

グラトコーバ解答

第1章 分子物理学と熱力学の基礎

第1節 分子運動論の基礎

- 例題1 $N_M = 3.2 \times 10^{24}$, $N_a = 6.4 \times 10^{24}$, $n_0 = 2.7 \times 10^{25} / m^3$, $\rho = 1.3 \text{ kg} / m^3$, $d_0 = 3.33 \times 10^{-9} m$
 例題2 $= 0.50 \text{ モル}$, $m_M = 3.0 \times 10^{-26} \text{ kg}$, $V_1 = 3.0 \times 10^{-29} m^3$, $d = 3.11 \times 10^{-10} m$, $d/l = 0.093$
 例題3 $v = 530 m/s$
 例題4 $M = 26$, C_2H_2 , 炭素 12 kg , 酸素 1 kg
 例題5 $v = 454 m/s$, $= 6.0 \times 10^{-8} m$, $d = 3.7 \times 10^{-10} m$

- 1.1 1500 モル , 1.2 $0.92 m^2$, 13 kg , 1.3 2000 モル , 1.4 $2.2 \times 10^{-3} \text{ モル}$, 全ての気体で同じ 1.5 $29 \times 10^{-3} \text{ kg} / \text{モル}$, 1.6 否, $v_1/v_2 = M_2/M_1$, 1.7 5.3×10^{-26} , 7.3×10^{-26} , 3.0×10^{-26} と 2.8×10^{-26} , 1.8 $4.6 \times 10^{-26} \text{ kg}$, 分子数 3.2×10^{25} , 1.9 $2.2 \times 10^{22} / g$, $1.4 \times 10^{22} / g$, $2.7 \times 10^{25} / m^3$, 1.10 $1.5 \times 10^{23} / g$, $4.3 \times 10^{22} / g$, $2.7 \times 10^{25} / m^3$, 1.11 $2.8 \times 10^{22} / g$, 1.12 $3.3 \times 10^{22} / g$, $6.2 \times 10^{21} / g$, $1.1 \times 10^{22} / cm^3$, 1.65×10^{16} , 1.13 36 時間 12 分 , 1.14 $1.75 \times 10^{12} / cm^3$, 1.15 $0.04 m$, 1.16 $2.4 \times 10^{-9} m$, $2.4 \times 10^{-16} m^2$, 1.18 $2.45 \times 10^{-29} m^3$, $2.9 \times 10^{-10} m$, 1.19 3.9×10^4 , 1.20 1.62×10^{24} , 1.21 $0.016 \text{ kg} / \text{モル}$, メタン, 1.22 拡散とブラウン運動
 1.23 集合状態、物質の温度、外圧, 1.24 濃度や温度が一様でないとき, 1.25 分子に作用している重力場は、分子を地球側に加速する。分子が地球から離れようとする、重力場は分子を減速するからである。
 1.26 否。シリンダの低温部分では濃度は高い。
 1.27 空気が容器の外部に出て行くより早く、軽い気体が容器内に入れば、容器A内の圧力は増大する。パイプの右側を登っていく水銀がブザーの回路を閉じる。
 1.28 無重力下では、分子のランダム運動が保持される。
 1.29 水への砂糖の拡散
 1.30 木炭の混合物中での鉄製品の焼き入れで、炭素原子が鉄表面に拡散し、製品を強固にする。
 1.31 溶けた銅が半田付けされる部品の表面により深く浸透する結果、半田付けは強固となる。
 1.32 ハンマーの衝撃で溶接される鉄同士がより一体化するから。白熱している温度あたりでは、粒子の相互拡散は素早くかつ深くまで行われる。
 1.33 大きな圧縮力下では、材料接合面の軟化と相互拡散の増加となり、結合力が大きくなる。
 1.34 上昇する。下降する。外側に突き出る。凹む。
 1.35 粒子には間断なく無作為に大きさ及び方向の違った力が作用する。粒子が大きくなればなるほど、粒子に作用する力の釣り合いがとれてしまう。否。
 1.36 分子同士の衝突があるため、分子の大きな移動は困難である。
 1.37 否。各々の線分は実は顕微鏡で覗けば更に細かく折れ曲がっていることがわかる。
 1.38 $530 m/s$, 1.39 $450 m/s$, $490 m/s$, $400 m/s$, 1.40 $8.6 mm$

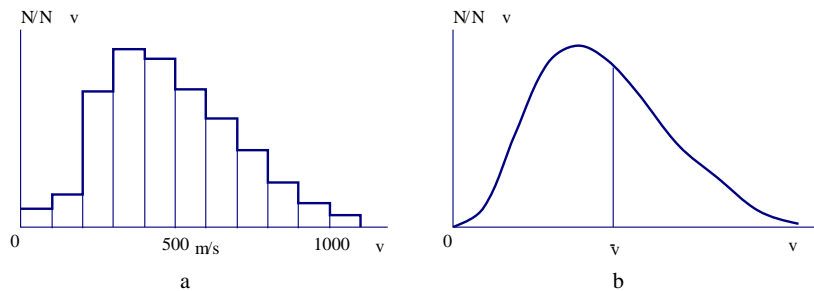


図1.41

- 1.41 図参照。折れ線は連続曲線となる。
 1.42 分子の速度の違い。
 1.43 $3340 / \text{分}$, 1.44 1270 K まで。
 1.45 $520 m/s$, 1.46 $1400 m/s$, 1.47 分子結合力は極めて大きく、この力が固体の体積と形状を一定に維持させている。
 1.48 同時に, 1.49 通常の条件下では、気体の分子の間に作用する結合力は実質的に存在しない。
 1.50 斥力の存在故である。分子を近接させようとする、斥力が急激に増大する。
 1.51 茶碗の割れ口の不均一性故に、

出来る間隔が分子の作用半径より大きくなるため。 1.52 引力と斥力が釣り合い状態にあるとき 1.53 釣り合いの状態から、左右両側の短い部分 1.54 固体状態の方が大きい。分子間距離がより小さいから。 1.55 ない。分子物理に関する現象においては、分子自身は変化しない。これ故、分子の内部エネルギーの変化は、分子の運動及びポテンシャルエネルギーの変化による。 1.56 準位は上昇する。分子間距離は大きくなる。 1.57 否 1.58 $4.00 \times 10^{-8} \text{ m}$ 1.59 $1.3 \times 10^{-7} \text{ m}$ 1.60 1.5×10^{10} と $7.5 \times 10^{-9} / \text{s}$ 、 2.7×10^{-10} と $3.7 \times 10^{-10} \text{ m}$ 1.61 $6.57 \times 10^9 / \text{s}$ 1.62 $2.11 \times 10^{-23} \text{ kg} \cdot \text{m} / \text{s}$ 1.63 $3.7 \times 10^{-10} \text{ m}$ 1.64 $2.7 \times 10^{-10} \text{ m}$ 1.65 $d_{\text{CO}_2} / d_{\text{O}_2} = 1.24$

第2節 理想気体の法則

例題6 $n = 3.0 \times 10^{25} / \text{m}^3$ 、 $E = 6.2 \times 10^{-21} \text{ J}$ 、 $v = 480 \text{ m} / \text{s}$ 、 $T = 300 \text{ K}$

例題7 $= 2.05 \text{ kg} / \text{m}^3$ 、 $m = 410 \text{ kg}$

例題8 $T_2 = 383 \text{ K}$ 、 $T'_2 = 375 \text{ K}$ 、 $m = 0.283 \text{ kg}$

例題9 $p_1 = 190 \text{ kPa}$ 、 $p_2 = 48 \text{ kPa}$

例題10 省略

2.1 分子同士が十分に離れている条件下。これは気圧が低く、温度が高いときである。
2.2 必ずしもそうではない。2.1の解答を参照 2.3 水素とヘリウム 2.4 0.42 kPa 2.5 101.3 kPa 2.6 879 mm まで伸びる。 2.7 250 kPa 2.8 深さ 20.1 m 2.9 皿と錘の全重さはパイプとその中の水銀の全重さと釣り合っている。是 2.10 無重力下では、船内の大気を形成している気体分子の乱雑運動は保存される。 2.11 水銀気圧計では、水銀はパイプの上端まで達する。アネロイド気圧計は正常に動作する。水面計は使用不可である。 2.12 10.5 m 、 1.92 kPa 2.13 88 、 77 、 25.4 、 4.8 kPa 2.14 770 N 2.15 581 kPa 2.16 480 N 2.17 0.96 MPa 2.18 518 kPa 2.19 $5.6 \times 10^{-21} \text{ J}$ 2.20 $1.54 \text{ kg} / \text{m}^3$ 2.21 $500 \text{ m} / \text{s}$ 2.22 5.4×10^{-21} 、 $9 \times 10^5 \text{ J}$ 、 1.5 MPa 2.23 7×10^{-21} 、 300 J 、 $2 \text{ kg} / \text{m}^3$ 2.24 $p_{273} = 109.2 \text{ kPa}$ 、 $p_{373} = 150 \text{ kPa}$ 、 $p_{180} = 72 \text{ kPa}$ 、 200 K 2.25 1.1 MPa 2.26 73 K 、変化しない 2.27 $3.3 \times 10^{11} / \text{m}^3$ 、 $3.3 \times 10^{-5} / \text{cm}^3$ 2.28 $1.24 \times 10^{-2} \text{ m} / \text{s}$ 、 $4.38 \times 10^{-3} \text{ m} / \text{s}$ 、 $4.25 \times 10^{-8} \text{ m}$ 2.29 $2 \times 10^{-8} \text{ m} / \text{s}$ 2.30 55 秒 2.31 $458 \text{ m} / \text{s}$ 、 269 K 2.32 2.25 倍増加 2.33 1.9×10^{16} 2.34 810 kPa 2.35 613 L 2.36 240 K 2.37 576 L 2.38 26 L 2.39 47 kPa 、 19.5 g 2.40 223 K 、 34.2 g 2.41 8% 増加 2.42 2.7 N 2.43 294 kPa 2.44 220 2.45 8.7 m 2.46 $0.47 \text{ kg} / \text{m}^3$ 2.47 $2 \text{ kg} / \text{m}^3$ 、 $0.5 \text{ kg} / \text{m}^3$ 2.48 $3.3 \text{ m} / \text{s}$ 2.49 1173 K 2.50 3.73 kg 2.51 294 K 2.52 $R = 8.31 \text{ J} / \text{mol} \cdot \text{K}$ 2.53 560 K 2.54 14

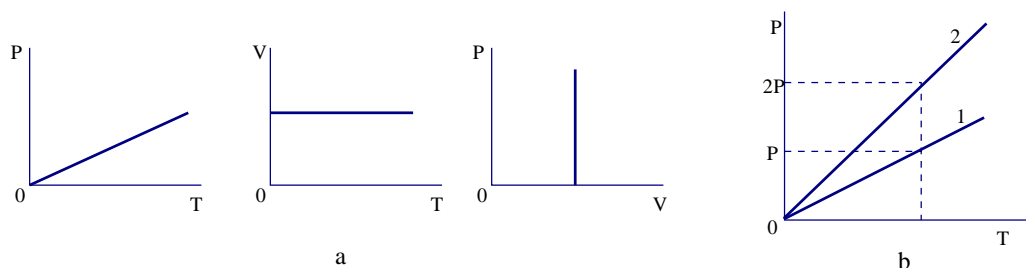


図2.82

2.55 13 MPa 2.56 2.0 kg 2.57 分子数 4×10^{25} 個減少 2.58 $T_1 = (p_a + gh) T / p_a$ 2.59 $h = (h_1 / T_1) ((T_2 - T_1) (p_0 S + m_1 g) - m_2 g T_1) / (p_0 S + (m_1 + m_2) g)$ 2.60 2.09 kN 2.61 40 kg 、 240 m^3 2.62 1.2 m^3 2.63 0.17 m 2.64 $T_{2\text{min}} = 81 T_1 / 80$ 、 $T_2 = T_1$ 2.65 乾いた空気の方、 1.23 倍大きい 2.

$6.6 \times 10^{-2} \text{ kg} \cdot 2.67 = (m_1 + m_2) p M_1 M_2 / (m_1 M_2 + m_2 M_1) R T$ 、
 $M' = (m_1 + m_2) M_1 M_2 / (m_1 M_2 + m_2 M_1)$ $2.68 \cdot 8.54 \text{ kPa} \cdot 2.69$
 $4\% \cdot 2.70 \cdot 4.99 \text{ kPa} \cdot 2.71$ 電球が白熱したとき、その内部の圧力が
 外気圧より余り高くない様になっている。 2.72 瓶内の圧力が外気より小さくなり、
 瓶がしっかりと体に張り付く。 $2.73 \cdot 144 \text{ kPa} \cdot 2.74 \cdot 407 \text{ K} \cdot 2.75$
 $110 \text{ kPa} \cdot 2.76 \cdot 270 \text{ K} \cdot 132 \text{ kPa} \cdot 2.77 \cdot 323 \text{ K} \cdot 238$
 $\text{K} \cdot 2.78 \cdot 4.05 \text{ MPa} \cdot 2.79 \cdot 1.47 \times 10^{-3} \text{ Pa} \cdot 1.76 \times 10^{-3} \text{ Pa}$
 $2.80 \cdot T = n(k)$ 、 $= 1/n = 1/T$ 2.81 解離の程度に依存して、
 2 倍から 4 倍の間まで大きくなる。 2.82 図参照、 $p - T$ 図だけで変化

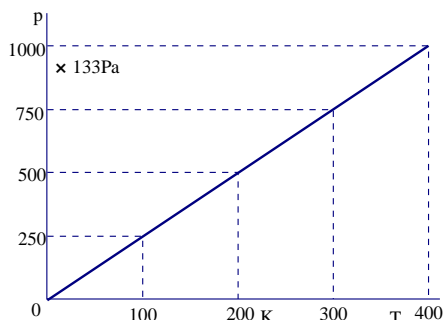


図 2.83

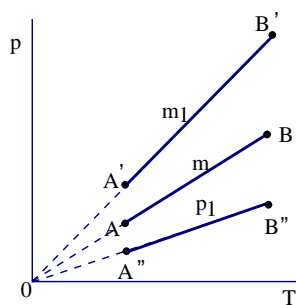


図 2.89

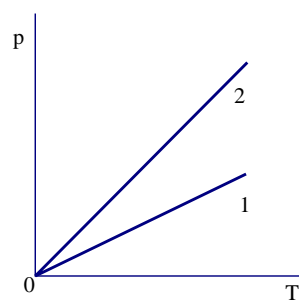


図 2.91

2.83 図参照、 $= 1/372 \text{ K}^{-1}$ 2.84 A - B 間は等積加熱、B - C 間は
 等温圧縮。A - B 間で最大体積、C 点で最大密度 $2.85 \cdot 464 \text{ K} \cdot 422 \text{ K} \cdot 2.86$
 是、 $m = 0.22 \text{ kg} \cdot 2.87 \cdot 77 \text{ K} \cdot 2.88 \cdot 1.94 \text{ MPa} \cdot 2.89$
 図参照 2.90 密度は不変、残りの物理量は 2 倍 2.91 図参照 2.92
 とともに等圧変化 $2.93 \cdot 63 \cdot 2.94 \cdot 23 \text{ dm}^3 \cdot 2.95 \cdot 14 \text{ cm} \cdot 2.96$
 $20 \text{ mm} \cdot 2.97 \cdot 58.5 \text{ g} \cdot 2.98 \cdot 303 \text{ K} \cdot 2.99 \cdot 1400 \text{ K}$
 $2.100 \cdot 2.4 \text{ m/s} \cdot 2.101 \cdot 3.2 \text{ kg} \cdot 2.102 \cdot 500 \text{ K}$ 、 $= 0.002 / \text{K}$
 2.103 図参照 2.104 点 1、線分 23, 05, 03、線分 03

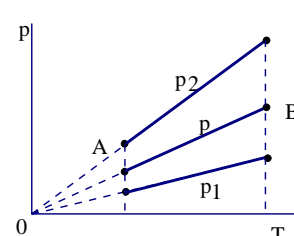
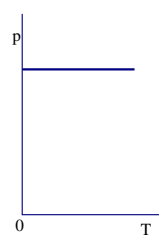
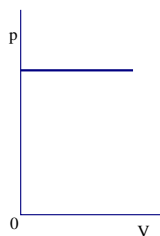
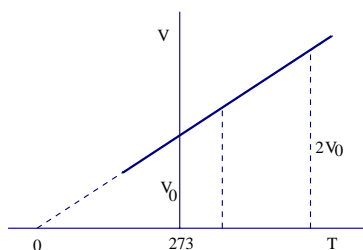


図 2.103

図 2.106

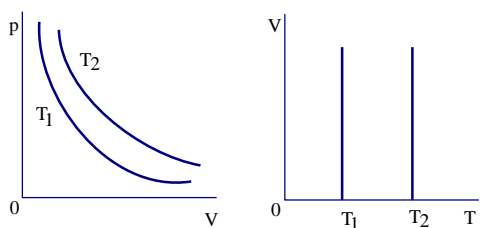


図 2.108

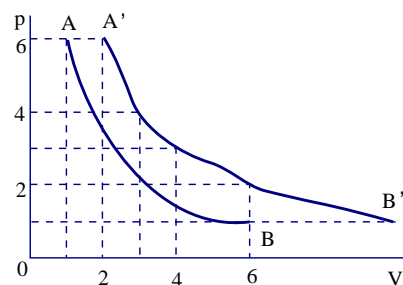


図 2.110

$2.105 \cdot 290 \text{ K} \cdot 2.106$ 図参照 2.107 閉じた容器の壁が熱伝導性
 が高く、周りの媒質が大きな熱容量を持ち、気体の体積変化が十分にゆっくりである。

2.108 図参照 2.109 モル数が異なる場合 2.110 図参照 2.111
 1 B点、2倍、図参照 2.112 78 kPa 2.113 173 kPa 2.114
 $V_1 / (n+1)$ 2.115 180 kPa 2.116 200 kPa 2.117 15 cm
 $p = p'_1 = p'_2 = p'_3 = (p_1 V_1 + p_2 V_2 + p_3 V_3) / (V_1 + V_2 + V_3)$ 、
 $V'_1 = p_1 V_1 (V_1 + V_2 + V_3) / (p_1 V_1 + p_2 V_2 + p_3 V_3)$ 、
 $V'_2 = p_2 V_2 (V_1 + V_2 + V_3) / (p_1 V_1 + p_2 V_2 + p_3 V_3)$ 、
 $V'_3 = p_3 V_3 (V_1 + V_2 + V_3) / (p_1 V_1 + p_2 V_2 + p_3 V_3)$ 、
 2.119 $h = H \cdot V_1 / (V_1 + V_2)$
 2.120 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、147 mm 2.121 126 mm 2.122
 101.3 kPa 2.123 10.3 m、6.4 mm³ 2.124 20.7 m
 2.125 304 kPa 2.126 1.5分 2.127 84、72、60
 2.128 610 kPa 2.129 120 2.130 43.2 kPa、32.4 kPa
 2.131 100 kPa 2.132 13.6 kg 2.133 0.8 dm³
 2.134 図参照 点1から点3の部分において、実験で得られる体積はボイルの法則から得られる計算値より小さい。点3では等しい。点3から点4では実験値の方が計算値より大きい

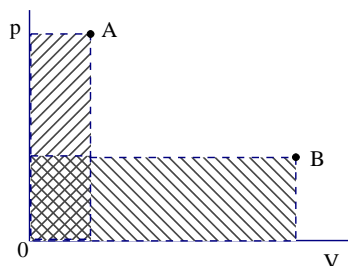


図2.111

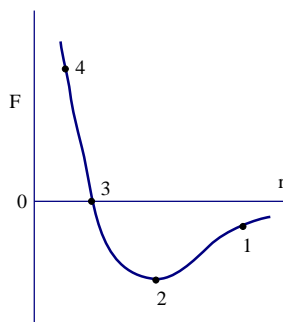


図2.134

第3節 熱力学の基礎

3.1 160 L 3.2 8 3.3 225 L、75 L 3.4 34 3.5
 30 3.6 40 3.7 1.3 kg 3.8 300 g 3.9 460 J
 / kg · K 3.10 98 3.11 380 J / kg · K 3.12 168 g
 3.13 700 3.14 27 3.15 2 3.16 0.43 kg 3.
 17 908 3.18 181 J / K 3.19 119 MJ 3.20 26
 3.21 0.078 m³ 3.22 270 g 3.23 310 kg 3.24 4
 1% 3.25 24% 3.26 1.67 t 3.27 0.52 t 3.28 7
 4 MJ 3.29 56 kg 3.30 高速回転する円盤との間の摩擦熱で、金属が融
 点まで加熱される。 3.31 0.04 K 3.32 6 K 3.33 1.7 K 3.
 34 6.38 km、14.8 km 3.35 銅、15 K 3.36 0.63 kW、
 20 K 3.37 8.5 K 3.38 38 K 3.39 3.3 m / s 3.40
 60 W 3.41 35 K 3.42 17.6 K 3.43 6.7 Nm 3.44
 $Q = (u_1^2 m_1 / 2) (m_2 / (m_1 + m_2))$ 、 $T = (m_2 / (c (m_1 + m_2)^2)) (m_1 u_1^2 / 2)$
 3.45 $Q = m_1 m_2 (u_1^2 + u_2^2) / (2 (m_1 + m_2))$ 3.46 0.0
 06 K 3.47 動いている気体分子の平均運動エネルギーは温度が同じならばどれも
 同じで、 $E = (3/2) kT$ 。分子の全エネルギーは分子中の原子数に依存しており、次
 の式に従う。 $E = (i/2) kT$ 、ここで*i*は自由度。従って、 $E_{He} = (3/2) kT$ 、
 $E_{H_2} = (5/2) kT$ 、 $E_{CO_2} = 3 kT$ 3.48 $1.66 \times 10^{-20} \text{ J}$ 、400 K 3.
 49 $5.6 \times 10^{-21} \text{ J}$ 、 $8.7 \times 10^{-21} \text{ J}$ 、1840 m / s、2300 m / s 3.
 50 8.3 kJ 3.51 416 kJ 3.52 50 J、3.3 kJ、 $3.3 \times 10^{-21} \text{ J}$ 、 $5.5 \times 10^{-21} \text{ J}$
 3.53 608 kJ 3.54 6.0 kJ 3.55
 14 kJ 3.56 0.33 kJ 3.57 25 kJ 3.58 289 K 3.
 59 (a) 4 MJ (b) $(p_1 + p_2)(V_2 - V_1) / 2$ 3.60 $A = (2 p_1 - (V_2 - V_1) \tan)$
 吸収 3.62 図参照、4 kJ、 $= 6 \text{ K} / \text{m}^3$ 3.63 $A = (p_2 - p_4)(V_2 - V_1)$
 3.64 両方で、 $A = (p_2 - p_1)(V_3 - V_1) / 2$ 3.65 0.48 g、
 1.15 kJだけ増加 3.66 71 K 3.67 25 kJ、依存しない 3.68
 13.2 kJ 3.69 580 J 3.70 気体のなす仕事 3.71 $U = 0$ 、
 250 J 3.72 両方で同じ仕事が行なわれる。 $A_1 = A_2 = Q$ 3.73 $Q = A = p$
 $2 V_2 \ln (V_2 / V_1)$ 3.74 内部エネルギーの変化 3.75 $Q_1 = 3 R / 2$ 、
 $Q_2 = 5 R / 2$ 、 $Q_3 = 3 R$ 3.76 1.04 kJ、 $U_{N_2} = U_{O_2} = 1.04 \text{ J}$

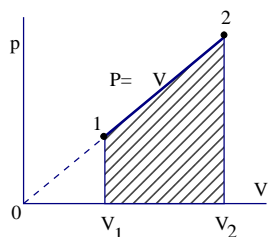


図 3 . 6 1

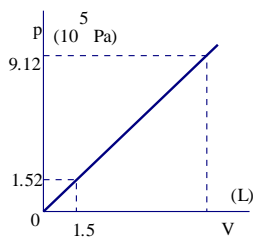


図 3 . 6 2

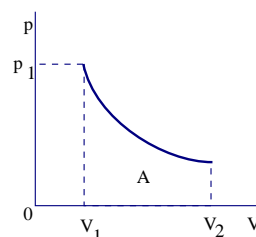


図 3 . 6 9

3.77 $M = 0.029 \text{ kg / mol}$ より空気 3.78 363 K 、 726 kPa
 3.79 $Q = U = 45 \text{ kJ}$ 3.80 等圧加熱において、熱量は気体の内部エネルギーの増加と期待のなす仕事に使われる 3.81 $R = 8.31 \text{ J / mol} \cdot \text{K}$ 3.8
 2 $M = 0.028 \text{ kg / mol}$ より窒素 3.83 20 L 3.84 2.52 MJ 、
 6.3 MJ、8.82 MJ 3.85 1.02 kJ 、 120 kJ 、 121 kJ 3.8
 6 40 kJ 、 20 kJ 、 500 K 3.87 $Q_1 = (i/2)(p_2V_2 - p_1V_1) + p_2(V_2 - V_1)$ 、
 $Q_2 = (i/2)(p_2V_2 - p_1V_1) + p_1(V_2 - V_1)$ 、 $= (Q_1 - Q_2) / Q_1$ 3.88 $A = R(T_3^{1/2} - T_1^{1/2})^2$ 、 $Q = R((5/2)T_3 - (3/2)T_1 - (T_1T_3)^{1/2})$ 、
 1 - 2 - 3 で熱を受け取り、3 - 4 - 1 で熱を差し出す。 $= 2(T_3^{1/2} - T_1^{1/2})^2 / (5T_3 - 3T_1 - 2(T_1T_3)^{1/2})$ 3.89 最後の 2 例
 3.90 断熱過程では、濃度と温度が同時に変化する。等温過程では、温度は不変。気
 体の内部エネルギーは断熱膨張では小さくなり、等温過程では不変 3.91 120 J
 3.92 8.31 kJ 、 400 K 3.83 小さくなる、 $U = 3(p_1V_1 - p_2V_2)$ 3.94 4.93 MPa 、 702 K 、 316 kJ 3.95 図参照、1 - 2
 と 2 - 3、点 3 3.96 図参照、点 1 と点 2 3.97 図参照、1 - 2 と 4 - 1
 3.98 気体の漏れ 3.99 $U = (5/2)(p_2V_2 - p_1V_1)$ 、 $A = p_2(V_2 - V_1)$ 、
 $= 2p_2(V_2 - V_1) / (5(p_2V_2 - p_1V_1) + 2p_2(V_2 - V_1))$ 3.
 100 $= 2(p_2 - p_1)(V_2 - V_1) / (3(p_2V_2 - p_1V_1) + 2p_2(V_2 - V_1))$
 3.101 39% 3.102 105 kW 3.103 8.8 MJ 3.104
 11 kg 3.105 61 km 3.106 35% 、 66 t 3.107 商品名
 A - 1 という石炭、 $2.05 \times 10^7 \text{ J / kg}$ 3.108 18.4 t 、 44 MW

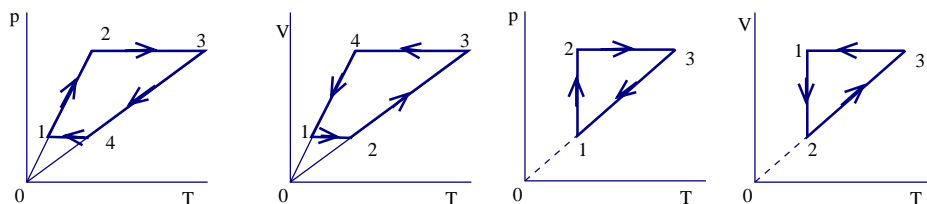


図 3 . 9 6

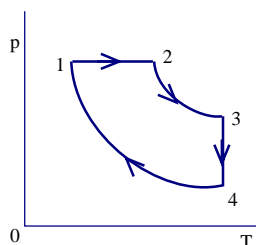


図 3 . 9 7

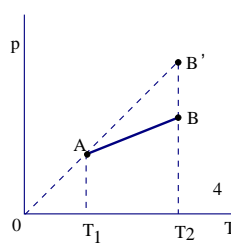


図 3 . 9 8

第 4 節 蒸気の性質。沸騰。大気中の水蒸気

例題 19 $m = 0.629 \text{ kg}$ 、 $P = 800 \text{ W}$

例題 20 $= 7.5\%$ 、 $U = 4.2 \text{ MJ}$

例題 21 $= 12.2 \text{ g / m}^3$ 、 $= 79\%$

例題 22 $= 13 \text{ g / m}^3$ 、 $= 50\%$

例題 23 $= 50\%$ 、 $m = 0.28 \text{ kg}$

4.1 無風下では着物や草木の表面での水蒸気密度が、風のある場合より大きい。蒸発
 ゆっくり行われる。 4.2 否、蒸発は行われている、が蒸発が凝縮に勝っているだけ
 である。 4.3 ガス入り電球では、フィラメントの霧化は、真空電球よりゆっくりで
 ある。 4.4 多孔質容器では、水の蒸発は水面だけではなく、容器の壁からも行われ
 る。より大きな蒸発熱が奪われる 4.5 雨の時、雨の蒸発表面積は霧化することで大
 きくなる。雨滴の蒸発エネルギーは周りの空気から持ってくる 4.6 蒸発熱が奪われ
 る 4.7 液体温度は低下する。液体の表面から大きなエネルギーを持った分子が飛び
 出すので、液体分子の平均運動エネルギーは低下する 4.8 出来る 4.9 温度の
 上昇とともに小さくなる 4.10 是。凝縮が、蒸発が行われたときの温度より低い温
 度で行われるとき 4.11 否、蒸発速度は2つの理由で大きくなり得る。分子の平均
 運動エネルギーの増加と脱出仕事の減少 4.12 蒸発と凝縮の釣合が達成されるまで。
 蒸気の密度と圧力がその温度で最大になったとき、蒸気は飽和する 4.13 是。飽和
 蒸気の冷却と凝縮中心の不存在の場合。そのような蒸気は過飽和蒸気と呼ばれる 4.1
 4 分子の平均運動エネルギー増大とともに、同時に、蒸気の凝縮と蒸気密度も増大する
 4.15 管を垂直面内に維持しながら、管を傾ける。空気がないときには、液体は管
 の両方で同じ水準となる。 4.16 7.37 kPa $6.8 \times 10^{-4} \text{ kg}$ だけ減少する
 4.17 1.6 kPa 不飽和蒸気 4.18 1 kPa 飽和蒸気 4.19 野
 菜の乾燥において、真空中での水分子の蒸発は気体の満たされている空間より早く行われ
 る。 33 g 4.20 $4.86 \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3$, $17.2 \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3$, 0.588 kg/m^3 4.21 2.1 kPa , 3.5 kPa , 12 kPa 4.22 0.193 m^3 4.23 $H = (RT/pM - 1)h$ 4.24 298 K 4.25
 8 L , 0.5 g 4.26 蒸気、水；水、蒸気；蒸気、蒸気 4.27 7.6% 4.
 28 $Q = rMA/RT$ 4.29 圧力の増加とともに沸騰温度は上昇する。坑道では
 沸騰温度は高くなる 4.30 液体の自由表面での外圧と飽和蒸気圧が等しくなったと
 き。否 4.31 2.33 kPa 4.32 否 4.33 否 4.34 200 kJ , 80 kJ 4.35 1.19 MJ 4.36 54.2 4.37 13 4.
 38 $r = 2c(t_2 - t_1)$ $2/1$ 4.39 $2.26 \times 10^6 \text{ J/kg}$ 4.4
 0 39 g 4.41 線分 BC - 蒸気の凝縮。線分 AB, CM, KL, KN - 蒸気温度
 の変化、凝縮液の温度の変化、カロリー計の温度の変化、最初からカロリー計に入ってい
 た水の温度の変化。軸 OQ 上の線分 Ob, cm, Ol, On - これらの過程で得た或いは
 放出した熱量 4.42 69 4.43 39 kg 4.44 360 K 4.45
 16.3 g 4.46 10 L 4.47 40% 4.48 4.8 m/s 4.4
 9 50.6 分 4.50 70 g 4.51 66% 4.52 臨界圧力、温度、比
 熱 4.53 ゼロ 4.54 否 4.55 酸素 4.56 車内の水蒸気密度は人
 が乗っていると高い。水蒸気が冷たい壁面に触れると、そこで飽和蒸気となり、凝縮の結
 果、壁面に水滴が付く。そして霜となる 4.57 温度の低下とともに、蒸気の凝縮が
 始まる 4.58 相対湿度が 100% となる温度まで空気が冷却（通常は朝）される
 4.59 暑い日には、水の蒸発が激しい 4.60 雲の層が地表面の冷却を妨げる
 4.61 0.0173 kg/m^3 , 75% 4.62 0.0094 kg/m^3 , 51%
 4.63 温度の上昇 4.64 0.011 kg/m^3 , 12 以下 4.65 後
 者 4.66 79 g/m^3 4.67 22 , 80% 4.68 0.0128 kg
 $/\text{m}^3$, 70% 4.69 0.245 kg 4.70 0.266 kg 4.71 5
 4% , 44% , 83% , 結果は同じ 4.72 14 4.73 279 K 277
 K , 30 と 26 4.74 46% , 21 4.75 2.7 g 4.76 13
 4.77 否、是、 1.64 g 4.78 否、是、 0.2 g 4.79 67%
 4.80 864 g 4.81 上げる、 23 4.82 約 2.5 g 4.83 7
 5% 4.84 5.4 g の水を付加し蒸発させる 4.85 568 Pa , 320 Pa
 4.86 1.12 kg/m^3 4.87 2.88 kPa 4.88 0.31 g ,
 22 kPa 4.89 61%

第5節 液体の性質

例題 24 $= 95 \mu\text{J}$

例題 25 24 Pa , 20 Pa , 12 Pa

例題 26 $h = 13 \text{ cm}$, $A = 5.0 \mu\text{J}$

5.1 是、力の作用時間が短いとき 5.2 否、外力がなければ、液体は表面エネル
 ギーが最小となる形状を持つ 5.3 表面層の分子には表面の下にある分子が作用する。
 液体内部に作用している力が現れる 5.4 約 110 km 5.5 分子圧力は液体内
 部を向いている 5.6 低下する。臨界温度ではゼロとなる 5.7 低下する。表面

層のエネルギーの増加は液体の分子運動エネルギーの減少の結果として行われる。 5.8 4.24 × 10⁻⁶ J 5.9 1.45 × 10⁻⁴ J 5.10 96 μJ 減少 5.11 0.99 μJ 5.12 3.32 × 10⁻⁴ K 5.13 0.04 N/m 5.14 0.072 N/m 5.15 40.3 分 5.16 621 5.17 82 m N 5.18 0.072 N/m 5.19 0.13 N 5.20 1.0 m/s²、水の方向 5.21 否 5.22 濡れ 5.23 スズはアルミニウムの酸化膜を濡らせない。 5.24 ガラスに濡れる液体ならば、液体は容器の表面全体に行き渡り、中心部に空気の球が出来る。濡れない液体ならば容器の中心に球形で留まる。 5.25 0.62 cm 指針：3つの力（重力、表面張力（下向き）、浮力）の釣合 5.26 1.6 mm 指針：前問 5.27 濡れる液体では角度は90°の方向へと大きくなっていく。濡れない液体では角度は90°の方向へと小さくなっていく 5.28 大きい方のシャボン玉は大きくなり、小さい方のシャボン玉は小さくなる。両方のシャボン玉の曲率半径が同じになったとき安定する。図参照、 $r_1' = r_2'$ 5.29 両方の場合で16 Pa 5.30 $p = \rho g h$ 5.31 1.18 kg/m³ 5.32 0.78 mm 5.33 4.8 Pa、6 cm、120° 5.34 2.35 kN 5.35 濡れる液体の毛細管現象 5.36 否、掘り返して柔らかくする 5.37 地面をローラーで地ならしする 5.38 0.022 N/m 5.39 1.96 mm、0.73 mm 5.40 縁の角度は変化していき、細管の水面は平面に近づく。 5.41 15 cm、6.3 cm、7 cm、9.2 × 10⁻⁷ J、4.6 × 10⁻⁷ J 5.42 1.4 cm、1.9 cm 5.43 $p_B = p_0 - \rho g h$ 5.44 14.7 cm、6 cm 5.45 1.5 kg 5.46 12 cm、4.9 cm、5.6 cm、0.074 N/m 5.47 $H = 2(R_2 + R_1) / (R_1 R_2 g) + h$ 5.48 減少する 5.49 5 cm 5.50 5.9 cm、0.846 N 5.51 150 kPa 5.52 15 g 5.53 265 mm 5.54 1.4 Pa·s、2.0 Pa·s 5.55 6.3 × 10⁻⁴ Pa·s、1.19 mPa·s、2.0 mPa·s、20 s 5.56 4.4 mPa·s、12 mPa·s、52 mPa·s、52.5 s

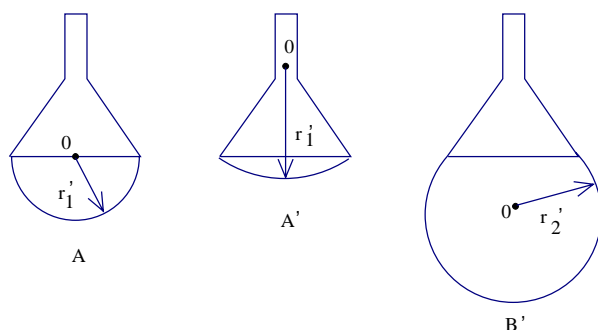


図5.28

第6節 固体の性質。溶解と結晶化。変形

例題27 $a = 4.09 \times 10^{-10}$ m、 $d = 2.89 \times 10^{-10}$ m

例題28 $m = 44$ g

例題29 $n = 5.1$ 、 $\epsilon = 0.0011$ 、 $\Delta H = 14$ J

例題30 弾性変形、 $F = 627$ N

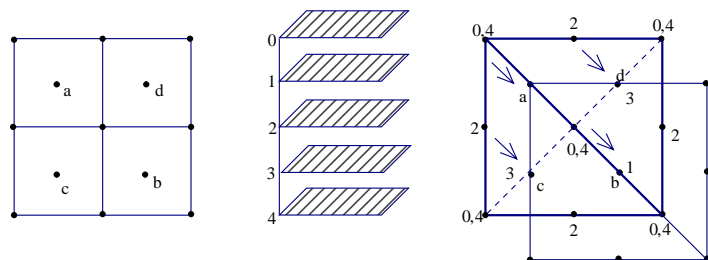


図6.2

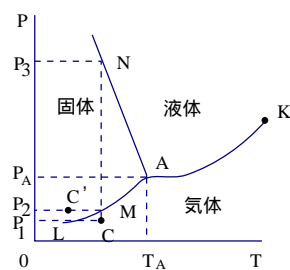


図6.54

6.1 (a) 6と1、 $a = d = 3.35 \times 10^{-10}$ m (b) 8と2、 2.88×10^{-10} m、 2.45×10^{-10} m (c) 12と4、 4.94×10^{-10} m、 3.46×10^{-10} m 6.2 図参照 6.3 3.56×10^{-10} m、 1.54×10^{-10} m、1.18

$\times 10^{24}$ 6.4 アモルファス物質においては、粒子のランダム的な配位故に、粒子間の平均距離は任意の方向で同じ 6.5 結晶化が、多数の点で行われる。 6.6 小さい結晶粒 6.7 是。冷却速度が速ければ、粒子は秩序正しい位置に着くことが出来ない 6.8 結晶格子の欠陥故である 6.9 貯水池で水がゆっくり冷却すると、底の温度は +4、水面の温度は +0。凍ると水の密度は小さくなり、氷は水面に浮かぶ。
 6.10 氷が溶けるときは、融解熱が必要。降雪では水が氷となるので、凝固熱が放出 6.11 鉛の融解温度は低く、タンゲステンの融解温度は高い。 6.12 氷。熱容量が大きい 6.13 水は凍ると膨張する。冷却器の管を損ねる 6.14 否 6.15 水の方の内部エネルギーが大きい 6.16 雪や氷が溶け、形成された水はゆっくりと蒸発する。土壌はしっかりと湿る 6.17 67.0 kJ 、 71.2 kJ 6.18 24 kJ 、 46 kJ 6.19 7.96 MJ 6.20 24.4 MJ 6.21 $3.35 \times 10^5 \text{ J/kg}$ 6.22 80分 6.23 1時間 6.24 400 K 6.25 125 g 6.26 2.5 g 6.27 112 MPa 6.28 508 g 6.29 60 g 6.30 5.3 6.31 $3.3 \times 10^5 \text{ J/kg}$ 6.32 0.22 kg 6.33 氷は増加する。到達温度 2.83 、氷も水も質量は不変化 6.34 71 g 6.35 0.51 kg 6.36 16.7 kg 6.37 1.6 g 6.38 24 km 6.39 354 m/s 6.40 2.2 km/s 6.41 2.54 km/s 6.42 90.5 kg 、 54 kg 6.43 14.0 t 6.44 420 kg 6.45 78% 6.46 0.25 kg 6.47 70% 、 916 kJ 6.48 78 K 6.49 A点、3重点、 $T = 273.16 \text{ K}$ 、 $p = 609 \text{ Pa}$ 6.50 是、ヘリウム 6.51 絶対零度で、物質は任意の圧力下で固体状態となる。例外はヘリウム 6.52 外圧の増加とともに、物質の融解はより低い温度で行われる。これらの物質では融解において体積は減少する。 6.53 否、この確信は固体の結晶状態への適用でのみ正しい。例えば、固体のガラスと液体のガラスには相の違いはない 6.54 図参照、波線CNが過程を示している。M点で結晶化が起こり、N点で融解が起こる 6.55 前問の解図を参照、 $p_2 < p_A$ の時、液相を減らしながら結晶は気相へと転移する。昇華が起こる。例として、ナフタリン、ヨード、氷、硫黄 6.56 前問の解参照 6.57 等圧過程において、圧力が3重点の圧力より高いことが必要 6.58 0、氷 13 g が溶ける 6.59 15 6.60 状態図において、液体 - 気体の釣合曲線はK点で終了している。この点はその物質の臨界温度と臨界圧力に対応している。温度が臨界温度より高いと液体は存在しない。 6.61 一定の物質では昇華熱は、融解熱分だけ気化熱より大きい 6.62 230 g 6.63 $= 0$ 6.64 蓋をしていると、表面からの水の蒸発過程がゆっくりとなり、必要なエネルギーが小さくて済む 6.65 蒸気の凝縮の予防と効率アップのため 6.66 昇華 6.67 ? より低い融解温度 6.68 縦方向の圧縮、縦方向の引っ張り、曲げ、ねじれ、剪断 6.69 太くなる、細くなる 6.70 ねじれ 6.71 圧縮、圧縮 6.72 圧縮、引っ張りの両方に良く耐える 6.73 1.9 kN 6.74 0.023 m 6.75 $= m(a + g) / 2S$ 6.76 2.45 6.77 1.6 t 、 1.5 t 6.78 1.03 cm^2 6.79 430 、 9.1 6.80 $= g$ 1、依存しない 6.81 7.85 km 、 9.04 km 6.82 353 kPa 、壁の基礎の方をより強固に 6.83 425 m 6.84 同じ、後者 6.85 前者の線の方が、相対的伸びは4倍大きい、絶対的伸びは2分の1 6.86 30 MPa 6.87 F 220 N の時、 14 mm 6.88 220 MPa 6.89 応力 30 MPa では、アルミニウムは弾性的、 $> 30 \text{ MPa}$ では、塑性的、できる 6.90 否、否 6.91 40 MPa 、 200 GPa 、 50 mJ 6.92 0.2 cm^2 、是 6.93 $6.25 \times 10^{-4} \text{ m}$ 、力学的応力 (510 MPa) が剛性限界より小さいので、鉄線は荷を持ちこたえる 6.94 $2.83 \times 10^{-4} \text{ m}$ 6.95 0.001 6.96 0.4 J 6.97 5.0 J 6.98 4.8 mJ 6.99 40 N 6.100 $_{\max} = 2(mg)^2 / k$ 6.101 0.048 J 、 0.096 J 、 0.024 J 6.102 銅のバネの方のポテンシャルエネルギーの方が大きいので、銅の伸びの方が大きい。 6.103 $1 \text{ B} = 1_1 = 1_1 E_2$ $1 / (1_1 E_2 + 1_2 E_1)$ 、 $A = E_1 E_2 S$ $1 / (2(1_1 E_2 + 1_2 E_1))$

第7節 物体の熱膨張

例題 3 1 $T = 25 \text{ K}$

例題 3 2 $= 1.89 \times 10^{-5} / \text{K}$ 、 $= 0.52\%$

例題 3 3 $= 1.0 \times 10^{-5} / \text{K}$

7.1 加熱により、分子間距離が伸びるため 7.2 暑い日或いは寒い日において、レールの熱膨張及び熱伸縮を吸収するため 7.3 釣り合いが壊れる 7.4 温度が

上昇すると、軸の質量中心は下がる。が、水銀柱の質量中心は上がる 7.5 温度が変化するとき、パイプの歪みを排除するため 7.6 4.2 cm 7.7 インパール、線形熱膨張係数が最小なので 7.8 $1.84 \times 10^{-5} / \text{K}$ 、3.2% 7.9 両方の熱膨張係数がほぼ等しいので 7.10 ガラスと同じ程度の熱膨張係数であること、プラチニット 7.11 18 cm 7.12 34 cm 、 46 cm 7.13 67.5 mm 7.14 12011 m 、 12006 m 7.15 是、鉄輪と車輪の隙間は 0.46 mm 7.16 0.027 mm 7.17 803 K 7.18 400.8 mm 7.19 15.16 m 7.20 図参照 7.21 1.2 m 7.22 290 N 7.23 17 kg 7.24 53 K 7.25 30 7.26 大きくなる 7.27 80 MPa 7.28 35 K 7.29 20 cm^2 7.30 124 cm^2 7.31 1 6 K 7.32 58.9 cm^3 7.33 真鍮 7.34 4.0 cm^3 、 3495 cm^3 7.35 20 cm 7.36 5.03 kg 7.37 31 kJ 7.38 1.8 cm^3 7.39 7899 kg/m^3 、 7901 kg/m^3 7.40 16.2 cm^3 、 150 7.41 13240 kg/m^3 、 13680 kg/m^3 7.42 19.5 L 7.43 19.54 L 7.44 $0.001 / \text{K}$ 7.45 6.18 m 、 303 K 7.46 309 K 7.47 54 m^3 7.48 $3 \times 10^{-5} / \text{K}$ 7.49 $1.8 \times 10^{-4} / \text{K}$ 7.50 $1.8 \times 10^{-4} / \text{K}$ 、 $0.001 / \text{K}$ 7.51 1 82 kJ 7.52 7.55 N 、 7.25 N 7.53 50 K 、 0.4 kg 7.54 6.2 mN

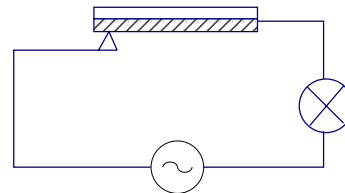


図7.20

第2章 電気力学の基礎

第8節 荷電の相互作用。荷電の保存法則。クーロンの法則

例題34 $Q_1 = 120 \text{ nC}$ 、 $Q_2 = 40 \text{ nC}$ 、 $F = 90 \mu \text{N}$

8.1 検電器の円盤に帯電した導体を触れさせる。ガラス棒を絹で擦って帯電させる。検電器の円盤にガラス棒を触れさせた後、検電器内の薄片がより大きく開く様ならば、導体の荷電は正である。8.2 否 8.3 是 8.4 平等に、 $8.0 \times 10^{-9} \text{ C}$ 8.5 9.6 C 8.6 40 kC 8.7 松ヤニは絶縁体であり、装置に電気をためやすい。帯電して、火花放電が発生するのを防ぐため 8.8 静電気を大地に逃がすため 8.9 摩擦帯電による爆発を防ぐ 8.10 出来る。完全に絶縁した導体の内部に、帯電体を置き、その後それらを接触させる。8.11 $0.5 \mu \text{C/m}^2$ 8.12 $20 \mu \text{C}$ 8.13 大きくなる 8.14 9 GN 、 0.1 GN 8.15 74 mN 、 0.3 m 8.16 $10 \mu \text{C}$ 、 $30 \mu \text{C}$ 、 0.02 m 8.17 3.2 8.18 23 nN 、 2.3×10^{39} 倍 8.19 0.6 nC 、 0.2 nC 、 3.75×10^9 、 1.25×10^9 8.20 $0.8 \mu \text{N}$ 、 $0.9 \mu \text{N}$ 8.21 $(Q_1 - Q_2)^2 > 0$ から、 $(Q_1 + Q_2)^2 / 4 > Q_1 Q_2$ 。これを利用 8.22 $3.21 \times 10^{-7} \text{ C}$ 、 $0.49 \times 10^{-7} \text{ C}$ 8.23 $1.8 \mu \text{C}$ 、同じ符号 8.24 $1.06 \times 10^{-7} \text{ C}$ 8.25 小さい荷電から 0.27 m 、壊れない 8.26 小さい荷電から 0.80 m 、壊れる 8.27 2 nN 8.58 0.05 m/s^2 8.29 2.0 g 、水平直線距離 40 cm 離れる 8.30 $9.8 \times 10^{-18} \text{ C}$ 8.31 $2.7 \times 10^{-6} \text{ C/kg}$ 8.32 $F = Q Q' h / (4 \pi \epsilon_0 (h^2 + r^2)^{3/2})$ 8.33 28 nC 、 8.12 mN

第9節 電場

例題35 $E = 140 \text{ kN/C}$

例題36 同符号の場合 $E = 1.4 \text{ kN/C}$ 、 $= 840 \text{ V}$ 、異符号の場合 $E = 0 \text{ kN/C}$ 、 4.0 kN/C 、 $= 1.2 \text{ kV}$ 、 0 kV

例題37 $= 525 \text{ V}$

例題38 $= 360 \text{ V}$ 、 $A = 1.8 \mu \text{J}$

例題39 $r = 1.4 \times 10^{-13} \text{ m}$

例題40 $A = 73 \mu \text{J}$

例題41 $h = 18.4 \text{ cm}$

9.1 この点に、負の荷電をおく 9.2 電線とパイプの間に電界を作る。イオン化した煙の粒子がパイプに付着する 9.3 前問の解と同じ 9.4 図参照 9.5 $E_1 / E_2 = r_1 / r_2$ 9.6 金属の尖った部分の電界強度は、なだらかな部分より大きい。強電界により、その付近の気体分子が電子を放す。形成されたイオンは同じ符号の荷電の帯びている導体から離れていき中性の気体分子に影響を与える 9.7 電界は球の

内外に出来る。負荷電が球の内側表面に、正荷電が球の外表面に生ずる。荷電を帯びた。帯電している玉の移動により、電場は球内で変化し、玉の球への接近に伴って球外の電場は変化する。 9.8 導体の内部には電界は存在しない。外部電場の影響を遮蔽する

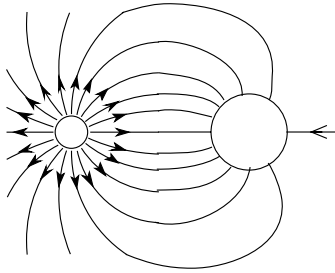


図9.4

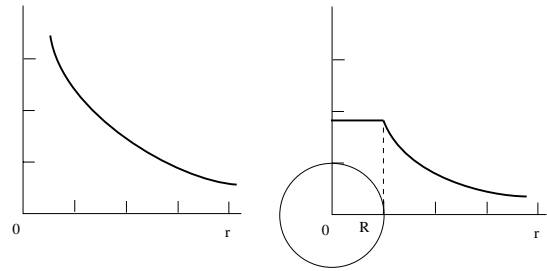


図9.17

9.9 75 kN/C 、 $3.0 \mu\text{C}$ 9.10 $6.0 \times 10^5 \text{ N/C}$ 、 0.12 m 9.11 $3.45 \times 10^5 \text{ N/C}$ 9.12 12 cm 、 $27 \mu\text{N}$ 9.13 81、水
9.14 39、 3.6 nC 9.15 0 kN/C 、 0 kN/C 、 9.75 kN/C
9.16 $2.5 \times 10^{-8} \text{ C/m}^2$ 9.17 図参照 9.18 $5.1 \times 10^{11} \text{ N/C}$ 、 $2.2 \times 10^6 \text{ m/s}$ 9.19 静電誘導現象 9.20 否 9.21 0、 $Q/2$
9.22 0、 $2Q/0$ 9.23 42 kV/m 電界の大きさは変化しないが、向きが 90° 変化する 9.24 40 nC 、 1.8 kV/m 9.25 27° 9.26 4.76 nC 9.27 245 V/m 、垂直下方向 9.28 0、 37 nC 9.29 0.02 m/s^2 9.30 $8.0 \times 10^{-4} \text{ m/s}^2$
9.31 $1.8 \times 10^5 \text{ m/s}^2$ 9.32 $5.3 \times 10^8 \text{ m/s}^2$ 、 20 km/s 、 $4 \mu\text{s}$ 9.33 $0.1 \mu\text{s}$ 9.34 11 V/m 、 $2.5 \mu\text{s}$ 9.35 $5 \times 10^{-14} \text{ m}$ 9.36 $1.7 \times 10^{-4} \text{ N}$ 9.37 $1.1 \times 10^5 \text{ V/m}$ 9.38 $E =$
 $/0$ 9.39 $E_{\text{内}} = 2.8 \text{ kV/m}$ 、 $E_{\text{内}} = 1.7 \text{ kV/m}$ 9.40 -0.11 N 9.41 その場中での仕事経路の形状に依存しない場、重力場、電場 9.42 否、図参照 9.43 $78 \mu\text{J}$ 、 $-78 \mu\text{J}$ ； $-78 \mu\text{J}$ 、 $78 \mu\text{J}$ 9.44 5 V 9.45 6 kV 9.46 3×10^{11} 9.47 図参照、否 9.48 5.4 kV ； 5.4 kV 、 2.7 kV 9.49 1.6 nC 、 6.0 nC 9.50 $0.4 \mu\text{J}$ 9.51 220 V 、 2.4 nC 9.52 外部電場からの遮蔽のため。大地に対する電位を測定するためにケースをアースする。是、全ての点で同電位 9.53 図参照 9.54 0.15 m 9.55 $2.55 \times 10^{-10} \text{ C}$ 9.56 0.1 m、 20 nC 、 1.8 kV 9.57 52 V 、 $0.26 \mu\text{J}$ 9.58 0.27 J 9.59 1.36 kV/m 、 340 V ； $204 \mu\text{J}$ 、 $204 \mu\text{J}$ 9.60 図参照、球の内側表面では、荷電体に近いところの電荷密度は大きい、球の外表面では電荷密度は同じ。電気力線は面に垂直。 9.61 $1.1 \times 10^7 \text{ m/s}$ 、 260 V 9.62 4.2 MV 9.63 0.35 m/s 9.64 5 mm 、上方、 0.12 m/s^2

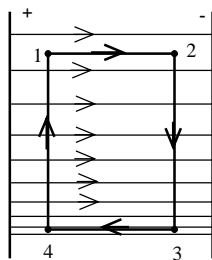


図9.42

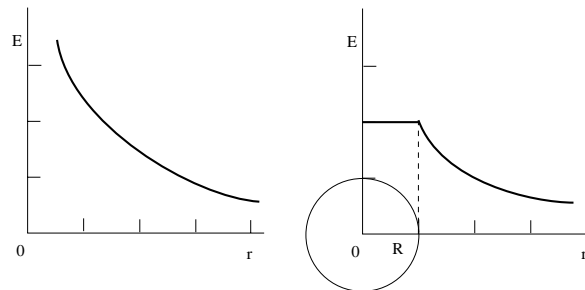


図9.47

9.65 10 9.66 0、 4.5 kV/m 、 330 V/m 、 -750 V 、 -450 V 、 -125 V 9.67 $(1/r - 1/(r^2 + d^2)^{1/2})(Q_1 + Q_2)/4$ 0
9.68 $v = (Q_2/4$ 0 $Rm)1/2$ 9.69 0 9.70 34 kV 、 1.0 mJ 9.71 170 kV/m 、 170 kV 、 510 kV/m 、 510 kV 9.72 35 kV/m 、 280 V 9.73 $2.4 \times 10^{-15} \text{ J}$ 9.74 176 GC/kg 9.75 $A = (Qd/(4$ 0 $))(Q_1/((a+1-d)(a+1)) + Q_2/$

(1 - d) 1) 9.76 65 V 9.77 水 - 有極、水素 - 無極 9.78 双極子モーメント p 、 $p = Ql$ 9.79 静電誘導 - 荷電の電子が移動する、誘電分極 - 分子(原子)が分極する

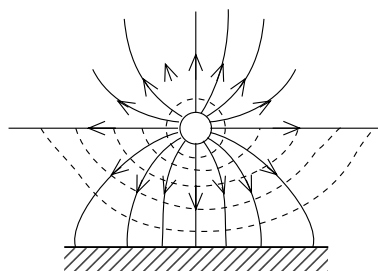


図9.53

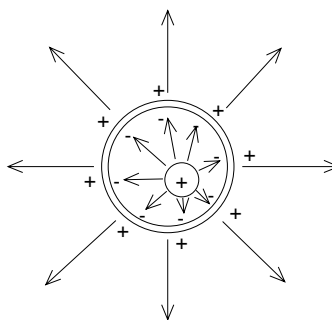


図9.60

第10節 導体の電気容量。コンデンサ。コンデンサの電界エネルギー

例題42 $C_1 = 0.045 \mu F$ 、 $C_2 = 0.067 \mu F$ 、 $Q_1 = 6.68 \mu C$ 、 $Q_2 = 3.34 \mu C$ 、 $V_1 = V_2 = 90 V$ 、 $Q_1' = 4.0 \mu C$ 、 $Q_2' = 6.0 \mu C$

例題43 $C = 165 pF$ 、 $U = 188 V$ 、 $E = 94 kV/m$ 、 $F = 1.46 mN$ 、 $A = 14.6 \mu J$

例題44 $C = 2.4 \mu F$ 、 $Q = 7.2 \times 10^{-4} C$ 、 $Q_1 = 2.4 \times 10^{-4} C$ 、 $Q_2 = 4.8 \times 10^{-4} C$ 、 $Q_3 = 3.6 \times 10^{-4} C$ 、 $Q_4 = 3.6 \times 10^{-4} C$ 、 $W = 0.11 J$

例題45 $n = 20$

10.1 否、孤立している導体でのみである 10.2 $7.1 \times 10^{-4} F$ 、 $9 \times 10^6 kV$ 10.3 容量が小さくなるので 10.4 $5 pF$ 、 $0.045 m$ 10.5 $40 kV$ 、 $4 cm$ 10.6 電荷は大きな電位を持っている球から小さい電位の球へ移動する； $300 V$ 、 $900 V$ ； $780 V$ 、 $780 V$ ； $1.3 nC$ 、 $5.2 nC$ 10.7 接触前の電位、 $V_1 = Q_1 / C_1$ 、 $V_2 = Q_2 / C_2$ ；接触後、球の電荷は Q_1' 、 $Q_2' = Q_1 + Q_2 - Q_1'$ 、全系の電位は $V = Q_1' / C_1 = (Q_1 + Q_2 - Q_1') / C_1$ ；従って、 $Q_1' = C_1 (Q_1 + Q_2) / (C_1 + C_2)$ 、 $Q_2' = C_2 (Q_1 + Q_2) / (C_1 + C_2)$ 10.8 $8.4 nC$ 、 $560 V$ 10.9 $7 \times 10^{-8} C$ 、 $2.1 \times 10^{-7} C$ 、 $3.13 mN$ 10.10 $160 pF$ 、 $48 nC$ 、 $7.2 \mu J$ 10.11 $100 pF$ 10.12 $3.2 \mu C$ 、 $320 V$ ；両方の場合で、 $2.56 \times 10^{-4} J$ 、 $5.12 \times 10^{-4} J$ 10.13 コンデンサが帯電しており、不注意により感電することがある。内部にさわれない様にしておく、或いはコンデンサを放電しておく 10.14 $4.5 mJ$ 10.15 $2.3 mJ$ 10.16 $15 kV$ 10.17 薄い誘電体膜を有している、極性 10.18 $1.5 kV$ 、 $4 \times 10^{-4} J$ 10.19 $14.4 \mu J$ 10.20 $1.3 kV$ に増大 10.21 ぶんの1に減少 10.22 $0.14 \mu J$ だけ減少、否 10.23 $1.0 \mu F$ 、 $1.2 \times 10^{-4} C$ ； $80 V$ 、 $40 V$ 10.24 $1.8 \times 10^{-8} F$ 10.25 $0.8 \mu F$ ； $44 V$ 、 $176 V$ 10.26 是、前者では直列接続、後者では並列接続 10.27 $1 \mu F$ ； $240 V$ ； $0.03 J$ 10.28 $150 V$ 、 $150 V$ 、前者では $9 \times 10^{-4} C$ 、後者では $1.5 mC$ 10.29 $0.80 \mu F$ 、 $1.6 mC$ 10.30 1.6 C 10.31 否、前者の場合の方が小さな仕事をなす 10.32 $1.2 \times 10^{-4} C$ 、 $0.24 J$ 10.33 $0.04 \mu F$ 10.34 $1.2 \times 10^{-8} F$ 10.35 $0.32 \mu F$ 、 $64 \mu C$ 、 $6.4 mJ$ 10.36 2つを直列接続したもの2組作り、この2組を並列接続する。4倍増大 10.37 $5 \mu F$ 、 $1.1 mC$ 10.38 $0.75 \mu F$ 、 $90 \mu C$ 、 $30 \mu C$ 、 $60 \mu C$ 、 $90 V$ 、 $30 V$ 、 $30 V$ 10.39 $1.2 \mu C$ 10.40 $(2eE_0 S / meC) 1/2$ 10.41 $150 V$ 10.42 $40 kV/m$ 、 $84 V$ 、 $21 mJ$ 10.43 $2200 J/m^3$ 10.44 $C = (2\epsilon_0^2 / \epsilon_0) (1 + (1 + 4\epsilon_0 / \epsilon_0)^{1/2})$ 10.45 前者のコンデンサでは $(C_1 + C_2) / (C_1 + C_2)$ 倍、後者のコンデンサでは $(C_1 + C_2) / (C_1 + C_2)$ 倍。 $C_1 = C_2$ では、前者では $2 / (\epsilon_0 + 1)$ 倍、後者では $2 / (\epsilon_0 + 1)$ 倍 10.46 $6.5 V$ 10.47 $Q_1 = 52 \mu C$ 、 $Q_2 = Q_3 = 12 \mu C$ 、 $Q_4 = 40 \mu C$ 、 $U_2 = 12 V$ 10.48 1.5倍増大

第11節 一定電流。金属柱の電流。電流一定の法則

例題46 $I = 0.38 A$ 、 $j = 0.61 A/mm^2$

例題 4 7 $R = 30$ 、 $I = 4 \text{ A}$ 、 $U = 120 \text{ V}$
 例題 4 8 $R = 2.5$ 、 $I = 0.50 \text{ A}$ 、 $I_1 = 0.25 \text{ A}$
 例題 4 9 $U_{\text{導線}} = 8.8 \text{ V}$ 、 $U_{\text{発電機}} = 229 \text{ V}$ 、 $E = 230 \text{ V}$
 例題 5 0 $I_1 = 0.7 \text{ A}$ 、 $I_2 = 0.8 \text{ A}$ 、 $I_3 = 1.5 \text{ A}$
 例題 5 1 $= 3.6 \text{ V}$ 、 $Q = 7.2 \mu \text{ C}$

11.1 30 mA 、 6.2×10^{15} 11.2 5 kC 、 1.4 A 11.3 580 kJ 、 4.4 A 、 27 11.4 1.35 kC 、 297 kJ 11.5 $0.02 \mu \text{ F}$ 11.6 4.5 C 、図参照 11.7 8.6×10^{19} 、図参照 11.8 20 A/m^2 11.9 $2 \times 10^4 \text{ A/m}^2$ 11.10 0.25 mm/s 11.11 2.0 A 11.12 1.05 mA 11.13 5.9×10^{24} 11.14 30 mV/m 11.15 図参照 11.16 レール同士の電氣的接觸を良くする

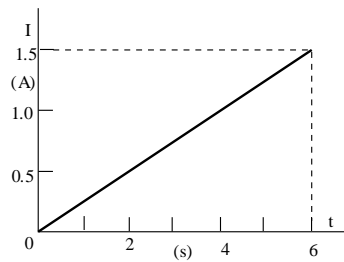


図 11.6

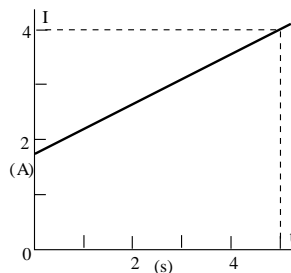


図 11.7

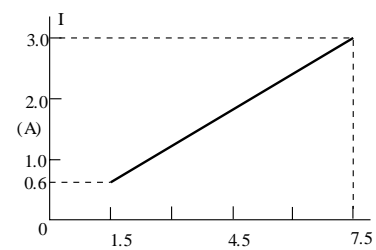


図 11.15

11.17 20 11.18 3.5 m 11.19 0.50 、 13 mm^2 1
 1.20 28.6 11.21 16 ; D_a / D_m (D - 密度、 a - 比抵抗率)
 11.22 43 11.23 33 m 、 0.15 11.24 2.3 N 11.2
 5 312 kg 11.26 29 V 11.27 6.0 、 7.2 m 11.28
 4.7 V 11.29 6.9 mm 11.30 $1.1 \times 10^{-8} \text{ m}$ 、 33 m 11.
 31 $5.2 \times 10^{-8} \text{ m}$ 11.33 2.0 A 、 6.0 11.34 冷却の効率
 化 11.35 点灯前にはフィラメント抵抗は小さい 11.36 他の材料と比較し
 て抵抗率の温度依存性が小さい 11.37 それらの金属では、抵抗率の温度係数はほ
 ぼ等しく、 $3.7 \times 10^{-3} / \text{K}$ 11.38 480 11.39 118 11.
 40 0.48 11.41 2000 11.42 $0.005 / \text{K}$ 11.43
 $-2 \times 10^{-4} / \text{K}$ 抵抗率の温度負特性は、温度上昇とともに抵抗値が下がる 11.
 44 1.0 A/m^2 11.45 470 11.46 $0.005 / \text{K}$ 11.
 47 350 V/m 11.48 30 、 4.0 A 11.49 40 11.50
 75、 5.0 11.51 4.8 、 91 m 11.52 2.8 、 8.0 、
 12 V 11.53 30 、 20 V 、 28 V 、 72 V 11.54 13 k 11.
 55 5.4 kN 、 250 V 、否 11.56 60 V 、 30 V 、 20 V 11.57
 5回 11.58 3.8 k 11.59 3 V 、 0.6 11.60 0.36 A
 11.61 0.52 V 11.62 120 V 、 90 、 150 11.63 30
 、並列 11.64 16 11.65 $1/R = 1/R_1 + 1/R_2 + \dots + 1/R_n$
 n、ここで、 $R_1 < R_2 < \dots < R_n$ 、 $1/R > 1/R_1$ 、従って $R < R_1$ 11.66 n
 2倍小さくなる 11.67 1 、 4.5 、 1.5 、 9 11.68 6
 、 2 A 11.69 $R_1 = R_2 = 10$ 11.70 6.0 、 9.0 11.71
 $4/3$ 、 3 A 11.72 0.8 、 0.5 A 、 2 A 、 1.2 V 11.73 6
 V 、 2 、 3 、 6 、 $R_3 = R_6 = 6$ 11.74 10 、 20 V 、 7.5 、 15
 V 11.75 10 V 、 5 11.76 3.5 11.77 6 、 $I_1 = 2 \text{ A}$ 、
 $I_2 = I_4 = 1 \text{ A}$ 、 $I_3 = I_5 = I_6 = 0.5 \text{ A}$ 11.78 6 11.79 4 、 5
 A 11.80 3 A 11.81 4.5 V 11.82 32 A 、 6.4 V 11.
 83 10 、 22 A 11.84 56 V 、 125 V 11.85 20 A 11.8
 6 29 11.87 0.28 11.88 3.3 、 6.6 11.89
 0.5 A 、 0.75 V 11.90 2.0 、 114 V 11.91 4.8 、 $1.$
 9 V 11.92 2 V 、 0.4 11.93 1.5 V 、 0.5 11.94 V
 は減少、 V_1 は増大、 A_1 は増大、 A_2 は減少 11.95 内部抵抗と外部抵抗が等し
 い場合 11.96 図参照 11.97 3.0 A 11.98 1.9 11.9
 9 0.05 、 1.9 V 、 18 A 11.100 0.50 、 10.5 V 、 1.0
 11.101 0.50 A 、 5.5 V 11.102 0.53 mm 11.103

4.8、1.5 kV/m 11.104 6.
 4 × 10⁻⁷ C 11.105 60% 11.
 106 83% 11.107 4 11.
 108 増大、 = $rR(n-1)/((nR+1)(R+r))$ 11.109 4.0、
 4.4、0.6 11.110 8.0、
 I₁ = 0.70 A、V₁ = 1.4 V、V = 5.6
 V 11.111 33 A、1.8 倍増 11.
 112 116 V 11.113 I₁ = 0.
 50 A、I₂ = I₃ = 0.25 A、V = 5.4 V、
 I_r = 0.60 V 11.114 5.0 A、0 A、0 V；0 A、0 A、6.0 V；1.
 4 A、0.9 A、4.2 V 11.115 12 μF 11.116 0.90 11.
 117 4 μA 11.118 4 V 11.119 0.37 A、4.3 V 11.1
 20 2.6、2.4 m 11.121 0.50 A、0.25 A；1.3 V 11.
 122 0.41 A、0.82 V 11.123 外部回路の抵抗が電源の内部抵抗より
 大きい場合には直列接続、小さい場合には並列接続 11.124 2倍 - 3個を直列に
 2組を作り、2組を並列。3倍 - 2個を直列に3組作り、3組を並列に。6倍 - 6個を直
 列に 11.125 直列 11.126 外部抵抗と電源の内部抵抗が等しいとき 1
 1.127 1.1 A、0.60 A；3.4 V 11.128 35 μC 11.129
 0.2 × 10⁻⁹ A 11.130 2.0、0.225 V 11.131 3.0 A
 11.132 12.4 V 11.133 2.0 V、0.040 11.134
 198 kC、1200 kC 11.135 E₂ = E₁(R₁ + R₂) / R₂ 11.136
 E₁の方が3倍大きい 11.137 2.0、0.225 V 11.138 5個
 直列接続し、その組を2組並列接続 11.139 2.7 A 11.140 1.0 A、
 0.50 A 11.141 0.73 A 11.142 16 V 11.143 0 V、
 0 V 11.144 0.40、1.5 A、2.0 A、3.5 A

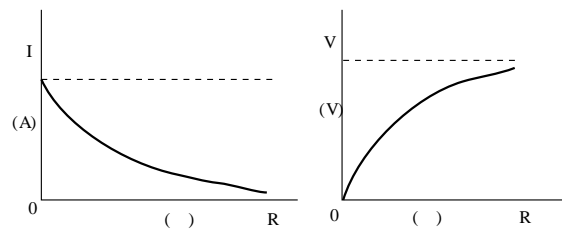


図 11.96

第 12 節 仕事、仕事率、電流の熱作用

例題 52 S = 44 mm²

例題 53 R = 1.0、Q = 4.3 kJ、W = 24.5 kJ

例題 54 n = 13、P = 2.6 kW

例題 55 U₁' = 125 V、U₁'' = 116 V

例題 56 v = 40 km/h

例題 57 S = 2.5 mm²

12.1 2.4 MJ 9 × 10¹⁹、3.2 kJ 12.3

180 GJ、1000 ルーブル 12.4 360 A 12.

5 484、0.46 A、5.0 kW·h 12.6 3.

6 A、60、1.2 kW·h 12.7 144 J、4.8

W、7.5 12.8 6.6 MW、660 ルーブル 12.

9 22 kW·h、88 コペイカ 12.10 図参照 12.

11 I = E / 2r のとき；I = 0、I = E / r 前問の解答

図参照 12.12 50 A、0.020、50 W 12.

13 1.6 A、0.40 A 12.14 24、3.7

12.15 200、38 m 12.16 1540 kW

・h、31 ルーブル 12.17 540 W、37.5% 1

2.18 4.0 W、1.0 W、4.5 W 12.19 48

12.20 6 12.21 6.0 12.22

40 W の方、2.5 倍 12.23 図参照、I₁ = I₂ = 0.

36 A、I₃ = 0.73 A 12.24 5.0 V、0.13

12.25 150 kW、7.2 kW、87% 12.26 10 kW·h、9.7 k

W·h、0.30 kW·h 12.27 79 mm² 12.28 10.5 mm²、4.

7 × 10⁶ A/m² 12.29 6.0 W 12.30 18 A、1.8 12.31

0.90 kW、0.8 kW、89% 12.32 8.8 kg 12.33 380 A

12.34 34 A、226 V、0.20 kW 12.35 12 m/s 12.36

37 A、14 kW 12.37 11 12.38 9.5 kW、3.7 kW、61

% 12.39 219 kN 12.40 10.3 kN 12.41 9.1 kW、0.

15 kW·h、0.6 コペイカ、24 A 12.42 280 kN 12.43 17 k

W、281 V、170 kW·h、3 ルーブル 40 コペイカ 12.44 1000 t 1

2.45 過電流予防、ヒューズ 12.46 2 倍増大 12.47 電圧降下 12.

48 低い消費電力の方の電球 12.49 温度が上昇すればするほど、エネルギーの

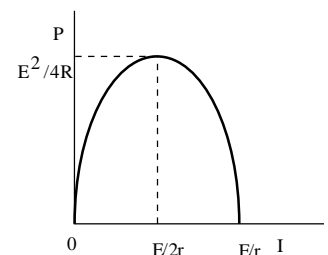


図 12.10

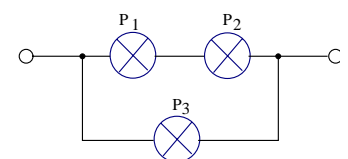


図 12.23

放散も大きくなる 12.50 是、フィラメントはより白熱する 12.51 7.2
 kJ 12.52 6分 12.53 3.3kg、600W 12.54 84%、1
 0 12.55 4K 12.56 並列 12.57 14分、7分、28分 12.
 58 540W 12.59 50、0.80kW・h 12.60 15 12.
 61 36分、8分 12.62 191kJ、73%、5.7m 12.63 0.93
 kg 12.64 52 12.65 1.3m 12.66 2.4分 12.67
 4.3K 12.68 2400J/(kg・K) 12.69 153 12.70
 0.0062/K 12.71 1.5A、4.5A、6.8A、12.8A、2.8
 3kW 12.72 6.0、1.0A、24V、49.6W、48W 12.73
 1.2 12.74 0.50A、2.4 12.75 3V、2 12.76
 0.006K 12.77 1.9K 12.78 金属や半導体の材料に温度勾配を与
 えるとその端子間に電圧が発生する。温度、高温度T1、低温度T2、キャリア濃度、ド
 イツ人物理学者ゼーベック、1821年発見、ゼーベック効果 12.79 温度差1K
 で発生する起電圧 12.80 符号+は、高温の接合箇所を経由して鉛からその物質方
 向への電流の向きを示している。符号-は低温の接合箇所を経由して・・ 12.81
 35.8μV/K 12.82 43μV/K 12.83 72K 12.84 2
 つの異なる導体、或いは半導体の接合部を電流が流れると、その箇所で発熱或いは吸熱が
 行われる。加熱器、冷却器

第13節 電界液中での電流。蓄電池と乾電池

例題58 W=1.8kW・h、m=0.34kg

例題59 P=430kPa

例題60 m=45mg

13.1 溶液中の分子のイオンへの分解。溶質の種類、溶液の濃度、溶液の温度 13.
 2 溶けている分子のうち、どれだけの量がイオンに分解するかを示す数値。温度とともに
 に増大する。 13.3 分解中に、同じ量だけの正負のイオンが形成される 13.4
 否 13.5 2次的 13.6 金属原子或いは水素原子 13.7 手が濡れてい
 る場合 手の湿気は塩分を含んでいる 13.8 0.40A 13.9 同じ量 13.
 10 低くなる、アノードが溶けない間は、濃度は変わらない 13.11 300mg
 13.12 407mg 13.13 2価のニッケル 13.14 3.33×10⁻⁷
 kg/C、4% 13.15 0.1A 13.16 金属表面の凸部分で、電界強度
 は平らなところより大きい。そのため、電流の流れを切り替えることで、金属はアノード
 となり、凸部分ではより早く溶け出し、金属表面は滑らかになる 13.17 否 13.
 18 2.1g 13.19 7.4W 13.20 25時間 13.21 均一な仕
 上げ 13.22 235mg 13.23 33mg 13.24 4.5×10⁻²⁰、
 47.4mg 13.25 0.56g 13.26 耐腐食性 13.27 44μm
 13.28 0.43時間 13.29 0.5A、88%、40μm 13.30
 56A/m² 13.31 5.6×10⁻¹⁷ 13.32 67分 13.33 6.1
 時間、5.3W・h 13.34 0.054kg 13.35 16.3MJ(4.5
 kW・h)、9コペイカ 13.36 5A、6V、60W・h 13.37 否、器具
 間での電圧降下分など 13.38 1.5V、電圧=仕事/電気量=144×10³J
 /9.65×10⁴C 13.39 4.5V 13.40 0.60V 13.41
 12.6分 13.42 0.093×10⁻⁶kg/C、24g 13.43 0.24
 ×10⁻⁶kg/C、0.367×10⁻⁶kg/C、0.093×10⁻⁶kg/C 13.
 44 0.083×10⁻⁶kg/C、0.46mg 13.45 2.34×10⁻²¹
 3.46 7×10⁻¹⁸ 13.47 1.67×10⁻²⁷kg 13.48 60時間、
 0.1g、0.8g 13.49 電気分解、浮遊選鉱 13.50 1.7A/dm²
 13.51 35W 13.52 158C 13.53 2.09×10⁻⁴m³、1.
 04×10⁻⁴m³、20mg、148mg 13.54 1.3 13.55 297
 K 13.56 245kJ 13.57 216kPa 13.58 4×10⁹C
 13.59 化学反応エネルギーが電気エネルギーとして放出、ガルバニー電池、蓄電池
 13.60 2つの異なる電極を持ち、それらは電解液に浸っている。電極の溶解によ
 り、電極間に電位が発生する 13.61 分極作用 13.62 0.28F 13.
 63 硫酸溶液で作られる水素イオンは硫酸塩溶液に達し、SO₄イオンと出会う。分極
 作用を小さくするために、電極での気泡の発生を小さくする。 13.64 55Aを1
 時間流せる。55A・h=198kCの電気量を取り出せる 13.65 蓄電池の充電
 と放電の分極は反対符号 13.66 不純物の存在は蓄電池の自己放電を加速させる
 13.67 60% 13.68 亜鉛の方が鉄より溶けやすい。 13.69 鉄筋コ
 ンクリートの割れ目から浸透した塩は局所的な電池を形成する。この電流が金属の電気分
 解-腐食-を引き起こす。鉄筋に負電位を加えることで電解を押さえることが出来る 1

3.70 194.4 kC、389 kC 13.71 144 kC、4.0 A、10 時間
 13.72 162 W、81 W、243 W 13.73 $= \frac{1}{2} / (\frac{1}{1} + \frac{1}{2} - \frac{1}{1})$

第14節 気体と真空中での電流

例題61 $I = 0.8 \text{ nA}$

例題62 $= 13.6 \text{ V}$ 、できない

14.1 液体のイオン化では自由電子は出来ない、気体のイオン化では出来る。14.2 バーナー中には正負に帯電したイオンと電子がある。14.3 宇宙線、空気中の放射線による14.4 150 kV、 $Q = 8.3 \times 10^{-7} \text{ C}$ 14.5 $2.17 \times 10^{-18} \text{ J}$ 14.6 24.58 V 14.7 否、原子のイオン化エネルギーは $2.08 \times 10^{-18} \text{ J}$ 14.8 $0.65 \mu\text{m}$ 14.9 $2.35 \times 10^6 \text{ m/s}$ 14.10 否、14.11 イオンの方 14.12 $1.66 \times 10^5 \text{ K}$ 、 $3.32 \times 10^5 \text{ K}$ 14.13 否、14.14 是 14.15 アルゴンは可、ヘリウムは不可 14.16 イオン化とともに、イオンの再結合が行われる 14.17 75.6 V 14.18 $160 / (\text{cm}^3 \cdot \text{s})$ 14.19 否 14.20 線分OD、線分DE、飽和電流、増大、線分OA 14.21 加電圧の増大 14.22 熱電放出が可能なまで、電極を加熱する。電極間の分子をイオン化するための十分な電圧をかける 14.23 減少 14.24 回路に直列に接続している抵抗器の抵抗値を下げる 14.25 消える、威勢が良くなる 14.26 否、同じ 14.27 両電極の消耗程度を同じとするため 14.28 炭素の場合、融点が高い 14.29 上昇 14.30 磁場により、電子とイオンが逆方向に引かれる 14.31 電流を変化させて、温度を正確に制御できる 14.32 是、蒸気の雲下で放電できる 14.33 是、例として蛍光灯 14.34 イオン化のため、絶縁破壊を起こす強い電場のもとで火花放電は行われる 14.35 イオン化した原子の再結合で発生する紫外線で放電の経路が造られる。この経路に沿って電子とイオンが雪崩れる 14.36 50 C、450 G J 14.37 雷放電からの送電線の保護 14.38 平均電流が小さくても、放電時間が短いので、瞬間電流は大 14.39 放電箇所での温度上昇が大きく、金属を溶解できる、陽極に 14.40 電極と部品を不導体液に入れる。電極同士を近づけ、火花放電をさせると、衝撃波が発生する。これが金属板を枠に押しつける。放電エネルギーが大きければ大きいほど、衝撃波による圧力が大 14.41 コンデンサを並列に接続する 14.42 作品を電源の陰極に接続し、陽極を蒸発電極とする 14.43 常圧、高圧下で、不均一で高電界にある曲率の大きな表面で 14.44 コロナ放電では電極近傍で行われる 14.45 電圧の増大とともにエネルギー損失は増大。湿気の多い天候下では損失は大きい 14.46 是、導体の直径の増大は電界強度の減少、イオン化の減少、損失の減少となる。14.47 そのような結線は導体の直径の増大と等価である。前問の解を参照 14.48 工場の煙突での粉塵のフィルター、図参照 14.49 プラズマ 14.50 気体の希薄化は電子やイオンの平均自由長を大きくする。が、過度の希薄化は粒子濃度が小さくなりすぎて、抵抗の増大となる 14.51 光の照射、電子やイオンの衝突 14.52 励起状態にあるとき 14.53 各原子は固有の離散電子エネルギー準位を有している。2つのエネルギー準位間のエネルギー差の光を出す 14.54 太陽から多くの粒子が放射される。太陽からの放射粒子は地球磁気により、両極部分に集中する。14.55 オーロラは飛行してきた荷電粒子が地球上層の気体と衝突して発光する。この荷電粒子は磁場で容易に動きを変える 14.56 気体圧力 $10^{-2} \sim 10^{-5} \text{ Pa}$ で発生する放電 14.57 それなりの教科書参照。 - カソード暗部、電子が加速される、イオンも加速されカソードから電子を飛び出させる。 - グロー発光部、電子は気体分子をイオン化する。 - ファラデー暗部、電子は加速される。 - 正柱部、励起された原子やイオンの放射で光る 14.58 ネ広告用のオンサインなど 14.59 管内で粒子の衝突で形成された正に帯電したイオンはカソードに衝突し、カソードから電子を飛び出させる。14.60 読者の向こう向き 14.61 真空管、X線管、電子顕微鏡 14.62 2.49 V、 $3.98 \times 10^{-19} \text{ J}$ 14.63 $3.51 \times 10^4 \text{ K}$ 14.64 否、前問の解を参照 14.65 $1.34 \times 10^6 \text{ m/s}$ 、 $9.92 \times 10^5 \text{ m/s}$ 、 $1.16 \times 10^6 \text{ m/s}$ 14.66 840 km/s、420 km/s 14.67 材料、表面積、温度 14.68 仕事関数の小さい材料とする、バリウム、トリウム、セリウム 14.69 8 mA 14.70 7.5×10^{16} 14.71 粒子の衝突、照射、強電界 14.72 カソードの加熱温度の変化で可能

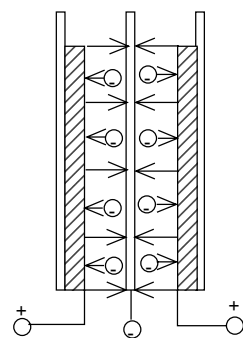


図14.48

14.73 管中で電子の発散とともに、カソードへの電子の沈着も行われる 14.74 3 J、50 V 14.75 900、1.0 W 14.76 6.03 V 14.77 グラフ2 14.78 $U_c > 0$ の時はグラフ1、 $U_c = 0$ の時はグラフ2、 $U_c < 0$ の時はグラフ3 14.79 グラフ2 14.80 自由に動ける荷電が多い 14.81 電子の動きの抵抗とならないため 14.82 2組のコイル 14.83 1 - カソード、2 - 制御電極、3と4 - ピント及び加速用アノード、5 - 垂直偏向板、6 - 水平偏向板、7 - 炭素薄膜、8 - スクリーン、R1 - 輝度用、R3 - フォーカス用、R2とR4 - 電位補償用 14.84 300 V

第15節 半導体中での電流

15. 導体 - $10^{-8} \cdot m \sim 10^{-5} \cdot m$ 、半導体 - $10^{-5} \cdot m \sim 10^7 \cdot m$ 、絶縁体 - $10^7 \cdot m \sim 10^{16} \cdot m$ 15.2 同じ、ゼロ 15.3 加熱と照射 15.4 原子が中性となり、エネルギーは放射される 15.5 電子 - 正孔のつい生成と同時に、対消滅もある 15.6 小さくなる、キャリアの増加 15.7 負、導体と比較すると10倍～20倍大きい 15.8 平均自由行程が短くなる以上に、キャリアの増加分が大きい 15.9 サーマスタ等 15.10 小さくなる、大きくなる 15.11 ゲルマニウムの比抵抗率は金属より 10^9 倍～ 10^{10} 倍大きい 15.12 小さくなる 15.13 分子の熱運動でキャリアが発生もしている 15.14 是、グラフ2 15.15 n型は周期表の 属元素を不純物として使用、p型は 属を使用 15.16 n型 - P、As、Sb p型 - Ga、B、In 15.17 低温では、その抵抗は加熱とともに大きくなる。が、高い温度では小さくなる 15.18 是 15.19 電子と正孔の再結合により、バルク領域に比較すると、接合面近傍では、極めて少ない。従って接合部分の抵抗は大きい 15.20 接合部分には電界が発生し、この電界による力が作用する 15.21 - 順方向、- 逆方向。順方向と逆方向の電流の大きさに、大きな相違がある 15.22 順電流はキャリアで運ばれる、逆方向に運ぶキャリアは極めて少ない 15.23 負荷がないとすると整流器の接合部分に大きな電圧がかかり、焼ける 15.24 115 V 15.25 温度が高くなりすぎると、電子 - 正孔ついが多量に発生する。Ge - 70、Si - 120 から150 15.26 a - 半端整流器 - グラフd。b、c - 両波整流器 - グラフe 15.27 キャリアがベースを通過して、相手側まで流れ込ませる必要がある 15.28 エミッタ部の主電流はエミッタの多数キャリアで形成される。この多数キャリアはベースを通過してコレクタ部に流れ込む。ベース部の多数キャリアで形成され、エミッタ部を流れる電流はコレクタ部に影響を与えることがない様にする必要がある。 15.29 $I_E = I_B + I_C$ 15.30 否。前者の場合だけならば大きくなる 15.31 a - pnp、b - npn 15.32 ベース共通 (ベース接地)。大きくなる

第16節 電磁気学

例題63 $H = 54 \text{ A/m}$ 、 $B = 68 \mu\text{T}$ 、 $\theta = 68^\circ$

例題64 $P = 22.5 \text{ mW}$ 、 $p = 33 \text{ A} \cdot \text{m}^2$ 、 $M_0 = 15 \text{ H} \cdot \text{m}$ 、 $M = 0$ 、 $A = 15 \text{ J}$

例題65 螺旋、半径 = 19 mm、ピッチ = 0.21 m、0.84 m

例題66 $M_1 = 36$ 、 $M_2 = 40$

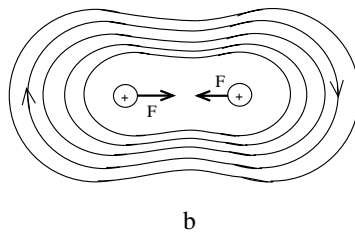
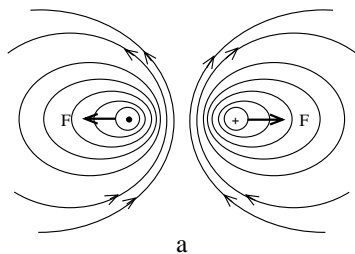


図16.4

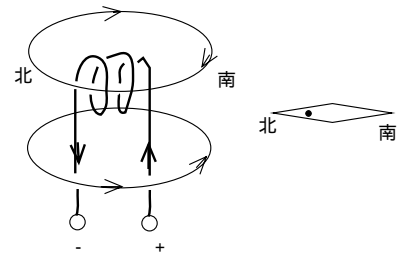


図16.7

16.1 否、否、是 16.2 K'系では帯電物体は磁気特性を有する 16.3 電流は左から右へ流れ、針は逆方向に傾く 16.4 図参照 16.5 対抗する方向に。引き伸ばされる 16.6 縮まる 16.7 図参照 16.8 是、図参照 16.9 是、是、否 16.10 否、磁気の赤道のみで。是、磁気の極で 16.11 否 16.12 12.6 A、同じ方向 16.13 58 A 16.14 1.9 m 16.15 垂直下方向へ、読者から図の平面に垂直に 16.16 19 N 16.

17 20 A 16.18 30° 16.19 10 A、0.25 N 16.20 0.733、B、左へ 16.21 625 mT 16.22 $F = k(mg \pm BIl)$ 、0.148 N、又はIとBの方向に依存して0.048 N 16.23 1.59×10^6 A/m 16.24 0.88 N F 0.62 N 16.25 23 A/m、 2.9×10^{-5} T 16.26 220 A/m、63 A 16.27 0.40 m 16.28 (a) 3.98 A/m、 5×10^{-6} T (b) 22.5 A/m、 2.83×10^{-5} T (c) 13.8 A/m、 1.73×10^{-5} T 16.29 20 A/m、 2.51×10^{-5} T、50.3 A 16.30 (a) 0, 0 (b) $I/(4R)$ 、 $\mu_0 I/(4R)$ 16.31 (a) 0 (b) 796 A/m (c) 1590 A/m、(d) 800 A/m 16.32 16 Aが流れている導線から0.40 m。16 A流れている導線から0.08 m 16.33 37 A/m、21 A/m 16.34 44 A/m、 5.5×10^{-5} T、図参照 16.35 0.007 N、0.0038 N、是、否 16.36 0.0065 N、0.0033 N 16.37 100 A/m、126 mT 16.38 100 A/m、12 A 16.39 0.63 A/m、0.8 mT 16.40 35 A/m、5.0 A/m 16.41 0.12 mT、6.0 A/m、図参照 16.42 12.3 A、0.13 mT 16.43 14 A 16.44 4900 A/m、6.2 mT 16.45 0.74 A 16.46 15.2 巻き/cm 16.47 5200 A/m 16.48 47.6 mT 16.49 $1.4 \text{ A} \cdot \text{m}^2$ 16.50 3.5 A 16.51 5.5 cm 16.52 $19.2 \text{ A} \cdot \text{m}^2$ 、0.346 H·m、0.173 H·m 16.53 5.6 H·m 16.54 $\mu_0 Q(gl \cos) 1/2 / (2 l^2 \sin(2))$ 、 $Ql(gl \cos) 1/2 \cdot \sin \cdot \tan / 2$

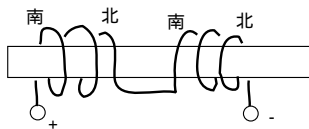


図16.8

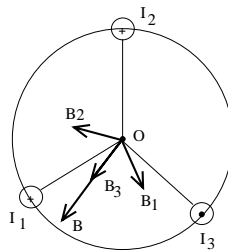


図16.34

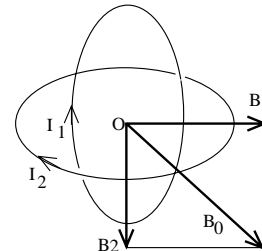


図16.41

16.55 11 T、 $8.5 \times 10^{-24} \text{ A} \cdot \text{m}^2$ 16.56 0.36 T、 $1.7 \times 10^{-23} \text{ A} \cdot \text{m}^2$ 16.57 $8.8 \mu \text{Wb}$ 16.58 $18 \mu \text{Wb}$ 16.59 4.0 μWb 16.60 $= BS \cos$ 16.61 14 mH 16.62 20 16.63 4 倍 16.64 $50 \mu \text{Wb}$ 、 70 mWb 、11 mH 16.65 11.4 V 16.66 $\mu_0 U^2 I / (64 N^2 H^3)$ 、 $\mu_0 U^2 I^2 / (64 N^2 H^3)$ 16.67 2.5 J 16.68 5 J 16.69 2.42 J 16.70 14 J 16.71 0.02 J、0.6048 J、0 J 16.72 磁界強度は変わらず、磁束密度は少し大きくなる。しかし、実際上は磁束密度も変わらないと見なせる 16.73 0.43 mWb、1.08 倍、1.18 倍 16.74 0.19 A、1.16 倍 16.75 $6.3 \times 10^{-13} \text{ N}$ 、参. 1 16.76 $3.5 \times 10^6 \text{ m/s}$ 16.77 $w = 12 B^2 R^2 / 2m$ 16.78 半径13 cmの円、0.5 ms 16.79 1.8 mm 16.80 8000 A/m 16.81 18.2 kV、60 mT 16.82 $5.0 \times 10^5 \text{ m/s}$ 、 $5.0 \times 10^5 \text{ m/s}$ 16.83 7.6 cm、2.5 m 16.84 6.0 km/s、0.6 μT 、0.18 m 16.85 1.8 cm 16.86 $4.0 \times 10^{-17} \text{ J}$ 16.87 39, 41

第17節 電磁誘導

例題67 $v = 4.8 \text{ m/s}$ 、 $P_{\text{力}} = 0.48 \text{ W}$ 、 $P_{\text{熱}} = 1.92 \text{ W}$

例題68 $W = 0.76 \text{ J}$ 、 $e = 63 \text{ mV}$ 、 $Q = 12 \text{ C}$

17.1 右へ、傾かない、 $I = 0$ 、右へ 17.2 左へ、左へ 17.3 右へ、否
 17.4 前者の場合の方が仕事は大きい 17.5 後者の場合。前者の場合は誘導
 電流磁場により減速される 17.6 否、否 17.7 否、是 17.8 是、否、閉
 じた導体でのみ 17.9 否、回路面積が変化しても磁束量が変化しないならば 17.
 10 -9 mV 17.11 -9 V 17.12 40 ms 17.13 反時計回り、
 12 V、32 W 17.14 72 巻き 17.15 12.5 mJ 17.16 $Q =$
 $2 B^2 v l^3 \sin^2 / R = 1.3 \text{ mJ}$ 17.17 0.30、磁束密度Bに対向し

てみていたとき時計回り；反時計回り 17.18 $E = (3/32)(B d^2 / t)$
 $= 59 \text{ mV}$ ； $Q = (3/32)(B d^2 / R) = 29.5$
 mC 17.19 $A_1 = Q(d^2/4)(B/t) = 2$
 4 mJ 、 $A_2 = Q(-1)(d^2/4)(B/t) = 5$
 1 mJ 17.20 図参照 17.21 $E = 0.05 \text{ V}$ 、
 時間には依存しない、 0.80 C 、 40 mJ 17.22
 $= (3 + 2t^2) \cdot 2 \cdot 10^{-2}$ 、 $e = d / dt = -8$
 $t \cdot 10^{-2}$ 、 $= 4.1 \text{ Wb}$ 、 $e = 0.8 \text{ V}$ 17.23
 $= 2.0 \times 10^{-4} \cos(4t + \pi/6)$ 、 $e = -d$
 $/ dt = 8.0 \cdot 10^{-4} \sin(4t + \pi/6)$ 、 $e =$
 $4.0 \cdot 10^{-4} \text{ V} = 1.26 \text{ mV}$ 17.24 2.0 m
 C 、 $2.0 \times 10^{-11} \text{ J}$ 、下側 17.25 0.402 V 17.
 26 0.90 V 17.27 9.62 m/s 17.28 2
 $3^\circ 30'$ 17.29 20 mV 17.30 $A_C = E = B$
 $v(11 \sin + 1^2 \sin)$ 、右手の法則に従ってAからCへ
 17.31 $E = Bvl \sin \cdot \sin = 0.43 \text{ V}$ 17.
 32 否、是 17.33 $I_2 = \mu_0 v l b I_1 / (2 R(x$
 $0 + vt)(x_0 + l_0 + vt))$ 、時計回り 17.34 図参照
 17.35 25 mW 、 $100 / \text{s}$ 17.36 0 V 、 5.4
 V 、 2.7 V 17.37 $I = Bvl / (r + R) = 0.10 \text{ A}$ 、
 $F = B^2 v l^2 / (r + R) = 20 \text{ mN}$ 、 $P = B^2 l^2 v^2 / (r + R)$
 $= 20 \text{ mW}$ 17.38 $P = (kmg + B^2 l^2 v / (r + R))$
 $v = 0.12 \text{ W}$ 17.39 0.40 m/s 、 $4.0 \times 10^{-7} \text{ C}$
 17.40 0.20 A 、 0.13 A 、 0.07 A 、 0.12 W 17.41 Q/t
 $= P = 1.9 \text{ W}$ 、 $v = mgR / (B^2 l^2) = 20 \text{ m/s}$ 17.42 $I = mgs \sin$
 $/ (Bl \cos) = 0.57 \text{ A}$ 、 $v = mgR \sin / (Bl \cos^2) = 0.6$
 5 m/s 17.43 8.0 m/s 、 0.40 A 増加する 17.44 右へ、 P_{MAX}
 $= E^2 / 4R$ 、 $I = E / 2R$ 、 $v = E / 2Bl$ 17.45 $v = (2W/C)^{1/2} (r +$
 $R) - ER / Blr$ 、 $P_{\text{熱}} = (E - (2W/C)^{1/2} (r + R) / r^2$ 、 $P_{\text{力}} = (E -$
 $(2W/C)^{1/2} ((2W/C)^{1/2} (r + R) - ER) / r^2$ 17.46 $W = mg$
 $E t / Bl$ 、依存しない 17.47 $v = (EBl - mg(r + R)) / B^2 l^2$ 、 $P_{\text{力}} = mg(EBl - mg(r + R)) / B^2 l^2$ 、 $P_{\text{熱}} = (mg / Bl)^2 (r + R)$ 17.
 48 磁場の変化に従って、否 17.49 是、交流電場で作られる、例 交流回路に
 接続されたコンデンサで 17.50 磁場が一様に变化したとき；不均一の磁場の時
 17.51 コイルL2に引かれる 17.52 交流では金属中に渦電流が発生する。
 直流では発生しない 17.53 ブロック1；渦電流が小さい 17.54 ブロック
 2が回転すると、磁力線が通る面積は大きくなる。磁束線は増大し、誘導電流は自身の磁
 場で、磁束線の増加を抑える様になる。 17.55 円盤内に渦電流が発生する。磁石
 の回転方向に。否 17.56 極から突き放される。極に引きつけられる 17.57
 是、電磁石中の電流の急激な変化において。非磁性導体中に発生する渦電流との相互作用
 17.58 遮断の時。ゼロまでの電流低下時間を、電流増加時間より小さくする
 17.59 電源電圧と誘導起電圧の釣り合いから電流はゼロとなり、自己誘導現象を起
 こさない 17.60 -1.25 V 、符号-は、誘導起電圧は電流が増加するのを妨げ
 ることを意味している 17.61 22 V 。符号+は、誘導起電圧は電流が減少するの
 を妨げることを意味している 17.62 0.31 H 17.63 91 ms 17.
 64 -7.2 V 、 -7.2 V 、否 時間に対して電流が線形依存している場合のみ 17.
 65 0.02 H 17.66 63 mJ 、4分の1となる 17.67 1.0 J 17.
 7.68 2.0 A 17.69 0.56 J 、 14 V 17.70 電源のエネルギー
 が内部エネルギーと磁場のエネルギーに添加する 17.71 $W = \mu_0 N^2 r^2 I^2 / 2$
 $l = 1.3 \text{ mJ}$ ； $e = -L i' = 1.26 \times 10^{-4} \text{ V}$ 17.72 $W = \mu_0 N^2 d^2 U^2$
 $/ 4 l R^2$ 、 $E = \mu_0 N^2 d^2 U / 4 l R t$ 17.73 $E = -2 W / I t$ 17.
 74 $Q = 2(n-1)W / n l R$ ； $W = (n_2 - 1)W / n^2$ だけ減少 17.7
 5 $W = L(BUl)^2 / 2 R^2$ ； $P_{\text{熱}} = P_{\text{力}} = (BUl)^2 / R$ 17.76 $v_{\text{MAX}} = g(m$
 $L)^{1/2} / Bl$ ； $h = mgL / B^2 l^2$ ； $W = L m^2 g^2 / 2 B^2 l^2$

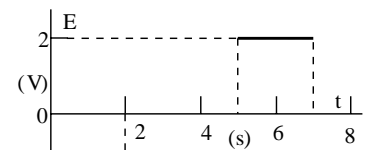


図 17.20

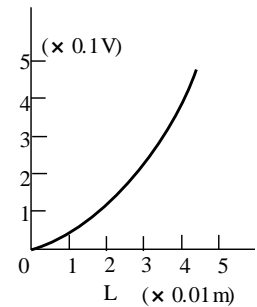


図 17.34

第3章 振動と波

第18節 振動と波

例題 69 $T_1 = 2 \left(1 / (g^2 + a^2 + 2 g a \cos) \right)^{1/2}$ 、 $T_{2,3} = 2 \left(1 / (g \pm a) \right)^{1/2}$

例題 70 $T' = 2 \left(\frac{1}{g - QE/m} \right)^{1/2}$ 、 $T'' = 2 \left(\frac{1}{g^2 + (QE/m)^2} \right)^{1/2}$
 例題 71 $t = 3.7$ 分
 例題 72 $T = 5.0$ s、 $T' = 2.0$ s、 $T'' = -1.5$ s、 $W = 0.32$ mJ、 $W' = 0.16$ mJ、 $W'' = 0.64$ mJ
 例題 73 $x = 0.20 \sin(62.8(t - 1/u))$ 、 $\dots = 1.0$ m、 $S = 0$ 、 $\dots = 3.14$ ラジアン、 $x_1 = -0.2$ m、 $x_2 = 0.2$ m、 $\dots' = 1.0$ m
 18.1 1.25 s、 0.8 Hz 18.2 100μ s、 6.0×10^5 / 分 18.3 前者の場合 振り子の速度は同じ方向を向いている、同相。後者の場合 振り子の速度は逆向き、反位相 18.4 ラジアン 図 a では異なった周期で振れ、位相は保存されない。図 b では同じ周期で振れ、位相は保存される 18.5 $x_1 = 0.1 \sin(2t + \dots/4)$ 、 $x_2 = 0.05 \sin(\dots t + \dots/2)$ 、 $x_3 = 0.04 \sin(4t + \dots)$ 18.6 $x = 0.05 \sin(200t)$ 、 $\dots = 100$ Hz、 $\dots = 20$ / s、 $v_{max} = 100$ m/s、 $a_{MAX} = -2000$ m/s²、 $W = 5$ J、 2 J = 4 J 18.7 0.02 m、 $\dots/2$ 、 8.0 s 18.8 $x_1 = A/2$ 、 $x_2 = A$ 、 $x_3 = 0$ 、 $x_4 = -A/2$ 18.9 $x_1 = 0$ 、 $x_2 = 0$ 18.10 0.10 s、 $x = 0.02 \sin(0.1t/3)$ 18.11 $2T/3$ 18.12 $x = 0.04 \sin((5t + 1/2))$ 、 0.63 m/s 18.13 $v = 0.2 \cos(5t + \dots/2)$ 、 $a = -\dots^2 \sin(5t + \dots/2)$ 、 0.444 m/s、 -6.98 m/s² 18.14 2.0 cm、 $\dots/2$ 、 10 Hz、 -3.95 N、 3.95 mJ 18.15 10 cm、 -394 m/s²、 $x = 0.1 \sin(62.8t)$ 18.16 $x = -6.0 \times 10^{-4} \cos(100t)$ 、 0.06 m/s、 -6.0 m/s²、 3.6×10^{-4} J 18.17 -0.4 m/s²、 0.05 m、 0.001 J、 0.15 m 18.18 -20 cm、 0 、 39.4 mJ、 0.39 N、 60 cm 18.19 $a_{MAX} = g$ 、 $A = 6.2$ cm 18.20 $A \text{ kg T}^2/4 = 0.2$ mの時 18.21 $T = 2 \left(\frac{m}{gS} \right)^{1/2}$ 18.22 $T = 2 \left(\frac{H}{g} \right)^{1/2}$ 18.23 $T = 2 \left(\frac{m}{2gS} \right)^{1/2}$ 18.24 $T = 2 \left(\frac{m}{g(S_1 + S_2)} \right)^{1/2}$ 18.25 0.99 N/m 18.26 $T = 2 \left(\frac{1}{g} \right)^{1/2}$ 、依存しない 18.27 $x = 0.06 \sin(20t)$ 、 18 mJ 18.28 4.24 cm、 39.3 ms、 $T/8$ 18.29 $x = (mg/k) \sin((k/m)^{1/2}t)$ 、 $E = (mg)^2/2k$ 、不変、不変 18.30 $T = 2 \left(\frac{m(k_1 + k_2)}{1} \right)^{1/2}$ 、否 18.31 $T_1 = T/(2)^{1/2} = 0.707T$ 18.32 $T_{直列} = 2 \left(\frac{m(k_1 + k_2)/k_1k_2}{1} \right)^{1/2}$ 、 $T_{並列} = 2 \left(\frac{m(k_1 + k_2)/4k_1k_2}{1} \right)^{1/2}$ 18.33 $T_1 = (m/k)^{1/2} (1 + 2a \sin(A/l))$ 18.34 2.00 s、 4 倍大きくする 18.35 9.81 m/s² 18.36 0.994 m、 0.745 m 18.37 $4:1$ 18.38 0.27 m、 0.75 m 18.39 2.0 s、後者の振り子の 2 回の振動毎に位相は同じ、或いは前者の 1 回の振動毎に 18.40 $t_1 = 0.9t_2$ 、支点から自由に落とした球 18.41 $t_2 = (1/4) \cdot 2^{1/2}t_1$ 18.42 $T = \left(\frac{1}{g} \right) (1 + 0.5^{1/2})$ 、不変化 18.43 バネ振り子は不変、糸振り子は $T_{月} = 6^{1/2}T_{地球}$ 18.45 $T_{惑星} = 2T_{地球}$ 18.46 3 分 40 秒 18.47 54 s 18.48 17.3 s 18.49 $T = 2 \left(\frac{1}{g^2 + a^2 - 2ag \cos} \right)^{1/2}$ 18.50 $T_1 = 2 \left(\frac{1}{g+a} \right)^{1/2}$ 、 $T_2 = 2 \left(\frac{1}{g-a} \right)^{1/2}$ 18.51 $a = 3g$ 18.52 振動しない 18.53 両方の場合で、 $T'/T = (g/(g^2 + a^2))^{1/2}$ 18.54 $v = ((n^4 - 1)g^2R^2)^{1/4}$ 18.55 $a = 4^{21/T^2}$ 18.56 張力と復元力は大きくなる、振動周期は小さくなる 18.57 $T = 2 \left(\frac{1}{g \pm QU/md} \right)^{1/2}$ 、 $T = 2 \left(\frac{1}{g^2 + (QU/md)^2} \right)^{1/2}$ 18.58 $g/4$ 18.59 $l = 2h/2$ 、 $T = (2/)(2h/g)^{1/2}$ 、 $x = (2h/)\sin((g/2h)^{1/2}t)$ 18.60 $\dots = (1/A)(E/2m)^{1/2}$ 、 $l = mgA^2/2E$ 、 $E = 2^2 A^2m$ 、否 18.61 2.2 s 18.62 0.57 m 18.63 $T = 2 \left(\frac{m_1l_1^2 + m_2l_2^2}{g(m_1l_1 + m_2l_2)} \right)^{1/2}$ 、 $T = 2 \left(\frac{m_1l_1^2 + m_2l_2^2}{g(m_1l_1 - m_2l_2)} \right)^{1/2}$ 18.64 ベクトル合成 18.65 $x = 2 \sin(\dots t)$ 、 $x = 4 \sin(\dots t)$ 、単位はともに cm。 $x_{合成} = (A_1 + A_2) \sin(2t/T) = 6 \sin(\dots t)$ 、図参照 18.66 $x = 2 \sin(\dots t - \dots)$ 、 $x = 4 \sin(\dots t)$ 、 $x_{合成} = 2 \sin(\dots t)$ 、図参照 18.67 $x = 3 \sin(\dots t + \dots/2)$ 、 $x = 4 \sin(\dots t)$ 、 $x_{合成} = 5 \sin(\dots t + 0.64)$ 、図参照、 $\dots/2$ 18.68 $x_1 = 0.20 \sin(400t)$ 、 $x_2 = 0.10 \sin(200t)$ 18.69 同じ周期を持った調和振動、 $x_1 = (A_1 + A_2) \sin(\dots_0 + 2t/T)$ 、 $x_2 = (A_1 - A_2) \sin(\dots_0 + 2t/T)$ 、 $x_3 = (A_1^2 + A_2^2)^{1/2} \sin(\text{atan}(A_2/A_1) + 2t/T)$ 18.70 強制

振動は外部からの影響で振動する 18.71 1と3、2と4、強い減衰 18.72
共振時、強制力の方向は振動方向と一致する。振動系のエネルギーの増大が起こる様に、
強制力の仕事になされる 18.73 振動系の固有振動数と外力の振動数が一致しない
様にする 18.74 $v = 1/T$ 。 18.75 $v = (1/2)(k/m)^{1/2}$ 1

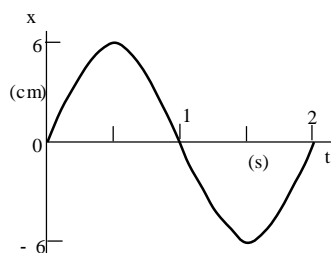


図18.65

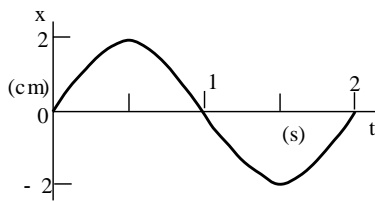


図18.66

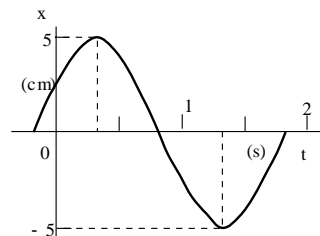


図18.67

8.76 2.9m 18.77 3.4m 18.78 1.5、2.0m 18.79 0.01s 18.80 2.0s、3.0m/s、6.0m 18.81 10m/s 18.82 $x = 0.01 \sin(0.5t - 0.5 \cdot 1/200)$ 、 $x = 0.10 \sin(0.5t - \quad)$ 18.83 $x = A \sin((2u/)(t - 1/u))$ 、 $v = x' = (2u/)\cos((2u/)(t - 1/u))$ 、0 18.84 $A = v_{MAX}/2$ 、 $= u/$ 、 $x = (v_{MAX}/2)\sin(2(t - 1/v))$ 18.85 $x = A \sin((v_{MAX}/A)(t - 1/u))$ 、 $v = v_{MAX} \cos(v_{MAX}/A)((t - 1/u))$ 、0、 $-v_{MAX}$ 18.86 $t = t_2 - t_1 = 2n/2 = 2n/200$ 、 $t = (2n+1)/2 = (2n+1)/200$ 、 $(2u/)(t - 1/u)$ 18.87 $l = 2n \cdot (1/2)$ 、 $l = (2n+1) \cdot 1/2$ 、 $(2u/)(t - 1/u)$ 18.88 否、18.89 0.778m、440Hz 18.90 0、反位相、否 18.91 0.40m 図参照 18.92 定在 $= 2u/$ 定在、定在 $=$ 、 $x = 2A \cos(y/u) \sin(t) = 2A \cos(2y/)\sin(t)$ 、 $A_{定在} = 2A \cos(2y/)$ 、 $y_{節} = \pm(2n+1)/4$ 、 $y_{腹} = \pm(u/)/2 = \pm n/2$ 18.93 21.3m ~ 0.017m 18.94 音の強度は距離の逆2乗に比例し、振幅の2乗に比例する。振動の振幅の増大とともに、音の大きさも増大する 18.95 否、人の耳の感度は周波数が1kHz ~ 3kHzの範囲に最大感度がある 18.96 否、ある程度の強度が必要である 18.97 是、音色で 18.98 獲物を持って戻ってくる蜂は重い、それ故羽をたくさん羽ばたく必要がある。羽音は高くなる 18.99 333m/s 18.100 3.32m、3.41m、3.44m 18.101 3.44m 不変 18.102 883m 18.103 $H = (1/2)u(t_2^2 - t_1^2)^{1/2}$ 18.104 u 、風に沿って $u' = u + v$ 、風に逆らって $u' = u - v$ 18.105 17m 18.106 $l = 0.1(u^2 - v^2)/2u$ 18.107 $l = n/4$ 18.108 0.195m 18.109 6.12cm、0.204m、0.51mm 18.110 17Hz以下、6Hzは脊柱、心臓、腎臓の固有振動数と一致する。風、暴風雨、地震 18.111 依存しない 18.112 1.9s、2.1s、2s 18.113 142Hz 18.114 666Hz、542Hz

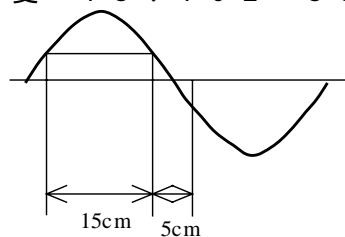


図18.91

第19節 交流

例題74 $e(t) = 62.8 \sin(314t)$ 、 $E_0 = 62.8V$ 、 $E_{実効} = 44.5V$ 、 $e = 62.8V$ 、 $e' = 125.6 \sin(628t)$

例題75 $p = 25$

例題76 $I_{全} = 34A$ 、 $I_2 = 17A$ 、 $I_3 = 38A$ 、 $S = 7.48kV \cdot A$ 、 $P = 6.9kW$ 、 $Q = 2.88kW$ 、 $= 22.6^\circ$

19.1 大きさと向きが変わる電流 19.2 否、一様磁界の中でのみ。否、回転運動は一様な場合のみ 19.3 ローレンツの力の周期的に変化する作用の元で荷電粒子が強制調和振動を受ける 19.4 156V、 $e = 179.6 \sin$ 、127V 1

19.5 $e = \sin(4t)$ 、V、 $/2^{1/2}V$ 19.6 311V、0V、-220V 19.7 $e = E \cdot 2^{1/2} \sin(E \cdot 2^{1/2}t / NBS)$ 、0 19.8 m

$= U_T \quad d^2 2^{1/2} / 2 B l \quad 19.9 \quad e = 6.28 \sin(314t)$ 、 $6.28V$ 、 $4.44V$ 、 $3.14V$ 19.10 100 、 $e = 25.12 \sin(628t)$ 19.11 $6.9ms$ 、 $3.1ms$ 19.12 丈夫な装置とする電氣的接觸がない
 19.13 $707kV$ 19.14 否、最大電圧約 $311V$ 19.15 $8.5A$ 、 0.651 ラジアン、 $50Hz$ 、 $5.1A$ 、 $8.1A$ 、 $6.0A$ 19.16 否、磁極数に依存 19.17 24 19.18 $e = 311 \sin(314t)$ 19.19 $e = 2 \sin(8t)$ 、 $E = 2^{1/2}V$ 19.20 純抵抗 (= 抵抗) では発熱エネルギー、誘導性抵抗 (= コイル) では磁界エネルギー、容量性抵抗 (= コンデンサ) では電界エネルギー。誘導及び容量性抵抗からはそのエネルギーを、回路に電流として戻すことが出来る 19.21 $1.6kJ$ 、 $160W$ 19.22 $28.3V$ 、 $u = 40 \sin(314t)$ 、 0 19.23 $12J$ 19.24 否、直流の場合の方が大きい 19.25 6.28 、図参照 19.26 $i = 22.5 \sin(314t)$ 、 $u = 141.4 \sin(314t + \pi/2)$ 、 $= \pi/2$ 、図参照 19.27 $u = 0.004 \sin(628t + \pi/2)$ 19.28 $233Hz$ 19.29 $U_{MAX} = 4W_{MAX} / I_{MAX}$ 、 $0 = \pi/2$ 、 $u = 4W_{MAX} / I_{MAX} \sin(2t + \pi/2)$

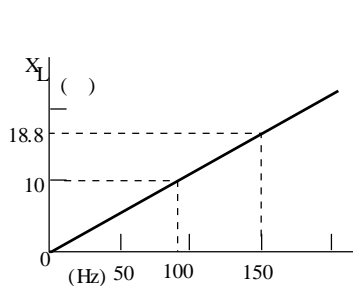


図 19.25

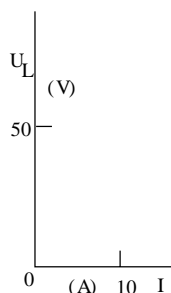


図 19.26

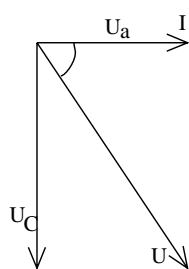


図 19.36

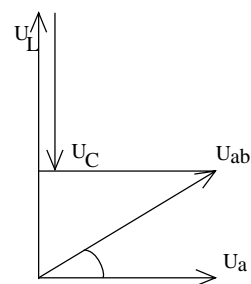


図 19.38

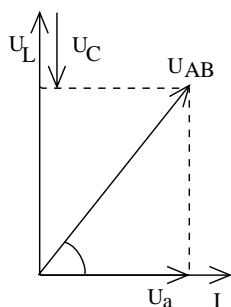


図 19.39

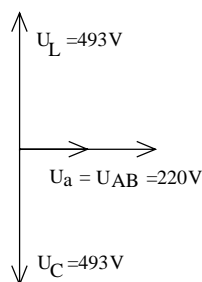


図 19.43

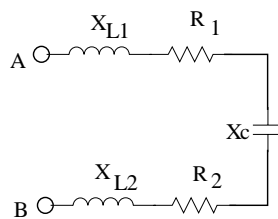


図 19.45

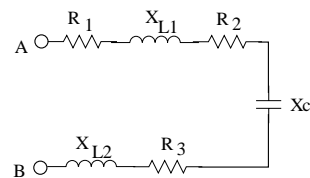


図 19.46

19.30 21 、 4 分の 1 に減少 19.31 23.9 に減少 19.32 $32W$ 、 1.57 19.33 電圧は電流から位相で $\pi/2$ 遅れる、 $i = 19.5 \times 10^{-6} \sin(314t)$ 、 $q = 6.2 \times 10^{-8} \sin(314t - \pi/2) = -6.2 \times 10^{-8} \cos(314t)$ 19.34 $u = 200 \sin(100t - \pi/2) = -200 \cos(100t)$ 、 $-10W$ 19.35 0.25 ラジアン、 4.0 、 0.97 、 3.9 、 0.99 、 $450V \cdot A$ 、 $440W$ 19.36 80 、 0.605 、 -53° 、 $2.8A$ 、 $133V$ 、 $175V$ 、 $605V \cdot A$ 、 $366W$ 、 $-482W$ 、図参照 19.37 $48V$ に増大 19.38 5 、 0.8 、 37° 、 $10A$ 、 $50V$ 、 $0.50kV \cdot A$ 、 $0.40kW$ 、 $0.30kW$ 、図参照 19.39 $50V$ 、 $2.5A$ 、 0.60 、 53° 、 20 、 $125V \cdot A$ 、 $75W$ 、図参照 19.40 是 19.41 是、否 19.42 $11A$ 、 $39.6V$ 、 $220V$ 、 $2.42kV \cdot A$ 、 $1.45kW$ 、 $-1.94kW$ 19.43 $67Hz$ 、 $493V$ 、 $493V$ 、 $4.0kV \cdot A$ 、 $4.0kW$ 、共振電圧、図参照 19.44 $158\mu F$ 、 $520V$ 、 $4.0kV \cdot A$ 、 $4.0kW$ 、 1 ，絶縁破壊 19.45 図参照、 $U_{AB} = ((U_2 + U_4)^2 + (U_1 - U_3 + U_5)^2)^{1/2}$ 、 $\cos = (U_2 + U_4) / ((U_2 + U_4)^2 + (U_1 - U_3 + U_5)^2)^{1/2}$ 19.46 図参照、 $20V$ ， 5.0 、 1 ， $80W$ 、電圧の共振 19.47 $5A$ 、図 a； $5A$ 、図 b； $1A$ 、図 c 19.48 $14A$ 、 $14A$ 、 $0A$ 、図参照 19.49 否、 $290Hz$ 19.50 $20A$ ， $11.7A$ ； $1613V \cdot A$ ； 16

0.9 W 19.51 0 A、 $I_L = I_C = 3.14$ A、電流は増大する

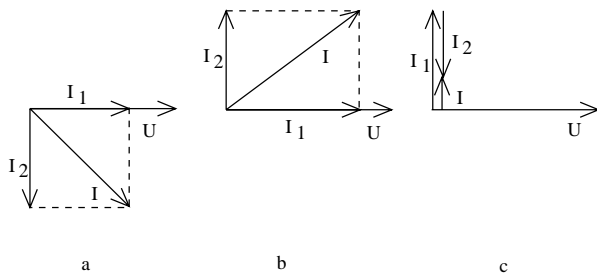


図 19.47

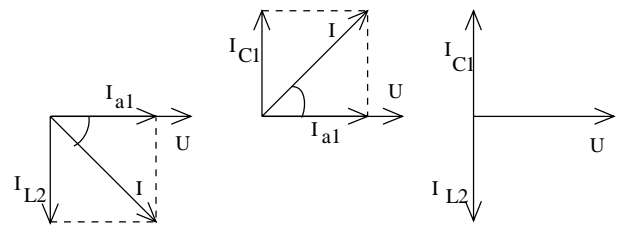


図 19.48

19.52 148 V、図参照 19.53 10、5、
25；3.94 A、7.87 A、8.8 A；39.4 V；3
6° 52'；1936 V·A；1549 W；-1162 W 1
9.54 容量の減少により抵抗 X_C は大きくなる。電圧共振
が最大になり、全抵抗は小さくなり、ランプはより輝く。容量
の更なる減少では、回路抵抗は大きくなり、ランプの輝きは落
ちる 19.55 加熱に；/2 19.56 コイルの過
熱；トランスには摩擦による損失がない 19.57 0.0
4；2250 19.58 880；144；6.11 19.
59 246 19.60 2次側。抵抗を下げ、発熱を小さ
くしたい 19.61 より明るく光る。2次コイルで消費さ
れる電力 P₂ が増大する従って供給側の1次側の電力 P₁ も増
大する。電圧 U₁ が一定なので、I₁ が大となる。 19.62 90% 19.63 4
4 19.64 0.12；7.6 A 19.65 110 B；40 A；98% 1
9.66 38 V；132；1.0 A；95% 19.67 200 V 19.68 1
50 V 19.69 $= k^2 P_2 / (I_2 (kU - I^2 R)) = 98\%$ 19.70 n^{1/2}
倍

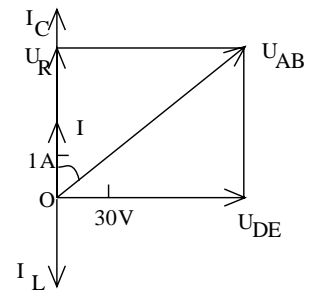


図 19.52

第 20 節 電磁振動を電磁波

例題 77 $f_1 = 132$ Hz； $f_2 = 16$ Hz

例題 78 $C = 38$ m、 $C = 2.0 \cdot 10^{-9}$ F； $W = 2.5 \cdot 10^{-8}$ J； $U = 5.0$ V

例題 79 $\lambda_0 = 0.67$ mm； $v = 2 \cdot 10^8$ m/s； $\lambda = 0.44$ mm

20.1 インダクタンスは磁場を、容量は電界を作る。インダクタンスと容量の間でエ
ネルギーの交換が連続して行われる。 20.2 振幅の減少、振動の減衰、振動周期の
増大 20.3 回路における電磁振動のエネルギーは回路の過熱、電磁波の放出に使わ
れる。外部電源から損失分のエネルギーを供給する。 20.4 容量或いはインダクタ
ンスの値の変更 20.5 アンテナを付ける、振動周波数を大きくする 20.6 図
参照；ベクトル E と B は常に相互に垂直；図 a は B が増大するとき、図 b は減少するとき
20.7 否、磁場の変動が不均一の場合だけである 20.8 否、進行電磁波の場合
だけである 20.9 否、定在電磁波はエネルギーを運ばない 20.10 電界 E
はアンテナに平行で、垂直；磁場は E に垂直なので、今の場合水平；受信棒状アンテナは
送信アンテナに平行に、受信ループアンテナは送信アンテナの面内に 20.11 12
mV；200 kHz；1500 m 20.12 $E = E_{MAX} - E_{MAX} \cos 60 \mu V$ 。
不变、図参照 20.13 送信機からの電磁波エネルギーによる；送信機の振動数と同
じ；強制振動 20.14 周期は2倍大きくなり、振動数は小さくなる 20.15
178 μs 、5.6 kHz；振動数は2倍となる 20.16 2.8 kHz；周期は2
倍 20.17 4 μs 20.18 650 μH ；/2 20.19 36.5 kHz
20.20 $i = Q/t$ ， $i = -s \sin(10^4 t)$ ； $W_{電場 MAX} = W_{磁場 MAX} = 0.05$
J；10 mH 20.21 $I = I_{MAX} / 2$ $C U_{MAX}$ 20.22 0.01 J；4.0
 $\cdot 10^{-4}$ C；4.47 A； $i = 4.47 \sin(2240 t)$ 20.23 $I = (U_{MA}$
 $x / 2)(3C / L)^{1/2}$ 20.24 10 V 20.25 47 mJ 20.26 1
8.5 kHz 20.27 0.336 ms 20.28 回路が共振となっているとき
20.29 6.1 mHz；短波 20.30 11.34 m。周波数は不变、波長が
2.65 倍 20.31 42 m 20.32 5.8 μH 20.33 1.76 nF
~ 7.04 nF 20.34 10 m ~ 100 m 20.35 486 m 20.36
 $= v \cdot 2 L I_{MAX} / U_{MAX}$ 20.37 $= 2 v Q_{MAX} / I_{MAX}$ 20.38 23

9 m 20.39 長距離通信では、電離層で反射される短波を使用する。波長が短いと地表で吸収される。短波は通常AM方式を採用し、高周波の基本波に音声波を載せているので 20.40 受信器の電源エネルギーで 20.41 16倍; 36倍 20.42 120 km 20.43 500 / s ; 30 m 20.44 1000 / s ; 0.4 μ s ; 600 20.45 12 km / s 20.46 60 km / h ; 33.3 Hz だけ減少

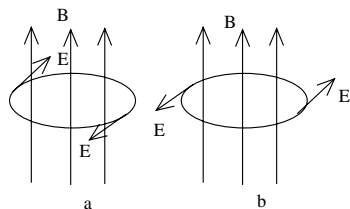


図20.6

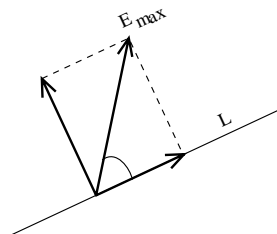


図20.12

第4章 光学。特殊相対論の基礎

第21節 光学。特殊相対性理論の基礎

例題80 $\lambda_0 = 590 \text{ nm}$; $n = 1.61$; $v = 1.86 \cdot 10^8 \text{ m/s}$
 21.1 否、 $4.0 \times 10^{14} \text{ Hz} \sim 7.5 \times 10^{14} \text{ Hz}$ の範囲 21.2 $7.5 \times 10^{14} \text{ m} \sim 4.0 \times 10^{14} \text{ m}$ 21.3 $5.4 \times 10^{14} \text{ Hz}$ 21.4 指定の媒質の磁気透磁率はほぼ1に近い 21.5 公式 $e = h$ のエネルギーを持った光子 21.6 最大エネルギーは紫線 ($5.0 \times 10^{-19} \text{ J}$)、最小エネルギーは赤線 ($2.6 \times 10^{-19} \text{ J}$) 21.7 量子のエネルギーは放射波長に逆比例する 21.8 振動数は媒質に依存しないので、エネルギーは不変 21.9 10倍 21.10 2.8×10^{19} 21.11 否 21.12 半径 $R = ct$ の球表面 21.13 媒質が一樣の場合 21.14 光源から出たエネルギー束が伝搬している直線、否 21.15 $3 \times 10^5 \text{ km/s}$ 21.16 300477.5 km/s 21.17 8分16s 21.18 真空と比較して、その媒質で光速度の目安を与える 21.19 媒質の性質、電磁波の振動数、外部条件(温度など) 21.20 1.5 21.21 1.3 3、水 21.22 1.26 ; $2.4 \times 10^8 \text{ m/s}$; $5.5 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$

第22節 光の反射。平面鏡と球面鏡

例題81 35 cm
 例題82 全ての場合において、球面鏡の倍率は、物体と鏡の焦点距離までの距離に対する曲率半径の半分の比に等しい
 例題83 $R = 0.24 \text{ m}$
 22.1 光線が平面鏡に向かっていること 22.2 2
 22.3 15° 22.4 70° 22.5 図参照 22.6 $2v$ 22.7 直角2面角 22.8 120° 22.9 3, 5, 7 22.10 無限; 鏡の間隔に等しい距離 22.11 0.9 m 22.12 鏡は像を差し替えてはいない。人体は左右に対称であるが、上下には非対称故 22.13 $= 2$; 否 22.14 64° 22.15 入射角度の増大とともに大きくなる 22.16 反射率は光線の入射角に依存。前問参照。飛行機の真下の水面では、光線は小さい角度で反射される。 22.17 極から14.4 cm; 6 cm 22.18 18 cm; 12 cm; 24 cm 22.19 虚像、-6 cm; 15 cm; -1.5 22.20 60 cm; 実像; 18 cm; 3; 鏡の方へ12.4 cm移動 22.21 75 cm; 60 cm 22.22 $3f$; 22.23 20 cm、25 cm、100 cm 22.24 10 cm 22.25 図参照; 13.3 cm 22.26 $= (1, 1/2)^{1/2} = 10 \text{ d}$ 22.27 36 cm 22.28 75 cm、虚像 22.29 図参照 22.30 50 cm、-10 cm 22.31 $R/6, R/2$ 22.32 -0.6 m; S点は虚像源となる 22.33 7.5 cm; -1/4; 鏡に近づき、大きくなる 22.

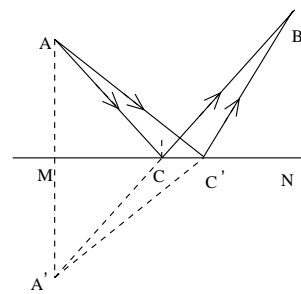


図22.5

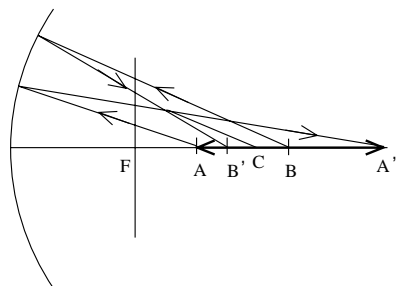


図22.25

34 虚像、正立、2分の1；-20cm、80cm、20cm 22.35 24cm
 22.36 80cm、-16cm 22.37 (6/7)R 22.38 視角が
 大きくなる。距離感覚があやふやとなる

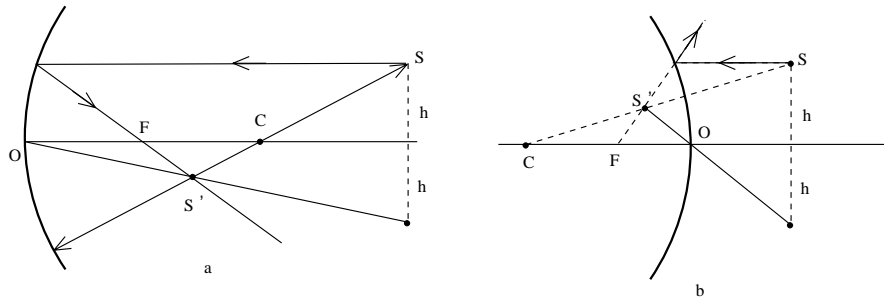


図22.29

第23節 光の屈折

23.1 両方の媒質の屈折率が同じ場合；それらの中での光速度が同じ場合；光の入射
 角度がゼロの場合 23.1 否 23.3 前者 23.4 1.31； 2.29×10^8
 km/s 23.5 34° 23.6 aの場合、 $n_2 > n_1$ 、 $v_2 < v_1$ ；bの場合、
 $n_2 < n_1$ 、 $v_2 > v_1$ 23.7 1.48；前者； $4^\circ 33'$ だけ大きくなる 23.8
 1.57； $1.24 \times 10^5 \text{ km/s}$ 23.9 $52^\circ 53'$ 23.10 1.1
 57；1.16；1.54； $1.95 \times 10^8 \text{ m/s}$ 23.11 11° 23.12
 53° 23.13 25° 23.14 水面の方に変位した虚像を、人が見る。2
 3.15 30.7cmだけ小さくなる 23.16 40° ；3.05m 23.17
 例題84参照；小さくなる 23.18 0.467m 23.19 3.2m；虚像
 23.20 58cm 23.21 2m；図参照 23.22 30cm 23.2
 3 屈折率が大きい媒質から、小さい媒質に、大きな入射角度で光が向かうとき。プール
 の中にいる人が観察できる 23.24 両方の場合で、全反射である；否 23.25
 全反射が起こる 23.26 電気雑音に強い。周波数が大きいので多くの情報を送れ
 る 23.27 $48^\circ 45'$ ； $37^\circ 51'$ 23.28 $41^\circ 49'$ 23.29
 否、全反射が起こる 23.30 $i = a \sin(v/c)$ の時 23.31 否
 ；1番目の媒質に光は入射しない 23.32 $2.26 \times 10^8 \text{ m/s}$ ；1.6；1.
 33；0.83 23.33 10m 23.34 10m；21m；図参照

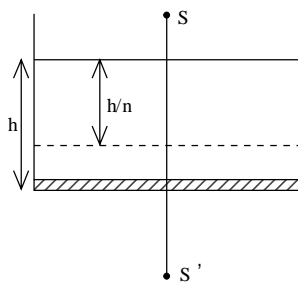


図23.20

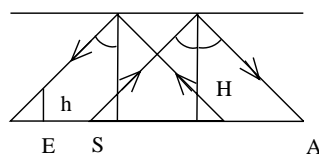


図23.34

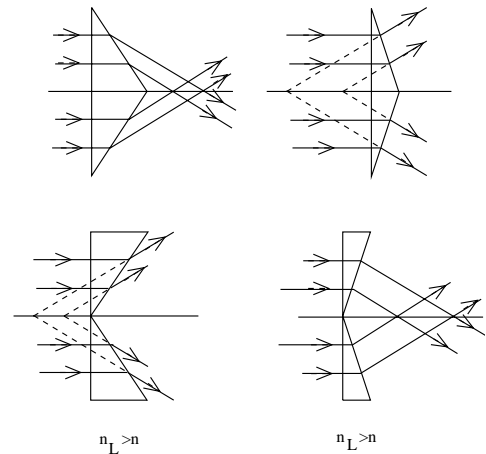


図23.39

23.35 2.72cm； 60° 23.36 50° ；3.9cm；1.5 23.
 37 45° ； 32° 23.38 否、プリズムのnが媒質のnより大きいときだけ
 23.39 図参照 23.40 $41^\circ 12'$ ； $31^\circ 12'$ 23.41 $27^\circ 5$
 $4'$ ； $57^\circ 54'$ 23.42 1.51 23.43 $27^\circ 30'$ ； $12^\circ 30'$
 23.44 1.92° 23.45 10d、2.5d；-8.0d、-2.0d
 23.46 0.50m；0.10m；-0.20m；-0.125m 23.47 レ
 ンズの後10cmの光学軸上に；光線は拡散する。その延長はレンズの前10cmにある
 虚焦点を通過する 23.48 30cm；7.5cm 23.49 4.2d；24c

m 23.50 1 d ; 0.5 m ; 1 m 23.51 凸レンズで拡散レンズ ; 虚像 ; -
 0.25 m 23.52 1.25 d、-0.8 d 23.53 2.5 d ; 0.4 m
 23.54 是、周りの媒質の屈折率より、レンズの屈折率が小さい場合 23.55
 図参照 23.56 図参照 23.57 図参照、aとbは集光レンズ、cは拡散レン
 ズ 23.58 60 cm ; 実像、拡大 ; 20 cm ; 2 ; 5.0 d 23.59 60 c
 m ; 実像 ; 5 d 23.60 30 cm ; 3.3 d 23.61 0.8 m 23.62
 レンズを遠ざけると蝋燭から80 cmの位置 ; 16倍 23.63 2.4 m 23.
 64 60 cm ; 1.2 m ; 2 ; 0.5 23.65 6.0 cm ; 3/2 ; 2/3 2
 3.66 2.0 d ; 0.50 m ; 0.55 m 23.67 1.4 m x 2.1 m 23.
 68 5.0 cm 23.69 1.2 m 23.70 0.09 m/s ; レンズから光
 学軸沿って遠ざかる 23.71 870 m/s 23.72 虚像 ; -12 cmと8 c
 m 23.73 拡散レンズ ; -9.0 cm ; 8 cm 23.74 拡散レンズ ; -5 d
 ; -20 cm 23.75 是、拡散光がレンズの向こう側の焦点をめざしているとき

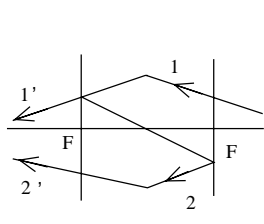


図 23.55

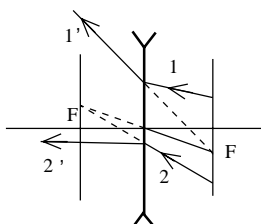
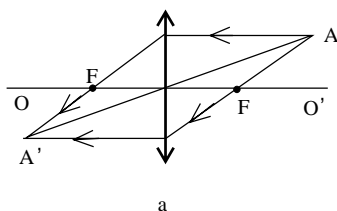
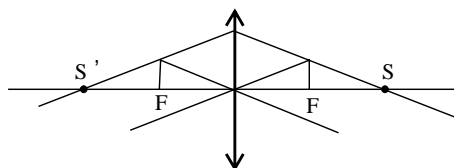
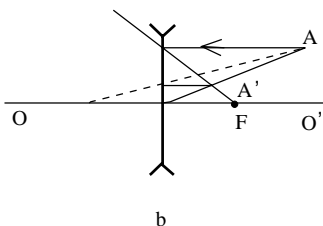


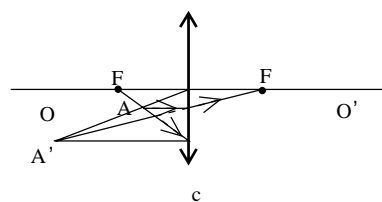
図 23.56



a



b



c

図 23.57

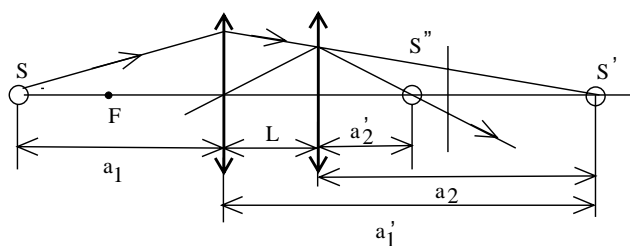


図 23.85

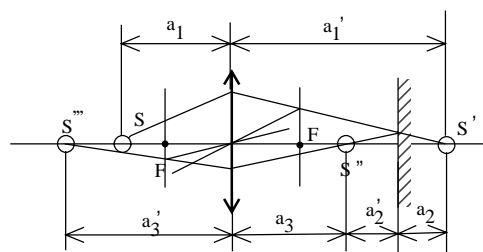


図 23.87

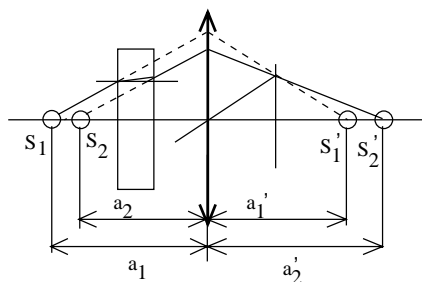


図 23.88

23.76 -60 cm 23.77 2 m 23.78 3.0 d 23.79 3 d

; 4 d 減少 23.80 1.4 cm 23.81 - 1 d 23.82 2 d 23.83 4 d 23.84 集光レンズから60 cm 右側に 23.85 図参照、2番目のレンズから3.2 cmの位置に実像; 0.8 23.86 実像; 拡散レンズから20 cm 右側に4倍の拡大像; 20 cm 23.87 図参照; 実像; レンズから40 cm 左23.88 9 cm; 図参照 23.89 $= 2(n-1)(1/R_1 + 1/R_2) + 2/R_1$; $= 2(n-1)(1/R_2 - 1/R_1) - 2/R_1$; $= 2(n-1) \cdot 1/R_2$; $= -2(n-1)(1/R_1 + 1/R_2) - 2/R_1$; $= 2(n-1)(1/R_2 - 1/R_1) - 2/R_1$; $= -2(n-1) \cdot 1/R_2$ 23.90 実像、60 cm; 虚像、-12 cm 23.91 0.3 m 23.92 視角が1'より小さければ23.93 約72 m 23.94 人は物体の遠近を、焦点を合わせようとしての目の筋肉の微妙な違いで認識する。あまりに遠方にあるので、各々の星に対して、焦点は無限遠に合わせることになる。従って、各々の星において、値の筋肉の動きの相違がない。或いは、あまりに遠方にあるので、視角に変化がないので 23.95 4; 減少 23.96 目の遠近調節機能の限界がある 23.97 5 cm; 20 d 23.98 6 23.99 80 23.100 500 23.101 180; 11 cm 23.102 1.67 cm; 15; 16 cm 23.103 回折 23.104 60 23.105 f 接眼 = 0.060 m; f 対物 = 14.9 m 23.106 対物レンズに2 mm 近づける 23.107 7° 41'

第24節 光学測定

例題87 $E_{\text{端}} = 35$ ルックス、 $E_{\text{中央}} = 70$ ルックス; $E'_{\text{中央}} / E_{\text{中央}} = 1.12$ 倍
 24.1 0.50 ステラジアン 24.2 0.60 m 24.3 810 cm^2 ; 0.40 ステラジアン 24.4 120 カンデラ 24.5 80 カンデラ; 1000 ルーメン 24.6 1.7 ルーメン; 0.028 ステラジアン; 754 ルーメン 24.7 100 カンデラ; 25 ルーメン; 0.09 m^2 24.8 2 ルーメン; 63 ルックス 24.9 5 ルックス 24.10 225 ルーメン; 18 カンデラ 24.11 9.5 ルーメン/W; 42 ルーメン/W; 蛍光灯; 約4倍 24.12 180 ルックス 24.13 $6 \cdot 10^5$ カンデラ/ m^2 24.14 1 カンデラ 24.15 $E_1 / E_2 = 4$ 24.16 55 ルックス; 1.25 倍増大 24.17 $h_2 = 0.75 h_1$ 24.18 35 ルックス 24.19 35 ルックス 24.20 15 ルックス 24.21 107 カンデラ 24.22 $1.9 \cdot 10^4$ ルックス 24.23 垂直; 2倍 24.24 7倍 24.25 10 m 24.26 1.34倍 24.27 1/3 ルックスだけ増大 24.28 2.7 m 24.29 1.6秒減少 24.30 16 ルックする 24.31 $E_1 / E_2 = 1.44$ 24.32 光度の大きい方のランプから0.8 m 24.33 33 カンデラ 24.34 390 ルックス 24.35 近距離の場合

第25節 光の波の性質で説明される現象

例題88 $= 0.75 \mu\text{m}$
 例題89 $R = 6.3 \text{ m}$; $= 0.13 \text{ d}$; $r_4 = 3.8 \text{ mm}$
 例題90 $l = 1.1 \text{ m}$
 25.1 是、ハーフミラーの使用 25.2 明るい帯 25.3 25.4 /4 24.5 3.2 mm 24.6 否; 波の重なり過程ではエネルギーの再配分が行われる 24.7 $0.6 \mu\text{m}$; $0.48 \mu\text{m}$; $0.4 \mu\text{m}$; $0.68 \mu\text{m}$; $0.53 \mu\text{m}$; $0.44 \mu\text{m}$ 25.8 黄色と黒の部分が入れ替わる 25.9 $1.1 \mu\text{m}$; 1.8倍 25.10 $0.6 \mu\text{m}$ 25.11 0.36 mm 25.12 14.4 mm 25.13 光の干渉 25.14 レンズ表面に光吸収のない、屈折率の少し小さい膜を光の波長程度の厚さで貼り付ける。干渉現象。透過光の強度の増加 25.15 $122 \mu\text{m}$; $240 \mu\text{m}$ 25.16 黒色; 黒 黄色 黒 25.17 干渉現象; 両光線は再び鏡に達し、最後はスクリーンPに達する。干渉縞 25.18 スクリーン上での干渉縞の変位。エーテルに対する地球の相対運動、光や電波の透明な媒質に対する相対運動 25.19 2重星間の視差の測定。マイケルソンは初めて恒星ベテルギウスの視差直径、 $0.047''$ 、を測定した。この恒星までの直線距離を算出し、直径を 4.108 km と求めた。この値は地球の公転直径($3 \cdot 10^8 \text{ km}$)より大きい。 25.20 $1.8 \cdot 10^{-5}$ ラジアン 25.21 8 mm 25.22 $60 \mu\text{m}$ 25.23 9.8 縞/cm 25.24 重力の作用により、膜の上部は薄く、膜の下部は厚くなっていく。厚い部分では干渉模様が良く発達するが、上部では薄くなりその厚さが光の波長の半分以下となると、光は干渉しなくなる。その結果黒く見える様になる。最後には薄くなりすぎるので、耐えられず破れる。 25.25 0.46 mm 25.26

0.56 mm ; 0.58 mm 25.27 4 mm 25.28 0.589 mm 25.29 明るいうりんぐ ; 4.6 mm 25.30 2.44 m、3.5 m 25.31 穴の大きさが、波長の数倍程度までは、球面収差の弱さが鮮明な像の結像の助けとなる。穴の大きさと波長が同程度だと回折が起こる。25.32 0.002 mm 25.33 54°40' 25.34 0.589 μm 25.35 0.447 μm 25.36 7.4 cm ; 14.8 cm 25.37 10 μm 25.38 4次、0.5 μm 25.39 写真の一種。立体像を平板に記録でき、そして再生描写できる。光の波の可干渉性。イギリス人物理学者ハーボル 25.40 平面フィルムに立体映像情報を書き込める。波の位相情報も利用するので、物体の微少な変形も検出できる。 25.41 53° 25.42 55°7' 25.43 1.59 ; アニリン

第26節 放射とスペクトル レントゲン放射

例題91 $T = 5796\text{ K}$; $P = 3.9 \times 10^{26}\text{ W}$; $j_{\text{太陽}} = 1.37\text{ kW/m}^2$; $p = 4.57\text{ μPa}$
 26.1 媒質の性質と光の波長に 26.2 光の波長が長くなるに従って屈折率は小さくなる 26.3 分散スペクトルでは波長が短いほど良く曲がる。波長の長い波は回折では大きな角度で曲がるが、分散では逆。 26.4 赤の方が近い。目の水晶体の屈折率の違いに依存 26.5 分散スペクトルでは、紫光線がもっとも大きく屈折し、赤光線は最も小さく屈折する。波長間隔が等しいスペクトルの回折においては、同じ幅を持つ。 ; スペクトルの幅はその次数に比例する。 26.6 579 nm ; $2.26 \times 10^8\text{ m/s}$; 否 26.7 透明物体の色は、その物体を通過した光の成分で決まる。 ; 不透明物体の色は、その物体が反射した光の成分で決まる。 26.8 白色光ランプ 26.9 輝度と色 26.10 透明物体では、透過光に。不透明物体では反射光に。その光に加えると、合成光が白色となる光。 26.11 否 26.12 赤、緑、青各々の光の強度に依存 26.13 高感度性、測定の迅速性、遠隔の物体の分析の可能性。 26.14 化学成分、表面温度、相対速度 26.15 太陽の大気による吸収 26.16 紫外線放射 - 光電管など。赤外線放射 - 熱センサなど。5 - 400 nm ; 760 nm - 350 μm 26.17 紫外線、是 26.18 赤道や山岳では紫外線を吸収してくれる空気の層が薄い 26.19 二酸化炭素は地球の放射する赤外線を吸収する 26.20 オゾン層は生物に危険な紫外線を吸収してくれている 26.21 球内に入射した光線は、壁との何回にもわたる反射の結果、実質的に完全に吸収されることになる ; このような物体は黒体のモデルでもある 26.22 物体の分子などの熱励起に消費され、物体の温度を上昇させる。その他に光電効果などもある 26.23 振動数、温度、物体の材質、物体の表面状態 26.24 10.6 μm ; 赤外線 26.25 5.9 kW 26.26 9.37 μm ; 短波長側 26.27 200 K ; $1.45 \times 10^{-5}\text{ m}$ 26.28 地球の方が受けるエネルギーは小さい。 ; 土星は4.5倍 26.29 1.98 μPa 26.30 減速レントゲン線は高速電子がアノードに衝突し、減速されるときに発生する。 ; 連続スペクトル ; アノードの材料に依存 ; 原子核近傍の電子と衝突すると、その電子を追い出し、追い出された準位に上位順位から電子が落下し、X線を放射する場合もある。このスペクトルは線スペクトル 29.31 2.48 × 10⁻¹¹ m 26.32 依存しない ; 電圧の上昇とともにエネルギーは大きくなる 26.33 9.6 × 10⁵ K 26.34 2.42 pm 26.35 減速レントゲン線の発生 26.36 大きな透過特性 ; X線回折 ; X線透過写真

第27節 電磁放射の量子的性質で説明される現象

例題92 $A = 5.98 \times 10^{-19}\text{ J}$ 、 $= 3.32 \times 10^{-7}\text{ m}$; $v = 9.31 \times 10^5\text{ m/s}$; $e = 7.81 \times 10^{-10}\text{ m}$; $= 2.46\text{ V}$; $N = 3.42 \times 10^7$
 27.1 4.85 × 10⁻⁴倍 27.2 3 × 10¹⁴ Hz ; 赤外線領域 ; エネルギーの約95%は照明とならない部分で費やされる 27.3 50個 27.4 6.83 × 10³ルーメン 27.5 電磁波論では、電磁波は自身の電界で荷電粒子を動かし、この荷電粒子がローレンツの力を発生し、この力が電磁波の伝搬方向に作用し、これが光圧であると説明。量子論では光子の衝突による光圧として説明。 27.6 光圧と重力とが釣り合えば星は安定である。この釣り合いがこわれれば、星は爆発するか収縮する 27.7 16倍 27.8 太陽の光圧は彗星を形成する粒子を押しだし、彗星の尻尾を形成し、この尻尾の向きは太陽から離れる向きである 27.9 4.0 × 10⁻⁶ Pa、2.0 × 10⁻⁶ Pa、3.2 × 10⁻⁶ Pa 27.10 7.66 × 10²¹個 ; 9.14 × 10⁻⁶ Pa、8.23 × 10⁻⁶ Pa 27.11 1.86 × 10⁹ N 27.12 1.1 × 10⁻⁷ m ; 光圧の力 27.13 光により分子などの行成状態が変化すること。例として、植物の葉緑素での炭化水素の合成、網膜の反応、ペンキの発色 27.14 原子から電子をはぎ取るのに使用された。仕事関数という 27.15 半導体では放射

によって剥ぎ取られた電子は材料中に留まり、材料の伝導率を高める = 内部光電効果。金属では、限界以上のエネルギーの放射により、電子は金属を飛び出す = 外部光電効果。是、十分に大きな光子のエネルギーで 27.16 光子が電極から電子を飛び出させるので、電極は放電することになる。更なる光子の照射を行えば、電極から電子が飛び出し続けるので、電極は正に帯電していくことになる 27.17 $5.6 \times 10^{-7} \text{m}$ 27.18 $1.04 \times 10^5 \text{Hz}$ 27.19 2.38V 27.20 是、バリウム 27.21 是、否 27.22 $4.78 \times 10^{-19} \text{J}$ 27.23 $7.27 \times 10^{-19} \text{J}$; $2.74 \times 10^{-7} \text{m}$ 27.24 $6.61 \times 10^{-34} \text{J} \cdot \text{s}$ 27.25 $1.03 \times 10^6 \text{m/s}$ 27.26 $4.87 \times 10^{-7} \text{m}$ 27.27 1.81V 27.28 4.28V 27.29 $5.91 \times 10^{-11} \text{C}$ 27.30 是、電子が幾つかの光子からエネルギーを得る場合もある。例、レーザー放射 27.31 $= \epsilon_0 + 2 \epsilon_c$ 、ここで $\epsilon_c = 2.43 \times 10^{-12} \text{m}$ = 電子のコンプトン波長 27.32 $= 0$ 、否、否 27.33 自由電子の場合、 $h = h' + m_e v^2 / 2$ 、 $p_p = p' + m_e v$; 束縛電子の場合 $h = A + h' + m_e v^2 / 2$ 、 $p_p = p' + m_e v$ 27.34 否 27.35 光子の散乱、波長の変化、電子がエネルギーと運動量を獲得する 27.36 $8.32 \times 10^{-11} \text{m}$ 27.37 $7.28 \times 10^{-11} \text{m}$; $5.45 \times 10^3 \text{m/s}$ 27.38 $2.65 \times 10^{-38} \text{m}$ ドブロイ波長が極めて短いので 27.39 使用する波の波長が短いので。

第28節 特殊相対性理論の基礎

例題93 $t = 7.1$ 年 ; $l = 0.1410$; $= 50.2$ 。

例題94 $u_{\text{古典論}} = 1.5c$; $u_{\text{相対論}} = 0.96c$

例題95 $E_0 = 8.2 \times 10^{-14} \text{J}$ ($= 0.51 \text{MeV}$) ; $m_e = 1.52 \times 10^{-30} \text{kg}$; $E = 13.7 \times 10^{-14} \text{J}$; $E_k = 5.5 \times 10^{-14} \text{J}$

28.1 他の物体の状態と運動を相対的に定めることの出来る観測物体 ; この物体に固定された座標系 ; 時間の測定方法 28.2 慣性系では自然界の現象は一様に流れる。この系ではニュートンの法則が満たされる。非慣性系ではニュートンの法則は満たされない。 28.3 是、地球の自転及び公転運動が無視できれば 28.4 1634 年。全ての慣性系において力学法則は不変である。即ち、1つの慣性系から他の慣性系に移行しても変わらない。 28.5 変化しない。両方の系は慣性系である 28.6 $x_1' = 200 \text{m}$ 、 $y_1' = 5 \text{m}$ 、 $z_1' = 15 \text{m}$; $x_2' = 100 \text{m}$ 、 $y_2' = 5 \text{m}$ 、 $z_2' = 15 \text{m}$; $x_3' = -100 \text{m}$ 、 $y_3' = 5 \text{m}$ 、 $z_3' = 15 \text{m}$ 28.7 $x_1 = 300 \text{m}$ 、 $y_1 = 0$ 、 $z_1 = 0$; $x_2 = 0$ 、 $y_2 = 0$ 、 $z_2 = 0$; $x_3 = -100 \text{m}$ 、 $y_3 = 20 \text{m}$ 、 $z_3 = 15 \text{m}$ 28.8 $v = v_x = 5.0 \text{m/s}$ 28.9 $v' = v + u$; $v' = v_1 + v_2 = 50 \text{m/s}$; $v' = v_1 - v_2 = 10 \text{m/s}$ 28.10 5.0m/s 28.11 $v = (v_1^2 + v_2^2 + 2v_1v_2 \cos \theta)^{1/2} = 5.82 \text{m/s}$ 28.12 是、否 28.13 (1) $x' = 0$ 、 $y' = 0$ 、 $z' = 0$ 、 $t' = 0$ (2) $x' = 10^8 \text{m}$ 、 $y' = 0$ 、 $z' = 0$ 、 $t' = 0.33 \text{s}$ (3) $x' = -1.2 \times 10^8 \text{m}$ 、 $y' = 0$ 、 $z' = 0$ 、 $t' = 7.0 \text{s}$ 28.14 $x = 1.8 \times 10^4 \text{m}$ 、 $y = 200 \text{m}$ 、 $z = 15 \text{m}$ 、 $t = 6.0 \times 10^{-5} \text{s}$ 28.15 否 ; 観測者 においてはA点の落雷の方が早い。観測者 においてはB点の落雷の方が早い。 ; A点とB点からの距離が同じ位置にいる観測者なら 28.16 否 ; 列車はA方向に動いているので、信号機Aからの光は動いている観測者 にであうまでの距離は、信号機Bより短い。 ; 従って動いている観測者は信号機Aの方が早く点灯したと観察する。 28.17 信号機B ; 信号機B ; 信号機A ; 観測者 はプラットフォームの中心から $l = (L/2)(v/c)$ だけB側の距離にいるとき 28.18 否 28.19 その棒が静止していると見る観測系での長さ。 ; 色々である ; 意味がない 28.20 0.80m 28.21 $l = 0.41$ 。 28.22 $42.3 \times 10^6 \text{m/s}$; $2 \times 10^8 \text{m/s}$ 28.23 公式で $v = c$ とすると $l = 0$ 。従って観察する長さはゼロ。結果はおかしいので、 $v = c$ はありえない 28.24 (1) $Q = Q'$; U は $(1 - v^2/c^2)^{1/2}$ 倍だけ小さくなる。 ; $E = E'$ (2) $Q = Q''$; U'' と E'' はともに $1/(1 - v^2/c^2)^{1/2}$ 倍だけ大きくなる ; $E = E'$ 28.25 8時間 ; 10時間 28.26 $2 \times 10^{-5} \text{s}$; $2 \times 10^{-6} \text{s}$; 600m 28.27 59分59.8秒 ; 56分34秒 ; 33分7秒 28.28 71年 28.29 80.8年、11.3年 28.30 $0.99c$ 28.31 地球の観測者に固定された観測系において、 μ 中間子が崩壊するまでに移動する距離は 5000m 。従って、地球で観測される μ 中間子は宇宙から飛来していることはあり得ない。 28.32 $1.2 \times 10^5 \text{km/s}$ (古典論からは $4.0 \times 10^5 \text{km/s}$ 、相対論からは $2.8 \times 10^5 \text{km/s}$) 28.33 $u_1 = 0.36c$; $u_2 = 0.99c$ 23.34 $4.1 \mu\text{s}$ 28.35 $u = c$ 23.36 $u_{\text{相対論}} = c$; $u_{\text{古典論}} = 2c$ で相対論と矛盾する 28.37 是、しかしその速度は真空中での光速度を超えることはない。通過

中に電磁放射をする = チェレンコフ放射 28.38 光速度に近い速度では、物体の質量変化を無視できない。それ故、加速度 $a = F / m$ で $F =$ 一定であっても、 a は一定とはなり得ない 28.39 $m = m_0 / (1 - v^2 / c^2)^{1/2}$ より、 $v \ll c$ の場合 $m \approx m_0$ 28.40 1.51 倍 28.41 1.34 kg 28.42 0.80 c 28.43 進行方向の大きさは $(1 - v^2 / c^2)^{1/2}$ 倍小さくなる。質量は $1 / (1 - v^2 / c^2)^{1/2}$ 倍だけ大きくなる。密度は $1 / (1 - v^2 / c^2)$ 倍大きくなる。; 否 28.44 $3.64 \times 10^{-22} \text{ kg} \cdot \text{m} / \text{s}$ 28.45 $p = 1.93 \times 10^{-18} \text{ kg} \cdot \text{m} / \text{s}$; $U = 2.8 \times 10^9 \text{ V}$ 28.46 $p_1 = 0$, $p_2 = m u_2$, ここで $m = m_0 / (1 - v^2 / c^2)^{1/2}$, $u_2 = (v - (-v)) / (1 - v(-v) / c^2) = 2v / (1 + v^2 / c^2)$ 28.47 $E_{0e} = 8.2 \times 10^{-14} \text{ J} = 0.511 \text{ MeV}$; $E_{0p} = 1.5 \times 10^{-10} \text{ J} = 938 \text{ MeV}$ 28.48 $E_K = 2m_0 c^2$; $E = 3m_0 c^2$; $p = 2.82 m_0 c$ 28.49 $v = 0.865 c = 2.59 \times 10^8 \text{ m} / \text{s}$ 28.50 $T / T_0 = 1 / (1 - v^2 / c^2)^{1/2} = 1.25$, ここで $1 / (1 - v^2 / c^2)^{1/2} = (E_0 + E_K) / E_0$ 28.51 $v = c (1 - 1 / (1 + E_K / E_0)^2)^{1/2} = 3 \times 10^8 \text{ m} / \text{s}$; $m c^2 / (m_0 c^2) = 1 + E_K / (m_0 c^2) = 75.6$ 28.52 $E_K = 10 E_0 = 5.1 \text{ MeV}$ $V = 8.2 \times 10^{-13} \text{ J}$; $p = 2.99 \times 10^{-21} \text{ kg} \cdot \text{m} / \text{s}$ 28.53 $4 m_0 c^2$; $3 m_0 c^2$ 28.54 $e U = 10 E_0$; $U = 5.11 \times 10^6 \text{ V}$ 28.55 9.38 GeV ; 11 倍 28.56 916 MeV 28.57 $1.1 \times 10^{-27} \text{ kg} \cdot \text{m} / \text{s}$; $3.7 \times 10^{-36} \text{ kg}$ 28.58 $1.1 \times 10^{-27} \text{ kg} \cdot \text{m} / \text{s}$; $3.7 \times 10^{-36} \text{ kg}$ 28.59 否、是 28.60 $4.0 \times 10^{-11} \text{ m}$; $7.5 \times 10^{18} \text{ Hz}$ 28.61 $9 \times 10^{13} \text{ J}$ 28.62 $1.0 \times 10^{-10} \text{ kg}$ 28.63 $3.87 \times 10^{26} \text{ J}$; $4.3 \times 10^9 \text{ kg}$

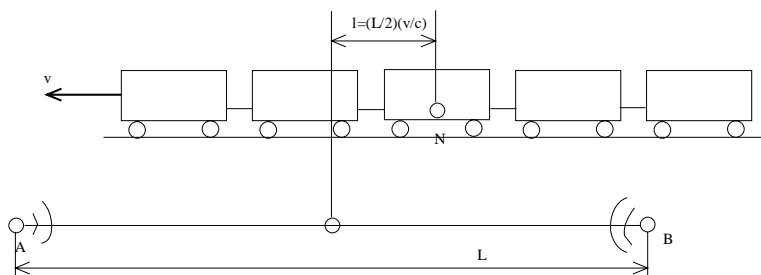


図23.17

第5章 原子物理と原子核

第29節 原子物理と原子核

例題96 $r_1 = 5.29 \times 10^{-11} \text{ m}$; $v_1 = 2.0 \times 10^6 \text{ m} / \text{s}$; $E_{p1} = -4.35 \times 10^{-18} \text{ J}$; $E_{K1} = 2.17 \times 10^{-18} \text{ J}$; $E_1 = -2.18 \times 10^{-18} \text{ J}$; $v = 1.02 \times 10^6 \text{ m} / \text{s}$

例題97 $R = 1.095 \times 10^7 / \text{m}$

29.1 粒子の極少数(約0.2%)が90°以上の散乱角を示す。これより、原子の全質量が、正荷電を持ち極めて小さい領域に存在する。29.2 古典論からすると原子は不安定であるが、これは実験に反する。是、否 29.3 基底状態にある原子はエネルギーを吸収するが、放出は出来ない。励起状態にある原子は両方出来る。29.4 是; 否 29.5 2つのエネルギー準位間のエネルギー差 29.6 基底状態にある原子は最低のエネルギー状態にあり、極めて安定している。励起状態の原子は極めて不安定であり、エネルギーを放出して、基底状態に戻りやすい。29.7 原子のエネルギー準位間の遷移でスペクトルが吸収される、或いは放射されるので。29.8 3番目の準位から、1番目の準位への遷移では紫外線、3番目の準位から2番目の準位への遷移では可視光、2番目の準位から1番目の準位では紫外線 29.9 K殻に2個、L殻に8個、M殻に1個; K殻に2個、L殻に1個 29.10 紫外線、可視光と赤外線; X線 29.11 否、是 29.12 特定のエネルギー準位間の遷移のため。振動数が増大する 29.13 $0.529 \times 10^{-10} \text{ m}$; $6 \times 10^{15} \text{ Hz}$; $1.67 \times 10^{-16} \text{ s}$ 29.14 原子のボーア軌道半径はドブロイ波の整数倍に等しいこの整数値 n は軌道の順番に等しい 29.15 $5.91 \times 10^{15} \text{ Hz}$, $4.43 \times 10^{15} \text{ Hz}$ 29.16 $2.03 \times 10^{-7} \text{ m}$, $3.65 \times 10^{-7} \text{ m}$ 29.17 $-8.68 \times 10^{-20} \text{ J}$ 29.18 $21.76 \times 10^{-19} \text{ J} = 13.6 \text{ eV}$; $0.77 \times 10^6 \text{ m} / \text{s}$ 29.19 91 nm 29.20 第3番 29.21 蛍光放射は原子準位間の遷移

による放射。熱放射は原子の振動による放射 29.22 放射寿命が長いこと。 10^{-9} s ~ 10^6 s 29.23 電子励起に消費された放射は内務エネルギーに転化。振動や回転に消費されたエネルギーが外に放射される 29.24 否、 29.25 高感度性、 10^{-8} g ~ 10^{-11} g の量でも測定できる。非破壊性測定が可能。分析の高速性 29.26 各原子がバラバラに放射する = 自然放射。各原子が調歩して放射する = 強制放射。; 強制放射 29.27 高い指向性。単色性。可干渉性

第30節 核物理

例題98 $n = 5$; $n = 4$

例題99 1.14×10^{13} 個

例題100 ${}^7\text{Li}_3 + {}^1\text{p}_1 \rightarrow {}^2\text{He}_4$; $m = 0.01871 \text{ aum}$; $E = 17.4 \text{ MeV}$

30.1 $R = R_{\text{太陽}} (D_{\text{太陽}} / D_{\text{核}}) 1/3 = 12.7 \text{ km}$ 。ここで、 $R_{\text{太陽}}$ = 太陽の半径、 $D_{\text{太陽}}$ = 太陽の密度、 $D_{\text{核}}$ = 核の密度 30.2 周期表で左に2番地移動する。; 右へ1番地移動 30.3 中性子の陽子への転換 30.4 ${}^{86}_{220}\text{Rn}$ 30.5 ${}^{209}_{83}\text{Bi}$ 30.6 8回と6回 30.7 ${}^{226}_{88}\text{Ra}$ 30.8 ${}^{11}_{30.9}$ 6回の崩壊と4回の崩壊 30.10 ${}^{232}_{90}\text{Th}$ ${}^{228}_{88}\text{Ra} + {}^4_2\text{He}$; ${}^{228}_{88}\text{Ra} \rightarrow {}^{228}_{89}\text{Ac} + {}^0_{-1}\text{e}$; ${}^{228}_{89}\text{Ac} \rightarrow {}^{228}_{90}\text{Th} + {}^0_{-1}\text{e}$; ${}^{228}_{90}\text{Th} \rightarrow {}^{224}_{88}\text{Ra} + {}^4_2\text{He}$; ${}^{224}_{88}\text{Ra} \rightarrow {}^{220}_{86}\text{Rn} + {}^4_2\text{He}$; ${}^{220}_{86}\text{Rn} \rightarrow {}^{216}_{84}\text{Po} + {}^4_2\text{He}$; ${}^{216}_{84}\text{Po} \rightarrow {}^{212}_{82}\text{Pb} + {}^4_2\text{He}$; ${}^{212}_{82}\text{Pb} \rightarrow {}^{208}_{80}\text{Hg} + {}^4_2\text{He}$; ${}^{208}_{80}\text{Hg} \rightarrow {}^{208}_{81}\text{Tl} + {}^0_{-1}\text{e}$; ${}^{208}_{81}\text{Tl} \rightarrow {}^{208}_{82}\text{Pb} + {}^0_{-1}\text{e}$ 30.11 否 30.12 1620年 30.13 $= 1.7866 \times 10^{-9}$ ベクレル; $= 17.75$ 年 30.14 $N = 0.63 N_0$ 30.15 5.8年 30.16 約30年 30.17 1.24%; $8 \times 10^{-10} / \text{s}$ 30.18 3.2×10^{12} ベクレル 30.19 6.2×10^9 個 30.20 5分5秒 30.21 約1792年 30.22 生態の被爆程度を基準とした単位 30.23 距離の2条に逆比例 30.24 $2.94 \times 10^8 \text{ m/s}$ 30.25 112° 30.26 管に飛び込んだ粒子によって管内の気体が電離される 30.27 放射線の観察。荷電粒子の観察。; 過飽和状態にある気体に粒子が飛び込むとその経路に沿って泡が発生する 30.28 $1.64 \times 10^{-13} \text{ J}$; $1.24 \times 10^2 \text{ Hz}$; 逆方向 30.29 $2.47 \times 10^{20} \text{ Hz}$; 1.022 MeV 30.30 電場と磁場中における同位体元素の飛行経路差 30.31 質量mの原子核中の核子をバラバラとして全核子の質量和をMとする。 $m = M - m$ 30.32 $m = 0.01594 \text{ aum}$ $= 0.0264604 \times 10^{-27} \text{ kg}$ 30.33 0.512 MeV 、 931.5 MeV 30.34 是; 核力は電磁的性質を有しない 30.35 原子核を核子に分解するために必要なエネルギー。個々の核子の全質量和と核子の質量の差に等しい。 30.36 39.2 MeV 、 559.1 MeV 、 1771.8 MeV 30.37 5.60 MeV、8.74 MeV、7.60 MeV; 最初、Feまでは増大、その後減少 30.38 結合エネルギーは陽子数に比例して増大する。が、電磁斥力エネルギーは荷電量の2乗に比例する。 30.39 鉄 30.40 ${}^{14}_7\text{N} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{17}_8\text{O} + {}^1_1\text{H}$; 吸収; 1.2 MeV 30.41 $4.23 \times 10^{-29} \text{ kg} = 2.55 \times 10^{-2} \text{ aum}$ 30.42 7.27 MeV 30.43 1.56 MeV 30.44 ${}^6_3\text{Li} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^2_1\text{H}$; $22.34 \text{ MeV} = 3.57 \times 10^{-12} \text{ J}$ 30.45 ${}^{235}_{92}\text{U}$ 、 ${}^{238}_{92}\text{U}$ ${}^{239}_{93}\text{Np}$ ${}^0_{-1}\text{e} + {}^{239}_{94}\text{Pu}$ 30.47 ウラン235、プルトニウム239、ウラン233 30.48 中性子の減速 30.49 3×10^{16} 回 30.50 中性子を良く吸収するホウ素やカドミニウムの入った制御棒を出し入れする。 30.51 26.3g 30.52 1233 kg 30.53 連鎖反応 - 重い原子核の分裂、原子爆弾、原子炉。熱核反応 - 軽い原子の融合、太陽、恒星 30.54 クーロン斥力は原子番号が大きくなるにつれて増大する。このクーロン斥力に逆らって大きな運動エネルギーを与えるため高温とする。 30.55 媒質の温度は媒質粒子の運動エネルギーに比例する。2つの粒子のクーロン斥力に打ち勝つためには、運動エネルギーを大、即ち温度を大とする必要がある。 30.56 ${}^2_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$ 、 17.6 MeV

第6章 天文学に関する一般知識

第31節 天文学に関する若干の問題

例題101 太陽は4'8", デバは-2'2"。630倍大きい

例題102 $= 1 \text{ A}$; $v = 46 \text{ km/s}$

例題103 $10.7 \times 10^9 \text{ J}$

31.1 星は遠方に在りすぎ、地球と星の距離の関係を用いることが出来ない。地球から見た星同士のみ角度のみ利用できる。 31.2 宇宙では大気に吸収されない放射

スペクトルが見れる。大気の揺らぎがない。 31.3 左から右へ 31.4 31.5 シリウス - 大犬座 星、ベガ - 琴座 星 31.6 アルデバラン、カペラ 31.7 はくちょう座 31.8 0時40分; +42° 31.9 $Z = 90^\circ -$; 34°15' 31.10 モスクワの緯度ではペルセウス座 31.11 星座の中を太陽が1年で通過する道; 23°27' 31.12 太陽と月が通過する星座。全12星座 - 魚座、羊座、牡牛座、双子座、蟹座、獅子座、乙女座、天秤座、さそり座、射手座、山羊座、水瓶座 31.13 6時、+23°27'; 18時、-23°27' 31.14 御者座 31.15 射手座 31.16 天体の子午線通過、 $h = 90^\circ -$ + 31.17 約58°; 11° 31.18 $Z = - = 21^\circ 27'$; $h = 90^\circ -$ $Z = 68^\circ 33'$ 31.19 24°34' 31.20 90° - ; 緯度66°33'から 31.21 90° - ; 38°45' 31.22 赤道に 31.23 3.84 × 10⁵ km 31.24 $p = 60' 3$ 31.25 10°倍 31.26 4.13 × 10¹³ km 31.27 地球の半径は、恒星までの距離と比較すると極めて小さい 31.28 地球の公転直径 (= a) を基線として、直径のこの両端で同じ恒星を見たときの視角差。 $D = a / \sin p$ 31.29 0''749 31.30 0''546 31.31 約8.85年 31.32 星座に相対的に天体が地球の周りを1回転する周期、27.3昼夜 31.33 太陽に相対的に天体が地球の周りを1回転する周期。29.53昼夜 31.34 月の1回転の間に、地球は太陽の周りの軌道を1/21分移動する。これ故の差である。 31.35 地球の大気で屈折した太陽光が月に到達する 31.36 地球の大気は青色より赤色を良く透過する。 31.37 否 31.38 40 km/s の速度までの増加ならば、軌道はより延びた楕円形。42 km/s の速度では放物線。それ以上では双曲線 31.39 近日点 31.40 39.5天文単位 = 5.91 × 10⁹ km 31.41 0.725天文単位 = 1.09 × 10⁸ km; 19.18天文単位 = 2.87 × 10⁹ km 31.42 1.88年 31.43 5.53 × 10³ kg/m³ 31.44 地殻の密度と地球全体の密度の相違は、地球中心部分はより大きな密度の物質で出来ていることを示している。月の密度は地球地殻中の鉱物の密度にほぼ等しい。これ故、より密度の大きな中心核はなさそうであり、月全体は鉱物系の岩石で出来ていそうである。 31.45 33300倍 31.46 1.4 × 10³ kg/m³ 31.47 水素とヘリウム 31.48 是 31.49 5 × 10⁻⁴ kg/モル 31.50 約8 × 10⁴¹ J 31.51 約1.05 × 10⁷ K 31.52 1.6 × 10⁷ K 31.53 恒星; 極めて遠方にあるので。 31.54 輝度は放射源から放射方向に垂直な面当たりの明るさ。光度は放射の全能力に等しい。 31.55 口径が大きければ、大きいほど多くの光を集めることができる。それにより、肉眼では弱くて見えない光を発する天体を観察できる。 31.56 100倍 31.57 ケンタウルスは約4 × 10⁹倍明るい 31.58 100倍 31.59 $M = m + 5 - 5 \lg(r)$ 31.60 太陽と ケンタウルスまでの距離は10パーセクより小さい 31.61 太陽の質量と比較してそれよりも小さく、直径も太陽の直径より100分の1以下の恒星 31.62 超高密度で大凡10⁹ kg/m³。重力加速度は表面でおおよそ10⁶ m/s² 31.63 星に磁場が存在すること 31.64 中性子から出来ている星。1967年に、パルス状の電波を放射する星として発見された。1971年に、X線を放射する星が発見された。1975年に、突発状にX線を放射する星が発見された。 31.65 中性子星が突発放射源であるという可能性を排除できない。 31.66 核子からなる原子核では、核力が作用し、核のまとまりを保証している。中性子星の釣り合いは星を収縮させようとする重力と中心から星の表面に向かう圧力差の釣り合いで保たれている。核子間の距離が小さくなるに従って斥力は核力を上回るということで、巨大な圧力は説明される。 31.67 光さえこのホールから飛び出さないほどの超重力を有する「星」。恒星の進化の1段階である。 31.68 遠ざかっている。0.4861 nm; 300 km/s 31.69 2.1 km/s 31.70 30 km/s 31.71 186.051 nm 31.72 遠ざかっている; 1.38 × 10⁵ km/s; 230 nm 31.73 4.8 × 10⁴ km/s 31.74 対称物体の速度が光速に近い場合には31.68の脚注に書いている公式を適用する必要がある。; $v = 0.8c$ 31.75 3.8 × 10⁴ km/s、小さくなる 31.76 2.4 × 10⁹ J 31.77 7.7 km/s; 5.4 × 10³ s 31.78 7.8 km/s 31.79 4.24 × 10⁴ km; 3.6 × 10⁴ km; 3.1 km/s 31.80 750 km/s