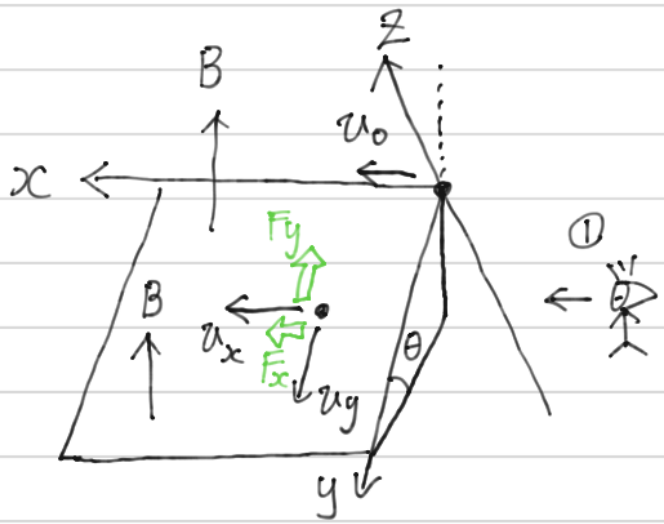
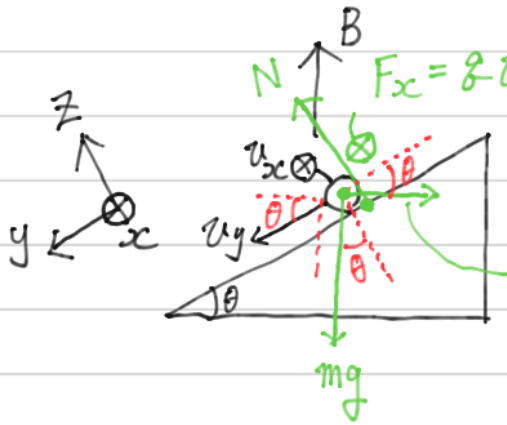
320



※ F_x は v_y によるローレンツ力
F_y は v_x によるローレンツ力.

(イ)(ロ)

①視点でローレンツ力を書いてみる.



$F_x = qv_y\cos\theta \cdot B$ ($v_y\cos\theta$ によるローレンツ力)

※ $v_y\sin\theta$ は B と平行な成分なので
ローレンツ力は発生しない

$F_y = qv_xB$ (v_x によるローレンツ力)

x 方向の運動方程式は

$$ma_x = qv_y\cos\theta \cdot B = \underline{qv_yB\cos\theta} \quad (イ)$$

y 方向の運動方程式は

$$\underline{ma_y = mg\sin\theta - qv_xB\cos\theta} \quad (ロ)$$

(z 方向はつりあう
$N = mg\cos\theta + qv_xB\sin\theta$)

※ 付属の解説では v ではなく、B を分解して、v と B を直交させています. どちらでもよいです。考えやすい方で考えましょう.

※ 付属の解説の図の x 方向の力 qv_yB はおそらく $qv_yB\cos\theta$ のまちがいです.

$\boxed{320}$ 続き

(ハ)

$a_y = 0$ となるときの v_0 を考える.

(ロ)式 $ma_y = mg\sin\theta - qv_xB\cos\theta$ より

$$0 = mg\sin\theta - qv_0B\cos\theta$$

$$\therefore v_0 = \underline{\frac{mg\sin\theta}{qB\cos\theta}}_{\#(ハ)}$$

(ニ)(ホ)

・観測者が等速運動しているなら、観測者の加速度は0.
そうなると慣性力は0といえ、はたらく力は(イ)(ロ)のときと変わらないのである.
よって $a_x' = a_x$, $a_y' = a_y$ となるのだ.

・ローレンツ力の大きさは地面から見た速度で考えるものであり、
qvB の v に v_x' や v_y' を代入するのは誤りである.

相対速度の式 $v_x' = \overset{みられる}{v_x} - \overset{みる}{v_0}$ より

$$v_x = v_x' + v_0$$

同様に v_y を v_y' で示すと. $v_y' = v_y - 0$ より

$$v_y = v_y'$$

となる

これを qvB に代入したらローレンツ力となる.

⇒ (イ)式に $a_x = a_x'$, $v_y = v_y'$ を代入して

$$ma_x' = \underline{qv_y'B\cos\theta}_{\#(ニ)}$$

(ロ)式に $a_y = a_y'$, $v_x = v_x' + v_0$ を代入して

$$ma_y' = mg\sin\theta - q(v_x' + v_0)B\cos\theta$$

$$= mg\sin\theta - q\left(v_x' + \frac{mg\sin\theta}{qB\cos\theta}\right)B\cos\theta$$

$$= \underline{-qv_x'B\cos\theta}_{\#(ホ)}$$

320 続き

(ハ)

説明にある『円運動する物体の運動方程式と同じ』について考える.

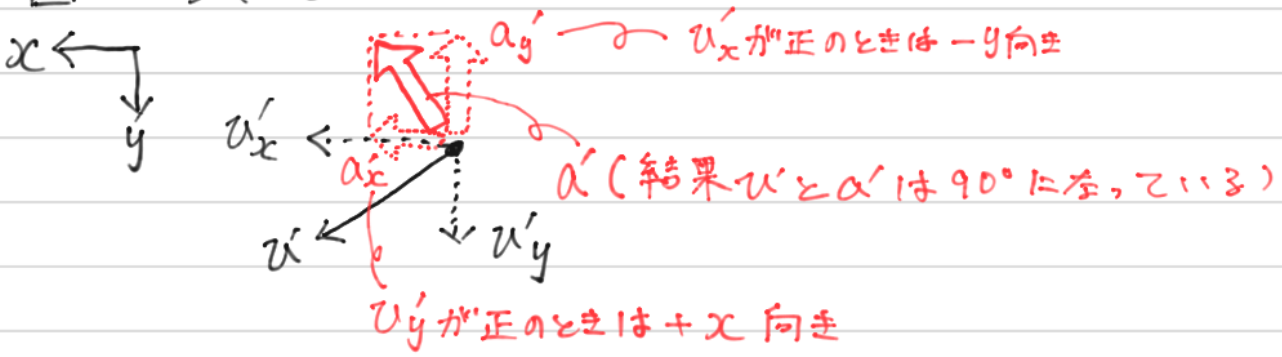
$$\begin{cases} m a_x' = q v_y' B\cos\theta \\ m a_y' = -q v_x' B\cos\theta \end{cases}$$

速度と加速度が90°

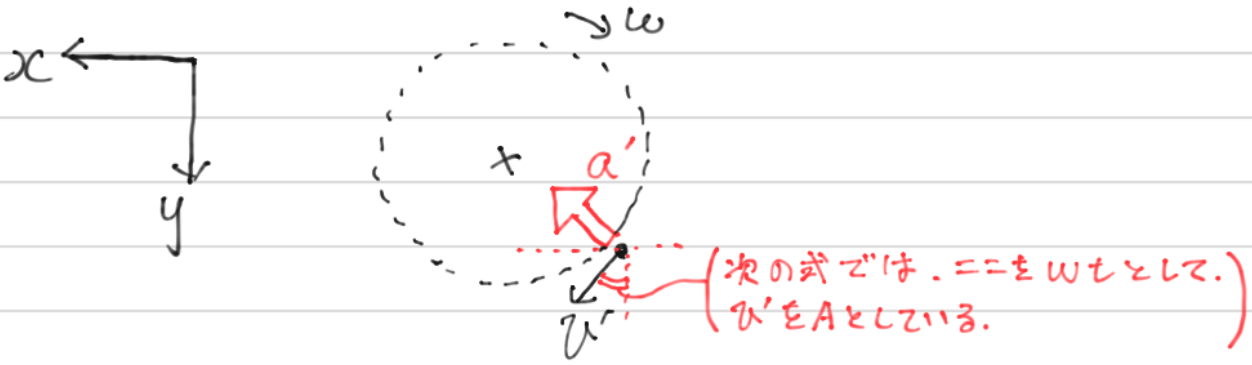
速度と加速度が90°

円運動の特徴

図で考えると



円軌道を考えると、a'の向きが円の中心向きなので下図のようにかける.



さて、$v_x' = A\sin\omega t$, $v_y' = A\cos\omega t$とすると.

a_x'とa_y'はこれらを微分して

$$a_x' = A\omega\cos\omega t \quad . \quad a_y' = -A\omega\sin\omega t$$

となり、(二)式に代入すると、

$$m\cdot A\omega\cos\omega t = q\cdot A\cos\omega t\cdot B\cos\theta$$

$$\therefore \omega = \frac{qB\cos\theta}{m}$$ //(ハ)

$\boxed{320}$ 続き

※(ハ)補足.

今回の場合. $t=0$で $v_y'=0$ なので

$$v_x' = A\cos\omega t, \quad v_y' = A\sin\omega t$$

とおいた方がよいのでは? と感じる.

(ト)

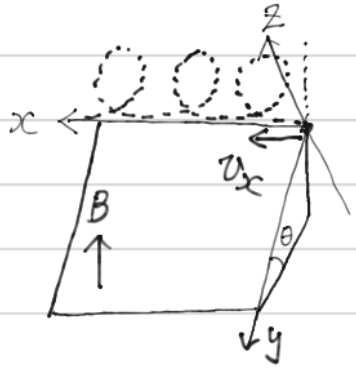
円運動の速さが v_0'. 角速度が ω なので.

$v = r\omega$ より

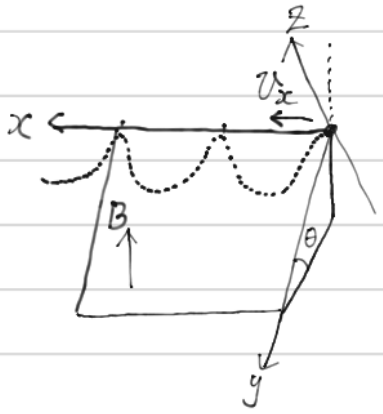
$$r = \frac{v}{\omega} = \frac{v_0'}{\frac{qB\cos\theta}{m}}$$

$$= \frac{mv_0'}{qB\cos\theta} \quad \#(ト)$$

※ 実際の軌道を書いてみると



こんな感じになる.
円を描きながら、図の左へ
スライドしていく.



※上図は $v_x'>0$ のときの軌道.
$v_x'<0$ のときは円軌道の
上端からスタートとなるので
下図のような感じになる.
円運動の速さより、大きい速さで
スライドしていくので、円の形が
目に見えない.