

問題用紙 物理Ⅱ(担当教官 岡本) 平成28年11月28日(月) 9:50~10:40

- ※ 指示事項 1. 持込可能品…筆記用具、電卓、定規 2. 必要な用紙…この用紙と計算用紙(A4)
3. 与えられた数値や文字を用いた計算式を書くこと。 4. 数値解は、指示が無ければ有効数字2桁で答えよ。
5. 必要ならば次の値を用いよ。水の比熱 $=4.2 \text{ J/(g}\cdot\text{K)}$ 、氷の比熱 $=2.1 \text{ J/(g}\cdot\text{K)}$
6. 単位がある場合は、答えに単位をつけること。

1. 光の干渉に関する次の各問いに答えよ。(13点)

- ① ヤングの実験で光源Aの前に単スリット S_0 、複スリット S_1S_2 、スクリーンを紙面に垂直に、互いに平行に置く。直線AOはスクリーンに垂直で S_1S_2 を垂直に二等分している。光源に単色光を用いると、点Oから2次の明点($m=2$)までの距離が7.5mmになった。 $S_1S_2=0.28 \text{ mm}$ 、 $BO=2.0 \text{ m}$ であるとき、光の波長 λ は何mか。

7点 $\frac{dx}{L} = m\lambda$ $\lambda = \frac{dx}{mL} = \frac{0.28 \times 10^{-3} \times 7.5 \times 10^{-3}}{2 \times 2.0} = 5.25 \times 10^{-7} = 5.3 \times 10^{-7} \text{ m}$

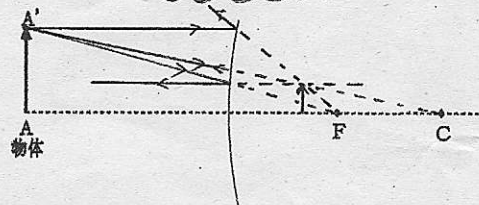


- ② 波長 $7.0 \times 10^{-7} \text{ m}$ のレーザー光線を回折格子の面に垂直に入射させたところ、3次($m=3$)の明点の角度 θ が 20° だった。回折格子定数 d の値を求めよ。

6点 $d \sin \theta = m\lambda$ $d = \frac{3 \times 7.0 \times 10^{-7}}{\sin 20^\circ} = 6.13 \dots \times 10^{-6} = 6.1 \times 10^{-6} \text{ m}$

2. 鏡やレンズに関する次の各問いに答えよ。(19点)

- ① 右図のように凸面鏡の前に物体AA'があり、Fは焦点、Cは球面中心である。物体AA'の像BB'を作図により求めよ。(光線3本で像を求めること)

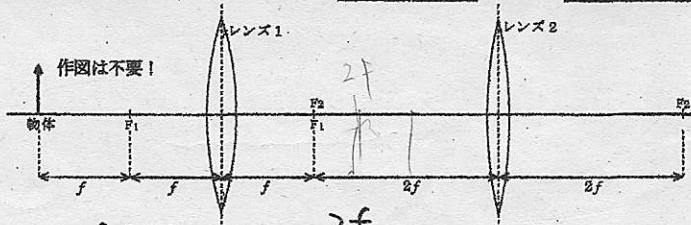


- ② 焦点距離30cmの凹レンズから40cmの位置に物体を置く。像がどこにどのようにできるか計算により求めよ。(前方or後方、レンズからの距離、倍率、倒立or正立、実像or虚像)。距離と倍率は有効数字2桁で答えること。

7点 $\frac{1}{40} + \frac{1}{b} = -\frac{1}{30}$ $\frac{1}{b} = -\frac{1}{30} - \frac{1}{40} = -\frac{4+3}{120}$ $b = -\frac{120}{7} = -17.1 \dots (<0)$
 $m = \frac{120}{40} = \frac{3}{7} = 0.428 \dots$
レンズの(前)方、距離(17)cmの位置に(0.43)倍の(正)立(虚)像

- ③ 図のように、焦点距離 f の凸レンズ1と焦点距離 $2f$ の凸レンズ2が一直線上に置いてあり、物体をレンズ1から距離 $2f$ の位置に置いた。この2枚のレンズによる像は、どこにどのようにできるか計算によって求めよ。作図は不要!
(レンズ2の前方or後方、レンズ2からの距離、倍率、倒立or正立、実像or虚像)

8点 レンズ1 $\frac{1}{2f} + \frac{1}{b_1} = \frac{1}{f}$ $b_1 = 2f (>0)$ $m_1 = \frac{2f}{2f} = 1$
レンズ2 $\frac{1}{f} + \frac{1}{b_2} = \frac{1}{2f}$ $b_2 = -2f (<0)$ $m_2 = \frac{2f}{f} = 2$
 $m = 1 \times 2 = 2$
レンズ2の(前)方、距離(2f)の位置に(2)倍の(倒)立(虚)像



3. 熱に関する次の各問いに答えよ。(14点)

- ① 20°C の水480gと 80°C の水250gを混ぜると何 $^\circ\text{C}$ になるか。

7点 $480 \times 4.2 \times (x - 20) = 250 \times 4.2 \times (80 - x)$
 $x = \frac{48 \times 20 + 25 \times 80}{48 + 25} = 40.5 \dots = 41^\circ\text{C}$

- ② 容器全体の熱容量が 50 J/K である熱量計に、水を $1.5 \times 10^2 \text{ g}$ 入れて水温を測ったところ 12°C だった。その中に 100°C に熱した質量40gの銅球を入れてかくはんすると、水温は何 $^\circ\text{C}$ になるか求めよ。ただし、銅の比熱は $0.38 \text{ J/(g}\cdot\text{K)}$ とする。

7点 $(1.5 \times 10^2 \times 4.2 + 50) \times (x - 12) = 40 \times 0.38 \times (100 - x)$
 $x = \frac{(1.5 \times 10^2 \times 4.2 + 50) \times 12 + 40 \times 0.38 \times 100}{1.5 \times 10^2 \times 4.2 + 50 + 40 \times 0.38} = 13.9 \dots = 14^\circ\text{C}$

() 科 2 年 () 番 氏名 (解答例)

4. 熱と氷に関する次の各問に答えよ。ただし、水の融点は 0°C 、水の融解熱を $3.3 \times 10^3 \text{ J/g}$ とする。(14 点)
 ① 0°C の氷山に質量 0.50 kg 、 300°C の鉄球を速度 $2.0 \times 10^2 \text{ m/s}$ で打ち込むとき、何 g の氷を融かすことができるか。ただし、鉄の比熱を $0.44 \text{ J/(g} \cdot \text{K)}$ とする。

$$7 \text{ 点 } m \times 3.3 \times 10^2 = \frac{1}{2} \times 0.50 \times (2.0 \times 10^2)^2 + 0.50 \times 10^3 \times 0.44 \times 300$$

$$m = 230 \dots = 2.3 \times 10^2 \text{ g}$$

- ② -5.0°C の氷 30 g を、 80°C で 70 g のお湯の中に入れてかくはんしたとき、水温は何 $^{\circ}\text{C}$ になるか求めよ。

$$7 \text{ 点 } 30 \times 2.1 \times 5.0 + 30 \times 3.3 \times 10^2 + 30 \times 4.2 \times t = 70 \times 4.2 \times (80 - t)$$

$$t = \frac{7 \times 4.2 \times 80 - 3 \times 2.1 \times 5 - 3 \times 3.3 \times 10^2}{3 \times 4.2 + 7 \times 4.2} = 31.6 \dots = 32^{\circ}\text{C}$$

5. 熱に関する次の各問に答えよ。(18 点)

- ① 長さ 30 m の鉄製レールの温度が 10°C から 50°C に上がると何 m 伸びるか求めよ。ただし、鉄の線膨張率を $1.18 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ とする。

$$6 \text{ 点 } \Delta l = \alpha l_0 \Delta T = 1.18 \times 10^{-5} \times 30 \times (50 - 10) = 1.41 \dots \times 10^{-2} \\ = 1.4 \times 10^{-2} \text{ m}$$

- ② 面積 1.8 m^2 、厚さ $4.0 \times 10^{-3} \text{ m}$ のガラス窓で室内と室外が仕切られている。室内の気温が 20°C 、外気温が -5.0°C であるとき、このガラス窓から 1 秒間に伝わる熱量 Q はいくらか。ガラスの熱伝導率を $0.85 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$ とする。

$$Q = k S \frac{T_1 - T_2}{l} = 0.85 \times 1.8 \times \frac{20 - (-5.0)}{4.0 \times 10^{-3}} = 9.56 \dots \times 10^3 = 9.6 \times 10^3 \text{ J/s}$$

- ③ ガラスびんに気圧 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、温度 27°C の空気を封入した。びんを火にかけて内部の空気の温度が 277°C に達したときの、びんの中の圧力 P を求めよ。ただし、ガラスびんの体積は一定とする。

$$6 \text{ 点 } \frac{PV}{T} = \text{一定} \rightarrow \frac{P}{T} = \text{一定} \quad \frac{1.0 \times 10^5}{27 + 273} = \frac{P}{277 + 273} \quad \therefore P = 1.83 \dots \times 10^5 \\ = 1.8 \times 10^5 \text{ Pa}$$

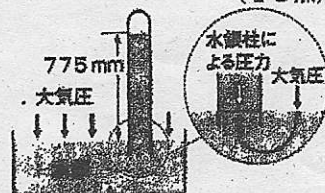
6. 水銀を入れた容器に断面積が $4.00 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ の長い試験管を立てて大気中にしばらく置いたところ、右図のように 775 mm の水銀柱ができた。水銀の密度 $13.5 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 、重力加速度 9.80 m/s^2 として、次の各問に答えよ。(12 点)

- ① 水銀柱の質量 m はいく kg か。(有効数字 3 桁で答えよ)

$$6 \text{ 点 } m = \rho V = 13.5 \times 10^3 \times 775 \times 4.00 \times 10^{-4} \\ = 4185 = 4.19 \text{ kg}$$

- ② 水銀柱の底面にかかる圧力は大气圧に等しい。大气圧 P はいく Pa か。(有効数字 3 桁で答えよ)

$$6 \text{ 点 } P = \frac{mg}{S} = \frac{4185 \times 9.80}{4.00 \times 10^{-4}} = 1.025 \dots \times 10^5 = 1.03 \times 10^5 \text{ Pa} \quad (\text{または } P = \rho h g = \dots)$$



7. 図のように、なめらかに動くピストンでつながれた 2 つの同じシリンダー A、B に等しい量の気体を入れて、水平な台の上にシリンダーを固定した。初め A、B とも圧力 P_0 、体積 V_0 、絶対温度 T_0 だった。A の気体の温度を $3T_0$ 、B の気体の温度を $2T_0$ にすると、ピストンが移動して静止した。そのとき A、B の気体の圧力は等しくなる。その圧力 P を求めよ。また、A、B 内の気体の体積 V_A 、 V_B をそれぞれ求めよ。(10 点)

$$\frac{PV}{T} = \text{一定} \quad \left\{ \begin{array}{l} A \dots \frac{P_0 V_0}{T_0} = \frac{P V_A}{3T_0} \\ B \dots \frac{P_0 V_0}{T_0} = \frac{P V_B}{2T_0} \end{array} \right. \quad \frac{P V_A}{3T_0} = \frac{P V_B}{2T_0} \quad \therefore V_B = \frac{2}{3} V_A$$

$$V_A + V_B = 2 \times V_0 \quad V_A + \frac{2}{3} V_A = 2V_0 \quad \frac{5}{3} V_A = 2V_0$$

$$\therefore V_A = \frac{6}{5} V_0, \quad V_B = \frac{2}{3} \times \frac{6}{5} V_0 = \frac{4}{5} V_0$$

$$A \text{ の式より } \frac{P_0 V_0}{T_0} = \frac{P \times \frac{6}{5} V_0}{3T_0} \quad \therefore P = \frac{5}{2} P_0$$

