



B

**Pola  
elektromagnetyczne  
o niskiej  
częstotliwości  
i otoczenie człowieka**



## WPROWADZENIE

Pole elektromagnetyczne to zjawisko powszechne w naturze. Naturalne pola elektryczne i magnetyczne obejmują Ziemię, atmosferę oraz przestrzeń wokół Ziemi. Również ludzie stanowią źródło pól elektromagnetycznych o różnych częstotliwościach. Oprócz źródeł naturalnych, występują również sztuczne źródła pól elektromagnetycznych, które podobno są nieszkodliwe dla ludzi. Celem lekcji jest uświadomienie uczniom powszechnego występowania pól elektromagnetycznych w naszym otoczeniu.

*Uwaga: Zgodnie z wynikami najnowszych badań promieniowanie elektromagnetyczne o niskiej częstotliwości jest uważane za nieszkodliwe dla ludzi w porównaniu z promieniowaniem elektromagnetycznym o wysokiej częstotliwości, np. promieniowaniem rentgenowskim lub rezonansem magnetycznym.*

### Pojęcia kluczowe

Pojęcia z zakresu fizyki (magnesy i elektromagnesy, generatory, prawo Faradaya, prawo Maxwella, pola elektromagnetyczne, widmo promieniowania), pojęcia z zakresu matematyki (wykresy funkcji), pojęcia z zakresu ochrony środowiska (zanieczyszczenie środowiska).

### Grupa wiekowa

Lekcja jest zalecana dla uczniów w wieku od 12 do 19 lat:

- ▮ 12-14 lat: kwestionariusz, pomiary indukcji magnetycznej i analiza ilościowa.
- ▮ 15-19 lat: kwestionariusz, pomiary indukcji magnetycznej, analiza ilościowa i wykresy.

## MATERIAŁY

Wykresy i kwestionariusze można przygotować w postaci arkusza kalkulacyjnego, np. w programie Microsoft Excel lub Open Office.

Można skorzystać również z darmowych narzędzi internetowych, np. Google Docs (dokumenty i arkusze kalkulacyjne).

Pomiary można wykonywać za pomocą smartfona lub palmtopa (z funkcją pomiaru natężenia pola elektromagnetycznego). Można również skorzystać z kilku darmowych aplikacji dostępnych w Internecie.

## ZAKRES PROGRAMOWY

Następujące urządzenia diagnostyczne i terapeutyczne, stosowane w medycynie, mogą stanowić źródło pola elektromagnetycznego: aparaty rentgenowskie, tomograf komputerowy, rezonator magnetyczny, urządzenia do magnetoterapii i magnetostymulacji oraz aparaty do diatermii. Ponadto występują takie sztuczne źródła tego promieniowania jak przewody elektroenergetyczne, stacje radiowe i telewizyjne, instrumenty radionawigacyjne i radiolokacyjne, telefony komórkowe oraz domowe urządzenia elektryczne. Skupiska takich źródeł są nazywane smogiem elektromagnetycznym.

W celu oceny poziomu wiedzy przeciętnego użytkownika na temat pól elektromagnetycznych o niskiej częstotliwości, emitowanych przez takie urządzenia, przeprowadzono badanie ankietowe obejmujące 1000 uczniów. Wyniki okazały się alarmujące. Jedynie 14% respondentów umiało powiedzieć, czym jest smog elektromagnetyczny, przy czym 5% respondentów z tej grupy umiało prawidłowo zdefiniować to pojęcie. Na pytanie „Wymień znane ci źródła elektromagnetyzmu” 36% respondentów nie znało odpowiedzi. Pozostali uczestnicy badania wskazali urządzenia wymienione w kwestionariuszu.

Na podstawie kwestionariuszy można opracować ranking szkodliwych urządzeń. W celu weryfikacji poprawności rankingu można zmierzyć pole magnetyczne wytwarzane przez takie urządzenia. W tym celu można skorzystać ze smartfona lub palmtopa. Wyniki pomiarów wskazywały, że ranking sporządzony według odpowiedzi respondentów nie był prawidłowy.

### Dane

Ogólnym celem tego projektu jest zanalizowanie pól elektromagnetycznych w otoczeniu człowieka oraz podniesienie świadomości wśród uczniów na ten temat.

Uczniowie wypełniają kwestionariusz na komputerze. W celu uproszczenia procesu gromadzenia danych można skorzystać z darmowego narzędzia dostępnego w Internecie. W ten sposób można przygotować formularz oraz udostępnić go uczniom w Internecie. Wszystkie zgromadzone dane należy wprowadzić do arkusza kalkulacyjnego, który można pobrać w odpowiednim formacie.

Arkusz kalkulacyjny zapewnia natychmiastowe przedstawienie wyników ankiety w postaci procentowej i wykresów. Wykresy można tworzyć również w arkuszu kalkulacyjnym.



Następnie uczniowie mają za zadanie przeprowadzić pomiary pól magnetycznych wytwarzanych przez różne urządzenia domowe (liniowe i trójwymiarowe). W tym celu należy skorzystać z geometru dostępnego w smartfonie lub palmtopie.

Urządzenia te umożliwiają pomiar indukcji magnetycznej ① w odstępach 10 cm oraz wprowadzenie wyników do tabeli. W arkuszu kalkulacyjnym można sporządzić wykres podstawowy.

Rozkład pola magnetycznego mierzonego w płaszczyźnie (izolinie). ② ③

#### Analiza

Na podstawie danych z ankiety i pomiarów uczniowie

mają za zadanie sporządzić wykres. Tak otrzymane wykresy należy następnie zanalizować i omówić.

Uczeń poproszony o podanie przykładów znanych źródeł pól elektromagnetycznych może odpowiedzieć „Wiem...” lub „Nie wiem”. Wyniki można przedstawić w postaci wykresu kołowego.

Na pytanie „Czy słyszałeś kiedyś o smogu elektromagnetycznym?” możliwa jest więcej niż jedna odpowiedź, dlatego tutaj wyniki można przedstawić w postaci wykresu kolumnowego.

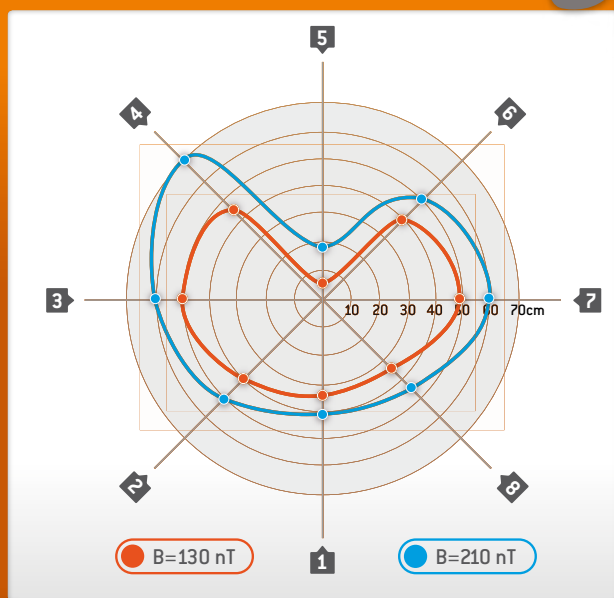
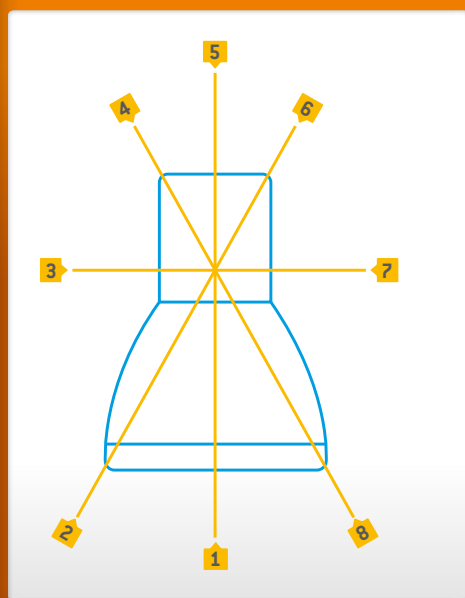
Odpowiedzi na pytanie „Które z urządzeń mają twoim zdaniem szkodliwy wpływ na twoje zdrowie?” można przedstawić w postaci wykresu  $y(x)$  ( $x$  – nazwa urządzenia,  $y$  – liczba osób, która wskazała dane urządzenie).

Następnie uczniowie mogą matematycznie opracować pomiary (nieprecyzyjne instrumenty pomiarowe lub nieprecyzyjne zmysły ludzkie, tzn. wzrok, to potencjalne źródło niedokładności pomiarowej). Wyniki najlepiej zestawić w arkuszu kalkulacyjnym.

Przykład: „Wielkość indukcji magnetycznej  $B$  [nT] pewnego komponentu urządzenia elektrycznego (z pomiarów wykonanych przez uczniów) w porównaniu do odległości zaznaczonej kolorem”. ④ ⑤



### ② ③ Rozkład pola magnetycznego w płaszczyźnie (izolinie)



#### 4 Porównanie natężenia indukcji pola magnetycznego dla wybranych urządzeń elektrycznych

Distance to the source (cm) >	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Vacuum cleaner „Philips“	19,755	5,695	2,560	1,200	754	461	331	247	187	162	136	109	103
Computer monitor	666	225	109	63	50	41	30						
Hair dryer „Braun“	3,940	1,043	464	206	133	85	69	51					
Shaver „Privileg“	19,980	9,450	3,320	1,432	844	500	341	232	180	127	102	78	67

Na zakończenie analizy uczniowie mogą porównać natężenie pola magnetycznego wytwarzanego przez urządzenie oraz czas narażenia (np. wykres  $y(x)$ :  $x$  – indukcja pola magnetycznego  $B$  [nT] oraz czas narażenia  $t$  [h] – dawka tygodniowa,  $y$  – urządzenie).

#### Wyniki

Wielkość indukcji pola magnetycznego wytwarzanego przez urządzenia (zazwyczaj podawana przez producenta) oraz czas narażenia stanowią bardzo ważne parametry w analizie wpływu pól elektromagnetycznych na zdrowie ludzi. Informacje dotyczące narażenia określonych części ciała są również bardzo ważne. Uczniowie mogą omówić wyniki analizy, przygotować plakaty dla innych uczniów oraz podzielić się swoimi wynikami z całą klasą lub uczniami innych szkół. Dobrym pomysłem jest założenie wspólnej wirtualnej bazy danych, np. common Wiki, lub przygotowanie kwestionariusza internetowego.

Symulacja narażenia podczas badania rezonansem magnetycznym na stronie [www.phet.colorado.edu/en/simulation/mri](http://www.phet.colorado.edu/en/simulation/mri) pozwoli zrozumieć, jak silne pole elektromagnetyczne może działać na ciało człowieka.

#### WNIOSKI

Pola elektromagnetyczne kontrolują wiele procesów biologicznych i fizjologicznych zachodzących w ludzkim ciele. Przykładowo, mogą oddziaływać na strukturę białek oraz rozkład jonów w błonach komórkowych. Dodatkowo oddziałują na kryształy ciekłe zawarte w organizmie, zwłaszcza w błonach biologicznych.

Potencjalny wpływ pól elektromagnetycznych o niskiej częstotliwości stanowi duży problem, jednakże – jak pokazał kwestionariusz – nie jest powszechnie znany.

Unaocznienie problemu związanego z brakiem takiej wiedzy to pierwszy krok na drodze do prezentacji zagadnienia pól elektromagnetycznych wytwarzanych przez urządzenia elektryczne przeciętnemu użytkownikowi. Celem lekcji nie jest wzbudzenie lęku przed polami elektromagnetycznymi, lecz podniesienie świadomości problemu oraz nauczenie prawidłowego korzystania z urządzeń elektrycznych, np. poprzez unikanie korzystania z wielu urządzeń jednocześnie, np. telewizora, komputera i sprzętu audio, unikanie spędzania wielu godzin przed ekranem komputera lub telewizora, wyłączenie Internetu bezprzewodowego, jeżeli nie jest niezbędny itp.).

#### 5 Wykres zależności pomiędzy natężeniem indukcji pola magnetycznego $B$ [nT] a odległością [cm] od urządzenia elektrycznego

