2026 年 度

大 学 院 入 学 試 験 問 題

物　理　学

13：00 〜 15：00

注　意　事　項

1. 試験開始の合図があるまで，問題冊子を開かないこと。
2. 本冊子に落丁，乱丁，印刷不鮮明の箇所などがあった場合には申し出ること。
3. 日本語または英語で解答すること。日本語の問題文は 2–6 ページ，英語の問題文は 14–18 ページにある。
4. すべての問題に解答すること。
5. 解答用紙は 2 枚渡される。問題（第 1 問，第 2 問）ごとに必ず 1 枚の解答用紙を使用すること。必要があれば，解答用紙の裏面を用いてもよい。
6. 解答用紙左上の枠にその用紙で解答する問題番号（1 または 2）を記入すること。
7. 解答用紙上方の指定された箇所に受験番号を記入すること。
8. 草稿用白紙は本冊子から切り離さないこと。
9. 解答に関係のない記号，符号などを記入した答案は無効とする。
10. 試験終了後，解答用紙および問題冊子は持ち帰らないこと。

受験番号	No.

上欄に受験番号を記入すること。

Instructions in English are on the back cover.

草 稿 用 白 紙
BLANK PAGE

第 1 問

質量がmの質点 A と，質量が$2m$の質点 B が，長さlの糸で連結されている。図 1.1 に示すように，質点 A を傾斜角 30°の滑らかな台の上に置き，質点 B を台の端部から鉛直方向にぶら下げた。台の上の糸の長さをa $(0 < a < l)$とする。また，水平方向にx軸を，鉛直方向にy軸を，台の端部に原点 O をとる。質点 A と質点 B が静止した状態から落下運動を開始した。摩擦，糸の質量，太さ，伸びは全て無視できるものとし，糸はたるむことがないとする。重力加速度をgとする。以下の問いに答えよ。

I. 質点 A が台を滑り落ちる間の糸の張力Tを求めよ。

II. 質点 A が台の端部に達した時の質点 A と質点 B の速度ベクトルを求めよ。

III. 質点 A が台の端部から飛び出した瞬間を時刻$t = 0$とする。$t > 0$において，質点 A と質点 B はそれら 2 つの質点の重心周りの回転運動をしながら落下した。
1. 回転運動の角速度ωを求めよ。
2. 時刻tにおける質点 A の座標を求めよ。
3. 質点 A と質点 B がそれらの重心周りに時刻$t = 0$の状態から 90°回転したときの質点 A のx座標をbとする。bをlで表せ。

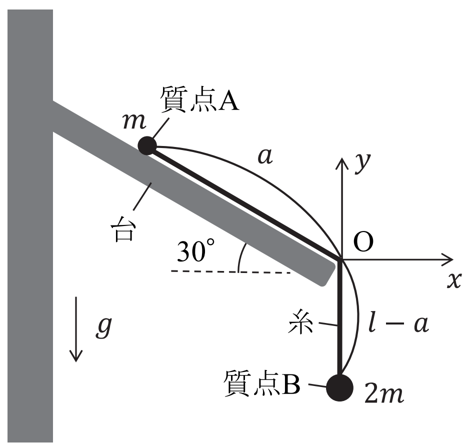

図 1.1

草 稿 用 白 紙
BLANK PAGE

第 2 問

以下の問い I ～Ⅲに答えよ。真空の誘電率をε_0, 真空の透磁率をμ_0とする。

I. 図 2.1 に示すように，真空中に原点 O があり，電荷量が$+q$と$-q$の一対の点電荷が，それぞれ位置$(0,0,d/2)$と$(0,0,-d/2)$にある。$\vec{d}=(0,0,d)$は，$-q$の点電荷から$+q$の点電荷へ向かうベクトルである。点電荷の位置以外の任意の点の位置ベクトルを$\vec{r}$とする。

1. 位置ベクトル$\vec{r}$の点における静電ポテンシャルを求めよ。ここでは無限遠をポテンシャルの基準とする。
2. 電気双極子は，互いに接近した一対の正負の点電荷からなる。$|\vec{d}|/|\vec{r}| \ll 1$を仮定して，式(1)が電気双極子の静電ポテンシャルを表すことを示せ。

$$U(\vec{r})=\frac{\vec{p}\cdot\vec{r}}{4\pi\varepsilon_0|\vec{r}|^3} \tag{1}$$

ここで，$\vec{p}=q\vec{d}$は電気双極子モーメントである。必要に応じて，余弦定理による式(2)を用いてもよい。ここで，θは$\vec{a}$と$\vec{b}$のなす角である。

$$\begin{aligned}\left|\vec{a}-\vec{b}\right|^{-1}&=\left(|\vec{a}|^2-2\vec{a}\cdot\vec{b}+\left|\vec{b}\right|^2\right)^{-\frac{1}{2}}\\&=|\vec{a}|^{-1}\left(1-2\frac{\left|\vec{b}\right|}{|\vec{a}|}\cos\theta+\frac{\left|\vec{b}\right|^2}{|\vec{a}|^2}\right)^{-\frac{1}{2}}\end{aligned} \tag{2}$$

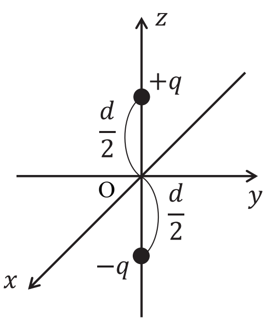

図 2.1

II. 図 2.2 に示すように，半径がRで厚さが無視できる導体球殻が，原点 O を中心として置かれている。球殻の内側と外側は真空である。球殻に外から一様な静電界が加えられ，球殻から十分に遠いところの電界は$\vec{E}_0 = (0, 0, E_{0z})$である。これにより球殻上に電荷の分布が誘起されている。その球殻上の電荷によって球殻の外側に電界が生じ，これは原点においた電気双極子によって等価的に表すことができる。

1. 球殻の外側の位置ベクトル$\vec{r}$の点における静電ポテンシャルを求めよ。電界$\vec{E}_0$と球殻上の電荷の両方の効果を考慮せよ。静電ポテンシャルの基準は任意に定めてよい。
2. 球殻上の任意の点の位置ベクトルを$\vec{s}$とする($|\vec{s}| = R$)。球殻上の単位面積あたりの電荷量$\sigma(\vec{s})$を求めよ。

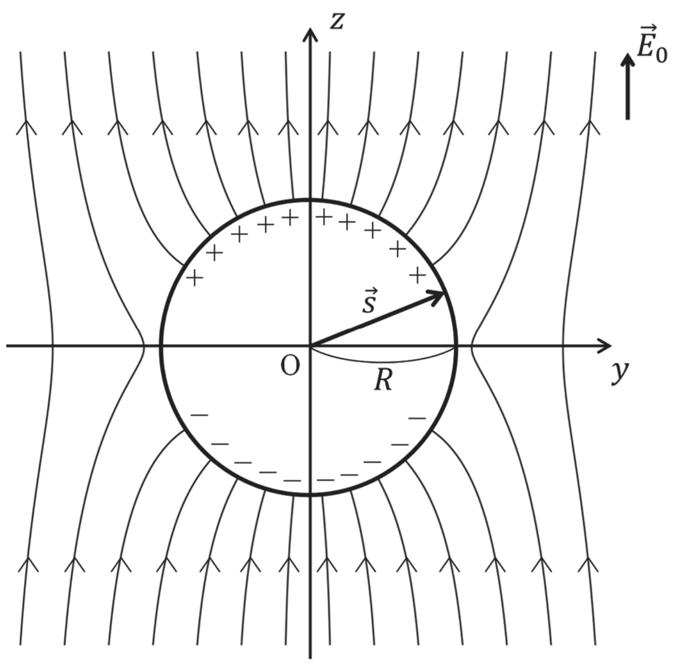

図 2.2

III. 図 2.3 に示すように，真空中に半径ρの 1 巻の円環コイルがあり，コイルには電流Iが流れている。コイルはxy面内にあり，中心が原点 O にある。コイル上の任意の点の位置ベクトルを$\vec{u}$として，$\vec{u}$がx軸となす角をφとする。コイルの上に微小な接線ベクトル$d\vec{u}$をとり，これが電流の方向を表すものと考える。電流から生じる，位置ベクトル$\vec{r}$の点の磁気ベクトルポテンシャルは，式(3)で与えられる。

$$\vec{A}(\vec{r}) = \frac{\mu_0 I}{4\pi}\oint \frac{d\vec{u}}{|\vec{r}-\vec{u}|} \tag{3}$$

磁気双極子は，微小な円環コイルで模擬される磁場発生源である。$|\vec{u}|/|\vec{r}| \ll 1$を仮定して，図 2.3 のコイルを磁気双極子とみなす。磁気双極子モーメントを$\vec{m} = \mu_0 SI\vec{k}$と定義する。ここで$S = \pi\rho^2$はコイルの面積であり，$\vec{k}$は$+z$方向の単位ベクトルである。磁気双極子の磁気ベクトルポテンシャル$\vec{A}(\vec{r})$を，$\vec{m}$と$\vec{r}$を用いて表せ。

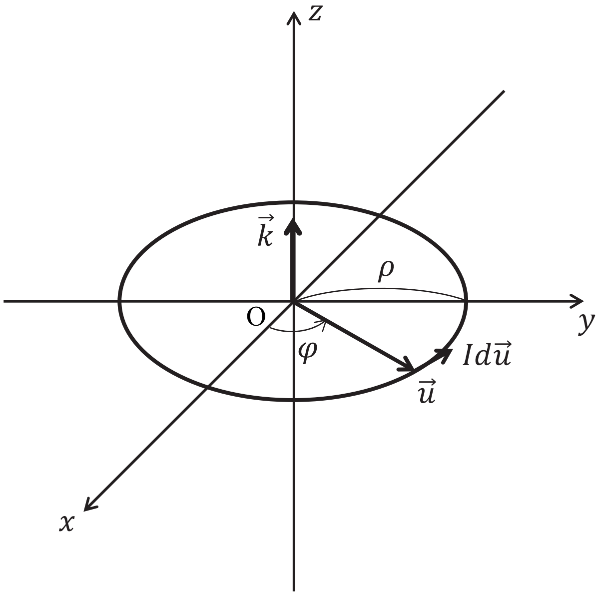

図 2.3

草 稿 用 白 紙
BLANK PAGE

草 稿 用 白 紙
BLANK PAGE

草 稿 用 白 紙
BLANK PAGE

Problem 1

Mass point A, with a mass of m, and mass point B, with a mass of $2m$, are connected by a string of length l. As shown in Fig. 1.1, mass point A is placed on a smooth table with an inclination angle of 30°, and mass point B hangs down vertically from the edge of the table. The length of the string on the table is a $(0 < a < l)$. Take the x-axis in the horizontal direction, the y-axis in the vertical direction, and the origin O at the end of the table. From the stationary state, mass points A and B start falling down. Friction, the string mass, the string thickness and the string elongation are negligible, and the string does not sag. Let the acceleration of gravity be g. Answer the following questions.

I. Find the tension T of the string while mass point A slides down the table.

II. Find the velocity vectors of mass points A and B when mass point A reaches the end of the table.

III. Let time $t = 0$ be the moment when mass point A falls off the edge of the table. At $t > 0$, mass points A and B fall down while rotating around the center of gravity of the two mass points.

1. Find the angular velocity ω of the rotational motion.
2. Find the coordinates of mass point A at time t.
3. Let b be the x-coordinate of mass point A when mass points A and B rotate 90° around their center of gravity from the state at time $t = 0$. Express b using l.

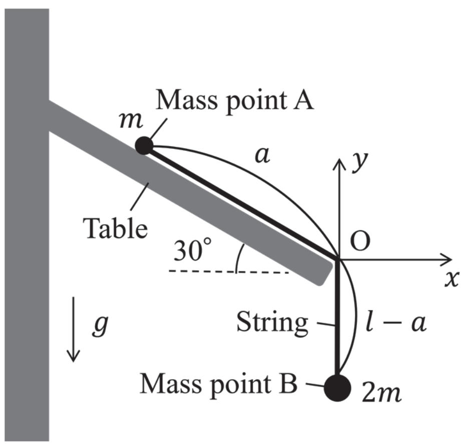

Figure 1.1

草 稿 用 白 紙
BLANK PAGE

Problem 2

Answer the following questions from I to III. Let the permittivity in vacuum be ε_0 and the magnetic permeability in vacuum be μ_0.

I. As shown in Fig. 2.1, the origin O is in vacuum, and a pair of point charges with charges $+q$ and $-q$ are at the positions $(0,0,d/2)$ and $(0,0,-d/2)$, respectively. The vector $\vec{d}=(0,0,d)$ points from the point charge of $-q$ to the point charge of $+q$. Let $\vec{r}$ be the position vector of an arbitrary point other than the position of the point charges.

1. Find the electrostatic potential at the terminal point of the position vector $\vec{r}$, setting the reference of potential to be at infinity.
2. An electric dipole consists of a pair of positive and negative point charges close to each other. Assuming $|\vec{d}|/|\vec{r}| \ll 1$, show that equation (1) gives the electrostatic potential of the electric dipole,

$$U(\vec{r}) = \frac{\vec{p}\cdot\vec{r}}{4\pi\varepsilon_0|\vec{r}|^3} \tag{1}$$

where $\vec{p}=q\vec{d}$ is the electric dipole moment. If necessary, you may use equation (2) based on the law of cosines, where θ is the angle between $\vec{a}$ and $\vec{b}$.

$$\begin{aligned}|\vec{a}-\vec{b}|^{-1} &= \left(|\vec{a}|^2 - 2\vec{a}\cdot\vec{b} + |\vec{b}|^2\right)^{-\frac{1}{2}} \\ &= |\vec{a}|^{-1}\left(1 - 2\frac{|\vec{b}|}{|\vec{a}|}\cos\theta + \frac{|\vec{b}|^2}{|\vec{a}|^2}\right)^{-\frac{1}{2}}\end{aligned} \tag{2}$$

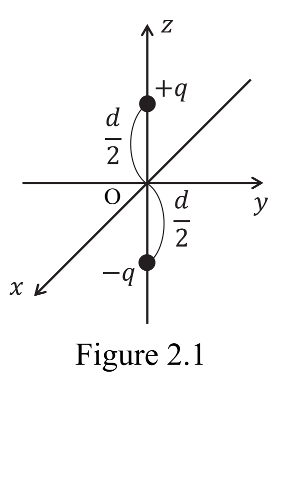

Figure 2.1

II. As shown in Fig. 2.2, there is a conductive spherical shell of radius R, whose thickness is negligible, with its center positioned at the origin O. The inside and outside of the spherical shell are under vacuum. A uniform static electric field is externally applied to the spherical shell, and the electric field far away from the spherical shell is $\vec{E}_0 = (0,0,E_{0z})$. This induces a charge distribution on the spherical shell. The charges on the spherical shell generate an electric field outside of the spherical shell, which can be equivalently expressed by an electric dipole positioned at the origin.

1. Find the electrostatic potential at the terminal point of the position vector $\vec{r}$ outside of the spherical shell. Consider effects from both the electric field $\vec{E}_0$ and the charges on the spherical shell. You may arbitrarily set a reference for the electrostatic potential.
2. Let the position vector of an arbitrary point on the spherical shell be $\vec{s}$ ($|\vec{s}| = R$). Find the charge per unit area, $\sigma(\vec{s})$, on the spherical shell.

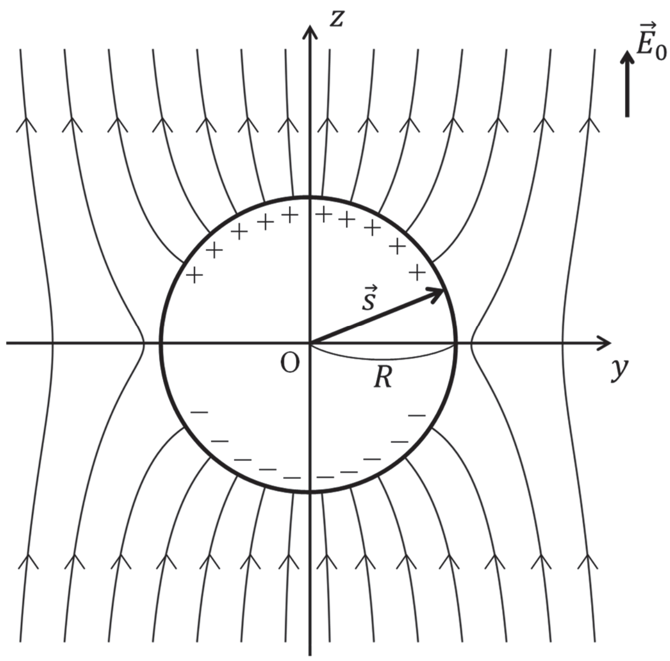

Figure 2.2

III. As shown in Fig. 2.3, let there be a single-turn circular coil of radius ρ in vacuum, with an electric current I flowing in the coil. The coil lies in the xy plane, with its center positioned at the origin O. Let the position vector of an arbitrary point on the coil be $\vec{u}$, with an angle φ between $\vec{u}$ and the x-axis. A small tangential vector $d\vec{u}$ is located on the coil, which indicates the direction of the current. Equation (3) gives a magnetic vector potential at the terminal point of the position vector $\vec{r}$ generated from the current.

$$\vec{A}(\vec{r}) = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \oint \frac{d\vec{u}}{|\vec{r} - \vec{u}|} \tag{3}$$

A magnetic dipole is a magnetic field source which is modeled by a small circular coil. Assuming $|\vec{u}|/|\vec{r}| \ll 1$, consider the coil in Fig. 2.3 as a magnetic dipole. The magnetic dipole moment is defined as $\vec{m} = \mu_0 S I \vec{k}$, where $S = \pi\rho^2$ is the area of the coil, and $\vec{k}$ is a unit vector oriented to $+z$. Find an expression for the magnetic vector potential of the magnetic dipole $\vec{A}(\vec{r})$ using $\vec{m}$ and $\vec{r}$.

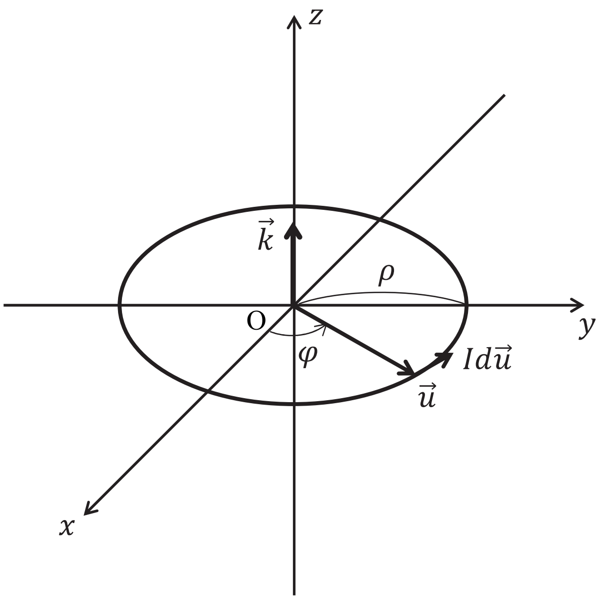

Figure 2.3

草 稿 用 白 紙
BLANK PAGE

草 稿 用 白 紙
BLANK PAGE

2026

The Graduate School Entrance Examination

Physics

13:00 – 15:00

GENERAL INSTRUCTIONS

1. Do not open the problem booklet until the start of the examination is announced.
2. Notify your proctor if you find any printing or production errors.
3. Answers must be written in Japanese or English. The problems are described in Japanese on pages 2–6 and in English on pages 14–18.
4. Answer all problems.
5. Two answer sheets are given. Use one answer sheet for each Problem (1 and 2). You may use the reverse side if necessary.
6. Write the problem number (1 or 2) that you answer in the upper left box of the answer sheet.
7. Fill in your examinee number in the designated place at the top of the answer sheet.
8. You may use the blank pages of the problem booklet for drafts without detaching them.
9. Any answer sheet with marks or symbols irrelevant to your answers is considered to be invalid.
10. Do not take the answer sheets or the booklet with you after the examination.

Examinee Number	No.

Write your examinee number in the space provided above.

日本語の注意事項はおもて表紙にある。