

平成30年度入学者選抜学力検査問題

(A日程)

物 理

(生産システム科学部
生産システム科学科)

(注意)

- 1 問題紙は指示があるまで開いてはいけません。
- 2 問題紙は本文8ページです。答案用紙は4枚あります。
- 3 答えはすべて答案用紙の指定のところに記入しなさい。
- 4 問題紙と下書き用紙は持ち帰って下さい。

問題 I

図1に示すように水平な x 軸を地上に固定してとる。その x 軸上を正の方向に一定速度 V_0 [m/s] で移動している質量の大きな列車を考える。列車内部では移動方向に対して垂直な板が列車の床に固定されている。板には滑らかな水平板と、 x 方向に伸び縮みするばね定数 k [N/m] のばねがつけられている。いま質量 m [kg] の質点がばねの先端に接触して置かれたとして、以下の問に答えなさい。

- 問1 列車内の人が質量 m の質点を持ってばねを自然長から d [m] だけ縮ませた上で手をはなした。このとき質点はばねにより加速されるが、 x 方向に向かったの加速度の最大値 a_M [m/s²] を求めなさい。
- 問2 加速中における質点の x 座標から計算される最大速度 v_M [m/s] を求めなさい。
- 問3 ばねが伸びて自然長となった時点で質点はばねからはなれる。手をはなれた質点がばねからはなれるまでに移動した距離 L [m] を x 座標から求めなさい。
- 問4 質点が手からはなれた時点と質点がばねからはなれた時点での質点の運動エネルギーの差 E_d [J] を求めなさい。
- 問5 問4で求めたエネルギーの差と、ばねを縮ませるために人が費やしたエネルギーとの差 ΔE [J] を求めなさい。このエネルギーの差がどこからくるのかを60文字以内で説明しなさい。

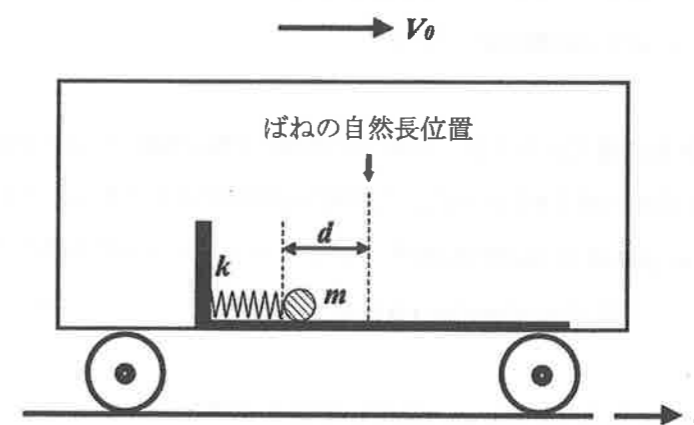


図1

問題 II

図 2 a に示すように直流電圧源と正弦波電圧を出力する交流電圧源を直列に結ぶ電源部がある。それに、スイッチ SW_1 , SW_2 を通して電気抵抗 R [Ω] の抵抗と電気容量 C [F] のコンデンサーが並列に接続されている。

問 1 SW_1 , SW_2 が共に開であるとき、電源部の両端 1-2 間の電圧 $V_{12}(t)$ [V] の時間 t [s] に対する波形が図 2 b であった。この電圧波形を (1) 式で表したとき、式の V [V], V_0 [V], ω [rad/s], α [rad] を図 2 b 中に示したパラメータから求めなさい。

$$V_{12}(t) = V \sin(\omega t + \alpha) + V_0 \quad (1)$$

以下の問では、 R , C に加えて V , V_0 , ω , α を用いて答えなさい。

問 2 SW_1 を閉じたときに流れる電流の波形 $I_R(t)$ [A] を式で表しなさい。

問 3 SW_2 を閉じ十分に時間が経過したとき、コンデンサーに流れる電流が正弦波の波形になった。このときのコンデンサーの電流 $I_C(t)$ [A] の波形を式で表しなさい。また、電流の実効値 I_e [A] を求めなさい。

問 4 SW_1 , SW_2 を閉じたときに、抵抗とコンデンサーの並列の回路に流れる電流 $I(t)$ [A] の波形を位相のずれを β として

$$I(t) = I_0 \sin(\omega_1 t + \alpha + \beta) + I_1 \quad (2)$$

で表したとき、式 (2) 右辺の I_0 [A], I_1 [A], ω_1 [rad/s], $\tan \beta$ を求めなさい。

必要であれば次の公式を用いなさい。

$$A \sin(\theta) + B \cos(\theta) = \sqrt{A^2 + B^2} \sin(\theta + \phi), \quad \tan \phi = B/A$$

問 5 抵抗ならびにコンデンサーにおいて消費される平均消費電力 P_R [W], P_C [W] を求めなさい。

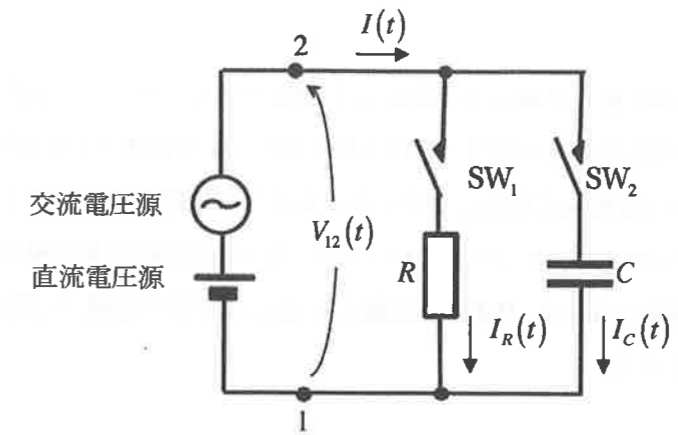


図 2 a

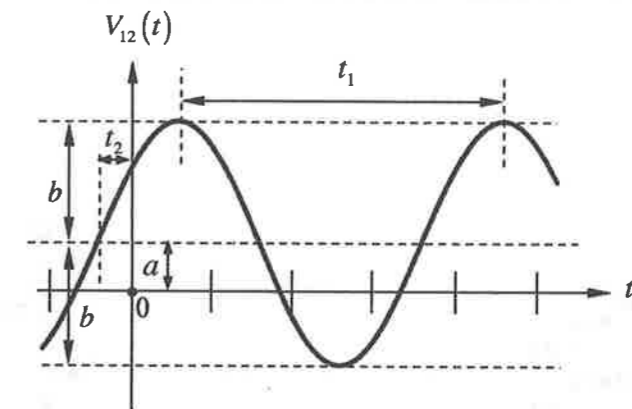


図 2 b

問題III

[III-1]

図3のように、点Oを通る直線上で点Oから等距離の点A、Bに小さな音源を置き、振動数が等しく同位相の音を出す。線分ABの垂直二等分線OO'上の点Pの位置からマイクをABと平行な方向に移動しながら音の大きさを観測する。マイクを移動していくとき、音はしだいに小さくなってから大きくなり、点Qの位置で極大になった。OA、OB間の距離は $2L$ [m]、PQ間の距離は $7L$ [m]、OP間の距離は $12L$ [m]であり、音速を V_0 [m/s]とする。

問1 音源からの音の振動数 f_1 [Hz]を L 、 V_0 を用いて表わしなさい。

問2 点Qにおいて音の大きさが極大となった状態から、音源の音の振動数を徐々に大きくしていくと点Qでの音はしだいに小さくなってから大きくなった。点Qでの音の大きさが再び極大になるときの振動数 f_2 [Hz]を L 、 V_0 を用いて表わしなさい。

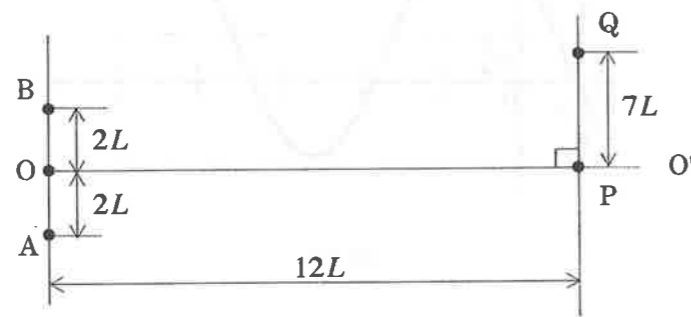


図3

[III-2]

図4のように、反射板に向かって音源が速度 v [m/s]で移動しており、そのあとを観測者が同じ速度 v [m/s]で移動している。観測者、音源、反射板は直線上にあり、反射板は音波をよく反射する。観測者と音源との距離が L_1 [m]、音源と反射板との距離が L_2 [m]となった時点 ($t=0$ s) から振動数 f [Hz]の音を音源で鳴らし続けた。観測者は最初に振動数 f_1 [Hz]の音を聞いてから少ししてうなりを聞いた。音速を V_0 [m/s]とする。

問3 観測者が最初に聞く音の周波数 f_1 [Hz]を求めなさい。

問4 観測者が聞く反射音の周波数 f_2 [Hz]を求めなさい。

問5 うなりが聞こえ始めた時刻 t [s]を V_0 、 v 、 L_1 、 L_2 を用いて、また、 1.0 sあたりのうなりの回数 n を f 、 V_0 、 v を用いて表しなさい。

問6 反射板を動かしたところうなりが消えた。動かした方向と速さ V [m/s]を求めなさい。

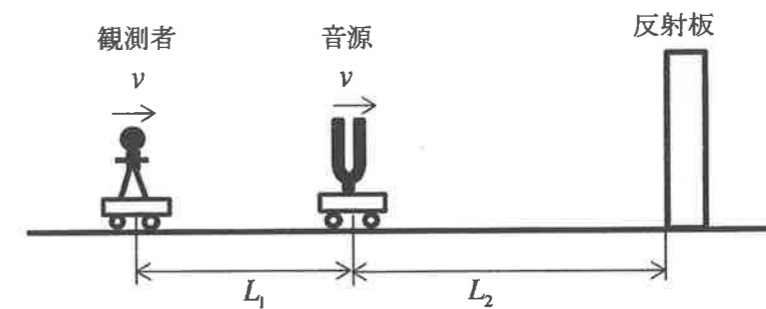


図4

問題IV

2つの容器A, Bが図5のようにコックの付いた細管でつながれ、コックは閉じられている。容器A, Bの体積はともに $V[\text{m}^3]$ である。いま容器Aに圧力 $p[\text{Pa}]$, 絶対温度 $T[\text{K}]$ の気体を、容器Bに圧力 $2p[\text{Pa}]$, 絶対温度 $4T[\text{K}]$ の気体を入れた。容器は完全に断熱され、かつその熱容量を無視する。また細管の体積も無視する。気体は単原子分子からなる理想気体とし、気体定数を $R[\text{J}/(\text{mol} \cdot \text{K})]$ とする。以下の間に p, V, T, R を用いて答えなさい。

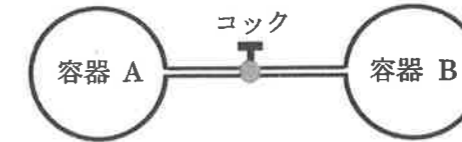


図5

- 問1 容器AとB内の気体の物質量 $n_A[\text{mol}]$ と $n_B[\text{mol}]$ を求めなさい。
- 問2 容器AとB内の気体が持っている内部エネルギー $U_A[\text{J}]$ と $U_B[\text{J}]$ を求めなさい。
- 問3 コックを開いて平衡状態に達したときの温度 $T'[\text{K}]$ と圧力 $p'[\text{Pa}]$ を求めなさい。
- 問4 平衡状態になるまでに、コックを移動した気体の量 $\Delta n[\text{mol}]$ を求めなさい。