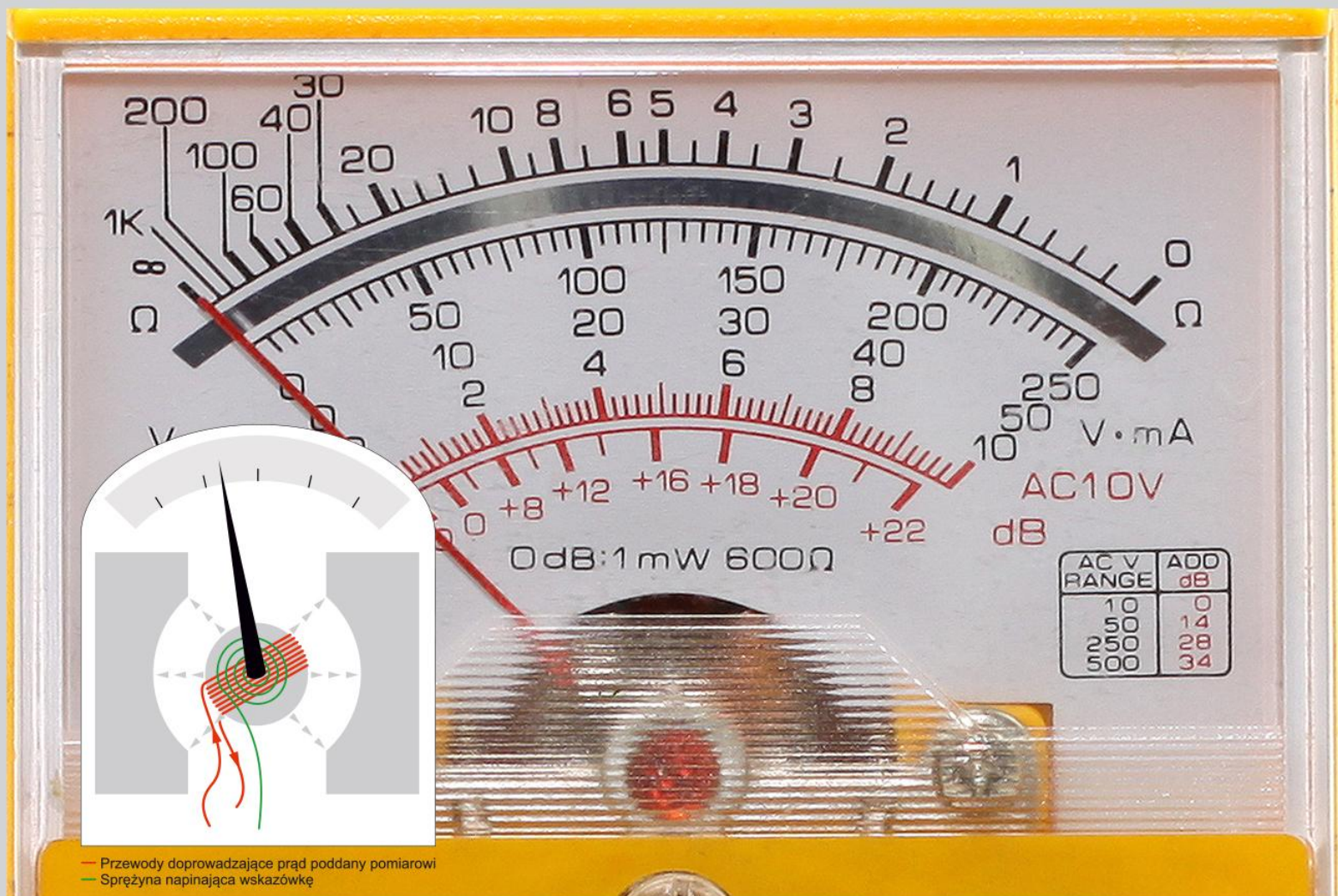


# *Siła elektrodynamiczna*



*dr inż. Romuald Kędzierski*

## Przypomnienie

### *Siła Lorentza*

*Działa na ciało elektrycznie naładowane (ładunek elektryczny) poruszający się w polu magnetycznym*

$$\vec{F}_L = q \cdot (\vec{v} \times \vec{B})$$

### *Kierunek działania siły Lorentza:*

*Jest prostopadły do płaszczyzny wyznaczonej przez wektory prędkości i indukcji magnetycznej*

### *Zwrot wektora siły Lorentza:*

*Dla ładunku dodatniego określa go reguła śruby prawoskrętnej*

*Należy „obracać” wektor prędkości na wektor indukcji magnetycznej po mniejszym kącie między nimi*

## *Co nazywamy prądem elektrycznym?*

*Jest to „uporządkowany” ruch ładunków elektrycznych,  
spowodowany przez pole elektryczne.*

*W przypadku przewodników metalicznych, nośnikami prądu są  
elektrony swobodne.*

### *Wniosek:*

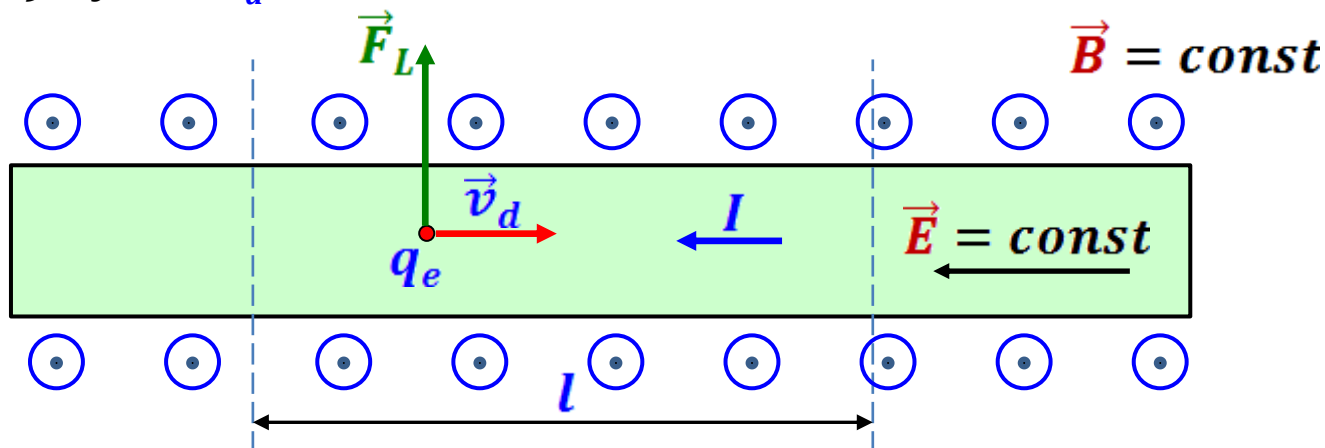
*Jeżeli przewodnik, przez który płynie prąd elektryczny, zostanie  
umieszczony w polu magnetycznym, to ...  
na każdy z elektronów swobodnych będzie działać siła Lorentza!*

*Siła wypadkowa pochodząca od sił Lorentza działających na każdy z  
elektronów swobodnych jest tzw. **siłą elektrodynamiczną!***

## Wyprowadzenie wzoru na wartość siły elektrodynamicznej

### Założenia wyjściowe:

- Prostoliniowy przewodnik o długości  $l$  znajduje się w jednorodnym polu magnetycznym o indukcji  $B$ .
- Przez przewodnik płynie prąd o stałym natężeniu  $I$ .
- Łączna liczba elektronów swobodnych w rozpatrywanym przewodniku wynosi  $n$ , a ładunek elektryczny każdego z nich  $q_e$ .
- Prędkość ruchu elektronów swobodnych wzdłuż przewodnika (tzw. prędkość dryfu) wynosi  $v_d$ .



## Wyprowadzenie wzoru na wartość siły elektrodynamicznej

Całkowity ładunek elektryczny zawarty w przewodniku o długości  $l$ :

$$Q = n \cdot q_e$$

Jeżeli elektrony poruszając się wzdłuż przewodnika ruchem jednostajnym, to:

$$l = v_d \cdot \Delta t \longrightarrow \Delta t = \frac{l}{v_d}$$

Zatem, natężenie prądu płynącego w przewodniku można wyrazić następująco:

$$I = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{n \cdot q_e}{\frac{l}{v_d}} = \frac{n \cdot q_e \cdot v_d}{l} \quad \text{Stąd:} \quad v_d = \frac{I \cdot l}{n \cdot q_e}$$

Na pojedynczy elektron działa siła Lorentza o wartości:  $F_L = |q_e| \cdot v_d \cdot B \cdot \sin\alpha$

Na każdy z elektronów działa (uśredniając) siła Lorentza o takiej samej wartości i zwrócona w tę samą stronę. Dlatego całkowita wartość siły działająca na elektrony poruszające się na długości  $l$  - tj. **siła elektrodynamiczna** - ma wartość:

$$F_{el} = n \cdot F_L = n \cdot |q_e| \cdot v_d \cdot B \cdot \sin\alpha$$

## Wyprowadzenie wzoru na wartość siły elektrodynamicznej

Zatem:

$$\left. \begin{aligned} F_{el} &= n \cdot |q_e| \cdot v_d \cdot B \cdot \sin\alpha \\ v_d &= \frac{I \cdot l}{n \cdot q_e} \end{aligned} \right\} F_{el} = n \cdot |q_e| \cdot \frac{I \cdot l}{n \cdot q_e} \cdot B \cdot \sin\alpha$$

Stąd:

$$F_{el} = I \cdot l \cdot B \cdot \sin\alpha$$

W ogólności:

$$\vec{F}_{el} = I \cdot \vec{l} \times \vec{B}$$

$\vec{l}$  - wektor o wartości (długości)  $l$ , skierowany wzdłuż przewodnika, w stronę, w którą płynie umownie prąd elektryczny

## Uwagi i wnioski:

*a. Przewodnik biegnie równoległe do linii pola magnetycznego:*

$$\vec{l} \parallel \vec{B} \implies (\alpha = 0^\circ \text{ lub } \alpha = 180^\circ) \implies \sin\alpha = 0 \implies \mathbf{F}_{el} = \mathbf{0}$$

*b. Przewodnik biegnie prostopadle do linii pola magnetycznego:*

$$\vec{v} \perp \vec{B} \implies \alpha = 90^\circ \implies \sin\alpha = 1 \implies \mathbf{F}_{el} = I \cdot l \cdot B = \max$$

*c. Kierunek działania siły elektrodynamicznej:*

*Jest prostopadły do płaszczyzny wyznaczonej przez wektory  $\vec{l}$  i  $\vec{B}$*

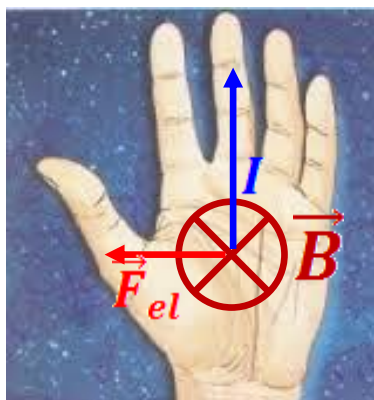
*d. Zwrot wektora siły elektrodynamicznej:*

*Określa go reguła śruby prawoskrętnej*

*Należy „obracać” pierwszy z wektorów – występujących w iloczynie wektorowym – na drugi nich po mniejszym kącie między nimi*

## Uwaga:

Jeżeli kierunek przepływu prądu elektrycznego w przewodniku jest prostopadły do linii pola magnetycznego, to do określenia kierunku i zwrotu siły elektrodynamicznej można użyć **reguły lewej dłoni**.



$$\vec{l} \perp \vec{B}$$