

2020 年度一般入学試験(後期)

理 科 (問 題)

注 意

- 1) 理科の問題冊子は全部で 36 ページあり，問題数は，物理 3 問，化学 4 問，生物 4 問である。白紙・余白の部分は計算・下書きに使用してよい。
- 2) 別に解答用紙が 3 枚ある。解答はすべてこの解答用紙の指定欄に記入すること。指定欄以外への記入はすべて無効である。
- 3) 3 枚の解答用紙のすべての所定欄に，それぞれ受験番号を記入すること。氏名を記入してはならない。なお，記入した受験番号が誤っている場合や無記入の場合は，当該科目の試験が無効となる。また，※印の欄には何も記入してはならない。
- 4) 理科は物理・化学・生物のうち 2 科目を選択して解答すること。選択しない科目の解答用紙には(受験番号は忘れず記入の上)用紙全体に大きく×印をつけて，選択しなかったことがはっきりと分かるようにすること。
- 5) 3 科目全部にわたって解答したもの，および解答用紙 3 枚のうち 1 枚に×印のないものは，理科の試験全部が無効となる。
- 6) 問題冊子は持ち帰ること。
- 7) 解答用紙は持ち出してはならない。
- 8) 試験終了時には，解答用紙を裏返して，下から順に物理，化学，生物の解答用紙を重ねて置くこと。解答用紙の回収後，監督者の指示に従い退出すること。

物 理 (後期)

I 図1のように、鉛直上向きの磁束密度 B の一様な磁場の中に、間隔 W で平行な2本のじゅうぶん長い導体レールと質量 M の導体棒 P 、および抵抗 R (抵抗値 R) からなる回路が水平に置かれている。 P はレールに対して直角に置かれ、軽い糸で質量 m のおもりがぶら下がっている。糸はレールと平行に張られ、なめらかな滑車をおして P とおもりを結んでいる。 P とレールの間には摩擦があり、静止摩擦係数を μ 、動摩擦係数を μ' とする。はじめ P は静止している。 P が移動するときは、レールと常に直交しながら移動する。以下の問に答えよ。問1以外は途中の考え方も記せ。重力加速度の大きさを g とする。 R 以外の回路での電気抵抗と、 R に対する鉛直上向きの磁場の影響は無視してよい。

問 1 P が糸から受ける張力の大きさはいくらか。

問 2 m を徐々に大きくすると、ある大きさに P が動き始めた。この時の m はいくらか。

問 3 その後、 P は一定の速さとなった。次の(i)~(iii)を m を用いずに求めよ。

(i) 回路に生じる起電力の大きさ

(ii) P の速さ

(iii) R で発生する単位時間あたりのジュール熱

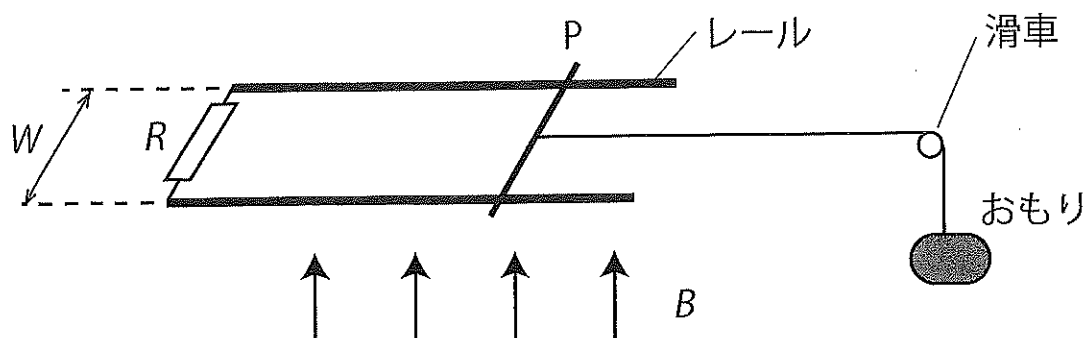


図 1

続いて、導体棒 P を静止させ、図 2 のように R をインダクタンス L のコイル L に置きかえた。また、おもりを問 2 で求めた質量よりも大きな質量 m' のおもりに付けかえた。 P を静止させた地点を原点 O とする x 軸を、レールと平行に右向きを正とする方向にとる。コイルに対する鉛直上向きの磁場の影響は無視してよい。

問 4 P を放すと P は動き始めた。その後、時刻 t で P は速さ v になった。このとき P に生じる起電力を求めよ。また、回路に流れる電流が時刻 t から $t + \Delta t$ の間に I から $I + \Delta I$ に変化した。 ΔI を求めよ。

問 5 P の位置が、微小時間 Δt の間に x から $x + \Delta x$ に変化し、回路に流れる電流が I から $I + \Delta I$ に変化するとき、 Δx と ΔI には比例関係 $\Delta I = k\Delta x$ が成り立つ。比例係数 k を求めよ。

k は P の速さによらず一定なので、 P の原点からの変位 x と回路を流れる電流 I には比例関係 $I = kx$ が成り立つ。

問 6 ある時刻で、 P にかかる力が釣り合った。

- (i) P の位置を求めよ。
- (ii) P の速さを求めよ。

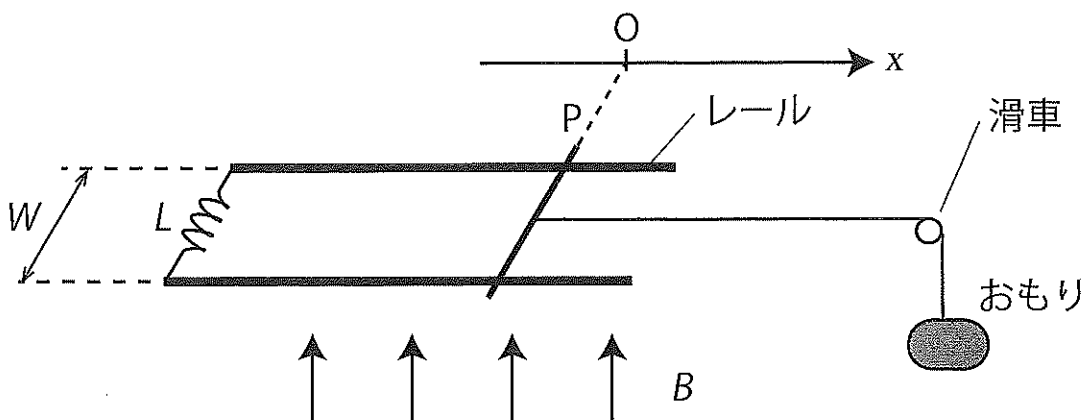


図 2

II 図のように、流れのない水面上にとった x 軸上の $x = -\ell$ に小球 S_1 , $x = \ell$ に小球 S_2 がある。小球 S_1 , S_2 は同じ小球で、1 個の小球だけを鉛直方向に振動させたところ、水面を波が伝わった。この波は正弦波(振幅 A , 周期 T)で、減衰することなく x 軸上を一定の速さ v で伝わるとする。鉛直上向きを正とする y 軸をとり、波のない水面の高さを $y = 0$ とする。以下の問に答えよ。円周率には π を用いよ。

問 1 小球 S_1 だけを鉛直方向に振動させた。 $x = 0$ での水面が $y = 0$ を鉛直上向きに通過する時刻を $t = 0$ とする。

- ① $x = 0$ の位置での水面の変位 y と時刻 t の関係を表す式を示せ。
- ② $t = 0$ の時刻での水面の変位 y と位置 x の関係を表す式を示せ。

問 2 小球 S_2 だけを鉛直方向に振動させた。 $x = \ell$ での水面が $y = 0$ を鉛直上向きに通過する時刻を $t = 0$ とする。

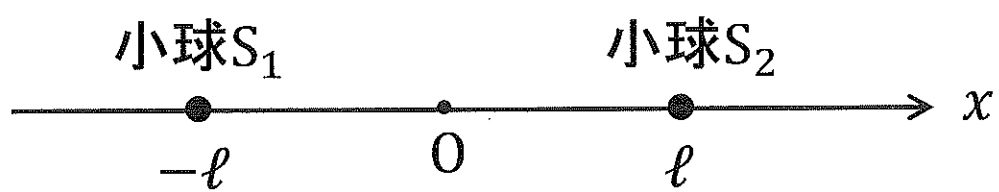
- ① 位置 $x (x > \ell)$ での水面の変位 y と時刻 t の関係を表す式を示せ。
- ② 位置 $x (x < \ell)$ での水面の変位 y と時刻 t の関係を表す式を示せ。

問 3 1 個の小球だけを鉛直方向に振動させたとき、 x 軸上を伝わる正弦波の波長は λ であった。 x 軸上を伝わる正弦波の速さ v を λ を用いて表せ。

次に、2 つの小球 S_1 , S_2 を、鉛直方向に同位相で振動させた。小球 S_1 の振動により伝わる正弦波の $x = -\ell$ での水面が、 $y = 0$ を鉛直上向きに通過する時刻を $t = 0$ とする。 ℓ は λ に比べじゅうぶん大きい。

問 4 時刻 t における、 $-\ell < x < \ell$ の位置 x での水面の変位 y を、 λ を用いて表せ。途中の考え方も記せ。

問 5 $-\ell < x < \ell$ で最も大きい振幅を示す位置 x を求めよ。途中の考え方も記せ。

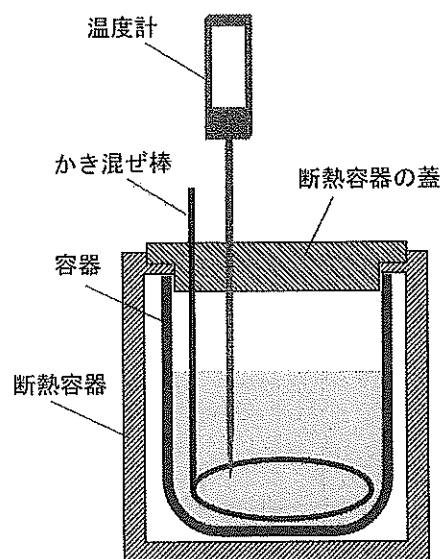


Ⅲ 水の比熱を c_w として、以下の問に答えよ。

問 1 質量 m 、比熱 c の物体の熱容量はいくらか。

問 2 この物体と同じ熱容量を持つ水の質量はいくらか。

図のような、かき混ぜ棒、容器、温度計、蓋つきの断熱容器からなる熱量計を用い、金属球の比熱を求めるため、2つの実験を行った。温度計とかき混ぜ棒は非常に細く、そこからの熱の出入りは無視できる。物質の比熱は、今回の測定温度範囲内で一定であるとする。



実験 1

熱量計の容器に、室内に置いてあった質量 m_1 の水を注ぎ、かき混ぜ棒でじゅうぶんかき混ぜ、温度を測定したところ T_1 であった。ここに、温度 T_2 ($T_2 > T_1$) で質量 m_2 のお湯をすばやく注ぎ、すぐに蓋を閉め、かき混ぜ棒でじゅうぶんかき混ぜた。このとき温度計の表示する温度は T であった。

問 3 熱量計と同じ熱容量を持つ水の質量はいくらか。途中の考え方も記せ。

実験 2

実験 1 と同じ熱量計の容器に、室内に置いてあった質量 m の水を注ぎ、かき混ぜ棒でじゅうぶんかき混ぜ、温度を測定したところ θ_1 であった。

次に、高温 θ_2 ($\theta_2 > \theta_1$) に熱した質量 M の金属球を、温度 θ_1 の水の入った熱量計の容器の中にすばやく投入し、すぐに蓋を閉め、かき混ぜ棒でかき混ぜながら、一定時間ごとに温度を測定した。温度が一定になったとき温度計の表示する温度は θ であった。

問 4 熱量計と同じ熱容量を持つ水の質量を w とする。金属球の比熱はいくらか。途中の考え方も記せ。

問 5 実験 1 と実験 2 の結果から、熱量計と同じ熱容量を持つ水の質量と金属球の比熱をそれぞれ求めよ。水の比熱は $4.2 \text{ J/(g}\cdot\text{K)}$ とする。途中の考え方も記せ。

【実験 1 の結果】

	質量[g]	温度[°C]
容器の中の水	150	20.1
追加したお湯	150	51.0

お湯を注ぎかき混ぜ棒でじゅうぶんかき混ぜた後、温度計が表示した温度 35.1°C

【実験 2 の結果】

	質量[g]	温度[°C]
容器の中の水	141	18.6
金属球	100	92.0

金属球投入後の時間と温度計の表示した温度の表とグラフ

時間[s]	温度[°C]
0	18.6
10	22.6
20	22.6
30	22.6
40	22.7
50	22.8
60	22.8
70	22.8
80	23.0
90	23.0
100	23.0
110	23.0
120	23.0
130	23.0

