令和７年１０月期入学
令和８年４月期入学（第１回）

山口大学大学院創成科学研究科博士前期課程(理学系)

入 学 者 選 抜 試 験

専門科目

受験区分コード **42**

物理学コース

注 意 事 項

1　試験開始の合図があるまで，問題冊子及び解答用紙の中を見てはいけません。
2　配付物は，問題冊子（１～６頁）１冊，解答用紙４枚及び下書用紙２枚です。試験開始後，直ちに揃っているか確認してください。
3　試験中に問題冊子の印刷不鮮明や解答用紙の汚れ等に気付いた場合は，手を挙げて監督者に知らせてください。
4　試験開始後，すべての解答用紙に氏名及び受験番号を記入してください。
5　問題冊子，下書用紙は持ち帰ってください。

問題の選択と解答用紙について

1　**問題１～問題６より４問を選択**して解答してください。
2　問題ごとに別々の解答用紙を用い，各解答用紙の左上の□内に問題番号を記入してください。
3　解答は解答用紙のおもて面に横書きで記入してください。ただし，書ききれない場合は，おもて面右下の□内に✔印を記入して，うら面を使用してください。

問題 1　下図のように，質量 M，長さ l の一様で静止した棒に対し，端点 A から距離 x の点に棒に垂直に撃力 F を加える。重力やその他の力は無視できるとする。撃力を加えた瞬間の運動について，次の問いに答えなさい。ただし，撃力 F や加速度は棒に垂直な右向きを正とする。

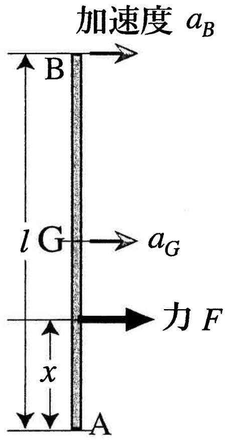
(1) 棒の重心 G の周りの慣性モーメントを求めなさい。

(2) 重心の加速度を a_G として，重心 G の運動方程式を書きなさい。

(3) 角加速度を α（時計回りを正）として，重心周りの回転の運動方程式を書きなさい。

(4) 端点 B の加速度 a_B を求め，F, M, l, x で表しなさい。

(5) B を右向き（$a_B > 0$）に加速するためには，撃力 F をどちら向きに加えれば良いか。x について場合分けして答えなさい。



問題 2　国際単位系（SI）で電場を $\boldsymbol{E}$，磁場を $\boldsymbol{B}$，電荷密度を ρ，電流密度を $\boldsymbol{j}$，真空の誘電率を ϵ_0，真空の透磁率を μ_0 とすると，真空中のマクスウェル方程式は次のように表される。

$$\nabla \cdot \boldsymbol{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0} \tag{a}$$

$$\nabla \cdot \boldsymbol{B} = 0 \tag{b}$$

$$\frac{1}{\mu_0}\nabla \times \boldsymbol{B} - \epsilon_0 \frac{\partial \boldsymbol{E}}{\partial t} = \boldsymbol{j} \tag{c}$$

$$\nabla \times \boldsymbol{E} + \frac{\partial \boldsymbol{B}}{\partial t} = 0 \tag{d}$$

(a)〜(d) のいずれかを使って，次の問いに答えなさい。

(1) 面積 S, 間隔 d の平行平板コンデンサーに Q，$-Q$ の一様電荷を与えると，極板間のみに一様な静電場が生じた。電場の向きは極板に対して垂直であるとして，極板間の電場の大きさを求めなさい。

(2) 磁力線に始まりも終わりもないことを示しなさい。

(3) 閉曲線を貫く磁束 $\Phi(t)$ が時間変化すると，その閉曲線に沿って起電力 $V(t)$ が発生する。$\Phi(t)$ と $V(t)$ の関係を導出しなさい。

(4) 単位長さ当たりの巻数 n の円筒形コイルに定常電流 I を流した。コイルは無限に長く，外部に磁場は生じないとして，コイル内部に生じる磁場の大きさを求めなさい。

(5) 電荷保存則（連続の方程式）を導出しなさい。

問題 3　質量 m の粒子が，1 辺の長さ L の立方体の箱に閉じ込められている。箱内部で粒子に力は働かず，自由に運動できるものとする。以下の問いに答えなさい。ただし，プランク定数を h, $\hbar \equiv h/2\pi$ とする。

(1) 粒子のエネルギーを E として，この粒子が従う「時間に依存しないシュレディンガー方程式」を書きなさい。ただし，座標軸を下図のようにとり，波動関数を $\psi(x,y,z)$ とする。

(2) 箱の境界で波動関数 $\psi(x,y,z)$ が満たす条件を全て書きなさい。

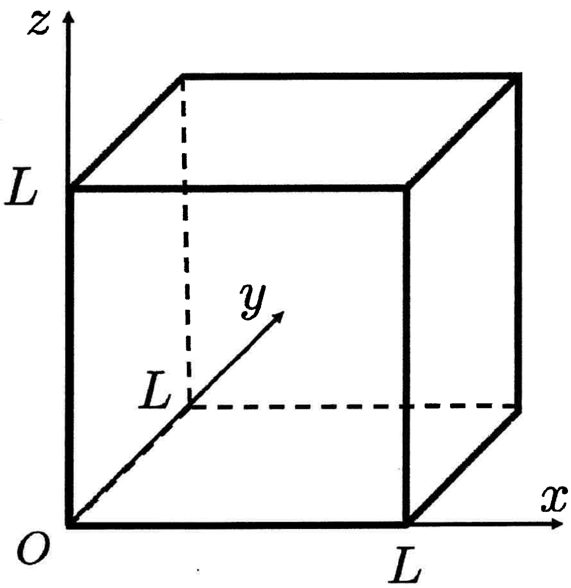
(3) この粒子の固有状態は，整数 n（$n = 1,2,3,\ldots$）を含む 1 変数関数 $\phi_n(x)$ を使って，

$$\psi(x,y,z) = \phi_{n_x}(x)\phi_{n_y}(y)\phi_{n_z}(z)$$

と変数分離形で与えることができる。規格化条件も考慮して，固有状態の具体形を求めなさい。

(4) この粒子のエネルギー固有値を求めなさい。

(5) 基底状態，第 1 励起状態，第 2 励起状態のそれぞれについて，縮退度を求めなさい。



問題 4　N 個の区別できる 1 次元調和振動子（質量 m，角振動数 ω）で構成された系が，温度 T の熱平衡状態にある。振動子は互いに相互作用せず，独立であるとする。以下の問いに答えなさい。ただし，ボルツマン定数を k_B，プランク定数を h，$\hbar \equiv h/2\pi$ とする。

まず，調和振動子を古典的に取り扱う。このとき，振動子 1 個のエネルギーは運動量 p，位置 x の関数として，

$$E(p, x) = \frac{p^2}{2m} + \frac{m\omega^2 x^2}{2}$$

で与えられる。

(1) 系の分配関数 Z を求めなさい。
(2) 内部エネルギー U を求めなさい。
(3) 熱容量 C を求めなさい。

次に，調和振動子を量子論的に取り扱う。振動子 1 個の量子化されたエネルギーは

$$E_n = \hbar\omega\left(n + \frac{1}{2}\right) \quad (n = 0, 1, 2, ...)$$

で与えられる。

(4) 系の分配関数 Z を求めなさい。
(5) 内部エネルギー U を求めなさい。
(6) 熱容量 C を求めなさい。

(7) 以上の結果を踏まえ，どのような環境下で量子論的な効果が顕著になるか説明しなさい。

問題 5　以下の問いに答えなさい。

(1) 周期 2π を持つ関数 $f(x)$ に対するフーリエ級数展開の表式，およびフーリエ係数 a_0, a_n, b_n を書きなさい。

(2) $-\pi \leq x < \pi$ で定義された $f(x) = x^2$ を無限につなぎ合わせた周期関数をフーリエ級数展開しなさい。

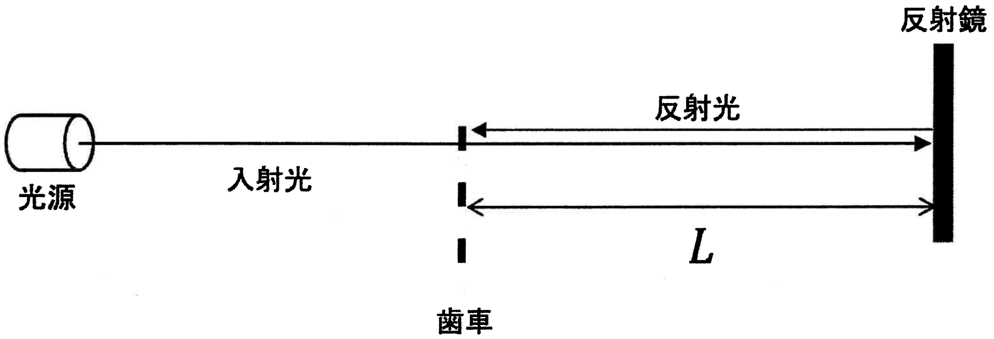
(3) 関数 $f(x)$ のフーリエ変換 $F(k)$ およびフーリエ逆変換の定義式を書きなさい。

(4) 関数 $f(x) = e^{-a|x|}(a > 0)$ のフーリエ変換を求め，複素数を含まない形で表しなさい。

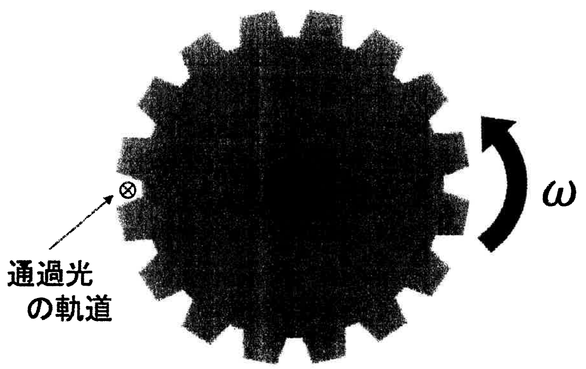
(5) 関数 $f(x)$ のフーリエ変換を $F(k)$ とする。$f(x)$ が無限回微分可能なとき，$f(x)$ を n 階微分した関数 $f^{(n)}(x)$ のフーリエ変換を $F(k)$ を用いて表しなさい。

問題 6　下図は 1849 年に光速度を測定したフィゾーの実験の模式図である。フィゾーは回転する歯車の隙間に光を通し，反射鏡で戻ってくる光が遮られるかどうかを確かめることで光速の測定を試みた。光速を c，歯車の回転する角速度を ω，歯車と反射鏡の間隔を L として以下の問いに答えなさい。ただし，歯車の歯とすき間は同じ幅とする。

(1) 現在知られている光速 c の値を有効数字 2 桁で答えなさい。
(2) 光が隙間を通過した後，反射された光がもう一度歯車に到達する時間を求めなさい。
(3) 歯車の歯の数が n のとき，すき間の数も n である。すき間の中心を通り往復した光が歯の中心に当たって遮られるときの最小の回転角 [rad] を求めなさい。
(4) (3) の条件を満たす場合の c と ω の関係を表しなさい。
(5) (3) の条件を満たすために必要な ω の最小値を有効数字 2 桁で答えなさい。ただし，$L = 10$ km，$n = 1000$ として，現在知られている光速 c の数値を使いなさい。
(6) 上記以外で光の速度を測定する実験手法について 1 つ挙げ，概要を説明しなさい。



光に対して垂直にみた装置の模式図



回転面に垂直にみた歯車