

## 物理 問題 I

図1のように、点Oを中心とする半径 $r$ の円弧状のすべり台BACが水平な床の上に、鉛直面内に固定されている。すべり台の端点Bの床からの高さは $r$ 、端点Cの床からの高さは $\frac{r}{2}$ であり、すべり台は最下点Aで床に接している。このすべり台の上に置いた質量 $m$ の小球の運動を考える。すべり台の厚みと小球の大きさは無視でき、すべり台と小球の間の摩擦、および空気抵抗はないとする。重力加速度の大きさを $g$ として、以下の問いに答えよ。

- (1) 図1に示すように、点Oと小球を結ぶ直線が鉛直方向となす角度を $\theta$ とする(反時計まわりを $\theta$ の正の向きとする)。いま、小球を点Aに置いて水平方向にはじいたところ、小球は点Aを中心に $-\theta_0 \leq \theta \leq \theta_0$ の範囲で往復運動した。小球が角度 $\theta$ の位置にあるときの速さ $v$ を求めよ。
- (2) 前問(1)の場合に、角度 $\theta$ の位置にある小球がすべり台から受ける抗力の大きさ $N$ を求めよ。さらに、小球が運動方向に受ける力 $F$ を求めよ。ただし、反時計まわりを $F$ の正の向きとする。
- (3) 図1に示すように、小球の点Aからの水平方向の変位を $x$ とする(右向きを $x$ の正の向きとする)。前問(2)で求めた $F$ を $x$ を用いて表せ。
- (4)  $\theta_0$ が十分に小さい場合には、水平方向に働く力 $F_x$ は $F$ に等しいと見なすことができる。このとき、水平方向の小球の運動が単振動であることを説明せよ。また、その単振動の周期 $T$ を求めよ。
- (5) 次に、小球を点Aに再び静止させた後、図2の左方向に強くはじいたところ、小球はちょうど点Bまで達し、そこで運動方向を反転した。点Bで運動方向を反転した小球は、点Aを通過してさらに運動を続け、点Cからすべり台を飛び出した。小球が飛び出すときの速度の水平方向の成分の大きさ $v_x$ 、鉛直方向の成分の大きさ $v_y$ を求めよ。
- (6) 小球が飛び出した後に通過する最高点Dの床からの高さ $h$ を求めよ。
- (7) 小球が最初に床に衝突する位置を点Eとする。点Dから点Eまでの水平方向の距離 $l$ を求めよ。

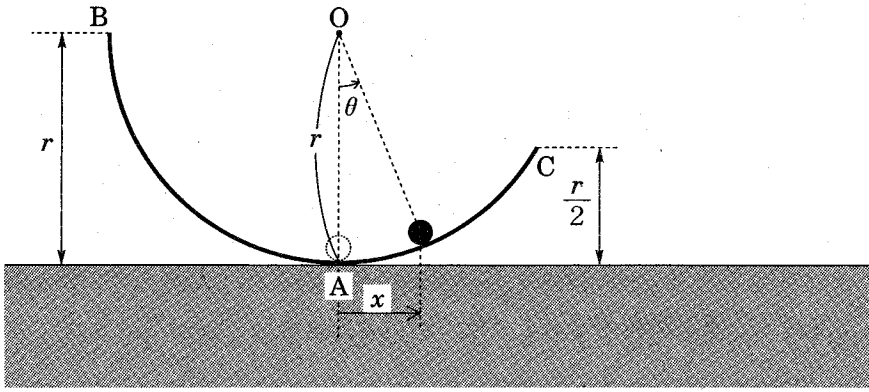


图 1

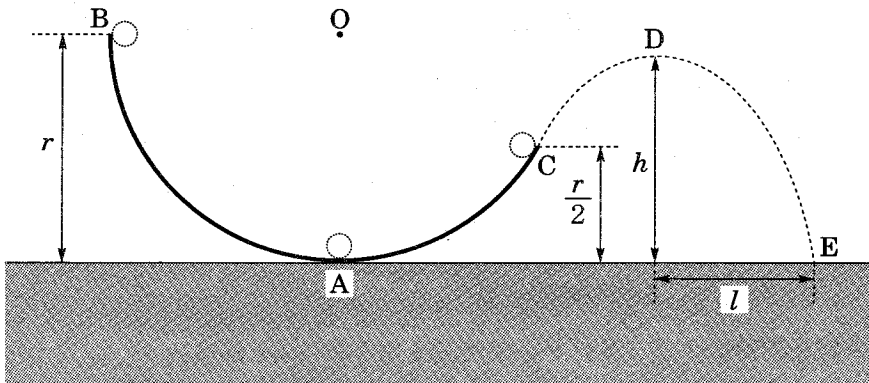


图 2

## 物理 問題Ⅱ

電気回路では、通常の抵抗のほかに、ダイオード、トランジスタなどの素子が使われているが、それらは互いに異なった電流-電圧特性をもつ。以下では、これらを使った回路について考えることにする。

(1) 通常の抵抗ではオームの法則が成り立つ。抵抗に流れる電流  $I$  を両端電圧  $V$  で表した関係式と概略図を示せ。ここで、抵抗の大きさは  $R$  とする。

ダイオードは2つの電極からなる素子であり、一方方向にのみ電流を流す整流作用をもつ。ダイオードを流れる電流  $I$  と電極間の電圧  $V_{21}$  の関係（電流-電圧特性）を図1に示す。ここで電極1の電位  $V_1$  と電極2の電位  $V_2$  を用いて、電圧を  $V_{21} = V_2 - V_1$  と定義する。電圧  $V_{21}$  が  $V_0$  ( $V_0 > 0$ ) 以下では電流  $I$  は流れず、 $I = 0$  だが、 $V_0$  を越えると急に流れだし、 $I = g_0(V_{21} - V_0)$  と表される ( $g_0$  は定数)。このダイオードを使って図2のような回路を作った。電源電圧  $V_E$  と電流  $I$  の符号は、矢印の向きに電流が流れる場合を正とする。

(2) 電源電圧  $V_E$  を少しずつ上げていくとき、 $V_E$  がある値に達すると抵抗  $R$  に電流が流れはじめる。その  $V_E$  の値を答えよ。

(3) 電流が流れている場合、電源電圧  $V_E$  のときの電流  $I$  と電圧  $V_{21}$  を求めよ。

(4) 電源の出力が交流電圧  $V_E = 2V_0 \sin \omega t$  の場合 ( $\omega$  は角周波数)、抵抗  $R$  の両端電圧  $V_R$  は時間  $t$  とともにどのように変化するか。答案紙に破線で示した交流電圧  $V_E$  を参照して、その概略図を描け。

(5) 前問(4)と同じ条件で、電圧  $V_{21}$  の時間変化の概略図を描け。

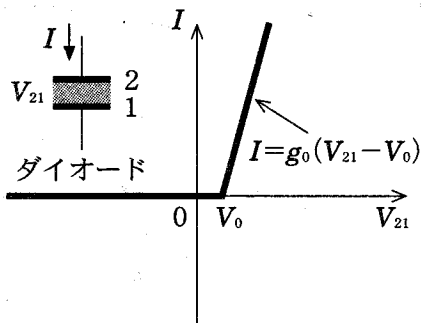


図1

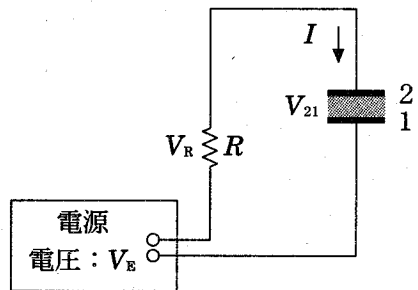


図2

トランジスタは3つの電極からなる素子であり、微弱電圧の増幅などに使われる。図3のように、トランジスタの電極2と電極3へ流れ込む電流はそれぞれ  $I_A$  と  $I_B$  であり、電極2と電極1の間ではそれらの和の  $I = I_A + I_B$  の電流が流れる。ダイオードの場合と同様に、各電極間の電圧を電極1, 2, 3のそれぞれの電位  $V_1, V_2, V_3$  を使って、 $V_{32} = V_3 - V_2$ ,  $V_{21} = V_2 - V_1$  と定義する。この回路で電源の電圧  $V_E$  を変えて電流  $I$  と電圧  $V_{21}$  の関係を測定すると、図4のようになった。電極2と電極1の間の電流  $I$  は、 $V_{21}$  が  $V_m$  ( $V_m > 0$ ) を越えると流れはじめ、 $I = g_m(V_{21} - V_m)$  と表される ( $g_m$  は定数)。ただし、図3の回路中の電池の電圧  $V_F$  は  $V_E$  よりも十分大きい。

- (6) 電源電圧  $V_E$  と電流  $I_A$  および電圧  $V_{21}$  の間に成り立つ関係を答えよ。
- (7) 電極2と電極1の間に電流  $I$  が流れているとき、電流  $I_A$  と電流  $I$  の比を  $a$  とする ( $I_A = aI$ )。電源の電圧が  $V_E$  のときに抵抗  $R_A$  に流れる電流  $I_A$  を求めよ。答えは  $V_E, V_m, R_A, a$  および  $g_m$  を使って表せ。
- (8) 直流電圧と微弱な交流電圧の和で表される電源電圧  $V_E = 2V_m + V_g \sin \omega t$  をかけたところ ( $V_g$  は  $V_m$  より十分小さい)、抵抗  $R_B$  の両端に直流電圧と交流電圧  $V_h \sin \omega t$  の和で表される電圧が生じた。増幅度を表す交流電圧の比  $V_h/V_g$  を求めよ。

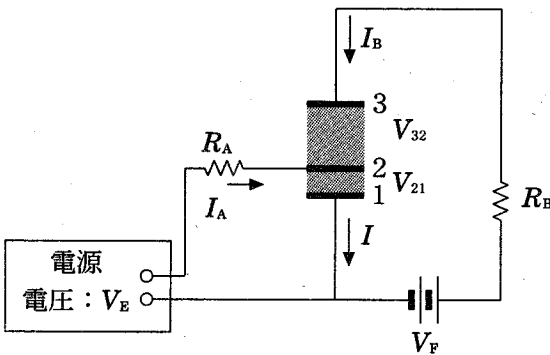


図3

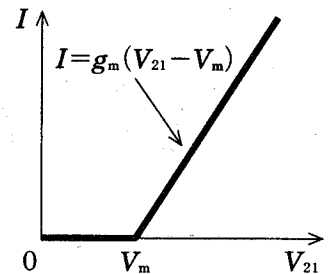


図4