

平成23年度入学試験問題(前期)

理 科

注 意

1. 合図があるまで表紙をあけないこと。
2. 物理、化学、生物のうちから2科目を選択し、別紙解答用紙に受験番号、氏名を記入すること。
(ただし受験票、入学願書に記入した2科目に限る。)
3. 選択した科目以外の科目(例えば物理、化学を選択した場合は生物)の解答用紙にも受験番号、氏名を記入し、全体に大きく×印をすること。
4. 解答は解答用紙の枠内に記入すること。
5. 選択した科目以外の解答用紙に解答を記入した場合、及び解答用紙に解答以外のことを書いた場合、その答案は無効とする。
6. 出題数は物理、化学、生物おのおの4題、別紙解答用紙は各科目それぞれ1枚である。
7. 受験票は机に出しておくこと。

I 底面積 $S[\text{cm}^2]$ 、高さ $L[\text{cm}]$ 、質量 $m[\text{g}]$ の直方体の容器に、ロウを流し込み、固まってから密封した。この容器を水に入れると、上部を $L/4$ だけ出して浮かんだ。水の密度を 1g/cm^3 、固まったロウの密度を $\rho[\text{g/cm}^3]$ 、重力加速度を $g[\text{cm/s}^2]$ 、水の抵抗は無視できるものとして、以下の間に答えよ。なお、容器の運動は鉛直方向に限られるものとする。

- (1) 流し込んで固まったロウの体積 $V[\text{ml}]$ を求めよ。
- (2) 容器を少しだけ押し下げて手を離すと、容器は上下方向に振動を始めた。このときの周期 $T[\text{s}]$ を求めよ。
- (3) 浮いている容器を、その上面が水面と等しいところまで押し下げて手を離した。このとき、振動する容器の速さの最大値 $v_1[\text{cm/s}]$ を求めよ。
- (4) 次に、容器をその底面が水面と接する位置まで持ち上げ、手を離した。容器の上面が水面に達したときの速さ $v_2[\text{cm/s}]$ を求めよ。
- (5) (4)の状態から、容器が沈んで最も深い位置に達したとき、水面から容器の上面までの距離 $D[\text{cm}]$ を求めよ。

II 一辺の長さが $L[\text{m}]$ の正方形をした 2 枚の薄い金属平板 A と B がある。

これらを、辺を揃えたまま上下に $d[\text{m}]$ 離して水平に設置し、起電力 $V[\text{V}]$ の電源と、抵抗 1、抵抗 2、および 2 つのスイッチをつないで、図 1 のような回路とした。抵抗 1、2 の抵抗値はそれぞれ $R_1[\Omega]$ 、 $R_2[\Omega]$ であり、それ以外の部分の抵抗は無視してよい。また、初期段階でスイッチは 2 つとも開いており、A、B 共に帯電していない。以下の操作はすべて真空中で行った。真空の誘電率を $\epsilon[\text{F/m}]$ 、重力加速度を $g[\text{m/s}^2]$ 、AB 間に作られる電場は一様で、回路の自己誘導は無いものとして(1)から(5)の空欄を埋め、(6)の間に答えよ。

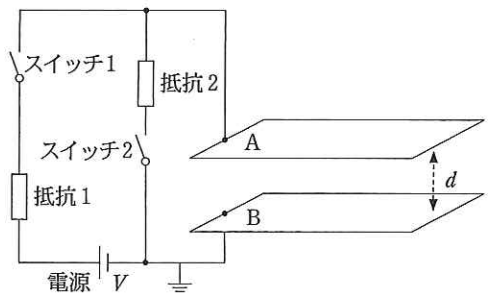


図 1

- (1) スイッチ 1 を閉じた直後に抵抗 1 を流れる電流は ① [A] である。その後、時間が十分に経過すると、AB 間の電位差は ② [V]、電場の強さは ③ [V/m] となる。A と B で形成されるコンデンサの電気容量は ϵ を使って ④ [F] と表すことができるので、金属板 A には ⑤ [C] の電荷量がたくわえられたことになる。ここまでに電源がした仕事は ⑥ [J] であり、その間に抵抗 1 で発生した熱量は ⑦ [J] である。

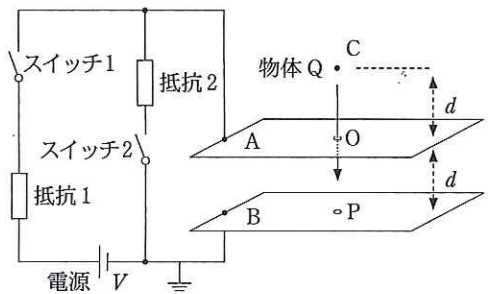
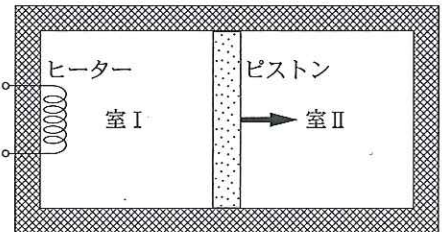


図 2

- (2) その後、スイッチ 1 を開いてから、次にスイッチ 2 を閉じた。この直後に抵抗 2 を流れる電流は ⑧ [A] である。時間が十分に経過すると抵抗 2 に電流が流れなくなる。この間に抵抗 2 で発生した熱量は ⑨ [J] である。
- (3) (2)の後、スイッチ 2 を閉じたままスイッチ 1 も閉じた。この直後、抵抗 1 を流れる電流は ⑩ [A] である。十分に時間が経過すると、AB 間の電位差は ⑪ [V] となる。
- (4) 続けてスイッチ 2 だけ開くと、その直後に抵抗 1 を流れる電流は ⑫ [A] となる。
- (5) 図 2 のように、A と B の中心に小さな穴 O と P をあけた。O は P の鉛直上方にある。スイッチ 1、2 を閉じて十分に時間が経ったあと、O の鉛直上方で距離 $d[\text{m}]$ の点 C から質量 $m[\text{kg}]$ 、電荷 $-q[\text{C}]$ ($q > 0$) を持つ小さな物体 Q を自由落下させたところ、O を通過した後 OP 間を等速で運動し、P を通過して落下した。O、P の穴や、物体 Q の持つ電荷は、AB 間の電場や電気容量に影響を与えていないとすると、 q は ⑬ [C] と表される。
- (6) 次に、スイッチ 1 は閉じたままスイッチ 2 を開き、十分に時間が経ったあと(5)と同じ物体 Q を C から落下させたところ、物体 Q は O と P を通過して落下した。このとき、 R_1 と R_2 の間に成り立つ関係式を答えよ。また、O を通過した後の物体 Q の速さの最小値 $v_{\text{min}}[\text{m/s}]$ を、 q を使わない式で表せ。

Ⅲ 単原子分子理想気体は断熱変化において、圧力を P [Pa]、体積を V [m³] で表したとき $PV^\gamma = \text{一定}$ ($\gamma = 5/3$) という関係を満たす。図のように断熱壁で囲まれた容器の中に滑らかに動く断熱性のピストンがあり、それが容器をⅠとⅡの室に分けている。それぞれの室には圧力 P_0 [Pa]、体積 V_0 [m³]、温度 T_0 [K] の理想気体が1モルずつ入っている。室Ⅰに入っている気体をヒーターで暖めたところ、ピストンはゆっくりと動いて圧力が aP_0 [Pa] になったところで静止した。次の間に答えよ。

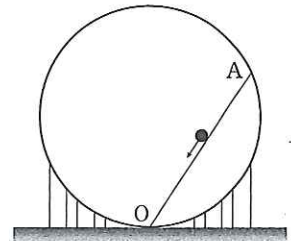
- (1) 室Ⅱの気体の体積はいくらか。 a 、 V_0 で表せ。
- (2) 室Ⅱの気体の温度はいくらか。 a 、 T_0 で表せ。
- (3) 室Ⅱの気体がされる仕事はいくらか。 a 、 P_0 、 V_0 で表せ。
- (4) 室Ⅰの気体の温度はいくらか。 a 、 T_0 で表せ。
- (5) 室Ⅰの気体はヒーターから熱量を得て、室Ⅱの気体に仕事をする。この仕事は、ピストンが十分ゆるやかに動くので、すべて室Ⅱの気体に与えられる。室Ⅰの気体がヒーターから得た熱量はいくらか。 a 、 P_0 、 V_0 で表せ。



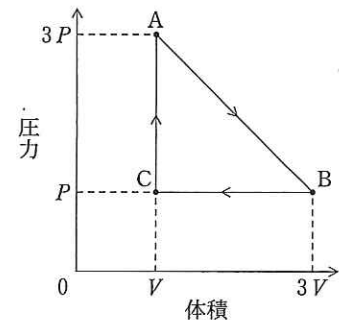
Ⅳ 以下の間に答えよ。

- (1) 遠隔地にある発電所から都市に送電すると送電線により電力損失が生じる。1軒の家のみが電気を使用している場合、送電線で失われる電力は、発電所が供給した全電力の1.0%であった。消費電力がどの家でも同じとすると、121軒の家が同時に電気を使ったとき、送電線での電力損失は何%になるか。

- (2) 球状のガスタンクの半径を求めたい。そのため、適当な長さの細い板をもってタンクの中に入り、板の一端をタンクの最低点 O に固定し、他端をタンクの内面に接触させた。その点を A とする。 A から小球をすべらせたところ、4.0秒で O 点に到達した。タンクの半径はいくらか。板と小球の間に摩擦はないものとし、重力加速度は 9.8 m/s^2 とする。



- (3) 圧力 $3P$ 、体積 V のとき温度 T の気体(状態 A) を右図のように $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A$ と変化させた(各点を結ぶ線はいずれも直線である)。この過程で気体の温度が最も高いときの温度 T_1 と、最も低いときの温度 T_2 は、それぞれ T の何倍か。



- (4) 抵抗値 R [Ω] の抵抗が3本ある。これらを1本、2本、あるいは3本使って作ることができる抵抗の値をすべて記せ。

物理 (前期)

受験番号		氏名	
------	--	----	--

受験番号

物理 (前期)

I	
II	
III	
IV	
計	

I	(1)	$V =$ [ml]	(2)	$T =$ [s]
	(3)	$v_1 =$ [cm/s]	(4)	$v_2 =$ [cm/s]
	(5)	$D =$ [cm]		
II	(1)	①	②	③
		④	⑤	⑥
		⑦		
	(2)	⑧	⑨	
	(3)	⑩	⑪	
	(4)	⑫	(5)	⑬
(6)	関係式： $v_{\min} =$			
III	(1)		(2)	
	(3)		(4)	
	(5)			
IV	(1)		(2)	
	(3)	$T_1 :$	$T_2 :$	
	(4)			