

受験番号	16					
------	----	--	--	--	--	--

令和5年度工学部 学校推薦型選抜（女子学生特別選抜）

適性検査2

理 科 （物理）

注意事項

- 1 開始の合図があるまで、この冊子を開いてはいけない。
- 2 冊子（12 ページよりなる）の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁および解答用紙の汚れ等に気付いた場合は、手を挙げて監督者に知らせること。
- 3 解答は冊子の所定の欄に記入すること。
- 4 冊子には、表紙1箇所を受験番号を記入する欄がある。開始後直ちに記入すること。
- 5 冊子の余白等は適宜利用してよいが、どのページも切り離してはいけない。

問題 I

図1のように、地面上の点Aから質量 m_A の小球Xを水平方向と角 θ ($0 < \theta < \pi/2$)をなす向きに、速さ v_A で斜方投射したところ、小球Xは最高点Bで、細くて軽いひもに取り付けられた質量 m_B の静止している小物体と衝突し、一体となった(以下、小物体と一体となったものを小球Yと称す)。ひもは伸びず、他端は点Oに取り付けられている。重力加速度を g とし、小球Xと小球Y、小物体、ひもの大きさや空気抵抗は無視できるとし、以下の間に答えよ。

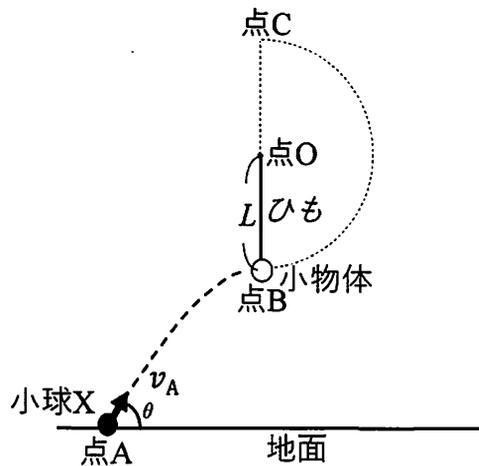


図1

問1 衝突直後の小物体と一体となった小球Yの速さ v_B を、 v_A 、 m_A 、 m_B 、 g 、 θ のうち必要なものを用いて表せ。

解答欄

$$v_B = \frac{m_A v_A \cos \theta}{m_A + m_B}$$

衝突後、ひもがたるむことなく、小球Yは点Oを中心に円運動し、最高点Cに達した。

問2 点Cにおける小球Yの最小の速さ v_C を、 m_A 、 m_B 、 g 、 L 、 θ のうち必要なものを用いて表せ。

解答欄

$$v_C = \sqrt{gL}$$

問3 小球 Y が点 C に達するために必要な点 B での小球 Y の最小の速さ v'_B を, m_A , m_B , g , L , θ のうち必要なものを用いて表せ。

解答欄

$$v'_B = \sqrt{5gL}$$

問4 小球 Y が点 C に達するために必要な点 A での小球 X の斜方投射時の最小の速さ v'_A を, m_A , m_B , g , L , θ のうち必要なものを用いて表せ。

解答欄

$$v'_A = \frac{m_A + m_B}{m_A \cos \theta} \sqrt{5gL}$$

問題 II

図2のように断面積 S [m²] のピストンを備えたシリンダーが、圧力 P_0 [Pa] の大気中の床面に固定されている。シリンダーとピストンは断熱材でできており、熱容量は無視できるものとする。ピストンはシリンダー内をなめらかに動き、その質量は無視できるものとする。シリンダー内には加熱冷却器が取り付けられている。ただし、加熱冷却器の熱容量や体積は無視できるものとする。最初、シリンダー内には n [mol] の単分子理想気体が閉じ込められており、ピストンはシリンダー底面から距離 l_0 [m] 離れた位置で静止している。これを状態 A とする。気体定数を R [J/(mol·K)]、重力加速度の大きさを g [m/s²] とする。以下の問に答えよ。

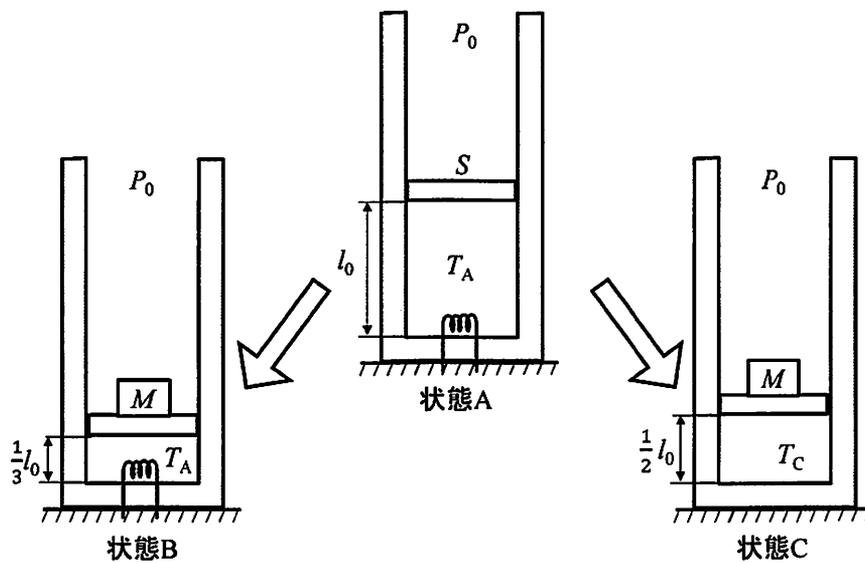


図 2

問 1 状態 A における気体の温度 T_A [K] を P_0 , S , l_0 , n , R を用いて表せ。

解答欄

$$T_A = \frac{p_0 S l_0}{n R}$$

問2 状態 A から、質量 M [kg] のおもりをゆっくりとピストンの上に置くと、ピストンの位置は徐々に下がり、シリンダー底面から距離 $\frac{1}{3}l_0$ [m] 離れた位置で静止した (状態 B)。ただし、状態 A から状態 B への過程において気体の温度は、加熱冷却器を用いて、 T_A に保たれている。質量 M を P_0 , g , S を用いて表せ。

解答欄

$$M = \frac{2Sp_0}{g}$$

問3 状態 A から、加熱冷却器を用いずに、問2と同じ質量のおもりをゆっくりとピストンの上に置いた場合、ピストンの位置は徐々に下がり、シリンダー底面から距離 $\frac{1}{2}l_0$ [m] 離れた位置で静止した (状態 C)。状態 C における気体の温度 T_C [K] は状態 A における気体の温度 T_A の何倍になるか答えよ。

解答欄

$$\frac{3}{2} \text{倍}$$

問4 状態Aから状態Cに変化する際に、気体が外部からされた仕事 W_{AC} [J] を p_0 , S , l_0 を用いて表せ。

解答欄

$$W_{AC} = \frac{3}{4} p_0 S l_0$$

空白

問題III

図3のように、 r_1 , r_2 の抵抗値を持つ抵抗 r_1 , r_2 と可変抵抗 R が起電力 E の電池 E に接続されている回路がある。可変抵抗の抵抗値 R を変化させた時の R にかかる電圧 V_R と流れる電流 I を測定した。ただし、電池の内部抵抗は無視できるものとする。以下の問に答えよ。

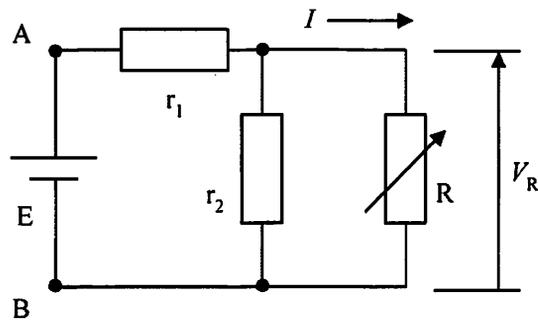


図3

問1 電池 E を外した時の、 AB 間の合成抵抗を求めよ。

解答欄

$$\frac{r_1 r_2 + r_1 R + r_2 R}{r_2 + R}$$

問2 電池を接続した時の V_R , I を求めよ。

解答欄

$$V_R = \frac{r_2 R}{r_1 r_2 + r_1 R + r_2 R} E \qquad I = \frac{r_2}{r_1 r_2 + r_1 R + r_2 R} E$$

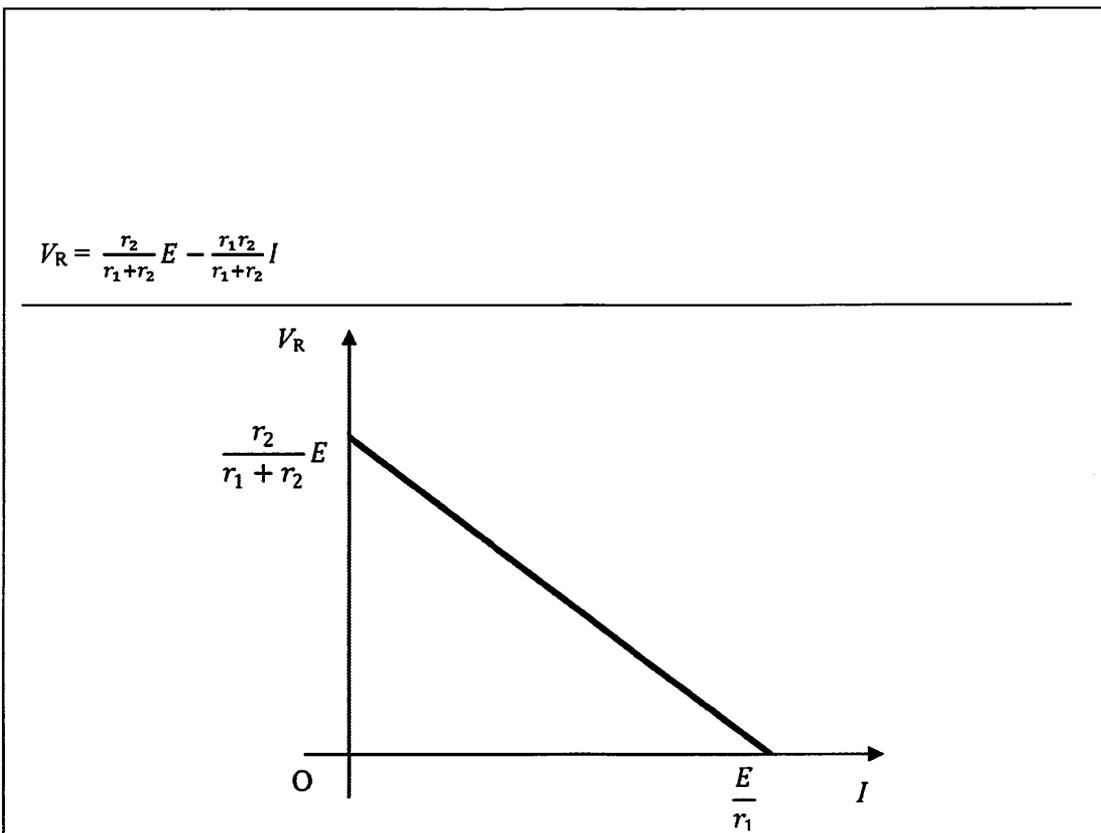
問3 電池を接続した時, R を無限大にした場合の V_R , R を0にした場合の I をそれぞれ求めよ。

解答欄

$$V_R = \frac{r_2}{r_1 + r_2} E \qquad I = \frac{1}{r_1} E$$

問4 電池を接続し, R を変化させた場合の V_R と I の関係を r_1 , r_2 , E を用いて式で表せ。
また, この関係を下のグラフに記すこと。ただし, 軸との交点の値もグラフ中に記せ。

解答欄



問題IV

真空中におかれた点電荷の作る電場について考える。図4に示すように、紙面内に xy 平面をとって考える。点Aには点電荷 $+Q_A$ が、点Bには点電荷 $+Q_B$ がそれぞれ置かれている。点Pの位置で電場を観測するものとする。AP間の距離を r_1 、BP間の距離を r_2 、 $\angle OAP$ の角度を θ_1 、 $\angle OBP$ の角度を θ_2 、円周率を π 、真空中の誘電率を ϵ_0 として、以下の問に答えよ。

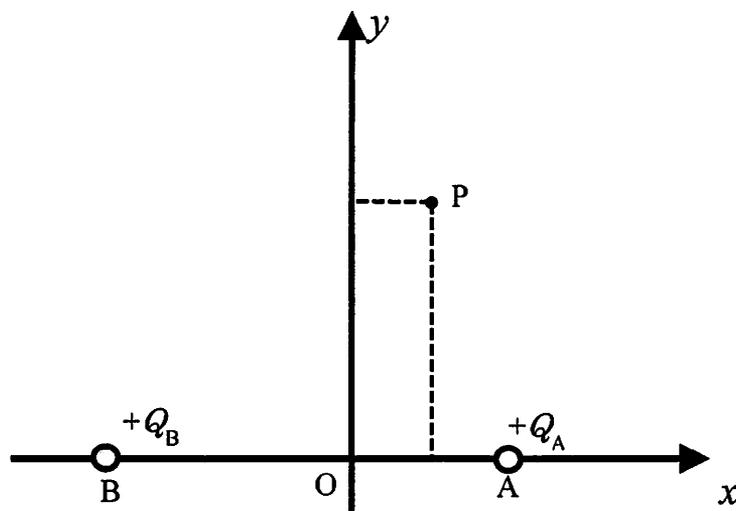


図4

問1 点Aに置かれた点電荷 $+Q_A$ が点Pの位置に作る電場の大きさ E_A と、点Bに置かれた点電荷 $+Q_B$ が点Pの位置に作る電場の大きさ E_B を Q_A 、 Q_B 、 r_1 、 r_2 、 π 、 ϵ_0 のうち必要なものを用いて表せ。

解答欄

$$E_A = \frac{Q_A}{4\pi\epsilon_0 r_1^2}$$

$$E_B = \frac{Q_B}{4\pi\epsilon_0 r_2^2}$$

問2 点Pの位置における電位 V を、 Q_A 、 Q_B 、 r_1 、 r_2 、 π 、 ϵ_0 を用いて示せ。ただし、ここでは電位の基準の位置を無限遠にとることとする。

解答欄

$$V = \frac{Q_A}{4\pi\epsilon_0 r_1} + \frac{Q_B}{4\pi\epsilon_0 r_2}$$

問3 点電荷 $+Q_A$ と $+Q_B$ が点Pの位置に作る合成電場の x 成分 E_x , y 成分 E_y を, Q_A , Q_B , r_1 , r_2 , θ_1 , θ_2 , π , ϵ_0 を用いて示せ。

解答欄

$$E_x = -\frac{Q_A \cos\theta_1}{4\pi\epsilon_0 r_1^2} + \frac{Q_B \cos\theta_2}{4\pi\epsilon_0 r_2^2}$$
$$E_y = \frac{Q_A \sin\theta_1}{4\pi\epsilon_0 r_1^2} + \frac{Q_B \sin\theta_2}{4\pi\epsilon_0 r_2^2}$$

つぎに、真空中におかれた電流の作る磁場について考える。図5に示すように、紙面内に xy 平面をとって考える。点 A には紙面の表から裏に流れる十分に長い電流 I_A が、点 B には紙面の裏から表に流れる十分に長い電流 I_B がそれぞれ置かれている。点 P の位置で磁場を観測するものとする。AP 間の距離を r_1 、BP 間の距離を r_2 、真空中の透磁率を μ_0 として以下の問に答えよ。

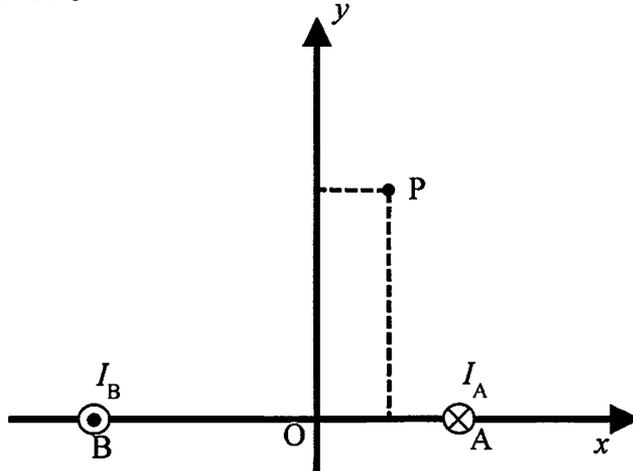


図 5

問 4 点 A にある電流 I_A が点 P の位置に作る磁束密度の大きさ B_A 、点 B にある電流 I_B が点 P の位置に作る磁束密度の大きさ B_B を、 I_A 、 I_B 、 r_1 、 r_2 、 π 、 μ_0 のうち必要なものを用いて表せ。

解答欄

$$B_A = \frac{\mu_0 I_A}{2\pi r_1}$$

$$B_B = \frac{\mu_0 I_B}{2\pi r_2}$$

問5 問4の磁束密度 \vec{B}_A (ベクトル), \vec{B}_B (ベクトル) の方向を解答欄の図中に示せ。

解答欄

