

2022 年度  
大学院入学試験問題  
物理学 2  
電磁気学

解答時間 60分

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. 日本語の問題文は 2-4 ページ、英語の問題文は 8-10 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 1 枚渡される。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は何も記入してはならない。
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. 日本語または英語で解答すること。
9. 草稿用白紙は本冊子から切り離さないこと。
10. 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。
11. 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

## 物理学 2 (電磁気学)

問I, II, III, IV, Vのすべてに答えよ。

図 2.1 のように、長さ $L$ で厚みが無視できる二つの円筒状の均質な導体 A, B が中心軸を同一にして真空中に置かれている。導体 A, B の半径はそれぞれ $a, b$  ( $a < b$ )であり、長さ $L$ は十分長いものとする ( $L \gg a, b$ )。真空の誘電率は $\epsilon_0$ とする。

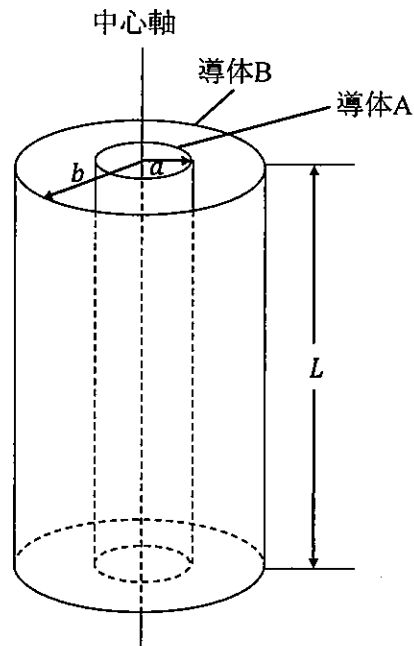


図 2.1

- I. 導体 A には上向き、導体 B には下向きの、大きさ $I$ の直流電流を中心軸方向に流した。中心軸からの距離 $r$ の位置における磁界の大きさと方向を求めよ。
  
- II. 初期状態において、導体 A, B は接地も帯電もしていないものとする。ここで導体 A に電荷 $Q_1$  ( $Q_1 > 0$ )を与えた。その後、導体 B を接地した。接地前後それぞれの場合について、中心軸からの距離 $r$ の位置における電界 $E$ の大きさを求めよ。さらにそれぞれの $E$ と $r$ の関係をグラフに示せ。

あとのページに続く。

III. 導体 A, B の間を, 誘電率 $\varepsilon(\varepsilon > \varepsilon_0)$ および電気伝導率 $\sigma$ の物質で満たした。導体 A は接地されておらず, 導体 B は接地されているものとする。

1. 導体 A, B 間の電気抵抗を求めよ。
2. 時刻 $t = 0$ において, 導体 A に電荷 $Q_2(Q_2 > 0)$ を与えた。その後, 導体 A の電荷が時間 $t$ とともにどのように変化するかをグラフに示して説明せよ。

あとのページに続く。

IV. 図 2.2 (円筒導体を中心軸方向から見た図) のように, 導体 A, B 間の領域において, 半径  $x(a < x < b)$  の円筒面を界面として内側を媒質 1 (誘電率:  $\epsilon_1$ , 電気伝導率:  $\sigma_1$ ) で, 外側を媒質 2 (誘電率:  $\epsilon_2$ , 電気伝導率:  $\sigma_2$ ) で満たし, 導体 A, B 間に電圧を印加した。十分な時間が経過した後に導体 A, B 間に流れる定常電流の大きさを  $I(I > 0)$  とするとき, 媒質界面に蓄積される面電荷密度を求めよ。

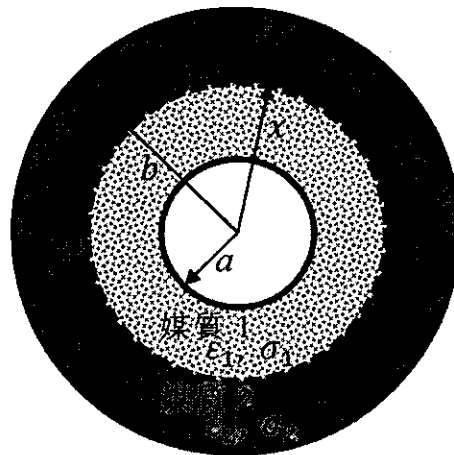


図 2.2

V. 図 2.2 の媒質 1, 2 の電気抵抗率が十分に高く, いずれも絶縁体とみなせる場合について考える。導体 A, B にそれぞれ  $+Q_3, -Q_3$  の電荷を与えた ( $Q_3 > 0$ )。

1. この系の静電エネルギーを求めよ。
2. 媒質界面にはたらく単位面積当たりの力の大きさを求めよ。ただし,  $\epsilon_1 > \epsilon_2$  とする。

草稿用白紙  
BLANK PAGE

草稿用白紙  
BLANK PAGE

草稿用白紙  
BLANK PAGE



## Physics 2 (Electromagnetism)

Answer all Questions I, II, III, IV, and V.

As shown in Fig. 2.1, two concentric cylindrical homogeneous conductors A and B with the length  $L$  and negligible thickness are located in vacuum. Let radii of the conductors A and B be  $a$  and  $b$  ( $a < b$ ), respectively. Assume that the length  $L$  is long enough ( $L \gg a, b$ ). Let a dielectric constant of vacuum be  $\epsilon_0$ .

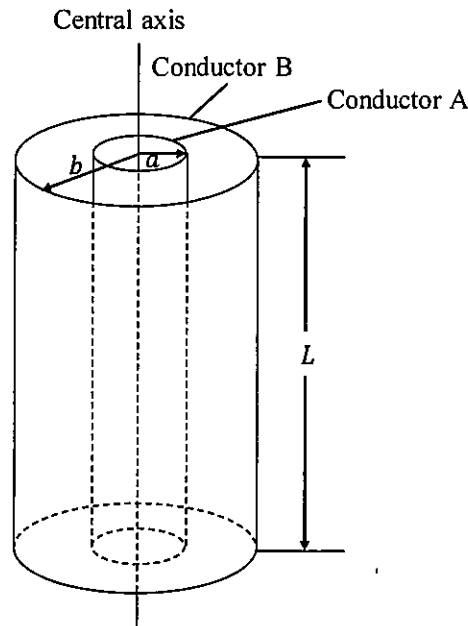


Figure 2.1

- I. Direct electric currents with magnitude  $I$  flow upward and downward in the conductors A and B, respectively along the central axis direction. Derive the magnitude and direction of the magnetic field at the point with distance  $r$  from the central axis of the conductors.
  
- II. Assume that the conductors A and B are uncharged and ungrounded at the initial state. Secondly, electric charge  $Q_1$  ( $Q_1 > 0$ ) is given to the conductor A. Thirdly, the conductor B is grounded. For each case of before and after the conductor B is grounded, derive the magnitude of the electric field  $E$  at the point with distance  $r$  from the central axis, respectively. Additionally, draw the graphs of  $E$  versus  $r$ , respectively.

Continued on a later page.

III. The region between the conductors A and B is completely filled with a material with a dielectric constant  $\epsilon(\epsilon > \epsilon_0)$  and an electrical conductivity  $\sigma$ . Assume that the conductor A is ungrounded and the conductor B is grounded.

1. Derive the electrical resistance between the conductors A and B.
2. At the time  $t = 0$ , a charge  $Q_2(Q_2 > 0)$  is given to the conductor A. Explain how a charge in the conductor A changes with time  $t$  by drawing a graph of its time variation.

Continued on a later page.

IV. As shown in Fig. 2.2 (a view of the conductors from the direction of their central axis), the space between the conductors A and B is filled with a medium 1 (dielectric constant:  $\epsilon_1$ , electrical conductivity:  $\sigma_1$ ) for the inner region and a medium 2 (dielectric constant:  $\epsilon_2$ , electrical conductivity:  $\sigma_2$ ) for the outer region. The regions have a coaxial cylindrical interface with a radius  $x$  ( $a < x < b$ ). Then, a voltage is applied between the conductors A and B. After sufficient time passes, let  $I$  ( $I > 0$ ) be the magnitude of a steady current that flows between the conductors A and B. Derive the surface charge density accumulated at the interface of the media 1 and 2.

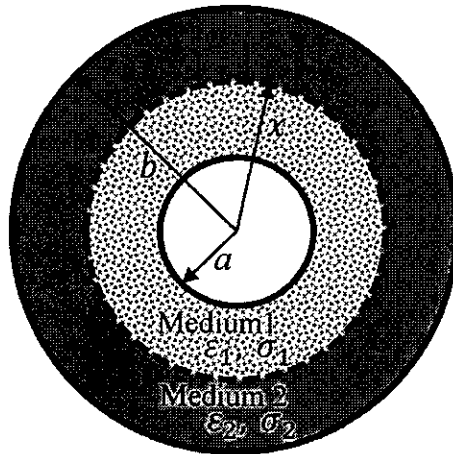


Figure 2.2

V. Consider the case where the electrical resistivities of the media 1 and 2 are high enough that they can be regarded as insulators. Electric charges  $+Q_3$  and  $-Q_3$  ( $Q_3 > 0$ ) are given to the conductors A and B, respectively.

1. Derive the electrostatic energy of this system.
2. Derive the magnitude of the force per unit area at the cylindrical interface of the media. Assume  $\epsilon_1 > \epsilon_2$ .

草稿用白紙  
BLANK PAGE

草稿用白紙  
BLANK PAGE

2022

The Graduate School Entrance Examination

# Physics 2

Electromagnetism

Answer Time 60 minutes

## 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. The problems are described in Japanese on pages 2-4 and in English on pages 8-10.
4. Answer all questions.
5. 1 answer sheet is given. You may use the reverse side if necessary.
6. Do not write anything in the box at the upper left of the answer sheet.
7. Fill in your examinee number in the designated place at the top of the answer sheet.
8. Answers must be written in Japanese or English.
9. You may use the blank pages of the problem booklet for drafts without detaching them.
10. Any answer sheet with marks or symbols irrelevant to your answers is considered to be invalid.
11. You may not take the booklet or answer sheet 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。