



## Pole magnetyczne Ziemi

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



## Czy to nie ciekawe?

Pewnie wiesz, co to jest kompas. To niewielkich rozmiarów przyrząd (zobacz Rys. a.), który służy do wyznaczenia kierunku północy geograficznej. Pewnie częściej, niż takiego kompasu, używa się obecnie aplikacji telefonicznej (Rys. b.).



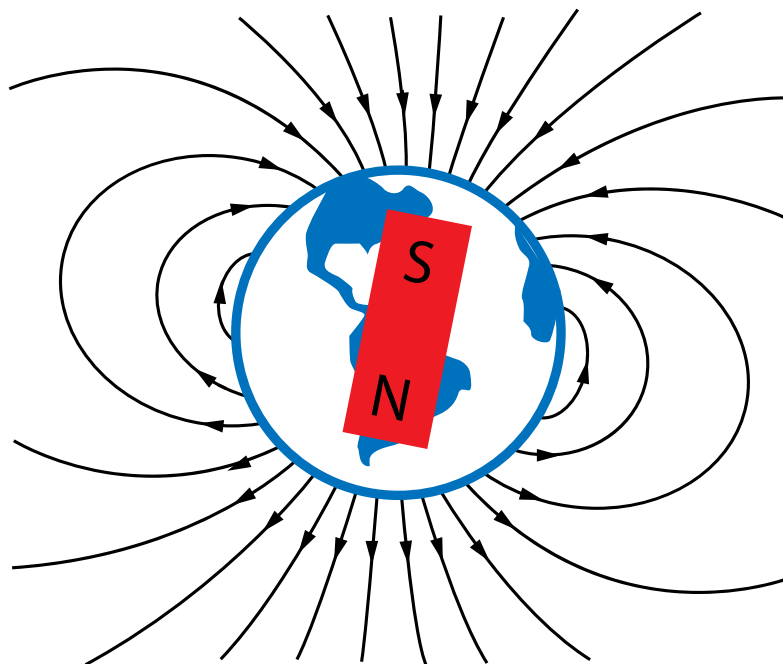
Rys. a. Kompas.



Rys. b. Kompas - aplikacja telefoniczna pochodząca z USA. Zwróć uwagę na odwrotne, niż w Polsce, oznaczenia kolorów biegunów igły magnetycznej.

„Prawdziwy” kompas dokonuje swojego rodzaju pomiaru. Jego główną częścią jest igła magnetyczna, która ustawia się wzdłuż linii obecnego wokół pola magnetycznego i wskazuje geograficzny biegun północny Ziemi.

Domyślasz się zapewne, że chodzi o ziemskie pole magnetyczne. Tak, znajdujemy się stale w polu magnetycznym, którego źródłem jest Ziemia. To pole ma charakter dipolowy, czyli „wygląda” tak, jakby jego źródłem był magnes umieszczony wewnątrz Ziemi, co można symbolicznie wyobrazić sobie tak, jak na Rys. c.



Rys. c .

Przyjęło się, by biegunem północnym igły magnetycznej nazywać ten z jej końców, który wskazuje geograficzną północ. Jest on przyciągany przez odwrotnie spolaryzowany biegun magnetyczny Ziemi, skąd wynika, iż na północnej półkuli Ziemi znajduje się południowy biegun jej pola magnetycznego a na półkuli południowej - jej biegun północny. W geografii bieguny magnetyczne Ziemi nazywa się odwrotnie.

Co jest źródłem ziemskiego pola magnetycznego? Jak jest ono silne (ściślej: jaka jest wartość jego indukcji magnetycznej)? Spróbujemy tutaj udzielić odpowiedzi na te pytania.

### Twoje cele

- poznasz strukturę ziemskiego pola magnetycznego;
- dowiesz się, co jest źródłem tego pola;
- przekonasz się, że bieguny magnetyczne przemieszczają się w czasie;
- wykorzystasz swoją wiedzę dotyczącą działania pól magnetycznych na igłę kompasu do oszacowania wartości wektora indukcji magnetycznej pola ziemskiego.

# Przeczytaj

## Warto przeczytać

Zacznijmy od tego, co jest źródłem ziemskiego **poła magnetycznego**. Nie może to być żaden materiał **ferromagnetyczny** we wnętrzu Ziemi. Najbardziej dziś uznana teoria głosi, że ziemski magnetyzm jest skutkiem prądów w płynnym żelazie, z którego składa się zewnętrzne jądro Ziemi, znajdujące się ok. 3,5 tys. km pod powierzchnią naszej planety. Jednak ten mechanizm nie jest dla nas do końca jasny. W szczególności, nie wiadomo, co jest powodem zmian ziemskiego pola magnetycznego. Bo wcale nie jest ono stałe.

Okazuje się, że północny biegun geograficzny i **północny biegun magnetyczny Ziemi (używając nazw z geografii)** nie leżą w tym samym miejscu (tak samo jest z biegunami na południu). Są w stosunku do siebie w pewnej odległości, która w dodatku zmienia się w czasie. Bieguny magnetyczne wędrują, ostatnio bardzo szybko (zobacz Rys. 1.).



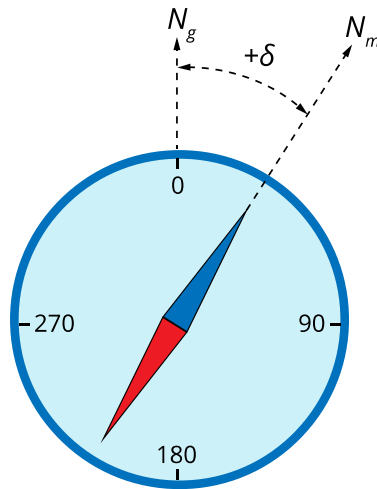
Rys. 1. Aktualne położenie północnego (według nomenklatury geograficznej) bieguny magnetycznego Ziemi (dane za National Centers for Environmental Information).

Źródło: dostępny w internecie: <https://www.theguardian.com/world/2019/feb/05/magnetic-north-pole-moving-pretty-fast-towards-russia> [dostęp 29.05.2022 r.].

Uwaga: mamy spore zamieszanie z nazwami. Północny biegun magnetyczny (na rysunku zaznaczony na czerwono) oznacza w geografii **biegun magnetyczny na półkuli północnej**. Wiemy, że naprawdę, z fizycznego punktu widzenia, to magnetyczny biegun południowy (ku niemu zbiegają się linie pola, co pokazuje igła magnetyczna). Powszechnie, w odniesieniu do Ziemi używa się nazw geograficznych, a nie fizycznych.

O zmianach pola magnetycznego i o tym, jak się je bada dowiesz się więcej z e-materiału „Czy pole magnetyczne Ziemi jest stałe w czasie?”.

Obecnie oś ziemskiego pola magnetycznego jest odchylona do osi obrotu Ziemi o około 11°. W związku z tym, kompas na Ziemi nie pokazuje (na ogół) dokładnie północy geograficznej. W Polsce, to odchylenie kątowe kierunku magnetycznego od geograficznego, które nazywa się deklinacją, wynosi średnio 5°.



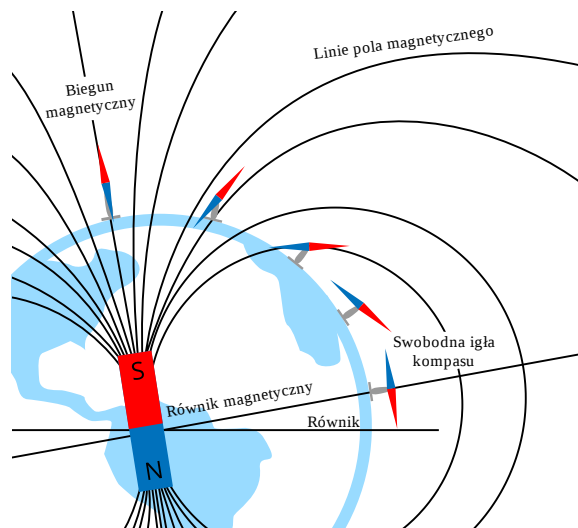
Rys. 2. Igła magnetyczna poziomo ułożonego kompasu pokazuje kierunek nazywany w geografii północą magnetyczną  $N_m$  (wiemy, że naprawdę znajduje się tam południowy biegun pola magnetycznego Ziemi - S). Jest on odchylony od kierunku północy geograficznej  $N_g$  o kąt  $\delta$  - deklinację.  
 Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.

Jak silne jest ziemskie pole magnetyczne?

W zależności od położenia na Ziemi, waha się od  $30 \mu\text{T}$  do  $60 \mu\text{T}$ . To bardzo mała wartość, wzięwszy pod uwagę, że potrafimy wytwarzać dużo silniejsze pola (o milion razy większej wartości indukcji). Średnia wartość indukcji magnetycznej w Polsce, to około  $47 \mu\text{T}$ .

Dokładniejsze informacje o pomiarze indukcji ziemskiego pola magnetycznego za pomocą tzw. busoli stycznych znajdziesz w materiale „Badanie wpływu przewodników z prądem na zachowanie igły magnetycznej”.

**Linie pola magnetycznego** w Polsce, ze względu na nasze położenie geograficzne, skierowane są pod pewnym kątem do poziomu. Ten kąt nazywa się inklinacją i mierzy się go za pomocą igły magnetycznej zawieszanej na poziomej osi (zobacz Rys. 3.). Inklinacja dla Polski jest spora i wynosi  $66^\circ$ .



Rys. 3. Wyjaśnienie występowania inklinacji (kąta pomiędzy wektorem indukcji ziemskiego pola magnetycznego a horyzontem).  
 Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.

Na Rys. 4. Pokazano przyrząd do badania inklinacji magnetycznej.



Rys. 4. Przyrząd do badania inklinacji magnetycznej.

Źródło: Daderot, dostępny w internecie:

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Dip\\_needle\\_by\\_W.\\_Wilson,\\_1\\_Belmont\\_St.,\\_London,\\_NW,\\_for\\_measuring\\_vertical\\_aspect\\_of\\_Earth%27s\\_magnetic\\_field,\\_c.\\_1900\\_-\\_Museum\\_of\\_Science\\_and\\_Industry\\_\(Chicago\)\\_-\\_DSC06529.JPG](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Dip_needle_by_W._Wilson,_1_Belmont_St.,_London,_NW,_for_measuring_vertical_aspect_of_Earth%27s_magnetic_field,_c._1900_-_Museum_of_Science_and_Industry_(Chicago)_-_DSC06529.JPG) [dostęp 29.05.2022 r.], domena publiczna.

## Słowniczek

### Ferromagnetyzm

(ang. *ferromagnetism*) – zjawisko, w którym materia wykazuje własne, spontaniczne namagnesowanie. Jest jedną z najsilniejszych postaci magnetyzmu i jest odpowiedzialny za większość magnetycznych zachowań spotykanych w życiu codziennym. Jest podstawą istnienia wszystkich magnesów trwałych. Temperatura Curie, powyżej której ferromagnetyki tracą swoje właściwości (stają się paramagnetykami) wynosi: dla żelaza  $T_C = 1043$  K, dla tlenku żelaza  $T_C = 858$  K.

### Linie pola magnetycznego

(ang. *magnetic line of induction*) – poglądowy obraz pola magnetycznego. Przebieg linii odzwierciedla układ wektorów indukcji magnetycznej  $\vec{B}$  w przestrzeni. W dowolnym punkcie linii pola zaczepiony jest wektor  $\vec{B}$ , styczny do tej linii.

### Pole magnetyczne

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

### Północny biegun magnetyczny Ziemi (w geografii)

(ang. *Earth's magnetic north pole*) – w geografii oznacza biegun magnetyczny Ziemi na półkuli północnej. Z fizycznego punktu widzenia jest to południowy biegun ziemskiego pola magnetycznego.

# Film samouczek

---

## Jak zmierzyć ziemskie pole magnetyczne?

Na filmie pokazano, jak zmierzyć pole magnetyczne wytwarzane przez Ziemię. Posłużono się kompasem, który wyznaczył kierunek linii pola. Wartość indukcji magnetycznej określono za pomocą magnesu zbliżanego prostopadle do linii pola.

# Trwa wczytywanie danych ..

Film dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/DDAWh4hG3>

Zapoznaj się z audiodeskrypcją samouczka.

---

### Ważne!

Zwróć uwagę, że biegun N igły magnetycznej oznaczony jest na filmie kolorem czerwonym. To tradycja anglosaska. W Polsce używa się do oznaczenia bieguna północnego igły koloru niebieskiego, o czym wspomina lektorka. Musisz jednak wiedzieć, że na świecie można spotkać i jedną i drugą wersję kompasu.

### Polecenie 1

Odpowiedz na pytanie, które pada pod koniec filmu: *W jaki sposób zachowałaby się igła magnetyczna kompasu, gdyby skierować ku niej magnes biegunem N?*

# Sprawdź się

---

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Ćwiczenie 2



Ćwiczenie 3



Ćwiczenie 4

Gdzie położone są miejsca na Ziemi, w których kompas wskazuje **dokładnie** geograficzną północ?



Ćwiczenie 5



Ćwiczenie 6



Ćwiczenie 7

Wyjaśnij, dlaczego strumienie poruszających się naładowanych cząstek (ze Słońca lub podczas wyładowań atmosferycznych) modyfikują nieco Ziemskie pole magnetyczne.



Ćwiczenie 8

Wyjaśnij, dlaczego niemożliwe jest, aby źródłem ziemskiego pola magnetycznego były skały magnetyków znajdujące się wewnątrz Ziemi?



# Dla nauczyciela

---

<b>Imię i nazwisko autora:</b>	Nina Tomaszewska
<b>Przedmiot:</b>	Fizyka
<b>Temat zajęć:</b>	<b>Pole magnetyczne Ziemi</b>
<b>Grupa docelowa:</b>	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres podstawowy i rozszerzony

<p><b>Podstawa programowa:</b></p>	<p><b>Cele kształcenia – wymagania ogólne</b></p> <p>II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.</p> <p><b>Zakres podstawowy</b></p> <p><b>Treści nauczania – wymagania szczegółowe</b></p> <p>I. Wymagania przekrojowe. Uczeń:</p> <p>10) przeprowadza wybrane obserwacje, pomiary i doświadczenia korzystając z ich opisów; wyróżnia kluczowe kroki i sposób postępowania oraz wskazuje rolę użytych przyrządów i uwzględnia ich rozdzielczość;</p> <p>15) wyodrębnia zjawisko z kontekstu, nazywa je oraz wskazuje czynniki istotne i nieistotne dla jego przebiegu;</p> <p>VIII. Magnetyzm. Uczeń:</p> <p>2) opisuje jakościowo oddziaływanie pola magnetycznego na przewodniki z prądem i poruszające się cząstki naładowane; omawia rolę pola magnetycznego Ziemi jako osłony przed wiatrem słonecznym.</p> <p><b>Zakres rozszerzony</b></p> <p><b>Treści nauczania – wymagania szczegółowe</b></p> <p>I. Wymagania przekrojowe. Uczeń:</p> <p>10) przeprowadza wybrane obserwacje, pomiary i doświadczenia korzystając z ich opisów; planuje i modyfikuje ich przebieg; formułuje hipotezę i prezentuje kroki niezbędne do jej weryfikacji;</p> <p>19) wyodrębnia zjawisko z kontekstu, nazywa je oraz wskazuje czynniki istotne i nieistotne dla jego przebiegu;</p> <p>IX. Magnetyzm. Uczeń:</p> <p>2) posługuje się pojęciem wektora indukcji magnetycznej wraz z jego jednostką, analizuje oddziaływanie pola magnetycznego na przewodnik z prądem oraz na poruszającą się cząstkę naładowaną (siła Lorentza, siła elektrodynamiczna); opisuje rolę pola magnetycznego Ziemi jako osłony przed wiatrem słonecznym.</p>
<p><b>Kształtowane kompetencje kluczowe:</b></p>	<p><b>Zalecenia Parlamentu Europejskiego i Rady UE z 2018 r.:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• kompetencje w zakresie rozumienia i tworzenia informacji,</li> <li>• kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii,</li> <li>• kompetencje cyfrowe,</li> <li>• kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się.</li> </ul>

<b>Cele operacyjne:</b>	<p>Uczeń:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. opisz strukturę ziemskiego pola magnetycznego;</li> <li>2. wyjaśni, co jest źródłem tego pola;</li> <li>3. rozróżni bieguny magnetyczny i geograficzny Ziemi;</li> <li>4. wykorzysta swoją wiedzę dotyczącą działania pól magnetycznych na igłę kompasu do oszacowania wartości wektora indukcji magnetycznej pola ziemskiego.</li> </ol>
<b>Strategie nauczania</b>	blended-learning
<b>Metody nauczania</b>	wykład informacyjny wspomagany pokazem multimedialnym
<b>Formy zajęć:</b>	praca w zespole klasowym
<b>Środki dydaktyczne:</b>	e-materiał „Pole magnetyczne Ziemi” + komputer z rzutnikiem lub tablety do dyspozycji każdego ucznia
<b>Materiały pomocnicze:</b>	-
<b>PRZEBIEG LEKCJI</b>	
<b>Faza wprowadzająca:</b>	
<p>Nauczyciel pyta uczniów, czy wiedzą, co to jest kompas? Pewnie część uczniów widziała prawdziwy kompas; niektórzy znają go tylko z aplikacji w telefonie. Nauczyciel przypomina działanie kompasu. Pokazuje uczniom przyrząd i demonstruje ustawianie się igły kompasu, zgodnie z liniami ziemskiego pola magnetycznego. Uczniowie dzielą się swoją wiedzą na temat ziemskiego pola magnetycznego.</p>	
<b>Faza realizacyjna:</b>	
<p>Nauczyciel informuje uczniów o zakresie wartości indukcji magnetycznej ziemskiego pola magnetycznego. Definiuje też deklinację i inklinację pola magnetycznego w pewnym punkcie na powierzchni Ziemi, na przykład w Polsce. W tej fazie, uczniowie z pomocą nauczyciela rozwiązują zadania, które są uzupełnieniem i sprawdzeniem ich rozumowania: ćwiczenia 1, 2, 3, 6.</p> <p>Następnie uczniowie zapoznają się z filmem samouczkiem, omawiającym sposób wyznaczenia zwrotu i wartości wektora składowej poziomej ziemskiego pola magnetycznego. Ważne, by uczestniczyli oni czynnie w projekcji i odpowiadali na pytania, które padają w filmie. Cenne jest tu dodawanie indukcji skrzyżowanych pól i wyciągnięcie wniosków z własności geometrycznych układu. Dla poziomu rozszerzonego, godny polecenia jest pomiar ziemskiego pola przy pomocy busoli stycznych, w formie wirtualnego laboratorium (e-materiał „Badanie wpływu przewodników z prądem na zachowanie igły magnetycznej”).</p>	

**Faza podsumowująca:**

W fazie podsumowującej uczniowie, z pomocą nauczyciela, rozwiązują zadania 7 i 8 z zestawu ćwiczeń. Analizując wypowiedzi uczniów nauczyciel określa, w jakim stopniu osiągnięte zostały wyznaczone cele.

**Praca domowa:**

W ramach powtórzenia i utrwalenia wiadomości o polu magnetycznym Ziemi uczniowie rozwiązują zadania 4 i 5 z zestawu ćwiczeń.

**Wskazówki  
metodyczne  
opisujące  
różne  
zastosowania  
danego  
multimedium**

Film można wykorzystać w nauczaniu o zasadzie superpozycji pól, na przykład w e-materiale „Pole magnetyczne wytworzone przez dwa źródła (prądy)”.