

平成31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

床から高さ $2l$ の天井に取り付けた、重さの無視できる伸び縮みしない長さ l の糸に大きさの無視できる質量 m の小球が付いた単振り子を考える。単振り子の最下点の位置を O とする。小球を点 O から糸がたるまないように静かに移動させ、点 O からの高さ h の位置にある点 H で静かに手を離した。小球が初めて最下点 O を横切る時に糸が切れた。小球の運動について図 1 を参考にして以下の問いに答えよ。重力加速度を g とする。

- 問 1. 小球が点 H から点 O までの間を動くとき、糸と鉛直線とのなす角 θ における速さ v_a と、最下点 O を横切るときの速さ v_o を l, m, θ, h, g のうち必要なものを用いて示せ。
- 問 2. 小球は、点 P_1 の位置で初めて床に到達する。小球が点 O から点 P_1 に到達するまでの時間を l, m, h, g のうち必要なものを用いて示せ。
- 問 3. 小球は、点 P_1 において床に対し α の角度で衝突した。衝突直前の小球の速さ v_p 、および $\cos \alpha$ を l, m, h, g のうち必要なものを用いて示せ。
- 問 4. 小球は、図 1 のように点 P_1 で床に衝突して跳ね返り、点 P_2 で再び床に衝突した。床はなめらかであり、小球と床との間の反発係数を e とする。このとき、点 P_1 で跳ね返った小球が到達する最高点の床からの高さ h_1 を l, m, h, e, g のうち必要なものを用いて示せ。
- 問 5. 点 O の鉛直下部の床上の点を P_0 とする。 P_0P_2 間の距離を l, m, h, e, g のうち必要なものを用いて示せ。

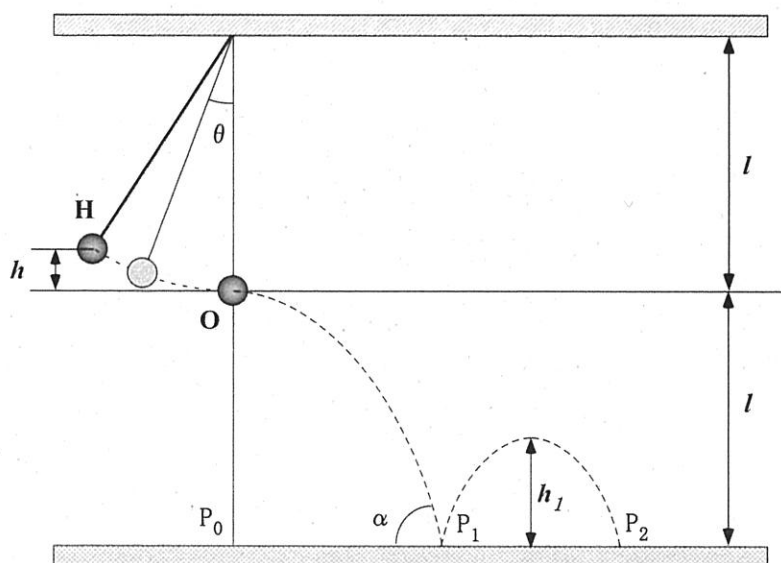


図 1

問題 2

角周波数 ω 、振幅 V_0 の交流電源、抵抗値 R の抵抗、電気容量 C のコンデンサー、および自己インダクタンス L をもつコイル 1、コイル 2 を用いて図 1 および図 2 のような回路を作った。時刻 t における交流電源の出力電圧を $V_0 \sin \omega t$ とし、以下の問いに答えよ。なお、電流は図中の矢印の向きを正とする。

問 1. 次の文章中の \boxed{A} ～ \boxed{D} に当てはまる式あるいは数値を答えよ。同じ記号の $\boxed{}$ には同じ答えが入る。なお、式は、 V_0 、 ω 、 L 、 C 、 t のうち必要なものを用いよ。

図 1 のコイル 1 を流れる電流 I_L は、コイル 1 のリアクタンスが \boxed{A} で位相が電圧に対して \boxed{B} [rad] だけ遅れ、

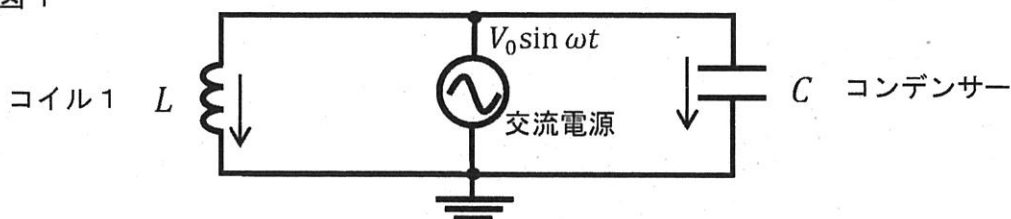
$$I_L = \frac{V_0}{\boxed{A}} \sin(\omega t - \boxed{B})$$

と書ける。一方、図 1 のコンデンサーを流れる電流 I_C は、コンデンサーのリアクタンスが $1/\boxed{C}$ で位相が電圧に対して \boxed{D} [rad] だけ進み、

$$I_C = \boxed{C} V_0 \sin(\omega t + \boxed{D})$$

と書ける。

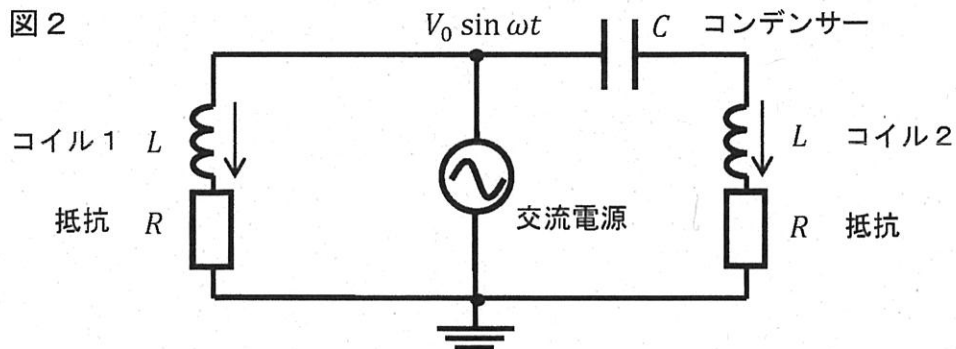
図 1



問 2. 次のページに示す図 2 において、コイル 1、コイル 2 に流れる電流を I_1 、 I_2 、 ϕ_1 、 ϕ_2 を定数として、それぞれ $I_1 \sin(\omega t - \phi_1)$ 、 $I_2 \sin(\omega t - \phi_2)$ (但し $-\pi/2 \leq \phi_1, \phi_2 \leq \pi/2$) と表す。以下、コイル 1 とコイル 2 の相互インダクタンスは考えないものとする。 I_1 、 I_2 、 $\tan \phi_1$ 、 $\tan \phi_2$ を V_0 、 ω 、 L 、 C 、 R のうち必要なものを用いて示せ。必要であれば下記の公式を用いてよい。

$$\sin(\alpha \pm \beta) = \sin \alpha \cos \beta \pm \cos \alpha \sin \beta$$

図 2



問 3. 今、図 2 の回路でコンデンサーの電気容量 C を適当に選ぶと、コイル 1 とコイル 2 を流れる電流の位相差が $\pi/2$ となり、 $\phi_1 = \phi_2 + \pi/2$ の関係となった。 C を V_0 , ω , L , R のうち必要なものを用いて示せ。またコイル 2 に流れる電流の振幅は、コイル 1 に流れる電流の振幅の何倍となるかを V_0 , ω , L , R のうち必要なものを用いて示せ。

次に図 2 の回路で、コイル 1 およびコイル 2 を図 3 のようにそれぞれコイルの中心軸が y 軸上および x 軸上に来るように原点から等距離に配置した。コンデンサーの電気容量は問 3 で求めた値であり、更に $\omega L = R$ とする。コイル 1 およびコイル 2 は同じ形状であり、コイルに流れる電流 I に対して原点 O にそれぞれ $\vec{H}_1 = hI\vec{e}_y$, $\vec{H}_2 = hI\vec{e}_x$ となるような磁場を作るものとする。但し h は正の定数、 \vec{e}_x , \vec{e}_y はそれぞれ x 軸方向、 y 軸方向の単位ベクトルとする。

問 4. 原点 O に作られる磁場は大きさが一定で、向きが時間と共に周期的に変化していることを示せ。

図 3

