TMPS医学館　過去問解説図書館

物　理

近畿大学医学部　2024年度型
そっくり類題セット

※ これは近畿大学の入試問題ではありません。
2024年度の出題形式（大問の数・設問の構成・解答形式）をもとに、
TMPS医学館が題材や数値・設定を変えて作成したオリジナル問題です。

試験時間の目安：60分（本番は理科2科目で120分）

大問	ページ	時間配分の目安
Ⅰ 半導体の中のキャリア	2	30分
Ⅱ 水面波の干渉	4	30分

注意事項

1. 問題は大問Ⅰ・Ⅱの全2題。空欄は，大問Ⅰが 1〜16・あ・ア〜エ，大問Ⅱが 1〜10。もっとも適切な式または数値，あるいは「正」「負」を書き入れる（途中の計算は書かず，結果だけを答える）。
2. 特に指示のない限り，空気抵抗・摩擦・重力の影響は無視してよい。
3. 解答・解説は，解説ページ（TMPS医学館の過去問解説図書館）に掲載している。

Ⅰ 以下の設問A，Bにある空欄 1 〜 16 に適切な式，あ に適切な数値，ア 〜 エ に「正」もしくは「負」のどちらかを記入せよ。

- 空欄 1 〜 16 （大問Ⅱは 1 〜 10 ）には，もっとも適切な式または数値を記入する。あ には数値，ア 〜 エ には「正」もしくは「負」のどちらかを記入する。本番と同じく，途中の計算は書かず，結果だけを答える形式で練習する。
- 特に指示のない限り，空気抵抗・摩擦・重力の影響は無視してよい。

Ⅰ-A 図のように，直方体の形をしたn型の不純物半導体の左端に**正極**，右端に負極を取り付ける。直方体の横，縦，高さの辺は x 軸，y 軸，z 軸に平行で，長さは $L_x,\ L_y,\ L_z$ [m] である。電圧 V [V] を加えると大きさ I [A] の電流が流れた。半導体の電気抵抗を R [Ω]，キャリア1個の電気量の大きさを q [C]，1 m^3 あたりのキャリアの個数を n [$1/\mathrm{m}^3$] とする。

半導体内には大きさ 1 [N/C] の一様な電場が生じ，キャリア1個が電場から受ける力の大きさは $q\times$ 1 [N] である。キャリアが電子の場合，電流は x 軸の ア の向きに，キャリアが正孔の場合，電流は x 軸の イ の向きに流れる。

これ以降，キャリアは電子で，1個の質量を m [kg] とする。電子は散乱されて減速するため，電子全体の平均速度の x 成分の大きさは一定値 $\bar{v}$ [m/s] に落ち着く（$y,\ z$ 成分は0）。散乱について，次の2つを仮定する。

(a) 時刻 t から $t+\Delta t$ の間に散乱される電子の割合は，$\bar{v}$ によらず $\dfrac{\Delta t}{T}$ である（$T>0$ は定数，$\Delta t \ll T$）。

(b) 散乱された電子の平均速度は，散乱の直後に0になる。再加速の影響は無視する。

以下の 2 〜 13 には，$V,\ n,\ q,\ T,\ \Delta t,\ L_x,\ L_y,\ L_z,\ m$ のうち必要なものを用いた式を記入せよ。電子の総数は $N=$ 2 個で，電子全体の運動量の x 成分の大きさは $N\bar{v}\times$ 3 [kg·m/s] である。時刻 t から $t+\Delta t$ の間に，運動量の x 成分の大きさは $N\bar{v}\times$ 4 [kg·m/s] だけ失われる。これに相当する力積を与えた力を抵抗力と呼ぶと，電子全体は大きさ $N\bar{v}\times$ 5 [N] の抵抗力を受ける。この抵抗力と電場による力のつり合いから

$$\bar{v} = \boxed{6} \quad [\mathrm{m/s}] \qquad (1)$$

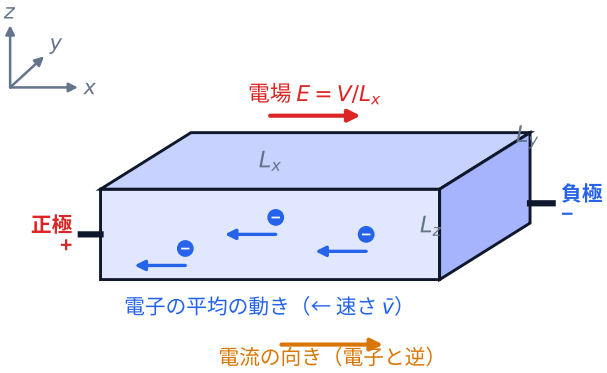
と表される。

断面を Δt の間に通過する電子の数は，縦 L_y，高さ L_z，横が $\bar{v}\times$ 7 [m] の直方体に含まれる電子の数に等しい。したがって，Δt の間に断面を通過する電気量の大きさは $\bar{v}\times$ 8 [C]，電流の大きさは $I=\bar{v}\times$ 9 [A] ……(2) である。式(1)，(2)より

$$V = I \times \boxed{10} \quad [\mathrm{V}] \qquad (3)$$

となり，抵抗率 ρ [Ω·m] は 11 [Ω·m] と表される。$L_x = 2.0$ cm, $L_y = L_z = 1.0$ mm, $n = 4.0\times10^{23}$ $/\mathrm{m}^3$, $m = 9.1\times10^{-31}$ kg, $q = 1.6\times10^{-19}$ C, $\rho = 1.0\times10^{-5}\ \Omega\cdot\mathrm{m}$ のとき，有効数字1桁で $T=$ あ s である。

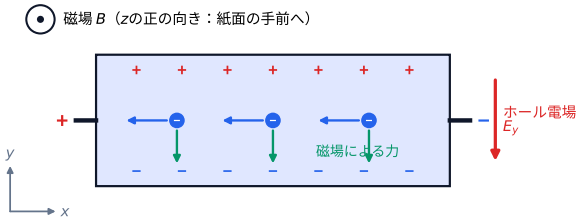
時間 Δt の間に，大きさ $N\bar{v}\times$ 5 の抵抗力が電子全体にする仕事の大きさは $N\bar{v}^2\times$ 12 [J] である。この仕事がジュール熱に変わるので，電流が流れているときの消費電力は $N\bar{v}^2\times$ 13 [W] である。



I-B　I-Aの半導体に，電圧 V に加えて，大きさ B [T] の一様な磁場を z 軸の**正**の向きにかける。電子は y 成分を持つローレンツ力を受けるが，半導体の端から先へは行けないので，一部が端に集まり，y 軸方向の電場を作る。十分に時間が経つと，この電場による力と磁場による力がつり合う。

電子の場合，磁場によって生じるこの電場は y 軸の［ウ］の向きであり，正孔の場合は y 軸の［エ］の向きである。

これ以降は電子の場合を考え，$B,\ I,\ n,\ q,\ T,\ L_x,\ L_y,\ L_z,\ m$ のうち必要なものを用いて［14］～［16］を記入せよ。十分に時間が経ったあと，電子1個あたりに加わる磁場による力の大きさは［14］[N] である。磁場による力と電場による力の y 成分のつり合いから，電場の y 成分の大きさは［15］[N/C] となる。さらに式(3)を用いると，y 方向の電圧 V_y [V] が $V_y = V \times$［16］[V] と表される。



II 以下のII-A，II-Bにある空欄 $\boxed{1}$〜$\boxed{10}$ にあてはまるもっとも適切な式を入れよ。

十分大きな水槽に水を入れ，水平な床の上をなめらかに動ける台車の上に水槽を固定した。はじめ水は水槽に対して静止している。水面上の $2L$ [m] 離れた2点S_1，S_2 で水面を上下に単振動させると，S_1，S_2 を波源とする円形波が広がる。2つの波源は振幅が等しく**逆位相**で，周期は T [s]，波の速さは V [m/s]，$L > 2VT$ とする。S_1，S_2 は床に固定され，xy 座標は床に対して静止している。S_1，S_2 を結ぶ線分の中点を原点，S_1 と S_2 が x 軸上の $x = -L$, $x = L$ にあるとする。水槽の壁での反射と波の減衰は考えない。

II-A 台車を床に固定した場合を考える。$\boxed{1}$〜$\boxed{3}$ には，L, V, T のうち必要なものを用いて表した式を記入せよ。波が十分に広がったあと，S_1 と S_2 の間にできる，x 軸上で隣り合う弱めあう点の距離は $\boxed{1}$ [m] である。次に，xy 座標が $(x_0,\ y_0)$ $(x_0 > 0,\ y_0 > 0)$ の点Aで，波が弱めあうとする。Aは，$x > 0$ の側で，S_1AとS_2Aの差がもっとも小さい弱めあう曲線上にある。このとき

$$S_1A - S_2A = \boxed{2}$$

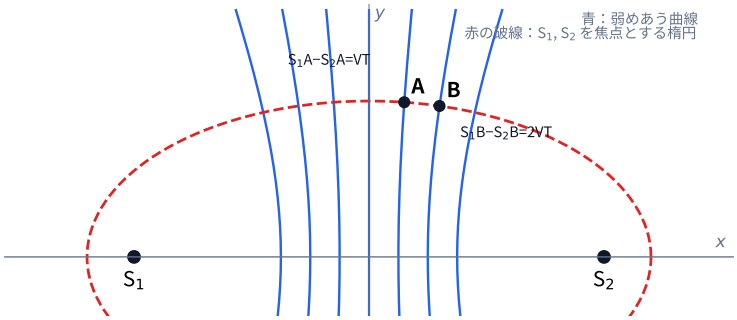
を満たす。

次に，S_1，S_2 を焦点とし，点Aを通る楕円上で，点B $(x_1,\ y_1)$ $(x_1 > 0,\ y_1 > 0)$ の波が弱めあうとする。この楕円上の点Aから点Bの区間には，A，Bを除いて弱めあう点がない。このとき

$$S_1B - S_2B = \boxed{3}$$

を満たす。

波の高さを観測する装置Cが，時刻 $t = 0$ に点Bを出発し，この楕円上を点Aまで動く。Cは，時刻 t [s] に $S_2C = S_2B + vt$ となるように運動する。v [m/s] は V より小さい正の定数である。楕円上では $S_1C + S_2C =$（一定）が成り立つ。以下の $\boxed{4}$〜$\boxed{6}$ には v, V, T のうち必要なものを用いて表した式を記入せよ。CはBを出発してから $\boxed{4}$ [s] 後にAに到達する。この間，Cは周期 T_1，T_2 の2つの波の重ね合わせを観測する。周期 T_1 の波は，S_2 がないと仮定したときにCが観測する波で，$T_1 = \boxed{5}$ である。周期 T_2 の波は，S_1 がないと仮定したときにCが観測する波で，$T_2 = \boxed{6}$ である。



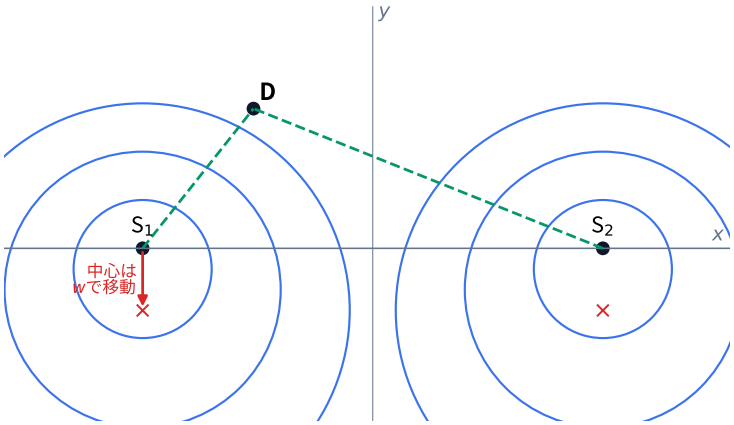
II-B 台車を y 軸の**負**の向きに一定の速さ w $\left(< \dfrac{V}{2}\right)$ [m/s] で静かに動かした場合を考える。波の山の円（S_1，S_2 から出た波）は，中心が y 軸の負の向きに速さ w で動き，半径が速さ V で大きくなる。

まず，x 軸上の2つの波源の間の弱めあう点の位置を考える。S_1，S_2 から原点へ向かう波の速さを V' [m/s] とすると，$V' =$ $\boxed{7}$ である。S_1 と S_2 の間にできる，x 軸上で隣り合う弱めあう点の距離は，L, V, T, w のうち必要なものを用いて $\boxed{8}$ [m] となる。

次に，S_1 からの距離が r [m]，$\angle DS_1O = \theta$ [rad] $\left(0 < \theta < \dfrac{\pi}{2}\right)$ の点Dで波が弱めあう場合を考える。Dの y 成分は正とする。直線S_1D上をS_1からDへ向かう波の速さ V_1 [m/s] は，V, w, θ を用いて $V_1 =$ $\boxed{9}$ である。また，直線S_2D上をS_2からDへ向かう波の速さ V_2 [m/s] は，$S_2D = R$ [m]，$\angle DS_2O = \phi$ [rad] として，V, w, ϕ を用いて $V_2 =$ $\boxed{10}$ である。逆位相の波源が弱めあうために必要な条件は，整数 n を用いて

$$\frac{r}{\boxed{9}} - \frac{R}{\boxed{10}} = nT$$

と表される。



—— 終 ——