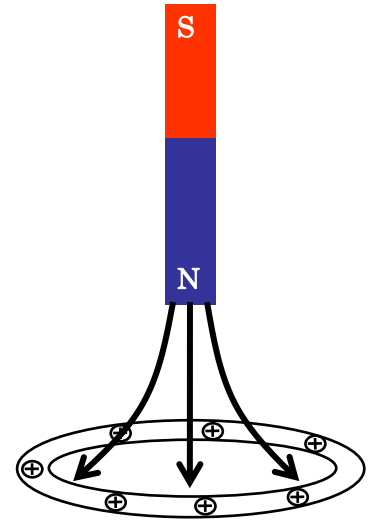


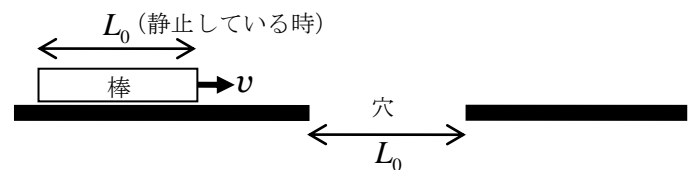
1. コイルに生じる誘導起電力  $V$  が、①静止したコイルに磁石の N 極が近づいてく場合、②静止した磁石の N 極に向かってコイルが近づいていく場合のどちらでも  $V = -\frac{d\Phi}{dt}$  ( $\Phi$  はコイルを貫く磁束) で与えられ、したがって観測結果からコイルと磁石のどちらが動いているか判別できない (絶対静止を定義できない) ことを証明せよ。ただし、誘導起電力の正の向きは、磁場の向きに右手の親指を向けたときに、残りの指が向く方向 (右ねじが回転する向き) と定義する。



2. ある慣性系 (S 系) における時空座標を  $(x, t)$ 、S 系に対して  $x$  軸正の方向に速さ  $v$  で平行移動している慣性系 (S'系) における時空座標を  $(x', t')$  とする。
- (1) S'系で静止している長さ  $L_0$  の棒を S 系で観測したときの長さを  $L$  とする。ローレンツ (逆) 変換を用いて、 $L$  を以下の 2 つの方法で求め、ローレンツ収縮を確認せよ。
- (ア) S 系における位置  $x = x_1$  を棒の先端が通過する時刻  $t_A$  と後端が通過する時刻  $t_B$  の差を求め、小学校で習った (はやさ)  $\times$  (じかん) = (きより) を用いる。
- (イ) S 系における時刻  $t = t_1$  で棒の後端と先端が位置する  $x$  座標  $x_A$ 、 $x_B$  を求め、それらの差をとる。
- (2) S 系で時間  $dt$  だけ待っている間に、S'系で静止している時計が進む時間  $d\tau$  を求めよ ( $d\tau$  を動いている物体の固有時間という)。動いている時計は遅れるか、進むか？
3. 静止質量  $m_0$  の物体が速さ  $v$  で運動しているときの運動量は  $p = mv = \frac{m_0 v}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$  と表わされる。

- (1) ニュートンの運動方程式  $F = \frac{dp}{dt}$  を利用して、静止した物体を運動量が  $p$  になるまで加速するために必要な仕事を求めよ ( $v$  を  $p$  で表し、0 から  $p$  まで積分せよ)。
- (2) (1) の結果に静止エネルギー  $m_0 c^2$  を足したものが、その物体の全エネルギー  $E = mc^2$  となることを確認せよ。

4. 静止している時の長さが  $L_0$  の棒がある。この棒を、長さ  $L_0$  の穴のあいた斜面の上を速度  $v$  で滑らせる。穴とともに静止している観測者から見ると、棒はローレンツ収縮して



いる。一方、棒に乗った観測者からみると、穴はローレンツ収縮している。さて、この棒は果たして穴に落ちるのか、落ちないのか? (これは有名な「ガレージのパラドックス」の一種です。Web や教科書を色々調べて自分なりに納得できるまで考えてみよう。)

それでは、歪んだ時空に思いを馳せながら良い年をお迎えください。