

令和 6 年度九州工業大学個別学力検査
(前期日程/私費外国人留学生選抜)

問 題 訂 正

「物理」

訂正箇所

問題 2

問題冊子の 4 ページの上から 5 行目

【誤】 . . . 図 2 のように コイル . . . 磁場の向きと 平行 になる . . .

【正】 . . . 図 2 に示す コイル . . . 磁場の向きと 同じ になる . . .

問題 2

問題冊子の 4 ページの上から 9 行目

【誤】 . . . π として, a , . . .

【正】 . . . π として, 数字および a , . . .

「解答はじめ」の合図があるまでは問題冊子を開いてはいけません。

注 意 事 項

1. 問題冊子は 1 ページから 7 ページまでの綴りでできています。「解答はじめ」の合図の後、ページの落丁、乱丁あるいは印刷の不鮮明なものがあれば、手をあげて試験監督者に申し出てください。
2. 問題は 3 問あります。すべての問題に解答してください。それぞれに解答用紙が 1 枚ずつ、合計 3 枚あります。3 枚の解答用紙のすべてに受験番号を必ず記入してください。
3. 解答は該当する解答用紙の解答欄に記入してください。途中の計算は、計算欄にできるだけ記入してください。
4. 問題冊子の余白は、下書きに使用してください。
5. 問題冊子は、試験終了後、持ち帰ってください。

[1] 図1のように、左右の斜面と水平な床面がなめらかにつながっている。左側の斜面と床面との間の角度は θ_1 、右側の斜面と床面との間の角度は θ_2 である。左側の斜面の高さ h_0 の位置 P_0 に大きさの無視できる質量 m の小物体 A を置き、斜面に沿って上向きに大きさ f の力を加えて静止させる。床面の点 Q の位置に大きさの無視できる質量 M ($m < M$) の小物体 B を置く。斜面と床面はなめらかであり、小物体 A、B との間の摩擦は無視できるものとする。重力加速度の大きさを g とする。以下の問いに答えよ。

- (1) 静止している小物体 A に作用している垂直抗力と重力を描け。力の向きは矢印で示し、矢印の長さは問わない。矢印の近くに垂直抗力と重力を明記せよ。
- (2) 斜面に平行な方向の力のつり合いの式を、 θ_1 、 m 、 f 、 g を用いて表せ。

次に、小物体 A に加えている力を取り除き、静かにはなしたところ、小物体 A は左側の斜面を下り、左側の斜面上の点 P を通過し、点 Q において小物体 B と弾性衝突した。衝突後、小物体 B は右側の斜面を上り、高さ h' の点 R で折り返し、その後、斜面を下降し、水平な床面に戻ってきた。

- (3) 点 P での小物体 A の斜面に平行な方向の運動方程式を求めよ。斜面を下る向きを正とする加速度の大きさを a とし、 θ_1 、 m 、 g 、 a を用いて表せ。
- (4) 点 Q での、衝突直前の小物体 A の速さ v_A 、および、衝突直後の小物体 B の速さ v_B' を求めよ。 v_A は数字ならびに h_0 、 g を用い、 v_B' は数字ならびに m 、 M 、 v_A を用いて表せ。
- (5) 点 R の高さ h' を、数字ならびに g 、 v_B' を用いて表せ。

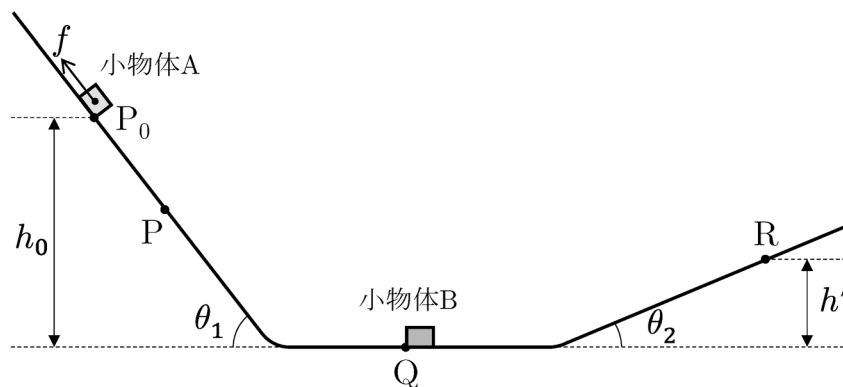


図 1

[2] 次に、図 1 の左側の斜面の途中にあらい面を入れ、右側の斜面をある高さで端面を持つように変えた図 2 の場合を考える。あらい面は左側の斜面の点 P_1 から点 P_2 の間にあり、小物体 A とあらい面の間の動摩擦係数は μ' とする。点 P_1 、点 P_2 の高さはそれぞれ h_1 、 h_2 である。右側の斜面の端点 P_3 の高さは h_3 である。左側の斜面の高さ h_0 の位置 P_0 から設問 [1] と同じ小物体 A を静かにはなしたところ、小物体 A は左側の斜面を下りた。その後、水平な床面の点 Q_0 を通過し、右側の斜面を上り、右側の斜面の端点 P_3 から速さ v_3 で斜方に投げ出され、床面上の点 Q_1 に落下した。重力加速度の大きさを g とする。以下の問いに答えよ。

- (6) あらい面を通過しているときの小物体 A の斜面に平行な方向の運動方程式を求めよ。斜面を下る向きを正とする加速度の大きさを a' とし、 θ_1 、 m 、 g 、 μ' 、 a' を用いて表せ。
- (7) 点 P_1 から点 P_2 の間に動摩擦力が小物体 A にした仕事 W を、 θ_1 、 m 、 g 、 μ' 、 h_1 、 h_2 を用いて表せ。
- (8) 点 P_2 での小物体 A の速さ v_2 を、数字ならびに h_0 、 m 、 g 、 h_2 、 W を用いて表せ。
- (9) 右側の斜面の端点 P_3 から点 Q_1 までの水平方向の距離 d を、数字ならびに θ_2 、 g 、 h_3 、 v_3 を用いて表せ。
- (10) 点 P_0 から点 Q_1 に衝突する直前までの小物体 A が持つ力学的エネルギーの変化を表すグラフを描け。

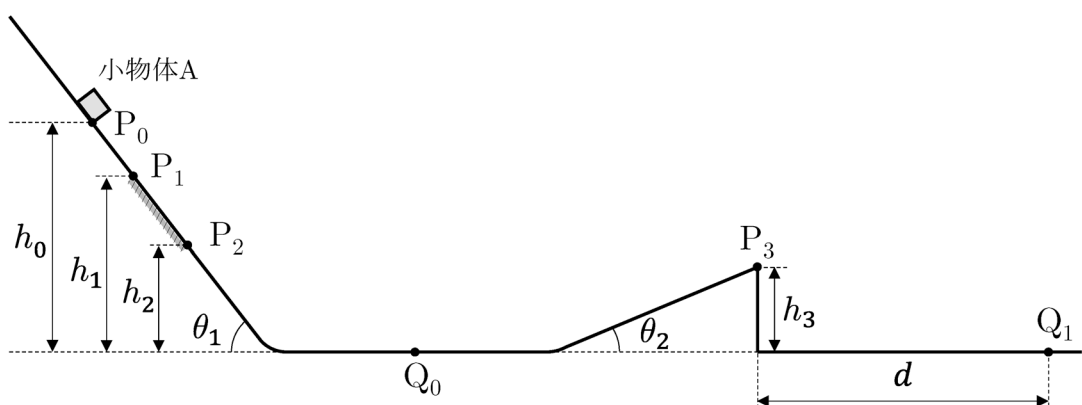


図 2

[1] 幅 a [m], 高さ b [m] の一巻き長方形コイルをもつ発電機を考える。図 1 に示すように紙面に垂直に裏から表の向きに一様な磁束密度 B [T] の磁場中で、図 2 のようにコイルを端子 1 および端子 2 側からみて軸のまわりを反時計方向に一定の角速度 ω [rad/s] で回転させる。端子 1 と端子 2 の間隔は十分小さいものとする。時刻 t [s] は、図 2 のようにコイルの面の法線が磁場の向きと平行になる最初の瞬間を $t = 0$ とする。以下の問いに答えよ。ただし、 t のごく短い時間 Δt における $\sin \omega t$ および $\cos \omega t$ の変化率は

$$\frac{\Delta \sin \omega t}{\Delta t} = \omega \cos \omega t, \quad \frac{\Delta \cos \omega t}{\Delta t} = -\omega \sin \omega t$$

のように表せるとする。円周率を π として、 a , b , B , ω , t , π から必要なものを用いて解答せよ。

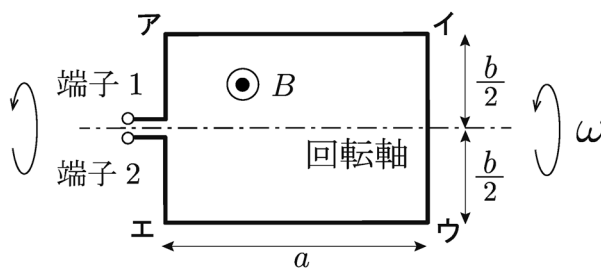


図 1

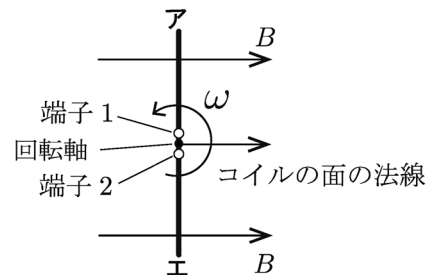


図 2

- (1) 時刻 $t = 0$ における長方形コイルを貫く磁束 Φ [Wb] の大きさを式で表せ。
- (2) 長方形コイルを貫く磁束 Φ は、磁束密度 B とコイル面の法線と同じ向きならば正であるとする。 Φ の時間変化の周期 T [s] を式で表せ。
- (3) 時刻 t [s] における Φ を式で表せ。また、 Φ を図示し、縦軸の空欄の位置に Φ の最大値および最小値を記入せよ。グラフは $t = 0$ から T まで描くこと。
- (4) 以下の文章の空欄 ① と ② にあてはまる法則の名称をそれぞれ答えよ。

コイルを貫く磁束が変化すると、誘導起電力がコイルを貫く磁束の変化を妨げる向きに生じる。これを ① の法則という。また、この誘導起電力の大きさは、コイルを貫く磁束の単位時間あたりの変化に比例する。これを ② の法則という。

- (5) 時刻 t [s] における誘導起電力 V [V] を端子 2 に対する端子 1 の電位として式で表せ。また、 V を図示し、縦軸の空欄の位置に V の最大値および最小値を記入せよ。グラフは $t = 0$ から T まで描くこと。

- (6) 端子 1 と端子 2 の間を導線で接続すると、長方形コイルには電流が流れる。時刻 $t = \frac{T}{8}$ における電流の向きを、「アからイ」 または 「イからア」 のいずれかから選び解答せよ。

[2] 図 3 のような抵抗値 R [Ω] の抵抗 2 つ，電気容量 C [F] のコンデンサー，ダイオード，スイッチ S_1 , S_2 , S_3 からなる回路に，電圧の最大値が V_0 [V] で角周波数 ω [rad/s]，周期 T [s] の交流電源を接続した。時刻 t [s] が $t = 0$ のとき端子 2 に対する端子 1 の出力電圧は 0， $t = \frac{T}{4}$ のとき出力電圧は V_0 であった。ダイオードはケ側の端子を基準にキ側の端子の電圧を V_D [V]，キからケの向きに流れる電流を I_D [A] とすると，図 4 に示すように V_D が 0 以上で電流が流れ，電流が流れる場合は内部抵抗 r [Ω] ($r < R$) で説明できた。以下の問いに答えよ。ただし，円周率を π として， V_0 , ω , t , R , C , r , π から必要なものを用いて解答せよ。グラフは $t = 0$ から T まで描くこと。

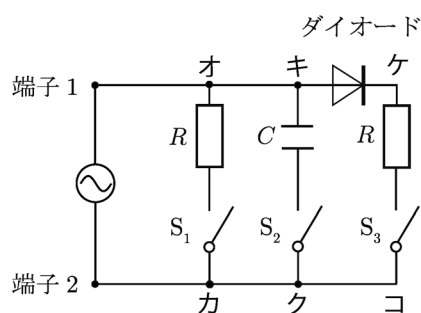


図 3

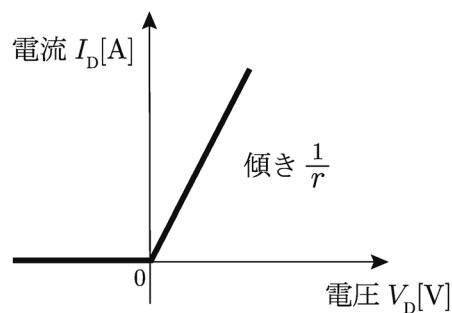


図 4

- (7) スイッチ S_1 のみを閉じた状態で，オの下抵抗に流れる電流 I_1 [A] を式で表せ。また， I_1 を図示し，縦軸の空欄の位置に I_1 の最大値および最小値を記入せよ。電流が流れる向きはオからカの向きを正とする。
- (8) スイッチ S_2 のみを閉じた状態で，コンデンサーに流れる電流 I_2 [A] を式で表せ。また I_2 を図示し，縦軸の空欄の位置に I_2 の最大値および最小値を記入せよ。電流が流れる向きはキからクの向きを正とし，スイッチを閉じる前にコンデンサーに電荷は蓄えられていないとする。なお t のごく短い時間 Δt における $\sin \omega t$ および $\cos \omega t$ の変化率は，設問[1]で与えた式のように表せるとする。
- (9) スイッチ S_3 のみを閉じた状態で，ケとコの間抵抗に流れる電流 I_3 [A] の最大値を式で表せ。また， I_3 を図示せよ。グラフの縦軸の $I_{\max}$ および $I_{\min}$ は，問 (7) の I_1 の最大値および最小値と同じ値とする。
- (10) ω , V_0 , R のいずれかを変更し，前問 (9) の電流 I_3 の最大値を 2 倍にしたい。その方法を簡潔に記述せよ。

音に関する以下の実験Ⅰ～Ⅲを一定の室温のもとで行った。各問(1)～(10)に答えよ。

〔実験Ⅰ〕図1に示すように、一定の振動数の音を出し続ける2つの音源AとBを置き、点Pで音を聞いたところ、1秒間に f_N 回のうなりが観測された。2つの音源から出る音は、音源Aから出る音の方が音源Bから出る音よりもわずかに低かった。音源Aが出す音の振動数を f_A [Hz]、音源Bが出す音の振動数を f_B [Hz]とする。

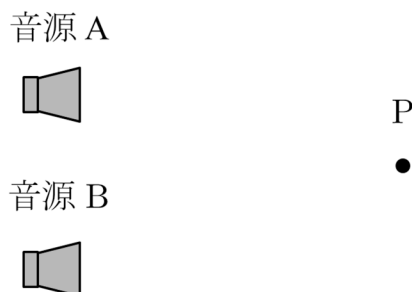


図1

以下の文章の空欄(1)～(3)を埋めよ。ただし、(2)は数値で解答すること。

うなりが1回生じる時間(うなりの周期)を T_N [s] とすると、 T_N の間に音源Aおよび音源Bから出る波の振動する回数 N_A および N_B は、 f_A 、 f_B 、 T_N から必要なものを用いて $N_A = \boxed{\text{(1) ①}}$ 、 $N_B = \boxed{\text{(1) ②}}$ と表される。いま、 $|N_A - N_B| = \boxed{\text{(2)}}$ なので、1秒あたりのうなりの回数 f_N は、 f_A と f_B を用いて、 $f_N = \boxed{\text{(3)}}$ と書ける。

〔実験Ⅱ〕図2に示すように、ガラス管にピストンを取り付けて閉管とし、管口に音源Aを置いた。そして、ピストンの位置を管口から少しずつ遠ざけていくと、ピストンを停止させるまでに2回共鳴した。共鳴したときのピストンの位置を管口からの距離として測定したところ、管口に近い方から順に a_1 [m]、 a_2 [m]であった。一般に、波を媒質の変位で考えた場合、管口付近に生じる波の腹の位置は管口より少し外側に出ており、管口からその腹の位置までの長さは開口端補正とよばれる。

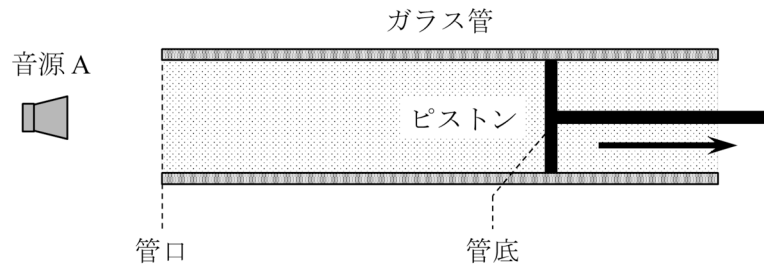


図 2

- (4) 実験Ⅱに関する以下の文章の ①～③ に入る最も適切な語をそれぞれ { } の選択肢の中から一つ選び、選択肢の記号を解答欄に記入せよ。

ピストンの位置が a_1 または a_2 のとき、閉管の気柱は固有振動をしており、このとき気柱内部には ① {ア. 入射波, イ. 進行波, ウ. 定在波 (定常波), エ. 反射波} が生じている。気柱内部の媒質の密度の変化を考えると、管底付近では密度が ② {ア. 大きく変化し, イ. ほとんど変化せず}, 管口付近では密度が ③ {ア. 大きく変化する, イ. ほとんど変化しない}。

- (5) 音源 A の出す音の波長 λ_A [m] を数字および a_1, a_2 を用いて表せ。
- (6) 実験Ⅱの測定結果から、開口端補正 d [m] を数字および a_1, a_2 を用いて表せ。
- (7) ピストンが位置 a_2 にあるときに、気柱内部に生じている縦波 (問(4) の ① の波) のある時刻での媒質の変位を、横波のように解答欄の図中に描け。ただし、すべての節と腹の位置を図中に明示すること。
- (8) 音の速さ V [m/s] を数字および a_1, a_2, f_A を用いて表せ。

[実験Ⅲ] 図2において、音源 A を音源 B に取り替えて実験Ⅱと同様の実験を行ったところ、気柱が共鳴するときのピストンの位置 (管口からの距離) は、管口に近い方から順に b_1 [m], b_2 [m] となった。

- (9) 音源 A と音源 B の振動数の比 $\frac{f_A}{f_B}$ を a_1, a_2, b_1, b_2 を用いて表せ。
- (10) 実験Ⅰ～Ⅲにおける音の速さ V を数字および f_N, a_1, a_2, b_1, b_2 を用いて表せ。