

令和8年度

理工学群物理学類 個別学力検査等〔後期日程〕

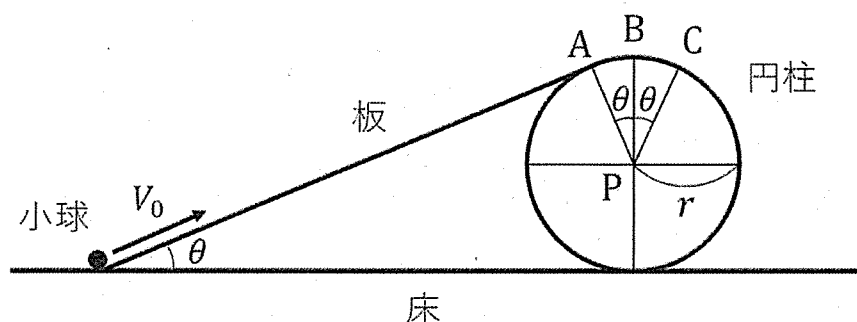
小論文 試験問題

注意事項

- ①問題Ⅰおよび問題Ⅱのすべてに解答すること。
- ②解答用紙は各問題に対して1枚使用すること。それぞれの解答用紙の横長の枠内に「問題Ⅰ」のように問題番号を明記し、小問に分かれている場合は解答用紙に「問1」のように小問番号を記入した上で、小問ごとに解答すること。
- ③解答用紙のおもて面に書ききれない場合は、裏面を使用してもよい。裏面を使用する場合は、おもて面下側に「裏面につづく」と明記すること。
- ④試験時間は90分です。

問題 I

なめらかで厚さの無視できる板と、表面がなめらかな半径 r の円柱を組み合わせた装置を考える。以下の図はこの装置を円柱の軸に垂直な面で切った場合の断面を示したもので、円柱断面の中心を P 、板の端点と円柱が接合されている点を A 、円柱の断面において床から最も高い位置にある点を B とする。板と円柱はどちらも水平な床に固定されており、動かないものとする。板と床のなす角度を θ ($0 < \theta < \pi/2$) とし、板の片側は A において円柱に接するように滑らかに接合されており $\angle BPA = \theta$ である。この装置における床と板の接合点から、質量が m で大きさの無視できる小球を、板に沿って大きさ V_0 の速度で射出した。重力加速度の大きさを g とし、空気抵抗は無視できるとする。また、すべての運動は図に示される断面内で起こるものとする。



- 問1. 小球が A に到達した場合を考える。小球を射出した瞬間と、小球が A に到達した瞬間に対するエネルギーの保存則を用いて、小球が A に到達した瞬間の速度の大きさを求めよ。
- 問2. 小球が A に到達するために必要な V_0 の最小値を求めよ。
- 問3. 小球が A に到達する場合、小球が A にはじめて到達する時刻を求めよ。ただし小球を射出した瞬間を時刻 0 とする。
- 問4. V_0 を十分大きくとったところ、小球は A において装置から離れ、その後は一度も装置に接触することなく床に到達した。床に到達する直前の小球の速度の、床に水平な方向と垂直な方向の成分の大きさをそれぞれ求めよ。

次に、 V_0 を少しずつ小さくしていくと、 V_0 がある値 U_0 より小さくなったとき、小球は A において浮き上がらなくなり、A を通過した後もしばらく装置の円柱部分に沿って運動をするようになった。

問5. U_0 を求めよ。

問6. θ がある条件を満たす場合に、 U_0 より小さな初速度 V_0 で射出した小球は装置から離れずに B まで到達する。この θ の満たす条件をかけ。

問7. 図中の点 C は、A を線分 BP に対して折り返して得られる点とする。 $V_0 < U_0$ のとき、円弧 AC 上で小球が装置から離れることはない。これはなぜか。定性的に説明せよ。

問8. $V_0 < U_0$ で小球が装置から離れずに C を通過したとき、小球は円柱上のある点 D において装置から離れる。 $\angle BPD = \alpha$ とおくとき $\cos \alpha$ を求めよ。

問9. 問 8 で求めた $\cos \alpha$ の値を用いて、問 7 で述べられている小球の運動が定量的にも正しいことを示せ。

問題 II

起電力 E [V] の電池、抵抗値 R [Ω] の抵抗 R_1 、電気容量 C [F]、 $2C$ [F] のコンデンサー C_1 、 C_2 、自己インダクタンス L [H] のコイル L_1 、スイッチ S_1 、 S_2 が図 1 のように接続されている電気回路を考える。ただし、電池の内部抵抗、スイッチの抵抗、コイルの抵抗、および導線の抵抗は無視できるものとする。最初、 S_1 と S_2 は開かれ、すべてのコンデンサーに電荷は蓄えられていないとする。このとき、以下の問いに答えよ。

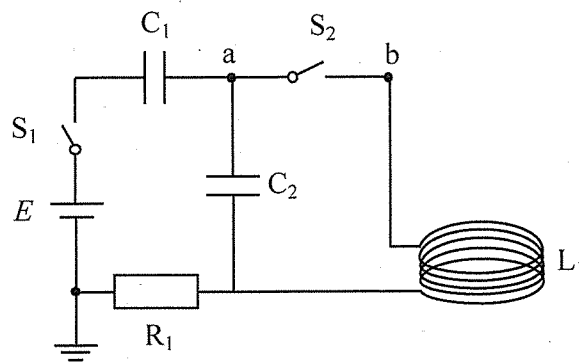


図 1

まず初めに、スイッチ S_1 を閉じる。

問 1. S_1 を閉じた直後、 S_1 を流れる電流の大きさ I_1 を求めよ。

問 2. 十分時間が経った後の a 点での電位を求めよ。また、この時にコンデンサー C_2 に蓄えられる静電エネルギーを求めよ。

次にスイッチ S_1 を開き、スイッチ S_2 を閉じると、電気振動が生じた。ただし、スイッチ S_2 を閉じた瞬間の時刻を $t=0$ とし、スイッチ S_2 に流れる電流の最大値を I_0 とする。

問 3. このときの振動の周期 T を求めよ。

問 4. スイッチ S_2 を流れる電流 I_2 の時間変化を表すグラフの 1 周期分の概形を描け。ただし、縦軸を I_2 、横軸を t として、 $a \rightarrow b$ の向きに流れる電流を正とする。

問 5. コンデンサー C_2 に蓄えられる最大電荷量 Q_{max} を I_0 、 L 、 C を用いて表せ。

問 6. I_0 を L 、 C 、 E 、 R のうち必要なものを用いて表せ。

問7. もし、コイル L_1 の抵抗が大きくて無視できないならば、スイッチ S_2 に流れる電流はどのように変化するか、理由とともに述べよ。

次に、すべてのコンデンサーに電荷が蓄えられていない元の状態に戻したのち、図2のように、電流計が繋がれたコイル L_2 をコイル L_1 の近くに、同一の中心軸を持つように配置した。2つのコイルは同じ径で同じ方向に巻かれたものである。再び、 S_1 を閉じてから、十分な時間が経過したのち、 S_1 を開き、次に S_2 を閉じた瞬間に電流計に電流が流れた。

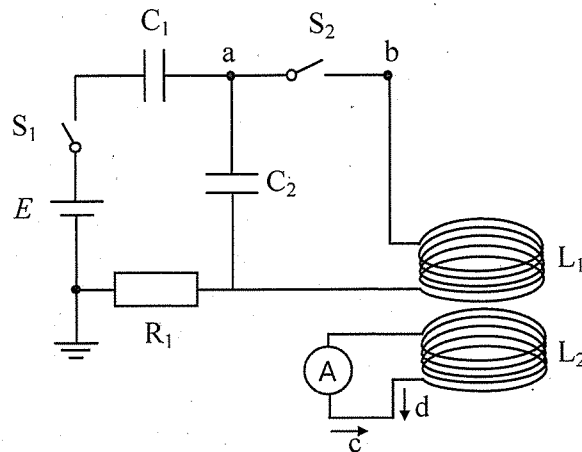


図2

問8. スイッチ S_2 を閉じた瞬間に、電流計にはじめに流れる電流は、図中cとdのどちらの方向か？ また、その理由も述べよ。

問9. コイル L_2 の回路を配置する際、コイル L_1 とコイル L_2 の中心軸をずらして配置した場合、中心軸をずらさない場合と比較して、どのような違いが予測されるか？理由とともに述べよ。