenen Aufgaben Temperaturdifferenzen berechnen zu lassen.

Beispiel 6.5.

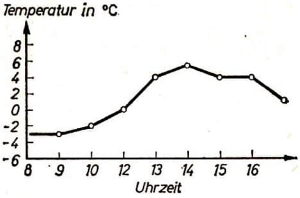
In einer Wetterstation wurden am Morgen −5 °C und am Mittag 2 °C gemessen. Berechne die Temperaturdifferenz!

Lösung: Die Temperaturdifferenz beträgt 7 grd.

Beispiel 6.6.

Miß stündlich die Temperaturen mit einem Außenthermometer und fertige ein Temperatur-Zeit-Diagramm an!

Lösung:



Schallausbreitung

Da die Proportionen erst im Mathematikunterricht der Klasse 7 eingeführt werden, muß man die Berechnung der Schallausbreitung in der Klasse 6 auf die Multiplikation bzw. Division zurückführen.
Die Aufgaben, in denen Einheiten in Bruchform wie $\frac{m}{s}$ u. a. vorkommen, sollten in Bruchform geschrieben werden. Dadurch wird das vom Umrechnen der Einheiten her bekannte Verfahren anwendbar und die Aufgaben können als Größengleichungen geschrieben und behandelt werden.

Beispiel 6.7.

4 Sekunden nach einem Blitz hörst du den Donner. Wie weit ist das Gewitter entfernt?

Gegeben:

Schallgeschwindigkeit 340 $\frac{m}{s}$

Lösung: $s = \frac{340\ m \cdot 4\ s}{s}$

$s = 340\ m \cdot 4$

$s = 1360\ m$

$\underline{\underline{s \approx 1{,}4\ km}}$

Das Gewitter ist 1,4 km *entfernt.*

Beispiel 6.8.

In der Peter-Pauls-Festung in Leningrad wird täglich genau 12 Uhr ein Schuß abgegeben. Wann ist der Knall in einer Entfernung von 3400 m zu hören?

Lösung: $3400\ m : 340\ \frac{m}{s} = 10\ s$ *Der Knall ist 10 Sekunden nach 12 Uhr zu hören.*

Reflexionsgesetz

Im Unterricht ergibt sich durch die Behandlung der Achsensymmetrie eine gute Möglichkeit, Aufgaben der Reflexion durch Konstruktion und Berechnung zu lösen.

Beispiel 6.9.

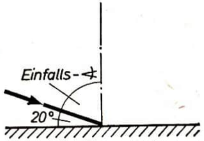
Ein einfallender Lichtstrahl bildet mit der Spiegelebene einen Winkel von 20°. Wie groß ist der Reflexionswinkel? Löse die Aufgabe rechnerisch und zeichnerisch!

Lösung:

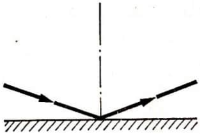
$\alpha = 90° - 20°$

$\alpha = 70°$

$\underline{\underline{\alpha' = 70°}}$



Da der Einfallswinkel gleich dem Reflexionswinkel ist, beträgt der Reflexionswinkel 70°.

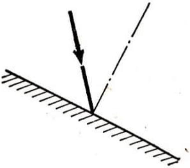


Die zeichnerische Lösung erfolgt entsprechend der beim rechnerischen Weg angegebenen Skizze.

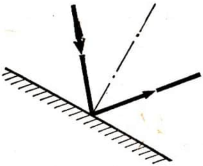
Beispiel 6.10.

Eine weitere gute Übungsmöglichkeit ergibt sich durch die Verlagerung der Spiegelebene und Angabe des einfallenden Lichtstrahls.

Gegebene Aufgabe:



Lösung durch den Schüler:



Mechanik der festen Körper (Klasse 7)

Gleichförmige Bewegung

Beim Lösen physikalischer Aufgaben soll vom Lehrer jede Gelegenheit wahrgenommen werden, um mit den Schülern das Rechnen mit Einheiten, Vielfachen und Teilen dieser Einheiten und das Umrechnen von Einheiten zu üben.

Beispiel 7.1.

Umrechnen von Einheiten

$$1\,\frac{\text{km}}{\text{h}} = \frac{1000\ \text{m}}{3600\ \text{s}} \approx \underline{\underline{0{,}278\,\frac{\text{m}}{\text{s}}}}$$

$$1\,\frac{\text{m}}{\text{s}} = 0{,}001\ \text{km} : \frac{1}{3600}\ \text{h}$$

$$1\,\frac{\text{m}}{\text{s}} = \frac{0{,}001\ \text{km} \cdot 3600}{1\ \text{h}}$$

$$\underline{\underline{1\,\frac{\text{m}}{\text{s}} = 3{,}6\,\frac{\text{km}}{\text{h}}}}$$

Beispiel 7.2.

Bei einer Geschwindigkeitskontrolle durch die VP durchfuhr ein PKW innerhalb einer geschlossenen Ortschaft die Meßstrecke s von 200 m in einer Zeit t von 9,8 s. Verhielt sich der Fahrer entsprechend der Straßenverkehrsordnung?

Gegeben:

$s = 200$ m

$t = 9{,}8$ s

Gesucht:

v in $\frac{\text{km}}{\text{h}}$

Lösung:

$$v = \frac{s}{t}$$

$$v = \frac{200\ \text{m}}{9{,}8\ \text{s}}$$

$$v = 20{,}4\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$v = 0{,}0204\ \text{km} : \frac{1}{3600}\ \text{h}$$

$$v = \frac{0{,}0204\ \text{km} \cdot 3600}{\text{h}}$$

$$v = 20{,}4 \cdot 3{,}6\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$$

$$\underline{\underline{v = 73{,}44\,\frac{\text{km}}{\text{h}}}}$$

Der Fahrer verhielt sich nicht entsprechend der Straßenverkehrsordnung. Er fuhr mit einer Geschwindigkeit von 73,44 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$. *Nach der Straßenverkehrsordnung darf man innerhalb einer geschlossenen Ortschaft nur mit einer Geschwindigkeit von 50* $\frac{\text{km}}{\text{h}}$ *fahren, auf Schnellstraßen 60* $\frac{\text{km}}{\text{h}}$.

Dichte

In der Praxis wird oft die Masse der Körper berechnet. Die Umformung von Gleichungen wird in der Mathematik erst zu einem späteren Zeitpunkt behandelt (etwa 3 Wochen), dadurch kann hier nur *eine* Form von Anwendungsaufgaben erfolgen. Für den Mathematiklehrer ergeben sich aber bei der Behandlung von Gleichungen gute Voraussetzungen für Anwendungsaufgaben aus diesem Gebiet.

Beispiel 7.3.

Bei einem Versuch wird festgestellt, daß ein Körper ein Volumen *V* von 15 ml Wasser verdrängt. Er hat eine Masse *m* von 40,5 g. Aus welchem Stoff könnte der Körper bestehen?

Gegeben:

$m = 40{,}5 \text{ g}$

$V = 15 \text{ ml} = 15 \text{ cm}^3$

Gesucht:

ϱ in $\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$

Lösung:

$$\varrho = \frac{m}{V}$$

$$\varrho = \frac{40{,}5 \text{ g}}{15 \text{ cm}^3}$$

$$\underline{\underline{\varrho = 2{,}7 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}}}$$

Der Stoff könnte aus Aluminium sein.

Hebelgesetz

Beispiel 7.4.

Ermittle die fehlenden Werte der nachfolgenden Tabelle!

	Kraft F_1 in p	Kraftarm l_1 in cm	Last F_2 in p	Lastarm l_2 in cm
1	...	20	1200	5
2	100	...	750	4
3	50	15	250	...

1. *Gegeben:*

$l_1 = 20 \text{ cm}$

$F_2 = 1200 \text{ p}$

$l_2 = 5 \text{ cm}$

Gesucht:

F_1 in p

Lösung:

$$F_1 \cdot l_1 = F_2 \cdot l_2$$

$$F_1 \cdot 20 \text{ cm} = 1200 \text{ p} \cdot 5 \text{ cm}$$

$$F_1 = \frac{1200 \text{ p} \cdot 5 \text{ cm}}{20 \text{ cm}}$$

$$\underline{\underline{F_1 = 300 \text{ p}}}$$

2. *Gegeben:*

s. Tabelle

Gesucht:

l_1 in cm

Lösung:

$$\underline{\underline{l_1 = 30 \text{ cm}}}$$

3. *Gegeben:*

s. Tabelle

Gesucht:

l_2 in cm

Lösung:

$$\underline{\underline{l_2 = 3 \text{ cm}}}$$

Beispiel 7.5.

An einer Stockschere ist ein Hebelarm für die Handkraft 500 mm lang. Der Rundstahl wird so eingelegt, daß der Hebelarm für die Schneidkraft 60 mm lang ist. Wie groß ist die Schnittkraft, wenn die Handkraft 12 kp beträgt? (Entnommen: Mathematiklehrbuch Kl. 8, Ausgabe 1962, S. 55)

Gegeben:	*Gesucht:*	*Lösung:*
$F_1 = 12$ kp	F_2 in kp	$F_1 \cdot l_1 = F_2 \cdot l_2$
$l_1 = 500$ mm		*Die Schnittkraft beträgt* 100 kp.
$l_2 = 60$ mm		

Beispiel 7.6.

An einem Wellrad mit dem Durchmesser von 30 cm wird eine Last durch eine Kraft von 33,75 kp, die an einer Kurbel von 75 cm Länge wirkt, im Gleichgewicht gehalten. Wie groß ist die Last?

Gegeben:	*Gesucht:*	*Lösung:*
$F_1 = 33{,}75$ kp	F_2 in kp	$F_1 \cdot r_1 = F_2 \cdot r_2$
$r_1 = 75$ cm		*Die Last F_2 beträgt* 168,75 kp.
$r_2 = 15$ cm		

Beispiel 7.7.

Auf der linken Seite einer Waage liegen Wägestücke mit einer Masse von 5 g, 320 mg und 7,5 g. Stelle fest, ob Gleichgewicht herrscht, wenn auf der rechten Waagschale folgende Massestücke liegen:

8 g, 820 mg und 4 g!

Gegeben:	*Gesucht:*
$m_1 = 5{,}000$ g	m_l in g
$m_2 = 0{,}320$ g	m_r in g
$m_3 = 7{,}500$ g	
$m_4 = 8{,}000$ g	
$m_5 = 0{,}820$ g	
$m_6 = 4{,}000$ g	

Lösung:

$$m_l \gtreqless m_r$$

$$m_1 + m_2 + m_3 \gtreqless m_4 + m_5 + m_6$$

$$5{,}000\text{ g} + 0{,}320\text{ g} + 7{,}500\text{ g} \gtreqless 8{,}000\text{ g} + 0{,}820\text{ g} + 4{,}000\text{ g}$$

$$\underline{\underline{12{,}820\text{ g} = 12{,}820\text{ g}}}$$

Die Waage ist im Gleichgewicht, da auf beiden Waagschalen Körper mit gleicher Masse liegen.

Beispiel 7.8.

Auf der linken Seite einer Analysenwaage befinden sich Massestücke von insgesamt 7,350 g. Welche Massestücke müssen wir noch auflegen, um Gleichgewicht herzustellen, wenn auf der rechten Waagschale eine Masse von 7,5 g liegt? Stelle eine Gleichung auf!

Gegeben:

$m_l = 7{,}350\ \text{g}$
$m_r = 7{,}500\ \text{g}$

Gesucht:

m in g

Lösung:

$$m_l + m = m_r$$
$$7{,}350\ \text{g} + m = 7{,}500\ \text{g}$$
$$m = 7{,}500\ \text{g} - 7{,}350\ \text{g}$$
$$\underline{\underline{m = 0{,}150\ \text{g}}}$$

Wir legen ein Massestück von 100 mg *und eins von* 50 mg *auf.*

Beispiel 7.9.

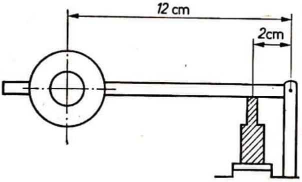
Am Hebel eines Sicherheitsventils wirkt ein Gewicht von 0,6 kp. Der Abstand des Drehpunktes vom Angriffspunkt dieser Kraft beträgt 12 cm. Durch welche Mindestkraft auf den Ventilteller (Abstand vom Drehpunkt 2 cm) wird das Ventil geöffnet?

Gegeben:

$l_1 = 2\ \text{cm}$
$F_2 = 0{,}6\ \text{kp}$
$l_2 = 12\ \text{cm}$

Gesucht:

F_1 in kp



Lösung:

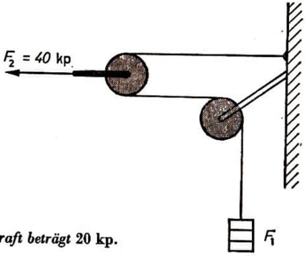
$$F_1 \cdot l_1 = F_2 \cdot l_2$$
$$F_1 \cdot 2\ \text{cm} = 0{,}6\ \text{kp} \cdot 12\ \text{cm}$$
$$F_1 = \frac{0{,}6\ \text{kp} \cdot 12\ \text{cm}}{2\ \text{cm}}$$
$$\underline{\underline{F_1 = 3{,}6\ \text{kp}}}$$

Das Ventil wird bei einer Kraft von 3,6 kp *geöffnet.*

Rolle

Beispiel 7.10.

An einem Seilspanner wirkt eine Belastungskraft von 40 kp. Wie groß ist die Spannkraft F_1?



Gegeben:

$F_2 = 40\ \text{kp}$

Gesucht:

F_1 in kp

Lösung:

$$F_1 = \frac{F_2}{2}$$
$$F_1 = \frac{40\ \text{kp}}{2}$$
$$\underline{\underline{F_1 = 20\ \text{kp}}}$$

Die Spannkraft beträgt 20 kp.

Beispiel 7.11.

Eine Drehmaschine mit einem Gewicht von 560 kp soll mit Hilfe eines Flaschenzuges, der an einer Laufkatze befestigt ist, zu einem anderen Standort gebracht werden. Welche Kraft muß am Zugseil des Flaschenzuges wirken, wenn die losen Rollen an 6 Seilstücken hängen? Das Gewicht der losen Rollen einschließlich ihrer Halterung beträgt 20 kp.
Reibung und Gewicht des Seiles bleiben unberücksichtigt.

Gegeben:

$F_2 = 560 \text{ kp} + 20 \text{ kp}$
$= 580 \text{ kp}$
$n = 6$

Gesucht:

F_1 in kp

Lösung:

$$F_1 = \frac{F_2}{n}$$

$$F_1 = \frac{580 \text{ kp}}{6}$$

$$\underline{\underline{F_1 \approx 96{,}7 \text{ kp}}}$$

Am Zugseil muß mindestens eine Kraft von **96,7 kp** *wirken.*

Wellrad

Beispiel 7.12.

Eine 200 kp schwere Last wird mit einem Wellradgetriebe, bestehend aus Riemenscheibe ($r_1 = 50$ cm) und Welle ($r_2 = 6$ cm), mit gleichförmiger Geschwindigkeit gehoben. Wie groß muß die am Umfang der Riemenscheibe wirkende Kraft sein (die Reibung wird nicht berücksichtigt)?

Gegeben:

$F_2 = 200$ kp
$r_1 = 50$ cm
$r_2 = 6$ cm

Gesucht:

F_1 in kp

Lösung:

$$F_1 \cdot r_1 = F_2 \cdot r_2$$

$$F_1 \cdot 50 \text{ cm} = 200 \text{ kp} \cdot 6 \text{ cm}$$

$$F_1 = \frac{200 \text{ kp} \cdot 6 \text{ cm}}{50 \text{ cm}}$$

$$\underline{\underline{F_1 = 24 \text{ kp}}}$$

Am Umfang der Riemenscheibe muß eine Kraft von **24 kp** *wirken.*

Übersetzungsverhältnis

Bei der Behandlung dieses Stoffgebiets besteht die Möglichkeit einer guten Verbindung zum Mathematikunterricht, da dort die Schüler zur gleichen Zeit das Rechnen mit Proportionen kennenlernen.

Beispiel 7.13.

Zähle die Zähne des Kettenrades und des Zahnkranzes an deinem Fahrrad und berechne das Übersetzungsverhältnis!

Gegeben:

$z_1 = 36$ Zähne (Kettenrad)
$z_2 = 16$ Zähne (Zahnkranz)

Gesucht:

i

Lösung:

$$i = \frac{z_2}{z_1}$$

$$i = \frac{16 \text{ Zähne}}{36 \text{ Zähne}}$$

$$\underline{\underline{i = \frac{4}{9}}}$$

Das Übersetzungsverhältnis beträgt 4:9.

Beispiel 7.14.

Welches Übersetzungsverhältnis besteht zwischen der Riemenscheibe des Mähdreschermotors mit $d_M = 300$ mm und der Trommelwelle mit $d_T = 75$ mm?

Gegeben:

$d_M = 300$ mm
$d_T = 75$ mm

Gesucht:

i

Lösung:

$$i = \frac{d_T}{d_M} \qquad i = \frac{75 \text{ mm}}{300 \text{ mm}} \qquad \underline{\underline{i = \frac{1}{4}}}$$

Das Übersetzungsverhältnis beträgt an diesem Mähdrescher 1:4.

Geneigte Ebene

Beispiel 7.15.

In einer Erzgrube wird mit einem Schrägaufzug ein Höhenunterschied von 27 m auf einer Strecke von 180 m überwunden. Welche Zugkraft muß aufgebracht werden, wenn ein Hunt mit einem Gewicht von 800 kp über den Aufzug gezogen wird (berechne zuerst die Steigung!)?

Gegeben:

$h = 27$ m
$l = 180$ m
$G = 800$ kp

Gesucht:

k
F_H in kp

Lösung:

$$k = \frac{h}{l}$$

$$k = \frac{27 \text{ m}}{180 \text{ m}}$$

$$\underline{\underline{k = 0{,}15}}$$

$$F_H = k \cdot G$$

$$F_H = 0{,}15 \cdot 800 \text{ kp}$$

$$\underline{\underline{F_H = 120 \text{ kp}}}$$

Ohne Berücksichtigung anderer Faktoren muß eine Zugkraft von 120 kp *je Hunt aufgebracht werden.*

Arbeit und Leistung

Beispiel 7.16.

Berechne die erforderliche Arbeit und die Leistung (in kW) eines Motors in einem Lastaufzug, mit dem 50 Mauerziegel (1 Mauerziegel hat ein Gewicht von 3,5 kp) in 25 Sekunden 20 Meter gehoben werden!

Gegeben:

$t = 25\ \mathrm{s}$
$s = 20\ \mathrm{m}$
$F = 3{,}5\ \mathrm{kp} \cdot 50 = 175\ \mathrm{kp}$

Gesucht:

W in kpm
P in kW

Lösung:

$$W = F \cdot s$$
$$W = 175\ \mathrm{kp} \cdot 20\ \mathrm{m}$$
$$\underline{\underline{W = 3500\ \mathrm{kpm}}}$$
$$P = \frac{W}{t}$$
$$P = \frac{3500\ \mathrm{kpm}}{25\ \mathrm{s}}$$
$$P = 140\ \frac{\mathrm{kpm}}{\mathrm{s}}$$

$$1\ \frac{\mathrm{kpm}}{\mathrm{s}} : 140\ \frac{\mathrm{kpm}}{\mathrm{s}} = 9{,}81\ \mathrm{W} : x$$
$$x = \frac{9{,}81\ \mathrm{W} \cdot 140\ \frac{\mathrm{kpm}}{\mathrm{s}}}{1\ \frac{\mathrm{kpm}}{\mathrm{s}}}$$
$$x = 1373{,}4\ \mathrm{W}$$
$$\underline{\underline{x \approx 1{,}4\ \mathrm{kW}}}$$

Der Motor verrichtet eine Arbeit von **3500 kpm** *und hat eine Leistung von* **1,4 kW** *aufzubringen.*

Druck

Beispiel 7.17.

Eine Bohrmaschine mit einem Gewicht von 65 kp kann zum leichten Einstellen der Bohrspindel auf die Bohrlochachse auf einem Luftpolster mit geringem Kraftaufwand verschoben werden. Berechne den Luftdruck, der unter der Tragefläche der Bohrmaschine von 1 400 cm² herrscht.

Gegeben:

$F = 65\ \mathrm{kp}$
$A = 1400\ \mathrm{cm}^2$

Gesucht:

p in $\frac{\mathrm{kp}}{\mathrm{cm}^2}$

Lösung:

$$p = \frac{F}{A}$$
$$p = \frac{65\ \mathrm{kp}}{1400\ \mathrm{cm}^2}$$
$$\underline{\underline{p = 0{,}046\ \frac{\mathrm{kp}}{\mathrm{cm}^2}}}$$

Der Luftdruck beträgt **0,046** $\frac{\mathrm{kp}}{\mathrm{cm}^2}$.

Beispiel 7.18.

Ein Gärtner belastet mit seinem Gewicht von 100 kp eine zur Rasensaat vorbereitete Saatfläche. Seine Schuhsohlen haben die Gesamtfläche von 440 cm². Berechne den ausgeübten Druck!

Wie groß wird der Druck, wenn das Gewicht auf zwei Holzplatten mit einer Fläche von je 30 cm · 40 cm verteilt wird?

Gegeben:
$F = 100$ kp
$A_1 = 440$ cm²

Gesucht:
p in $\frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}$

Lösung:

$$p = \frac{F}{A_1}$$

$$p = \frac{100 \text{ kp}}{440 \text{ cm}^2}$$

$$\underline{\underline{p = 0{,}227 \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}}}$$

Der Druck des menschlichen Körpers auf die Saatfläche beträgt 0,227 $\frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}$.

Gegeben:
$F = 100$ kp
$A_2 = 2 \cdot 30 \text{ cm} \cdot 40 \text{ cm} = 2400 \text{ cm}^2$

Gesucht:
p in $\frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}$

Lösung:

$$p = \frac{F}{A_2}$$

$$p = \frac{100 \text{ kp}}{2400 \text{ cm}^2}$$

$$\underline{\underline{p \approx 0{,}0417 \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}}}$$

Der Druck des menschlichen Körpers auf die Saatfläche bei Verwendung von Holzplatten beträgt 0,0417 $\frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}$.

Beispiel 7.19.

Ein Panzer hat ein Gewicht von 50 000 kp, sein Gewicht ruht auf zwei Stahlketten mit den Abmessungen:

Länge 6 m = 600 cm — **Schätze den auftretenden Druck!**

Breite 0,5 m = 50 cm — **Berechne den auftretenden Druck!**

Gegeben:
$F = 50\,000$ kp
$A = 2 \cdot 600 \text{ cm} \cdot 50 \text{ cm} = 60\,000 \text{ cm}^2$

Gesucht:
p in $\frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}$

Lösung:

$$p = \frac{F}{A}$$

$$p = \frac{50\,000 \text{ kp}}{60\,000 \text{ cm}^2}$$

$$p = 0{,}832 \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}$$

$$\underline{\underline{p \approx 0{,}83 \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}}}$$

Der Druck des Panzers auf die Auflagefläche beträgt 0,83 $\frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}$.

Beispiel 7.20.

Ein Probewürfel aus Beton von 20 cm Kantenlänge, über 28 Tage ausgehärtet, kann mit einer Druckkraft von 240 000 kp belastet werden. Berechne die Druckfestigkeit des Betons!

Gegeben:	*Lösung:*	
$F = 240\,000$ kp	$p = \frac{F}{A}$	
$A = 20$ cm $\cdot$ 20 cm $= 400$ cm^2	$p = \frac{240\,000 \text{ kp}}{400 \text{ cm}^2}$	
Gesucht:		
p in $\frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}$	$\underline{\underline{p = 600 \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}}}$	*Die Druckfestigkeit beträgt* 600 $\frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}$.

Beispiel 7.21.

Sowjetischen Wissenschaftlern ist es gelungen, Plastbeton mit einer Druckfestigkeit von über 1000 $\frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}$ herzustellen.
Mit welcher Kraft kann der Normalwürfel (20 cm Kantenlänge) belastet werden, bevor er nach weiterer Belastung zerdrückt wird?

Gegeben:	*Lösung:*	
$p > 1000 \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}$	$p > \frac{F}{A}$	
$A = 400$ cm^2	$F > p \cdot A$	
Gesucht:	$F > 1000 \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2} \cdot 400 \text{ cm}^2$	*Der Würfel kann eine Druckkraft von mindestens* 400 000 kp *aushalten.*
F in kp	$\underline{\underline{F > 400\,000 \text{ kp}}}$	

Beispiel 7.22.

Seit einiger Zeit wird in der DDR ein neuer und zukunftsreicher Werkstoff produziert, der Schaumglas genannt wird. Vom Werk wird angegeben, daß dieser Werkstoff nur zu $\frac{5}{100}$ des Volumens Glas enthält, der Rest besteht aus Hohlräumen, also eingeschlossenem Gas.
Es werden u. a. Blöcke produziert mit folgenden Abmessungen:

$l = 50$ cm, $b = 50$ cm, $h = 10$ cm.

Berechne das Volumen des Blocks!
Berechne die Dichte des Blocks, wenn die Dichte von Glas mit $\varrho_G = 2{,}5 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ angegeben wird!
Berechne die Masse des Schaumglasblocks!
Berechne die Masse eines Betonblocks gleicher Abmessung!

$\left(\varrho_B = 2{,}9 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}\right)$

Blockvolumen

Gegeben:

$l = 50$ cm
$b = 50$ cm
$h = 10$ cm

Gesucht:

V in cm³

Lösung:

$V = l \cdot b \cdot h$

$V = 50 \text{ cm} \cdot 50 \text{ cm} \cdot 10 \text{ cm}$

$\underline{\underline{V = 25\,000 \text{ cm}^3}}$

Das Volumen beträgt 25 000 cm³

Dichte des Blockes

Gegeben:

$\varrho_G = 2{,}5 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$

Gesucht:

ϱ_{Sch} in $\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$

Lösung:

$\varrho_{Sch} = \varrho_G \cdot \frac{5}{100}$

$\varrho_{Sch} = \frac{2{,}5 \text{ g} \cdot 5}{\text{cm}^3 \cdot 100}$

$\underline{\underline{\varrho_{Sch} = 0{,}125 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}}}$

Die Dichte des Schaumglases beträgt 0,125 $\frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 125 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$.

Masse des Blockes

Gegeben:

$\varrho_{Sch} = 0{,}125 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$
$V = 25\,000 \text{ cm}^3$

Gesucht:

m_{Sch} in g und kg

Lösung:

$\varrho_{Sch} = \frac{m_{Sch}}{V}$

$m_{Sch} = V \cdot \varrho_{Sch}$

$m_{Sch} = \frac{25\,000 \text{ cm}^3 \cdot 0{,}125 \text{ g}}{\text{cm}^3}$

$m_{Sch} = 3125 \text{ g}$

$\underline{\underline{m_{Sch} = 3{,}125 \text{ kg}}}$

Die Masse des Schaumglasblocks beträgt 3,125 kg.

Masse eines Betonblocks

Gegeben:

$\varrho_B = 2{,}9 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$
$V = 25\,000 \text{ cm}^3$

Gesucht:

m_B in g und kg

Lösung:

$m_B = V \cdot \varrho_B$

$m_B = \frac{25\,000 \text{ cm}^3 \cdot 2{,}9 \text{ g}}{\text{cm}^3}$

$m_B = 72\,500 \text{ g}$

$\underline{\underline{m_B = 72{,}5 \text{ kg}}}$

Die Masse des Betonblocks beträgt 72,5 kg.

Wirkungsgrad

Beispiel 7.23.

Welchen Wirkungsgrad hat ein Elektromotor, der bei einer Leistungsaufnahme von 5 kW eine Nutzleistung von 408 $\frac{\text{kpm}}{\text{s}}$ abgibt?

Gegeben:

$P_i = 5\ \text{kW}$

$\quad = 510\ \frac{\text{kpm}}{\text{s}}$

$P_e = 408\ \frac{\text{kpm}}{\text{s}}$

Gesucht:

η

Lösung:

$$\eta = \frac{P_e}{P_i}$$

$$\eta = \frac{408\ \frac{\text{kpm}}{\text{s}}}{510\ \frac{\text{kpm}}{\text{s}}}$$

$$\underline{\underline{\eta = 0{,}8}}$$

Der Wirkungsgrad beträgt 0,8.

Mechanik der flüssigen und gasförmigen Körper (Klasse 7)

Druck in Flüssigkeiten

Im Mathematikunterricht wurde inzwischen das Stoffgebiet über die Proportionen abgeschlossen. Das Kapitel „Druck in Flüssigkeiten" liefert für die Wiederholung und Festigung viele Beispiele.

Beispiel 7.24.

Welcher Druck wird durch einen Kolben mit einer Fläche von 19 cm² auf die Gefäßwand eines Zylinders ausgeübt, wenn eine Kolbendruckkraft von 95 kp wirkt?

Gegeben:

$F = 95\ \text{kp}$

$A = 19\ \text{cm}^2$

Gesucht:

p in at

Lösung:

$$p = \frac{F}{A}$$

$$p = \frac{95\ \text{kp}}{19\ \text{cm}^2}$$

$$p = 5\ \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}$$

$$\underline{\underline{p = 5\ \text{at}}}$$

Der Druck beträgt 5 at.

Beispiel 7.25.

Auf den Druckstempel eines hydraulischen Wagenhebers, der eine Fläche von 1,5 cm² hat, wird eine Kraft von 30 kp ausgeübt. Welche Kraft wirkt auf den Hubkolben, wenn dieser eine Fläche von 25 cm² aufweist?

Gegeben:

$A_1 = 1{,}5\ \mathrm{cm}^2$

$A_2 = 25\ \mathrm{cm}^2$

$F_1 = 30\ \mathrm{kp}$

Gesucht:

F_2 in kp

Lösung:

$$F_1 : F_2 = A_1 : A_2$$

$$30\ \mathrm{kp} : F_2 = 1{,}5\ \mathrm{cm}^2 : 25\ \mathrm{cm}^2$$

$$F_2 \cdot 1{,}5\ \mathrm{cm}^2 = 30\ \mathrm{kp} \cdot 25\ \mathrm{cm}^2$$

$$F_2 = \frac{30\ \mathrm{kp} \cdot 25\ \mathrm{cm}^2}{1{,}5\ \mathrm{cm}^2}$$

$$\underline{\underline{F_2 = 500\ \mathrm{kp}}}$$

Die Kraft am Hubkolben beträgt 500 kp.

Schweredruck in Flüssigkeiten

Beispiel 7.26.

Welcher Schweredruck herrscht an der tiefsten Stelle des Baikalsees (1741 m)?

Gegeben:

$h = 1741\ \mathrm{m}$

$\gamma = 1\ \frac{\mathrm{p}}{\mathrm{cm}^3} = 0{,}001\ \frac{\mathrm{kp}}{\mathrm{cm}^3}$

Gesucht:

p in $\frac{\mathrm{kp}}{\mathrm{cm}^2}$

Lösung:

$$p = h \cdot \gamma$$

$$p = 1741\ \mathrm{m} \cdot \frac{0{,}001\ \mathrm{kp}}{\mathrm{cm}^3}$$

$$p = \frac{174\,100\ \mathrm{cm} \cdot 0{,}001\ \mathrm{kp}}{\mathrm{cm}^3}$$

$$\underline{\underline{p = 174{,}1\ \frac{\mathrm{kp}}{\mathrm{cm}^2}}}$$

An der tiefsten Stelle des Baikalsees herrscht ein Schweredruck von 174,1 $\frac{\mathrm{kp}}{\mathrm{cm}^2}$.

Beispiel 7.27.

Welcher Schweredruck ist bei einer Quecksilbersäule von 76 cm Höhe vorhanden?

Gegeben:

$h = 76\ \mathrm{cm}$

$\gamma = 13{,}6\ \frac{\mathrm{p}}{\mathrm{cm}^3}$

Gesucht:

p in at

Lösung:

$$p = h \cdot \gamma$$

$$p = 76\ \mathrm{cm} \cdot 13{,}6\ \frac{\mathrm{p}}{\mathrm{cm}^3}$$

$$p = 1033{,}6\ \frac{\mathrm{p}}{\mathrm{cm}^2}$$

$$\underline{\underline{p \approx 1{,}034\ \mathrm{at}}}$$

Der Druck beträgt 1,034 at.

Archimedisches Gesetz

Beispiel 7.28.

Ein Körper verdrängt 35 cm³ Wasser. Welchen Gewichtsverlust erfährt der Körper?

Gegeben:

$V = 35\ \text{cm}^3$

$\gamma = 1\ \frac{\text{p}}{\text{cm}^3}$

Gesucht:

F_A in p

Lösung:

$F_A = V \cdot \gamma$

$F_A = 35\ \text{cm}^3 \cdot 1\ \frac{\text{p}}{\text{cm}^3}$

$\underline{\underline{F_A = 35\ \text{p}}}$

Der Körper hat im Wasser einen Gewichtsverlust von 35 p.

Beispiel 7.29.

Ein Hohlkörper verdrängt ein Volumen von 17 cm³.
Wie groß ist sein Auftrieb in Alkohol $\left(\gamma = 0{,}79\ \frac{\text{p}}{\text{cm}^3}\right)$?

Gegeben:

$V = 17\ \text{cm}^3$

$\gamma = 0{,}79\ \frac{\text{p}}{\text{cm}^3}$

Gesucht:

F_A in p

Lösung:

$F_A = V \cdot \gamma$

$F_A = \frac{17\ \text{cm}^3 \cdot 0{,}79\ \text{p}}{\text{cm}^3}$

$\underline{\underline{F_A = 13{,}43\ \text{p}}}$

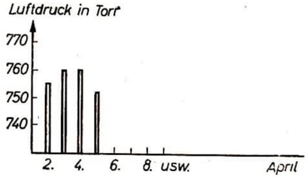
Der Auftrieb beträgt 13,43 p.

Druck in Gasen

Beispiel 7.30.

Stelle nach dem Wetterbericht (jeweils 19 Uhr) ein Säulendiagramm des Luftdruckes für einen Monat auf!

Lösung:



Beispiel 7.31.

Im Wetterbericht wurde der Luftdruck mit 762 Torr angegeben. Rechne in mb um!

Gegeben:

$p = 762$ Torr

1 Torr = 1,33 mb

Gesucht:

p in mb

Lösung:

$$1 \text{ Torr} : 762 \text{ Torr} = 1{,}33 \text{ mb} : x$$

$$x = \frac{1{,}33 \text{ mb} \cdot 762 \text{ Torr}}{1 \text{ Torr}}$$

$$\underline{\underline{x = 1013 \text{ mb}}}$$

Der Luftdruck betrug 1013 mb.

Strömungsgeschwindigkeit und Querschnitt

Beispiel 7.32.

Wasser strömt mit einer Geschwindigkeit von $6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ durch ein Rohr mit einem Querschnitt von 8 cm². Wie groß wird die Geschwindigkeit an einer Stelle, wo das Rohr einen Querschnitt von 5 cm² aufweist?

Gegeben:

$A_1 = 8 \text{ cm}^2$

$A_2 = 5 \text{ cm}^2$

$v_1 = 6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

Gesucht:

v_2 in $\frac{\text{m}}{\text{s}}$

Lösung:

$$A_1 : A_2 = v_2 : v_1$$

$$8 \text{cm}^2 : 5 \text{ cm}^2 = v_2 : 6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$v_2 \cdot 5 \text{ cm}^2 = 8 \text{ cm}^2 \cdot 6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$v_2 = \frac{8 \text{ cm}^2 \cdot 6 \text{ m}}{5 \text{ cm}^2 \cdot \text{s}}$$

$$\underline{\underline{v_2 = 9{,}6 \frac{\text{m}}{\text{s}}}}$$

Die Geschwindigkeit beträgt in der Verengung $9{,}6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

In gleicher Weise kann auch der Querschnitt eines Rohres berechnet werden.

Zusatzaufgaben (Klasse 7)

Die Zusatzaufgaben sind zu der Zeit, da der Lehrstoff im Physikunterricht behandelt wird, mit den hier angegebenen mathematischen Hilfsmitteln durch die Schüler noch nicht lösbar. Diese Aufgaben können deshalb erst zu einem späteren Zeitpunkt, etwa am Schuljahresende, von den leistungsstarken Schülern gelöst werden. Bei den umfangreicheren Aufgaben empfiehlt es sich, mit leistungsschwächeren Schülern Lösungen in Teilschritten vorzunehmen.

Beispiel 7.33.

Wie groß ist die Masse einer Stahlplatte, die eine Breite von 10 cm, eine Länge von 25 cm und eine Höhe von 2 cm hat? Die Dichte von Stahl beträgt $7{,}8\,\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$.

Gegeben:

$l = 25$ cm
$b = 10$ cm
$h = 2$ cm
$\varrho = 7{,}8\,\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$

Gesucht:

m in kg

Lösung:

$$\varrho = \frac{m}{V} \qquad V = l \cdot b \cdot h$$

$$\varrho = \frac{m}{l \cdot b \cdot h}$$

$$7{,}8\,\frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = \frac{m}{25\text{ cm} \cdot 10\text{ cm} \cdot 2\text{ cm}}$$

$$500\text{ cm}^3 \cdot 7{,}8\,\frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = m$$

$$m = 3900\text{ g}$$

$$\underline{\underline{m = 3{,}9\text{ kg}}}$$

Die Stahlplatte hat eine Masse von 3,9 kg.

Beispiel 7.34.

Welche Dichte hat ein Mauerziegel? Seine Abmessungen werden mit 25 cm, 12,5 cm und 6,5 cm angegeben. Die Masse eines Mauerziegels beträgt ca. 3,5 kg.

Lösung: Die Dichte ϱ *des Mauerziegels beträgt rund* $1{,}7\,\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$.

Beispiel 7.35.

Ein Träger hat eine Länge von 8 m und ein Gewicht von 180 kp. Welche Kraft ist notwendig, wenn er an einem Ende angehoben werden soll (das Gewicht des Trägers denke man sich in der Mitte des Trägers angreifend)?

Gegeben:

$F_2 = 180$ kp
$l_1 = 8$ m
$l_2 = 4$ m

Gesucht:

F_1 in kp

Lösung:

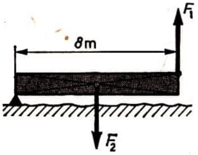
$$F_1 \cdot l_1 = F_2 \cdot l_2$$

$$F_1 \cdot 8\text{ m} = 180\text{ kp} \cdot 4\text{ m}$$

$$F_1 = \frac{180\text{ kp} \cdot 4\text{ m}}{8\text{ m}}$$

$$\underline{\underline{F_1 = 90\text{ kp}}}$$

Zum Anheben des Trägers benötigen wir eine Kraft von 90 kp.



Beispiel 7.36.

Bei Zugbelastung dehnt sich eine Schraubenfeder bei einer Belastung mit 5 p, 25 p, 60 p, 10 p, 30 p und 40 p auf 3 cm, 15 cm, 36 cm, 6 cm, 18 cm, 24 cm aus. Stelle eine Wertetafel auf, bilde eine Verhältniskette und bestimme daraus den Proportionalitätsfaktor!

Lösung:

Gewicht in p	Ausdehnung in cm
5	3
10	6
25	15
30	18
40	24
60	36

$$5 : 3 = 10 : 6 = 25 : 15 = 30 : 18 = 40 : 24 = 60 : 36 = \frac{5}{3}.$$

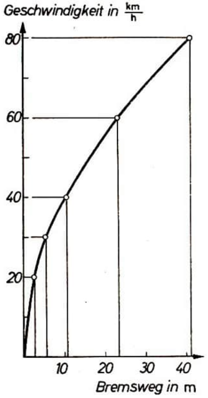
Der Proportionalitätsfaktor beträgt $\frac{5}{3}$.

Bei Belastung der Feder mit 5 p dehnt sich diese um 3 cm aus.

Beispiel 7.37.

Bei Bremsversuchen mit dem Barkaswagen B 1000 wurden bei Geschwindigkeiten von 20 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$, 30 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$, 60 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$, 40 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$, 80 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$ folgende Bremswege gemessen: 2,6 m; 5,9 m; 23,3 m; 10,3 m; 41,0 m. Untersuche durch Anfertigung einer grafischen Darstellung, ob zwischen Geschwindigkeit und Bremsweg Proportionalität besteht!

Lösung:



Zwischen Geschwindigkeit und Bremsweg besteht keine Proportionalität.

Beispiel 7.38.

Mit Hilfe einer Brechstange soll eine Last von 60 kp angehoben werden. Welche Kraft muß dabei der Arbeiter aufwenden, wenn der Lastarm 10 cm und der Kraftarm 72 cm lang sind?

Lösung:

$l_1 : l_2 = F_2 : F_1$

Der Arbeiter muß eine Kraft von rund 8,3 kp *aufwenden.*

Beispiel 7.39.

Im Physikunterricht wird das Modell eines hydraulischen Wagenhebers vorgeführt. Der kleine Kolben 1 hat eine Fläche von 4 cm² und ist mit 150 p belastet. Wie groß ist die Fläche des Hubkolbens 2, wenn auf ihn bei Gleichgewicht eine Kraft von 675 p wirkt?

Lösung:

$F_1 : F_2 = A_1 : A_2$

Die Fläche des Hubkolbens ist 18 cm² *groß.*

Beispiel 7.40.

Ein Kompressor wird mittels Riementrieb angetrieben. Welche Kraft wird am Umfang der Kompressorwelle ($r_2 = 60$ mm) wirksam, wenn eine Kraft von 75 kp auf das Rad mit $r_1 = 36$ cm übertragen wird?

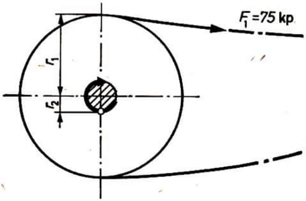
Lösung:

$F_2 : F_1 = r_1 : r_2$

$$F_2 = \frac{F_1 \cdot r_1}{r_2}$$

$$F_2 = \frac{75\ \text{kp} \cdot 36\ \text{cm}}{6\ \text{cm}}$$

$$\underline{\underline{F_2 = 450\ \text{kp}}}$$



Am Umfang der Kompressorwelle wird eine Kraft von 450 kp *wirksam.*

Beispiel 7.41.

Rechne die Leistung des Wartburgmotors von $2775\ \frac{\text{kpm}}{\text{s}}$ in kW um!

Gegeben:

$P_1 = 2775\,\frac{\text{kpm}}{\text{s}}$

Gesucht:

P_2 in kW

Lösung:

$102\,\frac{\text{kpm}}{\text{s}} = 1\text{ kW}$

$2775\,\frac{\text{kpm}}{\text{s}} = P_2$

Überschlag: $3000\,\frac{\text{kpm}}{\text{s}}$ ist das Dreißigfache von $100\,\frac{\text{kpm}}{\text{s}}$, also 30 kW

$$102\,\frac{\text{kpm}}{\text{s}} : 2775\,\frac{\text{kpm}}{\text{s}} = 1\text{ kW} : P_2$$

$$102\,\frac{\text{kpm}}{\text{s}} \cdot P_2 = 2775\,\frac{\text{kpm}}{\text{s}} \cdot 1\text{ kW}$$

$$P_2 = \frac{2775\,\frac{\text{kpm}}{\text{s}} \cdot 1\text{ kW}}{102\,\frac{\text{kpm}}{\text{s}}}$$

$$\underline{\underline{P_2 \approx 27{,}2\text{ kW}}}$$

Die Leistung des Wartburgmotors liegt bei **27,2 kW.**

Beispiel 7.42.

Die Bohrspindel einer Ständerbohrmaschine macht 600 Umdrehungen in der Minute. Auf der Welle des Motors sitzt ein Zahnrad mit 36 Zähnen, das Gegenrad auf der Spindel hat 83 Zähne. Berechne die Drehzahl der Motorwelle!

Gegeben:

$n_2 = 600\,\frac{1}{\text{min}}$

$z_1 = 36$

$z_2 = 83$

Gesucht:

n_1 in $\frac{1}{\text{min}}$

Lösung:

83 Zähne $\mathrel{\widehat{=}} 600\,\frac{1}{\text{min}}$

36 Zähne $\mathrel{\widehat{=}} n_1$

$$83 : 36 = n_1 : 600\,\frac{1}{\text{min}}$$

$$36 \cdot n_1 = 83 \cdot 600\,\frac{1}{\text{min}}$$

$$n_1 = \frac{83 \cdot 600\,\frac{1}{\text{min}}}{36}$$

$$\underline{\underline{n_1 \approx 1400\,\frac{1}{\text{min}}}}$$

Überschlag: 36 Zähne sind rund die Hälfte von 80 Zähnen, das entspricht also $1200\,\frac{1}{\text{min}}$

(Indirektes Verhältnis!)

Die Motorwelle hat eine Drehzahl von etwa $1400\,\frac{1}{\text{min}}$.

Bemerkung: Die Gleichung $z_2 : z_1 = n_1 : n_2$ ist dem Schüler im allgemeinen nicht bekannt. Der Buchstabe U (Umdrehung) hinter der Drehzahl bleibt bei physikalischen Rechnungen weg; er ist überflüssig. An Stelle der Schreibweise $\frac{\mathrm{U}}{\mathrm{min}}$ als Einheit für die Drehzahl ist mit Rücksicht auf Korrektheit in der Maßbezeichnung nur $\frac{1}{\mathrm{min}}$ zu setzen, denn die Anzahl der Umdrehungen ist eine reine Zahl.

Beispiel 7.43.

In einer LPG soll ein runder Silo zum Einlagern von Gärfutter gebaut werden. Für den Silo sind folgende Abmessungen vorgesehen:

Gegeben:

$h = 2{,}96 \text{ m}$

$D = 3{,}0 \text{ m}$

$d = 2{,}75 \text{ m}$

$h_F = 2{,}5 \text{ m}$

$\gamma_B = 2{,}9 \frac{\text{p}}{\text{cm}^3}$ (Beton)

$\gamma_F = 1{,}3 \frac{\text{p}}{\text{cm}^3}$ (Futter)

Gesucht: p in $\frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}$

Wie groß ist die Druckbelastung der Silogrundfläche bei einer Füllhöhe von 2,5 m?

$p_{zul} = 3{,}5 \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}$ (zulässige Druckbelastung des Baugrundes)

Lösung:

Futterfüllung

$$V_F = \frac{d^2 \pi}{4} \cdot h_F$$

$$V_F = \frac{2{,}75^2 \text{ m}^2 \cdot 3{,}14}{4} \cdot 2{,}5 \text{ m}$$

$$V_F = \frac{7{,}56 \text{ m}^2 \cdot 3{,}14}{4} \cdot 2{,}5 \text{ m}$$

$$\underline{V_F = 14{,}83 \text{ m}^3}$$

$$G_F = V_F \cdot \gamma_F$$

$$G_F = 14{,}83 \text{ m}^3 \cdot 1{,}3 \frac{\text{Mp}}{\text{m}^3}$$

$$\underline{G_F = 19{,}28 \text{ Mp}}$$

Betonring

$$V_B = \frac{D^2 \pi}{4} \cdot h - \frac{d^2 \pi}{4} h$$

$$V_B = \frac{\pi h}{4} (D^2 - d^2)$$

$$V_B = \frac{3{,}14 \cdot 2{,}96 \text{ m}}{4} (3{,}0^2 \text{ m}^2 - 2{,}75^2 \text{ m}^2)$$

$$V_B = 3{,}14 \cdot 0{,}74 \text{ m} (9{,}00 \text{ m}^2 - 7{,}56 \text{ m}^2)$$

$$\underline{V_B = 3{,}37 \text{ m}^3}$$

$$G_B = V_B \cdot \gamma_B$$

$$G_B = 3{,}37 \text{ m}^3 \cdot 2{,}9 \frac{\text{Mp}}{\text{m}^3}$$

$$\underline{G_B = 9{,}77 \text{ Mp}}$$

$$G_{ges} = G_B + G_F$$

$$G_{ges} = 9{,}77 \text{ Mp} + 19{,}28 \text{ Mp}$$

$$\underline{G_{ges} = 29{,}05 \text{ Mp}}$$

Bodendruck

$$A = \frac{D^2 \pi}{4} \qquad p = \frac{G_{ges}}{A} \qquad p \ll p_{zul}$$

$$A = \frac{9{,}00\ \text{m}^2 \cdot 3{,}14}{4} \qquad p = \frac{29\,050\ \text{kp}}{70\,850\ \text{cm}^2}$$

$$\underline{\underline{A = 7{,}085\ \text{m}^2}} \qquad \underline{\underline{p \approx 0{,}4\ \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}}}$$

Die Grundfläche des Silos reicht als Unterstützungsfläche aus. Die Belastung beträgt nur etwa ein Achtel der zulässigen Belastung.

Beispiel 7.44.

a) Ein Panzer hat ein Gewicht von 35 Mp. Die Auflageflächen der beiden Raupenbänder haben eine Länge von je 6,2 m und eine Breite von je 0,5 m. Schätze den auftretenden Druck! Berechne den auftretenden Druck!

Gegeben:

$F = 35\,000$ kp

$l = 6{,}2$ m

$b = 0{,}5$ m

$z = 2$

Gesucht:

A in cm²

p in $\frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}$

Lösung:

$$A = l \cdot b \cdot z$$

$$A = 620\ \text{cm} \cdot 50\ \text{cm} \cdot 2$$

$$\underline{\underline{A = 62\,000\ \text{cm}^2}}$$

$$p = \frac{F}{A}$$

$$p = \frac{35\,000\ \text{kp}}{62\,000\ \text{cm}^2}$$

$$p = 0{,}564\ \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}$$

$$\underline{\underline{p \approx 0{,}56\ \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}}}$$

Der Auflagedruck des Panzers beträgt 0,56 $\frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}$, *d. h., die Druckkraft je cm² Auflagefläche beträgt* $F_1 = 0{,}56$ kp.

b) Zum Zusammendrücken von Erdreich um je 1 cm sei eine Kraft von $F_2 = 0{,}04$ kp auf je 1 cm² Fläche erforderlich. Wie tief sinkt der Panzer in das Erdreich ein?

Gegeben:

$F_1 = 0{,}56$ kp

$F_2 = 0{,}04$ kp

$s_2 = 1$ cm

Gesucht:

s_1 in cm

Lösung:

$$\frac{s_1}{s_2} = \frac{F_1}{F_2}$$

$$s_1 = \frac{F_1 \cdot s_2}{F_2}$$

$$s_1 = \frac{0{,}56\ \text{kp} \cdot 1\ \text{cm}}{0{,}04\ \text{kp}}$$

$$\underline{\underline{s_1 = 16\ \text{cm}}}$$

Der Panzer sinkt 16 cm *tief ein.*

Beispiel 7.45.

Mit Hilfe eines Standzylinders von 170 mm Höhe sollen 50 cm³ Wasser abgemessen werden. Der Innendurchmesser des Zylinders beträgt 23 mm.

Gegeben:

$d = 23$ mm
$V = 50$ cm³ $= 50\,000$ mm³

Gesucht:

h in mm

Lösung:

$$V = A \cdot h \qquad A = \frac{d^2\,\pi}{4}$$

$$A = \frac{23^2\,\text{mm}^2 \cdot 3{,}14}{4}$$

$$A = 415{,}48\ \text{mm}^2$$

$$50\,000\ \text{mm}^3 = 415{,}48\ \text{mm}^2 \cdot h$$

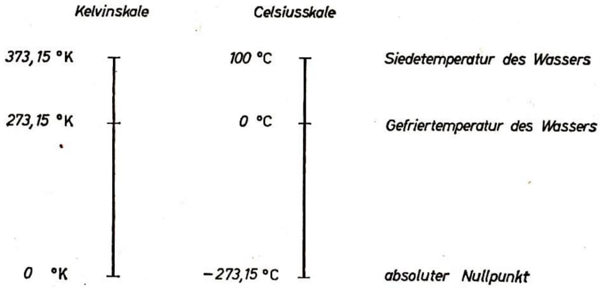
$$\frac{50\,000\ \text{mm}^3}{415{,}48\ \text{mm}^2} = h \qquad \text{Ü.}: 500 : 4 = 125$$

$$\underline{\underline{h = 120{,}3\ \text{mm}}}$$

Die Wassersäule muß rund 120 mm *hoch stehen.*

Wärmelehre (Klasse 8)

Temperaturskalen



Für die Umrechnung von °C in °K und umgekehrt gilt folgende zugeschnittene Größengleichung:

$$\boxed{\frac{T}{°\text{K}} = 273 + \frac{t}{°\text{C}}}$$

Beispiel 8.1.

Rechne 5 °C in °K um!

Gegeben:	*Lösung:*	
$t = 5\ °C$	$\frac{T}{°K} = 273 + \frac{t}{°C}$	
Gesucht:		$T = (273 + 5)\ °K$
T in °K	$\frac{T}{°K} = 273 + \frac{5\ °C}{°C}$	$\underline{\underline{T = 278\ °K}}$

Beispiel 8.2.

Wieviel °K sind — 13 °C?

Gegeben:	*Lösung:*	
$t = -13\ °C$	$\frac{T}{°K} = 273 + \frac{t}{°C}$	
Gesucht:		$T = (273 - 13)\ °K$
T in °K	$\frac{T}{°K} = 273 + \frac{-13\ °C}{°C}$	$\underline{\underline{T = 260\ °K}}$

Beispiel 8.3.

Peter hat in der Zeitschrift „Jugend und Technik" folgende Temperaturangabe gelesen: 83,5 °K.
Wieviel °C sind das?

Gegeben:

$T = 83{,}5\ °K$

Gesucht:

t in °C

Lösung:

$$\frac{T}{°K} = 273 + \frac{t}{°C}$$

$$\frac{83{,}5\ °K}{°K} = 273 + \frac{t}{°C}$$

$$83{,}5 - 273 = \frac{t}{°C}$$

$$-189{,}5\ °C = t$$

$$\underline{\underline{t = -189{,}5\ °C}}$$

***Die Temperaturangabe bezog sich auf* — 189,5 °C.**

Ausdehnung fester Körper

In der Mathematik werden in der 1. bis 8. Woche die Variablen behandelt. Es ergibt sich nun auch in der Physik die Möglichkeit, die Gleichungen zunächst nach der unbekannten Größe aufzulösen. Der Physiklehrer muß unbedingt darauf achten, daß erst dann die Zahlenwerte und Einheiten eingesetzt werden.

Beispiel 8.4.

Die Längsträger einer Stahlbrücke haben bei — 18 °C eine Länge von 155,55 m. Welche Länge haben die Träger, wenn durch Sonneneinwirkung im Sommer die Konstruktion auf 28 °C erwärmt wird?

Gegeben:

$l_1 = 155{,}55$ m

$\Delta t = 46$ grd

$\alpha = 0{,}000\,011 \frac{1}{\text{grd}}$

Gesucht:

l_2 in m

Lösung:

$l_2 = l_1 (1 + \alpha \cdot \Delta t)$

$l_2 = 155{,}55 \text{ m} \left(1 + 0{,}000011 \frac{1}{\text{grd}} \cdot 46 \text{ grd}\right)$

$l_2 = 155{,}55 \text{ m} \cdot 1{,}000506$

$\underline{\underline{l_2 \approx 155{,}63 \text{ m}}}$

Die Träger haben eine Länge von 155,63 m.

Beispiel 8.5.

In einer Versuchsanordnung wird ein Zinkstab mit einer Länge von 856 mm bei 21 °C auf 87 °C erwärmt. Berechne die Ausdehnung!

Gegeben:

$l_1 = 856$ mm

$\Delta t = 66$ grd

$\alpha = 0{,}000\,036 \frac{1}{\text{grd}}$

Gesucht:

Δl in mm

Lösung:

$\Delta l = l_1 \cdot \alpha \cdot \Delta t$

$\Delta l = 856 \text{ mm} \cdot 0{,}000036 \frac{1}{\text{grd}} \cdot 66 \text{ grd}$

$\underline{\underline{\Delta l \approx 2 \text{ mm}}}$

Der Zinkstab dehnt sich etwa 2 mm *aus.*

Man kann auch die Gleichung $l_2 = l_1 (1 + \alpha \cdot \Delta t)$ benutzen.

Beispiel 8.6.

Im Sommer werden bei 27 °C Lufttemperatur 6,125 km Kupferdraht als Hochspannungsleitung verlegt. Welche Länge hat der Draht im Winter bei — 24 °C?

Gegeben:

$l_1 = 6125$ m

$\Delta t = 51$ grd

$\alpha = 0{,}000\,017 \frac{1}{\text{grd}}$

Gesucht:

l_2 in m

Lösung:

$l_2 = l_1 (1 - \alpha \cdot \Delta t)$

$l_2 = 6125 \text{ m} \left(1 - 0{,}000017 \frac{1}{\text{grd}} \cdot 51 \text{ grd}\right)$

$\underline{\underline{l_2 \approx 6119{,}7 \text{ m}}}$

Bei — 24 °C *hat der Draht eine Länge von rund* 6119,7 m.

Ausdehnung flüssiger Körper

Beispiel 8.7.

Ein zylindrischer Benzoltank mit einem Volumen von 50 m³ wird bis zu $\frac{4}{5}$ seines Gesamtvolumens mit Benzol, dessen Temperatur 0°C beträgt, gefüllt. Wieviel l Benzol enthält der Tank, wenn die Temperatur im Tank auf 28°C ansteigt?

Gegeben:

$V_0 = 50\,000\ l \cdot \frac{4}{5} = 40\,000\ \mathrm{l}$

$\Delta t = 28\ \mathrm{grd}$

$\gamma = 0{,}00123\ \frac{1}{\mathrm{grd}}$

Gesucht:

V_1 in l

Lösung:

$V_1 = V_0\,(1 + \gamma \cdot \Delta t)$

$V_1 = 40\,000\ \mathrm{l}\left(1 + 0{,}00123\ \frac{1}{\mathrm{grd}} \cdot 28\ \mathrm{grd}\right)$

$\underline{\underline{V_1 = 41\,377{,}6\ \mathrm{l}}}$

Bei 28 °C enthält der Tank rund 41378 l Benzol.

Zustandsgleichung der Gase

Hier ergeben sich vielfältige Formen von Aufgabenbeispielen. Der Lehrer hat die Möglichkeit, das Auflösen von Gleichungen zu üben.

Beispiel 8.8.

Eine Stahlflasche mit einem Fassungsvermögen von 40 l enthält Gas unter einem Druck von 150 at. Welches Volumen nimmt dieses Gas bei einem Druck von 1 at und bei gleicher Temperatur ein?

Gegeben:

$p_1 = 150\ \mathrm{at}$

$p_2 = 1\ \mathrm{at}$

$T_1 = T_2$

$V_1 = 40\ \mathrm{l}$

Gesucht:

V_2 in l

Lösung:

$$\frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2}$$

$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2$$

$$V_2 = \frac{p_1 \cdot V_1}{p_2}$$

$$V_2 = \frac{150\ \mathrm{at} \cdot 40\ \mathrm{l}}{1\ \mathrm{at}}$$

$$\underline{\underline{V_2 = 6000\ \mathrm{l}}}$$

Das Gas nimmt ein Volumen von 6000 l ein.

Beispiel 8.9.

In eine Stahlflasche mit einem Volumen von 40 000 cm³ werden 4500 dm³ Sauerstoff eingepreßt. Welcher Druck besteht in der Flasche, wenn die Gastemperatur dabei unverändert bleibt?

Gegeben:

$p_1 = 1$ at
$V_1 = 4500$ dm³
$V_2 = 40\,000$ cm³
$= 40$ dm³
$T_1 = T_2$

Gesucht:

p_2 in at

Lösung:

$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2$$

$$p_2 = \frac{p_1 \cdot V_1}{V_2}$$

$$p_2 = \frac{1\,\text{at} \cdot 4500\,\text{dm}^3}{40\,\text{dm}^3}$$

$$\underline{\underline{p_2 = 112{,}5\,\text{at}}}$$

In der Flasche besteht ein Druck von 112,5 at.

Beispiel 8.10.

In einer abgeschlossenen Gasmenge von 2500 cm³ herrscht ein Druck von 4 at bei 12 °C. Durch Wärmeeinwirkungen steigt der Druck auf 4,5 at an. Welche Temperatur hat das Gas?

Gegeben:

$p_1 = 4$ at
$p_2 = 4{,}5$ at
$t_1 = 12$ °C
$T_1 = 285$ °K
$V_1 = V_2$

Gesucht:

t_2 in °C

Lösung:

$$\frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2}$$

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$$

$$T_2 = \frac{T_1 \cdot p_2}{p_1}$$

$$T_2 = \frac{285\,°\text{K} \cdot 4{,}5\,\text{at}}{4\,\text{at}}$$

$$T_2 = 320{,}6\,°\text{K}$$

$$\underline{\underline{t_2 = 47{,}6\,°\text{C}}}$$

Die Temperatur des Gases beträgt 47,6 °C.

Wärmemenge

Beispiel 8.11.

Welche Wärmemenge ist beim Erwärmen von 3 kg Wasser von Zimmertemperatur (18 °C) bis zur Siedetemperatur notwendig?

Gegeben:

$m = 3$ kg
$\Delta t = 82$ grd
$c \approx 1 \dfrac{\text{kcal}}{\text{kg} \cdot \text{grd}}$

Gesucht:

W in kcal

Lösung:

$$W = m \cdot c \cdot \Delta t$$

$$W \approx \frac{3\,\text{kg} \cdot 1\,\text{kcal} \cdot 82\,\text{grd}}{\text{kg} \cdot \text{grd}}$$

$$\underline{\underline{W \approx 246\,\text{kcal}}}$$

Zum Erwärmen der 3 kg *Wasser um* 82 grd *sind* 246 kcal *erforderlich.*

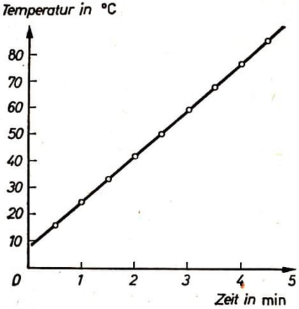
Beispiel 8.12.

Beim Erwärmen von Wasser durch einen Tauchsieder wurden folgende Werte gemessen:

Zeit t in min	Temperatur in °C
0,5	18,0
1,0	26,2
1,5	34,4
2,0	42,0
2,5	50,1
3,0	58,3
3,5	66,5
4,0	74,7
4,5	83,0

Stelle den Temperaturverlauf grafisch dar!

Lösung:



Diese Aufgabe kann in Verbindung mit einem Schülerexperiment gestellt werden.

Beispiel 8.13.

Bei einem Versuch werden 200 ml Wasser in einem Becherglas mit einer Masse m von 150 g von 20°C auf 60°C erwärmt. Welche Wärmemengen werden dabei von dem Wasser und dem Becherglas aufgenommen?

Berechnung der vom Wasser aufgenommenen Wärmemenge:

Gegeben:

$m = 200\ \mathrm{g}$

$\Delta t = 40\ \mathrm{grd}$

$c \approx 1\ \dfrac{\mathrm{kcal}}{\mathrm{kg \cdot grd}}$

Gesucht:

W in kcal

Lösung:

$$W = m \cdot c \cdot \Delta t$$

$$W \approx \frac{200\ \mathrm{g} \cdot 1\ \mathrm{cal} \cdot 40\ \mathrm{grd}}{\mathrm{g \cdot grd}}$$

$$\underline{\underline{W \approx 8\ \mathrm{kcal}}}$$

Zwischenergebnis:
Das Wasser nimmt* 8 kcal *auf.

Berechnung der vom Glas aufgenommenen Wärmemenge:

Gegeben:

$m = 150\ \mathrm{g}$

$\Delta t = 40\ \mathrm{grd}$

$c = 0{,}184\ \dfrac{\mathrm{cal}}{\mathrm{g \cdot grd}}$

Gesucht:

W in kcal

Lösung:

$$W = m \cdot c \cdot \Delta t$$

$$W = \frac{150\ \mathrm{g} \cdot 0{,}184\ \mathrm{cal} \cdot 40\ \mathrm{grd}}{\mathrm{g \cdot grd}}$$

$$W = 1104\ \mathrm{cal}$$

$$\underline{\underline{W = 1{,}104\ \mathrm{kcal}}}$$

Zwischenergebnis:
Das Glas nimmt* 1,104 kcal *auf.

Zum Erwärmen des Wassers und des Glases wird eine Wärmemenge von* 9,104 kcal *benötigt.

Schmelzwärme

Beispiel 8.14.

Welche Wärmemenge ist zum Schmelzen von 5 kg Blei erforderlich?

Gegeben:

spezifische Schmelzwärme für Blei:

$q_S = 5{,}9 \dfrac{\text{kcal}}{\text{kg}}$

$m = 5$ kg

Gesucht:

W in kcal

Lösung:

$q_S = \dfrac{W}{m}$

$W = m \cdot q_S$

$W = \dfrac{5 \text{ kg} \cdot 5{,}9 \text{ kcal}}{\text{kg}}$

$\underline{\underline{W = 29{,}5 \text{ kcal}}}$

Es ist eine Wärmemenge von 29,5 kcal *erforderlich.*

Umrechnung von mechanischer Energie in Wärmeenergie

In diesem Stoffgebiet ergeben sich viele Möglichkeiten zum Wiederholen des Rechnens mit Dezimalbrüchen.

Beispiel 8.15.

Welche Wärmemenge entspricht einer mechanischen Arbeit von 42,3 kpm?

Gegeben:

$W_M = 42{,}3$ kpm

Gesucht:

W_W in cal

Lösung:

1 kpm : 2,34 cal = 42,3 kpm : W_W

$W_W = \dfrac{42{,}3 \text{ kpm} \cdot 2{,}34 \text{ cal}}{1 \text{ kpm}}$

$\underline{\underline{W_W = 98{,}982 \text{ cal}}}$

42,3 kpm *entsprechen* 98,982 cal.

Nach dem TGL Blatt 0-1304 „Allgemeine Formelzeichen" ist für die Wärmemenge und die Arbeit das Formelzeichen W angegeben. Da bei dieser Aufgabe mit beiden Größen gerechnet wird, verwendet man zur genauen Bezeichnung die Indizes M für mechanische Arbeit und W für Wärme.

Beispiel 8.16.

Welcher mechanischen Arbeit entspricht eine Wärmemenge von 0,8 kcal?

Gegeben:

$W_W = 0{,}8$ kcal

Gesucht:

W_M in kpm

Lösung:

$$427 \text{ kpm} : 1 \text{ kcal} = W_M : 0{,}8 \text{ kcal}$$

$$W_M = \frac{427 \text{ kpm} \cdot 0{,}8 \text{ kcal}}{1 \text{ kcal}}$$

$$\underline{\underline{W_M = 341{,}6 \text{ kpm}}}$$

0,8 kcal *entsprechen* 341,6 kpm.

Elektrizitätslehre (Klasse 8)

Die Aufgaben der Elektrizitätslehre in der Klasse 8 haben für viele Versuche und Schülerübungen in den Klassen 8 bis 10 große Bedeutung. Hier gilt es, mit den Schülern möglichst viele Aufgaben aus diesem Gebiet zu rechnen. Besonders wichtig ist dabei auch der Umgang mit Rechenhilfsmitteln. Jeder Schüler muß am Ende der Klasse 8 in der Lage sein, mit der Zahlentafel (Z) zu arbeiten und die Aufgaben auch mit dem Rechenstab (R) zu lösen.

Ohmsches Gesetz

Beispiel 8.17.

Bei einem Schülerversuch wurde ein Widerstand von 35 Ω verwendet. Das Spannungsmeßgerät zeigte eine Spannung von 18,4 V an. Wie groß war die Stromstärke?

Gegeben:

$U = 18{,}4$ V
$R = 35\ \Omega$

Gesucht:

I in A

Lösung:

$$I = \frac{U}{R}$$

$$I = \frac{18{,}4 \text{ V}}{35\ \Omega}$$

$$\underline{\underline{I \approx 0{,}526 \text{ A}}}$$

Die Stromstärke betrug 0,526 A.

Beispiel 8.18.

Ein elektrisches Gerät hat einen Widerstand von 600 Ω. Die Stromstärke wird mit 366 mA gemessen.

Gegeben:

$R = 600\ \Omega$
$I = 366 \text{ mA} = 0{,}366$ A

Gesucht:

U in V

Lösung:

$$I = \frac{U}{R}$$

$$U = I \cdot R$$

$$U = 0{,}366 \text{ A} \cdot 600\ \Omega$$

$$\underline{\underline{U \approx 220 \text{ V}}}$$

Es wurde eine Spannung von 220 V *verwendet.*

Beispiel 8.19.

Welchen Widerstand hat eine Glühlampe mit den Kenndaten: 16 V; 0,01 A?

Gegeben:

$U = 16\ \text{V}$

$I = 0{,}01\ \text{A}$

Gesucht:

R in Ω

Lösung:

$$I = \frac{U}{R}$$

$$U = I \cdot R$$

$$R = \frac{U}{I}$$

$$R = \frac{16\ \text{V}}{0{,}01\ \text{A}}$$

$$\underline{\underline{R = 1600\ \Omega}}$$

Die Glühlampe hat einen Widerstand von 1600 Ω.

Elektrischer Widerstand

Beispiel 8.20.

Welchen Widerstand hat ein Manganindraht $\left(\varrho = 0{,}43\ \Omega \cdot \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}\right)$, der eine Länge von 85 cm und einen Durchmesser von 0,3 mm hat?

Gegeben:

$\varrho = 0{,}43\ \Omega \cdot \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$

$d = 0{,}3\ \text{mm}$

$l = 0{,}85\ \text{m}$

Gesucht:

A in mm^2

R in Ω

Lösung:

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

$$A = \frac{3{,}14 \cdot (0{,}3\ \text{mm})^2}{4}$$

$$\underline{\underline{A = 0{,}070686\ \text{mm}^2}}$$

$$R = \varrho \cdot \frac{l}{A}$$

$$R = \frac{0{,}43\ \Omega \cdot \text{mm}^2 \cdot 0{,}85\ \text{m}}{\text{m} \cdot 0{,}070686\ \text{mm}^2}$$

$$\underline{\underline{R \approx 5{,}2\ \Omega}}$$

Der Manganindraht hat einen Widerstand von 5,2 Ω.

Beispiel 8.21.

Bei einem Versuch wurde mit der Widerstandsmeßbrücke ein Widerstand von 0,58 Ω gemessen. Die Länge des Drahtes betrug 1,74 m und der Querschnitt 1,2 mm². Wie groß ist der spezifische Widerstand des Leitermaterials? Um welches Material könnte es sich nach der Tabelle handeln?

Gegeben:

$R = 0{,}58\ \Omega$

$A = 1{,}2\ \text{mm}^2$

$l = 1{,}74\ \text{m}$

Gesucht:

ϱ in $\Omega \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$

Lösung:

$$R = \varrho \cdot \frac{l}{A}$$

$$R \cdot A = \varrho \cdot l$$

$$\varrho = \frac{R \cdot A}{l}$$

$$\varrho = \frac{0{,}58\ \Omega \cdot 1{,}2\ \text{mm}^2}{1{,}74\ \text{m}}$$

$$\underline{\underline{\varrho = 0{,}4\ \Omega \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}}}$$

Der spezifische Widerstand beträgt $0{,}4\ \Omega \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$. Es könnte sich um Nickelin handeln.

Beispiel 8.22.

Eine 150 m lange Kupferleitung $\left(\varrho = 0{,}017\,\Omega\,\frac{\mathrm{mm}^2}{\mathrm{m}}\right)$ mit dem Querschnitt von 6,0 mm² soll durch eine Aluminiumleitung $\left(\varrho = 0{,}028\,\Omega\,\frac{\mathrm{mm}^2}{\mathrm{m}}\right)$ gleicher Länge ersetzt werden. Welchen Querschnitt muß die Aluminiumleitung haben?

Bem.: Diese Aufgabe soll mit dem Rechenstab oder der Zahlentafel gerechnet werden.

Gegeben:

$\varrho_{\mathrm{Cu}} = 0{,}017\,\Omega \cdot \frac{\mathrm{mm}^2}{\mathrm{m}}$

$\varrho_{\mathrm{Al}} = 0{,}028\,\Omega \cdot \frac{\mathrm{mm}^2}{\mathrm{m}}$

$l \;\; = 150\,\mathrm{m}$

$A_{\mathrm{Cu}} = 6{,}0\,\mathrm{mm}^2$

Gesucht:

R_{Cu} in Ω

A_{Al} in mm²

Lösung:

$$R_{\mathrm{Cu}} = \varrho_{\mathrm{Cu}} \frac{l}{A}$$

$$R_{\mathrm{Cu}} = \frac{0{,}017\,\Omega\,\mathrm{mm}^2 \cdot 150\,\mathrm{m}}{\mathrm{m} \cdot 6\,\mathrm{mm}^2}$$

$$\underline{\underline{R_{\mathrm{Cu}} = 0{,}425\,\Omega}}$$

$$R_{\mathrm{Al}} = \varrho_{\mathrm{Al}} \cdot \frac{l}{A}$$

$$A = \frac{\varrho_{\mathrm{Al}} \cdot l}{R_{\mathrm{Al}}}$$

$$A = \frac{0{,}028\,\Omega\,\mathrm{mm}^2 \cdot 150\,\mathrm{m}}{\mathrm{m} \cdot 0{,}425\,\Omega}$$

$$\underline{\underline{A \approx 9{,}9\,\mathrm{mm}^2}}$$

Der Aluminiumdraht muß einen Querschnitt von mindestens* 10 mm² *haben, um einen Kupferdraht von* 6 mm² *zu ersetzen.

Unverzweigter Stromkreis

Beispiel 8.23.

Drücke die Gleichung $U = U_1 + U_2 + U_3$ in einem Satz aus!

Lösung:

Im unverzweigten Stromkreis ist die Summe der Teilspannungen gleich der Gesamtspannung.

Beispiel 8.24.

Die Glühlampen einer Illuminationskette haben eine Betriebsspannung von 18 V. Wieviel Lampen müssen in Reihe geschaltet werden, wenn zum Betrieb die Netzspannung von 220 V benutzt werden soll?

Gegeben:

$U \;= 220\,\mathrm{V}$

$U_1 = 18\,\mathrm{V}$

Gesucht:

n (Anzahl der Glühlampen)

Lösung:

$$U = U_1 + U_2 + \cdots + U_n$$

da $U_1 = U_2 = U_3$ ist, gilt

$$U = n \cdot U_1$$

$$n = \frac{U}{U_1}$$

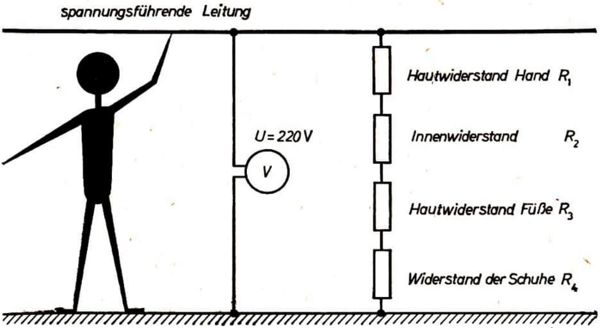
$$n = \frac{220\,\mathrm{V}}{18\,\mathrm{V}}$$

$$\underline{\underline{n = 12{,}2}}$$

***Für die Illuminationskette benötigt man* 13 Glühlampen.**

Beispiel 8.25.

Berührt ein Mensch eine spannungsführende Leitung, so wirkt der Körper wie ein Ohmscher Widerstand. Der menschliche Körper leitet unter normalen Bedingungen den elektrischen Strom.
Berechne den Gesamtwiderstand unter zweierlei Bedingungen und erläutere die Stromwirkung!



Person mit feuchter Haut und feuchten Schuhen

Gegeben:

$R_1 = 1000\ \Omega$
$R_2 = 800\ \Omega$
$R_3 = 1000\ \Omega$
$R_4 = 100\ \Omega$
$U = 220\ \text{V}$

Gesucht: I_1 in mA

Lösung:

$$R_{G_1} = R_1 + R_2 + R_3 + R_4$$
$$R_{G_1} = 2900\ \Omega$$
$$I_1 = \frac{U}{R_{G_1}}$$
$$I_1 = \frac{220\ \text{V}}{2900\ \Omega}$$
$$\underline{\underline{I_1 \approx 0{,}076\ \text{A}}}$$

Die Stromstärke beträgt 0,076 A.

Person mit trockener Haut und trockenen Schuhen

Gegeben:

$R_1 = 4000\ \Omega$
$R_2 = 800\ \Omega$
$R_3 = 2000\ \Omega$
$R_4 = 160\ \text{k}\Omega$
$U = 220\ \text{V}$

Gesucht: I_2 in mA

Lösung:

$$R_{G_2} = R_1 + R_2 + R_3 + R_4$$
$$R_{G_2} = 166\,800\ \Omega$$
$$I_2 = \frac{U}{R_{G_2}}$$
$$I_2 = \frac{220\ \text{V}}{166\,800\ \Omega}$$
$$\underline{\underline{I_2 \approx 1{,}3\ \text{mA}}}$$

Die Stromstärke beträgt 1,3 mA.

Folgende Wirkungen treten auf:

— tödliche Einwirkungen —	— Schmerz —
$I < 0{,}001$ A	Unangenehmes Gefühl infolge Nervenreizung, Ionen wandern in den Körperzellen
I ca. 0,01 A	Heftige Schmerzen, Verkrampfung der Muskeln
I ca. 0,02 A	Unerträglicher Schmerz, Loslassen spannungsführender Teile nicht mehr möglich, Lebensgefahr
I ca. 0,05 A	Zeitweise Lähmung, Störung des Herzrhythmus, Lebensgefahr
I ca. 0,1 A bis 0,4 A	Herzbeschwerden, bei Einwirkungen über 0,3 s Dauer schwere Störung des Herzrhythmus
	Fließt der Strom von Hand zu Hand oder über die Füße, so kann die Gefahr des Herzstillstandes geringer sein.

Beispiel 8.26.

Ein Experimentiermotor mit einer Stromstärkeaufnahme von 0,1 A und einer Betriebsspannung von 16 V soll über einen Vorwiderstand an die gleichgerichtete Spannung von 20 V angeschlossen werden. Wie groß muß der Vorwiderstand sein?

Gegeben:

$I = 0{,}1$ A
$U = 20$ V
$U_1 = 16$ V

Gesucht:

R_2 in Ω

Lösung:

$R = R_1 + R_2$

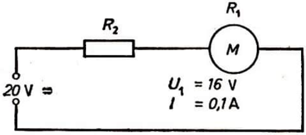
$R_2 = R - R_1$ (unter Berücksichtigung des Ohmschen Gesetzes:)

$$R_2 = \frac{U}{I} - \frac{U_1}{I}$$

$$R_2 = \frac{U - U_1}{I}$$

$$R_2 = \frac{4\text{ V}}{0{,}1\text{ A}}$$

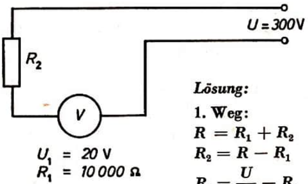
$$\underline{\underline{R_2 = 40\ \Omega}}$$



Der Vorwiderstand muß 40 Ω betragen.

Beispiel 8.27.

Ein Spannungsmeßgerät hat einen Meßbereich bis 20 V und einen Innenwiderstand von 10 kΩ. Der Meßbereich soll auf 300 V erweitert werden!



Gegeben:

$U = 300\ \mathrm{V}$

$R_1 = 10\ \mathrm{k\Omega}$

$ = 10\,000\ \Omega$

$U_1 = 20\ \mathrm{V}$

Gesucht:

R_2 in Ω bzw. $\mathrm{k\Omega}$

Lösung:

1. Weg:

$$R = R_1 + R_2$$
$$R_2 = R - R_1$$
$$R_2 = \frac{U}{I} - R_1$$

da $I = \dfrac{U_1}{R_1}$ ist, gilt:

$$R_2 = \frac{U \cdot R_1}{U_1} - R_1$$
$$R_2 = \frac{300\ \mathrm{V} \cdot 10\,000\ \Omega}{20\ \mathrm{V}} - 10\,000\ \Omega$$
$$R_2 = 140\,000\ \Omega$$
$$\underline{\underline{R_2 = 140\ \mathrm{k\Omega}}}$$

Es muß ein Widerstand von 140 kΩ vorgeschaltet werden.

2. Weg:

$$U = U_1 + U_2$$
$$U_2 = U - U_1$$
$$U_2 = 300\ \mathrm{V} - 20\ \mathrm{V}$$
$$\underline{U_2 = 280\ \mathrm{V}}$$

$$I = \frac{U}{R}$$
$$I = \frac{U_1}{R_1}$$
$$I = \frac{20\ \mathrm{V}}{10\,000\ \Omega}$$
$$\underline{I = 0{,}002\ \mathrm{A}}$$

$$R = \frac{U}{I}$$
$$R_2 = \frac{U_2}{I}$$
$$R_2 = \frac{280\ \mathrm{V}}{0{,}002\ \mathrm{A}}$$
$$R_2 = 140\,000\ \Omega$$
$$\underline{\underline{R_2 = 140\ \mathrm{k\Omega}}}$$

Verzweigter Stromkreis

Beispiel 8.28.

In einem Schülerversuch soll die Gesamtstromstärke eines verzweigten Stromkreises mit einem Vielfachmeßgerät gemessen werden. Die Stromstärken der Teilströme betragen 0,1 A und 50 mA. Welcher Meßbereich muß am Meßgerät eingestellt werden? Meßbereiche siehe Lehrbuch Physik Klasse 8 (020807), Seite 148.

Gegeben:

$I_1 = 0{,}1\ \mathrm{A}$

$I_2 = 50\ \mathrm{mA} = 0{,}05\ \mathrm{A}$

Gesucht:

I in A

Lösung:

$$I = I_1 + I_2$$
$$I = 0{,}1\ \mathrm{A} + 0{,}05\ \mathrm{A}$$
$$\underline{\underline{I = 0{,}15\ \mathrm{A}}}$$

Am Meßgerät muß der Meßbereich von 0,6 A eingestellt werden.

Beispiel 8.29.

In einer Schaltung sollen zwei parallel geschaltete Widerstände von 50 kΩ und 12 kΩ durch einen Widerstand ersetzt werden.

Gegeben:

$R_1 = 50\ \text{k}\Omega$

$R_2 = 12\ \text{k}\Omega$

Gesucht:

R in kΩ

Lösung:

$$R = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

$$R = \frac{50\ \text{k}\Omega \cdot 12\ \text{k}\Omega}{50\ \text{k}\Omega + 12\ \text{k}\Omega}$$

$$\underline{\underline{R \approx 9{,}7\ \text{k}\Omega}}$$

Die zwei parallel geschalteten Widerstände müssen durch einen Widerstand von 9,7 kΩ ersetzt werden.

Beispiel 8.30.

Durch ein Stromstärkemeßgerät fließt bei Vollausschlag ein Strom von 1 mA. Der Meßbereich dieses Gerätes soll auf 100 mA erweitert werden. Wie groß muß der Parallelwiderstand R_2, auch Shunt genannt, gewählt werden, wenn der Innenwiderstand $R_1 = 115\ \Omega$ beträgt?

Gegeben:

$R_\text{i} = 115\ \Omega$

$I_\text{S} = 100\ \text{mA} - 1\ \text{mA}$

$\quad = 0{,}099\ \text{A}$

$I_\text{M} = 0{,}001\ \text{A}$

Gesucht:

R_S in Ω

Lösung:

$$I = \frac{U}{R}$$

$$I_\text{S} = \frac{U}{R_\text{S}}$$

$$R_\text{S} = \frac{U}{I_\text{S}}$$

$$U = I_\text{M} \cdot R_\text{i}$$

$$R_\text{S} = \frac{I_\text{M} \cdot R_\text{i}}{I_\text{S}}$$

$$R_\text{S} = \frac{0{,}001\ \text{A} \cdot 115\ \Omega}{0{,}099\ \text{A}}$$

$$\underline{\underline{R_\text{S} = 1{,}16\ \Omega}}$$

Der Parallelwiderstand (Shunt) muß 1,16 Ω haben.

Elektrische Leistung

Beispiel 8.31.

Auf dem Sockel einer Glühlampe stehen folgende Angaben: 6 V/0,3 A. Welche Leistung setzt die Glühlampe in Wärme und Licht um?

Gegeben:

$U = 6\ \text{V}$

$I = 0{,}3\ \text{A}$

Gesucht:

P in W

Lösung:

$$P = U \cdot I$$

$$P = 6\ \text{V} \cdot 0{,}3\ \text{A}$$

$$\underline{\underline{P = 1{,}8\ \text{W}}}$$

Die Leistung beträgt 1,8 W.

Beispiel 8.32.

Ein elektrischer Reisetauchsieder nimmt bei einer Spannung von 220 V eine Leistung von 300 W auf. Wie groß ist die Stromstärke?

Gegeben:

$U = 220\ \text{V}$

$P = 300\ \text{W}$

Gesucht:

I in A

Lösung:

$$P = U \cdot I$$

$$I = \frac{P}{U}$$

$$I = \frac{300\ \text{W}}{220\ \text{V}}$$

$$\underline{\underline{I = 1{,}36\ \text{A}}}$$

Die Stromstärke beträgt 1,36 A.

Beispiel 8.33.

Der Widerstand eines Gerätes für Netzspannung (220 V) beträgt 1 222 Ω. Welche Leistung wird im Gerät umgesetzt?

Gegeben:

$U = 220\ \text{V}$

$R = 1\,222\ \Omega$

$= 1\,222\ \frac{\text{V}}{\text{A}}$

Gesucht:

P in W

Lösung:

$$P = U \cdot I \qquad I = \frac{U}{R}$$

$$P = \frac{U \cdot U}{R}$$

$$P = \frac{U^2}{R}$$

$$P = \frac{(220\ \text{V})^2 \cdot \text{A}}{1\,222\ \text{V}}$$

$$\underline{\underline{P = 39{,}6\ \text{W}}}$$

Die Leistung beträgt rund 40 W.

Um die Beziehungen zwischen mechanischen und elektrischen Leistungseinheiten zu festigen, kann hier wieder die Umrechnung von Einheiten geübt werden.

Elektrische Arbeit

Beispiel 8.34.

Welche elektrische Arbeit wird in Licht und Wärme umgesetzt, wenn in einem Treppenhaus 5 Glühlampen mit je 40 W insgesamt 3 Std. leuchten?

Gegeben:

$P = 200$ W

$t = 3$ h

Gesucht:

W in kWh

Lösung:

$W = U \cdot I \cdot t$

$W = P \cdot t$

$W = 200 \text{ W} \cdot 3 \text{ h}$

$W = 600 \text{ Wh}$

$\underline{\underline{W = 0{,}6 \text{ kWh}}}$

Es wird eine Arbeit von 0,6 kWh umgesetzt.

Umrechnung von Wärme in elektrische Arbeit

Beispiel 8.35.

Der Heizwiderstand eines mit Wasser gefüllten elektrischen Kochtopfes nimmt in 30 Minuten eine elektrische Energie von 0,75 kWh = 2 700 000 Ws auf. Welche Wärmemenge gibt er in dieser Zeit ab?

Gegeben:

$W_E = 2\,700\,000$ Ws

1 cal = 4,1868 Ws

Gesucht:

W_M in kcal

Lösung:

$1 \text{ cal} : W_M = 4{,}1868 \text{ Ws} : 2\,700\,000 \text{ Ws}$

$$W_M = \frac{2\,700\,000 \text{ Ws} \cdot 1 \text{ cal}}{4{,}1868 \text{ Ws}}$$

$W_M = 644\,500$ cal

$\underline{\underline{W_M = 644{,}5 \text{ kcal}}}$

Der Kochtopf gibt eine Wärmemenge von 644,5 kcal ab.

Beispiel 8.36.

Berechne die elektrische Leistung eines Warmwasserbereiters, wenn 1 kg Wasser in 6 Minuten von 15 °C zum Sieden gebracht werden soll!

Gegeben:

$m = 1$ kg

$\vartheta_1 = 15$ °C

$\vartheta_2 = 100$ °C

$t = 6$ min $= 360$ s

$$c = 1 \frac{\text{cal}}{\text{g} \cdot \text{grd}}$$

$$q = \frac{W_E}{W_W}$$

$$q = \frac{4{,}1868 \text{ Ws}}{1 \text{ cal}}$$

Gesucht:

P_E in W

Lösung:

$W_W = m \cdot c \cdot \Delta\vartheta$

$$P_W = \frac{W_W \cdot q}{t}$$

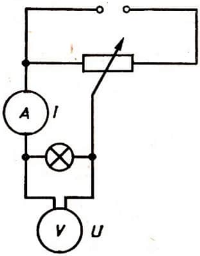
$$P_E = \frac{m \cdot c \cdot \Delta\vartheta \cdot q}{t}$$

$$P_E = \frac{1000 \text{ g} \cdot 1 \text{ cal} \cdot 85 \text{ grd} \cdot 4{,}1868 \text{ Ws}}{\text{g} \cdot \text{grd} \cdot 360 \text{ s} \cdot \text{cal}}$$

$\underline{\underline{P_E \approx 989 \text{ W}}}$

Die elektrische Leistung muß 989 W ≈ 1000 W betragen.

Beispiel 8.37.



Bei der Aufnahme der Stromstärke — Spannungskennlinie einer Metallfadenglühlampe wurden folgende Meßwerte während einer Schülerübung aufgenommen:

Nr. der Messung	1	2	3	4	5	6
U in V	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
I in A	0,105	0,150	0,190	0,220	0,240	0,260
R in Ω errechnet	4,76	6,67	7,9	9,1	10,4	11,5

Nr. der Messung	7	8	9	10	11	12
U in V	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0
I in A	0,280	0,300	0,320	0,340	0,350	0,360
R in Ω errechnet	12,5	13,3	14,1	14,7	15,7	16,7

1. **Stelle die Meßwerte grafisch durch die Stromstärke-Spannungskennlinie dar!**
2. **Ermittle die zu den Wertepaaren gehörenden Widerstände mit Hilfe des Rechenstabes!**
3. **Erläutere die physikalischen Zusammenhänge!**
4. **Warum verhält sich I nicht proportional U (Aus Ohmschem Gesetz bekannt $I \sim U$.)?**

Lösung:

Zu 1 und 2, siehe Tabelle!

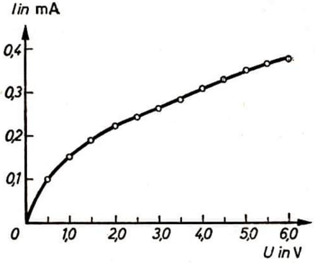
Rechenbeispiel:

$$R = \frac{U}{I} \qquad R_{10} = \frac{5{,}0\ \mathrm{V}}{0{,}34\ \mathrm{A}}$$

$$R_{10} = \frac{U_{10}}{I_{10}} \qquad \underline{\underline{R_{10} \approx 14{,}7\ \Omega}}$$

Zu 3 und 4

Siehe Lehrbuch Physik Kl. 8 (02 08 07), Seite 137—138!



Beispiel 8.38.

1. Ein Raum soll beheizt werden. Während eines Tages werden in einem Ofen 8 kg Brikett verbrannt (Heizwert $q = 4800\,\frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$). 100 kg Kohle kosten MDN 4,78.

   Berechne die frei werdende Wärmemenge, wenn 50% direkt der Raumheizung zugeführt werden!
2. Die gleiche Wärmemenge soll mit Hilfe des elektrischen Stromes durch ein Wärmegerät aufgebracht werden. Die Umwandlung erfolgt vollständig, eine Kilowattstunde wird mit MDN 0,08 berechnet.
3. In welchem Verhältnis stehen die Preise für Kohle und elektrische Arbeit?
4. Berechne den Gesamtpreis für eine Heizperiode (180 Tage)!

Zu 1 und 2

Gegeben:

100 kg Kohle $\mathrel{\widehat{=}}$ 4,78 MDN
1 kWh $\mathrel{\widehat{=}}$ 0,08 MDN
$\eta = 0{,}5$ Wirkungsgrad der Ofenheizung
$q = 4\,800\,\frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$ Heizwert von Briketts
$m = 8$ kg Masse der Kohle

Gesucht:

x_1 in MDN (Preis der Kohle)
x_2 in MDN (Preis der elektrischen Energie)
W_W in kcal
W_E in kWh

Lösung:

Ofenheizung

$$W_W = q \cdot m \cdot \eta$$

$$W_W = \frac{4800\text{ kcal} \cdot 8\text{ kg}}{\text{kg} \cdot 2}$$

$$W_W = 19\,200\text{ kcal}$$

Bei Ofenheizung werden 19 200 kcal *benötigt.*

Heizung mit elektrischer Energie

$$860\text{ kcal} = 1\text{ kWh}$$
$$\underline{19\,200\text{ kcal} = W_E}$$
$$860\text{ kcal} : 1\text{ kWh} = 19\,200\text{ kcal} : W_E$$
$$860\text{ kcal} \cdot W_E = 19\,200\text{ kcal} \cdot 1\text{ kWh}$$
$$W_E = \frac{19\,200\text{ kcal} \cdot 1\text{ kWh}}{860\text{ kcal}}$$
$$\underline{\underline{W_E = 22{,}3\text{ kWh}}}$$

Es werden 22,3 kWh *benötigt.*

$$100\text{ kg} \mathrel{\widehat{=}} 4{,}78\text{ MDN}$$
$$\underline{8\text{ kg} \mathrel{\widehat{=}} x_1}$$
$$100\text{ kg} : 4{,}78\text{ MDN} = 8\text{ kg} : x_1$$
$$100\text{ kg} \cdot x_1 = 4{,}78\text{ MDN} \cdot 8\text{ kg}$$
$$x_1 = \frac{4{,}78\text{ MDN} \cdot 8\text{ kg}}{100\text{ kg}}$$
$$x_1 = 0{,}3824\text{ MDN}$$
$$\underline{\underline{x_1 = 0{,}38\text{ MDN}}}$$

Die Kohlenheizung je Tag kostet 0,38 MDN.

$$1\,\mathrm{kWh} \mathrel{\widehat{=}} 0{,}08\,\mathrm{MDN}$$
$$\underline{22{,}3\,\mathrm{kWh} \mathrel{\widehat{=}} x_2}$$

$$1\,\mathrm{kWh} : 0{,}08\,\mathrm{MDN} = 22{,}3\,\mathrm{kWh} : x_2$$

$$x_2 = \frac{0{,}08\,\mathrm{MDN} \cdot 22{,}3\,\mathrm{kWh}}{1\,\mathrm{kWh}}$$

$$x_2 = 1{,}784\,\mathrm{MDN}$$

$$\underline{\underline{x_2 = 1{,}78\,\mathrm{MDN}}}$$

Die Heizung mit elektrischer Energie kostet **1,78 MDN** *je Tag.*

Zu 3

0,38 MDN : 1,78 MDN = 1 : x = 1 : 4,7

Der Preis der Ofenheizung steht zum Preis der elektrischen Beheizung im Verhältnis **1 : 5.**

Zu 4

Tagespreis · Anzahl der Tage
0,3824 MDN · 180 = 68,832 MDN
Kosten für Kohleheizung
68,83 MDN

Tagespreis · Anzahl der Tage
1,784 MDN · 180 = 321,12 MDN
Kosten für Heizung mit elektrischer Energie
321,12 MDN

Beispiel 8.39.

In der DDR wurden für die Energieabnehmer in den Haushalten zwei einheitliche Tarife geschaffen, die wesentlich niedriger sind als die entsprechenden Tarife in Westdeutschland. Jeder Haushalt kann entweder den Arbeitspreis von 0,40 MDN je Kilowattstunde bezahlen oder nach entsprechender Vereinbarung mit dem VEB Energieversorgung einen Grundpreis von 0,50 MDN je Wohnraum bzw. Brennstelle und dazu den Arbeitspreis von $0{,}08\ \frac{\mathrm{MDN}}{\mathrm{kWh}}$.

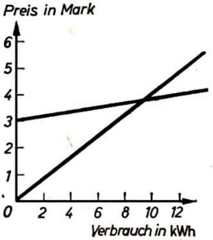
1. Stelle die Funktionsgleichung für beide Tarife auf und lege dafür die Anzahl der Räume der Wohnung deiner Eltern zugrunde!
2. Zeichne beide Kurven in das gleiche Koordinatensystem!
3. Bestimme aus der grafischen Darstellung, von welcher monatlich abgenommenen Energiemenge ab der zweite Tarif günstiger ist als der erste!

Lösung (für 6 Räume):

1. Der Energieverbrauch ist die unabhängige Veränderliche x.
   Der Preis ist die abhängige Veränderliche y.

$$y = 0{,}4\ \frac{\mathrm{MDN}}{\mathrm{kWh}} \cdot x \qquad y = 0{,}08\ \frac{\mathrm{MDN}}{\mathrm{kWh}}\, x + 3\ \mathrm{MDN}$$

2. Grafische Darstellung



3. *Bei einem monatlichen Verbrauch von mehr als* **9,4 kWh** *ist der zweite Tarif günstiger.*

Zusatzaufgaben (Klasse 8)

Die Zusatzaufgaben sind zu der Zeit, da der Lehrstoff im Physikunterricht behandelt wird, mit den hier angegebenen mathematischen Hilfsmitteln durch die Schüler noch nicht lösbar. Diese Aufgaben können deshalb erst zu einem späteren Zeitpunkt, etwa am Schuljahresende, von den leistungsstarken Schülern gelöst werden. Bei den umfangreicheren Aufgaben empfiehlt es sich, mit leistungsschwächeren Schülern eine Lösung in Teilschritten vorzunehmen.
Bei den Übungen in diesem Abschnitt kommt es besonders auf das systematische Benutzen von Zahlentafeln (Z) und Tabellen an. Außerdem soll auch der Rechenstab (R) immer wieder verwendet werden. Die rechnerischen Hilfstätigkeiten müssen zugunsten eines vertiefenden Eindringens in die physikalische Fragestellung weitgehend rationalisiert werden. Es muß darauf geachtet werden, daß physikalische Konstanten aus Tafeln entnommen werden.

Beispiel 8.40.

Welches Gewicht hat ein 1,23 m langes Stück Rundstahl $\left(\gamma = 7{,}8\ \frac{\mathrm{p}}{\mathrm{cm}^3}\right)$ von 25 mm Durchmesser?

Gegeben:

$l = h = 123$ cm

$d = 2{,}5$ cm

$\gamma = 7{,}8\ \frac{\mathrm{p}}{\mathrm{cm}^3}$

Gesucht:

G in kp

Lösung:

$$\gamma = \frac{G}{V} \qquad V = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \cdot h$$

$$G = V \cdot \gamma$$

$$G = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \cdot h \cdot \gamma$$

$$G = \frac{3{,}14 \cdot 2{,}5^2 \cdot \mathrm{cm}^2 \cdot 123\ \mathrm{cm} \cdot 7{,}8\ \mathrm{p}}{4 \qquad\qquad\qquad\qquad \mathrm{cm}^3}$$

$$G = 4{,}91\ \mathrm{cm}^2 \cdot 123\ \mathrm{cm} \cdot 7{,}8\ \frac{\mathrm{p}}{\mathrm{cm}^3}$$

$$G = 4\,710\ \mathrm{p}$$

$$\underline{\underline{G = 4{,}71\ \mathrm{kp}}}$$

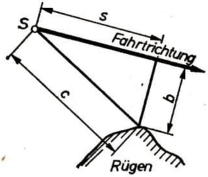
Das Stück Rundstahl wiegt **4,71 kp.**

Beispiel 8.41.

Ein Schiff ist von Rügen 8,5 sm (1 sm = 1,852 km) entfernt und wird bei geradliniger Fahrt in einem Abstand von 4,5 sm an der Insel vorbeikommen. Wie groß ist seine Geschwindigkeit, wenn es nach $1\frac{1}{4}$ Std. an Rügen vorbeikommt?

(Entnommen: Lehrbuch der Mathematik, Kl. 8, Ausgabe 1962, S. 155).

Gegeben:	*Lösung:*	
$b = 4{,}5$ sm		
$c = 8{,}5$ sm		
$t = 1{,}25$ h		
Gesucht:		
v in $\frac{\text{sm}}{\text{h}} = \text{kn}$		



$$v = \frac{s}{t} \qquad c^2 = s^2 + b^2$$

$$s^2 = c^2 - b^2$$

$$s = \sqrt{c^2 - b^2}$$

$$v = \frac{\sqrt{c^2 - b^2}}{t}$$

$$v = \frac{\sqrt{8{,}5^2\ \text{sm}^2 - 4{,}5^2\ \text{sm}^2}}{1{,}25\ \text{h}}$$

$$v = \frac{\sqrt{72{,}25\ \text{sm}^2 - 20{,}25\ \text{sm}^2}}{1{,}25\ \text{h}} \qquad \text{(Z)}$$

$$v = \frac{\sqrt{52\ \text{sm}^2}}{1{,}25\ \text{h}}$$

$$v = \frac{7{,}21\ \text{sm}}{1{,}25\ \text{h}} \qquad \text{(Z)}$$

$$\underline{\underline{v = 5{,}77\ \text{kn}}} \qquad \text{(R)}$$

Das Schiff hat eine Geschwindigkeit von **5,77 kn.**

Beispiel 8.42.

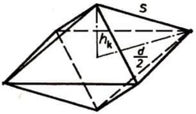
Berechne den Querschnitt eines Drahtes mit dem Durchmesser von 1,7 mm!

Gegeben:	*Gesucht:*	*Lösung:*
$d = 1{,}7$ mm	A in mm²	$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$ $\quad \underline{\underline{A = 2{,}27\ \text{mm}^2}}$ (Z)

Der Querschnitt beträgt **2,27 mm².**

Beispiel 8.43.

Manche Salze kristallisieren in Form von Oktaedern (Achtflächner), wie zum Beispiel Alaun. Wieviel wiegt ein Alaunkristall, wenn eine Seitenkante 4,6 cm beträgt? $\left(\gamma = 1{,}7\ \frac{\text{p}}{\text{cm}^3}\right)$



Gegeben:	*Lösung:*
$s = 4{,}6$ cm	$\gamma = \frac{G}{V}$
$\gamma = 1{,}7\ \frac{\text{p}}{\text{cm}^3}$	$G = V \cdot \gamma$
Gesucht:	$G = \frac{2}{3} \cdot s^2 \cdot \sqrt{\frac{s^2}{2}} \cdot \gamma$
G in p	

$$V = \frac{2}{3} G \cdot h_k$$

$$h_k = \sqrt{s^2 - \left(\frac{d}{2}\right)^2}$$

$$d = s\sqrt{2}$$

$$h_k = \sqrt{s^2 - \left(\frac{s\sqrt{2}}{2}\right)^2}$$

$$h_k = \sqrt{\frac{s^2}{2}}$$

$$V = \frac{2}{3} \cdot s^2 \cdot \sqrt{\frac{s^2}{2}}$$

$$G = \frac{2}{3} \cdot (4{,}6\ \text{cm})^2 \cdot \sqrt{\frac{(4{,}6\ \text{cm})^2}{2}} \cdot 1{,}7\ \frac{\text{p}}{\text{cm}^3}$$

$$G = \frac{2}{3} \cdot 21{,}16\ \text{cm}^2 \cdot \sqrt{10{,}58\ \text{cm}^2} \cdot 1{,}7\ \frac{\text{p}}{\text{cm}^3}$$

$$G = 23{,}98\ \frac{\text{p}}{\text{cm}} \cdot 3{,}25\ \text{cm}$$

$$\underline{\underline{G = 77{,}7\ \text{p}}}$$

Der Alaunkristall wiegt **77,7 p.**

Bem.: Die Berechnung des Gewichtes kann auch in 3 Schritten erfolgen. Der Schüler errechnet 1. die Körperhöhe, 2. das Oktaedervolumen und 3. das Gewicht.

Beispiel 8.44.

Um die Lage eines Fernsprechkabelbruches zu bestimmen, kann man den Widerstand bis zur Stelle des Erdschlusses messen und die Entfernung annähernd berechnen.
Mit der Meßbrücke wird bei einem Kabel ein totaler Erdwiderstand (Widerstand gegen Erde = 0 Ω) von 28 Ohm festgestellt. Der Kabeldurchmesser beträgt 0,6 mm, das Material ist Kupfer $\left(\varrho = 0{,}017\ \Omega\ \frac{\mathrm{mm}^2}{\mathrm{m}}\right)$. In welcher Entfernung von der Meßstelle wird der Bruch zu suchen sein?

Gegeben:

$R = 28\ \Omega$

$\varrho = 0{,}017\ \Omega\ \frac{\mathrm{mm}^2}{\mathrm{m}}$

$d = 0{,}6\ \mathrm{mm}$

Gesucht:

l in m

Lösung:

$$R = \varrho \cdot \frac{l}{A}$$

$$l = \frac{R \cdot A}{\varrho} \qquad A = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

$$l = \frac{R}{\varrho} \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

$$l = \frac{28\ \Omega \cdot \mathrm{m}}{0{,}017\ \Omega\ \mathrm{mm}^2} \cdot \frac{3{,}14 \cdot 0{,}6^2\ \mathrm{mm}^2}{4}$$

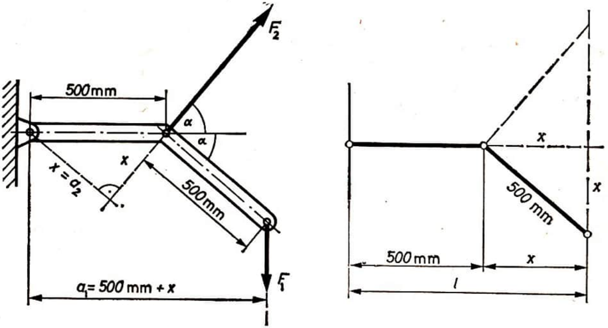
$$l = 1648 \cdot 0{,}2827\ \mathrm{m} \qquad \text{(R, Z)}$$

$$\underline{\underline{l = 466\ \mathrm{m}}}$$

Der Kabelbruch befindet sich in einer Entfernung von 466 m von der Meßstelle.

Beispiel 8.45.

An einem einseitigen Maschinenhebel wirkt eine Kraft F_1 von 50 kp. Berechne die Kraft F_2, durch die Gleichgewicht hergestellt wird!



Gegeben:

$F_1 = 50$ kp
$a_1 = 500 \text{ mm} + x$
$a_2 = x$
$\alpha = 45°$

Gesucht:

F_2 in kp

Lösung:

$$F_1 \cdot a_1 = F_2 \cdot a_2$$
$$F_2 = \frac{F_1 \cdot a_1}{x}$$
$$F_2 = \frac{50 \text{ kp} \cdot 853{,}6 \text{ mm}}{353{,}6 \text{ mm}}$$
$$\underline{\underline{F_2 = 120{,}7 \text{ kp}}}$$

Die Kraft muß 120,7 kp *betragen, damit Gleichgewicht vorhanden ist.*

$$c^2 = a^2 + b^2$$
$$c^2 = x^2 + x^2$$
$$500^2 \text{ mm}^2 = 2x^2$$
$$\frac{500^2 \text{ mm}^2}{2} = x^2$$
$$x = \sqrt{\frac{500^2 \cdot \text{mm}^2}{2}}$$
$$x = \frac{500 \text{ mm}}{\sqrt{2}}$$
$$x = \frac{500 \text{ mm}}{1{,}414}$$
$$x = 353{,}6 \text{ mm}$$

Beispiel 8.46.

Die auf eine Fläche von einem Quadratzentimeter in einer Minute wirkende Wärmeenergie der Sonnenstrahlung ist bei senkrechtem Strahleneinfall an der Grenze der Erdatmosphäre $S_K = \frac{1{,}901 \text{ cal}}{\text{cm}^2 \cdot \text{min}}$. Diese Energie trifft auf einen Hohlspiegel mit einem Durchmesser von 15 m. Durch mehrere Faktoren bedingt werden nur 50% der Energie ausgenutzt. Berechne die Leistung dieser Anlage!

Gegeben:

$d = 15$ m
$S_K = \frac{1{,}901 \text{ cal}}{\text{cm}^2 \cdot \text{min}}$
$\eta = 0{,}5$

Gesucht:

Solarkonstante
S_K in $\frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \cdot \text{h}}$
A in m^2
P_2 in kW

Lösung:

$$S_K = \frac{1{,}901 \text{ cal} \cdot 60 \text{ min} \cdot 10\,000 \text{ cm}^2 \cdot 1 \text{ kcal}}{\text{cm}^2 \cdot \text{min} \cdot 1 \text{ h} \cdot 1 \text{ m}^2 \cdot 1000 \text{ cal}}$$
$$S_K = \frac{1{,}901 \cdot 600 \text{ kcal}}{\text{m}^2 \cdot \text{h}}$$
$$\underline{\underline{S_K = \frac{1140{,}6 \text{ kcal}}{\text{m}^2 \cdot \text{h}}}}$$

Die Solarkonstante beträgt 1140,6 kcal *je Quadratmeter und Stunde.*

$$A = \frac{d^2 \cdot \pi}{4}$$
$$A = \frac{(15 \text{ m})^2 \cdot 3{,}14}{4}$$
$$\underline{\underline{A = 176{,}6 \text{ m}^2}}$$

Die Spiegelfläche beträgt senkrecht zur Sonneneinstrahlung 176,6 m².

$$P_1 = S_K \cdot A \cdot \eta$$

$$P_1 = \frac{1140{,}6\ \mathrm{kcal} \cdot 176{,}6\ \mathrm{m^2} \cdot 0{,}5}{\mathrm{m^2 \cdot h}}$$

$$\underline{P_1 = 100\ 700\ \frac{\mathrm{kcal}}{\mathrm{h}}}$$

$$860\ \frac{\mathrm{kcal}}{\mathrm{h}} = 1\ \mathrm{kW}$$

$$\underline{100\ 700\ \frac{\mathrm{kcal}}{\mathrm{h}} = P_2}$$

$$860\ \frac{\mathrm{kcal}}{\mathrm{h}} : 1\ \mathrm{kW} = 100\ 700\ \frac{\mathrm{kcal}}{\mathrm{h}} : P_2 \qquad \text{(R)}$$

$$P_2 = \frac{100\ 700\ \mathrm{kcal} \cdot 1\ \mathrm{kW} \cdot \mathrm{h}}{\mathrm{h} \cdot 860\ \mathrm{kcal}}$$

$$\underline{\underline{P_2 = 117{,}1\ \mathrm{kW}}}$$

Die Leistung beträgt 117,1 kW.

Elektrizitätslehre (Klasse 9)

Chemische Wirkungen

Bei den chemischen Wirkungen des elektrischen Stromes spielt der Wirkungsgrad eine wichtige Rolle. Da sehr viele Schüler später mit Kraftfahrzeugen und damit meist auch mit Akkumulatoren in Berührung kommen, empfiehlt es sich, hierzu einige Aufgaben zu rechnen.

Beispiel 9.1.

Ein Akkumulator besitzt ein Energiespeichervermögen von 12 Ah. Wie lange muß der Akkumulator aufgeladen werden, wenn die Ladestromstärke 1,1 A beträgt? (Rechenstab verwenden!)

Gegeben:

$I = 1{,}1\ \mathrm{A}$
$Q = 12\ \mathrm{Ah}$

Gesucht:

t in h

Lösung:

$$Q = I \cdot t$$

$$t = \frac{Q}{I}$$

$$t = \frac{12\ \mathrm{Ah}}{1{,}1\ \mathrm{A}}$$

$$\underline{\underline{t = 10{,}9\ \mathrm{h}}}$$

Die Ladezeit beträgt 10,9 *Stunden.*

Beispiel 9.2.

Wieviel Stunden kann ein geladener Akkumulator einen Strom von 0,6 A für einen Gleichstrommotor liefern, wenn sein Ah-Wirkungsgrad 0,8 beträgt? Der Akkumulator hat ein Energiespeichervermögen von 27 Ah. (Rechenstab benutzen!)

Gegeben:

$Q_1 = 27$ Ah

$\eta = 0{,}8$

Gesucht:

Q_2 in Ah

Lösung:

$$\eta = \frac{Q_2}{Q_1}$$

$$Q_2 = Q_1 \cdot \eta$$

$$Q_2 = 27\ \text{Ah} \cdot 0{,}8$$

$$\underline{\underline{Q_2 = 21{,}6\ \text{Ah}}}$$

Gegeben:

$Q_2 = 21{,}6$ Ah

$I = 0{,}6$ A

Gesucht:

t in h

Lösung:

$$Q_2 = I \cdot t$$

$$t = \frac{Q_2}{I}$$

$$t = \frac{21{,}6\ \text{Ah}}{0{,}6\ \text{A}}$$

$$\underline{\underline{t = 36\ \text{h}}}$$

Der Akkumulator kann für den Gleichstrommotor* 36 Stunden *lang Energie liefern.

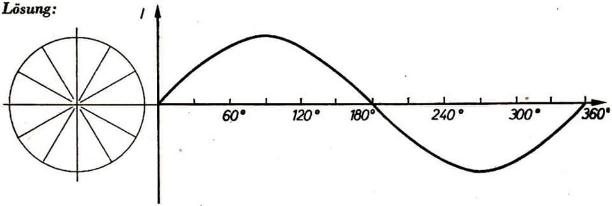
Wechselstromkreis

Die Konstruktion der Wechselstromkurve ist zu empfehlen, da bei der Behandlung der Schwingungen auf diese Konstruktion zurückgegriffen werden kann.

Beispiel 9.3.

Stellen Sie den Stromverlauf bei einer Umdrehung der Leiterschleife im Magnetfeld zeichnerisch dar! Teilen Sie dabei die Kreisbahn in 12 gleiche, zeitlich aufeinanderfolgende Sektoren auf!

Lösung:



Beispiel 9.4.

Ein Wechselstromgerät zeigt eine Spannung von 220 V an. Wie groß ist die maximale Spannung?

Gegeben:

$U_{\text{eff}} = 220$ V

Gesucht:

$u_{\max}$ in V

Lösung:

$$U_{\text{eff}} = \frac{u_{\max}}{\sqrt{2}}$$

$$u_{\max} = U_{\text{eff}} \cdot \sqrt{2}$$

$$u_{\max} = 220\ \text{V} \cdot \sqrt{2}$$

$$\underline{\underline{u_{\max} \approx 311\ \text{V}}}$$

***Die maximale Spannung beträgt* 311 V.**

Beispiel 9.5.

An einem Motor liegt eine Spannung von 220 V. Die aufgenommene Stromstärke beträgt 2,6 A. Welche scheinbare Leistung nimmt der Motor auf? (Verwenden Sie den Rechenstab!)

Gegeben:

$U_{eff} = 220\ \text{V}$
$I_{eff} = 2{,}6\ \text{A}$

Gesucht:

P_s in W

Lösung:

$P_s = U_{eff} \cdot I_{eff}$
$P_s = 220\ \text{V} \cdot 2{,}6\ \text{A}$
$\underline{\underline{P_s = 572\ \text{W}}}$

Die Scheinleistung beträgt **572 W.**

Beispiel 9.6.

Der Motor einer Drehmaschine hat eine Leistungsaufnahme von 2,75 kW. Der Leistungsfaktor wird mit 0,85 angegeben. Wie groß ist die an der Antriebswelle wirksame Leistung? (Benutzen Sie zur Berechnung den Rechenstab!)

Gegeben:

$P_s = 2{,}75\ \text{kW}$
$\cos\varphi = 0{,}85$

Gesucht:

P_w in kW

Lösung:

$$\cos\varphi = \frac{P_w}{P_s}$$

$P_w = P_s \cdot \cos\varphi$
$P_w = 2{,}75\ \text{kW} \cdot 0{,}85$
$\underline{\underline{P_w = 2{,}34\ \text{kW}}}$

Die Wirkleistung an der Antriebswelle beträgt **2,34 kW.**

Transformator

Beispiel 9.7.

Bei einem Schülerversuch benutzen wir die Primärspule mit 125 Windungen aus dem RFT-Aufbaugerätesatz. Die Primärspannung beträgt 6,3 V. Wie groß ist die Sekundärspannung, wenn die zweite Spule 750 Windungen hat?

Gegeben:

$N_p = 125$
$N_s = 750$
$U_p = 6{,}3\ \text{V}$

Gesucht:

U_s in V

Lösung:

$$\frac{U_p}{U_s} = \frac{N_p}{N_s}$$

$$U_s = \frac{U_p \cdot N_s}{N_p}$$

$$U_s = \frac{6{,}3\ \text{V} \cdot 750}{125}$$

$\underline{\underline{U_s = 37{,}8\ \text{V}}}$

Die Sekundärspannung beträgt **37,8 V.**

Beispiel 9.8.

Bei einer Spannung von 127 V soll der Staubsauger „Omega“ mit den Kenndaten 220 V/270 W betrieben werden. Wie groß sind I_p, I_s und für welche Leistung muß der Transformator – ohne Berücksichtigung von Verlusten – ausgelegt sein?

Gegeben:

$P = 270\ W$

$U_s = 220\ V$

Gesucht:

I_s in A

Lösung:

$$P = U_s \cdot I_s$$

$$I_s = \frac{P}{U_s}$$

$$I_s = \frac{270\ W}{220\ V}$$

$$\underline{\underline{I_s \approx 1{,}23\ A}}$$

Durch den Staubsaugermotor fließt ein Strom von 1,23 A.

Gegeben:

$U_p = 127\ V$

$U_s = 220\ V$

$I_s = 1{,}23\ A$

Gesucht:

I_p in A

Lösung:

$$\frac{U_p}{U_s} = \frac{I_s}{I_p}$$

$$I_p = \frac{I_s \cdot U_s}{U_p}$$

$$I_p = \frac{1{,}23\ A \cdot 220\ V}{127\ V}$$

$$\underline{\underline{I_p = 2{,}13\ A}}$$

Die Primärstromstärke des Transformators beträgt 2,13 A.

Gegeben:

$P_s = 270\ W$

Gesucht:

P_p in W

Lösung:

$$P_p = P_s$$

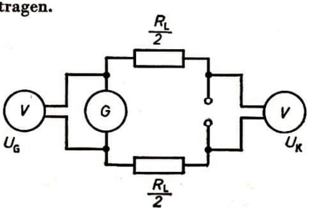
$$\underline{\underline{P_p = 270\ W}}$$

Es muß ein Transformator mit einer Leistung von 300 W verwendet werden.

Beispiel 9.9.

Eine schwer zugängliche Baustelle hat eine eigene Stromversorgungsanlage. Bis zu den elektrischen Maschinen führt vom Generator ein 2 km langes gummiisoliertes Kabel. Die Leitung besteht aus Kupfer mit 40 mm² Querschnitt. Die Stromstärke soll 50 A betragen.

Berechnen Sie die Einwirkung des Leitungswiderstandes!



Gegeben:

$U_G = 220$ V (Generatorspannung)
$I = 50$ A
$A = 40$ mm²
$\varrho_{Cu} = 0{,}017 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$
$l = 2 \cdot 2\,000$ m
$= 4\,000$ m

Gesucht:

R in Ω (Leitungswiderstand)
U_K in V (Klemmenspannung)
U_S in V(Spannungsabfall)

Lösung:

$$R = \varrho \cdot \frac{l}{A}$$

$$R = \frac{0{,}017\ \Omega \cdot \text{mm}^2 \cdot 4\,000\ \text{m}}{\text{m} \cdot 40\ \text{mm}^2}$$

$$\underline{\underline{R = 1{,}7\ \Omega}}$$

Der Leitungswiderstand beträgt 1,7 Ω.

$$I = \frac{U}{R}$$

$$U_S = R \cdot I$$

$$U_S = 1{,}7\ \Omega \cdot 50\ \text{A}$$

$$\underline{\underline{U_S = 85\ \text{V}}}$$

Der Spannungsabfall beträgt 85 V.

$$U = U_S + U_K$$

$$U_K = 220\ \text{V} - 85\ \text{V}$$

$$\underline{\underline{U_K = 135\ \text{V}}}$$

An den Klemmen stehen 135 V zur Verfügung.

$$P_1 = U_G \cdot I$$

$$P_1 = 220\ \text{V} \cdot 50\ \text{A}$$

$$\underline{\underline{P_1 = 11\,000\ \text{W}}}$$

11 000 W *werden im Generator erzeugt.*

$$P_2 = U_S \cdot I$$

$$P_2 = 85\ \text{V} \cdot 50\ \text{A}$$

$$\underline{\underline{P_2 = 4\,250\ \text{W}}}$$

4250 W *gehen durch Wärme im Kabel verloren.*

Beträgt die Generatorspannung 2 200 V, so beträgt bei gleicher Leistung die Stromstärke nur 5 A. Bei Beibehaltung der Länge und des Querschnittes des Kabels erhalten wir folgende Werte:

Gegeben:

$U_G = 2200$ V
$I'_G = 5$ A
$R_L = 1{,}7\ \Omega$

Gesucht:

P'_1 in W
P'_2 in W

Lösung:

$$P'_1 = 2200\ \text{V} \cdot 5\ \text{A}$$

$$\underline{\underline{P'_1 = 11\,000\ \text{W}}}$$

Am Generator werden 11 000 W *erzeugt.*

$$P'_2 = U'_S \cdot I'_G$$

$$P'_2 = 8{,}5\ \text{V} \cdot 5\ \text{A}$$

$$\underline{\underline{P'_2 = 42{,}5\ \text{W}}}$$

Der Leistungsverlust in der Leitung beträgt 42,5 W.

$$U'_S = R \cdot I'_G$$

$$U'_S = 1{,}7\ \Omega \cdot 5\ \text{A}$$

$$\underline{\underline{U'_S = 8{,}5\ \text{V}}}$$

Der Spannungsabfall beträgt 8,5 V.

Eine Spannungserhöhung bringt wesentliche Vorteile mit sich. Ausgenutzt wird dieser Sachverhalt hauptsächlich bei *Überlandleitungen im Fernnetz.*

Mechanik der festen Körper (Klasse 9)

Zusammensetzung und Zerlegung von Kräften

Beispiel 9.10.

Auf einer Modelleisenbahnanlage wird ein Güterzug im Schiebebetrieb gefahren. Die 1. Lokomotive entwickelt eine Zugkraft von $F_1 = 90$ p, die 2. eine Schubkraft $F_2 = 75$ p. Ermitteln Sie durch Rechnung und Zeichnung die Gesamtkraft!

Gegeben:

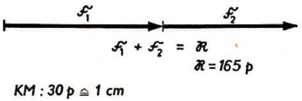
$F_1 = 90$ p
$F_2 = 75$ p

Gesucht:

F in p

Lösung:

$F = F_1 + F_2$
$F = 90\text{ p} + 75\text{ p}$
$\underline{\underline{F = 165\text{ p}}}$

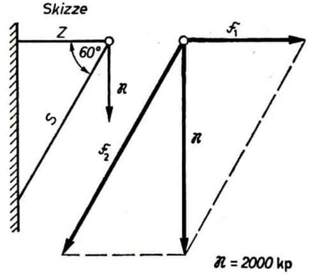


Die Gesamtkraft beträgt 165 p.

Beispiel 9.11.

Lösung: KM : 500 kp ≙ 1 cm

An einem an der Wand befestigten Wandarm wirken auf die Zugstange Z = 1120 kp und auf die Strebe S = 2320 kp. Zugstange und Strebe bilden einen Winkel von 60°. Welche Kraft wirkt im Knotenpunkt senkrecht nach unten?



Die senkrecht nach unten wirkende Kraft beträgt rund 2000 kp.

Beispiel 9.12.

An einem Körper wirken auf gemeinsamer Wirkungslinie die Kräfte $F_1 = 7$ kp, $F_2 = 21$ kp, $F_3 = 35$ kp und in entgegengesetzter Richtung $F_4 = 3{,}5$ kp, $F_5 = 24{,}5$ kp. Ermitteln Sie durch Rechnung die resultierende Kraft!

Gegeben:

$F_1 = 7$ kp
$F_2 = 21$ kp
$F_3 = 35$ kp
$F_4 = -3{,}5$ kp
$F_5 = -24{,}5$ kp

Gesucht:

F in kp

Lösung:

$F = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5$
$F = 7\text{ kp} + 21\text{ kp} + 35\text{ kp} + (-3{,}5\text{ kp}) + (-24{,}5\text{ kp})$
$\underline{\underline{F = 35\text{ kp}}}$

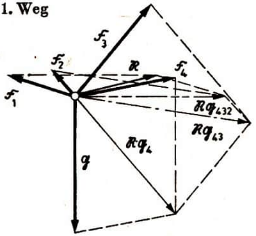
Die resultierende Kraft beträgt 35 kp.

Beispiel 9.13.

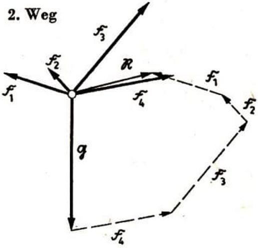
An einem auf der Erde liegenden Betonklotz mit einem Gewicht von $G = 20$ Mp greifen die Kräfte $F_1 = 10$ Mp, $F_2 = 5$ Mp, $F_3 = 25$ Mp und $F_4 = 15$ Mp in einer Ebene — Ebene senkrecht zur Erdoberfläche — in verschiedenen Richtungen an. Hält das Gewicht dieses Klotzes diesen Kräften das Gleichgewicht? (Winkel zwischen Horizontale und $F_1 = 15°$; $\sphericalangle F_1F_2 = 25°$; $\sphericalangle F_2F_3 = 90°$; $\sphericalangle F_3F_4 = 40°$)

Lösung: KM: 8 Mp ≙ 1 cm

1. Weg



2. Weg



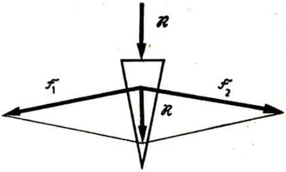
Der Betonklotz wird angehoben.

Beispiel 9.14.

Auf den Rücken eines Keils (Keilwinkel 15°) wirkt eine Kraft $F = 60$ kp. Welche Wangenkräfte werden wirksam?

Lösung:

KM: 80 kp ≙ 1 cm



Die Wangenkräfte betragen je 210 kp.

Gleichmäßig beschleunigte Bewegung

Beispiel 9.15.

Welche Geschwindigkeit besitzt ein Personenzug 1,2 min nach dem Anfahren. Ermitteln Sie das Ergebnis in $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ und in $\frac{\text{km}}{\text{h}}$! (Beschleunigung beim Anfahren von Personenzügen $a = 0{,}12\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$)

Gegeben:

$a = 0{,}12 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$
$t = 1{,}2 \text{ min}$
$ = 72 \text{ s}$

Gesucht:

v in $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ und in $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$

Lösung:

$v = a \cdot t$
$v = 0{,}12 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \cdot 72 \text{ s}$
$\underline{\underline{v = 8{,}64 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}}$
$\underline{\underline{v = 31 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}}}$

Die Geschwindigkeit des Personenzuges beträgt 1,2 min *nach dem Anfahren* $8{,}64 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ *bzw.* $31 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$.

Beispiel 9.16.

Mit einem Motorrad vom Typ MZ ES 250 wird innerhalb von 4,5 s nach dem Start eine Geschwindigkeit von $60 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ erreicht. Wie groß ist die mittlere Beschleunigung der Maschine?

Gegeben:

$t = 4{,}5 \text{ s}$
$v = 60 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$
$ = 16{,}7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

Gesucht:

a in $\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$

Lösung:

$$a = \frac{v}{t}$$
$$a = \frac{16{,}7 \text{ m}}{4{,}5 \text{ s} \cdot \text{s}}$$
$$\underline{\underline{a = 3{,}7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}}}$$

Die mittlere Beschleunigung der Maschine beträgt $3{,}7 \text{ m s}^{-2}$.

Beispiel 9.17.

Die Wasseroberfläche eines Brunnens liegt 30 m unter der Oberkante des Brunnenrandes. Wie lange dauert der freie Fall eines Körpers, bis er das Wasser erreicht hat?

Gegeben:

$s = 30 \text{ m}$
$g = 9{,}81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

Gesucht:

t in s

Lösung:

$$s = \frac{g}{2} \cdot t^2 \qquad t = \sqrt{\frac{2 \cdot 30 \text{ m} \cdot \text{s}^2}{9{,}81 \text{ m}}}$$
$$t = \sqrt{\frac{2\,s}{g}} \qquad t = \sqrt{\frac{60}{9{,}81}}\text{ s}$$
$$\underline{\underline{t \approx 2{,}48 \text{ s}}}$$

Der Körper braucht etwa 2,5 s, *bis er die Wasseroberfläche erreicht.*

Beispiel 9.18.

Auf einer Strecke von 1 000 m fährt ein Zug gleichmäßig beschleunigt mit $a = 0{,}2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ an. Welche Geschwindigkeit hat er nach Durchfahren dieser Strecke?

Gegeben:

$s = 1\,000$ m

$a = 0{,}2$ m · s^{-2}

Gesucht:

v in km · h^{-1}

Lösung:

$$v = \sqrt{2 \cdot a \cdot s}$$

$$v = \sqrt{2 \cdot 0{,}2\ \mathrm{m} \cdot \mathrm{s}^{-2} \cdot 1000\ \mathrm{m}}$$

$$v = 20\ \mathrm{m} \cdot \mathrm{s}^{-1}$$

$$\underline{\underline{v = 72\ \mathrm{km} \cdot \mathrm{h}^{-1}}}$$

Nach 1000 m hat der Zug eine Geschwindigkeit von 72 km · h^{-1}.

Zusammengesetzte Bewegung

Beispiel 9.19.

Beim Eintritt von Tauwetter hat sich auf einem Strom eine Eisschollenbarriere gebildet. Ein Pilot bekommt den Auftrag, diese Barriere zu sprengen. Die Flughöhe wird mit 350 m festgelegt, die Fluggeschwindigkeit soll 200 km · h^{-1} betragen. In welcher Entfernung vor dem Ziel muß der Abwurf der Sprengkörper bei Windstille erfolgen?

Gegeben:

$v_0 = 200$ km · h^{-1}

$= \frac{500}{9}$ m · s^{-1}

$s_h = 350$ m

Gesucht:

s_W in m

Lösung:

$$s_W = v_0 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot s_h}{g}}$$

$$s_W = \frac{500\ \mathrm{m}}{9\ \mathrm{s}} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 350\ \mathrm{m} \cdot \mathrm{s}^2}{9{,}81\ \mathrm{m}}}$$

$$s_W = \frac{500\ \mathrm{m}}{9\ \mathrm{s}} \cdot \sqrt{\frac{700}{9{,}81}\ \mathrm{s}^2}$$

NR.:

N	L_1	L_2
500 9	2.6990 0.9542	— —
500 : 9	1.7448	1.7448
700 9,81	2.8451 0.9917	— —
$\frac{700}{9{,}81}$	1.8534	—
$\sqrt{\frac{700}{9{,}81}}$	$1.8534 \cdot \frac{1}{2}$	0.9267 +
469,4		2.6715

$$\underline{\underline{s_W = 469{,}4\ \mathrm{m}}}$$

Etwa 470 m vor der Eisbarriere müssen die Sprengkörper abgeworfen werden.

Beispiel 9.20.

Eine Kugel, aus dem Luftgewehr abgeschossen, hat eine Geschwindigkeit $v_0 = 200 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Wie lang ist ihre Fallstrecke auf eine Entfernung von 10 m? (Luftwiderstand wird vernachlässigt)

Gegeben:

$v_0 = 200 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
$s_W = 10 \text{ m}$
$g = 9{,}81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

Gesucht:

s_h in cm

Lösung:

$$s_W = v_0 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot s_h}{g}}$$

$$s_h = \frac{s_W^2 \cdot g}{v_0^2 \cdot 2}$$

$$s_h = \frac{100 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^2 \cdot 9{,}81 \text{ m}}{40\,000 \text{ m}^2 \cdot 2 \cdot \text{s}^2}$$

$$s_h = 0{,}012262 \text{ m}$$

$$\underline{\underline{s_h \approx 1{,}2 \text{ cm}}}$$

Die Kugel fällt etwa 1,2 cm.

Das zweite Newtonsche Gesetz

Beispiel 9.21.

Ein PKW hat eine Masse von 900 kg. Der Motor entwickelt eine Anzugskraft von 1 000 N. Welche Beschleunigung wird erreicht?

Gegeben:

$m = 900 \text{ kg}$
$F = 1000 \text{ N} = 1000 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$

Gesucht:

a in $\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$

Lösung:

$$F = m \cdot a$$

$$a = \frac{F}{m}$$

$$a = \frac{1\,000 \text{ kg} \cdot \text{m}}{900 \text{ kg} \cdot \text{s}^2}$$

$$\underline{\underline{a \approx 1{,}1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}}}$$

Die Beschleunigung beträgt $1{,}1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.

Beispiel 9.22.

Die Antriebskraft eines Motorrades beträgt 30,6 kp, seine Masse einschließlich Fahrer 150 kg.
Nach welcher Zeit wird eine Geschwindigkeit von $30 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ erreicht?

Gegeben:

$F = 30{,}6 \text{ kp}$
$\quad = 300 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$
$m = 150 \text{ kg}$
$v = 30 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$
$\quad = 8{,}33 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

Gesucht:

t in s

Lösung:

$$v = a \cdot t \qquad t = \frac{v}{a}$$

$$F = m \cdot a \qquad a = \frac{F}{m}$$

$$t = \frac{v \cdot m}{F}$$

$$t = \frac{8{,}33 \text{ m} \cdot 150 \text{ kg} \cdot \text{s}^2}{\text{s} \cdot 300 \text{ kg} \cdot \text{m}}$$

$$\underline{\underline{t = 4{,}17 \text{ s}}}$$

Die angegebene Geschwindigkeit wird nach 4,17 s *erreicht.*

Beispiel 9.23.

In einem Betonwerk soll ein Kran eine Masse von 2 t in 30 Sekunden 10 Meter hochheben.
Welche Leistung in kW muß der Motor aufbringen?

Gegeben:

$m = 2$ t
$t = 30$ s
$h = 10$ m
$g = 9{,}81\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

Gesucht:

P in kW

Lösung:

$$P = \frac{F \cdot s}{t} \qquad F = m \cdot a \qquad F = m \cdot g$$

$$P = \frac{F \cdot h}{t}$$

$$P = \frac{m \cdot g \cdot h}{t}$$

$$P = \frac{2\,000\ \text{kg} \cdot 9{,}81\ \text{m} \cdot 10\ \text{m}}{30\ \text{s} \cdot \text{s}^2}$$

$$P = \frac{19\,620\ \text{kg} \cdot \text{m}^2}{3\ \text{s}^3}$$

$$P = 6\,540\ \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^3}$$

$$P = 6\,540\ \frac{\text{Nm}}{\text{s}}$$

$$P = 6\,540\ \frac{\text{Ws}}{\text{s}}$$

$$\underline{\underline{P = 6{,}540\ \text{kW}}}$$

Die Leistung muß **6,540 kW** *betragen.*

Reibung

Beispiel 9.24.

Eine Kiste mit einem Gewicht von 30 kp wird auf einem Holzfußboden verschoben. Wie groß ist die Haftreibungskraft?

Gegeben:

$G = F_N = 30$ kp
$\mu_0 = 0{,}65$

Gesucht:

F_{R_0} in kp

Lösung:

$$F_{R_0} = \mu_0 \cdot F_N$$

$$F_{R_0} = 0{,}65 \cdot 30\ \text{kp}$$

$$\underline{\underline{F_{R_0} = 19{,}5\ \text{kp}}}$$

Die Haftreibungskraft beträgt **19,5 kp.**

Beispiel 9.25.

Ein Metallbehälter mit einem Gewicht G von 20 kp wird auf einer waagerechten Holzunterlage entlanggezogen. Dazu ist eine Kraft von 11 kp notwendig. Wie groß ist der Gleitreibungskoeffizient μ?

Gegeben:

$G = F_N = 20$ kp
$F_R = 11$ kp

Gesucht:

μ

Lösung:

$$\mu = \frac{F_R}{F_N}$$

$$\mu = \frac{11\ \text{kp}}{20\ \text{kp}}$$

$$\underline{\underline{\mu = 0{,}55}}$$

Der Gleitreibungskoeffizient beträgt **0,55.**

Beispiel 9.26.

Der Rammbär einer Ramme wird 4 m hochgehoben. Welche potentielle Energie besitzt er, wenn sein Gewicht 900 kp beträgt?

Gegeben:

$G = 900\ \text{kp}$
$h = 4\ \text{m}$

Gesucht:

W_{pot} in kpm

Lösung:

$$W_{pot} = G \cdot h$$
$$W_{pot} = 900\ \text{kp} \cdot 4\ \text{m}$$
$$\underline{\underline{W_{pot} = 3\,600\ \text{kpm}}}$$

Der Rammbär besitzt eine potentielle Energie von 3600 kpm.

Beispiel 9.27.

Ein Personenkraftwagen „Skoda" hat eine Masse von 1 000 kg. Wie groß ist seine kinetische Energie bei einer Geschwindigkeit von 70 km · h⁻¹?

Gegeben:

$m = 1\,000\ \text{kg}$
$v = 70\ \text{km} \cdot \text{h}^{-1}$
$= \frac{175\ \text{m}}{9\ \text{s}}$

Gesucht:

W_{kin} in Nm

Lösung:

$$W_{kin} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$
$$W_{kin} = \frac{1}{2} \cdot 1000\ \text{kg} \cdot \frac{30\,625\ \text{m}^2}{81\ \text{s}^2}$$
$$W_{kin} = \frac{500 \cdot 30\,625}{81} \cdot \frac{\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} \qquad \text{(R)}$$
$$W_{kin} \approx 189\,000\ \text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{m}$$
$$\underline{\underline{W_{kin} \approx 189\,000\ \text{Nm}}}$$

***Die kinetische Energie beträgt* 189000 Nm.**

Beispiel 9.28.

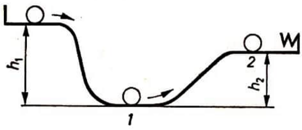
Während einer artistischen Darbietung rollt ein Mensch in einer Hohlkugel aus 10 m Höhe herab. Die Kugel steigt wieder auf 7 m an. Welche Geschwindigkeit hat die Kugel an den Stellen 1 und 2? Reibung und andere Faktoren werden nicht berücksichtigt.

Gegeben:

$h_1 = 10\ \text{m}$
$h_2 = 7\ \text{m}$
$g = 9{,}81\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

Gesucht:

v_1 in $\frac{\text{m}}{\text{s}}$
v_2 in $\frac{\text{m}}{\text{s}}$



Lösung:

$$W_{pot} = W_{kin}$$

$$F \cdot s = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

$$F \cdot h = \frac{F \cdot v^2}{g \cdot 2} \qquad F = m \cdot g$$

$$v^2 = 2 \cdot g \cdot h \qquad m = \frac{F}{g}$$

$$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

$$v_1 = \sqrt{2 \cdot 9{,}81 \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} \cdot 10\ \mathrm{m}}$$

$$v_1 = \sqrt{2 \cdot 98{,}1 \frac{\mathrm{m}^2}{\mathrm{s}^2}}$$

$$v_1 = \sqrt{196{,}2 \frac{\mathrm{m}^2}{\mathrm{s}^2}}$$

$$\underline{\underline{v_1 \approx 14 \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}}}$$

Die Geschwindigkeit der Kugel beträgt in 1 etwa $14 \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$.

$$v_2 = \sqrt{2 \cdot 9{,}81 \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} \cdot 3\ \mathrm{m}}$$

$$v_2 = \sqrt{58{,}86 \frac{\mathrm{m}^2}{\mathrm{s}^2}} \qquad \text{(R)}$$

$$v_2 = 7{,}66 \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

$$\underline{\underline{v_2 \approx 7{,}7 \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}}}$$

Die Geschwindigkeit beträgt in 2 etwa $7{,}7 \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$.

Drehbewegung

Beispiel 9.29.

Die Spindel einer Bohrmaschine benötigt für 1 Umdrehung $\frac{1}{10}$ s. Wie groß ist die eingestellte Drehzahl?

Gegeben:

$$T = \frac{1}{10}\ \mathrm{s}$$

Gesucht:

n in s^{-1} und min^{-1}

Lösung:

$$n = \frac{1}{T} \qquad n = \frac{1}{\frac{1}{10}\ \mathrm{s}}$$

$$\underline{\underline{n = 10\ \mathrm{s}^{-1}}}$$

$$\underline{\underline{n = 600\ \mathrm{min}^{-1}}}$$

Die Drehzahl beträgt $10\ \mathrm{s}^{-1}$ *bzw.* $600\ \mathrm{min}^{-1}$.

Beispiel 9.30.

Die Drehzahl eines Plattenspielers beträgt $78\ \mathrm{min}^{-1}$. Wieviel Sekunden braucht der Teller für eine Umdrehung?

Gegeben:

$n = 78\ \mathrm{min}^{-1}$

Gesucht:

T in s

Lösung:

$$T = \frac{1}{n} \qquad T = \frac{1}{78\ \mathrm{min}^{-1} \cdot \frac{1\ \mathrm{min}}{60\ \mathrm{s}}}$$

$$T = \frac{10}{13}\ \mathrm{s}$$

$$\underline{\underline{T \approx 0{,}8\ \mathrm{s}}}$$

Der Teller braucht für eine Umdrehung rund 0,8 s.

Beispiel 9.31.

Der Schleifkörper einer Schleifmaschine hat 600 mm Durchmesser. Er macht 1120 Umdrehungen in der Minute. Wie groß ist die Umfangsgeschwindigkeit (Bahngeschwindigkeit)?

Gegeben:

$d = 600 \text{ mm}$
$\quad = 0{,}6 \text{ m}$
$n = 1\,120 \text{ min}^{-1}$

Gesucht:

v in $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

Lösung:

$$v = d \cdot \pi \cdot n$$

$$v = 0{,}6 \text{ m} \cdot 3{,}14 \cdot \frac{1\,120}{60 \text{ s}}$$

$$\underline{\underline{v = 35{,}2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}}$$

Die Umfangsgeschwindigkeit des Schleifkörpers beträgt $35{,}2 \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Beispiel 9.32.

Berechne den Erddurchmesser! Die Bahngeschwindigkeit eines Ortes auf dem Äquator beträgt $v = 27\,814 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$.

Gegeben:

$v = 27\,814 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$

$$n = \frac{1}{24 \text{ h} \cdot 60 \frac{\text{min}}{\text{h}}}$$

Gesucht:

d in km

Lösung:

$$v = d \cdot \pi \cdot n$$

$$d = \frac{v}{\pi \cdot n}$$

$$d = \frac{27\,814 \text{ m} \cdot 24 \text{ h} \cdot 60 \text{ min}}{3{,}14 \cdot \text{min} \cdot \text{h}}$$

$$\underline{\underline{d = 12\,755{,}465 \text{ km}}}$$

Der Erddurchmesser beträgt rund 12755 km.

Beispiel 9.33.

Ein Kraftwagen mit der Masse von 2,5 t durchfährt eine Kurve mit der Geschwindigkeit $v = 40 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. Der Radius der Kurve beträgt 80 m. Wie groß ist die Zentripetalkraft?

Gegeben:

$m = 2{,}5 \text{ t} = 2\,500 \text{ kg}$
$v = 40 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$
$\quad = 11{,}1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
$r = 80 \text{ m}$
$1 \text{ N} = 9{,}81 \text{ kp}$

Gesucht:

F_Z in kp

Lösung:

$$F_Z = m \cdot \frac{v^2}{r}$$

$$F_Z = 2\,500 \text{ kg} \cdot \frac{123{,}21 \text{ m}^2}{\text{s}^2 \cdot 80 \text{ m}} \qquad \text{(R, Z)}$$

$$F_Z \approx 3\,850 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$$

$$F_Z \approx 3\,850 \text{ N}$$

$$\underline{\underline{F_Z \approx 392 \text{ kp}}}$$

Die Zentripetalkraft beträgt 392 kp.

Beispiel 9.34.

Während einer Vorführung der GST mit leinengesteuerten Flugmodellen fliegt ein Modell mit einer Geschwindigkeit von $80\,\mathrm{km}\cdot\mathrm{h}^{-1}$ auf einer Kreisbahn. Die Länge der Steuerleine ist 12 m, am Steuergriff hält der Pilot das Modell mit einer Kraft von 18,48 N auf seiner Bahn. Welche Masse hat das Modell? (Lösung mit dem Rechenstab)

Gegeben:

$v = 80\,\mathrm{km}\cdot\mathrm{h}^{-1}$
$ = 22{,}2\,\mathrm{m}\cdot\mathrm{s}^{-1}$
$r = 12\,\mathrm{m}$
$F_Z = 18{,}48\,\mathrm{kg}\cdot\mathrm{m}\cdot\mathrm{s}^{-2}$

Gesucht:

m in kg

Lösung:

$$F_Z = m\cdot\frac{v^2}{r}$$

$$F_Z\cdot r = m\cdot v^2$$

$$m = \frac{F_Z\cdot r}{v^2}$$

$$m = \frac{18{,}48\,\mathrm{kg}\cdot\mathrm{m}\cdot 12\,\mathrm{m}\cdot\mathrm{s}^2}{\mathrm{s}^2\cdot 492{,}8\,\mathrm{m}^2}$$

$$\underline{\underline{m = 0{,}448\,\mathrm{kg}}}$$

Die Masse des Modells beträgt 0,448 kg.

Keplersche Gesetze

Die mathematische Behandlung der Keplerschen Gesetze geht über die Anforderungen des Lehrplanes hinaus. Besonders leistungsstarke Schüler sollten hier in Form einer zusätzlichen Hausaufgabe ihr Können beweisen. Das gilt besonders für das 3. Keplersche Gesetz.

Beispiel 9.35.

Berechnen Sie die Entfernung Sonne — Mars! Die Umlaufzeit um die Sonne beträgt für den Mars 1,8808 Jahre.

1 AE = 149 504 200 km (Entfernung Erde — Sonne), AE = Astronomische Einheit

Gegeben:

$T_1 = 1$ Jahr
$T_2 = 1{,}8808$ Jahre
$s_1 = 1$ AE

Gesucht:

s_2 in AE und km

Lösung:

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{s_1^3}{s_2^3}$$

$$s_2^3 = \frac{s_1^3\cdot T_2^2}{T_1^2}$$

$$s_2 = \sqrt[3]{\frac{s_1^3\cdot T_2^2}{T_1^2}}$$

$$s_2 = \sqrt[3]{\frac{1\cdot 1{,}8808^2}{1}}\,\mathrm{AE}$$

$$\underline{\underline{s_2 = 1{,}5237\,\mathrm{AE}}}$$

$$\underline{\underline{s_2 \approx 228\,\mathrm{Mill.\,km}}}$$

Die Entfernung Sonne — Mars (große Halbachse) beträgt 1,524 AE, *d. s.* 228 Mill. km.

Gravitation

Beispiel 9.36.

Mit welcher Kraft ziehen sich Mond ($7{,}4 \cdot 10^{22}$ kg) und Erde ($6 \cdot 10^{24}$ kg) an, wenn ihre Entfernung voneinander 384 400 km beträgt?

Gegeben:

$m_1 = 7{,}4 \cdot 10^{22}$ kg
$m_2 = 6 \cdot 10^{24}$ kg
$r = 3{,}844 \cdot 10^{8}$ m
$k = 6{,}67 \cdot 10^{-11}$ Nm^{2}kg^{-2}

Gesucht:

F in kp

Lösung:

$$F = k \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$

$$F = \frac{6{,}67 \cdot 10^{-11}\,\mathrm{Nm}^2 \cdot 7{,}4 \cdot 10^{22}\,\mathrm{kg} \cdot 6 \cdot 10^{24}\,\mathrm{kg}}{\mathrm{kg}^2 \cdot (3{,}844 \cdot 10^{8}\,\mathrm{m})^2}$$

$$F = 2{,}004 \cdot 10^{20}\,\mathrm{N}$$

$$\underline{\underline{F = 2{,}043 \cdot 10^{19}\,\mathrm{kp}}}$$

NR.:

N	L
6,67	0.8241
7,4	0.8692 +
6	0.7782 +
Z	2.4715
3,844	0.5848 · 2
N	1.1696 −
20,04	1.3019
9,81	0.9917
2,043	0.3102

Die Gravitationskraft zwischen Mond und Erde beträgt bei dem angenommenen Abstand $2{,}043 \cdot 10^{19}$ kp.

Kosmonautik

Für dieses Stoffgebiet fordert der Lehrplan keine Gesetze. Es genügt, die Schüler darauf hinzuweisen, daß in der Satellitentechnik das Gravitationsgesetz und die Keplerschen Gesetze angewendet werden. Hierzu ist es sinnvoll, die 1. kosmische Geschwindigkeit berechnen zu lassen. Es ist Aufgabe eines jeden Physiklehrers, die neuesten Erkenntnisse des Weltraumfluges in entsprechenden Aufgaben zu verarbeiten. Die dazu notwendigen Zahlenwerte kann er den Veröffentlichungen in der Presse entnehmen. Wir verweisen besonders auf die Zeitschrift „Jugend und Technik“.

Beispiel 9.37.

Welche Geschwindigkeit muß ein künstlicher Trabant haben, wenn er in geringer Höhe die Erde umkreisen soll? Der Luftwiderstand wird nicht berücksichtigt.

Gegeben:

$r = 6{,}37 \cdot 10^6$ m
$g = 9{,}81$ m · s^{-2}

Gesucht:

v in km · s^{-1}

Lösung:

Die Zentripetalkraft, die den Trabanten auf seine Bahn zwingt, ist gleich seinem Gewicht.

$$F_Z = G$$
$$F_Z = m \cdot g$$
$$m \cdot g = m \cdot \frac{v^2}{r}$$
$$g = \frac{v^2}{r}$$
$$g \cdot r = v^2$$

$$v = \sqrt{g \cdot r}$$
$$v = \sqrt{9{,}81\ \mathrm{m \cdot s^{-2}} \cdot 6{,}37 \cdot 10^6\ \mathrm{m}}$$
$$v = \sqrt{62{,}49 \cdot 10^6\ \mathrm{m^2 \cdot s^{-2}}}$$
$$v \approx 7{,}9 \cdot 10^3\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$$
$$\underline{\underline{v \approx 7{,}9\ \mathrm{km \cdot s^{-1}}}}$$

Der Trabant muß eine Geschwindigkeit von 7,9 km · s^{-1} *haben.*

Beispiel 9.38.

Berechnen Sie für Sputnik I die Zentripetalkraft unter der Annahme einer Kreisbewegung ($m = 86$ kg, mittlere Entfernung von der Erde 500 km, $T = 96{,}2$ min)!

Gegeben:

$m = 86$ kg
r = Erdradius + 500 km
r = 6 371 km + 500 km = 6 871 000 m $\qquad T = 96{,}2$ min = 5 772 s

Gesucht:

F_Z in N

Lösung:

$$F_Z = 4 \cdot \pi^2 \cdot m \cdot r \cdot n^2$$
$$n = \frac{1}{T}$$
$$n^2 = \frac{1}{T^2}$$
$$F_Z = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot m \cdot r}{T^2}$$
$$F_Z = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot 86\ \mathrm{kg} \cdot 6\,871\,000\ \mathrm{m}}{5\,772^2\ \mathrm{s^2}}$$
$$\underline{\underline{F_Z = 700{,}3\ \mathrm{kg \cdot m \cdot s^{-2}}}}$$

NR.: N	L	
4	0.6021	
π^2	0.9943	
86	1.9345	
6 871 000	6.8370	+
Zähler	10.3679	
5 772	3.7613	· 2
Nenner	7.5226	
700,3	2.8453	

Am Sputnik I wirkt eine Zentripetalkraft von 700,3 N.

Zusatzaufgaben (Klasse 9)

Die Zusatzaufgaben sind zu der Zeit, da der Lehrstoff im Physikunterricht behandelt wird, mit den hier angegebenen mathematischen Hilfsmitteln durch die Schüler noch nicht lösbar. Diese Aufgaben können deshalb erst zu einem späteren Zeitpunkt, etwa am Schuljahresende, von den leistungsstarken Schülern gelöst werden. Bei den umfangreicheren Aufgaben empfiehlt es sich, mit leistungsschwächeren Schülern eine Lösung in Teilschritten vorzunehmen.

Beispiel 9.39.

Zwei parallel geschaltete Widerstände ($R_1 = 400\ \Omega$ und $R_2 = 600\ \Omega$) sollen durch einen einzigen Widerstand R ersetzt werden.

Gegeben:

$R_1 = 400\ \Omega$
$R_2 = 600\ \Omega$

Gesucht:

R in Ω

Lösung:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

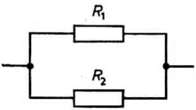
$$\frac{1}{R} = \frac{R_2 + R_1}{R_1 \cdot R_2}$$

$$R = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_2 + R_1}$$

$$R = \frac{400\ \Omega \cdot 600\ \Omega}{600\ \Omega + 400\ \Omega}$$

$$R = \frac{240\,000\ \Omega^2}{1\,000\ \Omega}$$

$$\underline{\underline{R = 240\ \Omega}}$$



Der Ersatzwiderstand beträgt 240 Ω.

Beispiel 9.40.

Auf einer Glühlampe sind die Leistung P und die Betriebsspannung U angegeben. Wie groß ist der Widerstand der Glühlampe, wenn der Heizfaden glüht?

Gegeben:

P
U

Gesucht:

R

Lösung:

$$R = \frac{U}{I} \qquad P = U \cdot I$$

$$R = \frac{U}{\frac{P}{U}} \qquad I = \frac{P}{U}$$

$$R = U \cdot \frac{U}{P}$$

$$\underline{\underline{R = \frac{U^2}{P}}}$$

Der Widerstand der Glühlampe wird nach der Formel $R = \dfrac{U^2}{P}$ *berechnet.*

Beispiel 9.41.

Berechnen Sie den Shunt (Nebenwiderstand) eines Stromstärkemeßgerätes, wenn eine Meßbereichserweiterung um das n-fache bzw. um das Hundertfache erfolgen soll!

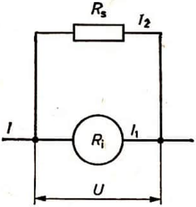
Gegeben:

R_i

$n = 100$

Gesucht:

R_S



Lösung:

Am Meßinstrument und am Shunt liegt die gleiche Spannung, also gilt

$U = I_1 \cdot R_i$ und $U = I_2 \cdot R_S$.

Da die linken Seiten der beiden Gleichungen gleich sind, stimmen auch die rechten Seiten überein:

$$I_1 \cdot R_i = I_2 \cdot R_S$$

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_S}{R_i}.$$

Die neue Gesamtstromstärke $I_1 + I_2$ ist laut Aufgabe das n-fache bzw. das Hundertfache von der Meßinstrumentenstromstärke I_1:

$$I_1 + I_2 = n \cdot I_1 \qquad I_1 + I_2 = 100 \cdot I_1$$

$$I_2 = n \cdot I_1 - I_1 \qquad I_2 = 100 \cdot I_1 - I_1$$

$$I_2 = I_1 (n - 1) \qquad I_2 = I_1 \cdot (100 - 1)$$

$$\frac{I_1}{I_1(n-1)} = \frac{R_S}{R_i} \qquad \frac{I_1}{I_1 (100-1)} = \frac{R_S}{R_i}$$

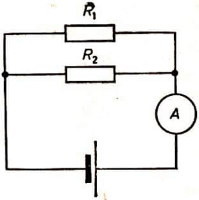
$$\frac{1}{n-1} = \frac{R_S}{R_i} \qquad \frac{1}{100-1} = \frac{R_S}{R_i}$$

$$\underline{\underline{R_S = \frac{R_i}{n-1}}} \qquad \underline{\underline{R_S = \frac{R_i}{99}}}$$

Der Shunt hat einen Widerstand von $\frac{R_i}{n-1}$ *bzw.* $\frac{R_i}{99}$.

Beispiel 9.42.

Wie groß ist die Gesamtstromstärke in einem verzweigten Stromkreis, wenn R_2 nur $\frac{1}{4}$ des bisherigen Wertes beträgt?



Gegeben:

R_1

$\frac{R_2}{4}$

Gesucht:

I

Lösung:

$$I = \frac{U}{R}$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{\frac{R_2}{4}}$$

$$\frac{1}{R} = \frac{\frac{R_2}{4} + R_1}{\frac{R_1 \cdot R_2}{4}}$$

$$\frac{1}{R} = \frac{R_2 + 4 \cdot R_1}{R_1 \cdot R_2}$$

$$R = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_2 + 4 \cdot R_1}$$

$$\underline{\underline{I = \frac{U(R_2 + 4 \cdot R_1)}{R_1 \cdot R_2}}}$$

Die Gesamtstromstärke kann nach der Gleichung $I = \frac{U \cdot (R_2 + 4 \cdot R_1)}{R_1 \cdot R_2}$ *berechnet werden.*

Beispiel 9.43.

Zwei parallel geschaltete Widerstände ergeben einen Gesamtwiderstand von 48 Ω. Der eine Teilwiderstand beträgt 120 Ω. Welchen Betrag hat der andere?

Gegeben:

$R_1 = 120\ \Omega$

$R = 48\ \Omega$

Gesucht:

R_2 in Ω

Lösung:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

$$\frac{1}{R_2} = \frac{1}{R} - \frac{1}{R_1}$$

$$\frac{1}{R_2} = \frac{R_1 - R}{R \cdot R_1}$$

$$R_2 = \frac{R \cdot R_1}{R_1 - R}$$

$$R_2 = \frac{48\ \Omega \cdot 120\ \Omega}{72\ \Omega}$$

$$R_2 = 2 \cdot 40\ \Omega$$

$$\underline{\underline{R_2 = 80\ \Omega}}$$

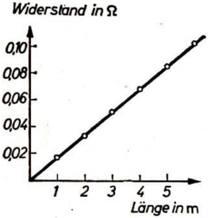
Der zweite Teilwiderstand hat einen Wert von 80 Ω.

Beispiel 9.44.

Der Ohmsche Widerstand eines Kupferdrahtes ist u. a. auch von seiner Länge abhängig.

Länge l in m	1	2	3	4	5	6
Widerstand R in Ω	0,017	0,034	0,051	0,068	0,085	0,102

Wie heißt der analytische Ausdruck (Funktionsgleichung)? Stellen Sie die Funktion grafisch dar!



Lösung:

R ist die abhängige Variable, l ist die unabhängige Variable

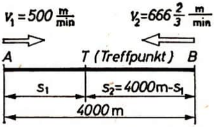
$$R \sim l$$

Nach Einfügen des Proportionalitätsfaktors erhält man

$$R = 0{,}017\ \frac{\Omega}{\text{m}} \cdot l$$

Beispiel 9.45.

Auf einer 4 km langen Strecke fahren zum gleichen Zeitpunkt von den Endpunkten A und B 2 Kraftwagen einander entgegen. Die Geschwindigkeit des einen Wagens beträgt 30 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$, die des anderen 40 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$. Wo und nach welcher Zeit begegnen sich die beiden Kraftwagen? Lösen Sie die Aufgabe zeichnerisch und rechnerisch!



Gegeben:

$v_1 = 30\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$

$= 500\,\frac{\text{m}}{\text{min}}$

$v_2 = 40\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$

$= 666\,\frac{2}{3}\,\frac{\text{m}}{\text{min}}$

Gesucht:

t in min
s_1 in m
s_2 in m

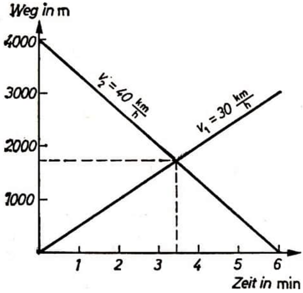
Lösung:

$$v = \frac{s}{t}$$

$$\left| \begin{aligned} s_1 &= v_1 \cdot t \\ s_2 &= v_2 \cdot t + 4\,000\ \text{m} \end{aligned} \right|$$

$$\left| \begin{aligned} s_1 &= 500\,\frac{\text{m}}{\text{min}} \cdot t \\ s_2 &= -\,666\,\frac{2}{3}\,\frac{\text{m}}{\text{min}} \cdot t + 4\,000\ \text{m} \end{aligned} \right|$$

Das negative Vorzeichen wegen der gegenläufigen Bewegung | **Der 2. Kraftwagen ist vom 1. Kraftwagen 4 km entfernt.**



Wertetafel

t in min	s_1 in m
1	500
2	1000
3	1500
4	2000
5	2500
6	3000
7	3500
8	4000

Wertetafel

in min t	s_2 in m
1	3333
2	2666
3	2000
4	1333
5	666
6	0
7	
8	

Die Kraftwagen treffen sich nach* 3,4 min 1700 m *vom Startpunkt des ersten Wagens entfernt.

$$v = \frac{s}{t}$$

$$\left| \begin{aligned} s_1 &= v_1 \cdot t \\ s_2 &= v_2 \cdot t \end{aligned} \right|$$

$$\left| \begin{aligned} s_1 &= 500\,\frac{\text{m}}{\text{min}} \cdot t \\ 4\,000\ \text{m} - s_1 &= 666\,\frac{2}{3}\,\frac{\text{m}}{\text{min}} \cdot t \end{aligned} \right| \qquad s_2 = 4\,000\ \text{m} - s_1$$

$$4\,000\text{ m} - 500\,\frac{\text{m}}{\text{min}}\cdot t = 666\,\frac{2}{3}\,\frac{\text{m}}{\text{min}}\cdot t$$

$$4\,000\text{ m} = 1\,166\,\frac{2}{3}\,\frac{\text{m}}{\text{min}}\cdot t$$

$$t = \frac{4\,000\text{ m}\cdot\text{min}}{1\,166\,\frac{2}{3}\text{ m}} \qquad s_1 = 500\,\frac{\text{m}}{\text{min}}\cdot 3{,}43\text{ min}$$

$$\underline{\underline{t = 3{,}43\text{ min}}} \qquad \underline{\underline{s_1 = 1\,715\text{ m}}} \qquad \text{(R)}$$

Die Kraftwagen treffen sich 1 715 m *vom Punkt A entfernt nach* 3,43 min.

Beispiel 9.46.

In Berlin startet eine IL 14 in Richtung Moskau. Die Durchschnittsgeschwindigkeit dieser Transportmaschine beträgt 320 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$. 30 Minuten später steigt eine Maschine vom Typ IL 18 mit dem gleichen Reiseziel auf. Wann und wieviel Kilometer von Berlin entfernt überholt die IL 18 mit einer Reisegeschwindigkeit von 625 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$ die Transportmaschine? Beachten Sie die Einheiten!

Gegeben:

$v_1 = 320\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$

$v_2 = 625\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$

$\Delta t = 30\text{ min} = 0{,}5\text{ h}$

Gesucht:

s in km

t in h

Lösung:

$$v = \frac{s}{t}$$

$$\left|\begin{aligned} \frac{s}{t} &= 320\,\frac{\text{km}}{\text{h}} \\ \frac{s}{t - 0{,}5\text{ h}} &= 625\,\frac{\text{km}}{\text{h}} \end{aligned}\right|$$

$$s = 320\,\frac{\text{km}}{\text{h}}\cdot t$$

$$\frac{320\,\frac{\text{km}}{\text{h}}\cdot t}{t - 0{,}5\text{ h}} = 625\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$$

$$320\,\frac{\text{km}}{\text{h}}\cdot t = 625\,\frac{\text{km}}{\text{h}}\cdot(t - 0{,}5\text{ h})$$

$$320\,\frac{\text{km}}{\text{h}}\cdot t = 625\,\frac{\text{km}}{\text{h}}\cdot t - 625\text{ km}\cdot 0{,}5$$

$$305\,\frac{\text{km}}{\text{h}}\cdot t = 312{,}5\text{ km} \qquad s = v\cdot t$$

$$t = 1{,}025\text{ h} \qquad s = 320\,\frac{\text{km}}{\text{h}}\cdot 1{,}025\text{ h}$$

$$\underline{\underline{t = 1\text{ h }1\text{ min }30\text{ s}}} \qquad \underline{\underline{s = 328\text{ km}}} \qquad \text{(R)}$$

Die Flugzeit bis zum Treffpunkt beträgt 1 h 1 min 30 s.
Der Treffpunkt liegt 328 km *von Berlin entfernt.*

Beispiel 9.47.

Die Gleichspannung, die an einem Widerstand liegt, beträgt 120 V. Verkleinert man den Widerstand um 1 000 Ω, steigt die Stromstärke um 0,02 A an. Wie groß war der ursprüngliche Widerstand?

Gegeben:

$U = 120\ \text{V} = 0{,}12\ \text{kV}$

$\Delta R = 1\,000\ \Omega = 1\ \text{k}\Omega$

$\Delta I = 0{,}02\ \text{A}$

Gesucht:

R in kΩ

Lösung: **1. Weg**

$$\left| \begin{aligned} I &= \frac{U}{R} \\ R - \Delta R &= \frac{U}{I + \Delta I} \end{aligned} \right|$$

$$R - \Delta R = \frac{U}{\frac{U}{R} + \Delta I}$$

$$(R - \Delta R)\left(\frac{U}{R} + \Delta I\right) = U$$

$$U - \frac{\Delta R \cdot U}{R} + R \cdot \Delta I - \Delta R \cdot \Delta I = U$$

$$-U \cdot \Delta R + R^2 \cdot \Delta I - \Delta R \cdot \Delta I \cdot \Delta R = 0$$

$$\Delta I \cdot R^2 - \Delta R \cdot \Delta I \cdot R - U \cdot \Delta R = 0$$

$$R^2 - \Delta R \cdot R - \frac{U \cdot \Delta R}{\Delta I} = 0$$

$$R_{1,2} = \frac{\Delta R}{2} \pm \sqrt{\frac{(\Delta R)^2}{4} + \frac{U \cdot \Delta R}{\Delta I}}$$

$$R_{1,2} = \frac{1\ \text{k}\Omega}{2} \pm \sqrt{\frac{(1\ \text{k}\Omega)^2}{4} + \frac{0{,}12\ \text{kV} \cdot 1\ \text{k}\Omega}{0{,}02\ \text{A}}}$$

$$R_{1,2} = \frac{1}{2}\ \text{k}\Omega \pm \sqrt{0{,}25\ \text{k}\Omega^2 + 6\ \text{k}\Omega^2}$$

$$\underline{\underline{R_1 = 3\ \text{k}\Omega}} \quad \underline{\underline{(R_2 = -2\ \text{k}\Omega)}}$$

2. Weg

$$\left| \begin{aligned} I &= \frac{U}{R} \\ R - \Delta R &= \frac{U}{I + \Delta I} \end{aligned} \right|$$

$$I = \frac{0{,}12\ \text{kV}}{R}$$

$$R - 1\ \text{k}\Omega = \frac{0{,}12\ \text{kV}}{\frac{0{,}12\ \text{kV}}{R} + 0{,}02\ \text{A}}$$

$$0{,}12\ \text{kV} + 0{,}02\ \text{A} \cdot R - \frac{1\ \text{k}\Omega \cdot 0{,}12\ \text{kV}}{R} - 0{,}02\ \text{k}\Omega \cdot \text{A} = 0{,}12\ \text{kV}$$

$$0{,}02\ \text{A} \cdot R^2 - 0{,}02\ \text{k}\Omega \cdot \text{A}\, R - 0{,}12\ \text{kV} \cdot \text{k}\Omega = 0$$

$$R^2 - 1\ \text{k}\Omega \cdot R - 6\ \text{k}\Omega^2 = 0$$

$$R_{1,2} = \frac{1\ \text{k}\Omega}{2} \pm \sqrt{0{,}25\ \text{k}\Omega^2 + 6\ \text{k}\Omega^2}$$

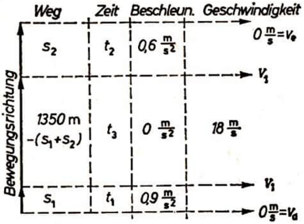
$$R_{1,2} = \frac{1}{2}\ \text{k}\Omega \pm \sqrt{6{,}25\ \text{k}\Omega^2}$$

$$\underline{\underline{R_1 = 3\ \text{k}\Omega}} \quad \underline{\underline{(R_2 = -2\ \text{k}\Omega)}}$$

Der ursprüngliche Widerstand betrug **3 kΩ.**

Beispiel 9.48.

Ein Förderschacht hat eine Tiefe von 1 350 m. Das Anfahren des Förderkorbes soll mit einer Beschleunigung $a_1 = 0{,}9\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ stattfinden, die gleichförmige Fahrt mit einer Geschwindigkeit von $18\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$, das Auslaufen mit einer Verzögerung $a_2 = 0{,}6\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$.



Bestimmen Sie

1. die Zeitdauer der beschleunigten Fahrt,
2. die Zeitdauer der verzögerten Fahrt,
3. die während jedes Bewegungsabschnittes zurückgelegten Förderhöhen in Metern und
4. in Prozenten der Gesamthöhe,
5. die Gesamtdauer eines Hubes,
6. das Weg-Zeit- und das Geschwindigkeit-Zeit-Diagramm!

Gegeben:

$s_{ges} = 1350\ \text{m}$

$a_1 = 0{,}9\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

$a_2 = 0{,}6\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

$v_1 = 18\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$

$v_2 = 0\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$

Gesucht:

Zeit für beschl. Bew. t_1 in s
Zeit für verzögerte B. t_2 in s
Weg bei beschl. Bew. s_1 in m
Weg bei verzögerter B. s_2 in m
Weg bei gleichförm. B. s_3 in m
Gesamthubzeit
t in s

Lösung:

1. $v_1 = a_1 \cdot t_1$

$$t_1 = \frac{v_1}{a_1}$$

$$t_1 = \frac{18\,\frac{\text{m}}{\text{s}}}{0{,}9\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}}$$

$$\underline{\underline{t_1 = 20\ \text{s}}}$$

Die Zeitdauer der beschleunigten Fahrt beträgt **20 s.**

2. $v_2 = v_1 - a_2 \cdot t_2$

$$t_2 = \frac{v_1 - v_2}{a_2}$$

$$t_2 = \frac{18\,\frac{\text{m}}{\text{s}} - 0\,\frac{\text{m}}{\text{s}}}{0{,}6\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}}$$

$$\underline{\underline{t_2 = 30\ \text{s}}}$$

Die Zeitdauer der verzögerten Fahrt beträgt **30 s.**

3. $s_1 = \frac{a_1}{2} \cdot t_1^2$

$$s_1 = 0{,}45\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 400\ \text{s}^2$$

$$\underline{\underline{s_1 = 180\ \text{m}}}$$

$$s_2 = \frac{a_2}{2} \cdot t_2^2$$

$$s_2 = 0{,}3\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 900\ \text{s}^2$$

$$\underline{\underline{s_2 = 270\ \text{m}}}$$

$$s_3 = 1\,350\ \text{m} - (s_1 + s_2)$$

$$s_3 = 1\,350\ \text{m} - 450\ \text{m}$$

$$\underline{\underline{s_3 = 900\ \text{m}}}$$

Die Förderhöhen betragen für die beschleunigte Bewegung **180 m**, *für die gleichförmige Bewegung* **900 m** *und für die verzögerte Bewegung* **270 m.**

4. $s : s_{ges} = p : 100\%$

$$p = \frac{s \cdot 100\%}{s_{ges}}$$

$$p = \frac{180\text{ m} \cdot 100\%}{1350\text{ m}}$$

$$\underline{\underline{p = 13\frac{1}{3}\%}}$$

$$p = \frac{900\text{ m} \cdot 100\%}{1\,350\text{ m}}$$

$$\underline{\underline{p = 66\tfrac{2}{3}\%}}$$

$$p = \frac{270\text{ m} \cdot 100\%}{1\,350\text{ m}}$$

$$\underline{\underline{p = 20\%}}$$

Während der beschleunigten Bewegung legt der Förderkorb $13\frac{1}{3}\%$, während der gleichförmigen Bewegung $66\frac{2}{3}\%$ und während der verzögerten Bewegung 20% der Gesamthöhe zurück.

5. $v = \frac{s}{t}$

$$t = \frac{s}{v}$$

$$t_3 = \frac{s_3}{v_1}$$

$$t_3 = \frac{900\text{ m s}}{18\text{ m}}$$

$$\underline{\underline{t_3 = 50\text{ s}}}$$

$$t = t_1 + t_2 + t_3$$

$$\underline{\underline{t = 100\text{ s}}}$$

Die Gesamtdauer eines Hubes beträgt 100 s.

6. *Wertetafel:*

Die Formeln für s_2 und s_3 wurden so aufgestellt, daß sofort für die verstrichene Zeit die gesamte Hubstrecke ermittelt werden kann.

$$s_1 = \frac{a_1}{2} \cdot t_1^2$$

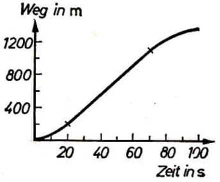
t_1 in s	s_1 in m
1	0,45
2	1,8
3	4,05
4	7,2
5	11,25
10	45
15	101,2
20	180

$$s_3 = v_1 (t_3 - 20\text{ s}) + 180\text{ m}$$

t_3 in s	s_3 in m
20	180
21	198
22	216
23	234
24	252
25	270
30	360
40	540
50	720
60	900
70	1080

$$s_2 = v_1 (t_3 - 20\text{ s}) - \frac{a_2}{2} (t_2 - 70\text{ s})^2 + 1\,080\text{ m}$$

t_2 in s	s_2 in m
70	1080
71	1097,7
72	1114,8
73	1131,3
74	1147,2
75	1162,5
80	1230
85	1282,5
90	1320
95	1346,5
100	1350

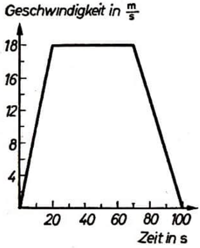


$v_1 = \frac{s_3}{t_3} = \text{konst.} = 18\,\frac{\text{m}}{s}$ von der 20. bis zur 70. Sekunde.

$v_{\text{beschl. Bew.}} = a_1 \cdot t_1$ $\qquad$ $v_{\text{verzög. Bew.}} = 18\,\frac{\text{m}}{\text{s}} - a_2\,(t_2 - 70\ \text{s})$

t_1 in s	$v_{\text{beschl. Bew.}}$ in $\frac{\text{m}}{\text{s}}$
1	0,9
2	1,8
3	2,7
.	.
.	.
.	.
20	18

t_2 in s	$v_{\text{verz. Bew.}}$ in $\frac{\text{m}}{\text{s}}$
70	18
71	17,4
72	16,8
73	16,2
.	.
.	.
.	.
95	3
100	0



Beispiel 9.49.

Schreiben Sie folgende Ausdrücke mit abgetrennten Zehnerpotenzen:

0,008 A; $\frac{1}{1\,000\,000}$ F; 0,000 000 000 002 F; 0,04 kg; 36 000 kpm!

Lösung:

$$0{,}008\ \text{A} = 8 \cdot 10^{-3}\ \text{A}$$

$$\frac{1}{1\,000\,000}\ \text{F} = 10^{-6}\ \text{F}$$

$$0{,}000\,000\,000\,002\ \text{F} = 2 \cdot 10^{-12}\ \text{F}$$

$$0{,}04\ \text{kg} = 4 \cdot 10^{-2}\ \text{kg}$$

$$36\,000\ \text{kpm} = 36 \cdot 10^{3}\ \text{kpm}$$

Beispiel 9.50.

Welche Zeit vergeht, wenn man eine Kugel aus der Ruhe eine Strecke von 1 m frei fallen läßt?

Gegeben:

$s = 1\ \text{m}$

$g = 9{,}81\ \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$

Gesucht:

t in s

Lösung:

$$s = \frac{g}{2} \cdot t^2$$

$$t^2 = \frac{2 \cdot s}{g}$$

$$t = \sqrt{\frac{2 \cdot s}{g}}$$

$$t = \sqrt{\frac{2\ \text{m} \cdot \text{s}^2}{9{,}81\ \text{m}}}$$

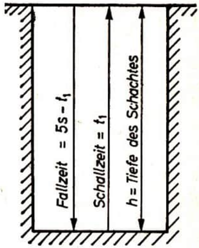
$$\underline{\underline{t \approx 0{,}45\ \text{s}}}$$

N	L	
2	1.3010 − 1	
9,81	0.9917	−
Radikand	0.3093 − 1	
	1.3093 − 2	:2
0,4515	0.6547 − 1	

In 0,45 s durchfällt die Kugel eine Strecke von 1 m.

Beispiel 9.51.

In einen Schacht fällt ein Körper, der beim Aufschlagen einen Schall verursacht. Dieser Schall ist fünf Sekunden nach Wurfbeginn zu hören. Wie tief ist der Schacht? Schallgeschwindigkeit $v_S = 340\,\frac{m}{s}$; $g = 9{,}81\,\frac{m}{s^2}$.
Der Luftwiderstand wird vernachlässigt.
Anmerkung: Diese Aufgabe eignet sich zur Wiederholung der Fallgesetze und der Gesetzmäßigkeit der gleichförmigen Bewegung.



Gegeben:

$t_g = 5\,s$ (Gesamtzeit: freier Fall und Schall)

$v_S = 340\,\frac{m}{s}$

$g = 9{,}81\,\frac{m}{s^2}$

Gesucht:

h in m

Lösung:

$t_g = t_1 + t_2$

$t_1 =$ Schallzeit

$t_2 =$ Zeit für freien Schall

$t_2 = t_g - t_1$

$s = \frac{a \cdot t^2}{2}$ Weg f. gleichm. beschl. Bewegung (freier Fall)

$s = v_S \cdot t_1$ Weg f. gleichf. Bew. (Schall)

$h = \frac{g \cdot t_2^2}{2}$ $\qquad t_1 = \frac{s}{v_S}$

$h = \frac{g\,(t_g - t_1)^2}{2}$ $\qquad t_1 = \frac{h}{v_S}$

$$\frac{2h}{g} = (t_g - t_1)^2$$

$$\frac{2h}{g} = \left(t_g - \frac{h}{v_S}\right)^2$$

$$\frac{2h}{g} = t_g^2 - \frac{2 t_g \cdot h}{v_S} + \frac{h^2}{v_S^2}$$

$$\frac{h^2}{v_S^2} - \frac{2 \cdot t_g \cdot h}{v_S} - \frac{2h}{g} + t_g^2 = 0$$

$$\frac{h^2}{340^2\,\frac{m^2}{s^2}} - \frac{10\,s \cdot h}{340\,\frac{m}{s}} - \frac{2h}{9{,}81\,\frac{m}{s^2}} + 5^2 s^2 = 0$$

$$\frac{h^2}{340^2 \frac{\mathrm{m}^2}{\mathrm{s}^2}} - \frac{\mathrm{s}^2 \cdot h}{34\,\mathrm{m}} - \frac{2h \cdot \mathrm{s}^2}{9{,}81\,\mathrm{m}} + 25\,\mathrm{s}^2 = 0$$

$$\frac{h^2}{340^2 \frac{\mathrm{m}^2}{\mathrm{s}^2}} - \frac{9{,}81\,\mathrm{m} \cdot \mathrm{s}^2 \cdot h}{34\,\mathrm{m} \cdot 9{,}81\,\mathrm{m}} - \frac{2h \cdot \mathrm{s}^2 \cdot 34\,\mathrm{m}}{34\,\mathrm{m} \cdot 9{,}81\,\mathrm{m}} + 25\,\mathrm{s}^2 = 0$$

$$\frac{h^2}{340^2 \frac{\mathrm{m}^2}{\mathrm{s}^2}} - \frac{9{,}81\,\mathrm{m} \cdot \mathrm{s}^2 \cdot h + 2 \cdot 34\,\mathrm{m} \cdot \mathrm{s}^2 \cdot h}{34\,\mathrm{m} \cdot 9{,}81\,\mathrm{m}} + 25\,\mathrm{s}^2 = 0$$

$$h^2 - 340^2 \frac{\mathrm{m}^2}{\mathrm{s}^2} \left(\frac{9{,}81\,\mathrm{m} \cdot \mathrm{s}^2 \cdot h + 68\,\mathrm{m} \cdot \mathrm{s}^2 \cdot h}{34\,\mathrm{m} \cdot 9{,}81\,\mathrm{m}} \right) + 25\,\mathrm{s}^2 \cdot 340^2 \frac{\mathrm{m}^2}{\mathrm{s}^2} = 0$$

$$h^2 - 340^2 \left(\frac{9{,}81\,\mathrm{m} \cdot h + 68\,\mathrm{m} \cdot h}{34 \cdot 9{,}81} \right) + 25 \cdot 340^2\,\mathrm{m}^2 = 0$$

$$h^2 - 340^2 \frac{77{,}81\,\mathrm{m} \cdot h}{34 \cdot 9{,}81} + 25 \cdot 340^2\,\mathrm{m}^2 = 0$$

$$h^2 - 26\,970\,\mathrm{m} \cdot h + 2\,890\,000\,\mathrm{m}^2 = 0$$

N	L	
340^2	5.0630	2.5315 · 2
77,81	1.8911	+
	6.9541	
34	1.5315	—
9,81	0.9917	—
26970	4.4309	

N	L	E
340^2	5.0630	2.5315 · 2
25	1.3979	
2 890 000	6.4609	
N	L	
$26\,970^2$	8.8618	4.4309 · 2
4	0.6021	—
181 800 000	8.2597	
N	L	
$\sqrt{178\,910\,000}$	4.1264	8.2527 : 2
13 380	4.1264	

$$h_{1,2} = -\frac{p}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{p}{2}\right)^2 - q}$$

$$h_{1,2} = -\frac{-26\,970\,\mathrm{m}}{2} \pm \sqrt{\frac{26\,970^2}{4}\,\mathrm{m}^2 - 2\,890\,000\,\mathrm{m}^2}$$

$$h_{1,2} = \frac{26\,970\,\mathrm{m}}{2} \pm \sqrt{181\,800\,000\,\mathrm{m}^2 - 2\,890\,000\,\mathrm{m}^2}$$

$$h_{1,2} = 13\,485\,\mathrm{m} \pm \sqrt{178\,910\,000\,\mathrm{m}^2}$$

$$h_{1,2} = 13\,485\,\mathrm{m} \pm 13\,380\,\mathrm{m}$$

$$h_1 = 26\,865\,\mathrm{m}$$

$$\underline{\underline{h_2 = 105\,\mathrm{m}}}$$

Der Schacht ist 105 m tief.

Elektrizitätslehre (Klasse 10)

Triode

Bei der Aufnahme einer Röhrenkennlinie wird der Physiklehrer nicht nur die Kennlinie darstellen, sondern auch die Steilheit berechnen lassen. Die Schüler müssen erkennen, daß sich durch physikalische Messungen auch mathematische Beziehungen der einzelnen Größen ergeben.

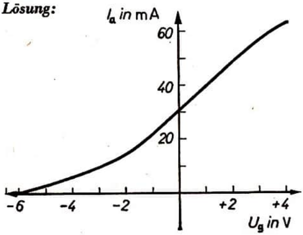
Beispiel 10.1.

Bei der Aufnahme der Kennlinie der EL 83 (Röhre im HF-Aufbausatz) wurden folgende Werte gemessen:

Gitterspannung U_g in V	−6	−4	−3	−2	−1	0	+1	+2	+3	+4
Anodenstromstärke I_a in mA	0,2	6,6	10,0	14,0	22,0	32	40	48	57	64

Stellen Sie die Kennlinie dar! Berechnen Sie die Steilheit der Röhre im Bereich $U_g = -3$ V bis -1 V!

Lösung:



Gegeben:

$\Delta U_g = 2$ V

$\Delta I_a = 12$ mA

Gesucht:

S in mA · V⁻¹

Lösung:

$$S = \frac{\Delta I_a}{\Delta U_g}$$

$$S = \frac{12\ \text{mA}}{2\ \text{V}}$$

$$\underline{\underline{S = 6\ \text{mA} \cdot \text{V}^{-1}}}$$

Die Steilheit der Röhre beträgt 6 mA · V⁻¹.

Thermoelement

Beispiel 10.2.

Die Kombination Konstantan – Kupfer ($U_T = 0{,}42 \cdot 10^{-4}\ \text{V} \cdot \text{grd}^{-1}$) soll als Fernthermometer in eine Kesselanlage eingebaut werden. Für die Messung steht ein Spannungsmeßgerät mit einem Meßbereich von 10 mV (50 Teilstriche) zur Verfügung. Die Temperaturen 50 °C, 100 °C, 150 °C und 200 °C sollen auf der Skale markiert werden. An welchen Teilstrichen muß das erfolgen?

Gegeben:

$U_T = 0{,}42 \cdot 10^{-4}\ \mathrm{V \cdot grd^{-1}}$
$\quad = 0{,}000\,042\ \mathrm{V \cdot grd^{-1}}$
$\quad = 0{,}042\ \mathrm{mV \cdot grd^{-1}}$
$\Delta t_1 = 50\ \mathrm{grd}$
$1\ \mathrm{Skt} \mathrel{\widehat{=}} 0{,}2\ \mathrm{mV}$

Gesucht:

U in mV
Anzahl Teilstriche

Lösung:

$U = U_T \cdot \Delta t_1$

$U = 0{,}042\ \mathrm{mV \cdot grd^{-1}} \cdot 50\ \mathrm{grd}$

$\underline{\underline{U = 2{,}1\ \mathrm{mV}}}$

$0{,}2\ \mathrm{mV} \mathrel{\widehat{=}} 1\ \mathrm{Skt}$

$\underline{2{,}1\ \mathrm{mV} \mathrel{\widehat{=}} x}$

$0{,}2\ \mathrm{mV} : 2{,}1\ \mathrm{mV} = 1\ \mathrm{Skt} : x$

$$x = \frac{2{,}1\ \mathrm{mV} \cdot 1\ \mathrm{Skt}}{0{,}2\ \mathrm{mV}}$$

$\underline{\underline{x = 10{,}5\ \mathrm{Skt}}}$

Die Markierung muß an den Teilstrichen 10,5; 21; 31,5 *und* 42 *erfolgen.*

Mechanische Schwingungen und Wellen (Klasse 10)

Schwingungsdauer — Frequenz

Beispiel 10.3.

Welche Periode hat ein Schwingungsvorgang mit einer Frequenz von 50 Hz?

Gegeben:

$f = 50\ \mathrm{Hz}$
$\quad = 50\ \mathrm{s^{-1}}$

Gesucht:

T in s

Lösung:

$$T = \frac{1}{f}$$

$$T = \frac{1}{50\ \mathrm{s^{-1}}}$$

$\underline{\underline{T = 0{,}02\ \mathrm{s}}}$

Die Periode beträgt 0,02 s.

Beispiel 10.4.

Während eines Schülerversuches mit dem Fadenpendel wird für 10 Messungen eine Schwingungsdauer von 14,8 s ermittelt. Wie groß ist die Frequenz?

Gegeben:

$T = 14{,}8\ \mathrm{s} : 10$
$\quad = 1{,}48\ \mathrm{s}$

Gesucht:

f in Hz

Lösung:

$$f = \frac{1}{T}$$

$$f = \frac{1}{1{,}48\ \mathrm{s}}$$

$f \approx 0{,}68\ \mathrm{s^{-1}}$

$\underline{\underline{f \approx 0{,}68\ \mathrm{Hz}}}$

Die Frequenz beträgt 0,68 Hz.

Gesetz der Wellenausbreitung

Neben der zeichnerischen Darstellung der Wellen kommt es darauf an, auch möglichst viele Beispiele von den Schülern rechnen zu lassen. Bei der Auswahl der Aufgaben muß der Lehrer darauf achten, daß er keine Beispiele aus dem Gebiet der elektromagnetischen Wellen bringt. Allerdings sollte man darauf hinweisen, daß das Gesetz der Wellenausbreitung auch bei der Behandlung der elektromagnetischen Wellen wieder in der gleichen Form erscheint.

Beispiel 10.5.

Bei dem Versuch mit einem Resonanzrohr wurde eine Wellenlänge von 76 cm ermittelt. Die Stimmgabel hatte eine Frequenz von 440 Hz. Wie groß war die Ausbreitungsgeschwindigkeit in Luft bei diesem Versuch?

Gegeben:	*Lösung:*
$f = 440\ \mathrm{Hz}$	$c = \lambda \cdot f$
$= 440\ \mathrm{s}^{-1}$	$c = 0{,}76\ \mathrm{m} \cdot 440\ \mathrm{s}^{-1}$
$\lambda = 76\ \mathrm{cm}$	$\underline{\underline{c = 334{,}4\ \mathrm{m} \cdot \mathrm{s}^{-1}}}$
Gesucht:	
c in $\mathrm{m} \cdot \mathrm{s}^{-1}$	

Die Ausbreitungsgeschwindigkeit betrug $334{,}4\ \mathrm{m} \cdot \mathrm{s}^{-1}$.

Beispiel 10.6.

Die Hörschwelle des Menschen liegt bei 16 Hz. Welche Wellenlänge ist bei dieser Frequenz vorhanden, wenn die Ausbreitungsgeschwindigkeit in Luft $340\ \mathrm{m} \cdot \mathrm{s}^{-1}$ beträgt?

Gegeben:	*Lösung:*
$f = 16\ \mathrm{Hz}$	$c = \lambda \cdot f$
$= 16\ \mathrm{s}^{-1}$	$\lambda = \frac{c}{f}$
$c_{\mathrm{Luft}} = 340\ \mathrm{m} \cdot \mathrm{s}^{-1}$	
Gesucht:	$\lambda = \frac{340\ \mathrm{m} \cdot \mathrm{s}}{16\ \mathrm{s}}$
λ in m	$\underline{\underline{\lambda = 21{,}25\ \mathrm{m}}}$

Die Wellenlänge beträgt 21,25 m.

Brechungsgesetz

Bei der Behandlung des Brechungsgesetzes hat der Lehrer zum ersten Mal Gelegenheit, mit den Schülern das Rechnen mit Winkelfunktionen anzuwenden.

Beispiel 10.7.

Die Wellennormale der einfallenden Welle bildet mit dem Einfallslot einen Winkel von 35°. Welche Größe hat der Brechungswinkel, wenn die Brechungszahl mit 0,9 angegeben wird?

Gegeben:

$\alpha = 35°$

$n = 0{,}9$

Gesucht:

β in °

Lösung:

$$n = \frac{\sin\alpha}{\sin\beta} \qquad \sin\beta = \frac{0{,}5736}{0{,}9}$$

$$\sin\beta = \frac{\sin\alpha}{n} \qquad \sin\beta = 0{,}6373$$

$$\underline{\underline{\beta = 39{,}6°}}$$

Der Brechungswinkel beträgt 39,6°.

Beispiel 10.8.

Eine Wasserwelle mit einer Frequenz $f = 15{,}5$ Hz breitet sich im tiefen Wasser mit einer Geschwindigkeit $c_1 = 27\ \text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$ aus. Wie groß ist die Geschwindigkeit im flachen Wasser, wenn die Wellenlänge $\lambda_2 = 1{,}3$ cm beträgt? Welche Größe haben die Brechungszahl n und der Brechungswinkel β? Wellennormale und Einfallslot bilden einen Winkel von 27°. Lösen Sie diese Aufgabe logarithmisch!

Gegeben:

$f = 15{,}5$ Hz

$\quad = 15{,}5\ \text{s}^{-1}$

$c_1 = 27\ \text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$

$\lambda_2 = 1{,}3$ cm

$\alpha = 27°$

Gesucht:

c_2 in $\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$

n

β in °

Lösung:

$$c_2 = \lambda_2 \cdot f$$

$$c_2 = 1{,}3\ \text{cm} \cdot 15{,}5\ \text{s}^{-1}$$

$$\underline{\underline{c_2 = 20{,}15\ \text{cm} \cdot \text{s}^{-1}}}$$

$$n = \frac{c_1}{c_2}$$

$$n = \frac{27\ \text{cm} \cdot \text{s}^{-1}}{20{,}15\ \text{cm} \cdot \text{s}^{-1}}$$

$$\underline{\underline{n = 1{,}34}}$$

$$n = \frac{\sin\alpha}{\sin\beta}$$

$$\sin\beta = \frac{\sin\alpha}{n}$$

$$\sin\beta = \frac{\sin 27°}{1{,}34}$$

$$\underline{\underline{\beta = 19{,}8°}}$$

N	L	
1,3	0.1139	
15,5	1.1903	+
c_2	1.3042	
27	1.4314	
20,15	1.3042	−
n	0.1272	
sin 27°	9.6571−10	
1,34	0.1272	−
sin β	9.5299−10	

Die Geschwindigkeit der Wasserwelle im flachen Wasser beträgt $20{,}15\ \text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$, *die Brechungszahl* 1,34 *und der Brechungswinkel* 19,8°.

Elektromagnetische Wellen (Klasse 10)

Thomsonsche Schwingungsgleichung

Die Berechnung der Eigenfrequenz eines Schwingkreises kann nicht im Unterricht durchgeführt werden. Der Lehrer sollte sich nur an sich für das Gebiet der Hochfrequenz besonders interessierende Schüler wenden.

Beispiel 10.9.

Ein Schwingkreis besteht aus der Kapazität von 350 pF und einer Induktivität von 0,2 mH. Wie groß ist die Eigenfrequenz des Schwingkreises?

Gegeben:

$C = 350\ \mathrm{pF}$
$\quad = 350 \cdot 10^{-12}\ \mathrm{As} \cdot \mathrm{V}^{-1}$
$L = 0{,}2\ \mathrm{mH}$
$\quad = 0{,}2 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{Vs} \cdot \mathrm{A}^{-1}$

Gesucht:

f in kHz

Lösung:

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{C \cdot L}}$$

$$f = \frac{1}{6{,}28\sqrt{350 \cdot 10^{-12}\ \mathrm{As} \cdot \mathrm{V}^{-1} \cdot 0{,}2 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{Vs} \cdot \mathrm{A}^{-1}}}$$

$$f = \frac{1}{6{,}28\sqrt{7 \cdot 10^{-14}\ \mathrm{s}^2}}$$

$$f = \frac{1}{6{,}28 \cdot 2{,}646 \cdot 10^{-7}\ \mathrm{s}}$$

$$f = \frac{10^7}{16{,}617}\ \mathrm{s}^{-1}$$

$$f \approx 600 \cdot 10^3\ \mathrm{Hz}$$

$$\underline{\underline{f \approx 600\ \mathrm{kHz}}}$$

Die Eigenfrequenz des Schwingkreises beträgt 600 kHz.

Gesetz der Wellenausbreitung

Beispiel 10.10.

Welche Frequenz hat ein Sender, der Wellen von 70 cm Länge abstrahlt?

Gegeben:

$c = 3 \cdot 10^8\ \mathrm{m} \cdot \mathrm{s}^{-1}$
$\lambda = 7 \cdot 10^{-1}\ \mathrm{m}$

Gesucht:

f in MHz

Lösung:

$c = \lambda \cdot f$

$f = \frac{c}{\lambda}$

$$f = \frac{3 \cdot 10^8\ \mathrm{m}}{7 \cdot 10^{-1}\ \mathrm{m} \cdot \mathrm{s}}$$

$$f \approx 0{,}4\,286 \cdot 10^9\ \mathrm{Hz}$$

$$\underline{\underline{f \approx 428{,}6\ \mathrm{MHz}}}$$

Der Sender hat eine Frequenz von 428,6 MHz.

Beispiel 10.11.

Ein Amateurfunker führt Eichfrequenzsendungen bei 2 500 kHz durch. Welcher Wellenlänge entspricht diese Frequenz?

Gegeben:

$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
$f = 2{,}5 \cdot 10^6 \text{ Hz}$
$= 2{,}5 \cdot 10^6 \text{ s}^{-1}$

Gesucht:

λ in m

Lösung:

$c = \lambda \cdot f$

$\lambda = \dfrac{c}{f}$

$\lambda = \dfrac{3 \cdot 10^8 \text{m} \cdot \text{s}}{\text{s} \cdot 2{,}5 \cdot 10^6}$

$\underline{\underline{\lambda = 120 \text{ m}}}$

Die Wellenlänge der Station beträgt 120 m.

Lichtgeschwindigkeit

Beispiel 10.12.

‚Barnards Stern' im Schlangenträger, auch ‚Pfeilstern' genannt, hat von der Erde eine Entfernung von 56,760 Billionen Kilometer. Welche Zeit braucht das Licht für diese Strecke?

Gegeben:

$c = 3 \cdot 10^5 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$
$s = 56{,}76 \cdot 10^{12} \text{ km}$

Gesucht:

t in d

Lösung:

$c = \dfrac{s}{t}$

$t = \dfrac{s}{c}$

$t = \dfrac{56{,}76 \cdot 10^{12} \text{ km} \cdot \text{d}}{3 \cdot 10^5 \text{ km} \cdot 3{,}6 \cdot 10^3 \cdot 24}$

$t = \dfrac{9{,}46 \cdot 10^4}{43{,}2} \text{d}$

$\underline{\underline{t \approx 2190 \text{ d}}}$

Das Licht braucht rund 2190 Tage ($\approx$ 6 Jahre).

Beispiel 10.13.

1849 bestimmte der französische Gelehrte Fizeau zum ersten Male die Lichtgeschwindigkeit mit Hilfe einer irdischen Lichtquelle längs einer relativ kurzen Strecke. Der Lichtstrahl durchlief die Meßstrecke in 0,000 057 553 s. Wie lang war die Strecke?

Gegeben:

$c = 3 \cdot 10^5 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$
$t = 5{,}755\,3 \cdot 10^{-5} \text{ s}$

Gesucht:

s in km

Lösung:

$c = \dfrac{s}{t}$

$s = c \cdot t$

$s = 3 \cdot 10^5 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1} \cdot 5{,}7553 \cdot 10^{-5} \text{ s}$

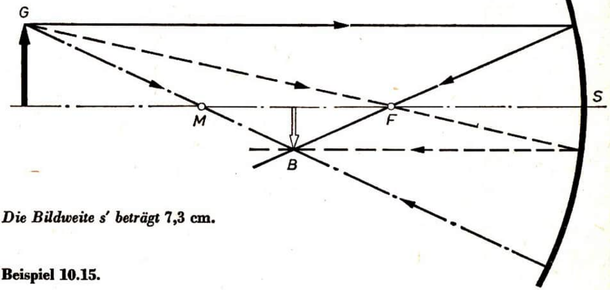
$\underline{\underline{s = 17{,}2659 \text{ km}}}$

Die Meßstrecke war rund 17,266 km *lang.*

Beispiel 10.14.

Ermitteln Sie durch die Konstruktion die Bildweite s' an einem Konkavspiegel (Hohlspiegel) mit $f = 5$ cm, wenn die Gegenstandsweite 16 cm beträgt!

Lösungsweg:

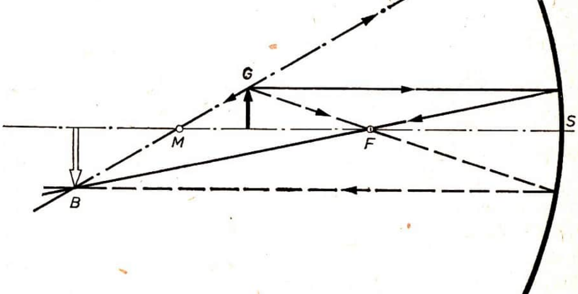


***Die Bildweite s′ beträgt* 7,3 cm.**

Beispiel 10.15.

Mit Hilfe eines Konkavspiegels ($f = 6$ cm) soll ein Gegenstand ($s = 10$ cm) projiziert werden. In welcher Entfernung vom Spiegelscheitel muß der Bildschirm aufgestellt werden?
Lösen Sie die Aufgabe durch Konstruktion!

Lösungsweg:

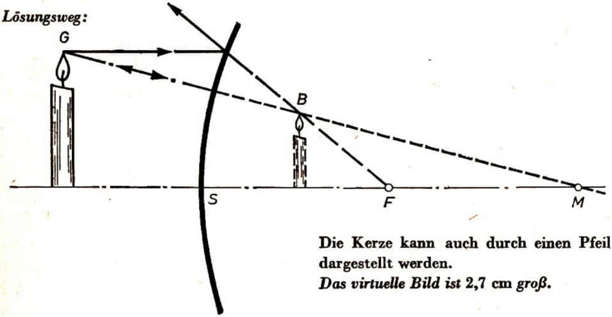


Der Bildschirm muß* 15 cm *vom Spiegel entfernt aufgestellt werden.

Beispiel 10.16.

5 cm vor einem Konvexspiegel mit $f = 7$ cm steht eine Kerze von 5 cm Länge. Welche Größe hat ihr virtuelles Bild? Ermitteln Sie die Lösung durch Konstruktion!

Lösungsweg:

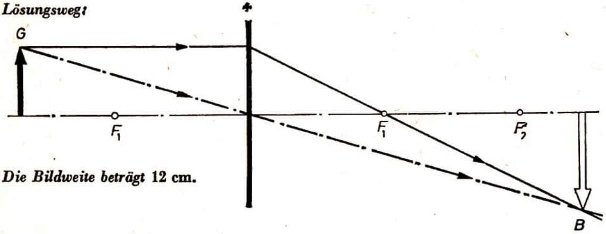


Die Kerze kann auch durch einen Pfeil dargestellt werden.
Das virtuelle Bild ist* 2,7 cm *groß.

Beispiel 10.17.

Vor einer Sammellinse mit $f = 4$ cm steht in 6 cm Entfernung ein 1,5 cm hoher Gegenstand. In welcher Entfernung von der Linsenachse wird auf der anderen Seite der Linse der Gegenstand scharf abgebildet? (Lösung durch Konstruktion.)

Lösungsweg:

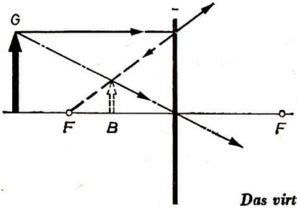


***Die Bildweite beträgt* 12 cm.**

Beispiel 10.18.

Konstruieren Sie für folgende Angaben die Bildentstehung an einer Konkavlinse und bestimmen Sie aus der Zeichnung die virtuelle Bildgröße y' ($f = -5$ cm; $s = 8$ cm; $y = 2$ cm)!

Lösungsweg:



Das virtuelle Bild ist etwa 0,8 cm *groß.*

Spiegel- bzw. Linsengleichung

Beispiel 10.19.

Ein Schüler ermittelt in einem Versuch bei Verwendung eines Hohlspiegels mit $f = 100$ mm und einer Gegenstandsweite von $s = 12$ cm eine Bildweite von $s' = 63$ cm. Ein anderer Schüler berechnet die Bildweite.

Gegeben:

$f = 10$ cm
$s = 12$ cm

Gesucht:

s' in cm

Lösung:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$$
$$\frac{1}{s'} = \frac{1}{f} - \frac{1}{s}$$
$$\frac{1}{s'} = \frac{s-f}{f \cdot s}$$
$$s' = \frac{f \cdot s}{s - f}$$
$$s' = \frac{10\ \text{cm} \cdot 12\ \text{cm}}{12\ \text{cm} - 10\ \text{cm}}$$
$$s' = \frac{120\ \text{cm}^2}{2\ \text{cm}}$$
$$\underline{\underline{s' = 60\ \text{cm}}}$$

Das Versuchsergebnis ist ungenau. Der berechnete Wert für die Bildweite ist 60 cm.

Beispiel 10.20.

Im Physikunterricht soll mit Hilfe einer Sammellinse $f = 250$ mm die Anordnung kleiner Teilchen im elektrischen Feld an die 3 m entfernte Decke projiziert werden. In welchem Abstand von der Linse muß das Feld in den Lichtweg gebracht werden?

Gegeben:

$f = 25$ cm
$s' = 300$ cm

Gesucht:

s in cm

Lösung:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$$
$$\frac{1}{s} = \frac{1}{f} - \frac{1}{s'}$$
$$s = \frac{s' \cdot f}{s' - f}$$
$$s = \frac{300\ \text{cm} \cdot 25\ \text{cm}}{300\ \text{cm} - 25\ \text{cm}}$$
$$s = \frac{7500\ \text{cm}}{275\ \text{cm}}$$
$$\underline{\underline{s = 27{,}27\ \text{cm}}}$$

Das Feld muß rund 27 cm *von der Linse entfernt angeordnet werden.*

Beispiel 10.21.

Das z. Z. größte astronomische Fernrohr der Welt hat eine Objektivbrennweite von 19,4 m und einen Objektivdurchmesser von 1,02 m. In welcher Entfernung vom Objektiv entsteht das reelle Zwischenbild des Mondes und welche Größe hat dieses Bild (Mondentfernung $\approx 3{,}844 \cdot 10^5$ km; Monddurchmesser 3 476 km)?

Gegeben:

$f = 19{,}4$ m

$s = 3{,}844 \cdot 10^8$ m

$y = 3{,}476 \cdot 10^6$ m

Gesucht:

s' in m

y' in cm

Lösung:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$$

$$\frac{1}{s'} = \frac{1}{f} - \frac{1}{s}$$

$$\frac{1}{s'} = \frac{s-f}{f \cdot s}$$

$$s' = \frac{f \cdot s}{s-f}$$

$$s' = \frac{19{,}4\ \text{m} \cdot 3{,}844 \cdot 10^8\ \text{m}}{3{,}844 \cdot 10^8\ \text{m} - 19{,}4\ \text{m}}$$

$$s' = \frac{74{,}5736 \cdot 10^8\ \text{m}^2}{384\,399\,980{,}6\ \text{m}}$$

$$\underline{\underline{s' \approx 19{,}4\ \text{m}}}$$

$$y' : y = s' : s$$

$$y' = \frac{s' \cdot y}{s}$$

$$y' = \frac{19{,}4\ \text{m} \cdot 3{,}476 \cdot 10^6\ \text{m}}{3{,}844 \cdot 10^8\ \text{m}}$$

$$y' = 19{,}4\ \text{m} \cdot 0{,}904 \cdot 10^{-2}$$

$$y' \approx 17{,}54 \cdot 10^{-2}\ \text{m}$$

$$\underline{\underline{y' \approx 17{,}54\ \text{cm}}}$$

Das Zwischenbild entsteht 19,4 m *vom Objektiv entfernt und hat eine Größe von* 17,54 cm.

Brechungsgesetz

Beispiel 10.22.

Ein Lichtstrahl tritt aus der Luft in eine planparallele Glasplatte mit dem Einfallswinkel von 60° über. Der Brechungswinkel wird mit 35,3° gemessen. Berechnen Sie diese Brechungszahl für den Übergang des Lichtes von Luft in Glas!

Gegeben:

$\alpha = 60°$

$\beta = 35{,}3°$

Gesucht:

n

Lösung:

$$n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} \qquad n = \frac{\sin 60°}{\sin 35{,}3°} \qquad n = \frac{0{,}8660}{0{,}5779} \qquad \underline{\underline{n = 1{,}496}}$$

Die Brechungszahl beträgt rund 1,5.

Beispiel 10.23.

Die Brechungszahl für den Übergang von Licht aus Luft in Flintglas beträgt laut Tabelle 1,752. Ermitteln Sie mit Hilfe des Rechenstabes und der Zahlen-

tafel die Einfallswinkel, zu denen die Brechungswinkel 33,7°; 9,9°; 20°; 28,7° und 17,4° gehören!

Gegeben:

$n = 1{,}752$

$\beta = 33{,}7°$ (9,9°; 20°; 28,7°; 17,4°)

Gesucht:

α in °

Lösung:

$$n = \frac{\sin\alpha}{\sin\beta}$$

$$\sin\alpha = n \cdot \sin\beta$$

$$\sin\alpha = 1{,}752 \cdot \sin 33{,}7°$$

$$\underline{\underline{\alpha = 76{,}4° \; (17{,}5°;\ 36{,}8°;\ 57{,}3°;\ 31{,}6°)}}$$

Beispiel 10.24.

Ein Lichtstrahl soll auf eine ruhende Wasserfläche ($n = 1{,}33$) so auftreffen, daß der reflektierte und der gebrochene Strahl aufeinander senkrecht stehen. Berechnen Sie den Einfallswinkel!

Gegeben:

$n = 1{,}33$

Gesucht:

α in °

Lösung:

Aus der Aufgabenstellung folgt:

$$\alpha + \beta = 90°$$

$$\beta = 90° - \alpha$$

$$\frac{\sin\alpha}{\sin(90° - \alpha)} = n$$

$$\frac{\sin\alpha}{\cos\alpha} = n$$

$$\tan\alpha = n$$

$$\tan\alpha = 1{,}33$$

$$\underline{\underline{\alpha = 53{,}1°}}$$

Der Lichtstrahl muß unter einem Winkel von 53,1° auf die Wasserfläche auftreffen.

Atomphysik (Klasse 10)

Radioaktivität

Beispiel 10.25.

Berechne die freiwerdende elektrische Arbeit, wenn ein Elektron die Spannung von einem Volt durchfällt!

Gegeben:

Ein Elektron hat die Elementarladung e

$e = 1{,}602 \cdot 10^{-19}$ As

Gesucht:

W in MeV

Lösung:

$$W = e \cdot U$$

$$W = 1{,}602 \cdot 10^{-19}\ \text{As} \cdot 1\ \text{V}$$

$$W = 1{,}602 \cdot 10^{-19}\ \text{As V}$$

$$W = 1{,}602 \cdot 10^{-19}\ \text{Ws} \quad = 1\ \text{eV}$$

$$\underline{\underline{W = 1{,}602 \cdot 10^{-13}\ \text{MWs} \quad = 1\ \text{MeV}}}$$

Der Schüler erkennt, daß die Einheit 1 eV die Einheit der Energie enthält.

Beispiel 10.26.

Die Geschwindigkeit eines α-Teilchens beträgt $v = 1{,}5 \cdot 10^9\,\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$, seine Masse $m = 6{,}64 \cdot 10^{-24}$ g. Berechnen Sie seine kinetische Energie in MeV und kWh!

Gegeben:

$v = 1{,}5 \cdot 10^9\,\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$
$m = 6{,}64 \cdot 10^{-24}\,\text{g}$

Gesucht:

W_{kin} in MeV und kWh

Lösung:

$$W_{\text{kin}} = \tfrac{1}{2}\, m \cdot v^2$$
$$W_{\text{kin}} = \tfrac{1}{2} \cdot 6{,}64 \cdot 10^{-24}\,\text{g}\,(1{,}5 \cdot 10^9\,\text{cm} \cdot \text{s}^{-1})^2$$
$$W_{\text{kin}} = 3{,}32 \cdot 10^{-27}\,\text{kg} \cdot 2{,}25 \cdot 10^{14}\,\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$$
$$W_{\text{kin}} = 7{,}47 \cdot 10^{-13}\,\text{Nm}$$
$$W_{\text{kin}} = \frac{7{,}47 \cdot 10^{-13}}{1{,}6 \cdot 10^{-13}}\,\text{MeV}$$
$$\underline{\underline{W_{\text{kin}} \approx 4{,}7\,\text{MeV}}}$$

$$1\,\text{MeV} = 4{,}45 \cdot 10^{-20}\,\text{kWh}$$
$$\underline{\underline{W_{\text{kin}} \approx 2{,}09 \cdot 10^{-19}\,\text{kWh}}}$$

Die kinetische Energie des Teilchens beträgt **4,7 MeV** *oder* **$2{,}09 \cdot 10^{-19}$ kWh.**

Beispiel 10.27.

Berechnen Sie die Geschwindigkeit eines β-Teilchens mit $m = 9{,}1 \cdot 10^{-28}$ g, wenn seine kinetische Energie nach dem Durchgang durch ein Aluminiumblech noch 3 MeV beträgt!

Gegeben:

$m = 9{,}1 \cdot 10^{-28}\,\text{g}$
$W_{\text{kin}} = 3\,\text{MeV}$
$1\,\text{MeV} = 1{,}6 \cdot 10^{-13}\,\text{Nm}$

Gesucht:

v in $\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$

Lösung:

$$W_{\text{kin}} = \tfrac{1}{2}\, m \cdot v^2$$
$$v = \sqrt{\frac{2\,W_{\text{kin}}}{m}}$$
$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot 3 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-13}\,\text{kg} \cdot \text{m}^2}{9{,}1 \cdot 10^{-31}\,\text{kg} \cdot \text{s}^2}}$$
$$v = \sqrt{\frac{9{,}6}{9{,}1} \cdot 10^{18}\,\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}}$$
$$v = \sqrt{1{,}055 \cdot 10^{18}\,\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}}$$
$$v = 1{,}026 \cdot 10^9\,\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$
$$\underline{\underline{v = 1{,}026 \cdot 10^{11}\,\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}}}$$

Die Geschwindigkeit des β-Teilchens beträgt **$1{,}026 \cdot 10^{11}\,\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$.**

Atomkern

Beispiel 10.28.

Ermitteln Sie den Massenwert von Wasserstoff, indem Sie die Massenwerte der Atomteilchen addieren!

Gegeben:

$M_{\text{Proton}} = 1{,}007\,597$

$M_{\text{Elektron}} = 0{,}000\,549$

Gesucht:

$M_{\text{H-Atom}}$

Lösung:

$M_{\text{Proton}} + M_{\text{Elektron}}$

$1{,}007\,597 + 0{,}000\,549 = \underline{\underline{1{,}008\,146}}$

Die Summe der Massenwerte der Teilchen beträgt 1,008 146. Dieser Wert ist gleich dem Massenwert von Wasserstoff.

Beispiel 10.29.

Bilden Sie für das Heliumatom die Summe der Massenwerte der α-Teilchen und Elektronen und die Summe der Massenwerte der Protonen, Neutronen und Elektronen! Vergleichen Sie Ihre Ergebnisse mit dem Massenwert von Helium der Tabelle!

Gegeben:

$M_{\alpha\text{-Teilchen}} = 4{,}002\,77$

$M_{\text{Elektron}} = 0{,}000\,549$

$M_{\text{Proton}} = 1{,}007\,597$

$M_{\text{Neutron}} = 1{,}008\,987$

Lösung:

1. α-Teilchen + 2 Elektronen = 1 He-Atom

$4{,}002\,77 + 0{,}001\,098 = 4{,}003\,868 \approx \underline{\underline{4{,}003\,87}}$

2. 2 Protonen + 2 Neutronen + 2 Elektronen = 1 He-Atom

$2 \cdot 1{,}007\,597 + 2 \cdot 1{,}008\,987 + 2 \cdot 0{,}000\,549 = \underline{\underline{4{,}034\,266}}$

Die unter 1. errechnete Summe stimmt mit dem Massenwert von Helium überein. Die unter 2. errechnete Summe differiert um 0,030 40 *Masseneinheiten* (ME).
Diesen Unterschied nennt man den Massendefekt.

Beispiel 10.30.

Berechnung des Durchmessers eines Kupferatoms
Eine einfache Methode zur Errechnung des Durchmessers eines Atoms besteht darin, daß man aus der Dichte und der errechneten Masse eines Atoms das Atomvolumen bestimmt. Somit erhalten wir auch den Durchmesser. Hier verwendet man die dichteste Kugelpackung als Modell. Bei dichtester Kugelpackung füllen diese 74% des Raumes aus.

1. Berechne die Masse eines Atoms!
2. Berechne das Volumen eines Atoms!
3. Berechne den Durchmesser eines Atoms!

Gegeben:

$\varrho_{\text{Cu}} = 8{,}9\,\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$

$A = 63{,}57$ (relative Atommasse — Atomgewicht)

$A_G = 63{,}57$ g (Grammatom Cu)

$L = 6{,}023 \cdot 10^{23}$ (Zahl der Atome in dieser relativen Atommasse — Loschmidtsche Zahl)

$p = 74\%$

Gesucht:

m in g
V in cm^3
d in cm

Lösung:

Zu 1.

$$m = \frac{A_G}{L}$$

$$m = \frac{63{,}57\ g}{6{,}023 \cdot 10^{23}}$$

$$\underline{\underline{m = 10{,}5 \cdot 10^{-23}\ g}}$$

Die Masse eines Atoms beträgt $10{,}5 \cdot 10^{-23}$ g

Zu 2.

$$V_1 = \frac{m}{\varrho}$$

$$V_1 = \frac{10{,}5 \cdot 10^{-23}\ g \cdot cm^3}{8{,}9\ g}$$

$$V_1 = 11{,}8 \cdot 10^{-24}\ cm^3$$

Es werden aber nur 74% des Raumes durch ein Atom ausgefüllt.

$$V = 0{,}74 \cdot 11{,}8 \cdot 10^{-24}\ cm^3$$

$$\underline{\underline{V = 8{,}74 \cdot 10^{-24}\ cm^3}}$$

Das Volumen eines Atoms beträgt $8{,}74 \cdot 10^{-24}\ cm^3$.

Zu 3.

$$V_{Kugel} = \frac{\pi d^3}{6}$$

$$d^3 = \frac{6 \cdot V_K}{\pi}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot 8{,}74 \cdot 10^{-24}\ cm^3}{3{,}14}}$$

$$d = \sqrt[3]{16{,}68 \cdot 10^{-24}\ cm^3}$$

$$\underline{\underline{d = 2{,}55 \cdot 10^{-8}\ cm}}$$

Der Atomdurchmesser beträgt $2{,}55 \cdot 10^{-8}$ cm.

Beispiel 10.31.

Welche Energie ist der Masse von einem Gramm gleichwertig?

Gegeben:

$m = 1\ g$
$\;\;\; = 10^{-3}\ kg$

$c = 3 \cdot 10^8\ \frac{m}{s}$

Gesucht:

W in kWh

Lösung:

$$W = m \cdot c^2$$

$$W = 10^{-3}\ kg \cdot (3 \cdot 10^8)^2\ \frac{m^2}{s^2} \qquad (3 \cdot 10^8)^2 = 9 \cdot 10^{16}$$

$$W = 9 \cdot 10^{13}\ \frac{kg\ m^2}{s^2}$$

$$W = 9 \cdot 10^{13}\ Nm \qquad 1\ Nm = 1\ Ws = 1\ \frac{kg\ m^2}{s^2}$$

$$W = 9 \cdot 10^{13}\ Ws$$

$$W = \frac{9 \cdot 10^{13}\ Ws \cdot 1\ kW \cdot 1\ h}{1000\ W \cdot 3600\ s}$$

$$W = \frac{9 \cdot 10^{13} \cdot kWh}{10^3 \cdot 3{,}6 \cdot 10^3}$$

$$W = 25 \cdot 10^6\ kWh$$

$$\underline{\underline{W = 25\,000\,000\ kWh}}$$

Die elektrische Energie, die der Masse von 1 Gramm gleichwertig ist, entspricht 25 000 000 kWh.

Beispiel 10.32.

Die Blattfeder eines pneumatisch-elektrischen Umformers preßt die Ventilkugel mit $F_K = 250$ p gegen den Ventilsitz. Berechnen Sie den Luftdruck, bei dem die Kugel vom Sitz abgehoben wird und gleichzeitig die Kontakte 1—2 geschlossen werden. Die Fläche des Kugelventils wird mit $A_K = 50{,}25\ \mathrm{mm}^2$ angenommen.

Gegeben:

$F_K = 250$ p
$= 0{,}250$ kp
$A_K = 50{,}25\ \mathrm{mm}^2$
$= 0{,}5025\ \mathrm{cm}^2$

Gesucht:

p in at

Lösung:

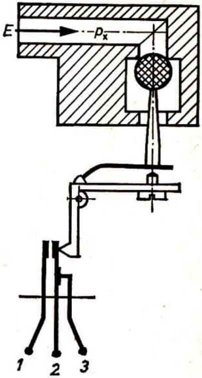
$$p = \frac{F}{A}$$

$$p = \frac{F_K}{A_K}$$

$$p = \frac{0{,}25\ \mathrm{kp}}{0{,}5025\ \mathrm{cm}^2}$$

$$p = 0{,}497\ \frac{\mathrm{kp}}{\mathrm{cm}^2}$$

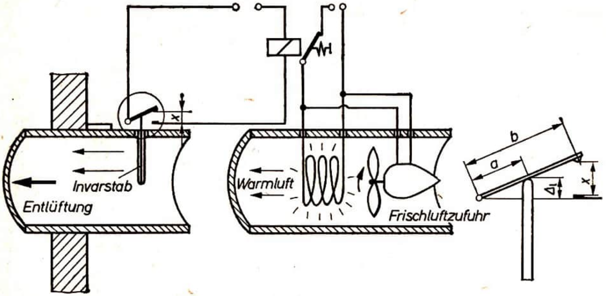
$$\underline{\underline{p \approx 0{,}5\ \mathrm{at}}}$$



Das Kugelventil öffnet sich bei 0,5 at.

Beispiel 10.33.

Ein Metallstab dehnt sich bei Erwärmung aus und wird bei Abkühlung wieder kürzer. Diese Eigenschaft wird in den Ausdehnungsstabreglern ausgenutzt, um die Umgebungstemperatur des Stabes konstant zu halten. Ein derartiges Regelsystem wird in das Frischluftrohr einer elektrisch beheizten Klimaanlage eingebaut. Der Invarstab (35% Ni, 65% Fe) wird bei 0 °C in einen wärmeisolierten Zinkrohrstutzen mit 500 mm lichter Weite eingebaut. Diese Länge hat auch der Meßfühler. Bei 20 °C Sollwert sollen die Kontakte 1—2 geschlossen werden. (Ausschaltvorgang der Heizung)
Berechnen Sie den Kontaktabstand des Temperaturreglers!
Berücksichtigen Sie die Vergrößerung des Kontaktabstandes durch die Verwendung des Hebelsystems!



Gegeben:

$t_0 \quad = \ 0\,°C$

$t_1 \quad = 20\,°C$

$\Delta t \quad = 20$ grd

$\alpha_{Inv} = 0{,}000\,001\,\frac{1}{\text{grd}}$

$\alpha_{Zink} = 0{,}000\,036\,\frac{1}{\text{grd}}$

$l_0 \quad = 500$ mm

$a \quad = 20$ mm

$b \quad = 60$ mm

Gesucht:

Δl_{Inv} in mm

Δl_{Zink} in mm

Δl in mm

x in mm

Lösung:

$$\Delta l_{Inv} = l_0 \cdot \alpha \cdot \Delta t$$

$$\Delta l_{Inv} = 500\text{ mm} \cdot 0{,}000\,001\,\frac{1}{\text{grd}} \cdot 20\text{ grd}$$

$$\underline{\underline{\Delta l_{Inv} = 0{,}01\text{ mm}}}$$

Die Längenänderung des Invarstabes beträgt 0,01 mm.

$$\Delta l_{Zink} = 500\text{ mm} \cdot 0{,}000\,036\,\frac{1}{\text{grd}} \cdot 20\text{ grd}$$

$$\underline{\underline{\Delta l_{Zink} = 0{,}36\text{ mm}}}$$

Die Längenänderung des Zinkrohres beträgt 0,36 mm.

$$\Delta l = \Delta l_{Zink} - \Delta l_{Inv}$$

$$\underline{\underline{\Delta l = 0{,}35\text{ mm}}}$$

Die Längendifferenz beträgt 0,35 mm.

Mit Hilfe des 1. Strahlensatzes läßt sich die Kontaktweite berechnen.

$$\Delta l : a = x : b$$

$$x = \frac{\Delta l \cdot b}{a}$$

$$x = \frac{0{,}35\text{ mm} \cdot 60\text{ mm}}{20\text{ mm}}$$

$$\underline{\underline{x = 1{,}05\text{ mm}}}$$

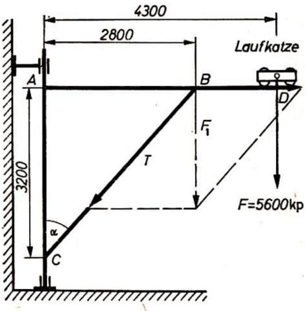
Die Kontaktweite bei 0 °C *beträgt* 1,05 mm. *Bei* 20 °C *sind die Kontakte geschlossen.*

Zusatzaufgaben (Klasse 10)

Die Zusatzaufgaben sind zu der Zeit, da der Lehrstoff im Physikunterricht behandelt wird, mit den hier angegebenen mathematischen Hilfsmitteln durch die Schüler noch nicht lösbar. Diese Aufgaben können deshalb erst zu einem späteren Zeitpunkt, etwa am Schuljahresende, von den leistungsstarken Schülern gelöst werden. Bei den umfangreicheren Aufgaben empfiehlt es sich, mit leistungsschwächeren Schülern Lösungen in Teilschritten vorzunehmen.

Beispiel 10.34.

Ein Drehkran mit den gegebenen Maßen trägt in 4,3 m Ausladung (Entfernung von der Drehachse) die Laufkatze mit Nutzlast, zusammen 5600 kp.



1. Berechnen Sie den Winkel, den die Strebe T mit der Senkrechten bildet!
2. Welche Kraft muß die Strebe T abfangen?

Gegeben:

$\overline{AB} = 2{,}8$ m
$\overline{AC} = 3{,}2$ m
$\overline{AD} = 4{,}3$ m
$F = 5600$ kp

Gesucht:

α in °
F_T in kp

Lösung:

1. $\tan\alpha = \dfrac{\overline{AB}}{\overline{AC}}$

$$\tan\alpha = \frac{2{,}8\ \text{m}}{3{,}2\ \text{m}}$$

$$\tan\alpha = 0{,}8750$$

$$\underline{\underline{\alpha = 41{,}19^\circ}}$$

2. $\overline{AB} \cdot F_1 = \overline{AD} \cdot F$

$$F_1 = \frac{\overline{AD} \cdot F}{\overline{AB}}$$

Im Kräfteparallelogramm gilt

$$\cos\alpha = \frac{F_1}{T}$$

$$T = \frac{F_1}{\cos\alpha}$$

$$T = \frac{\overline{AD} \cdot F}{\overline{AB} \cdot \cos\alpha}$$

$$T = \frac{4{,}3\ \text{m} \cdot 5600\ \text{kp}}{2{,}8\ \text{m} \cdot \cos 41{,}19^\circ}$$

$$\underline{\underline{T = 11\,430\ \text{kp}}}$$

N		L
	4,3	0.6335
	5600	3.7482 +
Zähler		4.3817
	2,8	0.4472
cos	41,19°	0.8766−1
Nenner		0.0579

Der Winkel zwischen der Strebe und der Senkrechten beträgt **41,19°**. *Die Strebe muß eine Kraft von* **11 430 kp** *auffangen.*

Beispiel 10.35.

Welche Neigung müssen Sie einer Ebene in einem Schülerversuch geben, damit ein 200 p schwerer Stahlkörper auf einer Holzfläche nach dem Anschieben gleichförmig gleitet ($\mu = 0{,}35$)? Vergleichen Sie das Ergebnis mit der Aufgabenstellung!

Gegeben:

$G = 200$ p

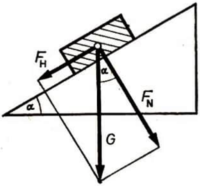
$\mu = 0{,}35$

Gesucht:

α in °

Lösung:

$$F_R = \mu \cdot F_N$$
$$F_R = F_H$$
$$F_H = G \cdot \sin\alpha$$
$$G \cdot \sin\alpha = \mu \cdot F_N$$
$$F_N = G \cdot \cos\alpha$$
$$G \cdot \sin\alpha = \mu \cdot G \cdot \cos\alpha$$
$$\frac{\sin\alpha}{\cos\alpha} = \mu$$
$$\tan\alpha = \mu$$
$$\tan\alpha = 0{,}35$$
$$\underline{\underline{\alpha = 19{,}3^\circ}}$$



Die Ebene muß eine Neigung von **19,3°** *erhalten.*

Beispiel 10.36.

Beweisen Sie, daß der Reibungskoeffizient gleich dem Tangens des Neigungswinkels ist!

Lösung:

Behauptung $\mu = \tan\alpha$

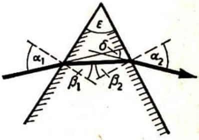
Beweis $\mu = \dfrac{\sin\alpha}{\cos\alpha}$

$$\cos\alpha \cdot \mu = \sin\alpha$$
$$G \cdot \cos\alpha \cdot \mu = G \cdot \sin\alpha$$
$$F_N \cdot \mu = F_H$$
$$F_N \cdot \mu = F_R$$
$$\mu = \frac{F_R}{F_N}$$
$$\frac{F_R}{F_N} = \tan\alpha$$
$$\underline{\underline{\mu = \tan\alpha}}$$

Beispiel 10.37.

Auf ein Glasprisma, dessen brechende Flächen einen Winkel $\varepsilon = 60°$ bilden, fällt ein Lichtstrahl unter dem Einfallswinkel $\alpha_1 = 45°$ ein. (Brechungszahl $n = \frac{3}{2}$.)

1. **Bestimmen Sie geometrisch den Gang des Lichtstrahls!**
2. **Bestimmen Sie rechnerisch die Gesamtablenkung δ des Lichtstrahls!**



Bem.: Diese Aufgabe wurde dem Mathematiklehrbuch der Kl. 10, Ausgabe 1960, S. 41, Nr. 7 entnommen.

Gegeben:

$\alpha_1 = 45°$
$\varepsilon = 60°$
$n = \frac{3}{2}$

Gesucht:

β_1 in °
δ_2 in °
α in °

Lösung:

Um die Aufgabe geometrisch lösen zu können, müssen der Brechungswinkel β_1, Einfallswinkel β_2 und Brechungswinkel α_2 errechnet werden. Hierbei ist zu beachten, daß bei der Berechnung von α_2 der Lichtstrahl aus Glas in Luft übertritt und demzufolge das Brechungsgesetz $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{1}{n}$ gilt. (Im Physikunterricht wird diese Gleichung nicht behandelt.)

1. $\frac{\sin \alpha_1}{\sin \beta_1} = n$

$$\sin \beta_1 = \frac{\sin \alpha_1}{n}$$

$$\sin \beta_1 = \frac{2 \cdot \sin 45°}{3}$$

Hinweis für den Schüler:
$2 \cdot \sin 45° \neq \sin (2 \cdot 45°)$

$$\sin \beta_1 = \frac{2 \cdot 0{,}7071}{3} \quad \text{(Z)}$$

$$\sin \beta_1 = 0{,}472 \quad \text{(R)}$$

$$\underline{\underline{\beta_1 = 28{,}2°}} \quad \text{(Z)}$$

$$\beta_2 = 60° - \beta_1$$

$$\frac{\sin \beta_2}{\sin \alpha_2} = \frac{1}{n}$$

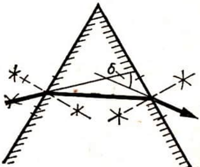
$$\sin \alpha_2 = n \cdot \sin (60° - \beta_1)$$

$$\sin \alpha_2 = \frac{3 \cdot \sin 31{,}8°}{2}$$

$$\sin \alpha_2 = \frac{3 \cdot 0{,}5270}{2} \quad \text{(Z)}$$

$$\sin \alpha_2 = 0{,}79 \quad \text{(R)}$$

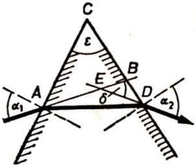
$$\underline{\underline{\alpha_2 = 52{,}2°}} \quad \text{(Z)}$$



δ = 37,3°

2. $\sphericalangle$ CAB $= \alpha_1$ (Scheitelwinkel)
$\sphericalangle$ ABC $= 180° - \alpha_1 - \varepsilon$
$\sphericalangle$ EDB $= 90° - \alpha_2$ (Scheitelwinkel)
$\sphericalangle$ ABC $= \delta + 90° - \alpha_2$ (Außenwinkelsatz)

$$180° - \alpha_1 - \varepsilon = \delta + 90° - \alpha_2$$
$$\delta = 90° - \alpha_1 + \alpha_2 - \varepsilon$$
$$\delta = 90° - 45° + 52{,}2° - 60°$$
$$\underline{\underline{\delta = 37{,}2°}}$$



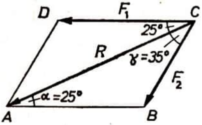
Die Gesamtablenkung des Lichtstrahles beträgt 37,2°.

Beispiel 10.38.

Zwei Kräfte F_1 und F_2 greifen in einem Punkt C an. F_1 bildet mit der Resultierenden einen Winkel von 25° und F_2 einen Winkel von 35°. Wie groß ist F_2, wenn $F_1 = 50$ kp beträgt?

Gegeben:
$\alpha = 25°$
$\gamma = 35°$
$F_1 = 50$ kp

Gesucht:
F_2 in kp



Lösung:
$\sin\alpha : \sin\gamma = a : c$
$\sin\alpha : \sin\gamma = F_2 : F_1$
$\underline{\underline{F_2 = 36{,}9\text{ kp}}}$ (R)

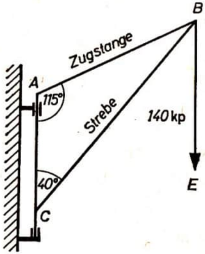
Die 2. Kraftkomponente hat einen Betrag von 36,9 kp.

Beispiel 10.39.

An Bahnhofsgebäuden findet man bisweilen noch kleine Wanddrehkräne. Die Zugstange bildet mit der Säule einen Winkel von 115°, die Strebe den Winkel von 40°. Welche Kräfte treten in der Zugstange und Strebe auf, wenn am Auslegekopf eine Last von 140 kp hängt?

Gegeben:
$\alpha = 115°$
$\beta = 40°$
$F = 140$ kp

Gesucht:
F_{BC} in kp
F_{AB} in kp



Lösung:

Im $\triangle$ CBE sind $\sphericalangle$ CBE $= \beta$, $\sphericalangle$ BCE $= 180° - (\alpha + \beta)$ und $\sphericalangle$ CEB $= \alpha$. Nach dem Sinussatz gilt $\overline{CB} : F = \sin\alpha : \sin[180° - (\alpha + \beta)]$ und $\overline{CE} : F = \sin\beta : \sin[180° - (\alpha + \beta)]$.

$$\overline{CB} = \frac{F \cdot \sin\alpha}{\sin[180° - (\alpha + \beta)]} \qquad \sin 115° = \sin 65°$$

$$\overline{CB} = \frac{140\ \text{kp} \cdot \sin 65°}{\sin 25°}$$

$$\overline{CB} = 300{,}3\ \text{kp}$$

$$\overline{CE} = \frac{\sin\beta \cdot F}{\sin[180° - (\alpha + \beta)]}$$

$$\overline{CE} = \frac{140\ \text{kp} \cdot \sin 40°}{\sin 25°}$$

$$\overline{CE} = 213\ \text{kp}$$

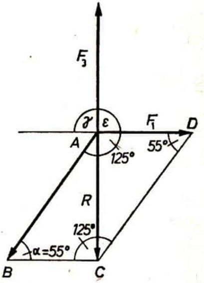
N	L	
140	2.1461	
sin 65°	0.9573 − 1	+
Zähler	2.1034	
sin 25°	0.6559 − 1	−
300,3	2.4775	
sin 40°	0.8081 − 1	
140	2.1461	+
Zähler	2.9542 − 1	
sin 25°	0.6559 − 1	−
213	2.3283	

Die Strebe wird mit einer Druckkraft von rund 300 kp *belastet. Auf die Zugstange wirken rund* 213 kp *Zugkraft.*

Beispiel 10.40.

Zwei Kräfte $F_1 = 70$ kp und $F_2 = 115$ kp wirken unter einem Winkel von 125° in einer Ebene auf einen Punkt A.

1. Wie groß muß eine dritte Kraft sein, die auf den Punkt A wirkt, um Gleichgewicht herzustellen?
2. Welchen Winkel bildet diese Kraft mit F_1?



Gegeben:	*Gesucht:*
$F_1 = 70$ kp	F_3 in kp
$F_2 = 115$ kp	ε in °
$\sphericalangle DAB = 125°$	

Lösung:

Im $\triangle$ ABC ist $\sphericalangle ABC = 55°$. Nach dem Kosinussatz ist $F_3 = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 - 2 \cdot F_1 \cdot F_2 \cdot \cos 55°}$

$\sphericalangle F_1F_3 = \varepsilon = 180° - \gamma$.

γ wird mit dem Sinussatz berechnet[1].

1. $F_3 = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 - 2 \cdot F_1 \cdot F_2 \cdot \cos 55°}$

$$F_3 = \sqrt{(70\ \text{kp})^2 + (115\ \text{kp})^2 - 2 \cdot 70\ \text{kp} \cdot 115\ \text{kp} \cdot 0{,}5736}$$

$$F_3 = \sqrt{4900\ \text{kp}^2 + 13\,225\ \text{kp}^2 - 9234{,}96\ \text{kp}^2}$$

$$F_3 = \sqrt{8890{,}04\ \text{kp}^2}$$

$$F_3 = 94{,}3\ \text{kp}$$

2. $\varepsilon = 180° - \gamma$

$$\frac{\sin\beta}{\sin\gamma} = \frac{F_3}{F_2}$$

$$\sin\gamma = \frac{\sin\beta \cdot F_2}{F_3}$$

$$\sin\gamma = \frac{0{,}8192 \cdot 115\ \text{kp}}{94{,}3\ \text{kp}}$$

$$\sin\gamma = 0{,}999$$

$$\gamma = 87{,}5° \quad (\gamma_1 = 92{,}5°)^1$$

$$\varepsilon = 180° - 87{,}5°$$

$$\varepsilon = 92{,}5°$$

Die dritte Kraft muß einen Betrag von 94,3 kp *haben, sie bildet mit* F_1 *einen Winkel von* 92,5°.

[1] Bei der Berechnung von Winkeln mit Hilfe des Sinussatzes gehören zu jedem Funktionswert stets zwei Winkel. Aus der Konstruktion ergibt sich, daß γ der brauchbare Wert ist.