

理 科 問 題

[物 理]

(平成 21 年 度)

【注意事項】

1. この問題冊子は「07 物理」である。
2. 試験時間は2科目合計で180分である。
3. 試験開始の合図まで、この問題冊子を開いてはいけない。ただし、表紙はあらかじめよく読んでおくこと。
4. 理科問題は2科目選択である。受験生はあらかじめ届け出た科目について解答しなければならない。
5. 試験開始後、以下の6および7に記載されていることを確認すること。
6. この問題冊子の印刷は1ページから6ページまでである。
7. 解答用紙は問題冊子中央に3枚はさみこんである。
8. 3枚ある解答用紙に、受験番号と氏名を所定の欄（1枚につき受験番号は2箇所、氏名は1箇所）に試験開始後、記入すること。
9. 問題冊子に落丁、乱丁、印刷不鮮明な箇所等があった場合および解答用紙が不足している場合は、手を挙げて監督者に申し出ること。
10. 解答は必ず解答用紙の指定された箇所に記入すること。
11. 問題冊子の中の白紙部分については下書き等に使用してよい。
12. 解答用紙を切り離したり、持ち帰ってはいけない。
13. 試験終了まで退室を認めない。試験中の気分不快や用便等、やむを得ない場合には、手を挙げて監督者を呼び指示に従うこと。
14. 試験終了後は問題冊子を持ち帰ること。

[I] 3つの小さな物体A, B, Cが水平でなめらかな床の上に静かに置かれている。A, B, Cの質量はそれぞれ $\frac{2}{3}m$, m , $3m$ であり, BとCは自然長 l_0 , バネ定数 k の質量が無視できるバネでつながれている。ここで, 図のようにAを左側より速さ v_0 でBに衝突させる場合を考える。この衝突はきわめて短時間に行われ, 完全弾性衝突であるとする。この問題中の重心は, すべて物体BとCからなる系の重心のことである。

(1) AとBが衝突した直後のAおよびBの速さおよび向きをそれぞれ求めよ。

衝突後, BとCの重心の速さは一定であると考えてよい。

(2) 重心の速さを求めよ。

(3) バネが自然長のとき, 重心から物体BおよびCまでの距離 l_B , l_C を求めよ。

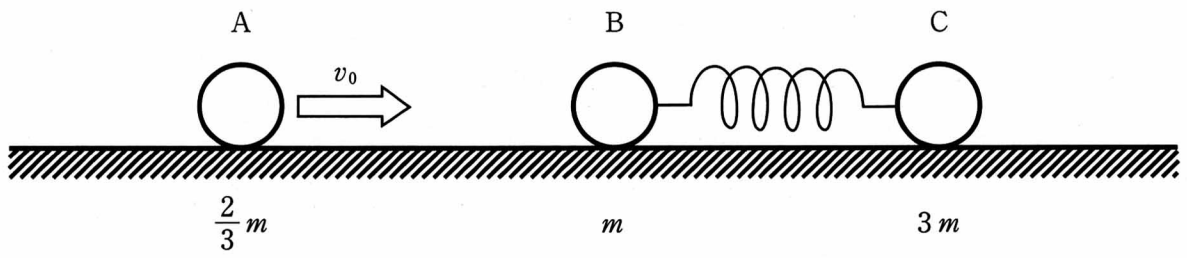
(4) 一般に, バネ定数が k で自然長が l_0 のバネを切断し, 長さが l_B になった場合, 切断後のバネ定数が $\frac{l_0}{l_B}k$ となることを示せ。

重心の位置から見ると, 物体BとCはそれぞれ自然長が l_B , l_C のバネで個別に単振動しているとみなすことができる。

このとき,

(5) この単振動の周期をBとCについてそれぞれ求めよ。

(6) BとCがもっとも近づいた時のBC間の距離を求めよ。



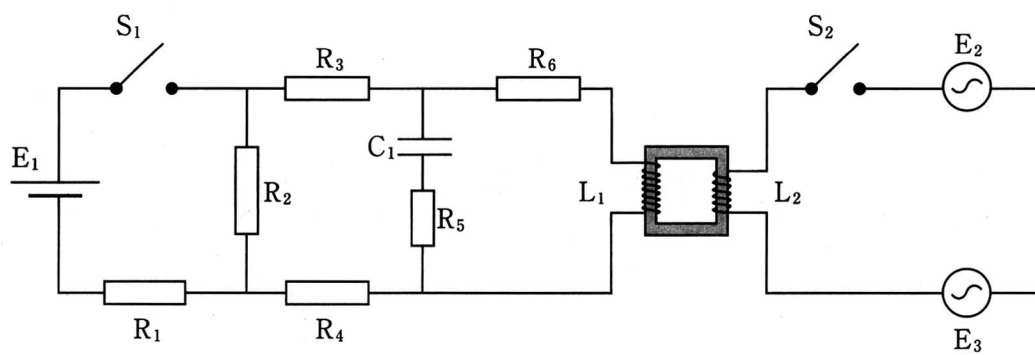
〔Ⅱ〕 図に示すような直流電源，交流電源，コンデンサー，コイル，抵抗，スイッチからなる回路を考える。 $R_1, R_2, R_3, R_4, R_5, R_6$ はそれぞれ $5\text{ k}\Omega, 10\text{ k}\Omega, 3\text{ k}\Omega, 2\text{ k}\Omega, 5\text{ k}\Omega, 25\text{ k}\Omega$ の抵抗， C_1 は $10\text{ }\mu\text{F}$ のコンデンサー， L_1, L_2 は $2\text{ mH}, 1\text{ mH}$ のコイルである。また L_1 と L_2 は同じ鉄しんにそれぞれ 200 回，100 回巻かれている。 E_1 は起電力 10 V の直流電源， E_2, E_3 は周波数が 160 kHz ，最大電圧が $8\text{ V}, 10\text{ V}$ の交流電源である。ただし， E_3 の電圧変化の位相は E_2 より $\pi[\text{rad}]$ だけ遅れている。初めにスイッチ S_1 と S_2 は開いており，コンデンサー C_1 には電荷が蓄えられていないとする。次の問いに答えよ。

円周率は 3.14 とし，解答は有効数字 3 桁まで示すこと。

- (1) スイッチ S_1 を閉じた直後に抵抗 R_1 に流れる電流を求めよ。
- (2) スイッチ S_1 を閉じた直後にはコイル L_1 に電流は流れない。その理由を説明せよ。
- (3) スイッチ S_1 を閉じ，十分に時間が経った後に抵抗 R_1 に流れる電流を求めよ。

次に，スイッチ S_1 を開き，スイッチ S_2 を閉じた後，十分に時間が経った。

- (4) コイル L_2 に流れる電流の最大値を求めよ。
- (5) コイル L_1 にかかる電圧の最大値を求めよ。
- (6) 上の(5)でコイル L_1 に電圧が発生する理由を説明せよ。



〔Ⅲ〕 図に示すように、2つのプール P_A および P_B が仕切り S により分けられている。仕切り S には2つの小さなスリット S_1 および S_2 が点 O を中心にして距離 $2d$ を隔てて開けられている。2つのプールの深さが異なるため、プール P_A , P_B 内の水の波はそれぞれ異なる速さ v_A , v_B で伝播する。左側のプール P_A には、点 O から距離 a の位置に波を起こす装置 W があって、周期 τ で振動する平面波を発生することができる。右側のプール P_B には、仕切り S から距離 b にある検出器 D の線上で波を検出することができる。検出器 D の線上の点を Q とする (座標 $z = q$)。今、装置 W により発生した平面波が仕切り S に向かって入射角 β で送られている ($0^\circ \leq \beta < 90^\circ$)。ここで、仕切り S , 検出器 D による波の反射は起きないとしてよい。また、距離 b は d および $|q|$ に比べて十分大きいものとする。必要ならば、 $|\varepsilon| \ll 1$ で成り立つ関係式、 $(1 + \varepsilon)^\gamma \doteq 1 + \gamma\varepsilon$ または $\sin \varepsilon \doteq \tan \varepsilon$ を用いよ。

- (1) 一般の波について以下の設問に答えよ。
 - (a) 波の位相とは何か説明せよ。
 - (b) 2つの波が干渉して強めあうためには、両者の位相の差が 2π の整数倍になる必要がある。その理由を説明せよ。
- (2) 図のような状況の下で生じる波について以下の設問に答えよ。
 - (a) プール P_A における波の位相について考える。装置 W により発生した波のスリット S_1 での位相を θ_1 , スリット S_2 での位相を θ_2 とする。このとき、その差 $\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1$ を求めよ。
 - (b) プール P_B における波の位相について考える。スリット S_1 および S_2 を出た波の間に位相の差がないと仮定し、スリット S_1 を出た波の点 Q での位相を ϕ_1 , スリット S_2 を出た波の点 Q での位相を ϕ_2 とする。このとき、その差 $\Delta\phi = \phi_2 - \phi_1$ を求めよ。
 - (c) (2)の(a)(b)で求めた位相差の和 $\Delta\theta + \Delta\phi$ は、結果的に、図のようにプール P_A および P_B 内を伝播して点 Q に到達した2つの波の位相差となる。これらの波が干渉により強めあうときの点 Q の座標 q を求めよ。必要ならば、整数の組 $m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$ を用いよ。
 - (d) 垂直入射 ($\beta = 0^\circ$) の状態から入射角 β を大きくしていくと、垂直入射の場合と同じ位置 (検出器 D 上の位置) で波が強くなる現象が1回だけ起きた。その角度を β_0 とするとき $\sin \beta_0$ を求めよ。また、このような事が起きるためには、周期 τ が $\tau < \tau_0$ を満たす必要がある。このとき、 τ_0 を求めよ。

