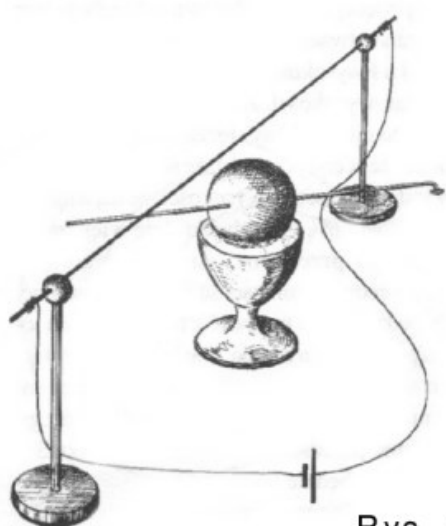


**Temat : Oddziaływania elektromagnetyczne**

Wojciech Dindorf, Elżbieta Krawczyk

Proponujemy zacząć od przypomnienia doświadczenia z igłą magnetyczną i przewodnikiem , przez który płynie prąd (Rys. 1).



W myśl trzeciej zasady dynamiki oddziaływania muszą być wzajemne, a więc przewodnik z prądem musi odczuwać działanie igły magnetycznej.

Można tu wspomnieć , że 15 września 1820 roku w Paryżu doświadczenie Oersteda zobaczył A. M. Ampere . Doświadczenie to wzbudziło jego ogromne zainteresowanie i było inspiracją do własnych badań. To właśnie Ampere pokazał, że trzecia zasada dynamiki jest również spełniona dla oddziaływań elektromagnetycznych. Ampere zyskał „tytuł” Newtona elektryczności.

A więc na przewodnik, przez który płynie prąd , w polu magnetycznym powinna działać siła. Przypominamy doświadczenie, które uczniowie powinni znać z gimnazjum (Rys. 2).

Stosujemy regułę prawej dłoni (podręcznik uczniowski) do określenia kierunku i zwrotu siły elektrodynamicznej. Naszym zdaniem ta reguła jest znacznie łatwiejsza dla uczniów. Nazywamy ją roboczo regułą klapsa. Linii pola jest dużo ( cztery palce ), przewodnik tylko jeden ( kciuk ) i siła tak jak pchamy dłonią ( dajemy klapsa ). Kąt pomiędzy kciukiem (przewodnikiem ) i czterema palcami ( liniami pola ) może się zmieniać . Wszystkie palce równoległe siła równa zero . Kąt 90 stopni siła największa.

Zadajemy kolejne pytania :

Jak zachowa się zawieszony drut gdy zmienimy kierunek przepływu prądu elektrycznego?

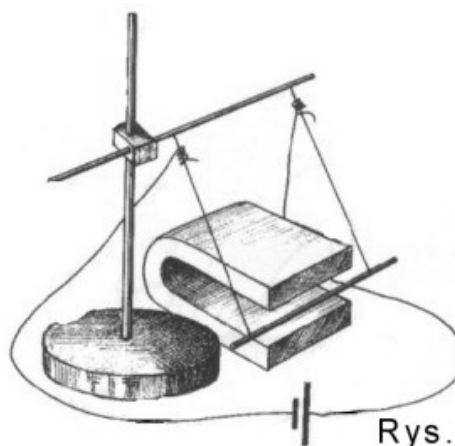
Co się stanie, gdy zmienimy zwrot linii pola magnetycznego ?

Co się stanie, gdy zmienimy i jedno i drugie tzn. kierunek przepływu prądu i zwrot linii pola?

Weryfikujemy doświadczenia uczniów poprzez doświadczenie.

Od jakich wielkości może zależeć wartość siły elektrodynamicznej ?

Wprowadzamy nazwę wektora indukcji magnetycznej i jego symbol **B**. Podobnie jak w przypadku wektorów natężeń dla wcześniej poznanych pól wektor indukcji pola magnetycznego w danym punkcie pola jest styczny do linii pola przechodzącej przez ten punkt i ma taki sam zwrot jak linia pola.( Linie pola i określanie ich zwrotu zaproponowaliśmy wprowadzić wcześniej .)



Jeżeli przewodnik ustawimy prostopadle do linii pola jednorodnego to

$$F=BIl$$

Jeżeli zmierzmy  $F$ ,  $i$ ,  $l$  to będziemy mogli wyznaczyć wartość  $B$ .

Wprowadzamy jednostkę  $[B] =T = N/Am$

Przypominamy na czym polega przepływ prądu elektrycznego w przewodniku.

A więc co się stanie, gdy poruszająca się cząstka naładowana znajdzie się w polu magnetycznym ?

Potwierdzamy doświadczalnie przypuszczenia uczniów.

Za pomocą magnesu odchylamy wiązkę elektronów na ekranie oscylografu (Rys. 3).

Wprowadzamy nazwę **siła Lorentza** oraz zależność  $F = Bqv$  gdy  $\mathbf{B}$  i  $\mathbf{v}$  są prostopadłe.

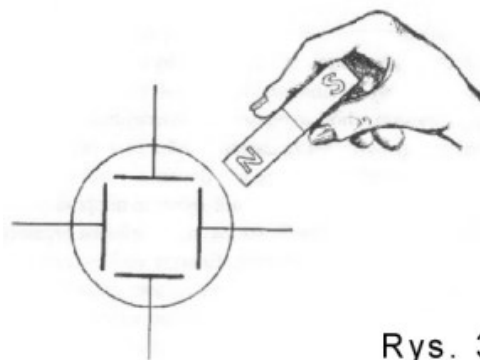
Stosujemy regułę prawej dłoni do określania kierunku i zwrotu siły działającej na poruszającą się cząstkę. Omawiamy sytuację gdy  $\mathbf{B}$  oraz  $\mathbf{v}$  są równoległe.

Zwracamy uwagę na to, że  $\mathbf{F}$  jest prostopadłe do  $\mathbf{v}$ . Jakim torem porusza się ciało, gdy

siła jest prostopadła do prędkości? Weryfikacją odpowiedzi będzie doświadczenie domowe.

Na lekcji możemy nie zdążyć pokazać oddziaływania wzajemnego przewodników z prądem.

Jeżeli to możliwe temu tematowi można poświęcić następną lekcję albo przynajmniej jej część.



Rys. 3

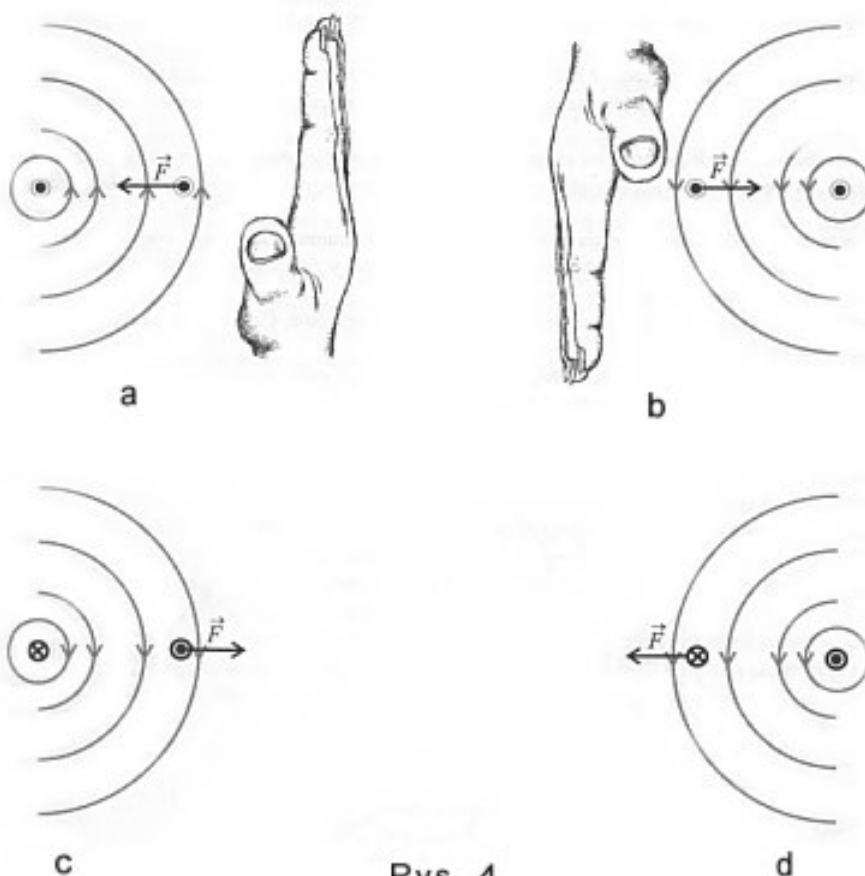
## Rozwiążemy razem zadania

1)

Na podstawie analizy kształtu pól wytwarzanych przez każdy z dwóch równoległych przewodników z prądem wykaż, jak na siebie takie przewody oddziałują.

Podpowiedź: Zastosuj „regułę klapsa”, traktując na przemian jeden przewód jako źródło pola  $\mathbf{B}$ , a drugi jako przewód z prądem  $I$ , na który ma działać siła  $\mathbf{F}$ .

Oto rozwiązanie rysunkowe oparte na metodzie klapsa.



Rys. 4

Na rysunku a) widzimy lewy przewód wytwarzający w otoczeniu prawego pole magnetyczne skierowane ku górnej krawędzi kartki. Prąd w obu przewodnikach płynie do nas – prostopadłe do powierzchni kartki. Reguła klapsa każe ustawić prawą dłoń tak, aby kciuk wskazujący prąd, „pokazywał” na nasze oczy,

pozostałe palce – pole magnetyczne zwrócone o górnej krawędzi kartki. Dłoń wskaże kierunek siły – w lewo.

Rys b) – prawy przewodnik – źródło, lewy – w polu prawego. Pole (palce) w dół, prąd – kciuk prostopadle do powierzchni kartki, siła – dłoń w prawo. Przewody o zgodnych prądach „mają się ku sobie”!

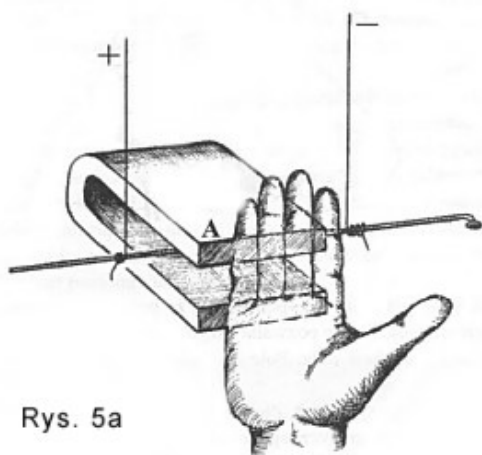
Kolejne dwa rysunki c) i d) dotyczą prądów przeciwnych i sądzimy, że każdy sobie z nimi poradzi.

2)

Między bieguny magnesu podkowiastego wprowadzono przewodnik z prądem jak pokazuje rysunek. W sytuacji pokazanej przewodnik wykazywał tendencję przechylenia się w prawo. Jaki biegun magnetyczny oznaczono literą A?

Odpowiedź: Biegun S (południowy) magnesu oznaczono przez A

Rysunek pokazuje jak zastosowana została reguła prawej dłoni. Rys. 5a



Rys. 5a

Można też narysować na tablicy schematyczne przedstawienie superpozycji pól. Rys. 5b

### Temat do dyskusji z klasą

Warto zwrócić uwagę uczniów na fakt, że zadanie i rysunek mogą dotyczyć podstawy działania silników elektrycznych.

Zdefiniujmy: co to jest silnik elektryczny?

Każdy powie coś innego. Odrzucamy oczywiste bzdury. Szukamy wspólnych punktów niezbudnych wypowiedzi. W dyskusji powinno wyjść to, że w **urządzeniu zachodzi zamiana energii elektrycznej na energię ruchu. Układ techniczny u którego na wejściu mamy energię elektryczną zaś na wyjściu ruch.**

Miernik elektryczny ze wskazówką, głośnik, dzwonek elektryczny, zamek przy bramie wejściowej otwierany z domofonu, i wreszcie ten zwykły motor napędzający suszarkę do włosów i lokomotywę pociągu, tramwaj i windę, schody ruchome i szczoteczka do zębów – wszystkie te urządzenia pasują do wyżej podanej definicji..

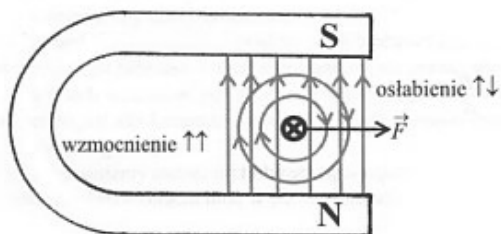
Odwróćmy przyczynę i skutek. Niech zewnętrzna przyczyna wprawi w ruch „silnik”. Wtedy silnik stanie się dynamem - elektrownią, głośnik mikrofonem, zamek - alarmem przed złodziejem. Dyskusję można w każdej chwili przerwać ale też

można rozwijać w różnych kierunkach: czy dynamo rowerowe można by wykorzystać do napędu roweru? Akumulator na bagażniku i jazda. Czy samochód w nocy spala więcej benzyny niż w dzień? **Odpowiedź**, ciężiej pedałowac na rowerze gdy włączone jest dynamo – szczególnie gdy zasila ono żarówki. Czy odwracanie roli silnik-dynamo ma praktyczne zastosowanie?

Oczywiście. Tramwajowe hamulce od dawna właśnie polegały na zwieraniu silnika przez opór. Im mniejszy opór tym większa wytwarzana moc tym mocniejsze hamowanie. Energia elektryczna produkowana przy hamowaniu tramwajów czy pociągów wykorzystywana jest do ogrzewania wnętrza wagonów ( w zimie) do oświetlenia wagonów, do ładowania akumulatorów gdy nie ma bieżącego zapotrzebowania na energię. Wstyd by była marnować energię kinetyczną rozpedzonego pojazdu. W parowych napędach takie odtwarzanie energii mogło być stosowane, jeśli pojazd posiadał generator napięcia (dynamo) i akumulatory

3)

Jesteś Supermanem. Z Twoich oczu wąski strumień **elektronów** ma być kierowany na zamek w drzwiach (by go zniszczyć). Jak dotąd strumień trafiał w obiekt na który patrzyłeś. Teraz wyraźnie zbacza w prawo. Jaka może być tego przyczyna?



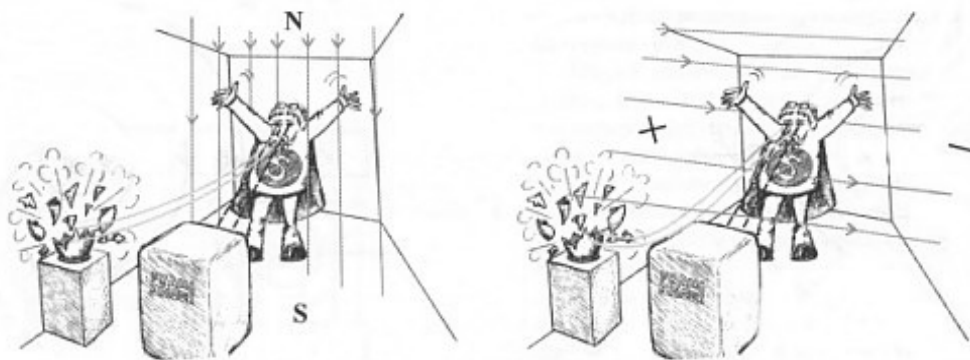
Rys. 5b

Proponujemy, jeśli uczniowie mają z tym problem, zwrócić uwagę, że strumień elektronów z oczu do klawisza należy traktować jak strumień dodatnich ładunków od klawisza do oczu i w tym kierunku ustawić kciuk prawej ręki. Z dalszym rozumowaniem powinni sobie uczniowie poradzić:

Jeśli strumień ładunków zbacza w prawo, w prawo zwracamy dłoń. Cztery palce nam pokazują, że pole magnetyczne ma kierunek od sufitu do podłogi.

**Odpowiedź:** Jeśli strumień zatacza okrąg, to jesteś w pomieszczeniu gdzie panuje jednorodne pole magnetyczne : sufit stanowi biegun północny a podłoga południowy (Rys. 6).

Jeśli kształt przypomina parabolę to jesteś w jednorodnym polu elektrycznym o kierunku od ściany prawej do lewej: ściana po prawej stronie ma ładunek dodatni



Rys. 6

**Uwaga dotycząca doświadczeń.** Jeśli szkolna pracownia posiada w wyposażeniu profesjonalnie wykonaną pomoc naukową dla ilustracji oddziaływań między prądami należy oczywiście tę pomoc wykorzystać. Zapewniamy jednak, że doświadczenia wykonane przy użyciu powszechnie stosowanych urządzeń robią zawsze większe wrażenie i na dłużej zostają w pamięci.

Jeśli w dalszej części nie będzie okazji by wspomnieć o najprostszym doświadczeniu z tej dziedziny, to uczynimy to teraz:

Każdy znajdzie w domu magnes. Jeśli nie to może w szkole namagnesować np. klucz od mieszkania. Taki klucz – magnes zbliżony do górnej czy bocznej części obudowy monitora komputerowego spowoduje nie wielkie przesunięcie obrazu.

Stosujemy regułę prawej dłoni. Kciuk w stronę ekranu. Elektrony będą biegły do nas od ujemnie naładowanego źródła – pamiętamy, że kciuk ma być skierowany właśnie w kierunku ujemnego źródła.

Widzimy jak zostały odchylone elektrony, w górę w dół czy jeszcze inaczej. W tym kierunku ustawiamy dłoń. Teraz łatwo określić jakie jest usytuowanie biegunów naszego magnesu (przypominamy – paznokcie czterech palców „patrz” na magnetyczne południe).

**Ostrzeżenie!!!** Przybliżenie magnesu do ekranu monitora daje niezwykle efekty – kolorową mozaikę zmieniającą kształt w zależności od odległości magnesu od ekranu. Częściowo ekran zapamiętuje te zmiany i może to wywoływać obawę, że zniszczyło się monitor. Po wyłączeniu komputera i ponownym – po kilkunastu minutach - uruchomieniu wszystko wraca – na szczęście - do normy. Autorowi Mojej Fizyki „udało się” kiedyś po chwilowym przybliżeniu magnesu do ekranu odbierać program TV w barwach dopełniających (czyli „negatywowo”). **TO NIE JEST ZALECANE DOŚWIADCZENIE.**

A tak nawiasem mówiąc, takie ostrzeżenie zapewnia, że doświadczenie z takim komentarzem na pewno będzie przez ucznia w domu wykonane.