

令和4年度専攻科入学者選抜（学力選抜）検査問題

電子機械システム工学専攻

専 門 科 目

（注意）

- 1 問題用紙は、指示があるまで開かないこと。
- 2 問題用紙は、1ページ～8ページまでである。
検査開始の合図の後で確かめること。
- 3 解答は、すべて解答用紙に記入すること。
- 4 電卓は使用できない。

電子機械システム工学専攻（問題用紙）

(1/8 ページ)

[1]以下の物理基礎に関する(1)～(3)までの問いに解答せよ。ただし、問題文にある記号を用いて解答欄に解答を記入し、物理量を解答する際は適切な単位も記述すること。

(1) 運動について記述された以下の文が正しくなるよう、空欄部 ～ に当てはまる文言、数式を解答せよ。

ばね定数 k [N/m]のばねを天井からつるした。このばねの他端に質量 m [kg]のおもりをつるし、ゆっくり手をはなし静止させた平衡状態を考える。ここから再度おもりを x_0 [m] ($x_0 > 0$) だけ鉛直下向きに引っ張った点において、重力加速度を g [m/s^2]とすると、おもりがばねから受ける力の大きさは で方向は 向きである。引っ張った状態から手を離れたところ、おもりは上下に振動をした。おもりの変位を x [m]と定め、鉛直上向きを正にとる。平衡状態のおもりの位置を $x=0$ [m]とし、これを弾性エネルギーと位置エネルギーの基準点とする。このとき、 $x > 0$ の領域で、弾性エネルギーが最大となるのは $x =$ の時で、この時の弾性エネルギーの大きさは となる。また、運動エネルギーの大きさが最大となるのは $x =$ の時であり、外部からの影響がない場合、力学的エネルギー保存則により大きさは となる。

(2) 振動数 f_A [Hz]の音源 A が静止している観測者 O に向かって、速度 v_A [m/s]で接近し、通過していった。この時の音速は v_s [m/s]であった。

(2-a) 接近時に観測者に聞こえる音の振動数を答えよ。

(2-b) 通過後に観測者に聞こえる音の振動数を答えよ。

(2-c) 通過後に観測者が音源と同方向に速度 v_0 [m/s]で移動した。この時に観測者に聞こえる音の振動数を答えよ。

(2-d) 音源と観測者の移動速度により、観測者に聞こえる音の振動数が音源と異なる現象を何とよいか答えよ。

(3) 空気中で質量 m [kg]の雨滴が空気抵抗 $F(t)$ [N]を受けて速度 $v(t)$ [m/s]で落下している。時刻 $t=0$ [s]で静止状態から落下をはじめたとして、重力加速度を g [m/s^2]とするとき、以下の(3-a)～(3-e)問いに答えよ。ただし、雨滴の落下方向(下向き)の変位、速度、加速度を正とする。

(3-a) 空気抵抗が一定の係数 k [N/(m/s)]で速度 $v(t)$ に比例して与えられるとき、空気抵抗 $F(t)$ を求めよ。

(3-b) 雨滴の落下の運動方程式を $v(t)$ を用いて記述せよ。

(3-c) (3-b)で解答した運動方程式を解き、雨滴の速度 $v(t)$ [m/s]を求めよ。

(3-d) $t \rightarrow \infty$ における雨滴の終端速度を求めよ。

(3-e) 落下開始地点を 0m とする雨滴の変位 $x(t)$ [m]を求めよ。

電子機械システム工学専攻（問題用紙）

(2/8 ページ)

[2]剛体に関する次の説明文について空欄部 ~ に当てはまる適切な数値または数式を解答用紙の記入欄に示せ。

(1) 図1に示すように質量 m [kg]、長さ l [m] の丈夫で均質な棒が、側面がなめらかな円柱を利用して、あらい床に立てかけられている。床に立てかける角度をゆるやかにかえていったところ、床と棒のなす角が θ [°]、円柱と棒の接触点と棒の床側の端点との水平距離が a [m] のときに棒がすべりはじめた。重力加速度を g [m/s²]、棒が床から受ける垂直抗力を N_1 、円柱から受ける垂直抗力を N_2 とし、棒と床の静摩擦係数を μ_0 とすると、すべりはじめる直前の棒の水平方向の力のつり合いを表す式は、右向きに働く力を正にとると、

$$\text{㉗} = 0$$

となる。同様にすべりはじめる直前の棒の鉛直方向の力のつり合いは、鉛直上向き（重力と反対方向）の力を正として、

$$\text{㉘} = 0$$

となる。また、床と接触している方の棒の端点回りのモーメントのつり合いの式は、反時計方向のモーメントを正として、

$$\text{㉙} = 0$$

と表すことができる。これらのつり合いの式より、棒と床との静摩擦係数 μ_0 を m 、 l 、 a 、 θ 、 g より必要なものを用いて求めると

$$\mu_0 = \text{㉚}$$

となる。

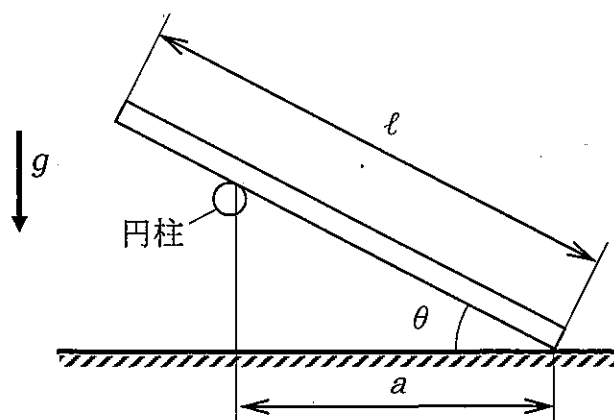


図1

電子機械システム工学専攻 (問題用紙)

(3/8 ページ)

(2) 図2に示すように、半径の等しい定滑車および動滑車に質量が無視できる細いロープをかけ、ロープの一端を天井に固定し、他端に質量 M [kg]のおもりをつけ落下させることで、動滑車にぶら下げた質量 m [kg]の荷物を持ち上げる装置を考える。定滑車と動滑車の慣性モーメントをそれぞれ I_1 [kg m²]、 I_2 [kg m²]、滑車の半径を r [m]、重力加速度を g [m/s²]とする。ロープは伸び縮みせず滑車との間にすべりは無いものとする。また、動滑車の質量はぶら下げた荷物の質量 m に含まれているものとする。このときおもりが落下する加速度 a [m/s²]を求めることを考える。なお、力やモーメントのつり合い、運動の方向を考える場合、並進方向は鉛直下向き(重力が作用する方向)を正とし、回転方向は時計回りを正とする。

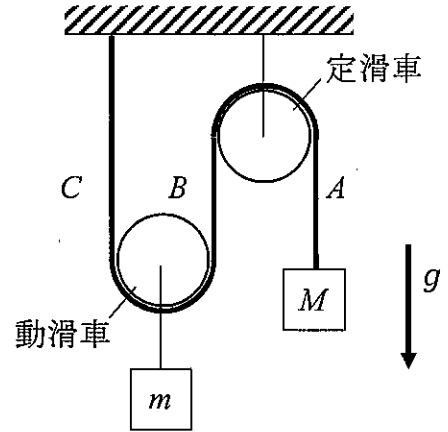


図2

まず、おもりに働くロープの張力を T_A とすれば、おもりの並進方向の運動方程式は、

$$\boxed{\text{㊸}} \quad (1)\text{式}$$

となる。荷物の加速度を b [m/s²]とおいて考えると、おもりが落下する加速度 a との関係は、荷物が取り付けられている滑車は動滑車であるため、

$$b = \boxed{\text{㊹}} \times a$$

となる。これより、動滑車と定滑車の中で働くロープの張力を T_B 、壁と動滑車の中で働くロープの張力を T_C とし、荷物の並進方向の運動方程式を a を用いて表すと、

$$\boxed{\text{㊺}} \quad (2)\text{式}$$

となる。次に、定滑車の角加速度を α [rad/s²]とすれば、ロープが滑らないという条件より a と α の関係には、

$$\alpha = \boxed{\text{㊻}} \times a$$

という関係が成り立つ。これより定滑車の回転方向の運動方程式を a を用いて表すと、

$$\boxed{\text{㊼}} \quad (3)\text{式}$$

と表せる。同様に動滑車の回転方向の運動方程式を a を用いて表すと、

$$\boxed{\text{㊽}} \quad (4)\text{式}$$

電子機械システム工学専攻（問題用紙）

(4/8 ページ)

となる。(1)~(4)式より、ロープに働く張力を g 、 r 、 m 、 M 、 I_1 、 a より必要なものを用いて求めると、

$$T_A = \boxed{\oplus} \quad , \quad T_B = \boxed{\ominus} \quad , \quad T_C = \boxed{\otimes}$$

となる。以上の結果を用いて、おもりが落下する加速度を g 、 r 、 m 、 M 、 I_1 、 I_2 より必要なものを用いて求めると、

$$a = \boxed{\oplus}$$

となる。

電子機械システム工学専攻 (問題用紙)

(5/8 ページ)

[3] 図3に示す直流回路について、重ねの理(重ね合わせの理)を用いて電源 E_1 、 E_2 に流れる電流 I_1 、 I_2 を求めたい。次の に当てはまる数式を答えよ。ただし、数式は分数とせず、括弧は用いないこと。

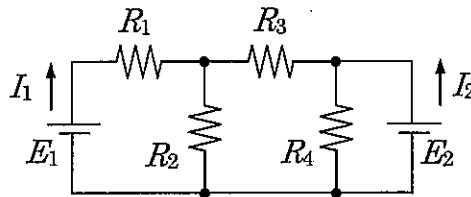


図3

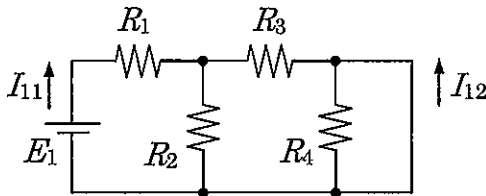


図4

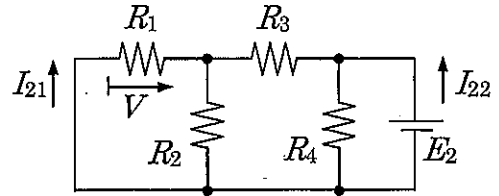


図5

まず、図4のような電源 E_2 を取り外して短絡した回路を考える。電源 E_1 から見た全体の合成抵抗 R は、 $R = \frac{(1)}{(2)}$ である。よって、電源 E_1 に流れる電流 I_{11} は、 $I_{11} = \frac{(2)}{(1)} E_1$ となる。また、電流 I_{12} は、 $I_{12} = -\frac{(3)}{(1)} E_1$ となる。

次に、図5のような電源 E_1 を取り外して短絡した回路を考える。電源 E_2 から見た全体の合成抵抗 r は、 $r = \frac{(4)}{(5)} \times \left(\frac{(1)}{(1)} \right)$ である。よって、電源 E_2 に流れる電流 I_{22} は、 $I_{22} = \frac{(5)}{(4)} + \frac{(1)}{(1)} E_2$ となる。また、抵抗 R_1 の両端の電圧 V は、 $V = \frac{(6)}{(1)} E_2$ である。よって、電流 I_{21} は、 $I_{21} = -\frac{(7)}{(1)} E_2$ となる。

次に、図5のような電源 E_1 を取り外して短絡した回路を考える。電源 E_2 から見た全体の合成抵抗 r は、 $r = \frac{(4)}{(5)} \times \left(\frac{(1)}{(1)} \right)$ である。よって、電源 E_2 に流れる電流 I_{22} は、 $I_{22} = \frac{(5)}{(4)} + \frac{(1)}{(1)} E_2$ となる。また、抵抗 R_1 の両端の電圧 V は、 $V = \frac{(6)}{(1)} E_2$ である。よって、電流 I_{21} は、 $I_{21} = -\frac{(7)}{(1)} E_2$ となる。

次に、図5のような電源 E_1 を取り外して短絡した回路を考える。電源 E_2 から見た全体の合成抵抗 r は、 $r = \frac{(4)}{(5)} \times \left(\frac{(1)}{(1)} \right)$ である。よって、電源 E_2 に流れる電流 I_{22} は、 $I_{22} = \frac{(5)}{(4)} + \frac{(1)}{(1)} E_2$ となる。また、抵抗 R_1 の両端の電圧 V は、 $V = \frac{(6)}{(1)} E_2$ である。よって、電流 I_{21} は、 $I_{21} = -\frac{(7)}{(1)} E_2$ となる。

以上の結果から、重ねの理(重ね合わせの理)を用いて I_1 、 I_2 を求めると、 $I_1 = \frac{(8)}{(1)}$ 、

$I_2 = \frac{(5)}{(4)} + \frac{(1)}{(1)} E_2 - \frac{(3)}{(1)} E_1$ となる。

電子機械システム工学専攻（問題用紙）

(6/8 ページ)

[4] 図6に示す交流ブリッジ回路について、次の問いに答えよ。ただし、 $R_1=30[\Omega]$ 、 $R_2=20[\Omega]$ 、 $R_3=50[\Omega]$ 、 $L_1=30[\text{mH}]$ 、 $C_1=10[\mu\text{F}]$ であり、電源の電圧および角周波数をそれぞれ $\dot{V} = 600[\text{V}]$ 、 $\omega = 1.0 \times 10^3[\text{rad/s}]$ とする。また、虚数単位を j とし、実数部が X 、虚数部が S である複素数を $X + jS$ と表すものとする。

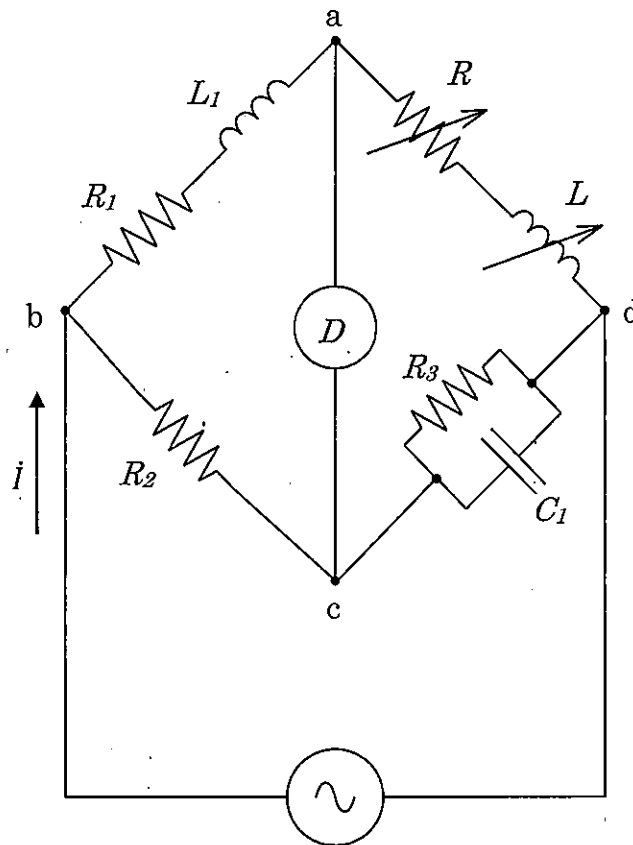


図6 交流ブリッジ回路

- (1) 端子 ab 間の合成インピーダンス \dot{Z}_{ab} を示せ。ただし、 \dot{Z}_{ab} は実数部と虚数部に分けて示すこと。
- (2) 端子 cd 間の合成インピーダンス \dot{Z}_{cd} を示せ。ただし、 \dot{Z}_{cd} は実数部と虚数部に分けて示すこと。
- (3) ブリッジ回路が平衡しているとき、可変抵抗 R および可変インダクタンス L をそれぞれ示せ。
- (4) ブリッジ回路が平衡しているとき、ブリッジ回路に流れ込む電流 \dot{i} を求めよ。ただし、 \dot{i} は実数部と虚数部に分けて示すこと。

電子機械システム工学専攻（問題用紙）

（7／8 ページ）

計算用紙

電子機械システム工学専攻（問題用紙）

（8／8 ページ）

計算用紙