

令和 6 年度入学者選抜学力検査問題

理 科 (本文 29 ページ)

地域デザイン科学部

社会基盤デザイン学科 9 時 30 分 — 11 時 00 分

工学部

基盤工学科 9 時 00 分 — 11 時 00 分

農学部

生物資源科学科, 応用生命化学科, 森林科学科 9 時 30 分 — 11 時 00 分

{ 注意 }

1. 検査開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見てはいけない。
2. 「受験番号」は、解答用紙の受験番号欄に忘れずに記入しなさい。
3. この問題冊子には、「物理 1 頁～10 頁(5 問題)」、「化学 11 頁～22 頁(3 問題)」、「生物 23 頁～29 頁(3 問題)」の 3 科目の問題がある。落丁、乱丁、印刷不鮮明の箇所などがあつた場合は申し出なさい。
4. 解答は、必ず解答用紙の所定の解答欄に記入しなさい。所定の欄以外に記入したものは無効である。
5. 地域デザイン科学部志願者は、物理の第 1 問～第 4 問を解答しなさい。
6. 工学部志願者は、届け出た 1 科目を選択し、物理は第 1 問～第 5 問を、化学は第 1 問～第 3 問を解答しなさい。
7. 農学部生物資源科学科の志願者は、届け出た 1 科目を選択し、化学は第 1 問～第 2 問を、生物は第 1 問～第 3 問を解答しなさい。
 応用生命化学科の志願者は、化学の第 1 問～第 2 問を解答しなさい。
 森林科学科の志願者は、届け出た 1 科目を選択し、物理は第 1 問～第 3 問を、化学は第 1 問～第 2 問を、生物は第 1 問～第 3 問を解答しなさい。
8. 問題又は解答用紙に指示がある場合は、必ず計算過程も記入しなさい。
9. 計算用紙は別に配付しないので、問題冊子の余白を使いなさい。

物 理

(答えは解答用紙の所定欄に記入せよ。)

第1問 図のように、斜面は水平面に対して角度 θ で滑らかに接続されており、台は水平面に固定されている。また、水平右向きを x 軸の正とし、小球 A の初期静止位置を $x = 0$ 、小球 B の初期静止位置を $x = L$ [m] とする。鉛直上向きを y 軸の正とし、水平面の高さを $y = 0$ とする。重力加速度は大きさが g [m/s²] であり、鉛直下向きに作用する。ただし、空気抵抗および小球と各面(水平面、斜面、台)との間の摩擦は無視する。

以下の問いに答えよ。なお、計算過程も記入せよ。

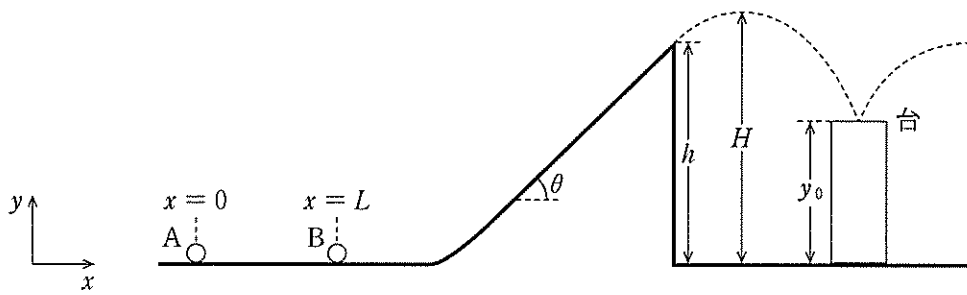
問 1 $x = 0$ に静止していた質量 m [kg] の小球 A に、距離 L [m] の間だけ一定の力 F [N] を水平右向きに加え続けて加速させた。 $x = L$ [m] に到達した時点における小球 A の速度 v_0 [m/s] を F , L , m で表せ。

問 2 $x = L$ [m] において、小球 A は質量 $2m$ [kg] の小球 B に衝突し、小球 B は水平面上を右向きに滑り始めた。小球 A と小球 B との間の反発係数を $\frac{2}{3}$ とするとき、衝突直後の小球 B の速度 v_1 [m/s] を v_0 で表せ。

問 3 小球 B は、斜面を上がり、高さ h [m] で斜面から飛び出した。このときの速度の大きさ v_2 [m/s] を F , L , m , h , g で表せ。

問 4 斜面から飛び出した小球 B は高さ H [m] の最高点に到達した。 H [m] を v_2 , θ , h , g で表せ。

問 5 小球 B は高さ H [m] の最高点に到達後、高さ y_0 [m] の台の中心に落下した。台に衝突する直前における小球 B の速度の y 方向成分 v_{2y} [m/s] を H , y_0 , g で表せ。



图

第2問 図のようにシリンダー A, B を水平な床に固定する。シリンダー A, B にはそれぞれ、断面積 $S[\text{m}^2]$ で、断熱材でできたピストンが設置されている。それぞれのピストンは、変形しない棒でつながれており、水平方向に滑らかに動くことができる。シリンダー A, B の中にはそれぞれ、 $n_A[\text{mol}]$, $n_B[\text{mol}]$ の単原子分子理想気体が封入されている。シリンダー A には、内部の気体の温度を制御する装置が備わっており、かつ断熱性が保たれている。一方、シリンダー B 内の気体は大気と熱のやりとりをすることにより、温度は常に $T[\text{K}]$ に保たれている。また、2つのピストンにはさまれた領域では、大気の入出りがあり、常に圧力 $p[\text{Pa}]$ 、温度 $T[\text{K}]$ に保たれている。気体定数 $R[\text{J}/(\text{mol}\cdot\text{K})]$ として、以下の問いに n_A , n_B , p , Δp_A , R , T , S の必要な記号を用いて答えよ。

はじめ、シリンダー A, B 内の両気体の圧力は $p[\text{Pa}]$ 、温度は $T[\text{K}]$ であった。

問 1 シリンダー A 内の気体の体積 $V_{A0}[\text{m}^3]$ を求めよ。

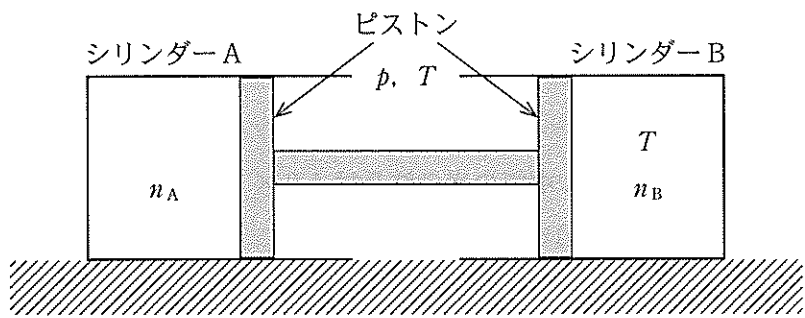
問 2 シリンダー B 内の気体の内部エネルギー $U_{B0}[\text{J}]$ を求めよ。

つぎに、シリンダー A 内の気体の温度をある温度までゆっくりと上げたところ、シリンダー A 内の気体の圧力は $\Delta p_A[\text{Pa}]$ だけ増加した。

問 3 シリンダー B 内の気体の圧力 $p_{B1}[\text{Pa}]$ を求めよ。

問 4 シリンダー B 内の気体の体積 $V_{B1}[\text{m}^3]$ を求めよ。

問 5 シリンダー A 内の気体の温度 $T_{A1}[\text{K}]$ は $T[\text{K}]$ の何倍になるか求めよ。



図

第3問 振動数が 5.0×10^{14} Hz の可視光について以下の問いに答えよ。なお、計算過程も記入せよ。

問1 一様な媒質 A 中での光の波長は 4.0×10^{-7} m であった。媒質 A 中での光の速さ v (m/s) を求めよ。

問2 真空中でのこの光の波長 λ (m) を求めよ。求める波長は $\lambda = (\text{数値}) \times 10^{-7}$ m の形で記載せよ。ただし、真空中での光の速さを 3.0×10^8 m/s とする。

問3 真空に対する媒質 A の屈折率 n を求めよ。

次に、媒質 A 中で 4.0×10^{-7} m の波長をもつ光を媒質 A の屈折率と異なる一様な媒質 B に入射したところ、媒質 B 中での光の波長が 5.0×10^{-7} m になった。

問4 媒質 B に対する媒質 A の相対屈折率 n' を求めよ。

問5 媒質 B を伝わる光の振動数 f (Hz) を求めよ。求める振動数は $f = (\text{数値}) \times 10^{14}$ Hz の形で記載せよ。

第4問 自己インダクタンス L [H] のコイル L ，電気容量 C [F] のコンデンサー C ，抵抗値 R [Ω] の抵抗 R を角周波数 ω [rad/s] の交流電源に接続した回路に関する以下の問いに答えよ。ただし，円周率を π とし，必要であれば次の公式

$$\sin\left(\theta \pm \frac{\pi}{2}\right) = \pm \cos \theta$$

$$\cos\left(\theta \pm \frac{\pi}{2}\right) = \mp \sin \theta$$

$$A \sin \theta + B \cos \theta = \sqrt{A^2 + B^2} \sin(\theta + \alpha) \quad \text{ここで, } \tan \alpha = \frac{B}{A}$$

と， Δt が微小なときに成り立つ近似式

$$\sin\{\omega(t + \Delta t) + \beta\} = \sin(\omega t + \beta) + \omega \Delta t \cos(\omega t + \beta)$$

を用いてもよい。

問1 図1の回路を考える。コイル L に対し， b 点を基準として a 点に振幅 V_1 [V] の交流電圧 $V = V_1 \sin(\omega t + \phi_1)$ [V] が加わり，図1の矢印の向きを正として振幅 I_1 [A] の交流電流 $I = I_1 \sin(\omega t + \delta_1)$ [A] が流れているとする。ここで， ϕ_1 [rad]， δ_1 [rad] はそれぞれ時刻 $t = 0$ での位相である。以下の文章の空欄に適切な数式を入れよ。

Δt [s] を微小時間として，時刻 t [s] から $t + \Delta t$ [s] の間にコイルに流れる電流が I [A] から $I + \Delta I$ [A] へと変化するとき，電流の変化量は $\Delta I = \boxed{\text{ア}}$ $\times \cos(\omega t + \delta_1)$ [A] と表せる。このとき， b 点を基準とした a 点の電位が $V = L \frac{\Delta I}{\Delta t}$ [V] で与えられることを用いれば， V_1 と I_1 の間には $V_1 = \boxed{\text{イ}}$ [V]， ϕ_1 と δ_1 の間には $\phi_1 = \boxed{\text{ウ}}$ [rad] の関係があることがわかる。

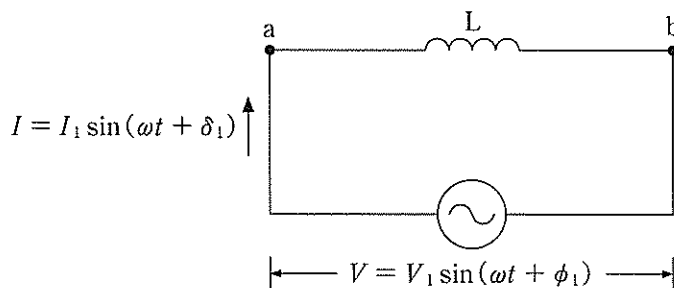


図1

問 2 図 2 の回路を考える。コンデンサー C に対し、b 点を基準として a 点に振幅 V_2 [V] の交流電圧 $V = V_2 \sin(\omega t + \phi_2)$ [V] が加わり、図 2 の矢印の向きを正として振幅 I_2 [A] の交流電流 $I = I_2 \sin(\omega t + \delta_2)$ [A] が流れ込んでいるとする。ここで、 ϕ_2 [rad]、 δ_2 [rad] はそれぞれ時刻 $t = 0$ での位相である。以下の文章の空欄に適切な数式を入れよ。

時刻 t [s] において、コンデンサーに蓄えられている電気量は $Q = \boxed{\text{エ}}$ $\times \sin(\omega t + \phi_2)$ [C] である。 Δt [s] を微小時間として、時刻 t [s] から $t + \Delta t$ [s] の間にコンデンサーに蓄えられる電気量が Q [C] から $Q + \Delta Q$ [C] に変化するとき、電気量の変化量は $\Delta Q = \boxed{\text{オ}}$ $\times \cos(\omega t + \phi_2)$ [C] となる。コンデンサーに流れ込む電流は $I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$ [A] と表せるので、 I_2 と V_2 の間には $I_2 = \boxed{\text{カ}}$ [A]、 δ_2 と ϕ_2 の間には $\delta_2 = \boxed{\text{キ}}$ [rad] の関係があることがわかる。

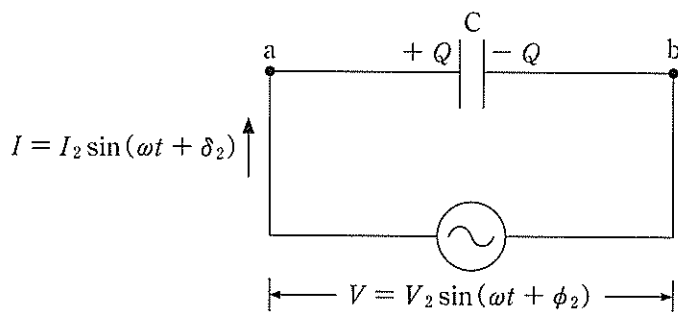


図 2

問 3 抵抗 R とコイル L を 1 個ずつ、コンデンサー C を 2 個用意して、図 3 に示すように接続し角周波数 ω (rad/s) の交流電源に接続したところ、 b 点を基準として a 点に振幅 V_3 (V) の交流電圧 $V = V_3 \sin(\omega t + \phi_3)$ (V) が加わり、図 3 の矢印の向きを正として振幅 I_3 (A) の交流電流 $I = I_3 \sin(\omega t + \delta_3)$ (A) が流れた。ここで、 ϕ_3 (rad)、 δ_3 (rad) はそれぞれ時刻 $t = 0$ での位相である。交流電圧 V (V) の振幅 V_3 (V) を ω 、 I_3 、 R 、 L 、 C を用いて表せ。なお、計算過程も記入せよ。

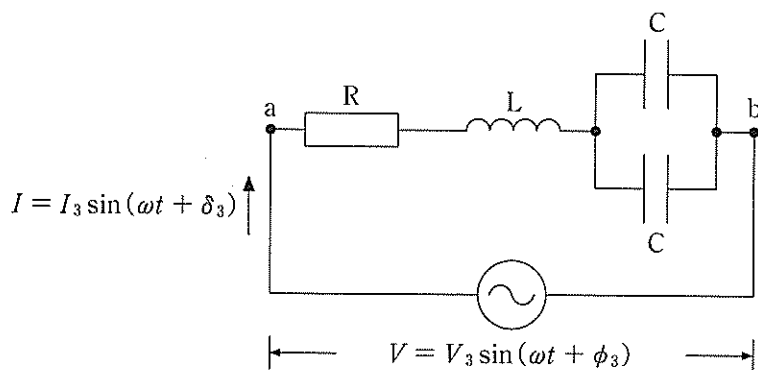


図 3

第5問 図のように、磁束密度 B (T) の鉛直上向きの一様な磁場中に、十分に長く太さの無視できる2本の平行な導体のレールが、間隔 L (m)、水平面となす角 θ ($0^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$) で設置されており、 θ は自由に変えられる。レールの下端には起電力 E (V) の電池と抵抗値 R_0 (Ω) の抵抗 A が接続されており、スイッチ S の切りかえによって電池または抵抗 A が選択される。レール上に、電気抵抗をもつ質量 m (kg) の一様な太さの棒 XY を2本のレールに垂直に置く。棒 XY はレールとつねに垂直を保ちながらレール上をはずれることなく滑るものとする。棒 XY におけるレール間の抵抗値は R_1 (Ω) である。レールの電気抵抗、レールと棒 XY の間の摩擦、空気抵抗、および回路を流れる電流が作る磁界の影響は無視できる。重力加速度の大きさを g (m/s^2) として、以下の問いに答えよ。

問1 棒 XY の抵抗率を ρ ($\Omega \cdot \text{m}$)、断面積を D (m^2) としたとき、 R_1 (Ω) を ρ , D , L から必要な記号を用いて表せ。

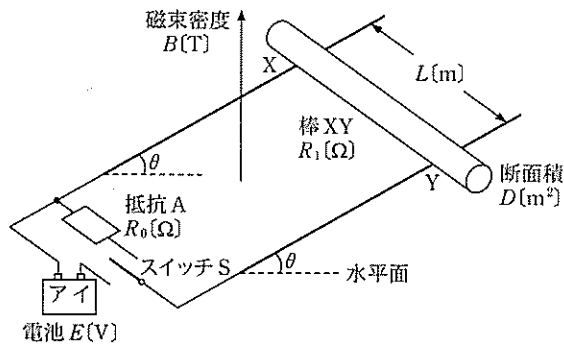
以下の問い(問2, 問3)では、棒 XY の太さによる影響は無視できるものとする。

問2 2本のレールを水平($\theta = 0^\circ$)に設置した。

- (1) 棒 XY が静止した状態で、スイッチ S を電池に接続した。電流が流れ始めたとき、棒 XY が磁場から受ける力の大きさ F (N) を B , L , E , R_1 から必要な記号を用いて表せ。
- (2) 棒 XY はレール上を滑り始めた。棒 XY が速さ v_0 (m/s) になったとき、棒 XY に流れる電流の大きさ I_1 (A) を B , L , E , R_1 , v_0 から必要な記号を用いて表せ。
- (3) 棒 XY の速さが v_0 (m/s) になった瞬間にスイッチ S を抵抗 A に切りかえたところ、棒 XY は減速し始め、しばらくして静止した。スイッチ S を抵抗 A に切りかえた瞬間に抵抗 A に流れる電流の大きさ I_2 (A)、および棒 XY が静止するまでに抵抗 A で発生したジュール熱 Q (J) を B , L , R_0 , R_1 , v_0 , m から必要な記号を用いて表せ。

問 3 次に棒 XY を取り去り 2 本のレールを $\theta = \theta_0$ となるように設置した。

- (1) スイッチ S を電池に接続し、棒 XY を再び 2 本のレールに垂直に静かに置いた。このとき、棒 XY は静止したままであった。このことから $\tan \theta_0$ を B, L, E, R_1, m, g から必要な記号を用いて表せ。また電池の正極は、図のアとイのどちらか答えよ。
- (2) 次に(1)の状態からスイッチ S を抵抗 A に切りかえたところ、棒 XY はレール上を滑り落ち始め、しばらくして一定の速さ v_1 (m/s) になった。 v_1 (m/s) を $B, L, R_0, R_1, m, g, \theta_0$ から必要な記号を用いて表せ。



図