



Czy pole magnetyczne Ziemi jest stałe w czasie?

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Grafika interaktywna \(schemat\)](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)



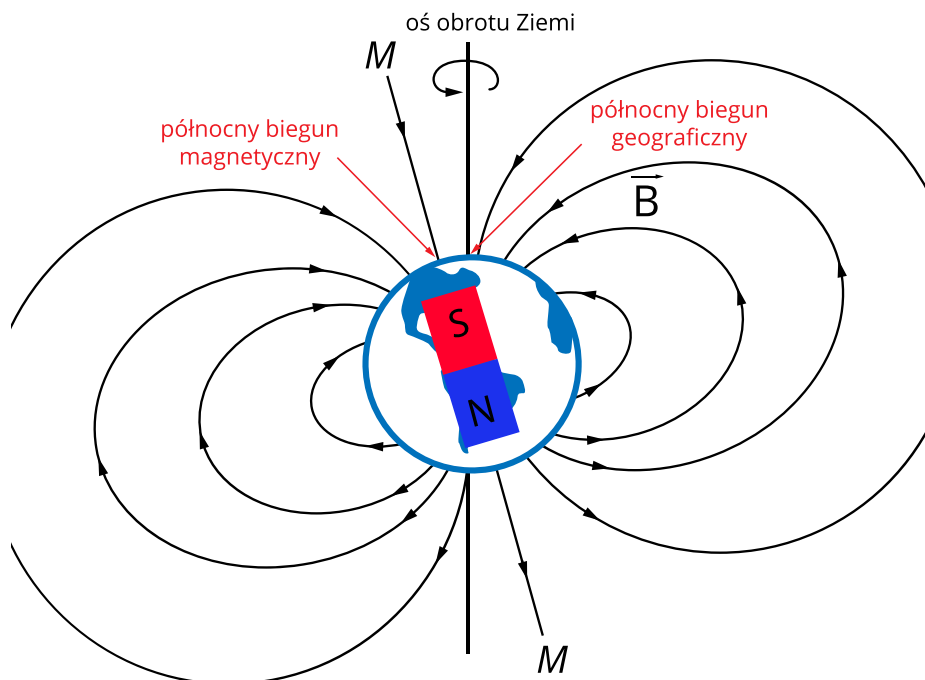
Czy pole magnetyczne Ziemi jest stałe w czasie?

Czy to nie ciekawe?

Wiesz zapewne, że znajdujemy się stale w obrębie pola magnetycznego, którego źródłem jest Ziemia. Nie odczuwamy w żaden sposób tego pola – jest słabe, ale nawet 100 000 razy silniejsze pole magnetyczne (o indukcji 3 T) używane wewnątrz urządzenia do badania rezonansu magnetycznego nie jest przez nas odczuwalne. Inaczej jest z niektórymi zwierzętami, które odbierają pole magnetyczne Ziemi i wykorzystują je do orientacji w przestrzeni. W swoich ciałach posiadają receptory, które wskazują im kierunek północny, jak igła magnetyczna kompasu.

Ziemskie pole magnetyczne ma charakter dipolowy, co przedstawia schematyczny Rys.

a. Problem z nazewnictwem biegunów fizycznych i magnetycznych został szerzej omówiony w materiale „Pole magnetyczne Ziemi”.



Rys. a. Niestety mamy niezłe zamieszanie z nazwami. Północny biegun magnetyczny oznacza **biegun magnetyczny na półkuli północnej**. Wiemy, że naprawdę to magnetyczny biegun południowy S (ku niemu zbiegają się linie pola, co pokazuje igła magnetyczna)

Czy wiesz, że nie zawsze na półkuli północnej znajdował się, tak, jak obecnie, biegun południowy S?

W historii Ziemi zmiana biegunowości pola magnetycznego następowała wielokrotnie. Więcej przeczytasz o tym ciekawym zjawisku i jego konsekwencjach w tym e-materiale.

Twoje cele

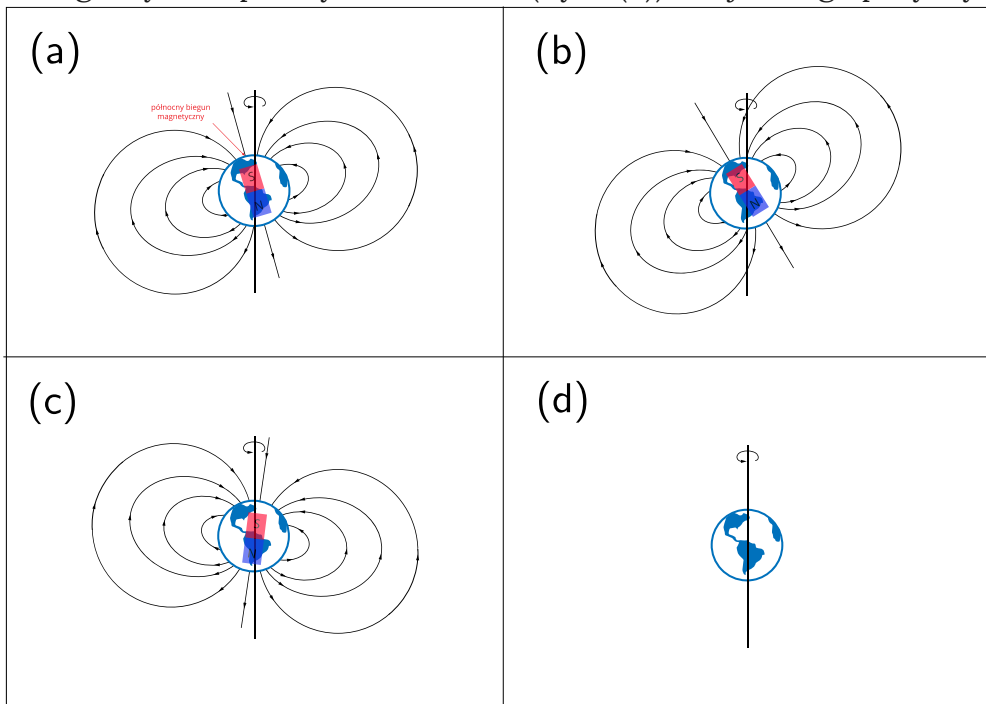
W tym e-materiale:

- Poznasz źródło i strukturę ziemskiego pola magnetycznego,
- Dowiesz się, o zmianach pola magnetycznego Ziemi w jej historii,
- Zrozumiesz, w jaki sposób badamy zmiany ziemskiego pola magnetycznego,
- Zrozumiesz, jakie mogą być konsekwencje osłabnięcia pola magnetycznego Ziemi.

Przeczytaj

Warto przeczytać

Najnowsze badania ziemskiego **poła magnetycznego** pokazują, że jego struktura jest bardziej skomplikowana niż pokazane to zostało na Rys. 1(a). Zdecydowanie przeważa jednak **charakter dipolowy pola** (z dwoma biegunami). Okazuje się też, że ułożenie tego dipola względem osi obrotu Ziemi nie jest stałe w czasie (Rys. 1(b) oraz 1(c)). Zdarza się też, że ziemskie pole magnetyczne praktycznie zanika (Rys. 1(d)). Co jest tego przyczyną?



Rys. 1. Dipol magnetyczny Ziemi może przyjmować różne położenia względem jej osi obrotu.

Rys. (d) pokazuje brak ziemskiego pola magnetycznego - tak też bywało w historii Ziemi.

Odpowiedź na to pytanie wymaga wskazania, co jest źródłem ziemskiego pola magnetycznego. Wiedza nasza na ten temat jest dziś niepełna. Najprawdopodobniej ziemski magnetyzm jest skutkiem prądów elektrycznych w płynnym żelazie, z którego składa się zewnętrzne jądro Ziemi, znajdujące się ok. 3,5 tys. km pod powierzchnią naszej planety.

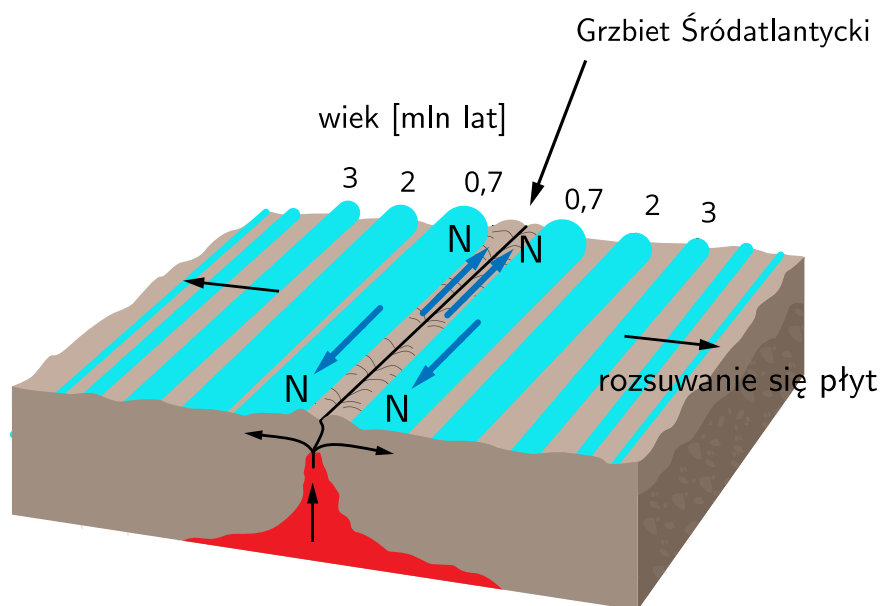
Jednak okazuje się, że prądy te wcale nie są stałe, że zmienia się ich wartość i kierunek. Nie bardzo wiemy, dlaczego się tak dzieje. Widzimy tylko, że charakter tych zmian ma cechy chaosu. Faktem jest, że bieguny przemieszczają się. Dzieje się to nawet obecnie dość szybko, co pokazane jest na zamieszczonej mapce (Rys. 2.).



Rys. 2. Aktualne położenie północnego bieguna magnetycznego (dane za National Centers for Environmental Information, www.noaa.gov)

W przeszłości ziemskie pole magnetyczne wielokrotnie zmieniało swoją biegunowość, czyli na północy geograficznej był rzeczywiście biegun północny magnetyczny N, a potem znowu się to zmieniało. Ciekawe jest, skąd o tym wiemy.

Otóż, w skałach wulkanicznych dna morskiego, po obu stronach Grzbietu Śródatlantyckiego znajduje się w miarę dokładny zapis zmian ziemskiego magnetyzmu. Kiedy bazaltowa lava wydobywa się na powierzchnię, w czasie krzepnięcia magnesuje się zgodnie z kierunkiem aktualnego pola magnetycznego, a kiedy już zastygnie – kierunek i wartość namagnesowania na stałe ulegają „zamrożeniu”. Płyty tektoniczne rozsuwają się z szybkością kilku centymetrów na rok, dając miejsce następnemu wyciekowi lawy. Powstają bazaltowe paski o naprzemiennym namagnesowaniu (zobacz Rys. 3.). Szerokość tych pasków wskazuje na czas, jaki minął między kolejnymi zmianami biegunów. Następowало to bardzo nieregularnie – czasem przebiegunowanie dzielił okres ledwie 10-20 tys. lat, a czasem – wielu milionów lat.



Rys. 3. Zapis magnetyzacji skał przez ostatnie 5 milionów lat. Szerokość pasków o przeciwnych polach magnetycznych (odpowiadających zwrotowi linii ziemskiego pola) jest proporcjonalna do czasu trwania danej polaryzacji pola. Ostatni (najbliższy czasowo nam) pasek jest wyjątkowo szeroki

Średnio bieguny zamieniały się miejscami co 200–300 tys. lat, ale od ostatniego razu minęło już 780 tys. lat i nie bardzo wiemy, skąd się bierze obecna zwłoka. Aczkolwiek, sądząc po osłabianiu się wartości indukcji ziemskiego pola czeka nas w najbliższym (?) czasie przemagnesowanie, a najpierw zmniejszenie pola prawie do zera.

Czy ma to dla nas jakieś znaczenie? Tak, bo pole magnetyczne Ziemi chroni nas przed promieniowaniem kosmicznym. Jest specyficzną barierą ochronną. O tym, jak działa ten mechanizm można przeczytać w e-materiale „Jaką rolę pełni pole magnetyczne Ziemi?”.

Już dzisiaj **w czasie rozbłysków na Słońcu**, kiedy w Ziemię uderza większy strumień naładowanych cząstek, planetarne pole magnetyczne ulega chwilowemu osłabieniu. Strumień poruszających się z ogromnymi prędkościami (średnio 450 km/s) naładowanych cząstek jest przecież prądem elektrycznym, który jest źródłem pola magnetycznego, które dodaje się do ziemskiego. Mówimy, że rozbłyski na Słońcu (wyrzuty naładowanych cząstek w przestrzeń) wywołują na Ziemi **burze magnetyczne**.

Promieniowanie kosmiczne penetruje wtedy atmosferę głębiej i na niższych szerokościach geograficznych ([pasy van Allena](#) przesuwają się). Uszkodzeniu ulegają satelity, które nagle znalazły się „pod ostrzałem” wysokoenergetycznych cząstek, a płynące wysoko nad Ziemią prądy wzbudząją wtórne prądy na Ziemi i powodują awarie systemów energetycznych.

Dlatego konieczne jest ciągłe śledzenie tzw. **pogody kosmicznej**, czyli warunków panujących w przestrzeni kosmicznej otaczającej Ziemię. W tym celu naukowcy zajmują się nieustannym śledzeniem procesów zachodzących na Słońcu, po to by móc przewidzieć wszelkie anomalie i przeciwdziałać z wyprzedzeniem ich potencjalnym skutkom.

To samo – tyle że na skalę globalną – będzie się działo w czasie zamiany biegunów, kiedy pole magnetyczne osłabnie o ponad 95 proc. Zorze będą rozjaśniać nocą niebo na całym świecie. Będą to już nie tylko zorze polarne, ale też równikowe.

Podniesie się też poziom groźnego dla zdrowia promieniowania na Ziemi, choć nie będzie to jakiś dramatyczny wzrost. Na powierzchni wystarczającą ochronę wciąż będzie zapewniała nam atmosfera (wyliczono, że atmosfera stanowi dla kosmicznego promieniowania podobną barierę jak betonowy mur trzymetrowej grubości). Niebezpieczne dla człowieka będą jedynie loty samolotem lub przebywanie na stacji kosmicznej. Ucierpieć za to może nasza cywilizacja techniczna, która jest przecież zależna od elektroniki i satelitów. Kiedy ochronna bariera magnetyczna osłabnie, będą nas bardziej dotykały przykre skutki słonecznych burz magnetycznych, które potrafią niszczyć satelity i linie energetyczne na Ziemi.

Słowniczek

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 $\vec{B}$.

Linie pola magnetycznego

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

Pole dipolowe

(ang. *dipole field*) W geofizyce pole magnetyczne Ziemi można przedstawić jako pole dipolowe z liniami pola magnetycznego rozciągającymi się od geograficznego bieguna południowego do geograficznego bieguna północnego. Siła pola dipolowego jest maksymalna, gdy linie pola są bliżej siebie, jak na biegunach północnym i południowym, i słabnie, gdy linie pola się oddalają. Linia poprowadzona przez środek pola dipolowego, na równiku Ziemi, reprezentuje płaszczyznę równikową i jest prostopadła do linii pola magnetycznego.

Pasy van Allena

(ang. *Van Allen radiation belts*) pasy radiacyjne, czyli obszar intensywnego promieniowania korpuskularnego, otaczającego Ziemię. Składa się z naładowanych cząstek o wielkiej energii (głównie elektronów i protonów), schwytyanych w pułapkę przez ziemskie pole magnetyczne, w którym poruszają się one po trajektoriach zbliżonych do helis, których osie są równoległe do linii pola magnetycznego, łączących

obydwa ziemskie bieguny magnetyczne. Cząstki te mogą powodować uszkodzenia komponentów elektronicznych satelity, przebywającego przez dłuższy czas w strefie oddziaływania pasów Van Allena.

Grafika interaktywna (schemat)

Czy pole magnetyczne Ziemi jest stałe w czasie?

Wokół Ziemi, przez większość czasu, istnieją dwa naturalne pasy radiacyjne: wewnętrzny, który rozciąga się na odległości od 0,2 do 2 promieni Ziemi od jej powierzchni i zawiera elektrony (o energii ok. 0,5 MeV) oraz protony (o energii rzędu 100 MeV), oraz zewnętrzny, na odległościach od ponad 2 do 10 promieni ziemskich od jej powierzchni, zawierający głównie wysokoenergetyczne elektrony (o energii 0,1–10 MeV). Wewnętrzny pas znajduje się najbliżej powierzchni Ziemi w pobliżu wybrzeża Brazylii, jest to tzw. anomalia południowoatlantycka. Jak wiadomo, w omawianej przestrzeni krążą satelity. Stacja kosmiczna nie posiada systemu napędowego pozwalającego na wykonywanie dużych manewrów w kosmosie (posiadać może jedynie silniki umożliwiające autonomiczne podnoszenie wysokości orbity ciągle zmniejszającej się wskutek niezerowego oporu aerodynamicznego szczątkowej atmosfery ziemskiej, czy też umożliwiające zmianę orientacji przestrzennej) oraz systemów pozwalających na lądowanie. A gdzie umieścimy segment kosmiczny GPS? Stanowi go konstelacja satelitów rozmieszczona na prawie kołowych orbitach o nominalnej wysokości 20 183 km nad powierzchnią Ziemi i okresie obiegu dokoła Ziemi równym 11h 58min. Satelita geostacjonarny jest zaś sztucznym satelitą Ziemi umieszczonym na tzw. orbicie geostacjonarnej w płaszczyźnie równikowej w odległości 35 830 km od równika.

Dopasuj nazwy elementów grafiki.

Zaleca się korzystanie w trybie pełnoekranowym.

Polecenie 1

OBIEKT MULTIMEDIALNY

KLIKNIJ, ABY OTWORZYĆ NA PEŁNYM EKRANIE

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl>.

Polecenie 2

Przyjmij, że Ziemia jest „wzorcem skali” w powyższej grafice. Które z pozostałych elementów schematu zostały oddane „w skali”, które są „za małe”, a które „za duże”?

Polecenie 3

Wskaż elementy, które przy wspomnianej wyżej skali byłyby niewidoczne, bo są za blisko Ziemi, które byłyby widoczne, a które uciekałyby poza monitor.

WIDOCZNE

balon stratosferyczny

górny brzeg jonosfery

samolot odrzutowy

Księżyc

satelita stacjonarny

NIEWIDOCZNE

POZA SKALĄ

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Wybierz prawidłowe dokończenie zdania.

Wielkoskalowe zmiany ziemskiego pola magnetycznego /
 .

Ćwiczenie 2



Dokończ zdanie.

Skoro w zastygłej magmie ziemskie pole magnetyczne pozostawia swój ślad to znaczy, że w magmie zawarty jest .

Ćwiczenie 3



Dokończ zdanie.

Gwałtowne zmiany ziemskiego pola magnetycznego spowodowane wyrzuceniem przez Słońce ogromnej liczby naładowanych cząstek nazywamy .

Ćwiczenie 4



Jaką właściwość ma ferromagnetyk obecny w lawie wylewającej się z pęknięcia w Grzbiecie Śródatlantyckim, skoro nie daje się rozmagnesować przy następnej zmianie biegunowości ziemskiego pola magnetycznego? Wybierz tę cechę spośród niżej wymienionych.

- ☐ niska wartość koercji
- ☐ wysoka wartość pozostałości magnetycznej
- ☐ niska wartość pozostałości magnetycznej
- ☐ wysoka wartość koercji

Ćwiczenie 5



Podczas zmiany położenia biegunów ziemskiego pola magnetycznego, będziemy w Polsce obserwowali zmiany:

- ☐ deklinacji magnetycznej
- ☐ inklinacji magnetycznej
- ☐ i deklinacji i inklinacji magnetycznej

Ćwiczenie 6



Jakie zjawisko fizyczne odpowiedzialne jest za powstawanie dodatkowych napięć (tzw. przepięć) w sieci energetycznej podczas burzy magnetycznej?

Odp.: .

Ćwiczenie 7



Wyjaśnij, dlaczego wiatr słoneczny zmienia ziemskie pole magnetyczne.

Ćwiczenie 8

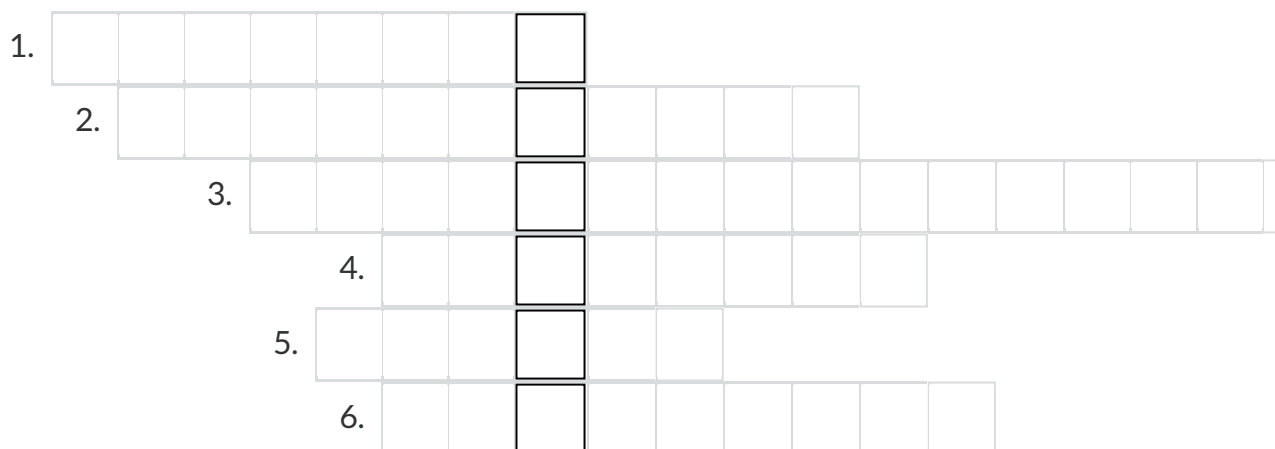


Wyjaśnij, dlaczego zmiana (osłabnięcie) pola magnetycznego Ziemi będzie miała szkodliwy wpływ na satelity wokółziemskie i orbitalną stację kosmiczną.

Ćwiczenie 9



Rozwiąż krzyżówkę



1. Kiedy w Ziemię uderza większy strumień naładowanych cząstek, mamy ... na Słońcu.
2. Różnice morfologiczne lub fizjologiczne pomiędzy dwoma biegunami to...
3. Dochodzi do niego, gdy bieguny zamieniają się miejscami.
4. Jaki charakter ma ziemskie pole magnetyczne?
5. Pierwiastek, z którego składa się zewnętrzne jądro Ziemi.
6. Jaką pogodę należy śledzić, żeby opanować warunki panujące wokół Ziemi?

Dla nauczyciela

Imię i nazwisko autora:	Nina Tomaszewska
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	Czy pole magnetyczne Ziemi jest stałe w czasie?
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: 19) wyodrębnia zjawisko z kontekstu, nazywa je oraz wskazuje czynniki istotne i nieistotne dla jego przebiegu; 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.
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. opisuje strukturę ziemskiego pola magnetycznego i jego źródło, 2. omawia zmiany pola magnetycznego Ziemi w jej historii, 3. tłumaczy, w jaki sposób badamy zmiany ziemskiego pola magnetycznego, 4. określa, jakie mogą być konsekwencje osłabnięcia pola magnetycznego Ziemi.
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 rozmawia z uczniami o ziemskim polu magnetycznym – jaką ma strukturę i co jest jego prawdopodobnym źródłem. Zadaje pytanie, w jaki sposób pole magnetyczne ochrania Ziemię przed promieniowaniem kosmicznym.	
Faza realizacyjna:	
Nauczyciel opowiada uczniom o wielkoskalowych zmianach pola magnetycznego Ziemi, prowadzących nawet do odwrócenia biegunów magnetycznych, co w historii Ziemi następowało wielokrotnie. Mówi o tym, skąd mamy informację na ten temat - o zapisie pozostałości magnetycznej w skałach magmowych. Na koniec nauczyciel dyskutuje z uczniami o skutkach burz magnetycznych wywołanych wybuchami koronalnymi plazmy na Słońcu. Do omówienia skutków słabnięcia pola magnetycznego Ziemi bardzo przydatna będzie grafika interaktywna, zastosowana wspólnie z uczniami, gdzie pokazane są pasy radiacyjne i obszar orbit satelitów i stacji kosmicznej.	
Faza podsumowująca:	
W fazie podsumowującej nauczyciel powinien wraz z uczniami rozwiązać zadania: 1, 2, 4 i 6 z zestawu ćwiczeń.	
Praca domowa:	

W ramach powtórzenia i utrwalenia wiadomości uczniowie rozwiązują zadania: 3, 5, 7 i 8 z zestawu ćwiczeń.

**Wskazówki
metodyczne
opisujące
różne
zastosowania
danego
multimedium**

Grafika interaktywna może pozostać niewykorzystana podczas lekcji i stanowić zadanie domowe, które będzie pomocne przy rozwiązywaniu pozostałych zadań.