

令和8年度

理工学群 物理学類  
外国学校経験者特別入試

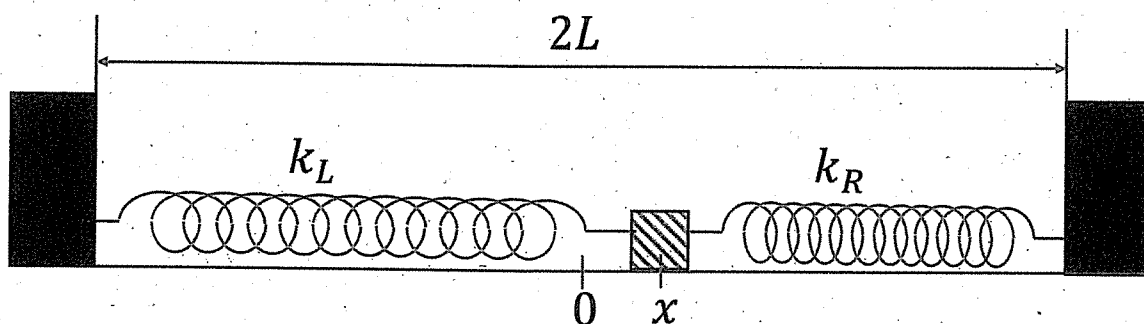
小論文  
試験問題

注意事項

- ① 試験時間は90分です。
- ② 問題Ⅰ、Ⅱのすべてに解答せよ。
- ③ 解答用紙は各問題に対して1枚使用し、それぞれの解答用紙には「問題Ⅰ」のように問題番号を明記すること。
- ④ 解答を書ききれない場合は、「裏へ」と明記してその解答用紙の裏面に続けて書くこと。
- ⑤ 下書き用紙は採点しない。

## 問題 I

図のように、質量が  $m$  の物体が水平な床面上にあり、これに取り付けられた自然長  $\ell$  の2つのばねが、距離  $2L$  だけ離れた左右の壁に固定されている。壁は動かないものとする。ばね定数は左側が  $k_L$ 、右側が  $k_R$  である。2つの壁から等距離  $L$  だけ離れた中央の位置に原点をとり、図の右向きを正とする  $x$  座標を設定する。 $x$  軸上の1次元運動のみに限定し、図の上下方向や紙面から飛び出す物体の運動は考えない。壁の床面と物体との間の摩擦、物体の大きさ、ばねの質量、空気抵抗は無視できる。また、物体は壁に衝突することはない。



問1. 以下のそれぞれの場合について、物体が静止する釣り合いの位置  $x$  はどこか。

(ア)  $L = \ell$  の場合

(イ)  $L > \ell$  の場合

(ウ)  $L < \ell$  の場合

問2. 物体が座標  $x$  の位置にあるとき、左のばねに蓄えられた位置エネルギー  $U_L$  と、右のばねに蓄えられた位置エネルギー  $U_R$  を求めよ。

問3. 問2で求めた  $U_L$  と  $U_R$  の和を最小にする物体の位置  $x$  を求めよ。

次に、 $L > \ell$  かつ  $k_R > k_L$  のとき、物体を左のばねが自然長になる位置で静止させたあと、静かに手を離した。以下の問いに答えよ。

問4. 物体の位置  $x$  の最大値と最小値を求めよ。また、物体が原点を通過するときの速度を求めよ。

問5. 物体の位置  $x$  と速度  $v$  をそれぞれ横軸と縦軸にとり、物体の運動をグラフで図示せよ。ただし、グラフ上で運動のスタート地点にバツ印をつけ、その後の運動の方向を矢印で示せ。また、速度  $v$  の大きさが最大になる物体の位置  $x$  はどこか。

次に、物体から静かに手を離す位置を、左のばねが自然長になる位置からずらして様々に変化させてみよう。

問6. 物体の位置  $x$  と速度  $v$  をそれぞれ横軸と縦軸にとり、物体の運動をグラフで図示せよ。ただし、物体から手を離す位置が異なる2本以上の線を示すこと。

問7. 問6で求めたグラフの線はある量の等高線に対応する。その量とは何か。

## 問題 II

図1のように、絶縁被覆した銅線を一様に密に巻いた長さ  $2\ell$  のソレノイドがある。ソレノイドの長さは十分に長いものとする。ソレノイド両端の端子をそれぞれ A、C とし、AC 間の中点となる端子を B とする (AB 間、BC 間のソレノイドの長さがそれぞれ  $\ell$ )。また、ソレノイドの中心軸上にある AB 間の間の点を P とする。初め、スイッチ S は開いており、両端 A と C の間に起電力  $V_0$  の電池を接続し、十分に時間が経過した時に、電流  $I_0$  が流れ、P 点に強さ  $H_0$  の磁場が生じた。ソレノイド以外の導線の抵抗、および、電池の内部抵抗は無視して良いものとする。このとき、以下の問いに答えよ。

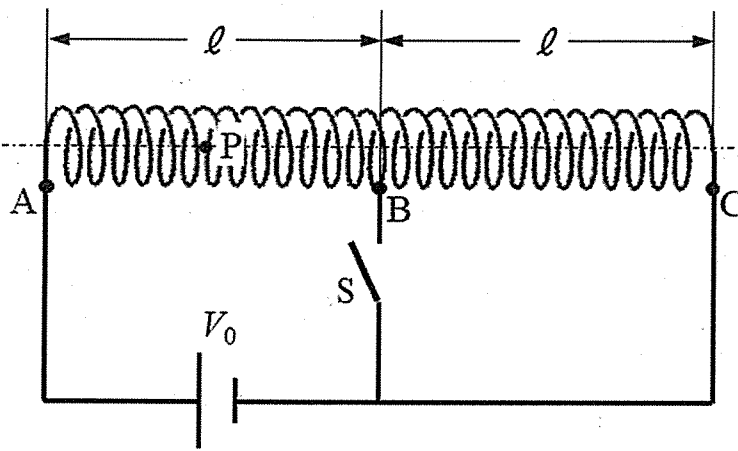


図 1

- 問1. スイッチ S を閉じて、十分に時間が経過した時に、電池から流れる電流は  $I_0$  の何倍になるか。また、P 点の磁場の強さは  $H_0$  の何倍になるか。
- 問2. スイッチ S を開いて、B 点を中心としてこのソレノイドの全巻数を変えずに、2 倍の長さ ( $4\ell$ ) になるまで一様に引き伸ばして固定した。十分に時間が経過した時に、電池から流れる電流は  $I_0$  の何倍になるか。また、P 点の磁場の強さは  $H_0$  の何倍になるか。

次に、図2のように、ソレノイド、起電力  $V_0$  の電池、スイッチ  $S$  の回路を組み替えて、固定したソレノイドの左端と中央とに、それぞれ質量の無視できる銅のリング(閉じた輪)  $R_1$ 、 $R_2$  を、ソレノイドと平行、かつ、同心軸上につるした。 $R_1$ 、 $R_2$  の直径はソレノイドの直径よりも大きく、 $R_1$ 、 $R_2$  は回転しないものとする。このとき、以下の問いに答えよ。

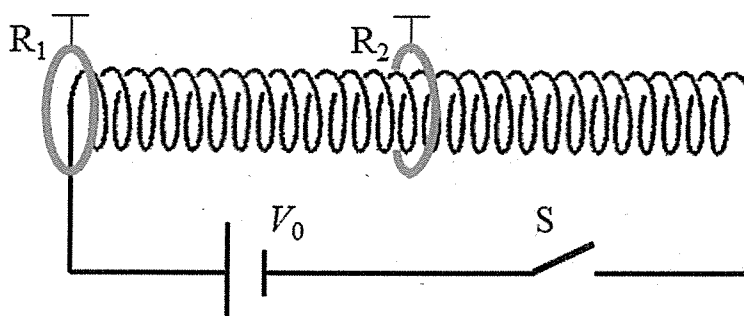


図 2

- 問3. スイッチ  $S$  を閉じた直後、電流が一定になるまでの間に、 $R_1$  と  $R_2$  それぞれには電流が流れるか。流れるとすれば、その向きはソレノイドに流れる電流と同じ向きか、逆向きか。それぞれについて答え、その理由を述べよ。
- 問4. スイッチ  $S$  を閉じた直後、 $R_1$  と  $R_2$  それぞれは動き出すか。動き出すとすれば、その向きは左右どちら向きか。それぞれについて答え、その理由を述べよ。ただし、 $R_1$ 、 $R_2$  間の相互作用は無視して良いものとする。

図3のように、真空中に単位長さあたり  $N$  巻の十分に長いソレノイドに電流  $I$  が流れている。ソレノイドの中心軸を  $x$  軸にとり、 $x$  軸上の一点  $O$  はソレノイドの内部にあり、この点より電子が次々に打ち出されている。打ち出される電子の速度はどの電子をとっても同じであるが、打ち出される方向にはばらつきがあり、 $x$  軸に対して頂角  $2\alpha$  の円錐内に打ち出される。

ここで、重力の影響はなく、電子の運動にともなう誘導現象は無視出来るものとする。電子の質量を  $m$ 、電荷を  $-e$  ( $e > 0$ )、ソレノイドの半径を  $r$  として次の問いに答えよ。

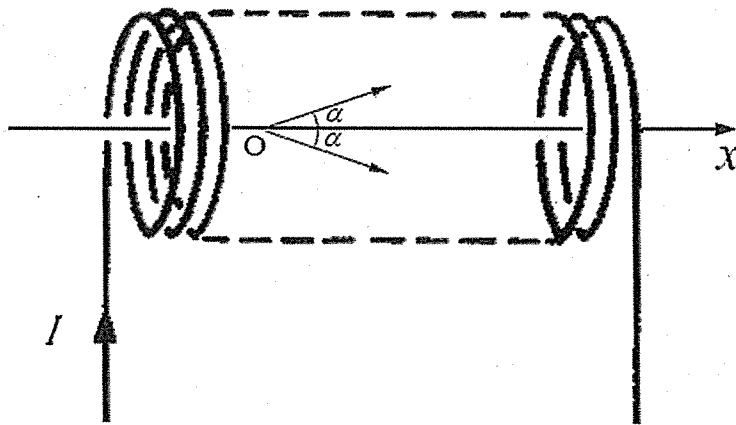


図3

問5. ソレノイド内の磁束密度の大きさは  $\mu_0 NI$  で与えられ、磁束密度の向きは  $x$  軸の正の向きである。  $\mu_0$  は真空の透磁率である。点  $O$  より速さ  $v$  で  $x$  軸からの角度  $\theta$  ( $\theta \leq \alpha$ ) の方向に打ち出された電子の運動を、 $x$  軸に平行な方向と、 $x$  軸に垂直な方向の運動とに分けて考える。電子が磁場から受ける力の  $x$  軸方向の成分の大きさ ( $F_x$ ) と、 $x$  軸に垂直な方向の成分の大きさ ( $F_{\perp}$ ) を求めよ。

問6. ソレノイドを流れる電流  $I$  がある範囲内の大きさになると、電子はソレノイドの内面の壁に衝突してしまう。衝突しないための  $I$  の範囲を  $\alpha$  を用いて求めよ。

- 問7. 点  $O$  を出発した電子がソレノイドの内面の壁に衝突しない条件を満たすとき、はじめて  $x$  軸上にもどるまでの時間を求めよ。
- 問8. 電子が  $x$  軸上にはじめてもどったとき、 $x$  軸方向にはどれだけの距離進んだか求めよ。