

令和7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 問題は1ページから6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）

(1/6ページ)

[1] 力学的エネルギーに関する（１）と（２）の問いに解答せよ。

（１）次の文の空欄 ア ～ サ に入る適切な語句を解答用紙の記入欄に記せ。

図1のように地面から高さ h [m] に置かれている質量 m [kg] の物体の持つ ア エネルギーは、地面を基準とすると重力加速度 g [m/s²] を用いて イ と表される。この物体を図1の状態から摩擦を無視できる斜面に沿って高さ $2h$ [m] まで上げる場合、必要な仕事は ウ [J] である。

単位時間あたりに行われる仕事を エ という。 ウ [J] の仕事を時間 t [s] で行った場合は、 オ [W] である。図1の状態から ウ [J] の仕事により摩擦のない斜面に沿って高さ $2h$ [m] まで物体を引っ張り上げるとき、斜面の傾きを θ [°] とすると必要最低限の力の大きさは カ [N] である。

次に、物体が図1の状態から摩擦を無視できる斜面に沿って地面まで滑り落ちる場合を考える。力学的エネルギー保存則により、滑り落ちる物体の ア エネルギーと キ エネルギーの総和は一定である。地面に着く直前の速さは ク [m/s] と表すことができる。物体は地面に着いた後、摩擦のある地面をしばらく滑ったのち停止した。地面と物体間の静止摩擦係数 μ 、動摩擦係数 μ' が既知であるとする、地面を運動している物体が受ける摩擦力は ケ [N] で表すことができる。移動距離 x [m] を移動する間に摩擦によって物体が失う キ エネルギーは、 コ [J] である。運動している物体が摩擦により停止するまでの距離は、 $x =$ サ [m] で求めることができる。

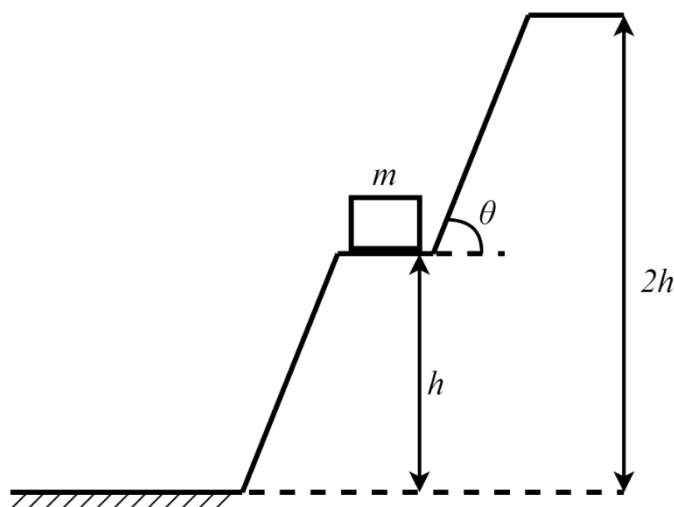


図1 斜面上にある質量 m の物体

電子機械システム工学専攻（問題用紙）

(2/6ページ)

[1]

(2) 以下の問いに解答せよ。

- (2-1) 体脂肪 1 [kg] は 7200 [kcal] のエネルギーを体に供給する。人間が仕事に変えられる脂肪のエネルギーを 10 [%] とすると、体重 m [kg] の人間が標高 h [m] の山に登る場合、エネルギーは全て体脂肪から供給されるとして、頂上に到達するまでに消費する体脂肪 M [kg] を求める式を示せ。ただし、1 [cal] は 4.2 [J] とし、重力加速度は g [m/s²] とする。有効数字は考慮しない。
- (2-2) ある自動車が、一定の速さ v [m/s] で走行するとき、空気抵抗による損失、路面との摩擦による損失、その他の力学的損失を補う必要がある。空気抵抗による損失を補うために P_1 [W]、路面との摩擦による損失を補うために P_2 [W]、その他の力学的損失を補うために P_3 [W] 必要とする。走行距離 x [m] を走るのに必要な仕事 E [J] を求める式を示せ。

電子機械システム工学専攻（問題用紙）

(3/6ページ)

- [2] 図2のような、周囲にへりのある円板を考える。この円板の剛体としての運動や、円板上の物体の運動に関する(1)～(5)の文について、空欄部 ア ～ ソ 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記せ。

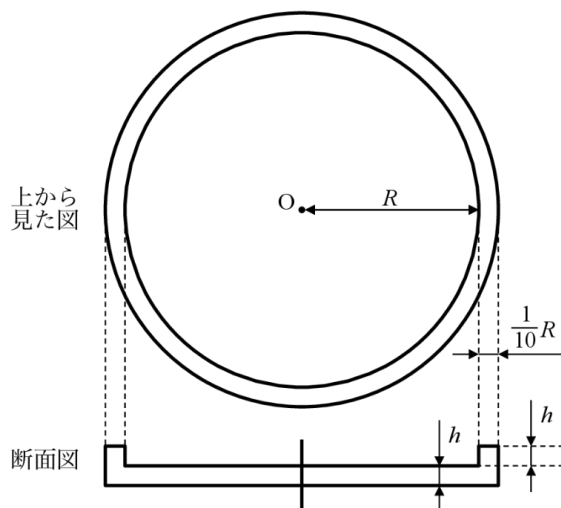


図2 周囲にへりのある円板

- (1) まずはこの円板の点 O まわりの慣性モーメント I を求める。この円板は半径が $\frac{11}{10}R$ で高さが ア の円板 A から、半径が イ で高さが ウ の円板 B をくり抜いたものと考えられる。質量が m で半径が r の円板について、中心を通過して円板に垂直な軸周りの慣性モーメントは $\frac{1}{2}mr^2$ であるから、円板の体積密度を ρ 、円周率を π とすると、円板 A と円板 B の点 O まわりの慣性モーメント I_A 、 I_B はそれぞれ
- $$I_A = \text{ エ } \pi \rho h R^4, I_B = \text{ オ } \pi \rho h R^4$$
- となる。したがって、求める慣性モーメント I は以下ようになる。

$$I = \text{ カ } \pi \rho h R^4$$

- (2) 静止した状態から点 O まわりに一定のトルク T を時間 Δt の間だけ作用させたら角速度 ω はいくつになるか求める。これによる角運動量の変化に注目すると

$$I\omega = \text{ キ }$$

が成り立つ。これと、(1) で求めた I の式から、以下のように ω が求まる。

$$\omega = \text{ ク }$$

電子機械システム工学専攻（問題用紙）

(4/6ページ)

[2]

つづいて、図3のように、円板の中心 O とバネ定数が k で自然長が l の軽いバネでつながった、質量が m で体積の無視できる小物体の運動を考える。円板と小物体は点 O を通り円板に垂直な直線を軸として一定の角速度 ω で回転しているとする。また、物体と円板との間の摩擦や軸まわりの摩擦、および空気抵抗は無視できるものとする。

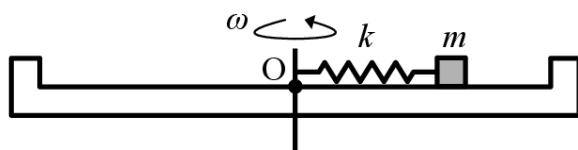


図3 円板の中心とバネでつながった小物体

(3) バネの自然長からの伸びを x_0 とすると、回転中心から小物体までの距離 r は

$$r = \boxed{\text{ケ}}$$

である。したがって、物体とともに回る観測者から見た物体にはたらく力のつり合いから x_0 を求めると

$$x_0 = \boxed{\text{コ}}$$

となる。

(4) 小物体がへりに衝突しないための角速度 ω の範囲を求める。衝突しないためには

$$\boxed{\text{サ}} < R$$

であればよいので、(3) で求めた x_0 の式を代入して整理すると

$$\omega^2 < \boxed{\text{シ}}$$

が求める範囲となる。

(5) 最後に、小物体をつり合いの位置から少し動かして振動させることを考える。振動中のバネの伸びを x 、小物体の点 O から離れる向きの加速度を a として運動方程式を立て、(3) で求めた x_0 の式を使って整理すると

$$ma = \boxed{\text{ス}}(x - x_0)$$

となるので、この振動の周期 T と振動数 f はそれぞれ

$$T = \boxed{\text{セ}}、f = \boxed{\text{ソ}}$$

である。

電子機械システム工学専攻（問題用紙）

(5/6ページ)

[3]

- (1) 図4のように異なる抵抗 R_1 、 R_2 、 R_3 と異なる直流電圧 E_1 、 E_2 の電源を接続した。 R_1 、 R_2 、 R_3 に流れる枝電流の大きさと向きを図4に示すように I_1 、 I_2 、 I_3 と仮定して方程式を立て、それぞれの抵抗に流れる電流を求めよ。

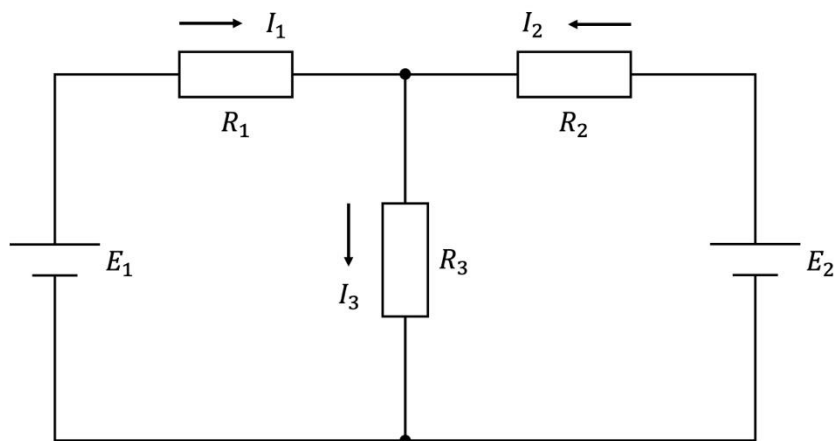


図4

- (2) 図5の回路は図4の回路にさらに抵抗 R_1 、 R_2 を接続し、直流電圧 E_2 の電源の向きを反対にして構成したものである。各閉回路に流れる網目電流の大きさと向きを図5に示すように I_4 、 I_5 と仮定して方程式を立て、 R_3 に流れる電流を求めよ。

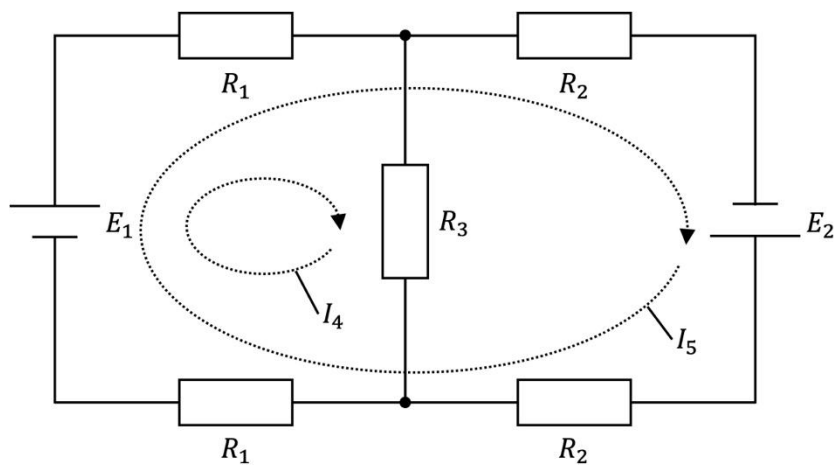


図5

- (3) 図5の回路において、(2)で求めた R_3 に流れる電流が0となる条件を求めよ。

電子機械システム工学専攻（問題用紙）

(6/6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 、コイル L 、コンデンサ C からなる回路が、図6のように接続されている。

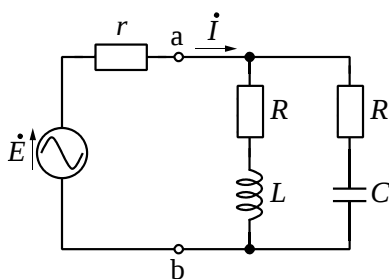


図 6

- (1) 端子 ab から右側の回路の合成インピーダンス $\dot{Z}_{ab}$ または合成アドミタンス $\dot{Y}_{ab}$ を求めよ。解答は以下の式の空欄 ① から ⑤ に (ア) から (コ) の記号を入れて示すこと。

$$\boxed{\text{①}} = \boxed{\text{②}} \left\{ \boxed{\text{③}} \right\} + j \boxed{\text{④}} \left\{ \boxed{\text{⑤}} \right\}$$

(ア) $\dot{Z}_{ab}$ (イ) $\dot{Y}_{ab}$ (ウ) R (エ) R^2 (オ) ω

(カ) ωR^2 (キ) $\frac{C}{1+(\omega CR)^2} + \frac{L}{R^2+(\omega L)^2}$ (ク) $\frac{C}{1+(\omega CR)^2} - \frac{L}{R^2+(\omega L)^2}$

(ケ) $\frac{1}{1+(\omega CR)^2} + \frac{(\omega L)^2}{R^2+(\omega L)^2}$ (コ) $\frac{(\omega C)^2}{1+(\omega CR)^2} + \frac{1}{R^2+(\omega L)^2}$

ただし、(ア) と (イ) は空欄 ① のみの選択肢とする。

- (2) 交流電圧源の周波数 f ($f > 0$) を変えていったときに、 $\dot{E}$ と電流 i が同相となる周波数 f_0 を求めよ。
- (3) $R^2 = \frac{L}{C}$ のとき、端子 ab から右側の回路の合成インピーダンス $\dot{Z}_{ab}$ （または合成アドミタンス $\dot{Y}_{ab}$ ）が、周波数に関わらず抵抗 R に等しくなることを示せ。
- (4) 端子 ab から右側の回路の複素電力 $\dot{P}$ を $\dot{Z}_{ab}$ と i を用いて示せ。また、(3)が成立するとき、 $\dot{Z}_{ab}$ で消費される電力（有効電力） P を求めよ。ただし、 P は交流電圧源と素子の量記号を用いて示すこと。