

# 20\*\* 年度 標準模試 模擬試験（物理）

電磁気学分野

試験時間：30 分 配点：50 点

## 注意事項

- 解答はすべて所定の解答欄に記入すること。解答欄以外に記入したものは採点対象とならない。
- 図や表は、問題文中に示されたものを利用し、不足する場合は自分で補助図を描いてよい。
- 解答には与えられた文字のみを用い、必要に応じて計算過程も簡単に示せ。
- 試験時間は 30 分とし、設問全てに解答せよ。
- 答案には必ず氏名・受験番号を記入すること。
- 合格点は 30 点とする。

## 模擬試験

Physics Practice Test



考える力を育てる電磁気学模試  
<https://morisyakun-png.github.io>

## 物理 問題Ⅰ

1.

図1に示すように、紙面に垂直で裏から表に向かう磁束密度  $B$  の一様な磁場が存在する  $xy$  水平面内に、全体の質量が  $m$ 、長さが  $L$  の金属の導体棒を  $x$  軸と平行に配置した。

以下では、導体棒が  $+y$  方向に速度  $v$  で運動している場合について、導体棒内の電子について考察していく。括弧内に与えられた物理量のうちから必要なものを用いて次の文章中の空欄(ア)～(オ)に入る適当な数式を答えよ。ただし、電子が持つ電気量の絶対値は  $e$  とし、(エ)は計算過程も示せ。

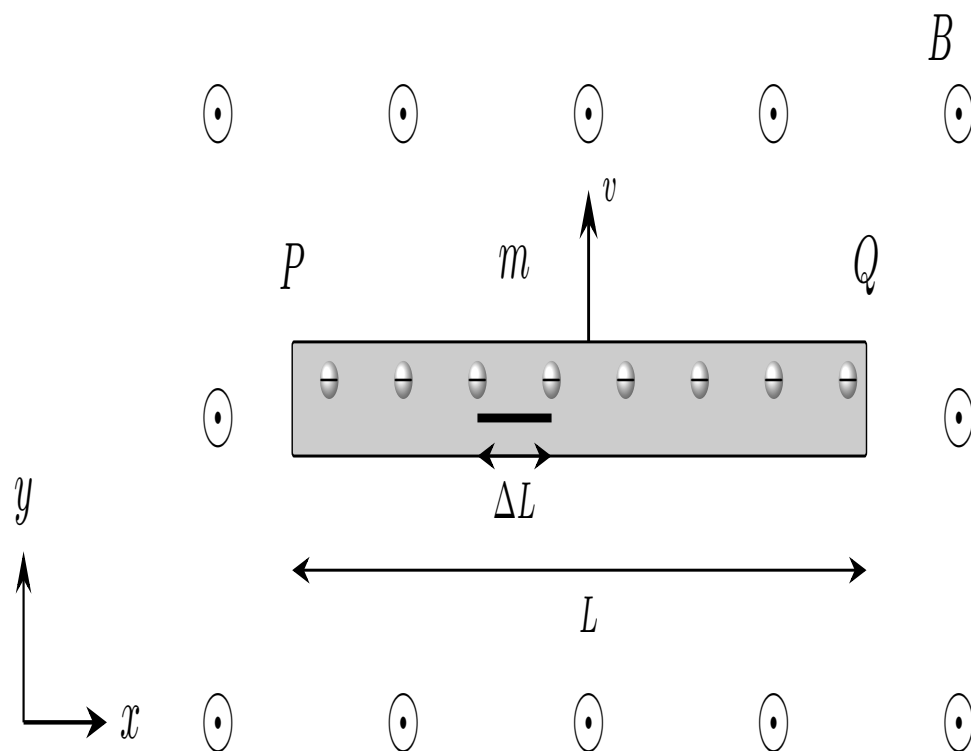


図1 問題1

導体棒が  $+y$  方向に速さ  $v$  で運動している時、電子は  $+x$  方向を正として  
〔ア〕  $(e, B, m, v)$  の力を磁界から受ける。ここで図 1 に示すような微小長さ  $\Delta L$  の  
部分を通過する時、電子は 〔ア〕 の力によって  $\Delta W$  だけ微小仕事をされる。この微小  
仕事  $\Delta W$  は、 $\Delta W =$  〔イ〕  $(e, B, \Delta L, L)$  である。

よって、導体棒全体で電子がされる仕事  $W$  は、 $\Delta W =$  〔ウ〕  $(e, B, m, v, e, \Delta L, L)$  と表せ  
る。したがって、導体棒全体で生じる誘導起電力の大きさは 〔エ〕  $(e, B, m, v, e, \Delta L, L)$  で  
あり、図??中の  $P, Q$  のうち、高電位なのは、 〔オ〕  $(P, Q)$  である。

2.

図2のような、紙面に垂直で裏から表に向かう磁束密度  $B$  の一様な磁場が存在する水平面内に、2本の十分に長い導線レールが、それぞれ平行に置かれている。導体レール間隔は  $l$  であり、抵抗値  $R$  の抵抗と電源電圧  $E$  の電圧源が接続されている。2本の導体レールの上のこれらと垂直な向きに、1. で考えた質量  $m$ 、長さ  $L$  の導体棒を配置した。抵抗値  $R$  の抵抗および、金属棒と導線レール間の摩擦は無視できるとする。

時刻  $t = 0$  において、導体棒に  $+y$  方向の初速度  $v_0$  を与えた場合について、以下の設問 (1)~(5) に答えよ。ただし、(1)~(4) では括弧内に与えられた物理量のうちから必要なものを用いて回答せよ。

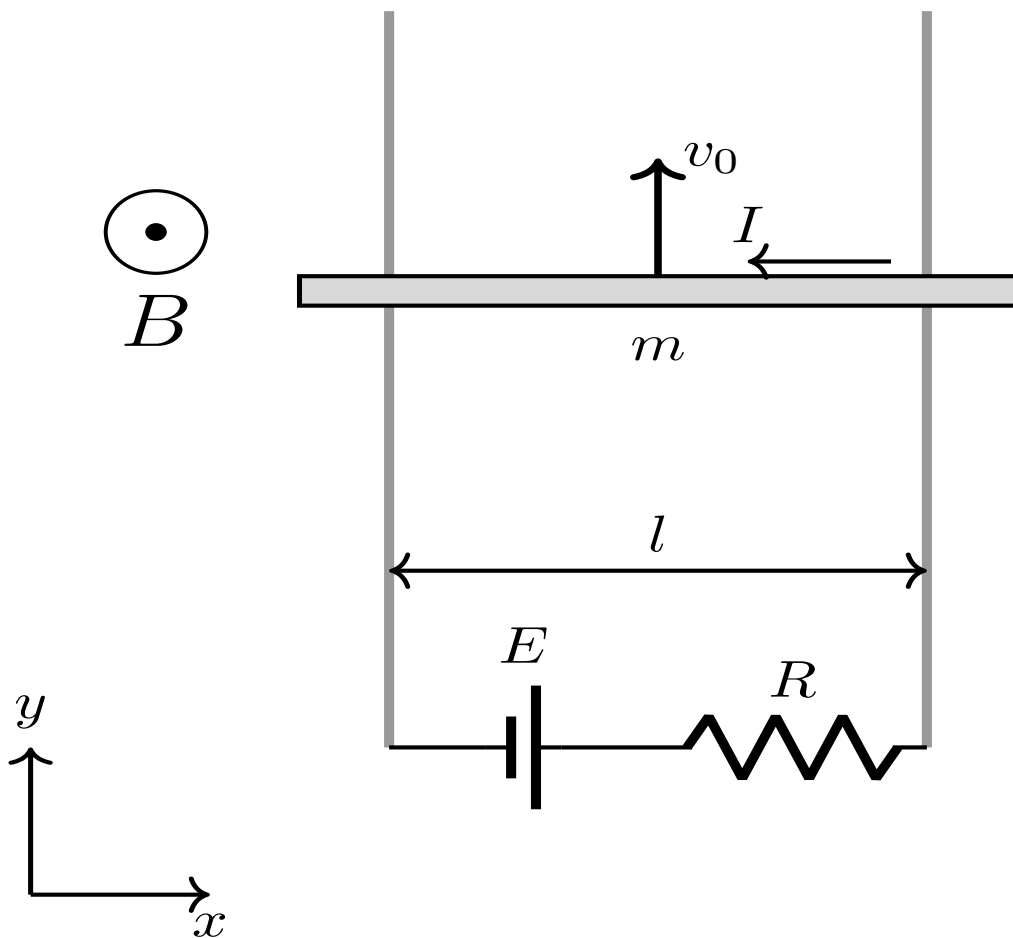


図2 問題 2

設問 (1)： 導体棒の速度が  $+y$  方向に  $v$  であり、回路を流れる電流が図の向きに  $I$  である時のキルヒホッフの電圧則の式を示せ。 $(v, I, B, m, l, L, R, E)$

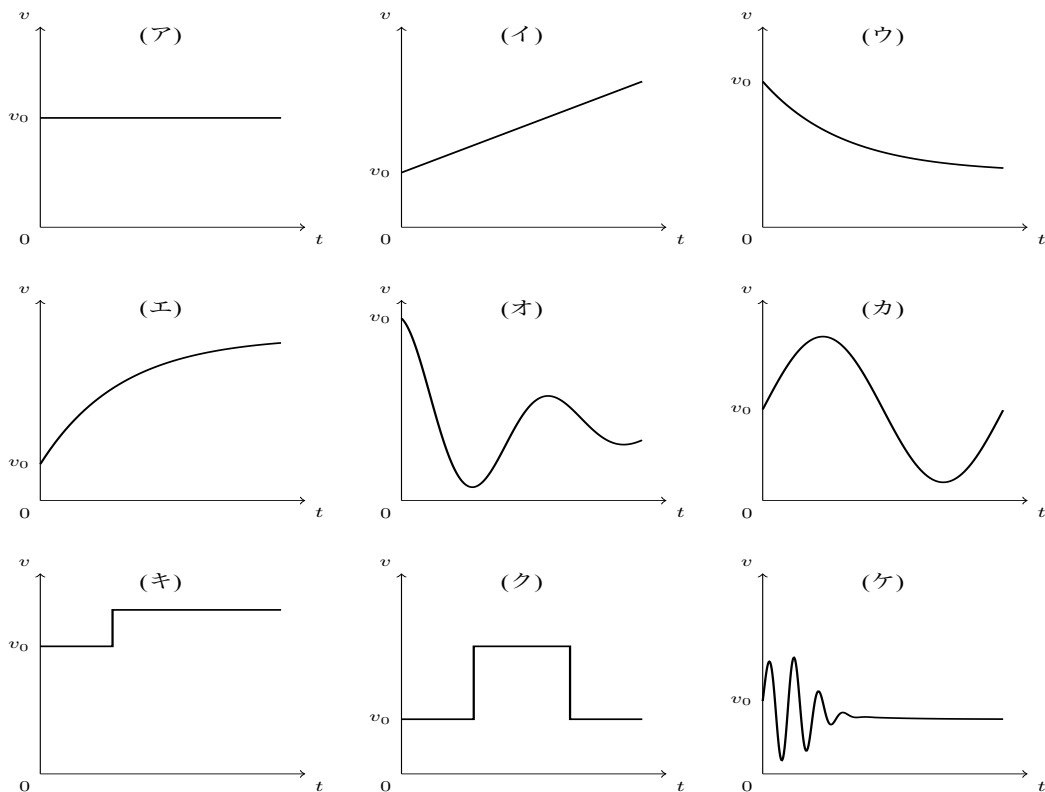
設問 (2)： 流れる電流が図の向きに  $I$  の時の導体棒の  $y$  軸方向運動方程式を示せ。ただし、導体棒の  $+y$  方向の加速度を  $\frac{\Delta v}{\Delta t}$  とする。 $(v, I, B, m, l, L, R, E, \frac{\Delta v}{\Delta t})$

設問 (3)： 導体棒の  $+y$  方向の加速度  $\frac{\Delta v}{\Delta t}$  を求めよ。 $(v, B, m, l, L, R, E)$

設問 (4)： 導体棒の  $+y$  方向の終端速度を求めよ。(計算過程も示すこと) $(B, m, l, L, R, E)$

設問 (5)： 導体棒に発生する誘導起電力の大きさが  $E$  より小さいと仮定した時、導体棒の  $+y$  方向の速度  $v$  のグラフとして適切なものを選択肢 (ア)～(ケ) から 1 つ選べ。

選択肢：



## \* 解答用紙

(ア)：	(イ)：
(ウ)：	(エ)：
(オ)：	設問 (1)：
設問 (2)：(c)	設問 (3)：(d)
(計算)	
設問 (5)：	

\* 解答 ([ ] 内の数字は配点)

(ア) : $-evB$ [4]	(イ) : $evB\Delta L$ [5]
(ウ) : $evBL$ [5]	(エ) : $vBL$ [5]
(オ) : $Q$ [3]	設問 (1) : $E = RI + vBl$ [5]
設問 (2) : $m \frac{\Delta v}{\Delta t} = BIl$ [5]	設問 (3) : $\frac{Bl}{mR}(E - vBl)$ [5]
<p>(計算) 設問 (3) で求めた加速度 <math>\frac{\Delta v}{\Delta t}</math> について、</p> <p><math>\frac{\Delta v}{\Delta t} = 0</math> の時が終端速度なので、<math>\frac{Bl}{mR}(E - vBl) = 0</math> から、求める速度は、</p>	
$v = \frac{E}{Bl}$	設 問 (4) : $\frac{E}{Bl}$ [8] (答)
<p>設問 (5) : (エ) [5]</p>	

## \* 解説

(ア)： 導体棒は速さ  $v$  で運動し、空間に存在する磁束密度が  $B$ 、電子の電気量は、 $-e$  であるので、求める力  $F$  は、

$$F = -e\boldsymbol{v}\boldsymbol{B}$$

(イ)： 力と仕事の関係から、力  $F$  によって  $\Delta L$  動いた時、電子がされる微小仕事  $\Delta W$  は、正の仕事であり、

$$\Delta W = e\boldsymbol{v}\boldsymbol{B}\Delta\boldsymbol{L}$$

(ウ)： (イ) から、 $\Delta W$  と  $\Delta L$  は比例するので、 $\Delta W \rightarrow W, \Delta L \rightarrow L$  として、

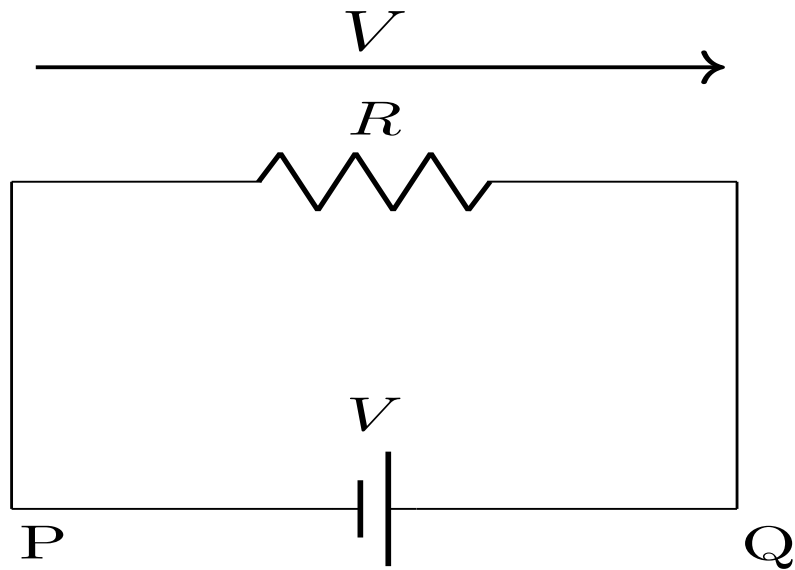
$$W = e\boldsymbol{v}\boldsymbol{B}\boldsymbol{L}$$

(エ)： 電子がされる仕事は、(ウ) から  $e\boldsymbol{v}\boldsymbol{B}\boldsymbol{L}$  であり、仕事とエネルギー、さらには電位とエネルギーの関係から、仕事を電気量で割って、誘導起電力の大きさ  $V$  は、

$$V = \boldsymbol{v}\boldsymbol{B}\boldsymbol{L}$$



(オ)： コイルは、起電力が発生しているので、電源と等価に扱える。よって、外部回路として抵抗を考えると、 $Q$ の方が高電位になる。



設問 (1)： 導体棒が  $+y$  方向の速度  $v$  で運動しているとき、導体棒は  $vBL$  の起電力を生じるが、回路上では間隔  $l$  を用いて  $vBl$  の起電力が発生することに注意すると、回路を流れる電流が  $I$  の時、電圧則の式は、

$$E = RI + vBl$$

設問 (2) : 導体棒に電流  $I$  が流れているとき、導体棒は磁界から  $BIl$  の力を  $+y$  方向に受けるので、運動方程式は、

$$m \frac{\Delta v}{\Delta t} = BIl$$

設問 (3) : 設問 (1) の電圧則の式と、設問 (2) の運動方程式の式から  $I$  を消去して、

$$\frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{Bl}{mR} (E - vBl)$$

設問 (4) : \* 解答参照

設問 (5) :  $t = 0$  の時、 $v = v_0$  であり、 $t \rightarrow \infty$  の時、終端速度  $v = \frac{E}{Bl}$  となる。また、仮定から加速度について、

$$\frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{Bl}{mR} (E - vBl) > 0$$

であるので、速度は単調に増加する。

よって、グラフは(エ)