

物 理

1 以下の説明文を読み、その後の問いに答えなさい。(配点 25)

図1のように点Oを原点とし、 x 軸正方向に L (m)だけ離れた位置を点Aとする。時刻 $t = 0$ (s)のとき、点Aから斜め上方 45° の方向に初速度 v_0 (m/s)で質量 m (kg)の小球を投げた。小球は時刻 t_1 (s)に壁面の点Bに垂直に当たり、はね返った後、床面の点C, D, ...で次々とはね返りながら運動を続けた。ここで、点CとDに衝突した時刻をそれぞれ t_2 (s)と t_3 (s)とする。床は水平でなめらかであり、壁および床における衝突の反発係数(はね返り係数)をどちらも e とする。また、重力加速度の大きさを g (m/s^2)とし、空気の抵抗は無視できるものとする。なお、 $\sin 45^\circ$ および $\cos 45^\circ$ の値はともに小数では表さず、 $\frac{1}{\sqrt{2}}$ としなさい。

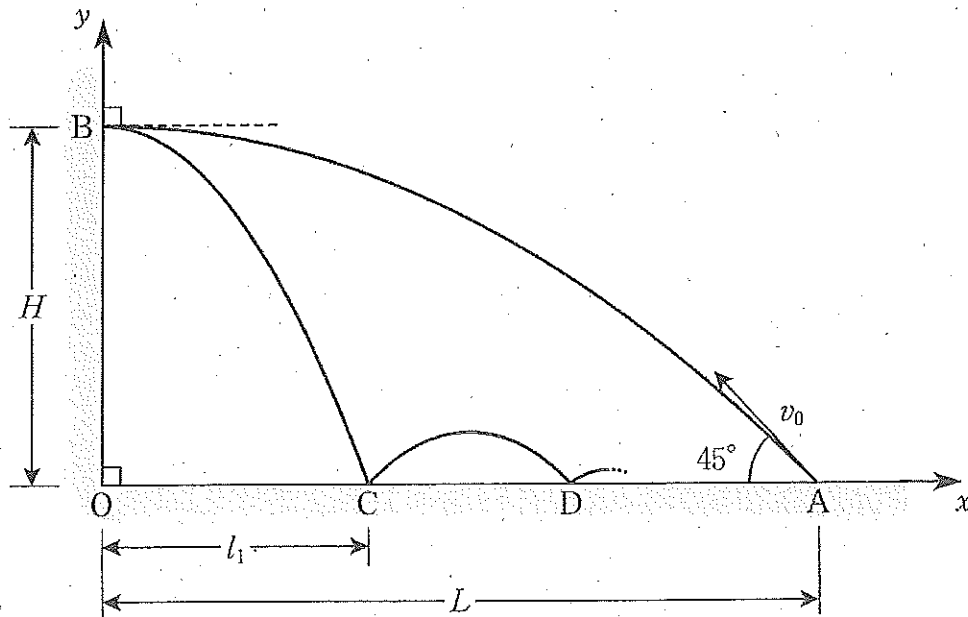


図1

問 1 時刻 t_1 を v_0 と g を用いて表しなさい。

問 2 距離 L を v_0 と g を用いて表しなさい。

問 3 点 B の高さ H [m] を L を用いて表しなさい。

問 4 点 C における衝突前後での力学的エネルギーの変化量 ΔE [J] を m , v_0 , e を用いて表しなさい。

問 5 OC 間の距離 l_1 [m] を L と e を用いて表しなさい。

問 6 反発係数の値を $e = 0.25$ とし、時刻 0 から t_3 までの小球の速度の水平成分 v_x [m/s] と垂直成分 v_y [m/s] の時間変化の図を描いた。図 2 (ア) ~ (コ) の中から最も適したものをそれぞれ選び、その記号を答えなさい。

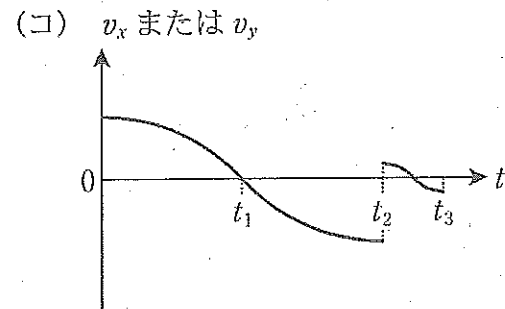
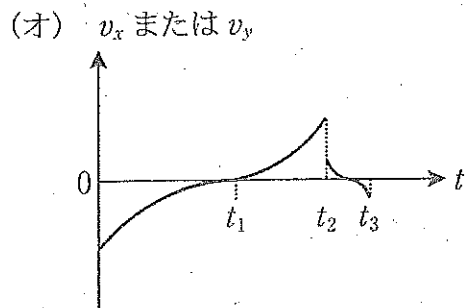
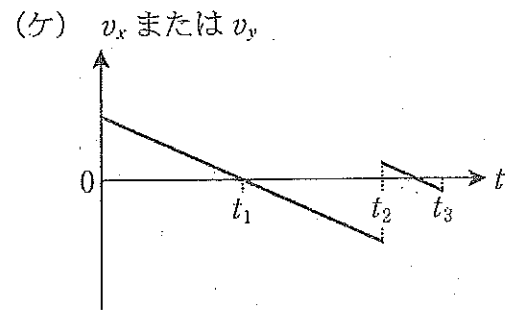
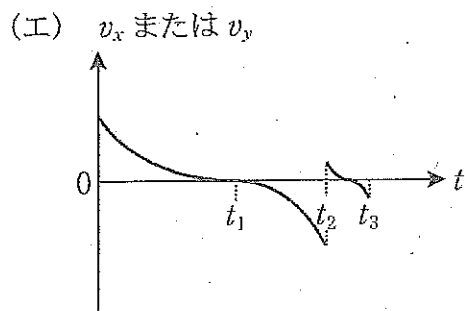
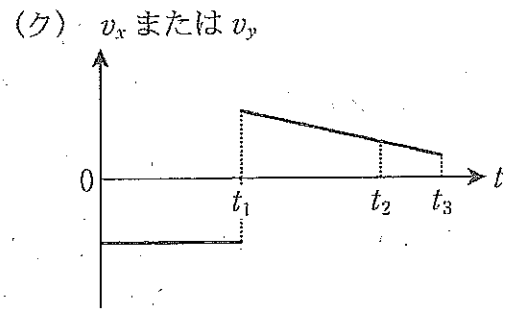
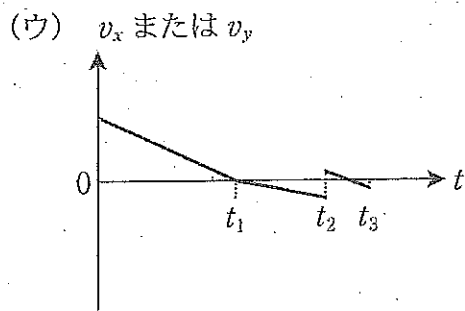
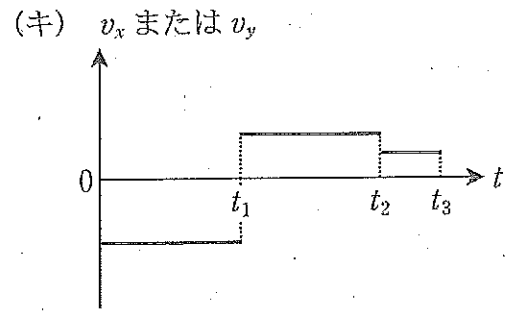
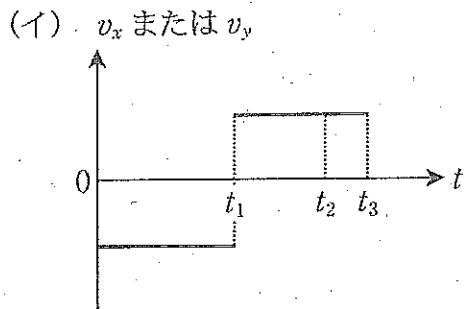
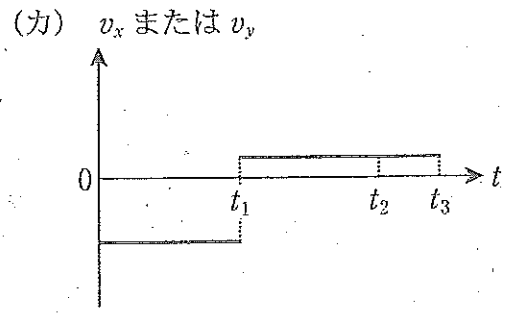
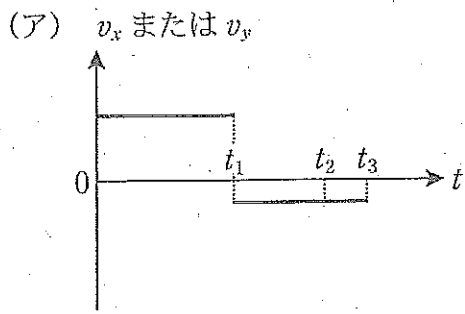


図 2

2 以下の説明文を読み、その後の問いに答えなさい。(配点 25)

図1のように、鉛直上向きの一様な磁束密度 B [T] の磁場内に、電気抵抗を無視できる間隔 L [m] の2本の平行な導線レールを水平に置いた。内部抵抗を無視できる起電力 E [V] の電池をレールに垂直につなぎ、抵抗値 R_1 [Ω] の金属棒1をレール上に垂直に置いた。このような回路①を考える。ただし、回路を流れる電流がつくる磁場は無視できるものとする。

まず、金属棒1を動かないように固定した。

問1 金属棒1が磁場から受ける力の大きさ F [N] を E, B, R_1, L を用いて表しなさい。

問2 金属棒1で発生する単位時間当たりのジュール熱 Q [J] を E, R_1 を用いて表しなさい。

次に、金属棒1の固定を外すと金属棒1がレール上を動き出し、しばらくして一定の速さ v_0 [m/s] となった。ただし、金属棒1はレールと垂直を保ちながらめらかに動くものとする。

問3 金属棒1の動く方向を図1中の(ア)または(イ)から選び、その記号を答えなさい。

問4 時間 Δt [s] の間に变化する回路①を貫く磁束の变化量 $\Delta\Phi$ [Wb] を $\Delta t, v_0, B, L$ を用いて表しなさい。

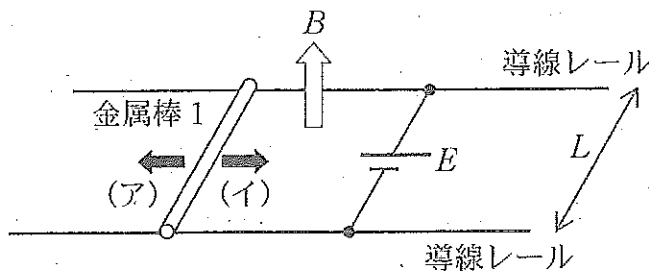


図1 回路①

今度は、図1の回路①から電池を取り外し、代わりに抵抗値 $R_2[\Omega]$ の金属棒2をレール上に垂直に置いた図2のような回路②を考える。金属棒1および2に外から力を作用させて、レール上をいずれも図の右向きにそれぞれ一定の速さ $v_1[\text{m/s}]$ および $v_2[\text{m/s}]$ で動かした。ただし、 $v_1 < v_2$ とし、金属棒1および2はレールと垂直を保ちながらめらかに動くものとする。

問5 回路②に生じる誘導起電力の大きさ $V[\text{V}]$ を v_1, v_2, B, L を用いて表しなさい。

問6 金属棒2に流れる電流の向きを図2中の(ウ)または(エ)から選び、その記号を答えなさい。

問7 金属棒2に流れる電流の大きさ $I[\text{A}]$ を v_1, v_2, B, L, R_1, R_2 を用いて表しなさい。

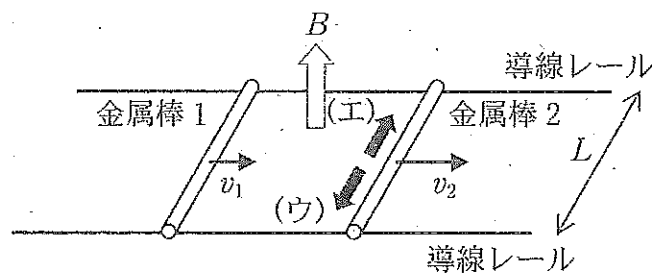


図2 回路②

3 以下の説明文を読み、その後の問いに答えなさい。(配点 25)

図1のように、なめらかに動く壁で容器を2つの部分AとBに分ける。AとBの体積の和は V_0 [m³]とする。また、容器と壁は断熱材で作られているとする。Aには温度 T_A [K]の単原子分子理想気体が n_A [mol]入っており、Bには温度 T_B [K]の単原子分子理想気体が n_B [mol]入っている。なお気体定数は R [J/(mol·K)]とする。

問1 AとBの圧力 p_0 [Pa]を n_A , n_B , T_A , T_B , V_0 , R を用いて表しなさい。

問2 Aの体積 V_A [m³]を n_A , n_B , T_A , T_B , V_0 を用いて表しなさい。

問3 Aの内部エネルギー U_A [J]を p_0 , V_A を用いて表しなさい。

Aに熱量 Q [J]を加えたところ壁が移動し、AとBの圧力は p_1 [Pa]となった。このときBの体積は V_B [m³]から V'_B [m³]に変化し、Bの温度は T_B [K]から T'_B [K]に変化した。

問4 Bの変化は断熱変化である。体積 V'_B を p_0 , p_1 , V_B を用いて表しなさい。なお、単原子分子理想気体の断熱変化では圧力 p と体積 V の間には $pV^{\frac{5}{3}} = (\text{一定})$ の関係があることが知られている。

問5 温度 T'_B を p_0 , p_1 , T_B を用いて表しなさい。

問6 AとBの内部エネルギーの変化に着目して、圧力 p_1 を p_0 , V_0 , Q を用いて表しなさい。

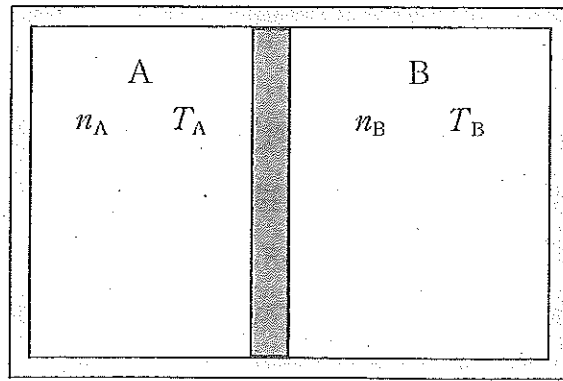


图 1

4 以下の説明文を読み、その後の問いに答えなさい。(配点 25)

I. 一般に、人間の聞くことのできる音の振動数の範囲は、およそ Hz から Hz である。また、1 気圧の空気を伝わる音の速さは気温が 0℃ の時に m/s であり、気温が上がったとき音の速さは 。音の速さは伝わる媒質により異なり、例えば、水、鉄、空気を、音を伝える速さが速い順に並べると となる。

問 1 空欄 および に入る最も適した数値をそれぞれ下から選び①～⑧の番号で答えなさい。

- | | | |
|-------------|--------------|-----------|
| ① 2 | ② 20 | ③ 200 |
| ④ 2,000 | ⑤ 20,000 | ⑥ 200,000 |
| ⑦ 2,000,000 | ⑧ 20,000,000 | |

問 2 空欄 に入る最も適した数値を次の中から選び①～⑧の番号で答えなさい。

- | | | |
|-------------------------|--------------------------|-------|
| ① 1.6×10^{-19} | ② 6.67×10^{-11} | ③ 0.6 |
| ④ 9.8 | ⑤ 331.5 | ⑥ 340 |
| ⑦ 3×10^8 | ⑧ 6×10^{23} | |

問 3 空欄 に入る語句として正しいものを次の中から選び①～③の番号で答えなさい。

- | | | |
|--------|--------|---------|
| ① 遅くなる | ② 速くなる | ③ 変わらない |
|--------|--------|---------|

問 4 空欄 に入る語句として正しいものを次の中から選び①～⑥の番号で答えなさい。

- | | | |
|------------|------------|------------|
| ① 水, 鉄, 空気 | ② 水, 空気, 鉄 | ③ 鉄, 水, 空気 |
| ④ 鉄, 空気, 水 | ⑤ 空気, 鉄, 水 | ⑥ 空気, 水, 鉄 |

II. 図1のように、直線のレール上を台車1、台車2、および台車3が同方向にそれぞれ速さ v_1 [m/s]、 v_2 [m/s]、および v_3 [m/s] で移動している。台車1に観測者が乗り、台車2には振動数が f_0 [Hz] の音源が、また台車3には音を反射する反射板が搭載されている。ただし、音の速さを V [m/s] とする。

問 5 観測者が観測する、音源から直接伝わる音の振動数を求めなさい。

問 6 観測者が観測する、反射板により反射した音の振動数を求めなさい。

問 7 観測者が観測する、音源から直接伝わる音と、反射板により反射した音によるうなりの振動数を求めなさい。

問 8 問7のうなりがなくなる場合、台車3の速さ v_3 を求めなさい。

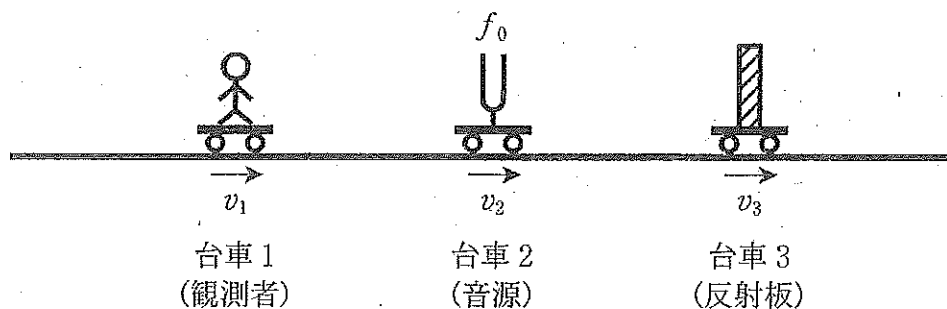


図1