

物理基礎 (その1)

第1問 図1-1のように、 y 軸を鉛直上向きに、 x 軸を水平方向にとり、座標 $(0, 0)$ の点 O から、水平と角度 θ をなす向きに小球 A を速さ v_0 で投げ出した。同時に、座標 (l, h) の点から小球 B を鉛直下向きに自由落下させた。小球 A は座標 $(l, 0)$ に到達した。重力加速度の大きさを g 、空気抵抗は無視できるものとする。

問1 斜めに投げ出した小球 A の運動は水平方向及び鉛直方向に分解して考えることができる。それぞれどのような運動と同様であるか。名称を答えよ。

問2 一般に、力のベクトルが成分に分解できることと同様に、速度のベクトルも成分に分解できる。点 O から投げ出した瞬間の小球 A の速度の x 成分 v_{0x} と y 成分 v_{0y} を、それぞれ v_0 と θ を用いて表せ。

問1 と **問2** の結果をふまえ、以下の問いに答えよ。

問3 小球 A を投げ出してから座標 $(l, 0)$ に到達するまでにかかった時間を v_0, l, θ を用いて表せ。

問4 小球 A の到達する最高点の高さを v_0, θ, g を用いて表せ。

問5 小球 A は $y=0$ で小球 B と衝突した。 v_0 を l, h, g を用いて表せ。

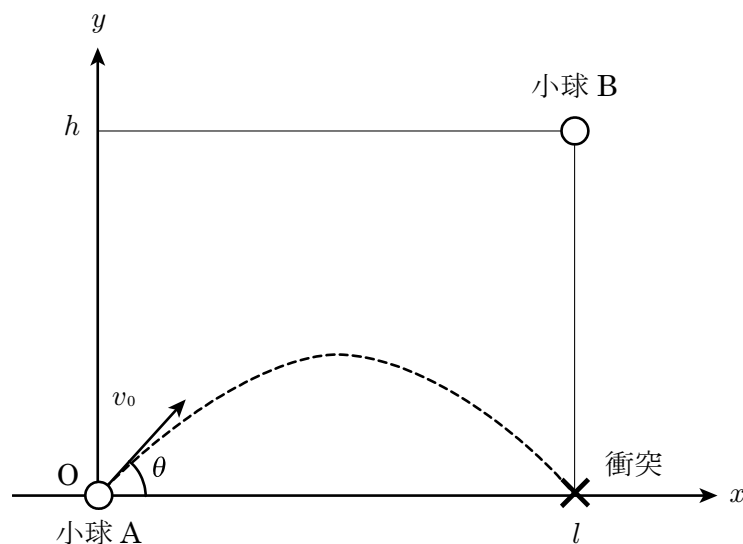


図1-1

物理基礎 (その2)

第2問 長さ 6.28 cm, 半径 2.00 mm の細長い円柱状をした導線を考える。この導線を作る物質の密度は $2.70 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$, 電気抵抗率は $2.70 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$, 比熱は $8.00 \times 10^2 \text{ J/(kg} \cdot \text{K)}$ である。導線を作る物質の密度, 電気抵抗率, 比熱はすべて温度に依存せず一定であると仮定する。以下の問いに有効数字 3 桁で答えよ。

問1 導線の円柱両端間の電気抵抗は何 Ω か。

この導線の円柱両端間に 0.270 V の電圧をかけた。

問2 導線の断面を通過する電荷の電気量は, 1 秒間あたり何 C か。

問3 導線で発生するジュール熱は, 1 秒間あたり何 J か。

問4 この導線に 0.270 V の電圧をかけ続けると, 発生したジュール熱によってはじめ $20.0 \text{ }^\circ\text{C}$ であった導線の温度は $32.5 \text{ }^\circ\text{C}$ に上昇した。ジュール熱はすべて導線の温度を上昇させるために使われ, 導線からの熱の放散は無視できる。電圧をかけた時間は何 s 間か。

問5 現実にはこの導線を作る物質の電気抵抗率は温度に依存し, 温度が高いほど, 電気抵抗率は大きい。このために, **問4** で求めた時間は, 現実の時間とは少し異なる。現実には電圧をかけた時間は, **問4** で求めた時間より長いか短い。解答欄の「**長い・短い**」のどちらかを○で囲み, その理由を答えよ。ただし, 導線を作る物質の密度と比熱の温度依存性は無視してよい。

物理基礎 (その3)

第3問 図3-1は、振動数が2.0 Hzの正弦波の、波源における媒質の変位の時間変化を表す。

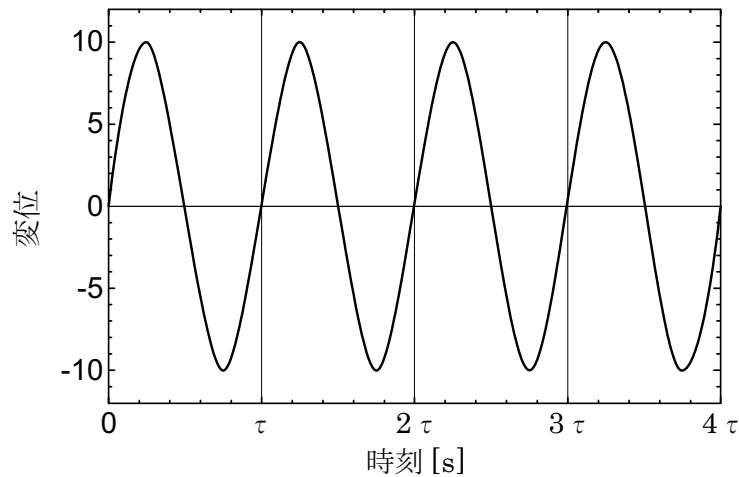


図3-1

問1 図3-1中の τ にあてはまる数値はいくつか。

問2 速さ 340 m/s, 振動数 2.0 Hz の正弦波の波長は何 m か。

正弦波をいくつか重ね合わせた合成波を考える。重ね合わせる各正弦波の振動数は互いに異なるが、振幅はすべて等しく、また、波源から同位相で発せられているものとする。図3-2の各グラフは、そのような合成波の、ある位置における媒質の変位の時間変化を表す。以下の問いに、図3-2の各グラフの上を書いてあるア～コの記事を使って答えよ。

問3 振動数 4.0 Hz と 4.5 Hz の2つの正弦波の合成波に対応するグラフはどれか。

問4 振動数 2.0 Hz と 30.0 Hz の2つの正弦波の合成波に対応するグラフはどれか。

問5 振動数 4.0 Hz と 6.0 Hz と 8.0 Hz の3つの正弦波の合成波に対応するグラフはどれか。

物理基礎 (その4)

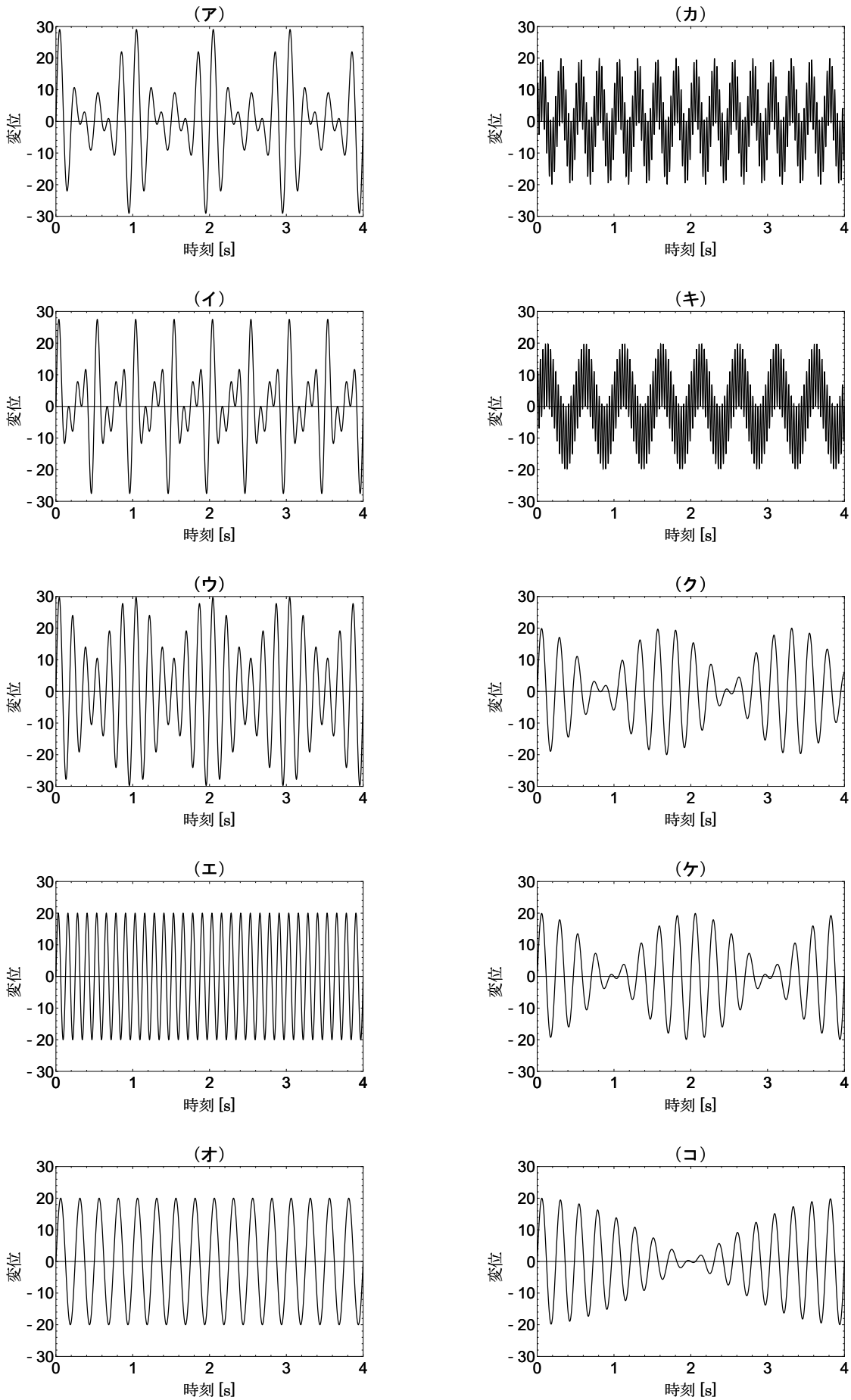


図 3-2

物理基礎 (その5)

第4問 比熱 C_w , 質量 M_w の水を比熱 C_m , 質量 M_m の金属容器に入れ, 断熱材で包んだ。水の中には容器内の水をかくはんするための装置を入れた。かくはん装置の熱容量, かくはん装置がする仕事は無視でき, 金属容器内の水は外部に逃げず, 蒸発もしないものとする。

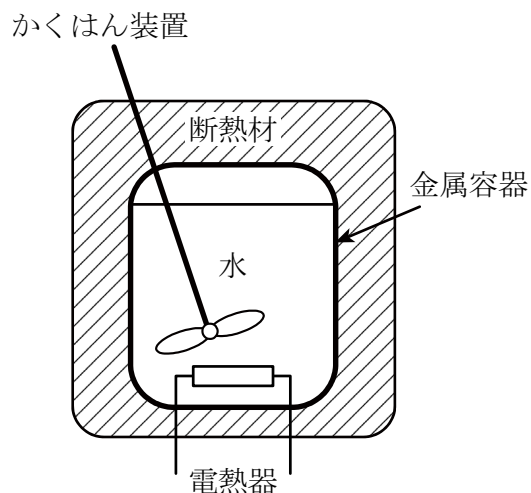


図 4-1

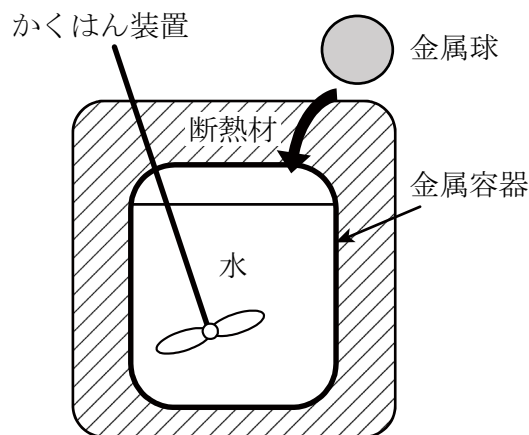


図 4-2

図 4-1 のように, 金属容器の中に電力 P の電熱器を入れ, かくはん装置で水をかき混ぜながら通電した。通電してからしばらくして, 金属容器と水の温度は T_1 となった。通電前の金属容器と水の温度は, ともに T_0 であった。電熱器の電力はすべて金属容器と水の温度の上昇に使用されるとする。

問 1 電熱器で発生した熱量はいくらか。 C_m , M_m , C_w , M_w , T_0 , T_1 を用いて表せ。

問 2 通電時間を P , C_m , M_m , C_w , M_w , T_0 , T_1 を用いて表せ。

問 3 もし, 断熱材を取り除いてこれらの操作を行ったとすると, 断熱材で包んだ場合と同じ温度まで金属容器と水の温度を上昇させるために通電した時間は 1.5 倍となる。この場合, 金属容器と水の温度上昇に使われた熱量は電熱器で発生した熱量の何%か。

再び金属容器を断熱材で包んだ場合を考える。図 4-2 のように, 水と金属容器の温度が T_1 の状態で, 水の中に T_2 ($T_2 > T_1$) に熱した質量 M の金属球を入れたところ, 全体 (金属容器, 水, 金属球) の温度は T_3 となった。

問 4 金属球の比熱を C_m , M_m , C_w , M_w , M , T_1 , T_2 , T_3 を用いて表せ。