

問題・解答 用紙番号	36
---------------	----

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

理工学部

2科目型 受験者

理工学部(生命科学科・建築学科・都市環境工学科・機械工学科・電気電子工学科)

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、記述解答は指示による。(40点)

図1のように、水平面 AB, CD および半径 r [m] の円柱面 BC がつながっている。円柱の中心軸上の点 O は点 B の鉛直下方、点 C の水平左方向にあり、直線 BO と OC は垂直に交わっている。水平面 AB には動摩擦係数 μ の摩擦があり、円柱面 BC と水平面 CD には摩擦がない。水平面 AB に沿って質量 m [kg] の小球が速さ v_A [m/s] で点 A を通過した。点 A から点 B までの距離を d [m] として以下の問いに答えよ。ただし、重力加速度の大きさは g [m/s²] とし、小球の大きさや空気抵抗は無視できるものとする。

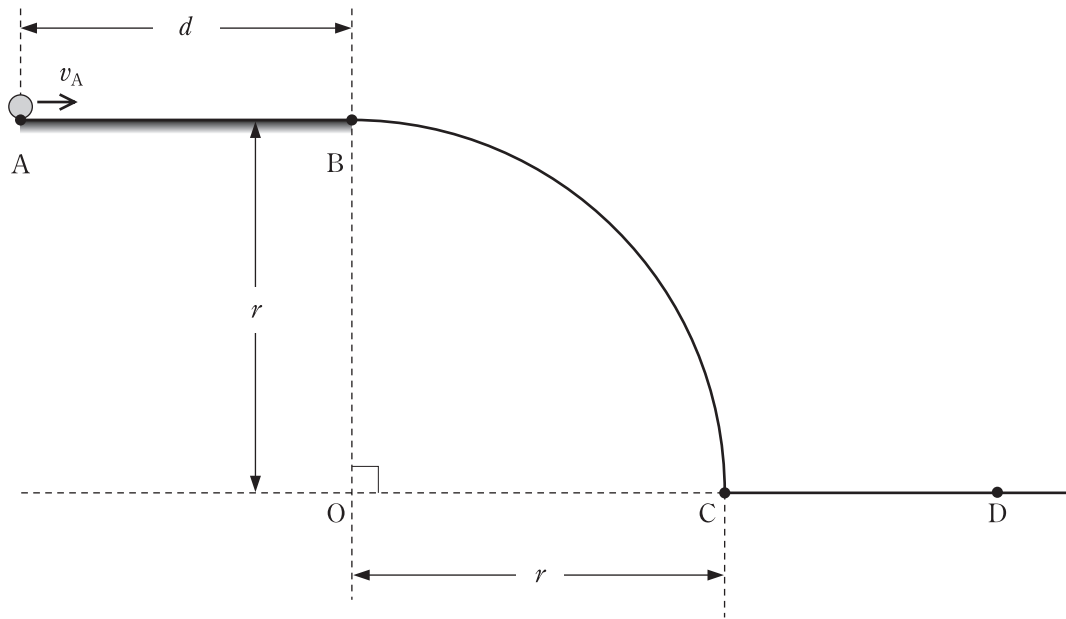


図1

[1] 小球は水平面 AB を運動し、速さ v_B [m/s] で点 B を通過した。水平面 AB での小球の運動について、以下の問いに答えよ。

問1. 小球にはたらく摩擦力の大きさは何 N か。

解答群

- (ア) $\mu m v_A$ (イ) $\mu m (v_A - v_B)$ (ウ) $\mu m g$ (エ) $\frac{\mu}{d} m g$ (オ) $\mu d m g$

問2. 点 A から点 B のあいだに摩擦力が小球にする仕事の大きさは何 J か。

解答群

- (ア) $\mu m v_A$ (イ) $\mu m (v_A - v_B)$ (ウ) $\mu m g$ (エ) $\frac{\mu}{d} m g$ (オ) $\mu d m g$

問3. 点 B での小球の速さ v_B は何 m/s か。

解答群

(ア) v_A

(イ) μv_A

(ウ) $\sqrt{v_A^2 - 2\mu dg}$

(エ) $\sqrt{m v_A^2 - 2\mu d m g}$

(オ) $\sqrt{\frac{1}{2} m v_A^2 - \mu d m g}$

[2] 図2のように、点 B を通過した小球は円柱面上の点 E ($\angle BOE = \theta_E$ [rad]) を速さ v_E [m/s] で通過した。その後、小球は点 F ($\angle BOF = \theta_F$ [rad]) で円柱面からはなれ、水平面 CD に落下した。円柱面上での小球の運動について、以下の問いに答えよ。

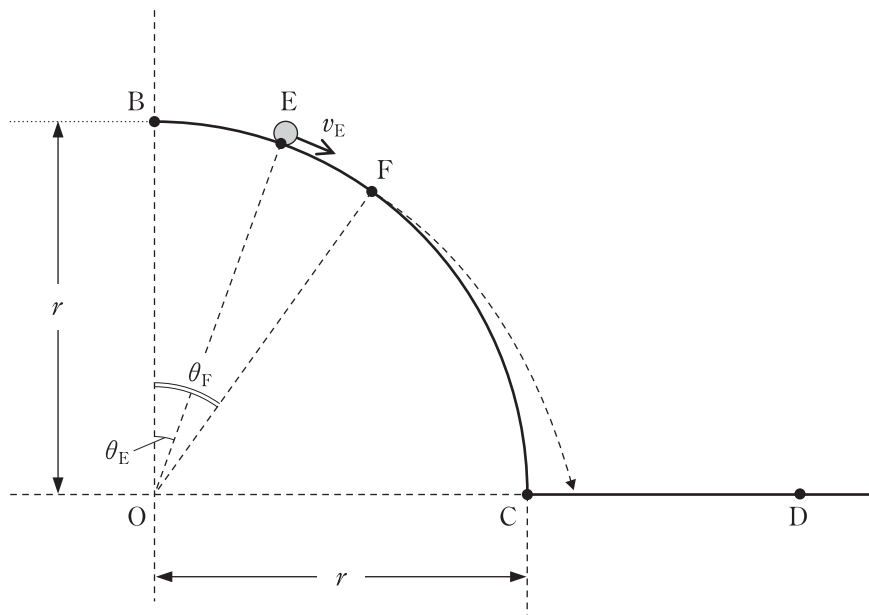


図2

問4. 点 E において、小球が円柱面から受ける垂直抗力の大きさは何 N か。

解答群

(ア) $mg \cos \theta_E - m \frac{v_E^2}{r}$

(イ) $m \frac{v_E^2}{r}$

(ウ) $mg \cos \theta_E$

(エ) $g \cos \theta_E$

(オ) 0

問5. 点 F での小球の速さ v_F は何 m/s か。

解答群

(ア) $\sqrt{g \cos \theta_F}$

(イ) $\sqrt{rg \cos \theta_F}$

(ウ) $\sqrt{\frac{g}{r} \cos \theta_F}$

(エ) $\sqrt{\frac{r}{g} \cos \theta_F}$

(オ) $\sqrt{\frac{rg}{\cos \theta_F}}$

[3] 小球が円柱面から速さ v_F [m/s] で点 F をはなれてから t [s] 後、小球は水平面 CD に衝突した。図3のように、点 O を座標原点とし、 x 軸と y 軸を定める。点 F からの小球の落下運動について、以下の問いに答えよ。ただし、問5で求めた点 F での小球の速さを v_F とする。

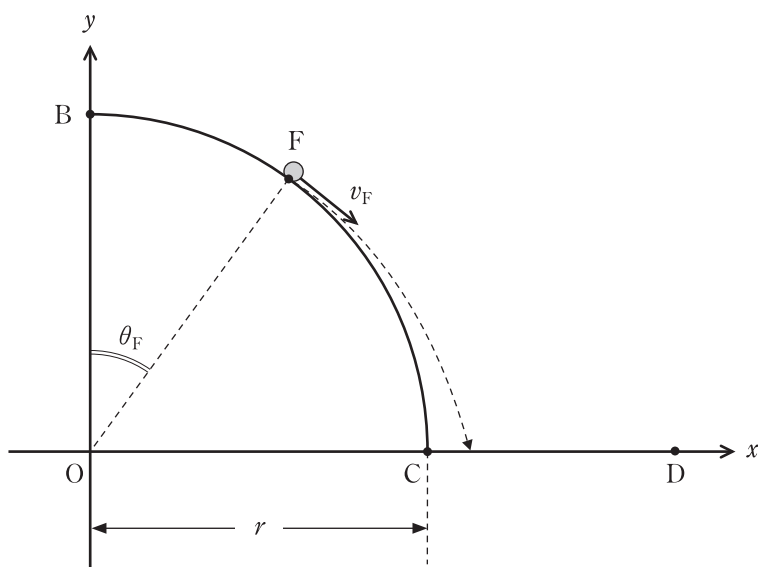


図3

問6. 点 F において、小球の座標 x と y を表した式として正しいものを選び。

解答群

(ア) $x = r \sin \theta_F, y = r \cos \theta_F$

(イ) $x = r \cos \theta_F, y = r \sin \theta_F$

(ウ) $x = r \sin \theta_F, y = -r \cos \theta_F$

(エ) $x = r \cos \theta_F, y = -r \sin \theta_F$

(オ) $x = r \cos \theta_F, y = -r \cos \theta_F$

問7. 点 F において、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べ。

解答群

(ア) $v_x = v_F \sin \theta_F, \quad v_y = v_F \cos \theta_F$

(イ) $v_x = v_F \cos \theta_F, \quad v_y = v_F \sin \theta_F$

(ウ) $v_x = v_F \sin \theta_F, \quad v_y = -v_F \cos \theta_F$

(エ) $v_x = v_F \cos \theta_F, \quad v_y = -v_F \sin \theta_F$

(オ) $v_x = v_F \cos \theta_F, \quad v_y = -v_F \cos \theta_F$

問8. 水平面 CD と衝突する直前の小球の速度の 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べ。

解答群

(ア) $v_x = v_F \cos \theta_F, \quad v_y = -gt$

(イ) $v_x = v_F \cos \theta_F, \quad v_y = -v_F \sin \theta_F$

(ウ) $v_x = 0, \quad v_y = -gt - v_F \sin \theta_F$

(エ) $v_x = v_F \cos \theta_F, \quad v_y = -gt - v_F \sin \theta_F$

(オ) $v_x = v_F \cos \theta_F, \quad v_y = -\frac{1}{2}gt^2 - v_F t \sin \theta_F$

問9. 点 F をはなれてから小球が水平面 CD に衝突するまでの時間 t は何 s か。 g , r , v_F と θ_F を用いて導出せよ。導出式は、与えられた解答欄の枠内に必ず記載せよ。

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。(30点)

図1のように、可変抵抗器 R_1 と抵抗 R_2 , R_3 , コンデンサー C_1 , C_2 , スイッチ S_1 , S_2 , S_3 , S_4 そして電池 E を接続した回路をつくった。抵抗 R_2 , R_3 の抵抗値はどちらも 2Ω , コンデンサー C_1 , C_2 の電気容量はそれぞれ $2\mu\text{F}$, $4\mu\text{F}$, 電池 E の電圧は 10V である。はじめスイッチ S_1 , S_2 , S_3 , S_4 はすべて開いており、コンデンサーに電荷は蓄えられていなかった。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して以下の問いに答えよ。

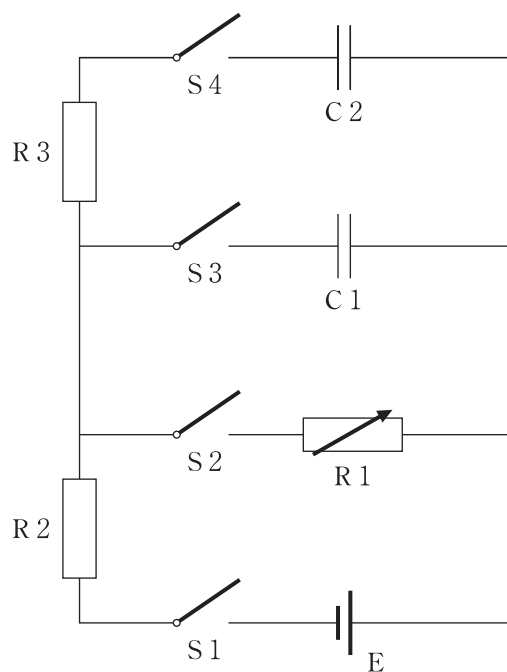


図1

[1] スイッチ S1, S2 を閉じ, 図2の回路となった。

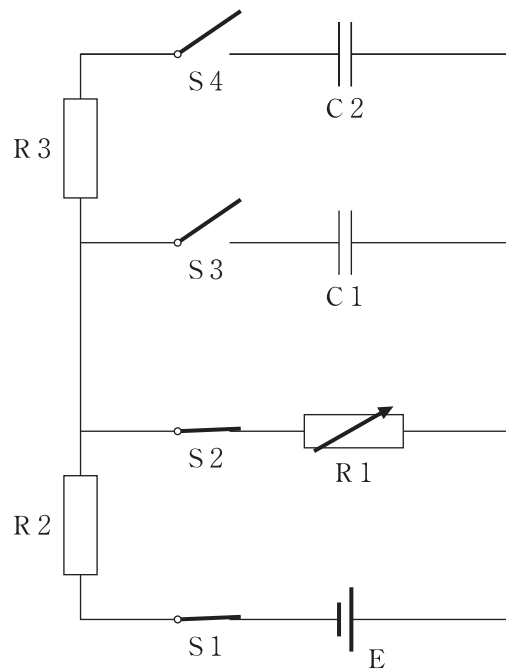


図2

問1. 可変抵抗器 $R1$ の抵抗値が 3Ω のとき, $R1$ に加わる電圧は何 V か。

解答群

- (ア) 2 (イ) 4 (ウ) 6 (エ) 8 (オ) 10 (カ) 12

問2. 問1のとき, 可変抵抗器 $R1$ と抵抗 $R2$ での消費電力の総和は何 W か。

解答群

- (ア) 4 (イ) 8 (ウ) 12 (エ) 16 (オ) 20 (カ) 24

問3. 可変抵抗器 $R1$ と抵抗 $R2$ での消費電力の総和を $10W$ にしたい。可変抵抗器 $R1$ の抵抗値を何 Ω に調整すればよいか。

解答群

- (ア) 2 (イ) 4 (ウ) 6 (エ) 8 (オ) 10 (カ) 12

[2] 可変抵抗器 R_1 の抵抗値を 3Ω に戻し、スイッチ S_1 , S_2 を閉じた状態で、さらに S_3 を閉じた。すなわち、**図 3** の回路となった。以下の問いに答えよ。

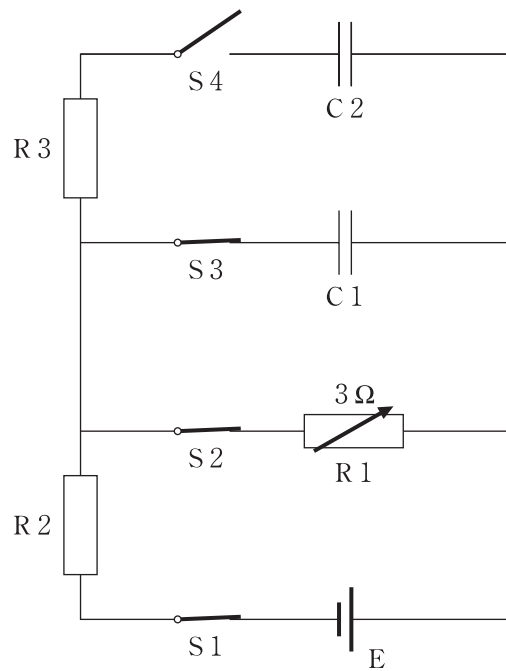


図 3

問 4. コンデンサー C_1 の極板間の電位差が 3 V に達したとき、コンデンサー C_1 に流れる電流は何 A か。

解答群

- (ア) 0.5 (イ) 1.0 (ウ) 1.5 (エ) 2.0 (オ) 2.5 (カ) 3.0

問 5. 十分な時間が経過したとき、コンデンサー C_1 に蓄えられた電荷は何 C か。

解答群

- (ア) 2×10^{-6} (イ) 4×10^{-6} (ウ) 6×10^{-6}
 (エ) 8×10^{-6} (オ) 10×10^{-6} (カ) 12×10^{-6}

[3] 問5の後、スイッチ S1、S2を同時に開き、その後 S4 を閉じると図4の回路となった。
以下の問いに答えよ。

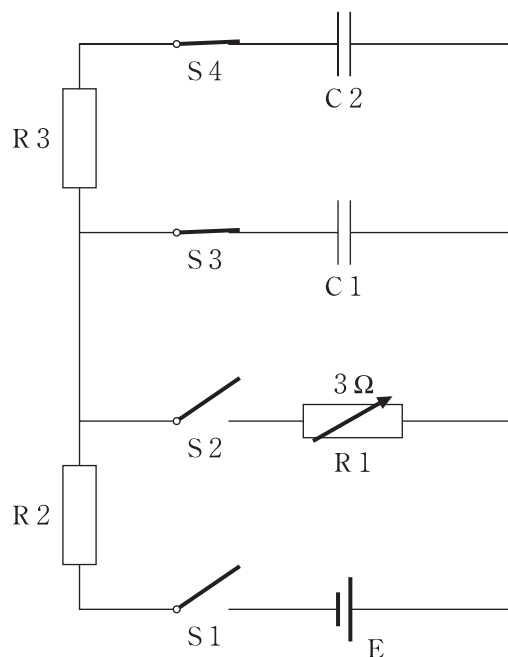


図4

問6. スイッチ S4 を閉じると、コンデンサー C1 から C2 へ電荷が移動した。S4 を閉じてから十分に時間が経過したとき、コンデンサー C2 における極板間の電位差は何 V か。

解答群

- (ア) 2 (イ) 4 (ウ) 6 (エ) 8 (オ) 10 (カ) 12

問7. スイッチ S4 を閉じると、コンデンサー C1 から C2 へ電荷が移動した。S4 を閉じてから十分に時間が経過するまでに、抵抗 R3 で発生したジュール熱は何 J か。

解答群

- (ア) 8×10^{-6} (イ) 12×10^{-6} (ウ) 16×10^{-6}
(エ) 20×10^{-6} (オ) 24×10^{-6} (カ) 28×10^{-6}

Ⅲ 次の文を読み、各問いに対する最も適当な答えを、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、記述解答は指示による。(30点)

図1のように、鉛直に置かれた断熱材でできた断面積が S [m²] のシリンダー内に、1 mol の単原子分子の理想気体が、なめらかに動く断熱材でできたピストンで閉じ込められている。ピストンの質量は無視でき、このピストンの上に質量 m [kg] のおもりがのせられている。シリンダー内は外部から温度調節器を用いて温度を調節することができ、図2のように気体の状態を変化させて熱サイクルを一巡させた。図2中の①～④は気体の状態を、A～Dは気体の状態変化の過程を示す。大気圧を p [Pa]、重力加速度の大きさを g [m/s²] とし、以下の問いに答えよ。

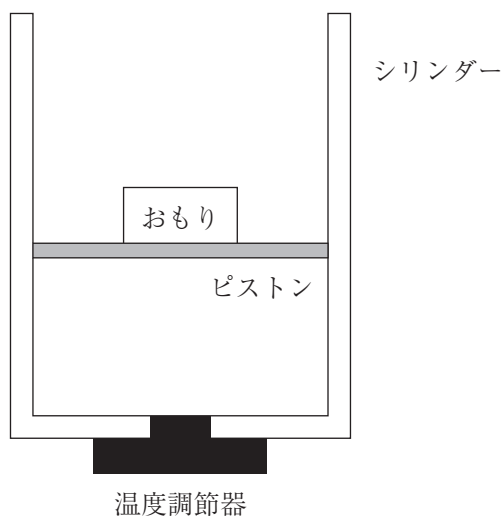


図1

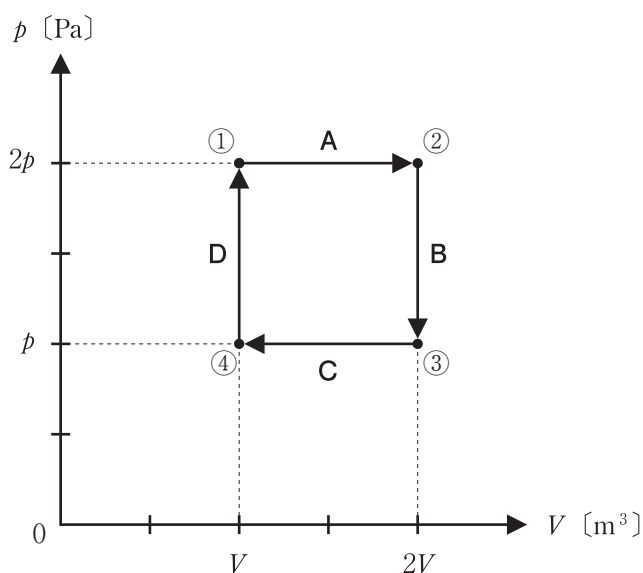


図2

はじめ、状態①のシリンダー内の気体の体積は V [m³], 圧力は $2p$ [Pa], 温度は T [K] であった。

問 1. おもりの質量 m は何 kg か。

解答群

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

この気体を加熱すると、ピストンがゆっくりと移動し体積 $2V$ の状態②となった。この過程を過程 A とする。

問 2. 過程 A 後の状態②の気体の温度は何 K か。

解答群

- (ア) $\frac{1}{2}T$ (イ) T (ウ) $\frac{3}{2}T$ (エ) $2T$ (オ) $\frac{5}{2}T$

問 3. この過程 A で気体に加えられた熱量は何 J か。

解答群

- (ア) $\frac{5}{2}pV$ (イ) $3pV$ (ウ) $\frac{7}{2}pV$ (エ) $4pV$ (オ) $\frac{9}{2}pV$ (カ) $5pV$

次に、状態②からピストンを固定し気体の温度を下げた。おもりを取り除いた後、ピストンが動けるようにしたところ、ピストンは移動せず体積 $2V$ のままで状態③となった。この過程を過程 B とする。

問 4. 過程 B 後の状態③の気体の温度は何 K か。

解答群

- (ア) $\frac{1}{2}T$ (イ) T (ウ) $\frac{3}{2}T$ (エ) $2T$ (オ) $\frac{5}{2}T$

問5. この過程 B で気体から除かれた熱量は何 J か。

解答群

(ア) $\frac{5}{2}pV$ (イ) $3pV$ (ウ) $\frac{7}{2}pV$ (エ) $4pV$ (オ) $\frac{9}{2}pV$ (カ) $5pV$

さらに、状態③から温度を下げると、ピストンがゆっくりと移動し体積が半分の状態④となった。この過程を過程 C とする。

問6. 過程 C 後の状態④の気体の温度は何 K か。

解答群

(ア) $\frac{1}{2}T$ (イ) T (ウ) $\frac{3}{2}T$ (エ) $2T$ (オ) $\frac{5}{2}T$

問7. この過程 C で気体から除かれた熱量は何 J か。

解答群

(ア) $\frac{5}{2}pV$ (イ) $3pV$ (ウ) $\frac{7}{2}pV$ (エ) $4pV$ (オ) $\frac{9}{2}pV$ (カ) $5pV$

最後に、状態④からピストンを固定して加熱した。その後、ピストンの上に質量 m [kg] のおもりをのせて、ピストンが動けるようにしたところ、最初の状態①に戻った。この過程を過程 D とする。

問8. 熱サイクルが一巡するあいだに気体が外部にした正味の仕事を、解答用紙の図中に斜線で図示せよ。