

# 物理 授業プリント⑫

<電磁気学 第4章 電磁誘導と電磁波>

○電磁誘導

電磁誘導 = コイルを貫く磁界が \_\_\_\_\_ すると、コイルに電圧が生じる。



・発生する電圧 = \_\_\_\_\_

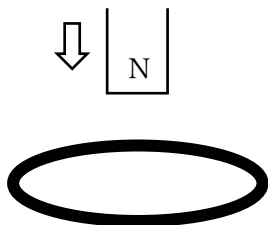
・流れる電流 = \_\_\_\_\_

コイルが開いた回路になっている場合、  
電圧が生じるが電流は流れない。

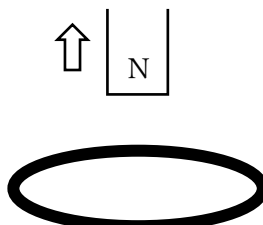
誘導起電力（誘導電流）の向き = 磁界の変化を \_\_\_\_\_ 向き

…「レンツの法則」という。

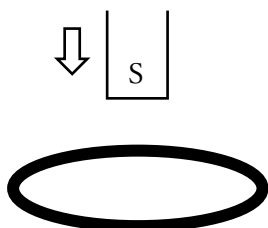
(例1)



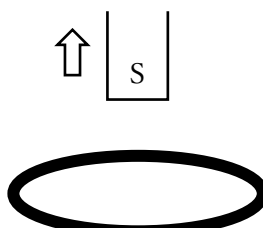
(例2)



(例3)

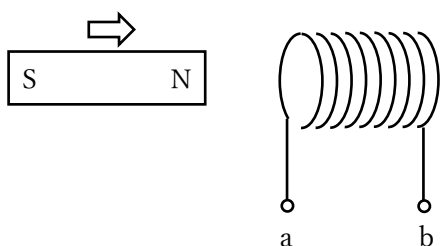


(例4)



(練習) 図で、磁石の N 極をコイルに近づけると、コイルの a 端と b 端とでは、どちらの電位が高くなるか。また、ab 間に抵抗を接続すると、抵抗にはどちら向きに電流が流れるか。

コイルのどちら側の電位が高くなるかは、電磁誘導はコイルが \_\_\_\_\_ になる現象だと考えれば間違えない。



○ファラデーの電磁誘導の法則

コイルに生じる誘導起電力の大きさは、

- ・ 単位時間あたりの \_\_\_\_\_ の変化に比例する。
- ・ コイルの巻き数に比例する。

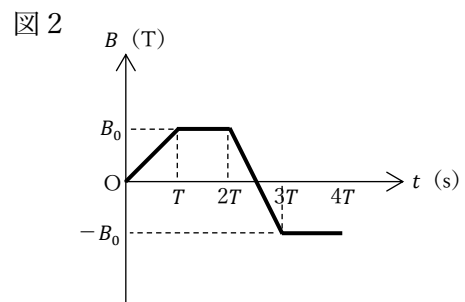
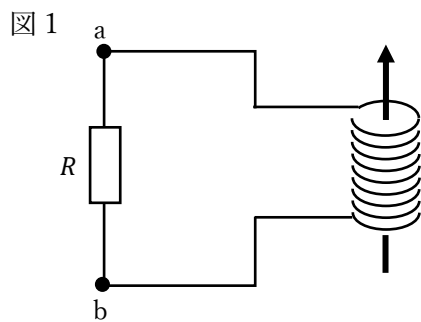


コイルに生じる誘導起電力の大きさ  $V =$  \_\_\_\_\_

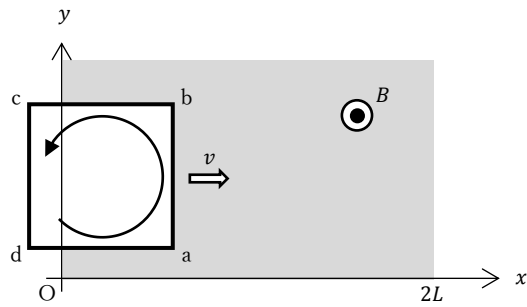
(練習) 100 回巻きのコイルの断面を貫く磁束が、0.20 s 間に  $4.0 \times 10^{-4}$  Wb だけ増加した。コイルの両端に発生する誘導起電力の大きさはいくらか。

(練習) 断面積が  $S$  で、抵抗の無視できる  $N$  回巻きのコイルに抵抗値  $R$  の抵抗をつなぎ、コイルの面と垂直に一様な磁界をかける。図1の矢印の向きの磁束密度を正として、磁束密度  $B$  を図2のように変化させた。

- (1) 電流が抵抗を a から b の向きに流れるのはどの時刻か。また、そのときの電流の強さはいくらか。
- (2) 時刻  $\frac{T}{2}$  のとき、点 b に対する点 a の電位はいくらか。



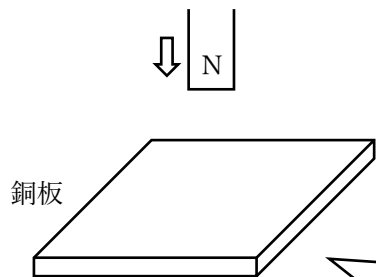
(練習) 図のように、 $xy$  平面上の  $0 < x < 2L$  の範囲には紙面に垂直に裏から表の向きに磁束密度  $B$  (T) の一様な磁界がかけられている。1 辺が  $L$  (m) の正方形のコイルが、辺  $ab$  を  $y$  軸と平行にして、 $x$  軸の正の向きに一定の速度  $v$  (m/s) で移動している。辺  $ab$  が  $y$  軸を通過した時刻を  $t = 0$  として、辺  $cd$  が  $x = 2L$  の位置を通過するまでの間のコイルを貫く磁束  $\Phi$  の変化とコイルに生じる起電力  $V$  の変化をグラフで表せ。ただし、起電力は図の矢印の向きを正とする。



○渦電流

金属板の上で磁石を動かすと、金属板に渦状の電流が流れる (=渦電流)。

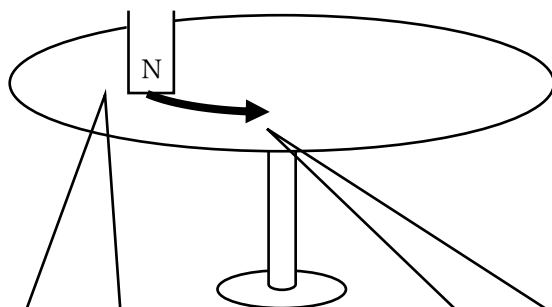
(例)



(上から見て) \_\_\_\_\_ 回りに  
渦電流が流れる。

誘導モーター (= 渦電流を利用したモーター) の原理

(例) 銅板の上で次のような向きに磁石を動かす



棒磁石が遠ざかるとき、\_\_\_\_向きの  
磁界を増やす向きに渦電流が流れる。  
= 上側が\_\_\_\_極の棒磁石になる。

棒磁石が近づくとき、\_\_\_\_向きの  
磁界を増やす向きに渦電流が流れる。  
= 上側が\_\_\_\_極の棒磁石になる。



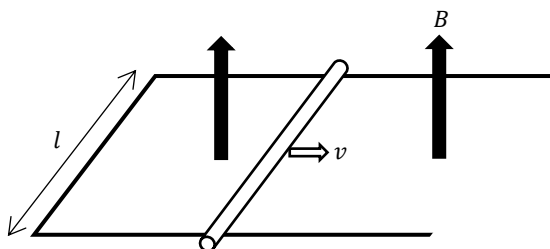
- ・銅板は、棒磁石と\_\_\_\_\_向きに回転する。
- ・棒磁石は、銅板から動きを\_\_\_\_\_向きに力を受ける。

(練習) 銅板の上で、糸につけた磁石を振り子運動させる。時間が経つと、磁石の運動はどのようになるか。また、銅板の代わりにプラスチック板を置くとどうなるか。

○磁界中を動く導体棒

磁界中で導体棒を動かすと、導体棒に誘導起電力が生じる。

(例)



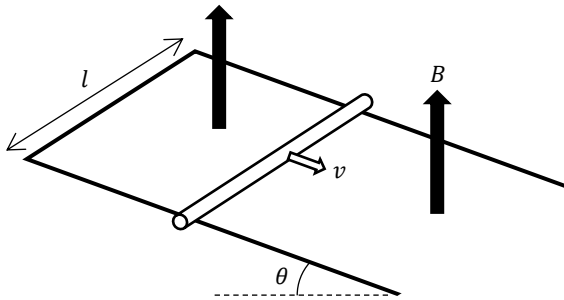
時間  $\Delta t$  だけ経つと、導体棒の左側の閉じた回路を貫く磁束は \_\_\_\_\_ だけ増える。



導体棒に生じる誘導起電力の大きさ = \_\_\_\_\_

誘導起電力の向きは、(上から見て) \_\_\_\_\_ 回り

(例)



時間  $\Delta t$  だけ経つと、導体棒の左側の閉じた回路を貫く磁束は  
\_\_\_\_\_ だけ増える。



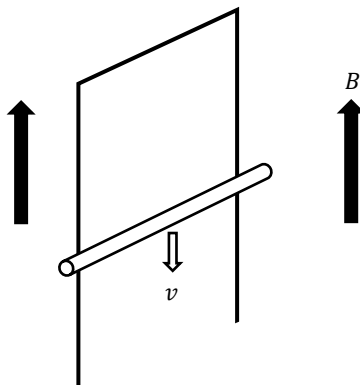
導体棒に生じる誘導起電力の大きさ = \_\_\_\_\_

※ 磁界中を動く導体棒に生じる誘導起電力は、  
導体棒の「磁界を \_\_\_\_\_ 速度」 $v$  を使って

$$V = Blv$$

と表すことができる。

※ 次のように、導体棒が磁界中を動いていても磁界を横切らない場合、  
導体棒に誘導起電力は生じ \_\_\_\_\_。

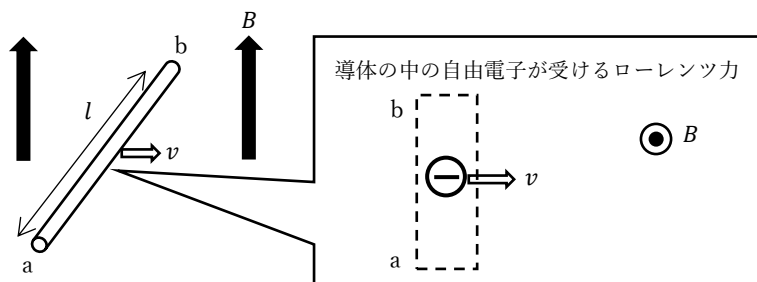




○ローレンツ力による理解

磁界中を動く導体棒に生じる誘導起電力を、ローレンツ力で考える。

(例)



自由電子がローレンツ力を受けて移動する結果、導体棒の  
a側が \_\_\_\_\_ に、b側が \_\_\_\_\_ になり、導体棒には電界ができる。



自由電子は電界からも力を受けるようになる。  
そして、力がつりあうようになると自由電子の移動は終わる。

力のつりあい： \_\_\_\_\_

生じた電界の強さを  $E$  とする。

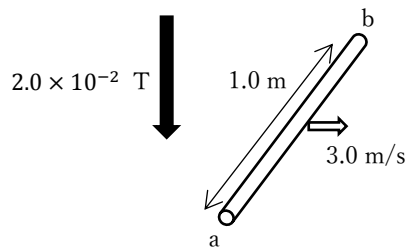


導体棒に生じる誘導起電力は \_\_\_\_\_ であると分かる。

※ 前々ページ、前ページのように導体棒がレールの上を滑る（回路が閉じている）場合でなくても、誘導起電力が生じることが分かる。  
この場合、導体棒に誘導起電力は生じるが誘導電流は \_\_\_\_\_。

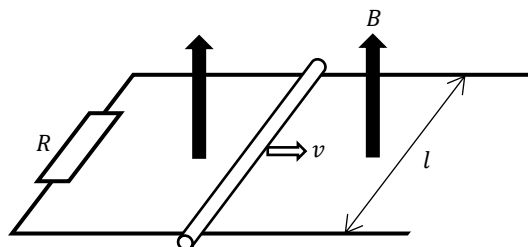
※ この場合、電位が高くなるのは \_\_\_\_\_ 端である。

(練習) 磁束密度が  $2.0 \times 10^{-2}$  T の一様な磁界が鉛直下向きにかけられている。この磁界中を、長さ 1.0 m の導体棒が磁界と垂直に 3.0 m/s の速さで動いているとき、導体棒に生じる誘導起電力の大きさは何 V か。また、負の電荷が現れるのは、a 側と b 側のどちらか。さらに、高電位となるのは a 側と b 側のどちらか。



○電磁誘導が起こるときのエネルギーの変化

(例)



導体棒に誘導起電力 \_\_\_\_\_ が生じて、

回路には大きさ \_\_\_\_\_ の電流が流れる。



導体棒を一定の速さ  $v$  で動かすつづけるには、導体棒に

\_\_\_\_\_ 向きに大きさ \_\_\_\_\_ の力を加えつづける必要がある。



このとき、

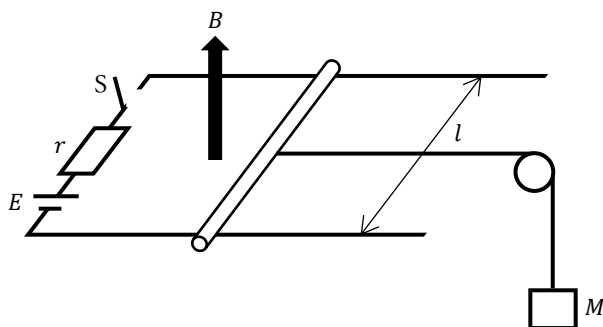
・外力の仕事率 = \_\_\_\_\_

・抵抗の消費電力 = \_\_\_\_\_

であることが分かる。

(練習) 鉛直上向きで磁束密度  $B$  (T) の一様な磁界中に、間隔  $l$  (m) で水平に置かれた直線状の平行な2本の導線と、内部抵抗の無視できる起電力  $E$  (V) の電池、抵抗値  $r$  ( $\Omega$ ) の抵抗、スイッチ  $S$  をつなぎ、軽い導体棒  $ab$  を置く。導体棒には軽くて伸びない糸を張り、滑車を通して他端に質量  $M$  (kg) のおもりをつり下げ、手で支える。次に、スイッチを入れ、静かに手をはなすと、おもりは上昇し始め、しばらくして、おもりと導体棒は一定の速さになった。重力加速度の大きさを  $g$  ( $\text{m/s}^2$ ) とし、以下の各問いに答えよ。ただし、導体棒の質量や摩擦や抵抗、回路を流れる電流がつくる磁界は無視できるものとする。

- (1) おもりと導体棒の速さが  $v$  (m/s) のとき、回路を流れる電流の強さを求めよ。
- (2) 時間が十分に経過して、おもりと導体棒が一定の速さ  $v'$  (m/s) になったとき、 $v'$  を求めよ。



(練習) 前ページの練習の装置で、電池の代わりに  $R$  ( $\Omega$ ) の抵抗をとりつけ、スイッチ  $S$  を入れた。時間が十分に経過して、おもりが一定の速さ  $v$  (m/s) で落下しているとする。ただし、回路を流れる電流がつくる磁界は無視できるものとする。

- (1) 回路を流れる電流の強さを求めよ。
- (2)  $v$  を求めよ。