

2021 年度
大学院入学試験問題
物理学 2 (電磁気学)
問題番号 P2
解答時間 60 分

注 意 事 項

1. 試験開始の合図があるまで、問題文を見ないこと。
2. 解答用紙 5 枚および下書用紙 3 枚を使用すること。
3. 解答用紙および下書用紙の裏面の使用は禁止する。
4. すべての解答用紙および下書用紙の上方の指定された箇所に、受験番号を忘れずに記入すること。
5. 日本語または英語で解答すること。
6. 解答は解答用紙の実線の内側に記入すること。
7. 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。
8. 日本語の問題文は 5-7 ページ、英語の問題文は 9-11 ページに書かれている。
9. 問題文のスクロール、拡大および縮小はしてよい。キーボード操作は禁止する。

- ・ 解答には結果だけでなく導出過程も含めること。
- ・ ネットワークトラブルが生じた場合でも解答を続けること。

2021

The Graduate School Entrance Examination

Physics 2 (Electromagnetism)

Problem Number P2

Answer Time 60 minutes

GENERAL INSTRUCTIONS

- 1. Do not look at the Problems until the start of the examination has been announced.**
- 2. Use 5 Answer Sheets and 3 Draft Sheets.**
- 3. Do not use the back faces of the Answer Sheets or the Draft Sheets.**
- 4. Fill in your examinee number in the designated places at the top of all the Answer Sheets and the Draft Sheets.**
- 5. Answers must be written in Japanese or English.**
- 6. Answers must be marked within the solid frame on the Answer Sheets.**
- 7. Any Answer Sheet with marks or symbols irrelevant to your answers is considered to be invalid.**
- 8. The Problems are described in Japanese on pages 5-7 and in English on pages 9-11.**
- 9. Scrolling, expansion and reduction of the Problems are permitted. Keyboard operation is prohibited.**

- Show the derivation processes as well as the results.**
- Continue the answer even if network trouble occurs.**

物理学 2 (電磁気学)

問I, IIの両方に答えよ。

図 2.1 に示すように、真空中に、磁束密度 B の鉛直上向き ($+z$ 方向) の一様な磁場の中に、幅 d の U 字型の十分に長い導線 $\alpha\beta\beta'\alpha'$ を水平 (xy 平面に平行) に置く。 $\alpha\beta$ と $\alpha'\beta'$ は y 軸に平行である。また、 $\beta\beta'$ は $\alpha\beta$ に垂直である。導線の上に質量 m の金属棒 $\lambda\mu$ を置く。金属棒は常に λ' と μ' でそれぞれ $\alpha\beta$ と $\alpha'\beta'$ に接している。また、 $\lambda\mu$ と $\beta\beta'$ は常に平行とする。金属棒の太さは無視する。導線に電気抵抗はなく、金属棒の $\lambda'\mu'$ の部分 (長さ d) の電気抵抗は R とする。金属棒と導線との摩擦と接触抵抗は無視する。回路を流れる電流が作る磁場も無視する。

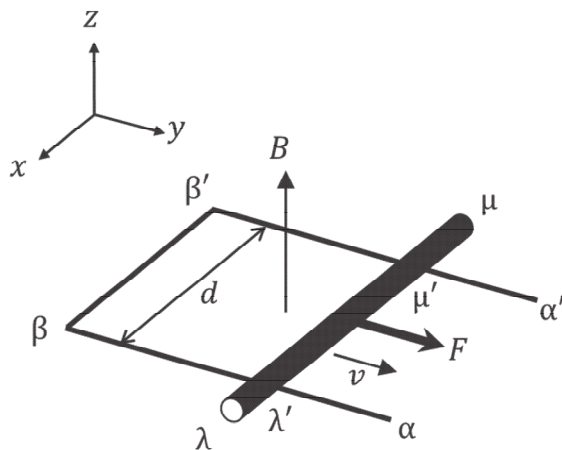


図 2.1

次のページに続く。

I. 金属棒の重心に一定の外力 F が $+y$ 方向に働いて、金属棒が一定の速度 v で動いているとき、以下の問いに答えよ。

1. $\lambda'\mu'$ を流れる電流 I を v を用いて表せ。
2. v を F を用いて表せ。
3. 単位時間あたりに発生するジュール熱を求めよ。また、金属棒を動かすときになされる単位時間あたりの仕事を求めよ。そして、エネルギー保存則が成立していることを確かめよ。

次のページに続く。

II. 次に、図 2.2 のように導線の $\beta\beta'$ 部分に容量 C のコンデンサーを入れた。時刻 $t = 0$ で金属棒の重心に瞬間的な外力を $+y$ 方向に加え、初速を与えた。時刻 t における金属棒の速度を $v(t)$ とする。また、時刻 t においてコンデンサーに蓄えられた電荷を $Q(t)$ とし、 $Q(0) = 0$ とする。以下の問いに答えよ。

1. 時刻 t において $\lambda'\mu'$ を流れる電流 $I(t)$ を、 $Q(t)$ と $v(t)$ の両方を用いて表せ。
2. 金属棒の加速度 $a(t)$ を、 $Q(t)$ と $v(t)$ の両方を用いて表せ。
3. $v(0) = v_0$ とするとき、 $I(t)$ を v_0 を用いて表せ。

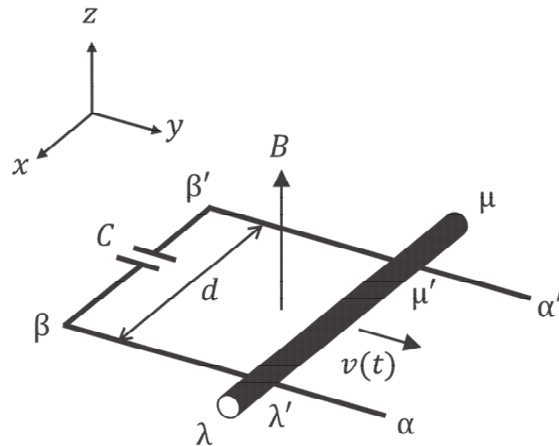


図 2.2

(白紙)

Physics 2 (Electromagnetism)

Answer both Questions I and II.

As shown in Fig. 2.1, a sufficiently long U-shaped conducting wire, $\alpha\beta\beta'\alpha'$, with a width d , is placed in vacuum horizontally (parallel to xy plane) in a uniform vertical upward ($+z$ direction) magnetic field with a magnetic flux density B . $\alpha\beta$ and $\alpha'\beta'$ are parallel to y axis. $\beta\beta'$ is perpendicular to $\alpha\beta$. A metal rod $\lambda\mu$ of a mass m is placed on the conducting wire. The metal rod is always in contact with $\alpha\beta$ and $\alpha'\beta'$ at λ' and μ' , respectively. $\lambda\mu$ is always parallel to $\beta\beta'$. Assume that the conducting wire has no electric resistance, and the electric resistance of the $\lambda'\mu'$ part (length d) of the metal rod is R . Ignore the thickness of the metal rod. Ignore the friction and contact resistance between the metal rod and the conducting wire. Ignore also the magnetic field generated by the current flowing through the circuit.

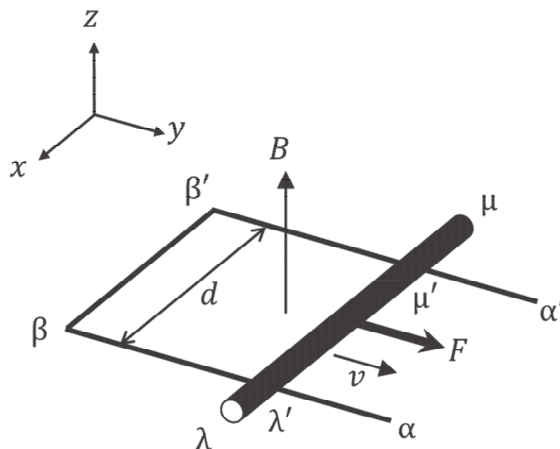


Figure 2.1

Continued on the next page.

I. A constant external force F is applied to the center of gravity of the metal rod in $+y$ direction and the metal rod is moving at a constant velocity v . Answer the following questions.

1. Express the current I flowing through $\lambda'\mu'$ using v .
2. Express v using F .
3. Find the Joule heat generated per unit time. Find also the work done per unit time when the metal rod is moved. Then verify that the law of conservation of energy holds.

Continued on the next page.

II. Next, as shown in Fig. 2.2, a capacitor with a capacitance C is inserted in the $\beta\beta'$ part of the conducting wire. At time $t = 0$, an instantaneous external force is applied to the center of gravity of the metal rod in $+y$ direction, giving an initial velocity. Let the velocity of the metal rod at time t be $v(t)$. Let the electric charge stored in the capacitor at time t be $Q(t)$, and $Q(0) = 0$. Answer the following questions.

1. Express the current $I(t)$ flowing through $\lambda'\mu'$ at time t using both $Q(t)$ and $v(t)$.
2. Express the acceleration $a(t)$ of the metal rod using both $Q(t)$ and $v(t)$.
3. When $v(0) = v_0$, express $I(t)$ using v_0 .

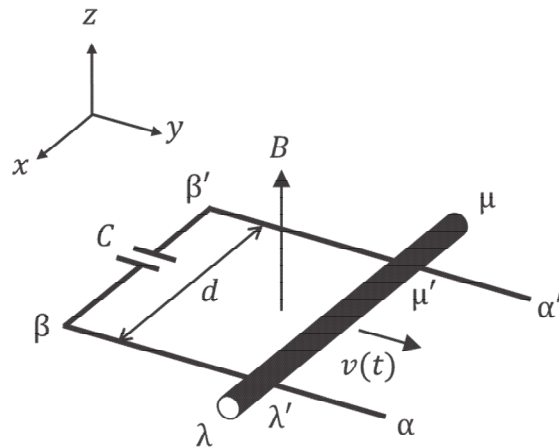


Figure 2.2

(Blank page)