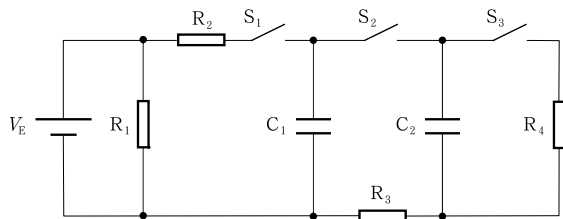


物理

- ◆機械工学科 ◆機械システム工学科
 ◆電気電子工学科
 ◆建築学科／建築専攻(Ⅰ型) ◆建築学科／インテリアデザイン専攻(Ⅰ型)
 ◆建築学科／土木・環境専攻(Ⅰ型)
 ◆建築学科／かおりデザイン専攻(Ⅰ型)
 ◆情報システム学科／コンピュータサイエンス専攻
 ◆情報システム学科／情報ネットワーク専攻
 ◆情報デザイン学科／メディアデザイン専攻(Ⅰ型)
 ◆情報デザイン学科／プロダクトデザイン専攻(Ⅰ型)
 ◆総合情報学科／経営情報専攻(Ⅰ型)

[Ⅰ] 次の問いの の中の答えを、それぞれの解答群の中から1つずつ選べ。解答群の中の番号は、同じものを何度使ってもよい。



図のように、起電力 V_E の電池、コンデンサー C_1 、 C_2 、抵抗 R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 、スイッチ S_1 、 S_2 、 S_3 が接続された回路がある。コンデンサー C_1 、 C_2 の電気容量はそれぞれ C 、 $\frac{C}{2}$ である。また、抵抗 R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 の抵抗値はそれぞれ R 、 $\frac{R}{2}$ 、 $\frac{R}{3}$ 、 $\frac{R}{4}$ である。初め、すべてのスイッチは開いており、各コンデンサーに電荷は蓄えられていないとする。

初めの状態で、抵抗 R_1 に流れている電流の強さは $I_1 =$ **ア** であり、単位時間（1秒間）に抵抗 R_1 で発生する熱量は **イ** である。

まず、スイッチ S_1 のみを閉じる。十分に時間が経過した後、コンデンサー C_1 の電圧は **ウ** $\times V_E$ である。このとき、コンデンサー C_1 に蓄えられている電荷は $Q_1 =$ **エ** であり、静電エネルギーは $U_1 =$ **オ** である。

次に、スイッチ S_1 を開いてから、スイッチ S_2 を閉じる。スイッチ S_3 は開いたままである。十分に時間が経過した後を考える。コンデンサー C_1 および C_2 に蓄えられ

ている電荷の和は **カ** $\times Q_1$ となる。コンデンサー C_2 の電圧を V_C とすれば、 C_1 に蓄えられている電荷は $Q'_1 =$ **キ**、 C_2 に蓄えられている電荷は $Q'_2 =$ **ク** と表せる。 **カ** $\times Q_1 = Q'_1 + Q'_2$ の関係より、 $V_C =$ **ケ** $\times V_E$ が求まる。スイッチ S_2 を閉じてから十分に時間が経過する間に、抵抗 R_3 で発生する熱量は **コ** $\times U_1$ である。

さらに、スイッチ S_2 を開いてから、スイッチ S_3 を閉じると、コンデンサー C_2 に蓄えられていた電荷が、抵抗 R_4 を流れて放電される。放電を始めてから、十分に時間が経過してコンデンサー C_2 に蓄えられていた電荷が完全に放電されるまでの間に、抵抗 R_4 で発生する熱量は **サ** $\times U_1$ である。

解答群

ア、 **イ**

- ① RV_E ② RV_E^2 ③ R^2V_E ④ $\frac{V_E}{R}$ ⑤ $\frac{V_E^2}{R}$ ⑥ $\frac{V_E}{R^2}$

ウ、 **カ**

- ① 1 ② 2 ③ 3 ④ $\frac{1}{2}$ ⑤ $\frac{1}{3}$
 ⑥ $\frac{1}{6}$ ⑦ $\frac{3}{2}$ ⑧ $\frac{2}{3}$ ⑨ $\frac{5}{6}$

エ、 **オ**

- ① $\frac{V_E}{C}$ ② $\frac{V_E}{2C}$ ③ CV_E ④ $\frac{CV_E}{2}$ ⑤ $\frac{C}{V_E}$
 ⑥ $\frac{2C}{V_E}$ ⑦ $\frac{V_E^2}{2C}$ ⑧ $\frac{CV_E^2}{2}$ ⑨ $\frac{CV_E^2}{8}$

キ、 **ク**

- ① $\frac{V_C}{C}$ ② $\frac{2V_C}{C}$ ③ $\frac{3V_C}{C}$ ④ $\frac{C}{V_C}$ ⑤ $\frac{C}{2V_C}$
 ⑥ CV_C ⑦ $\frac{CV_C}{2}$ ⑧ $\frac{CV_C}{3}$ ⑨ $\frac{3CV_C}{2}$

ケ、 **コ**

- ① 1 ② $\frac{1}{2}$ ③ $\frac{1}{3}$ ④ $\frac{1}{4}$ ⑤ $\frac{2}{3}$
 ⑥ $\frac{3}{4}$ ⑦ $\frac{R}{3}$ ⑧ $\frac{3}{R}$ ⑨ $\frac{R}{9}$ ⑩ $\frac{9}{R}$

サ

- ① $\frac{1}{2}$ ② $\frac{1}{3}$ ③ $\frac{2}{3}$ ④ $\frac{1}{9}$ ⑤ $\frac{2}{9}$
 ⑥ $\frac{4}{9}$ ⑦ $\frac{R}{4}$ ⑧ $\frac{4}{R}$ ⑨ $\frac{3R}{4}$ ⑩ $\frac{4}{3R}$

〔Ⅱ〕 次の問いの の中の答えを、それぞれの解答群の中から1つずつ選べ。解答群の中の番号は、同じものを何度使ってもよい。解答群の答えが数値の場合は、最も近いものを選べ。

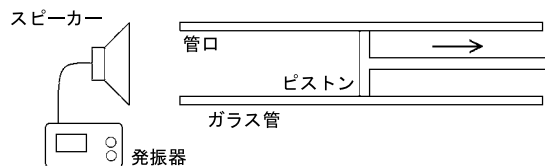
A 振動数 f の音が速さ v で空気中を伝わる時、音の波長 λ と周期 T はそれぞれ $\lambda = \text{ア}$, $T = \text{イ}$ と表される。また、音の速さは媒質の性質によって決まり、振動数や振幅にはよらない。乾燥した空気中を伝わる音の速さ $v[\text{m/s}]$ と空気のセ氏温度 $t[^\circ\text{C}]$ の間には、次の関係がある。

$$v = 331.5 + 0.6t$$

例えば、空気の温度が $^\circ\text{C}$ のとき、乾燥した空気中を伝わる音の速さは 349.5m/s となり、振動数 700Hz の音の波長は m となる。

B 図のように、両端が開いた長いガラス管にピストンがはめ込まれている。左側の管口の近くにスピーカーを固定して一定の振動数の音を出した。音速は 350m/s であるとする。ピストンを右に引いて、ピストンの位置を左側の管口からゆっくりと遠ざけていく。すると、管口からの距離が近い方から順に 8.0cm , 27.0cm の位置で、気柱の固有振動が起こった。気柱の固有振動ではガラス管内に定常波ができ、ピストンの位置は になっている。この定常波では、となり合う節の間の長さは cm であり、管口付近での腹の位置は管口から cm だけ外側に出ている。管口から腹の位置までの長さを開口端補正と呼ぶ。以上より、スピーカーが発した音の波長は m であり、振動数は Hz であることがわかる。さらに、左側の管口から 27.0cm の位置に置かれたピストンを右に引いていくと、左側の管口から cm の位置で、次の固有振動が起こる。

今度は、ガラス管からピストンを抜いて管内を空洞にした後、管口の近くにスピーカーを固定して音を出し、振動数を 0Hz からゆっくりと上げていった。すると、振動数が 250Hz のときに最初の気柱の固有振動が起こった。このとき、音の波長は m である。よって、開口端補正が cm であるとなると、ガラス管の長さは cm である。さらに振動数を上げていくと、 Hz のときに次の固有振動が起こる。



解答群

ア, イ

- | | | | | |
|--------------------|-----------------|-----------------|-------------------|--------------------|
| ① $\frac{1}{f}$ | ② $\frac{1}{v}$ | ③ fv | ④ $\frac{fv}{2}$ | ⑤ fv^2 |
| ⑥ $\frac{fv^2}{2}$ | ⑦ $\frac{f}{v}$ | ⑧ $\frac{v}{f}$ | ⑨ $\frac{v^2}{f}$ | ⑩ $\frac{v^2}{2f}$ |

ウ

- | | | | | |
|------|------|------|------|------|
| ① 1 | ② 5 | ③ 10 | ④ 15 | ⑤ 20 |
| ⑥ 25 | ⑦ 30 | ⑧ 35 | ⑨ 40 | ⑩ 0 |

エ

ク

サ

- | | | | | |
|--------|--------|--------|--------|--------|
| ① 1.00 | ② 0.19 | ③ 0.38 | ④ 0.50 | ⑤ 0.76 |
| ⑥ 1.25 | ⑦ 1.40 | ⑧ 1.75 | ⑨ 2.00 | ⑩ 2.10 |

オ

- | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| ① 山 | ② 谷 | ③ 頭 | ④ 腹 | ⑤ 節 | ⑥ 孤 | ⑦ うなり |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|

カ

コ

- | | | | | |
|--------|--------|--------|--------|--------|
| ① 8.0 | ② 19.0 | ③ 20.5 | ④ 27.0 | ⑤ 28.5 |
| ⑥ 35.0 | ⑦ 44.5 | ⑧ 46.0 | ⑨ 65.0 | ⑩ 66.5 |

キ

- | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| ① 1.0 | ② 2.0 | ③ 3.0 | ④ 4.0 | ⑤ 5.0 |
| ⑥ 0.5 | ⑦ 1.5 | ⑧ 2.5 | ⑨ 3.5 | ⑩ 0.0 |

ケ

ス

- | | | | | |
|-------|-------|-------|--------|--------|
| ① 125 | ② 250 | ③ 330 | ④ 448 | ⑤ 500 |
| ⑥ 650 | ⑦ 750 | ⑧ 920 | ⑨ 1000 | ⑩ 1250 |

シ

- | | | | | |
|--------|---------|---------|---------|---------|
| ① 46.0 | ② 50.0 | ③ 53.0 | ④ 67.0 | ⑤ 70.0 |
| ⑥ 73.0 | ⑦ 137.0 | ⑧ 140.0 | ⑨ 143.0 | ⑩ 280.0 |

〔Ⅲ〕 図1のように、水平面上の x 軸に沿って小物体Pをばねで射出する。 y 軸は鉛直上向きである。水平面の $x < -L$ ($L > 0$) と $x > 0$ の範囲は滑らかで物体Pに摩擦は働かないが、 $-L \leq x \leq 0$ の範囲では水平面と物体Pの間に摩擦が働き、その動摩擦係数は μ' である。さらに、 $x > 0$ の空間領域には、鉛直上向きに強さ E の電場（電界） \vec{E} が加えられている。物体Pの質量は m であり、また物体Pには電気量 Q ($Q > 0$) が与えられている。物体Pを射出するばねのばね定数は k 、射出前の縮んだ状態のばねの長さは l_0 、ばねの自然長は l である。ばねに射出された直後の物体Pの速度の x 成分は V_0 である。また、重力加速度の大きさは g であり、空気抵抗は無視できる。物体Pの電気量は常に一定で変化しない。

まず、ばねによる物体Pの射出を考える。

- (1) 射出前にばねに蓄えられている弾性エネルギー U を、 k 、 l 、 l_0 、 g から必要なものを使って答えよ。
- (2) ばねが射出した直後の物体Pの運動エネルギー K を、 m 、 l_0 、 g 、 V_0 から必要なものを使って答えよ。
- (3) 射出前と直後の間で力学的エネルギー保存則を表す関係式を、 U と K を使って書け。
- (4) 射出速度の x 成分 V_0 を、 m 、 k 、 l 、 l_0 、 g から必要なものを使って答えよ。

次に、射出された物体Pの x 軸上の範囲 $-L \leq x \leq 0$ での運動を考える。

- (5) 図2には、 x 軸上の範囲 $-L < x < 0$ を運動する物体Pが描いてある。物体Pに働く重力 \vec{F} 、垂直抗力 \vec{N} 、動摩擦力 \vec{R} の向きを表す矢印を解答用紙の図2に描け。ただし、どの矢印が重力、垂直抗力、動摩擦力なのか分かるように記号 \vec{F} 、 \vec{N} 、 \vec{R} も図2に記入すること。
- (6) 重力 \vec{F} の大きさ F 、垂直抗力 \vec{N} の大きさ N 、動摩擦力 \vec{R} の大きさ R を、 m 、 μ' 、 g 、 V_0 から必要なものを使って答えよ。
- (7) 物体Pが $x = -d$ ($-L < -d < 0$) の位置まで到達する間に、動摩擦力 \vec{R} が物体Pに与えた仕事 W_d を、 m 、 μ' 、 g 、 V_0 、 d 、 L から必要なものを使って答えよ。
- (8) 動摩擦力によって物体Pが $x \leq 0$ の領域で止まってしまうと $x > 0$ の領域に進入するためには、物体Pの射出速度の x 成分 V_0 はある値 u より大きくなければならない。この下限値 u を、 m 、 μ' 、 g 、 L から必要なものを使って答えよ。

続いて、 V_0 が問(8)の条件を満たし、電気量 Q を持つ物体Pが $x > 0$ の電場 \vec{E} が加えられている領域に進入する場合を考える。なお、 x 軸上で $x = 0$ の位置を通過する瞬間を時刻 $t = 0$ とし、この瞬間の速度の x 成分の値を V_1 ($V_1 > 0$) とする。また、電場 \vec{E} は、不等式 $E > mg/Q$ を満たすような強さだとする。以下の問いには、特に指示がない限り、 m 、 Q 、 g 、 E 、 V_1 、 t から必要なものを使って答えよ。

- (9) 時刻 t で物体Pに働く力の和を \vec{S} とする。 \vec{S} の x 成分 S_x と y 成分 S_y を答えよ。
- (10) 時刻 t での物体Pの加速度を \vec{a} 、速度を \vec{V} とする。物体Pの運動方程式を、 \vec{a} 、 \vec{S} 、 \vec{V} 、 m 、 t から必要なものを使って答えよ。
- (11) 物体Pの加速度 \vec{a} の x 成分 a_x と y 成分 a_y を答えよ。
- (12) 物体Pの速度 \vec{V} の x 成分 V_x と y 成分 V_y を答えよ。
- (13) V_x と V_y の時間変動を表すグラフ（横軸が時刻 t 、縦軸が V_x あるいは V_y のグラフ）を、解答用紙の図3に描け。ただし、図3において、 $b = (QE/m) - g$ である。
- (14) 任意の時刻 t ($t > 0$) で、物体Pの位置の y 座標 $y(t)$ は、『時刻0から t の間で速度の y 成分 V_y のグラフと t 軸で囲む面積』で与えられる。物体Pの x 座標 $x(t)$ も同様である。時刻 t ($t > 0$) での物体Pの位置座標、 $x(t)$ と $y(t)$ を答えよ。



図1

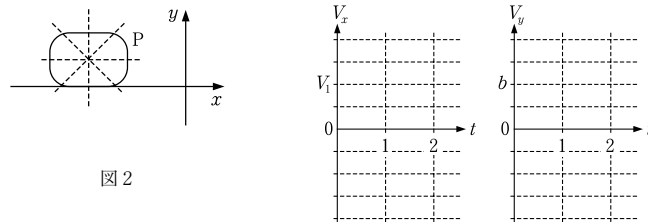


図2

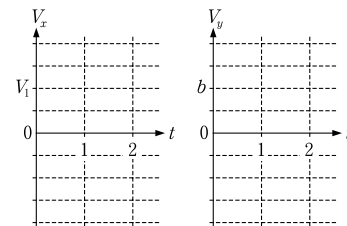


図3