

物 理

解答はすべて解答用紙の指定された場所に記入すること。

I. 次の各設問の に該当する最も適切な答えの番号を、解答群から選び、解答欄の指定の位置をマークせよ。

図1のように、点Oに固定した伸び縮みしない長さ $2r$ の軽い糸に、質量 m の小球をつける。糸が水平に張った状態になる位置Aまで小球を持ち上げ、静かにはなす。小球が最下点Bを通る瞬間、糸は点Bの鉛直上方に r の距離だけはなれた点Cにある細いくぎに触れ、その後、小球は点Cを中心とする円運動を始めた。糸はたるむことなく、小球は点Dを通過した。鉛直方向とCDのなす角を θ 、重力加速度の大きさを g とする。

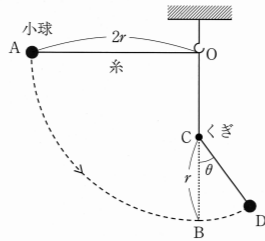


図1

問1 点Bを通るときの小球の速さは であり、小球が点Bを通る直前の糸が小球を引く力の大きさは 、点Bを通った直後の糸が小球を引く力の大きさは である。

㉗の解答群

- ① $\frac{\sqrt{gr}}{2}$ ② $\sqrt{\frac{gr}{2}}$ ③ \sqrt{gr}
④ $2\sqrt{gr}$ ⑤ $\sqrt{2gr}$ ⑥ $2\sqrt{2gr}$

㉙、㉚の解答群

- ① mg ② $3mg$ ③ $5mg$
④ $2mg$ ⑤ $4mg$ ⑥ $6mg$

問2 小球が点Dを通るときの小球の速さは であり、糸が小球を引く力の大きさは である。

㉜の解答群

- ① $\sqrt{2gr \sin \theta}$ ② $\sqrt{2gr(1 + \sin \theta)}$ ③ $\sqrt{2gr(2 + \sin \theta)}$
④ $\sqrt{2gr \cos \theta}$ ⑤ $\sqrt{2gr(1 + \cos \theta)}$ ⑥ $\sqrt{2gr(2 + \cos \theta)}$

㉝の解答群

- ① $mg(2 + \sin \theta)$ ② $mg(2 + 3 \sin \theta)$ ③ $mg(2 + 5 \sin \theta)$
④ $mg(2 + \cos \theta)$ ⑤ $mg(2 + 3 \cos \theta)$ ⑥ $mg(2 + 5 \cos \theta)$

II. 次の各設問の に該当する最も適切な答えの番号を、解答群から選び、解答欄の指定の位置をマークせよ。

世界中で用いられている交流には変圧器（トランス）を使って簡単に電圧を変えられるという利点がある。図2は、発電所の交流発電機で発電した電力が家庭に届くまでの模式図である。送電線の抵抗は r で、図の抵抗記号の部分に集中しており、周囲の環境によって変化しないものとする。発電時の電圧を V_1 、電流を i_1 、変圧器Aで変圧した後の電圧を V_2 、電流を i_2 とする。変圧器Aの一次コイルと二次コイルの巻き数をそれぞれ N_1 、 N_2 とする。なお、電圧および電流は実効値として扱う。また、変圧器でのエネルギーの損失は無視できる。

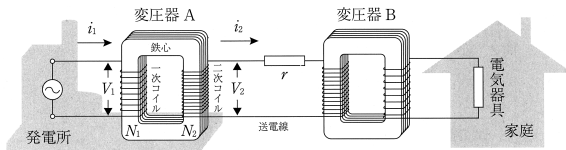


図2

問1 コイルに生じる誘導起電力の大きさとコイルの巻き数の関係から、 V_1 と V_2 の間には の関係が成り立つ。また、変圧器でのエネルギーの損失は無視できるので、一次コイル側と二次コイル側の電力の間には の関係が成り立つ。

㌘の解答群

- ① $\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2}$ ② $\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_2}{N_1}$ ③ $\frac{V_1}{N_1} = \frac{N_2}{V_2}$
 ④ $\frac{V_1}{V_2} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2$ ⑤ $\left(\frac{V_1}{V_2}\right)^2 = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^3$ ⑥ $V_1 - V_2 = N_1 - N_2$

㌙の解答群

- ① $V_1 V_2 = i_1 i_2$ ② $V_1 i_1 = V_2 i_2$ ③ $V_1 i_2 = V_2 i_1$
 ④ $V_1^2 i_1 = V_2^2 i_2$ ⑤ $V_1 i_1^2 = V_2 i_2^2$ ⑥ $V_1 - V_2 = i_1 - i_2$

問2 送電線の抵抗で消費される電力は と表される。よって、コイルの巻き数の比が $N_1 : N_2 = 1 : 10$ の変圧器Aを使うと、変圧器Aを使わない場合に比べ、送電線による電力の消費は 倍になる。

㌘の解答群

- ① ri_2 ② rV_2 ③ $r^2 i_2$
 ④ ri_1^2 ⑤ ri_2^2 ⑥ $V_2 i_2^2$

㌙の解答群

- ① 0.01 ② 0.1 ③ 1
 ④ 2 ⑤ 10 ⑥ 100

問3 図2の発電所から、 $4.0 \times 10^5 \text{ W}$ の電力を $r = 1.0 \times 10^2 \Omega$ の送電線を用いて $V_2 = 5.0 \times 10^5 \text{ V}$ の交流で送電したとき、送電線で失われた電力は送電した電力の %になる。

㌘の解答群

- ① 1.6×10^{-4} ② 1.6×10^{-2} ③ 2.0×10^{-2}
 ④ 1.3 ⑤ 1.6 ⑥ 6.3

III. 次の各設問の に該当する最も適切な答えの番号を、解答群から選び、解答欄の指定の位置をマークせよ。

図3に示すように単原子分子理想気体 1.0 mol の圧力と体積を $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A$ のサイクルでゆっくりと変化させた。図3の変化の中で $C \rightarrow A$ は等温変化であり気体の絶対温度は T_0 で一定であった。そして、この等温変化をしている間に気体は外部へ Q_0 の熱を放出した。気体定数を R として以下の問いに答えよ。

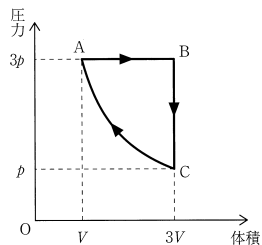


図3

問1 状態Bにおける気体の絶対温度 T_B は である。

イの解答群

- ① T_0 ② $\frac{3}{2}T_0$ ③ $2T_0$
 ④ $\frac{5}{2}T_0$ ⑤ $3T_0$ ⑥ $\frac{7}{2}T_0$

問2 $A \rightarrow B$ の変化で気体が外部にした仕事を W_{AB} 、この変化の間に気体が吸収した熱量を Q_{AB} としたとき、 $|W_{AB}| = \text{イ}$ であり、 $|Q_{AB}| = \text{ウ}$ である。

イの解答群

- ① $\frac{1}{2}RT_0$ ② RT_0 ③ $\frac{3}{2}RT_0$
 ④ $2RT_0$ ⑤ $\frac{5}{2}RT_0$ ⑥ $3RT_0$

ウの解答群

- ① RT_0 ② $2RT_0$ ③ $3RT_0$
 ④ $4RT_0$ ⑤ $5RT_0$ ⑥ $6RT_0$

問3 $C \rightarrow A$ の変化で気体が外部にした仕事を W_{CA} としたとき、 $|W_{CA}| = \text{エ}$ である。

エの解答群

- ① $\frac{1}{2}Q_0$ ② Q_0 ③ $\frac{3}{2}Q_0$
 ④ $2Q_0$ ⑤ $\frac{5}{2}Q_0$ ⑥ $3Q_0$

問4 気体が放出した熱量 $Q_0 = 1.1 RT_0$ のとき、この $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A$ のサイクルを熱機関と考えると、熱効率 η は である。

エの解答群

- ① 0.10 ② 0.14 ③ 0.18
 ④ 0.22 ⑤ 0.26 ⑥ 0.30

IV. 次の各設問の に該当する最も適切な答えの番号を、解答群から選び、解答欄の指定の位置をマークせよ。

図4-1は、エレベーターがビルの一階から最上階まで鉛直に上昇するときの移動速度の推移を、鉛直上向きを正（プラス）として示している。すなわち、停止中の一階から、区間(1)において時刻0から一定加速度 A で速度 v になるまで加速し、速度 v になった時点から区間(2)において一定速度 v で上昇した後、区間(3)において一定加速度 $-B$ で減速して、時刻 t に最上階に到着して停止する。ここで、 A 、 B 、 v は正の値であり、 B は重力加速度の大きさ g より小さいとする。

エレベーターには、体重計にのった質量 m の人がいる。図4-2は、区間(1)における、人が受ける重力（大きさ mg ）と、人が体重計から受ける鉛直上向きの垂直抗力、エレベーターの加速度 A の関係を示している。

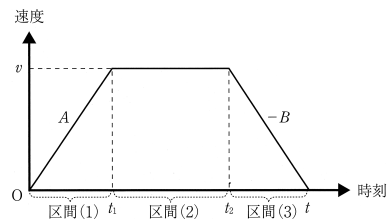


図4-1

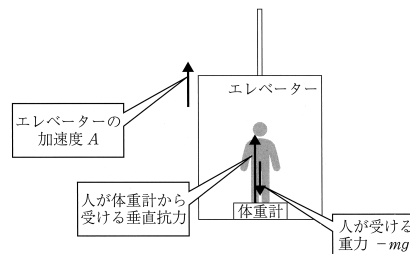


図4-2

問1 図4-1において、エレベーターが速度 v に到達する時刻を t_1 、減速を開始する時刻を t_2 とすると、 t_1 と t_2 の組み合わせとして正しいのは、である。また、このエレベーターが一階から最上階まで上昇するときの移動距離は、である。

(イ)の解答群

	t_1	t_2
①	$\frac{v}{A}$	$t - \frac{v}{2B}$
②	$\frac{v}{A}$	$t - \frac{v}{B}$
③	$\frac{v}{2A}$	$t - \frac{v}{B}$
④	$\frac{v}{2A}$	$t - \frac{v}{2B}$
⑤	$\frac{v^2}{A}$	$t - \frac{v^2}{B}$
⑥	$\frac{v^2}{2A}$	$t - \frac{v^2}{2B}$

(チ)の解答群

- ① $v \left(t - \frac{v}{A} - \frac{v}{B} \right)$ ② $v \left(t + \frac{v}{A} + \frac{v}{B} \right)$
 ③ $v \left(t + \frac{v}{A} - \frac{v}{B} \right)$ ④ $v \left(t - \frac{v}{2A} - \frac{v}{2B} \right)$
 ⑤ $v \left(t + \frac{v}{2A} + \frac{v}{2B} \right)$ ⑥ $v \left(t + \frac{v}{2A} - \frac{v}{2B} \right)$

問2 エレベーターの加速度は区間によって変化するが、この加速度を a で表し、体重計にのった人が体重計から鉛直上向きに受ける垂直抗力の大きさを N とすると、エレベーターの外で静止している観測者から見たときの、体重計にのっている人の運動方程式は、である。

(ツ)の解答群

- ① $N - 2mg = -ma$ ② $N - mg = ma$ ③ $N + mg = -ma$
 ④ $N + mg = ma$ ⑤ $2N - mg = 0$ ⑥ $N + mg = 0$

問3 体重計にのった $m=60$ kgの人をのせたエレベーターが、図4-1のように上昇した。すると、区間(1)において、体重計が63 kgを示した。このときの上向きの加速度は $A = \text{input type="text" value="(ケ) m/s}^2$ である。また、区間(2)において、一定の速度 $v=1.50$ m/sで上昇する場合、体重計は m_2 [kg]を示した。さらに、区間(3)において、下向きに $B=0.98$ m/s²の大きさの加速度で減速する場合、体重計は m_3 [kg]を示した。 m_2 [kg]と m_3 [kg]の組み合わせとして最も適切なものは、である。なお、以上の計算において、重力加速度の大きさ g は9.8 m/s²とし、解答群の数値の有効数字を考慮する必要はない。

(ケ)の解答群

- ① 0.49 ② 0.98 ③ 1.96
 ④ 2.45 ⑤ 4.90 ⑥ 9.80

(ト)の解答群

	m_2 [kg]	m_3 [kg]
①	54	50
②	54	52
③	60	54
④	60	57
⑤	66	60
⑥	66	63