

# 令和6年度第3年次編入学選抜 物理問題冊子

## 注意事項

1. 監督者の指示があるまで、この問題冊子を開いてはいけない。
2. 解答用紙には、必ず本学部の受験番号を所定の場所に記入すること。
3. 解答は、問題番号に対応する解答用紙に記入すること。
4. 解答用紙の中の※印欄には記入しないこと。
5. 試験終了後、問題冊子は持ち帰ること。

## 物理 問題

1 剛体を質量 $m_i$ の質点の集合（質点系）と考える。以下の問いに答えなさい。

問1 図1に示すように平板状の薄い剛体の面内に直交する2軸， $x$ 軸， $y$ 軸をとり，面に垂直に $z$ 軸をとれば， $I_z = I_x + I_y$  が成立することを慣性モーメントの計算式を用いて証明しなさい。ただし，質点 $P_i$ の質量を $m_i$ ，座標原点 $O$ に対する位置ベクトルを $\mathbf{r}_i = (x_i, y_i)$ とし， $x$ 軸， $y$ 軸， $z$ 軸回りの慣性モーメントをそれぞれ， $I_x, I_y, I_z$ とする。

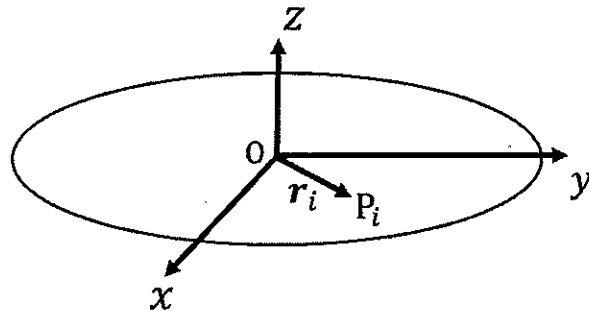


図1

問2 図2に示すように剛体に座標軸をとり，質点 $P_i$ の質量を $m_i$ ，座標原点 $O$ に対する位置ベクトルを $\mathbf{r}_i = (x_i, y_i, z_i)$ ，質量中心 $C$ に対する位置ベクトルを $\mathbf{r}'_i = (x'_i, y'_i, z'_i)$ とする。また，質量中心 $C$ の座標原点 $O$ に対する位置ベクトルを $\mathbf{r}_c = (x_c, y_c, z_c)$ とすれば， $z$ 軸と一致した直線 $l$ に関する剛体の慣性モーメント $I$ は，質量中心 $C$ を通り直線 $l$ に平行な直線 $l'$ に関する慣性モーメント $I_c$ と，全質量 $M$ が質量中心 $C$ に集中したときの，もとの直線 $l$ に関する慣性モーメント $Mh^2$ との和に等しいこと（ $I = I_c + Mh^2$ ）を証明しなさい。ただし， $h$ はこれら平行な2直線の間隔である。

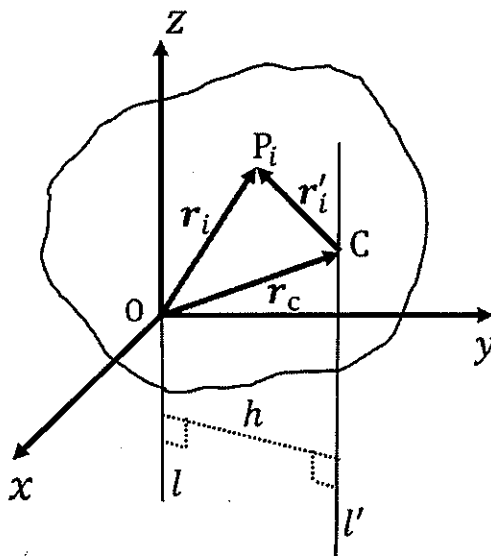


図2

## 物理 問題

2 図1に示すような半径  $a$  の導体球を、内部が真空空洞となっている半径  $b$  ( $>a$ ) の導体球殻で包んだ物体が真空中にある。導体球と導体球殻の中心  $O$  は一致しており、導体球殻の厚みは十分に小さく無視できるとする。物体の中心からの距離を  $r$ 、真空の誘電率を  $\epsilon_0$  として以下の問いに答えなさい。

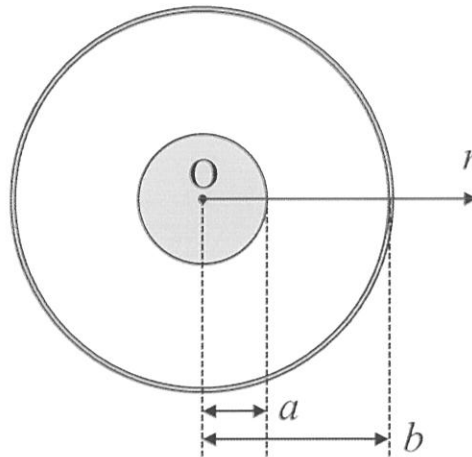


図1

問1 導体球に電荷  $Q$  ( $>0$ ) 導体球殻に電荷  $-Q$  を与えた場合を考える。(1), (2) に答えなさい。

- (1) 導体間の空洞部分 ( $a < r < b$ )、および導体球殻の外部 ( $r > b$ ) における電界の向きと大きさについて説明しなさい。
- (2) 導体球の電位を導きなさい。ただし、無限遠を電位の基準 ( $0\text{ V}$ ) とする。

問2 導体球と導体球殻の電荷を消去した後、2つの導体間に一定の直流電圧を印加し続けた。導体球殻の半径を一定に保ちながら、導体球の表面近傍の電界の大きさを最小にするには、導体球の半径をどうすればよいか説明しなさい。

## 物理 問題

3 断面積 $S$ のシリンダーに質量 $m$ の気密で滑らかに動くピストンをはめる。ある量の理想気体を封入すると、図1に示すようにピストンが底から $l$ の位置でつり合った。つり合った位置を $x=0$ とし、そこから鉛直下向きに $x$ 軸を取り、ピストンの位置を $x$ で表すことを考える。ただし、大気圧を $P_A$ 、重力加速度の大きさを $g$ とする。また、理想気体の温度は常に一定とし、ピストンの厚さは無視してよい。以下の問いに答えなさい。

問1 (1), (2)に答えなさい。

- (1) ピストンがつり合った状態( $x=0$ )でのシリンダー内部の圧力を $P_0$ としたとき、 $P_0$ はどのように表すことができるかを説明しなさい。
- (2) ピストンを押し込んで $x \neq 0$ の位置にした。その時のシリンダー内部の圧力を $P(x)$ とする。 $x$ が $l$ に比べて十分小さい時、

$$P(x) = \left(1 + \frac{x}{l}\right) P_0$$

となることを説明しなさい。

問2 時刻 $t=0$ に、 $x=x_0$ の位置まで押し込んだピストンをそっと放したところ、ピストンが運動を始めた。ピストンに対する運動方程式を導き、ピストンの運動を $t$ の関数として図を用いて説明しなさい。ただし、 $x_0$ は正でかつ $l$ に比べて十分小さいとする。

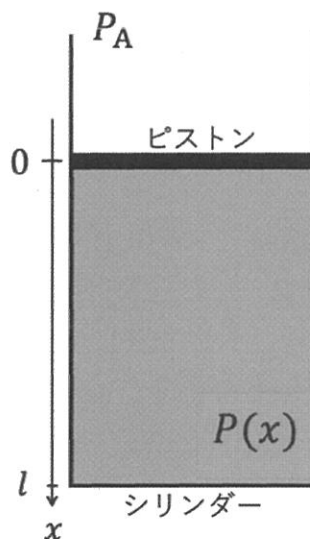


図1