

物理

- ◆機械工学科 ◆機械システム工学科
- ◆電気電子工学科
- ◆建築学科/建築専攻 (I型) ◆建築学科/インテリアデザイン専攻 (I型)
- ◆建築学科/土木・環境専攻 (I型)
- ◆建築学科/かおりデザイン専攻 (I型)
- ◆情報システム学科
- ◆情報デザイン学科 (I型)
- ◆総合情報学科/経営情報コース (I型)
- ◆総合情報学科/スポーツ情報コース (I型)

[I] 次の問いの の中の答えを、それぞれ解答群の中から1つずつ選べ。解答群の中の番号は、同じものを何度使ってもよい。解答群の答えが数値の場合は、最も近いものを選べ。

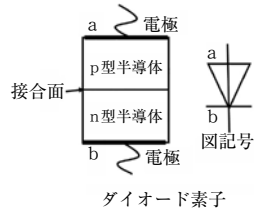


図1

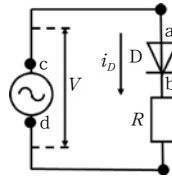


図2

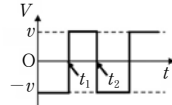


図3

物質には導体と不導体の中間の抵抗を示すものがあり、これを半導体と呼ぶ。半導体にはケイ素 Si やゲルマニウム Ge の結晶などがある。特にケイ素は地球上に多量に存在し加工しやすいので、広く用いられている。半導体には、内部を自由に移動して電荷を運ぶキャリアがある。n型半導体では電子がキャリアとなり、p型半導体では正孔(ホール)がキャリアとなる。このp型半導体とn型半導体を接合させ電極を取り付け、一方向のみ電流を流す働き(整流作用)を持つ素子(電子部品)をダイオードといい、その構造と図記号を図1に示す。ダイオードは電気回路において広く用いられる素子である。なお、この問題で用いる電位はすべて地面の電位を0としたときの値である。

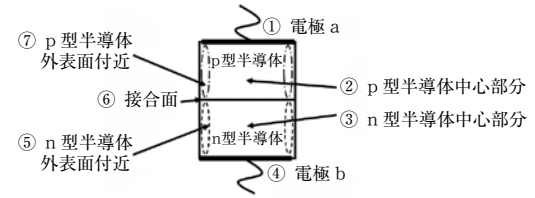
- (1) 図1に示すダイオードにおいて、電極 a の電位 V_a が電極 b の電位 V_b より高い場合を考察する。ダイオードの p 型半導体のキャリアとして電荷を運ぶ正孔はダイオード内の電場の影響を受けて ア へ移動し、n 型半導体の電子は イ に移動する。そこで、正孔と電子は ウ 。
- (2) 次に、このダイオードにおいて、電極 a の電位 V_a が電極 b の電位 V_b より低い場合を考察する。ダイオードの p 型半導体の正孔は エ へ移動し、n 型半導体の電子は オ に移動する。この結果、接合面付近にはキャリアが カ 。
- (3) 電流が流れるのは キ の場合であり、 ク の場合には流れない。

以下の設問ではダイオードは理想的な性質を持つものとし、電流が流れる場合のダイオードの抵抗は 0Ω 、電流が流れない場合のダイオードの抵抗は無限に大きいものとする。

- (4) 図2に示すダイオードと抵抗値 R の抵抗を交流電源に直列に接続した回路を考察する。電流 i_D は図2の矢印の向きを正とする。この回路の電源端子 c 点の電位を V_c 、d 点の電位を V_d とする。交流電源は端子 c、d 間に図3のグラフのように時間 t に対して変化する電位差 $V = V_c - V_d$ を発生させる。すると、時刻 $0 \leq t < t_1$ におけるダイオードを流れる電流 i_D は $i_D =$ ケ である。このとき抵抗にかかる電位差の大きさは、 コ であり、ダイオードにかかる電位差の大きさは サ である。次に、時刻 $t_1 < t < t_2$ におけるダイオードを流れる電流 i_D は $i_D =$ シ であり、抵抗にかかる電位差の大きさは、 ス である。したがって図3に示す電位差 V が加えられたとき、回路に流れる電流 i_D のグラフは セ である。

解答群

ア , イ , エ , オ 図4のダイオード素子の図から適切な部位を選べ。

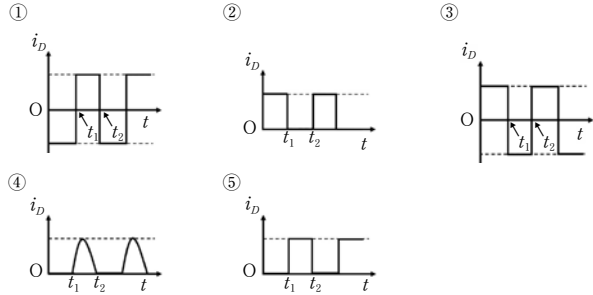


ダイオード素子

図4

- ウ ① 分離する ② 増殖する ③ 結合し消滅する ④ 分離し増殖する
 ⑤ 新たに発生する ⑥ 結合し増殖する ⑦ 分離し消滅する
- カ ① 存在しなくなる ② 密集する ③ 増殖する ④ 衝突する
 ⑤ 分離し増殖する ⑥ 新たに発生する ⑦ 結合する
- キ , ク
- ① $V_a < -\frac{1}{2}V_b^2$ ② $V_a < -V_b^2$ ③ $V_a \leq V_b$
 ④ $V_a > V_b$ ⑤ $V_a = -V_b^2$ ⑥ $V_b = V_a^2$
- ケ , コ , サ , シ , ス
- ① $\frac{R}{v}$ ② $\frac{v}{R}$ ③ $\frac{1}{v}$ ④ $\frac{2v}{R}$ ⑤ $\frac{2R}{v}$
 ⑥ $-\frac{v}{R}$ ⑦ v ⑧ $-\frac{2R}{v}$ ⑨ $0A$ ⑩ $0V$

七



[II] 次の問いの 中の答えを、それぞれの解答群の中から1つずつ選べ。解答群の中の番号は、同じものを何度使ってもよい。

[A] x 軸に沿って張った十分に長い弦に、正弦波を発生させる。図1は、ある瞬間の波形である。この正弦波は速さ u で x 軸正方向に伝わり、変位は y 軸に沿った方向である。

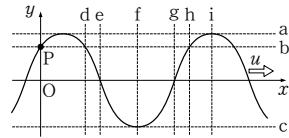


図1

- (1) 図1の正弦波の振幅 $L =$, 波長 $\lambda =$ である。そして、この正弦波の周期 $T =$, 周波数(振動数) $f =$ である。
- (2) 弦上の $x = 0$ における点Pの、時刻 $t = 0$ での変位は0、速度の向きは y 軸の負方向であった。点Pの時刻 t における変位 $y_P(t) =$ である。
- (3) 問(2)の条件で、弦を伝わる正弦波の位相(位相角) $\theta(t, x) =$ と表すことができ、任意の位置 x で任意の時刻 t における弦の変位 $y(t, x) = L \times$ である。

[B] 光(電磁波)は、電場(電界)と磁場(磁界)が、電磁誘導の法則などによって時々刻々と互いを誘起し合いながら伝わっていく波動現象である。光は、電場と磁場の向きが光の進行方向に直交するので、横波である。波長が1mm程度以上の光を電波という。

図2のように、 x 軸方向に伝わる電波を受信機Rで受信する。Rとつながる交流電源Sは、Rで受信した電場と同じ位相の交流電流を、Sに接続されたコンデンサーに流す。このコンデンサーの電気容量はCである。また、Rで受信する電波の電場は y 軸方向を向く正弦波であり、その変位 $E_y(t, x)$ は問(3)の $y(t, x) = L \times$ の振幅 L を電場の大きさ E_0 に変えて、問(1)の $f =$ の u を光速 c に置き換えた関数で与えられる。電波の波長は λ 、周期は T である。

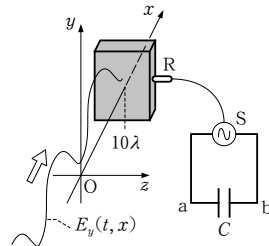


図2

以下、Rが $x = 10\lambda$ の位置で電波を受信する場合を考えて、Sがコンデンサーに流す交流電流の位相を $x = 10\lambda$ での $E_y(t, x)$ の位相と同じにする。また、電流の符号は $E_y(t, x)$ の符号と同じであり、この電流の正の向きは図2の回路上の点aからSを通ってbへ流れる向きとする。コンデンサーの電位差(電圧)は、[点bの電位] - [点aの電位] とする。

- (4) このコンデンサーを流れる電流 $I(t)$ の振幅を I_0 とすると $I(t) = I_0 \times$ であり、コンデンサーの電位差 $V(t)$ の振幅を V_0 とすると $V(t) = V_0 \times$ である。また、コンデンサーの電位差と電流の振幅の間には $V_0 =$ という関係がある。
- (5) このコンデンサーを流れる電流の実効値 $I_e =$ $\times I_0$ であり、電位差の実効値 $V_e =$ $\times V_0$ である。

解答群

- ア, イ
- ① x 軸と点線aの間隔
 - ② x 軸と点線bの間隔
 - ③ 点線aとcの間隔
 - ④ y 軸と点線dの間隔
 - ⑤ y 軸と点線eの間隔
 - ⑥ y 軸と点線fの間隔
 - ⑦ y 軸と点線gの間隔
 - ⑧ y 軸と点線hの間隔
 - ⑨ y 軸と点線iの間隔
- ウ, エ
- ① $u\lambda L$
 - ② λL
 - ③ Lu
 - ④ $u\lambda$
 - ⑤ $\frac{\lambda}{L}$
 - ⑥ $\frac{L}{\lambda}$
 - ⑦ $\frac{L}{u}$
 - ⑧ $\frac{u}{L}$
 - ⑨ $\frac{u}{\lambda}$
 - ⑩ $\frac{\lambda}{u}$
- オ
- ① $L\sin(2\pi t)$
 - ② $L\sin(ft)$
 - ③ $L\sin(2\pi ft)$
 - ④ $-L\sin(ft)$
 - ⑤ $-L\sin(2\pi ft)$
 - ⑥ $L\cos(2\pi t)$
 - ⑦ $L\cos(ft)$
 - ⑧ $L\cos(2\pi ft)$
 - ⑨ $-L\cos(ft)$
 - ⑩ $-L\cos(2\pi ft)$
- カ
- ① $2\pi ut$
 - ② $f \times \left(t + \frac{x}{u}\right)$
 - ③ $f \times \left(t - \frac{x}{u}\right)$
 - ④ $f \times (ut + x)$
 - ⑤ $f \times (ut - x)$
 - ⑥ $2\pi f \times \left(t + \frac{x}{u}\right)$
 - ⑦ $2\pi f \times \left(t - \frac{x}{u}\right)$
 - ⑧ $2\pi f \times (ut + x)$
 - ⑨ $2\pi f \times (ut - x)$
 - ⑩ 0
- キ
- ① $\sin\left(-ft + \frac{x}{\lambda}\right)$
 - ② $\sin\left(ft - \frac{x}{\lambda}\right)$
 - ③ $\sin\left(-2\pi ft + \frac{2\pi x}{\lambda}\right)$
 - ④ $\sin\left(2\pi ft - \frac{2\pi x}{\lambda}\right)$
 - ⑤ $\cos\left(ft + \frac{x}{\lambda}\right)$
 - ⑥ $\cos\left(ft - \frac{x}{\lambda}\right)$
 - ⑦ $\cos\left(2\pi ft + \frac{2\pi x}{\lambda}\right)$
 - ⑧ $\cos\left(2\pi ft - \frac{2\pi x}{\lambda}\right)$
 - ⑨ $\cos(ft) \sin\left(\frac{x}{\lambda}\right)$
 - ⑩ $\cos(2\pi ft) \sin\left(\frac{2\pi x}{\lambda}\right)$
- ク, ケ
- ① $\sin(2\pi ft)$
 - ② $\sin(-2\pi ft)$
 - ③ $\sin\left(ft + \frac{\pi}{2}\right)$
 - ④ $\sin\left(-2\pi ft + \frac{\pi}{2}\right)$

⑤ $\sin\left(ft - \frac{\pi}{2}\right)$ ⑥ $\sin\left(-2\pi ft - \frac{\pi}{2}\right)$ ⑦ $\sin\left(2\pi ft + \frac{10\pi}{\lambda}\right)$

⑧ $\sin\left(-2\pi ft + \frac{10\pi}{\lambda}\right)$ ⑨ $\sin\left(2\pi ft - \frac{10\pi}{\lambda}\right)$ ⑩ $\sin\left(-2\pi ft - \frac{10\pi}{\lambda}\right)$

コ ① I_0 ② $2I_0$ ③ $\frac{I_0}{2}$ ④ $\sqrt{2}I_0$ ⑤ $\frac{I_0}{\sqrt{2}}$
 ⑥ $\frac{1}{2}CI_0^2$ ⑦ fCI_0 ⑧ $2\pi fCI_0$ ⑨ $\frac{I_0}{fC}$ ⑩ $\frac{I_0}{2\pi fC}$

サ, シ ① 1 ② 2 ③ $\frac{1}{2}$ ④ $\sqrt{2}$ ⑤ $\frac{1}{\sqrt{2}}$
 ⑥ fC ⑦ $\sqrt{2}fC$ ⑧ $\frac{fC}{\sqrt{2}}$ ⑨ $2\pi fC$ ⑩ $\sqrt{2}\pi fC$

【Ⅲ】 図のように、水平な床面上に x 軸をとり、鉛直上向きに y 軸をとる。床面上の原点 O に質量 m の小球を置き、時刻 0 に x 軸から角 θ ($0 < \theta < \frac{\pi}{2}$) だけ斜め上方へ速さ v_0 で小球を発射する。この後、小球は xy 平面内を運動して、時刻 T に床面上の点 A に到達した。重力加速度の大きさを g とし、空気抵抗を無視する。

- (1) 時刻 0 での小球の速度の x 成分 v_{0x} 、 y 成分 v_{0y} を v_0 、 θ で表せ。
- (2) 時刻 t ($0 < t < T$) で小球に働く全ての合力の x 成分 F_x 、 y 成分 F_y を m 、 θ 、 v_0 、 g 、 t の中から必要な量で表せ。
- (3) 時刻 t ($0 < t < T$) での小球の加速度の x 成分 a_x 、 y 成分 a_y を m 、 θ 、 v_0 、 g 、 t の中から必要な量で表せ。
- (4) 時刻 t ($0 < t < T$) での小球の速度の x 成分 v_x 、 y 成分 v_y を m 、 θ 、 v_0 、 g 、 t の中から必要な量で表せ。
- (5) 時刻 t ($0 < t < T$) での小球の位置 (x, y) を m 、 θ 、 v_0 、 g 、 t の中から必要な量で表せ。
- (6) OA 間の距離を L とする。 T および L を m 、 θ 、 v_0 、 g の中から必要な量で表せ。必要なら次の公式を用いよ。 $2\sin\theta\cos\theta = \sin(2\theta)$ 、 $\cos^2\theta - \sin^2\theta = \cos(2\theta)$ 。

次に、床面上の点 B に十分に広くなめらかな壁面が x 軸と垂直に固定されている場合を考える。この場合も、点 O に質量 m の小球を置き、時刻 0 に x 軸から角 θ ($0 < \theta < \frac{\pi}{2}$)

だけ斜め上方へ速さ v_0 で小球を発射する。小球が壁面と完全弾性衝突を行ってはね返るとき、衝突する直前の小球の速度の x 成分、 y 成分をそれぞれ v_{1x} 、 v_{1y} とする。

- (7) 衝突直前の小球の運動量の x 成分 p_x 、 y 成分 p_y を m 、 g 、 v_{1x} 、 v_{1y} の中から必要な量で表せ。
- (8) 衝突直後の小球の運動量の x 成分 p'_x 、 y 成分 p'_y を m 、 g 、 v_{1x} 、 v_{1y} の中から必要な量で表せ。
- (9) 衝突の間に小球が壁面に及ぼす力積の大きさ I を m 、 g 、 v_{1x} 、 v_{1y} の中から必要な量で表せ。

以下では、 $m = 120 \text{ g}$ 、 $v_0 = 14 \text{ m/s}$ 、 $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ とし、原点 O から壁面までの距離 OB を 10 m とする。原点 O で発射された小球が床面に達することなく壁面に完全弾性衝突する場合を考える。小球が壁面ではね返されてから最初に床面に到達した点を C とする。

- (10) 壁面に衝突するために必要な角 θ の範囲を不等式で表せ。ただし、点 B は壁面に含まない。
- (11) 点 C が壁面から最も遠く離れるときの角 θ_2 および OC 間の距離 D を求めよ。

