

電子機械システム工学専攻 専門科目（問題用紙）

(1/7ページ)

[1] 以下の物理基礎に関する（1）と（2）の問いに答えよ。ただし、問題文にある記号を用いて解答せよ。

（1）図1のようにA点から H [m]の高さの点Oにおいて、仰角 α [rad]の向きに速さ v_0 [m/s]で小球を投げた。小球が到達する斜面は、傾斜角が β [rad]である。小球は最高点Pを通過し、斜面上の点Qに衝突した。重力加速度の大きさを g [m/s²]として、以下の問いに答えよ。ただし、空気抵抗は無視できるものとする。

（1-a）小球を投げてから最高点Pに達するまでの時間 t_1 [s]を求めよ。

（1-b）最高点Pと斜面上の点RまでのPR間距離 h [m]を求めよ。なお、点Pと点Rを通る直線は、水平面と垂直に交わる。

（1-c）小球を投げてから斜面の点Qに達する時間 t_2 [s]を求めよ。ただし、点Aから水平面上の点Bまでの距離 L [m]を用いて導出すること。なお点Qと点Bを通る直線は、水平面と垂直に交わる。

（1-d）小球が点Qに到達する直前の速度の鉛直成分 v [m/s]の大きさを求めよ。

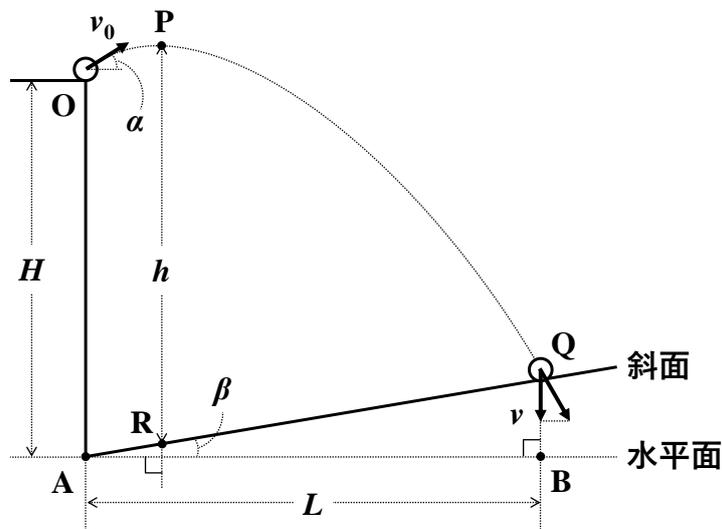


図1

電子機械システム工学専攻 専門科目 (問題用紙)

(2/7ページ)

[1]

(2) 水の比熱を c [J/(g·K)] として、以下の問いに答えよ。

(2-a) 図2(a)のように、断熱容器に温度が T [K] で質量 m [g] の水が入っている。この中へ温度が $6T$ [K] のお湯を混ぜると、温度 $3T$ [K] で熱平衡に達した。混ぜたお湯の質量 m' [g] を求めよ。ただし、熱は水とお湯の間でのみ移動するものとする。

(2-b) 図2(b)のように、断熱容器に囲まれた金属容器に温度が T [K] で質量 m [g] の水が入っている。この中へ温度が $4T$ [K] で質量 m [g] のお湯を混ぜると、温度 $2T$ [K] で熱平衡に達した。金属容器の熱容量 C_m [J/K] を求めよ。ただし、熱は水とお湯と金属容器の間でのみ移動するものとする。

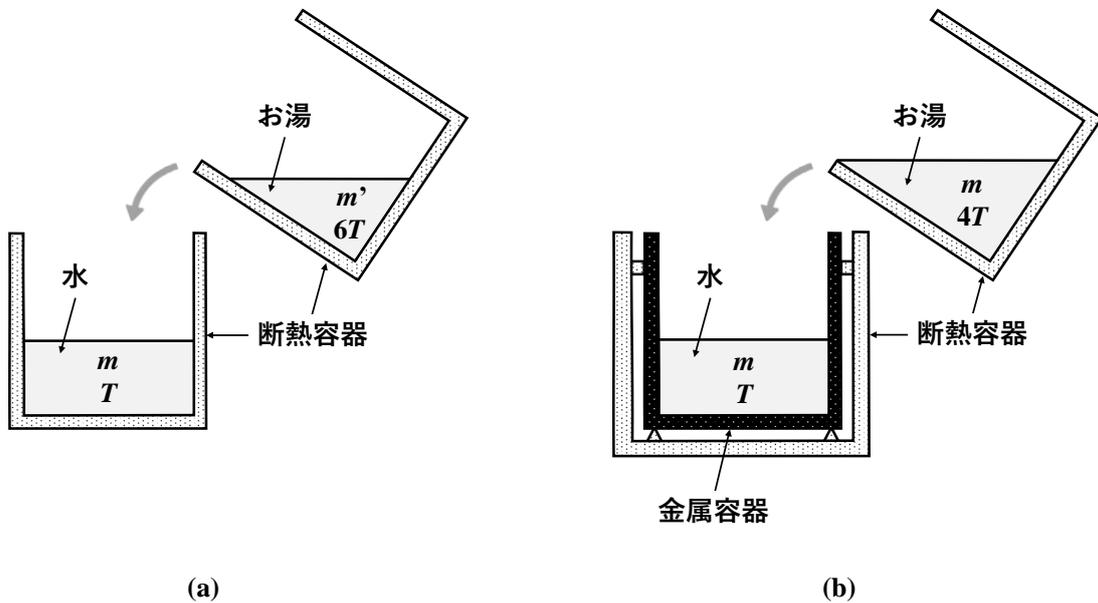


図 2

電子機械システム工学専攻 専門科目 (問題用紙)

(3/7ページ)

[2] 振動に関する以下の説明文の空欄部に当てはまる適切な語句または記号や数式を解答用紙の記入箇所に答えよ。

図3に示すような質量 m [kg] の質点に変位 $x(t)$ [m] に比例した力を生ずるバネ定数 k [N/m] のバネと質点の速度 $\dot{x}(t)$ [m/s] に比例する減衰力を生ずる粘性減衰係数 c [N・s/m] を持つダンパで支持され、質点の運動は鉛直方向に限定するものとする。

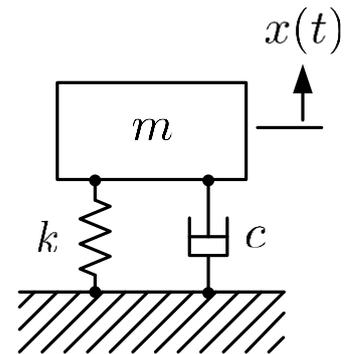


図 3

$x(t)$ を鉛直方向の力のつり合いの位置からの変位とすると、図3より、質点の運動方程式は

$$m\ddot{x}(t) + \boxed{\text{①}} + \boxed{\text{②}} = 0$$

と表される。この運動方程式の一般解は C_1, C_2 を任意定数とすると

$$x(t) = C_1 e^{\lambda_1 t} + C_2 e^{\lambda_2 t}$$

で与えられる。ここで、 λ_1, λ_2 は方程式

$$m\lambda^2 + \boxed{\text{③}} + \boxed{\text{④}} = 0$$

を満足する2根であり、

$$\lambda_1, \lambda_2 = -\frac{\boxed{\text{⑤}}}{\boxed{\text{⑥}}} \pm \sqrt{\boxed{\text{⑦}}}$$

である。平方根の中の正負によって図3の質点の挙動は異なる。

平方根の中が負の場合、根は虚数となる。この場合、 $\sqrt{-1} = i$ とし、

$$\frac{\boxed{\text{⑤}}}{\boxed{\text{⑥}}} = \mu, \quad \sqrt{\boxed{\text{⑧}}} = \omega_1$$

とすると、 $\lambda_1, \lambda_2 = -\mu \pm i\omega_1$ となるので、求める解 $x(t)$ は A, θ_0 を任意定数とし μ, ω_1 を用いると

電子機械システム工学専攻 専門科目 (問題用紙)

(4/7ページ)

[2]

$$x(t) = Ae^{\boxed{\textcircled{9}}} \cos \left(\boxed{\textcircled{10}} + \theta_0 \right)$$

となる。これは時間の経過とともに振幅が $\boxed{\textcircled{11}}$ していくので、この式で表される運動を $\boxed{\textcircled{12}}$ という。

この振動の周期 T は

$$T = \frac{\boxed{\textcircled{13}}}{\sqrt{\boxed{\textcircled{8}}}}$$

となり、ダンパのない（粘性減衰係数が0の）場合の振動周期

$$T_0 = \frac{\boxed{\textcircled{13}}}{\boxed{\textcircled{14}}}$$

に比べ、 T は $\boxed{\textcircled{15}}$ 。

電子機械システム工学専攻 専門科目 (問題用紙)

(5/7ページ)

[3] (1) ~ (4) の問いに答えよ。

(1) 抵抗 R 、 $2R$ 、 $6R$ から構成される図4に示す回路において、端子 ab 間の合成抵抗 R_{ab} を求めよ。

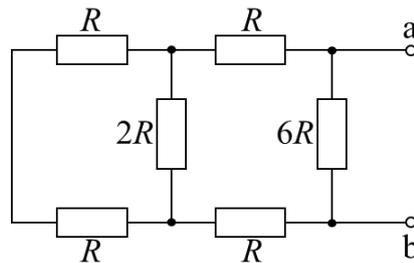


図4

(2) 図5の回路は図4の回路に電圧 E の直流電圧源をとりつけたものである。端子 ab 間の電圧 V_{ab} を求めよ。

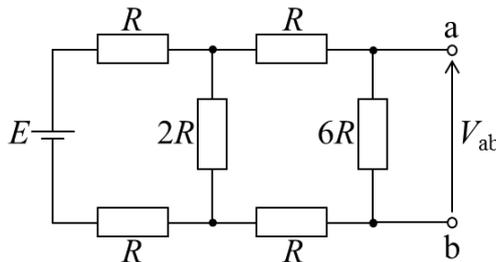


図5

(3) 図6の回路は図5の回路の端子 ab 間に可変抵抗 R_L を接続したものである。可変抵抗 R_L に流れる電流 I_L をテブナンの定理を用いて求めよ。

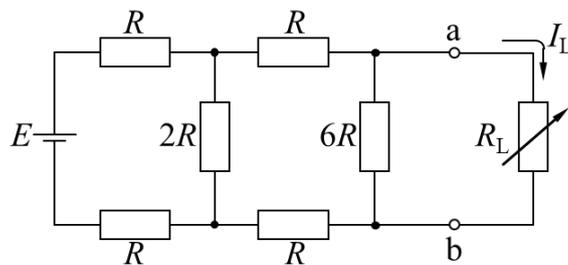


図6

電子機械システム工学専攻 専門科目（問題用紙）

(6/7ページ)

[3]

(4) 図6の回路において、可変抵抗 R_L で消費される電力 P を式で表せ。
また、可変抵抗 R_L を変化させて P が最大となるとき、 R_L が R の何倍となるかを求めよ。

電子機械システム工学専攻 専門科目 (問題用紙)

(7/7ページ)

[4] 内部抵抗 r の交流電圧源 \dot{E} (実効値 E 、最大値 E_m 、周波数 f 、角速度 ω) に、抵抗 R 、コンデンサ C 、コイル L からなる回路が、図7のように接続されている。以下の問いに答えよ。

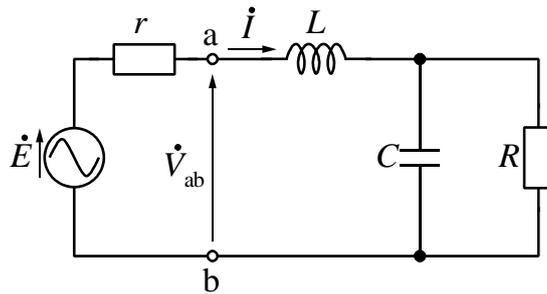


図7

- (1) 端子 ab から右側の回路の合成インピーダンス \dot{Z}_{ab} を求めよ。実数部と虚数部に分けて示すこと。
- (2) 電圧 \dot{V}_{ab} と電流 i の関係を、 i を基準としたフェーザ図 (ベクトル図) で示せ。容量性と誘導性の、それぞれの場合について図示すること。
- (3) \dot{V}_{ab} と i の位相差 ϕ を求めよ。解答は R 、 C 、 L を用いて示すこと。
- (4) 交流電圧源の周波数 f を変えていったときに、 \dot{V}_{ab} と i が同相となる周波数 f_0 を求めよ。ただし、 $R > \sqrt{\frac{L}{C}}$ とする。
- (5) 交流電圧源の周波数 $f=0$ のときの電流 $I = |i|$ を求めよ。また、 f を f_0 からさらに高くしていったときに、 I はどのように変化するか述べてよ。