

問題・解答
用紙番号

25

の解答用紙に解答しなさい。

物 理

〈受験学部・学科〉

3科目型 受験者 **3科目型と2科目型の併願受験者**

理工学部, 農学部【理系型】

2科目型 受験者

理工学部(生命科学科), 農学部【理系型】

問題は100点満点で作成しています。

I 次の文を読み、各問いに対する最も適切な答えを、それぞれの解答群から一つ選び、その記号を解答欄にマークせよ。なお、重力加速度の大きさを g [m/s²] とし、空気抵抗は無視できるものとする。(40点)

[1] 図1のように、水平面と30°の角をなす斜面の下端の点を原点 O とし、水平右向きを x 軸、鉛直上向きを y 軸とした座標を設定する。時刻 $t = 0$ s で、 O から水平面と60°の角をなす向きに、質量 m [kg] の小球を速さ v_0 [m/s] で射出した。小球は最高点に達した後、斜面上の点 P に落下した。射出から斜面に落下するまでの小球の運動について以下の問いに答えよ。

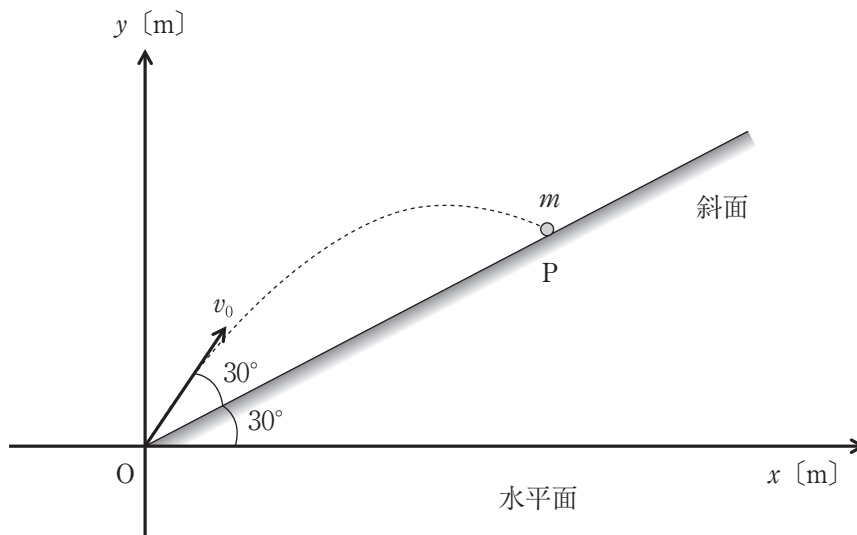


図1

問1. 時刻 t [s] における, 小球の速度の x 成分 v_x [m/s] と y 成分 v_y [m/s] を表した式として正しいものを選び。

解答群

- (ア) $v_x = 0, v_y = -gt + \frac{\sqrt{3}}{2}v_0$ (イ) $v_x = \frac{1}{2}v_0, v_y = -gt + \frac{\sqrt{3}}{2}v_0$
 (ウ) $v_x = \frac{1}{2}v_0t, v_y = -gt + \frac{\sqrt{3}}{2}v_0$ (エ) $v_x = \frac{1}{2}v_0t, v_y = -\frac{1}{2}gt^2 + \frac{\sqrt{3}}{2}v_0$
 (オ) $v_x = \frac{1}{2}v_0t, v_y = -\frac{1}{2}gt^2 + \frac{\sqrt{3}}{2}v_0t$

問2. 時刻 t [s] における, 小球の x 座標と y 座標を表した式として正しいものを選び。

解答群

- (ア) $x = 0, y = -gt + \frac{\sqrt{3}}{2}v_0$ (イ) $x = \frac{1}{2}v_0, y = -gt + \frac{\sqrt{3}}{2}v_0$
 (ウ) $x = \frac{1}{2}v_0t, y = -gt + \frac{\sqrt{3}}{2}v_0$ (エ) $x = \frac{1}{2}v_0t, y = -\frac{1}{2}gt^2 + \frac{\sqrt{3}}{2}v_0$
 (オ) $x = \frac{1}{2}v_0t, y = -\frac{1}{2}gt^2 + \frac{\sqrt{3}}{2}v_0t$

問3. 斜面上の点 P に落下する時刻は何 s か。

解答群

- (ア) $\sqrt{3}$ (イ) $\frac{2}{3}\sqrt{3}$ (ウ) $\frac{v_0}{g}$ (エ) $\sqrt{3}\frac{v_0}{g}$ (オ) $\frac{2}{3}\sqrt{3}\frac{v_0}{g}$

問4. 斜面上の点 P は水平面から何 m の高さか。

解答群

- (ア) $\frac{1}{3}$ (イ) $\frac{1}{3}\frac{v_0}{g}$ (ウ) $\frac{1}{3}\frac{v_0^2}{g}$ (エ) $\frac{1}{3}\frac{g}{v_0}$ (オ) $\frac{1}{3}\frac{g}{v_0^2}$

問5. 斜面上の点 P に落下する直前の小球の運動エネルギーは何 J か。

解答群

- (ア) $\frac{1}{2}mv_0^2 - mg$ (イ) $\frac{1}{2}mv_0^2$ (ウ) $\frac{1}{4}mv_0^2$
 (エ) $\frac{1}{6}mv_0^2$ (オ) $\frac{1}{8}mv_0^2$

[2] なめらかで水平な床面上に、質量 M [kg] の物体 A を置き、その上に質量 m [kg] の物体 B を積み重ねて置いた。図 2 のように、物体 A に水平右向きに大きさ F [N] の力を加えたところ、物体 A と B の間には摩擦があるため、A と B は一体となって運動した。A と B の間の静摩擦係数を μ_0 、動摩擦係数を μ として以下の問いに答えよ。

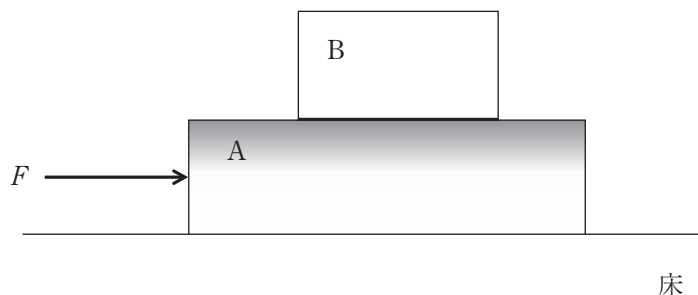


図 2

問 6. 一体となった物体 A と B の加速度の大きさは何 m/s^2 か。

解答群

- (ア) $(m + M)F$ (イ) $\frac{F}{m}$ (ウ) $\frac{F}{M}$
 (エ) $\frac{F}{m + M}$ (オ) F

問 7. 物体 B が A から受ける水平方向の力について、最も適切なものを選べ。

解答群

- (ア) 右向きの静摩擦力を受ける。 (イ) 左向きの静摩擦力を受ける。
 (ウ) 左向きの動摩擦力を受ける。 (エ) 右向きの動摩擦力を受ける。
 (オ) 少しの力も受けない。

問 8. 物体 B が A から受ける水平方向の力の大きさは F の何倍か。

解答群

- (ア) $\frac{1}{m + M}$ 倍 (イ) $\frac{m}{m + M}$ 倍 (ウ) $\frac{M}{m + M}$ 倍
 (エ) $\frac{mM}{m + M}$ 倍 (オ) $(m + M)$ 倍

F を徐々に大きくしていくと、物体 B は A の上ですべり始めた。以下の問いに答えよ。

問9. 物体 B が A の上ですべり始めるときの力の大きさ F' は何 N か。

解答群

(ア) $\mu_0 m g$

(イ) $\mu_0 M g$

(ウ) $\mu m g$

(エ) $\mu M g$

(オ) $\mu_0 (m + M) g$

(カ) $\mu (m + M) g$

Ⅱ 次の文を読み、各問いに対する最も近い値を、それぞれの解答群から一つ選び、その記号を解答欄にマークせよ。なお、電池の内部抵抗、配線に用いた導線の電気抵抗は無視できるものとする。(30点)

[1] 図1のように、 $0 \sim 30 \Omega$ に変化できる可変抵抗器 R と 20Ω の抵抗と起電力 3 V の電池を接続し、回路をつくった。以下の問いに答えよ。

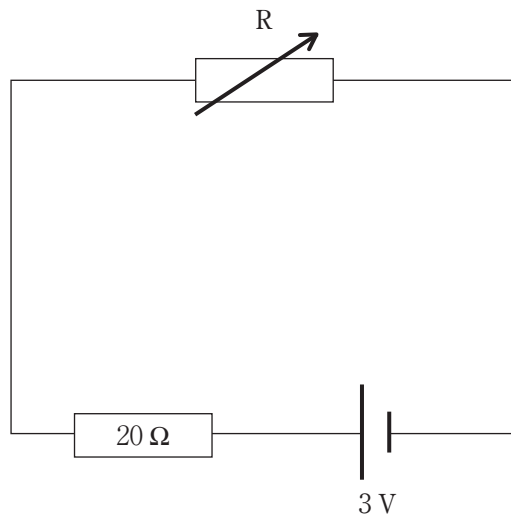


図1

問1. 可変抵抗器 R の抵抗値が 10Ω のとき、 R に流れる電流の大きさは何 A か。

解答群

(ア) 0.05 (イ) 0.1 (ウ) 0.15 (エ) 0.2 (オ) 0.25 (カ) 0.3

問2. 可変抵抗器 R の抵抗値が 10Ω のとき、 R の両端の電位差は何 V か。

解答群

(ア) 0 (イ) 0.5 (ウ) 1 (エ) 1.5 (オ) 2 (カ) 2.5

問3. 可変抵抗器 R の抵抗値が $10\ \Omega$ のとき, R で消費される電力は何 W か。

解答群

(ア) 0.05 (イ) 0.1 (ウ) 0.15 (エ) 0.2 (オ) 0.25 (カ) 0.3

問4. 可変抵抗器 R で消費される電力を最大にしたい。最大となるための R の抵抗値は何 Ω のときか。

解答群

(ア) 5 (イ) 10 (ウ) 15 (エ) 20 (オ) 25 (カ) 30

[2] 図2のように、 5Ω 、 10Ω 、 20Ω の3つの抵抗と起電力 $2V$ 、 $2.5V$ の2つの電池を接続し、回路をつくった。以下の問いに答えよ。

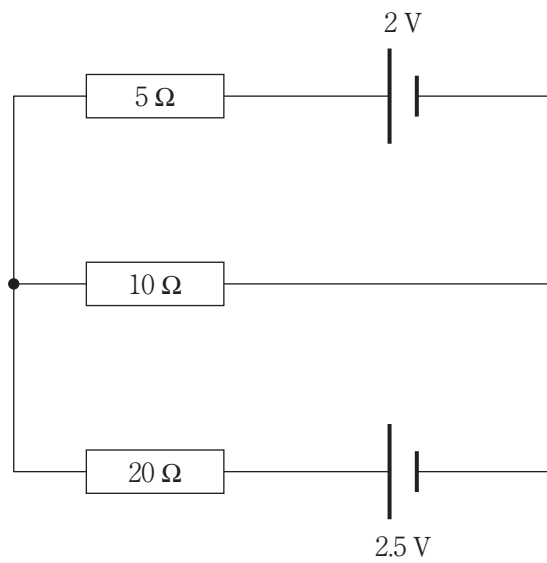


図2

問5. 5Ω の抵抗に流れる電流の大きさは何 A か。

解答群

- (ア) 0.05 (イ) 0.1 (ウ) 0.15 (エ) 0.2 (オ) 0.25 (カ) 0.3

問6. 10Ω の抵抗に流れる電流の大きさは何 A か。

解答群

- (ア) 0.05 (イ) 0.1 (ウ) 0.15 (エ) 0.2 (オ) 0.25 (カ) 0.3

[3] 図3のように、 5Ω 、 10Ω 、 20Ω の3つの抵抗と起電力 $2V$ 、 E [V] の2つの電池を接続し、回路をつくった。以下の問いに答えよ。

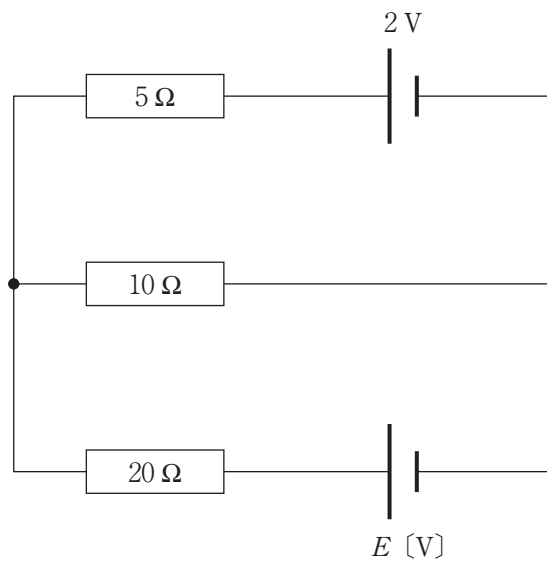


図3

問7. 5Ω の抵抗に流れる電流の大きさが $0A$ となる時、起電力 E は何 V か。

解答群

- (ア) 3 (イ) 4.5 (ウ) 6 (エ) 7.5 (オ) 9 (カ) 10.5

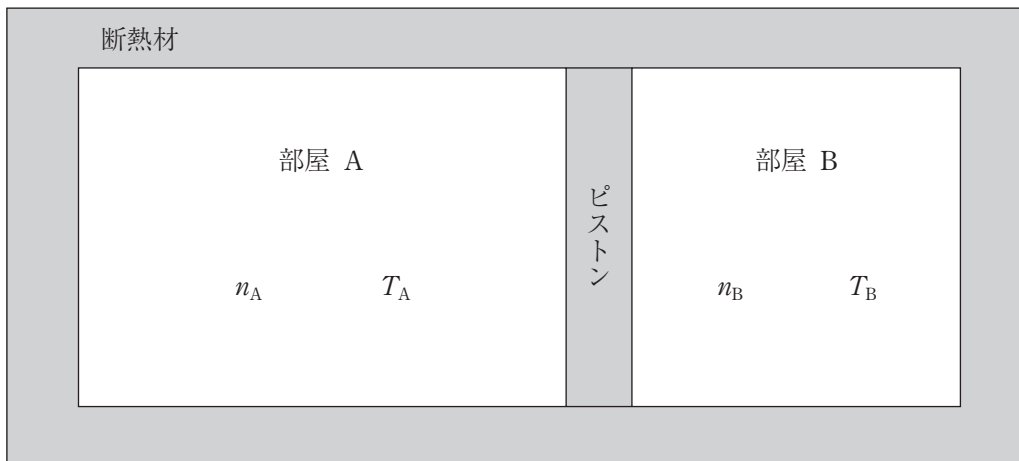
問8. 問7のとき、 10Ω の抵抗に流れる電流の大きさは何 A か。

解答群

- (ア) 0.05 (イ) 0.1 (ウ) 0.15 (エ) 0.2 (オ) 0.25 (カ) 0.3

Ⅲ 次の文を読み、各問いに対する最も適切な答えを、それぞれの解答群から一つ選び、その記号を解答欄にマークせよ。(30点)

図のような断熱材で囲まれた閉じたシリンダーがあり、その内部はなめらかに動くピストンによって部屋が2つに分けられている。これら2つの部屋 A と B に、それぞれ物質質量 n_A [mol]、温度 T_A [K] と、物質質量 n_B [mol]、温度 T_B [K] の単原子分子理想気体を封入した。気体定数を R [J/(mol·K)] とし、以下の問いに答えよ。



図

[1] はじめピストンもまた、シリンダーと同じく断熱材でできており、互いの部屋からの熱の出入りはなかった。ピストンは互いの部屋からの圧力を受け、つり合いの状態にて静止していた。以下の問いに答えよ。

問1. 部屋 A の体積を V_A [m³] としたとき、部屋 A の気体がピストンにおよぼす圧力は何 Pa か。 n_A , T_A , V_A , R を用いて表せ。

解答群

(ア) $\frac{n_A V_A T_A}{R}$

(イ) $n_A R V_A T_A$

(ウ) $\frac{n_A R V_A}{T_A}$

(エ) $\frac{n_A R T_A}{V_A}$

(オ) $\frac{n_A R}{V_A T_A}$

問2. 部屋 B の体積は何 m^3 か。 n_A , n_B , T_A , T_B , V_A を用いて表せ。

解答群

$$\begin{array}{lll} \text{(ア)} \frac{n_A T_A}{n_B T_B} V_A & \text{(イ)} \frac{n_B T_B}{n_A T_A} V_A & \text{(ウ)} n_A n_B \frac{T_B}{T_A} V_A \\ \text{(エ)} \frac{n_B}{n_A} T_A T_B V_A & \text{(オ)} n_A n_B \frac{V_A}{T_A T_B} & \end{array}$$

問3. 部屋 A と部屋 B の気体をもつ内部エネルギーの合計は何 J か。 n_A , n_B , T_A , T_B , R を用いて表せ。

解答群

$$\begin{array}{lll} \text{(ア)} \frac{3}{2} R n_A n_B T_A T_B & \text{(イ)} \frac{3}{2} R n_A n_B \frac{T_B}{T_A} & \text{(ウ)} \frac{3}{2} R \frac{n_B}{n_A} T_A T_B \\ \text{(エ)} \frac{3}{2} R \left(\frac{n_A}{T_A} + \frac{n_B}{T_B} \right) & \text{(オ)} \frac{3}{2} R (n_A T_A + n_B T_B) & \end{array}$$

[2] [1] のつり合いの状態のまま、ピストンの材質を断熱材から熱の出入りが可能な材質に交換した。その後、熱の移動とともにピストンはゆっくり移動し、部屋 A と部屋 B は等しい温度 T' [K] をもつ熱平衡状態に達した。この過程で、部屋 A と部屋 B の気体の圧力は一定に保たれていた。以下の問いに答えよ。ただし、ピストンの熱容量は考えなくてもよい。

問4. 部屋 A と部屋 B の気体をもつ内部エネルギーの合計は何 J か。 n_A , n_B , T' , R を用いて表せ。

解答群

$$\begin{array}{lll} \text{(ア)} \frac{3}{2} R n_A n_B T' & \text{(イ)} \frac{3}{2} R n_A n_B T'^2 & \text{(ウ)} \frac{3}{2} R \frac{n_B}{n_A} T' \\ \text{(エ)} \frac{3}{2} R \frac{n_A + n_B}{T'} & \text{(オ)} \frac{3}{2} R (n_A + n_B) T' & \end{array}$$

問5. 部屋 A から部屋 B へ移動した熱量を Q [J] とし、この過程において部屋 A の気体が部屋 B の気体にした仕事を W [J] とする。このとき、それぞれの部屋の気体の内部エネルギーの変化量 $\Delta U_A, \Delta U_B$ [J] を Q と W で表したとき、その物理的意味も含めて最も適切なものを選べ。

解答群

(ア) $\Delta U_A = -Q - W, \Delta U_B = Q + W$

(両部屋の内部エネルギーの合計はピストンが移動する前後で変わらない。)

(イ) $\Delta U_A = Q + W, \Delta U_B = Q + W$

(両部屋の内部エネルギーの合計はピストンが移動する前後で $2Q + 2W$ [J] 上昇する。)

(ウ) $\Delta U_A = -Q \times W, \Delta U_B = Q \times W$

(両部屋の内部エネルギーの合計はピストンが移動する前後で変わらない。)

(エ) $\Delta U_A = Q + W, \Delta U_B = Q - W$

(両部屋の内部エネルギーの合計はピストンが移動する前後で $2Q$ [J] 上昇する。)

(オ) $\Delta U_A = -Q + W, \Delta U_B = Q + W$

(両部屋の内部エネルギーの合計はピストンが移動する前後で $2W$ [J] 上昇する。)

問6. 温度 T' は何 K か。 n_A, n_B, T_A, T_B を用いて表せ。

解答群

(ア) $n_A T_A + n_B T_B$

(イ) $\frac{T_A}{n_A} + \frac{T_B}{n_B}$

(ウ) $\frac{n_A T_A + n_B T_B}{n_A + n_B}$

(エ) $\frac{n_A T_A + n_B T_B}{T_A T_B}$

(オ) $\frac{n_A T_A + n_B T_B}{T_A + T_B}$

問7. 部屋 A の気体が部屋 B の気体にした仕事 W は何 J か。 n_A, n_B, T_A, T_B, R を用いて表せ。

解答群

(ア) $\frac{n_A n_B}{n_A + n_B} T_A T_B R$

(イ) $\frac{n_A n_B}{n_A + n_B} (T_B - T_A) R$

(ウ) $n_A n_B \frac{T_B - T_A}{T_B + T_A} R$

(エ) $n_A n_B \frac{T_A T_B}{T_A + T_B} R$

(オ) $(n_B - n_A) \frac{T_A T_B}{T_A + T_B} R$