

[問題 : 物理]

問題 1 水に浮かべた円柱の形をした浮きの運動について考える。浮きの底面積は S [m²], 高さは L [m], 浮きの密度は ρ [kg/m³] である。浮きは直立した姿勢のまま鉛直方向のみに運動する。空気の質量, 浮きの運動に伴う水や空気の抵抗, 水面の変化や水の運動による影響は無視する。水の密度を ρ_0 [kg/m³], 重力加速度の大きさを g [m/s²] として, 以下の問いに答えよ。

まず, 図 1 のように水に浮きを静かに浮かべたところ, 水面から浮きの底面までの長さが d [m] ($0 < d < \frac{1}{2}L$) の所で静止した。

- (1) このときの, 浮きにはたらく重力の大きさ [N] を求めよ。
- (2) 浮きが水から受ける浮力の大きさ [N] を求めよ。
- (3) 水面から浮きの底面までの長さ d [m] を求めよ。

次に図 2 のように, 静止していた位置から手で浮きをゆっくりと x_0 [m] ($0 < x_0 < d$) だけ押し沈めた。なお, 以降の(4)～(8)の問いでは, d は用いずに答えよ。

- (4) このときの, 手の押す力の大きさ [N] を求めよ。
- (5) その後, 浮きから手を静かに放したところ, 浮きは水面から完全に飛び出すことなく, 上下に単振動を始めた。この振動の周期 [s] を求めよ。

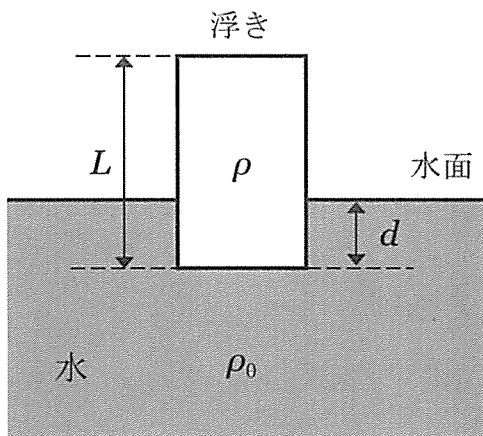


図 1

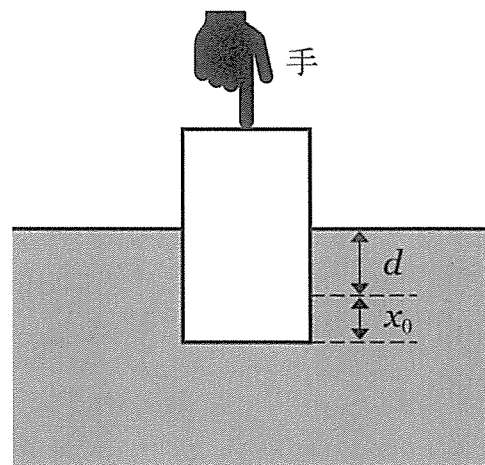


図 2

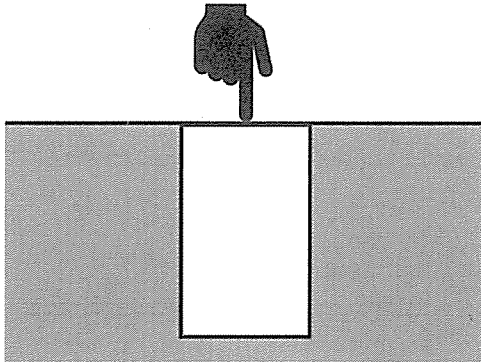


図 3

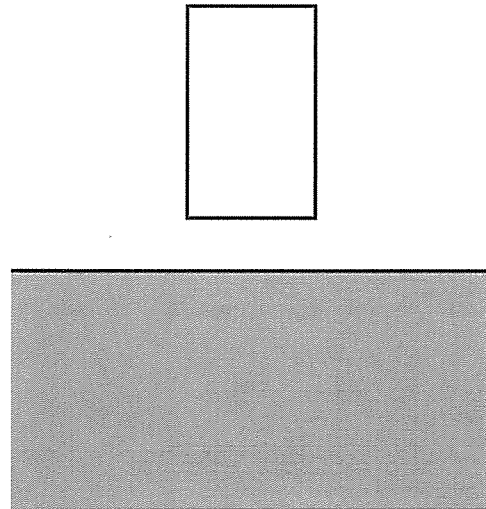


図 4

次に，図 3 のように浮きの上面が水面と同じ高さになるまで押し沈めてから静かに手を放すと，図 4 のように浮きは水から完全に飛び出した。

- (6) 浮きの底面が水から完全に飛び出すためには，浮きの密度 ρ がある量より小さい必要がある。浮きの密度が満たすべき条件を求めよ。
- (7) 浮きの底面が水面から飛び出す瞬間の浮きの速さ [m/s] を求めよ。
- (8) 水面から飛び出した後，浮きの底面が達する水面からの高さの最大値 [m] を求めよ。

問題2 コンデンサー，抵抗，スイッチと起電力 E [V] ($E > 0$) の直流電源からなる回路がある。導線の抵抗や直流電源の内部抵抗は無視できるものとする。以下の問1，問2に答えよ。

問1 図5に示すように，スイッチ，抵抗，コンデンサーを直流電源に接続した。この回路のコンデンサーは，面積 S [m²] の2枚の金属板 A と B を間隔 d [m] で平行に向かい合わせた平行板コンデンサーである。はじめ，スイッチは開いており，平行板コンデンサーの電気量は0であった。ただし，空気の誘電率を ϵ_0 [F/m] とする。また，金属板の端の影響は無視できるものとする。

- (1) 平行板コンデンサーの電気容量 [F] を求めよ。
- (2) スイッチを閉じてから十分に時間が経過した。金属板 B に蓄えられている電気量 [C] を求めよ。
- (3) スイッチを開いた後，金属板 A と B の間を誘電率 ϵ [F/m] ($\epsilon > \epsilon_0$) の誘電体で満たした。金属板 B に蓄えられている電気量 [C] を求めよ。また，金属板 B を基準とした金属板 A の電位 [V] を求めよ。
- (4) 誘電体で満たした後の平行板コンデンサーの静電エネルギー [J] を求めよ。また，誘電体で満たすことによる静電エネルギーの変化として正しいものを回答欄の選択肢から1つ選んで○で囲め。

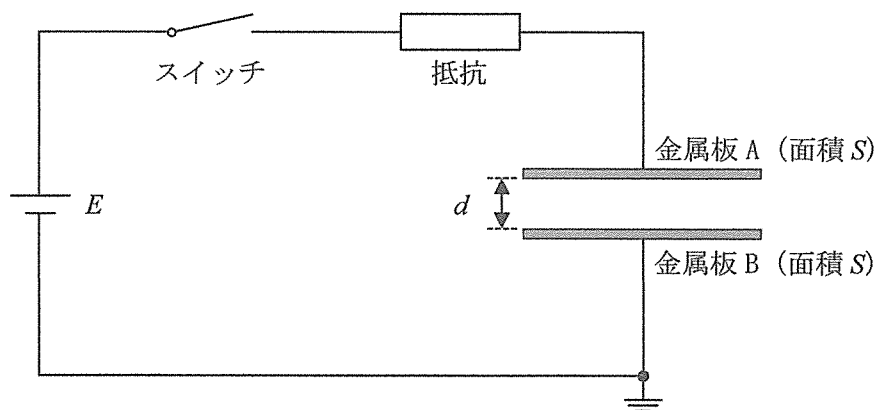
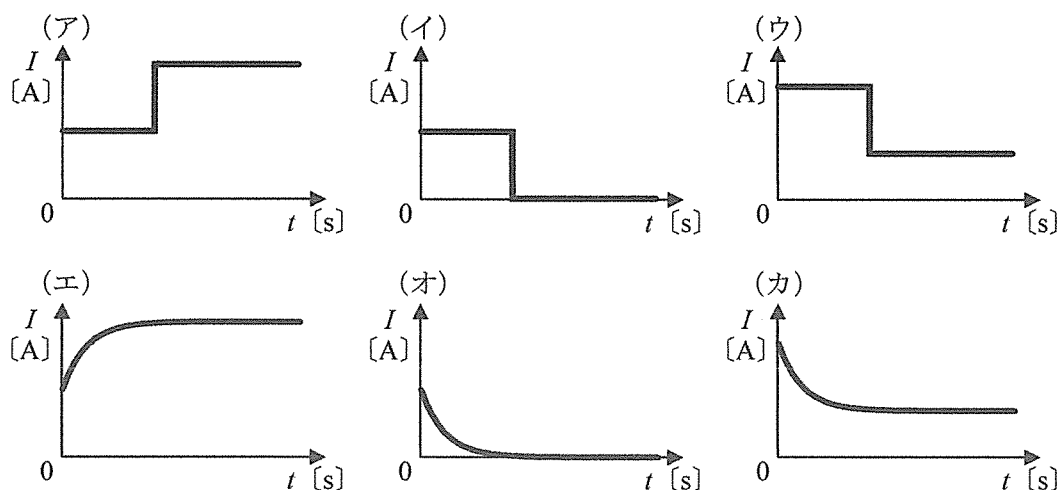


図5

問2 図6に示すように、電気容量 C [F] のコンデンサー、抵抗値 R [Ω], $2R$ [Ω], $3R$ [Ω] の抵抗、スイッチ1と2を直流電源に接続した。はじめ、スイッチ1, 2は開いており、コンデンサーの電気量は0であった。

- (5) スイッチ1を閉じた時刻を $t = 0$ とする。スイッチ1を閉じた瞬間に点Pを流れる電流の大きさ [A] を求めよ。
- (6) 点Pおよび点Qを流れる電流の大きさ I [A] はどのように時間変化するか、次の (ア) ~ (カ) から適切なグラフをそれぞれ1つ選んで記号で答えよ。



- (7) スイッチ1は閉じたままにして、スイッチ2を閉じた。スイッチ2を閉じてから十分に時間が経過したときに、点Pを流れる電流の大きさ [A] とコンデンサーに蓄えられている電気量 [C] を求めよ。

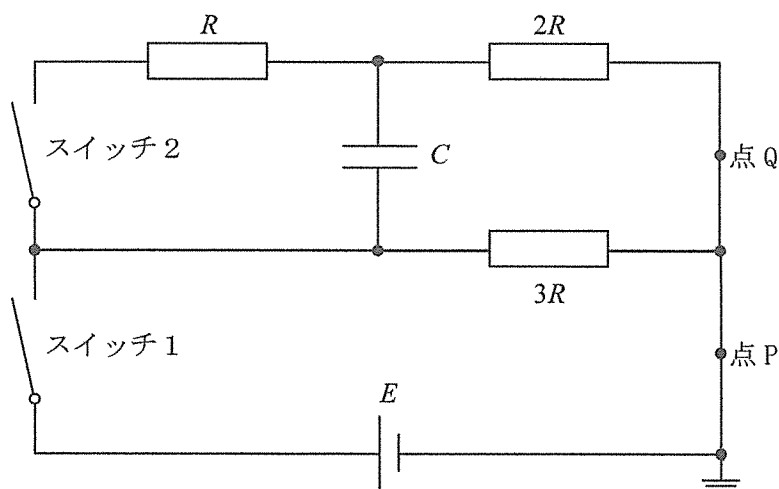


図6