



[令和 8 年度入学試験問題：前期]

物 理

(80 分)

工 学 部

電子システム工学科

注 意 事 項

1. 解答開始の合図があるまで、この問題冊子および解答冊子の中を見てはいけません。また、解答開始の合図があるまで、筆記用具を使用してはいけません。
2. 問題は 2 題で、8 ページあります。
3. 解答開始後、解答冊子の表紙所定欄に受験番号、氏名をはっきり記入しなさい。表紙にはこれら以外のことを書いてはいけません。
4. 解答は、すべて解答冊子の指定されたページに書きなさい。解答に関係のないことを書いた答案は無効にすることがあります。
5. 解答冊子は、どのページも切り離してはいけません。
6. 試験終了後、問題冊子は持ち帰りなさい。解答冊子を持ち帰ってはいけません。

問題 I

次の文章を読んで、 に適した式または数値を解答欄に記入せよ。また、問1～問5に導出過程を示して答えよ。なお、重力加速度の大きさを g [m/s²]、円周率を π とし、空気の抵抗は無視できるものとする。

- (1) 図1に示すように、水平な床から高さ h_0 [m] の位置で質量 m [kg] の小球を静かに放すと、小球は落下しはじめ t_0 [s] 後に床に衝突した。衝突直前における小球の速さを v_0 [m/s] とすると、衝突直前に小球のもっていた運動エネルギーは m 、 v_0 を用いて ア [J] と表せる。また、 t_0 と v_0 は g 、 h_0 を用いて、それぞれ イ [s]、 ウ [m/s] と表せる。小球は速さ v_1 [m/s] ではねかえった後、床から高さ h_1 [m] の位置に到達し、再び落下しはじめた。 v_1 は g 、 h_1 を用いて エ [m/s] と表せることから、小球と床との間の反発係数 e は h_0 、 h_1 を用いて オ と表せる。

その後も小球は床との衝突をくり返した。 n 回目に衝突してはねかえった直後における小球の速さは e 、 g 、 h_0 、 n を用いて カ [m/s] と表せる。また、 n 回目の衝突ではねかえった後に小球が到達する最高点の床からの高さ h_n は e 、 h_0 、 n を用いて キ [m] と表せる。

- 問1 $h_1 = 0.5 h_0$ のとき、はじめて $h_n < 0.1 h_0$ となるのは何回目の衝突後かを求めよ。

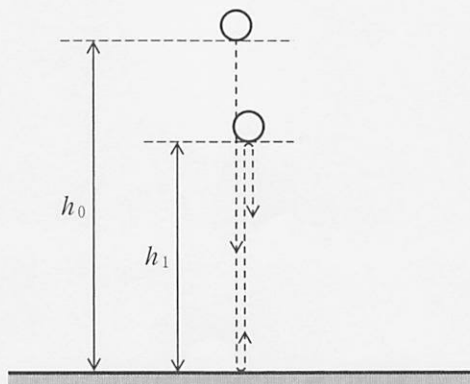


図1

(2) 図2に示すように、水平面に対して角度が $\theta[\text{rad}]$ ($0 < \theta < \frac{\pi}{2}$) でじゅうぶんに長いなめらかな斜面上の点Aから鉛直上方、高さ $h[\text{m}]$ となる位置で、質量 $m[\text{kg}]$ の小球を静かに放した。なめらかな面に小球が斜めに衝突するときには、面に平行な速度の成分は衝突の前後で変化しない。したがって、小球と斜面との間の反発係数を e とすると、小球が最初に斜面に衝突してはねかえった直後の小球の速度について、 e, g, h, θ のうち必要なものを用いて斜面に平行な成分の大きさは $[\text{m/s}]$ 、垂直な成分の大きさは $[\text{m/s}]$ と表せる。

その後も小球は斜面との衝突をくり返した。 n 回目に衝突してはねかえった直後における小球の速度の斜面に垂直な成分の大きさは e, g, h, n, θ を用いて $[\text{m/s}]$ と表せる。

問2 小球が2回目に斜面と衝突した点を点Bとしたとき、点Aと点Bとの間の距離 $d[\text{m}]$ を e, h, θ を用いて表せ。

問3 小球を最初に放してから n 回目の衝突の直後までに失われた力学的エネルギーの大きさ $E[\text{J}]$ を e, g, h, m, n, θ を用いて表せ。

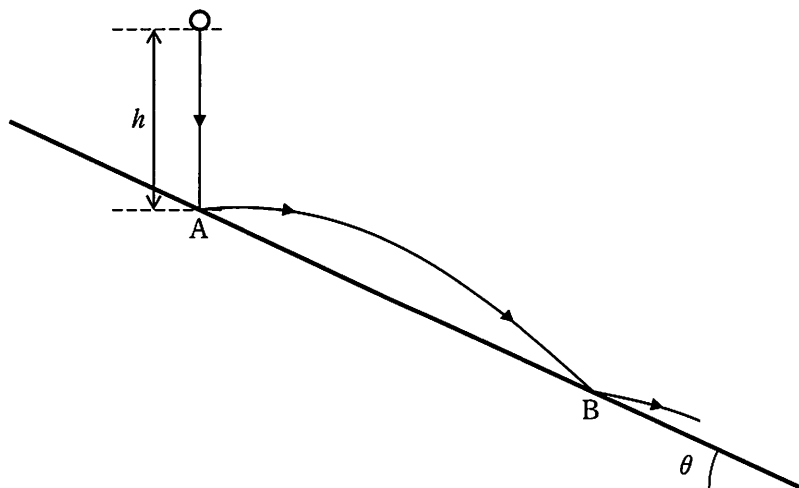


図2

- (3) なめらかな内壁をもつ半径 r [m] の球形容器の中に、分子ひとつの質量が m [kg] の単原子分子理想気体を n [mol] 詰めた。個々の気体分子は容器の内壁と弾性衝突を繰り返しているものとする。ただし、容器内で気体分子同士の衝突はなく、重力の影響も無視できるものとする。図 3 に示すように、速さ v [m/s] の気体分子が内壁のある点 P に、点 P と球の中心 O とを結ぶ線に対して角度 θ [rad] で衝突した。このとき、この分子の運動量の変化の大きさは サ [N・s] である。衝突後、この分子が次に内壁に衝突するまでに進む距離は シ [m] である。この分子は内壁と 1 秒間に ス 回の衝突を繰り返すことから、この間に内壁がひとつの分子から受ける平均の力の大きさは セ [N] となる。

問 4 容器内の気体分子全体の v^2 の平均を $\overline{v^2}$ とするとき、気体の圧力を求めよ。
ただし、アボガドロ定数を N_A [/mol] とする。

問 5 気体の温度が T [K] のとき、気体定数を R [J/(mol・K)] とすると、気体の内部エネルギーが $\frac{3}{2} nRT$ [J] で与えられることを示せ。

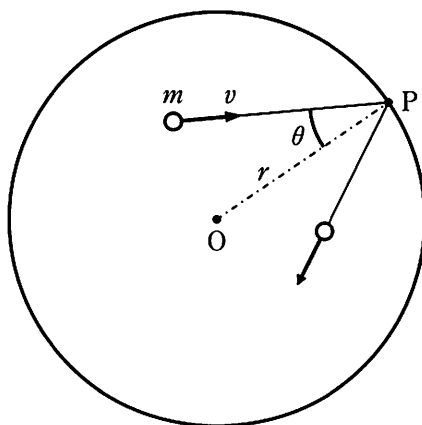


図 3

問題 II

次の文章を読んで、に適した式または数値を解答欄に記入せよ。また、問1～問4に答えよ。問2には導出過程も示せ。なお、導線とスイッチの抵抗、および電池の内部抵抗は無視できるものとする。

- (1) 図1に示すように、起電力 E [V] の電池 E_1 、抵抗値 R [Ω] の抵抗 R_1 、 R_2 、 R_3 、電気容量 C [F] のコンデンサー C_1 、電気容量 $3C$ [F] のコンデンサー C_2 、スイッチ S_1 、 S_2 からなる回路がある。はじめ、スイッチ S_1 、 S_2 はいずれも開いており、コンデンサー C_1 、 C_2 に電荷は蓄えられていない。この状態からスイッチ S_1 を閉じると、その直後、抵抗 R_1 には ア [A] の電流が流れ、抵抗 R_2 には イ [A] の電流が流れる。その後、じゅうぶんに時間が経過した後のコンデンサー C_1 の両端の電位差は ウ [V]、コンデンサー C_1 を流れる電流は エ [A] である。次に、スイッチ S_2 を閉じる。その後、じゅうぶんに時間が経過するとコンデンサー C_1 には オ [J] の静電エネルギーが蓄えられ、コンデンサー C_2 には カ [J] の静電エネルギーが蓄えられる。

問1 下線部(a)について、スイッチ S_2 を閉じた直後に図1のab間を流れる電流の記述として適切なものは次の選択肢のうちどれか。解答欄の選択肢から選んで丸で囲み、適切と考えられる理由を述べよ。

ab間を流れる電流についての選択肢

{aからbの向きに流れる、ab間には流れない、bからaの向きに流れる}

問2 スイッチ S_1 、 S_2 が閉じられてからじゅうぶんに時間が経過した後に、再び、スイッチ S_2 を開き、続いてスイッチ S_1 も開いた。その後、じゅうぶんに時間が経過した後のコンデンサー C_1 に蓄えられる静電エネルギー U_1 およびコンデンサー C_2 に蓄えられる静電エネルギー U_2 をそれぞれ求めよ。

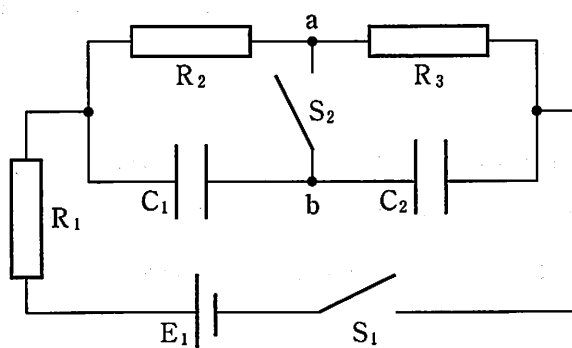


图 1

(2) 図 2 に示すように、起電力 E [V] の電池 E_2 、抵抗値 R [Ω] の抵抗 R_4 、抵抗値 $2R$ [Ω] の抵抗 R_5 、自己インダクタンス L [H] のコイル L_1 、スイッチ S_3 からなる回路がある。一般に、コイルを流れる電流が変化するとコイルに誘導起電力が生じる。時間 Δt [s] の間に自己インダクタンス L のコイルを流れる電流が ΔI [A] ($\Delta I > 0$) だけ変化すると、電流と同じ向きを正として、コイルに生じる誘導起電力は キ [V] と表される。はじめ、スイッチ S_3 は閉じており、閉じてからじゅうぶんに時間が経過しているものとする。この状態から、スイッチ S_3 を開くと、^(b) その直後、コイル L_1 には ク [A] の電流が流れ、ケ [V] の誘導起電力が生じる。その後、じゅうぶんに時間が経過するとコイル L_1 を流れる電流は コ [A] となり、そのときのコイル L_1 に生じる誘導起電力は サ [V] となる。さらに、このときのコイル L_1 に蓄えられるエネルギーは シ [J] と表すことができる。

問 3 下線部(b)について、スイッチ S_3 を開いてからじゅうぶんに時間が経過するまでのコイル L_1 内部の磁束の変化の様子について、時間の経過にともなって磁束がどのように変化するか理由を示して説明せよ。

問 4 スイッチ S_3 を閉じてからじゅうぶんに時間が経過した後、時刻 t_1 [s] でスイッチ S_3 を開き、さらに、時刻 t_2 [s] でスイッチ S_3 を閉じると、コイル L_1 を流れる電流は図 3 の破線(-----)のように変化した。その後、コイル L_1 を別のコイル L_2 に交換して同じ操作を行う。コイル L_1 、 L_2 はいずれもソレノイドコイルで鉄心は入れられておらず、空気中に置かれているものとする。コイル L_2 の単位長さあたりの巻き数と断面積はコイル L_1 と等しく、コイル L_2 の長さはコイル L_1 の半分である。コイル L_1 を流れる電流のグラフを参考にして、コイル L_2 を流れる電流の概形を解答欄に実線(——)で図示せよ。

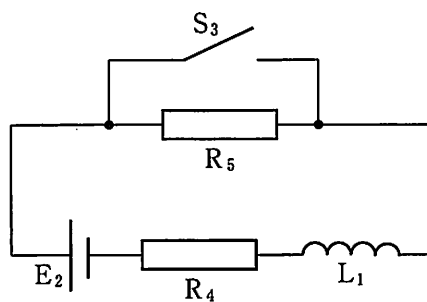


図 2

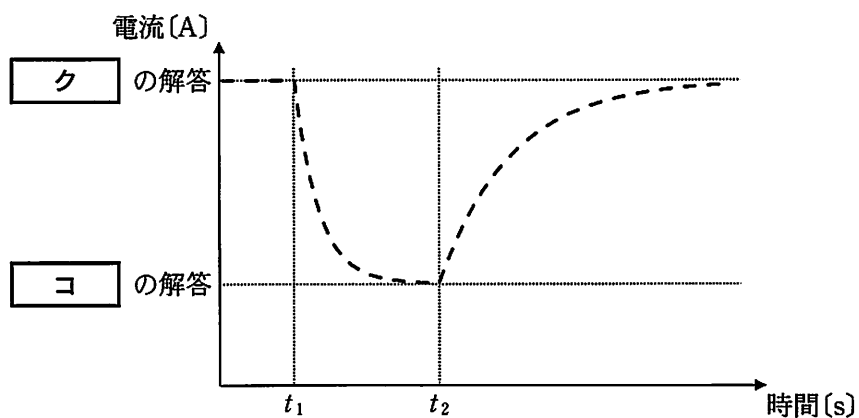


図 3