

令和4年度

理工学群物理学類
私費外国人留学生入試

小論文
試験問題

注意事項

- ① 問題1 および問題2 は別々の解答用紙に日本語で解答すること。下書き用紙は採点しません。
- ② 試験時間は90分です。

問題 1

図1のように、水平な床の上に角度 α の斜面を持つ質量 M の台が固定されている。その斜面に大きさの無視できる質量 m の物体がつながれているばねがあり、ばねの他端は台の斜面の上端につながれている。ばねの自然長は l_0 でばね定数 k をもち、ばねの質量は無視できるものとする。長さ L の斜面は滑らかであり、物体との間に摩擦はないものとする。重力加速度の大きさを g とし、以下の問いに答えよ。ただし、問1～3では、物体が床に触れることはないものとする。

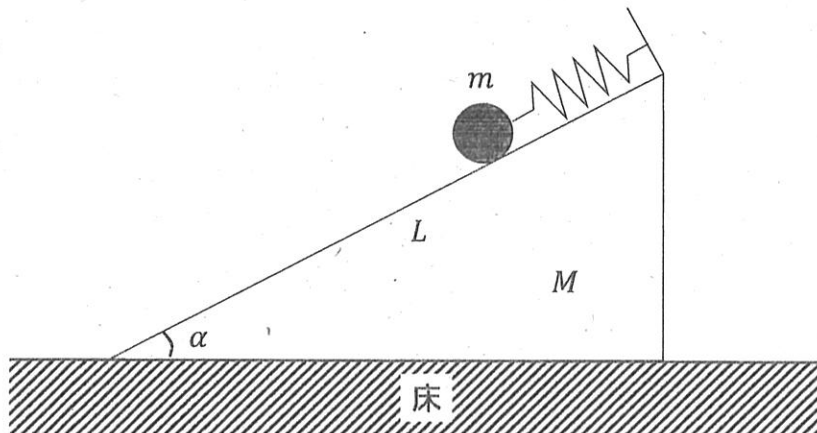


図 1

- 問 1 物体に対して斜面下向き方向にかかる力と、物体が斜面から受ける垂直抗力を求めよ。
- 問 2 物体が静止してつりあっているとき、ばねの長さを求めよ。
- 問 3 つりあいの位置から斜面に沿って距離 s だけ物体を押し下げ静かに手を離れたところ、物体は単振動を始めた。単振動の角振動数を求めよ。
- 問 4 問 3 で単振動していた物体が、振動の最下点に来たときばねが外れ、物体が斜面に沿って滑りおちた。床に到達する直前の物体の速さを求めよ。

次に、ばねを装置から取り外し、台の固定も解除し、台も床上を摩擦なく滑らかに動けるようにした。物体を台の上端に置き、物体と台が床に対して静止した状態で静かに手を離し、斜面に沿って落下させた。

問5 物体が床に到達する直前の速度の水平方向の成分を v_x 、鉛直方向の成分を v_y 、台の水平方向の速度成分を V_x としたとき、水平方向の運動量保存則、及びエネルギー保存則を書き表せ。

問6 物体が床に到達する直前の台の速さを、 m 、 M 、 g 、 L 、 α のなから、必要なものを用いて書け。

問題 2

電源、抵抗、コンデンサー、コイル、およびスイッチを用いて回路を作る。以下では、電源の内部抵抗とコイルの抵抗の影響、および回路から電磁波として放出されるエネルギーは無視できるものとする。

まず、図1のような回路を作った。電源電圧、抵抗値、およびコイルの自己インダクタンスは図中の括弧内 (...) の値を持つ。また、初めスイッチは切れているものとする。このとき、以下の問に答えよ。

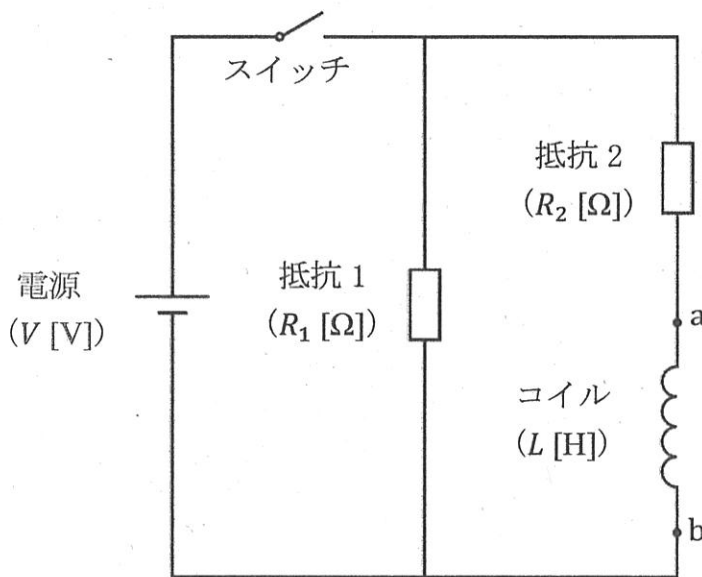


図 1

- 問1. ある時刻にスイッチを入れた。この直後、コイルの自己誘導により生じる起電力（点aに対する点bの電位） V_1 [V]を、 R_1 、 R_2 、 L 、および V のうち必要なものを用いて表せ。
- 問2. スイッチを入れてから十分時間が経った。このとき、コイルに蓄えられたエネルギー E_L [J]を、 R_1 、 R_2 、 L 、および V のうち必要なものを用いて表せ。
- 問3. コイルにエネルギーが蓄えられた状態で電源との接続を瞬時に切ると、大きな誘導起電力が生じ、周囲の部品を破損する恐れがある。このことを、問2.の状態からスイッチを切った瞬間に抵抗1にかかる電圧を用いて、簡潔に説明せよ。

次に、図2のような回路を作った。電源電圧、抵抗値、コンデンサーの静電容量、およびコイルの自己インダクタンスは図中の () 内の値を持つ。また、はじめすべてのスイッチは切れており、どのコンデンサーにも電荷は蓄えられていなかった。以下の問4～8の順序で操作を行なったとして、問いに答えよ。

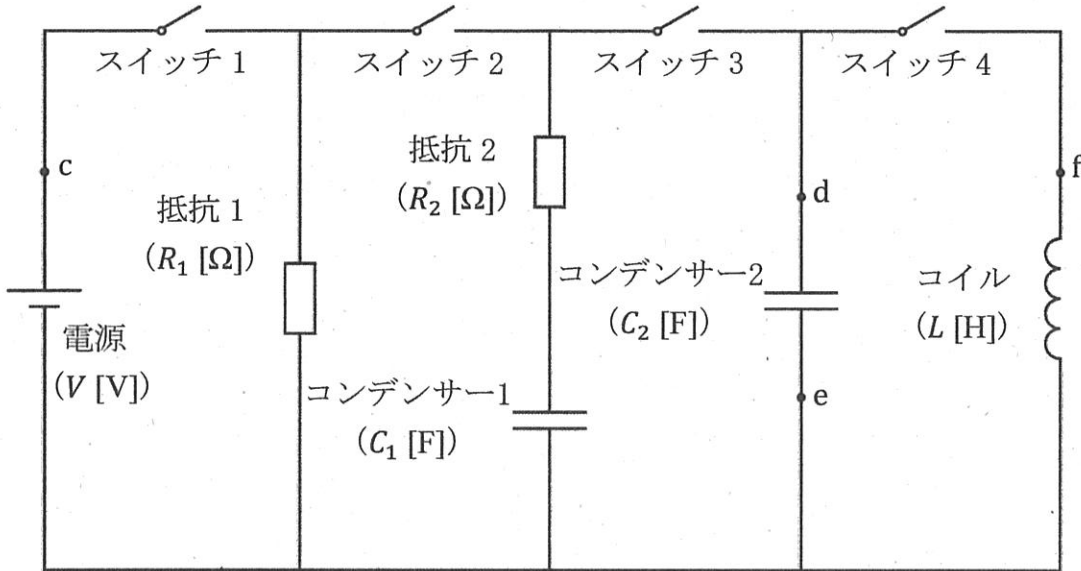


図2

- 問4. ある時刻にスイッチ2を入れたのち、スイッチ1を入れた。この直後、点cを流れる電流の強さ I_c [A] を、 C_1 、 R_1 、 R_2 、および V のうち必要なものを用いて表せ。
- 問5. スイッチ1を入れてから十分時間が経った。このとき、コンデンサー1に蓄えられたエネルギー E_c [J] を、 C_1 、 R_1 、 R_2 、および V のうち必要なものを用いて表せ。
- 問6. 次に、スイッチ2を切ってからスイッチ3を入れ、十分時間が経った。このとき、コンデンサー2の極板間の電圧(点eに対する点dの電位) V_2 [V] を、 C_1 、 C_2 、 R_1 、 R_2 、および V のうち必要なものを用いて表せ。
- 問7. スイッチ3を入れた直後から抵抗2に電流が流れなくなるまでの間、抵抗2で発生した熱量 Q_2 [J] を、 C_1 、 C_2 、 R_1 、 R_2 、および V のうち必要なものを用いて表せ。

問8. 最後に、スイッチ 3 を切ってからスイッチ 4 を入れた。この時刻を $t = 0$ [s] とするとき、点 f を流れる電流の強さが初めて最大値 I_{\max} [A] になる時刻 t_{\max} [s] を、 C_1 、 C_2 、 R_1 、 R_2 、 L 、および V のうち必要なものを用いて表せ。

問9. 点 f を流れる電流の強さの最大値 I_{\max} [A] を、 C_1 、 C_2 、 R_1 、 R_2 、 L 、および V のうち必要なものを用いて表せ。