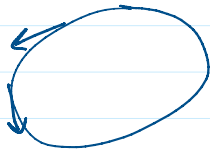


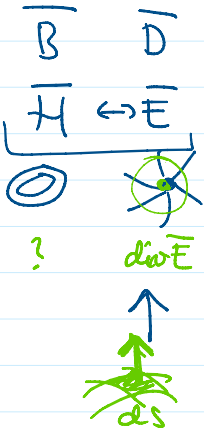
Operator rotacji



idealny prąd

zamknięte linie pola, np.

$$\oint \vec{H} \cdot d\vec{s} = 0$$



dobry

- linie pola $\vec{H}$
długości

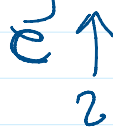
po zamkniętej (sfera)



Prosi się, aby opisać takiemu pola docharać poprzez

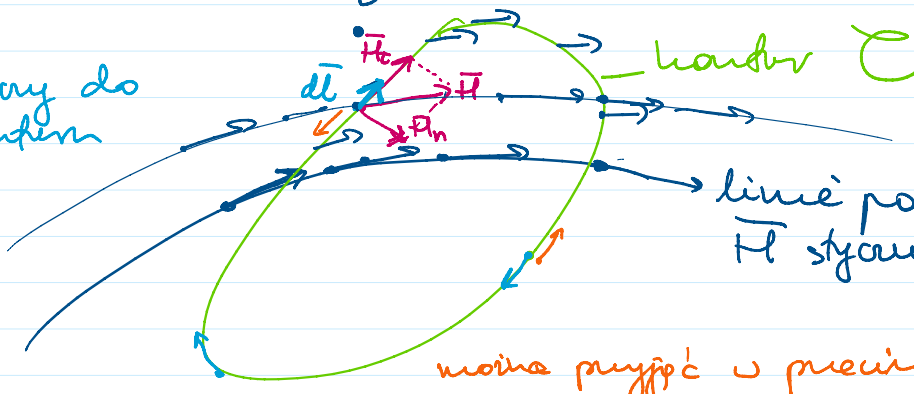
Wzrost wektora
H po krzywej C
zamkniętej

$$\oint \vec{H} \cdot d\vec{l} \neq 0$$



$\int \vec{H} \cdot d\vec{l}$
otwarta
krzywa

$d\vec{l}$ stygnący do
krawędzi

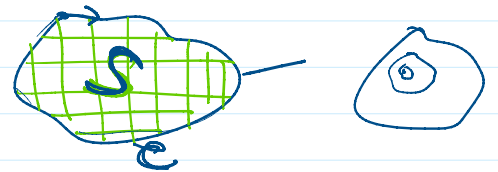


linie pola
 $\vec{H}$ stygnący do linii pola

można przenieść w przeciwną stronę

$$= \lim_{S \rightarrow 0} \frac{1}{S} \oint_C \vec{H} \cdot d\vec{l}$$

stator

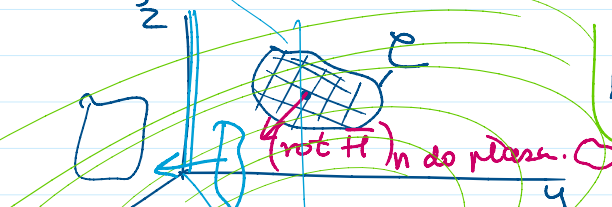


Na krzywej zamkniętej mogą
"rozpiąć" powierzchnię

Krawędź C można dowolnie zorientować w przestrzeni

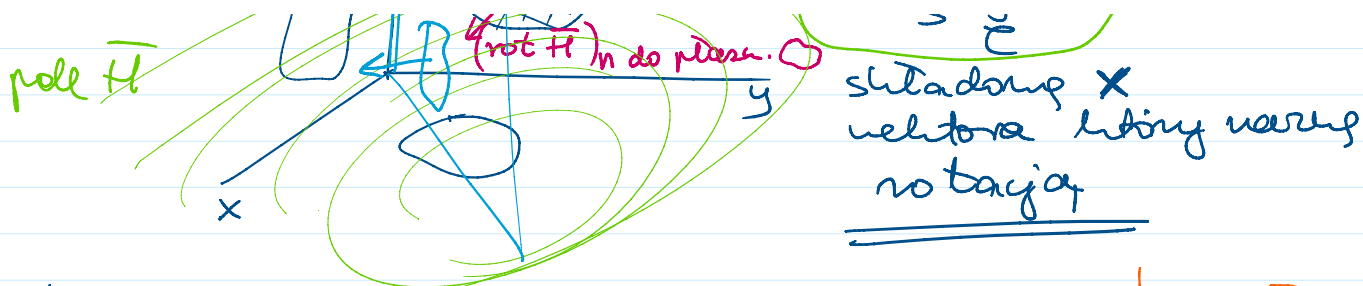
Wynik będzie zależał od tej orientacji!

pole $\vec{H}$



$$\lim_{S \rightarrow 0} \frac{1}{S} \oint_C \vec{H} \cdot d\vec{l} - \text{będzie}$$

składową X



komponenty w płaszczyźnie

y_2
 x_2
 xy

składowe

x
 y
 z

$$\text{div } \vec{E} = \frac{\partial E_x}{\partial x} + \frac{\partial E_y}{\partial y} + \frac{\partial E_z}{\partial z}$$

$$\text{rot } \vec{H} = \left(\begin{array}{c} \text{---} \end{array} \right) \quad (\text{curl } \vec{H})$$

Schemat do wyznaczenia współrzędnych wektora $\text{rot } \vec{H}$

Pisujemy tabelkę:
pomocniczą

$$\begin{pmatrix} \vec{e}_x & \vec{e}_y & \vec{e}_z \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ H_x & H_y & H_z \end{pmatrix}$$

$$(\text{rot } \vec{H})_x = \text{"det"} \begin{pmatrix} \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ H_y & H_z \end{pmatrix} = \frac{\partial H_z}{\partial y} - \frac{\partial H_y}{\partial z}$$

$$(\text{rot } \vec{H})_y =$$

$$= -\frac{\partial H_z}{\partial x} + \frac{\partial H_x}{\partial z} \quad \text{zmiana znaku!}$$

$$(\text{rot } \vec{H})_z =$$

$$= \frac{\partial H_y}{\partial x} - \frac{\partial H_x}{\partial y}$$

$$\text{rot } \vec{H} = \left(\frac{\partial H_z}{\partial y} - \frac{\partial H_y}{\partial z}, \frac{\partial H_x}{\partial z} - \frac{\partial H_z}{\partial x}, \frac{\partial H_y}{\partial x} - \frac{\partial H_x}{\partial y} \right)$$

$\text{grad } \phi$
 $\text{div } \vec{E}$
 $\text{rot } \vec{H}$

$$\text{rot grad } \phi \equiv 0$$

$$\text{div rot } \vec{H} \equiv 0$$

$\otimes$



rot $\vec{H}$

$$\text{div rot } \vec{H} \equiv 0 \quad (*)$$

$$\frac{\partial^2 H_z}{\partial y \partial x} - \frac{\partial^2 H_y}{\partial x \partial z} + \frac{\partial^2 H_x}{\partial z \partial y} - \frac{\partial^2 H_z}{\partial z \partial y} + \frac{\partial^2 H_y}{\partial x \partial z} - \frac{\partial^2 H_x}{\partial y \partial z} = 0$$

gdy $\text{rot } \vec{H} \neq 0$

pole magnetyczne wirujące



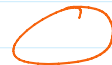
gdy $\text{div } \vec{E} \neq 0$

pole magnetyczne źródłowe



Gdy mamy dane pole bezwzględnie

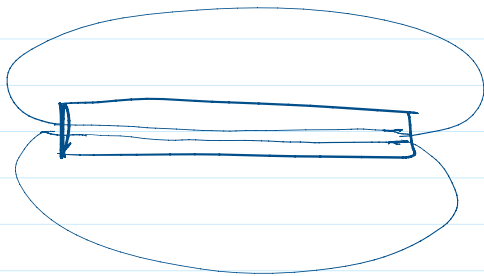
$$\text{rot } \vec{E} = 0$$



wówczas mogą przedstawiać to pole jako

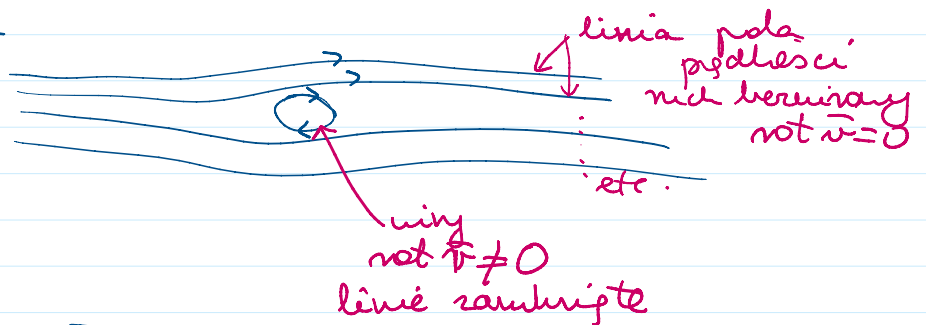
$$\vec{E} = -\text{grad } \phi$$

ϕ - potencjał skalarny



Przykłady pola wirowego w mechanice

(1) wir na rzecz

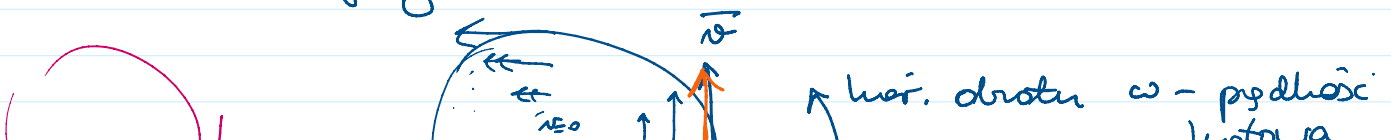


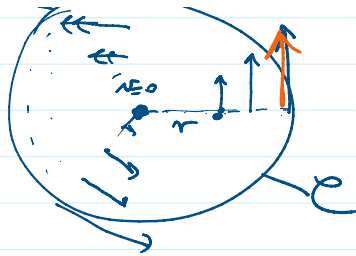
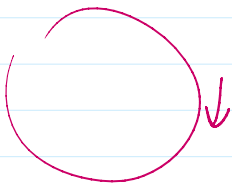
wir wodny wózek na wodzie



(2) dracappa i tarna

widok z góry





kor. drogi ω - prędkość kątowa
 $v(r) = \omega r$

linię pola prędkości punktów tworzą są drogami
 $\Rightarrow$ jest to pole wirowe

Rotacja tego pola: $(\text{rot } \vec{v})_n = \lim_{s \rightarrow 0} \frac{1}{S} \oint \vec{v} \cdot d\vec{l}$ n - normalna do toru
 C = droga o prom. r
 $\hookrightarrow$ c $S = \pi r^2$

$$\begin{aligned} \oint \vec{v} \cdot d\vec{l} &= \oint v dl = \oint \omega r dl = \omega r \oint dl \\ &= \omega r \oint dl \end{aligned}$$

długość drogi $= 2\pi r$

$$(\text{rot } \vec{v})_n = \lim_{s \rightarrow 0} \frac{\omega r \cdot 2\pi r}{\pi r^2} = 2\omega$$

$$\boxed{\text{rot } \vec{v} = 2 \vec{\omega}}$$

zgodnie z regułą śruby prawoskrętnej

