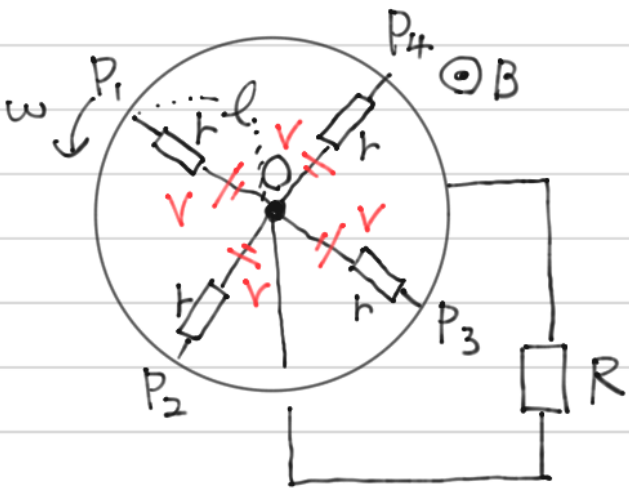
$\boxed{331}$

(1) 上から見た図

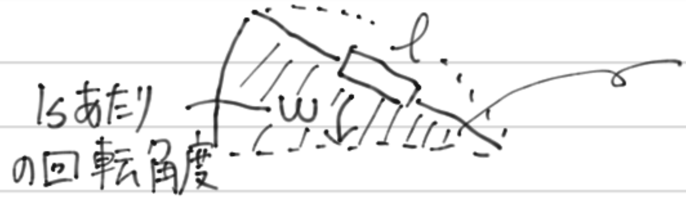


起電力の向きは右ねじで考えて

$O \to P_1$ 向き (イ)

大きさは、1sに横切る磁束の本数で考える。

1sで横切る面積Sは下図のようになる。



$$S = l \cdot l \cdot \pi \cdot \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{2} l^2 \omega$$

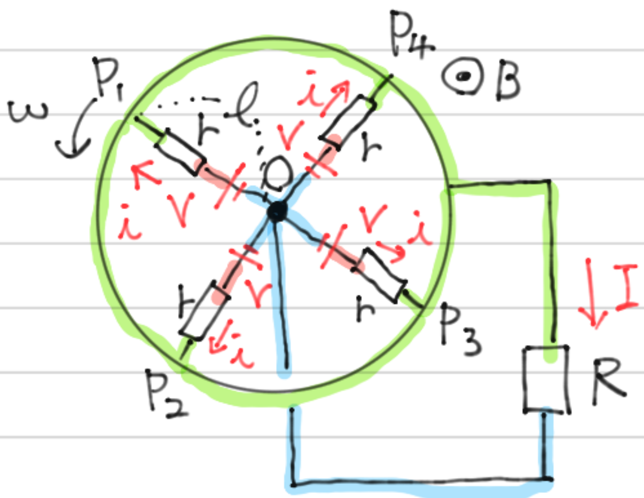
よって1sで横切る本数Φは

$$\Phi = BS = B \cdot \frac{1}{2} l^2 \omega = \frac{1}{2} B l^2 \omega$$

(ロ) これが起電力となる。

$\boxed{331}$ 続き

(2)



(ハ)

P_1～P_4で発生する起電力は、すべて並列接続になっており、全てを合わせた起電力は、1つあたりのものと変わらない。

よって

$$V_{全} = \frac{1}{2}Bl^2\omega$$

(ニ)

rにかかる電圧をV_r、Rにかかる電圧をV_Rとする。
また、rに電流をi、Rに流れる電流をIとする。

回路の対称性より、全てのrに流れる電流iは等しいので

$$i = \frac{1}{4}I \cdots ①$$

$O \to P_1 \to R \to O$の経路でのキルヒホッフ第2法則より、

$$V = V_r + V_R$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2}Bl^2\omega = V_r + V_R \cdots ②$$

オームの法則より、

$$V_r = ir$$ ①より

$$= \frac{1}{4}Ir \cdots ③$$

$$V_R = IR \cdots ④$$

②に③、④を代入して

$$\frac{1}{2}Bl^2\omega = \frac{1}{4}Ir + IR \qquad \therefore I = \frac{2Bl^2\omega}{4R+r}_{//}$$

$\boxed{331}$ 続き

(3)

(ホ) エネルギー収支を考えると

1秒あたりの
(外力による仕事) = (4つのrとRでの消費電力)

※消費電力は、1秒あたりのジュール熱
$$P = IV = I^2R = \frac{V^2}{R}$$
IとVが一定のときは、この公式で出せる。

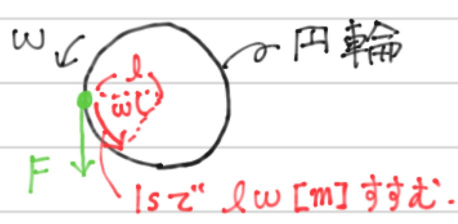
よって

1秒あたりの
$$(\text{外力による仕事}) = i^2 r \times 4 + I^2 R$$
$$= \left(\frac{I}{4}\right)^2 r \times 4 + I^2 R$$
$$= I^2 \left(\frac{1}{4} r + R\right)$$
$$= \left(\frac{2Bl^2\omega}{4R+r}\right)^2 \left(\frac{1}{4} r + R\right)$$
$$= \left(\frac{2Bl^2\omega}{4R+r}\right)^2 \cdot \frac{1}{4}(r + 4R)$$
$$= \frac{4B^2 l^4 \omega^2}{4(4R+r)} = \underline{\frac{B^2 l^4 \omega^2}{4R+r}}_{\,/\!/} \text{(ホ)}$$

(ヘ)

(仕事率) = (力) × (キョリ) の 1s分　と考える

(1sでのうごき)



左図より、1sでの仕事 P は
$$P = F \cdot l\omega \quad (P = Fv \text{ といえる})$$
これが(ホ)と等しいので
$$F \cdot l\omega = \frac{B^2 l^4 \omega^2}{4R+r}$$
$$\therefore F = \underline{\frac{B^2 l^3 \omega}{4R+r}}_{\,/\!/} \text{(ヘ)}$$