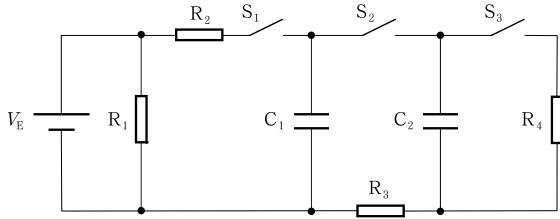


物理

- ◆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] 次の問い合わせの 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、同じものを何度も使ってもよい。



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 $I_1 = \boxed{\text{ア}}$ であり、単位時間（1秒間）に抵抗 R_1 で発生する熱量は 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 $\times V_E$ 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 $Q_1 = \boxed{\text{エ}}$ であり、静電エネルギーは $U_1 = \boxed{\text{オ}}$ 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 $\times Q_1$ 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 $Q'_1 = \boxed{\text{キ}}$ ， C_2 に蓄えられている電荷は $Q'_2 = \boxed{\text{ク}}$ と表せる。 $\times Q_1 = Q'_1 + Q'_2$ の関係より、 $V_C = \boxed{\text{ケ}} \times V_E$ 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 $\times U_1$ 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 $\times U_1$ である。

解答群

，

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

，

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 $\frac{5}{6}$	

，

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 $\frac{CV_E^2}{8}$	

，

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

，

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 $\frac{9}{R}$

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] 次の問い合わせの 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、同じものを何度も使ってもよい。解答群の答えが数値の場合は、最も近いものを選べ。

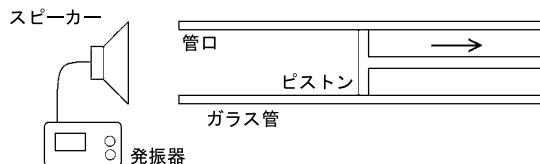
- A 振動数 f の音が速さ v で空气中を伝わるとき、音の波長 λ と周期 T はそれぞれ $\lambda = \boxed{ア}$, $T = \boxed{イ}$ と表される。また、音の速さは媒質の性質によって決まり、振動数や振幅にはよらない。乾燥した空气中を伝わる音の速さ v [m/s] と空気のセ氏温度 t [°C] の間には、次の関係がある。

$$v = 331.5 + 0.6t$$

例えば、空気の温度が °C のとき、乾燥した空气中を伝わる音の速さは 349.5 m/s となり、振動数 700 Hz 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 350 m/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 8.0 cm, 27.0 cm 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る、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 27.0 cm 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 0 Hz からゆっくりと上げていった。すると、振動数が 250 Hz 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 であるとすると、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

,

- | | | | | |
|--------------------------|-----------------|-----------------|-------------------|--------------------|
| 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 $\frac{v^2}{2f}$ |
| <input type="text"/> ① 1 | ② 5 | ③ 10 | ④ 15 | ⑤ 20 |
| ⑥ 25 | ⑦ 30 | ⑧ 35 | ⑨ 40 | ⑩ 0 |

, ,

- | | | | | |
|--------|--------|--------|--------|--------|
| 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 |

① 山 ② 谷 ③ 頭 ④ 腹 ⑤ 節 ⑥ 孤 ⑦ うなり

,

- | | | | | |
|--------|--------|--------|--------|--------|
| 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 |

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 |
|-------|-------|-------|-------|-------|

,

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

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に摩擦は働くないが、 $-L \leq x \leq 0$ 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を射出するばねのはね定数は k 、射出前の縮んだ状態のはねの長さは 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、動摩擦力なのかが分かるように記号 \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はず $x > 0$ 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。

統いて、 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_i ($V_i > 0$) 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。以下の問には、特に指示がない限り、 m , Q , g , E , V_i , 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。

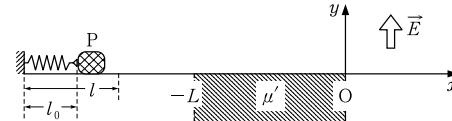


図1

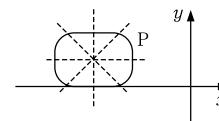


図2

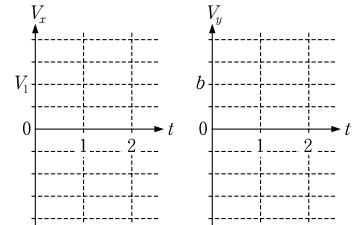


図3