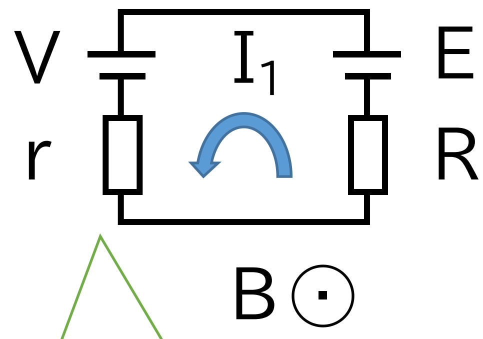
解説

(1)

レンツの法則やローレンツ力から誘導
起電力の向きは電池と逆向き



誘導起電力の大きさは vBL なので

ファラデーの電磁誘導の法則
誘導起電力 $V=-N\dfrac{\Delta\Phi}{\Delta t}$

四角形のコイルの場合
誘導起電力の大きさ $V=vBL$

導体棒は起電力－V
内部抵抗rの電池と考える

キルヒホッフの第2法則より

$$E-vBL=I_1R+I_1r$$

$$I_1=\frac{E-vBL}{R+r}$$

キルヒホッフ第2法則
起電力 (E) の和 $=$ 電圧降下 (IR) の和

(2)

$$F_1=I_1BL=\frac{(E-vBL)BL}{R+r}$$

電流が磁場から受ける力
$F=IBL$

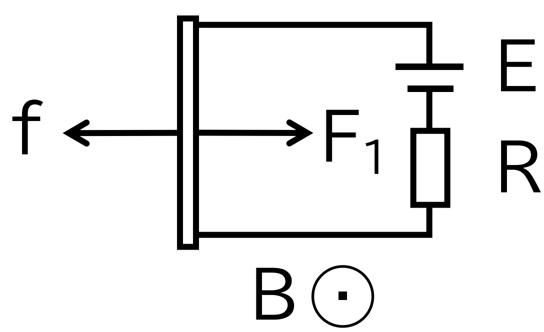
(3)

一定の速さ＝力のつりあい

$f=F_1$ より

$$f=\frac{(E-v_1BL)BL}{R+r}$$

$$v_1=\frac{1}{BL}\left\{E-\frac{(R+r)f}{BL}\right\}$$



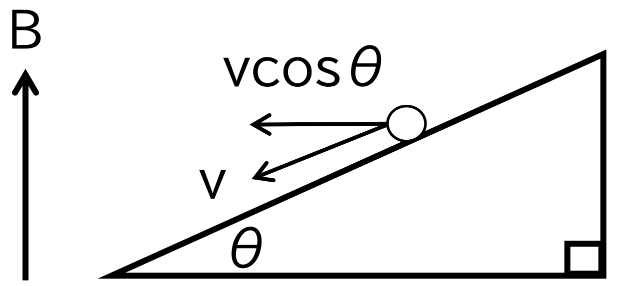
(4)

図は2次元に描き直す(3次元はわかりにくい)

導体棒の速さの
磁場に垂直な成分は
$v\cos\theta$ なので
誘導起電力の大きさは

$$V_2 = vBL\cos\theta$$

よって $I_2 = \dfrac{vBL\cos\theta}{R+r}$



Bとvは垂直成分を考える

(5)

加速度→運動方程式

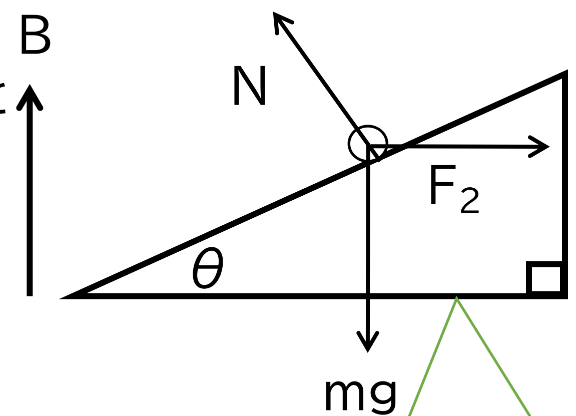
導体棒にはたらく力をF_2とすると

$$F_2 = I_2BL = \frac{vB^2L^2\cos\theta}{R+r}$$

導線レールに平行な成分で

$$ma = mg\sin\theta - F_2\cos\theta$$

$$a_2 = g\sin\theta - \frac{vB^2L^2\cos^2\theta}{m(R+r)}$$



力の向きはフレミングの左手の法則を使う

(6)

一定の速さ=加速度0

$$g\sin\theta - \frac{vB^2L^2\cos^2\theta}{m(R+r)} = 0$$

$$v_2 = \frac{mg(R+r)\sin\theta}{B^2L^2\cos^2\theta}$$

力のつり合いでも可
(5)を利用する

(7) 速さがv_2のときの電流をI_3とすると
(4)(6)の結果を利用して

$$I_3 = \frac{mg\tan\theta}{BL}$$

$$W_2 = {I_3}^2R = \left(\frac{mg\tan\theta}{BL}\right)^2 R$$

電力 $P = VI = I^2R = \dfrac{V^2}{R}$

抵抗RのVとIは変化するので
一定の値Rを含む式で求めるようにする