

電験どうでしょう管理人
KWG presents

電験オンライン塾

第2回 電荷の運動

~磁界中の電荷の運動~

2023.07.22 Sat

ローレンツ力による電荷の運動

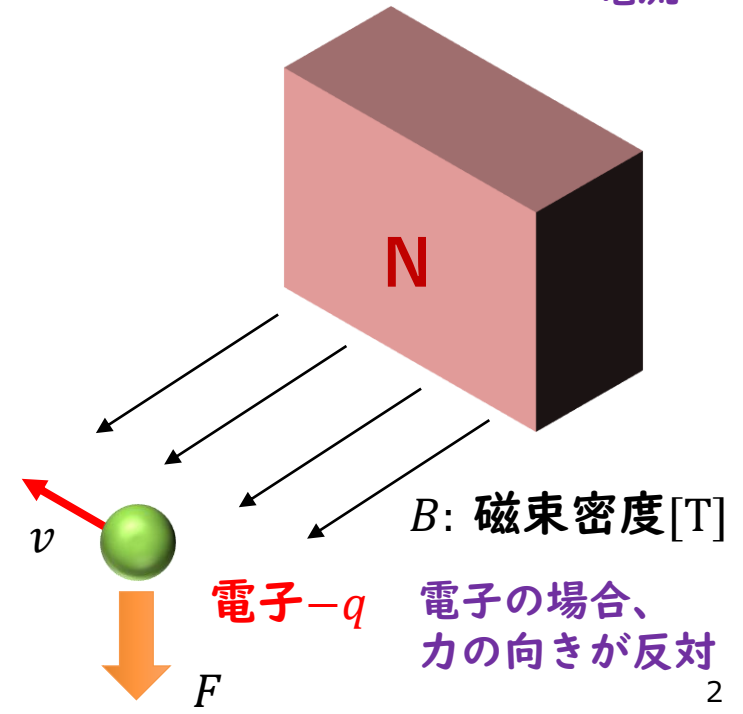
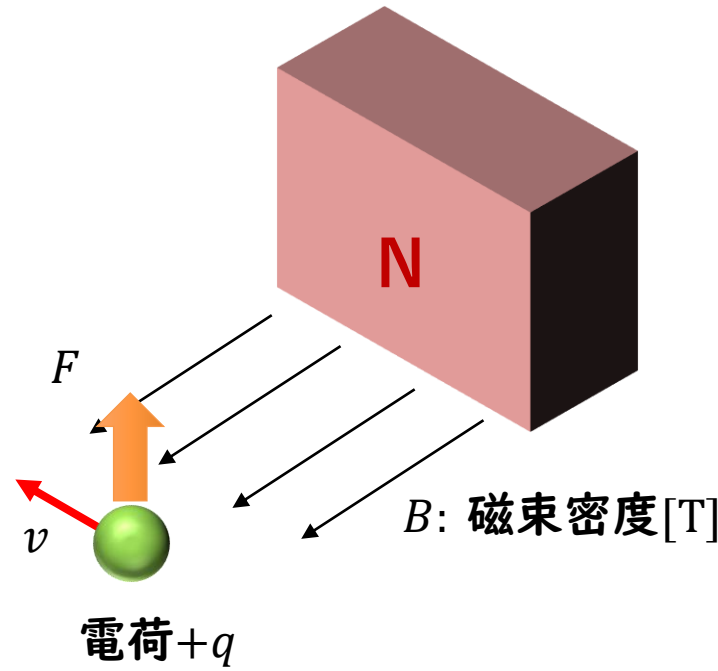
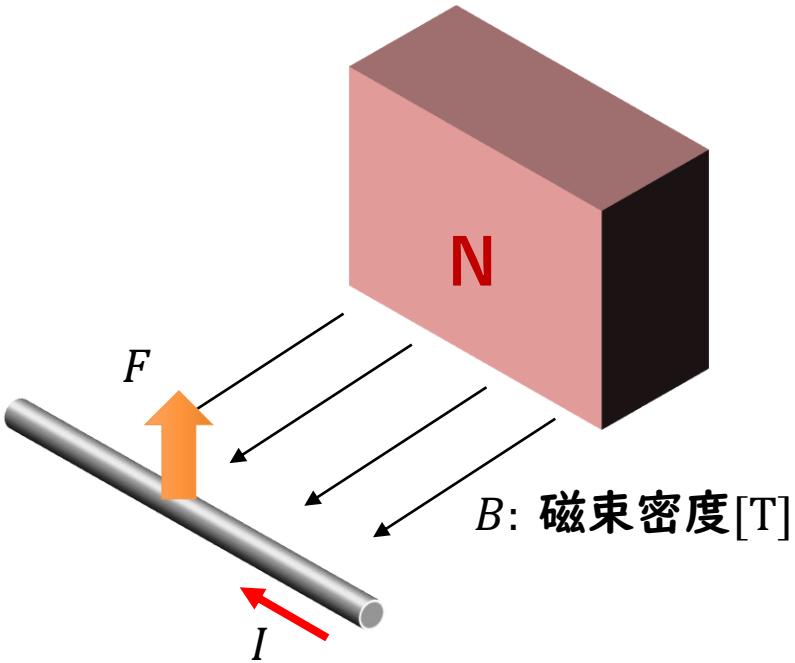
電磁力 (ローレンツ力)

電流と磁束の間で生じる力 $F = I \times B \Delta l$

電荷と磁束の間で生じる力 $F = \frac{\Delta q}{\Delta t} \times B \Delta l = \Delta q \frac{\Delta l}{\Delta t} \times B = qv \times B$

電流による力の向き：フレミングの左手則

親指→力の向き
人差し指→磁界の向き
中指→電流の向き
(正の電荷の向き)

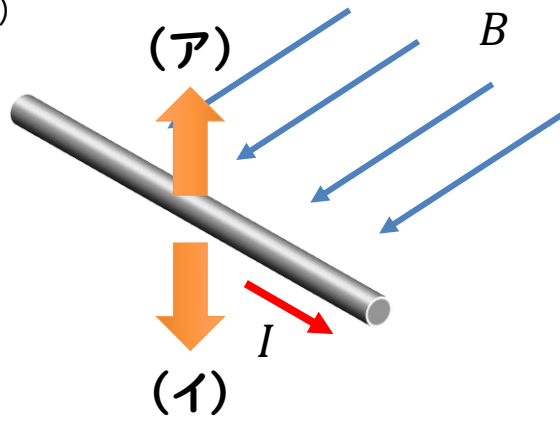


電子の場合、力の向きが反対

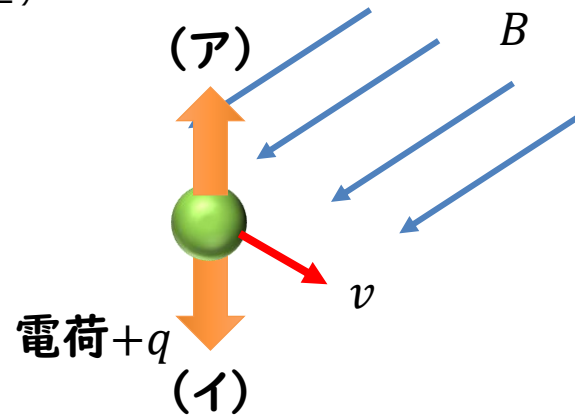
演習問題 I

磁界中で電流または電荷の動きが生じたときに生じる電磁力（ローレンツ力）の力の向きとして正しいものを選び。

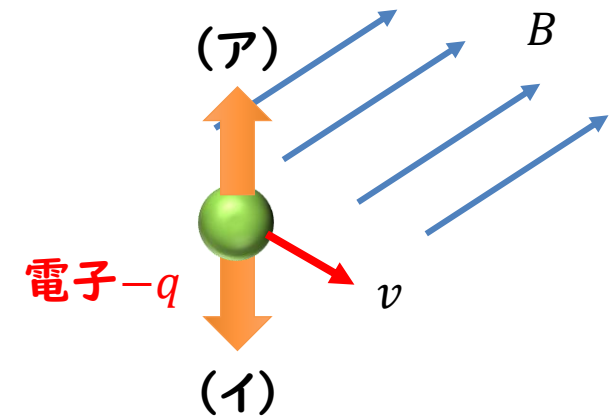
(1)



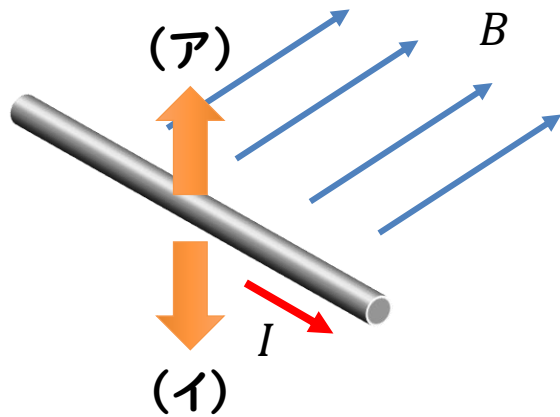
(2)



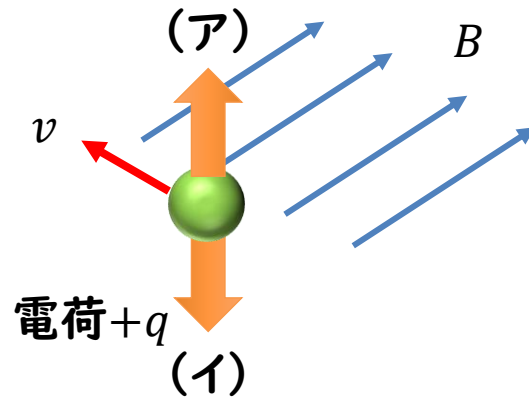
(3)



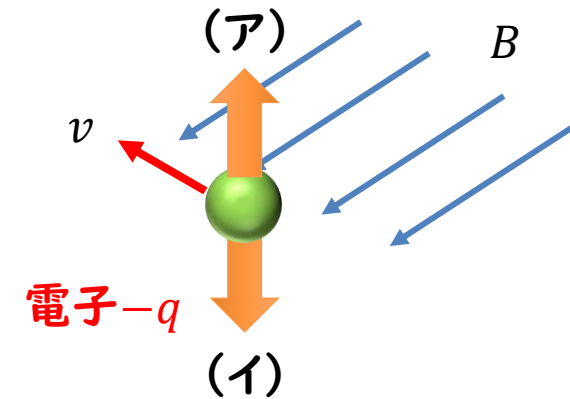
(4)



(5)



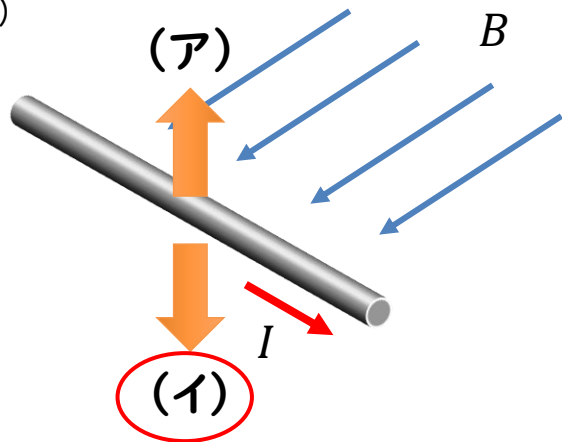
(6)



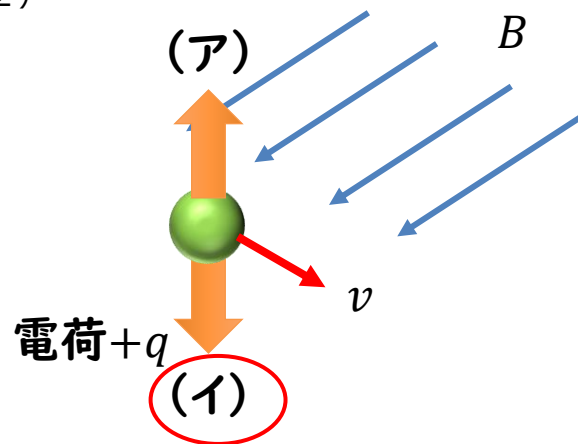
演習問題Ⅰ (解答)

磁界中で電流または電荷の動きが生じたときに生じる電磁力（ローレンツ力）の力の向きとして正しいものを選び。

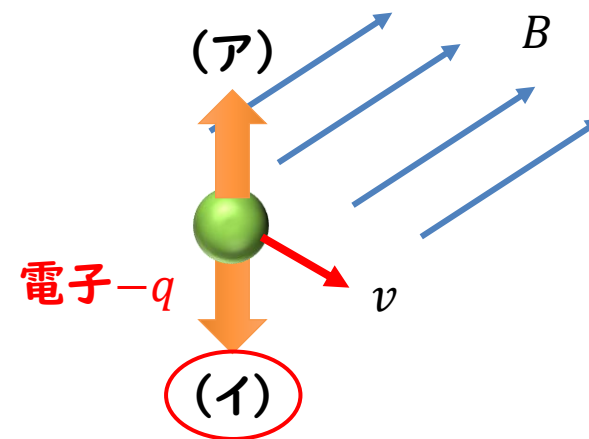
(1)



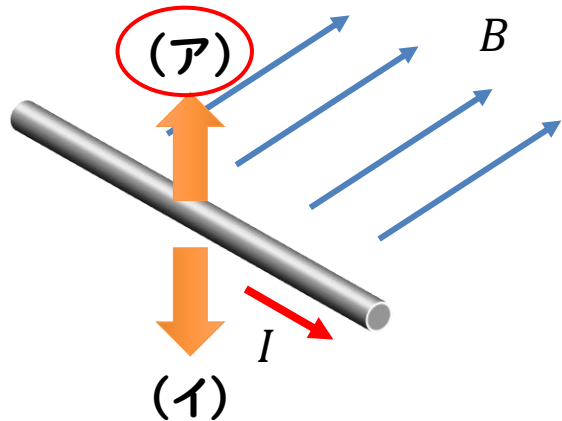
(2)



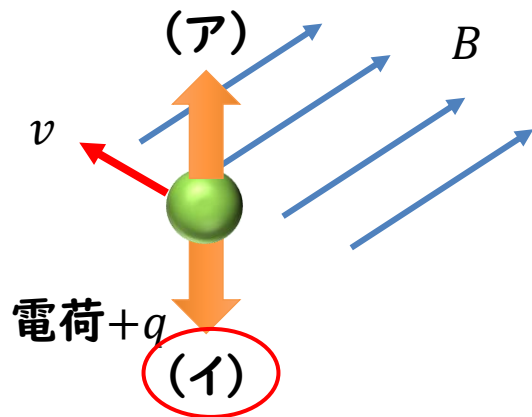
(3)



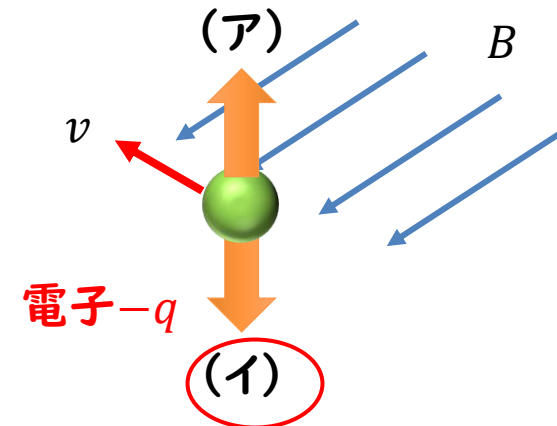
(4)



(5)

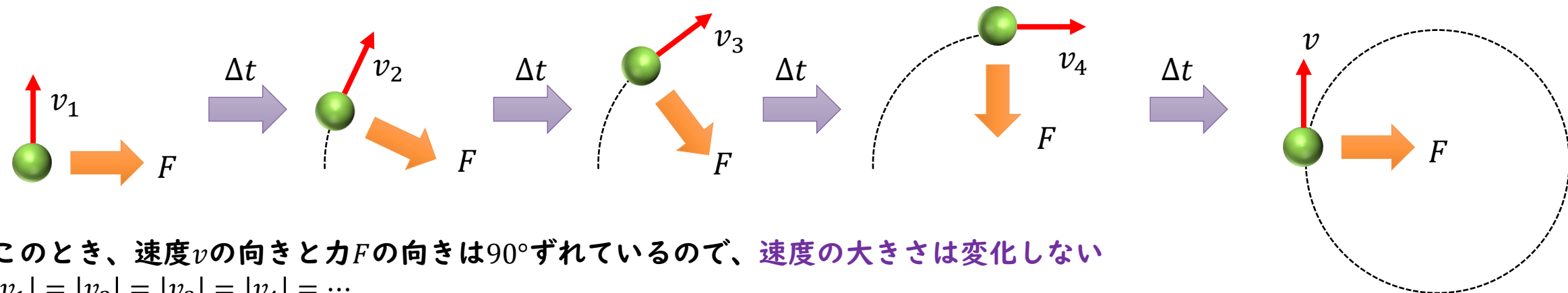


(6)



円運動の仕組み

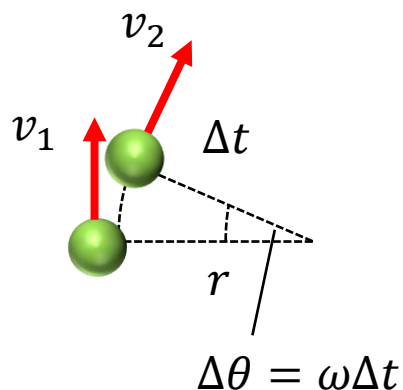
物体の進行速度に対して垂直な方向に力が加わると、、、



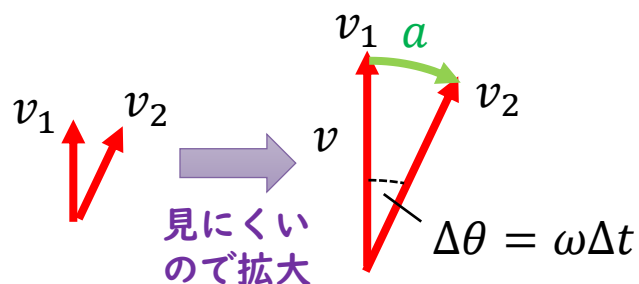
運動の軌跡は“円”を描く
(円運動となる)

このとき、速度 v の向きと力 F の向きは 90° ずれているので、**速度の大きさは変化しない**
 $|v_1| = |v_2| = |v_3| = |v_4| = \dots$

ただし、速度の向きは変わっているので、**向きを変えることに関して加速度が生じている**



円運動の角速度を ω [rad/s]、円運動の軌道の半径を r [m]とする



速度ベクトルの変化

加速度 a [m/s²]は、

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{\Delta t} = \frac{v \Delta \theta}{\Delta t} = \frac{v \omega \Delta t}{\Delta t} = v \omega$$

$$= (r \omega) \omega = r \omega^2 \quad \because v = r \omega$$

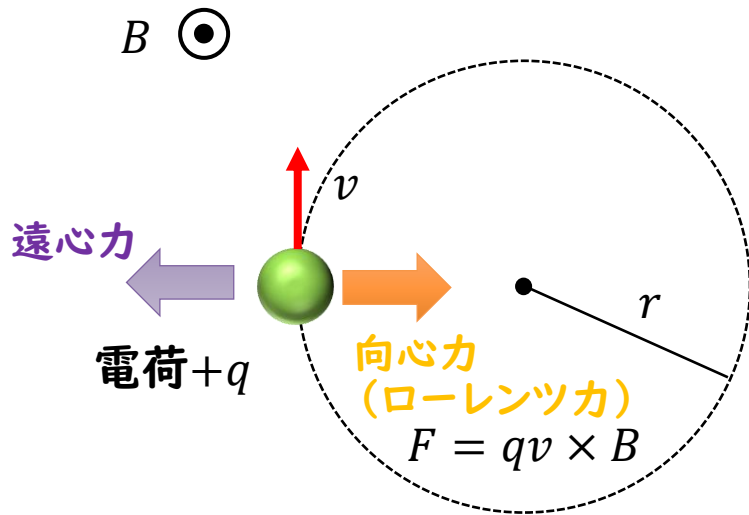
$$= v \left(\frac{v}{r} \right) = \frac{v^2}{r}$$

$$a = v \omega = r \omega^2 = \frac{v^2}{r}$$

ローレンツ力による電荷の運動

電磁力（ローレンツ力）

電荷と磁束の間で生じる力 $F = qv \times B$



遠心力

円運動により物体が受ける慣性力

$$F = mr\omega^2 = m \frac{v^2}{r} = mv\omega$$

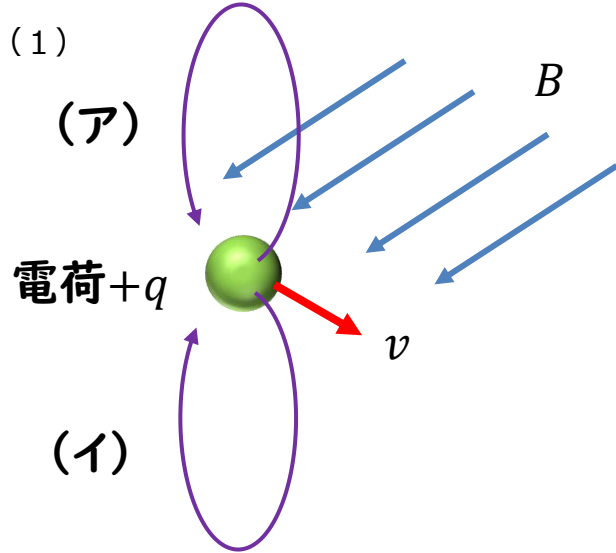
ω : 角速度 r : 円運動の半径

- 進行方向と垂直な方向に力が加わると物体は“円運動”する
- このとき、中心へ向かう力（向心力）がローレンツ力となり、この力は遠心力と釣り合う

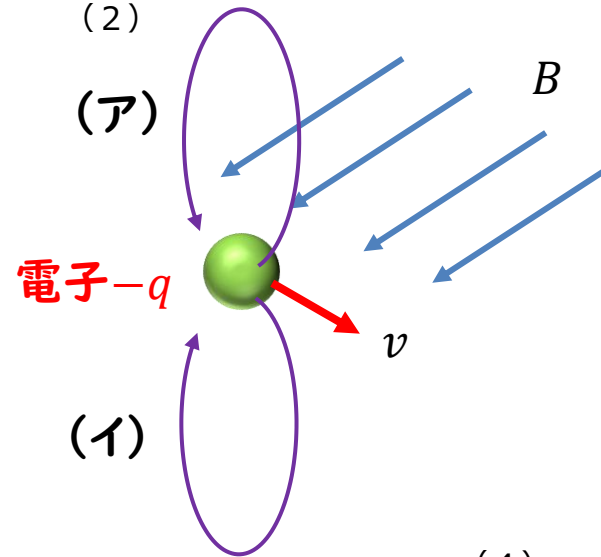
演習問題2

磁界中で電荷の動きに磁束に垂直な向きに速度 v を与えたときの、電荷の運動の軌跡として正しいものを選び。

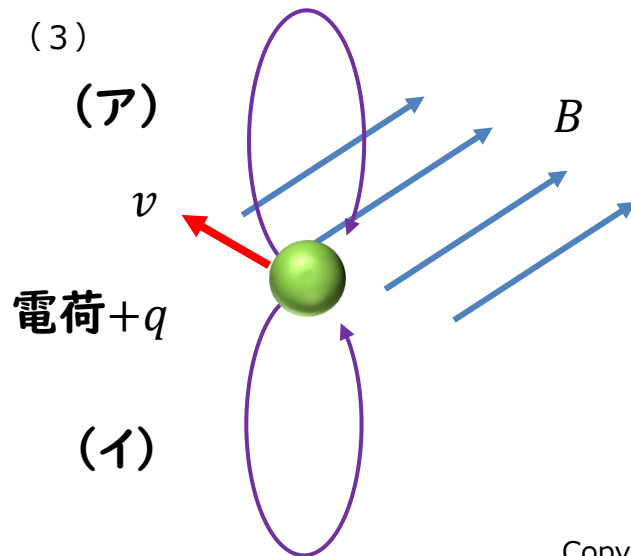
(1)



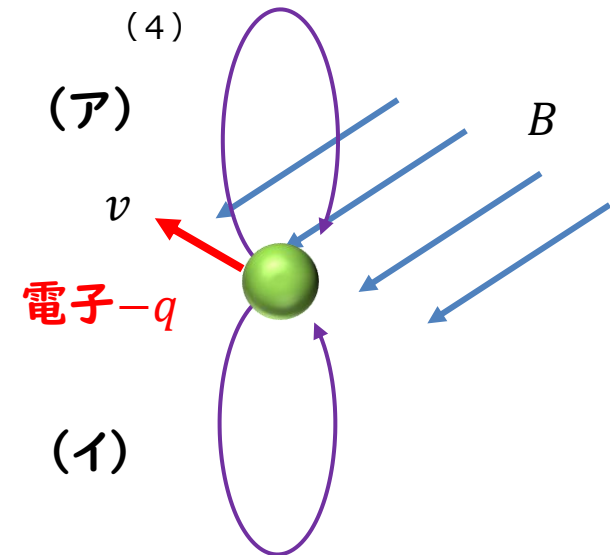
(2)



(3)



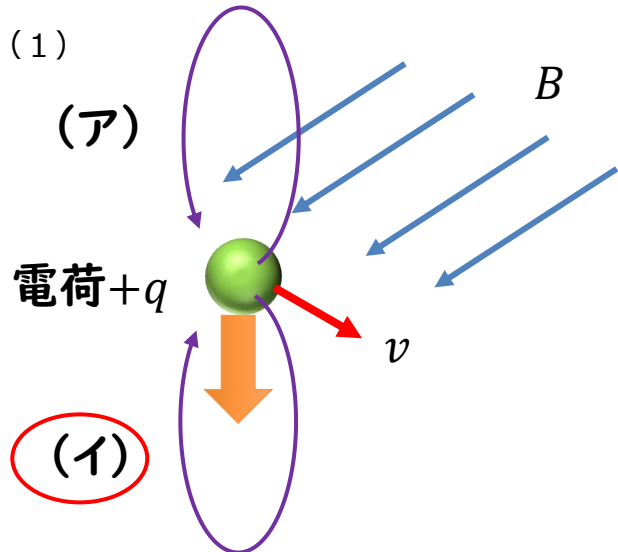
(4)



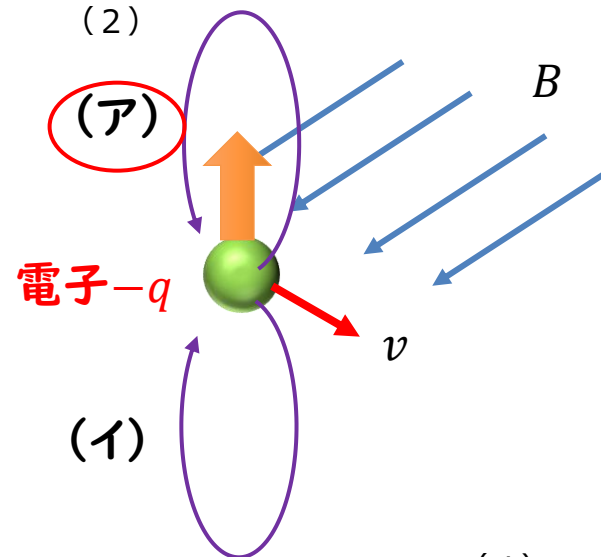
演習問題2 (解答)

磁界中で電荷の動きに磁束に垂直な向きに速度 v を与えたときの、電荷の運動の軌跡として正しいものを選び。

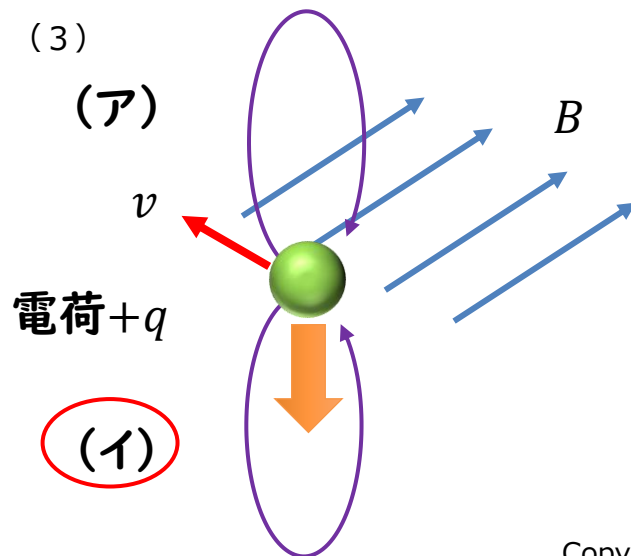
(1)



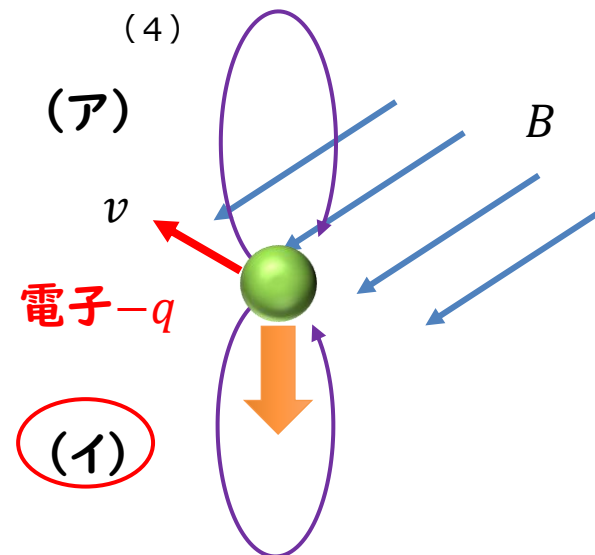
(2)



(3)



(4)



演習問題3

(1) 質量2 kgの物体が等速円運動している。軌道の半径が5 m、回転の角速度が 0.5π rad/s のとき、物体が感じる遠心力[N]はいくつか？

Ans. $F =$ _____

(2) 質量3 kgの物体が等速円運動している。軌道の半径が4 m、回転の速度が6 m/s のとき、物体が感じる遠心力[N]はいくつか？

Ans. $F =$ _____

(3) 質量4 kgの物体が等速円運動している。回転の角速度が 3π rad/s ,速度が3 m/s のとき、物体が感じる遠心力[N]はいくつか？

Ans. $F =$ _____

(4) 質量5 kgの物体が等速円運動している。軌道の半径が2 m、回転の周期が2 s のとき、物体が感じる遠心力[N]はいくつか？

Ans. $F =$ _____

(5) 質量2 kgの物体が向心力100 Nにより等速円運動している。回転の角速度が 4π rad/s のとき、円運動の軌道の半径 r [m]はいくつか？

Ans. $r =$ _____

(6) 質量4 kgの物体が向心力120 Nにより等速円運動している。回転の角速度が 2π rad/s のとき、物体の速度 v [m/s]はいくつか？

Ans. $v =$ _____

演習問題3 (解答)

- (1) 質量2 kgの物体が等速円運動している。軌道の半径が5 m、回転の角速度が 0.5π rad/s のとき、物体が感じる遠心力[N]はいくつか？

$$F = mr\omega^2 = 2 \times 5 \times (0.5\pi)^2 = 24.6 \text{ N}$$

Ans. $F = 24.6 \text{ N}$

- (2) 質量3 kgの物体が等速円運動している。軌道の半径が4 m、回転の速度が6 m/s のとき、物体が感じる遠心力[N]はいくつか？

$$F = \frac{mv^2}{r} = \frac{3 \times 6^2}{4} = 27 \text{ N}$$

Ans. $F = 27 \text{ N}$

- (3) 質量4 kgの物体が等速円運動している。回転の角速度が 3π rad/s ,速度が3 m/s のとき、物体が感じる遠心力[N]はいくつか？

$$F = mv\omega = 4 \times 3 \times 3\pi = 113 \text{ N}$$

Ans. $F = 113 \text{ N}$

- (4) 質量5 kgの物体が等速円運動している。軌道の半径が2 m、回転の周期が2 s のとき、物体が感じる遠心力[N]はいくつか？

$$F = mr\omega^2 = mr(2\pi f)^2 = mr\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 = 5 \times 2 \times \left(\frac{2\pi}{2}\right)^2 = 98.6$$

Ans. $F = 98.6 \text{ N}$

- (5) 質量2 kgの物体が向心力100 Nにより等速円運動している。回転の角速度が 4π rad/s のとき、円運動の軌道の半径r[m]はいくつか？

$$F = mr\omega^2 \rightarrow r = \frac{F}{m\omega^2} = \frac{100}{2 \times (4\pi)^2} = 0.32$$

Ans. $r = 0.32 \text{ m}$

- (6) 質量4 kgの物体が向心力120 Nにより等速円運動している。回転の角速度が 2π rad/s のとき、物体の速度v [m/s]はいくつか？

$$F = mv\omega \rightarrow v = \frac{F}{m\omega} = \frac{120}{4 \times 2\pi} = 4.78$$

Ans. $v = 4.78 \text{ m/s}$

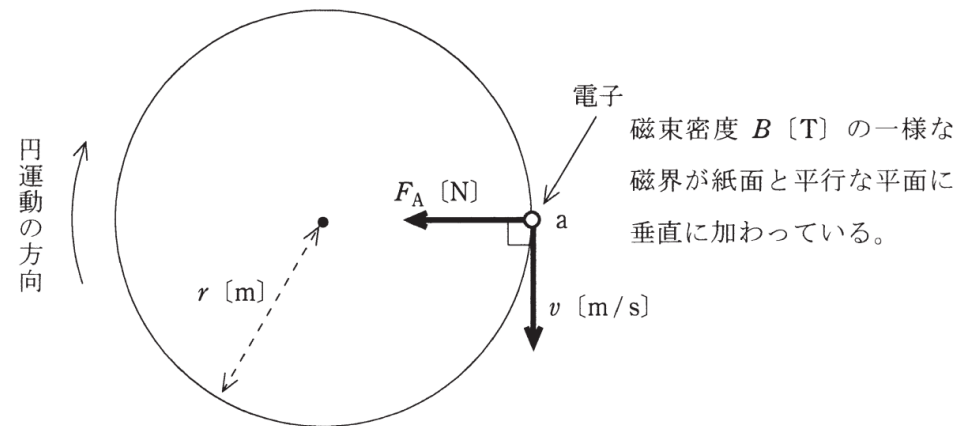
H24 問12

問12 次の文章は、図に示す「磁界中における電子の運動」に関する記述である。

真空中において、磁束密度 B [T] の一様な磁界が紙面と平行な平面の (ア) へ垂直に加わっている。ここで、平面上の点 a に電荷 $-e$ [C]、質量 m_0 [kg] の電子をおき、図に示す向きに速さ v [m/s] の初速度を与えると、電子は初速度の向き及び磁界の向きのいずれに対しても垂直で図に示す向きの電磁力 F_A [N] を受ける。この力のために電子は加速度を受けるが速度の大きさは変わらないので、その方向のみが変化する。したがって、電子はこの平面上で時計回りに速さ v [m/s] の円運動をする。この円の半径を r [m] とすると、電子の運動は、磁界が電子に作用する電磁力の大きさ $F_A = Bev$ [N] と遠心力 $F_B = \frac{m_0}{r} v^2$ [N] とが釣り合った円運動であるので、その半径は $r =$ (イ) [m] と計算される。したがって、この円運動の周期は $T =$ (ウ) [s]、角周波数は $\omega =$ (エ) [rad/s] となる。

ただし、電子の速さ v [m/s] は、光速より十分小さいものとする。また、重力の影響は無視できるものとする。

上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)、(ウ)及び(エ)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
(1)	裏からおもて	$\frac{m_0 v}{eB^2}$	$\frac{2\pi m_0}{eB}$	$\frac{eB}{m_0}$
(2)	おもてから裏	$\frac{m_0 v}{eB}$	$\frac{2\pi m_0}{eB}$	$\frac{eB}{m_0}$
(3)	おもてから裏	$\frac{m_0 v}{eB}$	$\frac{2\pi m_0}{e^2 B}$	$\frac{2e^2 B}{m_0}$
(4)	おもてから裏	$\frac{2m_0 v}{eB}$	$\frac{2\pi m_0}{eB^2}$	$\frac{eB^2}{m_0}$
(5)	裏からおもて	$\frac{m_0 v}{2eB}$	$\frac{\pi m_0}{eB}$	$\frac{eB}{m_0}$

導出のポイント

問12 次の文章は、図に示す「磁界中における電子の運動」に関する記述である。

真空中において、磁束密度 B [T] の一様な磁界が紙面と平行な平面の へ垂直に加わっている。ここで、平面上の点 a に電荷 $-e$ [C]、質量 m_0 [kg] の電子をおき、図に示す向きに速さ v [m/s] の初速度を与えると、電子は初速度の向き及び磁界の向きのいずれに対しても垂直で図に示す向きの電磁力 F_A [N] を受ける。この力のために電子は加速度を受けるが速度の大きさは変わらないので、その方向のみが変化する。したがって、電子はこの平面上で時計回りに速さ v [m/s] の円運動をする。この円の半径を r [m] とすると、電子の運動は、磁界が電子に作用する電磁力の大きさ $F_A = Bev$ [N] と遠心力 $F_B = \frac{m_0}{r} v^2$ [N] とが釣り合った円運動であるので、その半径は $r =$ [m] と計算される。したがって、この円運動の周期は $T =$ [s]、角周波数は $\omega =$ [rad/s] となる。

ただし、電子の速さ v [m/s] は、光速より十分小さいものとする。また、重力の影響は無視できるものとする。

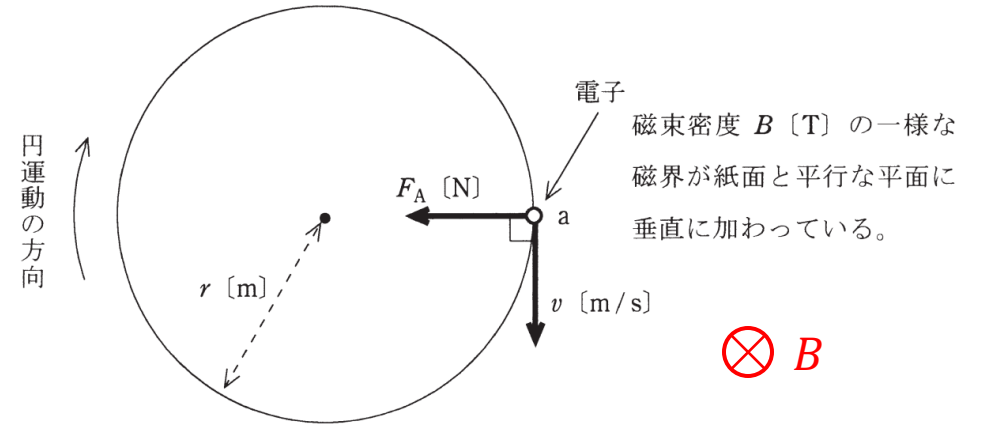
$$F = evB = mr\omega^2 = m \frac{v^2}{r} = mv\omega$$

$$evB = m \frac{v^2}{r}$$

$$eB = m\omega$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi m}{eB}$$

$$r = \frac{mv}{eB}$$



	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
(1)	裏からおもて	$\frac{m_0 v}{eB^2}$	$\frac{2\pi m_0}{eB}$	$\frac{eB}{m_0}$
(2)	おもてから裏	$\frac{m_0 v}{eB}$	$\frac{2\pi m_0}{eB}$	$\frac{eB}{m_0}$
(3)	おもてから裏	$\frac{m_0 v}{eB}$	$\frac{2\pi m_0}{e^2 B}$	$\frac{2e^2 B}{m_0}$
(4)	おもてから裏	$\frac{2m_0 v}{eB}$	$\frac{2\pi m_0}{eB^2}$	$\frac{eB^2}{m_0}$
(5)	裏からおもて	$\frac{m_0 v}{2eB}$	$\frac{\pi m_0}{eB}$	$\frac{eB}{m_0}$

ご聴講ありがとうございました
ございました!!