



MOSEM – teaching electromagnetism via minds-on experiments

Grzegorz Karwasz, Andrzej Karbowski, Grzegorz Osiński, Przemek Miszta,
 Józefina Turło, Kasia Przegiętka, Waldek Krychowiak, Krzysztof Służewski
Institute of Physics, Nicolaus Copernicus University, Toruń, Poland

Marisa Michelini, Lorenzo Santi, Rossana Viola, Alberto Stefanel
Physics Education Research Group, University of Udine

Wim Peeters

University of Antwerp, Belgium

Josef Trna

Pedagogical Faculty, University of Brno

Tomasz Greczyło, Ewa Dębowska

Institute of Experimental Physics, University of Wrocław

Vegard Engstrom

Simplicatus A.S., NO-2006 Løvenstad, Norway

NiNa (Holland): Modern Physics



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

Supercomet2: Teacher guide

INDUCTION BY A MOVING BAR MAGNET

A bar magnet is next to a solenoid. The solenoid is part of an electric circuit with an Ampere-meter 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

Teacher guide

Research experimentation

Francesca Bradamante, Marisa Michelini, Udine (I)

1. Measuring the magnetic field B with a compass

Objective: dependence on distance of the magnetic field along the longitudinal axis of a cylindrical magnet.

Method: measure in units of the Earth's magnetic field (BT), the magnetic field generated by a cylindrical magnet (Bm), based upon the deviation of a compass needle with respect to the direction of the Earth's magnetic field.

Materials: cylindrical magnet, compass, millimeter graph paper, pencil, ruler, adhesive tape.

Phases of experiment:

Preliminary phase: identify an area of the floor where BT is constant, using the compass.

Organization of the system:

orient the graph paper so that the direction of BT corresponds to a line on the shorter side of the paper.

place the magnet perpendicular to the direction of BT (along the line a)

Measurement:

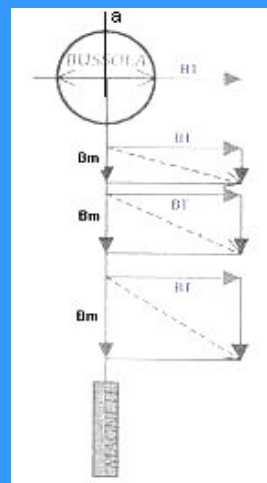
arrange the compass initially at 35 cm from the magnet along the line a and mark the direction of the compass needle.

Find the value of Bm in units of BT: choose an arbitrary unit of the vector of the Earth's magnetic field BT (for example 2 cm) and identify the component Bm with respect to the direction taken from the compass at that point.

Gradually move the compass closer (at constant intervals of 2 cm) and identify Bm for each position.

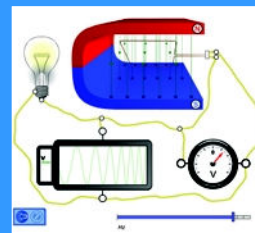
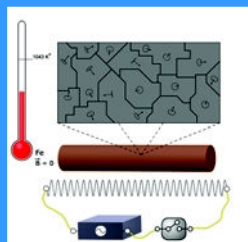
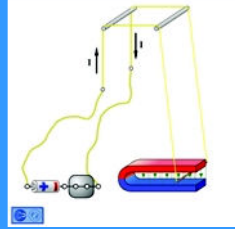
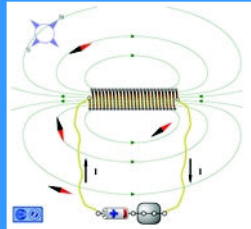
Record the data in the table and analyze the dependence of the length of the vector Bm on the distance: (d = distance between the compass and the closest magnet pole; Ln = logarithm)

Represent the data in a graph



<http://intranet.simplicatus.no/>

Supercomet1: CD-Rom

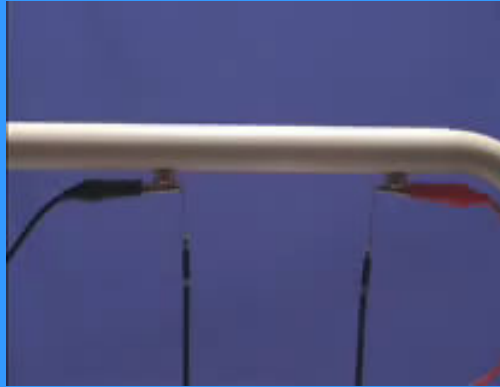


Simplicatus: on-line modules

Main Menu

<p>What is the science behind superconductivity?</p> <p>Electrical Conduction</p>	<p>What is superconductivity good for?</p> <p>- It is good for the environment and for your health</p> <p>Applications of Superconducti...</p>	<p>Who are the people behind superconductors?</p> <p>History of superconducti...</p>
<p>What is the science behind superconductivity?</p> <p>Electromagnetic Induction</p>	<p>What is superconductivity?</p> <p>- Zero electrical resistance</p> <p>Introduction to Superconducti...</p>	<p>What are superconductors made of?</p> <p>Superconducting materials</p>
<p>What is the science behind superconductivity?</p> <p>Magnetism</p>	<p>Can we work with superconductors in school?</p> <p>- Yes, you can even make your own superconductor!</p> <p>Activities with superconductors</p>	<p>How does superconductivity work?</p> <p>Explanation of superconducti...</p>

MOSEM: media files



<http://physik.uni-graz.at/mosem>

A. Tomasino, G. Chappuis, D. Meur, M. Montangerand, C. Parent, Physique 1reS, Programme 2001, Nathan/ VUEF, Paris, 2001, credits Wim Peeters

1 LES AIMANTS



Fig. 1. Fragment de pierre magnétique.

1.1. Des roches magnétiques

Depuis les temps les plus reculés, les hommes ont remarqué que certaines pierres « magnétiques » ont la propriété de s'attirer entre elles en certaines zones, leurs pôles.

Ces corps, appelés aimants, sont constitués par de l'oxyde magnétique de fer Fe_3O_4 (fig. 1).

1.2. Un instrument utile : la boussole

Les pierres « magnétiques » possèdent une autre propriété : elles s'orientent, elles prennent toujours la même direction. Selon certains auteurs, deux siècles avant notre ère, les Chinois ont utilisé ce phénomène pour construire les premières boussoles (fig. 2).

Les boussoles actuelles (une aiguille aimantée mobile sur un pivot vertical au-dessus de la rose des vents) procèdent d'un lent perfectionnement de ces premières boussoles.



Fig. 2. Une boussole ancienne (CHN).

1.3. Les aimants artificiels

De nos jours, les aimants artificiels sont en acier ou en alliages et ils ont des formes variées (fig. 3) : barreaux droits, aimant en U, aiguille aimantée...



Fig. 3. Quelques aimants artificiels bipolaires.

1.4. Pôle nord, pôle sud

Les pôles d'un aimant ne sont pas identiques : on distingue le pôle nord du pôle sud. Deux pôles de même nom se repoussent, alors que deux pôles de noms différents s'attirent.

Il est impossible d'isoler le pôle nord du pôle sud d'un aimant. En effet, chaque fragment obtenu après avoir brisé un aimant en deux se comporte comme un nouvel aimant possédant un pôle nord et un pôle sud (fig. 4).

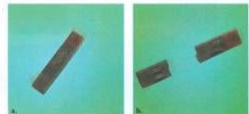


Fig. 4. Expérience de l'aimant brisé : chaque fragment se comporte comme un nouvel aimant.

132 Partie 3 - Électrodynamique

2 NOTION DE CHAMP MAGNÉTIQUE

2.1. Action sur une aiguille aimantée



Fig. 5a. Action d'un aimant sur l'aiguille. Fig. 5b. Action d'un courant électrique chargé de direction.

expérience

Placer sur une table une petite aiguille aimantée mobile autour d'un axe fixe vertical. La direction prise par l'aiguille est modifiée par un fil.

Approcher successivement de l'aiguille un aimant (fig. 5a), puis un circuit parcouru par un courant : fil ou bobine (fig. 5b).

Reproduire l'expérience en inversant les pôles de l'aimant, le sens du courant, la forme de l'aimant...

Observations L'aiguille aimantée indique spontanément le nord magnétique. Elle change d'orientation quand on approche un aimant (fig. 5a) ou une bobine parcourue par un courant électrique (fig. 5b). Sa nouvelle orientation dépend de nombreux facteurs :

- la position de l'aimant, notamment de ses pôles ;
- la position du circuit, sa forme, le sens et l'intensité du courant.

Interprétation L'orientation particulière prise par la petite aiguille aimantée met en évidence la modification des propriétés magnétiques au point de l'espace où elle est placée.

L'espace autour des aimants et des circuits électriques parcourus par des courants a des propriétés magnétiques particulières qui peuvent être détectées par une aiguille aimantée.

2.2. L'espace champ magnétique

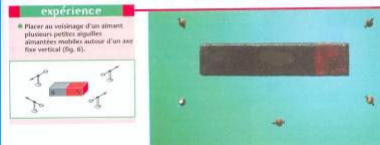


Fig. 6. Quelques aiguilles aimantées disposées autour d'un aimant droit.

expérience

Placer au voisinage d'un aimant plusieurs petites aiguilles aimantées mobiles autour d'un axe fixe vertical (fig. 6).

Chapitre 13 - Le champ magnétique 133

- Prof. Dr habil. L. Meyer, Dr G.-D. Schmidt, Duden Basiswissen Schule, Duden Paetec Schulbuchverlag, Berlin, 2005


Elektrische und magnetische Felder 209

4.3.2 Das magnetische Feld

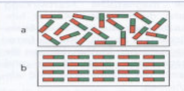
Magnete und ihre Wirkungen

Magnete sind Körper, die andere Körper aus Eisen, Nickel oder Kobalt anziehen.

Körper, die diese magnetische Eigenschaft auf Dauer oder über sehr lange Zeit besitzen, nennt man **Dauermagnete** oder **Permanentmagnete**. Dauermagnete bestehen ebenfalls aus Eisen, Nickel oder Kobalt. Sie können verschiedene Formen haben.



Dauermagnete unterschiedlicher Form



Unmagnetisiertes (a) und magnetisiertes (b) Eisen im Modell

Körper, die von Magneten angezogen werden, sind auch selbst magnetisierbar.

Diese Eigenschaft von Stoffen aus Eisen, Nickel und Kobalt, den **ferromagnetischen Stoffen**, ergibt sich aus ihrem Aufbau. Magnetisierbare Stoffe bestehen aus winzigen Bereichen, von denen sich jeder wie ein kleiner Magnet verhält. Im unmagnetisierten Zustand sind diese **Elementarmagnete** völlig ungeordnet. Der Körper ist nach außen hin unmagnetisch. Unter dem Einfluss eines Magneten können sich diese Elementarmagnete ausrichten. Der Körper wird selbst magnetisch. Die Ausrichtung der Elementarmagnete geht verloren, wenn man einen Magneten zu stark erhitzt oder starken Erschütterungen aussetzt. Lassen sich in einem Stoff die Elementarmagnete leicht ausrichten, so bezeichnet man diesen Stoff als **magnetisch weich**. Stoffe, bei denen die Ausrichtung der Elementarmagnete nur unter dem Einfluss starker Magnete erfolgt und lange Zeit erhalten bleibt, bezeichnet man als **magnetisch hart**. Aus solchen Stoffen stellt man Permanentmagnete her. Zwischen Magneten wirken anziehende oder abstoßende Kräfte. Diese Kräfte sind nicht überall gleich, sondern zwischen den **Polen** der Magnete am größten.

Jeder Magnet hat zwei Pole, den **Nordpol** und den **Südpol**.

Auch wenn man einen Magneten zerteilt, hat jeder Teil wieder zwei Pole, einen Nordpol und einen Südpol.

Permanentmagnete werden heute vor allem aus Legierungen und Oxidwerkstoffen (Barium- und Eisenoxid) hergestellt.

„ferro“ kommt von der lateinischen Bezeichnung „Ferrum“ für Eisen. Das chemische Zeichen für Eisen ist deshalb auch Fe.


Oberhalb einer bestimmten stoffabhängigen Temperatur geht die Ausrichtung der Elementarmagnete durch die thermische Bewegung der Gitterbausteine verloren.

Magnetpole treten immer paarweise auf. Einzelne Magnetpole gibt es in der Natur nicht.


- Prof. Dr habil. L. Meyer, Dr G.-D. Schmidt, Duden Basiswissen Schule, Duden Paetec Schulbuchverlag, Berlin, 2005

210 Elektrizitätslehre

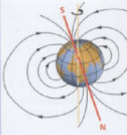
Gleiche Magnetpole stoßen sich ab.



Ungleiche Magnetpole ziehen sich an.



Magnetfeld der Erde




Die magnetische Kraftwirkung kann durch andere Körper hindurchgehen. Nur Körper aus Eisen, Nickel und Kobalt, also aus ferromagnetischen Stoffen, können die magnetische Kraftwirkung und damit das magnetische Feld abschirmen. Besonders gut zur magnetischen Abschirmung eignen sich Körper aus weichmagnetischen Stoffen, z. B. aus Weich Eisen.

Im Raum um Magnete wirken auf andere Magnete bzw. auf Körper aus ferromagnetischen Stoffen Kräfte. Im Raum um Magnete existiert ein **magnetisches Feld**.

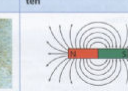
Ein magnetisches Feld ist der Zustand des Raumes um Magnete, in dem auf andere Magnete bzw. Körper aus ferromagnetischen Stoffen Kräfte ausgeübt werden.

Magnetische Felder können ebenfalls mithilfe von **Feldlinienbildern** dargestellt werden (S. 203). Ein Feldlinienbild als Modell des magnetischen Feldes macht Aussagen über die Kräfte auf Probekörper (z. B. kleine Magnete). Dabei gelten dieselben Aussagen wie für Feldlinienbilder elektrischer Felder (S. 203).

Eisenfeilspäne im magnetischen Feld eines Stabmagneten



Feldlinienbild eines Stabmagneten



Die magnetische Feldstärke an einer Kraft auf einen magnetischen Probekörper ist. Formelzeichen: H Einheit: 1 Ampere je Meter

Beim Verschieben eines Probekörpers Arbeit verrichtet. Dazu muss Energie in elektrische Arbeit umgewandelt werden.

Ein magnetisches Feld besitzt magnetische Energie.

Elektromagnetismus

Im Raum um stromdurchflossene Leiter wirken ebenfalls Kräfte auf magnetische Probekörper. Jeder elektrische Leiter ist bei Stromfluss von einem Magnetfeld umgeben. Besonders stark ist das magnetische Feld, wenn ein Leiter als Spule aufgewickelt ist und einen Eisenkern enthält. Man nennt eine solche stromdurchflossene Spule mit Eisenkern auch **Elektromagnet**.

Short review of Polish textbook for physics in upper secondary school

- Typical Polish textbook for Physics, which is **very often use** in upper secondary school.
- The subject of the lesson is **macroscopic electromagnetic interactions**.
- At the beginning the **theoretical reputation from gymnasium** is presented and the **short description of Oersted's experiment** with the explanation.

Rozdział 2 Oddziaływania w przyrodzie

2.5.2. Makroskopowe oddziaływania elektromagnetyczne

POWTOŹKA

Równie dawno jak zjawiska elektrostatyczne znane były zjawiska magnetyczne – przyciąganie opiłków żelaza przez kawałki rudy (wydobywanej w Azji Mniejszej w okolicy miasta Magnesia, od którego pochodzi nazwa zjawiska). Już we wczesnym średniowieczu ustalono, że zjawiska elektrostatyczne i magnetyczne są „rozłączne” – bursztyn nie przyciągał żelaza, a ruda skrątków materii. Do XIX wieku wydawało się, że elektryczność i magnetyzm to dwa nie związane ze sobą typy oddziaływań.

Zmianie tego poglądu przyniosły **doświadczenia duńskiego fizyka Hansa Christiana Oersteda i angielskiego fizyka Michała Faradaya**. Pierwszy z nich stwierdził w 1820 roku, że prąd płynący przez przewodnik wytwarza pole magnetyczne. Drugi, jedenaście lat później wykazał, że zmiany tego pola powodują przepływ prądu elektrycznego.

Przypomnijmy krótko te sławne doświadczenia i wnioski, które z nich wyciągnięto. Wiemy, że namagnesowana igła ustawia się w kierunku wyznaczonym przez pole magnetyczne Ziemi: jeden jej koniec wskazuje północ, a drugi południe. Co się stanie, gdy nad igłą zamocujemy równoległe do niej prosty przewód miedziany? Jeśli prąd przez przewód nie płynie (rys. 2.24), nic się nie zmieni, bo miedź nie oddziałuje z igłą magnetyczną (w przeciwieństwie do żelaza lub niklu). Jeśli jednak końce przewodu połączymy z biegunami baterii i przez przewód popłynie prąd, tak jak w doświadczeniu Oersteda, igła wychyli się (rys. 2.25).

Rys. 2.24 Rys. 2.25

Oersted wykazał więc doświadczalnie, że przewodnik, w którym płynie prąd, oddziałuje z igłą magnetyczną i zbadał pole magnetyczne wytwarzane przez przewodniki z prądem. Stwierdził, że linie pola wokół przewodnika prostoliniowego leżą w płaszczyźnie prostopadłej do przewodnika i mają kształt okręgów o środkach w przewodzie (rys. 2.26).

Jeśli przewód zwinimy w zwojnico (jak zwoje sprężyny), w jej wnętrzu linie pola magnetycznego będą w przybliżeniu liniami prostymi, a na zewnątrz będą miały taki kształt, jak linie pola wytworzonego przez magnes sztabkowy. Zwirot linii pola magnetycznego, wytworzonego przez przewodnik z prądem, a także

56

- Description of **the shape of magnetic field lines** inside and outside the coil.
- The magnetic field is similar to that from a **bar magnet**.
- Where is North magnetic pole students **should know** using the right-hand grip rule learned in **gymnasium few years ago**.
- Next we can read what is an **electromagnet** and where it is **applied in technics**, what is electrodynamic force and how to use Fleming's left-hand rule.
- All this resumed on two pages. The book shows **schemes, but not real examples or photos**.

Oddziaływania w przyrodzie Rozdział 2

bieguny magnetyczne zwojnicy można wyznaczyć ze znanych ci z gimnazjum **reguł „prawej ręki”**. Sposób postępowania w każdym przypadku ilustrują rysunki 2.26 i 2.27.

Pole magnetyczne każdego przewodnika z prądem jest tym silniejsze, im większe jest natężenie prądu, który płynie przez przewodnik, a w zwojnicy dodatkowo, im większa jest liczba zwojów. Pole magnetyczne zwojnicy staje się jeszcze silniejsze, gdy włożymy do niej żelazny rdzeń. Tak skonstruowane **elektromagnesy** są powszechnie używane w technice, od prostych dzwonek elektrycznych, głośników i przełączników do potężnych dźwigów przenoszących żelazo w hutach.

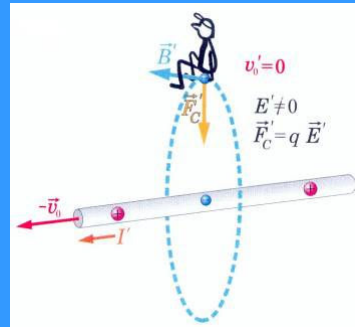
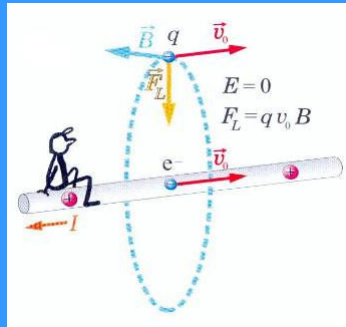
Rys. 2.26 Rys. 2.27

Skoro przewód z prądem działa na magnes, jakim jest igła magnetyczna, to zgodnie z trzecią zasadą dynamiki na przewodnik z prądem znajdujący się w polu magnetycznym także powinna działać siła. Istotnie, siła taka działa i nazywa się **siłą elektrodynamiczną** (rys. 2.28). Kierunek siły elektrodynamicznej jest prostopadły do linii pola magnetycznego i do przewodnika, a zwrot zależy

Rys. 2.28 Rys. 2.29

57

- Another example is even worse: **the magnetism is reduced** to the Einstein's reactivity idea.
- This is scientifically correct, but little appealing to the **practical experience of pupils**.



The scheme on magnetism (Einstein's interpretation) from another Polish textbook.

FIZYKA

MEN June 2008

III etap edukacyjny

Cele kształcenia – wymagania ogólne

- I. Wykorzystanie wielkości fizycznych do opisu poznanych zjawisk lub rozwiązania prostych zadań obliczeniowych
- II. Przeprowadzanie doświadczeń i wyciąganie wniosków z otrzymanych wyników
- III. Wskazywanie w otaczającej rzeczywistości przykładów zjawisk opisywanych za pomocą poznanych praw i zależności fizycznych
- IV. Posługiwanie się informacjami pochodzącymi z analizy przeczytanych tekstów (w tym popularno-naukowych)
5. Magnetyzm. Uczeń:
 - 5.1. nazywa bieguny magnetyczne i opisuje charakter oddziaływania między nimi
 - 5.2. opisuje zachowanie igły magnetycznej w obecności magnesu oraz zasadę działania kompasu
 - 5.3. opisuje oddziaływanie magnesów na żelazo i podaje przykłady wykorzystania tego oddziaływania
 - 5.4. opisuje działanie przewodnika z prądem na igłę magnetyczną
 - 5.5. opisuje działanie elektromagnesu i rolę rdzenia w elektromagnesie
 - 5.6. opisuje wzajemne oddziaływanie magnesów z elektromagnesami i wyjaśnia działanie sił na elektrycznego prądu stałego

NO ELECTROMAGNETIC INDUCTION!!!

FIZYKA I ASTRONOMIA

MEN June 2008

IV etap edukacyjny
poziom podstawowy

Cele kształcenia – wymagania ogólne

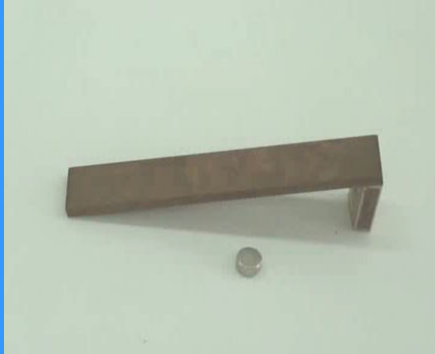
Treści nauczania i umiejętności – wymagania szczegółowe

1. Grawitacja i elementy astronomii. Uczeń:
 - 1.1. opisuje ruch jednostajny po okręgu posługując się pojęciem okresu i częstotliwości
 - 1.2. opisuje zależności między siłą dośrodkową a masą, prędkością lub promieniem oraz wskazuje przykłady sił pełniących rolę siły dośrodkowej
 - 1.3. interpretuje zależności między wielkościami w prawie powszechnego ciążenia
2. Fizyka atomowa. Uczeń:
 - 2.1. opisuje promieniowanie ciał, rozróżnia widma ciągłe i liniowe rozrzedzonych gazów jednoatomowych, w tym wodoru
 - 2.2. interpretuje linie widmowe jako przejścia między poziomami energetycznymi atomów
 - 2.3. opisuje budowę atomu wodoru, stan podstawowy i stany wzbudzone
 - 2.4. wyjaśnia pojęcie fotonu i jego energii
3. Fizyka jądrowa. Uczeń:
 - 3.1. posługuje się pojęciami pierwiastek, jądro atomowe, izotop, proton, neutron, elektron; podaje skład jądra atomowego na podstawie liczby masowej i atomowej
 - 3.2. posługuje się pojęciami: energii spoczynkowej, deficytu masy i energii wiązania; oblicza te wielkości dla dowolnego pierwiastka układu okresowego
 - 3.3. wymienia właściwości promieniowania jądrowego α , β , γ ; opisuje rozpady alfa, beta (wiadomości o neutrinach nie są wymagane), sposób powstawania promieniowania gamma; posługuje się pojęciem jądra stabilnego i niestabilnego

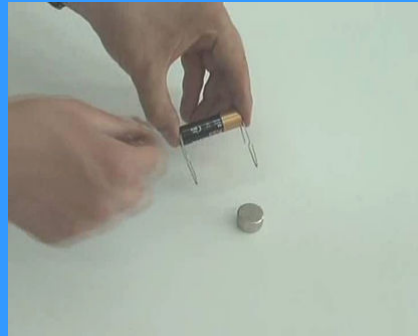
List of MOSEM proposal:

- 1) Cartesius experiments with floating magnets (Udine Uni)
- 2) Interaction of magnets (Udine Uni)
- 3) Line forces
- 4) Compass as indicator of line forces
- 5) Current as the source of magnetic interaction (Oersted experiment)
- 6) Forces on currents (Pohl's experiment)
- 7) EM engines (Wim Peeters)
- 8) Induction with moving magnets
- 9) Induction with rotating coils – AC current generators.

- The MOSEM project offers participating schools and teachers a **collection of simple, thought-provoking (minds-on)** physics experiments.



The drunken magnet



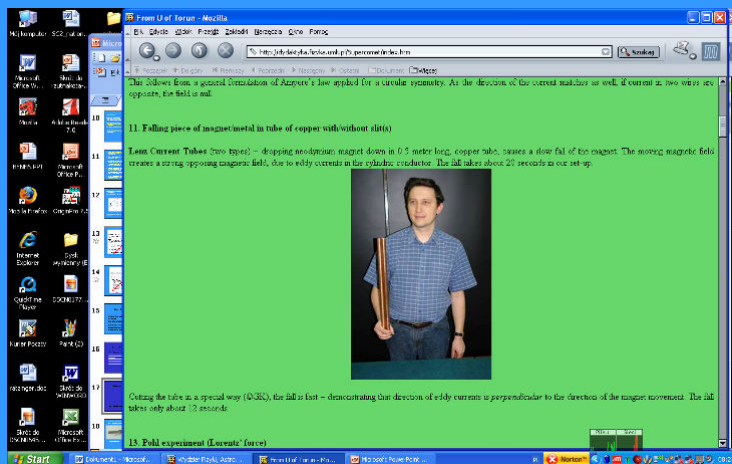
Paperclip-motor

„Survival” kit



- 3. Permanent magnets
 - [3.2. Magnetic construction sticks and balls](#)
 - [3.3. Set of toy magnets \(illustrating multipoles\) + fluxdetector](#)
 - [3.6. Tile of 5 magnetic rings around a stick](#)
 - [3.7. Magnets floating on water](#)
 - [3.8. Attracting force: measurement with springs](#)
 - [3.12. “Ski jumping” in a magnetic field](#)

Preliminary descriptions



<http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/Supercomet.html>

Preliminary descriptions



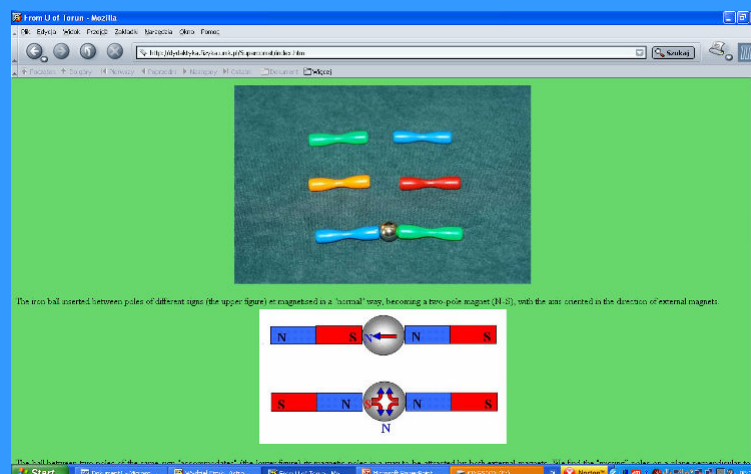
<http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/MOSEM>

Preliminary descriptions



<http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/MOSEM>

Preliminary descriptions



<http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/MOSEM>