

電験どうでしょう管理人
KWG presents

電験オンライン塾

第5回 電磁気学 ～電界／磁束中の電荷の運動～

2021.07.17 Sat

電磁気学における力と運動

クーロン力

電荷間で働く力 $F = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi\epsilon r^2} = Q_1 E$

磁気力

磁荷間で働く力 $F = \frac{m_1 m_2}{4\pi\mu r^2} = m_1 H$

電磁力（ローレンツ力）

電流と磁界の間に生じる力 $F = I \times B \Delta l$

この2つの力が生じたときの
電子（または電荷）の運動を
考える

電磁気学における力と運動

クーロン力

電荷間で働く力 $F = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi\epsilon r^2} = Q_1 E$

電磁力（ローレンツ力）

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

力が運動を表す
わけではない

運動方程式

運動を表す式 $F = m\alpha$

α : 加速度

$$\alpha = \frac{F}{m} \Rightarrow v = \alpha t + v_0 \Rightarrow x = \frac{1}{2} \alpha t^2 + v_0 t + x_0$$

v : 速度

x : 位置

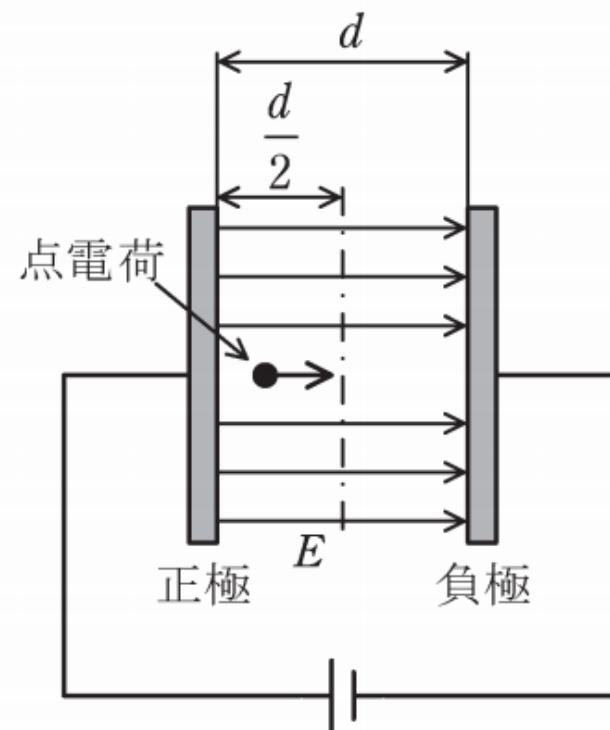
v_0 : 初速度

x_0 : 初期位置

R01 問12

問 12 図のように、極板間の距離 d [m] の平行板導体が真空中に置かれ、極板間に強さ E [V/m] の一様な電界が生じている。質量 m [kg]、電荷量 $q(>0)$ [C] の点電荷が正極から放出されてから、極板間の中心 $\frac{d}{2}$ [m] に達するまでの時間 t [s] を表す式として、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

ただし、点電荷の速度は光速より十分小さく、初速度は 0 m/s とする。また、重力の影響は無視できるものとし、平行板導体は十分大きいものとする。



- (1) $\sqrt{\frac{md}{qE}}$ (2) $\sqrt{\frac{2md}{qE}}$ (3) $\sqrt{\frac{qEd}{m}}$ (4) $\sqrt{\frac{qE}{md}}$ (5) $\sqrt{\frac{2qE}{md}}$

導出のポイント

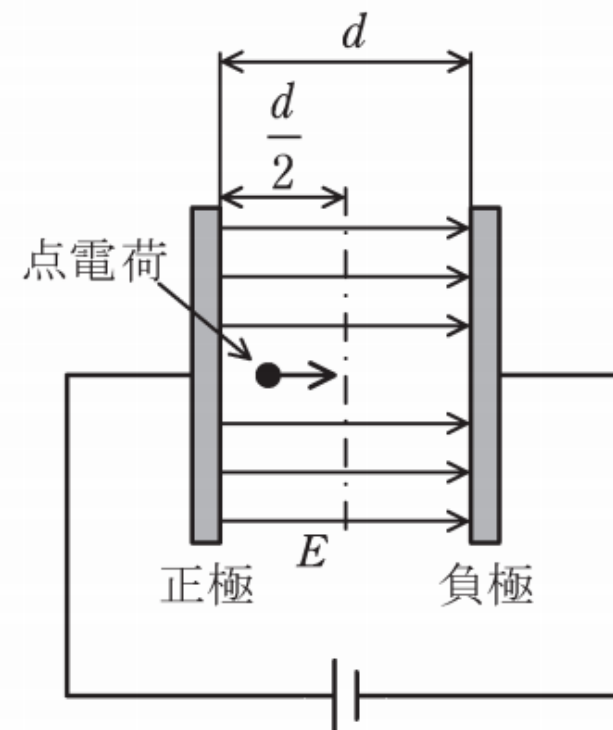
問 12 図のように、極板間の距離 d [m] の平行板導体が真空中に置かれ、極板間に強さ E [V/m] の一様な電界が生じている。質量 m [kg]、電荷量 $q(>0)$ [C] の点電荷が正極から放出されてから、極板間の中心 $\frac{d}{2}$ [m] に達するまでの時間 t [s] を表す式として、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

ただし、点電荷の速度は光速より十分小さく、初速度は 0 m/s とする。また、重力の影響は無視できるものとし、平行板導体は十分大きいものとする。

クーロン力 $F = qE$

運動方程式 $F = m\alpha$

位置と時間の関係 $x = \frac{1}{2}\alpha t^2 + \underline{v_0 t + x_0}$ 0



(1) $\sqrt{\frac{md}{qE}}$

(2) $\sqrt{\frac{2md}{qE}}$

(3) $\sqrt{\frac{qEd}{m}}$

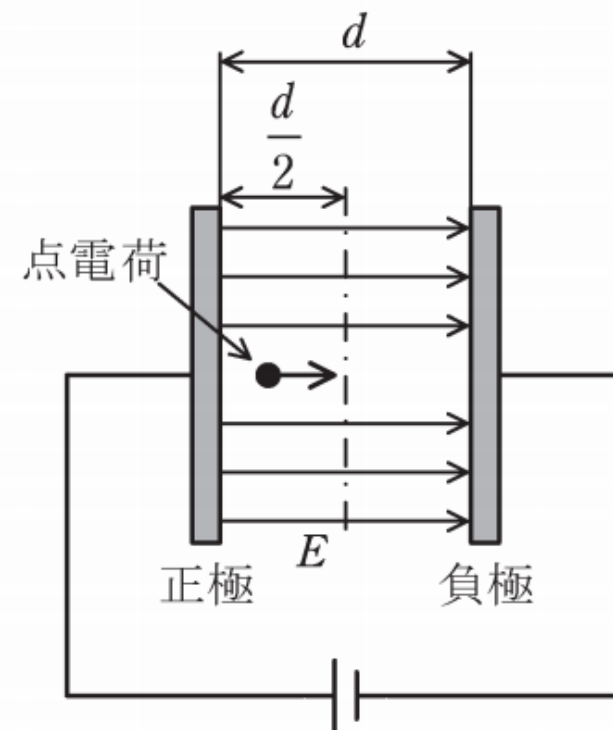
(4) $\sqrt{\frac{qE}{md}}$

(5) $\sqrt{\frac{2qE}{md}}$

R01 問12

問 12 図のように、極板間の距離 d [m] の平行板導体が真空中に置かれ、極板間に強さ E [V/m] の一様な電界が生じている。質量 m [kg]、電荷量 $q(>0)$ [C] の点電荷が正極から放出されてから、極板間の中心 $\frac{d}{2}$ [m] に達するまでの時間 t [s] を表す式として、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

ただし、点電荷の速度は光速より十分小さく、初速度は 0 m/s とする。また、重力の影響は無視できるものとし、平行板導体は十分大きいものとする。



(1) $\sqrt{\frac{md}{qE}}$

(2) $\sqrt{\frac{2md}{qE}}$

(3) $\sqrt{\frac{qEd}{m}}$

(4) $\sqrt{\frac{qE}{md}}$

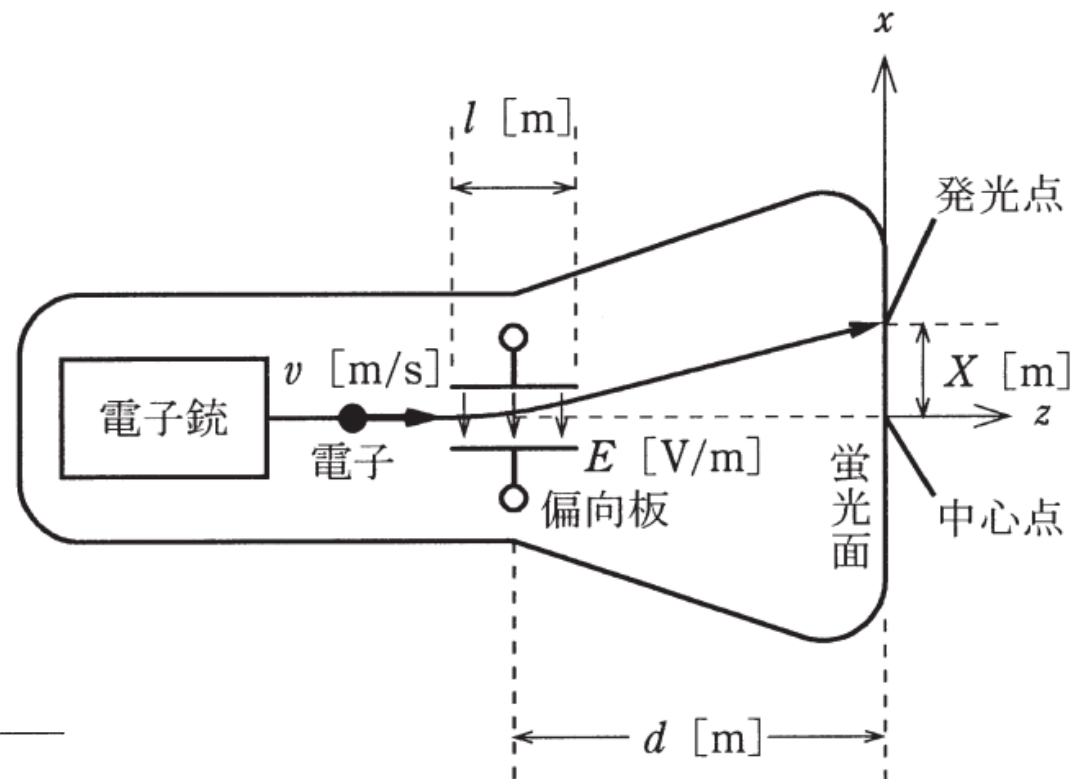
(5) $\sqrt{\frac{2qE}{md}}$

H27 問12

問12 ブラウン管は電子銃、偏向板、蛍光面などから構成される真空管であり、オシロスコプの表示装置として用いられる。図のように、電荷 $-e$ [C]をもつ電子が電子銃から一定の速度 v [m/s]で z 軸に沿って発射される。電子は偏向板の中を通過する間、 x 軸に平行な平等電界 E [V/m]から静電力 $-eE$ [N]を受け、 x 方向の速度成分 u [m/s]を与えられ進路を曲げられる。偏向板を通過後の電子は z 軸と $\tan \theta = \frac{u}{v}$ なる角度 θ をなす方向に直進して蛍光面に当たり、その点を発光させる。このとき発光する点は蛍光面の中心点から x 方向に距離 X [m]だけシフトした点となる。

u と X を表す式の組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

ただし、電子の静止質量を m [kg]、偏向板の z 方向の大きさを l [m]、偏向板の中心から蛍光面までの距離を d [m]とし、 $l \ll d$ と仮定してよい。また、速度 v は光速に比べて十分小さいものとする。



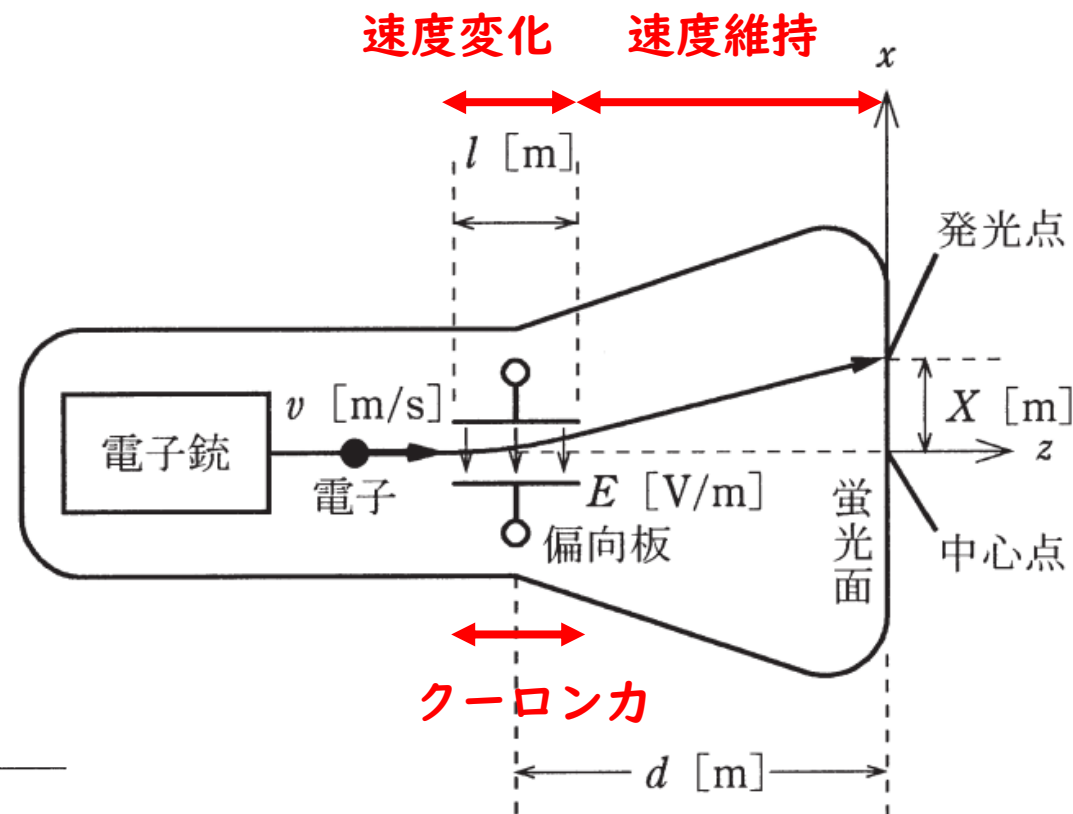
	u	X		u	X
(1)	$\frac{eE}{mv}$	$\frac{2eldE}{mv^2}$	(4)	$\frac{eE^2}{mv^2}$	$\frac{eldE}{mv}$
(2)	$\frac{eE^2}{mv}$	$\frac{2eldE}{mv^2}$	(5)	$\frac{eE}{mv}$	$\frac{eldE}{mv^2}$
(3)	$\frac{eE}{mv^2}$	$\frac{eldE^2}{mv}$			

導出のポイント

問12 ブラウン管は電子銃、偏向板、蛍光面などから構成される真空管であり、オシロスコープの表示装置として用いられる。図のように、電荷 $-e$ [C]をもつ電子が電子銃から一定の速度 v [m/s]で z 軸に沿って発射される。電子は偏向板の中を通過する間、 x 軸に平行な平等電界 E [V/m]から静電力 $-eE$ [N]を受け、 x 方向の速度成分 u [m/s]を与えられ進路を曲げられる。偏向板を通過後の電子は z 軸と $\tan \theta = \frac{u}{v}$ なる角度 θ をなす方向に直進して蛍光面に当たり、その点を発光させる。このとき発光する点は蛍光面の中心点から x 方向に距離 X [m]だけシフトした点となる。

u と X を表す式の組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

ただし、電子の静止質量を m [kg]、偏向板の z 方向の大きさを l [m]、偏向板の中心から蛍光面までの距離を d [m]とし、 $l \ll d$ と仮定してよい。また、速度 v は光速に比べて十分小さいものとする。



力がかかっていないときの物体の運動は
・等速直線運動
・静止
のどちらか

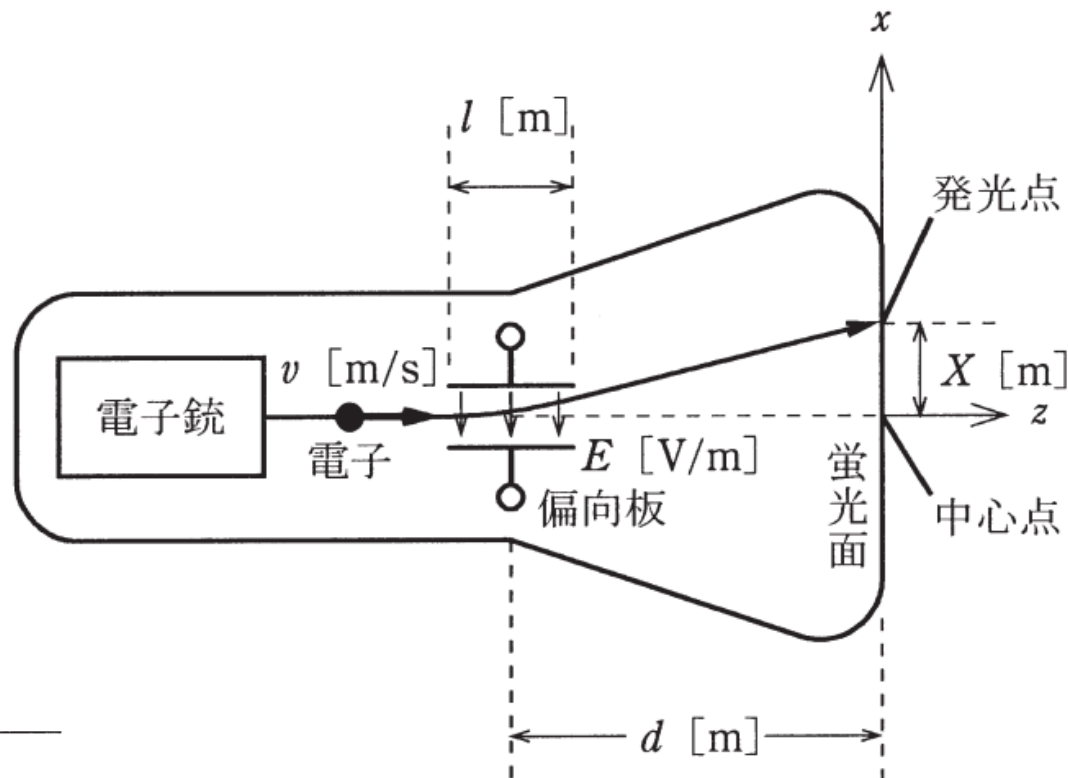
	u	X		u	X
(1)	$\frac{eE}{mv}$	$\frac{2eldE}{mv^2}$	(4)	$\frac{eE^2}{mv^2}$	$\frac{eldE}{mv}$
(2)	$\frac{eE^2}{mv}$	$\frac{2eldE}{mv^2}$	(5)	$\frac{eE}{mv}$	$\frac{eldE}{mv^2}$
(3)	$\frac{eE}{mv^2}$	$\frac{eldE^2}{mv}$			

H27 問12

問12 ブラウン管は電子銃、偏向板、蛍光面などから構成される真空管であり、オシロスコプの表示装置として用いられる。図のように、電荷 $-e$ [C]をもつ電子が電子銃から一定の速度 v [m/s]で z 軸に沿って発射される。電子は偏向板の中を通過する間、 x 軸に平行な平等電界 E [V/m]から静電力 $-eE$ [N]を受け、 x 方向の速度成分 u [m/s]を与えられ進路を曲げられる。偏向板を通過後の電子は z 軸と $\tan \theta = \frac{u}{v}$ なる角度 θ をなす方向に直進して蛍光面に当たり、その点を発光させる。このとき発光する点は蛍光面の中心点から x 方向に距離 X [m]だけシフトした点となる。

u と X を表す式の組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

ただし、電子の静止質量を m [kg]、偏向板の z 方向の大きさを l [m]、偏向板の中心から蛍光面までの距離を d [m]とし、 $l \ll d$ と仮定してよい。また、速度 v は光速に比べて十分小さいものとする。



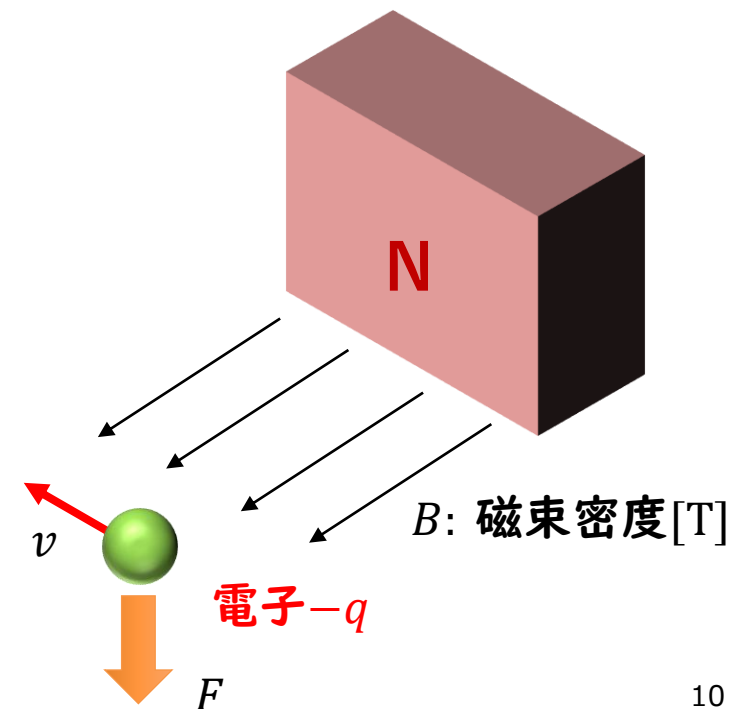
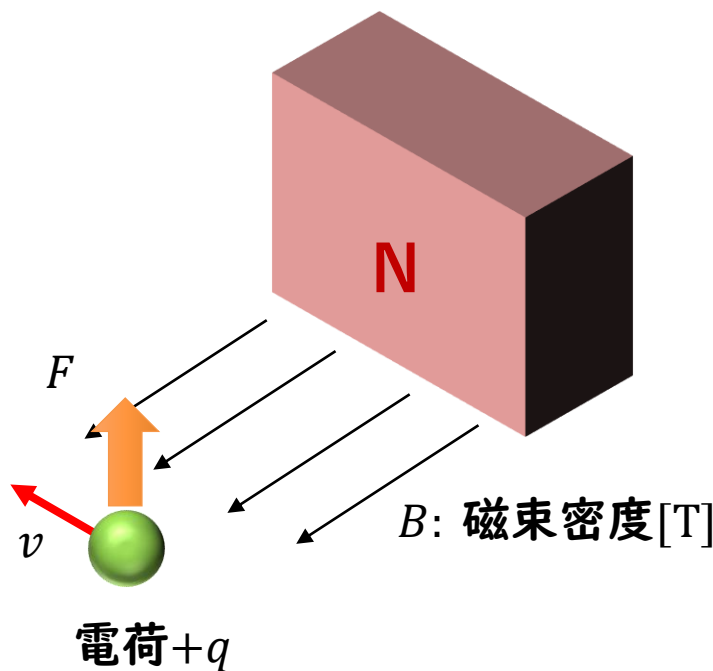
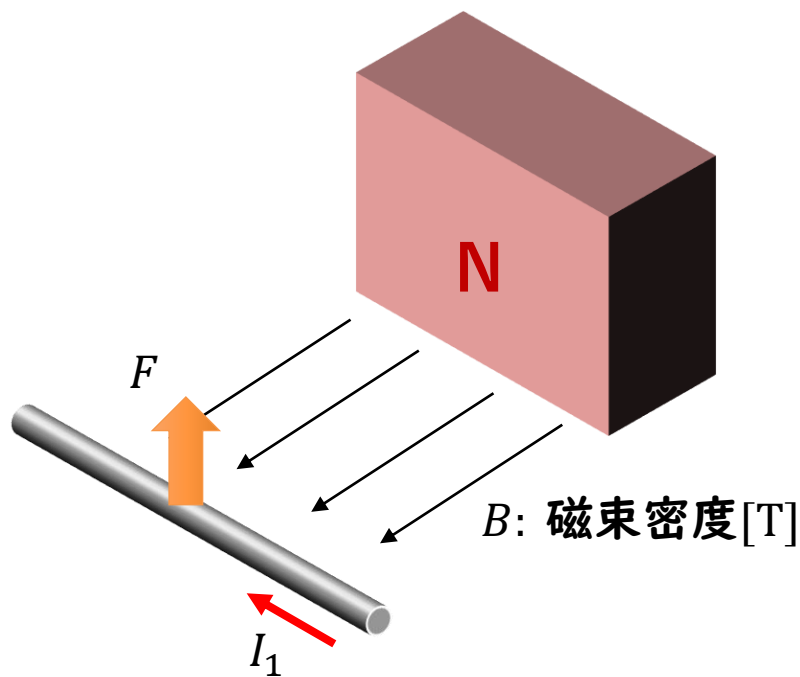
	u	X		u	X
(1)	$\frac{eE}{mv}$	$\frac{2eldE}{mv^2}$	(4)	$\frac{eE^2}{mv^2}$	$\frac{eldE}{mv}$
(2)	$\frac{eE^2}{mv}$	$\frac{2eldE}{mv^2}$	(5)	$\frac{eE}{mv}$	$\frac{eldE}{mv^2}$
(3)	$\frac{eE}{mv^2}$	$\frac{eldE^2}{mv}$			

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 $F = I \times B \Delta l$

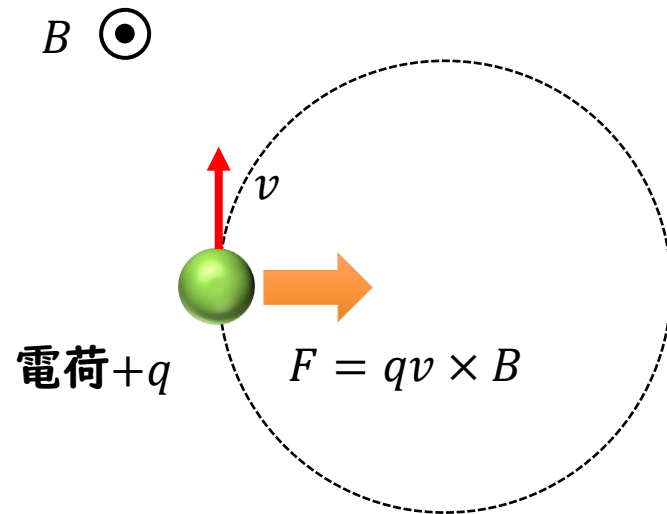
電荷と磁束の間で生じる力 $F = \frac{\Delta q}{\Delta t} \times B \Delta l = \Delta q \frac{\Delta l}{\Delta t} \times B = qv \times B$



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

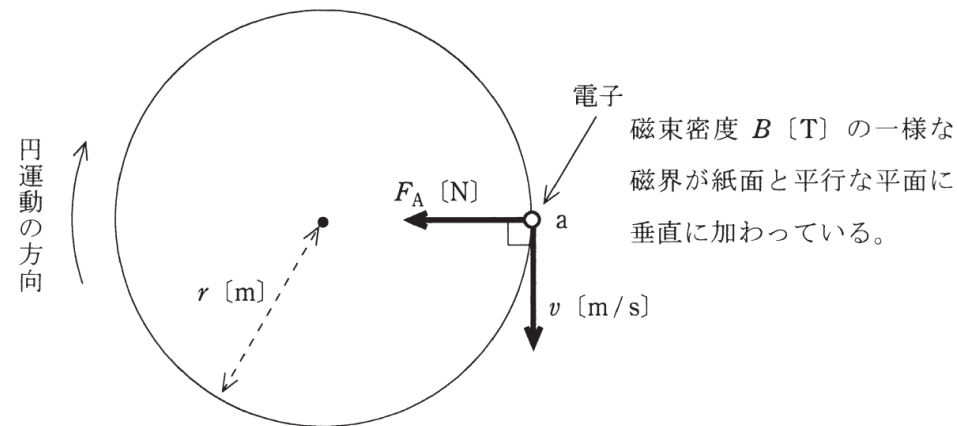
H24 問12

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	$\frac{m_0 v}{2eB}$	$\frac{\pi m_0}{eB}$	$\frac{eB}{m_0}$

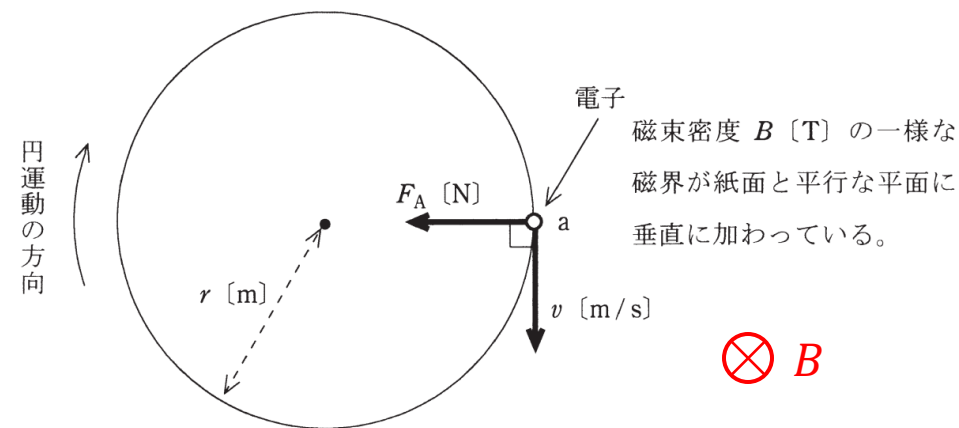
導出のポイント

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 (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。



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

	(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		$\frac{m_0 v}{2eB}$	$\frac{\pi m_0}{eB}$	$\frac{eB}{m_0}$

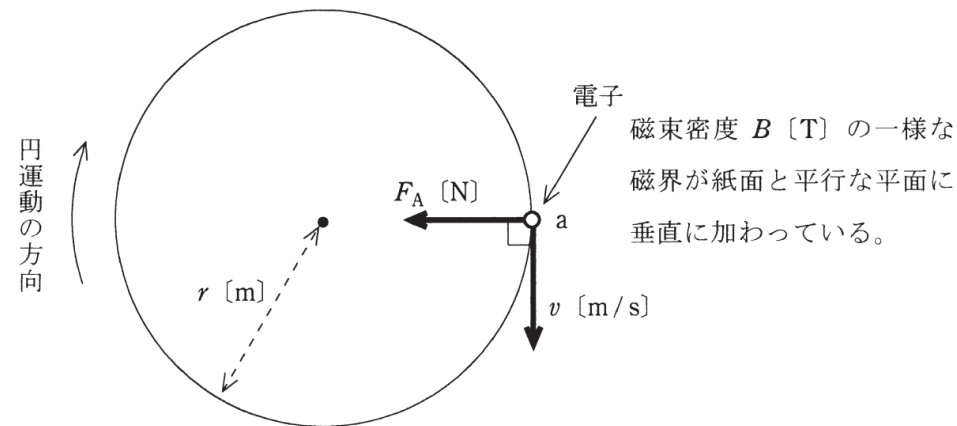
H24 問12

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	$\frac{m_0 v}{2eB}$	$\frac{\pi m_0}{eB}$	$\frac{eB}{m_0}$

ご聴講ありがとうございました!!