

SUPERCOMET

Multimedialny zestaw edukacyjny o nadprzewodnictwie.
Część 2

Przewodnik nauczyciela

WSTĘP

Nauczanie z SUPERCOMET2. Wykorzystanie technologii informacyjno-komunikacyjnej (TIK) w nauczaniu przedmiotów przyrodniczych

TIK w nauczaniu fizyki

Możliwości stosowania TIK podczas lekcji

Fizyka nadprzewodników

Wstęp

Moduły

Ustalenia wstępne, działania, testy

Przykłady działań

Proponowane lekcje

Eksperymenty

Proste, zaawansowane technologicznie, seminaria dla nauczycieli.

Ocenianie

Przegląd, komentarze uczniów i nauczycieli.

Inne źródła

Książki, zasoby sieciowe

Informacje o SUPERCOMET2

SUPERCOMET2 CD został rozwinięty jako rozszerzenie części projektu SUPERCOMET (N/01/B/PP/131.014) i SUPERCOMET 2 (N/04/B/PP/165.008) finansowanego z funduszy programu Unii Europejskiej Leonardo da Vinci Faza II.

Cele projektu SUPERCOMET2

Projekt SUPERCOMET 2 koncentruje się na następujących celach:

- Rozszerzenie współpracy międzynarodowej dla dalszego rozwoju nauczania fizyki w krajach europejskich.
- Nawiązanie współpracy z firmami oraz istniejącymi organizacjami zajmującymi się nauczaniem fizyki, badaniami naukowymi w tej dziedzinie oraz ustaleniami programów nauczania i ochrony praw autorskich.
- Zaprojektowanie koncepcyjne produktów związanych z nauczaniem Fizyki, które będą mogły być zastosowane natychmiast jak i rozszerzenie przedmiotowe w różnych miejscach.

© 2007 Simplicatus AS
P.O. Box 27, NO-2006
Løvenstad, Norway

Edytor

Vegard Engstrøm, Heimo Latal, Leopold Mathelitsch, Gerhard Rath

Wydawca

Simplicatus AS

Autorzy

Francesca Bradamante, Michela Braida, Aileen Earle, Vegard Engstrøm, Barbara Fedele, Jenny Frost, Gren Ireson, Heimo Latal, Harvey Mellar, Marisa Michelini, Wim Peeters, Alberto Stefanel

Wersja polska

Grzegorz Osiński, Grzegorz Karwasz

Ilustracje

Visualize DA

Fotografie

University of Lille, Uniwersytet Mikołaja Kopernika Torun, University of Graz, Loughborough University

BRG Kepler Keplerstrasse 1, Graz, Austria
Karl-Franzens-Universitaet, Graz, Austria

Sint-Gabriëlcollege, Boechout, Belgium
University of Antwerp, Belgium

Geo Milev English Language School, Rousse, Bulgaria
University of Rousse, Bulgaria

Maticni Gymnazium, Ostrava, Czech Republic
University of Ostrava, Czech Republic

Gymnasium Koenigin-Olga-Stift, Stuttgart, Germany
University of Ludwigsburg, Germany
Werner-von-Siemens-Gymnasium, Munich, Germany
Feodor-Lynen-Gymnasium, Planegg, Germany
Erasmus-Grasser-Gymnasium, Munich, Germany
University of Munich, Germany

IES Juan de la Cierva y Codorniu, Totana, Spain
Universidad de Murcia, Spain

Université des Sciences et Technologies de Lille, France

Liceo Scientifico Statale "M. Grigoletti", Pordenone, Italy
Istituto Tecnico Industriale "Arturo Malignani", Udine, Italy
Istituto Statale Di Istruzione Superiore "R. D'Aronco", Gemona, Italy
Liceo Scientifico Statale "Giovanni Marinelli", Udine, Italy
University of Udine, Italy

Central Gymnasium of Daugavpils, Latvia
Livani Secondary School No 2, Livani, Latvia
University of Daugavpils, Latvia

Bonhoeffer College, Castricum, The Netherlands
AMSTEL Institute, Amsterdam, The Netherlands

Trondheim Katedralskole, Trondheim, Norway

I Liceum Ogólnokształcące, Słupsk, Poland
Pomorska Akademia Pedagogiczna, Słupsk, Poland
Uniwersytet Mikołaja Kopernika, Toruń, Poland
Escola Secundaria Monte de Caparica, Portugal
Universidade Nova de Lisboa, Portugal

Aurel Vlaicu Upper Secondary School, Arad, Romania
Colegiul Tehnic "Transilvania", Deva, Romania
Electrotimis High School, Timisoara, Romania
Technical College of Construction and Environmental, Arad, Romania

School Moor Lane, Nottingham, United Kingdom
Loughborough University, Leicestershire, United Kingdom
Institute of Education, University of London, United Kingdom

In memory of Guntis Liberts
(Latvia)
† June 30th, 2007



Spis Treści

Wstęp	4
Cele projektu SUPERCOMET2 CD oraz Przewodnik nauczyciela	4
Aplikacja SUPERCOMET2	5
Nauczanie z SUPERCOMET2	8
TIK w nauczaniu Fizyki	13
Główne formy TIK w nauczaniu fizyki	13
Dlaczego należy używać TIK na lekcjach fizyki?	15
Rodzaje TIK stosowane w szkolnym nauczaniu fizyki	17
Wyszukiwanie, dopasowywanie i wymiana materiałów dydaktycznych z nadprzewodnictwa	19
Fizyka nadprzewodnictwa	20
Moduły	29
Przegląd	29
Magnetyzm	30
Indukcja elektromagnetyczna	33
Przewodnictwo elektryczne	35
Historia nadprzewodnictwa	37
Wprowadzenie do nadprzewodnictwa	39
Zastosowanie nadprzewodników	41
Materiały nadprzewodnikowe	44
Wyjaśnienie nadprzewodnictwa	46
Ćwiczenia z nadprzewodnictwa	47
Przykłady ćwiczeń	48
Efekt temperaturowy dla oporu w metalach i nadprzewodnikach	48
Przykładowa lekcja z nadprzewodnictwa	51
Nadprzewodnictwo – Inspirujące arkusze pracy dla ucznia	56
Ekspertyzy – seminarium dla nauczycieli	70
Seminarium dla nauczycieli - przegląd	70
Metody nauczania – aktywne nauczanie	72
Quiz	72
Praca z ciekłym azotem i magnesami	78
Ekspertyzy z lewitacją	79
Proste ekspertyzy dotyczące zjawisk magnetycznych i elektromagnetycznych	85
Jak zrobić swój własny nadprzewodnik	90
Pomiary temperatury przejścia dla nadprzewodników	92
System oceniania	97
Informacje wstępne	97
Ocena ekspertów: Dwa praktyczne przykłady	98
Komentarze nauczycieli	100
Komentarze uczniów	101
Dodatkowe materiały pomocnicze	107



Wstęp

Cele projektu SUPERCOMET2 CD oraz Przewodnik nauczyciela

SUPERCOMET2 został zaprojektowany jako aplikacja komputerowa w której wykorzystano elementy grafiki, animacji, tekstów oraz specjalną nawigację. Aplikacja powstała w celu ulepszenia procesów nauczania wybranych działów fizyki.

SUPERCOMET2 CD ROM Cele nauczania

CD-Rom SUPERCOMET2 jest pomyślany jako wstęp do nadprzewodnictwa, zawiera elementy dotyczące zarówno magnetyzmu, elektryczności oraz przewodnictwa wraz ze szkicem historycznym.

Pracując na materiałach projektu SUPERCOMET2 uczniowie będą w stanie:

1. wyjaśniać związki pomiędzy teorią i dowodami doświadczalnymi
2. wskazać możliwe sposoby użycia zjawiska
3. wskazać techniczne możliwości nowego odkrycia
4. opisać jak naukowcy osiągnęli i zinterpretowali dane
5. opisać jak współczesna nauka i technika wykorzystują nadprzewodnictwo
6. wyrażać poglądy naukowe dla szerokiego grona słuchaczy
7. stawiać pytania dotyczące fizyki i jego związku z życiem codziennym
8. sugerować powiązania pomiędzy różnymi działami fizyki



Cele Przewodnika dla nauczyciela

Przewodnik nauczyciela został pomyślany jako szkic podstaw pedagogicznych używanych przy wprowadzaniu SUPERCOMET2 oraz sugestii jak efektywnie wykorzystać materiały podczas lekcji Fizyki, podczas obserwacji środowiska oraz jako samodzielna ścieżka edukacyjna łącząca praktyczne demonstracje z narzędziami multimedialnymi oferowanymi w programie. Zawiera on informacje zarówno na temat fizycznych podstaw nadprzewodnictwa oraz prezentuje możliwości sprawdzania wiedzy uczniów podczas pracy z programem.

Program przeznaczony jest dla uczniów szkół ponadgimnazjalnych w szczególności uczniów liceów ogólnokształcących i profilowanych.



Aplikacja SUPERCOMET2

SUPERCOMET2 składa się z niezależnych modułów oraz struktury nawigacyjnej pozwalającej zdobywać informacje w różnych źródłach według następującego schematu:

Nawigacja

- Menu główne
- Języki
- Pomoc
- Słownik
- FAQ (często zadawane pytania)

Menu główne

- Magnetyzm
- Indukcja elektromagnetyczna
- Przewodnictwo elektryczne
- Wstęp do nadprzewodnictwa
- Zastosowania nadprzewodnictwa
- Wykorzystanie zjawisk nadprzewodnictwa
- Historia nadprzewodnictwa
- Materiały nadprzewodnikowe
- Wyjaśnienie zjawiska nadprzewodnictwa

Narzędzie wyszukiwania

Animacje

- Zasoby tekstowe
- Narzędzia odnośników

Aktywności

Wideo

Zdjęcia

Literatura dodatkowa

Odnośniki internetowe (links)

Przewodnik szybkiego startu

1. Kiedy szukasz szczegółowego zagadnienia (np. opór elektryczny) przejrzyj menu kontekstowe w poszukiwaniu właściwego tematu.
2. Sprawdź stronę 46 aby zobaczyć czy są tam przygotowane plany nauczania, które mógłbyś wykorzystać. Albo przejdź na stronę www.supercomet.eu aby przejrzeć materiały umieszczone przez innych nauczycieli (simplicatus intranet)
3. Zainstaluj program SUPERCOMET2 z CD –Romu I zapoznaj się ze strukturą menu nawigacyjnego.
4. Używając Menu głównego przejdź do modułu najbardziej odpowiadającemu twojemu tematowi.
5. Możesz również użyć SUPERCOMET2 jako uzupełnienia twojego własnego planu lekcji na zadany temat.
6. Po lekcji możesz sprawdzić i ocenić swoje postępowanie. Możesz również podzielić się swoimi spostrzeżeniami z innymi nauczycielami zalogowanymi aktualnie w systemie Simplicatus (<http://intranet.simplicatus.no/>).



Jak rozpocząć używanie programu SUPERCOMET2?

Wymagania sprzętowe

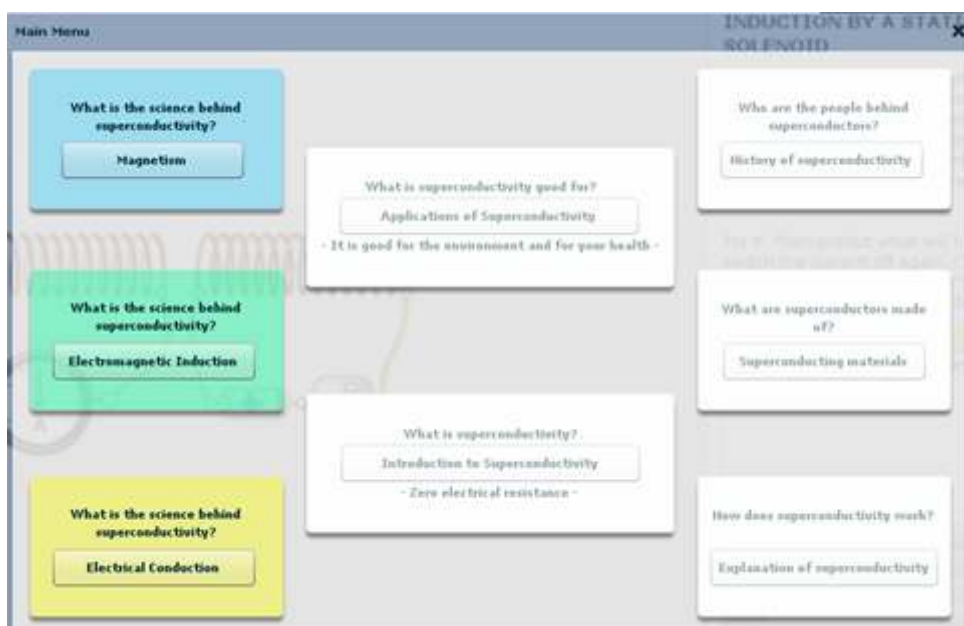
Zanim zaczniesz używać SUPERCOMET2 na swoim komputerze sprawdź czy ma minimalne wymagania sprzętowe dla tej aplikacji:

PC

- System operacyjny Microsoft Windows 98 SE / Me / 2000 / XP
- Procesor minimum 500 MHz Pentium 4 (1 GHz Pentium 4 polecany)
- Pamięć RAM minimum :64 MB (256 MB polecana)
- 16-bitowy system wyświetlania obrazu
- minimalna rozdzielczość 800x600
- Zainstalowana aplikacja Macromedia Flash Player (najnowszą wersję możesz pobrać z www.flash.com)

Mac

- System operacyjny: MacOS 9.x / X 10.1.x / X 10.2.x / X 10.3.x
- Moc maszyny: Macintosh (1 GHz G4 zalecane)
- Pamięć RAM minimum :64 MB (256 MB polecana)
- 16-bitowy system wyświetlania obrazu
- minimalna rozdzielczość 800x600
- Zainstalowana aplikacja Macromedia Flash Player (najnowszą wersję możesz pobrać z www.flash.com)



Wymagana jest przeglądarka

MS Internet Explorer 6.0 lub nowsza

Używanie aplikacji SUPERCOMET2

Włóż krążek SUPERCOMET2 do stacji dysków. Dysk powinien wystartować automatycznie – jeśli nie sprawdź ustawienia stacji CD-ROM w Panelu sterowania albo znajdź w głównym drzewie katalogowym aplikacji plik "Open.html" i go uruchom. Szczegółowe informacje znajdziesz w pliku "read-me.txt".

Jak powinienem się poruszać w środowisku SUPERCOMET2?

Należy używać klawiszy nawigacyjnych według poniższego schematu:

Ten klawisz pozwala ci zaznaczyć przeglądaną stronę aby wrócić do niej w przyszłości. Można zaznaczyć tylko **jedną stronę**.

Naciśnij tutaj aby znaleźć Menu główne, Pomoc, słownik oraz FAQ oraz wybrać język.

Narzędzie szukania

The screenshot shows the SUPERCOMET2 simulation interface. At the top left, there is a 'Bookmarks' section with a search bar and the text 'Text not added in current language'. On the right, there is a 'NAVIGATION' section with a search bar and the text 'Search'. The main area displays a simulation of a solenoid connected to an ammeter (labeled 'A') and a bar magnet (labeled 'N' and 'S'). Below the simulation, there is a velocity vector arrow. At the bottom left, there are several control buttons: a back arrow, a list icon, a refresh icon, and a play/pause button. At the bottom right, there is a status bar with the text 'INDUCTION BY A MOVING BAR MAGNET 4/22'. On the right side, there is a text box with the following content:

INDUCTION BY A MOVING BAR MAGNET

A bar magnet is next to a solenoid. The solenoid is part of an electric circuit with an Amperemeter that measures any current going through this circuit. The bar magnet can be moved with constant velocity towards and into the solenoid. You can determine the magnitude of this velocity by clicking and dragging the velocity vector. What happens?

Compare the reading on the ampere-meter with the velocity of the bar magnet, and repeat several times at different velocities. What is the

Activity

Click the "Show Field Lines" button at the bottom left to see the magnetic field.

Note: At the end of the animation it looks as if the magnet 'jumps' back to the starting position. In a real experiment, if you remove a magnet very fast from a solenoid like this, it will induce a strong current in the opposite direction.

Videos

Photos

References

Links

Tutaj znajdują się przyciski obsługujące interaktywne animacje. Należy je wykorzystywać w trakcie procesu symulacji. Zawartość klawiszy jest uzależniona od rodzaju animacji.

Nauczanie z SUPERCOMET2

Najczęściej zadawane pytania – FAQ

Q: Nadprzewodnictwa nie ma w programie nauczania, to dlaczego mam o nim uczyć?

A: Nadprzewodnictwo może być użyte jako zajmujący sposób nauczania o strukturze materii, elektryczności, magnetyzmie i indukcji elektromagnetycznej.

Q: Uczę dzieci poniżej 16 roku. Czy mogę wykorzystać projekt SUPERCOMET 2?

A: Proste demonstracje nadprzewodnictwa mogą być zastosowane w toku nauczania młodszych uczniów.

Q: Nie mam czasu aby pracować z całą zawartością CD-Romu. Czy mogę go użyć w inny sposób?

A: Oczywiście możesz pracować z CD-Romem jako całością, ale możesz wybierać też dowolne elementy z podręcznika, takie jak tekst, grafika czy animacje. Natomiast funkcja globalnego szukania informacji pozwala Ci znaleźć tylko te interesujące elementy, które użyjesz na lekcjach.

Q: Kiedy próbuje otworzyć animacje otrzymuje informację o błędzie: "Windows nie może otworzyć tego pliku".

A: Animacje zostały utworzone w aplikacji FLASH. Aby je odtworzyć w swojej przeglądarce internetowej potrzebujesz odpowiednich wtyczek (ang. plug-in). Znajdziesz je na CD-Romie lub możesz je znaleźć na stronach internetowych dotyczących tematyki technologii Flash.

Q: Znalazłem kilka interesujących animacji, czy mogę ich użyć jako ilustracje własnych materiałów prezentowanych na moich stronach www albo w prezentacjach multimedialnych?

A: Wszystkie materiały wypracowane w ramach projektu SUPERCOMET2 są objęte ochroną praw autorskich i mogą być używane tylko i wyłącznie zgodnie ze szczegółowymi wytycznymi zawartymi w licencji użytkownika. Szczegóły ochrony licencyjnej znajdziesz na stronie: www.supercomet.eu.

Q: Moi uczniowie wolą demonstracje "na żywo". Czy i w tym wypadku CD-Rom może być użyteczny?

A: Oczywiście że można w ten sposób używać zawartości CD-Romu. Uczniowie mogą np. sprawdzić, czy wyniki doświadczenia w klasie są zgodne z symulacjami zawartymi na CD-Romie albo tylko obejrzeć demonstracje tych doświadczeń, których nie możesz wykonać w klasie.

Q: Czy mogę zamiast przeprowadzać doświadczeń w klasie po prostu pokazać ich symulacje z CD-Romu?

A: Nie – rzeczywiste doświadczenie przeprowadzone w klasie ma o wiele większą wartość dydaktyczną niż najlepsza nawet symulacja komputerowa.

Q: Czy są jakieś inne materiały przydatne na lekcji i dostępne dla nauczyciela ?

A: Tak – ten przewodnik zawiera wiele takich dodatkowych elementów oraz propozycji praktycznych prac. Więcej informacji jest dostępnych na platformie internetowej.

Q: Sam opracowałem własne materiały dydaktyczne na temat nadprzewodnictwa, które mogę udostępnić. Jak powinienem to zrobić?

A: SUPERCOMET2 jest międzynarodowym projektem edukacyjnym przeznaczonym dla nauczycieli zainteresowanych tematyką nauczania o nadprzewodnictwie. Skontaktuj się z info@suoercomet.eu aby uzyskać szczegółowe informacje.



Nadprzewodnictwo może być użyte jako interesujący temat przewodni do nauczania wielu istotnych zagadnień z zakresu Fizyki.

Możemy użyć nadprzewodnictwa w ujęciu kontekstowym przy nauczaniu następujących zagadnień:

- Magnetyzm
- Indukcja elektromagnetyczna i przewodnictwo
- Związek pomiędzy temperaturą a rezystancją przewodników metalicznych.
- Zależność temperaturowa w ciałach stałych jako funkcja oscylacji cząsteczek na poziomie molekularnym.

Używając nadprzewodnictwa w kontekście nauczania o różnych wielkościach fizycznych takich, jakich temperatura czy magnetyzm, uczniowie natychmiast znajdują powiązania pomiędzy zjawiskami obserwowanymi w życiu codziennym a teorią co czyni ich naukę bardziej zajmującą.

Nagroda Nobla z fizyki w 2003 : "za pionierski wkład w teorie nadprzewodnictwa i nadciekłości" http://www.fizyka.net.pl		
		
<i>Aleksiej A. Abrikosow</i>	<i>Vitalij L. Ginzburg</i>	<i>Anthony J. Leggett</i>

Nadprzewodnictwo wyznacza kierunek rozwoju

- Tak jak wcześniej tak nagroda Nobla z 2003 roku uhonorowała uczonych pracujących nad nadprzewodnictwem
- Badania nad nadprzewodnictwem są obecnie prowadzone na wielu uniwersytetach, firmach oraz instytucjach badawczych.

Teoria nadprzewodnictwa jest obecnie wykorzystywana w wielu urządzeniach

- Diagnostyka Medyczna (MRI -Magnetic Resonance Imaging)
- Pociąg magnetyczny Maglev
- Osłony magnetyczne
- Akceleratory cząstek
- Zaawansowana technologia telefonii komórkowej
- Magnetometri SQUID
- Elektryczne linie przesyłowe
- Systemy przechowywania energii



2003 First commercial Maglev train: Shanghai Transrapid
http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Shanghai_Transrapid_002.jpg



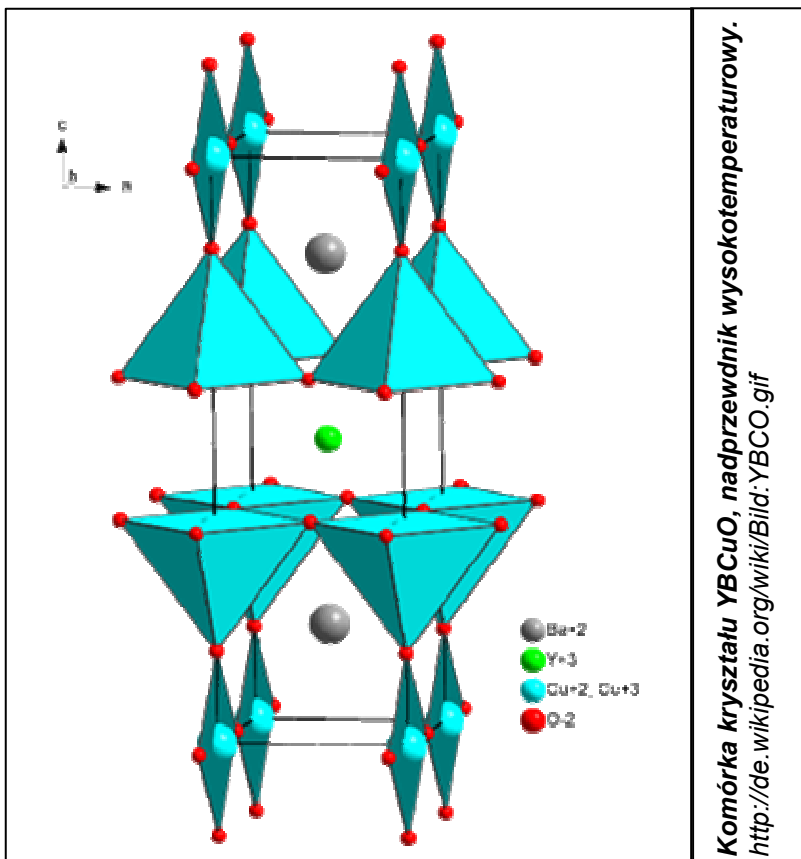
Nadprzewodnikowy solenoid jako część detektora cząstek w LHC (Large Hadron Collider) w laboratorium CERN
http://en.wikipedia.org/wiki/Image:HCAL_Prepared_for_installation.iaa



Przykładowy obraz z badania NMR ludzkiej głowy
http://en.wikipedia.org/wiki/Image:MRI_head_sagittal.jpg

Nadprzewodnictwo odkrywa nowe obszary dla aktualnych badań fizycznych:

- Setki fizyków z całego świata jest obecnie zaangażowana w badania nad nadprzewodnictwem.
- Ponad 12 naukowców z całego świata zostało uhonorowana nagrodą Nobla za prace z zakresu nadprzewodnictwa (w latach 1913, 1972, 1973, 1987 i 2003).

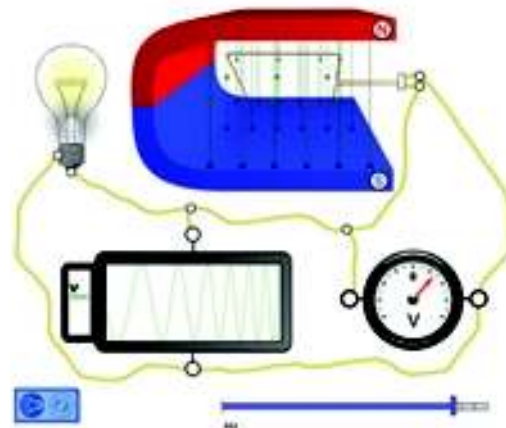
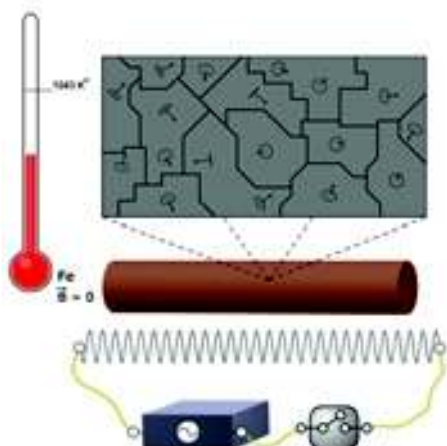
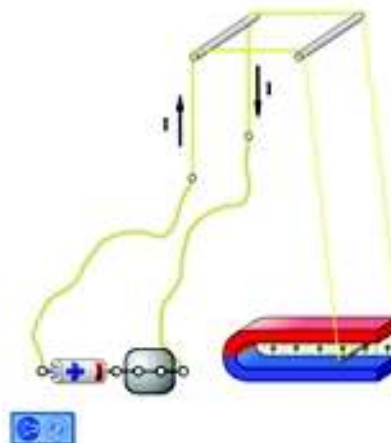
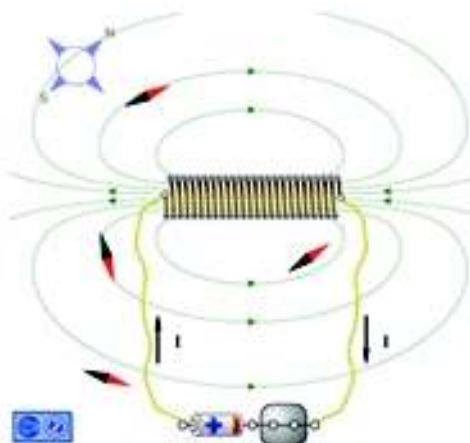


Animacje zawarte w projekcie SUPERCOMET2 przybliżają fizykę do rzeczywistych sytuacji i pomagają się uczyć.

Projekt z SUPERCOMET2 zawiera duży zbiór odnośników literaturowych, internetowych, słowniki, zdjęcia, filmy wideo z doświadczeń oraz konkursów, które razem stanowią znakomite źródło materiałów. Najważniejszą cechą projektu SUPERCOMET2 jest duża liczba animacji procesów fizycznych. Kopie ekranów poniżej pokazują niektóre przykłady tych materiałów zawartych na CD-Romie.



Kopie ekranów interaktywnych animacji zawartych na CD-Romie.



Jak animacje pomagają uczyć:

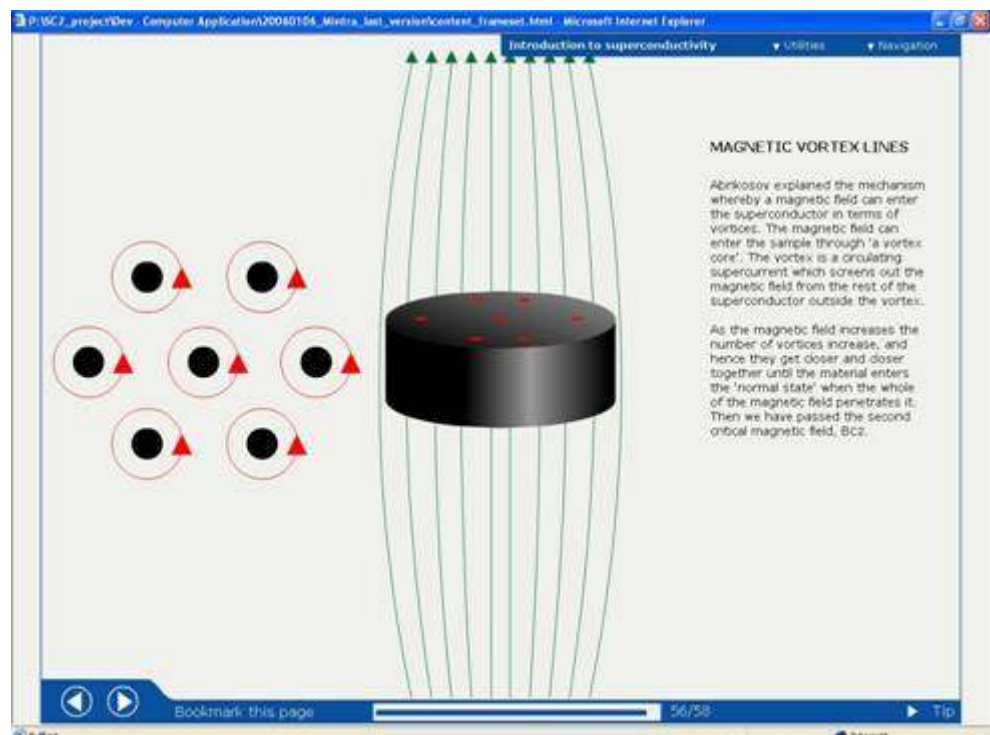
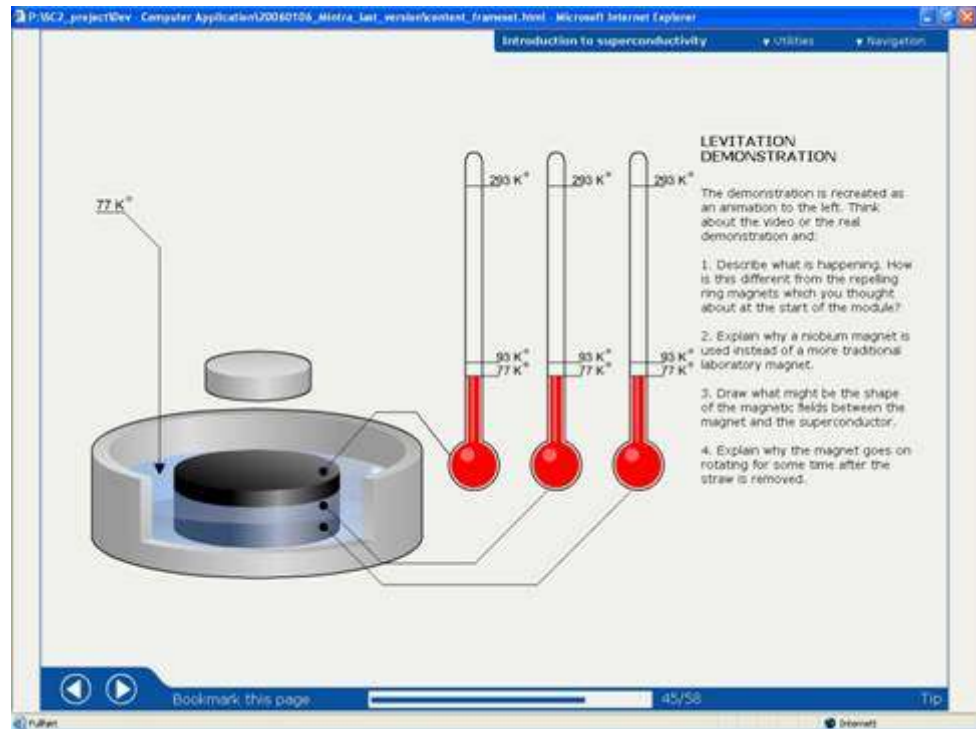
- Wirtualne laboratoria umożliwiają uczniom dostęp do wielu eksperymentów, które w innym przypadku byłyby niemożliwe do przeprowadzenia w warunkach szkolnych z różnych powodów (technicznych, bezpieczeństwa, szybkości, skali itd.)
- Dzięki interaktywnym animacjom, w których można samodzielnie zmieniać różne parametry wirtualnego doświadczenia, uczniowie zdobywają konkretną wiedzę omijając trudne praktyczne aspekty przeprowadzenia skomplikowanego eksperymentu.
- Jeśli użyjemy animacji jako wsparcia dla rzeczywistych doświadczeń – symulacje pozwolą uczniowi skojarzyć wzajemne powiązania pomiędzy rzeczywistością a modelami stosowanymi w celu wyjaśnienia zjawisk fizycznych.
- Animacje czynią proces nauczania dla ucznia bardziej przyjemnym i jednocześnie interesującym.
- Animacje są efektywnym środkiem tłumaczenia skomplikowanych zjawisk i pozwalają znaleźć właściwe powiązania między ważnymi zjawiskami fizycznymi.
- Animacje jako koncepcyjne modele rzeczywistości, chociaż często znacznie uproszczone, pozwalają zauważyć najistotniejsze elementy badanych zjawisk.
- Dzięki animacjom uczniowie mogą wizualnie krok po kroku prześledzić całe zjawisko. Łatwiej im wtedy zrozumieć i zapamiętać poszczególne pojęcia fizyczne.
- Animacje nie posiadają charakterystycznego "szumu informacyjnego", który zawsze występuje w rzeczywistych doświadczeniach. Mogą dzięki temu łatwiej konstruować modele zjawisk fizycznych.
- Interaktywne animacje zjawisk fizycznych pomogą uczniom zweryfikować ich dotychczasowe przekonania dotyczące prezentowanych zjawisk.
- Odpowiednie animacje pomagają zrozumieć dane zjawisko lepiej niż opisujący je tekst.



- Animacje wymagają od uczniów aktywności podczas lekcji dzięki temu nauczyciel nie jest już traktowany jako główne źródło wiedzy.

Uwagi dla nauczyciela

Zostało już udowodnione, że uczniowie traktują zarówno animacje jak i symulacje bardzo dosłownie, co powoduje uproszczone rozumienie zjawisk fizycznych (więcej informacji można znaleźć w pracach Wellingtona 2004). Dlatego bardzo ważne jest, aby symulacje wykorzystywać w ścisłym związku z rzeczywistymi eksperymentami. Aktywna rola nauczyciela w wy tłumaczeniu związków pomiędzy zjawiskiem naturalnym a symulacją komputerową odgrywa tutaj zasadniczą rolę.



TIK w nauczaniu Fizyki

Główne formy TIK w nauczaniu fizyki

Liczne formy TIK są użyteczne w nauczaniu fizyki podczas lekcji. Ponieważ mogą one zmienić proces nauczania, należy je stosować w różnych kombinacjach interakcji pomiędzy nauczaniem a aktywnością uczniów. Poniższy spis przedstawia kilka szczegółowych technologii wymienianych w pracach Osborna i Hennessyego (2003).

Systemy zbierania danych

Systemy zbierania danych, w których zawarte są zarówno detektory jak i komputerowe systemy archiwizacji i przetwarzania danych pomagają uczniom właściwie odczytać oraz zinterpretować wyniki rzeczywistego eksperymentu. Przenośne urządzenia detekcyjno-pomiarowe (*data loggers*) są użyteczne zarówno jako samodzielne jednostki dokonujące pomiaru oraz jako wejściowe interfejsy systemów komputerowych. Można ich więc używać również jako autonomicznych rejestratorów danych bez konieczności podłączania do komputera.

Systemy takie jak: **CMA ULAB** (www.cma.science.uva.nl), **TI CBL2** (education.ti.com) albo **Data Harvest** (www.data-harvest.co.uk), pozwalają na pomiary i archiwizację wyników, zebranych za pomocą różnych czujników takich, jak detektor światła, temperatury, dźwięku, przewodności, napięcia elektrycznego czy też czujniki ruchu. Wszystkie nowoczesne *data loggery* posiadają własne wyświetlacze, na których od razu pokazują wartości mierzonych wartości. Dla dalszej szczegółowej analizy należy podłączyć data logger do komputera i opracować wyniki w odpowiedniej aplikacji.

Systemy pomiarów wideo

Systemy wideo analizy pozwalają na wykonywanie doświadczeń z ruchem rzeczywistych obiektów oraz różnych zjawisk z życia codziennego. Aplikacje komputerowe pozwalają na analizie samodzielnie nagranych filmów w tym np. na określeniu położenia i prędkości chwilowej. Analizowane zjawiska mogą być bardzo różnorodne od prostych filmów jazdy na rowerze, gry w piłkę, gier zespołowych do zdarzeń szczególnych takich jak wypadki samochodowe albo spacer kosmonautów na Księżycu. Wszystkie materiały wideo powinny być przygotowane w formacie cyfrowym takim jak *.avi, *.mov lub *.mpg a pojedyncze zdjęcia w formacie *.bmp, *.gif czy *.jpg.

Podczas analizy wideo znaczniki położenia i czasu są nanoszone w odpowiednie miejsca poruszających się obiektów, możliwa jest też automatyczne śledzenie trajektorii ruchu obiektu np. piłki albo części ciała sportowca. Wyznaczone przez znaczniki punkty są następnie wykorzystywane do obliczenia innych charakterystycznych paramentów ruchu ciała np. jego środka masy.

Podczas analizy pojedynczego zdjęcia pozycja i czas są wyznaczane na podstawie obrazu stroboskowego z interesującego nas zdjęcia.

Dane otrzymane z filmu wideo i zdjęcia są wyświetlane w postaci diagramu albo tabeli, które można wykorzystać do przyszłej analizy.

Klipy wideo przydatne w analizie można znaleźć w sieci internetowej albo samodzielnie utworzyć za pomocą kamery cyfrowej albo kamery internetowej. Dobry program do analizy wideo jest częścią składową systemu **Coach6** (www.cma.science.uva.nl), która posiada możliwości wykonywania rzutów i edycji klipów wideo z różnych źródeł cyfrowych. Opcje edycji wideo to m.in:

- jasność i kontrast
- obrót i przesunięcie
- dodanie notatek tekstowych
- zmiana współrzędnych projekcyjnych.

Systemy informacyjne

Ta kategoria zawiera takie elementy jak : internet, CD-Romy, encyklopedie multimedialne i inne. Szczegółowa identyfikacja źródeł zależy od wersji językowej wykorzystywanej w danej szkole przez ucznia, wybierają oni oczywiście swój język ojczysty. Dlatego używanie internetowej encyklopedii jest jak najbardziej wskazane dla znajdowania dodatkowych informacji na temat nadprzewodnictwa.



Systemy modelowania komputerowego pozwalają uczącemu się tworzyć własny działający model zjawiska fizycznego oraz pozwalają znaleźć rozwiązanie problemu dzięki obliczeniom numerycznym oraz wizualizacji. Pod tym względem papier staje się medium pasywnym - w odróżnieniu od komputera, który jest aktywny i którego działaniem możemy dowolnie manipulować w ramach badanego modelu. Wielu naukowców uważa modelowanie komputerowe jako nieodzowny aspekt badań naukowych, ilustruje to używany przez nich powiedzenie: *Science is the name, modelling is the game*. W tym ujęciu modelowanie komputerowe odgrywa podwójną rolę: celu do osiągnięcia i narzędzia do jego uzyskania w jednym. Środowiska modelowania komputerowego są używane do analizy systemów biologicznych, chemicznych, fizycznych, ekonomicznych, socjologicznych oraz ekologicznych. Można powiedzieć, że dzięki modelowaniu otrzymujemy zbiór możliwości, ale nie otrzymujemy informacji, co dalej z tymi możliwościami mamy zrobić.

W procesach modelowania wykorzystujemy różne rodzaje komputerowych trybów pracy: graficzne, symboliczne albo tekstowe.

Tryb graficzny: najczęściej wykorzystywany w systemach modelowania dynamicznego w takich aplikacjach jak: Stella (www.iseesystems.com), PowerSim (www.powersim.com) albo Coach 6 (www.cma.science.uva.nl), które oparte są na algorytmach badania zmian w procesach dynamicznych wprowadzonych w latach 60-tych przez Prof. J. W. Forrestera z MIT. Dynamiczne modelowanie systemowe używamy wtedy, kiedy chcemy zrozumieć jak system zmienia się w czasie. Takie modele przeprowadzają obliczenia dużych systemów dynamicznych o wielu zmiennych, których na pewno nie mógłby przeprowadzić pojedynczy człowiek.

Tryby symboliczny i tekstowy są stosowane w modelach, które możemy opisać ścisłą reprezentacją matematyczną. Najważniejsze w tych trybach są modele oparte o numeryczne rozwiązywanie równań różniczkowych np. metodami Eulera lub Runge-Kutta. Takie metody iteracyjne pozwalają czasami ominąć trudne i skomplikowane problemy reprezentowane przez matematyczne równania różniczkowe. Również takie aplikacje jak Excel są użyteczne w badaniu prostych modeli jednocześnie pozwalając uczniom samodzielnie testować różne własne koncepcje przy użyciu tego łatwego narzędzia.

Programy multimedialne

Programy multimedialne takie jak zazwyczaj zawierają tekst, wideo oraz audio, dźwiękowe wyjaśnienia symulowanych zjawisk, przewodniki, ćwiczenia interaktywne, pokazy slajdów oraz słowniki. Bardzo użyteczne w nauczaniu fizyki są wirtualne laboratoria, które pozwalają uczniom wykonywać wirtualne eksperymenty których nie przeprowadziliby w normalnie w klasie. Uczniowie mogą również porównywać dane uzyskane w rzeczywistych doświadczeniach z tymi które otrzymali w modelowaniu komputerowym. Programy multimedialne służą również do demonstrowania różnych zjawisk (np. lewitacji magnesów w chłodzonych nadprzewodnikach) oraz symulować wirtualne eksperymenty (np. związek pomiędzy szybkością przesuwania miedzianego przewodu w polu elektrycznym a indukowanym napięciem).

Publikowanie w inter/intanecie materiałów i narzędzi

Uczniowie mogą używać edytorów tekstowych albo multimedialnych pakietów z prezentacjami (np. pakiety Dazzlera na www.dazzlersoft.com) aby przygotować własne prace badawcze, o których mogą dalej się uczyć podczas rzeczywistych i wirtualnych eksperymentów. Takie prace mogą potem być częścią *portfolio* ucznia. Wyniki te mogą być również dalej przetwarzane w celu udostępnienia na stronach www, przesyłane pocztą elektroniczną np. za pomocą oprogramowania flash www.macromedia.com. W wielu miejscach w sieci możemy znaleźć dobre przykłady takiego wykorzystania wyników pracy np. www.geocities.com albo www.webspawner.com.

Cyfrowe przetwarzanie obrazów wideo

Nauczyciele i uczniowie mogą używać kamer cyfrowych do zapisu eksperymentów, które zrobili albo do prezentacji fotografii wykonanych podczas prac doświadczalnych. Takie cyfrowe materiały mogą być również wykorzystane w przyszłej pracy uczniów w postaci np. raportów i sprawozdań.

Technologia projektorów komputerowych

Ta technologia jest ważna w trakcie nauczania fizyki. Pozwala ona prezentować szerszej publiczności efekty pracy zgromadzone na pojedynczym komputerze w formie pokazu. Projektory multimedialne i



ekrany, duże monitory oraz telewizory mogą być wykorzystywane pojedynczo w celu prezentowania demonstracji oraz ich tworzenia. Jednak najbardziej pomocne okazują się interaktywne tablice, które pozwalają uczniom bezpośrednio uczestniczyć w zaprojektowanej demonstracji w zakresie materiału jaki aktualnie jest udostępniony przez odpowiednie oprogramowanie. System AB Tutor Control - www.abconsulting.com pozwala nauczycielowi obserwować monitory uczniów w całej klasie, co z kolei umożliwi porównanie rezultatów osiąganych przez poszczególnych uczniów. Używanie razem dwóch powyższych technologii naraz pozwala osiągnąć najlepsze rezultaty w planowanych zajęciach eksperymentalnych.

Dlaczego należy używać TIK na lekcjach fizyki?

Używanie TIK zostało ustawowo wprowadzone do programów nauczania fizyki I przedmiotów przyrodniczych jeszcze w latach 90-tych ubiegłego wieku. Ostatnie prace (np. Osborne i Hennessy, 2003) przedstawiają argumenty świadczące o tym iż to właśnie TIK posiada odpowiedni potencjał, aby zmienić sposoby uczenia i nauczania fizyki w szkole. W szczególności możemy stwierdzić iż:

TIK pozwala uczniom pracować szybciej i niezależnie niż w czasie zwykłej intensywnej pracy laboratoryjnej:

- Używanie TIK (w szczególności analizatorów danych, aplikacji przetwarzających dane zarówno tabelarycznie jak i graficznie) przyspieszają uciążliwe procesy wynikające z przeprowadzanego eksperymentu a także eliminują liczne błędy pomiarowe prezentując rezultaty bezpośrednio w postaci graficznej.
- Daje to możliwość zapisywania i porównywania dużej ilości wyników eksperymentalnych w czasie jednej szkolnej lekcji.
- TIK podnosi wydajność pracy uczniów jednocześnie zwiększając jakość nauczania.
- Interaktywne symulacje komputerowe pozwalają zaoszczędzić czas tracony na przygotowanie i przeprowadzenie skomplikowanych eksperymentów.
- Dzięki zastosowaniu TIK możemy szybciej, niż przy standardowych procedurach, zauważyć istotne zależności w mierzonych zjawiskach nawet gdy część wyników doświadczalnych jest nieuporządkowana bezpośrednio w procesie pomiarowym.
- Wstępna selekcja odnośników internetowych w elektronicznych arkuszach pracy pozwala uczniom zaoszczędzić czasu na wyszukiwanie dodatkowych informacji w innych zewnętrznych źródłach.
- Zastosowanie TIK odciąża nauczyciela i pozwala mu spędzić więcej czasu bezpośrednio na pracy z uczniami, gdzie pomaga im on w analizie danych i porównywaniu rezultatów z tymi, jakie osiągnęli inni uczniowie.
- Analiza danych w czasie rzeczywistym może być użyta bezpośrednio do dyskusji na lekcji jako przykład bezpośredniego powiązania otrzymanych wyników z obserwowanym zjawiskiem fizycznym. Pozwala to na lepsze zrozumienie relacji pomiędzy modelem matematycznym a rzeczywistym doświadczeniem niż tylko operowanie skomplikowanymi często regułami matematycznymi opisującymi dany proces.
- Użycie komputera do symulacji zjawisk fizycznych pozwala rozpatrywać nawet bardzo skomplikowane modele, których bezpośrednie badanie w szkolnym laboratorium nie byłoby możliwe.
- Dzięki zastosowaniu TIK uczniowie mają więcej czasu na myślenie na temat badanego zjawiska fizycznego.

Rozszerzone nauczanie i jego bieżąca aktualność

- Dzięki TIK oraz internetowi uczniowie otrzymują szeroki dostęp do aktualnych informacji na interesujące ich tematy. Pozwala to zwiększyć rzeczywistą autentyczność nauczania niż przy stosowaniu tradycyjnych podręczników. Uczniowie zauważają że ich lekcje są oparte o najnowsze informacje i poparte nowoczesnymi środkami TIK.
- Dzięki temu uczniowie mogą znaleźć powiązania pomiędzy materiałem, którego się aktualnie uczą a rzeczywistym światem, który ich otacza.



- Dobrzy uczniowie, dzięki środkom oferowanym przez TIK mogą dowiedzieć się znacznie więcej niż oferuje podręcznik i program nauczania.
- Symulacje, animacje i wirtualne laboratoria pozwolą uczniom i nauczycielowi obserwować i uczestniczyć w wykonywaniu symulowanych doświadczeń co w standardowych warunkach byłoby często niemożliwe w związku z np. kosztami lub wymaganiami bezpieczeństwa w szkole.
- Wirtualny eksperyment możemy powtarzać tak wiele razy jak jest to nam potrzebne co w przypadku standardowych eksperymentów jest niemożliwe.

TIK zachęca uczniów do badania i eksperymentowania

- Możliwość natychmiastowego otrzymania rezultatu w przypadku zadanego przez ucznia parametru wykonywanego doświadczenia wirtualnego jest ważnym elementem zastosowanych technik. Pozwala to na interakcje pomiędzy otrzymanymi wynikami a zastosowanymi aplikacjami symulacyjnymi.
- Obserwowanie wykresy symulacji na ekranie czyni proces nauczania tak jak w klasycznej postaci: przewidyuj – obserwuj – wyjaśniaj bardziej efektywnym.
- Często uczniowie zadają sobie podczas eksperymentów pytanie “ a co się stanie jeśli...” I obawiają się sprawdzenia swoich koncepcji aby nie zniszczyć używanych urządzeń badawczych. Interaktywne modele komputerowe pozwalają uczniom na sprawdzanie własnych hipotez w sposób bezpieczny i natychmiastowy. Pozwala to więc uczniom na bezpośrednie weryfikowanie ich własnych hipotez.
- Dzięki zastosowaniu interaktywnych metod TIK rozwijamy podejście ucznia do nauczanych treści w sposób bardziej dynamiczny niż pozwalają nam używane do tej pory standardowe podręczniki.

TIK skupia uwagę na ważnych zagadnieniach w szerokiej perspektywie

- Uczniowie są w stanie lepiej wyobrazić sobie proces fizyczny i związać go z różnymi procesami opisywanymi przez zmienne lub przez ilościowe relacje matematyczne.
- Uwaga ucznia jest skupiona na całościowym zagadnieniu a nie na szczegółach.
- Skrót i opisy trudnych zagadnień fizycznych (prąd elektryczny i pole magnetyczne) są wyróżnione w tekście dla ustalenia uwagi.
- Uczniowie mogą uchwycić koncepcje szybciej i prościej, formułują nowe koncepcje szybciej i potrafią je związać z różnymi zagadnieniami bardziej elastycznie.
- Kiedy wykres zmienia się w czasie rzeczywistym na ekranie uwaga uczniów jest skupiona na tym co aktualnie dzieje się w obserwowanym zjawisku.
- Używając komputera do analizy danych i interpretacji wyników, uczniowie mogą skupić uwagę na wzajemnych zależnościach pomiędzy zmiennymi a nie tylko na ich wartości w danym punkcie pomiarowym.

Zachęcanie do samodzielnej pracy ja również do pracy grupowej

- Używanie TIK do badania i eksperymentach zjawisk fizycznych daje uczniom kontrolę nad ich własnym tokiem nauczania oraz zachęca do przejmowania aktywnej roli w tym procesie.
- Korzystając aktywnie z narzędzi TIK uczniowie mogą więc samodzielnie planować niektóre interesujące ich eksperymenty ucząc się w ten sposób więcej bez bezpośredniego polecenia od nauczyciela – mają otwartą drogę do nowych możliwości i mogą z niej skorzystać.
- Niezależność ucznia nie oznacza jednak jego osamotnienia. Uczą się oni współpracy w grupie, dzielą się wiedzą i doświadczeniami oraz tworzą własne koncepcje na temat obserwowanych procesów.

Zwiększanie motywacji i zaangażowania

- Są obszerne opracowania statystyczne pokazujące że uczniowie znajdują większą motywację do uczenia się fizyki kiedy korzystają z narzędzi TIK.
- TIK znacznie zwiększa jakość pracy ucznia pozwala mu również samodzielnie tworzyć własne materiały multimedialne. TIK oferuje zarówno nowe drogi nauczania jak i eliminuje pewne nudne do tej pory dla ucznia elementy zdobywania wiedzy.



Rodzaje TIK stosowane w szkolnym nauczaniu fizyki

Wyobraźmy sobie taki scenariusz lekcyjny, który zawiera kilka doświadczeń przeprowadzanych w klasie, każde z nich jest obsługiwane przez system komputerowy sprzężony z graficzną prezentacją wyników za pomocą projektora na klasowym ekranie oraz z siecią, gdzie uczniowie mogą pobierać oraz publikować wyniki eksperymentów tak, by były one dostępne dla uczniów np. w innym kraju. Ten eksperyment mógłby również być wspomagany przez kilka symulacji komputerowych tak jak np. te zawarte na CD-Romie Supercomet. Wszystkie demonstracje można sfilmować w czasie rzeczywistym i również udostępnić w sieci.

Jednakże mając taką pracownię wyposażoną w wiele komputerów, tablice cyfrową, ekran projekcyjny, systemy cyfrowego wideo i zestawy czujników komputerowych razem z bezpośrednim połączeniem do sieci internetowej możemy myśleć, że znajdujemy się w idealnej sytuacji – jednak rzeczywistość jest trochę inna – raczej niewiele szkół oferuje jednak takie komfortowe warunki pracy. I to wcale nie jest powód do narzekania! Należy bowiem używać alternatywnych metod nauczania, które wykorzystując elementy TIK jednocześnie zmuszą uczniów do aktywnej nauki oraz współpracy grupowej. Barton (2005) sugeruje następujące możliwe rozwiązania:

Demonstracja

Rzeczywiste doświadczenia przy użyciu standardowego wyposażenia np. termometru rtęciowego, wykonywane równoległe z pomiarami za pomocą czujników komputerowych i wykresów na ekranie komputera łącznie z symulacjami są bardzo przydatne. W szczególności, jeśli nauczyciel chce, aby uczniowie potrafili przewidywać wynik np. na podstawie wykresu zanim zaczną wykonywać eksperyment. Można wykorzystywać takie metody przewidywania za pomocą demonstracji wtedy, kiedy eksperymenty są bardzo kosztowne albo wymagają użycia niebezpiecznych środków takich jak np. ciekły azot. Można również użyć najpierw graficznych symulacji eksperymentów i filmów wideo prezentujących doświadczenie w celu dokonania poprawek, które pozwolą uczniom lepiej zrozumieć obserwowane procesy fizyczne.

Używanie rejestratorów danych oraz standardowego sprzętu

Kiedy mamy do dyspozycji kilka urządzeń pomiarowych sprzężonych z komputerem ale nie tyle, aby wystarczyło dla wszystkich uczniów, możemy wykorzystać inne sposoby przeprowadzenia eksperymentów. Część uczniów z nauczycielem wykonuje doświadczenie używając czujników komputerowych, podczas gdy reszta klasy wykonuje doświadczenie przy użyciu konwencjonalnego wyposażenia pracowni. Na koniec porównujemy wyniki otrzymane przez poszczególne grupy. Rejestratory komputerowe pozwalają na eksperymenty, których nie można wykonać w standardowy sposób np. można dzięki nim zaplanować eksperyment, w którym będziemy zapisywali wyniki pomiarów w długim czasie, dłużej niż trwa lekcja, a analizowali je już na następnej lekcji.

Koło eksperymentalne

Jeśli nie mamy wystarczającej ilości sprzętu komputerowego albo programów symulacyjnych (np. animacji SUPERCOMET) aby wystarczyło dla wszystkich uczniów, możemy wykorzystać te, które posiadamy do stworzenia „koła eksperymentalnego”. W tym celu grupy uczniów będą poruszać się „w kółko” od jednego stanowiska do drugiego, wykonując przy każdym z nich jeden prosty eksperyment. Jako przykład możemy wykorzystać serie eksperymentów dotyczących indukcji elektromagnetycznej używając różnych magnesów, drutów miedzianych i galwanometrów oraz serie eksperymentów wirtualnych zawartych w programie SUPERCOMET. Podobnie możemy ustawić „cyrk eksperymentów” wirtualnych wykorzystując przy kolejnych stanowiskach ćwiczenia komputerowe polegające na zbieraniu, analizie, wizualizacji i drukowaniu odpowiednich zbiorów danych.

Lekcja „pół na pół”

Jeśli mamy wystarczającą ilość stanowisk komputerowych dla połowy uczniów w klasie możemy dla nich zaplanować wykonywanie wirtualnych eksperymentów w czasie, kiedy druga połowa wykonuje eksperymenty praktyczne – przygotowane wcześniej przez nauczyciela. W połowie lekcji grupy zamieniają się miejscami i w ten sposób wszyscy wykonują zarówno eksperymenty rzeczywiste jak i wirtualne.



Używanie ogólnodostępnych materiałów o nadprzewodnictwie

Kiedy wpisujemy w wyszukiwarce Google wyraz "nadprzewodnictwo" uzyskamy ponad 76 tysięcy odnośników (w języku angielskim ponad 1,8 miliona)!¹

To na pewno więcej materiałów niż jesteś w stanie użyć w czasie wielu lekcji. W tej części przewodnika postaramy się zaproponować kilka sprawdzonych zasobów internetowych z których możesz korzystać. Pod koniec tego przewodnika znajdziesz również spis kilkunastu różnych pozycji literaturowych uzupełniających wiedzę na temat nadprzewodnictwa.

Kilka przydatnych rad jak wyszukiwać przydatne informacje naukowe w internecie²

Nie jest dobrym rozwiązaniem pozwalać uczniom w czasie lekcji na samodzielne wyszukiwanie informacji w internecie – nauczyciel nie jest wtedy w stanie skontrolować jakości wyszukanych materiałów a znając inwencje twórczą uczniów, mogą oni przeszukiwać bardzo różne zasoby sieciowe. Lepszym wyjściem jest zaproponowanie uczniom sprawdzonej listy dostępnych adresów sieciowych. Tylko wewnątrz takiej listy mają oni dowolność w selekcjonowaniu znalezionych informacji. Zadając uczniom odpowiednie pytania możemy ich w ten sposób właściwie ukierunkować:

- Czy informacja którą znalazłeś ma postać informacji encyklopedycznej? Jeśli tak to lepiej skorzystaj od razu z dostępnej encyklopedii internetowej (np. wikipedia) i sprawdź dostępne w niej odsyłacze internetowe
- Jeśli chcesz znaleźć jakieś szczegółowe informacje wtedy skorzystaj z gotowych źródeł np.: zdjęcia pociągu magnetycznego Maglev możesz znaleźć na stronach www.maglev-train.com a informacje o akceleratorze cząstek na stronie CERN www.cern.ch .
- W ogólnym przypadku spróbuj skorzystać z informacji zawartych na stronach ASE www.ase.org.uk albo www.superconductivity.org.

Wskazówki jak używać wyszukiwarek internetowych

- Używaj różnych typów pisowni, aby nie ograniczać się tylko do jednej wersji językowej (np. „behaviour” i „behavior” znaczą to samo, ale są używane w różnych krajach anglosaskich).
- Używaj różnych wariantów połączeń semantycznych np. „teaching materials” ale również „teaching resources.”
- Używaj kilku różnych wyszukiwarek – nawet największe z nich nie mają w swoich katalogach wszystkich dostępnych źródeł.
- Jeśli chcesz zachęcić do pracy dzieci skorzystaj z następujących stron:
 - www.cybersleuth-kids.com
 - www.factmonster.com
 - <http://kids.yahoo.com/>

Ocena informacji

BECTA (<http://schools.becta.org.uk/>) proponuje użycie następujących kryteriów oceniania wartości informacji:

- Czy treść jawnie zawiera informacje o edukacyjnym przeznaczeniu?
- Czy interfejs użytkownika jest intuicyjny, dobrze i jasno zorganizowany w celu wyszukiwania właściwej informacji?
- Czy w treści są zawarte elementy interakcyjne rozszerzające zakres wiedzy oraz czy wirtualne prezentacje są rzeczywiście lepsze niż przeprowadzenie rzeczywistego doświadczenia – może lepszy efekt osiągniemy nie korzystając z komputera np. badanie zjawiska rzutu kostką czy magnetycznego przyciągania.?
- Czy źródła zawierają odpowiednie elementy pomocy i interakcji?
- Czy informacje mogą przyczynić się do ożywienia dyskusji pomiędzy uczniami w celu wymiany wiedzy i idei na temat opracowanego materiału?
- Czy dostępne zasoby są stabilne z technicznego punktu widzenia?

¹ Stan na dzień 4 marca 2008

² Na podstawie Fullic (2004)



Wyszukiwanie, dopasowywanie i wymiana materiałów dydaktycznych z nadprzewodnictwa.

Wyszukiwanie informacji przydatnych dla nauczyciela

Jest bardzo dużo dostępnych baz danych z materiałami dla nauczyciela. Jednak tylko kilka z nich zawiera istotne informacje o nadprzewodnictwie, wiele natomiast zawiera materiały związane z magnetyzmem i przewodnictwem elektrycznym. Może dołączysz jakieś własne które dobrze znasz?

- <http://www.smete.org/> – Baza danych otwartej platformy SMETE.
- www.practicalphysics.org – strona dla nauczycieli gdzie można wymieniać się eksperymentami, scenariuszami lekcji i innymi materiałami.
- www.physics.org – strona angielskiego Instytutu Fizyki z licznymi odnośnikami do portali zawierających informacje o nadprzewodnictwie.

Przygotowanie materiałów

Jeśli znajdziesz odpowiedni materiał zanim go użyjesz powinieneś odpowiedzieć na następujące pytania:

- Czy pasują one do aktualnego programu nauczania?
- Czy są one dostosowane do poziomu uczniów, których uczysz?
- Czy możesz je podzielić na odpowiednie części które pasują do Twojego rozkładu zajęć?
- Jak dobre w praktycznym stosowaniu mogą być te materiały?
- Czy masz odpowiedni sprzęt aby móc używać tych materiałów na lekcji?
- Czy te materiały są dostępne? (Zobacz np. www.techdis.ac.uk aby dowiedzieć się więcej)

Zazwyczaj będziesz musiał odpowiednio zmienić część materiałów aby były dla użyteczne podczas zaplanowanych przez siebie lekcji.

Wymiana materiałów

Jeśli sam stworzyłeś nowe materiały przydatne w nauczaniu o nadprzewodnictwie to dlaczego nie podzielić się nimi z innymi nauczycielami? Nasza platforma internetowa służy właśnie do takich celów, zajrzyj na www.supercomet.eu aby uzyskać więcej informacji.

Prawa autorskie

Zawsze przed użyciem materiałów znalezionych w internecie sprawdź dokładnie, czy nie są one chronione prawem autorskim. W systemie BECTA znajdziesz dokładne informacje o tym, jak należy przestrzegać praw autorskich wykorzystywanych w szkole w celach dydaktycznych

<http://schools.becta.org.uk/>



Fizyka nadprzewodnictwa

Heimo Latal, Graz (A)

1. Wstęp

Punktem wyjściowym w odkryciu zjawiska nadprzewodnictwa była dyskusja na temat zależności oporu elektrycznego metali od temperatury. Zgodnie z klasyczną teorią P. Druda i H.A. Lorentza są dwie możliwości zachowania granicznego w temperaturze zera bezwzględnej:

- Elektrony swobodne zaczną się skupiać w pobliżu atomów i metal stanie się izolatorem w temperaturze 0 K.
- Nie nastąpi proces kondensacji elektronów swobodnych, a opór zacznie maleć do zera tak jak funkcja kwadratu temperatury.

Eksperymenty wykazały jednak, że żadne z wymienionych powyżej zachowań nie zachodzi. Od czasu doświadczeń Heike Kamerlingha Onnesa z roku 1908, przeprowadzonych w temperaturze ciekłego helu 4.2 K, mierzono opór metali w niskich temperaturach. Zauważono, że przyjmuje on pewną graniczną wartość zależną od zanieczyszczeń próbki metalu. Dla bardzo czystych próbek metalu opór powinien być bliski zera, ponieważ mierzona temperatura jest ściśle związana z chaotycznym termicznym ruchem atomów. W 1911 roku przeprowadzono doświadczenie z bardzo czystymi próbkami rtęci, które wykazały że opór rtęci rzeczywiście staje się niemierzalnie mały, ale w pewnym miejscu następuje nieoczekiwanie nagły skok wartości oporu do zera. (H. Kamerlingh Onnes otrzymał za te badania nagrodę Nobla w roku 1913).

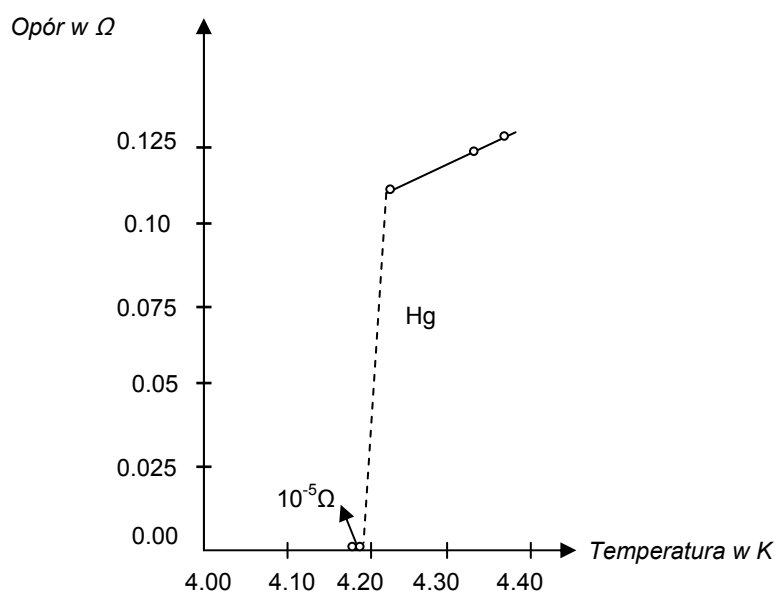


Fig. 1: Opór rtęci – przejście fazowe w stan nadprzewodnictwa.

Krótko później odkryto, że przy pewnej krytycznej wartości płynącego prądu przez przewodnik opór znowu przyjmuje skończoną wartość. Inne zjawisko związane z nadprzewodnictwem ma naturę magnetyczną – nazywamy je efektem „Meissnera – Ochsenfelda”. Polega on tym iż nadprzewodnik wstawiony w zewnętrzne pole magnetyczne usuwa linie pola magnetycznego ze swojego wnętrza i to niezależnie od tego, czy to pole włączymy przed czy po przejściu metalu w stan nadprzewodzący.



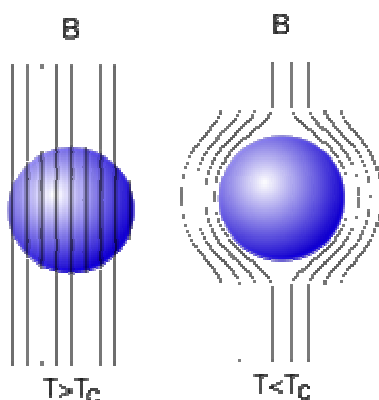


Fig. 2: Efekt Meissnera-Ochsenfelda
<http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:EfektMeisnera.svg>

Nadprzewodniki zachowują się więc jak idealne diamagnetyki. Ale istnieje krytyczna wartość zewnętrznego pola magnetycznego, w którym nadprzewodnictwo zanika. Ta zależność od wielkości zewnętrznego pola magnetycznego jest zależna od materiału z jakiego wykonano nadprzewodnik.

Podstawowy opis teoretyczny tych zjawisk został podany w 1957 roku przez J.Bardeena, L.N. Coopera i J.R. Schrieffera i jest znany jako opis kwantowo mechaniczny zjawiska nadprzewodnictwa (**Teoria BCS** – od pierwszych liter nazwisk jej twórców).

Efekty kwantowej natury nadprzewodnictwa możemy zaobserwować w **efekcie Josephsona**, który jest bezpośrednio wykorzystywany w wielu praktycznych urządzeniach. (np. w diagnostyce medycznej – magnetokardiografii).

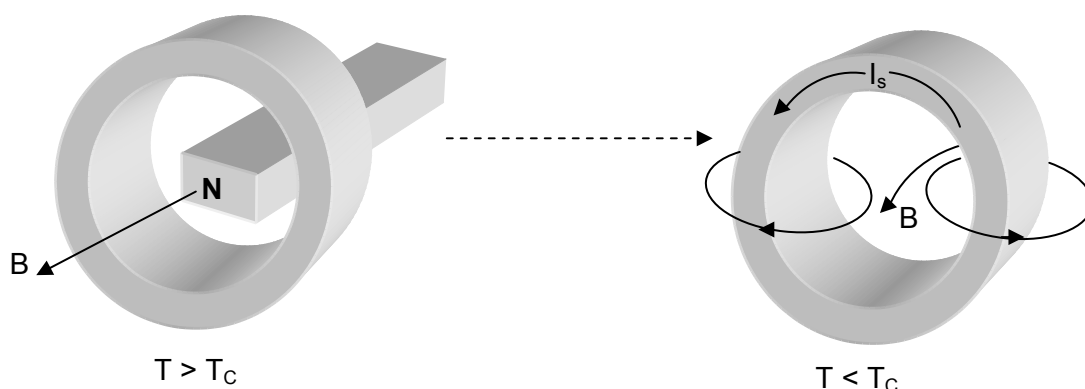
Własności magnetyczne opisane powyżej są charakterystyczne dla tzw. **nadprzewodników typu I**, i zazwyczaj występują w metalach natomiast odkryte później **nadprzewodniki typu II** to już materiały kompozytowe. Przejawiają one dwie krytyczne własności w zewnętrznym polu magnetycznym: poniżej pierwszej materiały są w tzw. stanie Meissnera (Typ I) pomiędzy pierwszym a drugim w stanie mieszanym Abrikosowa – za co przyznano nagrodę Nobla w 2003 roku – a w polu powyżej drugiej krytycznej wartości materiały stają się znowu zwykłymi przewodnikami. Faza przejściowa charakteryzuje się pojawieniem się **strumieni wirowych** w materiale – każdy z nich jest nośnikiem kwantowej jednostki pola magnetycznego – **fluxoidem**. Kiedy wiry znajdują się blisko jakiegoś defektu w materiale mogą zostać przez niego złapane i uwięzione (ang. pinning) wtedy materiał taki staje się odporny na wysokie zewnętrzne pola magnetyczne i nazywany jest „twardym nadprzewodnikiem”. Takie materiały są bardzo użyteczne w zastosowaniach technicznych.

W latach 1986-1993 odkryto nowy rodzaj nadprzewodników – zwane nadprzewodnikami wysokotemperaturowymi (High-Tc Superconductors). Charakteryzują się one dość wysoką temperaturą krytyczną, bliską temperaturze ciekłego azotu ok. 77 K. J.G. Bednorz i K.A. Muller otrzymali za odkrycie tego typu nadprzewodników nagrodę Nobla w roku 1987. Obecnie rekordowa temperatura dla nadprzewodników wysokotemperaturowych to około 160 K. Wiele z nich to materiały ceramiczne, dla których fizyczne zjawiska nie są jeszcze do końca zbadane.

2. Właściwości elektryczne

Nadprzewodnictwo rozumiemy dzisiaj jako zjawisko występujące w materiale przewodzącym, którego opór maleje do zera w temperaturze krytycznej T_c . Zazwyczaj jest to temperatura bardzo bliska zero bezwzględnemu. Jak powinniśmy wytłumaczyć takie znikanie oporu elektrycznego? Od czasu odkrycia zjawiska nadprzewodnictwa, kiedy mierzono opory rzędu 10^{-5} do dnia dzisiejszego zwiększyliśmy dokładność pomiaru małych oporów do 10^{-14} (miliard razy mniej). Było to możliwe dzięki zastosowaniu pomiarów prądu w nadprzewodzących krążkach (również Kammerlingh zastosował tę czułą metodę pomiaru już w roku 1914). Najpierw magnes sztabkowy umieszczamy wewnątrz krążka w normalnym stanie a następnie schładzamy go poniżej temperatury krytycznej. Kiedy wysuniemy magnes z krążka, indukujemy w nim prąd elektryczny. Wartość tego prądu będzie

malą w czasie, jeśli przewodnik wykazuje opór elektryczny i w ten sposób możemy wyznaczyć górną wartość oporu.



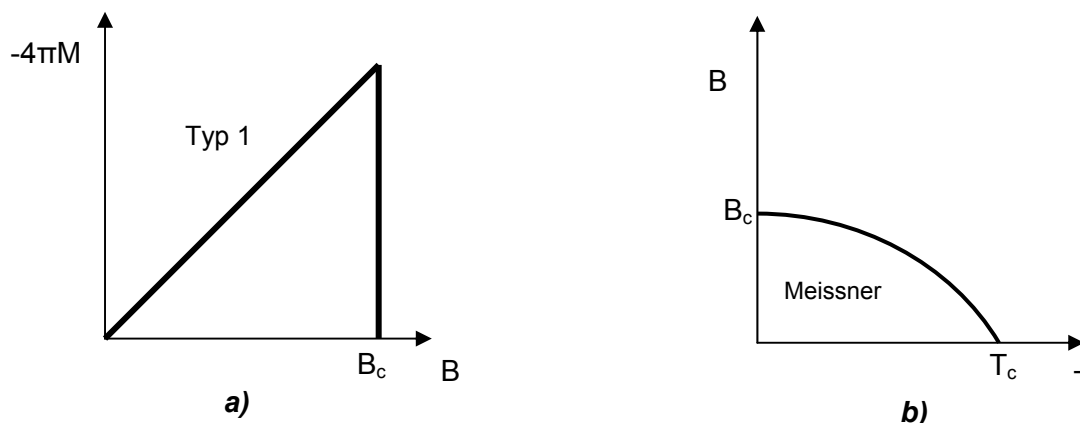
Rys.3 Wytwarzanie nadprądu w nadprzewodzącym krążku: najpierw krążek jest schłodzony a następnie magnes wyjmowany.

Mały opór metali jest związany z obserwacjami potwierdzającymi, iż transport ładunku elektrycznego odbywa się za pomocą swobodnych elektronów. Tak naprawdę nie są to zupełnie wolne ładunki ponieważ zderzają się między sobą i stanowią nieodłączny wkład do oporu elektrycznego (niezależny od temperatury) i z jonami sieci krystalicznej (tak naprawdę z elementarnymi oscylacjami sieci zwanymi fononami). Następny składnik jest jednak mocno zależny od temperatury. Dlaczego w materiale nadprzewodnikowym wymiana energii pomiędzy elektronami a siecią znika nagle?

Już od roku 1930 z nadprzewodnictwem związana była idea, że mają na nią wpływ makroskopowe zjawiska kwantowe. Ciała stałe są zazwyczaj dobrymi przewodnikami (jak miedź, srebro, złoto) ale nie stają się nadprzewodnikami ale niektóre złe przewodniki wręcz przeciwnie. Przyczyną tego, wynikającą z ostatnich badań, jest silne rozpraszanie elektron-foton, odpowiedzialne za duży opór w normalnych warunkach i ten właśnie efekt jest odpowiedzialny za mechanizmy nadprzewodnictwa. Istnienie krytycznej wartości prądu przy którym giną własności nadprzewodzące jest związane właśnie z tym mechanizmem (patrz rozdział 4).

3. Zachowanie magnetyczne

W polu magnetycznym nadprzewodniki stają się zupełnie innymi materiałami niż przewodniki metaliczne: stają się idealnymi diamagnetykami, indukują one pole magnetyczne kompletnie kompensujące zewnętrzne pole – ale tylko do pewnej krytycznej wartości pola B_c (patrz rys. 4a).



Rys. 4: a) indukowane pole magnetyczne w nadprzewodniku Typu I jako funkcja zewnętrznego pola magnetycznego b) Zależność krytycznej wartości pola magnetycznego od temperatury

W roku 1935 W.Meissner i R.Ochsenfeld odkryli efekt (później nazwany ich imieniem) polegający na tym iż strumień magnetyczny jest wypychany z nadprzewodnika niezależnie od tego kiedy pole magnetyczne zostało zastosowane przed lub po pojawieniu się nadprzewodnictwa. Więc efekt jest niezależny od historii i w sensie termodynamicznym jest odwracalny. Więc nadprzewodnictwo jest prawdziwym stanem termodynamicznym. Zależność krytycznej wartości pola magnetycznego od temperatury możemy w przybliżeniu zapisać prostą relacją (patrz rys.4b) :

$$B_c(T) = B_c(0) [1 - (T/T_c)^2] .$$

Krótko po odkryciu efektu Meissnera została stworzona przez F.H.Londona fenomenologiczna teoria nadprzewodnictwa. Jednym z przewidywań tej było stwierdzenie, że pole magnetyczne nie jest całkowicie usuwane z nadprzewodnika ale wchodzi ono włąb wąskiej warstwy materiału gdzie płyną prądy kompensacyjne. Wielkość charakteryzująca głębokość tej warstwy jest nazywana głębokością wnikania Londona i zazwyczaj wynosi ona około 50nm.

Fakt że cała energia odpowiedzialna za transport ładunków znajduje się w wąskiej warstwie blisko powierzchni nadprzewodnika powoduje ważne konsekwencje: tysiące cienkich nadprzewodzących nitek jest zanurzonych w miedzianej matrycy, która trzyma prąd poniżej temperatury krytycznej. Jeśli zastosujemy reguły kwantyzacji Bohra-Sommerfelda dla prądu płynącego w nadprzewodzącym krążku (czyli do układu makroskopowego !) otrzymamy :

$$\Phi_0 = h/2e_0 = 2.07 \times 10^{-15} \text{ Tm}^2 (= \text{Wb})$$

gdzie h jest stałą Planka a e_0 to ładunek elementarny. Występująca w mianowniku wartość ładunku została wyznaczona eksperymentalnie i wynosi dwukrotność ładunku elementarnego, mówi nam to o występowaniu par ładunków w strukturze półprzewodnika. Będziemy dyskutowali szczegółowo ten problem w następnych rozdziałach.

4. Teoria BCS

Teoria BCS (za którą J. Bardeen, L.N. Cooper i J.R. Schrieffer dostali nagrodę Nobla w 1972 roku) jest wielocząsteczkową, kwantowo mechaniczną teorią wyjaśniającą zjawisko nadprzewodnictwa w metalach. Obserwacje eksperymentalne wykazały, że wartość temperatury krytycznej zależy od tego, czy w metalu jest więcej lekkich czy ciężkich izotopów (efekt izotopowy). Wskazuje to na zależność, w jaki sposób masa wpływa na wartość skwantowanych oscylacji sieci i odgrywa ważną rolę w tworzeniu stanu nadprzewodzącego. Również przerwa energetyczna, w widmie wzbudzenia elektronowego nadprzewodnika poniżej T_c , została określona podczas pomiarów ciepła właściwego, której wartość wyznacza możliwość tworzenia par elektronów w stanie nadprzewodzącym.

Prosta teoria przed powstaniem BCS opierała się na formowaniu par elektronów zwanych parami Coopera – z przeciwnymi momentami i spinem (szczegóły poniżej). Takie pary mogą powstawać dzięki nowym słabym oddziaływaniom pomiędzy elektronami zachodzącymi dzięki emisji i absorpcji wirtualnych fononów. Można to wytłumaczyć w następujący sposób: emisja wirtualnego fotonu jest równoznaczna z odchyleniem sieci jonów a to ze zmianą polaryzacji sieci w jego sąsiedztwie.

Jeżeli inny elektron zbliża się do tej chmury polaryzacji, to zostaje on przyciągnięty (poprzez absorbuje wirtualnego fotonu), niezależnie od odpychania Coulomba pomiędzy elektronami (powinniśmy tu zaznaczyć, że foton wymiany nie jest rzeczywisty dopóki nie przekaże energii sieci i w ten sposób spowoduje wzrost oporu powyżej zera).

Formacja par Coopera jest procesem dynamicznym, zależy ona od tego, jak szybko w sieci rozprzestrzenia się polaryzujące działanie elektronów i dlatego masy jonów odgrywają decydującą rolę, prowadząc do powyżej wspomnianego efektu izotopowego dla temperatury krytycznej. Jeśli sieć reaguje dużo wolniej niż przemieszczają się elektrony, to połączenie par Coopera rozciąga ponad odległościami 100 nm do 1000 nm; tę odległość nazywa się "długością spójności" i może ona być interpretowana jako rozszerzenie środka pary Coopera.

Na tej długości może się zmieścić 10^6 elektronów, które w formie par Coopera nieustannie rozpadają się i przekształcają.



Obliczenia kwantowo mechaniczne wykazały, że wszystkie pary Coopera ustawia się tak, aby mieć całkowity pęd i spin równy zero (w $T = 0$ K). W ten sposób każda para Coopera zachowuje się jak bozon, który preferują takie ustawienie że wszystkie są w tym samym stanie kwantowym. Zespół wszystkich par jest opisany przez pojedynczą funkcję fali rozciągającą się w nadprzewodniku jako całość. Energia wiążąca par Coopera jest rzędu kilku meV, o wiele mniejsza niż energia wiążąca elektrony w metalu (kilka eV), dlatego połączenie elektronów w pary jest możliwe tylko wtedy, kiedy termiczna energia sieci jest mała. Ta właśnie energia powoduje wzrost wspomnianej powyżej przerwy energetycznej w widmie elektronowym.

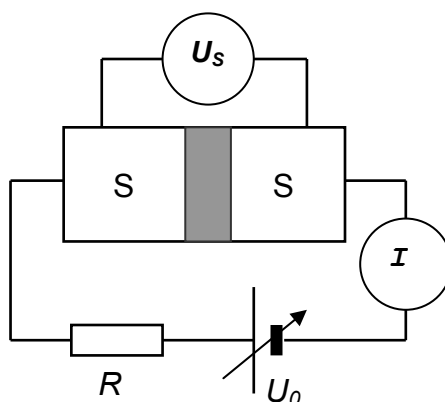
Poniżej temperatury krytycznej tylko mały ułamek elektronów przewodnictwa tworzy pary Coopera; jeśli temperatura spada coraz bardziej pary są tworzone częściej a w $T = 0$ K wszystkie elektrony są już złączone w pary.

Kiedy zastosujemy zewnętrzne pole elektryczne, wszystkie pary mają ten sam pęd bez jakiegokolwiek oddziaływania z siecią, powodując obserwowalne zmniejszenie transportu ładunków. Wartość pędu, który może zostać przenoszony do par, jest ograniczony; gdy tylko ich energia kinetyczna przewyższa energię wiązania, nadprzewodnictwo znika, czego przyczyną jest właśnie istnienie prądu krytycznego. Również pole magnetyczne może być stosowane tylko do pewnej skończonej wartości, dopóki prąd kompensacyjny nie osiągnie wartości krytycznej.

Na zakończenie powinniśmy zauważyć, że teoria BCS potrzebuje tylko trzech parametrów, by wyrazić istotne cechy nadprzewodnictwa w metalach: są to cechy podsystemu elektronowego (gęstość stanów blisko powierzchni Fermiego), parametry sieci (częstości charakterystycznych fononów) oraz siły sprzężenia elektron-fonon.

5. Efekt Josephsona

Jeżeli dwa nadprzewodniki są złączone przez cienką warstwę ze zwykłego materiału (tylko kilka nanometrow grubości), wtedy teoria kwantowa przewiduje niezerowe prawdopodobieństwo, że para Coopera może poprzez tunelowanie pokonać barierę dzielącą dwa nadprzewodniki. Mówi się, że dwa nadprzewodniki są słabo złączone. Takie urządzenie nazwano złączem Josephsona, na cześć *Briana D. Josephsona*, który przewidział zjawisko teoretycznie w 1962 i dostał za to Nagrodę Nobla w 1973, po jego doświadczalnej weryfikacji. Złącze Josephsona może być typu nadprzewodnik-izolator - nadprzewodnik (SIS) lub nadprzewodnik - normalny przewodnik - nadprzewodnik (SNS) albo jako bardzo wąska przerwa pomiędzy dwoma nadprzewodnikami.



Rys. 5: Złącze Josephsona

Fakt że wszystkie pary Coopera w nadprzewodniku są w tych samych stanach kwantowych oznacza że faza opisujących je funkcji falowych jest dobrze znana. Jeśli U_0 jest napięciem na złączu to prąd Josephsona oznaczymy przez I_s możemy zapisać jako:

$$I_s = I_c \sin(\Delta\phi).$$

Gdzie $\Delta\phi$ jest różnicą faz funkcji falowych par Coopera po przeciwnych stronach złącza analogicznie do różnicy fazowej dwóch sprzężonych wahadeł. Wartość prądu I_s będzie wzrastała wraz ze

wzrostem zastosowanego napięcia U_0 aż do wartości krytycznej I_c . To zjawisko jest nazywane **stałoprądowym efektem Josephsona**.

Gdy wartość prądu będzie większa od wartości krytycznej, na barierze pojawi się napięcie U_s czyli zostanie osiągnięta pewna wartość oporu elektrycznego. To napięcie związane jest z różnicą energii par Coopera, której wartość wynosi:

$$\Delta E = 2 e_0 U_s ,$$

i zgodnie z mechaniką kwantową ta różnica energii będzie odpowiadała za różnice częstotliwości pojawiającej się w systemie o wartości $\Delta v = \Delta E/h$. Jeśli dwa oscylatory drgają z różnymi, ale stałymi w czasie częstotliwościami, to możemy różnice ich faz zapisać w postaci:

$$\Delta\phi(t) = 2\pi \Delta v t = (2\pi/\Phi_0) U_s t .$$

Gdzie znów pojawia się strumień magnetyczny Φ_0 , którego odwrotność jest nazywana stała Josephsona K_J . W konsekwencji poprzez złącze zaczyna płynąć "nad-prąd" o częstotliwości Josephsona danej przez:

$$v_J = 2 e_0 U_s/h$$

To powoduje powstanie **zmiennoprądowego efektu Josephsona**.

Złącze Josephsona jest używane jako superszybki element przełączający i precyzyjny stabilizator pola magnetycznego. Jest to wykorzystywane w urządzeniach pomiarowych (magnetometrach) pozwalających dokładnie mierzyć bardzo małe wartości pola magnetycznego, tzw. SQUIDs - Superconducting Quantum Interference Devices.

W **odwrotnym stałoprądowym efekcie Josephsona** stosujemy na złączu zmienne napięcie o częstotliwości v (zazwyczaj stosując w tym celu promieniowanie mikrofalowe). Powoduje to powstawanie dyskretnej wartości napięcia na warstwach obu nadprzewodników w złączu:

$$U_n = n \Phi_0 v, \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

Zjawisko to wykorzystujemy w dokładnych przetwornikach częstotliwościowo-napięciowych. Są one używane na całym świecie jako wzorcowe urządzenia kalibrujące w laboratoriach i instytutach metrologicznych. Należy również zaznaczyć iż efekt Josephsona został zaobserwowany również w nowych kompozytowych, wysokotemperaturowych nadprzewodnikach.

6. Nadprzewodniki Typu I i Typu II

Samo zjawisko i jego podstawy teoretyczne zostały opisane w rozdziale 2 i 4 w odniesieniu do nadprzewodników Typu I, które charakteryzują się kompletnym efektem Meissnera-Ochsenfelda poniżej T_c i B_c : gdzie zewnętrzne pole magnetyczne maleje eksponentalnie wewnątrz warstwy Londona a płynący "nad-prąd" powoduje "wyczyszczenie" wnętrza nadprzewodnika z pola magnetycznego. Powyżej krytycznej wartości pola magnetycznego B_c pary Coopera rozpadają się i materiał staje się normalnym przewodnikiem. Materiały wykazujące tego typu zachowanie to zazwyczaj czyste metale, które w ogólności charakteryzują się niską wartością temperatury krytycznej i wartości pola magnetycznego. Dlatego nie są one zbyt użyteczne w praktycznych zastosowaniach technologicznych.

Zupełni inaczej jest z nadprzewodnikami Typu II (najczęściej są to stopy i kompozyty), które wykazują inne własności magnetyczne: poniżej pierwszej wartości krocznego pola magnetycznego B_{c1} , znajdują się one w stanie nazywanym stanem Meissnera i wtedy wykazuje kompletny efekt Meissnera-Ochsenfelda (tak jak w nadprzewodnikach Typu I). Pomiędzy tą wartością a zazwyczaj znacznie większą drugą wartością krytyczną B_{c2} wykazują one niekompletny efekt Meissnera-Ochsenfelda, polegający na tym że zewnętrzne pole magnetyczne zaczyna wnikać do wnętrza nadprzewodnika. powyżej wartości B_{c2} nadprzewodnictwo zanika (patrz rys. 6a).



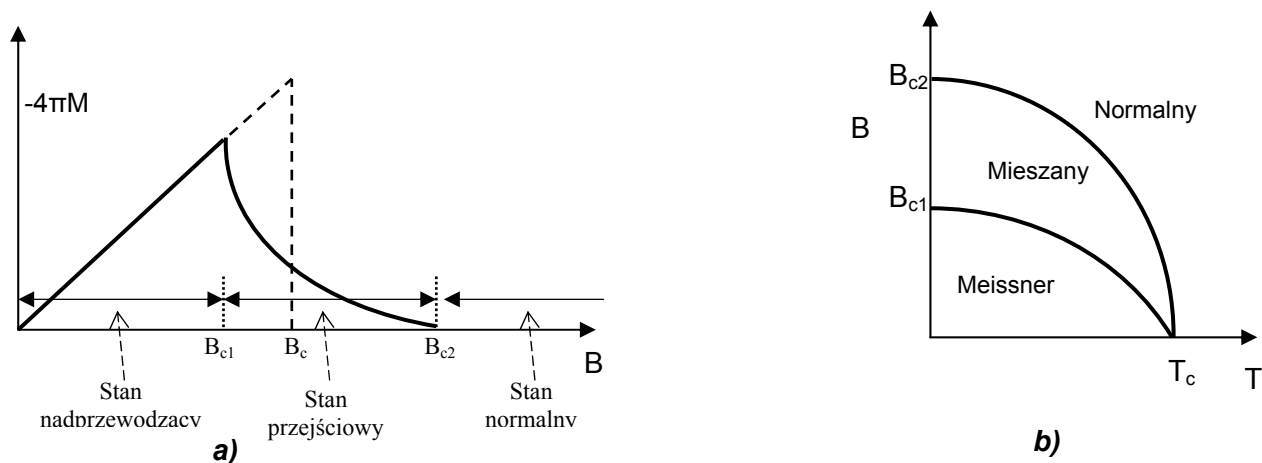


Fig. 6: a) Indukowane pole magnetyczne w nadprzewodnikach Typu II jako funkcja zastosowanego zewnętrznego pola magnetycznego
 b) Zależność wartości krytycznego pola magnetycznego od temperatury

W stanach mieszanych (stany Abrikosowa, wirowe lub mieszane) energetycznie uzasadnione jest tworzenie wirów strumienia magnetycznego Φ_0 wewnątrz materiału. Wiry te występują w normalnej fazie przewodzenia i są otoczone przez nadprzewodzące obszary gdzie płyną prądy wirowe (patrz rys. 7). Kiedy pole magnetyczne wzrasta od wartości B_{c1} do B_{c2} , coraz więcej wirów pojawia się wewnątrz materiału, zaczynają się od siebie odpychać tworząc w ten sposób dwuwymiarową heksagonalną sieć wirów. Można ją zobaczyć pod mikroskopem.

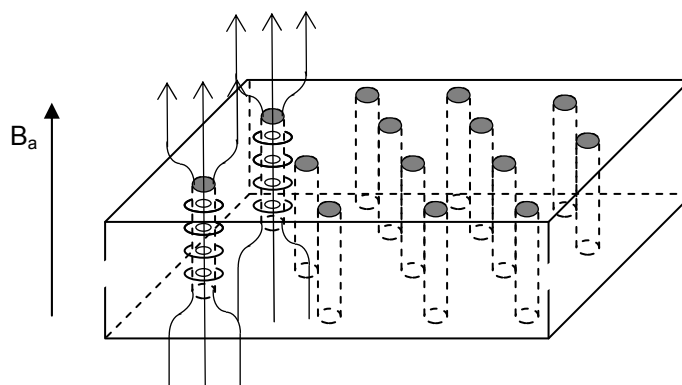


Fig. 7: Wiry wewnątrz nadprzewodnika Typu II

Opis teoretyczny takiego zjawiska został podany w pracy *V.L. Ginzburga i L.D. Landaua* w 1950, został później rozszerzony przez *A.A. Abrikosowa* w 1957 oraz *L.P. Gor'kowa* w 1960. *Abrikosow i Ginzburg* zostali za te prace uhonorowani nagrodą Nobla w roku 2003 (niestety *Landau* zmarł w 1968).

Aby właściwie zrozumieć to zjawisko wprowadźmy odpowiednie skalowanie odległości: zdefiniujmy efektywną odległość spójności fazowej ξ która zależy od charakterystycznej dla danego materiału "własnej" odległości spójności fazowej ξ_0 (tzn. jako rozszerzenie pary Coopera) oraz drogę swobodną elektronów l w normalnym przewodniku (która ma wpływ np. na opór oraz na właściwości przewodzące materiału) jako:

$$1/\xi = 1/\xi_0 + 1/l$$

Ta odległość spójności fazowej można porównać z głębokością Londona λ_L . Dla czystych nadprzewodników (z dużą wartością drogi swobodnej l) ξ jest prawie równe ξ_0 i znacznie większe od λ_L . W innym wypadku dla zanieczyszczonego materiału o małej drodze swobodnej i wartość ξ

staje się mniejsza od λ_L i stan nadprzewodzący znacznie się zmieniać, kiedy pole magnetyczne wnika do wnętrza materiału – tak jak w nadprzewodnikach Typu II.

W tej samej skali możemy opisać zależności dla krytycznych wartości pola magnetycznego: wartość B_{c1} zależy od λ_L i B_{c2} od ξ , natomiast ich iloczyn jest równy "termodynamicznej" wartości krytycznego pola magnetycznego B_c (patrz rys 6a),

$$B_{c1} B_{c2} \approx B_c^2.$$

W idealnej sytuacji wiry swobodnie wędrują w całej objętości nadprzewodnika jednak defekty sieci (zanieczyszczenia, defekty punktowe) powodują, iż są one zatrzymywane w pewnych miejscach materiału. Takie uwięzienie wirów jest wykorzystywane praktycznie : dużo większe pole magnetyczne jest wytwarzane za pomocą tzw. twardych nadprzewodników (nawet 50 T).

7. Nadprzewodniki wysokotemperaturowe

Nadprzewodniki wysokotemperaturowe charakteryzują się temperaturą krytyczną zachodzenia procesu nadprzewodnictwa powyżej 30 K. Do roku 1986 wszyscy byli przekonani zgodnie z teorią BCS powstanie stanu nadprzewodnictwa w temperaturach znacznie wyższych niż zero bezwzględne jest niemożliwe.

Ale właśnie w 1986 roku *J.G. Bednorz* i *K.A. Müller* odkryli nadprzewodnictwo w kompozycie ceramiczno miedzanym ($La_{2-x}Ba_xCuO_4$) o temperaturze krytycznej pomiędzy 30 K a 40 K (za co dostali nagrodę Nobla w 1987 roku). Krótco po tym zastąpiono lantan itrem tworząc nowy kompozyt: $YBa_3Cu_3O_7$, o temperaturze krytycznej około 93 K. ten materiał zwany w skrócie jako YBCO albo kompozyt 123, był on wtedy nadprzewodnikiem o najwyższej temperaturze krytycznej.

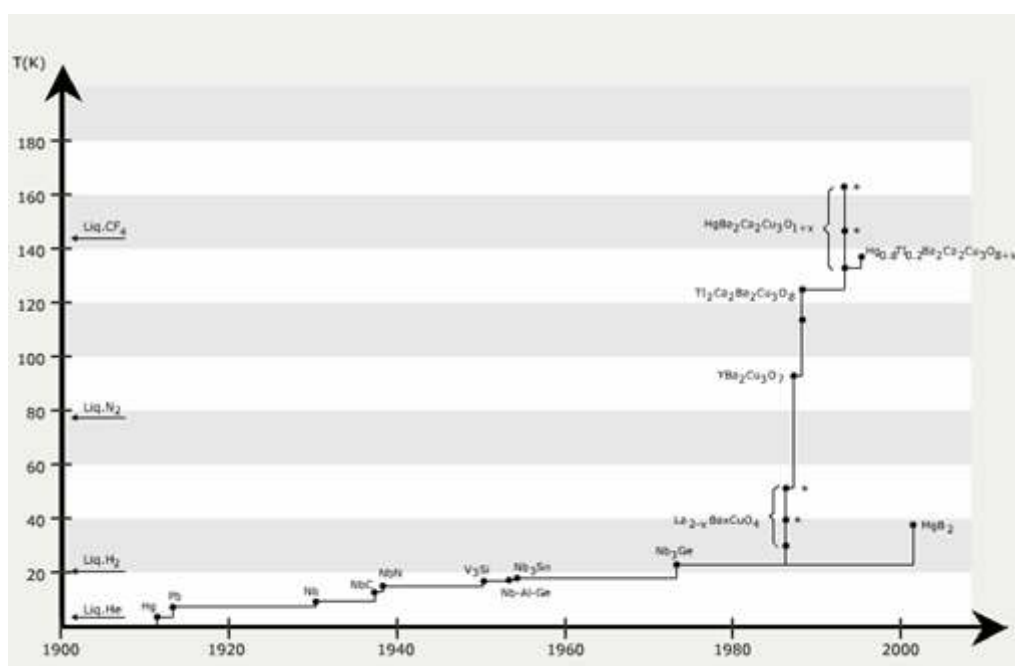


Fig. 8: Rozwój historyczny nadprzewodników wysokotemperaturowych

Ten wysokotemperaturowy nadprzewodnik pozwolił na techniczne zastosowania które przestały być bardzo kosztowne gdyż wymagały tylko temperatury ciekłego azotu (77 K) a nie dużo droższego ciekłego helu. W kolejnych latach zostały wytworzone podobne materiały o wyższej temperaturze krytycznej. Obecnie rekordzistą (stan z marca 2007 roku) jest kompozyt $Hg_{0.8}Tl_{0.2}Ba_2Ca_2Cu_3O_8$, który ma temperaturę krytyczną 138 K.

Pod wysokim ciśnieniem kompozyt rtęciowy $HgBa_2Ca_2Cu_3O_8$ wykazuje temperaturę krytyczną większą od 160 K. Został również złożone zgłoszenie patentowe na materiał o temperaturze krytycznej 150 K.

Niestety, mechanizm leżący u podstaw działania nadprzewodników wysokotemperaturowych nie jest do końca rozstrzygnięty, chociaż niektóre aspekty nadprzewodników opartych o tlenki miedzi (kupratów) są znane. Wszystkie kupraty nie domieszkowane są w normalnych warunkach antyferromagnetycznymi izolatorami; domieszkowanie czyni je metalami i w konsekwencji nadprzewodnikami. Istnieje pewna optymalna wielkość domieszki, poniżej i powyżej której temperatura krytyczna rośnie. Nośnikami ładunku w tego typu nadprzewodnikach są dziury, tj. brakujące elektrony. Typowym elementem struktury są płaszczyzny CuO_2 , które są odpowiedzialne za powstanie prądów nadprzewodnictwa. Możliwym mechanizmem tworzenia się par Coopera (które są podstawą nadprzewodnictwa) w tym przypadku mogą być antyferromagnetyczne sprzężenia spinowe natomiast fonony (jak w teorii BCS) najprawdopodobniej nie odgrywają żadnej roli. Obecnie trwają intensywne prace mające na celu stworzenie teorii nadprzewodników wysokotemperaturowych.

Pod koniec warto wspomnieć iż już w 1964 roku powstała hipoteza iż związki organiczne mogą również być nadprzewodnikami i to o wysokich temperaturach krytycznych. Te oczekiwania do dziś nie zostały spełnione, choć odkryto organiczne nadprzewodniki o temperaturze krytycznej około 10 K.

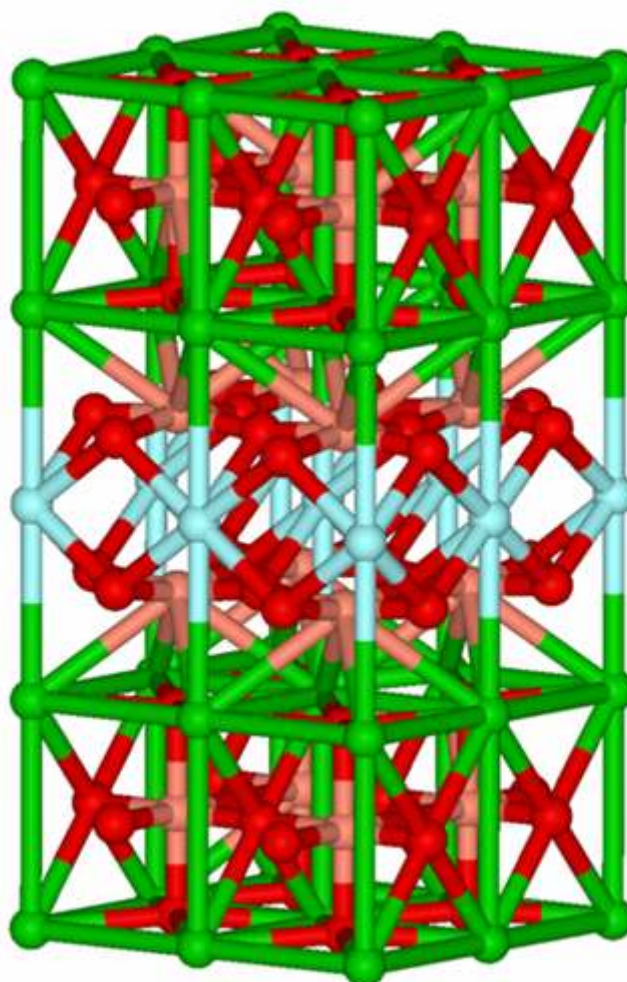
Credits

Część tego artykułu jest adaptacją pracy W. Buckela i R. Kleinera, *Superconductivity: fundamentals and applications*, Wiley, Weinheim (2003), w szczególności stamtąd pochodzi większość rysunków. Wykorzystano również materiały C. Ambroscha-Draxla z wykładów prowadzonych na Uniwersytecie w Grazu.

Rysunki 2, 4a i 6a pochodzą z podręcznika Ch. Kittel: *Introduction to Solid State Physics*, 7th ed., Wiley, New York (1996).

Trójwymiarowa symulacja sieci nadprzewodnika wysokotemperaturowego YBCO

<http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:YBCO-3D-balls.png>



Moduły

Przegląd

Na jakich zjawiskach opiera się nadprzewodnictwo?
Magnetyzm

Kim byli ludzie odkrywający nadprzewodnictwo?
Historia nadprzewodnictwa

Co to jest nadprzewodnictwo?
Wstęp do nadprzewodnictwa

Na jakich zjawiskach opiera się nadprzewodnictwo?
Indukcja elektromagnetyczna

Jak są zrobione nadprzewodniki?
Materiały nadprzewodnikowe

Do czego używamy nadprzewodnictwa?
Zastosowania nadprzewodnictwa

Na jakich zjawiskach opiera się nadprzewodnictwo?
Przewodnictwo elektryczne

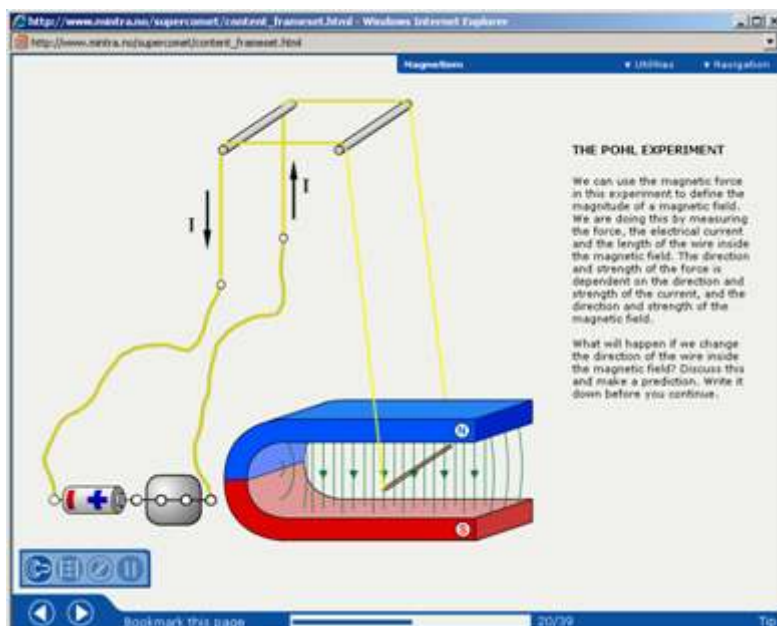
Jak działają nadprzewodniki?
Wyjaśnienie nadprzewodnictwa

Czy możemy pracować z nadprzewodnikami w szkole?
Przykłady ćwiczeń z nadprzewodnictwa

Magnetyzm

Te moduł pokazuje naturalne powiązania pomiędzy łatwymi eksperymentami z siłami magnetycznymi a teoretyczną koncepcją pola magnetycznego. Niektóre materiały są magnetyczne z samej swojej natury, inne nie. Materiały magnetyczne są popularnie zwane magnesami, są one otoczone liniami sił pola magnetycznego. Uczniowie mogą badać pola magnetyczne związane z przewodami obwodów elektrycznych oraz cewkami. W tym module pokazano również różnice pomiędzy właściwościami magnetycznymi ferro-, para- i dia – magnetyków.

- Pole magnetyczne wokół prostych przewodów
- Pole magnetyczne wokół magnesów
- Pole magnetyczne wokół pętli przewodów (cewek).
- Siły magnetyczne
- Siłą Lorentza występująca w przewodach elektrycznych
- Dia-, para- i ferromagnetyki



Wymagania

Aby efektywnie pracować w SUPERCOMET 2 uczniowie powinni:

1. rozpoznawać naturalnie występujące siły magnetyczne zwane magnetyzmem, widzieć że magnesy wytwarzają pole magnetyczne, wiedzieć iż magnesy mogą się odpychać lub przyciągać
2. wiedzieć, iż pole magnetyczne to obszar wokół i wewnątrz magnesu, gdzie działają siły magnetyczne
3. wiedzieć, że przepływ prądu w przewodzie powoduje powstawanie pola magnetycznego wokół niego
4. Znać proste obwody elektryczne

Cele nauczania

Po opanowaniu treści z SUPERCOMET uczniowie będą umieć/ wiedzieć że

Uczeń wie iż:

- Ziemia posiada pole magnetyczne
- elektryczność i magnetyzm to dwa przejawy tego samego zjawiska
- pole magnetyczne występuje zawsze tam, gdzie płynie prąd elektryczny
- pole magnetyczne wokół solenoidu (cewki) jest podobne do pola magnetycznego wokół magnesu sztabkowego
- materiały posiadają różne własności magnetyczne, wyróżniamy m.in: paramagnetyki, diamagnetyki i ferromagnetyki
- ferromagnetyki można namagnesować poddając je działaniu zewnętrznego pola magnetycznego i rozmagnesować przez podgrzewanie do odpowiedniej temperatury.



Uczeń umie:

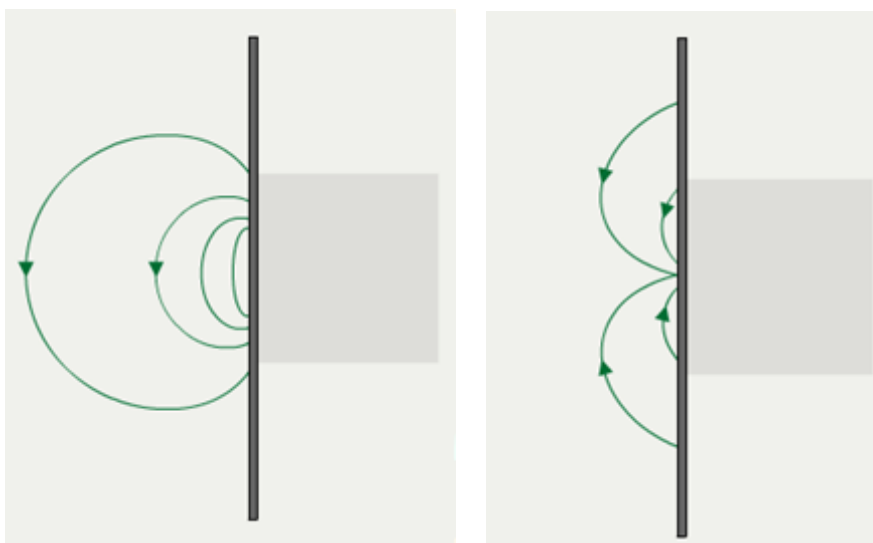
- opisać zjawiska występujące podczas doświadczenia Ørsteda
- wyjaśnić znaczenie doświadczenia Ampère'a
- wyjaśnić występowanie sił podczas doświadczenia Pohla (siły działające na ramkę z prądem w polu magnetycznym)
- opisać, jak kształt pola magnetycznego wytwarzanego przez solenoid jest związany z polem magnetycznym wokół prostego przewodu
- wyjaśnić, dlaczego stosuje się rdzenie ferromagnetyczne w elektromagnesach
- opisać w prosty sposób znaczenie istnienia domen magnetycznych wewnątrz materiałów magnetycznych

Uczeń potrafi:

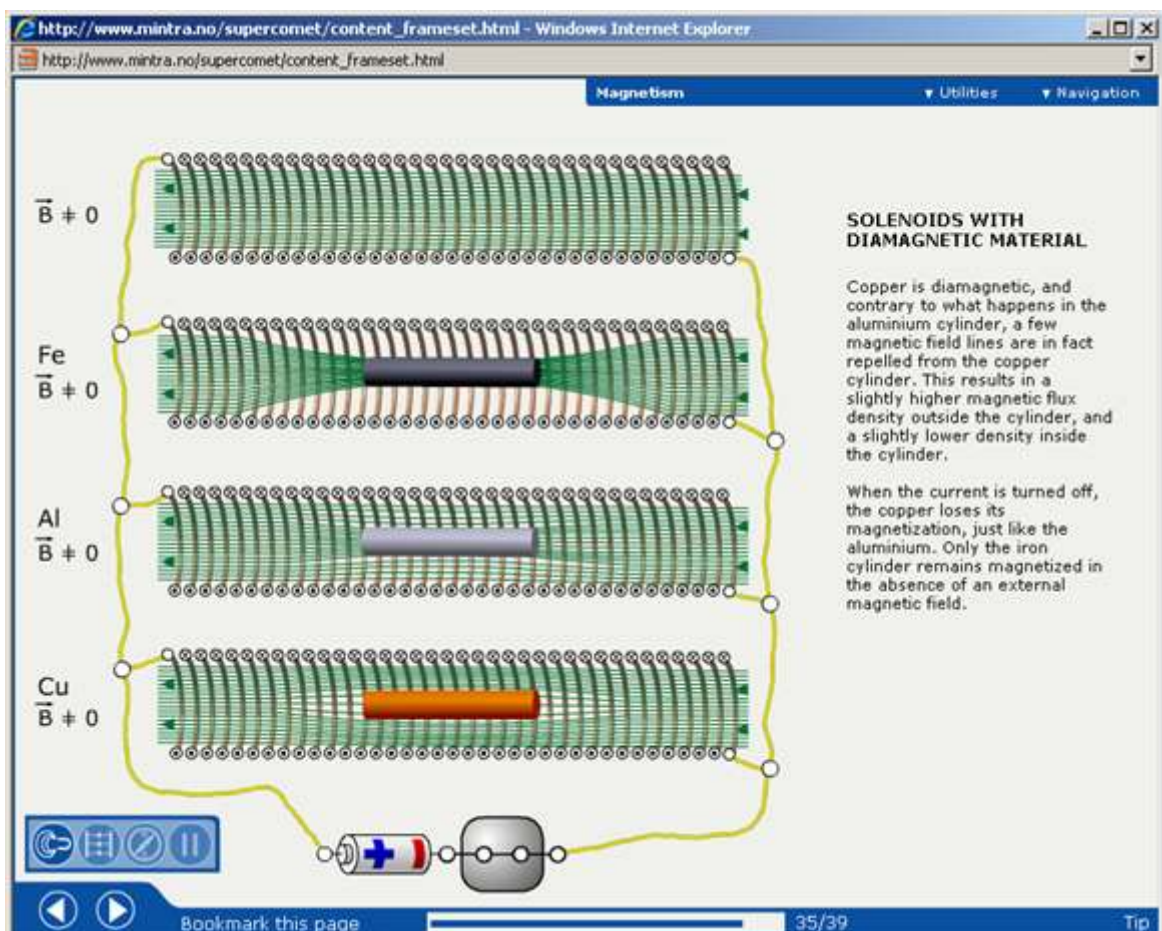
- zastosować regułę prawej ręki, aby stwierdzić jaki kierunek ma pole magnetyczne wokół przewodu
- narysować pola magnetyczne wokół magnesów o prostych kształtach (magnes sztabkowy, magnes w kształcie podkowy).
- Zastosować koncepcje domen Weissa dla wyjaśnienia własności magnesów

Pytania testowe:

- Podaj dwie własności magnesów
- Podaj dwa przykłady zastosowania elektromagnesów
- Co nam wyjaśnia doświadczenie Ørsteda ?
- Narysuj magnesy, które produkują narysowane obok pole magnetyczne
- Jak można wykorzystać doświadczenie Ampère'a do zdefiniowania jednostki natężenia prądu elektrycznego?
- Które zmienne wpływają na wartość siły w doświadczeniu Pohla?
- W doświadczeniu Pohla symulujemy działanie silnika elektrycznego. Opisz jak.
- Podaj dwa przykłady związków między magnetyzmem a elektrycznością.
- Jakie różnice w wyglądzie linii sił pola magnetycznego możesz zaobserwować pomiędzy magnesem sztabkowym a przewodem elektrycznym?
- Pole magnetyczne jest opisywane za pomocą wektora indukcji magnetycznej B , jaki jest związek pomiędzy tym wektorem a liniami pola magnetycznego? Jaki jest związek wektora indukcji magnetycznej z siłą działającą na przewodnik o długości l , przez który przepływa prąd o natężeniu i jeśli jest on umieszczony w zewnętrznym polu magnetycznym tworzącym kąt Φ z kierunkiem płynącego prądu?



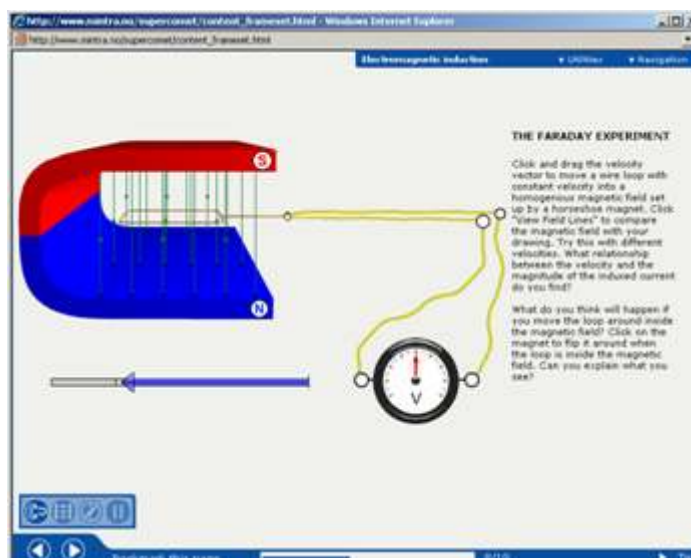
- Czy zauważasz silne podobieństwo pomiędzy kształtem linii sił pola magnetycznego wokół solenoidu i magnesu sztabkowego? Czy mógłbyś coś powiedzieć o polu magnetycznym bez magnesu? Jaki byłby jego kierunek? Odpowiedź uzasadnij.
- Jaka własność linii sił pola magnetycznego wewnątrz solenoidu sugeruje nam, że pole magnetyczne w jego wnętrzu jest jednorodne?
- Wyjaśnij kierunek pola magnetycznego posługując się reguła prawej dłoni.
- Opisz główne właściwości paramagnetyków, diamagnetyków i ferromagnetyków.
- Jak myślisz, czy ferromagnetyk będzie przyciągany czy odpychany przez magnes? A co będzie się działo w takiej sytuacji z diamagnetykiem? Odpowiedź uzasadnij.
- Rozważ zachowanie ferromagnetyka i materiału magnetycznego (magnesu) kiedy znajdują się one blisko magnesu stałego. Wykonaj doświadczenie, w domu lub w klasie, używając w tym celu różnych substancji (drewno, guma, żelazo, aluminium, miedź, inne magnesy...) i wskaż podobieństwa i różnice. Jaką hipotezę możesz sformułować na podstawie swoich obserwacji?
- W jaki sposób zrobić z kawałka metalu magnes? Wskaż dwie metody aby zniszczyć własności magnetyczne magnesu.
- Dlaczego używamy rdzeni ferromagnetycznych w elektromagnesach?
- Wyjaśnij naturę magnetyczną żelaza posługując się koncepcją domen magnetycznych sformułowaną przez Weissa.
- Jakie metale stają się nadprzewodnikami po oziębieniu?



Indukcja elektromagnetyczna

Ten moduł wykorzystuje animacje aby powiązać magnetyzm i elektryczność. Magnesy i cewki mogą być wykorzystane do zamiany energii magnetycznej w energię elektryczną przy użyciu indukcji, w podobny sposób w jaki pole magnetyczne powstaje poprzez poruszanie się ładunków przy przepływie prądu elektrycznego. Obydwa typy przemiany energii mają miejsce w transformatorach napięć.

- Indukcja przez ruch
- Indukcja przez zmianę strumienia magnetycznego
- Regułą Lenza
- Zastosowania indukcji elektromagnetycznej
- Eksperymenty z indukcją



Wymagania

Aby pracować z SUPERCOMET uczniowie powinni posiadać następujące umiejętności

1. używa pojęć: «pole magnetyczne»; «siła magnetyczna»; «magnetyzm»
2. wiedzieć, że każda naładowana cząstka otoczona jest polem magnetycznym
3. wiedzieć, że elektrony mogą poruszać się w przewodniku
4. wiedzieć, że elektryczność i magnetyzm to dwa oblicza tego samego zjawiska
5. wiedzieć, że prąd elektryczny tworzy pole magnetyczne

Cele nauczania

Po opanowaniu materiału z SUPERCOMET uczniowie będą wiedzieć/ umieć

Uczeń wie:

- jak i kiedy używać pojęć: indukcja, cewka, obwód, prąd, strumień magnetyczny, generator, wirnik, stojan, prądnica
- że silnik na prąd zmienny jest w zasadzie generatorem prądu zmiennego działającym na odwrót
- jakie są zastosowania cewek indukcyjnych w technice (np. transformatory, silniki elektryczne, generatory, głośniki i mikrofony)

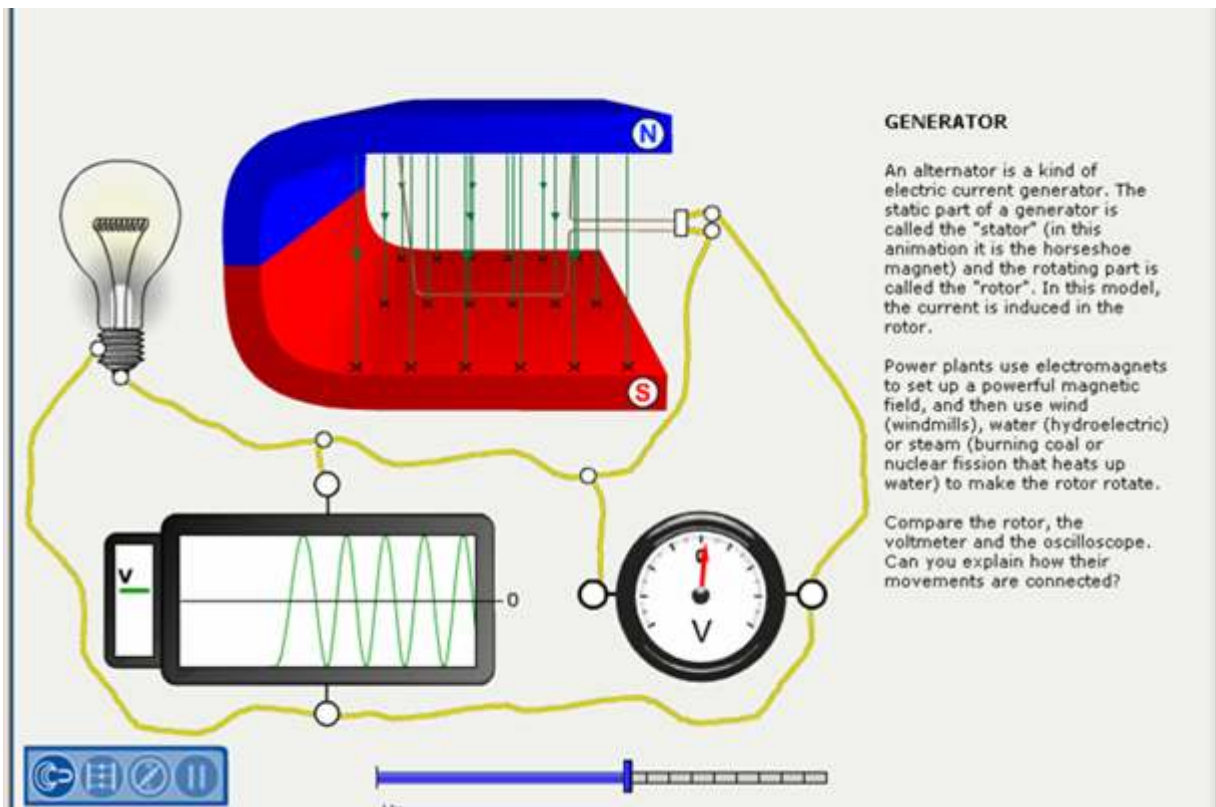
Uczeń rozumie:

- jak jest opisywane zjawisko indukcji
- jak działa elektromagnes i jaka jest w tym rola indukcji magnetycznej
- jak powstaje prąd zmienny i jaka rolę w tym procesie ma indukcja magnetyczna, cewki i ruch obrotowy.



Pytania testowe

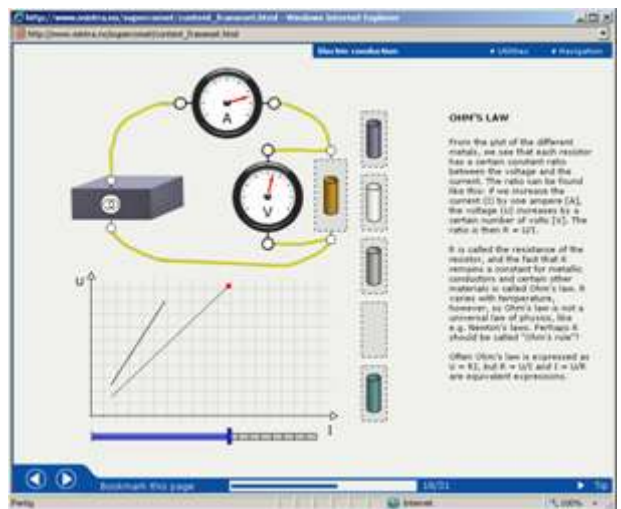
- Jaka jest definicja strumienia wektora indukcji magnetycznej. Wymień i opisz znaczenie symboli użytych przez siebie oraz narysuj diagram odpowiadający twojemu opisowi. W układzie jednostek SI jednostką strumienia magnetycznego jest Weber [Wb]. Jaki jest związek pomiędzy Wb a T?
- Rozważ solenoid nie podłączony do żadnego źródła prądu. W jakiej z wymienionych sytuacji wygenerowany zostanie prąd w solenoidzie: (i) kiedy wartość strumienia magnetycznego wewnątrz solenoidu jest stała (ii) kiedy wzrasta (iii) kiedy maleje?
- Jeśli w generatorze zamiast obrotu uzwojenia wokół magnesu sam magnes będzie wirował wokół uzwojenia, to czy w takiej sytuacji będzie generowany prąd elektryczny? Odpowiedź uzasadnij..
- O czym mówi reguła Lenza?
- Czy transformator jest urządzeniem zamieniającym prąd stały na prąd zmienny i na odwrót? Jeśli tak, wyjaśnij zasadę takiej zmiany, jeśli nie, wyjaśnij do czego służy takie urządzenie
- Wiemy już że prąd elektryczny generuje pole magnetyczne i że pole magnetyczne powoduje przepływ prądu. Jakie są więc różnice pomiędzy tymi dwoma procesami?



Przewodnictwo elektryczne

W tym module użyto animacji, aby pokazać zjawisko przewodnictwa elektrycznego. Niektóre materiały przewodzą prąd, inne są izolatorami. Niektóre są półprzewodnikami, a niektóre nadprzewodnikami.

- Typy przewodników
- Model atomu Bohra
- Prędkość unoszenia
- Prawo Ohma
- Oporność właściwa
- Opór i temperatura



Wymagania

Aby pracować z SUPERCOMET uczniowie powinni posiadać następujące umiejętności

1. używać pojęć elektryczność, prąd elektryczny, etc.
2. rozumieć, że jakieś ciało jest naładowane wtedy, kiedy ma za dużo lub za mało elektronów
3. opisać atom za pomocą modelu powłokowego
4. rozróżniać wartości wprost i odwrotnie proporcjonalne
5. używać terminów temperatura i ciepło.

Cele nauczania

Po zapoznaniu się z materiałem na SUPERCOMET uczniowie będą umieć

Uczeń wie

- jak używać pojęć przewodnik, półprzewodnik, opornik, izolator, przekrój poprzeczny, opór właściwy, przewodnictwo, współczynnik temperaturowy, średnia droga swobodna, sieć krystaliczna, nośnik ładunku, elektrony, dziury, jony, strata mocy
- że elektrony, dziury i jony to nośniki ładunków
- co to są dobre przewodniki i półprzewodniki

Uczeń potrafi:

- opisać związek między energią kinetyczną sieci krystalicznej (temperaturą ciała) a jego oporem
- opisać różnice pomiędzy prądem stałym i zmiennym w kontekście nośników ładunku i pól magnetycznych
- opisać związek pomiędzy napięciem, prądem elektrycznym a oporem (pierwsze prawo Ohma)
- opisać związek pomiędzy oporem, przekrojem poprzecznym, długością i oporem właściwym ciała (drugie prawo Ohma).

Uczeń umie:

- Użyć pierwszego prawa Ohma w postaci algebraicznej
- Użyć prawa Joule'a do wyliczenia mocy traconej podczas przewodzenia prądu elektrycznego
- Obliczać opór ciała (będącego przewodnikiem) używając jako parametrów przekroju poprzecznego, długości oraz oporu właściwego danego ciała.

Proponowane tematy do dyskusji

1. Ile energii zostaje rozproszonej w formie ciepła z linii elektroenergetycznych zanim dotrze ona do odbiorcy?
2. Jak te straty energii mają się do ilości energii zaoszczędzonej przez działania podejmowane przez odbiorców (firmy i osoby prywatne)?
3. Ile energii można zaoszczędzić zwiększając napięcie na liniach elektroenergetycznych o dużej wydajności?

Pytania testowe

Co to jest prąd elektryczny?

Zdefiniuj natężenie prądu elektrycznego. Jakie są jednostki natężenia prądu?

Jak dzielimy materiały w zależności od ich własności przewodzenia prądu elektrycznego?

Dlaczego metale są dobrymi przewodnikami?

Jaka jest konwencja w określaniu kierunku przepływu prądu elektrycznego?

Co jest potrzebne aby popłynął prąd elektryczny pomiędzy dwoma punktami?

Zdefiniuj opór elektryczny R pomiędzy dwoma punktami w przewodniku?

Od jakiej własności materiału przewodzącego zależy wartość oporu elektrycznego? Zapisz R jako funkcję parametru tej własności.

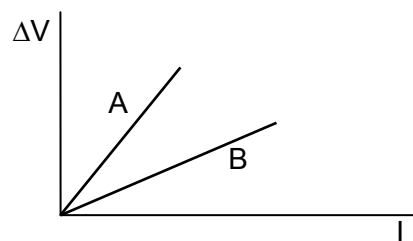
Mamy kawałek przewodu miedzianego o długości 5 cm i polu przekroju $0,5 \text{ mm}^2$. Opór właściwy miedzi wynosi $1,7 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$. Jeśli przyłożymy różnicę potencjałów równą 4 V do końców przewodu, to jaki prąd popłynie przez przewódnik?

O czym mówią prawa Ohma?

Czy do wszystkich substancji stosują się prawa Ohma? Jeśli nie do wszystkich to dlaczego?

Narysuj schemat (używając standardowych symboli do oznaczenia elementów obwodu elektrycznego) obwodu zawierającego baterię, rezystor, amperomierz mierzący prąd płynący przez rezystor i woltomierz mierzący różnicę potencjału pomiędzy końcówkami rezystora.

Na wykresie obok zaznaczono zmianę różnicy potencjałów na końcach przewodu ΔV , w funkcji płynącego przez nie prądu I , dla dwóch typów przewodników A i B. Co możesz powiedzieć o każdym z tych przewodników?



Przewodnik się podgrzewa, kiedy płynie przez niego prąd elektryczny. Gdzie zachodzi transfer energii?

Napisz prawo Joule'a określające ilość ciepła Q wytwarzanego w kawałku przewodnika jako funkcje natężenia prądu elektrycznego i płynącego przez przewodnik o oporze R w czasie Δt .

Kiedy temperatura przewodnika wzrasta co dzieje się z jego oporem? Jakie jest wyjaśnienie dla tego zjawiska?



Historia nadprzewodnictwa

Ten moduł przedstawia rozwój nauki związany z odkryciem nadprzewodnictwa oraz drogę poszczególnych naukowców jaka odbyli w celu odkrycia zjawisk nagrodzonych później nagrodą Nobla. Przedstawimy również krótki przegląd zespołów naukowych aktualnie pracujących nad nadprzewodnictwem. Dyskutujemy tutaj również znaczenie odkrycia nadprzewodników wysokotemperaturowych oraz ich roli jaka odgrywają w rozwoju współczesnego społeczeństwa.

- Odkrycie nadprzewodnictwa
- Model nadprzewodnictwa
- Teoria nadprzewodnictwa
- Nadprzewodnictwo w materiałach organicznych
- Nadprzewodnictwo w materiałach ceramicznych
- Rozwój zastosowań praktycznych

Wymagania

Aby pracować z programem SUPERCOMET2 uczniowie powinni:

1. zdawać sobie sprawę z istnienia nadprzewodnictwa
2. wiedzieć, że nadprzewodnictwo jest związane z elektrycznością i magnetyzmem
3. wiedzieć, czym charakteryzuje się nadprzewodnictwo (zerowy opór, zerowa przenikalność magnetyczna)
4. zdawać sobie sprawę z potrzeby schładzania ciał nadprzewodzących poniżej ich punktu krytycznego

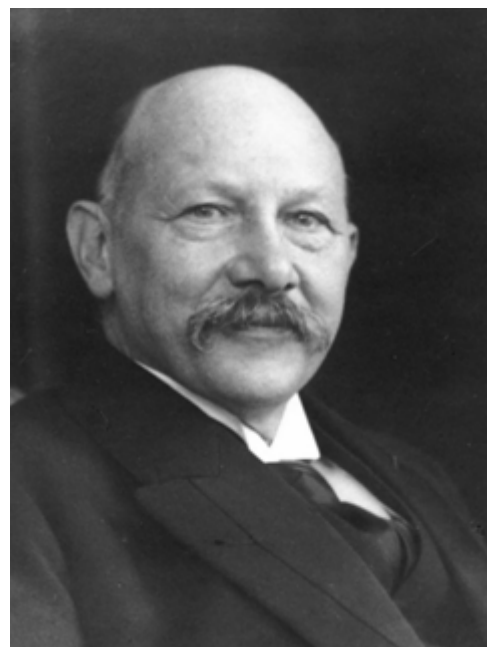
Cele nauczania

Po przerobieniu materiału na SUPERCOMET2 uczniowie będą umieć

- wymienić główne odkrycia i opisać teorie związane z nadprzewodnictwem
- wymienić naukowców i współpracowników odpowiedzialnych za te odkrycia i teorie
- znać bieżące wysiłki zmierzające do poszerzenia wiedzy praktycznej i teoretycznej na temat nadprzewodnictwa
- opisać, jak naukowcy zbierają i interpretują dane, które badali
- dowiedzieć, jaki wpływ mają dowody uzyskane w doświadczeniach na teorie dotyczące konwencjonalnych i wysokotemperaturowych nadprzewodników
- wykazać co miało większy wpływ na rozwój nadprzewodnictwa: teoria czy doświadczenia

Pytania testowe

- Jak Heike Kamerlingh Onnes w 1911 roku odkrył zjawisko nadprzewodnictwa?
- Dlaczego pierwszym metalem w którym odkryto nadprzewodnictwo była rtęć?
- Dlaczego Onnes do schładzania rtęci użył ciekłego helu?
- Dlaczego do schładzania wysokotemperaturowych nadprzewodników używamy ciekłego azotu?
- Dlaczego musiało upłynąć tyle lat pomiędzy odkryciem nadprzewodnictwa w niskich temperaturach a odkryciem nadprzewodników wysokotemperaturowych?
- Jakie są główne założenia teorii BCS?
- Podaj dwa przykłady zastosowania nadprzewodników w różnych dziedzinach?



Heike Kamerlingh Onnes
http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:Kamerlingh_portret.jpg



Sugerowane laboratoria wirtualne

Odkrycie nadprzewodnictwa w różnych materiałach

Powtórz historyczny eksperyment Heike Kamerlingha Onnesa z różnymi materiałami. Zmierz rezystancje jako funkcje temperatury.

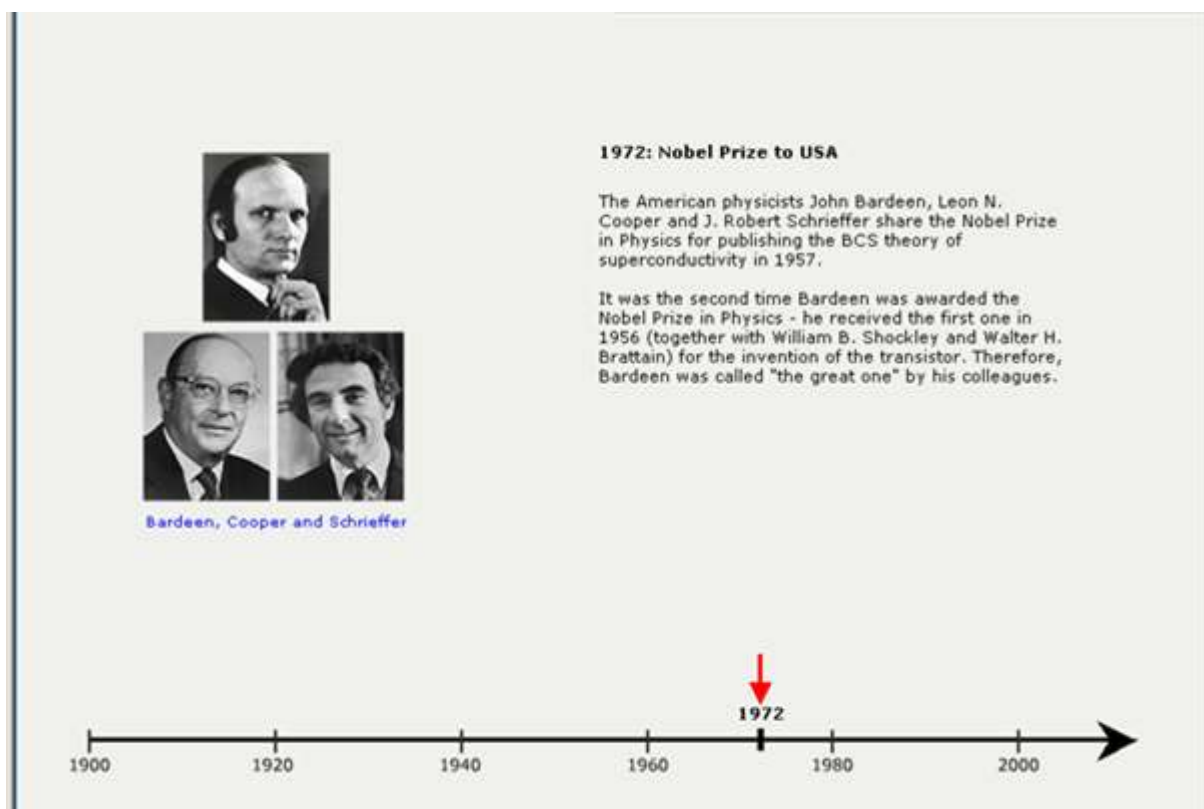
Mierzenie przepuszczalności magnetycznej dla różnych materiałów

Powtórz historyczny eksperyment odkrycia efektu Meissnera. Użyj różnych materiałów i zmierz podatność magnetyczna jako funkcję temperatury.

Sugerowane zadania

Powyższe cele nauczania można powiązać z następującymi zadaniami:

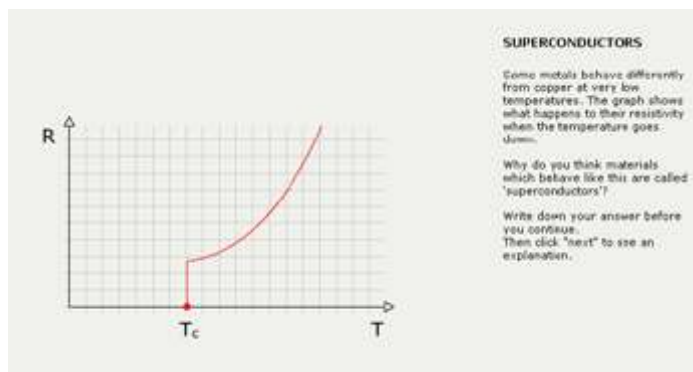
1. Przedyskutuj, jak wyglądałby nasz świat i laboratoria naukowe, gdyby nie odkryto nadprzewodnictwa
2. Przedyskutuj, dlaczego odkrycie przewodnictwa miało miejsce na początku XX wieku
3. Przedyskutuj, co by się stało gdyby nadprzewodniki ceramiczne wysokotemperaturowe pojawiły się przed nadprzewodnikami metalicznymi niskotemperaturowymi?
4. Przedyskutuj, czy możliwy byłby brak odkrycie do chwili obecnej nadprzewodnictwa w wysokich temperaturach (odkryto je w roku 1986) i dlaczego.
5. Przedyskutuj, czy byłoby możliwe, aby nadprzewodniki wysokotemperaturowe nie zostały odkryte do dziś i dlaczego.
6. Wyobraź sobie, że nadprzewodniki przewodzące w temperaturze pokojowej zostaną odkryte jutro
7. Czytaj książki i artykuły dotyczące badań nad nadprzewodnictwem.



Wprowadzenie do nadprzewodnictwa

W tym module czytelnik zapoznaje się z pojęciem nadprzewodnictwa oraz jego związków z elektrycznością i magnetyzmem. Omawiane są główne przejawy nadprzewodnictwa, własności różnych rodzajów nadprzewodników teorie leżące u jego podstaw.

- Zerowa oporność
- Temperatura krytyczna
- Idealny diamagnetyzm
- Stabilna lewitacja



Wymagania

Aby bez przeszkód przerobić ten rozdział "Wprowadzenie do nadprzewodnictwa" uczniowie powinni jak dotąd opanować poniższe umiejętności

1. posiadać praktyczną wiedzę na temat elektryczności i magnetyzmu
2. być w stanie rozróżnić przewodniki, półprzewodniki i izolatory oraz podać przykłady każdego z nich
3. być w stanie wytłumaczyć związek pomiędzy oporem i temperaturą zwykłych przewodników, oraz być w stanie opisać drgania oraz energię wewnętrzną sieci krystalicznej.

Cele nauczania

Związane ze zjawiskami

Po tym module uczniowie powinni:

- zainteresować się zachowaniem nadprzewodników
- umieć opisać zarówno elektryczne jak magnetyczne zjawiska związane z nadprzewodnikami
- umieć porównać zachowanie nadprzewodników z półprzewodnikami i „zwykłymi” przewodnikami
- być w stanie określić różnice między „zwykłymi” magnesami i właściwościami magnetycznymi nadprzewodników
- być w stanie wytłumaczyć następujące terminy odnoszące się do zjawisk mających miejsce w nadprzewodnictwie: opór właściwy; materiały ceramiczne; pierwiastki ziem rzadkich (lantanowce), temperatura krytyczna, krytyczne pole magnetyczne, krytyczna gęstość prądu; diamagnetyzm; zmiana fazy; lewitacja; efekt Meissnera; unieruchomienie; nadprzewodniki typu I oraz typu II; tak zwane nadprzewodniki „wysokotemperaturowe” i „niskotemperaturowe”;
- posiadać dostateczną wiedzę ogólną na temat nadprzewodnictwa, aby być w stanie wytłumaczyć, dlaczego nadprzewodniki używane są w urządzeniach do rezonansu magnetycznego mózgu w szpitalach, oraz w magnetycznie unoszonych pociągach.

Związane z teorią

Po tym module uczniowie powinni:

- umieć dostrzegać problemy teoretyczne dotyczące nadprzewodnictwa, z jakimi musieli się zmagać (i nadal muszą) naukowcy;
- umieć wykorzystać dotychczasową wiedzę o elektryczności i elektromagnetyzmie oraz drganiach sieci krystalicznej i energii wewnętrznej do zrozumienia objaśnień
- uświadamiać sobie, że zasady rządzące mechaniką kwantową rządzą zachowaniami w niskich temperaturach oraz że niektórych zjawisk z zakresu nadprzewodnictwa nie da się opisać prostymi terminami
- uświadamiać sobie, że do opisu zjawisk używane są następujące terminy: prędkość dryfu elektronów; prądy

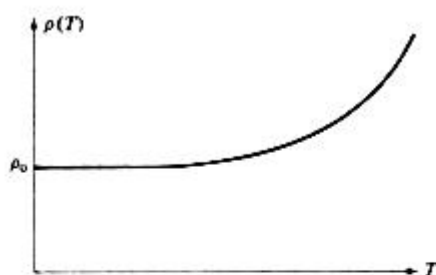


wirowe; głębokość penetracji pola magnetycznego; pary Coopera; fonony; wiry; fermiony; bozony.

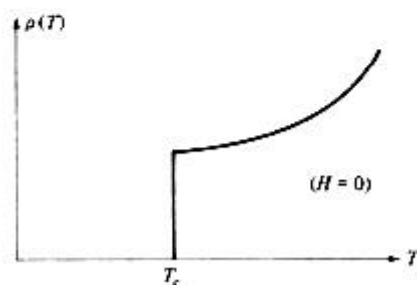
Uwaga: Poziom realizacji materiału będzie różny dla różnych grup wiekowych.

Pytania testowe

1. Na ile rodzajów, w zależności od rodzaju oddziaływań magnetycznych, podzielono materiały? Jakie są różnice między nimi?
2. W zamkniętym obwodzie jest indukowany prąd elektryczny kiedy następuje zmiana strumienia magnetycznego wewnątrz tego obwodu.
 - a. Czy to zdanie jest prawdziwe?
 - b. Uzasadnij odpowiedź
3. W przewodnikach i w ogólnie w metalach wartość oporu zależy od temperatury. Kiedy temperaturę rośnie wzrasta również opór. Dlaczego?
4. Nadprzewodnictwo jest określane jako znikanie oporu elektrycznego przy oziębieniu nadprzewodnika poniżej temperatury T_c . Czy taka zmiana własności materiału jest procesem odwracalnym? Odpowiedź uzasadnij.
5. Czy myślisz, że magnetyzowanie normalnego przewodnika – poprzez wprowadzenie go w stan idealnego przewodnika ($T < T_c$) – i umieszczenie nadprzewodnika w zewnętrznym polu magnetycznym a następnie obniżenie temperatury poniżej krytycznej zachodzą w ten sam sposób? (Zauważ, że nadprzewodnik poniżej temperatury krytycznej umieszczony w polu magnetycznym staje się diamagnetykiem). Odpowiedź uzasadnij.
6. Dlaczego pole elektryczne wewnątrz nadprzewodnika schłodzonego poniżej temperatury krytycznej wynosi zero?
7. Na jakie kategorie dzielimy nadprzewodniki I jak charakteryzujemy poszczególne grupy?
8. Jaka jest różnica pomiędzy stanem nadprzewodzącym a stanem normalnego przewodnictwa?
9. Rysunki (a) i (b) pokazują zależność pomiędzy temperaturą a oporem dla przewodnika I nadprzewodnika.
 - a. Który rysunek odpowiada nadprzewodnikowi a który przewodnikowi?
 - b. Jaka jest różnica w zależności oporu elektrycznego od temperatury pomiędzy nadprzewodnikiem a przewodnikiem?



(a)



(b)

10. W jakich dziedzinach gospodarki wykorzystywane są nadprzewodniki?
11. Jakie są główne trudności związane z komercyjnym wykorzystywaniem nadprzewodników?



Zastosowanie nadprzewodników

W tym module omówimy zastosowania nadprzewodników w technologiach, w we współczesnych metodach badawczych, w napędach, medycynie i przemyśle. Oprócz tego przedyskutujemy możliwości wykorzystania w najbliższej przyszłości nadprzewodników w transporcie i magazynowaniu energii, budowie systemów napędowych dla statków, samochodów, samolotów i pociągów.

- Szybszy, czystszy i bezpieczniejszy transport energii
- Czyste przechowywanie energii
- Czysta produkcja energii
- Szybsze i bezinwazyjne medyczne metody diagnostyczne
- Dokładniejsze przyrządy pomiarowe
- Mierniki używanej energii
- Bardziej efektywna komunikacja przewodowa

Wymagania

Aby pracować z materiałem z tego modułu, w projekcie SUPERCOMET2 uczniowie powinni umieć:

- Rozpoznawać, gdzie ma miejsce zjawisko nazywane nadprzewodnictwem
- Znaleźć związki pomiędzy elektrycznością i magnetyzmem a zjawiskiem nadprzewodnictwa
- Określić charakterystyczne cechy nadprzewodnika (zerowy opór elektryczny, zerową przepuszczalność magnetyczną)
- Określić konieczność schłodzenia materiału nadprzewodzącego poniżej temperatury krytycznej
- rozpoznać linie sił pola magnetycznego wchodzące i wychodzące z materiału magnetycznego



Opis: Część systemu **HERA** (Hadron-Elektron-Ring-Anlage, "Hadron-Electron-Ring-Facility"), największego synchrotronu w laboratorium DESY (Deutsches Elektronen Synchrotron, "German Electron Synchrotron") w hamburgu w Niemczech.
<http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:DESY1.jpg>



Cele nauczania

Uczniowie powinni umieć:

1. rozpoznać kilka dużych zastosowań technologii nadprzewodnikowych, takich jak np:
 - a. komercyjne (silniki elektromagnetyczne, skanery żywności)
 - b. naukowe (akceleratory cząstek)
 - c. medyczne (Magnetic Resonance Imaging)
2. rozpoznać kilka mniejszych możliwych zastosowań tej technologii:
 - a. komercyjne (czy są jakieś?)
 - b. naukowe (złącze Josephsona)
 - c. medyczne (SQUID)
 - d. nadprzewodniki wysokotemperaturowe i niskotemperaturowe (który typ i gdzie)
3. opisać, jak nadprzewodniki poprawiają jakość codziennego życia zwykłych ludzi.
4. opisać, w jaki sposób nadprzewodniki pomagają w prowadzeniu badań naukowych
5. opisać, gdzie w przyszłości planuje się używanie technologii nadprzewodnikowej:
 - a. przesyłanie energii elektrycznej (kable nadprzewodzące)
 - b. produkcja energii (reaktory fuzji termojądrowych)
 - c. przemiany energii elektrycznej (elektromagnesy, silniki)
 - d. transport (kolej Maglev, windy kosmiczne, napęd elektromagnetyczny)
6. rozpoznać wyzwania jakie trzeba podjąć aby stało się możliwe osiągnięcie tych zastosowań w praktyce.

Pytania testowe

1. Co to jest lewitacja magnetyczna?
2. Co to jest jądrowy rezonans magnetyczny (MRI)?
3. Dlaczego nadprzewodniki są lepsze od zwykłych przewodników w tych zastosowaniach?



Nowoczesna aparatura MRI

http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:Modern_3T_MRI.JPG

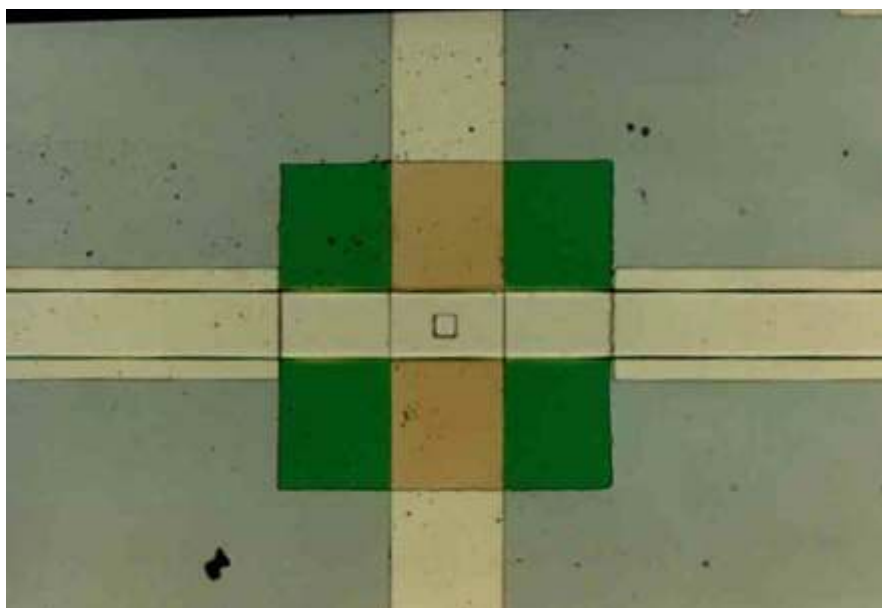


4. Jak można wykorzystać nadprzewodniki wysokotemperaturowe w stacjach bazowych telefonii komórkowej?
5. Jakie są główne różnice pomiędzy zastosowaniami „dużymi” a „małymi”?

Proponowane zajęcia

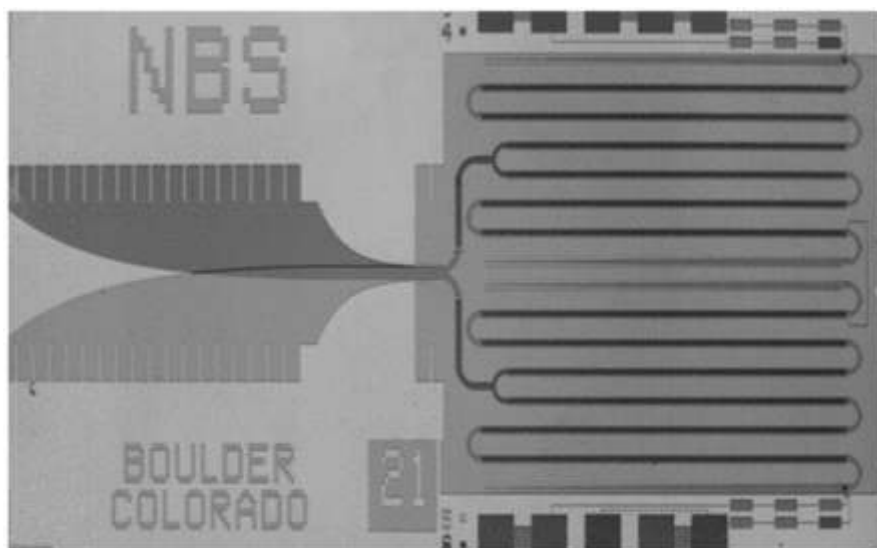
Cele nauczania są powiązane z głównymi zajęciami lub scenariuszami:

1. Przeprowadź demonstracje lewitacji i dyskusje jak wykorzystać obserwowane zjawisko praktycznie
2. Przeprowadź dyskusje na temat zmian w świadomości społeczeństwa jako rezultatu odkrycia nadprzewodnictwa
3. Przeprowadź dyskusje o tym, jakby świat wyglądał dzisiaj, gdybyśmy nie odkryli zjawiska nadprzewodnictwa.
4. Przeprowadź dyskusję, czy jest możliwe, abyśmy do dzisiaj nie odkryli nadprzewodnictwa.
5. Przedyskutuj możliwe „plusy” i „minusy” każdego współczesnego zastosowania nadprzewodnictwa.
6. Przedyskutuj możliwość przyszłych zastosowań nadprzewodnictwa.
7. Napisz opowiadanie „science-fiction”, w którym w świecie przyszłości wykorzystujemy HTS.
8. Zrecenzuj opowiadanie na ten temat napisane przez innego ucznia. Czy to się może zdarzyć?
9. Napisz podanie o grant naukowy, w którym wytłumaczysz, dlaczego potrzebujesz pieniędzy na badania nad zjawiskiem nadprzewodnictwa lub na wykonanie prototypu urządzenia nadprzewodnikowego.
10. Na zlecenie fundacji zrecenzuj podanie o grant napisane przez innego ucznia i odpowiedz na pytanie: czy dostanie on pieniądze na realizację swoich pomysłów? Odpowiedź uzasadnij.



Złącze Josephsona

http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:Josephson_junction_real.jpg



Nadprzewodnikowy chip użyty z NIST jako wzorzec napięcia. Chip zawiera matrycę z 3020 złączy Josephsona i pracuje w temperaturze ciekłego helu. Energia mikrofalowa jest dostarczana przez działo widoczne z lewej strony.

<http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:NISTvoltChip.jpg>

Materiały nadprzewodnikowe

W tym module dowiemy się, jak w metale stały się pierwszymi materiałami, w których naukowcy odkryli własności nadprzewodzące. Różnice między nadprzewodnikami można wyjaśnić w odniesieniu do miejsca, jakie zajmują okresowym układzie pierwiastków w zależności od ich właściwości chemicznych i fizycznych.

Dyskutujemy również odkrycie nadprzewodników ceramicznych, tlenków miedzi, oraz wpływu jaki na własności nadprzewodzące mają struktury krystaliczne wewnątrz materiału. Przedstawimy również krótkie wytłumaczenie, dlaczego do dzisiaj nie ma dobrej teorii naukowej wyjaśniającej, w jaki sposób działają nadprzewodniki wysokotemperaturowe. Na koniec zajmiemy się odkryciem stopu metalu, który posiada wyższą temperaturę krytyczną niż poprzednio odkryte nadprzewodniki typu I i w jaki sposób wpływa to na teorię BCS.

- Jakie materiały są nadprzewodnikami?
- Własności nadprzewodników
- Nadprzewodniki nisko- i wysoko- temperaturowe.
- Nadprzewodniki Typu I i Typu II
- Materiały, które nie są nadprzewodnikami
- Struktura ceramicznych tlenków miedzi

Wymagania

Aby pracować z materiałem z tego modułu, w projekcie SUPERCOMET2 uczniowie powinni umieć:

1. rozpoznawać istnienie zjawiska nadprzewodnictwa,
2. znaleźć związki pomiędzy nadprzewodnictwem a elektrycznością i magnetyzmem,
3. opisać charakterystyczne cechy nadprzewodnika (zerowy opór, brak przenikalności magnetycznej),
4. zrozumieć konieczność schłodzenia nadprzewodnika poniżej temperatury krytycznej,
5. opisać rozchodzenie się linii sił pola magnetycznego do wewnątrz jak i na zewnątrz magnesu.

A		B	
	T_c [K]		T_c [K]
Al	1.14	$(La_{2-x}Ba_x)CuO_4$	35
α -Hg	4.153	$YBa_2Cu_3O_7$	92
Nb	9.50	$Bi_2Sr_2Ca_2Cu_3O_{10}$	110
Sn	3.722	$Ti_2Ba_2Ca_2Cu_3O_{10}$	125
Nb_3Ge	23.2	$HgBa_2Ca_2Cu_3O_8$	135
Nb_3Sn	18	$BaPb_{0.75}Bi_{0.25}O_3$	12
NbTi	10	$Na_xCoO_2 \cdot yH_2O$	5

SUPERCONDUCTING MATERIALS

Which materials can become superconducting, and what are their critical temperatures?

Superconducting materials

- About 30 elements are known to be superconducting (table A)
- As, Be, Cs, Ge, Si and Te are only superconducting in thin films
- Oxide superconductors are a sort of ceramic (table B)

Non-superconducting materials

- Normally good conductors e.g. Cu and Ag
- Magnetic materials e.g. Fe or Ni
- Transition elements.



Cele nauczania

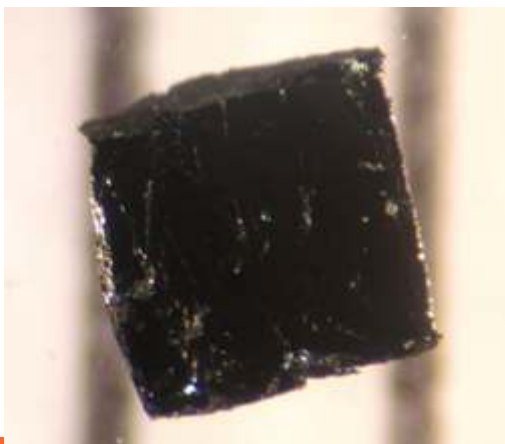
Po przerobieniu tego modułu uczniowie powinni:

1. wiedzieć, że większość metali to nadprzewodniki niskotemperaturowe (LTS)
2. wiedzieć, że metale szlachetne nie są nadprzewodnikami LTS
3. wiedzieć, że nadprzewodniki wysokotemperaturowe (HTS) są to materiały ceramiczne, które normalnie – powyżej temperatury krytycznej - przejawiają własności izolacyjne
4. znać najważniejsze nadprzewodniki kompozytowe, takie jak: MgB_2 , YBCO ($YBa_2Cu_3O_7$) i BiSCCO (Bi-Sr-Ca-Cu-O)
5. znać proces produkcji dla ceramiek HTS i metali LTS
6. znać główne problemy związane z badaniami nad materiałami nadprzewodzącymi:
 - a. badanie własności nadprzewodzących bardzo wielu różnych materiałów
 - b. budowanie kabli z materiałów ceramicznych
 - c. systemy chłodzenia nadprzewodników są bardzo energochłonne
 - d. problemy z bardzo dużymi wartościami płynących prądów, pól magnetycznych i ekstremalnych temperaturach
7. wiedzieć że istnieją nadprzewodniki organiczne, które w przyszłości mogą być bardzo użyteczne
8. rozpoznawać różne własności najważniejszych kategorii :
 - a. warstwowe bez - miedzi
 - b. faza -A15
 - c. faza Chevrela
 - d. związki ciężkich fermionów
 - e. fullerenowe związki organiczne
 - f. sole organiczne
 - g. bezmiedziowe perowskity*
 - h. perowskity miedziowe

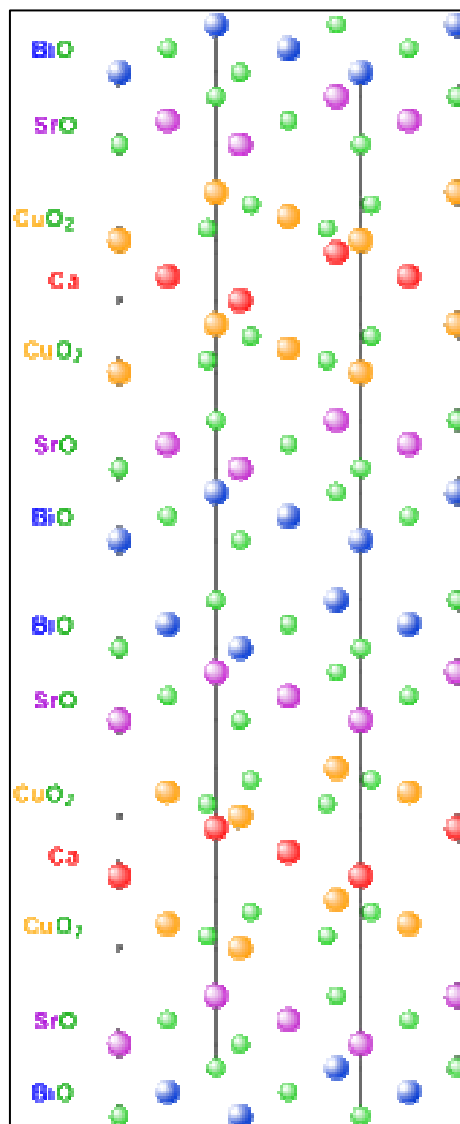
* perowskit - <http://pl.wikipedia.org/wiki/Perowskit>

Pytania testowe

1. Czy wszystkie materiały są nadprzewodnikami?
2. Czy nadprzewodniki mają swoje właściwości cały czas?
3. Co powoduje że materiały stają się nadprzewodnikami?
4. Jaka jest różnica pomiędzy nadprzewodnikiem a materiałem nadprzewodnikowym?
5. Czym wyróżniają się takie metale jak złoto (Au), miedź (Cu), srebro (Ag) i nikiel (Ni), że nie mogą stać się nadprzewodnikami?
6. Czy charakteryzują się następujące pierwiastki: aluminium (Al), ołów (Pb), rtęć (Hg), cyna (Sn)?
7. Jak teoria BCS wyjaśnia działanie w niskich temperaturach?
8. Dlaczego teoria BCS nie wyjaśnia działania wysokotemperaturowych?
9. Dlaczego nadprzewodniki niskotemperaturowe są dwóch typów (I i II) a nadprzewodniki wysokotemperaturowe tylko typu II?
10. Dlaczego w akceleratorach używamy nadprzewodników niskotemperaturowych a nie wysokotemperaturowych?



Próbka nadprzewodnika wysokotemperaturowego Bi-2223
http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:Bi2223-piece3_001.jpg

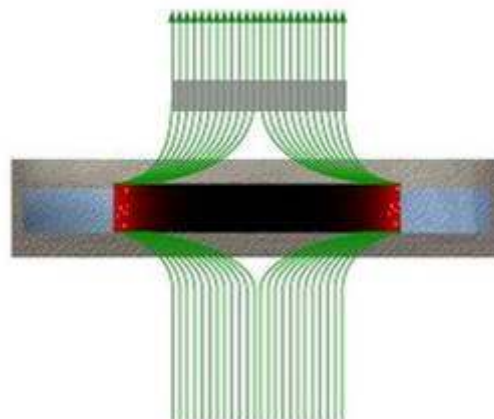


Komórka elementarna nadprzewodnika wysokotemperaturowego Bi-2212
http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:Bi2212_Unit_Cell.png

Wyjaśnienie nadprzewodnictwa

Ten moduł jest kontynuacją i rozszerzeniem modułu “Wprowadzenie do nadprzewodnictwa”. Zjawisko nadprzewodnictwa zostanie wyjaśnione na podstawie teorii z punktu widzenia zjawisk zachodzących w mikroświecie atomów.

- Różne typy eksperymentów pokazujących lewitację
- Mikroskopowe spojrzenie na efekt Meissnera
- Mikroskopowe wyjaśnienie zmian w strumieniu magnetycznym
- Mikroskopowe wyjaśnienie efektu Josephsona
- Teoria BCS nadprzewodników niskotemperaturowych
- Poszukiwania teorii nadprzewodników wysokotemperaturowych



Wymagania

Aby pracować z tym modułem uczniowie powinni dobrze znać zawartość modułu “Wprowadzenie do nadprzewodnictwa”.

Cele nauczania

Po przerobieniu tego modułu uczniowie powinni:

1. rozróżniać różne typy eksperymentów z lewitacją
2. wyjaśnić szczegółowo poszczególne etapy eksperymentu Meissnera
3. wyjaśnić z mikroskopowego punktu widzenia efekt Meissnera-Ochsenfelda
4. rozumieć, że efekt Meissner nie zapewnia stabilnej lewitacji
5. opisać eksperyment wypychania linii sił pola magnetycznego za pomocą kwantyzacji strumienia
6. opisać efekt Josephsona jako prosty SQUID
7. wiedzieć, że teoria BCS wyjaśnia zachowanie nadprzewodników niskotemperaturowych
8. wiedzieć, że obecnie nie ma dobrej teorii opisującej zachowanie wysokotemperaturowych

Pytania testowe

1. Wymień trzy różne eksperymenty z lewitacją magnesów.
2. Naskicuj eksperyment Meissnera. Opisz jego przebieg krok po kroku.
3. Jak idealny diamagnetyzm jest związany z lewitacją ?
4. Dlaczego efekt Meissnera nie zapewnia stabilnej lewitacji?
5. Pomyśl, jak uzyskać stabilną lewitację w eksperymencie Meissnera. Jak byś w tym celu zmienił ustawienie eksperymentu?
6. Magnesy mogą obracać się nad nadprzewodnikiem. Wyjaśnij to zjawisko.
7. Co to jest złącze Josephsona?
8. Wyjaśnij rolę jaką tzw. pary Coopera odgrywają w otrzymywaniu zerowego oporu w temperaturze krytycznej.
9. Podaj kilka przykładów teorii, które aspirują do wyjaśnienia zjawiska nadprzewodnictwa wysokotemperaturowego.



Ćwiczenia z nadprzewodnictwa

Ten moduł pokazuje jak wykonywać ćwiczenia z nadprzewodnictwa w pracowni szkolnej. Nie są to proste eksperymenty, wymagają wielu zdolności technicznych i praktycznych jednak efekt jaki przynoszą rekompensuje włożoną pracę. Wyprodukowanie własnego nadprzewodnika jest fascynującą przygodą szczególnie dla uczniów którzy choć trochę interesują się fizyką. Wykonywanie pomiarów zerowego oporu jest precyzyjnym ćwiczeniem przewidzianym dla uczniów liceum, które wyrabia w nich bardzo dobre umiejętności pracy eksperymentalnej.

- Wymagania bezpieczeństwa (BHP).
- Zrób swój własny nadprzewodnik.
- Doświadczenie z lewitacją.
- Mierzenie zerowego oporu.

Wymagania

Żeby pracować z materiałem z tego modułu uczniowie muszą mieć dobrze opanowany materiał zawarty we wszystkich poprzednich częściach podręcznika w szczególności moduł "Materiały nadprzewodzące".

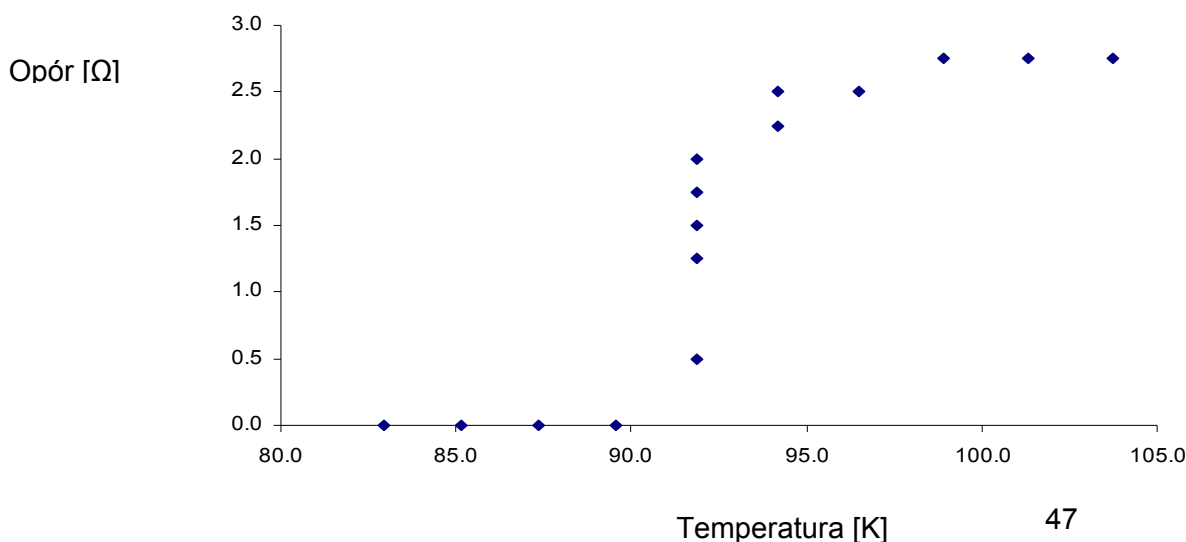
Cele nauczania

Po przepracowaniu tego modułu uczniowie będą:

1. umieli zwrócić uwagę na zachowanie ostrożności i bezpieczeństwa koniecznego w trakcie eksperymentów z ciekłym azotem oraz silnymi magnesami.
2. znali procedurę produkcji wysokotemperaturowych nadprzewodników ceramicznych HTS
3. wskazać konieczne czynności w celu otrzymania działających materiałów HTS
4. wyjaśnić jak sprawdzić jakość wyprodukowanych nadprzewodników
5. opisać pomiar temperatury przejścia dla w stan nadprzewodnictwa
6. wyjaśnić metodę mierzenia opartą na zastosowaniu „czteropunktowego kontaktu”

Pytania testowe

1. Jakie szczególne środki ostrożności należy zachować pracując z ciekłym azotem?
2. Jakie środki bezpieczeństwa podejmiesz w tym przypadku?
3. Jakie składniki potrzebujesz aby wykonać ój nadprzewodnik?
4. Opisz proces otrzymywania takiego materiału krok po kroku.
5. Jak sprawdzić jakość otrzymanego nadprzewodnika?
6. Dlaczego nie można mierzyć zanikającego oporu elektrycznego posługując się normalną definicją oporu $R = U/I$?
7. Naskicuj schemat metody "czteropunktowego kontaktu".
8. Opisz poniższy wykres w prosty sposób.



Przykłady ćwiczeń

Zwróć uwagę że wszystkie poniższe ćwiczenia wymagają zaadoptowania twojej klasopracowni. Tutaj zawarliśmy tylko ogólne sugestie w jaki sposób zaprojektować przeprowadzenie poszczególnych doświadczeń. Zespół SUPERCOMET 2 będzie wdzięczny za wszystkie szczegółowe uwagi praktyczne na temat proponowanych ćwiczeń – proszę wyslij swój komentarz używając formularza ze strony internetowej www.supercomet.eu.

Efekt temperaturowy dla oporu w metalach i nadprzewodnikach.

Data : _____ Klasa: _____ Czas trwania: 110 min

Cele nauczania

Pod koniec lekcji uczniowie powinni:

- Rozumieć zależność oporu elektrycznego od temperatury w metalach.
- Wiedzieć że nadprzewodniki różnią się od przewodników.
- Rozumieć różnice pomiędzy nadprzewodnikami wysokotemperaturowymi i niskotemperaturowymi
- Rozpoznać i naszkicować kształt zmian oporu w funkcji temperatury dla metalu i nadprzewodnika
- Rozumieć znaczenie najwyższej temperatury krytycznej

Wymagany sprzęt i materiały

- Wystarczającą ilość komputerów aby jeden przypadał na trzech uczniów
- Diody LED
- Program SUPERCOMET2 zainstalowany na wszystkich komputerach
- Ciekły azot w specjalnym pojemniku
- Druty miedziane z przewodami doprowadzającymi
- Nadprzewodnik YBCO z przewodami doprowadzającymi
- Dwie baterie (paluszki w obudowie)
- Latarkę o napięciu 3 woltów
- Miernik napięcia
- Komputer nauczyciela podłączony do projektora

Wymagania bezpieczeństwa

Operowanie naczyniem z ciekłym azotem jest niebezpieczne. Zwróć uwagę czy zachowano warunki bezpieczeństwa.

Czas

Opis lekcji

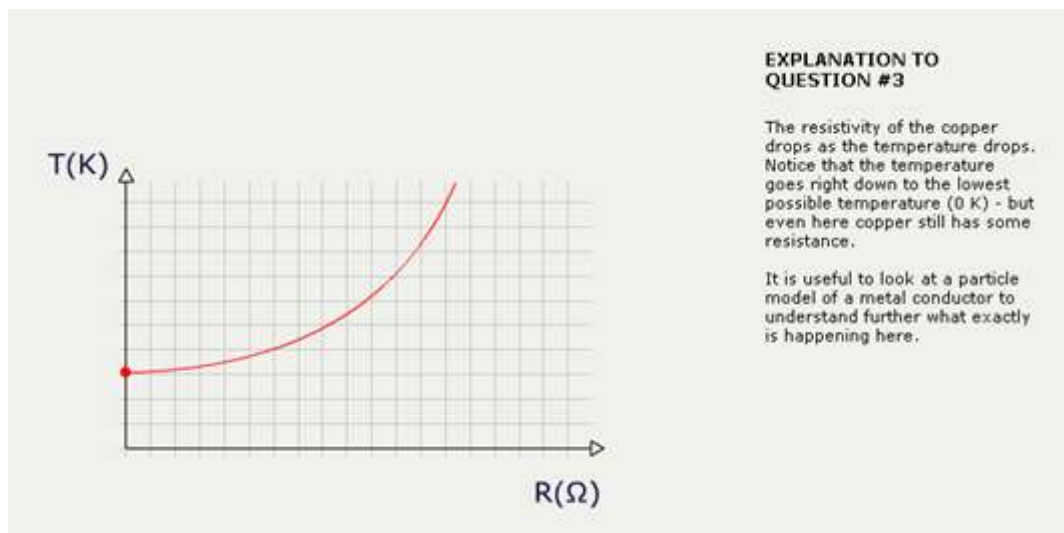
Jak zmienia się opór różnych materiałów pod wpływem temperatury? Powtórka: określ opór dla różnych materiałów. Spytaj uczniów czy mogą przewidzieć co stanie się kiedy schłodzimy diodę LED w ciekłym azocie. Pokaż to zanurzając ostrożnie podłączoną diodę w ciekłym azocie na 10 sekund. Popatrz co się stało. Spytaj uczniów, co zaobserwowali. Wyjaśnij efekt temperaturowy w miedzi.

5 min



20 min Poproś uczniów, aby przewidzieli aby naszkicowali wykres zależności temperaturowej przewodnika. Jeden z uczniów rysuje wykres na tablicy. Podłącz baterie z półprzewodnikiem oraz podłącz czujnik napięcia do komputera. Włóż półprzewodnik na 10 sekund do ciekłego azotu następnie wyjmij go i pozwól mu się ogrzać. Podaj dane otrzymane przez pomiar napięcia całej klasie. Wprowadź współczynnik temperaturowy.

35 min Podziel uczniów na grupy czteroosobowe, poproś ich aby wykonali symulacje zależność napięcia elektrycznego od temperatury z programu SUPERCOMET2 i na tej podstawie naszkicowali odpowiedni wykres. Mogą oni również używać w czasie tego zadania informacji znalezionych w internecie.



50 min Poproś jednego ucznia z każdej grupy aby dołączył do A, jednego do grupy B jednego do grupy C i jednego do grupy D. Poproś każdą z tak powstałych grup, aby używając danych z programu SUPERCOMET2 CD ROM oraz zasobów internetowych określili opór materiałów i narysowali go na wykresach w celu wyznaczenia temperatury krytycznej T_c dla poszczególnych materiałów:

Grupa A	Grupa B	Grupa C	Grupa D
Miedź	Rtęć	YBCO	Węgiel
Srebro	Ołów	BiSCCO	Guma
Złoto	Niob	$Tl_2Ba_2Ca_2Cu_3O_{10}$	Porcelana

Każda grupa powinna sporządzić wykres i określić najwyższą temperaturę krytyczną. Powinni oni wtedy skorzystać z danych zawartych na CD-ROM SUPERCOMET2 oraz przedyskutować swoje rezultaty.

70 min Uczniowie wracają do swoich pierwotnych grup aby porównać i przedyskutować wyniki. Powinni oni teraz samodzielnie spróbować wyjaśnić swoje rezultaty posługując się programem SUPERCOMET2.

90 min Nauczyciel pyta uczniów z każdej grupy (A,B,C,D) i prosi ich o narysowanie trzech linii na tablicy a następnie o próbę określenia wartości temperatury krytycznej. Nauczyciel powinien sformułować końcowy wniosek z lekcji i kazać sporządzić z niego notatkę uczniom.



Schemat tabeli umieszczonej na tablicy w czasie lekcji (powinny być również dołączone osie do wykresu oporu w funkcji temperatury)

	Typ materiału	Wyznaczony opór	Oszacowane Tc	DOKładnel Tc
Grupa A	Miedź			
	Srebro			
	Złoto			
Grupa B	Rtęć			
	Ołów			
	Niob			
Grupa C	YBCO			
	BiSCCO			
	$Tl_2Ba_2Ca_2Cu_3O_{10}$			
Grupa D	Węgiel			
	Guma			
	Porcelana			

COLD LIGHT EXPLANATION

The LED in the video clip finally goes out when cooled enough in the liquid nitrogen. To begin with the LED shines more brightly and the spectrum which it gives out alters slightly. In many cases the shift in wavelength cannot be seen by eye but could be detected with digital spectrometer. However see the website <http://demo.pa.msu.edu/PicList.asp?DID=DID355> for photographs of an LED where the spectral shift can be seen.

The simple answer to why the LED goes out is that the resistance of semiconductors goes up dramatically as they get colder (they are described as having a large negative coefficient of resistivity) and hence block any current going through it.

Przykładowa lekcja z nadprzewodnictwa

Wstęp

Artystyczne demonstracje – niemożliwe staje się możliwym

Wielu fizyków intryguje nadprzewodnictwo, szczególnie wtedy kiedy obserwują doświadczenia z lewitacją albo unoszeniem. Uczniowie mogą jednak reagować odwrotnie "przecież to tylko zwykły magnes, prawda? Cóż to za wielka rzecz?". "Wielka rzecz" właśnie polega na tym, że to właśnie nie jest to samo! Nie można położyć jednego magnesu na drugim bez pewnego rodzaju odrzutu – jak w przypadku nadprzewodników. Ważnym składnikiem lekcji jest to, że nauczyciel pokazuje jak zrobić coś bardzo małego co wywoła dramatyczną wręcz sytuację podczas lekcji.

Bezpieczeństwo – Tylko dla demonstracji

Praktyczna część doświadczenia powinna być wykonywana tylko i wyłącznie przez nauczyciela ze względu na to, że praca z ciekłym azotem jest niebezpieczna i uczniowie nie powinni w niej uczestniczyć bezpośrednio. Dla bezpieczeństwa – a nie ze względów dydaktycznych – część praktyczna powinna być przeprowadzona przez nauczyciela. Nauczyciele uczestniczący w specjalnych seminariach powinni nauczyć się bezpiecznych metod pracy z ciekłym azotem.

OD NAUCZYCIELA JEST ABSOLUTNIE WYMAGANA ZNAJOMOŚĆ PRZEPISÓW BHP OBOWIĄZUJĄCYCH PODCZAS PRAC Z CIEKŁYM AZOTEM.

Rozkład czasu pracy

Precyzyjny rozkład czasu pracy zależy od poziomu klasy. Zazwyczaj cała demonstracja trwa około 30 minut. Poszczególne przedziały czasowe podane w scenariuszu są tylko propozycja, lecz jasne jest że należy na cały moduł zarezerwować sobie od 2 do trzech godzin lekcyjnych. Nauczyciele muszą to uwzględnić w swoich rozkładach zajęć.

Sugerowana kolejność ćwiczeń

1. Własności elektryczne nadprzewodników (używamy zewnętrznych źródeł: książki nauczyciela, czasopisma, CD-ROM itp.)
2. Demonstracje z ciekłym azotem
3. Badania wykorzystujące inne źródła
4. Zadania uzupełniające
5. Raport wyników końcowych i wyjaśnienia nauczyciela.

Możliwa kolejność :

Lekcja A – część 1: lekcja B – część 2, 3 i 4;

Zadanie domowe: dokończyć część 4 oraz lekcja C część 5.

Przygotowanie zajęć

Zestawy demonstracyjne oraz materiały – informacje znajdziesz na stronie:

<http://www.superconductors.org/Play.htm>

Doświadczenia są przeprowadzane dzięki prostym zestawom. Można również zastosować większe zestawy, które pozwalają wykonać pomiary temperatury krytycznej, krytycznej wartości prądu i krytycznej wartości pola magnetycznego. Ciekły azot można znaleźć np. w szpitalach, uniwersytetach oraz zakładach przemysłowych w pobliskiej okolicy. Jeśli uda ci się znaleźć ciekły azot w swoim mieście pamiętaj, że potrzebujesz go do doświadczeń nie więcej niż 1 litr.

Nauczyciele powinni się dokładnie zapoznać z zawartością CD-Romu również uczniowie powinni traktować materiały zawarte na CD-Romie jako obowiązujące. Przy wyborze klasopracowni do przeprowadzenia lekcji pamiętaj o stosowaniu przepisów BHP.



Terminologia

Z technicznego punktu widzenia nie powinniśmy mówić o materiale jako nadprzewodniku dopóki nie schłodzimy go poniżej temperatury krytycznej. Jednakże podczas demonstracji możemy używać sformułowań takich jak "nadprzewodzący dysk" niż dłuższego i niezrozumiałego sformułowania "dysk, który stał się nadprzewodnikiem po schłodzeniu go poniżej temperatury krytycznej"

Szczegółowy opis

Część 1

Wstęp do własności elektrycznych nadprzewodników.

Na CD-Romie znajduje się odpowiedni materiał, aby przygotować krótką dyskusję na ten temat. Podane są tam przykładowe wykresy, które można porównywać i badać, znajdują się na nich informacje dotyczące zarówno przewodników jak i nadprzewodników. Uczniowie mogą zobaczyć jak zmieniają się własności przewodzenia razem z temperaturą. Dyskusja na temat wartości krytycznych różnych wielkości fizycznych (prąd, pole magnetyczne) powinna być przeprowadzona na podstawie materiałów znalezionych na CD-Romie.

Jeśli nauczyciel posiada duży zestaw demonstracyjny może on przeprowadzić doświadczenie ilustrujące pojawianie się stanu o "zerowym oporze". Można w tym miejscu wykorzystać ciekawy fakt historyczny mówiący o tym, że kiedy Onnes przeprowadzał swój eksperyment, powtarzał go kilkanaście razy, ponieważ uważał, że to co obserwuje jest spowodowane jakimś błędem aparatury. Nie mógł uwierzyć w zmierzone przez siebie wartości parametrów fizycznych !

Można również wykorzystać film o kolei Maglev albo o aparaturze medycznej w szpitalu, zwracając uczniom uwagę iż działają one właśnie dzięki odkryciu zjawiska nadprzewodnictwa.
Sugerowany czas: 30 minut

Część 2

Demonstracja nauczyciela i zadania testowe. Demonstracja będzie o "dziwnych magnetycznych i elektrycznych zjawiskach" zachodzących w niskiej temperaturze. Te zjawiska to:

- LN_2 jest bardzo zimny – liść sałaty i guma w ciekłym azocie stają się kruche (ale nie są nadprzewodnikami); „podskakiwanie” aluminiowego krążka na elektromagnesie kiedy włączany jest prąd i podskakiwanie na wyższą wysokość, kiedy krążek zostanie schłodzony w LN_2 (w tym zjawisku zmniejsza się opór elektryczny aluminium, natomiast nie występuje zjawisko nadprzewodnictwa);
- zmiana w natężeniu światła w diodzie elektroluminescencyjnej LED (zmiany oporu i własności półprzewodnikowych);
- unoszenie się magnesu nad nadprzewodnikiem;
- tendencja lewitującego magnesu do „powracania” na to samo miejsce lub do stabilności w innym położeniu nawet po odsunięciu na bok;
- obracanie się magnesu nad nadprzewodnikiem (o ile zostanie wstępnie poruszony);
- stopniowe, a nie nagłe, powracanie krążka nadprzewodzącego do „normalnego stanu”;
- zawieszenie nadprzewodnika nad magnesem, z przerwą między nimi (nadprzewodnik pozostaje zawieszony nawet jeśli delikatnie poruszamy magnesem z boku na bok).

Sugerowany czas: 30 minut.

Zadania do przemyślenia związane z demonstracjami.

Zadania do przemyślenia powinny zachęcić uczniów do zadawania pytań, na przykład, dlaczego aluminiowy krążek skacze o wiele wyżej, kiedy jest schłodzony, jaki kształt pola magnetycznego wpływa na zaobserwowane zachowania podczas demonstracji lewitacji i zawieszenia, dlaczego świecenie LED zmienia się po zanurzeniu w LN_2 (uwaga: to zjawisko jest skomplikowane - oprócz zmian oporu zachodzą zmiany w obsadzeniu pasm energetycznych półprzewodnika).

Warto zadać różne zadania różnym grupom w klasie, aby później przedstawiły swoje wyniki.

Sugerowany czas 10 minut.

Część 3

Szukanie w źródłach dodatkowych

Po tym jak uczniowie skorzystają z własnej wiedzy w zadaniach do przemyślenia, konieczne będzie wprowadzenie nowych informacji. Można w tym celu skorzystać z:

1. Systemu „wskazówek” lub pytań od nauczyciela
 2. Spisu precyzyjnie dobranych książek z podanymi odpowiednimi stronami
 3. Tłumaczenia nauczyciela opartego na tym co zasugerowali uczniowie
 4. Modułu 5 CD-ROM-u gdzie znajdują się omówienia wszystkich postawionych problemów.
- Sugerowany czas 30 minut podczas lekcji i godzina w domu.*

Część 4

Praca dodatkowa – praca domowa – projekt:

1. Sprawdź i poszerz omówione zagadnienia korzystając z CD-ROM-u
2. Korzystając z CD-ROM-u napisz własne notatki opisujące terminy: krytyczne natężenie, krytyczne pole magnetyczne oraz temperatura krytyczna
3. Dowiedz się, jak zjawiska związane z nadprzewodnictwem wykorzystywane są rozwiązywania różnych problemów w technologiach (moduł 5).
4. Użyj CD-ROM-u i prześledź wytłumaczenia na poziomie podstawowym. CD-ROM napisany jest przystępnie dla uczniów. Nie zawiera matematyki wykorzystywanej na poziomie fizyki kwantowej.
5. Użyj podanych stron internetowych by dowiedzieć się więcej.
6. Porównaj wytłumaczenia lewitacji z trzech różnych źródeł – jakie są podobieństwa i różnice? (To ćwiczenie może być oczywiście użyte przy każdym zjawisku i uczy uczniów, by nie zawsze wierzyli w to, co czytają na Internecie bądź niektórych książkach. Nauczyciel może również omówić powody tych różnic, z których część wynika z potrzeby uproszczenia skomplikowanego procesu, aby był zrozumiały dla laików).
7. W sytuacji kiedy uczniowie będą zainteresowani tematem, mogą go zgłębiać nie tylko przy użyciu CD-ROM-u i stron wybranych przez nauczyciela, lecz również za pomocą wyszukiwarki „Google” w Internecie. Następujące hasła mogą dać ciekawe rezultaty szukania: „LED i ciekły azot”; „efekt Meissner’a”; „nadprzewodnictwo”.
8. Jeśli masz dostęp do większego zestawu do nadprzewodnictwa, można przeprowadzić pomiary elektryczne nadprzewodnika. Nauczyciel musi zająć się ciekłym azotem, ale uczniowie mogą wytłumaczyć budowę obwodów i interpretować rezultaty.

Część 5

Reakcje uczniów i objaśnienia

Uczniowie przygotowują prezentacje(mogą to być - plakaty/ krótkie pogadanki/krótkie broszury/ opisy dla przyszłych uczniów). W grupach mogą też być poproszeni do zawarcia następujących wiadomości:

„czego jesteśmy pewni”;

„co nam jeszcze sprawia problem”;

Sugerowany czas: godzina (w zależności od wykorzystanego formatu).

Nauczyciel będzie musiał podać część informacji – choćby po to by uczniowie upewnili się, że wiele z wiadomości jest dla nich jeszcze zbyt trudna, części nie rozumieją w ogóle – obszar ten nadal podlega dyskusji.

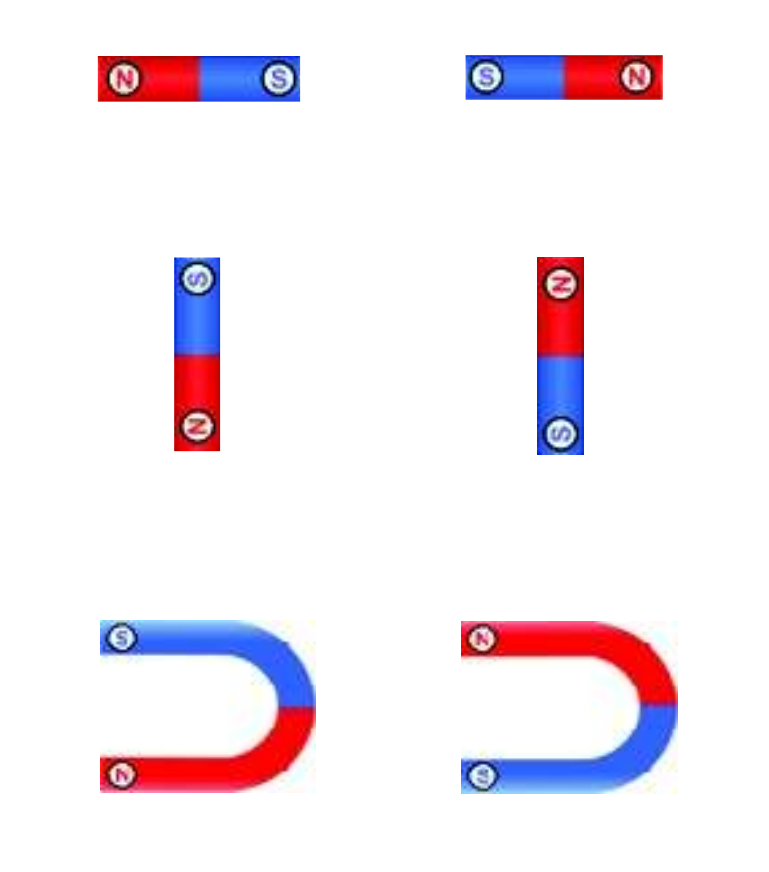
Każda grupa ma jeden komputer aby przygotować swoje prezentacje

[The SUPERCOMET Teacher Seminar zawiera więcej praktycznych informacji na temat prezentacji. Aby dowiedzieć się więcej,zobacz www.supercomet.no.](http://www.supercomet.no)



Arkusze pracy 1 – Wprowadzenie do magnetyzmu

Po całej klasie porozmieszczano kilka magnesów i kartek pokrytych opiłkami żelaza. Te opiłki pozwolą ci zaobserwować pola magnetyczne tworzone przez różne rodzaje magnesów. Zaobserwuj, jak twoja nauczycielka używa opiłków, aby pokazać pola magnetyczne magnesu. Następnie, w parach, narysuj pola magnetyczne w poniższych magnesach:



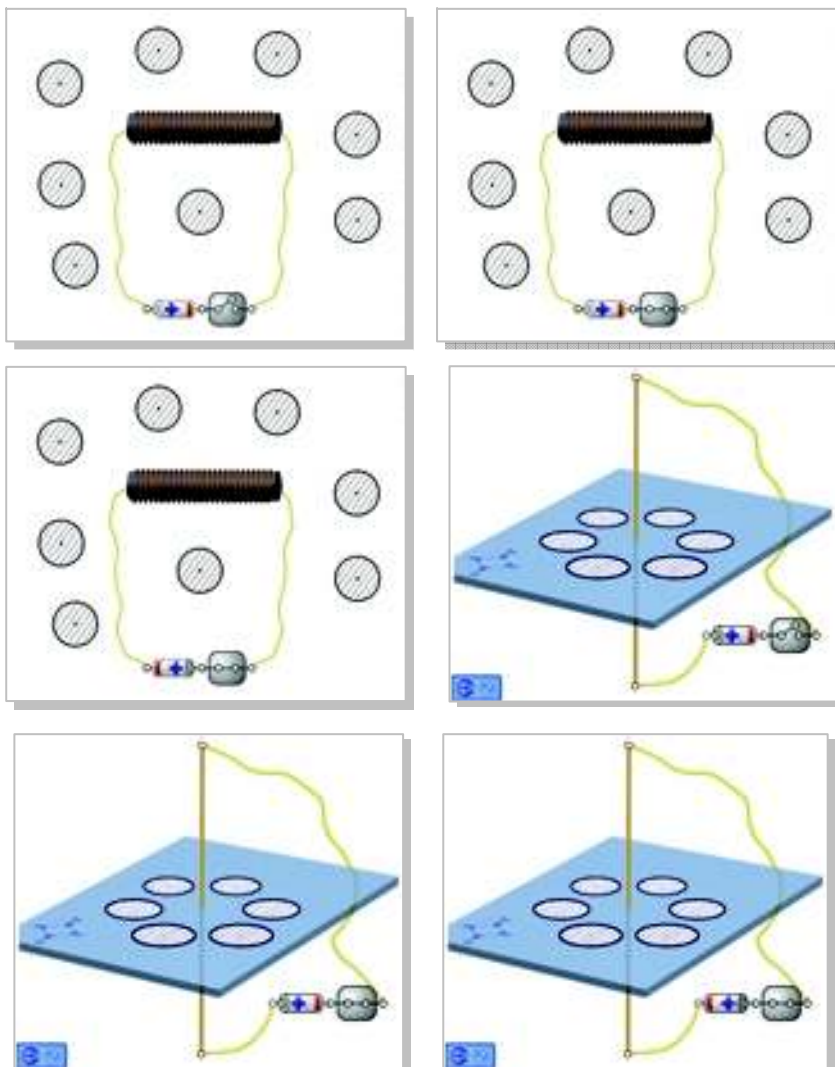
Przykład arkusza do pracy na lekcji z wprowadzenia do nadprzewodnictwa

Kiedy skończysz rysowanie pól magnetycznych przejdź do CD-ROM-u SUPERCOMET i sprawdź pola magnetyczne tworzone przez inne magnesy. Czy pola są takie same? Jeśli nie, dlaczego mogłyby się różnić?



Arkusz pracy 2 – elektromagnesy, opiłki żelaza i kompasy

Zrób prezentowane doświadczenia używając kompasów do badania kierunku pola magnetycznego wytworzonego wokół magnesu..



Przykład arkusza pracy wprowadzającego elektromagnetyzm.

Jak użyć programu SUPERCOMET2 do porównania pól magnetycznych, jakie otrzymałeś z tymi prezentowanymi powyżej? Czy są takie same?

Notatka dla nauczyciela: postępuj uważnie z bateriami, stają się one bardzo ciepłe, gdyż pracują właściwie na prądzie zwarcia i szybko się rozładują. Warto wyposażyć laboratorium szkolne w prosty zasilacz niskiego napięcia, najlepiej o regulowanym natężeniu prądu, lub nawet prostownik do akumulatorów samochodowych.

Nadprzewodnictwo – Inspirujące arkusze pracy dla ucznia

Michela Braida, Marisa Michelini, Udine (I)

1 Oddziaływania magnetyczne

Masz magnes, igłę magnetyczną, kawałek magnetytu, monetę 5 gr i 10 gr, miedzianą monetę, aluminiową monetę, stalowy gwóźdź, stalową zszywkę do papieru, plastikową nakrętkę, paragon ze sklepu, piłeczkę pingpongową, wykałaczkę oraz małą stalową kulkę.

1. BADANIE ZJAWISKA. Połóż każdy z materiałów koło jednego bieguna magnesu potem zmień pole i powtórz eksperyment. Obserwując zachowanie, spróbuj określić różne typy zachowania materiałów.

2.

OBIEKT	TYP ODDZIAŁYWANIA
Igła magnetyczna	
Magnes	
Kawałek magnetytu	
Moneta groszowa	
Gwóźdź metalowy	
Moneta miedziana	
Zszywka do papieru	
Moneta aluminiowa	
Plastikowa zakrętka	
Paragon	
Piłeczka pingpongowa	
Mała stalowa kulka	
Wykałaczka	

3. Jakie rodzaje zachowania obserwujesz?

Opisz je

A. _____

B. _____

C. _____

4. Co powoduje różne typy zachowania? (materiał, typ obiektu, ...)



5. Kiedy następuje przyciąganie? Które obiekty są przyciągane?

Wyobraź sobie np. magnes i trochę zszywek w następującej sytuacji:

A. Połóż zszywki na stole i przystaw blisko magnes

B. Połóż magnes na stole i przystaw zszywki

Czy to magnes przyciąga zszywki czy też zszywki magnes ?

(wyjaśnij w oparciu o III prawo dynamiki Newtona))

6. Spróbuj przewidzieć oddziaływanie pomiędzy magnesem a ferromagnetykiem.

Napisz wyjaśnienie.

7. Czy przyciąganie pomiędzy zszywkami a magnesem występuje wtedy, kiedy się one zetkną czy też występuje już wcześniej (przed zetknięciem)? Wyjaśnij swoją odpowiedź.

8. Złącz z sobą dwa spinacze albo dwie monety, które wcześniej były przyciągane przez magnes. Czy przyciągną się one teraz do siebie?

Tak Nie

9. Zastanów się, co się stanie, kiedy podsuniesz bliżej magnes.

10. Opisz co się stało i spróbuj to wyjaśnić.



2 Kierunki linii sił pola magnetycznego

Połóż kartkę przezroczystej folii nad magnesem i zaznacz jego kształt pisakiem. Postaw grupę magnesów wokół magnesu. Narysuj pisakiem linie łączące kierunki wskazań igieł magnetycznych wokół magnesu. Usuń igły magnetyczne.

1. Poniżej przerysuj obraz igieł magnetycznych oraz linii łączących wokół magnesu.

2. Połóż inną igłę na narysowanych liniach. Jaki kierunek ona teraz wskazuje?

3. Wyjaśnij znaczenie narysowanych linii w odniesieniu do sposobu, w jaki zostały one zrobione.

4. Rozważ dwie linie z narysowanego schematu.
Czy zawsze odległość między nimi jest taka sama?
 Tak Nie
Czy myślisz że ich kształt byłby inny gdyby magnes leżał na innej powierzchni?

 Tak Nie
5. Wyjaśnij własnymi słowami, co pokazują narysowane przez Ciebie wokół magnesu linie.

Usuń magnes. Rozsyp opiłki ferromagnetyku równomiernie na powierzchni folii (opilki możesz otrzymać np. z wełny metalowej używanej do czyszczenia podłóg albo z warsztatu ślusarskiego). Połóż magnes pod folią dokładnie w tym samym miejscu co poprzednio. Zobacz w jaki sposób ułożyły się rozsypane uprzednio opiłki ferromagnetyku.



6. Czy są jakieś wyraźne różnice pomiędzy narysowanymi liniami, wyznaczającymi kierunek wskazań igieł kompasu a kształtami jakie wytworzyły się po zastosowaniu opiłków?

Tak Nie

Przedyskutuj podobieństwa i różnice. Zapisz wyjaśnienie.

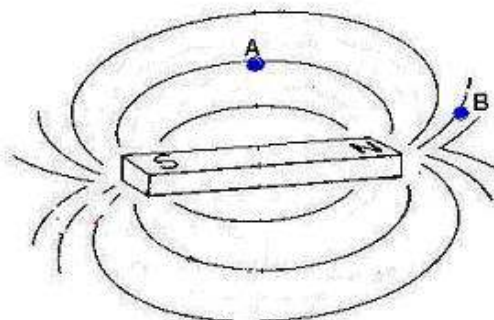
Podobieństwa _____

Różnice _____

Wyjaśnienie _____

7. Przesuwaj folie z opiłkami nad magnesem. Czy zauważyłeś zmiany w rozłożeniu opiłków w czasie przesuwania? (opisz i wyjaśnij swoją obserwację)

Spróbujmy wyjaśnić znaczenie linii sił pola magnetycznego wokół magnesu sztabkowego poprzez opis zachowania piłki metalowej w punktach A i B (tak jak na rysunku poniżej).



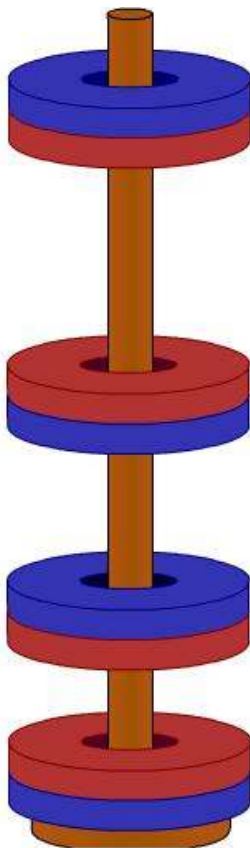
8. PRZEWIDYWANIE. Jeśli wprawimy piłkę w ruch,
- W jakim kierunku opuści ona punkt A?
(narysuj swoje przypuszczenie i wyjaśnij je słowami)
- _____
- a w jakim punkcie B?
(narysuj swoje przypuszczenie i wyjaśnij je słowami)
- _____
- czy według Ciebie linie sił pola magnetycznego mają wpływ na kierunek ruchu metalowej piłki? (Odpowiedź uzasadnij)
- _____
9. DOWÓD. Połóż metalową kulkę w punkcie A i B. Jak ona się porusza?
(przedyskutuj wynik swoich obserwacji)
- _____
10. Czy kierunki poruszania się kulki są zależne od różnych aspektów obserwowanego zjawiska?
(przedyskutuj ich znaczenie i wyjaśnij swoją odpowiedź)
- _____

Sugerowane ćwiczenia: pomiar pola magnetycznego wzdłuż linii sił pola magnetycznego. Zobacz arkusz pracy 1,2,3.



3 Zawieszanie magnesów

Masz cztery okrągłe magnesy z dziurkami pośrodku na drewnianym patyku. Magnesy zaczynają się odpychać do góry każdy od każdego.



1. Wyobraź sobie, że zaczynasz działać od góry siłą na magnes, wciskając go w dół (np. ręką). Które z poniższych wyjaśnień najlepiej opisuje sytuację, jaką możesz zaobserwować? Wytlumacz dlaczego.
 - a. Oczekuję, że poczuje opór ze strony wciskanego w dół magnesu.
 - b. Myślę, że będę w stanie poruszyć magnesem
 - c. Myślę, że magnesy zaczną opadać na dół w kierunku siły mojego wciskania.

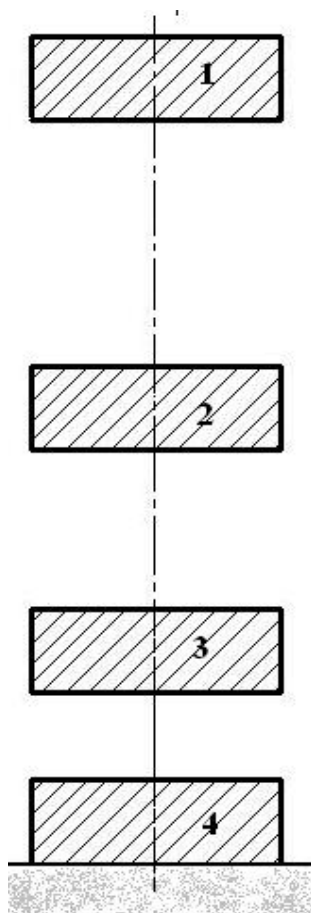
2. Teraz wciśnij górny magnes na dół. Opisz co się stało.

3. Porównaj swoje przewidywania z otrzymanym wynikiem doświadczenia. Przedyskutuj wyniki i wyjaśnij zachowanie magnesów.



Na rysunku poniżej widzimy przekrój magnesów z poprzedniego doświadczenia – widziany z boku.

4. Jakie siły działają na poszczególne magnesy? Pokaż je na rysunku.



5. PRZEWIDYWANIE. Połóżmy magnesy tymi samymi stronami w stosunku do siebie (tak jak wyglądają teraz bez drewnianego patyka w środku). W jaki sposób ułożą się wtedy magnesy względem siebie? Odpowiedź uzasadnij..

6. DOWÓD. Teraz zrób to samo ale bez wkładania drewnianego patyka do środka magnesów.

a. Co się stanie?

b. Opisz zaobserwowane zachowanie.

7. Jakie czynniki mają wpływ na to że magnesy na drewnianym patyku odpychają się od siebie?



4 Spadanie w miedzianej rurze

Masz miedzianą rurę o długości 110 cm o średnicy 2,5 cm oraz cylindryczny magnes o tak dobranej średnicy aby swobodnie przesuwał się wewnątrz rury bez dotykania do jej ścianek, cylinder stalowy i miedziany o takiej samej średnicy jak magnes oraz stoper.

Ustaw miedzianą rurę pionowo i użyj stopera do pomiaru czasu spadku w rurze stalowego walca i magnesu.

1. Wrzuć stalowy cylinder do miedzianej rury. Ile sekund spada on wewnątrz rury zanim z niej wypadnie? _____
2. Wrzuć magnes do miedzianej rury. Ile sekund minęło, zanim wypadł on z drugiego końca rury? _____
3. Czy pomiędzy zmierzonymi przez ciebie czasami przelotu elementów przez rurę występują różnice? Czy czasy przelotu cylindra stalowego i miedzianego różnią się istotnie? A magnesu? Zaproponuj wyjaśnienie. _____

Mamy taką samą rurę miedzianą jak poprzednio, ale wykonano w niej podłużne nacięcia o grubości 0.2 cm, nacięcia te przecinają całą grubość rury. Postaw tą rurę w pozycji pionowej.

4. Wyobraź sobie, że wrzucasz do takiej rury stalowy lub miedziany cylinder. Jak długo będzie on spadał wewnątrz tuby? _____

Wyjaśnij swoje przypuszczenie _____

5. Wykonaj doświadczenie. Zapisz ile sekund spadał cylinder. _____
6. Czy zauważyłeś różnice czasu w spadaniu metalowego walca wewnątrz rury pełnej i z nacięciami?

Tak Nie

Wyjaśnij swoje doświadczenie i obserwacje.

7. Wyobraź sobie, że wrzucasz do rury z nacięciami magnes. Jak długo według ciebie będzie on spadał wewnątrz jej? _____

Wyjaśnij twoje przypuszczenie _____

8. Wrzuć teraz magnes do rury i zmierz czas jego spadku. Ile sekund leciał magnes wewnątrz rury. _____
9. Czy walce podczas spadania zachowują się tak samo wewnątrz obu rur – z nacięciami i bez nacięć?

Tak Nie

10. Spróbuj wytłumaczyć, to co zaobserwowałeś. _____



5 Skaczący pierścień

Masz zwój na rdzeniu z miękkiej stali, miedziany pierścień, mały piecyk chemiczny, pojemnik z ciekłym azotem i biały kawałek tektury.

1. Kiedy zasilacz jest wyłączony, umieść pierścień z miedzi na rdzeniu. Co się stało?

2. Usuń miedziany pierścień i włącz zasilacz. Opisz co zauważyłeś.

3. Pozostaw zasilacz włączony. Czy coś zauważyłeś?

Tak Nie

4. Włączaj i wyłączaj generator zostawiając pierścień cały czas na rdzeniu. Opisz co zauważyłeś.

5. Kiedy pierścień zmienił swoją pierwotną pozycję ?

6. Wyjaśnij zachowanie pierścienia w czasie włączania i wyłączania zasilacza.

7. Postaw biały karton za rdzeniem, włączaj i wyłączaj zasilacz mierząc jednocześnie na kartce wysokości, na jakie podskoczył pierścień.

$h = \dots$

8. Podgrzej pierścień nad palnikiem Bunsena przez kilka minut i włóż go potem na rdzeń. Włącz i wyłącz zasilanie.

- a. Opisz co zaobserwowałeś

- b. Czy pierścień podskakuje wyżej czy niżej, kiedy nie był podgrzany?

9. Postaw biały karton za rdzeniem, włączaj i wyłączaj zasilacz mierząc jednocześnie na kartce wysokości, na jakie podskoczył pierścień.

$h = \dots$



10. Przypuśćmy, że zanurzymy pierścień miedziany w ciekłym azocie na kilka minut i dopiero po tym wsadzimy go na rdzeń elektromagnesu. Spróbuj przewidzieć jak wysoko podskoczy:

a. Wyżej czy niżej niż w temperaturze pokojowej? Uzasadnij odpowiedź.

b. Wyżej czy niżej niż kiedy był podgrzany? Uzasadnij odpowiedź.

11. Postaw biały karton za rdzeniem. Zanurz pierścień w ciekłym azocie na kilka minut i potem umieść na rdzeniu. Włączaj i wyłączaj generator oraz zaznaczaj na kartonie jak wysoko podskoczy pierścień. Największa wysokość to $h = \dots$

a. Wyżej czy niżej niż w temperaturze pokojowej?

b. Wyżej czy niżej niż jak był podgrzany?

12. Czy myślisz że obserwowane zjawisko jest związane z temperaturą pierścienia? Uzasadnij swoją odpowiedź.

13. Opisz swoje wnioski



6 Nadprzewodniki

Masz magnes walcowy, mały kawałek nadprzewodnika, pojemnik z ciekłym azotem i kompas.

zanim polejesz nadprzewodnik ciekłym azotem połóż na nim kompas. Jaki kierunek wskazuje igła magnetyczna?

1. Obróć nadprzewodnik i obserwuj, czy zmienia się wskazanie igły magnetycznej. Opisz zachowanie igły kompasu.

2. Połóż magnes na nadprzewodnik. Usuń magnes i ponownie postaw igłę magnetyczną. Czy położenie igły magnetycznej zmieniło się ?

3. Czy igła magnetyczna wskazuje prawidłowo kierunek północny ziemskiego pola magnetycznego w pobliżu nadprzewodnika?

Tak Nie

4. Jak do tego doszedłeś?

5. Nalej ciekłego azotu na nadprzewodnik tak, aby cały został przykryty. Poczekaj, aż trochę ciekłego azotu wyparuje tak, że znowu pojawi się czubek nadprzewodnika. Połóż magnes na nadprzewodnik. Co zaobserwowałeś?

6. Połóż magnes na nadprzewodniku, polej całość ciekłym azotem tak, aby całkowicie przykryć magnes i nadprzewodnik. Poczekaj, aż część ciekłego azotu wyparuje. Co teraz obserwujesz?



7. Porównaj oba poprzednie doświadczenia. Jak wytłumaczysz fakt, że magnes zawisł kilka milimetrów nad nadprzewodnikiem?

8. Usuń magnes i ciekły azot. Połóż igłę magnetyczną na nadprzewodniku. Jaki kierunek wskazuje teraz igła magnetyczna?

9. Usuń kompas, obróć nadprzewodnik i znowu połóż igłę magnetyczną. Jaki kierunek wskazuje teraz igła magnetyczna?

10. Czy igła magnetyczna ustawiona w pobliżu nadprzewodnika wskazuje teraz kierunek pola magnetycznego Ziemi?

Tak

Nie

Jak to wyjaśnisz?

11. Jakie wnioski wyciągniesz ze swoich poprzednich obserwacji?



Eksperymenty badawcze

Francesca Bradamante, Marisa Michelini, Udine (I)

1. Pomiar pola magnetycznego za pomocą kompasu

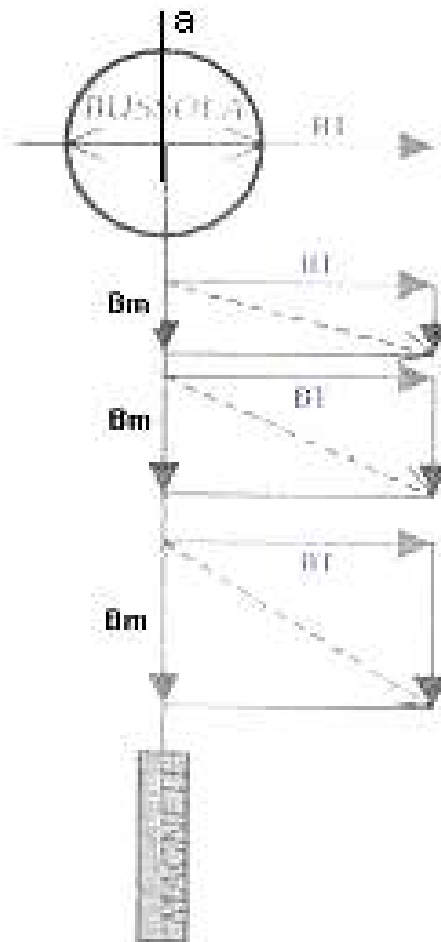
Cel: badanie zależności wielkości pola magnetycznego od odległości wzdłuż magnesu walcowego.

Metoda: mierzenie w jednostkach pola magnetycznego Ziemi (B_T), wartości pola wokół magnesu walcowego (B_M), oparte o odchylenie igły magnetycznej od kierunku wskazującego biegun magnetyczny Ziemi.

Materiały: magnes walcowy, igła magnetyczna lub kompas, papier milimetrowy, pisak, linijka, taśma klejąca.

Fazy eksperymentu:

1. **Faza wstępna:** używając kompasu wybierz taki fragment podłogi, gdzie wartość B_T jest stała.
2. **Zorganizowanie miejsca pracy:**
 - a) ułóż papier tak aby krótsza krawędź kartki była zgodna ze zmierzonym wcześniej kierunkiem B_T .
 - b) ułóż magnes prostopadłe do kierunku B_T (wzdłuż linii a na rysunku obok)
3. **Pomiary**
 - a) ułóż kompas w odległości początkowej ok 35 cm od magnesu wzdłuż linii i zaznacz kierunek wskazania igły.
 - b) Znajdź wartość B_M w jednostkach B_T : wybierz jakąś jednostkę dla wektora pola magnetycznego Ziemi (np. 2 centymetry) i zmierz wielkość składowej B_M zgodnie z kierunkiem wskazywanym przez magnes w tym miejscu.
4. Stopniowo przesuwaj igłę bliżej magnesu (co stałą wartość 2 cm) i wyznacz wartość B_M dla każdego położenia.
5. Zapisz wyniki pomiarów w tabeli i przeanalizuj zależność długości wektora B_M od odległości: (d = odległość pomiędzy kompasem a magnesem; \ln = logarytm)
6. Umieść dane na wykresie



d (....)	B_M (.....)	$\ln(d)$	$\ln(B_M)$

2. Pomiar pola magnetycznego B za pomocą próby Halla.

Cel: zależność wartości pola magnetycznego od odległości od magnesu walcowego.

Metoda: bezpośredni pomiar pola magnetycznego pochodzącego od magnesu przy użyciu detektora pola magnetycznego.

Materiały: magnes walcowy, czujnik pola magnetycznego, papier milimetrowy, ołówek, taśma klejąca.

Fazy eksperymentu

1. **Faza wstępna:** ustal kierunek ziemskiego pola magnetycznego, ułóż papier milimetrowy tak, aby dłuższa krawędź kartki była zgodna ze zmierzonym wcześniej kierunkiem B_T .
2. **Zorganizowanie miejsca pracy:** ułóż magnes wzdłuż ustalonego kierunku pola B_T .
3. **Pomiary:** w regularnych odstępach (co 1 cm) przesuвай czujnik bliżej magnesu i notuj wartości zmierzonego pola magnetycznego B
4. Zapisz wyniki w tabeli ustalając różnice pomiędzy wartościami B i B_T , wpisując wartość pola B_M w odpowiednie miejsce w tabeli.
5. Przedstaw zależność wartości wektora B_M od odległości na wykresie.
(d = odległość kompasu od magnesu; ln = logarytm)

d (.....)	B (....)	B_M (.....)	ln (d)	ln (B_M)



3. Pomiary wartości pola magnetycznego metodą badania oscylacji igły magnetycznej.

Cel: zależność wartości pola magnetycznego od odległości od magnesu walcowego

Metoda: pomiary okresu oscylacji igły kompasu umieszczonej w polu magnetycznym wzdłuż magnesu walcowego.

Materiały: magnes walcowy, papier milimetry, ołówek, taśma klejąca

Fazy eksperymentu

- 1) **Faza wstępna:** ustal kierunek ziemskiego pola magnetycznego, ułóż papier milimetry tak aby dłuższa krawędź kartki była zgodna ze zmierzonym wcześniej kierunkiem B_T .
- 2) **Organizacja miejsca pracy:** ustaw magnes cylindryczny wzdłuż ustalonego kierunku pola magnetycznego B_T
- 3) **Pomiary:** w regularnych odstępach (2 cm) przesuwaj kompas bliżej magnesu i dokonuj pomiaru okresu oscylacji (użyj zegarka aby zmierzyć czas od 5 do 10 oscylacji powtarzając każdy pomiar 3 razy)
- 4) Zależność okresu T drgań igły w polu magnetycznym B opisuje równanie:

$$T = k \frac{1}{\sqrt{B}}$$

użyjemy go do obliczeń (gdzie k jest stałą) wartości pola magnetycznego w miejscu umieszczenia igły magnetycznej kompasu:

$$B \sim \frac{1}{T^2}$$

- 5) Zapisz wyniki w tabeli ustalając różnice pomiędzy wartościami B i B_T , wpisując wartość pola B_M w odpowiednie miejsce w tabeli.
- 6) Przedstaw zależność wartości wektora B_M od odległości na wykresie.
(d = odległość kompasu od magnesu; \ln = logarytm)

d (.....)	T (.....)	B (....)	B_M (.....)	ln (d)	ln (B_M)



Eksperymenty – seminarium dla nauczycieli

Seminarium dla nauczycieli - przegląd

Wim Peeters, Antwerp (B)

W tej części przybliżymy sposoby przekazu wiadomości oraz materiały zebrane podczas prac nad projektem SUPERCOMET 2 zarówno od uczniów jak i od nauczycieli. Te zajęcia dla nauczycieli zaplanowano jako 2,3 lub 4 sesje każda trwająca około 4 godzin. Dwie pierwsze części będą głównie poświęcono zagadnieniom klasycznej fizyki elektromagnetyzmu wraz z wprowadzeniem do nadprzewodnictwa a trzecia dotycząca już tylko zagadnieniom nadprzewodnictwa. w ostatniej części podamy kilka praktycznych zastosowań oraz omówienie wszystkich metod nauczania.

Pause	20			
• Module "Introduction to superconductivity"	40	TM7 "Building activities" for this chapter	Teacher Guide, PPT, CA, video's	SUMMARY to be made
• Teaching methods : evaluation during learning: discussion	20	Active learning, discussion led by the teacher coach;		
• Gender linked questionnaire; discussion	20			
• Evaluation+ discussion of the session	10		Short questionnaire	Harvey M.
	230			
Third session: ½ day TOPIC: For better teaching with SC2				
• Welcome, schedule of the session	10	Starter experiment: Show piece of superconducting wire, how it is built		Superconducting wire??
• Summary of first two sessions via PowerPoint presentations on modules 1,2 and 3 available for class room use; results of Physible; description of teaching methods	50	TM8 "Interactive lecture" + TM5 "Group work" Exercise: curriculum mapping	LowTechExp.zip Local curricula SC2_TS3_CurMapping_20070711_WP.doc	
• Module D: "Explanation of Superconductivity"	50	TM9 "Spider": students are active, but teacher controls progress in knowledge closely (this is necessary in this difficult chapter)	Teacher Guide, CA, Video's of experiments	

(kopia ekranu przedstawiająca schemat oryginalnego seminarium dla nauczycieli)

Ponieważ materiały seminaryjne są głównie cyfrowe konieczne jest więc przeprowadzenie zajęć w miejscu dobrze wyposażonym w urządzenia TIK. Oprócz źródeł cyfrowych powinny być dostępne w pracowni techniczne możliwości do przeprowadzenia zarówno serii prostych doświadczeń jak i zaawansowanych eksperymentów z użyciem specjalistycznego wyposażenia.

Celem seminarium jest dostarczenie nauczycielom materiałów oraz sposobów ich używania w warunkach pracowni szkolnej. Ponieważ każdy nauczyciel ma już wypracowane własne metody nauczania, w czasie seminarium należy więc dostarczyć jak najwięcej informacji o aktywnych formach nauczania.

Wykładowcy na kursach dla nauczycieli powinni w umiejętny sposób zmieniać swoją rolę stosując metody prezentujące postawę profesjonalnego nauczyciela przekazujące wiedzę uczniom i wywołującego u nich chęć zdobywania wiedzy oraz rolę ucznia wykonującego interesujące doświadczenia. W ten sposób teoria staje się praktyką, którą nauczyciele mogą zastosować w klasie; trzeba również zarezerwować stosowny czas na otwartą dyskusję.



Jakich materiałów używamy podczas seminarium?

- Programy komputerowe odgrywają bardzo ważną rolę : są używane podczas wszystkich zajęć i każdy moduł może być dzięki nim uzupełniony na różne sposoby.
- dodatkowo przewodnik dla nauczyciela jest używany równoległe z prezentacjami PowerPoint, które podają dodatkowe informacje zarówno dla uczniów jak i nauczycieli dotyczące nadprzewodnictwa i innych aspektów programu. Dodatkowo platforma internetowa Physible będzie wykorzystywana do komunikacji pomiędzy nauczycielami oraz jako cyfrowa biblioteka zawierająca wszystkie niezbędne materiały w wersji elektronicznej.
- Ponieważ fizyka bez doświadczeń jest nieciekawa, powinniśmy wykonywać jak najwięcej doświadczeń eksperymentów podczas seminarium.
- Podczas seminarium zapoznajemy nauczycieli ze wszystkimi materiałami, aby mogli nad nimi intensywnie pracować.
- Nauczyciele na koniec dokonają podsumowania wszystkich prezentowanych metod podobnie jak procedur ewaluacyjnych oraz dodatkowych pytań testowych oraz kwestionariuszy.



Wszystkie materiały niezbędne do przeprowadzenia seminarium są dostępne na platformie internetowej Simplicatus.

Na fotografiach przedstawiono metodę "obrotowych narożników". Zwróć uwagę na dwie nauczycielki w zielonych ubraniach: poruszają się one zgodnie z ruchem wskazówek zegara od jednego eksperymentu do następnego (tutaj badając zjawisko indukcji magnetycznej).

(Fotografia: SGC-Boechout-Belgium)



Metody nauczania – aktywne nauczanie

Quiz

Motywacje dla uczniów

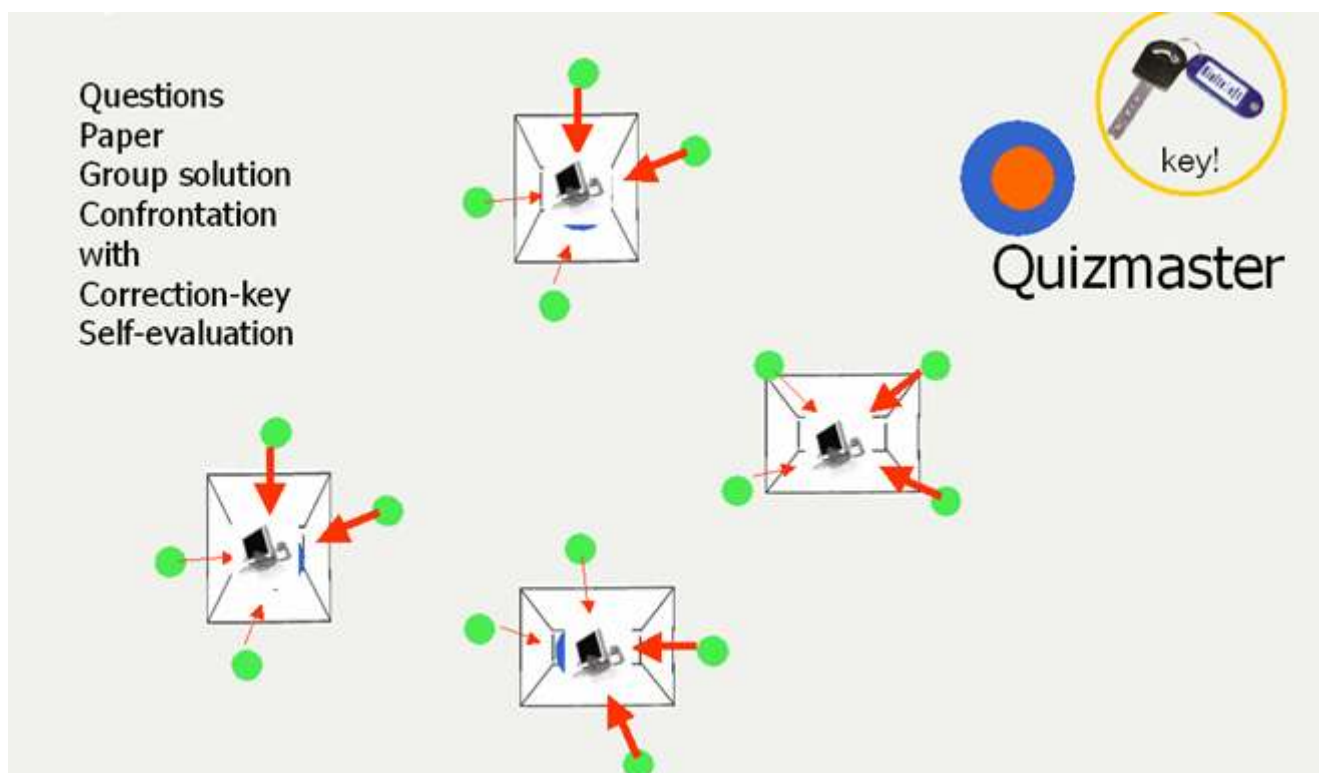
Gry na punkty, współpraca w grupie, dyskusja

Dlaczego?

Sposób na szybkie wprowadzenie wielu zagadnień, otworzenie możliwości do wielowątkowej dyskusji (obliczenia, filmy wideo, eksperymenty,....), praktyczna nauka współpracy grupowej.

Cele

- *szybkie wprowadzenie*
- *zwiększenie motywacji*
- *przeгляд dużej ilości informacji*
- *odkrywanie nowych zjawisk*



Metody

Układ tradycyjny pozwalający na szersze zapoznanie się z materiałem:

- wykorzystanie zdjęć i obrazów, otwarte pytania, wielokrotny wybór
- na temat danego modułu, o wszystkich modułach, aspekty historyczne
- różne możliwości pracy
- różne grupy robocze

Zwróć uwagę na właściwe naradzenie uczniów za aktywność w czasie pracy. Ocena: sukces tej metody nauczania zależy od jakości jej wykonania.



Zajęcia typu A/B

Cele

- uczniowie zdobywają informacje w grupie ale niezależnie i przekazują ją pomiędzy sobą.
- uczniowie stosują nowo nabytą wiedzę w kreatywny sposób.

Metody

Krok 1: Wyjaśniamy cel zadania. Jest ono raczej ogólne i koncepcyjne. Dzielimy uczniów na grupy 4,5 osobowe. Każdy z uczniów otrzymuje jakąś specyficzną rolę : prowadzący, sekretarz, planista itd. Ustalamy czas pracy. Wyjaśniamy rolę jaką pełnią różni uczniowie w grupie.

Krok 2: Uczniowie wykonują pierwsze zadanie (A). Otrzymują niezbędne źródła informacji (teksty, strony www itd.) Każdy uczeń otrzymuje różne elementy dostępnych źródeł i tematów. Pytania mają naprowadzić uczniów i stymulować ich dyskusję.

Przykład:

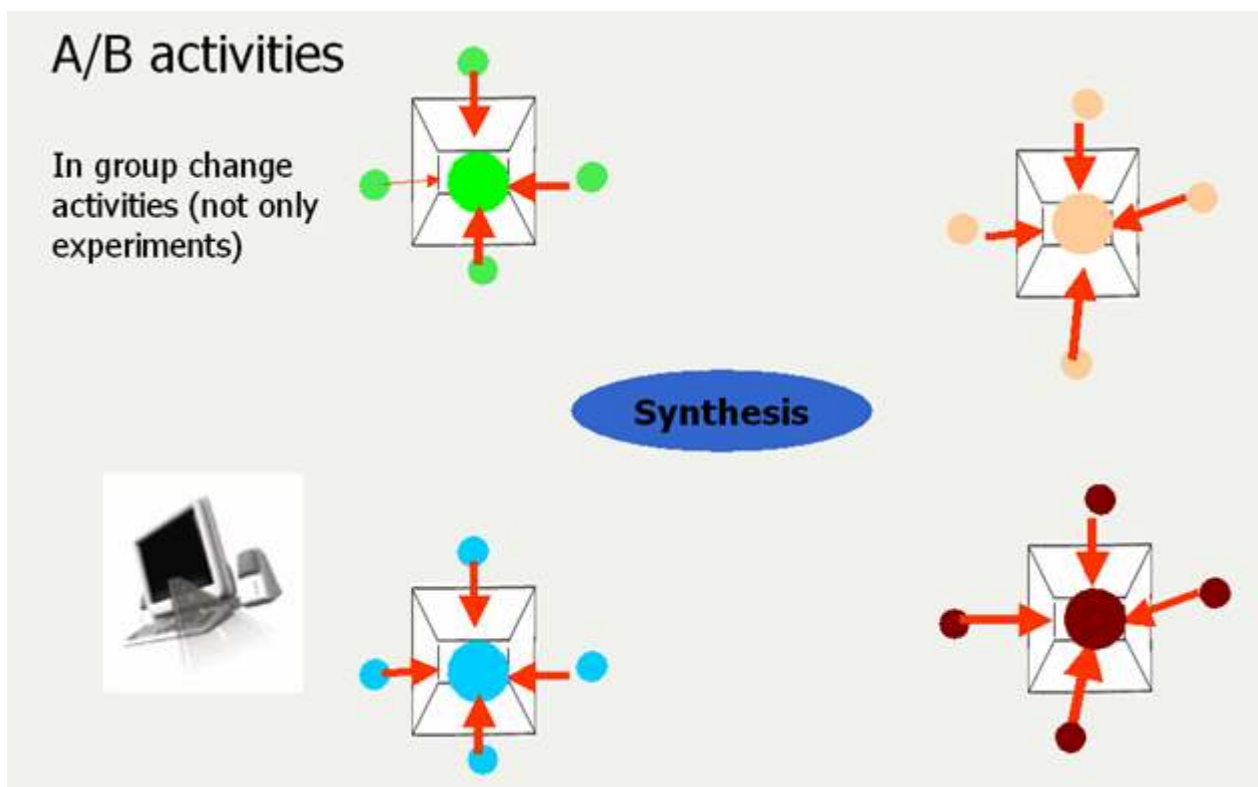
1. Użytkowanie i czytanie zawartości stron www
2. Jak dobierać informacje
3. ...i dokonywać podsumowań
4. Łączenie pracy grupowej
5. Spis źródeł

Krok 3: Na podstawie etapu A zaczynamy etap B. Będzie on bardziej konkretny i praktyczny: wiedza zdobyta w etapie A będzie wykorzystana w B. Nauczyciele powinni ograniczyć się do obserwacji i pozwolić uczniom pracować samodzielnie. Omówienie pracy przez nauczyciela powinno odbyć się pod koniec.

Przykład

- zastosowanie układu chłodzącego
- przykłady magnetyzmu
- historia

Krok 4: Każda grupa prezentuje rezultaty swojej pracy. Nauczyciel i uczniowie dyskutują wspólnie wyniki. Oceniamy wyniki pracy – w jaki sposób rezultaty pracy nad A zostały zastosowane w B.



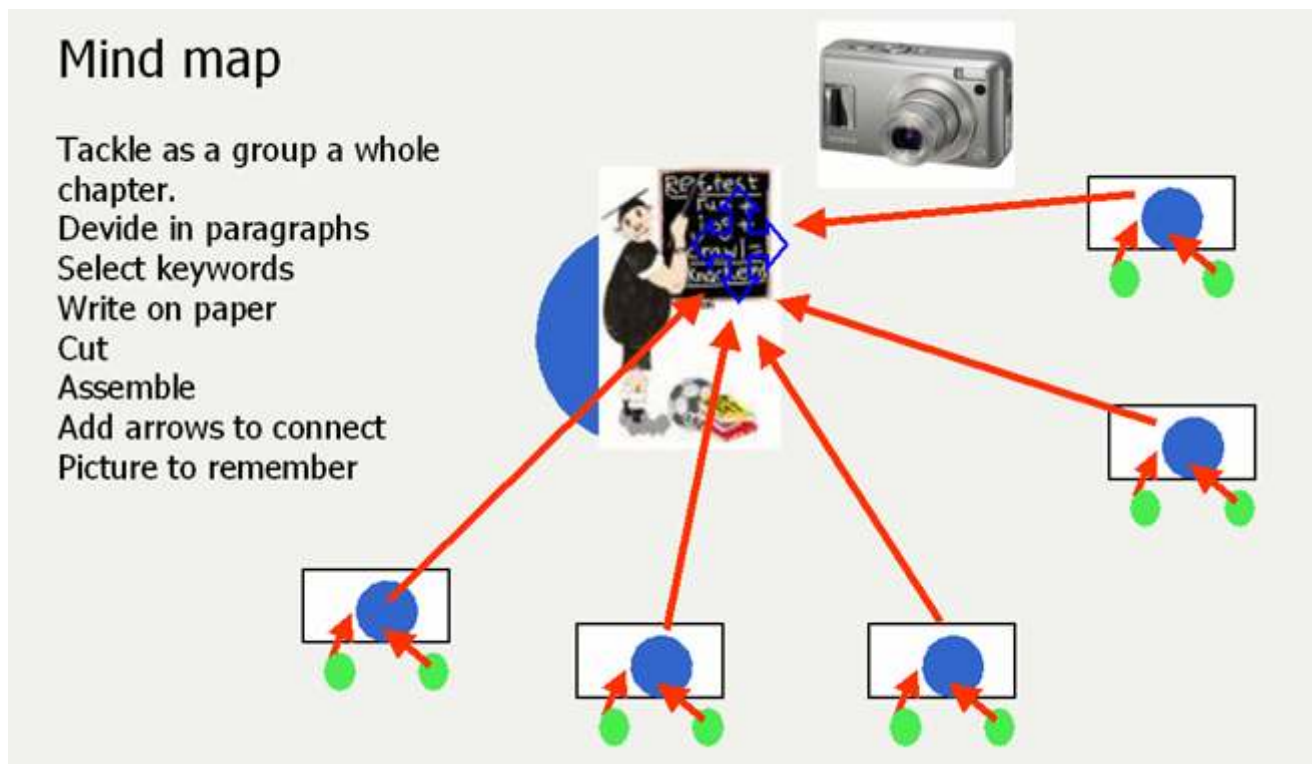
Mapa myśli

Zasady tej metody pracy są ogólnie znane (zobacz np: <http://olc.spsd.sk.ca/DE/PD/instr/strats/mindmap/index.html>)

- używaj prostych słów lub wyrażeń dla przekazania informacji
- wydrukuj słowa
- używaj kolorów do zaznaczenia różnych idei
- używaj symboli i obrazów
- używaj kształtów, kół i konturów do łączenia informacji
- używaj strzałek do pokazania przyczyn i efektów pracy

Jak mogę zastosować tę metodę?

Z dużą grupą powinniśmy zastosować metodę "burzy mózgów" w klasie. Przygotuj wycięte z tektury paski i kółka. Przedyskutuj temat, zapisz go w tekturowym kółku i zawieś na środku tablicy. Każdy uczeń powinien wskazać swoje pomysły związane z tematem podejść do tablicy i zapisać je w oddzielnych kółkach na tablicy. Kiedy uczniowie skończą mapa będzie gotowa, pozostanie teraz tylko dopasowanie połączeń z pasków i końcowe omówienie.



Konstruowanie wiedzy

Cele

Uczniowie są zmuszani do współpracy ponieważ każdy z nich posiada inne informacje.

Czas : 1 godz albo mniej

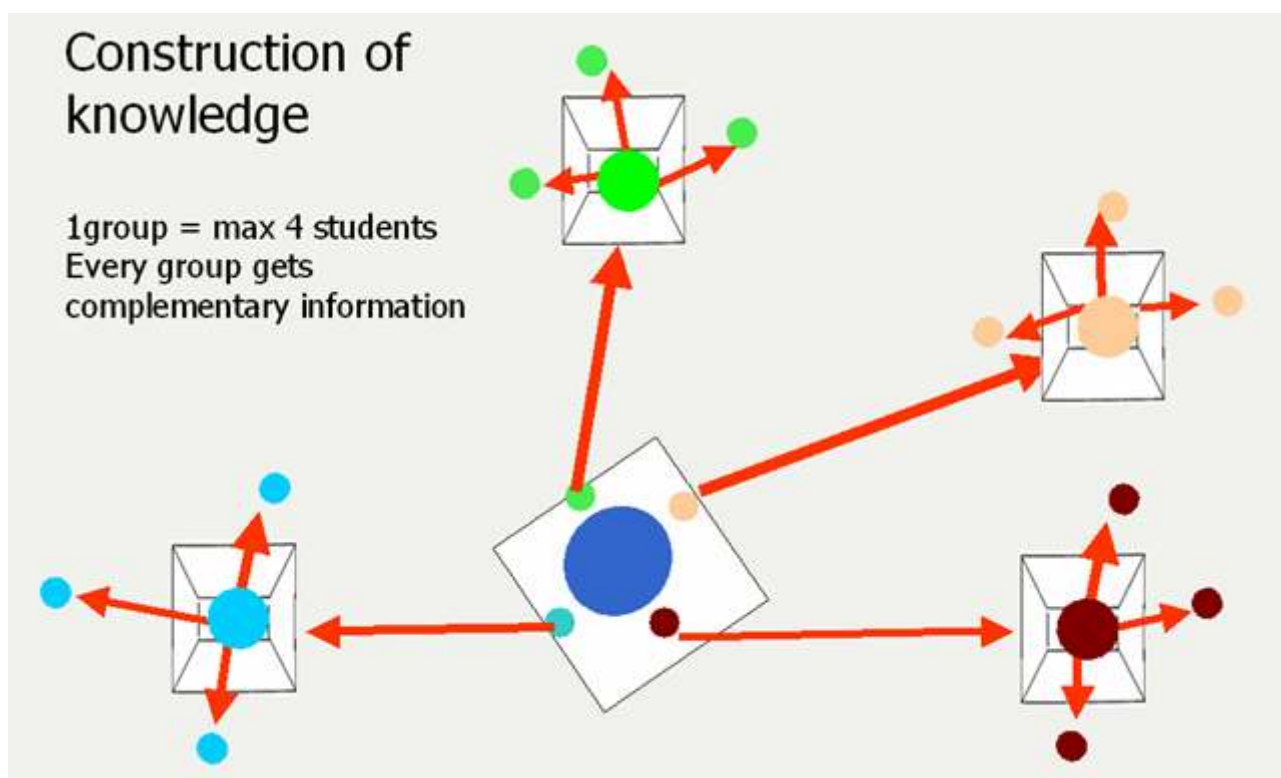
Metody

Krok 1: Materiał musi zostać logicznie podzielony na kilka mniejszych lub większych części. Każda z części powinna być traktowana niezależnie. Każda grupa pracuje nad jedną częścią.

Krok 2: Każdy uczeń zapoznaje się ze swoją częścią. Jeśli konieczne nauczyciel może zadać naprowadzające pytania lub inne sugestie.

Krok 3: Zamieniamy grupy : uczniowie zabierają całą swoją pracę i składają ją w jednym miejscu.

Krok 4: Nauczyciele sprawdzają czy wszyscy uczniowie zrozumieli odpowiedni materiał.



Przykłady

Różne zastosowania tematu, które mogą być również teoretyczne.

Typowa kolejność eksperyment/formuła/przykłady/zastosowania



Obracające się narożniki

Cele

Uczniowie w małych grupach badają różne aspekty tego samego tematu.

Czas: 1 godzina lub mniej

Metody

Krok 1: Nauczyciel przygotowuje różne zadania dla różnych nauczycieli. Wszystkie zadania powinny być umieszczone w różnych narożnikach klasy albo w specjalnie wydzielonych miejscach. W każdym z takich miejsc znajdują się wszystkie niezbędne materiały konieczne do wykonania tego zadania.

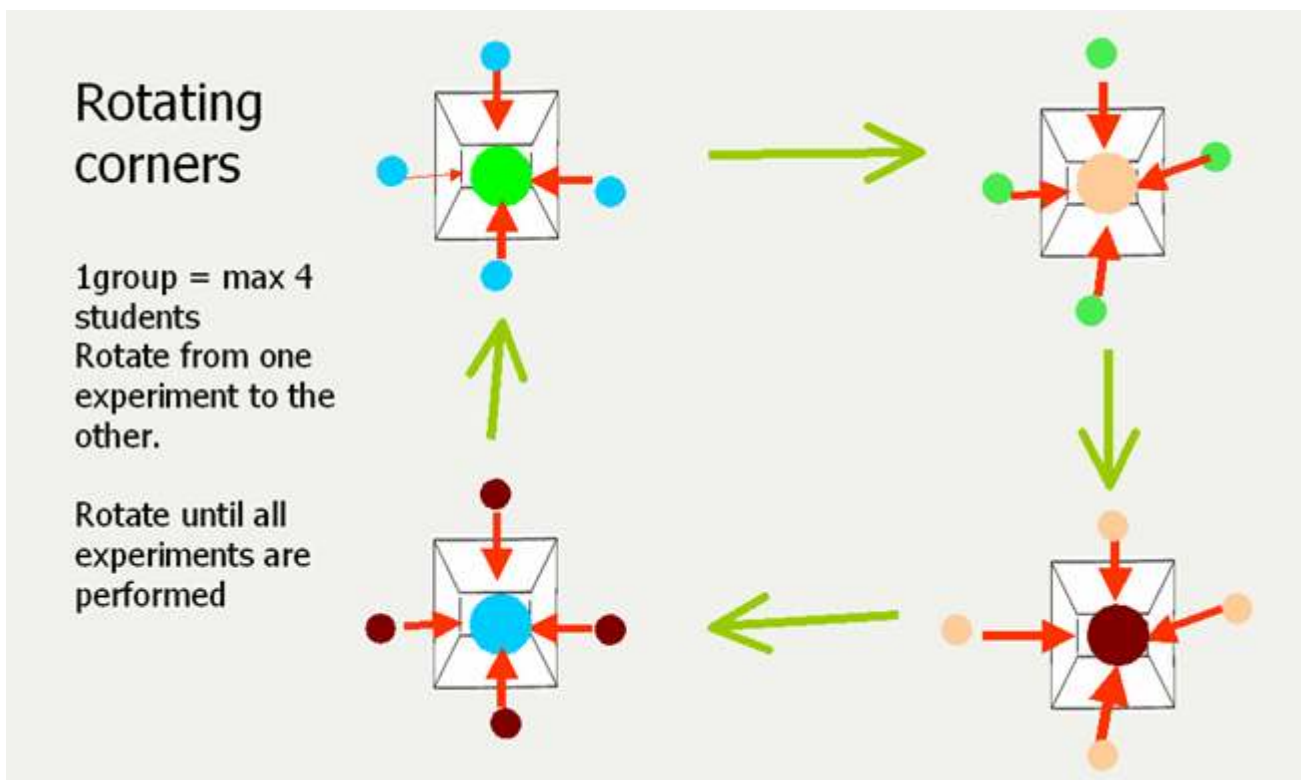
Krok 2: Dzielimy uczniów na grupy. Zajmują się oni danym zadaniem a po skończeniu przechodzą do kolejnego narożnika. Dlatego wszystkie zadania powinny być tak przygotowane aby równie czasochłonne.

Jasno ustalamy zasady dotyczące wszystkich grup: czas, materiały, rozwiązania, notatki itp.

Spis wszystkich zadań do przeprowadzenia może być również rozdany uczniom – nie jest to jednak konieczne.

Przykłady

Serie prostych eksperymentów dotyczących jednego tematu (elektrostatyka, dynamika, ciepło, model cząsteczkowy materii, zależność oporu od temperatury, indukcja elektromagnetyczna, optyka).



Eksperci laboratoryjni

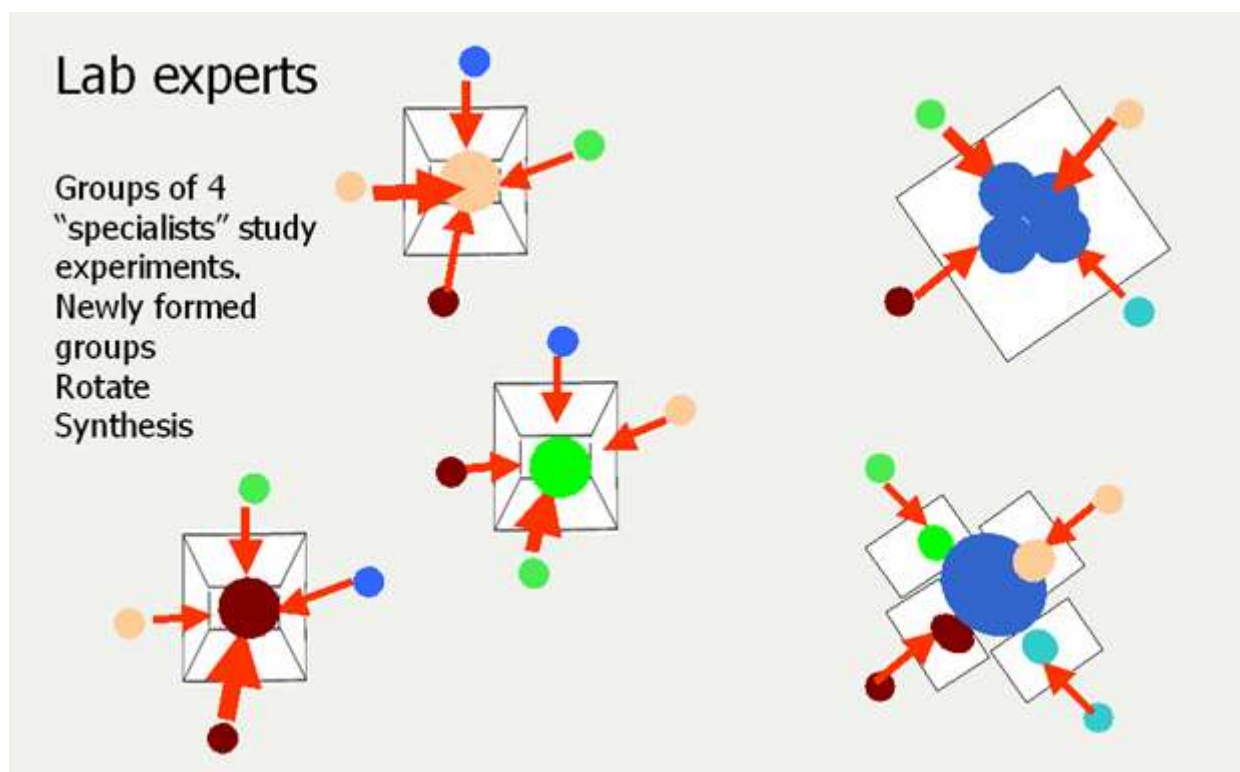
Cele

Uczniowie zostają ekspertami, każdy od jednego prostego eksperymentu. Następnie przekazują oni nabytą wiedzę w zakresie tego doświadczenia pozostałym uczniom.

Czas: 1h

Metoda

Krok 1: Sformowanie grupy początkowej. Tworzymy grupy po 4 uczniów. Każda z nich zostanie oznaczona numerem albo kolorem. Wszyscy uczniowie posiadający ten sam numer/kolor udają się do swoich doświadczeń, w których mają zostać ekspertami (z zakresu budowanie, analizy, zbierania danych, wykresów, wniosków) poprzez wspólną pracę w grupie. Zakres tej pracy jest kontrolowany przez nadzór nauczyciela. Wsparcie uczniów zależy od ich samodzielności w wyjaśnianiu problemu. Muszą oni przygotować przekaz swojej wiedzy dla pozostałych grup w zależności od wskazówek nauczyciela lub samodzielnej decyzji grupy.



Krok 2: Grupa ekspertów rozdziela się pomiędzy inne grupy początkowe. Następnie przechodzą one od jednego doświadczenia do następnego i za każdym razem wybrany ekspert prowadzi proces nauczania w tej grupie.

Krok 3: Wszyscy eksperci zbierają się razem aby przeanalizować wszystkie zdobyte informacje w formie kursu. Następnie grupa formułuje końcowy wniosek oparty na całej zdobytej informacji.

Aby sprawdzić jakość przekazywanej informacji możemy dołączyć do grupy dodatkowego eksperta. W środku lekcji nauczyciel powinien też sprawdzić czy ekspert grupy posługuje się właściwymi sformułowaniami w przekazywaniu informacji.

Przykładowe tematy do tej metody pracy

Serie prostych eksperymentów dotyczących jednego tematu (elektrostatyka, dynamika, ciepło, model cząsteczkowy materii, zależność oporu od temperatury, indukcja elektromagnetyczna, optyka).

Użyteczne może być zorganizowanie prostych grup dla różnych funkcji badawczych:

- starter
- proste eksperymenty (gromadzenie danych)
- wzory
- problemy
- zastosowania



Praca z ciekłym azotem i silnymi magnesami

Wiele pokazów i eksperymentów z nadprzewodnictwa wymaga użycia ciekłego azotu. To dość niebezpieczna substancja, której używanie wymaga specjalnych środków ostrożności:

- używaj butli Dewara lub termosów do transportu małych ilości ciekłego azotu, ale **NIGDY NIE WKREĆCAJ KORKA**. Wzrost ciśnienia par azotu wewnątrz termosu może wtedy doprowadzić do eksplozji,
- termosy metalowe (ostatnio dostępne w sklepach AGD) są znacznie lepsze niż tradycyjne, szklane
- wybieraj bezpieczne pojemniki - unikaj szklanych i plastikowych które w niskich temperaturach stają się kruche i mogą się łatwo roztrzaskać wywołując ciężkie obrażenia,
- trzymaj ciekły azot z dala od uczniów,
- pokaż uczniom, co się stanie kiedy schłodzimy niektóre materiały (np. roztrzaskać kwiat róży).
- uważaj, żeby ciekły azot nie dotknął skóry ucznia,
- zawsze zakładaj gogle na oczy,
- nigdy nie dotykaj bezpośrednio schłodzonych obiektów (magnes, nadprzewodnik) zawsze używaj pincety, która została przetestowana w niskich temperaturach,
- zakładaj rękawice izolacyjne,
- sprawdź, czy pomieszczenie w którym pracujesz ma dobrą wentylację,

Praca z magnesami

Niektóre magnesy (np. niobowe albo neodymowe) są bardzo silne i wymagają zachowania szczególnej ostrożności:

- zawsze trzymaj magnesy z daleka od komputerów, dyskietek, kart kredytowych, zegarków itp.,
- włącz okulary ochronne zawsze, gdy dokonujesz doświadczeń polegających na przyciąganiu dwóch magnesów, mogą one w czasie silnego przyciągania pokruszyć się wyrzucając ostre kawałki metalu,
- uważaj, żeby nie wsadzać palców pomiędzy dwa przyciągające się magnesy,
- trzymaj silne magnesy oddzielnie
- nie spuszczaaj magnesów na twarde powierzchnie, aby się nie pokruszyły
- nie zbliżaj silnych magnesów do igieł magnetycznych, chyba że celowo (aby je ponownie namagnesować)
- osoby z rozrusznikami serca lub metalowymi protezami nie powinny pracować z silnymi magnesami



Eksperymenty z lewitacją

Wim Peeters, Antwerp (B)

Sprzęt potrzebny do ćwiczenia

1. Ciekły azot – jeden zbiornik Dewara z ok 1 litrem LN₂
2. Kubki styropianowe lub poliestrowe
3. Talerzyki z pyrexu
4. Kubek z pyrexu
5. Zestaw do nadprzewodnictwa. prosty zestaw zawierający jeden mały magnes z metali ziem rzadkich, jeden duży magnes i kawałki nadprzewodzącego materiału. To wystarczy do demonstrowania lewitacji.
6. Zestaw diód elektroluminescencyjnych LED z odpowiednio przygotowanymi doprowadzeniami
7. Kilka magnesów krążkowych razem z drewnianym statywem po którym mogą się one przesuwac i utrzymywać jeden nad drugim
8. rura miedziana (ok. 0,5 m)
9. Dostęp do programu SUPERCOMET2 CD ROM na komputerach w pracowni
10. Dostęp do internetu
11. Zalecaną literaturę dodatkową

Demonstracje

Demonstracja 1: Ciekły azot jest bardzo zimny

Wykonaj doświadczenie ilustrujące zachowanie się różnych substancji w zanurzonych w ciekłym azocie:

- liść sałaty albo kwiat, aby pokazać jak stają się kruche,
- samodzielnie gwoździe wykonane z gumy do przyklejania notatek („Blue Tack”) w niskiej temperaturze można wbijać w drewno,
- gumowy wąż ogrodowy pęka na kawałki, kiedy uderzamy w nią młotkiem.

Zaobserwuj, jak długo trwa zanim substancje powrócą do swoich pierwotnych własności – dlaczego tak długo?

Demonstracja 2 – skaczący pierścień miedziany i aluminiowy

Skaczący pierścień jest pokazem dobrze znanym i często wykonywanym.

Jednakże najważniejszy m efektem w tym wypadku jest schładzanie pierścienia do temperatury 77K kiedy to maleje opór elektryczny i zaczynają płynac większe prądy. Wiąże się to z zachowaniem magnesów Wpływ malejącego oporu elektrycznego na generowane prądy w pierścieniu będzie oczywisty. Temat ten też wiąże się z demonstracjami z magnesami oraz prezentacją lewitacji.

Szkoła powinna być wyposażona w zestaw demonstracyjny. Zawierają on zazwyczaj pojedynczy metalowy pierścień (zwykle aluminiowy ale miedziany też jest odpowiedni), który może być używany jako jednozwojowa cewka. Używaj również cewki z wieloma zwojami (z instrukcji dowiesz się, który z nich jest najbardziej odpowiedni - jeśli nie, sprawdź to eksperymentalnie). Kiedy podłączysz prąd do uzwojenia pierwotnego pierścień wyskoczy z rdzenia.

Wlej trochę ciekłego azotu do polistyrenowego kubka i włóż tam pierścień aluminiowy aż do momentu, gdy azot przestanie wrzeć. Następnie powtórz doświadczenie – efekt powinien być zaskakujący – krążek skoczy tak wysoko, że może uderzyć w sufit !

Nota dotycząca bezpieczeństwa – uważaj aby nie ustawić twarzy na "linii strzału" krążka, szczególnie w drugim przypadku, kiedy krążek wzleci wysoko pod sufit.



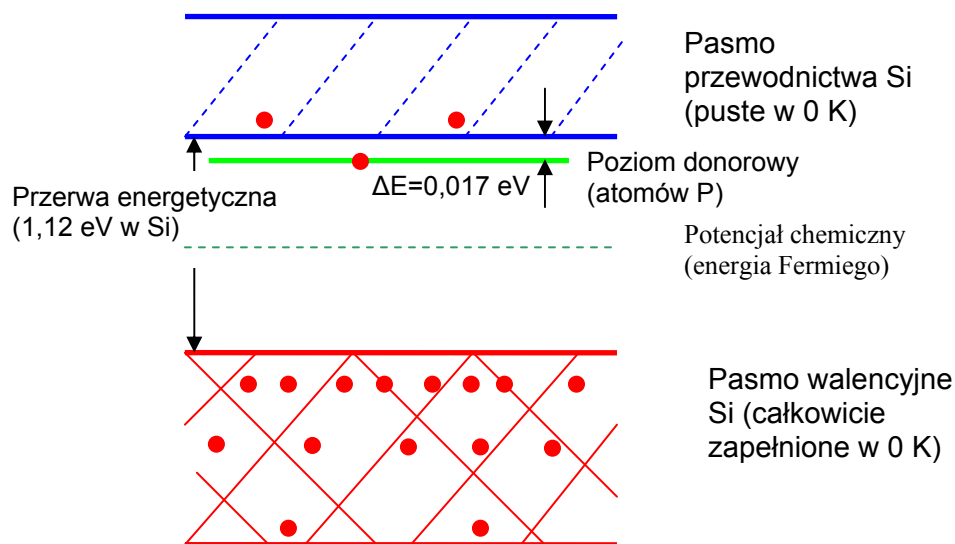
Demonstracja 3: Zimne światło - dioda LED w ciekłym azocie

Kiedy zaczniemy schładzać diodę LED natężenie emitowanego światła najpierw wzrośnie a później, po osiągnięciu temperatury ciekłego azotu, dioda gaśnie. Zjawisko jest dość trudne do wyjaśnienia. Początkowy wzrost natężenia światła jest związany z malejącym oporem diody. Efekt gaśnięcia (zależny od typu diody) wymaga znajomości fizyki półprzewodników.

Nośnikami ładunków w półprzewodnikach są elektrony (aby brały udział w przewodzeniu prądu muszą się znajdować w paśmie przewodnictwa) lub dziury (czyli brak elektronu w niższym paśmie energetycznym, zwanym pasmem walencyjnym). W typowych materiałach półprzewodnikowych, jak Si, Ge czy sztuczny quasi-krzem, AsGa, odległość między pasmami jest rzędu 1 eV. Ta różnica energii to zbyt dużo, aby elektrony mogły w temperaturze pokojowej przejść z pasma walencyjnego (całkowicie zapełnionego) do pasma przewodnictwa (całkowicie pustego w $T=0K$).

Sposobem na dostarczenie elektronów do pasma przewodnictwa jest „domieszkowanie”. Aby dostarczyć elektrony do pasma przewodnictwa, można dodać np. do krzemu (pierwiastka z IV grupy układu okresowego) małą ilość (1 atom domieszki na milion atomów krzemu to już dużo) pierwiastka z V grupy układu (np. fosforu). Fosfor ma jeden elektron na ostatniej powłoce elektronowej więcej niż krzem, ale rozmiary obu atomów są podobne. Fosfor, w sieci krystalicznej krzemu jest dla wielu metod badań strukturalnych nierozróżnialny od atomów gospodarza. Ale dysponuje jednym elektronem więcej niż krzem, a chętnie go „pożycza” sąsiednim atomom krzemu. Krzem staje się półprzewodnikiem typu *n* a atom fosforu nazywamy donorem.

W terminologii pasm energetycznych, poziom energetyczny elektronów fosforu powinien być taki, aby mogły one łatwo znaleźć się w paśmie przewodnictwa krzemu. „Łatwo”, tzn. w temperaturze pokojowej. Temperatura pokojowa w jednostkach energii to około 25 meV. Okazuje się, że poziomy energetyczny atomu fosforu znajdują się właśnie około 17 meV poniżej granicy pasma przewodnictwa, zob. schemat. Energia termiczna drgań sieci krystalicznej jest więc w temperaturze 300 K wystarczająca, aby elektrony fosforu znalazły się w paśmie przewodnictwa krzemu, czyli przewodziły prąd.



Inaczej jest w temperaturze ciekłego azotu, czyli 77 K. Elektrony fosforu nie mają dostatecznej energii termicznej, aby przejść do pasma przewodnictwa krzemu i dioda gaśnie. Fenomenologicznie, zjawisko możemy również wytłumaczyć ujemnym współczynnikiem oporu dla półprzewodników, który w temperaturze 0 K dąży do nieskończoności.

Przebieg doświadczenia

Podłącz LED do baterii, aby uczniowie mogli zaobserwować kolor i jasność świecenia, następnie umieść diodę w ciekłym azocie i obserwuj zmiany świecenia. Potem użyj innej diody i zaobserwuj różnice świecenia i koloru – przejrzyj odpowiedni moduły na CD ROM-ie.



Demonstracja 4: Spadające magnesy

W tym ćwiczeniu wykorzystujemy rurę miedzianą o długości 30 cm, mały magnes niobowy i kawałek stali o tej samej średnicy co magnes. Kiedy metal spada w rurze jego ruch możemy opisać prostym równaniem:

$$s = \frac{1}{2}at^2$$

Kiedy spada magnes niobowy trwa to dużo dłużej ok. 4 do 5 s. Używając rury miedzianej o długości 30 cm i średnicy 14 mm oraz magnesu o średnicy 11 mm (wysokość magnesu to 0.05 m) otrzymamy czas spadku około 5 s. Pokazując to doświadczenie zwracamy uwagę, że efekt nie ma związku tylko z magnetyzmem – przecież miedź nie jest magnetyczna. Pokazujemy również, że indukuje się prąd czyli prąd wirowy który przeciwdziała ruchowi magnesu w rurze. Ten efekt widać tylko dla mocnych magnesów. Ilościowe rozwiązanie tego problemu wymaga znajomości parametrów powodujących zmiany w ruchu, dlatego może być pominięte w rozważaniu tego problemu. [Por. również str. 62].

Demonstracja 5: Lewitacja magnesów nad nadprzewodnikiem

Pokazy tego typu nie są niczym nowym ale pozwalają uczniom samodzielnie wykonać i zaobserwować zjawiska, jakie były omówione na wcześniejszych zajęciach. Pozwoli ona szczególnie dobrym uczniom na zrozumienie i rozszerzenie dotychczasowej wiedzy na temat obserwowanych zjawisk.

Wstęp

Magnesy ziem rzadkich i dyski nadprzewodzące

Zanim zaczniemy demonstracje z nadprzewodnikami i magnesami, jako wstęp chcemy zaznajomić ich z magnesami ziem rzadkich (jak niob). Mają one co prawda mniejszą gęstość niż magnesy żelazne (z tzw. „twardej” magnetycznie stali) ale wytwarzają niesamowicie silne pole magnetyczne (przyciągają bardzo dużo metalowych spinaczy). Trzymaj je z daleka od komputerów i metalowych przedmiotów. Bardzo silnie przylegają do wszystkich metalowych elementów do siebie nawzajem. Zachowaj ostrożność, kiedy ich używasz i pamiętaj, aby w ich najbliższym otoczeniu nie było metalowych części.

Nadprzewodniki wcale nie mają jakiegoś nadzwyczajnego wyglądu, zazwyczaj są czarnym porowatym i kruchym materiałem. Zauważ, że nadprzewodniki nie są magnesami (spróbuj dotknąć je do magnesu – nie przylepią się). Kiedy są ciepłe, nie oddziałują również z innymi materiałami magnetycznymi.

Magiczna fizyka - lewitacja

Lewitacja 1

Obetnij dno kubka styropianowego (albo użyj pyrexowego naczynka) i włóż do środka nadprzewodnik. Dodaj ciekłego azotu i poczekaj aż przestanie on „bąblować”. Używając pesety połóż na górę nadprzewodnika mniejszy magnes. Lekko poruszony, będzie się on obracać zawieszony nad nadprzewodnikiem. Każ uczniom zaobserwować i zapisać jak wysoko unosi się magnes.

Po pewnym czasie magnes zacznie opadać aż w końcu osiadzie na powierzchni nadprzewodnika. Patrz na ten proces w sposób ciągły i spróbuj zaobserwować czy jest on stopniowy. Po kilku minutach leżący na nadprzewodniku magnes osiągnie z powrotem temperaturę pokojową.



Lewitacja 2

Powtórz to doświadczenie ale teraz umieść mały magnes na nadprzewodniku zanim schłodzisz całość ciekłym azotem. Po jakimś czasie schłodzony magnes unosić się nad nadprzewodnikiem ale już nie tak wysoko jak poprzednio. Sprawdź, czy uczniowie zauważyli tę różnicę. Znowu obserwuj dokładnie co się dzieje kiedy temperatura zaczyna wzrastać aż do osiągnięcia temperatury pokojowej.

Lewitacja 3

Obetnij dno kubka styropianowego (albo użyj pyrexowego naczynka) i włóż do środka nadprzewodnik.

Dodaj ciekłego azotu i poczekaj, aż przestanie on „bąblować”. Używając pesety spróbuj umieścić nad nadprzewodnikiem większy magnes. Nie uda się go zawiesić. Następnie siłą umieść

magnes nad nadprzewodnikiem. Spróbuj poruszyć lub obrócić magnes nad nadprzewodnikiem. Każ uczniom obserwować doświadczenie i zamień miejscami nadprzewodnik i magnes. Teraz to nadprzewodnik będzie unosił się nad magnesem. Ta demonstracja jest podobna do poprzedniej tylko tym razem to nadprzewodnik lewituje.

Ponownie połóż nadprzewodnik na talerzyku i nalej ciekłego azotu. Weź duży magnes i połóż go delikatnie nad zmrożonym nadprzewodnikiem. Możesz teraz podnieść nadprzewodnik – zauważ że pomiędzy magnesem i nadprzewodnikiem jest mała przerwa. Spróbuj powtórzyć doświadczenie z lewitacją magnesu zmieniając jego biegunowość – odwracając go drugą stroną. Nie powinno to mieć wpływu na zachowanie magnesu ani nadprzewodnika.



Lewitacja 4

Powtórz poprzednie doświadczenie ale teraz zanim użyjesz ciekłego azotu, najpierw połóż ciężki magnes na nadprzewodnik. Po jakimś czasie wydaje się, że nic ciekawego nie zaszło. Spróbuj podnieść magnes – czy przylega on teraz do nadprzewodnika? Spróbuj obrócić magnes i nadprzewodnik i zaobserwować co się zmieniło w porównaniu z poprzednią sytuacją.

Zadania myślowe

Jeśli nie zrobiłeś tego w czasie demonstracji to zapytaj teraz – dlaczego ciekły azot „bąbelkuje”, czy jest to podobne do zachowania wrzącej cieczy? Jakie procesy przepływu energii zachodzą w tej sytuacji?

W czasie wszystkich doświadczeń z lewitacją i unoszeniem się nadprzewodników spróbuj zapytać uczniów:

1. Dlaczego te efekty zachodzą tak wolno?
2. Dlaczego mały magnes używany jest do demonstracji lewitacji a duży do unoszenia nadprzewodnika?



Skaczące pierścienie

1. Jakie są różnice w obu przypadkach?
2. Dlaczego w pierwszym przypadku pierścień podskakuje?
3. Dlaczego pierścień skacze wyżej kiedy jest schłodzony?

(Uczniowie powinni wykazać swoje informacje na temat indukcji elektromagnetycznej, magnetycznych zjawisk związanych z przepływem prądu elektrycznego oraz reguły Lenza. Powinni wiedzieć, że opór normalnego przewodnika zmniejsza się wraz ze spadkiem temperatury. Uczniowie powinni również skojarzyć zmniejszenie oporu elektrycznego ze zmniejszeniem drgań atomów sieci w przewodniku.

Dioda LED

1. Co się zdarzyło w czasie doświadczenia?
2. Użyj swojej dotychczasowej wiedzy o przewodnictwie pasmach walencyjnych, aby wyjaśnić obserwowane zjawisko na poziomie atomowym.

Lewitacja (w czasie pracy nad tym pytaniem uczniowie powinni mieć dostęp do oryginalnych magnesów pierścieniowych)

1. Dlaczego nie możesz zrobić doświadczenia, kiedy jeden zwykły magnes pływałby nad drugim, tak jak mały magnes nad nadprzewodnikiem? Dlaczego lewitację zwykłych magnesów można zaobserwować tylko w przypadku pręta drewnianego w środku [<http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/zabawki/files/elmag/magnesy.html>] lub w przypadku lewitronu [<http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/zabawki/files/elmag/lewitron.html>] ?
2. Narysuj linie sił pola magnetycznego pomiędzy zwykłymi magnesami, kiedy są one zawieszane jeden nad drugim.
3. Naszkicuj, jak wygląda pole magnetyczne wokół lewitującego magnesu nad nadprzewodnikiem.

(Uczniowie powinni być w stanie narysować pole magnetyczne dla odpychających się magnesów i stwierdzić, że pole wokół lewitujących magnesów winno być podobne))

Lewitujące magnesy wracają, kiedy spróbujemy je wybić z położenia równowagi

1. Wyobraź sobie so powoduje, że w układzie magnes nadprzewodnik działają siły powodujące powrót wytrąconego magnesu do położenia równowagi. Jakie siły powodują takie zachowanie?
2. Dlaczego ten efekt zachodzi tak wolno?
3. W jaki sposób to zjawisko różni się od odpychania dwóch zwykłych magnesów (takich jak zawieszona nad sobą na drewnianym patyku magnetyczne krążki)?

Lewitujące magnesy obracają się

1. Dlaczego magnes obraca się przez jakiś czas w czasie lewitacji, zanim zatrzyma się w położeniu równowagi?
2. Co powoduje zatrzymanie się obrotów magnesu?
3. Jeśli magnesy są walcowe to czy obracają się dłużej czy krócej i dlaczego?
4. Jaką masz teorię na temat zawieszania się magnesu nad nadprzewodnikiem?

Unoszenie się nadprzewodnika

1. Jakie są podobieństwa a jakie różnice pomiędzy tym a poprzednim doświadczeniem z lewitacją?
2. Co powoduje, że nadprzewodnik unosi się blisko nad magnesem, ale go nie dotyka?
3. Wyobraź sobie jak musi wyglądać pole magnetyczne wokół takiego unoszącego się nadprzewodnika?
4. Jak myślisz dlaczego taka sytuacja jest możliwa?



Nota dydaktyczna

W czasie wszystkich demonstracji uczniowie powinni domyślać się występowania sił hamująco/przyspieszających – podobnych do sił przyciągania. Powinni również wiedzieć jak wyglądają linie sił pola magnetyczne, które doprowadzają właśnie do takich sytuacji – w szczególności wokół dwóch przyciągających się magnesów.

Nota korektora

Kluczem do zrozumienia lewitacji nadprzewodników, obrotów magnesów lewitujących, wyskakiwania magnesu, kiedy próbujemy zbliżyć go do „działającego” nadprzewodnika jest reguła Lenza: *nadprzewodnik przeciwstawia się zmianom pola magnetycznego w swoim otoczeniu.*

Po umieszczeniu magnesu w pobliżu nadprzewodnika (przed jego schłodzeniem), indukowane prądy w przewodniku nie pozwolą na zmianę konfiguracji tego pola – przesunięcie lub wyjęcie magnesu. Konfiguracja pola (które jest zawsze polem dwubiegunowym, czyli dipolowym) jest taka, że powstaje „wirtualna oś”, między dwoma biegunami, pozwalająca na obracanie się lewitującego magnesu.

Oczywiście, nadprzewodnictwo, jak każde zjawisko fizyczne, ma swoje granice. Możliwe jest włożenie „na siłę” magnesu nad nadprzewodnik (II rodzaju), przesuwając położenie wirów prądu, zaczepionych na defektach sieci krystalicznej.

Kilka notatek na temat demonstracji

Nadprzewodniki w zestawie edukacyjnym to nadprzewodniki Typu II. Charakteryzują się one efektem wypychania z pola magnetycznego oraz możliwościami lewitacji w zewnętrznym polu magnetycznym. Nadprzewodniki Typu I charakteryzują się tylko zdolnością do lewitacji – nazywaną efektem Meissnera. Zajrzyj do materiałów na krążku, aby dowiedzieć się więcej o własnościach tych dwóch typów nadprzewodników.

Nie zrób błędu, uznając że nadprzewodniki Typu I to nadprzewodniki niskotemperaturowe a nadprzewodniki Typu II są wysokotemperaturowe. Podział nadprzewodników w zależności od temperatury, w jakiej uzyskują one własności nadprzewodzące nie zależy od ich własności magnetycznych. Tutaj chodzi tylko o to, że nadprzewodniki wysokotemperaturowe to takie, dla których temperatura krytyczna wynosi powyżej 77K i do ich chłodzenia można używać ciekłego azotu (a nie ciekłego helu, jak dla nadprzewodników I rodzaju).

Nota korektora

Zasadnicza różnica między nadprzewodnikami I rodzaju i II rodzaju polega na tym, że w nadprzewodnikach II rodzaju, występują dwie fazy – nadprzewodząca (wewnątrz której pole magnetyczne wynosi zero, jak w nadprzewodnikach I rodzaju) i „mieszana”, w której pole magnetyczne nie spada do zera. Rozważanie na temat stanów energetycznych pozwoliły A. A. Abrikosowi przewidzieć w 1952 roku, że prądy generowane w nadprzewodniku II rodzaju mają formę wirów. Wiry takie zostały zaobserwowane doświadczalnie dopiero w 1967 roku.

Bibliografia:

[1] A.A. Abrikosov, Type II Superconductors and the Hortex Lattice, Nobel Lecture, Nobel Foundation, 2003, http://nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/2003/abrikosov-lecture.pdf

Polskie tłumaczenie: A.A. Abrikosow, Nadprzewodniki drugiego rodzaju i sieć wirów
Postępy Fizyki TOM55, Zeszyt 5, Rok 2004



Proste eksperymenty dotyczące zjawisk magnetycznych i elektromagnetycznych

Barbara Fedele, Marisa Michelini, Alberto Stefanel, Udine (I)



1 – Tratwy magnetyczne

Dwa magnesy umieszczamy na małych plastikowych tratwach pływających po powierzchni wody. Jeśli ustawimy biegun północny jednego magnesu do bieguna południowego drugiego zaobserwujemy, że magnesy się przyciągają. Jeśli umieścimy je tymi samymi biegunami względem siebie (północny-północny, południowy-południowy) zobaczymy, że magnesy zaczną się obracać, aż zetkną się ze sobą po wykonaniu półobrotu przeciwnymi biegunami.



2 – Odległość w oddziaływaniach magnetycznych

Wielkość odległości pomiędzy magnesami wyraźnie wpływa na siłę oddziaływania między nimi. Jeśli zaczniemy oddalać magnesy od siebie siła przyciągania między nimi będzie malała a siła odpychania nie pozwoli się im zetknąć nawet, kiedy umieścimy je bardzo blisko siebie. Magnesy zaczynają na siebie silnie oddziaływać na małych odległościach nawet, jeśli się jeszcze wcale nie stykają.



3 – Odpychanie pomiędzy magnesami i odległości: pomiary

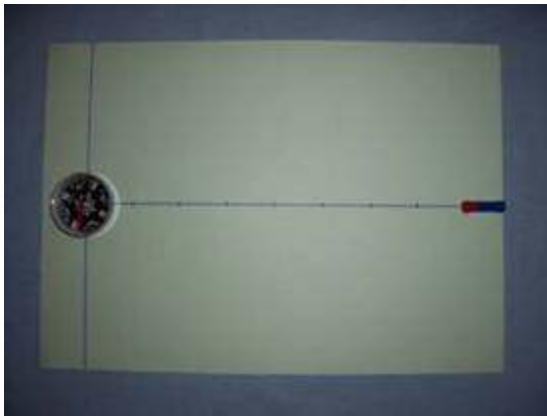
Wkładamy dwa magnesy do plastikowej, przezroczystej rury tymi samymi biegunami względem siebie. Zaczynają się one odpychać. Kiedy ustawimy rurę pionowo magnes na górze będzie odpychany do góry. Należy wtedy dołączyć do górnego magnesu dynamometr – nie wykonany z materiału magnetycznego - możemy zmierzyć wielkość siły odpychania w zależności od odległości między magnesami.





4 – Zachowanie dwóch napiętych sprężyn

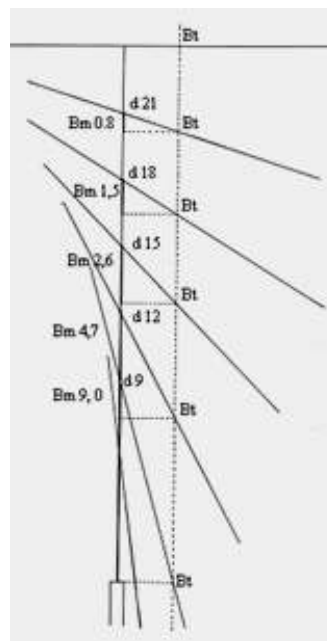
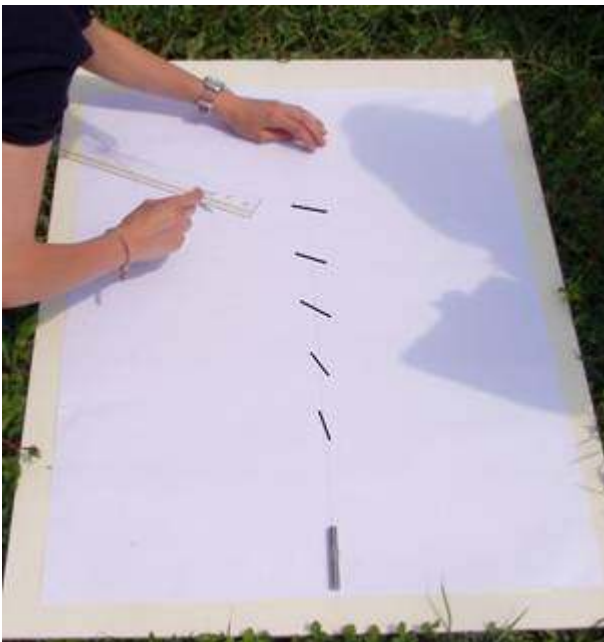
Dwa dynamometry dołączamy do dwóch magnesów umieszczonych w plastikowej rurze i skierowanych do siebie przeciwnymi biegunami. Następnie ciągniemy za oba dynamometry jednocześnie, aż do momentu kiedy magnesy oderwą się od siebie. Zauważymy wtedy że naciągnięcie sprężyny dynamometru będzie takie same dla obu przyrządów. Zmierzymy siłę naciągu sprężyny D_L dla różnych położenia magnesów z dala od położenia równowagi – kiedy są zetknięte. Możemy wtedy znaleźć zależność siły oddziaływania między magnesami od ich wzajemnej odległości wyrażonej przez $D_L \cdot d^n = \text{const}$, dla $n > 2$.



5 – Odchylenie igły magnetycznej położonej blisko magnesu

Na kartce papieru na jednym skraju kładziemy kompas i ustawiamy kartkę tak, aby wskazanie północy pokrywało się z kierunkiem brzegu papieru. Magnes cylindryczny kładziemy po drugiej stronie kartki w takim kierunku, aby wyznaczona północ była prostopadła do kierunku wyznaczonego przez oś magnesu. Przesuwamy kompas w kierunku magnesu i wyznaczamy w każdym położeniu kierunek wskazywany przez igłę kompasu. Rzut kierunku wskazanego przez igłę kompasu pozwala wyznaczyć wartość składowej pola magnetycznego magnesu (B_m) w

stosunku do składowej pola magnetycznego Ziemi (B_t). Jeśli wykreślimy prostą równoległą do wyznaczonego kierunku wtedy zmierzmy B_m w jednostkach względnych. Możemy zauważyć, że B_m wzrasta gwałtownie, kiedy zmniejsza się odległość d pomiędzy kompasem i magnesem. Na podstawie zmierzonych wartości możemy więc zapisać zależność $B_m \cdot d^3 = \text{const}$. Jest to typowa zależność dla oddziaływania dipolowego – magnes, oczywiście, ma dwa bieguny.

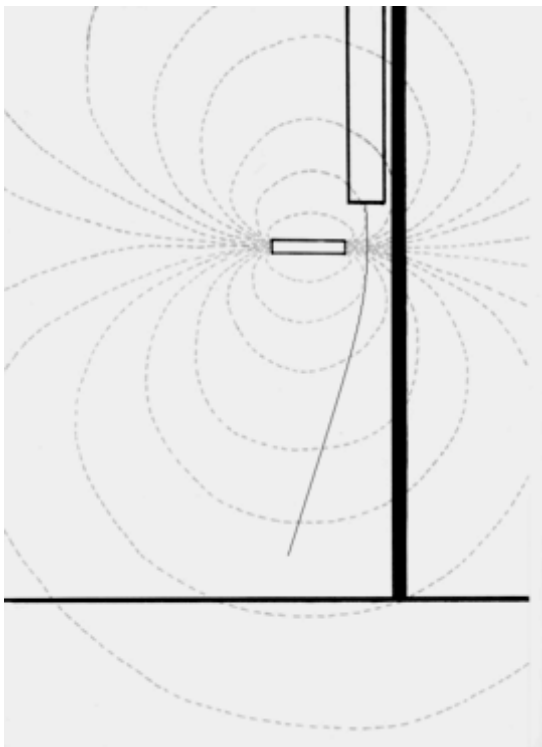




6 – Opilki żelaza i magnesy

Weźmy puste pudełko służące do przechowywania CD i nasypmy na nie trochę opłków żelaznych. Jeśli pod pudełko włożymy magnes to możemy zaobserwować ruch opłków wtedy, kiedy poruszamy magnesem pod pudełkiem. Zauważmy, że opilki pod wpływem magnesu układają się w charakterystyczne wzory (patrz rysunek obok). W szczególności możemy rozróżnić grupy linii wokół dwóch biegunów łączą się one pomiędzy biegunami wyznaczając kierunki pola magnetycznego. Przestrzeń jaką wyznaczają kierunki, w jakich rozłożyły się opilki staje się polem magnetycznym.

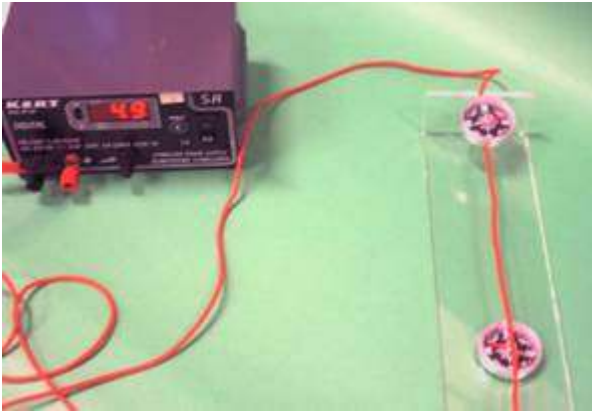
Możemy sprawdzić, czy rzeczywiście jest to pole magnetyczne i nie zależy od miejsca gdzie rozsypaliśmy opilki. Obróćmy pudełko i zauważmy, że układ linii się nie zmienia. Jest to efekt zachodzący w całej przestrzeni otaczającej magnesy.



7 – Ruch w polu magnetycznym

Stalowa kulka zwalnia podczas spadania ruchem jednostajnie przyspieszonym w płaszczyźnie pionowej. Kiedy przelatuje ona blisko silnego magnesu jej trajektoria ulega zakrzywieniu. Jej prędkość zmienia się w wyniku oddziaływania z magnesem. Jeśli przyjrzymy się trajektorii, po jakiej porusza się kulka możemy zauważyć, że jest ona inna niż linie sił pola wokół magnesu. Pole magnetyczne zakrzywia trajektorię kulki, ale ruch jest złożeniem ruchu w dwóch wymiarach, podobny do rzutu poziomego lub ukośnego w polu grawitacyjnym: trajektoria jest zakrzywiana przez (pionowe) pole.

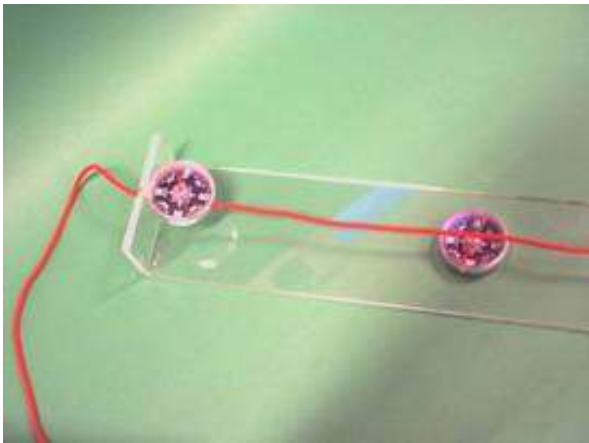




8 – Badanie własności magnetycznych płynącego prądu elektrycznego.

Położ dwa lub więcej magnesów wokół przewodu elektrycznego, w którym płynie prąd (nad przewodem, obok z boku). Ustaw kompasy tak, by igły magnetyczne były prostopadłe do kierunku wyznaczanego przez przewód elektryczny. Zauważmy, jak odchylają się igły magnetyczne przy przepływie prądu elektrycznego raz w jednym a raz w drugim kierunku. Popatrz na zachowanie igieł kompasów znajdujących się w różnych miejscach – nie tylko na te położone wzdłuż przewodu. Efekty wywołane przez

pole magnetyczne pojawiają się w płaszczyźnie prostopadłej do kierunku przepływu prądu elektrycznego. Pole magnetyczne jest więc jednoznacznie określone przez kierunek przepływającego prądu.

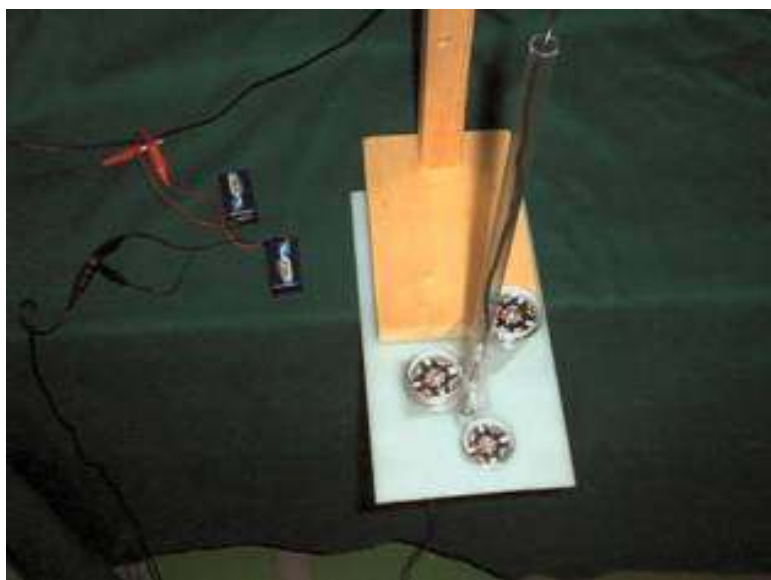
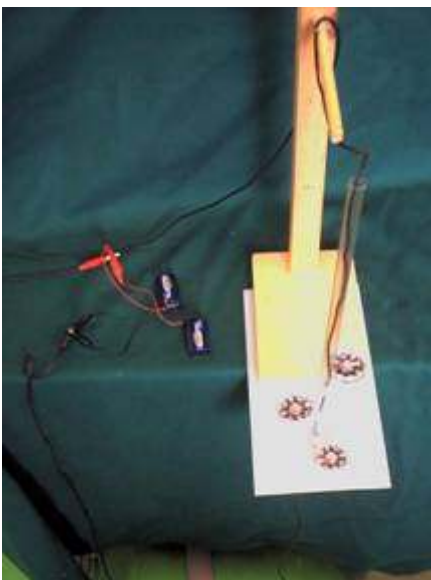


9 – Pole magnetyczne wokół przewodu przez który płynie prąd elektryczny.

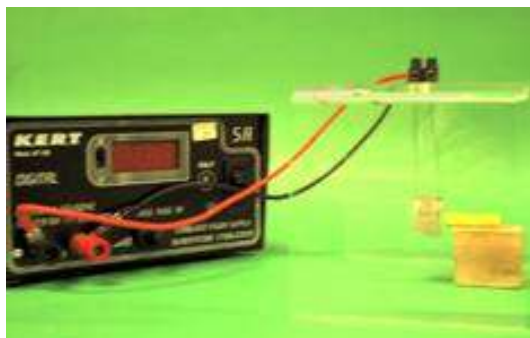
Położmy kompasy wokół przewodu elektrycznego umieszczonego pionowo przez, który płynie prąd elektryczny. Jeśli przez przewód nie płynie prąd elektryczny, igły magnetyczne wskazują kierunek północ-południe. Kiedy przepuścimy przez przewód prąd o dostatecznie dużym natężeniu, igły zaczną wskazywać kierunek zgodny z kształtem koncentrycznych okręgów utworzonych wokół przewodu w ułożonych w płaszczyźnie prostopadłej

do przewodu. Jeśli rozsypimy wokół przewodu opiłki żelazne ułożą się one w koncentryczne okręgi wokół przewodu.

Wielkość zaobserwowanego pola magnetycznego zależy od natężenia prądu elektrycznego płynącego przez przewód oraz od odległości od przewodu. Pole magnetyczne jest zawsze prostopadłe do przewodu, w którym płynie prąd.



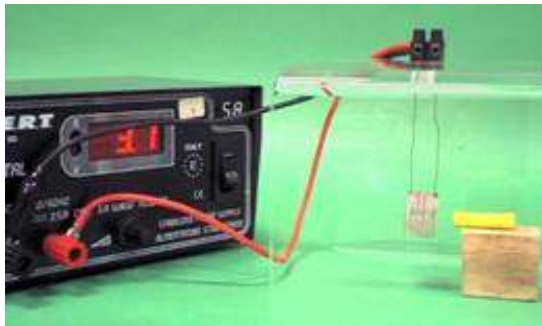
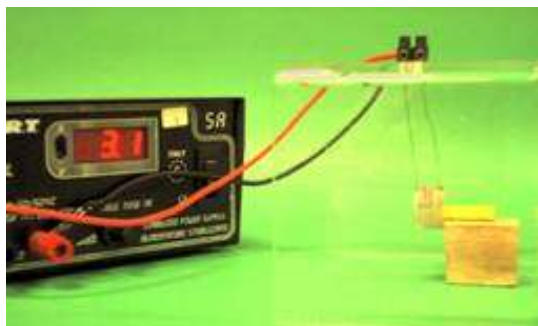
10 – Oddziaływanie pomiędzy magnesem i cewką w której płynie prąd elektryczny.



Jeśli przez cewkę przepuścimy prąd elektryczny, jest ona przyciągana bądź odpychana przez magnes w zależności od kierunku płynącego prądu.

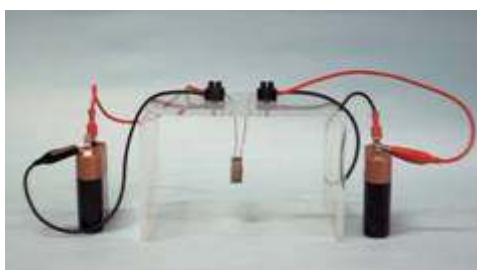
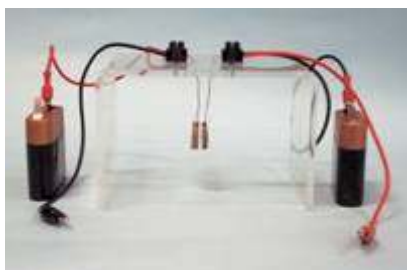
Efekt będzie jeszcze większy, jeśli do wnętrza cewki włożymy rdzeń żelazny.

Cewka, przez którą płynie prąd elektryczny, zachowuje się jak magnes sztabkowy.



11 – Oddziaływanie pomiędzy dwoma zwojnicami przez które płynie prąd.

Ustawmy dwie jednozwojowe cewki wykonane z drutu obok siebie. Po przepuszczeniu przez nie prądu elektrycznego zaczną się one odpychać bądź przyciągać w zależności od kierunku, w jakim płynie prąd elektryczny w każdym uzwojeniu.



12 – Oddziaływanie pomiędzy cewkami.



Dwie cewki, każda po kilkanaście zwojów ustawiamy razem. Kiedy przepuścimy przez nie prąd, będą się one przyciągały lub odpychały w sposób podobny jak w poprzednim ćwiczeniu. Jednak efekt tego oddziaływania będzie silniejszy. Możemy z tego doświadczenia wysnuć wniosek, że wartość pola magnetycznego wytwarzany przez cewkę zależy od ilości zwojów.



Jak zrobić swój własny nadprzewodnik

Bernadette Schorn, Munich (D)

Temperatura krytyczna T_c dla kompozytowego nadprzewodnika YBaCu wynosi około 80 K i jest trochę wyższa od temperatury ciekłego azotu 77K. Dlatego możemy wykonywać eksperymenty z tymi nadprzewodnikami w szkole. Możemy również wykonać sami taki nadprzewodnik w szkolnych warunkach.

Przepis na wykonanie nadprzewodnika jest podobny do przepisu na pieczenie ciasta:

Najpierw zmieszaj trzy różne proszki w następujących proporcjach:

tlenek itru: 0,565g;
węglan baru: 1,97g;
tlenek miedzi: 1,19g.



Zmieszaj je razem używając w tym celu np. moździerza do momentu aż otrzymasz jednolity proszek.



Następnie trzeba sprasować proszek, aby otrzymać pastylkę.



Otrzymaną pastylkę musimy teraz "wypiec" w temperaturze około 950° przez co najmniej 24 godziny i następnie schłodzić powoli przez następny dzień.



Takie pastylki należy ponownie skruszyć i wypiec w podobnych warunkach ponownie ale przez dłuższy czas. Po wyjęciu z pieca powinniśmy przetestować własności nadprzewodzące otrzymanego materiału np. przeprowadzając z nią proste doświadczenia opisane w tym podręczniku.

Jeśli pastylka jest mała, możemy użyć magnesu obrączkowego, schłodzić taki układ (patrz zdjęcie obok) i obserwować zachowanie nadprzewodnika.



Jeśli mamy dużą pastylkę to możemy wykonać doświadczenie polegające na umieszczeniu nad nią małego silnego magnesu i schłodzenie układu. Magnes powinien zacząć unosić się nad nadprzewodnikiem, wtedy możemy uznać, że ma on pożądane właściwości.

Aby wykonać doświadczenie Meissnera-Ochsenfelda, ułożymy najpierw magnes na próbce a następnie schłodzimy cały układ w ciekłym azocie. Powinniśmy wtedy zaobserwować unoszenie się magnesu. Pokazuje to nam również, że nadprzewodnik nie jest po prostu doskonałym diamagnetykiem.



Pomiary temperatury przejścia dla nadprzewodników

Gren Ireson, Loughborough (UK)

This article was published in: physics education, 6/41, p. 556

http://www.iop.org/EJ/article/0031-9120/41/6/012/pe6_6_012.pdf?request-id=yjmEIR973BG1Y-Qd3Ai7Kg

Abstrakt

W tym rozdziale pokażemy jak zmierzyć temperaturę przejścia dla nadprzewodnika używając sprzętu dostępnego w pracowni szkolnej oraz ciekłego azotu.

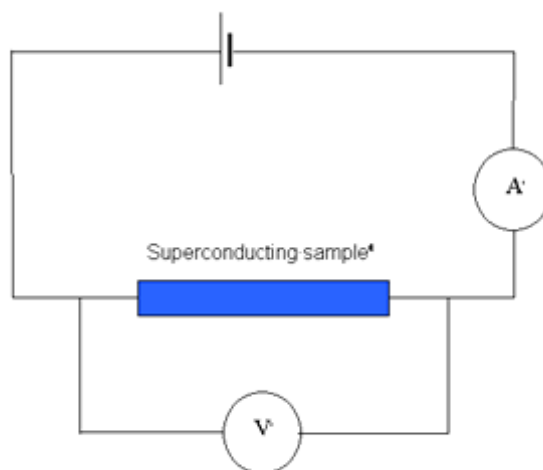
Wstęp

W czasopiśmie Physics Education ukazała się praca brazylijskich autorów Ostermanna i Ferreira opisująca sposób przygotowania nauczycieli do nauczania nadprzewodnictwa. Jednakże projekt SUPERCOMET 2 jest adresowany głównie do europejskich nauczycieli z 15 krajów i zawiera liczne materiały dotyczące elektryczności, magnetyzmu, elektromagnetyzmu i nadprzewodnictwa. Opiera się on na prezentacjach multimedialnych (Superconductivity Multimedia Educational Tool), które są pomocne w zrozumieniu wielu trudnych problemów, jakie są rozważane w tym projekcie. szczegółowy opis można znaleźć np. w pracy Erla z 2004.

Jednym z elementów tego projektu są seminaria dla nauczycieli w czasie których dokonują oni pomiaru temperatury przejścia dla nadprzewodników $YBCO_3$. Poniżej opisaliśmy przebieg takich pomiarów jakie miały miejsce na seminarium w Loughborough w Wielkiej Brytanii w marcu 2006 roku.

Pomiary oporu

Teoretycznie pomiar oporu jest bardzo prosty, ale co zrobić kiedy mamy zmierzyć opór bliki zeru? Same po miary oporu są dobrze znane uczniom, gdyż zapoznali się oni już z tym tematem podczas wprowadzania prawa Ohma³. Typowy schemat takiego układu pomiarowego pokazano na rysunku 1, jednak my nie możemy użyć takiego sposobu do pomiarów oporu nadprzewodników.



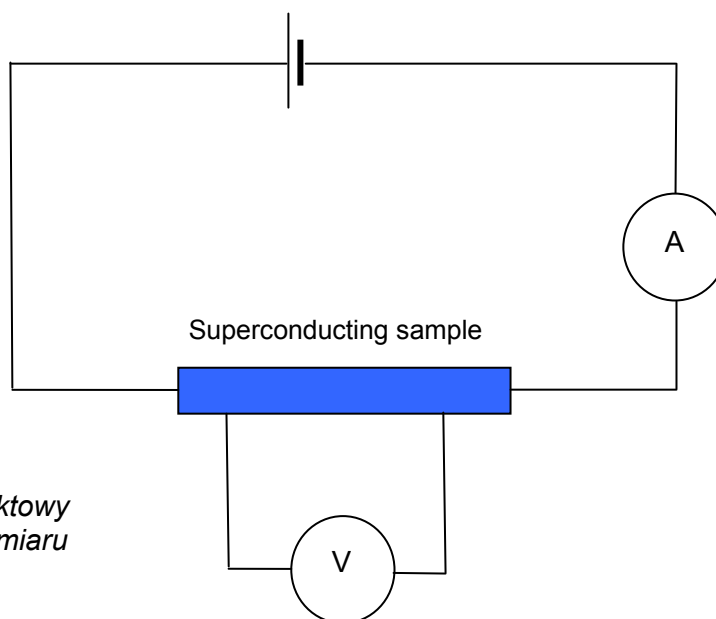
Rysunek 1: Klasyczny sposób pomiaru oporu elektrycznego

Żeby zmierzyć bardzo mały opór w sytuacji kiedy prąd płynie przez próbkę przy właściwym braku różnicy potencjału musimy użyć metody "czterech punktów pomiarowych" przedstawionej na rysunku 2.

³ YBCO nie jest metalowym przewodnikiem ale możemy go przybliżyć tak, jak uczyniliśmy to z nie metalicznymi oporami.



Ustalamy próbce cztery punkty pomiarowe. Dwa z nich posłużą do przepuszczenia przez próbkę prądu elektrycznego a pozostałe dwa zostaną użyte do pomiaru napięcia V . Dopóki nie zaobserwujemy przepływu prądu przez te punkty opór nie ma znaczenia. Opór próbki wyznaczony na podstawie pozostałych dwóch kontaktów będzie wynosił $R = V/I$, zgodnie z prawem Ohma (Annett, 2004).



Rysunek 2: Czteropunktowy kontakt służący do pomiaru oporu.

oporność właściwa ρ jest związana z oporem R zależnością:

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

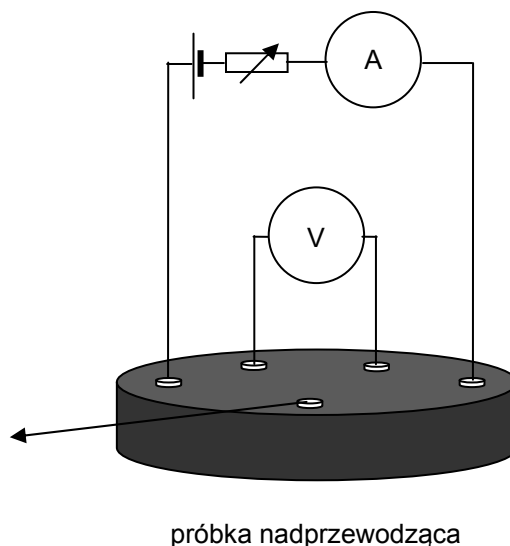
gdzie L jest długością próbki a A polem jej przekroju. Jeśli $R = 0$ wtedy dla skończonego I opór właściwy ρ musi wynosić zero.

Pomiary temperatury

Podano że temperatura przejścia dla YBCO wynosi 92K (patrz Annett, 2004), więc musimy użyć termopary dla wyznaczenia temperatury. Na wyjściu termopary otrzymujemy napięcia rzędu miliwoltów – uczniowie powinni sporządzić wykres kalibracyjny dla termopary. W naszym przypadku użyjemy tabeli z danymi, która będzie wykorzystywana do znalezienia funkcji konwersji pozwalającej otrzymać dokładne wartości mierzonej temperatury.

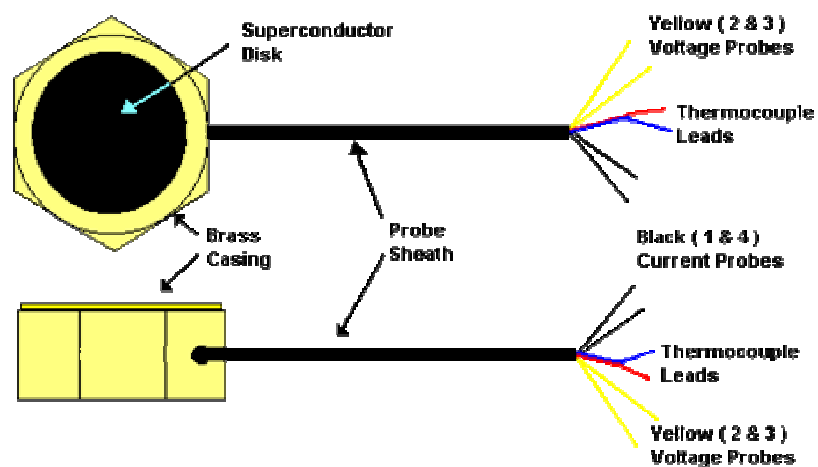
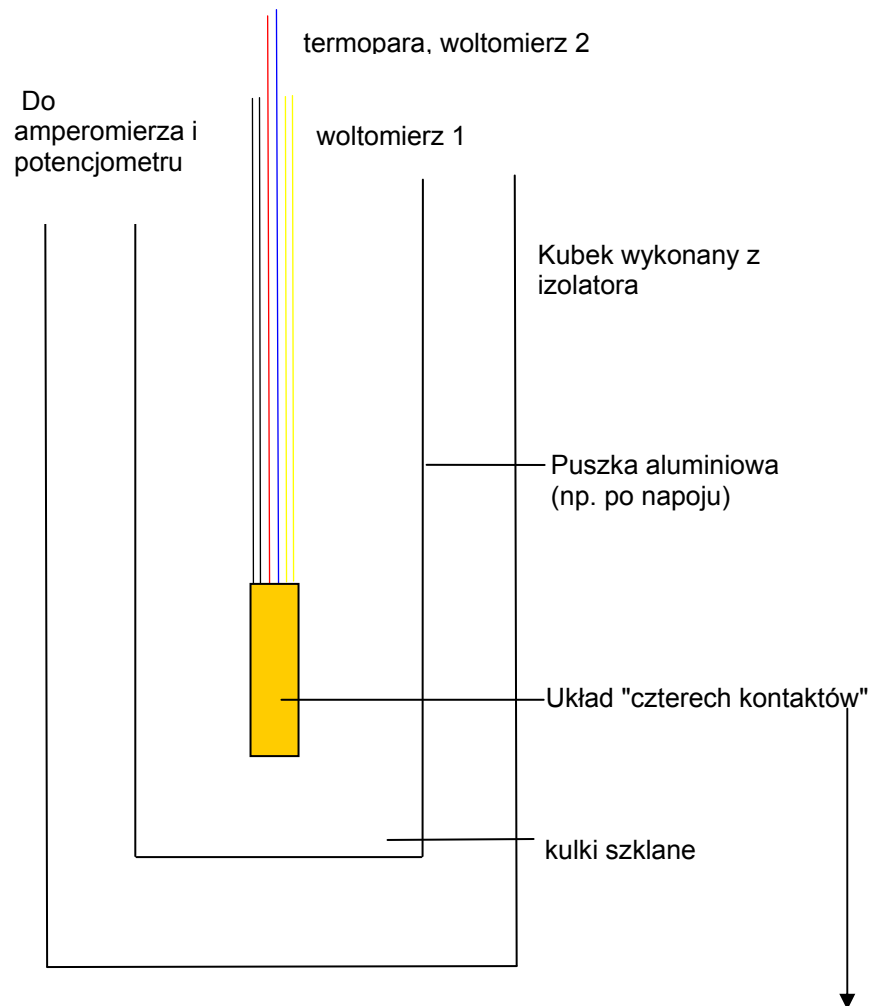
Schemat układu eksperymentalnego

Kontakty wykonujemy poprzez bezpośrednie dołączenie przewodów pomiarowych do nadprzewodnika. Do wykonanych w ten sposób punktów pomiarowych podłączamy termoparę.



Rysunek 3: Schemat czteropunktowego kontaktu

W SUPERCOMET2 możemy w tym celu użyć gotowych elementów pomiarowych łącznie z czterokontaktowymi stykami gotowymi do użycia, które można znaleźć w firmie Colorado Superconductors, <http://www.users.qwest.net/~csconductor/>. W tym przypadku kontakty są już wykonane bezpośrednio fabrycznie w próbce i zabezpieczone mosiądzem. Rysunek 4 pokazuje układ pomiarowy:



Na podstawie
<http://www.users.qwest.net/~csconductor/>,

Figure 3: The Superconducting Four-Point Probe

Rysunek: Schemat aparatury.

Metoda

Potencjometr w układzie pomiarowym (czarne linie na rysunku) jest użyty w celu kontroli zasilania, aby nie przekroczył on wartości 0.5 A (w wykonanych przez nas pomiarach wartość prądu wynosiła 0.4 A) Nadprzewodnik ma określoną wartość prądu krytycznego I_c , powyżej której pojawia się opór elektryczny, dlatego nie powinniśmy przekroczyć tej wartości. Wewnętrzny pojemnik wypełniamy ciekłym azotem i wtedy napięcie wskazywane na woltomierzu 1 spada do zera. Kiedy zauważymy zmianę na woltomierzu 1, zapisujemy odczyt obu mierników do tabeli. Dzięki użyciu prostego równania $V = I/R$ możemy wyznaczyć opór a ze wskazań drugiego woltomierza również wartość temperatury.

Na rysunku 5a pokazujemy przekształcenie danych pomiarowych dla termopary, której charakterystyka znajduje się na rysunku 5b.

Temperatura/K Napięcie/mV

60	7.60
70	6.92
80	6.29
90	5.90
100	5.52
110	5.16
120	4.81
130	4.46
140	4.11
150	3.76
160	3.43
170	3.12
180	2.83
190	2.52
200	2.23
210	1.93
220	1.64
230	1.39
240	1.14
250	0.89
260	0.65
270	0.40
280	0.20
290	0.00
300	-0.20

Używając równania dla określenia temperatury:

$$T = 1.77V^2 - 43.80V + 288.67$$

V1/V	Prąd/A	Opór/ Ω	V2/mV	Temperatura/K
0.0	0.4	0.0	6.3	83.0
0.0	0.4	0.0	6.2	85.1
0.0	0.4	0.0	6.1	87.3
0.0	0.4	0.0	6.0	89.6
0.2	0.4	0.5	5.9	91.8
0.5	0.4	1.3	5.9	91.8
0.6	0.4	1.5	5.9	91.8
0.7	0.4	1.8	5.9	91.8
0.8	0.4	2.0	5.9	91.8
0.9	0.4	2.3	5.8	94.2
1.0	0.4	2.5	5.8	94.2
1.0	0.4	2.5	5.7	96.5
1.1	0.4	2.8	5.6	98.9
1.1	0.4	2.8	5.5	101.3
1.1	0.4	2.8	5.4	103.8

Tabela 5a: Dane dla termopary

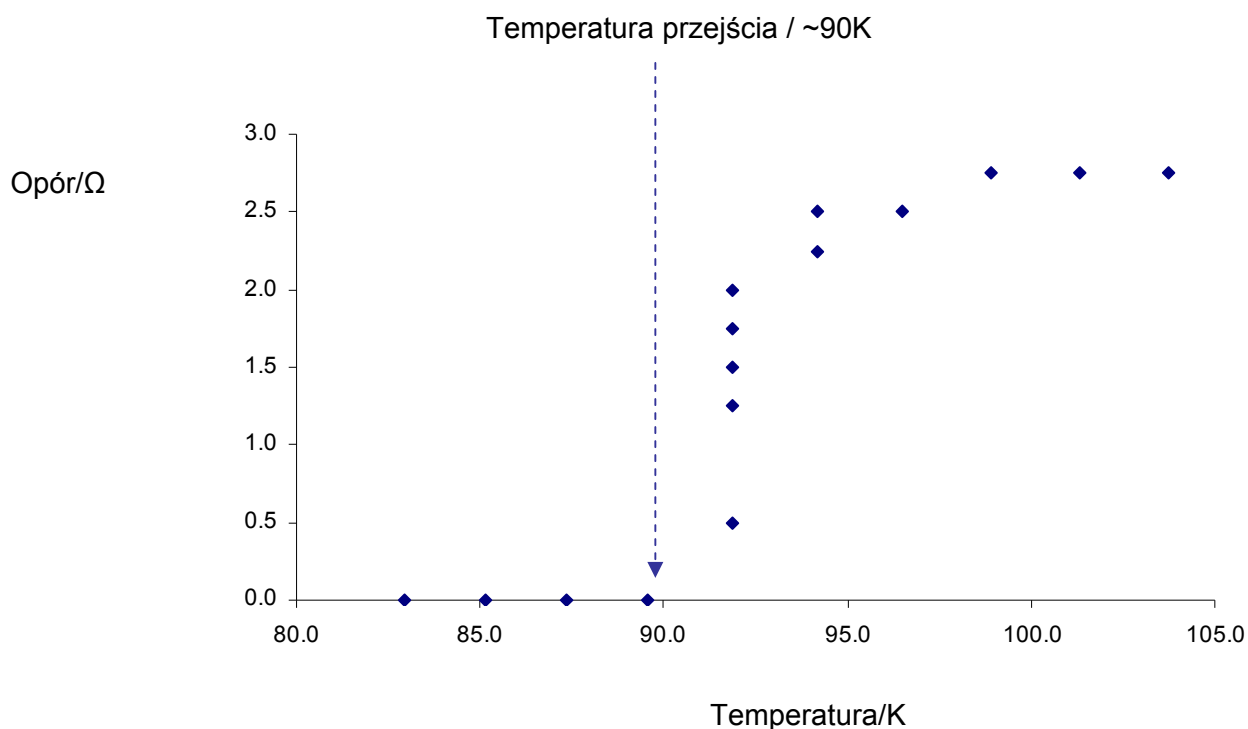
Tabela 5b: Pomiar oporu

Kuleczki szklane zapewniają dużą pojemność cieplną i zapobiegają szybkim zmianom temperatury w układzie.



Wyniki

Używając prostego arkusza możemy wyznaczyć temperaturę krytyczną nanosząc dane na wykres. Temperatura krytyczna powinna być odczytana jako największa wartość, dla której R wynosi zero.



Rysunek 6: Wykres prezentujący temperaturę przejścia

Literatura

- [1] Annett, J. F. (2004) *Superconductivity, Superfluids and Condensates*, Oxford, Oxford University Press.
- [2] Earle, A., Frost, J., Engstrøm, V., Čepič, M., Planinšič, G., Ireson, G. And Ciapperelli, S. (2004) *SUPERCOMET Superconductivity Multimedia Educational Tool*, Trondheim, Simplicatus.
- [3] Ostermann, F and Ferreira, L M (2006) Preparing teachers to discuss superconductivity at high school level: a didactical approach, *Physics Education* **41** (1) pp 34-41

System oceniania

Informacje wstępne

Materiały przedstawione w tym rozdziale powinny być użyte we właściwym momencie, który uznasz za najbardziej odpowiedni podczas swojego cyklu nauczania. Nie musisz używać wszystkich opisanych tutaj systemów oceniania; może to być tylko jeden rodzaj, jeśli jest według Ciebie odpowiedni. Opisujemy tutaj materiały używane przez wszystkich uczestników projektu. Wszystkie formularze mają przygotowane miejsca, aby wpisać dane dotyczące klasy, nauczyciela albo kod ucznia. Jeśli uznasz, że takie szczegółowe dane nie są Ci potrzebne, możesz je ominąć dokonując oceny anonimowo. Pamiętaj, że używanie danych osobowych jest chronione specjalną ustawą.

Eksperski przegląd materiałów

Jeśli chcesz dokonać oceny wykorzystywanego materiału podajemy dwa podejścia. Pierwszy polega na normalnym przeglądzie materiału przez recenzentów. Jest on zawarty w materiałach prezentowanych na konferencji w Murcji⁴ w Hiszpanii. Można wykorzystać przygotowane tam formularze. Dużo dodatkowych informacji na temat zastosowania hypermediów, jest dostępnych na portalu SC Intranet jako „Expert_review_no_1.exe”.

Komentarze nauczycieli

Masz do dyspozycji gotowe formularze, na których otrzymasz od nauczycieli bezpośrednio:

- Sugestie dotyczące prac grupowych oraz dyskusji on-line.
- Kwestionariusze.

Przygotowanie informatyczne uczniów

Powinieneś zrobić rozpoznanie, na jakim poziomie znajdują się uczniowie w klasie w zakresie przygotowania informatycznego. Jest to istotne w pracy nad projektem SUPERCOMET 2 i pozwoli Ci właściwie dobrać narzędzia TIK potrzebne i wykorzystywane na lekcji

Opinia uczniów

Opinie uczniów powinny być zbierane w następujący sposób:

- wywiad
- kwestionariusz

Obserwacje w klasie

Inne sposoby zdobywania informacji na temat stosowanego programu SUPERCOMET2 powinny być zebrane podczas obserwacji w klasie w następujący sposób:

- Dane z pracy klasowej – seria obserwacji przeprowadzona w tej samej klasie, może być to obserwacja jednokrotna
- Obserwacja jednej wybranej lekcji
- Raport końcowy dotyczący np. pracy jednego nauczyciela z danym programem.

⁴ Materiały z konferencji w Murcji są zawarte w pracy doktorskiej Lucía Amorós Poveda z Uniwersytetu w Murcji pt: ‘Teaching Hypermedia Assessment’ by, University of Murcia (2004).



Ocena ekspertów: Dwa praktyczne przykłady

Prezentujemy tutaj materiały wypracowane podczas seminariów w Udine i Murcji jako ewentualne schematy postępowania ewaluacyjnego.

UDINE

- A. Na początku nauczyciele piszą krótki raport z lekcji.
- B. Następnie nauczyciele dokonują ewaluacji dla poszczególnych uczniów (oznaczonych specjalnym kodem), oceniając ich (1) umiejętności, (2) zainteresowanie, (3) zaangażowanie, (4) współpracę grupową⁵ oraz (5) osiągnięcia. Każda ocena jest w skali od 1 do 5 zgodnie z podstawową definicją:
 - 1. znacznie ponad przeciętnie
 - 2. ponad przeciętnie
 - 3. przeciętnie
 - 4. poniżej przeciętnej
 - 5. znacznie poniżej przeciętnej
- C. Zaraz po sesji nauczyciele piszą tak szybko jak to tylko możliwe krótki opis odbytej sesji.
- D. Pod koniec nauczyciele piszą raport końcowy w dowolnej pisemnej formie zawierający komentarze dotyczące całego cyklu szkolenia.
- E. Nauczyciele dokonują końcowej oceny uczniów używając tego samego systemu oceniania co przedstawiony w punkcie B. Suma ocen odzwierciedla postęp ucznia w trakcie całego modułu.
- F. Pod koniec nauki przeprowadzamy wywiad z kilkoma uczniami (zazwyczaj wybiera się trzech z dołu skali oceniania i trzech z wyżej ocenionych) i jeśli to możliwe przeprowadzamy dyskusje prowadzoną przez nauczyciela. Po przeprowadzonej dyskusji uczniowie są proszeni o odpowiedź ankietową dotyczącą całego procesu nauczania w domu lub, jeśli pozwalają na to ramy czasowe, jeszcze w klasie.

MURCJA

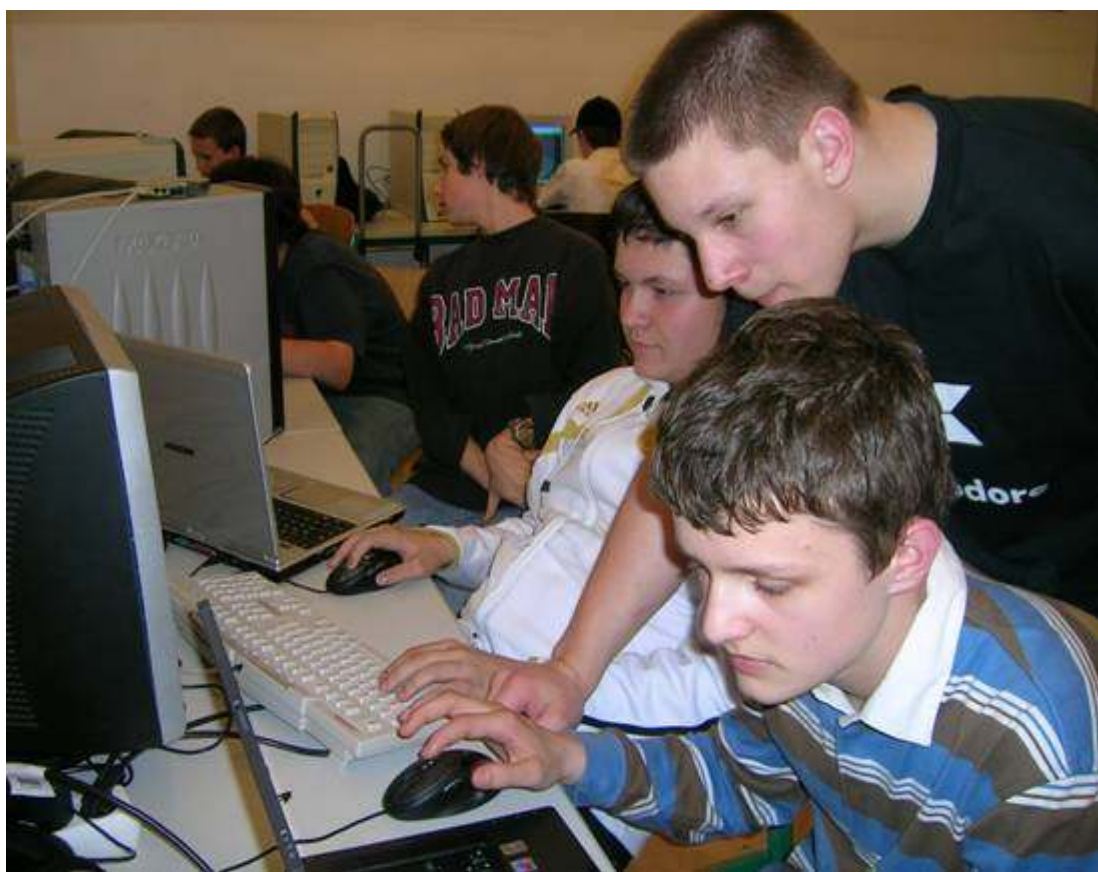
W celu przeprowadzenia oceny ewaluacyjnej wybrano moduł dotyczący przewodnictwa elektrycznego. Uczniowie wykonywali ćwiczenia przy użyciu materiałów z programu SUPERCOMET 2. Proces nauczania podzielono na 5 części w czasie, kiedy uczniowie wykonywali doświadczenia, obserwacje oraz używali materiałów multimedialnych z projektu. Czasami nauczyciele musieli dodatkowo tłumaczyć uczniom aspekty materiału nie prezentowane bezpośrednio lub odpowiadać na pytania uczniów.

Użyto kilkunastu kwestionariuszy będących częścią pracy doktorskiej Lucía Amorós Poveda z Uniwersytetu w Murcji pt: „Teaching Hypermedia Assessment”. Dane procesu ewaluacji zostały zebrane zgonie ze schematem czasowym przedstawionym w poniższej tabeli:

⁵ Uwagi dotyczące aktywnego uczestnictwa w zajęciach szkolnych



MAJ – 2006	Instrumenty	Multimedia
16, Wtorek 14:20 – 15:15	Znaczenie TIK I kwestionariusze	
17, Środa 14:20 – 15:15	Test wstępny z przewodnictwa elektrycznego	
18, Czwartek 9.00 – 10.00		Uczniowie korzystają z materiałów multimedialnych
19, Piątek 11:20 – 12:15	Obserwacje	
19, Piątek 12:30 – 13:25	Obserwacje	
23, Wtorek 14:20 – 15:15		
24, Środa 14:20 – 15:15		
25, Czwartek 9.00 – 10.00	Test końcowy Przewodnictwo elektryczne	
26, Piątek 11:20 – 12:15	Kwestionariusz SUPERCOMET2	



Uczniowie ze szkoły w Graz (BRG Kepler Graz), podczas pracy z SUPERCOMET2

Komentarze nauczycieli

Dyskusja on-line (Nauczyciele)

Numer kodu
nauczyciela:

Fizyka:

- Jak ważne są zagadnienia fizyki współczesnej?
- Czy nadprzewodnictwo znajduje się w programach nauczania w waszym kraju?
- Czy w czasie pracy z zagadnieniami fizyki współczesnej można zauważyć u uczniów większą motywację?

Materiały SUPERCOMET2

- Jak bardzo był dla ciebie użyteczny program SUPERCOMET2 ?
- Czy uważasz że zawarte w nim materiały są dobrze dopasowane do poszczególnych tematów nad którymi pracowałeś?
- Czy można dopasować materiały z programu SUPERCOMET2 do programu nauczania ?

Numer kodu
nauczyciela:

Kwestionariusz (Nauczyciele)

1. Jak bardzo były użyteczne poszczególne części programu?	Wcale	Troche	Użyteczne	Bardzo użyteczne	Nie wiem
<i>Informacje tematyczne (nadprzewodnictwo)</i>					
<i>Eksperymenty</i>					
<i>Program nauczania</i>					
<i>Komentarz:</i>					
2. Jakie według ciebie było zainteresowanie uczniów prezentowanymi materiałami?	Wcale	Troche	Użyteczne	Bardzo użyteczne	Nie wiem
<i>Informacje tematyczne (nadprzewodnictwo)</i>					
<i>Eksperymenty</i>					
<i>Program nauczania</i>					
<i>Komentarz:</i>					

3. Jak można udoskonalić materiały?

4. Jak chciałbyś wykorzystać materiały podczas lekcji? (np: jako wstęp czy jako powtórkę materiału, jako zadanie domowe, jako materiał do zajęć w pracowni komputerowej czy też jako materiał do prezentacji dla wszystkich uczniów w klasie?)

5. Problemy:

- Czy zauważyłeś jakieś błędy w programie? (Podaj listę zauważonych błędów)
- Czy są jakieś błędy w opisie merytorycznym? (Podaj listę zauważonych błędów)
- Czy były jakieś specjalne trudności w używaniu materiałów SUPERCOMET 2?



Komentarze uczniów

Wywiad (Uczniowie)

Numer kodowy ucznia:

(Wywiad: zapisz wiek i płeć ucznia).

1. Czego się nauczyłeś korzystając z materiałów projektu SUPERCOMET2 ?
Odpowiedzi zgrupuj w następujący sposób:
 - pojęcia
 - prawa i definicje
 - różne metody reprezentacji
 - zdolności nabyte w laboratorium
 - zdolności związane z używanym oprogramowaniem
2. Jaka część kursu była dla ciebie najprzyjemniejsza? Dlaczego?
3. Która była najmniej interesująca? Dlaczego?
4. Czego nauczyłeś się w trakcie:
 - dyskusji
 - pracy laboratoryjnej
 - pracy z komputerem
 - nauki w domu
5. Sprawdźmy czego się nauczyliśmy.
Nauczyciel wybiera jeden temat i sprawdza za pomocą pytań stopień opanowania materiału przez uczniów.

Kwestionariusz (Uczniowie)

Numer kodowy ucznia.

Proszę odpowiedz na poniższe pytania abyśmy mogli udoskonalić materiały projektu SUPERCOMET2:

1	Mężczyzna/Kobieta:					
2	wiek: (w latach)					
		Wcale	Trochę	Dobrze	Bardzo dobrze	Nie wiem
3	Znalazłem interesujące tematy z fizyki					
4	Znalazłem interesujące tematy dotyczące nadprzewodnictwa					
5	Materiały SUPERCOMET2 są interesujące					
6	Materiały SUPERCOMET2 pomagają mojej wyobraźni					
7	Materiały SUPERCOMET2 są łatwe w użyciu					
8	Materiały SUPERCOMET2 są atrakcyjne					
9	Materiały SUPERCOMET2 pomagają mi w nauce					
10	Materiały SUPERCOMET2 są interesującym doświadczeniem.					
11	Jakość tekstów zawartych w projekcie SUPERCOMET2 jest wysoka					
12	Teksty w SUPERCOMET2 są łatwe w czytaniu i zrozumiałe					
13	Jakość zdjęć zawartych w projekcie SUPERCOMET2 jest dobra					



14	Zdjęcia użyte w projekcie SUPERCOMET2 są czytelne i zrozumiałe					
15	Zdjęcia we właściwy sposób ilustrują opisane tematy					
16	Strony projektu SUPERCOMET2 są opracowane we właściwy sposób					
17	Ruch na animacjach oraz szybkości zmian na ekranie jest dobry					
18	Animacje zawarte w projekcie SUPERCOMET2 pomogły mi zrozumieć opisywane zjawisko					
19	Znalazłem niezwykle ciekawe rzeczy w materiałach SUPERCOMET2					
20	Projekt SUPERCOMET2 zachęca do dyskusji w klasie					
21	Materiały SUPERCOMET2 zmieniły mój pogląd na kilka istotnych spraw					
22	Eksperymenty zawarte w projekcie są interesujące					
23	Które części projektu SUPERCOMET uważasz za szczególnie interesujące i łatwe w użyciu?					
24	Czy myślisz że nauczyłeś się więcej dzięki użyciu materiałów SUPERCOMET2 ? Uzasadnij swoją odpowiedź.					
25	Wymień dwie najlepsze rzeczy jakie znalazłeś w programie SUPERCOMET2 A B					
26	Wymień dwie najgorsze rzeczy jakie znalazłeś w programie SUPERCOMET2 A B					
27	Czy polecilibyś Project SUPERCOMET2 innym uczniom? Uzasadnij swoją odpowiedź.					
28	Co powinno zostać zmienione/udoskonalone w materiałach SUPERCOMET2 ?					
29	Jeśli chodzi o użycie komputera w projekcie SUPERCOMET2 to, czy potrzebowałeś jakichś wcześniej nabytych specjalnych umiejętności? Proszę uzasadnij odpowiedź. Czy używałeś wcześniej nabytej wiedzy z zakresu fizyki, aby zrozumieć treści zawarte materiałach projektu SUPERCOMET2? Proszę wymień tematy, których znajomość była konieczna w czasie uczenia: Proszę uzasadnij swoją odpowiedź.					
30	Czy masz jakieś inne uwagi dotyczące materiałów zawartych w projekcie SUPERCOMET2:					

Dziękujemy za twoje odpowiedzi!



Obserwacje klasowe

wstępne informacje na temat klasy

Ogólne

Numer kodowy:
Szkoła:
Stopień:
Ilość uczniów:

Historia

Czy klasa brała udział w innych projektach ?
Czy klasa była zaangażowana w inne projekty?
Jaki program nauczania był realizowany przed przeprowadzeniem powyższego badania?
Jakie tematy zostały przerobione przed powyższym badaniem?

Nauczyciel

Jaki jest poziom przygotowania nauczyciela w zakresie nauczania fizyki?
Jaki jest poziom przygotowania informatycznego nauczyciela i jego doświadczenie w stosowaniu TIK?

Uczniowie

Jaki jest średni poziom klasy?
jak byś ocenił zaangażowanie uczniów?
Jak opiszesz ich osiągnięcia?
Jaki jest doświadczenie uczniów w używaniu TIK?
Jak bardzo uczniowie są zainteresowani fizyką?

Nauczanie

Użycie prac laboratoryjnych

Częstotliwość (procent godzin spędzonych w laboratorium)	%
Sposób pracy laboratoryjnej:	
W małych grupach	%
Demonstracja wykonywana przez nauczyciela	%

Używany sprzęt laboratoryjny:

Metody nauczania

Lekcja "zza biurka"	%
Dyskusja (wolna lub moderowana)	%
Laboratorium	%
Wspólne rozwiązywanie problemów	%
Praca w małych grupach	%
Praca z komputerem	%
Test słowny	%
Testy	%
Inne metody sprawdzania wiedzy (wymień)	%
Inne (wymień)	%



Używanie komputera w klasie

Częstotliwość (procentowy udział)	%
Rodzaj pracy:	
W małych grupach	%
Demonstracja	%
Oprogramowanie:	
Symulacje (wymień)	%
Programowanie	%
Arkusze kalkulacyjne	%
Zbieranie danych pomiarowych	%
Użycie multimediów i hipertekstu (wymień)	%
Inne (wymień)	%

Obserwacje klasowe

Ogólne

Numer kodowy klasy:
Numer kodowy nauczyciela:
Numer kodowy ucznia:
Jakość uczniów w klasie:
Czas pracy:
Dostęp do komputera (ilość komputerów itp.):
Data:

Cel lekcji (temat)

Opisz krótko cel lekcji oraz szczegółowe cele nauczanie.

Procedura

Zrób opis wszystkich metod użytych w trakcie nauczania na lekcji (wpisz czas niezbędny na zrealizowanie każdego z nich jeśli wymaga on więcej niż 10 minut). Opisz stosowanie prezentacji, dyskusji, eksperymentów laboratoryjnych, modułów z CD-romu i innych materiałów (podręcznik, książki i multimedia).

Poniżej znajdują się trzy tabele, które mogą być pomocne w opisie zajęć klasowych:

Używanie komputera		Ocena intensywności użycia					
Obserwacja		+++	++	+	-	--	---
Uczniowie pytają nauczyciela	O komputer						
	O multimedia						
	Inne						
Uczniowie pytają innych uczniów	O komputer						
	O multimedia						
	Inne						
Brak odpowiedzi							



Strategie rozwiązywania problemu						
Observacje	Ocena intensywności użycia					
	+++	++	+	-	--	---
Uczniowie piszą (papier, długopis, ołówek...).						
Używają materiałów pomocniczych.						
Notują						

Atmosfera w klasie							
Spokojna	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Napięta
Indywidualna	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Grupowa
Hałaśliwa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Cicha
Miła	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Nieprzyjemna
Dobra	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Zła
Nudna	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Przyjazna

Problemy

Jeśli miałeś jakieś problemy, proszę opisz je i powiedz w jaki sposób próbowałeś je rozwiązać.

Ogólne obserwacje/ ewaluacja

Czy materiały są motywujące i czy skupiają uwagę uczniów? Jaka część była najbardziej interesująca?

Czy uczniowie rozumieli materiał? Wskaż, które części były dla uczniów najtrudniejsze i kiedy prosili oni o dodatkową pomoc.

Jak uczniowie reagują na animacje?

Oceń jako nauczyciel swoją satysfakcję z takiej lekcji. Spróbuj podać przyczyny.

Czy masz jakieś inne komentarze ?



Obserwacje klasowe – Raport końcowy nauczyciela

Numer kodowy nauczyciela:

Numer kodowy klasy:

Pod koniec nauczania nauczyciel powinien napisać raport końcowy. Może on być w dowolnej formie ale powinien zawierać informacje, które pozwolą odpowiedzieć na poniższe pytania:

Na temat materiału nauczania:

Czy jest on przyjazny w użytkowaniu?

Czy uczniowie potrafią go efektywnie zrozumieć?

Czy zaplanowano właściwy czas na wykonanie poszczególnych czynności?

Czy poziom materiału jest właściwie dostosowany do poziomu uczniów?

Czy zauważyłeś jakieś problemy (proszę sporządzić szczegółowy spis problemów z odniesieniem do poszczególnych modułów projektu).

Przeprowadź ocenę tematyczną, niezależną od wyników testów i określ jak nauka z programem może być przydatna w nauczaniu poszczególnych działów fizyki (np. zrozumienie zjawiska indukcji elektromagnetycznej) i bardziej ogólnie (pozwala rozumieć modele matematyczne zjawisk fizycznych, rozwija zdolności samodzielnej pracy uczniów).

Czy są tam jakieś trudności, jak je rozwiązać?

Czy znajdują się tam właściwe powiązania z innymi działami fizyki?

Jak uczniowie zachowywali się podczas nauczania – czy byli zainteresowani, gorliwi, krytyczni (w porównaniu z ich normalnym zachowaniem na innych lekcjach).

Czy dobrze pracowali z sobą w grupach?

Czy zauważyłeś jakichś uczniów którzy zmienili się diametralnie w trakcie lekcji z projektem SUPERCOMET 2 w porównaniu z ich normalną aktywnością?

Proszę opisz swoje komentarze dotyczące zagadnień nie ujętych w powyższych zagadnieniach?

Co chciałbyś zmienić a co udoskonalić, rozszerzyć, dodać lub ująć?

Proszę krótko uzasadnij swoją opinie, jeśli uważasz projekt za użyteczny albo wskaż miejsca, które trzeba jeszcze udoskonalić.



Dodatkowe materiały pomocnicze

Książki i artykuły o nadprzewodnictwie

Po polsku:

J.Stankowski, B.Czyżak (1999)
Nadprzewodnictwo, Warszawa WNT

A.A. Abrikosow
Nadprzewodniki drugiego rodzaju i sieć wirów
Postepy Fizyki TOM55 Zeszyt 5 Rok 2004

Po angielsku:

Annett, F. J. (2004)
Superconductivity, superfluids and condensates, Oxford, OUP

Buckel, W. and R. Kleiner (2003).
Superconductivity: fundamentals and applications. Weinheim, Wiley.

Evetts, J., Ed. (1992).
Concise Encyclopedia of Magnetic & Superconducting Materials. Advances in materials science and engineering.
Oxford, Pergamon.

Fossheim, K. and A. Sudbo (2004).
Superconductivity: Physics and Applications.
John Wiley & Sons.

Rose-Innes, A. C. and E. H. Rhoderick (1978).
Introduction to Superconductivity.
Oxford, Pergamon.

Tinkham, M. (1996).
Introduction to Superconductivity.
New York; London, Mc Graw Hill.

Vidali, G. (1993).
Superconductivity: the next revolution?
Cambridge, Cambridge University Press.

Zasoby sieciowe dotyczące nadprzewodnictwa

<http://superconductors.org> – strona główna otwartego projektu na temat nadprzewodników.

<http://superconductors.org/Links.htm> – Duży spis odnośników internetowych dotyczących nadprzewodnictwa.

<http://www.ornl.gov/info/reports/m/ornlm3063r1/contents.html> – Przewodnik nauczyciela dotyczący nadprzewodnictwa dla studentów stworzony w Oak Ridge National Laboratory



<http://www.physicscentral.com/action/2001/supcon.html> – Informacje o nadprzewodnictwie dostępne w Physics Central's.

<http://physicsweb.org/bestof/superconductivity> – jedna z najlepszych stron dotyczących nadprzewodnictwa stworzona w Institute of Physics.



<http://hypertextbook.com/physics/modern/superconductivity/> – short primer on superconductivity



Zasoby dydaktyczne Akademii Pomorskiej w Słupsku i Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu



<http://www.fizyka.apsl.edu.pl/zs/mod-layout/posters/super7.ppt> - Superconductors, plakat przygotowany w ramach projektu UE „Physics is Fun”, PAP Słupsk, 2006

<http://www.science.unitn.it/~karwasz/nad1.html> - Nadprzewodniki, fragment wystawy wirtualnej „Na ścieżkach Fizyki Współczesnej” Gdańsk, Trento, 2004

<http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/zabawki/> - Fizyka i zabawki, proste doświadczenia dydaktyczne, Pomorska Akademia Pedagogiczna, Słupsk, 2005

<http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/zabawki1/index-pl.html> - Fizyka i zabawki, strona przygotowana w ramach projektu UE „Physics is Fun”, PAP Słupsk, 2005



Materiały dotyczące nadprzewodnictwa dostępne online

<http://www.psigate.ac.uk/> – portal dotyczący głównych zagadnień nauk fizycznych

<http://www.practicalphysics.org> – portal internetowy przeznaczony do wymiany doświadczeń przez nauczycieli

<http://www.teachingphysics.iop.org> – portal prowadzony przez Institute of Physics, w którym można znaleźć ogrom materiałów dydaktycznych nie tylko dotyczących nadprzewodnictwa.

Zestawy demonstracyjne i materiały dotyczące nadprzewodnictwa

<http://www.superconductors.org/Play.htm> lista firm, w których można zaopatrzyć się w zestawy demonstracyjne (głównie amerykańskich)

Publikacje i zasoby internetowe dotyczące używania TIK w nauczaniu fizyki

Barton, R., Ed. (2004). Teaching Secondary Science with ICT. Learning & Teaching with Information & Communications Technology. Maidenhead and New York, Open University Press.

Fullick, P. (2004) : Knowledge building among school students working in a networked computer supported learning environment. Southampton 2004. <http://www.soton.ac.uk/~plf/rsch1.htm>

Osborne, J. and S. Hennesy (2003). Literature Review in Science Education and the Role of ICT: Promise, Problems and Future Directions, NESTA Futurelab.

http://www.futurelab.org.uk/resources/documents/lit_reviews/Secondary_Science_Review.pdf

<http://schools.becta.org.uk/> Becta's one-stop shop aimed at school practitioners offering a wide range of information, advice and guidance on using ICT.

<http://www.leggott.ac.uk/pdfs/awards/ICTinsupport.pdf> gives a good summary of using ICT to support science teaching

see also:

Newton, L. R. and Rogers, L. (2001) Teaching Science with ICT, London, Continuum

Wellington, J and Ireson, G (2007) (chapter 7) Science Learning, Science Teaching, London, Routledge

Inne publikacje użyte w tym przewodniku



Institute of Physics (2004), The post-16 Initiative. Radical, forward looking initiative by the Institute of Physics, shaping and developing physics for all involved post-16.

Wellington, J. (2004). Multimedia in science teaching. Teaching Secondary Science with ICT. R. Barton. Maidenhead; New York, Open University Press.

European Commission, Directorate-General for Research, Information and Communication Unit (2007) : The Rocard Report on Science Education.

http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_en.pdf

