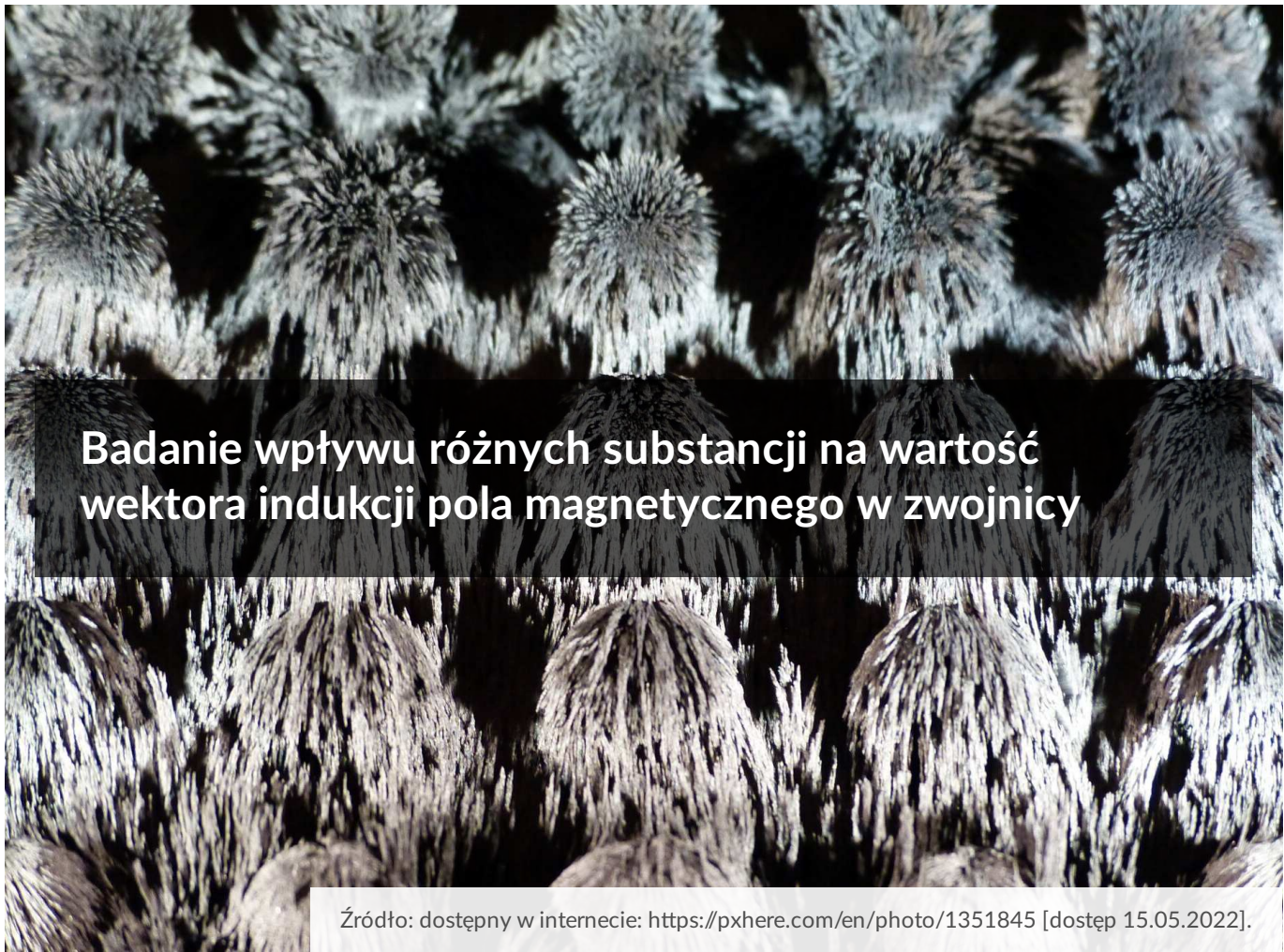




Badanie wpływu różnych substancji na wartość wektora indukcji pola magnetycznego w zwojnicy

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Symulacja interaktywna](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)

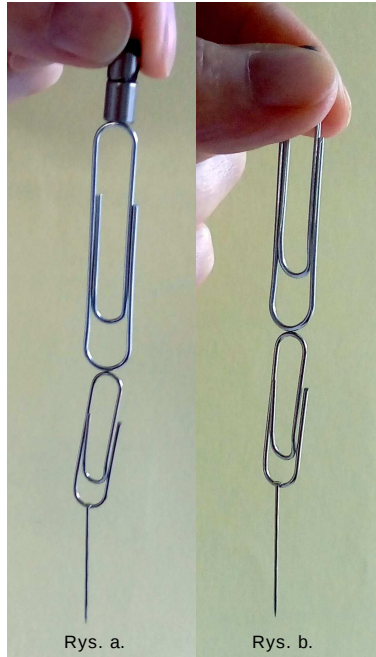


Badanie wpływu różnych substancji na wartość wektora indukcji pola magnetycznego w zwojnicy

Źródło: dostępny w internecie: <https://pxhere.com/en/photo/1351845> [dostęp 15.05.2022].

Czy to nie ciekawe?

Dzieci bardzo lubią bawić się magnesem i obserwować, jak na lekkie stalowe przedmioty działa zdalnie siła przyciągająca je do magnesu. Można przy tym zauważyć coś jeszcze innego poza owym działaniem na odległość. Spójrz na fotografię (Rys. a) przedstawiającą dość typową „zabawową” sytuację. Do magnesu przylega jeden spinacz, a pozostałe stalowe przedmioty wiszą ustawione jeden za drugim. Ale teraz widzimy coś dziwnego (Rys. b). Magnes został odczepiony od tego układu, a przedmioty trzymają się – nadal wiszą jeden za drugim. O co tu chodzi? Dlaczego tak jest, dowiesz się studiując ten e-materiał.



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

Twoje cele

W tym e-materiale:

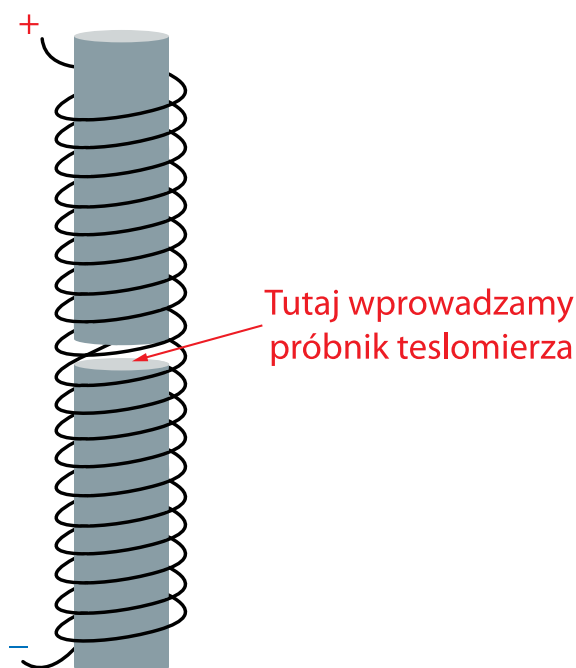
- dowiesz się, że pole magnetyczne zmienia się w obecności różnych substancji,
- dowiesz się, w jaki sposób badamy wpływ różnych substancji na wartość wektora indukcji magnetycznej,
- sklasyfikujesz substancje w zależności od rodzaju i wielkości wpływu na wartość indukcji magnetycznej,
- określisz cechy diamagnetyków, paramagnetyków i ferromagnetyków,
- sprawdzisz, że ferromagnetyki usunięte z pola magnetycznego wykazują stan namagnesowania.

Przeczytaj

Warto przeczytać

Opiszemy teraz typowy układ doświadczalny, pozwalający na pomiar **indukcji magnetycznej** wewnątrz substancji umieszczonej w **polu magnetycznym**.

Wydaje się, że nie jest to proste, bo jak zmierzyć wartość **indukcji magnetycznej wewnątrz** substancji? A jednak. Wyobraźmy sobie dwa rdzenie z badanej substancji umieszczone wewnątrz **elektromagnesu**. (Rys. 1.)



Rys. 1. Układ doświadczalny do pomiaru indukcji magnetycznej wewnątrz substancji.

W małej szczelinie między rdzeniami umieszczamy czujnik **indukcji magnetycznej** – **teslomierz** (zobacz Rys. 2.).



Rys. 2. Teslomierz.

Wydaje się, że jest to dobry pomysł, ale można mieć wątpliwości, czy szczelinka nie popsuje nam badania. Okazuje się jednak, że **pole magnetyczne** wewnątrz szczelinki jest z dobrym przybliżeniem polem jednorodnym, więc **indukcja magnetyczna** wewnątrz szczeliny ma taką samą wartość jak w rdzeniu.

Wyniki takich badań są bardzo interesujące. Na ogół substancje wprowadzone do wnętrza **elektromagnesu** w bardzo niewielkim stopniu zmieniają **pole magnetyczne** wytworzone przez prąd płynący w **elektromagnesie**. Okazuje się, że czasem nieznacznie zwiększają to pole, a czasem nieznacznie zmniejszają. Natomiast są takie substancje, które radykalnie, w ogromnym stopniu zwiększają **pole magnetyczne**. Miarą wpływu substancji na **pole magnetyczne**, w którym ta substancja jest „zanurzona”, jest **względny współczynnik przenikalności magnetycznej**. Jest on zdefiniowany jako stosunek wartości **indukcji magnetycznej** w obecności danej substancji B do wartości indukcji magnetycznej bez tej substancji (w próżni) B_0 , co można zapisać:

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

Substancje zostały podzielone na trzy główne grupy ze względu na wartość μ_r :

- 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**; $\mu_r > 1$ (np. dla cyny $\mu_r = 1,000002$)
- Ferromagnetyki – w bardzo dużym stopniu zwiększają **pole magnetyczne**; $\mu_r \gg 1$ (np. dla żelaza elektrolitycznego $\mu_r = 15000$)

Diamagnetykami są: woda, miedź, ołów, bizmut, 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.

Paramagnetyki to: glin (aluminium), sód, chrom, magnez, wapń, molibden, platyna, tytan, wolfram, siarczan niklu, chlorek miedzi, tlen.

Ferromagnetyki to: żelazo, kobalt, nikiel, gadolin, magnetyt (tlenek żelaza Fe_3O_4), hematyt (najważniejsza ruda żelaza Fe_2O_3 , $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$), stal węglowa, żeliwo, ferromagnetyczne spieki proszkowe (neodym + żelazo + bor: $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$, ferryty), ferromagnetyczne stopy np. alnico, supermajol.

Oczywiście powyższe zestawienie nie obejmuje wszystkich substancji z danej grupy, jedynie te najbardziej reprezentatywne.

Charakterystyczne dla ferromagnetyków jest to, że względna przenikalność magnetyczna μ_r nie jest dla nich stała, ale jest funkcją indukcji magnetycznej B_0 . Poza tym ferromagnetyki wykazują tzw. pozostałość magnetyczną, to znaczy rdzeń pozostaje namagnesowany po wyłączeniu elektromagnesu, gdy indukcja pola magnesującego B_0 wynosi zero.

Właśnie ten efekt widoczny był w naszym doświadczeniu ze spinaczami. Najpierw cała stalowa konstrukcja „wisała” na magnesie neodymowym. Spinacze namagnesowały się i ten stan trwał nawet wtedy, gdy magnes został usunięty.

Słowniczek

Elektromagnes

(ang. *electromagnet*) urządzenie wytwarzające pole magnetyczne w wyniku przepływu przez nie prądu elektrycznego. Zbudowany jest z cewki nawiniętej zazwyczaj na rdzeniu ferromagnetycznym. Pole magnetyczne wytwarzane przez elektromagnes wzrasta przy wzroście natężenia prądu elektrycznego płynącego przez cewkę i zanika, gdy prąd przestaje płynąć.

Indukcja magnetyczna

(ang. *magnetic induction*) podstawowa wielkość wektorowa opisująca pole magnetyczne. Opisuje natężenie pola magnetycznego wewnątrz ciała.

Pole magnetyczne

(ang. *magnetic field*) stan przestrzeni charakteryzujący się działaniem siły, zwanej siłą magnetyczną (Lorentza) na poruszający się ładunek umieszczony w tej przestrzeni bądź na obiekt obdarzony momentem magnetycznym; wielkością charakteryzującą pole magnetyczne jest wektor indukcji magnetycznej $\vec{B}$.

Teslomierz

(ang. *teslameter*) przyrząd do pomiaru indukcji magnetycznej. Składa się z przetwornika pola magnetycznego w sygnał elektryczny oraz układu do pomiaru sygnału. Podział teslomierzy: hallotronowe, rezonansowe, indukcyjne, transduktorowe.

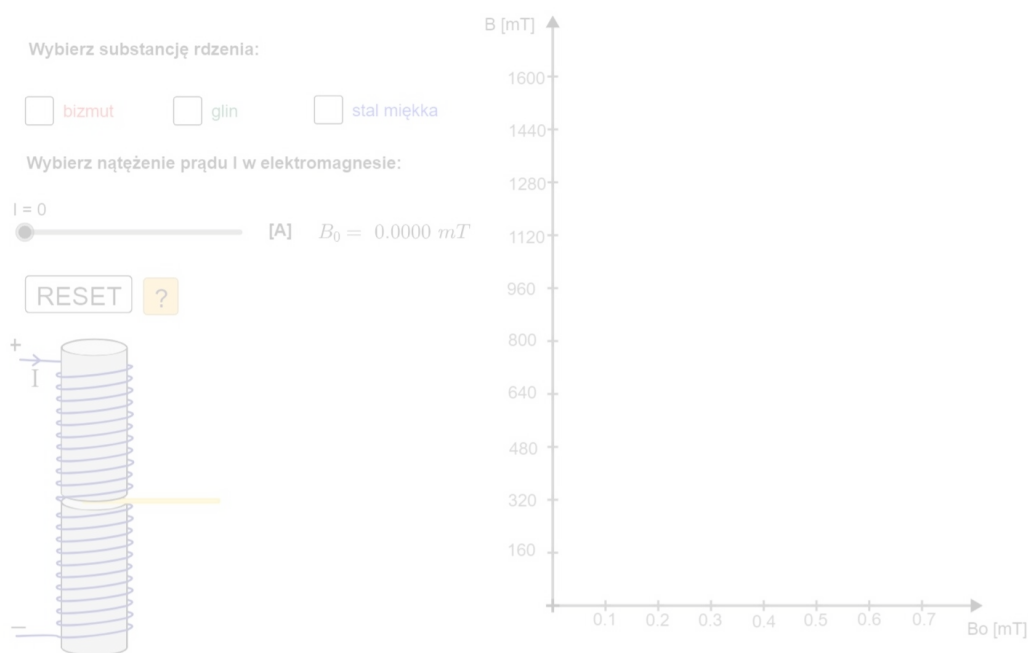
Symulacja interaktywna

Badanie wpływu różnych substancji na wartość wektora indukcji pola magnetycznego

Ta symulacja interaktywna pozwoli Ci „przeprowadzić badanie” substancji w sposób opisany w tekście powyżej. Do dyspozycji będą 3 substancje charakterystyczne dla każdej grupy magnetyków: bizmut (diamagnetyk), aluminium (paramagnetyk) i miękka stal, taka jaka jest używana w rdzeniach transformatora (ferromagnetyk).

Twój „eksperyment” będzie polegał na tym, że będziesz zmieniać natężenie prądu w elektromagnesie, wtedy zmiana będzie ulegała wartość indukcji B_0 i będziesz odczytywać na teslomierzu wartość indukcji magnetycznej w rdzeniu czyli B .

Docelowo chodzi o stworzenie wykresu indukcji magnetycznej w substancji w funkcji indukcji zewnętrznego pola magnetycznego $B(B_0)$ oraz o wyznaczenie względnej przenikalności magnetycznej μ_r dla każdej z badanych substancji.



Zasób interaktywny dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/DztnwjU1b>

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

Polecenie 1

Polecenia dla ucznia:

1. Wybierz substancję rdzenia, klikając odpowiedni przycisk;
2. Zmieniaj stopniowo natężenie prądu w rdzeniu od zera do 12 A, a tym samym pole B_0 (wartość będzie Ci podawana w okienku);
3. Odczytaj wartość indukcji magnetycznej B w rdzeniu (na teslomierzu);
4. Zauważ, że każdy pomiar zostanie w postaci punktu naniesiony na wykres $B(B_0)$;
5. Czy zdziwiło Cię, że wykresy dla bizmutu i aluminium praktycznie pokrywają się?
6. Oblicz wartości względnej przenikalności magnetycznej μ_r dla bizmutu i aluminium;
7. Jeśli wybierzesz jako rdzeń stal miękką, to zauważ, jak (!) zmieni się skala na osi pionowej;
8. Ostrożnie postępuj z pomiarem dla stali miękkiej: tutaj najpierw powoli zwiększaj natężenie prądu do maksymalnego, a potem stopniowo zmniejszaj je do zera.
9. Czy względna przenikalność magnetyczna ma stałą wartość w przypadku badanych trzech substancji?
10. Spróbuj narysować w Excelu wykres $\mu_r(B_0)$ dla stali miękkiej;
11. Podaj największą i najmniejszą zmierzoną przez Ciebie wartość μ_r dla stali miękkiej.
12. Zauważ, że w miarę zmniejszania od wartości maksymalnej indukcji B_0 „poruszamy” się po innej krzywej niż wtedy, gdy zwiększaliśmy pole magnetyczne B_0 .

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Zaznacz właściwe dokończenie zdania.

Odp.: Względny współczynnik przenikalności magnetycznej jest wielkością

mianowaną ☐ / niemianowaną ☐.

Ćwiczenie 2



Wybierz dobre uzupełnienia w zdaniach poniżej.

Odp.:

Diamagnetyki ☐ silnie ☐ / ☐ słabo ☐ ☐ zwiększają ☐ / ☐ zmniejszają ☐ pole magnetyczne.

Paramagnetyki ☐ silnie ☐ / ☐ słabo ☐ ☐ zwiększają ☐ / ☐ zmniejszają ☐ pole magnetyczne.

Ferromagnetyki ☐ silnie ☐ / ☐ słabo ☐ ☐ zwiększają ☐ / ☐ zmniejszają ☐ pole magnetyczne.

Ćwiczenie 3



Wskaż wszystkie poprawne odpowiedzi.

Przyrząd używany do pomiaru wartości indukcji magnetycznej nazywa się:

☐

halotron

☐

hallotron

☐

magnetometr

☐

teslomierz

Ćwiczenie 4



Bardzo czyste żelazo ma maksymalną względną przenikalność magnetyczną równą 180000 (!). Chcemy obliczyć maksymalną wartość indukcji magnetycznej w próbce takiego metalu umieszczonego w ziemskim polu magnetycznym. Przyjmijmy, za *Wikipedią*, że średnia wartość indukcji magnetycznej Ziemi wynosi $B_0 = 45 \mu\text{T}$. Czy dobrym rozwiązaniem tego problemu będzie pomnożenie podanej maksymalnej wartości μ_r przez średnią wartość indukcji magnetycznej Ziemi?

Wpisz w okienko odpowiedź „tak” lub „nie”.

Odp.:

Ćwiczenie 5



Wyniki pewnych badań właściwości magnetycznych stali miękkiej zostały przedstawione w tabelce:

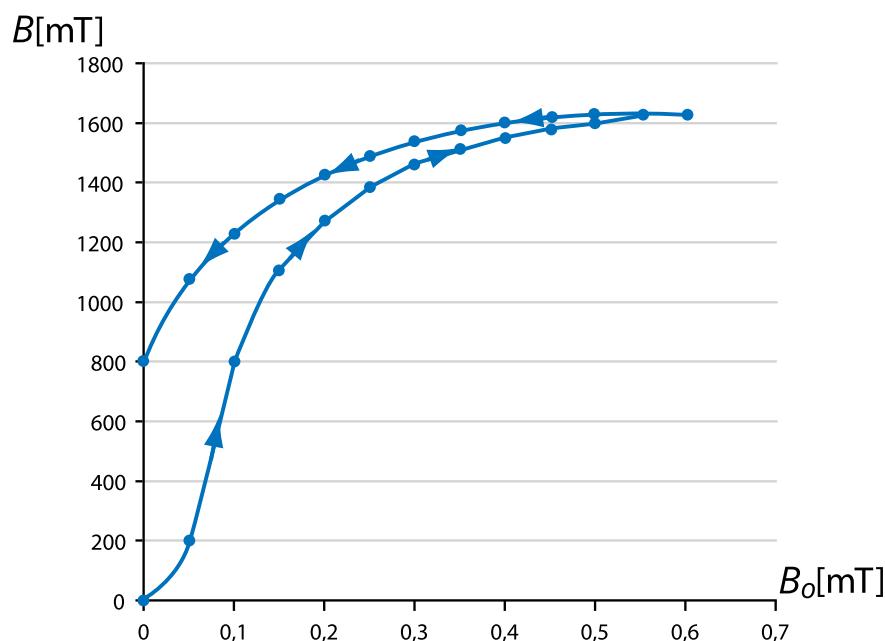
B_0, mT	B, mT
0	0
0,05	200
0,1	800
0,15	1110
0,2	1275
0,25	1385
0,3	1460
0,35	1515
0,4	1550
0,45	1580
0,5	1600
0,55	1620
0,6	1625

B_0 oznacza wartość indukcji magnetycznej w próżni, B – wartość indukcji magnetycznej w rdzeniu wykonanym z badanej stali. Oblicz, dla każdej pary wartości B i B_0 (z pominięciem pierwszej pary) wartość względnej przenikalności magnetycznej μ_r . Sporządź wykres $\mu_r(B_0)$. Porównaj ten wykres z analogicznym dla diamagnetyka.

Ćwiczenie 6



W badaniu stali miękkiej, którego wyniki opisano w zadaniu 5. dokonywano następnie pomiarów indukcji magnetycznej B w stali podczas zmniejszania wartości pola B_0 . Otrzymano bardzo interesujący wynik, który przedstawiamy w formie wykresu.



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

Uzupełnij zdanie. Wartość zaokrąglij do pełnych setek.

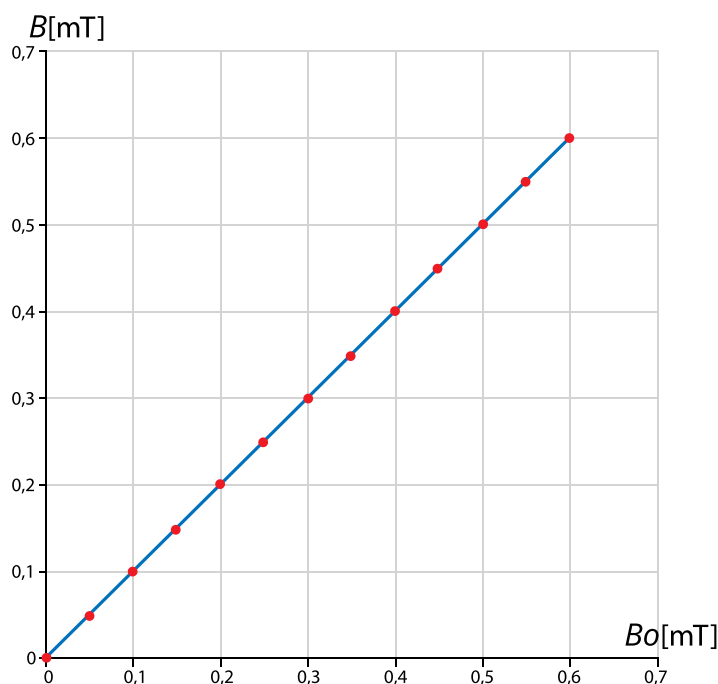
Pozostałość magnetyczna dla badanej próbki wynosi około mT.

Jak myślisz, co należałoby uczynić, aby zniszczyć stan namagnesowania w próbce. Odwołaj się do intuicji.

Ćwiczenie 7



Gdy narysujemy wykres zależności $B(B_0)$ otrzymamy dla wielu substancji prostą (zobacz wykres).



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

Prosta nachylona jest do poziomu pod kątem nieco większym niż 45° dla wszystkich

Prosta nachylona jest do poziomu pod kątem nieco mniejszym niż 45° dla wszystkich

ferromagnetyków

paramagnetyków

diamagnetyków

Ćwiczenie 8



Pytanie odnosi się do wykresu przedstawionego powyżej. Prosta tworząca wykres zależności $B(B_0)$ nachylona jest dokładnie pod kątem 45° do poziomu dla .

magnesu

próżni

ferromagnetyka

wody

kobaltu

supermagnetyka

Dla nauczyciela

Imię i nazwisko autora:	Nina Tomaszewska
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	Badanie wpływu różnych substancji na wartość wektora indukcji pola magnetycznego
Grupa docelowa:	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres rozszerzony
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: 11) opisuje przebieg doświadczenia lub pokazu; wyróżnia kluczowe kroki i sposób postępowania oraz wskazuje rolę użytych przyrządów i uwzględnia ich rozdzielczość. IX. Magnetyzm. Uczeń: 7) opisuje jakościowo podstawowe właściwości oraz zastosowania ferromagnetyków.
Kształtowane kompetencje kluczowe:	Zalecenia Parlamentu Europejskiego i Rady UE z 2018 r.: • kompetencje w zakresie rozumienia i tworzenia informacji, • kompetencje cyfrowe, • kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii, • kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się.

Cele operacyjne:	Uczeń: 1. tłumaczy, jak pole magnetyczne zmienia się w obecności różnych substancji, 2. wyjaśnia, w jaki sposób badamy wpływ różnych substancji na wartość wektora indukcji magnetycznej, 3. wymienia podział substancji na grupy w zależności od rodzaju i wielkości wpływu na wartość indukcji magnetycznej, 4. charakteryzuje diamagnetyki, paramagnetyki i ferromagnetyki.
Strategie nauczania	blended learning
Metody nauczania	wykład informacyjny wspomagany pokazem multimedialnym
Formy zajęć:	Praca w zespole klasowym
Środki dydaktyczne:	komputer z rzutnikiem lub tablety do dyspozycji każdego ucznia
Materiały pomocnicze:	niniejszy e-materiał
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	
Nauczyciel zaciekawia uczniów dokonując prostego pokazu możliwości magnesu neodymowego. Podnosi za pomocą magnesu „łańcuszek” ustawionych jeden za drugim stalowych lekkich przedmiotów. Po czym trzymając najwyżej znajdujący się przedmiot odłącza magnes i okazuje się, że teraz na tym przedmiocie wiszą pozostałe (już bez obecności magnesu). Może najniżej położone odpadną od „łańcuszka”.	
Faza realizacyjna:	
Nauczyciel opowiada o eksperymencie opisanym w części „Warto przeczytać” e-materiału pozwalającym na badanie wpływu substancji na wartość indukcji pola magnetycznego. Definiuje względną przenikalność magnetyczną substancji. Dokonuje podziału substancji na trzy grupy: diamagnetyki, paramagnetyki, ferromagnetyki. Wymienia typowych przedstawicieli każdej grupy. Uczniowie samodzielnie, korzystając z symulacji interaktywnej, bawią się w badanie trzech substancji – bizmutu, aluminium i stali miękkiej znajdując ich względną przenikalność magnetyczną. Odkrywają, że dla stali wielkość ta wcale nie jest stała. Odkrywają także pozostałość magnetyczną, badając wartość indukcji B w polu magnetycznym o zmniejszającej się do zera wartości indukcji B_0. Uczniowie wraz z nauczycielem dokonują podsumowania swojej pracy poprzez wyciągnięcie wspólnych wniosków.	

Faza podsumowująca:	
Uczniowie pod kierunkiem nauczyciela rozwiązują zadania: 4., 5., 6., 7. i 8. z zestawu ćwiczeń.	
Praca domowa:	
Rozwiązać zadania: 1., 2., 3. z zestawu ćwiczeń.	
Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania danego multimedium	Symulację, w części dotyczącej badania ferromagnetyka można zastosować przy omawianiu ferromagnetyzmu, w szczególności histerezy magnetycznej.