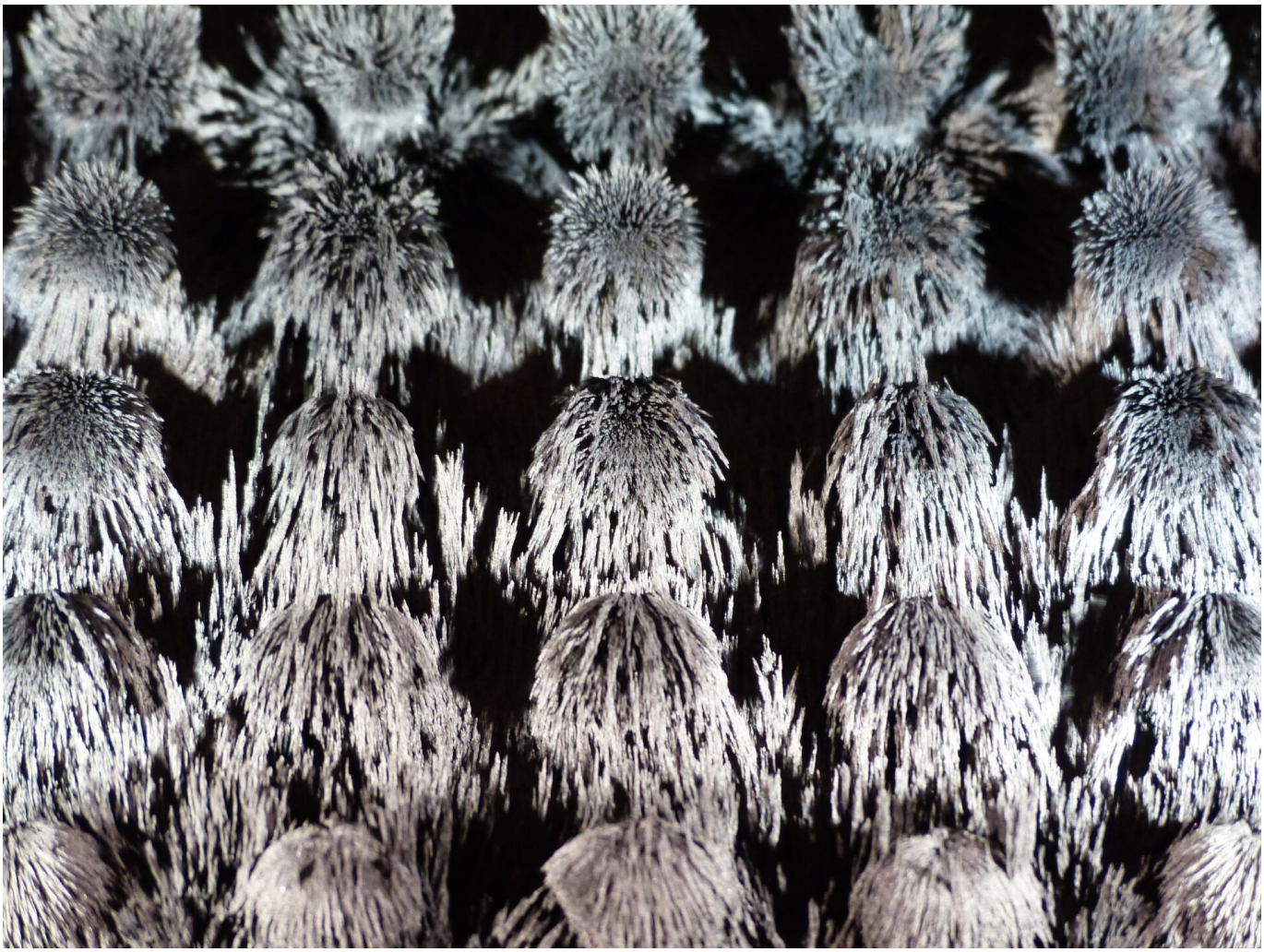
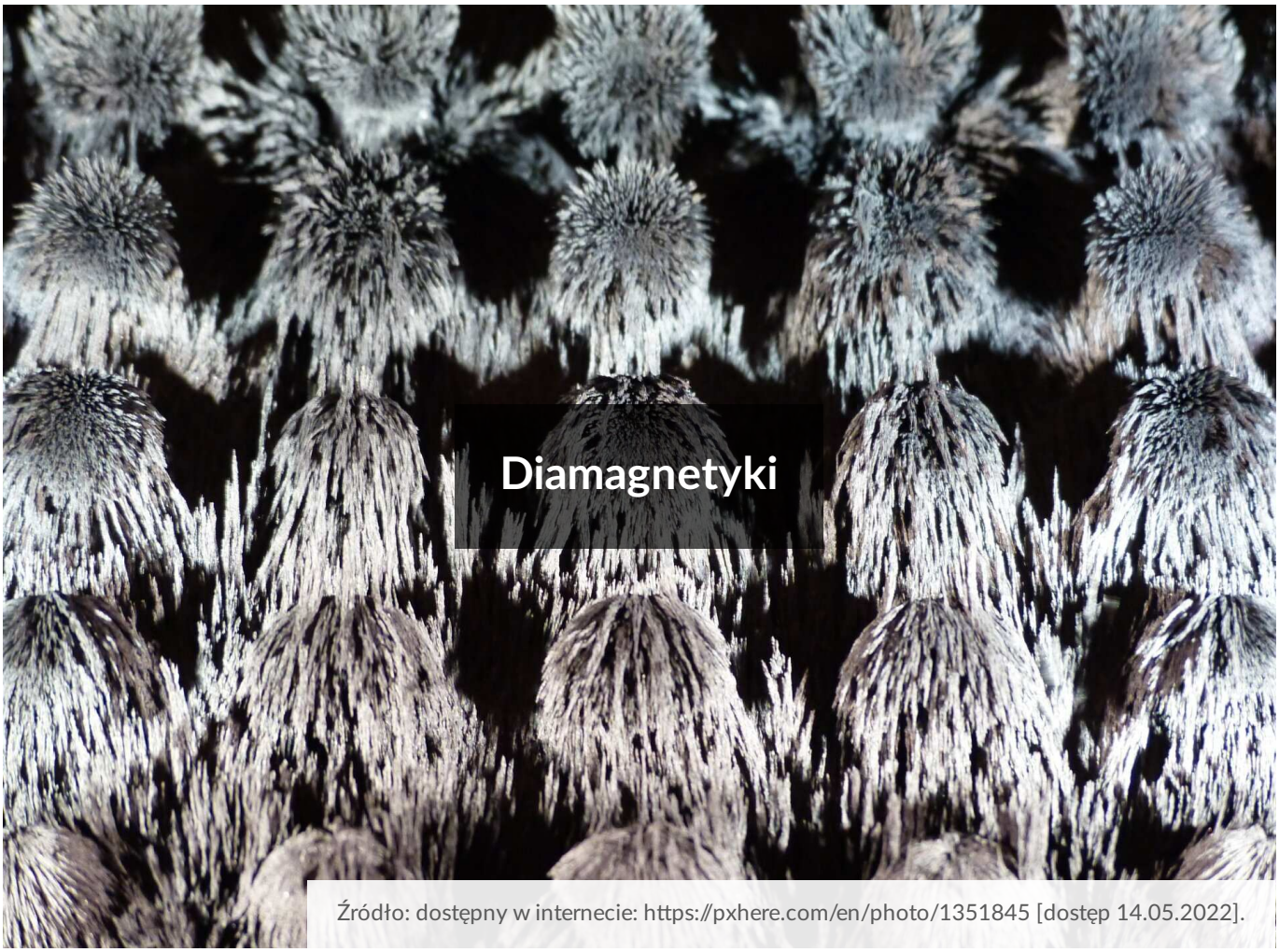


Diamagnetyki

- Wprowadzenie
- Przeczytaj
- Film samouczek
- Sprawdź się
- Dla nauczyciela



Źródło: dostępny w internecie: https://pxhere.com/en/photo/1351845 [dostęp 14.05.2022].

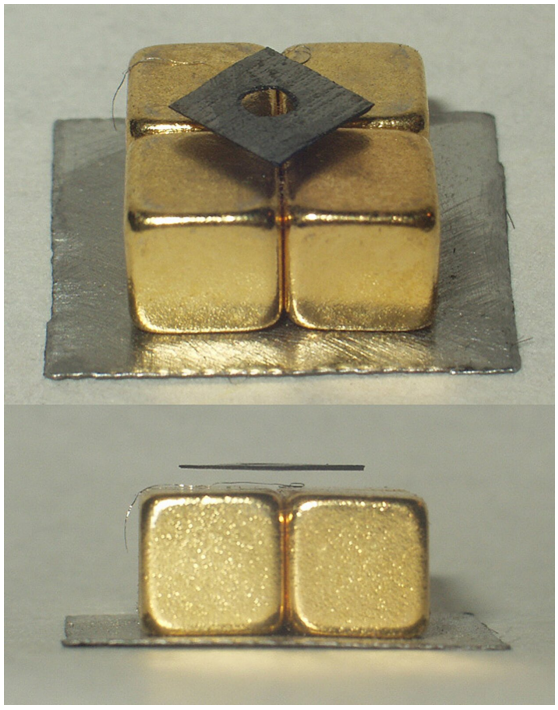
Czy to nie ciekawe ?

Substancje w różny sposób wpływają na pole magnetyczne, do którego je wprowadzono. Na ogół ich działanie jest znikome. Znikomy, wręcz niezauważalny wobec tego, jest też wpływ pola magnetycznego na nie. Do wyjątków należą ferromagnetyki, które potrafią wzmocnić pole magnetyczne nawet setki tysięcy razy i które w widoczny sposób są wciągane w obszar silniejszego pola magnetycznego – na przykład przyciągane do bieguna magnetycznego magnesu. Substancje paramagnetyczne bardzo słabo wzmacniają pole magnetyczne i są bardzo słabo przyciągane. Ale w przypadku obu tych grup materiałów wyjaśniamy ich oddziaływanie z polem magnetycznym w ten sam sposób.

Natomiast istnieje grupa magnetyków, które zmniejszają pole magnetyczne, w którym je umieszczono. W dodatku okazuje się, że biegun magnesu działa na nie odpychająco a nie przyciągająco. Tym rodzajem substancji są diamagnetyki. Przykład efektownego

doświadczenia przedstawiono na Fot. a. Jak to możliwe? Dlaczego diamagnetyk jest wypychany z obszaru silniejszego pola magnetycznego?

Na te, między innymi, pytania znajdziesz odpowiedź studiując ten e-materiał.



Fot. a. Diamagnetyczny grafit wypychany z pola magnetycznego magnesów neodymowych. Siła magnetyczna działająca na grafit równoważy siłę grawitacji. Mamy do czynienia z tak zwaną lewitacją magnetyczną – unoszeniem się próbki nad magnesem.
Źródło: Splarka, dostępny w internecie: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Diamagnetic_graphite_levitation.jpg [dostęp 14.05.2022], domena publiczna.

Twoje cele

- dowiesz się, w jaki sposób badamy wpływ różnych substancji na wartość wektora indukcji magnetycznej,
- zapoznasz się z podziałem substancji na grupy w zależności od rodzaju i wielkości wpływu na wartość indukcji magnetycznej,
- dowiesz się, które substancje są diamagnetykami,
- zrozumiesz, jak to się dzieje, że pole magnetyczne jest osłabiane przez diamagnetyki i dlaczego nie pozostają namagnesowane, gdy usuniemy je

z pola zewnętrznego,

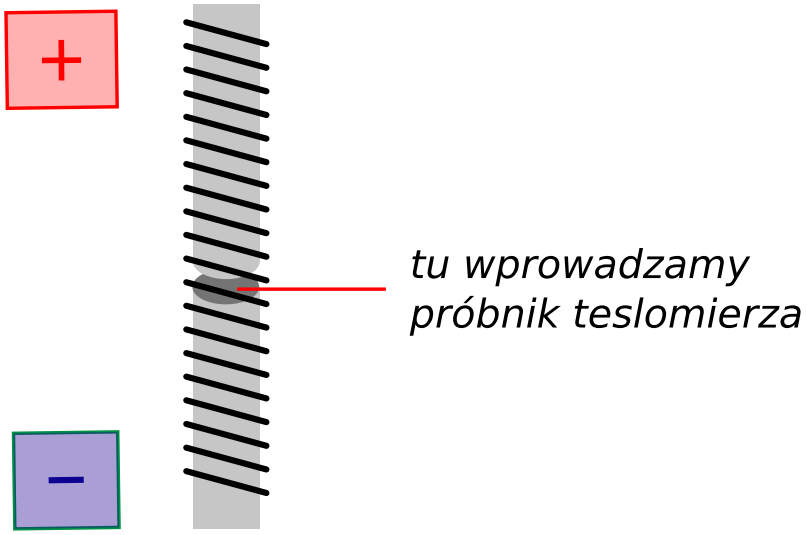
- zrozumiesz, dlaczego magnes odpycha diamagnetyki, choć to działanie jest bardzo słabe,
- zastosujesz regułę Lenza do poglądowego wyjaśnienia mechanizmu diamagnetyzmu,
- obliczysz wartość indukcji magnetycznej wewnątrz diamagnetyka w polu zewnętrznym.

Przeczytaj

Warto przeczytać

Zacznijmy od tego, co oznacza diamagnetyzm. To zjawisko fizyczne polegające na osłabianiu pola magnetycznego w bardzo małym stopniu przez umieszczenie w tym polu pewnej substancji zwanej diamagnetykiem.

Czy wiesz, w jaki sposób bada się wpływ substancji na pole magnetyczne? Jak wykonać pomiar indukcji magnetycznej wewnątrz badanej substancji? Typowy układ doświadczalny, pozwalający na taki pomiar przedstawiony jest na Rys. 1.:



Rys. 1. Sposób użycia teslomierza

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0. Licencja: https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl.

Wyobraźmy sobie dwa rdzenie z badanej substancji umieszczone wewnątrz elektromagnesu. W małej szczelince między rdzeniami umieszczamy czujnik indukcji magnetycznej – teslomierz (Rys. 2.).

Ponieważ szczelinka między rdzeniami jest bardzo wąska, pole magnetyczne wewnątrz szczelinki jest z dobrym przybliżeniem polem jednorodnym, więc indukcja magnetyczna wewnątrz szczeliny ma taką samą wartość jak w rdzeniu.

Rys. 2. Teslomierz.

Źródło: Maciej J. Mrowiński, licencja: CC BY 4.0. Licencja: https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl.

Miarą wpływu substancji na pole magnetyczne, w którym ta substancja jest „zanurzona”, jest **względny współczynnik przenikalności magnetycznej**. Jest on zdefiniowany jako stosunek wartości B indukcji magnetycznej w obecności danej substancji do wartości indukcji magnetycznej B_0 bez tej substancji (w próżni),

$$\mu = \frac{B}{B_0}.$$

Substancje - ze względu na wartość względnego współczynnika przenikalności magnetycznej - zostały podzielone na trzy główne grupy:

- diamagnetyki – w bardzo małym stopniu zmniejszają pole magnetyczne; $\mu_r < 1$ (np. dla wody $\mu_r = 0{,}999991$),
- paramagnetyki – w bardzo małym stopniu zwiększają pole magnetyczne; μ_r (np. dla cyny $\mu_r = 1{,}000002$),

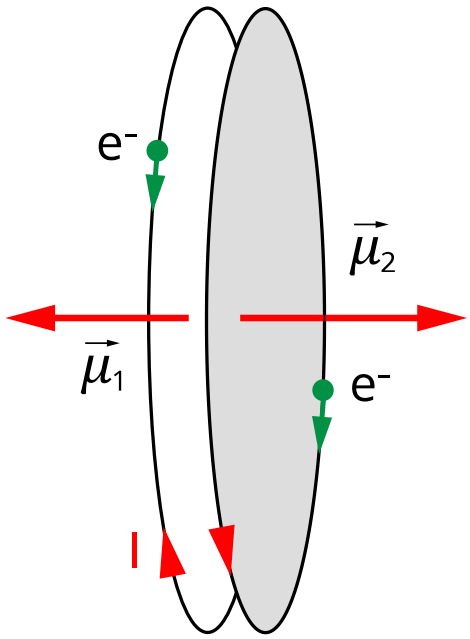
- ferromagnetyki – w bardzo wielkim stopniu zwiększają pole magnetyczne; $\mu_r \gg 1$ (np. dla żelaza elektrolitycznego $\mu_r = 15000$).

Tutaj będą nas interesowały **diamagnetyki**. Należą do nich: woda, miedź, ołów, złoto, srebro, cynk, rtęć, gazy szlachetne, siarka, diament, grafit, chlorek sodu, kwarc, ciekły azot. Do tego należy dodać prawie wszystkie związki organiczne i większość związków nieorganicznych. Z metali najsilniejsze właściwości diamagnetyczne wykazuje bizmut.

Wartość indukcji pola magnetycznego wytworzonego w diamagnetyku jest wprost proporcjonalna do indukcji B_0 pola zewnętrznego, co oznacza, że współczynnik μ_r ma dla diamagnetyka stałą wartość.

Jak to się dzieje, że diamagnetyki zmniejszają pole magnetyczne?

Na początku należy stwierdzić, że atomy substancji diamagnetycznych mają zerowy moment magnetyczny. Czyżby ustał w nich ruch elektronów? Absolutnie tak się nie dzieje! Chodzi o to, że momenty magnetyczne poszczególnych elektronów w atomie wzajemnie się znoszą. Wyobraźmy sobie na przykład atom helu. Ma on wypełnioną powłokę elektronową, na której znajdują się 2 elektrony (Rys. 3.).



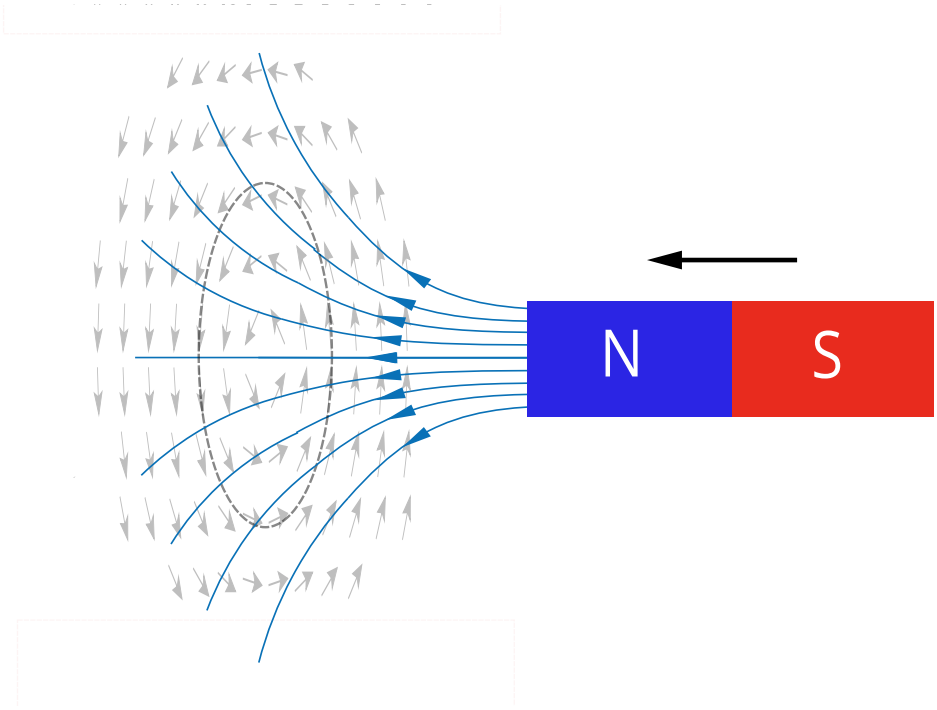
Rys. 3. "Prądy atomowe" przypisywane sparowanym elektronom płyną z jednakowymi natężeniami w przeciwnych kierunkach. Pochodzące od tych prądów momenty magnetyczne są przeciwne, więc znoszą się do zera

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0. Licencja: https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl.

Wypadkowy moment magnetyczny atomu helu równy jest zeru. Okazuje się, że tego typu atomów, o wszystkich sparowanych elektronach, a więc pozbawionych momentu magnetycznego, jest całkiem sporo. Zauważ, że jeśli dla jakiegoś obiektu wektor $\vec{\mu}$ jest zerowy, to ten obiekt nie wytwarza pola magnetycznego. Tak jest właśnie z atomami diamagnetyków.

Co się stanie, jeśli atom diamagnetyka wprowadzimy w zewnętrzne pole magnetyczne? Na to pytanie poprawnie odpowiada fizyka kwantowa. Tutaj możemy przedstawić jedynie uproszczony, poglądowy model diamagnetyzmu.

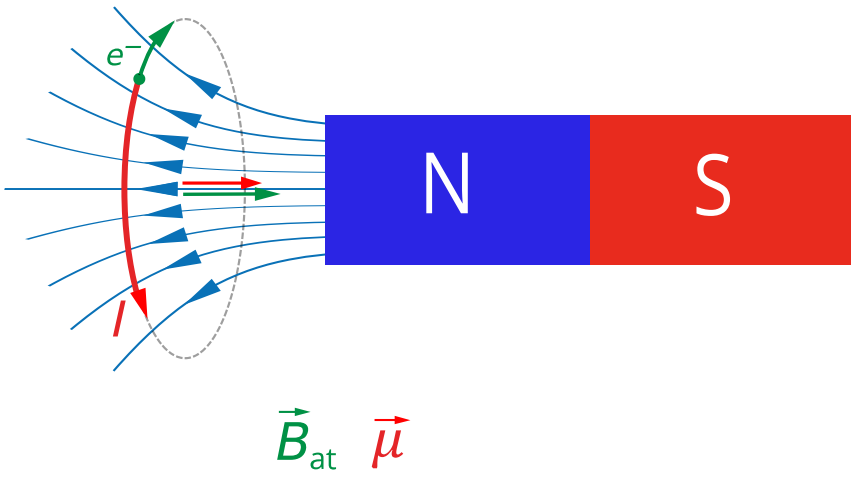
Wprowadzenie w zewnętrzne pole magnetyczne spowoduje, że w atomie zajdzie zjawisko indukcji elektromagnetycznej. Z punktu widzenia obecnego w atomie elektronu pojawi się wirowe pole elektryczne (Rys. 4a.).



Rys. 4a. Do atomu zbliża się źródło pola magnetycznego. Szare strzałki obrazują powstające wirowe pole elektryczne, które - w ramach tego uproszczonego modelu - będzie generować "prąd atomowy" o kierunku zgodnym z kierunkami pola elektrycznego (Rys. 4b.)

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0. Licencja: https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl.

Spowoduje ono pojawienie się „prądu atomowego”. Prąd ten - zgodnie z regułą Lenza - wytworzy pole magnetyczne „przeciwdziałające” zmianom strumienia zewnętrznej indukcji magnetycznej przez powierzchnię „obwodu”, czyli - w naszym modelu - orbity elektronu. W sytuacji przedstawionej na Rys. 4a. pole to będzie - w środku zaznaczonej linią przerywaną pętli - przeciwne do zewnętrznego. Analogicznie będzie z wektorem momentu magnetycznego, co - po zatrzymaniu magnesu - widoczne jest na Rys. 4b.



Rys. 4b. Układ z Rys. 4a. po wygenerowaniu "prądu atomowego" i zatrzymaniu magnesu. Mamy skierowane przeciwnie do pola zewnętrznego pole wygenerowane przez poruszający się po przerywanej linii (okrąg w perspektywie) elektron. Zwrot pola $\vec{B}_{\mathrm{at}}$ jest przeciwny do zwrotu pola zewnętrznego na osi symetrii obwodu, zgodnie z regułą Lenza

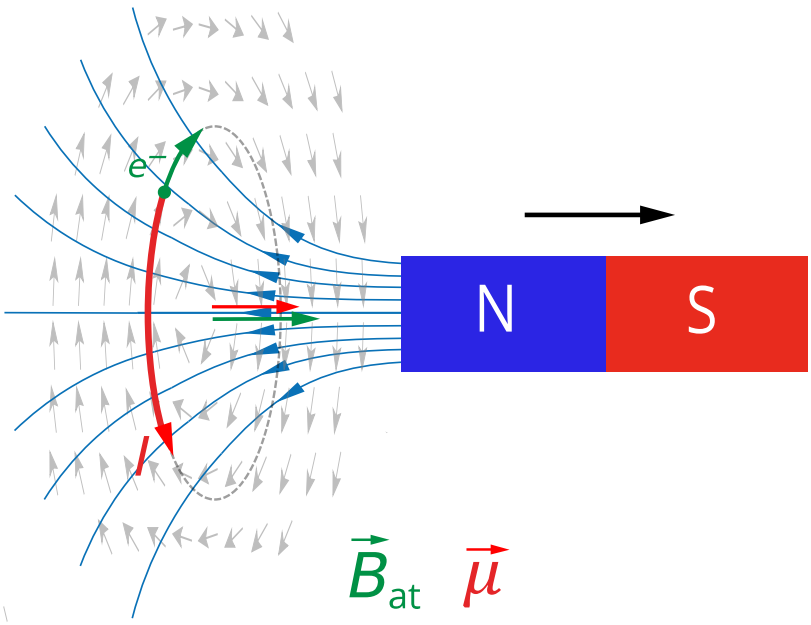
Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0. Licencja: https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl.

Można spytać, dlaczego ten (powstały wskutek zmiany strumienia indukcji magnetycznej) prąd w atomach nie ustaje, gdy przestaniemy zmieniać strumień. Przysunęliśmy magnes i już jest nieruchomy, a nadal nie ustaje wywołany indukcją ruch elektronów. Z podobną sytuacją mamy do czynienia w nadprzewodniku, który ma praktycznie zerowy opór elektryczny. Zatem w naszej sytuacji - z braku materialnego przewodnika i jakiejkolwiek przeszkody dla ruchu elektronów - wzbudzony w atomie prąd będzie płynął w nieskończoność, chyba że coś go „wyłączy”.

„Prąd” ten wytwarza pole magnetyczne, więc można mierzyć jego magnetyczny moment dipolowy.

A w jaki sposób można wyjaśnić „zniknięcie” uprzednio wytworzonego momentu magnetycznego, gdy usuniemy z obszaru diamagnetyka zewnętrzne pole magnetyczne? Tak jest istotnie: diamagnetyk nie wykazuje żadnej pozostałości magnetycznej, więc atomowe momenty magnetyczne powinny zniknąć.

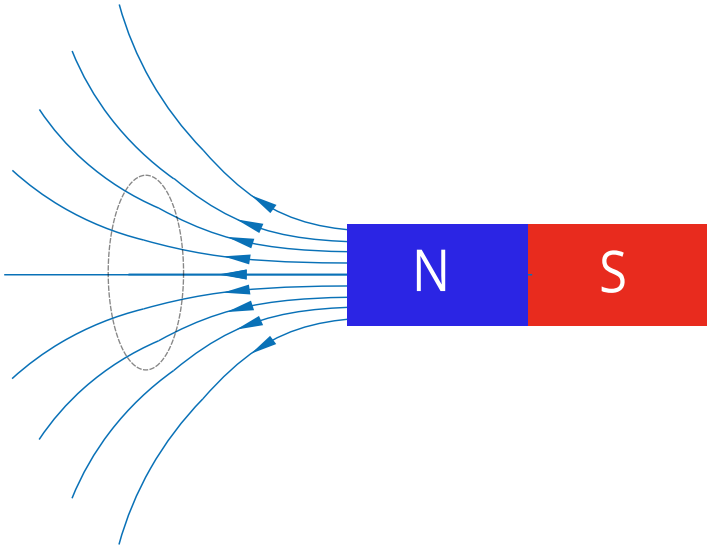
Jeśli zaczniemy oddalać magnes od atomu z Rys. 4b., wygenerujemy wirowe pole elektryczne o zwrocie przeciwnym do tego przedstawionego na Rys. 4a. - patrz Rys. 5a. Spowoduje ono - obrazowo rzecz biorąc - „wyhamowanie” uprzednio wyindukowanego prądu.



Rys. 5a. Układ z Rys. 4b. z oddalającym się magnesem, generującym wirowe pole elektryczne przeciwne do tego z Rys. 4a. Odpowiada ono tutaj za skasowanie wyindukowanego wcześniej "prądu atomowego"

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0. Licencja: https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl.

Na Rys. 5b. - być może niezbyt ciekawym, ale ważnym - mamy atom już bez „prądu atomowego” i oddalony odeń magnes. Istotne jest, że pokazaliśmy, skąd bierze się brak trwałego namagnesowania w takiej sytuacji.



Rys. 5b. Ruch elektronów zobrazowany na Rys. 5a zakończył się; w szczególności widać, że mniej linii pola przechodzi przez kontur, wzdłuż którego płynął "prąd atomowy", skasowany przez oddalanie magnesu. Pozostałość po chwilowym "namagnesowaniu" diamagnetyka jest wobec tego zerowa

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0. Licencja: https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl.

W próbce diamagnetyka mamy ogromną liczbę atomów. Choć efekt wytwarzania przeciwnego pola w pojedynczym atomie jest bardzo słaby, to sumaryczny efekt jest już zauważalny, chociaż nadal niewielki. Np. dla bizmutu - metalu, w którym diamagnetyzm manifestuje się najsilniej - względna przenikalność magnetyczna $\mu_r = 0{,}9998352$. Jeśli wprowadzimy próbkę bizmutu w pole magnetyczne o indukcji równej $1\,\mathrm{T}$, to zmierzona wartość indukcji w bizmucie będzie wynosiła $0{,}9998352\,\mathrm{T}$. Widać efekt zmniejszenia pola magnetycznego. Na magnetyczne pole wypadkowe składa się pole zewnętrzne i przeciwnie skierowane pole wytworzone w atomach tego metalu.

Słowniczek

Teslomierz

(*ang.: teslameter*) - przyrząd do pomiaru indukcji magnetycznej. Składa się z przetwornika pola magnetycznego w sygnał elektryczny oraz układu do pomiaru

sygnału. Ze względu na zasadę działania wyróżniamy teslomierze hallotronowe, rezonansowe, indukcyjne oraz transduktorowe.

Dipol magnetyczny

(*ang.: magnetic dipole*) - układ wytwarzający pole magnetyczne, które cechuje magnetyczny moment dipolowy, na przykład magnes trwały, solenoid lub pojedyncza pętla z prądem. Wszystkie skończone źródła pola magnetycznego są dipolami.

Moment magnetyczny

(*ang.: magnetic dipole moment*) - wielkość fizyczna cechująca dipol magnetyczny, która określa jego oddziaływanie z zewnętrznym polem magnetycznym. Moment magnetyczny dipolowy definiuje się przez moment siły działający na niego w zewnętrznym polu magnetycznym $\overrightarrow{M} = \overrightarrow{\mu} \times \overrightarrow{B}$.

Indukcja elektromagnetyczna

(*ang.: electromagnetic induction*) - wytwarzanie prądu indukcyjnego w obwodzie zamkniętym w wyniku zmiany strumienia pola magnetycznego przez ten obwód.

Reguła Lenza

(*ang.: Lenz' rule*) - reguła ułatwiająca szybkie wyznaczenie kierunku prądu indukcyjnego. Formułuje się ją najczęściej w następujący sposób:

Kierunek prądu indukcyjnego jest taki, że przeciwdziała zmianie strumienia magnetycznego, która go wywołała.

„Przeciwdziałanie” polega na tym, że jeśli strumień indukcji przez powierzchnię rozpiętą na obwodzie rośnie, to pole magnetyczne wytworzone przez prąd indukcyjny w tym obwodzie jest tak skierowane, żeby zmniejszać ten strumień. I odwrotnie: gdy strumień maleje, to wyindukowane pole magnetyczne jest skierowane tak, żeby ten strumień zwiększyć.

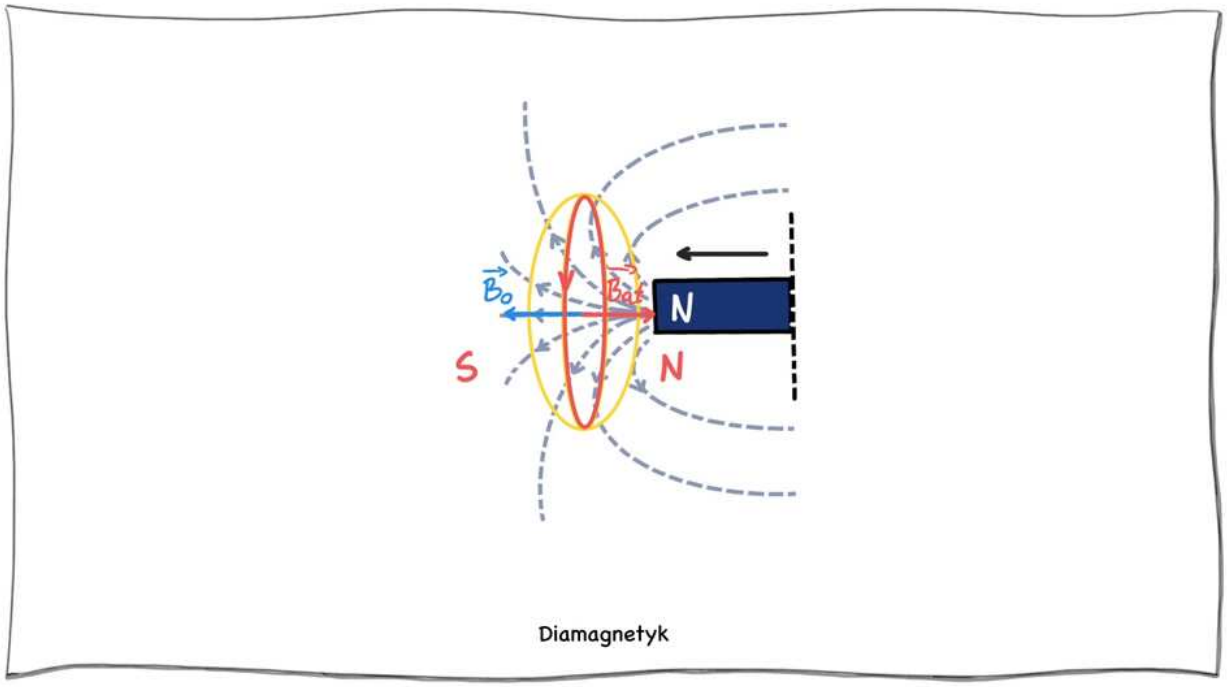
Elektrony sparowane

(*ang.: paired electrons*) – w fizyce atomowej określenie dla pary elektronów w jednym atomie, mających bardzo zbliżone energie i łączny (wypadkowy) moment magnetyczny równy zero.

Film samouczek

Diamagnetyki

> **Polecenie 1**
> Obejrzyj samouczek, w którym wyjaśniono, w jaki sposób magnes oddziałuje na substancję diamagnetyczną, wypychając ją w stronę słabszego pola magnetycznego. Najbardziej jest to widoczne dla dwóch „najlepszych” diamagnetyków, czyli takich, które osłabiają pole magnetyczne w największym stopniu. Dla nich wartość względnej przenikalności magnetycznej jest najmniejsza. Te substancje to bizmut i grafit.



Film dostępny pod adresem /preview/resource/R1WrxPfA7IMLG

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0. Licencja: https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl.

Zapoznaj się z audiodeskrypcją samouczka.

Polecenie 2

Uzupełnij tekst:

Atomy substancji diamagnetycznych mają _____ moment magnetyczny. Momenty magnetyczne poszczególnych elektronów w atomie _____ się wzajemnie. Po wprowadzeniu atomu diamagnetyka w zewnętrzne pole magnetyczne w atomie powstaje prąd indukcyjny, który wytwarza pole magnetyczne _____ pole zewnętrzne.

różny od zera | osłabiające | wzmacniające | znoszą | zerowy | dodają

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:

Ćwiczenie 1

Względny współczynnik przenikalności magnetycznej dla bizmutu wynosi 0,9998352. Oblicz wartość indukcji magnetycznej B zmierzonej wewnątrz bizmutu, jeśli próbkę tego metalu umieścimy w polu magnetycznym o indukcji $B_0 = 0{,}5\mathrm{T}$. Odpowiedź podaj z dokładnością do czterech cyfr znaczących.

Odp.: _____ T

Ćwiczenie 2

Względny współczynnik przenikalności magnetycznej dla bizmutu wynosi 0,9998352. Oblicz wartość B_S indukcji magnetycznej przeciwnej do zewnętrznego pola magnetycznego, pojawiającej się w próbce bizmutu umieszczonej w polu magnetycznym o indukcji $B_0 = 0{,}5\mathrm{T}$. Odpowiedź podaj z dokładnością do jednej cyfry znaczącej.

Odp.: _____ ·10 _____ T

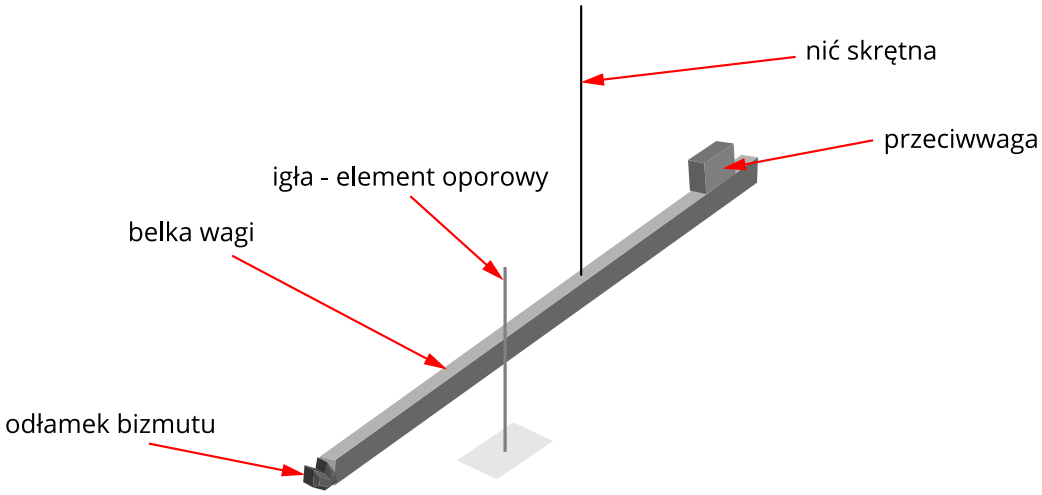
Ćwiczenie 3

Wektor indukcji magnetycznej $\overrightarrow{B_s}$ skierowany jest

- ○ przeciwnie do wektora indukcji pola zewnętrznego $\overrightarrow{B_0}$.
- ○ zgodnie z wektorem indukcji pola zewnętrznego $\overrightarrow{B_0}$.

Ćwiczenie 4

Rysunek poniżej przedstawia wagę skręceń, inaczej zwaną wagą Cavendisha. Na nici zawieszona jest belka, która dotyka pionowo ustawionej (wbitej w podłoże) igły. Na końcu belki znajduje się kawałek folii bizmutowej, podpisany na rysunku jako „odłamek bizmutu". Rysunek nie przedstawia magnesu. Trzymamy go w ręce i będziemy przysuwać do skrawka folii z bizmutu to z jego prawej, to z lewej strony.



Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0. Licencja: https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl.

Jeśli zbliżymy do bizmutu silny magnes od prawej strony biegunem N, to belka z bizmutem obróci się ☐ / nie obróci się ☐. Jeśli zbliżymy do bizmutu silny magnes od prawej strony biegunem S, to belka z bizmutem obróci się ☐ / nie obróci się ☐. Jeśli zbliżymy do bizmutu silny magnes od lewej strony biegunem N, to belka z bizmutem obróci się ☐ / nie obróci się ☐. Jeśli zbliżymy do bizmutu silny magnes od lewej strony biegunem S, to belka z bizmutem obróci się ☐ / nie obróci się ☐

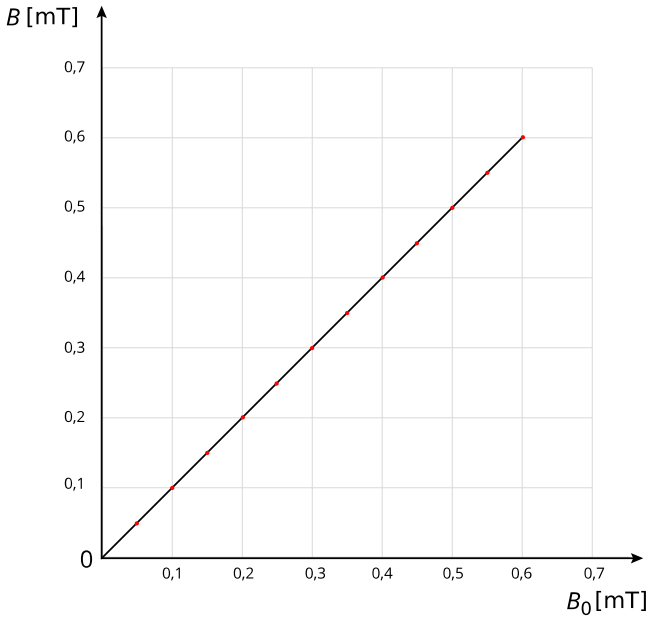
Ćwiczenie 5

Wpisz odpowiednią nazwę w okienko.

Przyrząd używany do pomiaru wartości indukcji magnetycznej to _____.

Ćwiczenie 6

Gdy narysujemy wykres zależności $B(B_0)$, otrzymamy dla wielu substancji prostą (zobacz wykres poniżej). Skala na osiach jest jednakowa.



Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0. Licencja: https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl.

Uzupełnij poprawnie zdanie.

Dla wszystkich diamagnetyków prosta nachylona jest do poziomu pod kątem nieco

mniejszym ☐ / większym ☐ niż 45°.

Ćwiczenie 7

Zjawisko polegające na wytwarzaniu w atomie przeciwnego pola magnetycznego do zewnętrznego zachodzi zawsze, tj. dla wszystkich atomów. Wyjaśnij, dlaczego widoczne jest ono tylko dla substancji diamagnetycznych.

Ćwiczenie 8

W pewnej substancji diamagnetycznej umieszczonej w polu o indukcji $B_0 = 0{,}1\,\mathrm{T}$ wytwarza się pole magnetyczne o indukcji $B_s = 0{,}00005\,\mathrm{T}$. Oblicz wartość, jaką powinna mieć indukcja pola magnetycznego zewnętrznego B_0, aby „wyindukowane” pole magnetyczne w substancji miało indukcję $100\times$ większą niż B_s, tj. $0{,}005\,\mathrm{T}$.

Odp.: B_0 = _____ T

Dla nauczyciela

Imię i nazwisko autora:	Nina Tomaszewska
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	**Diamagnetyki**
Grupa docelowa:	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres rozszerzający zapis podstawy programowej dla kształcenia rozszerzonego
Podstawa programowa:	**Cele kształcenia – wymagania ogólne** I. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości. **Zakres rozszerzony** **Treści nauczania – wymagania szczegółowe** I. Wymagania przekrojowe. Uczeń: 19) wyodrębnia zjawisko z kontekstu, nazywa je oraz wskazuje czynniki istotne i nieistotne dla jego przebiegu; IX. Magnetyzm **Rozszerzenie podstawy programowej**

Kształtowane kompetencje kluczowe:	**Zalecenia Parlamentu Europejskiego i Rady UE z 2018 r.:** • kompetencje w zakresie rozumienia i tworzenia informacji, • kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii, • kompetencje cyfrowe, • kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się.
Cele operacyjne:	Uczeń: 1. objaśnia, w jaki sposób badamy wpływ różnych substancji na wartość wektora indukcji magnetycznej, 2. dzieli substancje na grupy w zależności od rodzaju i wielkości ich wpływu na wartość indukcji magnetycznej, 3. wymienia przykłady diamagnetyków, 4. wyjaśnia mechanizm osłabiania pola magnetycznego przez diamagnetyki, 5. wyjaśnia zerową pozostałość magnetyczną w diamagnetykach po usunięciu ich z pola zewnętrznego, 6. wyjaśnia, dlaczego magnes odpycha diamagnetyki, choć to działanie jest bardzo słabe.
Strategie nauczania:	blended learning
Metody nauczania:	wykład informacyjny wspomagany pokazem multimedialnym
Formy zajęć:	Praca w zespole klasowym
Środki dydaktyczne:	Niniejszy e-materiał + komputer z rzutnikiem lub tablety do dyspozycji każdego ucznia
Materiały pomocnicze:	

PRZEBIEG LEKCJI
Faza wprowadzająca:
Nauczyciel zaciekawia uczniów pokazując zdjęcie lewitującej próbki grafitu nad magnesami neodymowymi. (Najlepiej, gdyby miał taką możliwość i dokonał eksperymentu w pracowni fizycznej.) Zadaje uczniom pytanie, jak wytłumaczyć takie zjawisko lewitacji. Uczniowie prawdopodobnie odpowiedzą, że na grafit ze strony magnesu musi działać siła odpychająca, równoważąca siłę grawitacji. Ale pozostaje pytanie, dlaczego magnes odpycha grafit.
Faza realizacyjna:
Nauczyciel mówi o efekcie wytwarzania na zasadzie indukcji elektromagnetycznej w atomie prądu (odpowiedniego ruchu elektronów). Powstaje w ten sposób moment magnetyczny i pole magnetyczne przeciwne do pola magnetycznego zewnętrznego, do którego wprowadzamy próbkę. To przeciwne pole wytworzone przez wiele atomów daje efekt zmniejszenia wartości indukcji magnetycznej pola zewnętrznego B_0. Jeśli atomy substancji nie mają (bez obecności pola zewnętrznego) własnego momentu magnetycznego, to efekt jest widoczny. Jeśli jednak atomy posiadają już własny moment magnetyczny, to omawiany efekt przesłonięty jest przez zjawisko paramagnetyzmu lub ferromagnetyzmu. Tak więc obserwowalny diamagnetyzm wymaga zerowania się atomowych momentów magnetycznych substancji.
Faza podsumowująca:
W fazie podsumowującej nauczyciel wraz z uczniami rozwiązują te zadania, które nie dotyczą odpychania. To są zadania: 2., 3., 6. i 8. z zestawu ćwiczeń.
Praca domowa:
Jako pracę domową nauczyciel zadaje zadania: 1., 4., 5., i 7. z zestawu ćwiczeń oraz zapoznanie się z filmem samouczkiem.

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania danego multimedium:	Jeśli e-materiał „Paramagnetyzm” nie był wcześniej realizowany, to wtedy film samouczek powinien być zastosowany na lekcji: uczniowie zapoznają się z nim we własnym zakresie, a następnie wybrany uczeń przedstawia swoje rozumowanie wyjaśniające wypychanie diamagnetyka z zewnętrznego pola magnetycznego.