※ 磁界 … 磁場と同じ意味. 最近は、磁場と書くことの方が多いので. 基本的に磁場と書きましょう.

$\boxed{288}$

基本的には 丸暗記の公式.

直線電流が作る磁場 $H = \frac{I}{2\pi r}$

(関連)

円形電流の中心の磁場 $H = \frac{I}{2r}$

ソレノイドコイルの作る磁場 $H = nI$

これの元となる 法則「アンペールの法則」を学ぶ

文中の通り計算すると

(磁場の強さ)×(円周の長さ) = (円の内部の電流)

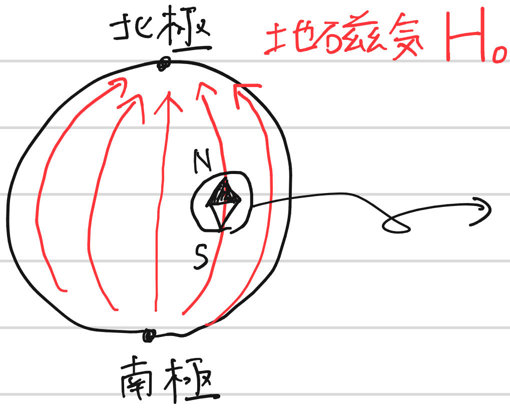
$$H \times \underbrace{2\pi r}_{(イ)} = I$$

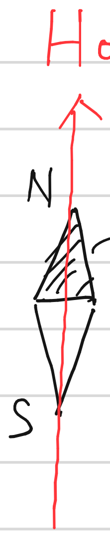
$$\therefore H = \underbrace{\frac{I}{2\pi r}}_{(ウ)}$$

※ 向きは $\underbrace{\text{右}}_{(ア)}$ねじの法則に従う.

289 地磁気 … 地球が作っている磁場

(1)

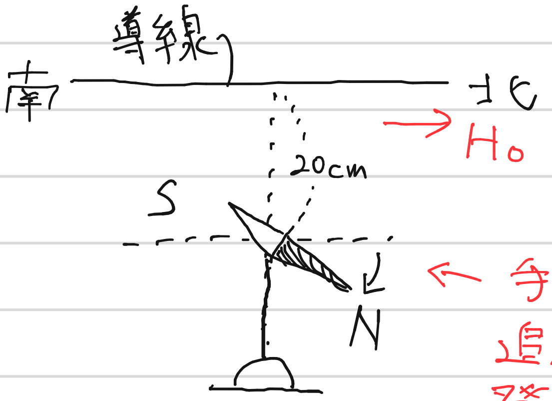




磁針のN極は
磁場の向きを指す.

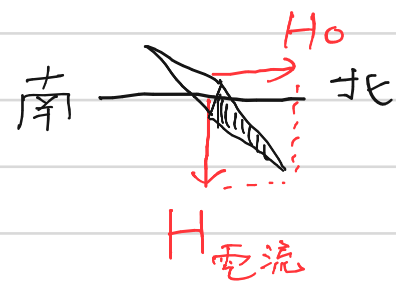
（H_0はわずかに弧を
えがいているが、拡大したとき.
水平方向分力しか考えない）

今回のモデル



← 今前向き⊙に
追加の磁場が
発生してる

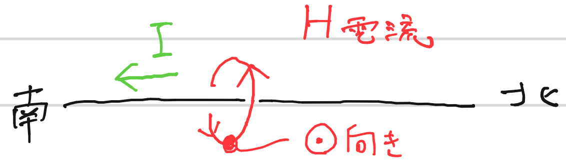
上から見ると



合成磁場の向きを
針は指す.

↓

導線下部に⊙向きの
磁場を作る電流の向きを考える.



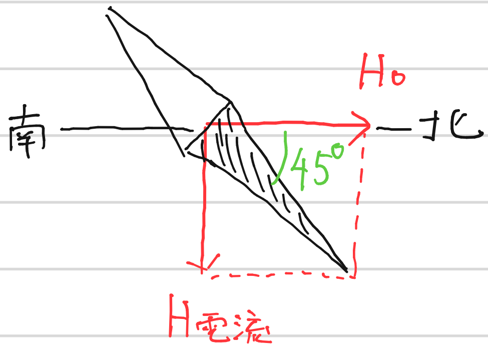
右ねじの法則より. 上図のように作図できる.

電流の向きは 北→南

289 続き

(2) 始め、45°だったことから $H_{電流}$を考えてみる。

(上から見る)

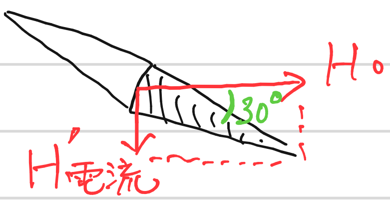


針の角度が45°なので

$H_{電流} = H_0$ … ① ← (3)で使う関係式

次に 30°となったときを考えてみる。

(上から見る)



針の角度が30°なので

$H'_{電流} = \frac{1}{\sqrt{3}} H_0$ … ②

$\Rightarrow \underline{\frac{1}{\sqrt{3}}倍} = \frac{1.73}{3} \fallingdotseq \underline{0.58倍}$ (答)

289 続き.

(3) 45°のとき 導線から磁針までは 20×10^{-2} [m] なので

$$H_{電流} = \frac{I}{2\pi\cdot 20\times10^{-2}}$$

① に代入して

$$\frac{I}{2\pi\cdot 20\times10^{-2}} = H_0 \quad \cdots ①'$$

30°のとき. x cm 遠ざけたとすると. 導線から磁針までは $(20+x)\times10^{-2}$ [m] なので

$$H'_{電流} = \frac{I}{2\pi\cdot(20+x)\times10^{-2}}$$

② に代入して

$$\frac{I}{2\pi(20+x)\times10^{-2}} = \frac{1}{\sqrt{3}}H_0$$

$$\Rightarrow \frac{\sqrt{3}\ I}{2\pi(20+x)\times10^{-2}} = H_0 \cdots ②'$$

①', ②' より

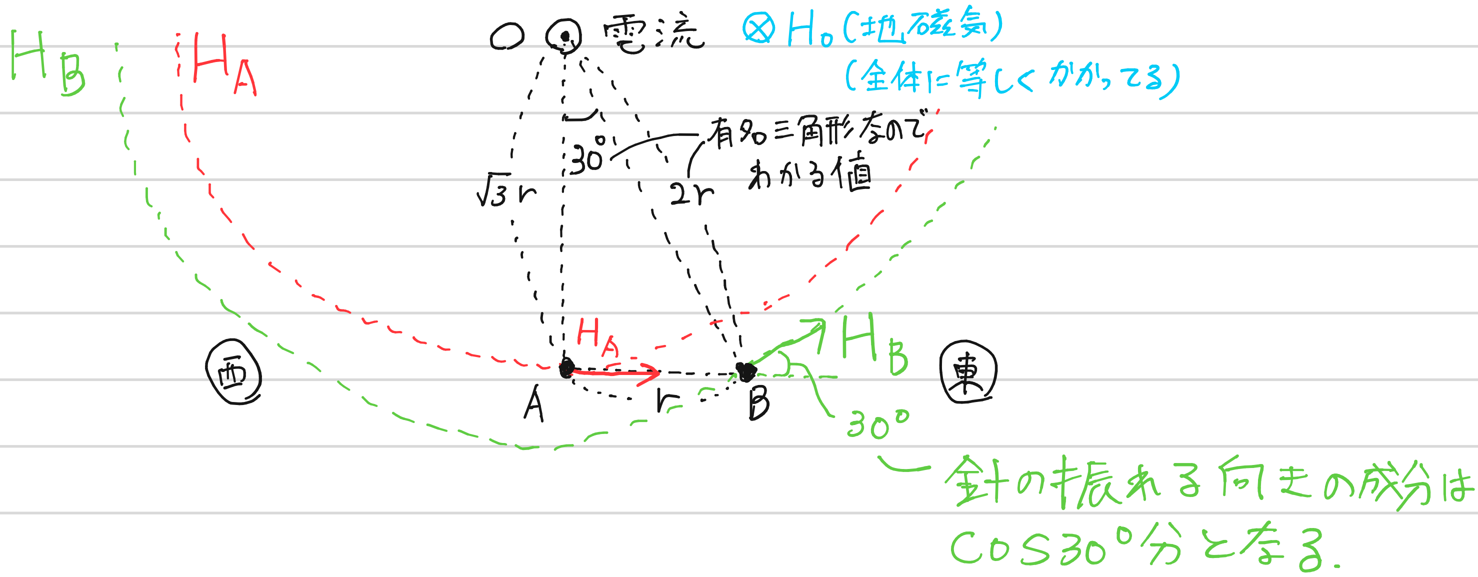
$$\frac{I}{2\pi\cdot 20\times10^{-2}} = \frac{\sqrt{3}I}{2\pi(20+x)\times10^{-2}}$$

$$\Rightarrow 20+x = 20\sqrt{3}$$

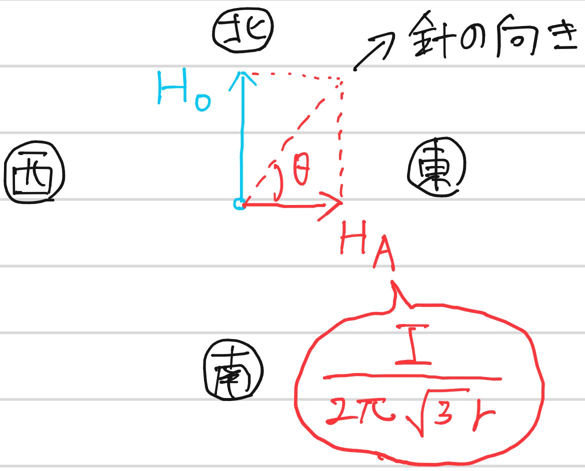
$$x = 20\sqrt{3}-20$$
$$= 20(\sqrt{3}-1)$$
$$= 20\cdot 0.73$$
$$= 14.6$$
$$\fallingdotseq \underline{15\text{cm}} \ (答)$$

※解説と連立の順番はちがいますが. 考え方は同じです.

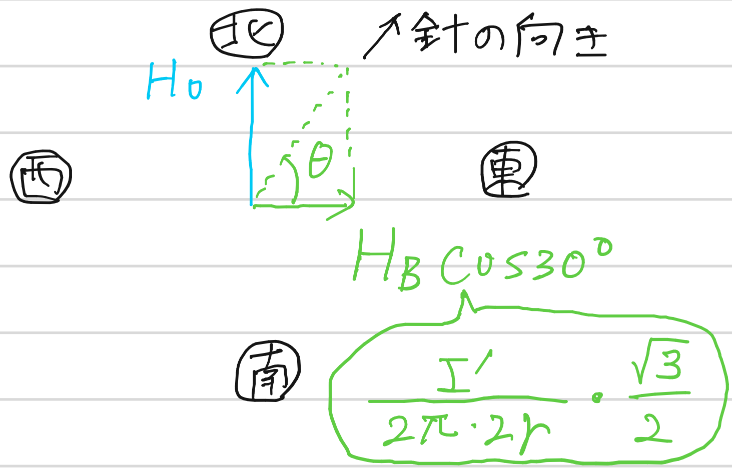
$\boxed{290}$



Aを上から見る



Bを上から見る（I 強化後）



角度θが同じになるようにI′を設定するには

$$H_A = H_B \cos 30°$$

となればより

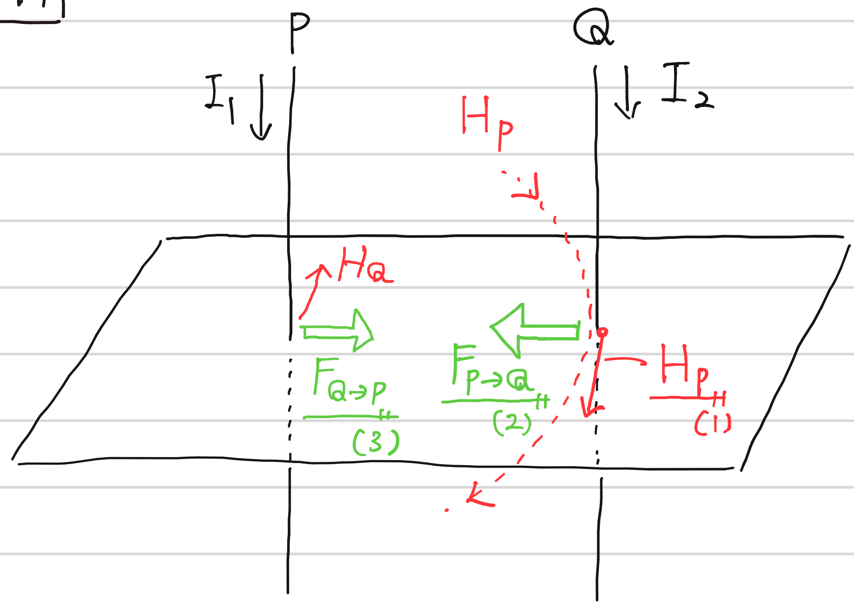
$$\frac{I}{2\pi\sqrt{3}r} = \frac{I'}{2\pi \cdot 2r} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$\therefore I' = \frac{4}{3} I \text{ // (答)}$$

$$\fallingdotseq$$

1.3倍 // (答)

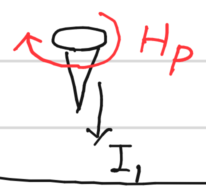
$\boxed{291}$



(1) $H = \dfrac{I}{2\pi r}$ より

$$H_P = \frac{I_1}{2\pi r} \ [\mathrm{A/m}]$$

向きは右ねじで考える。



(2) $F = IBl$ より

$$F = I_2 \mu_0 H_P \cdot l \quad (\because B = \mu H)$$

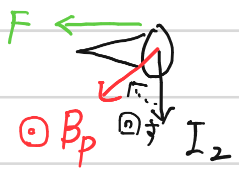
$$= I_2 \cdot \mu_0 \cdot \frac{I_1}{2\pi r} l$$

$$= I_2 \cdot \frac{\mu_0 I_1}{2\pi r} \cdot l \ [\mathrm{N}]$$

磁束密度 $B = \mu H$

透磁率　磁場

向きは右ねじで考える



IをBの向きに回したとき、進む向きがFの向き

(3) $H_Q = \dfrac{I_2}{2\pi r}$.

$$F = I_1 \cdot \mu_0 H_Q \cdot l$$

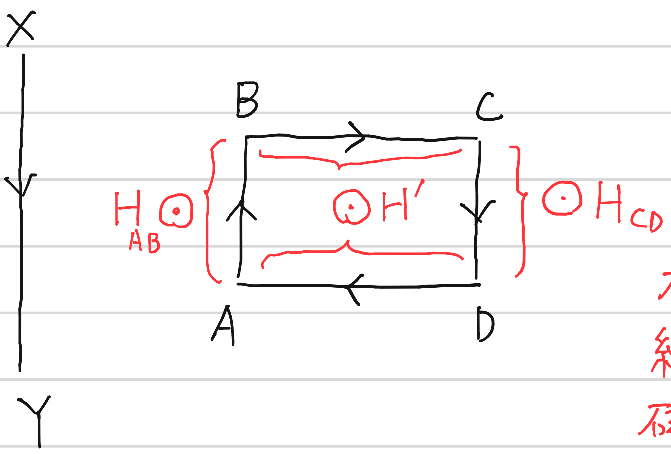
$$\Rightarrow F = I_1 \cdot \frac{\mu_0 I_2}{2\pi r} l \ [\mathrm{N}]$$

※(2)と同じになる。

向きは

(1)→(2)の流れと同様
H_Qの向きを考えたあと、
Fの向きを考える。

$\boxed{292}$

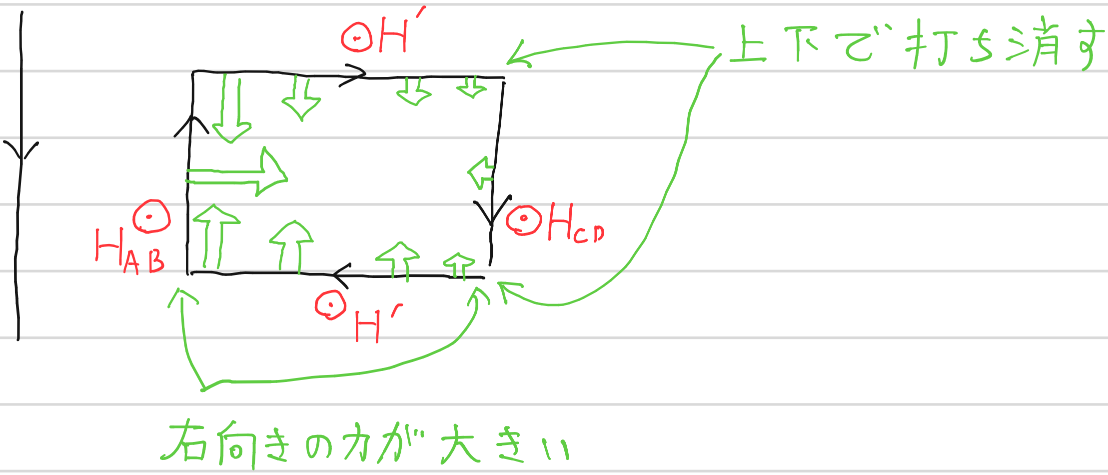


右ねじの法則より
紙面裏から表⊙に
磁場が発生するとわかる。

(1) $H = \dfrac{I}{2\pi r}$ より。

- $H_{AB} > H_{CD}$
- H'は外側ほど小さくなる

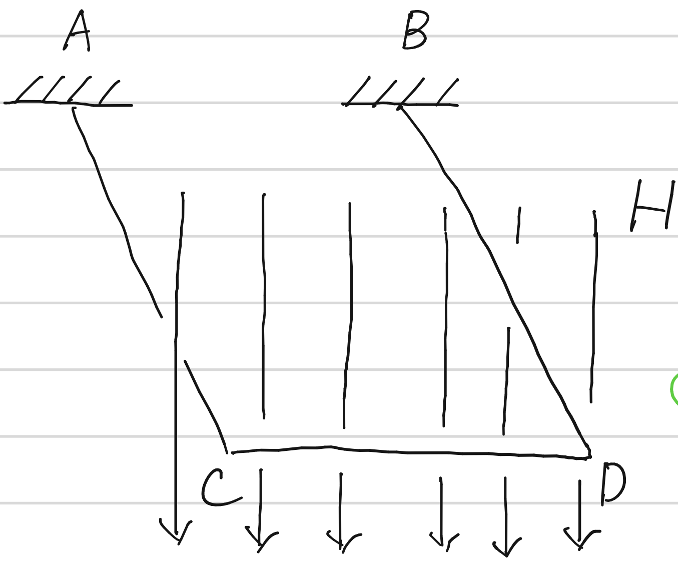
といえる。これと $F = IBl$ で電磁力を考えると



このように分析できる。((1)の答え)

(2) (1)の図より合力は右向き$_{//}$となる

$\boxed{293}$



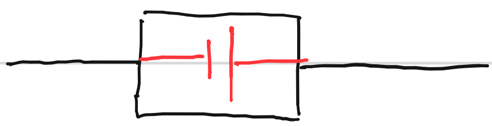
⊙ F

電磁力は、
紙面裏から表 ⊙

⇓

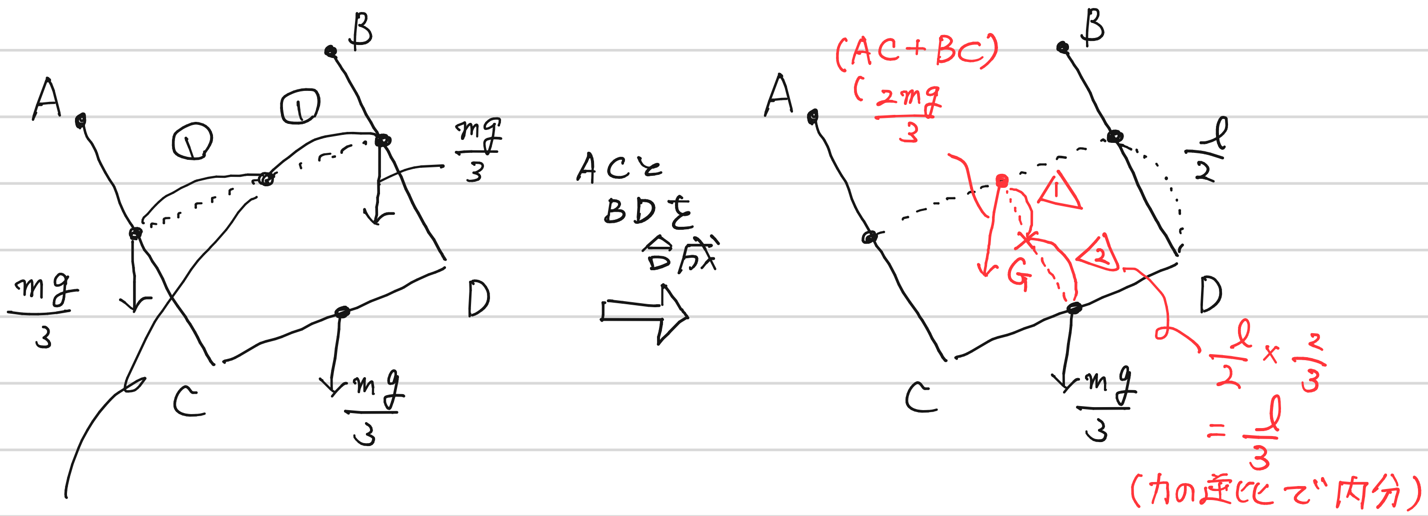
この向きにFが発生するのは
D→Cに電流が流れるとき

(1) D→C に電流を流す電源の向きは



となる。

(2) コの字の導線を1辺ずつに分解して、重力を合成する。一辺あたり $\frac{m}{3}$ [kg] になり、中点に重力 $\frac{m}{3}g$ がはたらく



(AC+BD)の作用点
※力の逆比で内分

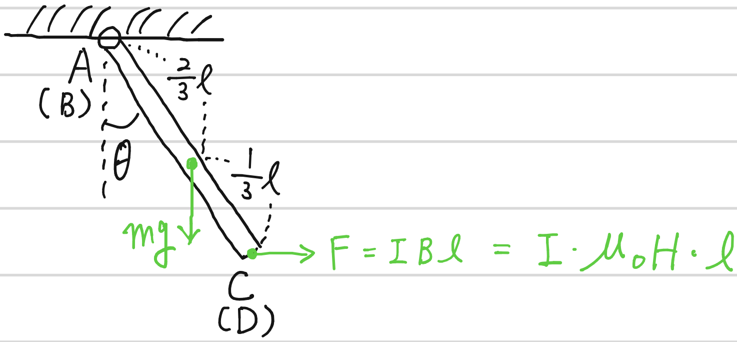
⇒ (AC+BD) と CD を合わせると、重心Gとなる。

⇒ CD から $\underline{\frac{l}{3}}$ [m] のところ $_{//}$

293 続き

(3)

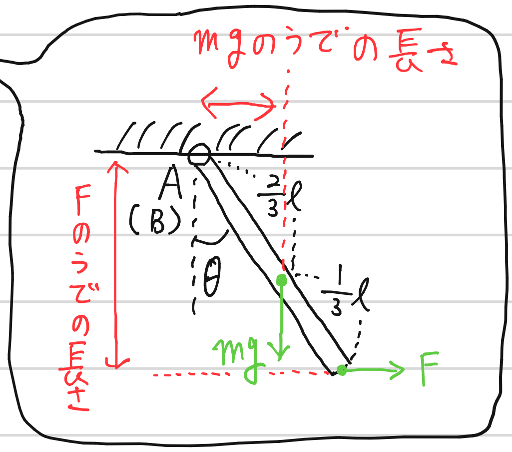
横から見た図



Aを中心としたモーメントのつりあいより

$$mg \cdot \frac{2}{3} l \sin\theta = F \cdot l \cos\theta$$

(時計) = (反時計)



$$\Rightarrow \frac{2}{3} mgl \sin\theta = I\mu_0 H l^2 \cos\theta$$

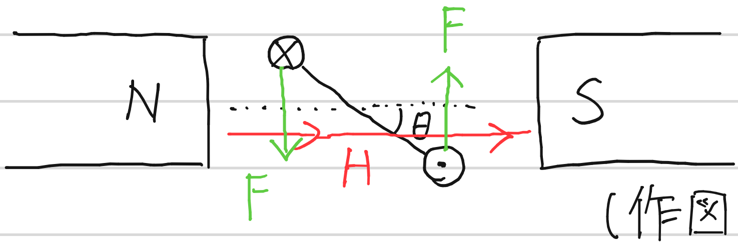
$$\therefore \tan\theta = \frac{3\mu_0 HIl}{2mg}$$

※ どの形で答えるか明確でないので、1つ前の形で終わってもよさそう。モーメントの形が見やすい形といえる。

※ $\tan\theta$ の形にすると、θ の数が1つへり、l も1つへるのできれいといえる。

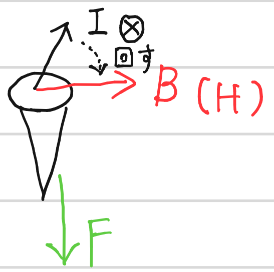
※ 力のつりあいの式をたてるには、Aではたらく力を考えないといけない。導線を保持する力がはたらいている。

294



(作図の答え)

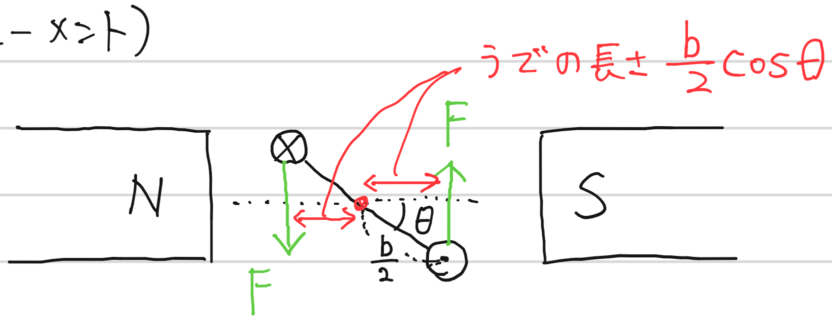
・磁場Hは N極→S極に向かって発生する
・電磁力Fの向きは右ねじで考える



IをBの方に回したとき
右ねじの進む向きがFの向き

側面でない導線部分は手前と奥で、打ち消し合う。
(同一作用線上で
同じ大きさとなる)

(モーメント)



$F = IBl$ より

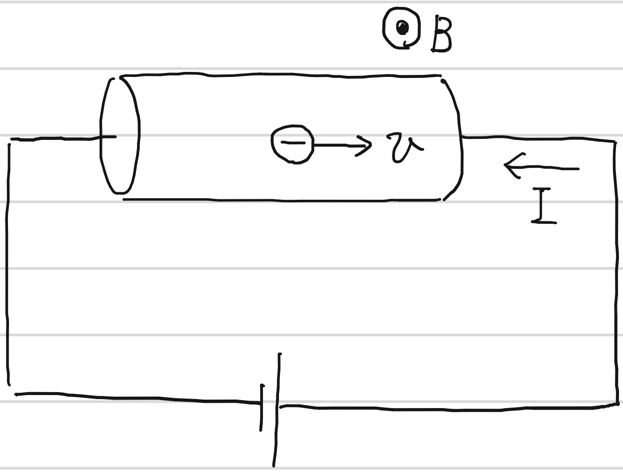
$$F = I \cdot \mu_0 H \cdot a$$

うでの長さが $\frac{b}{2}\cos\theta$ で、
2つの力は共に反時計回りなので合算して

$$(\text{モーメント}) = F \cdot \frac{b}{2}\cos\theta + F \cdot \frac{b}{2}\cos\theta$$

$$= \underline{I\mu_0 H a b \cos\theta} \ [\mathrm{N \cdot m}]$$

$\boxed{295}$

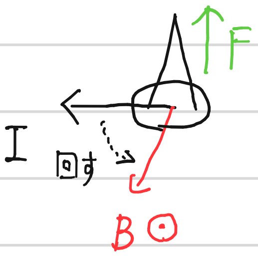


(ア)(イ)(ウ)

電流 I をベースに考える。$F = IBl$ より

$F = \underline{IBl}$ // (ウ)

向きは右ねじで考える.



$\underline{\text{紙面内で}}$ // (ア) $\underline{\text{下から上}}$ // (イ)

(エ)

$I = \underline{enSv}$ // (エ)

(オ)

$F = IBl$ に(エ)を代入して

$F = \underline{enSv\,Bl}$ // (オ)

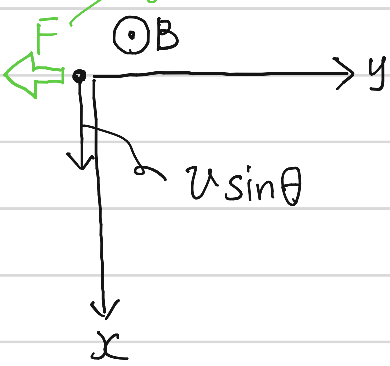
(カ)

抵抗内には全部で $Sl\,n$ 個電子があるので

$$f = \frac{F}{Sln} = \frac{enSvBl}{Sln} = \underline{evB}$$ // (カ)

296

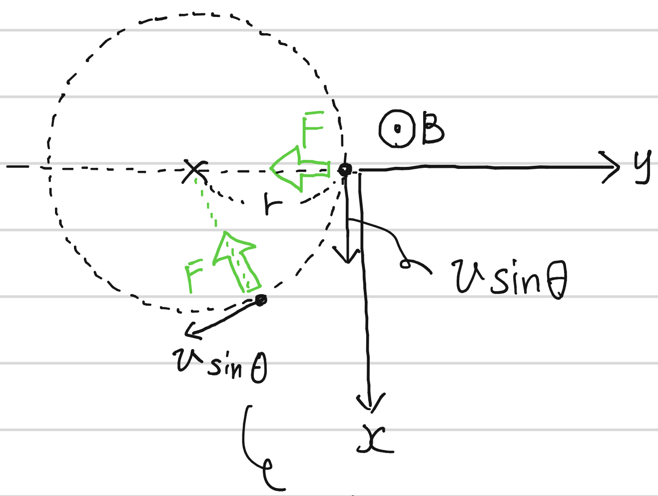
(ア)(イ) $x-y$ 平面を上から見てみる。



ローレンツ力 $F = q \cdot v\sin\theta \cdot B$ //(ア)

向きは $-y$ //(イ)

(ウ)



・速度と90°の力は、スピードは変化させずに向きだけ変える。(W=0となり運動エネルギーを変化させない)

・速度の向きが変わるとローレンツ力の向きも変わり、常に速度と90°の向きとなる。

⇒これが向心力となり、円運動となる

円運動の運動方程式をたてると

$$m\frac{(v\sin\theta)^2}{r} = q\,v\sin\theta \cdot B$$

$$\therefore\ r = \frac{m v\sin\theta}{qB}$$ //(ウ)

296 続き

(エ)

円運動の周期 $T=\frac{2\pi r}{v}$ より

$$T=\frac{2\pi\left(\frac{mv\sin\theta}{qB}\right)}{v\sin\theta}$$

$$\therefore T=\frac{2\pi m}{qB} \quad // \text{(エ)}$$

(オ)

力を受けないので z方向は 等速度運動 // (オ)

(カ)

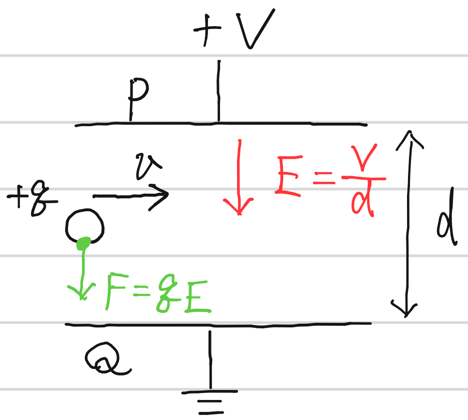
円運動を1周する間に、z方向に進む距離がピッチ l なので

$$l=v\cos\theta\cdot T$$

$$=v\cos\theta\cdot\frac{2\pi m}{qB}$$

$$\therefore l=\frac{2\pi mv\cos\theta}{qB} \quad // \text{(カ)}$$

$\boxed{297}$



(ア)(イ)

$+q$[C] の電荷は電場の向きに力を受ける。
電場は高電位→低電位の向きである。

よって $+x$ 向き(下向き) //(ア)

大きさは $F=qE$ より

$$F = q\cdot\frac{V}{d} = \frac{qV}{d}$$ //(イ)

(ウ)

電場による力を打ち消すために、図で上向き(−x向き)にローレンツ力を加えたい。
そのためには紙面表から裏 ⊗ (−z向き) に磁束密度Bがあればよい。 //(ウ)

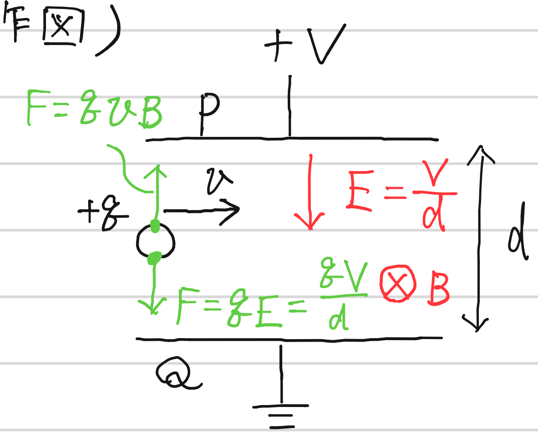
(エ)(オ)

つりあいより

$$qvB = \frac{qV}{d}$$ //(エ)

$$\therefore\ v = \frac{V}{Bd}$$ //(オ)

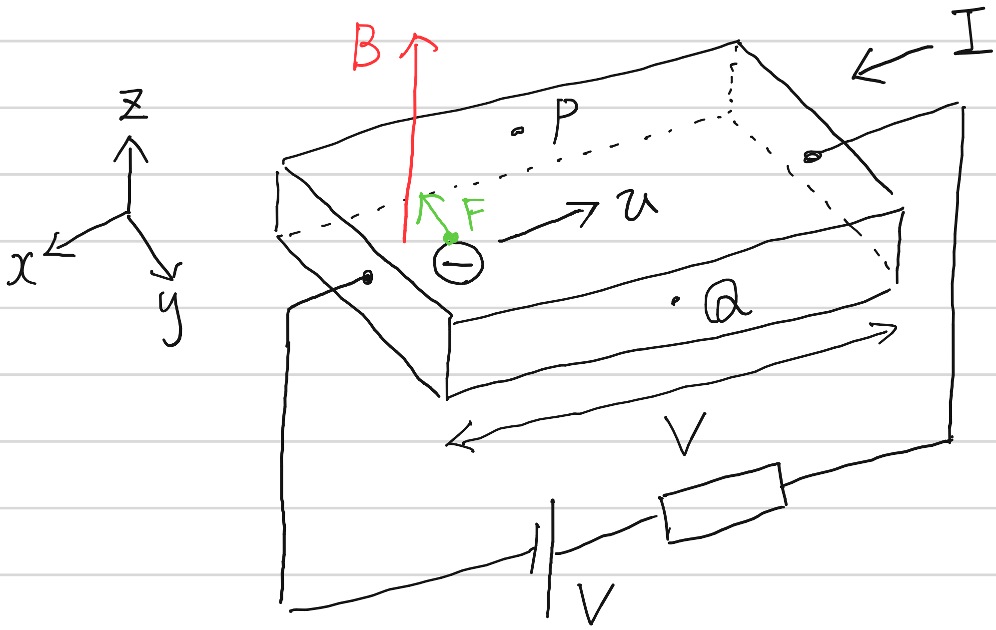
(作図)



298

キャリアが負

電流 I と逆向きに電子が動く.



(ア)(イ)

ローレンツ力は右ねじで考える.

⇒ ⊕の電荷だと,
v を B の方に回したときに、右ねじが進む向きが F の向き
しかし、⊖の電荷なので、それと逆向き.
結果. $\underline{-y}$ 向き (ア)

$F = qvB$ より

$F = \underline{evB}$ (イ)

(ウ)(エ)

奥(P側)に ⊖ が集まるので

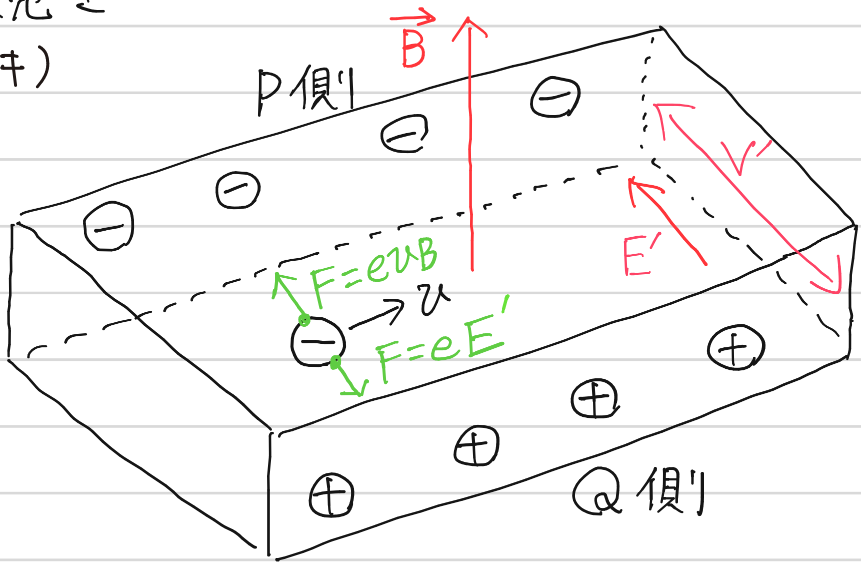
Q側が $\underline{正}$ (ウ)　　P側が $\underline{負}$ (エ)

(オ)

電場は正電荷→負電荷の向きなので. $\underline{-y}$ 向き (オ)

$\boxed{298}$ 続き

(カ)(キ)



上図のように作図ができる.

⊕のあるQ側が高電位となるのでPはQより電位が低い。 (カ)

力のつりあいより

$$evB = eE'$$

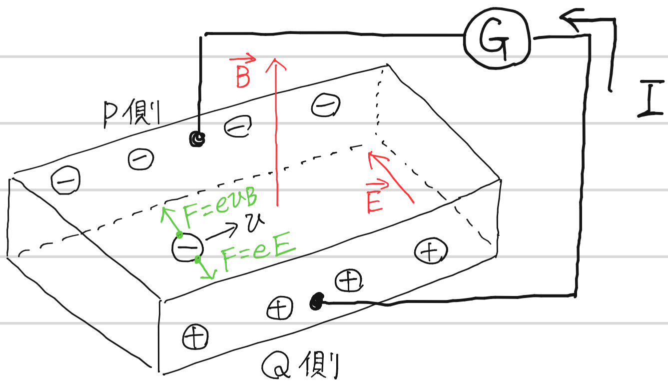
$$\therefore E' = vB$$

一様電場とみなして $E=\frac{V}{d}$ より

$$V' = E'd$$

$$\therefore V' = \underline{vB \cdot d} \quad (キ)$$

※ 下図のように接続することで、V'の向きをたしかめられる.

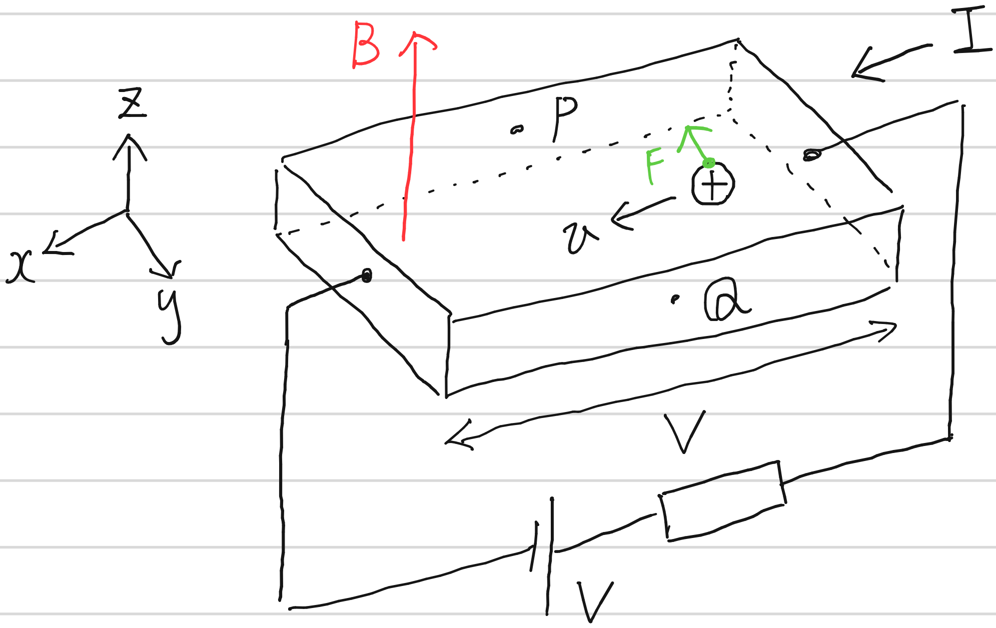


キャリアが⊖だと
この向きに電流が
流れる.

298 続き

キャリアが正

電流 I と同じ向きに ⊕ の電荷が動く.
(厳密には、電子がたりていない場所を、⊕ の電荷と呼んでいる. これを「ホール」「正孔」とも呼ぶ)



(ク)

⊕ の電荷は $+x$ 向きに動いている. //(ク)

(ケ)(コ)

向きを右ねじの法則で考えると
ローレンツ力 F は $-y$ 向き //(ケ)

$F = qvB$ より
$F = evB$ //(コ)

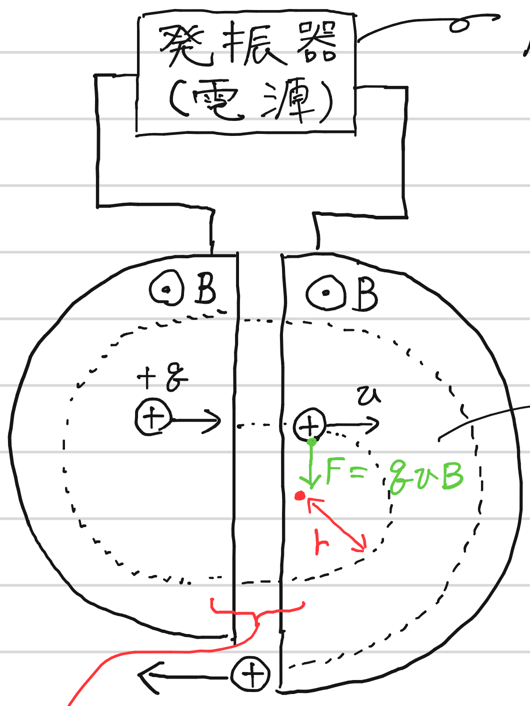
(サ)

⊕ が P側に集まるので、P側が高電位になる //(サ)

※キャリアが ⊖ のときは Q側が高電位だった.

$\boxed{299}$

上から見る



周波数 f

(ア)(イ)

円運動の運動方程式より

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

$$\therefore\ r = \frac{mv}{qB}\ [\mathrm{m}]$$

〃(ア)

$T=\dfrac{2\pi r}{v}$ より

$$T=\frac{2\pi\cdot\frac{mv}{qB}}{v} = \frac{2\pi m}{qB}\ [\mathrm{s}]$$

〃(イ)

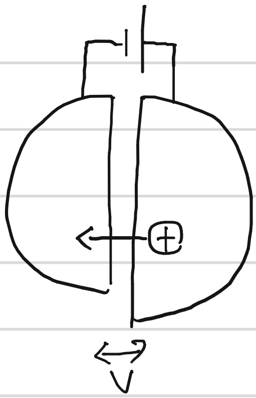
※ Tは v r と無関係とわかる.

極板間の加速について

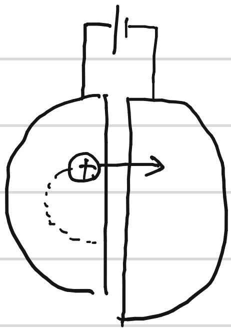
(ウ)

⊕が左へ行くとき
この電源の向きだと
加速する

⊕が右へ行くとき
この電源の向きだと
加速する.



$\frac{T}{2}$[s]後に
再び間を通る



よって $\frac{T}{2}$[s]ごとに
電源が反転すれば,
間を通るたびに
加速するのだ.

$(K_{前}+qV=K_{後})$

(加速するほど半径rは大きくなるが,
(イ)より周期は一定値といえる)

299 (ウ)続き

電源の周波数をfとすると、電源の周期T'は

$$T' = \frac{1}{f}$$

電圧が反転するのは$\frac{T'}{2}$[s]ごとで、

これと円運動の半周の時間$\frac{T}{2}$[s]が一致すればよい。

$$\frac{T}{2} = \frac{T'}{2}$$

$$\Rightarrow T = T'$$

$$\Rightarrow T = \frac{1}{f} \quad // (ウ)$$

(エ)

周波数がf_0ならば円運動の周期Tは

$$T = \frac{1}{f_0}$$

となる必要がある。

(イ)の式$T = \frac{2\pi m}{qB}$を代入して

$$\frac{2\pi M}{eB_0} = \frac{1}{f_0}$$

$$\therefore B_0 = \frac{2\pi M}{e} f_0 \ [\mathrm{Wb/m^2}] \quad // (エ)$$

299 続き

(オ)

D型電極の半径がRで.最も外側を通るときの粒子の速度を考える。

電源の周波数がf_0なら.円運動の周期T_0は$\frac{1}{f_0}$なので

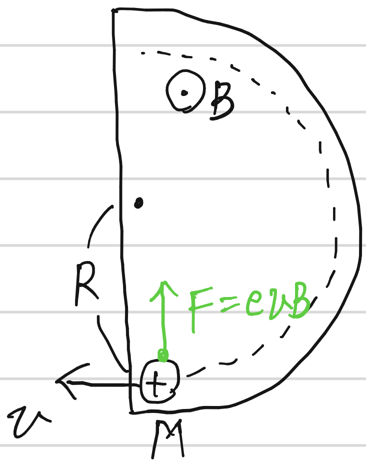
$$v = \frac{2\pi R}{T_0} = 2\pi R f_0$$

よって運動エネルギーKは

$$K = \frac{1}{2}Mv^2$$

$$= \frac{1}{2}M\cdot(2\pi R f_0)^2 = \underline{2\pi^2 M R^2 f_0^2 \text{ [J]}}_{//}\text{(オ)}$$

※別解 運動方程式からスタートしても.vを求められる.



円運動の運動方程式より

$$M\frac{v^2}{R} = evB$$

$$\therefore v = \frac{eBR}{M}$$

周波数がf_0なら

$$B = \frac{2\pi M}{e}f_0$$

なので

$$v = \frac{e\cdot\frac{2\pi M}{e}f_0\cdot R}{M}$$

$$= 2\pi f_0 R$$