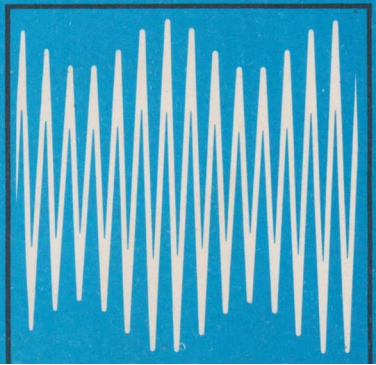
LÖSUNGSHEFT PHYSIK

ZU DEN LEHRBÜCHERN FÜR DIE KLASSEN 9 UND 10

NUR FÜR LEHRER





LÖSUNGSHEFT PHYSIK

Zu den Lehrbüchern für die Klassen 9 und 10

Nur für Lehrer

Ausgabe 1973

Volk und Wissen Volkseigener Verlag Berlin
1978

Die Lösungen wurden ausgearbeitet von

Rudolf Rosenthal (Kl. 9, 1.1., 1.3.)
Dr. Georg Schollmeyer und Winfried Rösler (Kl. 9, 1.2., 1.4., 1.5., 1.6.)
Hubert Buscherowsky (Kl. 9, 2.)
Dr. Rudolf Göbel (Kl. 10)

2. Auflage
Lizenz Nr. 203-1000/77 (DN 02 21 37-2)
LSV 0645
Redaktion: Willi Wörstenfeld
Druck: BS "Rudi Arndt", Berlin
Redaktionsschluß: 1. 9. 1977
Bestell-Nr. 706 822 1
DDR 1,75 M

Inhaltsverzeichnis

Klasse 9

		Seite
1.	Mechanik	5
1.1.	Grundlagen der Kinematik	5
1.2.	Grundlagen der Dynamik	10
1.3.	Energie	14
1.4.	Die Kreisbewegung	16
1.5.	Die Gravitation	17
1.6.	Zur Wiederholung	18
2.	Elektrizitätslehre	20
2.1.	Elektrisches Feld	20
2.2.	Magnetisches Feld	23
2.3.	Elektromagnetische Induktion	25
2.4.1.	Elektrische Leitungsvorgänge	27
2.4.2.	Anwendung elektrischer Leitungsvorgänge	32

Klasse 10

1.	Kernphysik	37
2.	Mechanische Schwingungen	46
3.	Elektromagnetische Schwingungen	53
4.	Mechanische Wellen	61
5.	Lichtwellen	65
6.	Hertzsche Wellen	70
7.	Röntgenstrahlung	73
8.	Wiederholung, Systematisierung	74

Vorbemerkungen

Das Lösungsheft enthält die Ergebnisse bzw. Antworten zu den Fragen, Aufträgen und Versuchen im Anhang der Lehrbücher Physik 9, Ausgabe 1970, Bestell-Nr. 02 09 03 und Physik 10, Ausgabe 1971, Bestell-Nr. 02 10 03.

Es sind sowohl die rechnerischen Ergebnisse (allerdings meist ohne Lösungsweg) als auch die Antworten zu qualitativen Aufgaben aufgenommen worden. Dabei wurde auf die Angabe solcher Antworten verzichtet, die sich ganz eng auf das Studium bestimmter Lehrbuchabschnitte beziehen. In diesen Fällen erfolgt nur ein Hinweis zum Lehrbuchabschnitt, z. B. vgl. LB, S. 54.

Die Ergebnisse wurden mit dem Rechenstab ermittelt. Dabei wurde im Ergebnis das Gleichheitszeichen gesetzt. Nur wenn es aus physikalischen oder technischen Gründen erforderlich war, weniger als drei geltende Ziffern anzugeben, wurde gröber gerundet und das Zeichen für angenähert gleich gesetzt.

Die Ergebnisse von Freihandversuchen, Experimentieraufträgen u. ä. sind im Lösungsheft nicht enthalten, da ihre Aufnahme dem Lehrer keine wesentliche Erleichterung bei der Durchführung des Unterrichts bietet.

Bei Textaufgaben wurde aus Platzgründen auf den Antwortsatz verzichtet. Es sei jedoch ausdrücklich darauf hingewiesen, daß man bei Anwendungsaufgaben vom Schüler stets einen Antwortsatz verlangen sollte.

Die Redaktion

Klasse 9

1. MECHANIK

1.1. Grundlagen der Kinematik

1. a) Der Koffer befindet sich gegenüber dem Bezugssystem "Erde" im Zustand der Bewegung, gegenüber dem Bezugssystem "Zug" befindet er sich in Ruhe (relative Ruhe).

   b) Der Koffer befindet sich gegenüber den Bezugssystemen "Erde" und "Zug" im Zustand der Ruhe (relative Ruhe).

2. Der Pilot orientiert sich an festen Punkten auf der Erde. Bei so großer Entfernung vom Orientierungspunkt empfindet er trotz relativ großer Geschwindigkeit seiner Maschine die Bewegung als sehr langsam, weil die Orientierungspunkte verhältnismäßig lange in seinem Blickfeld bleiben und sich kaum gegeneinander verschieben.

4. $v = 90 \frac{km}{h}$

5. $v \approx 0{,}006 \frac{m}{s}$

6. Geradlinige, gleichförmige Bewegung, $v \approx 8 \frac{m}{s}$

7. Bild 1

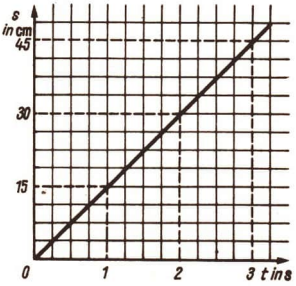


Bild 1 zu Lösung 7

8. 35 m > s > 30 m

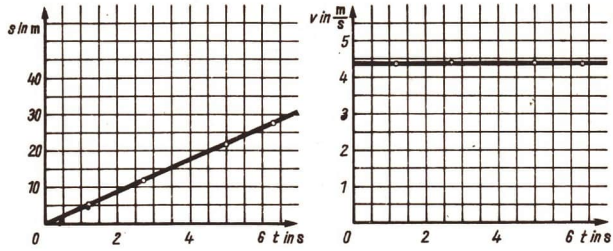


Bild 2 zu Lösung 9

9. Bild 2; geradlinige, gleichförmige Bewegung (Quotienten in m/s: 4,42; 4,41; 4,40; 4,39).

10. a) $\bar{v} = 10{,}1\ \frac{m}{s}$; $\bar{v} = 36{,}4\ \frac{km}{h}$

    b) $\bar{v} = 1{,}9\ \frac{m}{s}$; $\bar{v} = 6{,}85\ \frac{km}{h}$

    c) $\bar{v} = 12{,}45\ \frac{m}{s}$; $\bar{v} = 44{,}8\ \frac{km}{h}$

    d) $\bar{v} = 14{,}9\ \frac{m}{s}$; $\bar{v} = 53{,}7\ \frac{km}{h}$

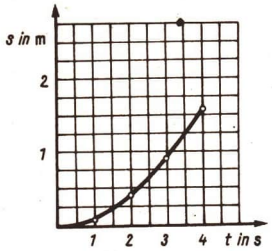
    e) $\bar{v} = 24{,}6\ \frac{m}{s}$; $\bar{v} = 88{,}4\ \frac{km}{h}$

11. a) $\bar{v}_2 = 17{,}5\ \frac{cm}{s}$, $\bar{v}_4 = 36{,}5\ \frac{cm}{s}$, $\bar{v}_5 = 46\ \frac{cm}{s}$;

    b) Die Augenblicksgeschwindigkeit nimmt ständig zu, deshalb wächst auch die Durchschnittsgeschwindigkeit.

12. $s \sim t^2$ und $v \sim t$

13. Bild 3; eine geradlinige, gleichmäßig beschleunigte Bewegung



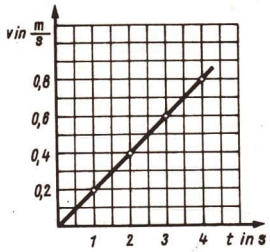


Bild 3 zu Lösung 13

14. a) $s = f(t)$
    b) Im ersten Diagramm eine gleichförmige und im zweiten eine gleichmäßig beschleunigte Bewegung
    c) Aus der Geraden geht hervor, daß der zurückgelegte Weg proportional der Zeit ist. Aus der Parabel geht hervor, daß der zurückgelegte Weg dem Quadrat der Zeit proportional ist.

15. Bilden des Quotienten $\frac{s}{t^2}$ bzw. $\frac{s}{t}$. Der Quotient $\frac{s}{t^2}$ ist bei allen Wertepaaren annähernd konstant. Daraus folgt $s \sim t^2$. Die Bewegung ist gleichmäßig beschleunigt.

16. Im ersten Diagramm handelt es sich um eine gleichmäßig beschleunigte Bewegung, im zweiten um eine gleichförmige Bewegung. Der Betrag der Geschwindigkeit beträgt im ersten Diagramm nach einer Sekunde $2 \frac{km}{h}$ und nimmt je Sekunde um $2 \frac{km}{h}$ zu. Im zweiten hat die Geschwindigkeit einen konstanten Betrag (etwa $16 \frac{m}{s}$).

17. Bild 4

19. a) $v = 2{,}46 \frac{m}{s}$;

    b) $s = 2{,}46$ m

20. $t = 11{,}6$ s

21. $a = 0{,}48 \frac{m}{s^2}$

22. $a \approx 0{,}8 \frac{m}{s^2}$

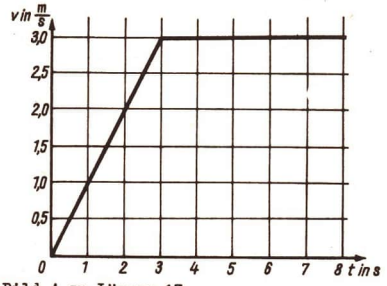


Bild 4 zu Lösung 17

23. $s \approx 41$ m. Unter Berücksichtigung der Reaktionszeit, in der noch 20 m zurückgelegt werden, kann der Fahrer die Maschine nicht mehr rechtzeitig zum Stillstand bringen. Nur die Einhaltung der Vorschriften durch alle Verkehrsteilnehmer sichert einen unfallfreien Verkehr.

25. Mit zunehmender Neigung wirkt eine größer werdende Hangabtriebskraft auf die Kugel. Endgeschwindigkeit und Beschleunigung nehmen zu.

27. Weg - Zeit - Gesetz eines frei fallenden Körpers:
Der zurückgelegte Weg ist gleich dem halben Produkt aus der Fallbeschleunigung und dem Quadrat der Zeit.

Geschwindigkeit - Zeit - Gesetz eines frei fallenden Körpers:
Die Geschwindigkeit ist gleich dem Produkt aus der Fallbeschleunigung und der Fallzeit.

Geschwindigkeit - Weg - Gesetz eines frei fallenden Körpers:
Die Geschwindigkeit ist gleich der Wurzel aus dem zweifachen Produkt der Fallbeschleunigung und des Fallweges.

28. $t = 5{,}66$ s

29. $s = 9{,}62$ m

30. $v_1 = 14{,}1 \frac{m}{s}$, $v_2 = 7{,}75 \frac{m}{s}$

31. Zusammengeknüllt besitzt das Blatt Stanniol eine kleinere Oberfläche als im ausgebreiteten Zustand. Die auftretende Reibung mit der Luft ist bei der Kugel wesentlich geringer als beim Blatt. Deshalb ist die Fallzeit für das zusammengeknüllte Blatt Stanniol kleiner.

32. Der auftretende Luftwiderstand ist sehr gering. Da die Messungen in diesen Fällen kaum beeinträchtigt werden, kann der Luftwiderstand vernachlässigt werden.

33. Die Fallgesetze gelten strenggenommen nur für das Vakuum. Im luftleeren Raum fallen wegen des fehlenden Luftwiderstandes alle Körper gleich schnell. Im lufterfüllten Raum ist der Luftwiderstand bei sehr kurzen Fallwegen und sehr kleinen Körperoberflächen sehr gering. In der Praxis können die dadurch auftretenden Meßfehler meist vernachlässigt werden.

    Fallschirmspringer: nein, langer Fallweg, großer Luftwiderstand; Schwimmer: ja, kurzer Fallweg, geringer Luftwiderstand; Regentropfen: nein, langer Fallweg, großer Luftwiderstand; Feder (1): ja, Vakuum; Feder (2): nein, lufterfüllter Raum, großer Luftwiderstand.

34. $v = 5{,}42\ \frac{m}{s} = 19{,}6\ \frac{km}{h}$

35. $v_r = 225\ \frac{km}{h}$

37. a) geradlinige, gleichförmige Bewegung nach oben und geradlinige, gleichmäßig beschleunigte Bewegung nach unten (freier Fall)

    b) geradlinige, gleichförmige Bewegung horizontal und gleichmäßig beschleunigte Bewegung (freier Fall) vertikal

    c) geradlinige, gleichförmige Bewegung schräg nach oben und gleichmäßig beschleunigte Bewegung (freier Fall) nach unten

38.

Bewegungsart	Geschwindigkeit	Beschleunigung
Gleichförmige Bewegung	konstant	a = 0
Gleichmäßig beschleunigte Bewegung	nimmt zu	konstant
Gleichmäßig verzögerte Bewegung	nimmt ab	konstant (negativ)
Beschleunigte Bewegung (allgemein)	veränderlich	a ≠ 0

1.2. Grundlagen der Dynamik

39. Die Kraftmesser bestehen im Prinzip aus einer elastischen Feder, bei der die Längenänderung der Kraft proportional ist, die die Längenänderung hervorruft: $\Delta l \sim F$.

40. Die Kraft bewirkt eine Formänderung (plastisch oder elastisch) oder eine Beschleunigung von Körpern oder beides zugleich.

41. $F_1 = 3{,}6$ kp; $F_2 = 400$ p

42. Die Wirkung ist deshalb die gleiche, weil das Wechselwirkungsgesetz gilt (actio = reactio).

43. Das aus den Düsen ausströmende Wasser übt auf die drehbar gelagerten Düsen nach dem Wechselwirkungsgesetz eine Kraft aus, die den Rasensprenger entgegengesetzt zur Ausströmrichtung des Wassers umlaufen läßt.

44. Sie würden sonst durch die Kraft, die der Sportler beim Start (Beschleunigung seines Körpers) auf sie ausübt, nach hinten wegrutschen (Wechselwirkungsgesetz).

45. Die Aufgabenstellung läßt verschiedene Antwortmöglichkeiten zu:

a) Die Person steht frei auf dem Boden. Bei langsamem Ziehen gilt $F_{max} = G$. Kurzfristig kann jedoch infolge der Trägheit eine Zugkraft $F > G$ erreicht werden.

b) Die Person ist mit den Füßen am Boden verankert. Die Maximalkraft ist von der Muskelkraft abhängig.

46. Guericke hat nur die Kraft von acht Pferden, die in der gleichen Richtung ziehen, genutzt; die Kraft der acht Pferde, die in entgegengesetzter Richtung gezogen haben, bildete die Gegenkraft dazu, die auch durch eine Verankerung im Boden o. ä. hätte aufgebracht werden können.

47. a) und b) Jeder Kraftmesser zeigt 1 kp an.

48. Das ist deshalb unmöglich, weil die Zugkraft am Zopf nicht die Gegenkraft zum Gewicht ist, das ihn in den Sumpf einsinken läßt. (Mit dieser Zugkraft kann er sich höchstens den Zopf abreißen.)

49. Wenn der Affe nach oben klettert, wird auch der Körper, dessen Gewichtskraft die Gegenkraft zur Gewichtskraft des Affen darstellt, nach oben gezogen.

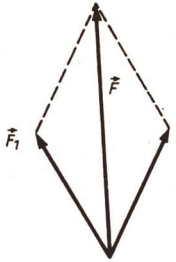


Bild 5 zu Lösung 50

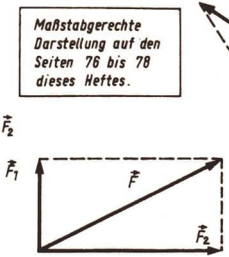


Bild 6 zu Lösung 51

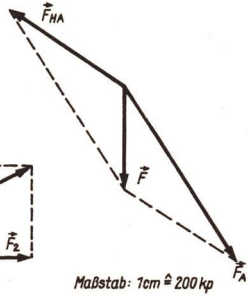


Bild 7 zu Lösung 52

50. $F \approx 35$ kp (Bild 5)

51. $F \approx 12{,}5$ kp (Bild 6)

52. Die Belastung des Hubseils kann nicht durch Konstruktion ermittelt werden. Sie wäre 400 kp groß, wenn der Greifer an e i n e r losen Rolle hängen würde. Da die Anzahl der

"tragenden Seile" nicht bekannt ist, kann die Seilbelastung nicht angegeben werden.
Durch Konstruktion läßt sich die Belastung des Auslegers ermitteln: $F_A \approx 1\,500$ kp.
Die Gesamtbelastung von Hubseil und Haltestange für den Ausleger beträgt $F_{HA} \approx 940$ kp (Bild 7).

53. Das Band wird stärker gespannt, wenn man die Hände voneinander entfernt (Bild 8).

54. Die Kraftkomponente in Wegrichtung beträgt $F_s \approx 3{,}5$ kp (Bild 9). Durch die vertikale Komponente wird der Wagen vorn angehoben; dadurch ist die Reibungskraft geringer.



Bild 8 zu Lösung 53

Maßstabgerechte Darstellung auf Seite 79

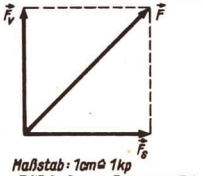


Bild 9 zu Lösung 54

55. Der Kurvenverlauf ist annähernd geradlinig (Bild 10), es liegt offenbar direkte Proportionalität zwischen a und F vor.

56. $a \sim F$
57. $F = 228$ N
58. $F = 129$ N
59. $m = 11{,}1$ kg
60. $m = \frac{2}{3}$ kg
61. $a = 8\,\frac{m}{s^2}$

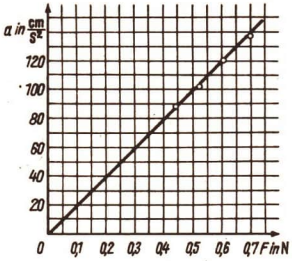


Bild 10 zu Lösung 55

63.

	Einheit	ortsabhängig	vektorielle Größe
Masse	kg	nein	nein
Gewichtskraft	kp	ja	ja

64. Die Wägung mit der Hebelwaage beruht auf dem Hebelgesetz $F_1 \cdot l_1 = F_2 \cdot l_2$, wobei F_1 und F_2 die Gewichtskräfte der zu vergleichenden Körper sind. Da $F_1 \sim m_1$ und $F_2 \sim m_2$ gilt und m ortsunabhängig ist, kann man mit der Hebelwaage überall Massen vergleichen und ermitteln (also auch auf dem Mond), Gewichtskräfte jedoch nur dann, wenn die ortsabhängige Gewichtskraft des Wägestücks bekannt ist.

65. F = 7,65 kp = 75 N

66. a) m = 2 kg; b) m = 5 kg; c) m = 2 kg

68. Beim langsamen Ziehen wirkt im unteren Faden die Zugkraft, während im oberen Faden diese Zugkraft und die Gewichtskraft der Kugel wirken. Deshalb reißt der obere Faden.
Beim schnellen Ziehen reißt der untere Faden, weil die Trägheit der Kugel der relativ großen Zugkraft entgegenwirkt und im oberen Faden im wesentlichen nur die Gewichtskraft der Kugel wirksam bleibt.

70. Der Oberkörper bewegt sich beim plötzlichen Bremsen in Fahrtrichtung weiter. Das folgt aus dem Trägheitsgesetz. Beim allmählichen Abbremsen ist der Fahrgast in der Lage, seinen Oberkörper etwas entgegen der Fahrtrichtung zu neigen, um die Kraft zu kompensieren, die auf ihn wegen des Trägheitsgesetzes in Fahrtrichtung wirkt. Diese Kraft wirkt aber nicht mehr, wenn v = 0 und vor allem a = 0, so daß sich dann der Oberkörper entgegengesetzt zur Fahrtrichtung bewegt.

71. Das ist eine Folge der Trägheit des Holzstabes.

72. Vgl. LB, S. 38 f.

73. Das Boot bewegt sich, falls $\vec{F}$ und $\vec{F}_W$ in Kiellinie wirken, geradlinig und gleichmäßig beschleunigt, denn die Kraft $\vec{F}$ in Richtung des Weges ist größer als $\vec{F}_W$, die bewegungshem-

mend wirkt. Daher ist die resultierende Kraft $F_R > 0$.
(Die Kraft $F_R = F - F_W$ beschleunigt das Boot.)

74. Vgl. die Tabelle im LB, S. 66, oberer Teil.

75. Grundgrößen: Kraft, Weg, Zeit
Abgeleitete Größen: Masse, Beschleunigung, Dichte, Geschwindigkeit, Druck, Volumen

76. Grundeinheiten: kg, s, m
Abgeleitete Einheiten: N, m^3, $\frac{m}{s}$, $\frac{kg}{cm^3}$, m^2, $\frac{m}{s^2}$

1.3. Energie

77. $W = 720$ kpm

78. $W = 8 \cdot 10^4$ kpm

79. a) $W = 36$ kpm; b) genau so groß

80. Punkt A: Potentielle Energie am größten, kinetische Energie gleich Null. Der Körper besitzt die Fähigkeit, Arbeit zu verrichten.

Punkt B: Es wird Beschleunigungsarbeit verrichtet. Die potentielle Energie nimmt ab, die kinetische nimmt zu.

Punkt C: Kinetische Energie am größten, potentielle Energie gleich Null. Die gesamte kinetische Energie wandelt sich in Verschiebungs- und Verformungsarbeit um.

81. Arbeit ist ein Vorgang; Energie ein Zustand. Im Prozeß der Arbeit wird Energie von einer Energieart in eine andere umgewandelt. Beide Größen werden in derselben Einheit gemessen.

82. Ein schwingendes Pendel besitzt in den Umkehrpunkten jeweils einen Höchstbetrag an potentieller Energie. Die kinetische Energie ist in diesen Punkten Null. Während des Durchgangs durch die Ruhelage ist die kinetische Energie am größten und die potentielle Energie gleich Null. Potentielle und kinetische Energie wandeln sich ständig ineinander um. Es gilt: $W_{pot} + W_{kin} = \text{konst.}$

83. a) W = 100 kpm
    b) W = 196,2 Nm
    c) W = 9,81 Nm
    d) W = 20 Nm; W = 2,04 kpm
    e) W = 0,087 kpm
    f) W = 1 000 Nm

84. W_{pot} = 98,1 Nm = 10 kpm

85. W_{pot} = 1,17 kpm = 11,5 Nm

86. a) W_{kin} = 22 200 Nm; b) h = 9,85 m

87. W_{kin} = 35 kpm

88. a) $W_{kin_{kk}}$ = 139 Nm; W_{kin_H} = 5 170 000 Nm

    b) Die kinetische Energie der Bleikugel entspricht ungefähr der kinetischen Energie der KK-Patrone.
    Die Granate der Haubitze besitzt eine etwa 37 000mal so große kinetische Energie wie die Bleikugel.

89. a) $W_{kin} \approx 3{,}9 \cdot 10^{11}$ Nm

    b) Mit dieser Energie hätte man eine Masse von $3{,}98 \cdot 10^7$ kg um 1 000 m heben können. Das entspricht der Masse von etwa vier Frachtschiffen zu je 10 000 000 kg.

    c) Beim Eintauchen in die dichteren Schichten der Atmosphäre wandelte sich die gesamte kinetische Energie durch Reibung mit der Luft in Wärmeenergie um. Der Forschungssatellit verglühte. Die Wärmeenergie wurde von der Luft aufgenommen.

90. Es ist scheinbar eine Energie von 0,05 kpm "verlorengegangen". Energie geht jedoch nicht verloren. Sie wandelt sich nur von einer Energieart in eine andere um. Beim Aufprall des Balles wurde diese Energie in Wärmeenergie umgewandelt.

91. Während der Aufwärtsbewegung wirkt ständig die Fallbeschleunigung entgegengesetzt zur Bewegungsrichtung. Dadurch verringert sich die resultierende Geschwindigkeit, und die kinetische Energie nimmt ab. Im höchsten Punkt (Umkehrpunkt) besitzt der Ball nur potentielle Energie. Die kinetische Energie ist Null. Während des Herabfallens wird an dem Körper Beschleunigungsarbeit verrichtet, wodurch er kinetische Energie erlangt. Die potentielle Energie wird im gleichen Maße kleiner. Die resultierende Geschwindigkeit nimmt zu.

Beim Auftreffen auf den Erdboden ist die potentielle Energie Null und die kinetische Energie am größten. Diese wird in Verschiebungs- und Verformungsarbeit umgewandelt, die eine geringfügige Erwärmung bewirkt.

92. Umwandlung der chemischen Energie der Brennstoffe durch Verbrennung im Kessel in Wärmeenergie des Wassers und des Dampfes. Die Wärmeenergie wandelt sich in den Rohrleitungen und in der Turbine zum Teil in kinetische Energie des strömenden Dampfes und der sich drehenden Teile der Turbine um, weiter in elektrische Energie im Generator. Ein Teil der Energie bleibt in dem Dampf und im Kondensat erhalten. Dieses wird zum Teil wieder dem Kessel zugeführt.

93. Für die Umwandlung der mechanischen Energie in elektrische Energie im Fahrraddynamo zum Betrieb der Lampe muß zusätzlich mechanische Energie aufgebracht werden. Das bedeutet für den Radfahrer ein Mehraufwand an Muskelkraft, weil sich das Rad schwerer drehen läßt.

1.4. Die Kreisbewegung

94. Sie unterscheiden sich dadurch, daß die geradlinige, gleichförmige Bewegung keine beschleunigte ist, wohl aber die gleichförmige Kreisbewegung.
Gemeinsam ist beiden, daß der Betrag der Geschwindigkeit konstant ist.

95. $v = 51 \frac{m}{s}$

97. $F_r = 237\ N$

98. a) $a_r = 0{,}93 \frac{m}{s^2}$; b) $F_r = 930\ N = 95\ kp$

101. Vgl. LB, S. 52 f.

102. Zum Beispiel Schwungscheiben an Motoren, Schleuderbleche von Zentrifugen, Räder von Fahrzeugen, Kreisel

104. ..., wenn sich der Betrag der Geschwindigkeit oder ihre Richtung (oder beide) ändern.

105. Weil sich bei der gleichförmigen Kreisbewegung unter dem Einfluß der Radialkraft die Geschwindigkeit ihrer Richtung nach ändert.

106. Beide sind zum Kreismittelpunkt hin gerichtet.

107. Sie nimmt zu. Wegen $F_r = m \cdot \frac{v^2}{r}$ wächst sie mit dem Quadrat der Bahngeschwindigkeit: $F_r \sim v^2$.

108. $F_r = 1\ 420$ kp

109. $v_1 : v_2 = 1 : 1$. Die Körper haben die gleiche Bahngeschwindigkeit.

110. $v = 0{,}24 \frac{m}{s}$

1.5. Die Gravitation

112. Weil sich der Planet auf einer Ellipsenbahn bewegt und das 2. Keplersche Gesetz für diese Bewegung gilt.

113. $F = 6{,}67 \cdot 10^{-7}$ N

114. In dem Bahnpunkt, der der Sonne am nächsten liegt, ist die Gravitationskraft nicht so groß wie die Radialkraft, die erforderlich wäre, um die Erde in eine Kreisbahn zu zwingen.

115. $F_{Grav} = F_r = 71\ 000$ N $= 7\ 240$ kp

116. $F = 1$ kp

117. Wegen $F_{Grav} \sim \frac{1}{r^2}$ und der relativ kleinen Masse des Mondes.

118. $F = 162$ N $= 16{,}5$ kp

119. Die Gravitationskraft ist an allen Stellen des Raumes zum Mondmittelpunkt gerichtet. Weil es sich stets um den gleichen Körper handelt, gilt $F_{Grav} \sim \frac{1}{r^2}$; F_{Grav} nimmt mit dem Quadrat der Entfernung vom Mondmittelpunkt ab.

120. $m_E = 5{,}97 \cdot 10^{24}$ kg

123. Wegen $F = \gamma \cdot \frac{m \cdot m_E}{r^2}$ gilt $F \sim \frac{1}{r^2}$. Die beschleunigende Kraft (Gravitationskraft) und damit die Beschleunigung (denn $a \sim F$) nimmt mit dem Quadrat des Abstandes vom Erdmittelpunkt ab und ist auf ihn gerichtet.

124. Wegen $F = \gamma \cdot \frac{m \cdot m_K}{r_K^2}$, wobei m_K die Masse und r_K der Radius des Himmelskörpers ist, hängt die Gewichtskraft von m_K und r_K ab.

125. Vgl. LB, S. 60 f.

1.6. Zur Wiederholung

127.

Bereich	Änderung von $\vec{v}$	wirkende Kraft	Wirkung der Kraft
$\vec{v}_1$ bis $\vec{v}_4$	Verringerung des Betrages	Bremskraft (Reibungskraft)	verzögerte Bewegung
$\vec{v}_5$ bis $\vec{v}_7$	Änderung der Richtung	Radialkraft	krummlinige Bewegung (evtl. gleichf. Kreisbewegung)
$\vec{v}_8$ bis $\vec{v}_{11}$	Vergrößerung des Betrages	Antriebskraft	beschleunigte Bewegung

128. a) Als Folge der Schubkraft beschleunigte, geradlinige Bewegung, bei der der Betrag der Geschwindigkeit größer wird;

b) krummlinige Bewegung, also beschleunigte Bewegung, bei der sich Betrag und Richtung der Geschwindigkeit dauernd ändern, da die Gravitationskraft nicht konstant bleibt;

c) beschleunigte, geradlinige Bewegung, solange die Hangabtriebskraft größer als die Reibungskraft ist ($F_H > F_R$); gleichförmige, geradlinige Bewegung, falls $F_H = F_R$; verzögerte, geradlinige Bewegung, wenn $F_H < F_R$;

d) verzögerte, geradlinige Bewegung; gleichmäßig verzögerte geradlinige Bewegung, wenn die Bremskraft konstant ist;

e) gleichförmige, geradlinige Bewegung (bei automatischem Vorschub);

f) gleichmäßig beschleunigte, geradlinige Bewegung

129. $F = 85\ N = 8{,}7\ kp$

130. a) $W_{kin} = 36\ Nm$

b) $W_{pot} = 16\ kpm$ (in bezug auf den Erdboden)

c) $W_{ges} = W_{pot} + W_{kin} = 193\ Nm$

d) $v = 6{,}95\ \frac{m}{s}$ (freier Fall angenommen)

e) geradlinige, gleichmäßig beschleunigte Bewegung; falls kein freier Fall vorliegt, wäre auch möglich: eine ungleichmäßig beschleunigte, geradlinige Bewegung oder auch eine geradlinige, gleichförmige Bewegung, falls die Reibungskraft gleich der Gewichtskraft ist.

131. a) $v = 7{,}9\ \frac{m}{s}$

b) $W_{kin} = 1\ 600\ kpm = 15\ 700\ Nm$

c) Gesamtenergie $W = 1\ 600\ kpm = 15\ 700\ Nm$

133. • ..., wenn sich der Betrag oder die Richtung der Geschwindigkeit oder beide ändern.
• Vgl. LB, S. 66, Zeilen 2, 5, 6 der Tabelle
• ..., wenn die Kraft in Wegrichtung wirkt.
• ..., muß die Summe der auf ihn wirkenden Kräfte Null sein.
• ..., ist bei mechanischen Vorgängen bei vernachlässigbarer Reibung konstant. Besser: Die Summe aller Energien ist konstant.
• Durch Reibungsvorgänge wird mechanische Energie in Wärme umgewandelt.
• ... ist eine ballistische Kurve.
• ... Papier, falls kein freier Fall vorliegt.

134. a) $v = 408\ \frac{m}{s}$

b) $F_r = 256 \cdot 10^3\ N = 26{,}1\ Mp$

c) $v = 408\ \frac{m}{s}$

d) $W_{kin} = 848\ kpm$

135. a) $h = 9{,}06\ m$

b) $a = -\frac{8\ m}{9\ s^2} = -0{,}\overline{8}\ \frac{m}{s^2}$

c) $v = 48\ \frac{km}{h}$

2. ELEKTRIZITÄTSLEHRE

2.1. Elektrisches Feld

136. Mit einem Elektrometer und (oder) mit einem Hartgummistab, der mit einem Seidentuch gerieben wurde, kann man nachweisen, daß ein Körper geladen ist und welche Ladung er trägt. Wird er vom geriebenen Hartgummistab angezogen, so ist er positiv geladen. Wird das mit dem Körper berührte Elektrometer durch den geriebenen Hartgummistab entladen, so ist er positiv geladen.

137. $Q = 655\ As$

138. Berührt man die mit dem Zeiger verbundene Kugelelektrode des Elektrometers mit einem geladenen Körper, so wird ein Teil der Ladung des Körpers an die Elektrode mit Zeiger abgegeben. Der bewegliche Zeiger besitzt dann die gleiche Ladung wie die feststehende Elektrode und wird abgestoßen, bis sich die Wirkungen der elektrischen Kraft und der Gewichtskraft aufheben.

139. Anziehungskräfte zwischen Haarkamm und Haaren beim Kämmen der Haare; Anziehungskräfte zwischen Staubteilchen und elektrischen Leitern beim Fließen eines Stromes; Anziehungskräfte zwischen Kleidungsstücken aus synthetischen Fasern beim Ablegen dieser Kleidungsstücke, Ladungstrennung an sich bewegenden Tonbändern

140. a) Bild 11 a, b) Bild 11 b

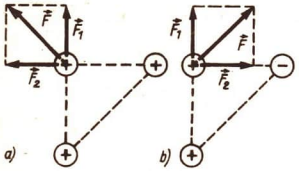


Bild 11 zu Lösung 140

141. $F \approx 0{,}7$ p, Bild 12

142. $Q \approx 5$ e

143. Bild 13

144. Bild 14 a; Bild 14 b

145. $Q = 3 \cdot 10^{-6}$ As;
$Q = 3 \cdot 10^{-6}$ C

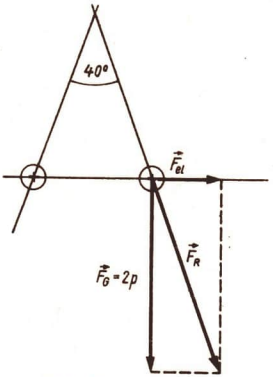


Bild 12 zu Lösung 141

146. $C = 1{,}2$ μF

147. a) $U = 250$ V; b) $U = 500$ V

148. Fällt die Isolierstoffplatte durch den Kondensator, so wächst in diesem Moment seine Kapazität. Er kann eine größere Ladung aufnehmen: das ist in diesem Moment durch einen kurzzeitigen Zeigerausschlag am Strommesser zu erkennen.

149. Die Ladung bleibt unverändert. Die Spannung nimmt ab, da infolge des neuen Dielektrikums die Kapazität größer wird.

150. $Q = 0{,}33$ mAs

151. $Q \approx 1 \cdot 10^{-6}$ As

152. Die ankommenden Schallwellen bewegen die Membran. Das führt zur Änderung des Plattenabstandes und damit zur Änderung der Kapazität des Kondensators. Ändert sich die Kapazität, so ändert sich auch die Ladung, die er speichern kann. Diese Änderungen rufen Änderungen der Stromstärke im Stromkreis hervor.

153. $v \approx 5{,}9 \cdot 10^3 \frac{\text{km}}{\text{s}}$

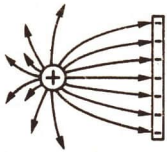


Bild 13
zu Lösung 143

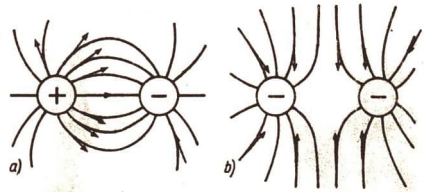


Bild 14
zu Lösung 144

154. Nähert man den Finger der Außenwand der Dose, so kann man beobachten, daß zwischen Finger und Dose eine Anziehungskraft wirkt. Nähert man dagegen den Finger der Innenwand, so ist keine Wirkung feststellbar, d. h., die Ladungen sammeln sich auf der Außenwand der Dose.

155. Das Doppelpendel wird aus zwei Weihnachtsbaumkugeln hergestellt, die an zwei gleich langen Fäden isoliert aufgehangen werden. Je nach der Art der Ladung der beiden Kugeln stoßen sie einander ab oder ziehen sie einander an.

156. Der Wasserstrahl wird zum elektrisch geladenen Plastkörper hin abgelenkt, da Strahl und Plastkörper elektrisch ungleichartig geladen sind; Wasserstrahl - elektrisch positiv geladen, Plastkörper - elektrisch negativ geladen.

157. Da die Kapazität eines Kondensators mit wachsendem Plattenabstand kleiner wird, könnte man Längenmessungen durchführen, indem man einen Kondensator mit einer bestimmten Spannung auflädt, von der Spannungsquelle trennt und mit einem Elektrometer als Spannungsmesser verbindet. Vergrößert man den Plattenabstand (Anwachsen der Länge), so wird die Kapazität kleiner und die Spannung größer ($C = \frac{Q}{U}$).

Der Zeigerausschlag am Spannungsmesser wird größer; die Skale läßt sich in Längeneinheiten teilen.

2.2. Magnetisches Feld

158. Die Magnetnadel stellt sich jeweils in Richtung der magnetischen Feldlinien ein.

159. Ein Marschkompaß enthält außer einer Magnetnadel eine Teilringscheibe mit Strichteilung (zum Bestimmen von Marschrichtungszahlen) und eine Visiereinrichtung.

160. Auf dem Kompaß wird die Marschrichtungszahl 0 (Nord) eingestellt. Nun legt man den Kompaß mit seiner Anlegekante an den Kartenrand. Die Karte wird mit Kompaß so weit gedreht, bis die Magnetnadel auf die Nord-Südrichtung des Kompasses einspielt.

161. Man legt den Kompaß mit der eingestellten Marschrichtungszahl auf die eingenordete Karte, wobei die Anlegekante durch den Kartenpunkt des Beobachtungsortes gehen muß. Nun dreht man den Kompaß um diesen Beobachtungspunkt so lange, bis die Magnetnadel wieder auf die Nord- und Südmarkierung des Kompasses einspielt. Die Anlegekante gibt nun die Richtung an, in der der anvisierte Geländepunkt auf der Karte zu suchen ist.

162. Den Stab I hält man horizontal und berührt mit dem senkrecht dazu geführten Stab II längs des Stabes I diesen an mehreren Punkten. Ist die Anziehungskraft zwischen den Stäben an allen Berührungspunkten gleich groß, so muß der Stab II ein Dauermagnet sein. Nimmt dagegen die Anziehungskraft bezüglich des Stabes I zur Mitte hin ab und dann wieder zu, so ist der Stab I ein Dauermagnet.

163. Die Magnetnadel würde sich senkrecht zur Erdoberfläche stellen.

164. Im Kasten links oben kann sich z. B. ein Dauermagnet mit einem magnetischen Südpol in der Nähe der Magnetnadeln befinden (oder evtl. auch ein Eisenkörper). Im Kasten rechts unten befindet sich ein gerader, stromdurchflossener Leiter.

165. Bild 15

166. Im Rhythmus des Drückens der Morsetaste wird der Stromkreis geschlossen und damit der Elektromagnet betätigt. Dieser zieht in diesem Rhythmus den Anker an, und der Schreibstift markiert auf dem Papierstreifen die Morsezeichen.

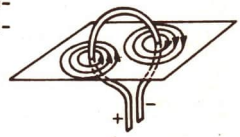


Bild 15 zu Lösung 165

167. Man läßt das Saatgut über eine rotierende Trommel laufen, in der sich ein Elektromagnet befindet. Dabei werden die mit Eisenpulver behafteten Unkrautsamen angezogen, während die glatten Körnchen des reinen Saatgutes über die Trommel hinweg getrennt in einen Sammelbehälter fallen.

168. Bild 16

169. Der Strom fließt durch jede Windung der Schraubenfeder in gleicher Richtung. Das bewirkt, daß eine Anziehungskraft zwischen den einzelnen Leiterschleifen auftritt. Somit verkürzt sich die Schraubenfeder beim Einschalten des Stromes und taucht nicht mehr in das Quecksilber ein. Der Stromkreis wird damit unterbrochen. Nach diesem Unterbrechen des Stromkreises nimmt die Schraubenfeder ihre ursprüngliche Länge ein und schließt damit den Stromkreis erneut. So bewegt sie sich periodisch auf und ab.

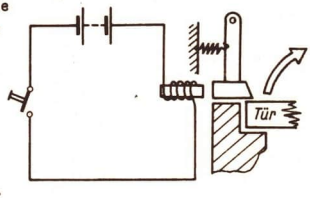


Bild 16 zu Lösung 168

170. Auf die stromdurchflossene Leiterschleife mit einem kleinen Spiegel wirkt im Magnetfeld eine Kraft, die senkrecht zu den magnetischen Feldlinien und zum stromdurchflossenen Leiter gerichtet ist. Damit wird die Leiterschleife und mit ihr der kleine Spiegel, der den Lichtstrahl reflektiert, gedreht. Mit der Änderung des Einfallswinkels des Lichtstrahles am Spiegel ändert sich in gleichem Maße der

Reflexionswinkel. Der Lichtstrahl wandert damit über die Skale in Abhängigkeit von der Stärke des fließenden Stromes.

171. I = 5,4 A; U = 6 V; I = 1,8 mA; U = 105 V; I = 24 mA

172. Die Tauchspule befindet sich im Magnetfeld eines starken Elektromagneten. Auf diese Spule wirkt eine Kraft, wenn sie von einem Strom durchflossen wird. Diese Kraft ist abhängig von der Richtung des Stromes und seiner Stärke. Im Rhythmus der Schwankungen der Stärke des die Spule durchfließenden Stromes wird somit die Spule bewegt, wobei sich die Membran in diesem Rhythmus mitbewegt. Dadurch kann nun die Membran in diesem Rhythmus Schallwellen aussenden.

173. Schaltet man zunächst die obere Spannungsquelle ein, so ist kein Stromfluß möglich, weil der Arbeitskontakt des linken Relais nicht geschlossen ist. Beim Einschalten der Spannungsquelle im äußeren Stromkreis (untere Spannungsquelle) kann ein Strom fließen. Durch diesen Stromfluß spricht das linke Relais an und schließt den inneren Stromkreis. Beim Stromfluß im inneren Stromkreis spricht aber das rechte Relais an und unterbricht, da es einen Ruhekontakt hat, den äußeren Stromkreis.
Das Unterbrechen des äußeren Stromkreises hat das Unterbrechen des inneren zur Folge. Damit fällt das rechte Relais ab, sein Ruhekontakt schließt wieder, und damit kann im äußeren Stromkreis wieder ein Strom fließen. Das hat zur Folge, daß auch der innere Stromkreis wieder geschlossen wird. Der Vorgang wiederholt sich periodisch.

2.3. Elektromagnetische Induktion

174. Durch die Bewegung des Wagens mit Stabmagneten auf die Spule (hoher Induktivität) zu, wird eine Spannung in dieser Spule induziert, die einen Stromfluß bewirkt. Nach dem Lenzschen Gesetz ist dieser Strom so gerichtet, daß sein Magnetfeld der Ursache dieses Vorganges entgegenwirkt. Das Magnetfeld des durch Induktion hervorgerufenen Stromes bewirkt eine Kraft, die der Bewegung des Wagens entgegengerichtet ist. Damit tritt eine verzögerte Bewegung des Wagens ein.

175. Durch die elektromagnetische Induktion wird beim Magnettongerät die Wiedergabe möglich. In Abhängigkeit von der unterschiedlichen Stärke des Magnetfeldes des Tonbandes, das am Hörkopf vorbeiläuft, wird im Rhythmus der im Magnetfeld gespeicherten Sprache oder Musik in einer Spule eine Spannung induziert.

176. Durch das Drehen des Hufeisenmagneten werden in der Aluminiumscheibe Wirbelströme induziert, deren Magnetfelder nach dem Lenzschen Gesetz so gerichtet sind, daß sie der Ursache des Vorganges entgegenwirken. Also beginnt sich die Scheibe mitzudrehen, bis sie gegebenenfalls die Drehzahl des Hufeisenmagneten erreicht. Dann würde aber keine Induktionsspannung mehr auftreten, und die Scheibe würde sich wieder mit kleinerer Drehzahl bewegen.

177. Der Aluminiumring folgt den beiden Bewegungen des Hufeisenmagneten ein wenig.

178. Bild 17

Energieumwandlung:

elektrische Energie ⇄ potentielle Energie des hochgepumpten Wassers

(Nachtstunden: Motor treibt Pumpe an)

(Spitzenbelastungszeit: Turbine treibt Generator an)

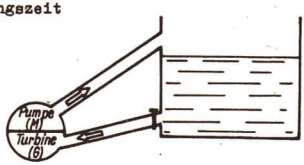


Bild 17 zu Lösung 178

179. Die Nadel bewegt sich mit der Spule im Rhythmus der auf der Schallplatte gespeicherten Sprache oder Musik. Die Spule bewegt sich dabei im Feld eines Hufeisenmagneten. Das führt zu einer rhythmischen Änderung des die Spule durchsetzenden Magnetfeldes, wobei in diesem Rhythmus in der Spule eine Spannung induziert wird. Diese Spannung kann nun in einem Stromkreis einen entsprechenden Strom hervorrufen.

2.4.1. Elektrische Leitungsvorgänge

180. Das Bild 108/2 im Lehrbuch stellt drei verschieden stark vereinfachte Modelle eines Sauerstoffatoms dar. Man erkennt, daß im neutralen Sauerstoffatom die Anzahl der negativ geladenen Elektronen (8) in der Hülle gleich der Anzahl der positiv geladenen Protonen (8) im Atomkern ist.

181. Ionisieren ist der Vorgang, bei dem durch Energiezufuhr das Ladungsgleichgewicht der neutralen Teilchen gestört wird. Die vorhandenen Ladungen werden getrennt. Von den Atomen oder Molekülen werden Elektronen abgespalten. Sie werden damit zu Ionen.

182. Ionenbeziehung beruht auf der elektrischen Anziehung von elektrisch ungleichartig geladenen Ionen.
Atombindung beruht auf der Bildung gemeinsamer Elektronenpaare aus den Außenelektronen eines Atoms mit denen umliegender Atome.
Metallbindung beruht auf dem Vorhandensein frei beweglicher Elektronen in einem Metallgitter, wobei auf den Gitterplätzen die Metallionen sitzen, die Außenelektronen als frei bewegliche Elektronen abgegeben haben.

183. Im Germaniumkristall halten die Teilchen infolge Atombindung zusammen, im Kochsalzkristall infolge Ionenbeziehung.

184. Die Metallatome geben Außenelektronen als frei bewegliche Elektronen ab. Zwischen den entstandenen Metallionen und den Elektronen wirken elektrische Anziehungskräfte.

185. Man verbindet die unterschiedlich geladenen Elektroden mit einem metallischen Leiter. Dann wandern die frei beweglichen

chen Elektronen von der Elektrode mit Elektronenüberschuß zur Elektrode mit Elektronenmangel.

186. Aus den Versuchen 51 bis 54 im Lehrbuch kann man erkennen, daß in festen, flüssigen und gasförmigen Stoffen sowie im Vakuum ein elektrischer Stromfluß möglich ist. Dieser Stromfluß kommt stets zustande, wenn man eine Spannungsquelle in den Stromkreis schaltet (dafür sorgt, daß freie Ladungsträger vorhanden sind) und diesen Stromkreis schließt.

187. Aus dem allgemeinen Modell des elektrischen Leitungsvorganges erkennt man, daß ein elektrischer Strom fließen kann, wenn frei bewegliche Ladungsträger (Elektronen, Ionen) und ein elektrisches Feld im zu untersuchenden Raum vorhanden sind. Wird ein elektrischer Stromkreis geschlossen, so werden die Ladungsträger unter dem Einfluß des elektrischen Feldes beschleunigt. Elektrische Feldenergie wird in kinetische Energie der Ladungsträger umgewandelt. Es tritt eine gerichtete Bewegung der positiven und negativen Ladungsträger ein; beide Arten von Ladungsträgern tragen zur Gesamtstromstärke bei.

188. Ladungsträger in Metallen sind frei bewegliche Elektronen. Legt man eine Spannung an die Enden eines metallischen Leiters,so tritt ein elektrisches Feld auf, das auf jedes Elektron eine elektrische Kraft ausübt. Dabei bewegen sich alle frei beweglichen Elektronen in eine Richtung, zum positiven Pol der Spannungsquelle hin. Elektrische Feldenergie wird in kinetische Energie der Elektronen umgewandelt. Die Elektronen werden beschleunigt, treten aber in Wechselwirkung mit den Gitterbausteinen, wobei ein Teil ihrer kinetischen Energie in kinetische Energie der Gitterbausteine umgewandelt wird. Das führt zu einer Erwärmung des metallischen Leiters.

189. Bild 18

190. Bei Temperaturerhöhung eines metallischen Leiters wächst die kinetische Energie der Gitterbausteine; ihre Schwingungsweiten nehmen zu. Dadurch wird aber auch die Wechselwirkung der Elektronen mit den Gitterbausteinen verstärkt, der elektrische Stromfluß wird "behindert". Somit nimmt die elektrische Stromstärke ab und der elektrische Widerstand des Leiters zu.

191. Bild 19

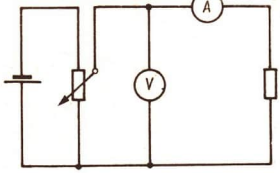


Bild 18 zu Lösung 189

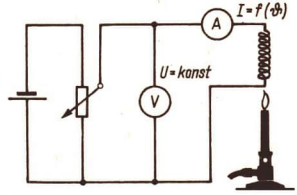


Bild 19 zu Lösung 191

192. Ladungsträger in Elektrolytlösungen sind Ionen. Legt man eine Spannung an die Elektroden, die in die Elektrolytlösung tauchen, so tritt ein elektrisches Feld auf, das auf jedes Ion eine elektrische Kraft ausübt. Mit der Bewegung der Ionen im elektrischen Feld wird elektrische Feldenergie in kinetische Energie der Ionen umgewandelt. Die Ionen wandern jeweils zur entgegengesetzt geladenen Elektrode: Kationen zu Katode, Anionen zur Anode. Bei der Ionenwanderung treten die Ionen in Wechselwirkung mit anderen, sie umgebenden Teilchen (Lösungsmittelmoleküle, Ionen). Dabei wird ein Teil ihrer kinetischen Energie in kinetische Energie dieser Teilchen umgewandelt. An den Elektroden werden die Ionen entladen und entsprechende Stoffe abgeschieden.

193. $NaCl \rightleftharpoons Na^+ + Cl^-$; $CuSO_4 \rightleftharpoons Cu^{2+} + SO_4^{2-}$

194. Kupfersulfat dissoziiert nach der Gleichung:

$CuSO_4 \rightleftharpoons Cu^{2+} + SO_4^{2-}$

Die Kupferionen wandern unter dem Einfluß eines elektrischen Feldes zur Katode. Dort werden sie entladen: $Cu^{2+} + 2e \longrightarrow Cu$: Kupfer scheidet sich ab. In der Technik kann man so reinstes Elektrolytkupfer gewinnen.

195. Würde man bei der elektrolytischen Kupferreinigung mit Wechselstrom arbeiten, könnten die Kupferionen nicht zur Katode wandern und dort entladen werden. Es würde keine Abscheidung von reinstem Elektrolytkupfer eintreten.

196. In Gasen kommt ein elektrischer Leitungsvorgang zustande, wenn durch Energiezufuhr die Gasmoleküle ionisiert werden. Unter dem Einfluß eines elektrischen Feldes werden die Ladungsträger beschleunigt; auf Ionen und Elektronen werden elektrische Kräfte ausgeübt. Bei der Bewegung der Ladungsträger wird elektrische Feldenergie in kinetische Energie der Ladungsträger umgewandelt. Ein Teil der kinetischen Energie der Ladungsträger wird durch Wechselwirkung mit anderen Gasteilchen in kinetische Energie dieser Teilchen umgewandelt.

197. In Gasen kann man Ladungsträger durch Ionisation erzeugen, Ionisation ist u. a. durch Erwärmung des Gases, Röntgenstrahlung und radioaktive Strahlung möglich.

198. Durch Stoßionisation kann die Anzahl der Ladungsträger in einem Gas zunehmen, wenn durch die angelegte Spannung die Ladungsträger eine so große kinetische Energie erhalten, daß sie beim Zusammenstoß mit neutralen Gasteilchen diese ionisieren.

199. Der Beginn der Stoßionisation hängt vom Druck des Füllgases ab, weil mit Abnahme des Gasdrucks die Anzahl der neutralen Gasteilchen im Gasraum abnimmt und ihr Abstand größer wird. Die Ionen stoßen im Durchschnitt seltener mit neutralen Gasteilchen zusammen und werden daher länger beschleunigt. Sie erreichen dabei eine so große kinetische Energie, daß sie bei einem Zusammenstoß weitere neutrale Gasteilchen ionisieren können. Die Anzahl der Ladungsträger im Gas vergrößert sich lawinenartig.

200. Um einen elektrischen Leitungsvorgang im Vakuum zu erreichen müssen Ladungsträger in das Vakuum gebracht und diese in einem elektrischen Feld beschleunigt werden.

201. Glühemission ist der Vorgang des Heraustretens von Elektronen aus der Oberfläche glühender Metallkörper infolge Zufuhr von Wärmeenergie.

202. Fotoemission ist der Vorgang des Heraustretens von Elektronen aus der Oberfläche von Metall- oder Metalloxidkörpern infolge Zufuhr von Lichtenergie.

203. Fotoemission kommt zustande, wenn bestimmte Metall- oder Metalloxidkörper (Cäsium-, Bariumoxidelektroden) belichtet werden. Dabei wird auf die Außenelektronen der Atome Energie übertragen, so daß sich diese von den Atomen trennen.

204. Positive Ladungsträger in Elektrolytlösungen sind frei beweglich. Sie wandern in einem elektrischen Feld zur Katode. Dagegen sind positive Ladungsträger in Halbleitern als Bindungslücken nicht frei beweglich.

205. In einem Halbleiter sind die Elektronen an die Atome gebunden. Durch äußere Energiezufuhr können Elektronen aus den Atomen herausgelöst und frei beweglich werden. Legt man nun eine Spannung an den Halbleiter, so werden diese Elektronen im elektrischen Feld beschleunigt und hinterlassen im Atom jeweils Bindungslücken ("Löcher", Defektelektronen), die ebenfalls wie Ladungsträger im Leitungsvorgang auftreten, sich aber nicht bewegen können. Elektronen und Defektelektronen ermöglichen den elektrischen Leitungsvorgang im Halbleiter.

206. Eine hohe Konzentration von Ladungsträgern in Halbleitern kann bewirken, daß der Widerstand des Halbleiters sehr klein wird. Legt man eine Spannung an einen solchen Halbleiter, so würde die elektrische Stromstärke sehr stark anwachsen und mit weiterer Erwärmung des Halbleiters so groß werden, daß der Halbleiter zerstört werden würde.

207. Störstellenleitung wird durch zusätzliche frei bewegliche Ladungsträger im Halbleiter möglich. Man baut dazu in den Halbleiter Fremdatome ein, durch die der Kristall zusätzliche Elektronen (n-Leitung) oder Defektelektronen (p-Leitung) erhält.

208. Bei Halbleitern werden bei Wärmeenergiezufuhr weitere Elektronen aus den Elektronenpaaren gelöst und somit frei beweglich. Bei steigender Temperatur wächst damit die Stromstärke trotz konstanter Spannung an, und der elektrische Widerstand nimmt ab.

209. Bei metallischen Leitern wird bei Temperaturerhöhung die Wechselwirkung der frei beweglichen Elektronen mit den Gitterbausteinen stärker. Damit wird bei einer Temperaturerhöhung die elektrische Stromstärke kleiner und der elektrische Widerstand größer. Bei Halbleitern nimmt dagegen die Anzahl der Ladungsträger bei Temperaturerhöhung zu. Dadurch wird bei einer Temperaturerhöhung trotz konstanter Spannung die elektrische Stromstärke größer und der elektrische Widerstand kleiner.

210. Hält man an einem Halbleiterwiderstand die Spannung konstant, so ist die Stärke des fließenden Stromes ein Maß für die Temperatur des Halbleiters; $I = f(\vartheta)$.

2.4.2. Anwendung elektrischer Leitungsvorgänge

211. Eine Röhrendiode besteht aus einem evakuierten Glaskolben, in dem sich zwei Elektroden befinden (Katode, Anode). Die Katode wird geheizt und emittiert Elektronen. Verbindet man Katode und Anode mit den Polen einer Spannungsquelle, wobei der negative Pol an die Katode gelegt wird, so werden die aus der geheizten Katode austretenden Elektronen im elektrischen Feld zwischen Katode und Anode beschleunigt. In der Röhre fließt ein Elektronenstrom.

212. Die Gleichrichterwirkung einer Röhrendiode wird dadurch erreicht, daß diese Röhre beim Anlegen einer Wechselspannung nur dann einen Anodenstrom zuläßt, wenn die Anode positive und die Katode negative Polung zeigen.

213. Durch die Raumladung können nicht alle von der Katode emittierten Elektronen zur Anode gelangen. Elektronen werden durch die Raumladungswolke gebremst bzw. zurückgestoßen. Erst durch ein stärkeres elektrisches Feld mit entsprechender Polarität wird die Raumladungswolke allmählich abgebaut, so daß alle emittierten Elektronen zur Anode gelangen können.

214. a) Im Bereich negativer Anodenspannung fließt nur ein Strom sehr geringer Stärke. Im Bereich positiver Anodenspannung wächst dann die Anodenstromstärke annähernd in dem Maße,

wie die Anodenspannung erhöht wird (Raumladungsgebiet). Schließlich erreicht die Anodenstromstärke einen Höchstwert. Sie bleibt auch bei weiterem Erhöhen der Anodenspannung konstant (Sättigungsgebiet).

b) Im Raumladungsgebiet werden zunächst die von der Katode emittierten Elektronen gebremst bzw. zurückgestoßen. Nach Erhöhen der Anodenspannung wird die Raumladungswolke durch das stärkere elektrische Feld allmählich abgebaut. Das zeigt sich in einem annähernd proportionalen Anwachsen der Anodenstromstärke. Das Sättigungsgebiet wird erreicht, wenn bei einer bestimmten Anodenspannung alle emittierten Elektronen ständig die Anode erreichen. Die Anodenstromstärke kann dann nicht weiter anwachsen. Sie hat einen Höchstwert erreicht.

215. a) Eine Röhrentriode besteht aus einem evakuierten Glaskolben, in dem sich drei Elektroden befinden: Katode, Anode und Gitter.

b) Die Steuerwirkung des Gitters erreicht man dadurch, daß man dem elektrischen Feld zwischen Katode und Anode ein zweites elektrisches Feld zwischen Katode und Gitter entgegengesetzt überlagert.

c) Bei zunehmender positiver Gitterspannung würde ein Teil der von der Katode emittierten Elektronen über den Gitterstromkreis abfließen. Dabei müßte die Anodenstromstärke abnehmen.

216. Bei großer negativer Gitterspannung kann in der Röhrentriode kein Strom fließen. Wird die negative Gitterspannung kleiner, so wächst die Anodenstromstärke proportional zur Gitterspannungsabnahme an. In dem Maße, wie die negative Gitterspannung verringert wird, wächst die Anzahl der zur Anode gelangenden Elektronen. Für unterschiedliche Werte der jeweils konstanten Anodenspannung erhält man bei einer bestimmten Röhrentriode eine Schar annähernd paralleler I_A-U_G-Kennlinien. Ein Vergrößern der Anodenspannung bewirkt eine Verschiebung der Kennlinie in den Bereich negativer Gitterspannung.

217. Die Gleichrichterwirkung einer Röhrendiode wird dadurch erreicht, daß diese Röhre beim Anlegen einer Wechselspannung nur jeweils dann einen Anodenstrom zuläßt, wenn die Anode positive und die Katode negative Polung zeigt. Dieses Verhalten macht sie geeignet für eine Verwendung zur Gleichrichtung von Wechselströmen in Stromversorgungsgeräten u. a.
Die Steuerwirkung einer Röhrentriode wird dadurch erreicht, daß man mit Änderung der negativen Gitterspannung die Anodenstromstärke zwischen Null und einem Höchstwert ändern kann. Die Triode kann daher als Verstärkerelement in elektroakustischen Anlagen verwendet werden.

218. Die von der Katode emittierten Elektronen werden durch ein elektrisches Feld, das zwischen den zylinderförmigen Anoden und der Katode besteht, beschleunigt. Infolge der hohen Anodenspannung erhalten die Elektronen im elektrischen Feld eine so hohe kinetische Energie, daß sie sich durch die Anoden hindurch zum Leuchtschirm bewegen können. Dort regen sie die Leuchtschicht des Schirmes zum Aussenden von Licht an.

219. Der Elektronenstrahl kann in der Elektronenstrahlröhre durch elektrische oder magnetische Felder aus seiner Richtung abgelenkt werden. Im elektrischen Feld werden die Teilchen durch elektrostatische Kräfte in Richtung der Feldlinien abgelenkt.
Im magnetischen Feld tritt eine Wechselwirkung zwischen den bewegten Ladungen und dem Magnetfeld auf. Die Teilchen werden senkrecht zur Bewegungsrichtung und senkrecht zu den Feldlinien abgelenkt.

220. Die Intensität des Elektronenstrahles in einer Elektronenstrahlröhre kann ähnlich der Steuerwirkung eines Gitters in einer Röhrentriode mit einem Wehneltzylinder gesteuert werden. Er ist aufgebaut wie eine optische Lochblende. Zur Steuerung der Intensität legt man an den Wehneltzylinder eine Spannung, die gegenüber der Katode regelbar und negativ ist.

221. Zwei wichtige Anwendungsbeispiele der Elektronenstrahlröhre sind die Oszillografenröhre und die Fernsehbildröhre. In einer Oszillografenröhre erfolgt die Ablenkung des Elektronenstrahls vorwiegend durch elektrische Felder, in der Fernsehbildröhre dagegen durch magnetische Felder. Die Oszillografenröhre dient vorwiegend dem Ausmessen und Deuten von Spannungs- und Stromstärkekurven elektrischer Vorgänge, wobei die Kurven bei einer konstanten Intensität des Elektronenstrahls gezeichnet werden. Die Fernsehbildröhre erzeugt Bilder, deren Kontraste durch Intensitätssteuerung des Elektronenstrahls erzeugt werden. Dabei wird der Elektronenstrahl periodisch über den ganzen Schirm horizontal und vertikal abgelenkt.

222. Bild 20. Bewegt sich ein Werkstück durch den Lichtstrahl zwischen Lichtquelle und Fotozelle, so wird in diesem Moment jeweils der Lichtstrahl ausgeblendet. In der Fotozelle sinkt damit der Fotostrom auf ein Minimum, ebenso der zur Verstärkung dieses Stromes erzeugte Anodenstrom einer Röhrentriode. Dabei kann nun ein Relais im Anodenstromkreis einen Stromkreis schalten, in dem ein elektrisches Zählwerk liegt.

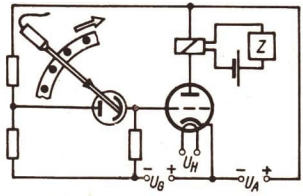


Bild 20 zu Lösung 222

223. Eine Halbleiterdiode besteht aus einem Einkristall, der eine n- und eine p-leitende Schicht besitzt. Legt man eine Spannung so an die Diode, daß der negative Pol der Spannungsquelle an der n-leitenden Schicht liegt, so können sich die Elektronen unter dem Einfluß des elektrischen Feldes über die Grenzschicht hinweg bewegen. Es fließt ein elektrischer Strom, dessen Stärke durch die Anzahl der Elektronen und Defektelektronen bestimmt wird. Bei umgekehrter Polung sperrt die Diode den Stromfluß fast vollständig.

224.

Halbleiter-dioden	Leitung im Festkörper	Elektronen, Defekt-elektronen	geringer Sperrstrom	einfach, klein, robust
Röhren-dioden	Leitung im Hochvakuum	Elektronen	vollständige Sperrwirkung	Heizung und entsprechender Energieaufwand

Beide zeigen Gleichrichterwirkung für Wechselstrom.

225. Die Kollektorstromstärke ist bei konstanter Kollektorspannung proportional der Basisstromstärke. Kleine Änderungen der Basisstromstärke haben große Änderungen der Kollektorstromstärke zur Folge.

226. Beim Transistor kann mit einer geringen Basisstromstärke die Kollektorstromstärke gesteuert werden, dagegen bei einer Röhrentriode mit einer negativen Gitterspannung die Anodenstromstärke.

227. Beim Glühfaden der Lampe nimmt mit Temperaturerhöhung der elektrische Widerstand zu, dagegen beim Halbleiter ab. Diese Widerstände zeigen entgegengesetzes Temperaturverhalten.

228. Der Widerstand A besteht aus einem metallischen Werkstoff; der Widerstand B besteht aus einem Halbleiterwerkstoff.

Klasse 10

1. Kernphysik

1. Wenn ein zu erforschendes Objekt nicht unmittelbar beobachtet werden kann, entwickelt der Physiker häufig ein Modell für dieses Objekt und versucht, aus diesem Modell bestimmte Eigenschaften des Objekts zu erkennen. Das Modell ist einfacher und übersichtlicher als das Objekt und gibt nur wesentliche Merkmale des Objekts wieder. Die am Modell gewonnenen Erkenntnisse müssen am wirklichen Objekt auf ihre Richtigkeit geprüft werden.

2. Klasse 6 (Physik): Ein Atom besteht aus dem Kern, in dem sich die positiven Ladungen befinden und einem Raum um den Kern (Atomhülle), in dem sich die negativ geladenen Elektronen bewegen.
   Klasse 8 (Chemie): Ein Atom besteht aus dem Kern und dem Aufenthaltsraum der Elektronen, in dem diese eine komplizierte Bewegung vollführen. Die Räume größter Aufenthaltswahrscheinlichkeit der Elektronen mit gleicher bzw. annähernd gleicher Energie und die ihnen entsprechenden Energieniveaus werden als Elektronenschalen oder Schalen der Atomhülle bezeichnet.

3. Die Massenzahl gibt an, aus wie vielen Protonen und Neutronen der Kern des Elements besteht. Die Ordnungszahl (Kernladungszahl) gibt die Anzahl der Protonen im Kern und bei einem neutralen Atom außerdem die Anzahl der Elektronen an.

4. Die sprunghaften Änderungen der chemischen Eigenschaften der Elemente ergeben sich aus der unterschiedlichen Anzahl der Elektronen verschiedener Elemente auf der noch aufnahmefähigen Außenschale und dem Bestreben der Atome, durch Aufnahme oder Abgabe von Elektronen stabile Elektronenanordnungen zu erreichen. Sie bestimmen weitgehend die chemischen Reaktionen der Elemente.

5. Auf der Außenschale des Natriumatoms befindet sich ein Elektron, auf der Außenschale des Chloratoms befinden sich 7 Elektronen. Sowohl Natrium als auch Chlor sind bestrebt, eine stabile Elektronenanordnung in der Atomhülle zu erreichen. Bei der Reaktion von Natrium und Chlor gibt das Natriumatom das

eine Elektron der Außenschale an das Chloratom ab. Bei dem entstandenen Natrium-Ion und dem Chlorid-Ion sind damit voll besetzte Außenschalen vorhanden. Die chemische Bindung beruht auf der elektrischen Anziehung des positiv geladenen Natrium-Ions und des negativ geladenen Chlorid-Ions.

6.

Atom	Protonenanzahl	Neutronenanzahl	Elektronenanzahl
$^{2}_{1}H$	1	1	1
$^{4}_{2}He$	2	2	2
$^{16}_{8}O$	8	8	8
$^{17}_{8}O$	8	9	8
$^{60}_{27}Co$	27	33	27
$^{206}_{82}Pb$	82	124	82
$^{207}_{82}Pb$	82	125	82
$^{235}_{92}U$	92	143	92
$^{238}_{92}U$	92	146	92

7. Wasserstoffatome bestehen aus 1 p, 1 n und 1 e,
Heliumatome bestehen aus 2 p, 2 n und 2 e,
Kohlenstoffatome bestehen aus 6 p, 6 n und 6 e,
Stickstoffatome bestehen aus 7 p, 7 n und 7 e.

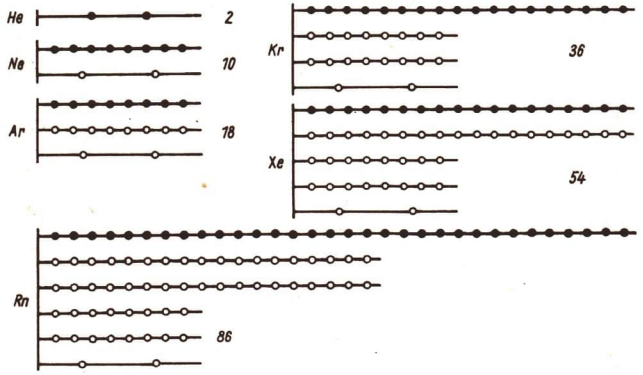


Bild 21 zu Lösung 8

8. Bild 21. Die Atome der VIII. Hauptgruppe des Periodischen Systems haben eine maximal besetzte Außenschale. Die Frage nach den chemischen Eigenschaften ist nicht zu stellen (ab 4. Auflage gestrichen).

9. **Die Masse eines Lithium-Ions ist nur unwesentlich geringer als die eines Lithium-Atoms, weil die dem Ion fehlenden Elektronen im Verhältnis zur Masse des Kerns nur eine sehr geringe Masse haben.**

10. Gegeben:

$m_p = 1{,}6725 \cdot 10^{-27}$ kg

$m_e = 9{,}1091 \cdot 10^{-31}$ kg

Gesucht:

Anzahl der Elektronen n_e, deren Gesamtmasse ebensogroß wie die eines Protons ist.

Lösung:

$$n_e = \frac{m_p}{m_e}$$

$$n_e = \frac{1{,}6725 \cdot 10^{-27}\ \text{kg}}{9{,}1091 \cdot 10^{-31}\ \text{kg}}$$

$$n_e = 1{,}836 \cdot 10^3$$

1836 Elektronen haben dieselbe Masse wie ein Proton.

11. Ein Zählrohr besteht aus einer mit einem Glasmantel umgebenen Drahtwendel. Im Inneren ist ein dünner Draht ausgespannt. Das Zählrohr ist mit einem Gasgemisch gefüllt. Durch eine angelegte Spannung besteht im Inneren des Glasrohres ein starkes elektrisches Feld. Jedes eintretende geladene Teilchen ionisiert eine bestimmte Anzahl der Atome des Füllgases. Die durch die Ionisation entstandenen Elektronen und Ionen werden im elektrischen Feld zwischen Drahtwendel und Zählrohrdraht beschleunigt, stoßen mit weiteren neutralen Atomen zusammen und ionisieren auch diese (Stoßionisation). Sie lösen damit eine Elektronenlawine aus, die im Zählrohrstromkreis einen Stromstoß erzeugt, der am Arbeitswiderstand einen Spannungsstoß bewirkt. Dieser Spannungsstoß wird in einem Zählwerk registriert.

12. Eine Nebelkammer ist ein geschlossenes Gefäß, in dem sich Luft befindet, die durch Wasserdampf oder Alkoholdämpfe gesättigt ist. Durch plötzliche Volumenvergrößerung der Kammer erfolgt eine schnelle Ausdehnung des Gasgemisches. Die Ausdehnung hat eine Abkühlung des Gasgemisches zur Folge. Dadurch wird das Kammervolumen mit Wasserdampf übersättigt. Es bildet sich Nebel. Eindringende geladene Teilchen ionisieren das Gas längs ihrer Bahn. Bei geeigneter Beleuchtung sind Nebelspuren sichtbar, die den Weg zeigen, den die Teilchen genommen haben.

13. Isotope Kerne sind Atomkerne, die bei gleicher Kernladungszahl durch ihre unterschiedliche Anzahl von Neutronen verschiedene Massenzahlen aufweisen. Isotope zeigen gleiche chemische Eigenschaften, unterscheiden sich aber in ihren physikalischen Eigenschaften.

14. $^{16}_{8}O$ und $^{17}_{8}O$, $^{206}_{82}Pb$ und $^{207}_{82}Pb$, $^{235}_{92}U$ und $^{238}_{92}U$

15. Vorbemerkung: Die Seitenangabe im Lehrbuch (1. bis 3. Auflage) muß richtig heißen 22 und 23.
Mischelemente: Li, B, C, N, O, Ne, Mg, Si, S, Cl, Ar, K, Ca
Reinelemente: Be, F, Na, Al, P.

16. Die Aussage bedeutet, daß die Masse des natürlich vorkommenden Chlors 35,453 mal so groß ist wie der 12. Teil der Masse von $^{12}_{6}C$. Entsprechendes gilt für Sauerstoff (15,9994 mal so groß) und für Kohlenstoff (12,011115 mal so groß). Da sich keine ganzzahligen Atommassen ergeben, muß geschlossen werden, daß es sich bei Chlor, Sauerstoff und Kohlenstoff um Mischelemente handelt, d. h. daß diese Elemente aus verschiedenen Isotopen bestehen.

17. Gegeben:
Anteil von $^{24}_{12}Mg$: $p_1 = 78\ \%$
$^{25}_{12}Mg$: $p_2 = 11\ \%$
$^{26}_{12}Mg$: $p_3 = 11\ \%$

Gesucht:
A_r von natürlichem Mg

Lösung:

$$A_r(Mg) = \frac{A_r(^{24}Mg) \cdot p_1 + A_r(^{25}Mg) \cdot p_2 + A_r(^{26}Mg) \cdot p_3}{(p_1 + p_2 + p_3)}$$

$$A_r(Mg) = \frac{24 \cdot 78\ \% + 25 \cdot 11\ \% + 26 \cdot 11\ \%}{100\ \%}$$

$$A_r(Mg) = 24{,}33$$

Die relative Atommasse von natürlichem Magnesium beträgt 24,33.

18. Der Spontanzerfall ist ein Vorgang, bei dem instabile Atomkerne ohne äußeren Einfluß durch Energieabgabe in Form von Strahlung (Emission von Teilchen- oder Gammastrahlung) in stabile Atomkerne zerfallen.

19. Alphastrahlen: Bezeichnung $^{4}_{2}He^{++}$ oder α^{++}; zweifach positiv geladene Heliumkerne werden durch elektrische und magnetische Felder abgelenkt
Betastrahlen: Bezeichnung $^{0}_{-1}e$ oder β^{+}; Elektronen; werden durch elektrische und magnetische Felder abgelenkt; negativ geladen

Positronenstrahlen: Bezeichnung $^{0}_{+1}e$ oder β^+; Positronen; werden durch elektrische oder magnetische Felder abgelenkt; positiv geladen

Gammastrahlen: Bezeichnung γ ; energiereiche elektromagnetische Strahlung; weder elektrisch noch magnetisch ablenkbar

Das Durchdringungsvermögen der Strahlung nimmt von der α-Strahlung über die β-Strahlung zur γ-Strahlung hin zu, das Ionisierungsvermögen ab.

20. Die Gleichung bedeutet, daß $^{222}_{86}Rn$ unter Emission von $^{4}_{2}\alpha$-Strahlung in $^{218}_{84}Po$ zerfällt.

$$^{222}_{86}Rn \longrightarrow {}^{218}_{84}Po + {}^{4}_{2}\alpha$$

21. Kernzerfall mit α-Emission: $^{A}_{Z}$Elementsymbol $\longrightarrow$ $^{A-4}_{Z-2}$Elementsymbol + $^{4}_{2}\alpha$

Kernzerfall mit β^--Emission: $^{A}_{Z}$Elementsymbol $\longrightarrow$ $^{A}_{Z+1}$Elementsymbol + $^{0}_{-1}e$

Kernzerfall mit β^+-Emission: $^{A}_{Z}$Elementsymbol $\longrightarrow$ $^{A}_{Z-1}$Elementsymbol + $^{0}_{+1}e$

Kernzerfall mit γ-Strahlung: $^{A}_{Z}$Elementsymbol* $\longrightarrow$ $^{A}_{Z}$Elementsymbol + γ

22. $^{218}_{84}Po \longrightarrow {}^{4}_{2}\alpha + {}^{214}_{82}Pb$

23. Wird ein α-Teilchen emittiert, entsteht als Folgekern ein Element, das im PSE im Verhältnis zum Ausgangskern eine um 2 kleinere Ordnungszahl besitzt. Wird ein β^--Teilchen emittiert, entsteht als Folgekern ein Element, das im PSE im Verhältnis zum Ausgangskern eine um 1 größere Ordnungszahl besitzt: $Z - (-1) = Z + 1$.

24. Unter der Halbwertzeit versteht man die Zeit, in der die Hälfte der jeweils vorhandenen Atome eines radioaktiven Elements zerfällt.

25. Die Ausgangsmenge hat sich nach 1622 Jahren auf die Hälfte, nach 3244 Jahren auf ein Viertel und nach 4866 Jahren auf ein Achtel verringert.

26. Nach 10 Halbwertzeiten sind vom Ausgangsstoff noch etwa 0,1 % vorhanden, $\frac{1}{2^{10}} = \frac{1}{1024} = 0{,}000\ 977 = 0{,}0977\ \%$.

27. Die therapeutische Verwendung radioaktiver Strahlung beruht auf der Eigenart der Organismen, bei der Einnahme von Medikamenten bestimmte Elemente bevorzugt in bestimmten Organen zu speichern. Derartige radioaktive Elemente können in diesen Organen zur Zerstörung von Geschwülsten verschiedener Art, zur Normalisierung der Schilddrüsenfunktion und zur Reduzierung der blutbildenden Tätigkeit des Knochengewebes eingesetzt werden.

28. Personen, die mit radioaktiven Isotopen arbeiten, sind der Strahlung dieser Isotope ausgesetzt. Zum Schutz vor der Strahlung müssen folgende Sicherheitsvorschriften eingehalten werden:
    1. Regelmäßige medizinische Kontrolle aller Personen, die mit radioaktiver Strahlung arbeiten - Rechtzeitiges Erkennen von Schädigungen
    2. Der beste Strahlenschutz ist ausreichende Entfernung von der Strahlenquelle - Die Intensität wird mit zunehmender Entfernung geringer.
    3. Es ist stets mit der geringsten, für die Untersuchung gerade noch ausreichenden Menge radioaktiver Substanz zu arbeiten - Je kleiner die Menge, um so geringer die Wirkung.
    4. Die Strahlungsquelle ist mit einer wirksamen Abschirmung zu versehen (Betonwände, Bleiblöcke usw.) - Beton und Blei sind die strahlenschutztechnisch günstigsten Werkstoffe.

29. Bei einer Kernumwandlung entstehen Folgekerne, die im PSE in der Nähe des Ausgangskerns zu finden sind. Bei der Kernspaltung unterscheiden sich die Bruchstücke sehr stark vom Ausgangskern.

    Beispiele:

    α-p-Kernumwandlung: $^{14}_{7}N + {}^{4}_{2}He \longrightarrow {}^{17}_{8}O + {}^{1}_{1}p$

    n-α-Kernumwandlung: $^{10}_{5}B + {}^{1}_{0}n \longrightarrow {}^{7}_{3}Li + {}^{4}_{2}He$

    Kernspaltung: $^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \longrightarrow {}^{144}_{56}Ba + {}^{89}_{36}Kr + 3\ ({}^{1}_{0}n)$

30. $^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \longrightarrow ^{144}_{56}Ba + ^{89}_{36}Kr + 3\ (^{1}_{0}n)$

Es werden drei Neutronen freigesetzt (Bild 22).

31. 1. Das Spaltmaterial darf keine Fremdstoffe enthalten, die die Neutronen absorbieren, da dann keine weiteren Kernspaltungen erfolgen und keine Kettenreaktion einsetzt.

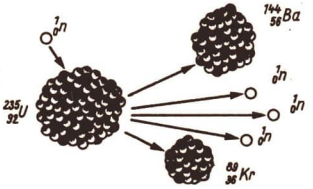


Bild 22 zu Lösung 30

2. Das spaltbare Material muß in genügend großer Menge vorhanden sein, damit die Neutronen nicht wirkungslos nach allen Seiten entweichen.

3. Die frei werdenden Neutronen müssen die zum Auflösen einer neuen Spaltung erforderliche Geschwindigkeit haben, weil sonst wiederum keine weitere Spaltung erfolgen würde.

32. Das große Durchdringungsvermögen der Neutronen beruht auf dem Fehlen einer elektrischen Ladung, so daß die Neutronen bei ihrem Eindringen in den Atomkern weder durch die negativ geladene Atomhülle noch durch den positiv geladenen Atomkern beeinflußt werden.

33. Die Kernenergie wird gegenwärtig in unserer Republik im Kernkraftwerk Rheinsberg zur Energieerzeugung genutzt. Im Bau befindet sich das Kernkraftwerk Nord bei Greifswald. Daneben werden Kernreaktoren für Forschungszwecke betrieben, u. a. im Kernforschungszentrum Rossendorf bei Dresden. Die Leistung des Kernkraftwerkes Rheinsberg beträgt 70 MW. (Zum Vergleich: Die Leistung des im Bau befindlichen Wärmekraftwerkes Jänschwalde beträgt 3 000 MW.)

34. Ab 4. Auflage wie folgt geändert:
Welche schädlichen Wirkungen treten bei Atombombenexplosionen auf?

Mit Atombombenexplosionen sind drei verheerende Wirkungen verbunden: Wärmestrahlung, radioaktive Strahlung, Druck-

welle. Gegebenenfalls kann der Lehrer aus den folgenden Fakten ergänzen, um bei den Schülern die Einsicht für die Notwendigkeit des Kampfes gegen den Einsatz von Kernwaffen zu vertiefen (s. a. Aufg. 35).

1. Wärmestrahlung: Sie breitet sich sehr schnell aus und kann bis auf viele Kilometer Entfernung ungeschütztes Leben vernichten und brennbare Materialien zerstören.
2. Radioaktive Strahlung. Sie ist unmittelbar nach der Explosion auf große Entfernungen hin wirksam und führt im Umkreis von etwa 15 km zur völligen Vernichtung des Lebens, in etwa 30 km Umkreis zu schweren organischen Schäden und in größeren Entfernungen zu schweren Schädigungen bis lebensgefährlichen Verletzungen. Die radioaktive Strahlung bewirkt eine über viele Jahre anhaltende radioaktive Verseuchung des Territoriums (Land, Wasser, Nahrungsmittel usw.).
3. Druckwelle. Der direkte Druck ist ungeschützten Menschen noch in einer Entfernung von 5 km bis 10 km lebensgefährlich.

35. Ab 4. Auflage wie folgt geändert:
Sprechen Sie zu dem Thema:
Warum ist der Kampf für die Ächtung der Kernwaffen das zentrale Problem aller Abrüstungsbemühungen der UdSSR? Benutzen Sie das Lehrbuch und die Tagespresse!

Die Antwort sollte enthalten:

1. Die Geschichte lehrt (Hiroshima, Nagasaki), daß die Imperialisten Kernwaffen einsetzen, wenn es ihren Interessen entspricht.
2. Der Einsatz von Kernwaffen wird von den Imperialisten als Druckmittel zur Durchsetzung ihrer Politik der Stärke bei der Unterdrückung anderer Völker benutzt.
3. Die Etappen der politischen Erfolge der UdSSR zur Ächtung von Kernwaffen (1963, Moskauer Vertrag über das Verbot von Kernwaffenversuchen ... usw.).

2. Mechanische Schwingungen

36. Fadenpendel: Elongation x, Auslenkwinkel α , Momentangeschwindigkeit v, potentielle Energie W_{pot}, kinetische Energie W_{kin}, Beschleunigung a

Federschwinger: Elongation x, Momentangeschwindigkeit v, potentielle Energie W_{pot}, kinetische Energie W_{kin}, Kraft F, Beschleunigung a

Schallschwingungen: Druck p, Dichte ϱ

37. Die aufgezeichnete Spur stellt die Kurve einer Sinusfunktion dar (Bild 23).

38. Es gilt $T \sim \sqrt{m}$, d. h. die Periode wächst mit wachsender Masse.
Da $T = \frac{1}{f}$, folgt, daß die Frequenz geringer wird bei wachsender Masse des Pendelkörpers.

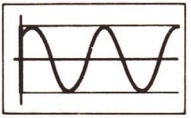


Bild 23 zu Lösung 37

39. Es ergibt sich für kleine Amplituden, daß die Periode und die Frequenz für verschiedene Amplituden gleich groß sind. Bei größeren Amplituden wächst die Schwingungsdauer, und die Frequenz wird geringer.

40. Bei einer mechanischen Schwingung ändert sich der Momentanwert der betreffenden physikalischen Größe in Abhängigkeit von der Zeit. Es ergibt sich bei einer (ungedämpften) Schwingung, wie sie annähernd während der kurzen Zeit der Bewegung des Brettes gewährleistet ist, als Weg-Zeit-Kurve eine Sinuskurve.

41.

Pendelschwinger	Federschwinger
mechanische Schwinger	mechanische Schwinger
die rücktreibende Kraft ist die in Bahnrichtung wirkende Komponente der Gewichtskraft	die rücktreibende Kraft ist die Federkraft
die sich zeitlich ändernden Größen sind die Auslenkung α, W_{pot} und W_{kin}	die sich zeitlich ändernden Größen sind die Auslenkung y, W_{pot} und W_{kin}
vollführen eine periodische Bewegung	vollführen eine periodische Bewegung
schwingungsfähiges System mit einem als Massenpunkt betrachteten Körper	schwingungsfähiges System mit einem als Massenpunkt betrachteten Körper

42. Die gesamte Energie des schwingenden Körpers setzt sich aus seiner potentiellen und kinetischen Energie zusammen. Beim Durchgang durch die Ruhelage ist die potentielle Energie Null, die kinetische Energie erreicht ihren größten Wert. In den Umkehrpunkten ist die potentielle Energie der gespannten Feder am größten. In allen Lagen zwischen den Umkehrpunkten und der Ruhelage ist die Summe aus kinetischer und potentieller Energie gleich der potentiellen Energie in den Umkehrpunkten oder der kinetischen Energie in der Ruhelage. Beide Formen der Energie werden während des Schwingens ständig ineinander umgewandelt.

43. Mechanische Schwingungen mit einer Frequenz zwischen 16 Hz und 20 000 Hz bezeichnet man als Schallschwingungen. Die Schallquelle ist ein in Schwingungen versetzter elastischer Körper. An diesem Körper erfolgen zeitlich periodische Änderungen der Auslenkung der schwingenden Teile. Durch die schwingenden Teile erfolgt eine zeitlich periodische Änderung des Druckes der umgebenden Luft. Die Luftteilchen werden zu Schwingungen angeregt. Es entsteht eine regelmäßige Folge von Luftstößen, die sich als Welle durch den Raum fortpflanzen.

44. Gegeben:

$f = 440\ Hz = 440\ s^{-1}$

Gesucht:

T

Lösung:

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{440\ s^{-1}} = 0{,}00227\ s$$

Eine Schwingung dauert 0,00227 s.

45.

Kenngrößen	Formelzeichen	Erläuterung
Elongation	y	momentane Dehnung des Gummibandes
Amplitude	y_{max}	maximale Dehnung des Gummibandes
Periode	T	Zeit eines vollen Hin- und Herganges eines am Gummiband befestigten schwingenden Körpers
Frequenz	f	Quotient aus einer Anzahl von Schwingungen und der dazugehörigen Zeit

46. Eine mechanische Schwingung ist die zeitlich periodische Änderung einer mechanischen physikalischen Größe.

47. Beispiele: Das "Rattern" der Werkzeuge bei bestimmten Schnittgeschwindigkeiten an Zerspanungsmaschinen, Karosserieschwingungen bei Kraftfahrzeugen, das Schwingen von Maschinen beim Erreichen der kritischen Drehzahl, Schwingungen bei nicht ausgewuchteten Rotoren.

48. T = 0,137 s

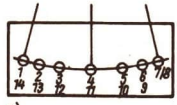
49. Im oberen Umkehrpunkt besitzt der Federschwinger die größte potentielle Energie (die potentielle Energie ist gleich der Gesamtenergie des Schwingers). Auf dem Wege zur Ruhelage nimmt die potentielle Energie ständig ab, die kinetische Energie wächst, bis in der Ruhelage nur noch kinetische Energie (die kinetische Energie ist gleich der Gesamtenergie) vorhanden ist. Der Schwinger schwingt auf Grund seiner Trägheit über die Ruhelage hinaus und gewinnt auf Kosten der kinetischen Energie erneut potentielle Energie, so daß im unteren Umkehrpunkt nur noch potentielle Energie vorhanden ist.

50. Experimentelle Ergebnisse a) $T_{20} = 28$ s; b) $T_{20} = 28{,}4$ s
c) Errechnete Schwingungsdauer für eine Schwingung $T = 1{,}38$ s. Die Abweichungen erklären sich daraus, daß die Gleichung $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ nur für kleine Auslenkungen gültig ist und weil im Experiment die Luftreibung und die Reibung an der Aufhängung nicht völlig ausgeschaltet werden können.

51. g kann aus der Gleichung $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ bestimmt werden, wenn für eine gegebene Pendellänge l die Schwingungsdauer T dieses Pendels experimentell bestimmt wird. Für g ergibt sich aus der Gleichung für die Schwingungsdauer $g = \frac{4\pi^2 \cdot l}{T^2}$.

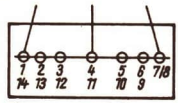
52. Beispiele: $l = 50$ cm: $T_{ber.} = 1{,}42$ s; $T_{exp.} = 1{,}40$ s
$l = 37$ cm: $T_{ber.} = 1{,}22$ s; $T_{exp.} = 1{,}20$ s
$l = 74$ cm: $T_{ber.} = 1{,}73$ s; $T_{exp.} = 1{,}70$ s

55. Bilder 24 a und b



a)

Bild 24 a zu Lösung 55. Bahn des Schwingers des in einer Ebene schwingenden Pendels



b)

Bild 24 b zu Lösung 55. Bahn des Schwingers des eine Kreisbewegung ausführenden Pendels

57. $T \approx 9{,}6$ s

58. Bild 25

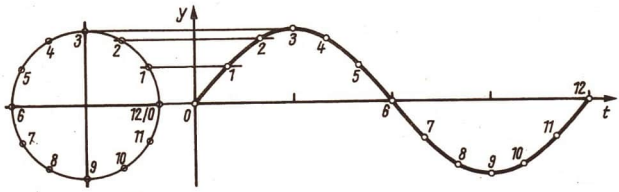


Bild 25 zu Lösung 58

59. Bild 26

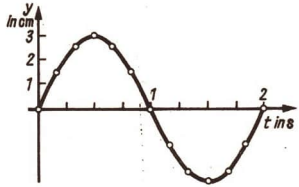


Bild 26 zu Lösung 59

Gegeben: Gesucht:

$f = 0{,}5$ Hz y

$y_{max} = 3$ cm

t (vgl. Tabelle)

Lösung:

$y = y_{max} \cdot \sin \omega t = y_{max} \cdot \sin 2\pi f t$

$y = 3 \text{ cm} \cdot \sin 2\pi \cdot 0{,}5\ s^{-1} \cdot t$

t in s	0	$\frac{1}{4}$	$\frac{2}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{4}{4}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{6}{4}$	$\frac{7}{4}$	$\frac{8}{4}$
y in cm	0	$+\frac{3}{2}\sqrt{2}$	3	$+\frac{3}{2}\sqrt{2}$	0	$-\frac{3}{2}\sqrt{2}$	-3	$-\frac{3}{2}\sqrt{2}$	0

60. Gegeben: Gesucht:

$T = 1$ s y_t

$f = 1\ s^{-1}$

$y_{max} = 20$ cm

$y_0 = 0$.

Lösung:

$y = y_{max} \cdot \sin \omega t = y_{max} \sin 2\pi f t = y_{max} \cdot \sin 2\pi \frac{t}{1s}$

t in s	$\frac{1}{2}$	1	$\frac{3}{2}$	2
y in cm	0	0	0	0

61. $l = 3{,}98$ m. Experimentelle Prüfung.

62. Für die Schwingungsdauer einer Pendeluhr gilt bei Annahme Pendelkörper als Punktmasse: $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$. Da sich bei Temperaturänderungen l um Δl ändert, nimmt die Schwingungsdauer beim Erwärmen zu, d. h., die Uhr geht nach, und beim Abkühlen ab, d. h., die Uhr geht vor. Das Pendel muß also so konstruiert sein, daß keine Längenänderungen bei Temperaturänderung auftreten (sogenanntes Kompensationspendel oder Verwendung von Invarstahl).

63. Im Polargebiet ist die Fallbeschleunigung $g > 9{,}81\ \mathrm{m\ s^{-2}}$, d. h., die Schwingungsdauer $T_p < T_{45°}$, die Uhr geht vor. Am Äquator ist die Fallbeschleunigung $g < 9{,}81\ \mathrm{m\ s^{-2}}$, d. h., die Schwingungsdauer $T_{Äqu} > T_{45°}$, die Uhr geht nach.

64. $T = 16{,}4$ s

65. $l = 99{,}5$ cm

66. Es ist zu beobachten, daß das Hinterrad "schlägt", d. h. ungleichmäßig läuft und bei sehr schneller Umdrehung die dadurch verursachten Schwingungsweiten so groß werden, daß das Fahrrad nur noch mit Anstrengung gehalten werden kann. Rennräder werden wegen der hohen Umdrehungszahl durch die Schwingung sehr stark belastet, was bis zur Zerstörung des Rades führen kann. Das Zentrieren geschieht durch Nachspannen der Speichen in einer Zentriervorrichtung.

67. ..., wenn wir zum richtigen Zeitpunkt dem Schwinger die Energie zuführen, die er während des vorangegangenen Schwingungsvorganges durch Reibung "verloren" hat und die Energiezufuhr mit der Eigenfrequenz des Schwingers erfolgt.

68. Durch die gleichmäßige Energiezufuhr beim Marschieren im Gleichschritt kann die zugeführte Energie größer werden als die durch die Brücke abgeführte Energie. Im Resonanzfall nimmt die Amplitude des erregten Schwingers immer weiter zu, was bis zur Zerstörung der Brücke führen kann.

69. Ein Mitschwingen erfolgt nicht, weil die beiden Stimmgabeln in ihrer Eigenfrequenz nicht übereinstimmen.

70. Die Schwingungsübertragung vom Kraftwagenmotor auf den Fahrzeugrahmen wird durch Lagerung des Motors auf Gummipolstern gedämpft.

71. Die Ausbreitung störender Schwingungen auf Gebäudeteile kann in Produktionsbetrieben durch folgende Maßnahmen verhindert bzw. herabgesetzt werden:
    1. Maschinenfundamente, die keine Verbindung mit den Gebäudefundamenten haben.
    2. Lagerung der Maschinen auf Gummipolstern oder auf Federn (Schwingungstilger).
    3. Änderung der Maschinengerüste, von denen die bewegten Maschinenteile getragen werden.

72. Sind rotierende Teile nicht ausgewuchtet, so werden die Welle und die Lager ungleichmäßig belastet und deformiert. Durch das Schlagen der Räder entstehen erzwungene Schwingungen. Die Folge davon ist, daß die Lenkung nicht mehr beherrscht wird, die Bauteile des Kraftfahrzeuges ungleichmäßig beansprucht werden und Zerstörungen auftreten.

73. Weil das dadurch verursachte Mitschwingen des Holzpodiums zu einer verstärkten Schallabstrahlung führt. Es handelt sich nicht um Resonanz, da keine Übereinstimmung zwischen Erreger- und Eigenfrequenz vorliegt, sondern alle Frequenzen in derselben Weise verstärkt wiedergegeben werden. Die Schallverstärkung wird durch die größere wirksame Oberfläche bedingt. Dieselbe Funktion erfüllen die beiden Kästen beim Stimmgabelversuch zur Resonanz.

3. Elektromagnetische Schwingungen

74. $16\frac{2}{3}$ -Hz-Wechselstrom: $\omega = 105\ s^{-1}$, $T = 0{,}06\ s$

50 -Hz-Wechselstrom: $\omega = 314\ s^{-1}$, $T = 0{,}02\ s$

75. Gegeben: Lösung:

$i_{max} = 2\ A$ $\quad i = i_{max} \cdot \sin \omega t = i_{max} \cdot \sin 2\pi f t$

$f = 50\ Hz$ $\quad i = 2\ A \cdot \sin (2\pi \cdot 50\ s^{-1} \cdot t)$

$t_o = 0$

$t_{max} = 0$

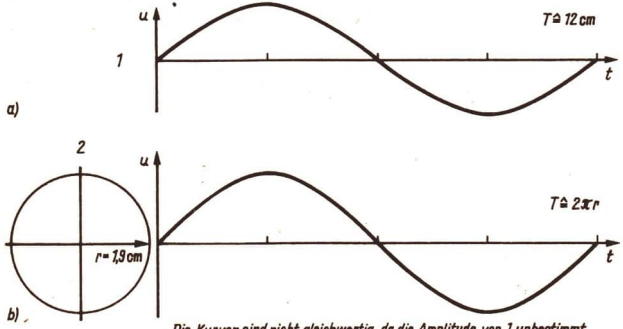
Gesucht:

i

t	0,25 T	0,33 T	0,50 T	0,75 T	0,90 T	1,25 T
i in A	2	1,73	0	-2	-1,18	2

t	2,75 T	3,75 T
i in A	-2	-2

76. Bilder 27 a und b



Die Kurven sind nicht gleichwertig, da die Amplitude von 1 unbestimmt, von 2 dagegen durch die Vorgabe $2\pi r = 12$cm mit $r = 1{,}9$ cm bestimmt ist.

Bild 27 zu Lösung 76

77. Das Bild zeigt das Spannung-Zeit-Diagramm einer Wechselspannung. Die positiven Maximalwerte sind kleiner als die negativen Maximalwerte.

78. Das Diagramm zeigt den zeitlichen Verlauf eines pulsierenden Gleichstroms. Obwohl sich die Absolutwerte periodisch ändern, bleibt die Stromrichtung stets dieselbe, d. h., es handelt sich nicht um einen Wechselstrom.

79.

Maschinen			
Energiemaschinen	Arbeitsmaschinen		
	ortsverändernde Maschinen	formändernde Maschinen	informationsverändernde Maschinen
Generatoren Elektromotoren	Transportmaschinen Aufzüge Transportbänder Hebezeuge Förderbrücken Kräne Winden Kraftfahrzeuge Schienenfahrzeuge Pumpen Gebläse	Verarbeitungsmaschinen Werkzeugmaschinen (Dreh-, Hobel-, Schleif-, Fräsmaschinen) Schlagmaschinen Textilmaschinen Druckmaschinen Schweißmaschinen Landmaschinen	Rechenmaschinen Datenverarbeitungsmaschinen

80. Zur Messung des Wechselstromes sind nur solche Meßinstrumente geeignet, deren Wirkung von der Stromrichtung unabhängig ist.

81. Gegeben:

$U = 220\ V$

$I = 4{,}5\ A$

$P_W = 495\ W$

Gesucht:

P_S

$\cos\varphi$

Lösung 1:

$P_W = U \cdot I \cdot \cos\varphi$

$\cos\varphi = \dfrac{P_W}{U \cdot I}$

$\cos\varphi = \dfrac{495\ W}{220\ V \cdot 4{,}5\ A}$

$\cos\varphi = 0{,}5$

$P_S = \dfrac{P_W}{\cos\varphi} = \dfrac{495\ W}{0{,}5}$

$P_S = 990\ VA$

Lösung 2:

$P_S = U \cdot I$

$P_S = 220\ V \quad 4{,}5\ A$

$P_S = 990\ VA$

$\cos\varphi = \dfrac{P_W}{P_S}$

$\cos\varphi = \dfrac{495\ VA}{990\ VA}$

$\cos\varphi = 0{,}5$

Die Scheinleistung ist 990 VA, der Leistungsfaktor beträgt 0,5.

82. Gegeben:

$U = 380\ V$

$P_W = 7{,}6\ kW$

$\cos\varphi = 0{,}82$

Gesucht:

I

Lösung:

$P_W = U \cdot I \cdot \cos\varphi$

$I = \dfrac{P_W}{U \cdot \cos\varphi}$

$I = \dfrac{7600\ W}{380\ V \cdot 0{,}82}$

$I = 24{,}4\ A$

Die Stromstärke beträgt 24,4 A.

83. Gegeben:

$N_p = 1500$ Wdg.

$N_s = 10$ Wdg.

$I_p = 0{,}9$ A

Gesucht:

I_s

Lösung:

$$\frac{N_p}{N_s} = \frac{I_s}{I_p}$$

$$I_s = \frac{N_p}{N_s} \cdot I_p$$

$$I_s = \frac{1500 \text{ Wdg.}}{10 \text{ Wdg.}} \cdot 0{,}9 \text{ A}$$

$$I_s = 135 \text{ A}$$

Gegeben:

$\eta = 0{,}6$

Gesucht:

I

Lösung:

$$I = \eta \cdot I_s$$

$$I = 0{,}6 \cdot 135 \text{ A}$$

$$I = 81 \text{ A}$$

Die Kurzschlußstromstärke beträgt 135 A, bei einem Wirkungsgrad von 0,6 wäre die Stromstärke 81 A.

84. Gegeben:

$U_s = 44$ V

$U_p = 220$ V

$I_s = 10$ A

Gesucht:

I_p

Lösung:

$$\frac{N_s}{N_p} = \frac{U_s}{U_p} = \frac{44 \text{ V}}{220 \text{ V}} = \frac{1}{5}$$

$$\frac{N_s}{N_p} = \frac{I_p}{I_s}$$

$$I_p = \frac{1}{5} \cdot 10 \text{ A}$$

$$I_p = 2 \text{ A}$$

Der Draht muß für eine Stromstärke von 2 A ausgelegt sein.

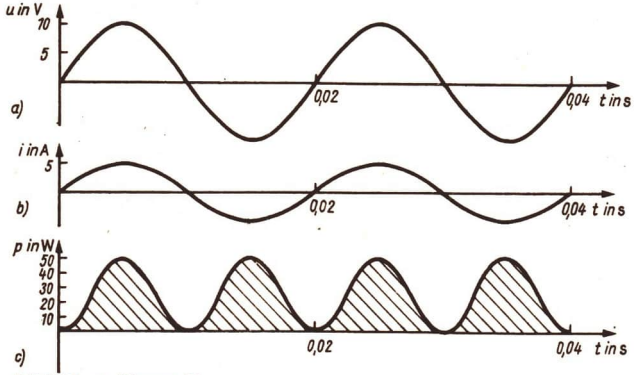


Bild 28 zu Lösung 85

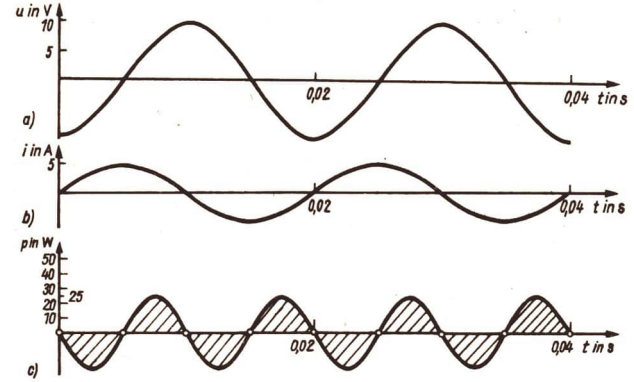


Bild 29 zu Lösung 86

85. Bilder 28 a, b und c

86. Bilder 29 a, b und c

87. Meßwandler, Widerstandsschweißung, Prüftransformator, Zündspule, Klingeltransformator

90. Bilder 30 a und b

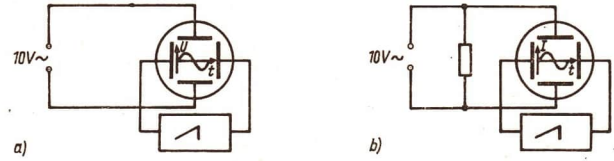


Bild 30 zu Lösung 90

91. Bild 31

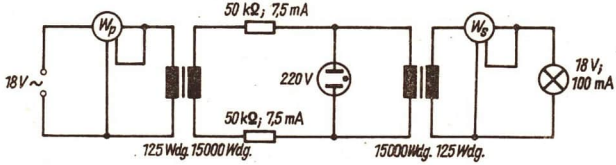


Bild 31 zu Lösung 91

92. Gegeben:

$P_W = 3$ kW

$U = 220$ V

$I = 18$ A

Gesucht:

$\cos \varphi$

Lösung:

$$P_W = U \cdot I \cdot \cos \varphi$$

$$\cos \varphi = \frac{P_W}{U \cdot I} = \frac{3\,000 \text{ W}}{220 \text{ V} \cdot 18 \text{ A}}$$

$$\cos \varphi = 0{,}76$$

Der Leistungsfaktor beträgt 0,76.

93. Die Wirkleistung im Wechselstromkreis ist gleich Null, wenn die zeitliche Verschiebung zwischen Stromstärke- und Spannungskurve $\frac{T}{4}$ beträgt. Die Flächen der Leistungskurve oberhalb der Zeitachse und unterhalb der Zeitachse sind dann gleich groß, d. h., die an den Stromkreis abgegebene und die an die Spannungsquelle zurückgegebene elektrische Energie sind gleich groß.

94. $N_p : N_s = 36{,}7 : 1$. Eine andere Möglichkeit besteht in der Verwendung eines Spannungsteilers.

95. Gegeben:

$P = 150$ MW

$U_1 = 220$ kV

$U_2 = 380$ kV

$U_3 = 380$ V

Lösung:

$P = U \cdot I$

$$I_1 = \frac{P}{U_1} = \frac{150\ 000\ \text{kW}}{220\ \text{kV}} = 680\ \text{A}$$

$$I_2 = \frac{P}{U_2} = \frac{150\ 000\ \text{kW}}{380\ \text{kV}} = 395\ \text{A}$$

$$I_3 = \frac{P}{U_3} = \frac{150\ 000\ \text{kW}}{380\ \text{V}} = 395000\ \text{A}$$

Gesucht:

I_1, I_2, I_3

Die Spannung von 380 V ist ungeeignet, weil bei der Übertragung der dabei auftretenden hohen Stromstärken die Leitungsquerschnitte so groß würden, daß sie technisch und ökonomisch unvertretbar sind.

96. Bilder 32 a und b

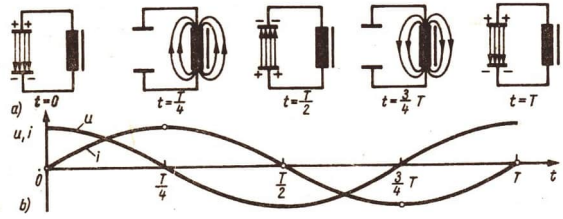


Bild 32 zu Lösung 96

97. Im geladenen Kondensator ist elektrische Feldenergie gespeichert. Sie wandelt sich bei der Entladung über einen Ohmschen Widerstand in Wärmeenergie um, bei Vorhandensein eines induktiven Widerstandes wird der größte Teil der Energie in magnetische Feldenergie umgewandelt. Die mit der Entladung des Kondensators verbundene Änderung der Stromstärke bewirkt

in der Spule eine Selbstinduktionsspannung, die die Ursache für eine erneute Aufladung des Kondensators und damit die Umwandlung der magnetischen Energie in elektrische Energie ist.

98. Die Dämpfung wird durch Energie"verluste" im Schwingkreis bewirkt. Die Energien des elektrischen und des magnetischen Feldes wandeln sich nicht vollständig ineinander um. Das ist bedingt durch die unvermeidliche Erwärmung infolge des Ohmschen Widerstandes der Leiter, durch die Erwärmung des Eisenkerns der Spule infolge der ständigen Ummagnetisierungen und der Wirbelströme und durch die Erwärmung des Dielektrikums im Kondensator.

99. Im geschlossenen Schwingkreis erfolgt eine periodische Umwandlung von elektrischer in magnetische Energie und umgekehrt. Die Dämpfung wird im wesentlichen durch den Ohmschen Widerstand des Schwingkreises und die Beschaffenheit der Spulen verursacht. Beim Pendelschwinger erfolgt eine periodische Umwandlung von potentieller in kinetische Energie und umgekehrt. Die Dämpfung wird im wesentlichen durch die Luftreibung des Pendelskörpers und die Aufhängung verursacht.

100. Dem Schwingkreis wird ein Teil seiner Energie entzogen (Rückkopplung), um mit Hilfe einer Triode (eines Transistors) die Energiezufuhr aus einer Spannungsquelle zu steuern.

4. Mechanische Wellen

101. a) Um den Holzstab entsteht eine kreisförmige Wellenfront, die sich bis zum Gefäßrand ausbreitet. Im Rhythmus des Eintauchens folgen ihr weitere Wellenfronten.
b) wie a), der Abstand der Wellenberge voneinander wird geringer, ist aber wegen des periodischen Eintauchens gleich groß.
c) Es entstehen geradlinige Wellenfronten, die in gleichen zeitlichen Abständen aufeinanderfolgen und sich nach beiden Seiten des Lineals hin ausbreiten.

In allen Fällen erfolgt durch den Stab bzw. das Lineal eine Energieübertragung an die Wasserteilchen. Diese sind durch Kohäsionskräfte mit ihren Nachbarteilchen gekoppelt und übertragen die Energie auf diese Teilchen. Die Erregung pflanzt sich durch das Wasser fort.

102. Ein mechanischer Schwinger schwingt, wenn er durch Energiezufuhr aus seinem statischen Gleichgewicht gebracht und danach freigegeben wird. Dabei findet fortwährend eine Energieumwandlung statt.
Durch Kopplung kann Energie von einem Schwinger auf einen anderen Schwinger übertragen werden.

103. Am festen Seilende erfolgt eine Reflexion. Eine mit einem Wellenberg nach oben ankommende Welle läuft mit einer Auslenkung nach unten zurück.

104. Wenn der linke Pendelkörper gegen die Membran schlägt, erfolgt hinter der Membran eine Luftverdichtung, die sich durch den Raum ausbreitet. Die aufgenommene Energie wird auf die rechte Membran übertragen und der dort befindliche Pendelkörper ausgelenkt.

105. Eine Welle ist ein physikalischer Vorgang, bei dem Energie übertragen, jedoch kein Stoff transportiert wird. Er kann durch zeitlich und örtlich periodische Änderungen einer physikalischen Größe beschrieben werden.
Eine Schwingung ist die zeitlich periodische Änderung einer physikalischen Größe.

106. Der Unterschied besteht darin, daß eine Schwingung allein durch die zeitlich periodische Änderung einer physikalischen Größe eindeutig charakterisiert ist, während zur Charakterisierung einer Welle die zeitlich und die örtlich periodische Änderung einer physikalischen Größe berücksichtigt werden muß (Bilder 33 a und b).

107. Einem windbewegten Ährenfeld fehlt das Merkmal der Kopplung zwischen den beteiligten Schwingern. Der Vorgang entspricht dem Modellversuch in Aufgabe 108.

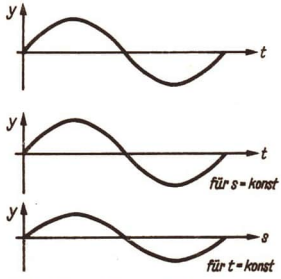


Bild 33 zu Lösung 106

108. Zwischen den Schwingern fehlt die Kopplung (vgl. auch Lösung zu Aufgabe 107).

109. Der Ball gelangt nicht ans Ufer, weil bei einer Welle die einzelnen Schwinger nur eine Auf- und Abbewegung ausführen, ihren Ort in der Ausbreitungsrichtung der Welle also nicht ändern. Durch das Hineinwerfen von Steinen kann nur eine Auf- und Abbewegung des Balles aber keine Vorwärtsbewegung erreicht werden.

110. Die Ausbreitungsgeschwindigkeit kann berechnet werden aus der Laufzeit z. B. eines Wellenberges längs einer bestimmten Strecke nach der Gleichung $v = \frac{s}{t}$. Die Wellenlänge ist der Abstand zweier in Ausbreitungsrichtung aufeinanderfolgender gleicher Schwingungszustände. Man kann sie durch Bestimmung des Abstandes zwischen zwei Wellenbergen ermitteln. Die Frequenz einer Welle ist gleich der Schwingungsfrequenz eines beobachteten Teilchens. Man bestimmt sie als Quotient aus einer Anzahl von Schwingungen und der dazugehörigen Zeit.

Ausbreitungsgeschwindigkeit, Wellenlänge und Frequenz sind durch die Gleichung $v = \lambda \cdot f$ verknüpft.

111. Wird z. B. mit einem Hammer auf eine lange Metallstange geschlagen, hört man den Aufschlag zweimal. Einmal wird der Schall durch das Metall übertragen, zum anderen durch die Luft. Die Schalleitung im Metall erfolgt mit größerer Geschwindigkeit. Dasselbe gilt für Wasser und Eis. Im Tafelwerk findet man für die Ausbreitungsgeschwindigkeit des Schalles folgende Werte: Aluminium und Stahl bei 20 °C: 5100 ms^{-1}, Wasser bei 15 °C: 1460 ms^{-1}, Eis: 3230 ms^{-1}

112. $\lambda = 1{,}7$ cm

113. $f = 442$ Hz

114. $\lambda_{16\ Hz} = 21{,}3$ m; $\lambda_{20\ kHz} = 0{,}017$ m

115. $\lambda_{200\ Hz} = 1{,}7$ m; $\lambda_{1{,}5\ kHz} = 0{,}227$ m

116. $\lambda = 375$ km

117. Gegeben:

$t = 0{,}04$ s

$v = 1460\ ms^{-1}$

Gesucht:

Wassertiefe h

Lösung:

$$v = \frac{s}{t} \quad \text{mit } s = 2\,h$$

$$2\,h = v \cdot t$$

$$h = \frac{1460\ ms^{-1} \cdot 0{,}04\ s}{2}$$

$$h = 29{,}2\ m$$

Die Wassertiefe beträgt 29,2 m.

118. Bei einem Sprachrohr werden die von einer Schallquelle ausgehenden Schallwellen durch Reflexion an den Wänden gebündelt. Die Schallenergie breitet sich nicht kugelförmig aus, sondern hauptsächlich in der durch das Sprachrohr vorgegebenen Richtung. Die Energie wird auf ein kleineres Raumgebiet konzentriert und dadurch die Übertragung auf größere Entfernungen möglich.

119. Bild 34

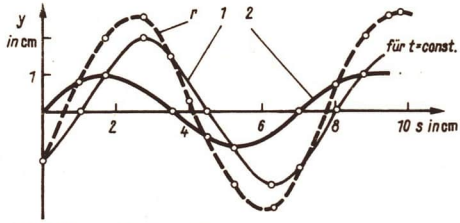


Bild 34 zu Lösung 119

120. Bild 35

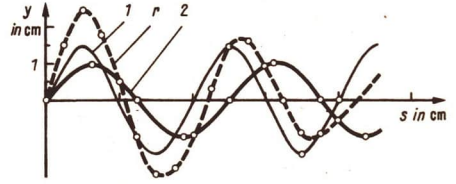


Bild 35 zu Lösung 120

121. Bild 36

122. Die von der Uhr ausgehenden Schallwellen werden an der darüber gehaltenen Scheibe reflektiert, so daß die Schallwellen ihre Richtung um 90° ändern und nun mit dem Mikrofon deutlich wahrgenommen werden können.

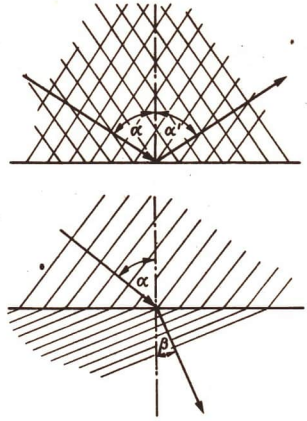


Bild 36 zu Lösung 121

123. Die Wassertiefe muß einheitlich sein, weil die Ausbreitungsgeschwindigkeit der entstehenden Wellen bei geringerer Wassertiefe kleiner als bei großer Wassertiefe ist. Bei unterschiedlichen Wassertiefen in verschiedenen Schwimmbecken würden die Schwimmer durch die entstehenden und die reflektierten Wellen unterschiedlich behindert werden.

124. $\lambda_1 = 1{,}77$ cm $\quad (v_1 = 23\ \text{cms}^{-1})$

$\lambda_2 = 1{,}54$ cm $\quad (v_2 = 20\ \text{cms}^{-1})$

125. Wasserwellen ändern an den Ufern ihre Richtung, weil sie meist unter einem von 0 und 90° verschiedenen Winkel auf das Ufer treffen und dort reflektiert werden und weil die Wassertiefe zum Ufer hin in der Regel abnimmt und damit die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Wellen geringer wird, d. h. die Wellen gebrochen werden.

126. Es ist zu beobachten, daß der Schall auch im geometrischen "Schattenraum" wahrgenommen werden kann.

5. Lichtwellen

127. Weil die Brechung um so größer ist, je größer der Einfallswinkel ist.

128. Der Stab ist sichtbar, weil die Brechzahl von Glas und Wasser bzw. Luft unterschiedlich ist. Wäre sie gleich, dann würde keine Brechung erfolgen. Der Lichtstrahl ginge ungehindert durch diese Stoffe hindurch.

129. Aus Bild 37 ist zu ersehen, daß die oben liegenden Punkte des Originals durch das trapezförmige Prisma unten abgebildet werden, d. h., das Bild erscheint "gewendet".

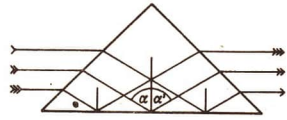


Bild 37 zu Lösung 129

130. Zweck: Vergrößerung des Sehwinkels sehr kleiner Gegenstände zur besseren Sichtbarmachung der Einzelheiten.
Physikalische Grundlagen: Gesetze der Abbildung durch Sammellinsen, Brechung des Lichts an den Grenzflächen verschiedener Medien.
Bauelemente: Objektivlinse, Okularlinse, Beleuchtungsspiegel, Tubus.
Vergrößerungsmaßstab: $V_G = V_{Ob} \cdot V_{Ok}$.

131. Um das astronomische Fernrohr auch für Beobachtungen auf der Erde ausnutzen zu können, muß man das umgekehrte Bild, das dieses Fernrohr liefert, "aufrichten". In den Strahlengang werden zwei Glasprismen eingebaut, an deren Flächen die Lichtstrahlen viermal wie an ebenen Spiegeln reflektiert werden. Dabei wird in einem der beiden Prismen oben und unten vertauscht, d. h. das Bild "aufgerichtet". Bei der Reflexion im zweiten Prisma erfolgt die Vertauschung von rechts und links, so daß der Gegenstand in seiner natürlichen Stellung erscheint.

132. Damit soll gezeigt werden, daß verschiedene Erscheinungen die gleiche Ursache haben können bzw. daß unsere Sinnesorgane bei Beobachtungen getäuscht werden können (Bild 38).

133. Der Name erscheint im Spiegel von rechts nach links geschrieben. Die Buchstaben stehen auf dem Kopf. Das Spiegelbild ist gleich groß, seitenvertauscht und entsteht scheinbar so weit hinter dem Spiegel wie der Gegenstand vor dem Spiegel liegt.

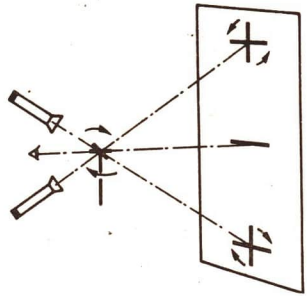


Bild 38 zu Lösung 132

134. Gegeben:

$s_{Erde-Sonne} = 149{,}598 \cdot 10^6$ km

$s_{Erde-Mond} = 3{,}844 \cdot 10^5$ km

$c = 2{,}99791 \cdot 10^5 \frac{km}{s}$

Lösung:

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

$t_{Erde-Sonne} \approx 5 \cdot 10^2$ s

$t_{Erde-Mond} \approx 1{,}28$ s

Gesucht:

$t_{Erde-Sonne}$

$t_{Erde-Mond}$

Das Lichtsignal braucht für den Weg von der Sonne zur Erde etwa 500 s und vom Mond zur Erde etwa 1,28 s.

135. Ein Lichtjahr ist der Weg, den das Licht in einem Jahr zurücklegt. Da das Licht in 1 s rund $3 \cdot 10^5$ km zurücklegt, ist ein Lichtjahr gleich dem Produkt aus
1 Lj = 365,24 · 24 · 60 · 60 · 299 791 km = $9{,}46 \cdot 10^{12}$ km.
Das sind 9,46 Billionen Kilometer.

136. Weil unabhängig von der Entfernung vom Spiegel eine Person sich nur dann in ganzer Größe im Spiegel sehen kann, wenn der Spiegel mindestens halb so lang wie die betreffende Person ist (Bild 39a). Tritt man jedoch näher an ein Fenster heran, so vergrößert sich mit geringer werdender Entfernung der Sehwinkel (Bild 39b).

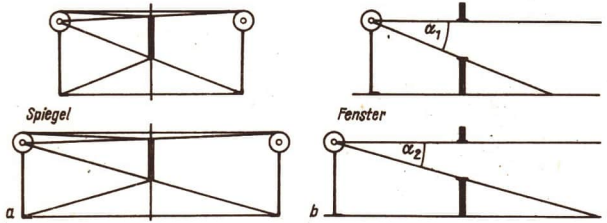


Bild 39 zu Lösung 136

137. Die Wärme des Ofens wird vorwiegnnd durch Strahlung übertragen, da Luft ein schlechter Wärmeleiter ist. Durch die mit glänzenden Metallschichten bedeckte Arbeitskleidung werden die Wärmestrahlen reflektiert und schützen damit den Arbeiter vor zu großer Erwärmung.

138. Der Arzt nutzt die Erwärmung der Infrarotstrahlung und ihre Eigenschaft, in das Körpergewebe einzudringen, um eine gesteigerte Hautdurchblutung zu erreichen.

139. Daraus ist zu schließen, daß Ultraviolettstrahlung bis zur Erdoberfläche dringt, auch wenn der Himmel bedeckt ist.

140. Die durch die Sonnenstrahlen übertragene Wärmeenergie wird beim Auftreffen auf die Wasseroberfläche an das Wasser abgegeben. Die darüberliegende Luft erwärmt sich erst anschließend durch die einsetzende Wärmeströmung und Wärmeleitung.

141. Die Sonnenstrahlung durchdringt das Glas fast ungehindert. Die Strahlen treffen auf die Erde, die Pflanzen usw. und erwärmen diese. Die darüberliegende Luft wird durch Wärmeströmung und Wärmeleitung erwärmt. Das Glasdach vermindert die Wärmeabgabe an die Außenluft, da es die Wärme schlecht leitet und die langwellige Wärmestrahlung schlecht hindurchläßt.

142. Bilder, die von Hohlspiegeln erzeugt werden, zeigen keine farbigen Ränder, da bei der Reflexion keine Dispersion des Lichts auftritt.

143. Bei einem sehr breiten Spalt sind auch die Spaltbilder der einzelnen Farbkomponenten sehr breit. Im Mittelteil überlappen sich diese Spaltbilder und ergeben wieder weiß.

144. Als Analysemethode in der Chemie, z. B. in der chemischen Forschung, in der chemischen Industrie und in der Hüttenindustrie zur qualitativen Bestimmung der Zusammensetzung bestimmter Stoffe, zur quantitativen Identifizierung der Elemente, auch zur Erforschung der Zusammensetzung von Himmelskörpern.

145. Fernrohr: Aussehen und Entfernung makroskopischer Körper; Mikroskop: die mikroskopische Struktur von Teilen eines makroskopischen Körpers; Spektralapparat: die stoffliche Zusammensetzung (qualitativ und quantitativ) von Makro- und Mikrokörpern.

146. Man beobachtet hinter der Vogelfeder sehr lichtstarke farbige Interferenzbilder. Die Vogelfeder wirkt als optisches Gitter. Die Interferenzstreifen entstehen durch Beugung. Bei Benutzung von Dederongewebe wirkt dieses als Kreuzgitter, und man beobachtet ein flächenhaft verteiltes System von Spektren.
Wenn man sich der Kerzenflamme mit der Vogelfeder nähert, rücken die farbigen Interferenzstreifen immer enger zusammen, da $s \sim e$.
(s Abstand der Interferenzstreifen, e Entfernung zwischen Vogelfeder und Gitter)

147. Man beobachtet ein farbiges Interferenzbild. In der Mitte des Bildes liegt ein sehr helles farbiges Spaltbild. Nach rechts und links liegen symmetrisch lichtschwächer werdende Spaltbilder, sie sind durch dunkle Streifen voneinander getrennt. Wird die Entfernung zwischen den beiden Postkarten verringert, so rücken die Beugungsstreifen enger zusammen, da $s \sim e$, und bei Vergrößerung von e weiter auseinander.

148. Man ändert den Einfallswinkel. Ändert sich der Winkel des austretenden Strahles um den gleichen Betrag wie der Winkel des einfallenden Strahles, so befindet sich im Innern ein Spiegel; im anderen Falle befindet sich im Innern ein Prisma.

6. Hertzsche Wellen

149. Bild 40

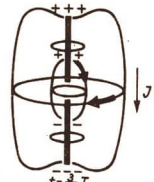


Bild 40 zu Lösung 149

150. Eine elektromagnetische Schwingung ist die zeitlich periodische Änderung einer elektromagnetischen Größe (Spannung, Stromstärke, elektrische oder magnetische Feldstärke).
Eine elektromagnetische Welle ist die zeitlich und örtlich periodische Änderung der elektrischen und magnetischen Feldstärke. Elektromagnetische Wellen werden durch elektromagnetische Schwingungen erregt.

151. $T = 0{,}33 \cdot 10^{-5}\ s = 3{,}3\ \mu s$.

152. Das magnetische und das elektrische Feld eines elektromagnetischen Wechselfeldes durchdringen sich gegenseitig und sind miteinander verknüpft. Die Feldlinien beider Felder stehen senkrecht aufeinander, die Felder breiten sich mit hoher, aber endlicher Geschwindigkeit aus. Ein sich änderndes elektrisches Feld ist von einem geschlossenen Magnetfeld umgeben. Durch Änderung des Magnetfeldes wird in der Umgebung ein neues elektrisches Feld mit in sich geschlossenen Feldlinien aufgebaut, das wiederum ein geschlossenes Magnetfeld hervorruft. Die vom Erregerschwingkreis auf den Sendedipol übertragene elektromagnetische Energie wird von dem sich um den Dipol ausbreitenden elektromagnetischen Feld in den Raum übertragen.

153. Der Empfangsdipol hat die Aufgabe, die durch die elektromagnetischen Wellen übertragene Feldenergie in elektrische Energie zurückzuverwandeln. Trifft die von einem Sender abgestrahlte Hertzsche Welle auf einen Leiter, so wird durch das elektromagnetische Wechselfeld in dem Leiter eine Wechselspannung induziert. Durch das elektromagnetische Feld werden die Ladungen nach den Enden des Leiters verschoben. Die zwischen den Leiterenden entstehende Wechselspannung hat zur Folge, daß im Leiter ein hochfrequenter Wechsel-

strom fließt. Der Empfangsdipol wird durch die vom Sender abgestrahlten Hertzschen Wellen zu erzwungenen elektromagnetischen Schwingungen angeregt. Die Frequenz der im Empfangsdipol erregten elektromagnetischen Schwingungen ist gleich der Frequenz der vom Sender abgestrahlten Hertzschen Wellen.

154. f = 185 MHz. Der Sender arbeitet im FS-Band, Kanal III.

155. Reflexion: Der Nachweis kann mit Hilfe einer in die Ausbreitungsrichtung gebrachten, unter einem bestimmten Winkel geneigten Metallplatte erbracht werden. In der Ausbreitungsrichtung ist die elektromagnetische Welle nicht mehr nachzuweisen. In der durch den Reflexionswinkel bestimmten Richtung kann die übertragene Energie nachgewiesen werden.
Durchdringungsfähigkeit: Durch elektrisch nichtleitende Materialien werden elektromagnetische Wellen kaum beeinflußt, durch elektrisch leitende Stoffe werden elektromagnetische Wellen absorbiert.
Ausbreitungsgeschwindigkeit: Sie kann durch Messungen oder auf Grund theoretischer Überlegungen bestimmt werden. Es ergibt sich die Lichtgeschwindigkeit.
Brechung: Hertzsche Wellen werden an Kunststoff- oder Paraffinprismen gebrochen. Nachweis wie bei der Reflexion in Richtung des Brechungswinkels.

156. λ = 288 m

157. λ_{min} = 39,5 m; λ_{max} = 2070 m

158. C_{min} = 49,2 pF; C_{max} = 442 pF

159. f = 3,57 MHz

162. Die Modulation ist erforderlich, weil eine drahtlose Übertragung von Sprache und Musik nicht ohne weiteres möglich ist, da die dabei auftretenden Schwingungen im Tonfrequenzbereich liegen. Die Frequenzbereiche für Hertzsche Wellen beginnen dagegen erst bei 15 kHz und liegen in der Praxis weit über der Hörbarkeitsgrenze. Die Signalschwingungen (Sprache, Musik) können also nicht unmittelbar als Hertzsche Wellen vom Sender abgestrahlt werden. Sie werden einer ständig ausgestrahlten hochfrequenten elektromagnetischen Welle überlagert.

163. Bei einer Modulation werden an das Steuergitter einer Triode zwei Wechselspannungen verschiedener Frequenz, die Trägerspannung (f_h > 15 kHz) und die Signalspannung (16 Hz < f_n < 15 kHz) gelegt. Bei abgeschalteter Signalspannung ist auf dem Oszillografenschirm die Trägerschwingung sichtbar. Wird die Signalspannung zugeschaltet, so ändert sich die Gittervorspannung und damit der hochfrequente Anodenwechselstrom im Rhythmus der Signalspannung. An dem auf die Trägerfrequenz abgestimmten Anodenschwingkreis wird die modulierte Trägerschwingung abgenommen, die nun auf dem Bildschirm sichtbar ist.

164. Die in der Antenne fließenden hochfrequenten Wechselströme werden durch einen Einweg-Gleichrichter in einen pulsierenden Gleichstrom verwandelt, auf den die Membran eines Lautsprechers anspricht. Im Widerstand der Schaltung nach Lehrbuchbild 140/1 entsteht durch den pulsierenden Gleichstrom der Diode eine niederfrequente Wechselspannung, die der aufmodulierten Signalspannung entspricht. Der Kondensator "siebt" die Reste der Trägerfrequenz aus.

165. Bild 41

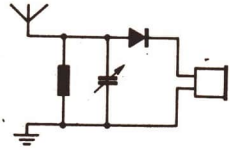


Bild 41 zu Lösung 165

166. Tonrundfunk, Fernsehrundfunk, Sprechfunk, Richtfunk, Funkortung, Funkmeßtechnik, Amateurfunk, Erforschung des Weltraumes

167. Gegeben:

$t = 2$ ms

$c = 300\,000$ kms^{-1}

Gesucht:

Die Entfernung l des Radarzieles

Lösung:

$c = \frac{s}{t}$ mit $l = \frac{s}{2}$

$2l = c \cdot t$

$2l = 300\,000$ kms$^{-1} \cdot 0{,}002$ s

$l = 3 \cdot 10^2$ km

Das Radarziel darf 300 km entfernt sein.

168. $l = 3{,}84 \cdot 10^5$ km

169. $t = 140$ s

7. Röntgenstrahlung

170. Die Abmessungen des Schirmbildes sind größer als der Gegenstand, weil sich die Röntgenstrahlen geradlinig ausbreiten und auf dem Bildschirm der Schatten des Gegenstandes abgebildet wird.

171. Jede bewegte elektrische Ladung ist von einem Magnetfeld umgeben. Das elektrische Feld der elektrischen Ladung und das Magnetfeld durchdringen sich gegenseitig, d. h., es liegt ein elektromagnetisches Feld vor. Eine Abstrahlung elektromagnetischer Wellen beginnt jedoch praktisch erst bei Frequenzen des elektromagnetischen Feldes oberhalb 15 kHz. Eine Abstrahlung elektromagnetischer Felder findet z. B. auch an Hochspannungsleitungen für Wechselspannung ($f < 100$ Hz) statt.

172. Weil die zur Erzeugung von Röntgenstrahlen erforderliche hohe Beschleunigungsspannung (bis 300 kV) und die hohlspiegelartige Krümmung der Katode zum Zwecke der Vereinigung der Elektronenstrahlen in einem Brennfleck bei einer Elektronenröhre nicht vorhanden sind.

173. 1. Indem medizinisches Personal täglich nur eine begrenzte Zeit an Röntgenapparaturen arbeiten darf.
2. Indem die Bedienung des Röntgengerätes aus einem durch Betonwände vom Untersuchungsraum getrennten Raum er-

folgt oder, wenn das nicht möglich ist, indem sich das Personal durch Bleigummischürzen und Bleigummihandschuhe schützt.

3. Durch regelmäßige Kontrolle der aufgenommenen Strahlungsdosis.

8. Wiederholung, Systematisierung

174. Weil es möglich ist, bestimmte Frequenzen auf unterschiedlichem Wege zu erzeugen. Im Bereich des Infrarot entsteht infolge der Wärmebewegung der Moleküle eine langwellige Wärmestrahlung. Sie ist langwelliger als die kürzesten bisher auf elektrischem Wege durch Schwingungen von Generatoren erzeugten Hertzschen Wellen im Mikrowellenbereich.

175. Mikrowellen werden durch Röhren- oder Transistorgeneratoren (Höchstfrequenzgeneratoren) erzeugt. Langwellige Infrarotstrahlen werden auf thermischem Wege erzeugt.

176. Langwellen - Tonrundfunk; Mittelwellen - Tonrundfunk; Kurzwellen - Tonrundfunk; Amateurfunk; Ultrakurzwellen - Tonrundfunk, Fernsehrundfunk, Sprechfunk (Polizei, Rotes Kreuz, Feuerwehr u. a.); Dezimeterwellen - Richtfunk, Übertragung von Telefongesprächen, Funkortung, Funkmeßtechnik (Radar); Mikrowellen - Funkmeßtechnik (Radar), Verkehrswesen, Weltraumforschung, Wetteraufklärung, Landesverteidigung; Infrarotes Licht - Medizin, Lebensmittelindustrie (Bäckereien), Autoindustrie (Aufbringen von Lackschichten), Ultrarotfotografie; sichtbares Licht - alle Lebensbereiche; ultraviolettes Licht - Medizin; Röntgenstrahlung - Medizin, Werkstoffuntersuchung; Gammastrahlen - Medizin, Werkstoffuntersuchung; Kosmische Strahlen - wissenschaftliche Forschung.

177.

Wellenart	Nachweisverfahren
Hertzsche Wellen	Rundfunkempfänger
Lichtwellen	Auge, fotografische Schichten
Röntgenstrahlen	Umwandlung in Lichtenergie (Leuchtschirm), in Wärmeenergie im absorbierenden Körper, in chemische Energie (Schwärzen fotografischer Schichten)

178. Bei den Ultraschallwellen handelt es sich um mechanische Wellen, die auf periodischen Druckänderungen beruhen. Bei den elektromagnetischen Wellen gleicher Frequenz handelt es sich um die zeitlich und örtlich periodische Änderung elektrischer und magnetischer Felder. Beide Wellenarten unterscheiden sich in der Ausbreitungsgeschwindigkeit und der Art ihrer Erzeugung.

Maßstabgerechte Darstellung der Zeichnung
zu Lösung 50 (Seite 11)

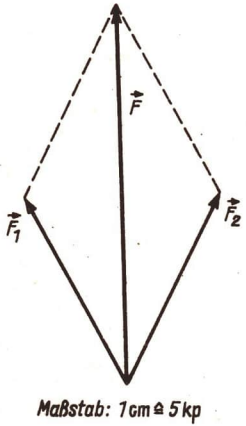


Bild 5 (maßstabgerecht)

Maßstabgerechte Darstellung der Zeichnung
zu Lösung 51 (Seite 11)

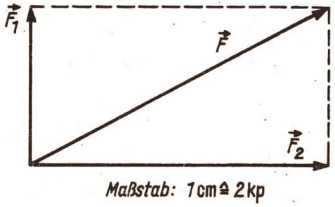


Bild 6 (maßstabgerecht)

Maßstabgerechte Darstellung der Zeichnung
zu Lösung 52 (Seiten 11 und 12)

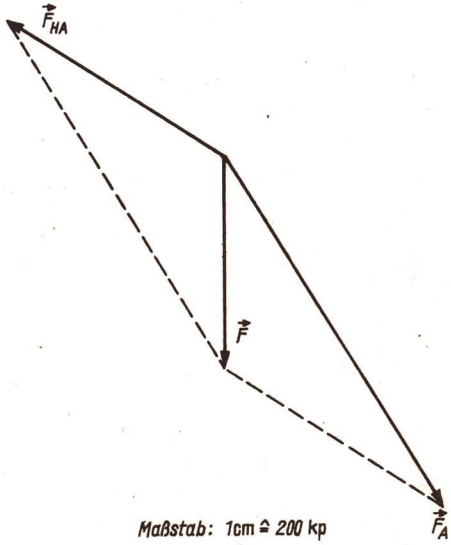


Bild 7 (maßstabgerecht)

Maßstabgerechte Darstellung der Zeichnung
zu Lösung 54 (Seite 12)

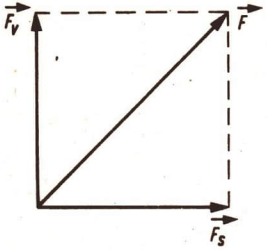


Bild 9 (maßstabgerecht)

KURZWORT: 022137 LOESUNG. PHYSIK 9-10
DDR 1,75 M