

(令 4 理物後)

小論文

(問題部分は 1 ～ 6 ページ)

- ・ ページ番号のついていない白紙は下書き用紙である。

注意 解答はすべて答案用紙の指定のところに記入しなさい。

小論文 400 点

I 図のように、水平面とそれぞれ α , β の角度で交わる 2 つの斜面が向かい合っており、 $0^\circ < \alpha < \beta < 90^\circ$ である。長さ 2ℓ 、質量 M の一様な棒が紙面と同じ平面内にあり、棒の両端はそれぞれの斜面上に置かれて静止している。棒と水平面のなす角度は θ であり、棒の太さ、棒と斜面の間の摩擦は無視できるものとする。ここで重力加速度を g とする。以下の問 1 ~ 5 に答えなさい。文中に与えられた物理量の他に解答に必要な物理量があれば、それらを表す記号を定義し、解答欄に明示しなさい。(配点 140 点)

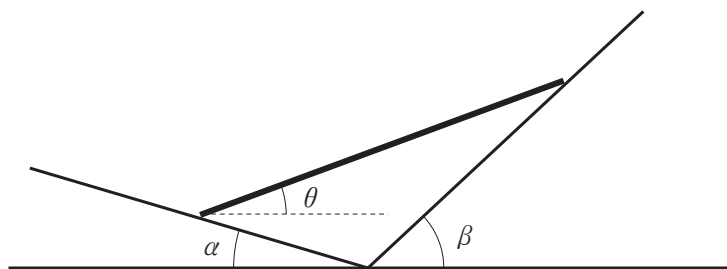
問 1 棒にはたらくすべての力とその向きを解答欄の図に示しなさい。

問 2 棒が静止しているためには、力のつり合いと力のモーメントのつり合いが成り立たなければならない。それらのつり合いの式を書きなさい。

問 3 問 2 の力のつり合いの式を用いて、問 1 での力の大きさを求めなさい。

問 4 $\tan \theta$ を α および β を用いて書き表しなさい。

問 5 棒と水平面のなす角度が θ からずれたとき、棒にはたらく力のモーメントを計算してその向きを答えなさい。その結果から、棒がどのような運動を始めるか説明しなさい。



II 同じ形状をしたコイル 1～3 に交流電源が接続されている。それぞれのコイルには同じ振幅、同じ角振動数の交流電流が流れている。ただし、コイル 2 とコイル 3 に流れている電流の位相はコイル 1 に流れている電流の位相に対し、それぞれ $\frac{2\pi}{3}$ と $\frac{4\pi}{3}$ だけ進んでいる。図に示すように 3 つのコイルを同一円周上に 120° の間隔で中心 G に向けて配置した。以下の問 1～4 に答えなさい。文中に与えられた物理量の他に解答に必要な物理量があれば、それらを表す記号を定義し、解答欄に明示しなさい。(配点 130 点)

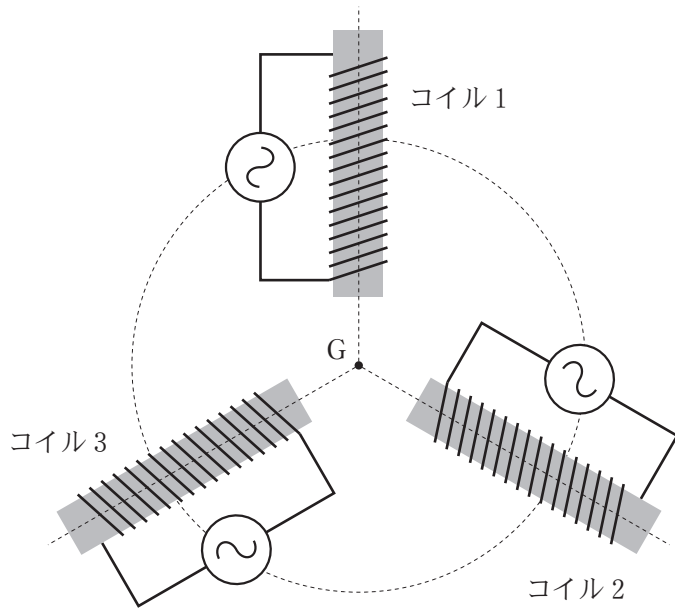
問 1 コイル 1～3 に流れている電流 $I_1 \sim I_3$ と時間の関係を図示しなさい。

それぞれのコイルが中心 G につくる磁場の方向はコイルの中心軸方向で、その大きさはコイルに流れている電流の大きさに比例するものとする。ただし、各コイルのつくる磁場は、他のコイルには影響を与えないものとする。また、コイルがつくる磁場以外は無視してよい。

問 2 中心 G に方位磁針をおくと、方位磁針はコイルがおかれた平面内で回転した。方位磁針はどちら向きに回転するか答えなさい。また、方位磁針はなぜ回転するのか、その理由を説明しなさい。

問 3 方位磁針の回転方向を問 2 の場合と反対にするためには最初の状態からどのような変更を加えればよいか、その方法を理由とともに答えなさい。

問 4 問 2 で中心 G におかれた方位磁針を、アルミニウム製の球に置き換えたところ、球の中心をとおる直線(紙面に垂直な方向)を軸として回転した。アルミニウム製の球が回転する理由を説明しなさい。



Ⅲ 高さによる気体の状態変化について考える。以下の問1～3に答えなさい。ただし、重力加速度は 9.8 m/s^2 とする。文中に与えられた物理量の他に解答に必要な物理量があれば、それらを表す記号を定義し、解答欄に明示しなさい。(配点 130 点)

問 1 図のように微小な高さ Δz の空気の円柱を考える。この円柱に含まれる空気の密度 ρ は一定とみなせるとする。空気に対する力のつり合いから、 Δz に対する空気の圧力変化 Δp を求めなさい。

問 2 円柱に含まれる空気を理想気体とみなす。空気の平均分子量 29, 気体定数 $8.3 \text{ J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$ としたとき、 $\Delta z = 100 \text{ m}$ に対する空気の圧力変化 Δp を有効数字 2 桁で計算しなさい。ただし、この計算において、円柱内の圧力と温度は、ほぼ一定とみなし、それぞれ 1000 hPa , 27°C としてよい。

次に理想気体とみなせるヘリウムの気体が入った風船が地上からゆっくりと上昇する場合を考える。風船の大きさは上昇する高さに対して十分に小さく、風船は内圧と外圧が等しくなるように自由に大きさを変えることができるとする。また、風船は熱を通さず、ヘリウムの気体は $pV^\gamma = \text{一定}$ を満たす。ここで p は圧力、 V は体積、 γ は比熱比である。

問 3 高さが Δz 増加したときのヘリウムの気体の温度変化を ΔT とする。高さに対する圧力変化を利用して $\frac{\Delta T}{\Delta z}$ を求め、高さに対して温度がどのように変化するか説明しなさい。また、温度が変化する理由を熱力学第 1 法則を用いて説明しなさい。必要があれば、 $|x| \ll 1$ のとき $(1+x)^n \doteq 1+nx$ と近似できることを用いてよい。

