前期日程

科目 **物　　理**

理学部・医学部・薬学部・工学部・都市デザイン学部

注　　　　意

1. 開始の合図があるまで，この問題冊子を開いてはいけません。
2. 問題は，１ページから６ページにわたっています。
3. 解答用紙は３枚，下書用紙は３枚で，問題冊子とは別になっています。
4. 問題冊子，解答用紙，下書用紙に不備がある場合は，直ちにその旨を監督者に申し出てください。
5. **すべての解答用紙の所定の欄に，志望学部（１か所）と受験番号（２か所）を記入してください。**
6. **解答は，すべて解答用紙の所定の欄に記入してください。**解答用紙の所定の欄以外に記入した解答は，評価（採点）の対象としません。
7. 試験終了後，問題冊子と下書用紙は持ち帰ってください。

1 図1のように，質量 m の小球1を天井の点A，Bから伸びる二本の糸1，2によってつり下げ，点Cで静止させた。さらに，点Aの真下の床面上の点Oに質量 m の小球2を置き，その右側の点Dとの間に質量 $2m$ の物体を置いた。小球2と物体が置かれている床面は，点Dより左側はなめらかで点Dより右側はあらい面となっている。天井と床は水平で，その間隔は糸1の長さ L に等しく，天井と糸1，2がなす角をそれぞれ $\angle BAC = \theta_1$，$\angle ABC = \theta_2$ とするとき，以下の問いに答えよ。ただし，糸は変形しないものとし，糸の質量，小球と物体の大きさ，空気抵抗は無視する。また，重力加速度の大きさは g とする。

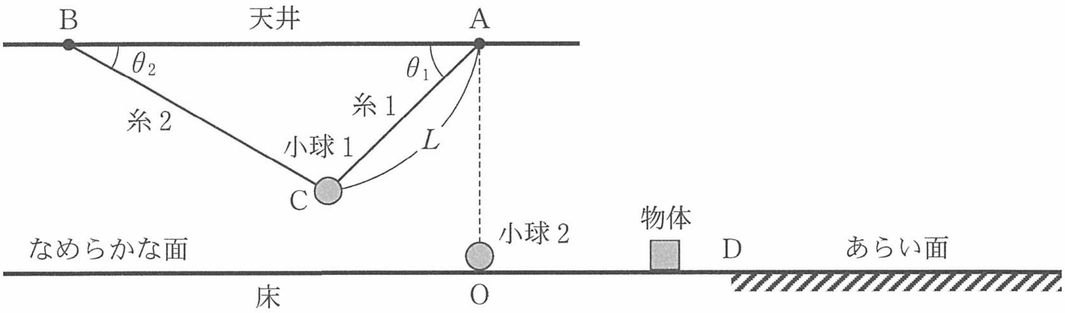

図1

(1) 糸1に作用する張力の大きさとして適切なものを下記の選択肢①～⑧の中から選び，解答欄に番号のみを示せ。

① $\dfrac{mg\sin\theta_1}{\sin\theta_1\cos\theta_2+\cos\theta_1\sin\theta_2}$　② $\dfrac{mg\cos\theta_1}{\sin\theta_1\cos\theta_2+\cos\theta_1\sin\theta_2}$

③ $\dfrac{mg\sin\theta_2}{\sin\theta_1\cos\theta_2+\cos\theta_1\sin\theta_2}$　④ $\dfrac{mg\cos\theta_2}{\sin\theta_1\cos\theta_2+\cos\theta_1\sin\theta_2}$

⑤ $\dfrac{mg\sin\theta_1}{\sin\theta_1\sin\theta_2+\cos\theta_1\cos\theta_2}$　⑥ $\dfrac{mg\cos\theta_1}{\sin\theta_1\sin\theta_2+\cos\theta_1\cos\theta_2}$

⑦ $\dfrac{mg\sin\theta_2}{\sin\theta_1\sin\theta_2+\cos\theta_1\cos\theta_2}$　⑧ $\dfrac{mg\cos\theta_2}{\sin\theta_1\sin\theta_2+\cos\theta_1\cos\theta_2}$

(2) 糸 2 を静かに切断したところ，小球 1 は糸 1 につながったまま点 A のまわりで運動をはじめ，点 O で小球 2 と弾性衝突した。衝突後の小球 2 の速さ v を g，θ_1，L を用いて表せ。解答欄に解答のみを示せ。

(3) 問(2)の後，小球 2 はなめらかな面上で移動し物体と非弾性衝突した。反発係数を $e(0 < e < 1)$ とし，運動量保存則を適用して衝突直後の物体の速さ V' を e，v を用いて表せ。解答欄に解答のみを示せ。

(4) 問(3)の後，物体は一定速度でなめらかな面を移動して点 D に到達したのち，あらい面上を d だけ移動して静止した。物体とあらい面との間の動摩擦係数を μ' として，あらい面上の移動距離 d を g，V'，μ' を用いて表せ。解答欄に解答のみを示せ。

(5) 次に図 2 のように，床を取り除き小球 1 を点 P の位置から静かに離したところ，小球 1 は点 A のまわりで運動をはじめた。点 A の真下の小球通過位置を点 O とする。線分 AO と線分 AP のなす角を $\angle \mathrm{PAO} = \theta_3$ とし，小球 1 が点 O に達した瞬間の糸 1 の張力の大きさを m，g，θ_3 を用いて表せ。解答欄に解答のみを示せ。

(6) 問(5)の後，小球 1 が点 Q に到達した瞬間に糸 1 を切断すると，小球 1 は右斜め上向きに投射された。線分 AO と線分 AQ のなす角を $\angle \mathrm{OAQ} = \theta_4$ とし，小球 1 が点 Q で投射されてから最も高い位置に到達するまでにかかる時間を，g，θ_3，θ_4，L を用いて表せ。解法記述欄に解答を得るまでの解き方を示し，解答欄に解答のみを示せ。

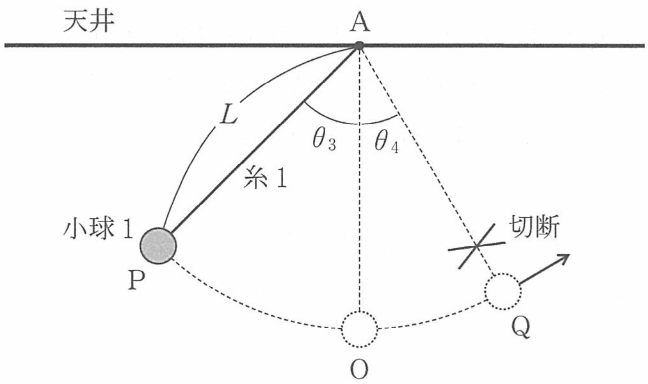

図 2

2 図1のように，内部抵抗を無視できる起電力 E の電池，抵抗値 R の抵抗，可変抵抗，電気容量 C のコンデンサーおよび2個のスイッチ S1，S2 からなる回路がある。はじめに2個のスイッチは開かれており，コンデンサーに電気量は蓄えられていない。

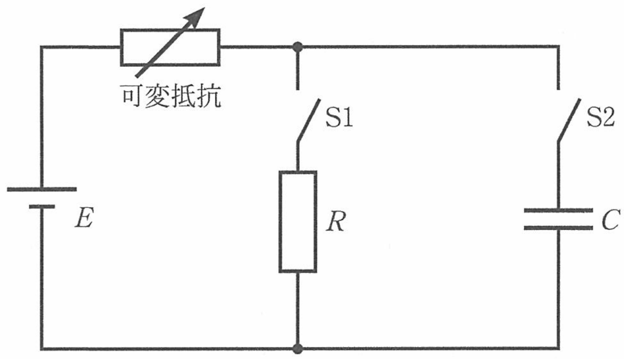

図1

可変抵抗の抵抗値を r に設定し，時刻 $t=0$ でスイッチ S1 を閉じた。その後に時刻 $t=T$ まで可変抵抗の抵抗値を一定とした。問(1)～(3)は，E，R，r，T のうちから適切な記号を用いて答えよ。

(1) 可変抵抗の消費電力を求めよ。解答欄に解答のみを示せ。

(2) 時刻 $t=0$ から T の間に可変抵抗で消費される電力量を求めよ。解答欄に解答のみを示せ。

(3) 可変抵抗の抵抗値を変えると可変抵抗で消費される電力量が変化する。可変抵抗がある抵抗値のときに，時刻 $t=0$ から T の間に可変抵抗で消費される電力量は最大となる。その最大値を求めよ。解答欄に解答のみを示せ。

次にスイッチ S1 を開き，その後にスイッチ S2 を閉じる。その際に，コンデンサーに蓄えられる電気量 q が，図2のように時間に対して一定の割合で変化するように可変抵抗の抵抗値を時刻 t の関数として調整した。スイッチ S2 を閉じた時刻を $t=0$ とすると，時刻 $t=T$ に蓄えられている電気量は $\frac{1}{3}CE$ であった。問(5)～(8)は，E，C，T，t のうちから適切な記号を用いて答えよ。

(4) 次の文章の空欄に入る適切なものとして①には数式を，②，③には語句を下記の選択肢から選び，正しい文章を完成させなさい。解答欄に選択した記号を示せ。ただし，同じ記号をくり返し選んでもよい。

> 図2のグラフの傾きは $\boxed{\quad ① \quad}$ であり，これはコンデンサーに流れ込む $\boxed{\quad ② \quad}$ の大きさを表している。また，この傾きは可変抵抗を流れる $\boxed{\quad ③ \quad}$ の大きさでもある。

── 選択肢 ──

(ア) $\dfrac{CE}{3T}$　　(イ) $\dfrac{3T}{CE}$　　(ウ) $\dfrac{E}{3T}$

(エ) 電圧　　(オ) 電流　　(カ) 電力　　(キ) 電力量

(5) 時刻 $t=0$ から T の間の，コンデンサーの両端の電位差を任意の時刻 t の関数として求めよ。解答欄に解答のみを示せ。

(6) 時刻 $t=0$ から T の間の，可変抵抗の抵抗値を任意の時刻 t の関数として求めよ。解答欄に解答のみを示せ。

(7) 時刻 $t=0$ から T の間の，可変抵抗の消費電力 P を任意の時刻 t の関数として求めよ。解答欄に解答のみを示せ。また，グラフ欄に P と t の関係を図示せよ。なお，グラフには $t=0$ および $t=T$ の電力 P の値を示せ。

(8) 時刻 $t=0$ から T の間に可変抵抗で消費される電力量を求めよ。解法記述欄に解答を得るまでの解き方を示し，解答欄に解答のみを示せ。

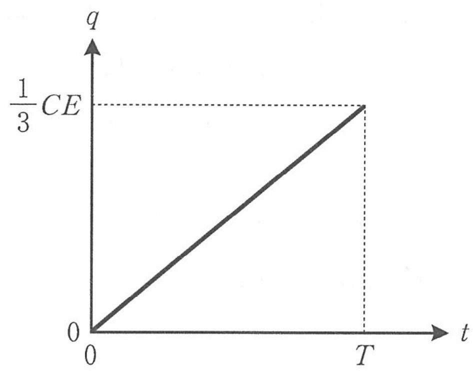

図 2

3 図1のように透明な円筒状の容器を逆さにして水中に入れ容器内の空気をいくらか外に出し，容器の底を水平にしたところ，容器の内と外の水面の高さが等しくなった。このとき容器内の空気部分の高さは ℓ_0，容器内の空気の温度は T_0 であった。ただし，温度は絶対温度である。大気圧を p_0，水の密度を ρ，重力加速度の大きさを g として，以下の問いに答えよ。ただし，容器の質量や厚さ，水の蒸発，空気の水への溶解は無視できるものとし，空気は理想気体とみなせるものとする。また，実験中に容器内外の空気が混じることはなく，容器の底は常に水平とする。

(1) 図1の状態から容器内の空気の温度を T_0 に保ったまま容器を引き上げたところ，図2のように容器内の水面の高さが x だけ上昇し，容器内の空気部分の高さが ℓ_1 となった。

(a) 容器内の空気の圧力 p_1 を表す式を p_0，x，g，ρ を用いて表せ。解答欄に解答のみを示せ。

(b) $\dfrac{\ell_0}{\ell_1}$ を表す式を p_0，x，g，ρ を用いて表せ。解答欄に解答のみを示せ。

(c) $p_0 = 1.0 \times 10^5\,\mathrm{Pa}$，$\rho = 1.0 \times 10^3\,\mathrm{kg/m^3}$，$g = 9.8\,\mathrm{m/s^2}$ の数値を用いて，$x = 5.0\,\mathrm{cm}$ のときの $1 - \dfrac{\ell_0}{\ell_1}$ の値を有効数字1桁で答えよ。解答欄に解答のみを示せ。

(2) 図1の状態から容器を水中に沈めたところ，容器内では圧力と温度が変化して，図3のように圧力が p_2，温度が T_2，空気部分の高さが ℓ_2 となった。ここでは，容器内の空気と水や容器との間の熱のやりとりは無視できるとする。

(a) 大気圧と水圧を考え，p_2 を表す式を p_0，d，ℓ_2，g，ρ を用いて表せ。解答欄に解答のみを示せ。

(b) 気体の法則を考え，p_2 を表す式を p_0，T_0，T_2，ℓ_0，ℓ_2 を用いて表せ。解答欄に解答のみを示せ。

(c) 上の(a)と(b)の結果から，深さ d を表す式を p_0，T_0，T_2，ℓ_0，ℓ_2，g，ρ を用いて表せ。解答欄に解答のみを示せ。

(3) 下の文中の空欄 $\boxed{(ア)}$ ～ $\boxed{(ウ)}$ にあてはまる適切な数式を答えよ。解答欄に解答のみを示せ。

図3のように容器を水中に沈めたときの水面から容器の底までの深さ d を，水面上からの視線を使って求めよう。図4のように容器の底の点Aを水面より上の点Bから見ることとする。Aから出た光線が水面上の点Cで屈折して進みBへ達する。Cを通る鉛直線と線分ACがなす角を i，鉛直線と線分CBがなす角を r，空気に対する水の屈折率を n とする。このとき i，r と n の間には $n =$ $\boxed{(ア)}$ の関係がある。点A，B間の水平方向の間隔を L とし，点Bの水面からの高さを h とすると，L は d，h，i，r を用いて $L =$ $\boxed{(イ)}$ と表される。これらの関係式から，L，h，r，n を用いて d を表すと $d =$ $\boxed{(ウ)}$ となる。

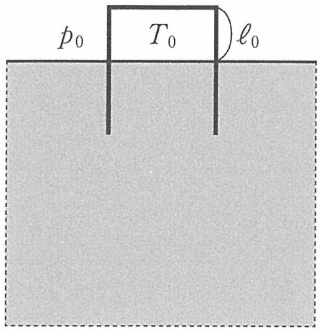

図 1

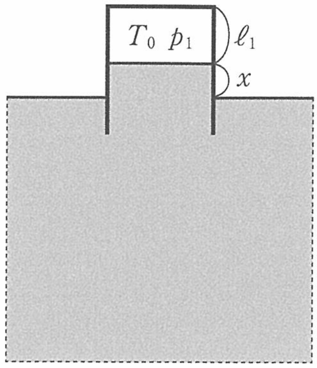

図 2

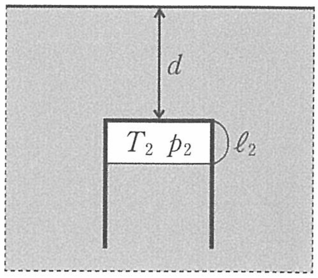

図 3

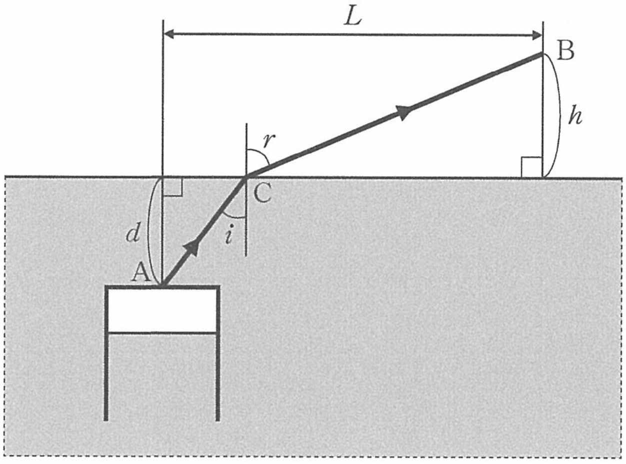

図 4