物理 直前3 V

YQBFXK-21A2-01

2

次の文章を読んで，$\boxed{}$ には適した式を，{　　　} の中からは正しいものを選びその番号を，それぞれの解答欄に記入せよ。なお，$\boxed{\boxed{}}$ は，すでに $\boxed{}$ で与えられたものと同じものを表す。また，**問 1** では指示に従って，解答を解答欄の枠内に記入せよ。

図 1 のように，質量 m，長さ l の一様な棒 p が，ともにばね定数(弾性定数) k で自然長の等しい 2 本の軽いばねで，水平につり下げられて静止している。2 本のばねの伸縮方向はともに鉛直方向であり，これらの上端 a，b はそれぞれ，絶縁体でできている水平な天井に固定されており，下端 c，d は，それぞれ棒 p の両端に接続されている。2 本のばねと p はともに，電気抵抗の無視できる導体でできているものとし，空間には，p に垂直，かつ水平な向き(図 1 の向き)に磁束密度の大きさ B の一様な磁場を加えるものとする。以下では，ばねの自己インダクタンスは無視でき，p はつねに水平を保つものとし，図 1 のように，つり合いの状態における p の位置を原点 O として，鉛直上向きを正とする y 軸をとる。

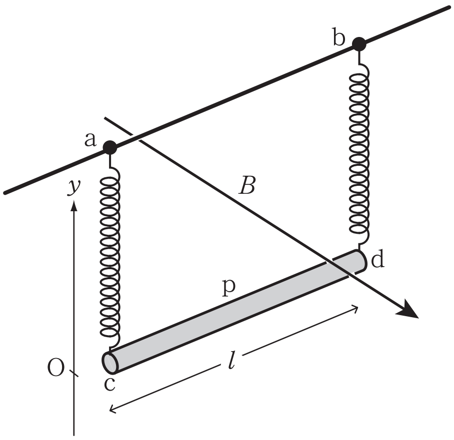


図 1

(1) p が原点 O で静止している状態から，p に，瞬間的に $+y$ 向きで大きさ v_0 の初速度を与えたところ，p は y 方向に振動し始めた。その後，座標 y の位置を通過する瞬間に p が受ける合力は，$+y$ 向きを正として，$\boxed{\text{イ}}$ と表されるから，このとき p は，原点 O を中心として単振動をすることがわかる。その角振動数を ω_1 とすると，$\omega_1 = \boxed{\text{ロ}}$ と表される。また，p に初速度を与えた瞬間を時刻 $t=0$ とすると，p の速度 v ($+y$ 向きを正とする)は，時刻 t の関数として，$v = \boxed{\text{ハ}}$ (ω_1 を含んだ式で表せ) と表される。さらに，このとき p に生じる誘導起電力の最大値は $\boxed{\text{ニ}}$ である。

(2) 次に，図2のような，自己インダクタンスLで電気抵抗の無視できるコイルを，スイッチSを介して，図1，図2のa，bがそれぞれ一致するように，図1のa，bに接続する。最初，Sは開いているものとする。この状態から，Sを開いたまま，(1)と同様に，原点Oで静止しているpに瞬間的に，$+y$向きで大きさv_0の初速度を与えたところ，pは原点Oを中心として，(1)の場合と同様に，角振動数ω_1の単振動をし始めた。その後しばらくしてから，pが原点Oを$+y$向きに通過した瞬間にSを閉じた。Sを閉じた直後にコイルを流れる電流の強さは ホ である。また，Sを閉じた後も，pに生じる誘導起電力の最大値は ニ である。

Sを閉じた後，コイルには一定の角周波数ω_2の振動電流が流れ，それとともに，pは，原点Oを中心として角振動数ω_2の単振動をする。このときコイルを流れる電流の最大値は，B，l，v_0，L，ω_2を用いて へ と表される。また，スイッチを閉じた瞬間を改めて時刻$t=0$とすると，コイルを流れる電流I(図2の矢印の向きを正とする)と時刻tの関係を表すグラフは，{**ト**：選択図1の①〜④}のようになる。このとき，pにも電流が流れるため，pは磁場から力を受けることに注意すると，スイッチを閉じる前後のpの単振動の角振動数ω_1，ω_2の間には，{**チ**：① $\omega_1>\omega_2$，　② $\omega_1=\omega_2$，　③ $\omega_1<\omega_2$}の関係があることがわかる。

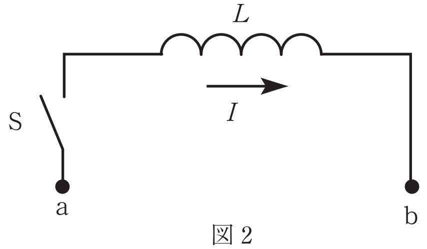
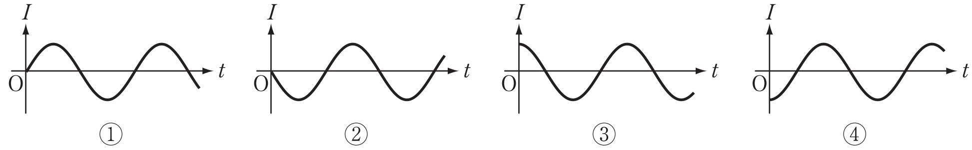


図2



選択図1

(3) 今度は，図２のコイルの代わりに，図３のような，自己インダクタンス L で電気抵抗の無視できるコイル，電気容量を変化させることができるコンデンサーおよび抵抗値 R の抵抗器からなる回路を，図１，図３の a，b がそれぞれ一致するように，図１の a，b に接続する。最初，コンデンサーには電荷が蓄えられていないものとする。

まず，コンデンサーの電気容量を適当に調節して，導体棒 p が原点 O に静止している状態から，p に瞬間的に，$+y$ 向きで大きさ v_0 の初速度を与えたところ，p は y 方向に振動した。このとき，回路には角周波数 ω_3 の振動電流が流れたが，p の振動の振幅，および振動電流の振幅は次第に減衰していった。p が振動している間のある時刻 t の瞬間にコイルを流れる電流 i_L(図３の i_L の矢印の向きを正とする)を，$i_L = I_L \cos\omega_3 t$ $(I_L > 0)$ とする。この瞬間にコンデンサーに流れ込む電流 i_C (図３の i_C の矢印の向きを正とする)は，電気容量を C として，$i_C = (\boxed{\text{リ}}) \times \cos\omega_3 t$，抵抗器を流れる電流 i_R (図３の i_R の矢印の向きを正とする)は，$i_R = (\boxed{\text{ヌ}}) \times \cos\omega_3 t$ と表される。

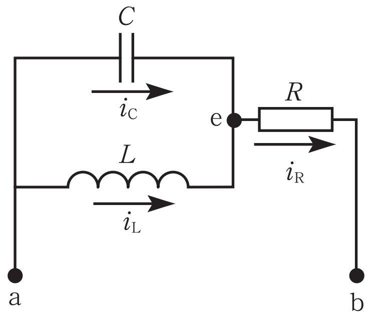


図３

問１　この後，コンデンサーの電気容量をゆっくりと変化させていったところ，電気容量 C が，$C = C_0$ になったとき，p の振動の減衰，およびコイルとコンデンサーを流れる振動電流の減衰がともに起こらず，安定した状態になった(p の振動の振幅，振動電流の振幅は一定となった)。これまでの考察を踏まえて，C_0 を，L，m，k を用いて表せ。考え方や計算過程も明記せよ。