

Układ pomiarowy do badania oddziaływań magnetycznych

Barbara Zegrodnik ^{1*}, Marek Brzyski, Szymon Derechowski, Paweł Duma, Szymon Grupa,
Krzysztof Michalik, Kacper Rodak

¹ Zespół Szkół nr 1 im. Gustawa Morcinka, Wejchertów 20 43-100 Tychy, Polska

Streszczenie

Przy pomocy prostego układu pomiarowego dostępnego w każdej szkolnej pracowni mierzono wartość siły magnetycznej działającej między biegunami dwóch magnesów, zmieniając odległość między nimi. Metoda pomiaru wykorzystuje III zasadę dynamiki i pozwala mierzyć siły magnetyczne o małej wartości z dokładnością do 0,001 N. Odległość między magnesami mierzono z dokładnością do 1 mm przy pomocy zwykłej podziółki milimetrowej. Na podstawie uzyskanych wyników sporządzono wykres zależności wartości siły od odległości między biegunami magnetycznymi oraz dopasowano krzywą funkcyjną za pomocą programu gnuplot. Badania przeprowadzono w ramach ogólnopolskiego konkursu „Nauka dla Ciebie”, zorganizowanego przez Centrum Nauki Kopernik oraz Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego. Zespół składający się z sześciu uczniów i dwóch nauczycieli zdobył tytuł laureata w tym konkursie.

Słowa kluczowe: magnesy, bieguny magnetyczne, siły działające między magnesami, wzajemność oddziaływań

1. Wstęp

Magnesy coraz częściej są obecne w naszym codziennym życiu w postaci różnych akcesoriów takich jak np. magnetyczne uchwyty, narzędzia, zabawki. Obok znanych od dawna magnesów ferrytowych pojawiły się silne magnesy neodymowe i magnesy alnico. W szkole lekcje fizyki na temat magnesów i ich właściwości spotykają się ze zwiększonym zainteresowaniem uczniów. Już podczas pierwszych obserwacji daje się zauważyć wzajemność oddziaływań magnetycznych „na odległość”, podobnie jak w przypadku oddziaływań elektrostatycznych lub grawitacyjnych [Zegrodnik i Zegrodnik 2006]. Jak odległość między biegunami magnetycznymi wpływa na wielkość siły wzajemnego oddziaływania? W opisywanym doświadczeniu należało sprawdzić jaki charakter ma taka zależność. Czy jest to zależność liniowa? A może bieguny magnetyczne oddziałują ze sobą podobnie jak ładunki elektryczne (prawo Coulomba) lub jak grawitacyjnie oddziałujące ze sobą masy (prawo powszechnej grawitacji Newtona) [en.wikipe-

dia.org]? Czy oddziaływania magnetyczne, elektryczne i grawitacyjne mają ze sobą coś wspólnego? Uczniowie na poziomie szkolnej edukacji mogą się o tym przekonać wyciągając wnioski z wyników swoich badań.

Eksperyment fizyczny w edukacji spełnia ważną rolę poznawczą, gdyż poprzez obserwacje zjawisk i wykonywanie pomiarów umożliwia uczniom samodzielne odkrywanie praw przyrody. Kształtuje też umiejętność stawiania hipotez i ich weryfikację przy pomocy naukowej metody badawczej. Eksperyment fizyczny może być doskonałym narzędziem kształtującym kluczowe kompetencje uczniów takie jak krytyczne myślenie, analiza danych, wnioskowanie, planowanie i przewidywanie efektów swoich działań [Jarosz 2009].

Celami niniejszej pracy było:

1. Zbudowanie przez uczniów we współpracy z nauczycielami prostego układu pomiarowego i zbadanie zależności między wartością siły magnetycznej, a odległością między magnesami,

*Corresponding author
E-mail address: zegbar@gmail.com

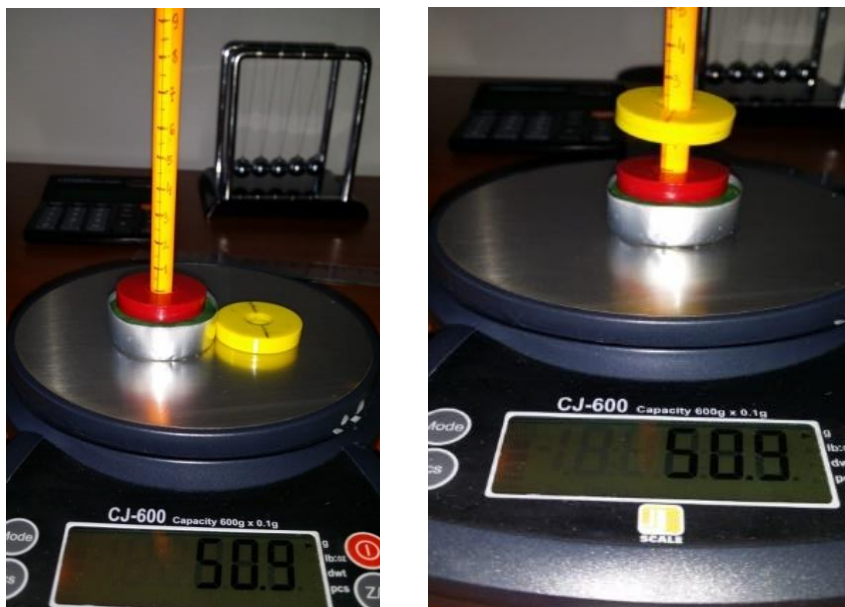
2. Kształtowanie umiejętności pracy zespołowej i budowanie partnerskich relacji między nauczycielami a uczniami.

2. Materiał i metody

Układ pomiarowy składał się ze statywu, dwóch magnesów z otworami w środku pozwalającymi nałożyć magnesy na statyw i wagi elektronicznej mierzącej z dokładnością do 0,1 g. Statyw wykonany przez uczniów składał się z ołówka umieszczonego na podstawce z plasteliny. Na ołówek naklejono papier, na którym narysowana została podziałka przy pomocy linijki pozwalająca mierzyć odległość między magnesami z dokładnością do 1 mm. Magnesy nałożono na ołówek tak, aby były zwrócone do siebie biegunami jednoimiennymi. Zdjęcia poniżej pokazują układ z lewitującym magnesem i z tym samym magnesem położonym bezpośrednio na wadze [Rys. 1]. Wskazania wagi w obu przypadkach są jednakowe. Ten moment, to okazja do

zwrócenia uwagi na wzajemność oddziaływań i na przykład sił równoważących się działających na lewitujący magnes. Siła odpychania między magnesami równoważy ciężar lewitującego magnesu. Waga „czuje” więc w obu przypadkach nacisk równy ciężarowi obu magnesów.

Zmiana odległości między magnesami zmienia wartość siły magnetycznego odpychania, co powoduje zmianę wskazań wagi. Aby wskazania wagi wyrażone w gramach przedstawić w jednostkach siły wystarczyło wykorzystać zależność między masą i ciężarem ($F_g = m \cdot g$). Wcześniej odjęto od każdego wyniku pomiaru masę statywu oraz masę magnesu leżącego ciągle na wadze. W ten sposób otrzymano wyłącznie wartości siły magnetycznej. Podczas pomiarów odległość między magnesami zmieniano w zakresie od 10 mm do 75 mm. Siła odpychania między magnesami zmieniała się od 0,508 N do wartości bliskiej zeru przy 75 mm. Użycie wagi elektronicznej pozwoliło na mierzenie bardzo małych sił z dokładnością do 0,001 N.



Rys. 1. Układ pomiarowy z dwoma magnesami. Siła odpychania magnetycznego równoważy ciężar lewitującego magnesu (rys. po prawej)

Fig. 1. Measurement setup with the two magnets. The repulsive magnetic force balances the weight of the levitating magnet (fig. on the right)

3. Wyniki

Pomiary wykonano dla 11 różnych odległości między magnesami. Wyniki zamieszczono w tabeli, w której siłę magnetyczną oznaczono jako F_m , a odległość między magnesami, jako d [Tabela 1].

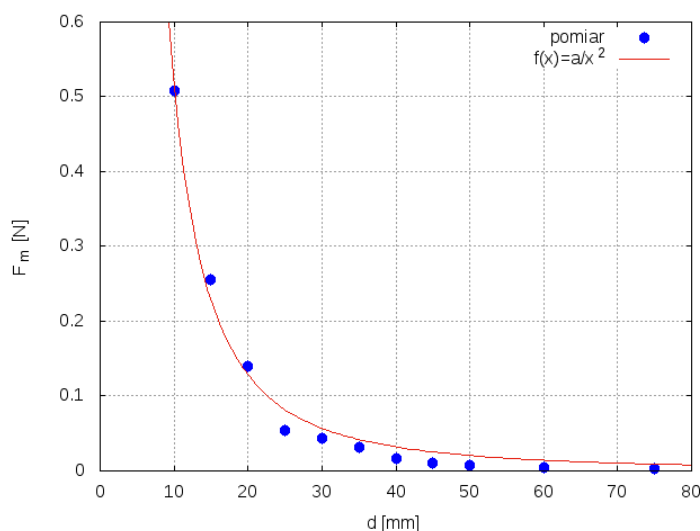
Na podstawie danych zebranych w tabeli wykonano wykres zależności siły F_m od odległości d [Rys. 2]. Punkt odpowiadający na wykresie lewitacji magnetycznej ma współrzędne $d = 22$ mm i $F_m = 0,11$ N. Dzieli on wykres na dwie części. Pierwsza odpowiada odległościom

mniejszym niż ta, przy której występuje lewitacja i pokazuje bardzo silną zależność F_m od d . Druga część, odpowiadająca odległościom większym niż ta, przy której obserwuje się lewitację, odzwierciedla dużo słabszy wpływ odległości na wartość siły. Jest to cecha charakterystyczna zależności typu $y = a/x^2$. Przy dużych odległościach wartość siły zmierza asymptotycznie do zera. Dopasowanie krzywej typu $f(x) = a/x^2$ otrzymano dla wartości parametru $a = 0.513 \cdot 10^2$ N·mm², który wyznaczono za pomocą programu gnuplot [www.gnuplot.info].

Tabela 1. Wyniki pomiarów siły magnetycznej F_m [N] i odległości między magnesami d [mm]

Table 1. Measured values of the magnetic force F_m [N] and the corresponding distances between the magnets d [mm]

Lp. No	Odległość między magnesami d [mm] Distance between magnets d [mm]	Siła działająca między magnesami F_m [N] Magnetic force between magnets F_m [N]
1	10	0.508
2	15	0.255
3	20	0.140
4	25	0.054
5	30	0.043
6	35	0.031
7	40	0.017
8	45	0.010
9	50	0.007
10	60	0.005
11	75	0.003



Rys. 2. Wykres zależności siły działającej między magnesami F_m [N] od odległości między nimi d [mm]

Fig. 2. Magnetic force F_m [N] as a function of distance between the two magnets d [mm]

4. Dyskusja i wnioski

Opisana metoda pozwala w prosty sposób zmierzyć siłę oddziaływania między magnesami i bardzo dobrze nadaje się do wykorzystania w szkolnej pracowni. Wykres zależności siły magnetycznej od odległości między magnesami dowodzi, że nie jest to zależność liniowa. Widać wyraźnie, że wartość siły magnetycznej maleje

wraz ze wzrostem odległości tak samo jak wartość siły elektrostatycznej czy grawitacyjnej. Jednak porównując oddziaływania magnetyczne z elektrostatycznymi i grawitacyjnymi należy zauważyć, że nie istnieją pojedyncze, oddzielone od siebie bieguny magnetyczne, tak jak istnieją oddzielne ładunki elektryczne i oddzielne masy [Hewitt 2003].

Literatura

Hewitt, P. G. (2003). *Fizyka wokół nas*. PWN, Warszawa.

Jarosz J. (2009). *Kształtowanie kompetencji kluczowych w nauczaniu fizyki*. Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego.

Zegrodnik, B., Zegrodnik, M. (2006). *SMS – Fizyka*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa

https://en.wikipedia.org/wiki/Force_between_magnets

<http://www.gnuplot.info/>

Measurement setup for studying magnetic interactions

Abstract

By using a simple measurement setup available in every physics classroom, the value of the magnetic force acting between two magnetic poles was measured as a function of distance between them. The measurement method uses the 3rd principle of dynamics and allows to measure magnetic forces with an accuracy of 0.001 N. The distance between the magnets was measured with an accuracy of 1 mm by using a millimeter scale. A figure which visualizes the obtained results together with the fitted curve is provided and has been obtained with the use of the gnuplot software. The research was carried out as part of the national contest "Science for You", organized by the Copernicus Science Center and the Minister of Science and Higher Education. A team of six students and two teachers won the title of laureate in this contest.

Keywords: magnets, magnetic poles, magnetic forces, interactions