令和６年度３年次編入学試験（一般）問題用紙

物　理　学　（９０分）

〔注意事項〕

１．監督者の指示があるまで，この問題用紙と解答用紙を開いてはいけません。

２．問題は，３ページからなっています。また，解答用紙は３枚，下書用紙は１枚あります。監督者から解答開始の合図があったら，問題用紙，解答用紙，下書用紙を確認し，落丁・乱丁および印刷の不鮮明な箇所などがあれば，手をあげて監督者に知らせなさい。

３．**解答用紙には，受験番号を記入する欄がそれぞれ２箇所ずつあります。監督者の指示に従って，すべての解答用紙（合計３枚）の受験番号欄（合計６箇所）に受験番号を必ず記入しなさい。**

４．この問題用紙の白紙と余白は，適宜下書きに使用してよろしい。

５．**解答は，必ず解答用紙の指定された場所（問題番号や設問の番号・記号などが対応する解答欄の中）に記入しなさい。なお，指定された場所以外や，裏面への解答は採点対象外です。また，解答や受験番号が判読不能の場合にも，採点対象外になります。**

６．解答用紙は持ち帰ってはいけません。

７．この問題用紙と下書用紙は，持ち帰りなさい。

I

図1のように，半径 a，厚さ t，密度 ρ の一様な円板がある。

(a) 円板の中心軸からの距離を r とする。r と $r+dr$ の範囲にある部分の質量を dM とするとき，dM を求めよ。ただし，dr および dM は微小量とする。

(b) r^2dM を $r=0$ から $r=a$ の範囲で積分した値を，円板の全質量 M を用いて表せ。

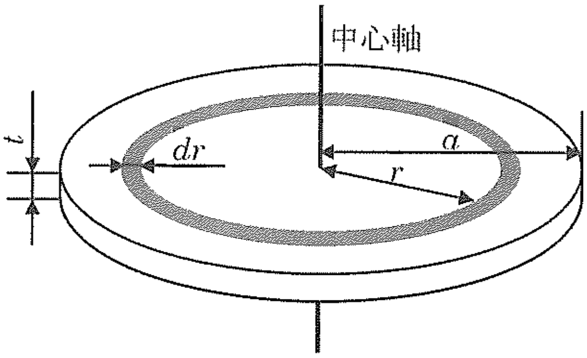

図1

外力の働いていない静止しているバットがある。このバットにボールが衝突する場合を考える。図2のように，ボールはバットの軸方向に垂直に衝突するものとし，バットの重心からボールの衝突位置までの距離を b，バットの重心から軸方向に c の距離にあるバット上の点を A とする。また，ボールがバットに与えた力積の大きさを P，バットの質量を m，バットの重心周りの慣性モーメントを I とする。バットの太さは考慮しなくてよい。

(c) 衝突直後のバットの並進運動の速さを求めよ。

(d) 衝突直後にバットがその重心を中心として回転するとき，点 A の回転の速さを求めよ。

(e) 衝突直後の点 A の速さが 0 となるときの b を求めよ。

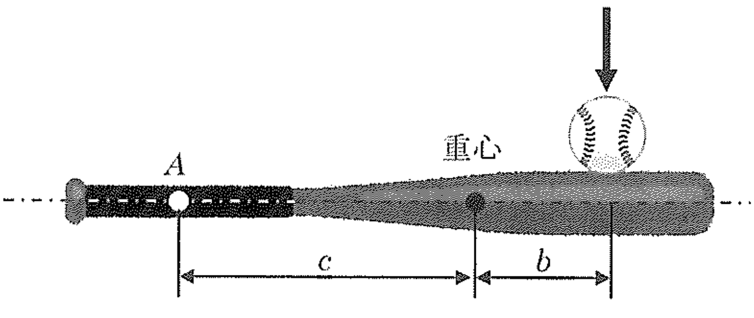

図2

II

デカルト座標(x, y, z)で表される3次元空間において，$x=0$ の yz 平面に無限に広い平面導体があり，この導体面を境界に持つ半無限空間領域 $x>0$ を考える。ただし，$x>0$ の領域内の誘電率を ε [F/m]，透磁率を μ [H/m] とする。SI単位系を用いて以下の問いに答えなさい。単位は記入しなくてよい。

まず，図1に示すように，導体面から距離 d[m]だけ離れた点 A$(d, 0, 0)$の位置に，電気量 Q [C] の点電荷が置かれた場合を考える。このとき，電位は無限遠点で 0 になると仮定し，さらに導体面上では電位が常に一定となることに注意して，以下の問いに答えなさい。

(a)　領域 $x>0$ の点 P(x, y, z)で観測される電位を求めよ。
(b)　領域 $x>0$ の点 P(x, y, z)で観測される電界の x 方向成分を求めよ。

次に，点 A に置かれた点電荷を取り除き，図2に示すように，無限に長い z 軸に平行な直線 L: $x=d, y=0$ の上に，単位長さあたりの電気量λ [C/m]の線電荷を配置した。

(c)　領域$x>0$ の点 P(x, y, z)で観測される電界の x，y，z 方向成分をそれぞれ求めよ。

さらに，直線 L 上の線電荷を速さ v [m/s] で z 軸正方向に等速度運動させ，線電流を流した。

(d)　直線 L 上に流れる電流の大きさを求めよ。
(e)　領域 $x>0$ の点 P(x, y, z)で観測される磁界の x, y, z 方向成分をそれぞれ求めよ。

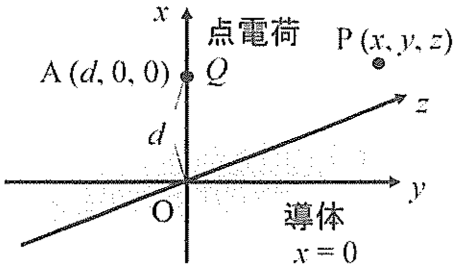

図1

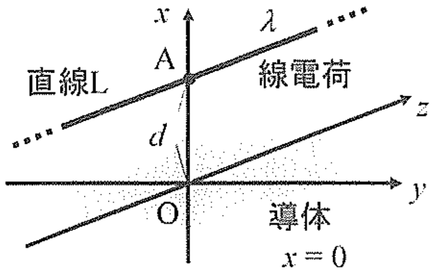

図2

III

1 次元の弾性体の棒に力を加えて定常波を発生させた。棒の左端から x の距離にある点の時刻 t における変位 $u(x,t)$ は以下の式に従う。

$$\frac{\partial^2 u(x,t)}{\partial t^2} = C\frac{\partial^2 u(x,t)}{\partial x^2} \qquad (1)$$

ここで，C は定数である。角振動数を ω，位相定数を ϕ として，

$$u(x,t) = a(x)\cos(\omega t + \phi) \qquad (2)$$

は(1)式の解になる。

(a) $a(x)$が満たす微分方程式を書け。

k を波数として，

$$a(x) = A\cos(kx + \varphi) \qquad (3)$$

は(a)で求めた微分方程式の解である。ここで，A および φ は定数である。以下，φ の範囲は $-\pi < \varphi \leq \pi$ で答えよ。

(b) 弾性体が両端 $x = 0, x = L$ で固定されている場合，以下の空欄（ア）～（コ）に入る数式を答えよ。
$u(0,t) = \boxed{（ア）}$，$u(L,t) = \boxed{（イ）}$ であるから，$a(0) = \boxed{（ウ）}$，$a(L) = \boxed{（エ）}$ である。(3)式がこの条件を満たすためには，$\cos\left(\boxed{（オ）}\right) = 0$ および $\cos\left(\boxed{（カ）}\right) = 0$ となる必要がある。一方の式から $\varphi = \boxed{（キ）}$ が得られるので，これを他方の式に代入して，$\sin\left(\boxed{（ク）}\right) = 0$ を得る。波数 k の満たす条件は $k = \boxed{（ケ）}p$　$(p = 1,2,3,\cdots)$ で，基準振動の式は波数 k を用いて $a(x) = A\sin(\boxed{（コ）})$ と書ける。

(c) 両端が自由な場合は，$a(x)$の 1 次導関数 $da(x)/dx$ が両端 $x = 0$，$x = L$ で 0 になる必要がある。このとき，波数 k が満たすべき条件を自然数 p を用いて書き（ア），基準振動の式を波数 k を用いて書け（イ）。

(d) 一方の端（$x = 0$）が固定され，もう一方の端（$x = L$）が自由なとき，波数 k が満たすべき条件を自然数 p を用いて書き（ア），$p = 2$ の場合の基準振動の概形を描け（イ）。

（以　上）