0 | FIZYKA | MAGNETYZM

Siła Lorentza – siła jaka działa na cząstkę, którą wpuścimy w obszar pola magnetycznego. (Pole to wywiera wpływ na daną cząstkę tylko jeżeli ta cząstka się porusza i jest naładowana)

$$\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$$

pole jednorodne – w każdym punkcie jest takie samo (wektor indukcji jest taki sam)

* ruch cząstki w polu jednorodnym:
  → jeśli cząstka wpadła prostopadle do pola magnetycznego to $qvB = \overbrace{\frac{mv^2}{r}}^{\text{siła dośrodkowa}}$

* okres: (nie zależy od prędkości z jaką wrzuciliśmy cząstkę !!!)

$$T = \frac{2\pi m}{qB}$$

Uogólnienie wzoru Lorentza – dla prądu cząstek (niepunktowe, tylko zajmują objętość)

$$\vec{F} = \int_V \underset{\text{wektor gęstości prądu}}{\vec{j}} \times \overset{\text{wektor indukcji}}{\vec{B}}\, dV$$

ZADANIE

* Elektron przyspieszamy w polu o różnicy potencjałów $U = 15000\,V$
* Następnie pozwalamy mu krążyć w płaszczyźnie prostopadłej do jednorodnego pola magnetycznego o indukcji $B = 0{,}4\,T$
* Szukane: promień orbity tego elektronu?

① **WZ. NA ENERGIĘ** – jeśli taki elektron umieścimy między dwoma płytkami, do których byśmy podłączyli baterię, to taki elektron będzie rozpędzany w kierunku od płytki ujemnej do dodatniej.

$$E = |q|U \underbrace{= \text{energia kinetyczna} = \frac{1}{2}mv^2}$$

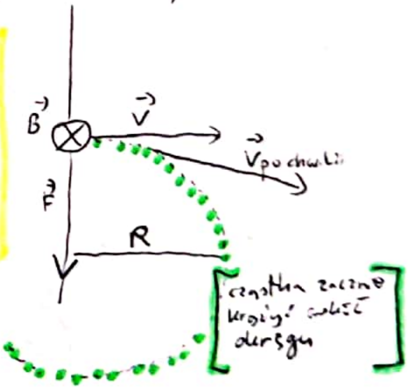
$$v = \sqrt{\frac{2|q|U}{m}}$$

* pole magnetyczne nie jest w stanie rozpędzić ciała, zmienić jego energii kinetycznej

$q = -e = -1{,}6\cdot 10^{-19}\,C$ – wartość ujemna

$\vec{F} = q\vec{v}\times\vec{B}$ – TRZEBA ODWRÓCIĆ KIERUNEK ILOCZYNU WEKTOROWEGO $\vec{v}\times\vec{B}$!

WAŻNE !



② **WZ. NA RUCH CZĄSTKI W POLU JEDN.**

$$qvB = \frac{mv^2}{R} \rightarrow R = \frac{mv}{qB}$$

③ **WZ NA OKRES**

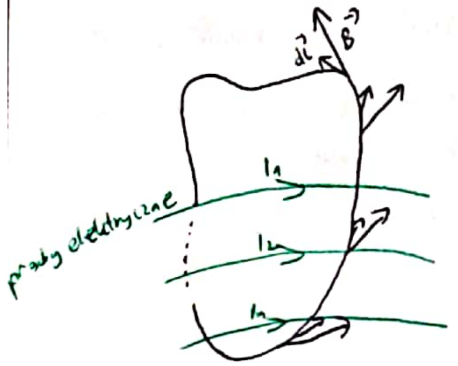
z pr. kątowej: $\omega = \frac{v}{R} = \frac{2\pi}{T} \rightarrow T = \frac{2\pi R}{v}$

Prawo Ampere'a

- służy do wyznaczania pola magnetycznego od zadanych rozkładów prądów płynących np. w przewodnikach

$$\oint \vec{B} \circ d\vec{l} = \mu_0 I_{całkowite}$$

*** krążenie pola magnetycznego**
- jeżeli weźmy dowolną matematyczną pętlę (krzywą zamkniętą) to krążenie to mówi jak bardzo pole magnetyczne jest styczne do krzywej
[IM BARDZIEJ JEST STYCZNE tym krążenie większe]
- zależy to tylko od sumarycznych prądów przepływ. przez powierzchnię (ograniczoną tą krzywą)



* indukcja na kierunek CCW (counter-clock-wise) więc śruba tak jakby się wykręca do mnie (przez kartkę) CZYLI prądy płynące w moją stronę traktuję jako dodatnie!

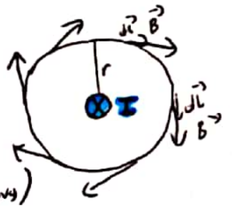
* przyda się do wyznaczania pola magnetycznego B, gdy z symetrii uda się nam ustalić, że na zamkniętej krzywej pole magnetyczne $|\vec{B}| = const$

* jeżeli $d\vec{l}$ i $\vec{B}$ są styczne to jest to wektor skalarny długości

* jeśli $|\vec{B}| = const$ to można to coś wyjąć przed całkę, a całka z samego $d\vec{l}$ to po prostu długość tej krzywej (np. gdy krzywa to okrąg to $\oint d\vec{l}$ to $2\pi r$)

Wyznaczenie pola magnetycznego wokół przewodnika nieskończonego przez, który płynie prąd o natężeniu I
[prostoliniowy przewodnik]

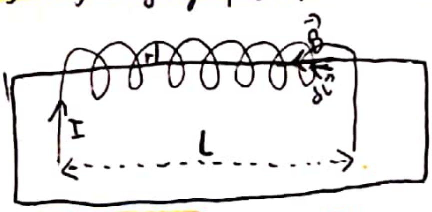
- ma symetrię obrotową
- jest nieskończenie cienki
- pole ma stałą wartość na okręgu (mogę wybrać dowolną krzywą)
- dowolny promień r



$$|\vec{B}|\, 2\pi r = \mu_0 I \rightarrow |\vec{B}|(r) = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

Wyznaczenie pola magnetycznego w zwojnicy (tzw. cewce)

- element elektryczny, gdzie kawałek przewodnika jest nawijany w okręgi, które są blisko siebie
- gdy do tej zwojnicy przyłożymy baterię to przez nią płynie prąd elektr. (źródło pola magnetycznego)



* pole magnetyczne na zewnątrz zwojnicy jest równe zero !!!

* zwojnica jest bardzo długa względem średnicy („nieskończona")

$$\boxed{\oint \vec{B} \circ d\vec{l} = \mu_0 I} \rightarrow |\vec{B}| \cdot L = \mu_0 N I \rightarrow |\vec{B}| = \frac{\mu_0 \cdot N \cdot I}{L} = const$$

tylko dla powierzchni obejmowanej tymi zwojami bo:

L - długość kawałka zwojnicy
* czyli całka po częściach $d\vec{l}$ to L
NIE TRZEBA LICZYĆ

N - Liczba zwojów
prąd przepływa wielokrotnie przez powierzch. ogr. tą krzywą (powierzchnia prostokąta)
TYLE RAZY ILE ZWOJÓW MA ZWOJNICA (N)

POLE JEST O DZIWO JEDNORODNE
(bo r nie wystąpiło nigdzie we wzorze)
= WZÓR DZIAŁA W KAŻDYM PUNKCIE

c.d.n →

Zwojnica c.d.

***strumień** – przydaje się np. do prawa Faradaya

– jest równy wielokrotności strumienia przepływającego przez pojedynczy zwój

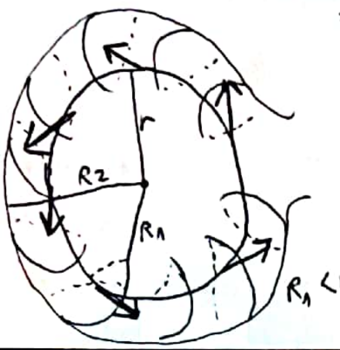
$\Phi_1 = \int \vec{B} \circ d\vec{S} = |B| S = |B| \cdot \pi r^2$ – strumień przez jeden zwój

└ ponieważ $|B| = const$ w zwojnicy

$\Phi = N \cdot \Phi_1$ – strumień całkowity

(N – ilość zwojów)

Toroidalna zwojnica – pole magnetyczne



$R_1 < r < R_2$

*symetria dostarcza stałą wartość (pola magnetycznego) na okręgu

*pole magnetyczne na zewnątrz = 0

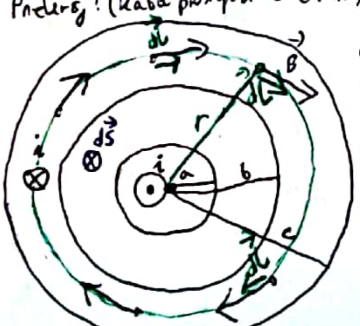
$|\vec{B}| 2\pi r = \mu_0 N \cdot I$ → $|\vec{B}| = \frac{\mu_0 N I}{2\pi r}$

N – ilość zwojów; I – prąd w pojedynczym zwoju (Natężenie = const)

Wniosek: – im więcej zwojów tym większe pole magnetyczne

Indukcja w koncentrycznym kablu

Przekrój: (kabel prostopadle do ekranu)



$r < a$ przewodnik

$a < r < b$

$b < r < c$ przewodnik

*gęstość (prądu) w danym przewodniku jest stała

*rozkłady prądów mają symetrię obrotową więc można zastosować prawo Ampere'a.

NIE WIEM W KTÓRĄ STRONĘ (CW/CCW) BĘDĄ KRĄŻYĆ INDUKCJE WIĘC PRZYJMUJĘ WYBRANY, ALE JEŚLI WSP. INDUKCJI WYJDZIE UJEMNA TO KIERUNEK BĘDZIE PRZECIWNY

1 Z prawa Ampere'a:

$\oint \vec{B} \circ d\vec{l} = \mu_0 I_w$

przy obiegu CW (wektor $d\vec{S}$ za ekran) natężenia cząstkowe za kartkę → dodatnie, przez kartkę → ujemne

Klasyczne: $d\vec{l}$ i $\vec{B}$ są równoległe czyli przechodzą na iloczyn skalarny

$\oint B\, dl = B(r) \oint dl = B(r) \cdot 2\pi r$ → $B(r) = \frac{\mu_0 I_w}{2\pi r}$

2 Potrzebuję I wypadkowe: $I_w = -i + I_1$

a) natężenie przewodnika gdzie $r < a$ → JEST PRZECIWNIE SKIEROWANE DO $d\vec{S}$ $(-i)$ CZYLI UJEMNE

b) natężenie między b, a r (muszę odliczyć to natężenie poza zielonym kołem r) (I_1)

4 LICZĘ GĘSTOŚĆ PRĄDU W PRZEWODNIKU $b < r < c$

$j = \frac{i}{\pi c^2 - \pi b^2}$ (odejmuję pole koła magnetycznego aby wyciąć obwarzanek)

5 LICZĘ I_1 (znowu ten sam wzór)

$I_1 = j \cdot S_1 = j(\pi r^2 - \pi b^2)$

*j znam z **4** więc wstawiam

$I_1 = \frac{i}{\pi c^2 - \pi b^2} \cdot (\pi r^2 - \pi b^2)$

6 Finalny wzór

$$B(r) = \frac{\mu_0(-i + I_1)}{2\pi r}$$

* gdy wyjdzie ujemne to odwracać kierunek wektorów

Co to jest natężenie prądu stałego?

$I = \frac{dq}{dt}$ ILOŚĆ ŁADUNKU JAKI PRZEPŁYWA PRZEZ CAŁĄ POWIERZCHNIĘ W JEDNOSTCE CZASU

3 $j = \frac{I}{S}$

W tym przypadku $\vec{j} \parallel d\vec{S}$:

$I = \int \vec{j} \circ d\vec{S} = j \int dS = j \cdot S$ (S – pole powierzchni)

Gdy natężenie nie jest wystarczającą informacją jak płynie prąd to trzeba je odnieść do tej powierzchni prostopadłej do kierunku płynięcia prądu → GĘSTOŚĆ PRĄDU:

$I = \int \vec{j} \circ d\vec{S}$ ($\vec{j}$ – wektor gęstości prądu)

*znając natężenie można uzyskać z tej całki gęstość prądu

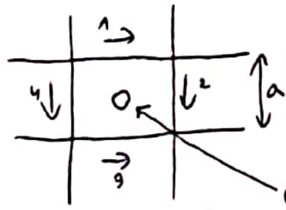
$\vec{j} = n \cdot e \cdot \vec{v}$

n – gęstość ładunków; e – ładunek niesiony przez jedną cząstkę; $\vec{v}$ – prędkość cząstek

Indukcja magnetyczna w środku kwadratu

→ magnetostatyka

* źródłem pola magnetycznego są płynące prądy
* jeżeli natężenia prądów płynących przez te przewody są stałe to i pole magnetyczne będzie stałe



strzałki = kierunki prądów (izolowane prądy)

$B(r) = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$ tu $\vec{B} = \vec{B_1} + \vec{B_2} + \vec{B_3} + \vec{B_4}$, $B_i = \frac{\mu_0 i}{2\pi \frac{a}{2}}$

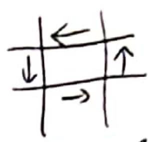
$B_z = B_1 + B_2 - B_3 - B_4 = 0$, czyli $\vec{B} = 0$

⊗⊗⊙⊙ $B_1\ B_2\ B_3\ B_4$

(biorę to miejsce gdzie teraz szukasz)

* prąd tworzy pętlę w kierunku jak nasz palce zagiętej
* żeby znać kierunek wektora wyobraź sobie tę pętlę i kierunek w tym konkretnym miejscu – dlatego ↓ ⊙ ↓ prądy zakrzywiają pole magnetyczne

a gdy



$\vec{B_1} \dots \vec{B_4}$ ⊙⊙⊙⊙ czyli

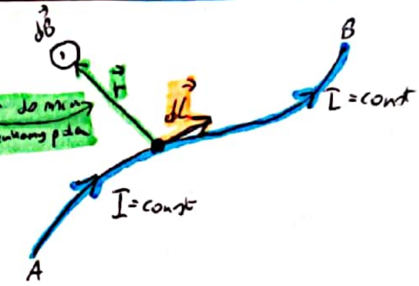
$B = B_z = 4 \cdot B_i = 4 \frac{\mu_0 \cdot i}{\pi a}$ [T]

Prawo Biota-Savarta

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \cdot \frac{d\vec{l} \times \vec{r}}{r^3}$$

(pole magnetyczne od jednego kawałka)

r – wektor do miejsca gdzie szukamy pola

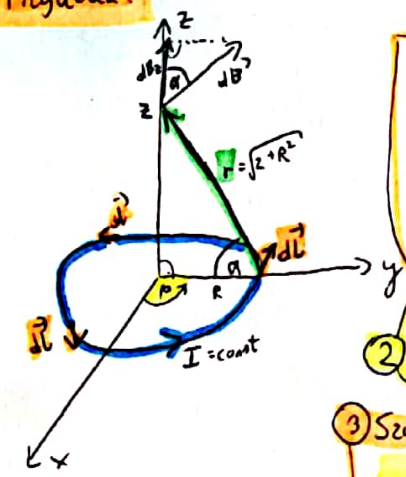


$$\vec{B} = \int_A^B d\vec{B}$$

$\vec{B} = (x, y, z)$ tzn są 3 równania!

* używamy gdy nie da się użyć prawa Ampere'a = nie ma symetrii = $|\vec{B}| \neq const$ na krzywej

Przykład:



Dane: I, R, okrąg, z to dowolna dana (funkcja będzie od niej)

Szukane: $\vec{B}(0,0,z)$

① Zapisuję czego właściwie szukam

* nie ma powodu dla którego $\vec{B}$ miało by być skierowane w bok itp. ponieważ jest idealnie nad kołem, stąd:

$\vec{B}(0,0,z) = \hat{k} \cdot B_z(z)$, gdzie $B_z = \int_A^B dB_z = \int_A^B dB \cdot \cos\alpha$

(wersor * długość)

Z reguły śruby $d\vec{l}$ najeżdża na $\vec{r}$ czyli śruba się wykręca o tak ↗

② Zapisuję wektor $d\vec{B}$ na końcu wektora $\vec{r}$

③ Szukam długości dB_z: porównuję cosinusy trójkąta na dole i u góry

$\cos\alpha = \frac{R}{\sqrt{z^2+R^2}} = \frac{dB_z}{dB}$ znając $\cos\alpha$ zapisuję $\boxed{dB_z = dB \cdot \cos\alpha}$, wstawiam

④ Zapisuję już prawo Biota-Savarta

* $d\vec{l} \times \vec{r} = dl \cdot r \cdot \sin(\angle d\vec{l}, \vec{r})$ → KĄTY SĄ PROSTOPADŁE, $\sin(..) = 1$ czyli POMIJAM ILOCZYN WEKTOROWY

$$dB = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \cdot \frac{dl \cdot r}{r^3}$$

⑤ ZAMIENIAM dl NA COŚ ZALEŻNE OD ϕ

DŁUGOŚĆ ŁUKU = PROMIEŃ * KĄT

$dl = R\, d\phi$

wstawiam to do wzoru jako całkę

$$R \cdot \int_0^{2\pi} d\phi$$

⑥ Wstawiam to wszystko do wzoru na B_z z punktu ①

$$B_z(z) = \frac{\mu_0 I R^2}{4\pi(\sqrt{z^2+R^2})^3} \cdot \underbrace{\int_0^{2\pi} d\phi}_{=2\pi} = \frac{\mu_0 I R^2}{2(\sqrt{z^2+R^2})^3}$$

[wzór na wartość pola magnetycznego w odległości z od okręgu z prądem]

OGÓLNIE (DLA $z = 0$)

$$B(R) = \frac{\mu_0 I}{2R}$$

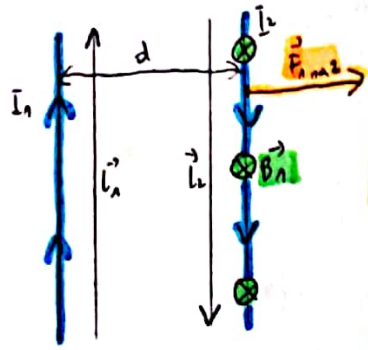
INDUKCJA W ŚRODKU PĘTLI

Siła elektrodynamiczna

– siła, która działa na zadany przewodnik z prądem, utrzymywany w jakimś stałym polu magnetycznym zewnętrznym (wytworzone przez inne źródło niż przewodnik)

* jest to wypadkowa wszystkich sił Lorentza jakie działają na ładunki

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



Wyprowadzenie siły z jaką oddziałują 2 przewodniki

zał: $l_1 = l_2$

[* wokół takiego przewodnika na danym okręgu o promieniu r jest pole magnetyczne o stałej wartości]

[* jakby się śrubę umieściło w miejscu przewodnika z prądem to kierunek wkręcania pokazuje zwrot pola magnetycznego]

Wzór na pole magnetyczne (z prawa Ampere'a)

[* przewodnik 1 odpycha przewodnik 2, i na zasadzie III z.D. 2 przew. działa analogicznie na przew. 1]

ANALOGICZNIE

Pole magn. przewodnika 1 w miejscu przewodnika 2:

$$B_1 = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi d}$$

Siła elektrodynamiczna:

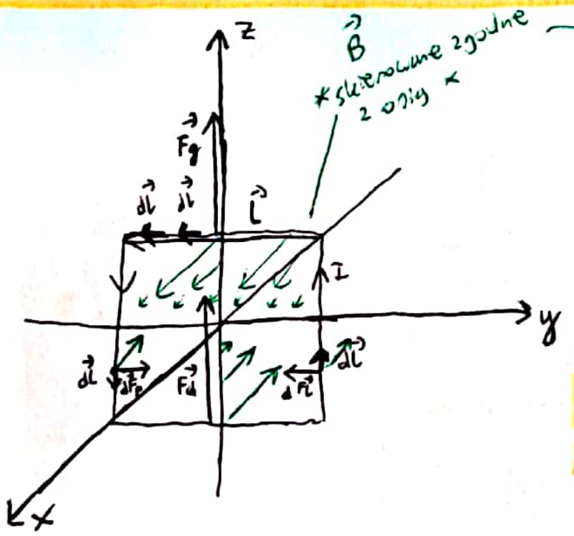
Siła z jaką przewodnik 1 działa na przewodnik 2:

$$F_{1\to 2} = I_2 \, l_2 \, B_1$$

długość i prąd z 2 przewodnika

pole zewnętrzne wytworzone przez 1 przewodnik

Siła elektrodynamiczna w polu niejednorodnym



(czym mniejsze z tym mniejsze pole)

indukcja dana wyrażeniem: $\vec{B} = k\,z\,\hat{i}$ (zmienne pole magnetyczne)

Szukane: siła działająca na prostokątną ramkę o boku a

① Piszę ogólny wzór na siłę elektrodynamiczną:

$$\vec{F} = I \cdot \int d\vec{l} \times \vec{B}$$

w polu niejednorodnym piszę $\int d\vec{l}$ zamiast $\vec{l}$

② Zapisuję siłę górną

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

→WARTOŚĆ: $F_g = I \cdot \underbrace{a}_{(|\vec{l}|=a)} \cdot \underbrace{k \cdot \frac{a}{2}}_{(B=kz,\ z=\frac{a}{2})} = \frac{Ika^2}{2}$

* tutaj nie potrzeba całki bo widzę jak wygląda $\vec{l}$

③ Siła dolna jest taka sama

* jedyna różnica to $z = -\frac{a}{2}$, a nie $+\frac{a}{2}$, ale jako, że brana jest WARTOŚĆ a nie wektor to minus się kasuje

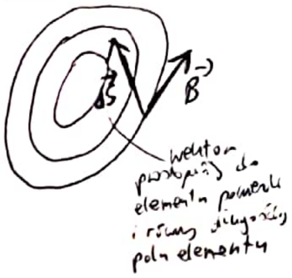
④ Siły boczne się znoszą parami

$$d\vec{F}_p + d\vec{F}_L = 0$$

⑤ Wypadkowa siła to $2 * \vec{F}_g$

$$\vec{F} = I k a^2$$

Prawo Faradaya



*** strumień** [ile przepływa [wpływa i wypływa] przez powierzchnię] $\Phi = \int \vec{B} \circ d\vec{S}$

- w szczególnych przypadkach $\Phi = \vec{B} \circ \vec{S}$ (- płaska powierzchnia, - pole jednorodne)

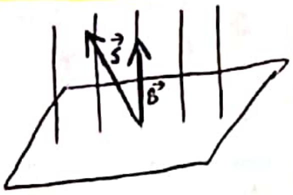
(nie trzeba całkować po $d\vec{S}$ bo powierzchnia płaska)

$$\varepsilon = -\frac{d\Phi}{dt}$$

Strumień może się zmieniać z dwóch powodów:
1) zmiana pola magnetycznego (oddziaływanie magnesów)
2) kształt / orientacja pętli się zmienia

Jeżeli pole magnetyczne się zmienia tak, że strumień rośnie to w tej pętli powstaje taka siła elektromotoryczna, która powoduje płynięcie prądu takiego, że pole magnetyczne wytworzone przez ten prąd jest przeciwnie skierowane do tego zewnętrznego pola magnetycznego.

dosłowne znaczenie:
* jeżeli strumień ograniczony pętlą się zmienia to pochodna [szybkość zmian tego strumienia w czasie] decyduje o powstałym napięciu całej pętli



* wektor $\vec{S}$ jest prostopadły do powierzchni
* jeśli jego zwrot jest ku górze to zgodnie ze śrubą prąd dodatni na pętli idzie CCW ↺ ; to ten prąd płynie CW ↻
* jeśli siła elektromotoryczna ε wyjdzie ujemna

Prawo Faradaya zapisane różniczkowo

$$\vec{\nabla} \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$

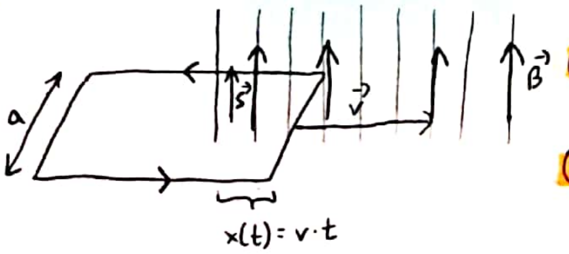
* jeżeli pojawia się zmienne pole magnetyczne w czasie to wywołuje ono powstanie w przestrzeni zmiennego pola elektrycznego

* ta zmiana pola magnetycznego powoduje, że na brzegu pętli powstanie wirowe pole elektryczne.
* w przewodzie - czyli generalnie metalu - są swobodne elektrony, więc zaczyna na nie działać siła
* ta siła wprawia w ruch te ładunki, gdy pętla jest zamknięta (płynie prąd)
(płynie prąd)

* gdy pętla jest otwarta to powstaje napięcie

Przykład: - skończony obszar pola magnetycznego, które jest jednorodne
ETAP 1: * wjeżdżamy na nie ramką z przewodnikiem ruchem jednostajnym

* zanim ramka nie wjechała to strumień wynosi 0, czyli nie ma żadnego napięcia



① Zapisuję jak się zmienia pole [POLE S TO TYLKO TA CZĘŚĆ POLA GDZIE PRZECHODZI POLE MAGNETYCZNE]

$x(t) = v \cdot t$ więc $S(t) = x(t) \cdot a = a v t$

CZAS TEŻ LICZĘ OD WJECHANIA W POLE MAGNETYCZNE

② Zapisuję strumień

$$\Phi(t) = \underbrace{\vec{B} \circ \vec{S}}_{\text{równoległe = iloczyn wartości}} = B \cdot a \cdot v \cdot t$$

③ Podstawiam do prawa Faradaya

$\varepsilon = -B \cdot a \cdot v$ (powstanie w ramce ujemna dodatkowa siła elektromotoryczna)

(bo jakby w ramce były jakieś baterie to one też są siłami elektromotorycznymi)

④ Z prawa Ohma można wyliczyć natężenie prądu

$I = \frac{-Bav}{R}$ (ujemne więc przeciwnie do rysunku)

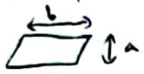
c.d. ↳

Przykład c.d.: ETAP 2

$$\mathcal{E} = -\frac{d\Phi}{dt} = 0$$

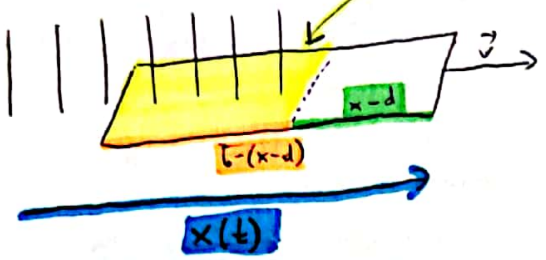
* gdy cała ramka wjedzie w obszar pola magnetycznego to:

- strumień to $\Phi = B \cdot a \cdot b$



* nie zmienia się w czasie ⇒ szybkość zmian = pochodna = 0 czyli NIE MA ŻADNEJ SIŁY ELEKTROMOTORYCZNEJ INDUKOWANEJ [jeśli nie było innych baterii to prąd nie płynie]

ETAP 3 * ramka wyjeżdża



Pole tej części która jeszcze jest w polu magnetycznym

$S(t) = (b-(x-d))\cdot a = (b - vt + d)a$

$x = vt$

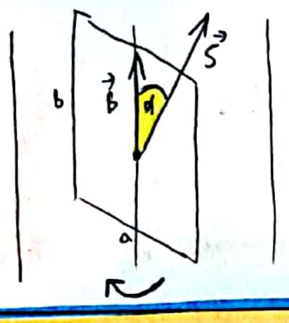
MNOŻĄC PRZEZ WARTOŚĆ POLA MAGNETYCZNEGO LICZĘ STRUMIEŃ

$\Phi(t) = S(t)\cdot B = B\cdot(b - vt + d)a$

Z prawa Faradaya:

$$\mathcal{E} = -\frac{d\Phi}{dt} = B a v$$

Obracająca się ramka w polu magnetycznym



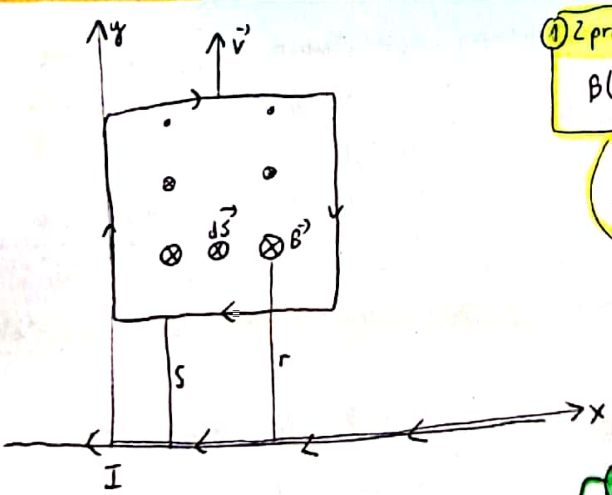
$\Phi(t) = \vec{B} \circ \vec{S} = B\cdot ab\cdot\cos\alpha = Bab\cos(\omega t)$

$\alpha = \omega t$

$\mathcal{E} = -\Phi'(t) = Bab\sin(\omega t)\cdot\omega$

pochodna argumentu (POCHODNA ZŁOŻONA BYŁA)

Siła elektromotoryczna indukowana w prostokątnej ramce



1) Z prawa Ampere'a

$B(r) = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$

$r = y$

$B(y) = \frac{\mu_0 I}{2\pi y}$

2) Strumień - zależy od odległości s

$\Phi(s) = \int \vec{B} \circ d\vec{S} = \int B \cdot dS$ (równoległe)

$dy \cdot dx$; $dx\,dy = dS$

* granice całkowania

$0 \leqslant x \leqslant a$

$s \leqslant y \leqslant s+a$

$= \frac{\mu_0 I}{2\pi}\int_0^a dx \int_s^{s+a} dy \cdot \frac{1}{y} = \frac{\mu_0 I}{2\pi}\, a \ln y \Big|_s^{s+a}$

$\Phi(s) = \frac{\mu_0 I}{2\pi}\, a \cdot \ln\left(\frac{s+a}{s}\right)$

$s(t)$ wtedy było

3) * strumień zależy od s, ale s zależy od czasu

$s(t) = s + vt$

pierwotna odległość; przebyta droga

4) Z prawa Faradaya

$$\mathcal{E} = -\frac{d\Phi(s(t))}{dt} = -\frac{d}{dt}\frac{\mu_0 I}{2\pi}\, a \cdot \ln\frac{s+vt+a}{s+vt} = \frac{v\,\frac{\mu_0 I}{2\pi}}{(s+vt+a)(s+vt)} > 0$$

[kierunek obiegu tej pętli taki sam jak kierunek prądu indukcyjnego]

5) DODATKOWO: Z PRAWA OHMA

$i(t) = \frac{\mathcal{E}(t)}{R}$ (jak się zmienia będzie prąd indukcyjny)

Reguła Lenza

przesuwając tą poprzeczkę w lewo:

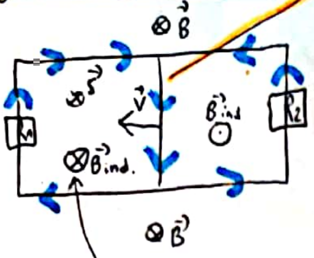
* rozmiar prostokąta jest mniejszy ⇒ strumień obejmowany przez tą pętlę jest też coraz mniejszy

LEWEGO

⇒ OBEJMUJE CORAZ MNIEJ ZEWNĘTRZNEGO POLA MAGNETYCZNEGO

⇓

żeby pętla z reguły Lenza się przeciwstawiła temu zjawisku MUSI WYTWORZYĆ PRĄD INDUKOWANY NA BRZEGU TEJ PĘTLI W TAKIM KIERUNKU ŻE POLE MAGNETYCZNE TEGO PRĄDU INDUKOWANEGO SIĘ PRZECIWSTAWI TEJ PRZYCZYNIE



kierunek $\vec{B}$ indukowanego zgodny z wektorem $\vec{S}$

* w przypadku tego prostokąta na prawo:

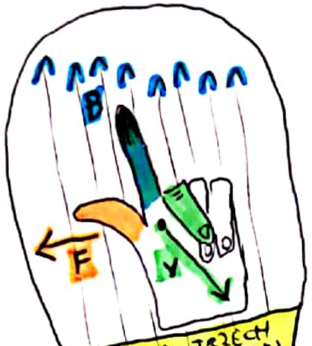
- zwiększa się pole magnetyczne zewnętrzne, więc w odpowiedzi powstaje $\vec{B}_{ind}$. ale o przeciwnym zwrocie

WNIOSEK: (zakładając wektor $\vec{S}$ ⊗)

- w lewym prostokącie prąd: leci CW ↻, bo zewn. pole magn. się zmniejsza
- w prawym prostokącie prąd: leci CCW ↺, bo zewn. pole magn. się zwiększa

[prąd indukowany]

OGÓLNIE: za przyczynę powstawania pola indukowanego odpowiedzialne jest prawo Faradaya, ale kierunek prądu indukowanego odpowiada reguła Lenza.



REGUŁA TRZECH PALUCHÓW LEWEJ DŁONI

POLE MAGNETYCZNE

KIERUNEK WEKTORA
- ⊙ przed kartką
- ⊗ za kartką

PRAWO AMPERE'A

natężenie pola magnetycznego

$H = \frac{1}{2\pi r}$, r - ODLEGŁOŚĆ OD NIESKOŃCZENIE DŁUGIEGO PRZEWODNIKA

siła Lorentz'a

$F = qvB\sin\alpha$

B - indukcja pola magnet.
α - kąt między prędkością a indukcją

wektorowo

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

Ładunek wpadł:

*** pod kątem 0°**

$\sin\alpha = 0 \rightarrow F = 0$

*** pod kątem 90°**

Ładunek będzie się poruszał z prędkością styczną do toru = BĘDZIE SIĘ PORUSZAĆ PO OKRĘGU =

siła Lorentza = siła odśrodkowa

$\boxed{\alpha = 90^\circ,\ \sin\alpha = 1}$

$F_L = F_d$

$qvB\sin\alpha = \frac{mv^2}{r}$

$qvB = \frac{mv^2}{r}$

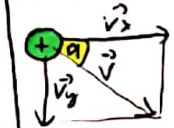
$qBr = mv$

RUCH PO OKRĘGU → ZNAM WZOREK NA PRĘDKOŚĆ

$v = \frac{2\pi r}{T}$

*** pod kątem 0-90°**

RUCH ŚRUBOWY



TYLKO V_y PORUSZA SIĘ RUCHEM WOKÓŁ OKRĘGU

$\sin\alpha = \frac{V_y}{V} \rightarrow V_y = V\sin\alpha$

$qvB\sin\alpha = \frac{m(v_y)^2}{r}$

$qV_yB = \frac{m(v_y)^2}{r}$

$qBr = mv_y \rightarrow V_y = \frac{2\pi r}{T}$ MOŻNA PORÓWNAĆ