

(令 7 前)

理 科

	ページ
物 理.....	1～ 6
化 学.....	7～15
生 物.....	16～26
地 学.....	27～31

・ ページ番号のついていない白紙は下書き用紙である。

注意 解答はすべて答案用紙の指定のところに記入しなさい。

物 理	75 点
化 学	75 点
生 物	75 点
地 学	75 点

物 理

I 質量 m 、高さ h 、底面積 S の密度が一様な直方体を、密度 ρ の液体に入れたところ、図 1(a)のように高さ方向に $\frac{h}{5}$ だけ液面から出て静止した。この直方体を、図 1(b)のように上面が深さ d の位置に来るまで液体に沈めてから静かに手を離すと、図 1(c)のように下面が液面に接するまで上昇し、その後下降に転じた。鉛直上向きを z 軸の正の向き、液面の位置を z 軸の原点 O 、重力加速度の大きさを g として、図 1(a)の状態、および(b)から(c)の状態までの運動に関する以下の問 1～5 に答えなさい。解答の導出過程も示しなさい。直方体が入ることによる液面の位置の変化、直方体の運動に伴う液体の運動の影響、運動する直方体が液体から受ける抵抗力、および空気の影響を、すべて無視できるものとする。また、直方体は鉛直方向にのみ運動し、静止中も運動中もその底面は常に液面に平行であるとする。(配点 25 点)

問 1 図 1(a)の状態において、直方体にはたらく鉛直方向の力のつり合いの式を示しなさい。

問 2 図 1(b)に示す深さ d の位置で手を離してから、直方体の上面が液面に達するまでの運動方程式を示しなさい。このときの直方体の加速度を a とする。

問 3 図 1(b)に示す深さ d の位置で手を離した時刻を $t = 0$ とする。直方体の上面が液面に達する時刻 t_1 と、そのときの直方体の速度 v_1 を、いずれも g と d を用いて表しなさい。

問 4 直方体の上面が液面から出た後の運動方程式を示しなさい。このときの直方体の加速度を A 、上面の z 軸上の座標を z とする。さらに、直方体の速さが最大になるときの z を h を用いて表しなさい。

問 5 $t = 0$ から直方体の下面が液面に接する図 1 (c)の状態までの運動について、直方体の速度 v の時刻 t に対する変化の概略を図示しなさい。その図には、問 3 の t_1 と v_1 がどこであることを明示しなさい。さらに、 $0 \leq t \leq t_1$ と $t \geq t_1$ のそれぞれの範囲について、時刻 t に対する変化の特徴を簡潔に説明しなさい。

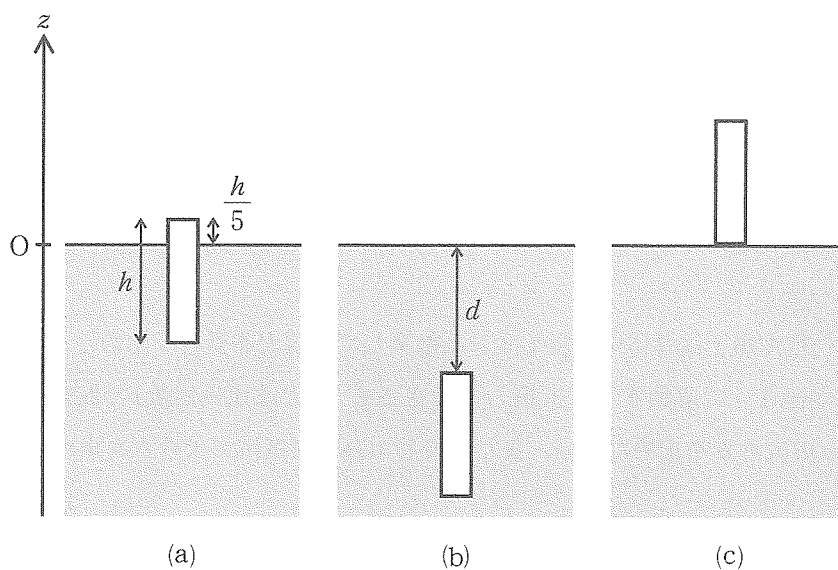


図 1

Ⅱ 以下の問 1 ～ 5 に答えなさい。文中に与えられた物理量の他に解答に必要な物理量があれば定義して明示しなさい。ただし最終的な解答は問題文で与えられた物理量を用いて書き表しなさい。解答の導出過程も示しなさい。(配点 25 点)

図 1 のような長さ ℓ 、断面積 S の導体の両端 A と B の間に電圧 V が加えられている。導体内には電荷 $-e (e > 0)$ をもった自由電子が一様に単位体積当たり n 個存在している。

問 1 導体内の電場の大きさと向きを答えなさい。また導体内の 1 個の自由電子が電場から受ける力の大きさと向きを答えなさい。

問 2 自由電子は導体中の陽イオンと衝突して抵抗力を受けるため、平均して一定の速さ v で運動する。抵抗力の大きさを kv (k は比例定数) と仮定したとき、 v の大きさを求めなさい。また電流および電気抵抗の大きさを求めなさい。

問 3 1 個の自由電子が電場からされる単位時間当たりの仕事を求めなさい。また導体から発生する単位時間当たりのジュール熱を求めなさい。

次に図 2 のように水平面内に間隔 L で平行に置かれた 2 本の導線 L_1 , L_2 、抵抗 R_1 、スイッチ S_1 からなる回路を考える。導体棒は導線と垂直な状態を保ちながら摩擦なしで動くように置かれており、紙面に垂直に紙面の裏から表に貫く向きの磁束密度 B の一様な磁場の中に置かれている。ここで、図 2 において R_1 の抵抗値を R とし、 R_1 以外の部分での電気抵抗はすべてゼロであるとする。また導線と導体棒を流れる電流から生じる磁場は無視する。なお、導体棒と導線 L_1 , L_2 の接点をそれぞれ C, D とする。

問 4 S_1 を開いた状態で導体棒を図 2 のように導線に平行な一定の力 F で引いたところ、棒は一定の速さ u で運動した。導体棒の中の電流の向きと大きさを答えなさい。また導体棒の速さ u 、および抵抗 R_1 で発生する単位時間当たりのジュール熱を求めなさい。

問 5 導体棒が静止している状態で S_1 を閉じ、図 2 のように導体棒を導線に平行な一定の力 F で引いたところ棒は静止した状態を保っていた。なぜそのようなになるのか説明しなさい。

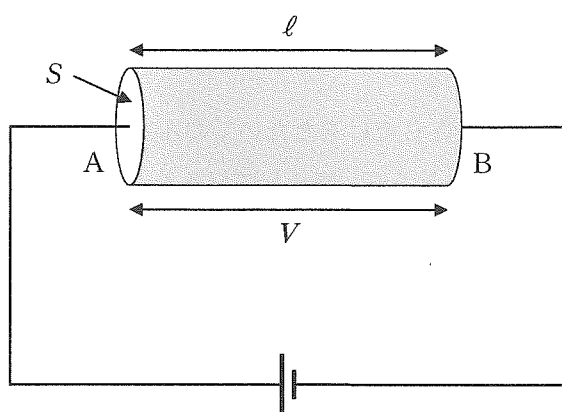


図 1

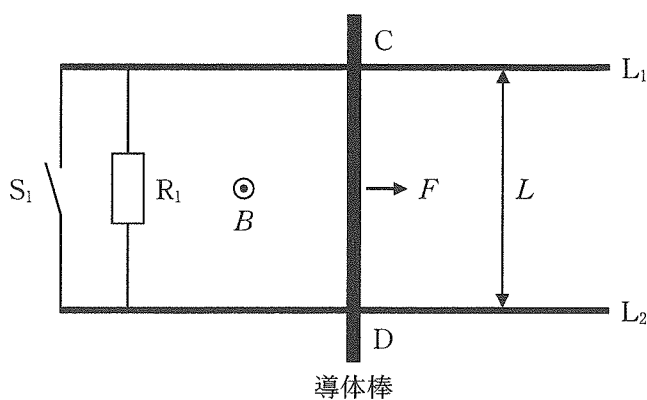


図 2

Ⅲ 静止した空気中におかれた共鳴箱のついた2台のおんさを考える。おんさ A をたたくと振動数 f_A [Hz] の音波を発生させるとともに、その共鳴箱は同じ振動数 f_A の音波に共鳴する。同様に、おんさ B は振動数 f_B [Hz] の音波を発生させ、その共鳴箱は振動数 f_B の音波に共鳴する。ただし、 f_A と f_B はわずかに異なり、 $f_A > f_B$ である。空気中における音波の伝わる速さを V [m/s] とし、おんさの移動する速さは V と比べて十分に遅いと考える。以下の問 1 ～ 5 に答えなさい。解答の導出過程も示しなさい。(配点 25 点)

問 1 図 1 のように静止しているおんさ A と B を同時にたたいたところ、うなりが発生した。1 秒当たりのうなりの回数 f を f_A 、 f_B を用いて表しなさい。

問 2 図 2 のようにおんさ B だけをたたいておんさ A に近づく向きに一定の速さ v [m/s] で動かしたところ、静止しているおんさ A が共鳴した。このとき、 f_A 、 f_B を f 、 V 、 v を用いて表しなさい。

問 3 図 3 のようにおんさ A、観測者、おんさ B が一直線上に並んでいる。おんさ A と B をたたいてから観測者から遠ざかるように逆向きに同じ一定の速さ v で動かした。静止している観測者が聞くおんさ A と B の振動数 f_A' [Hz]、 f_B' [Hz] をそれぞれ f_A 、 f_B を用いて表しなさい。

問 4 問 3 の観測者が聞く 1 秒当たりのうなりの回数 f_0 を f 、 V 、 v を用いて表しなさい。

問 5 $f_A = 680$ Hz であるとき、図 4 に示すおんさ A の共鳴箱の長さ L [m] の最小値を求めなさい。ただし、 $V = 340$ m/s とし、開口端補正は無視できるものとする。

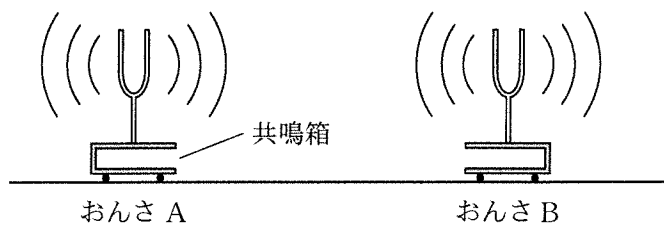


図 1

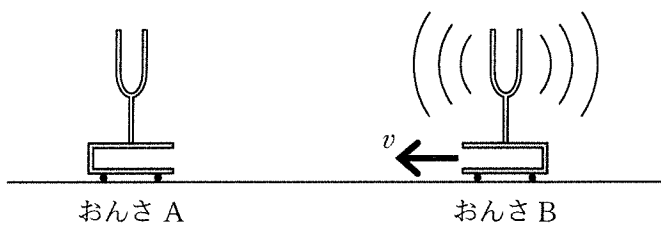


図 2

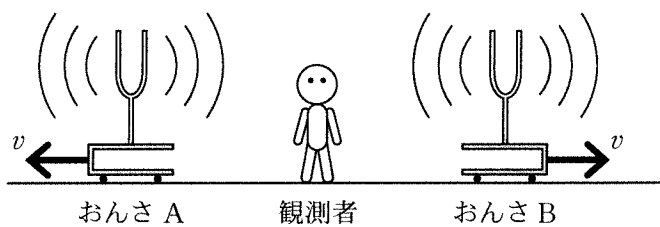
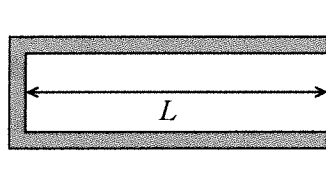


図 3



おんさ A の共鳴箱

図 4