



Jak dielektryki zachowują się w zewnętrznym polu elektrycznym?

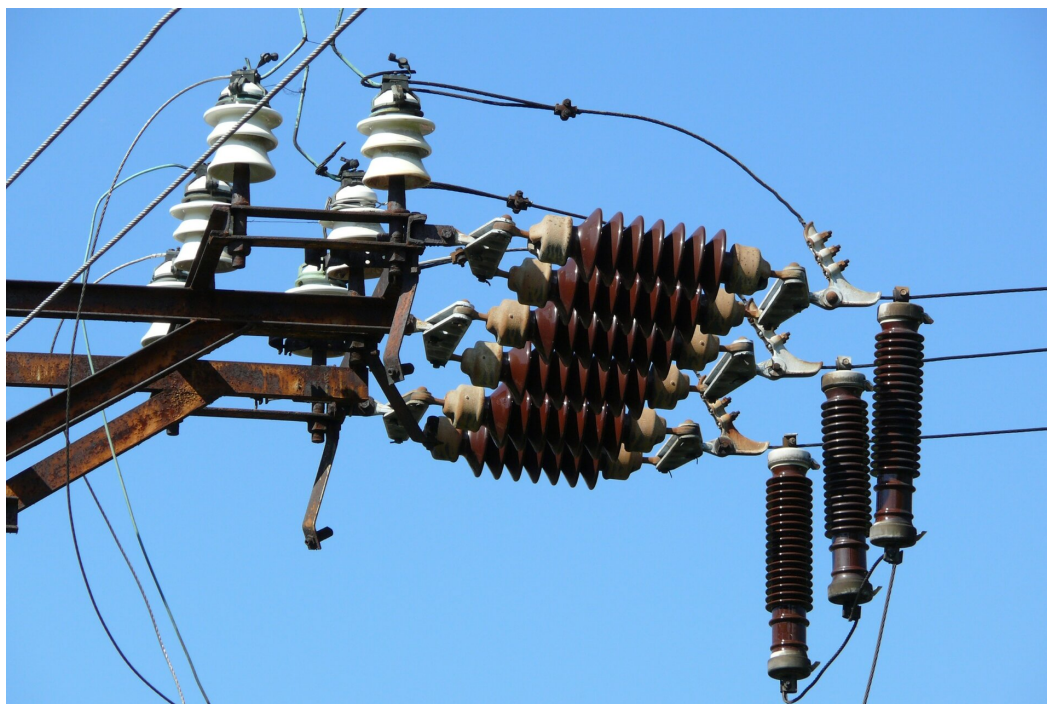
- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Animacja](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)



Jak dielektryki zachowują się w zewnętrznym polu elektrycznym?

Źródło: dostępny w internecie: <https://pixabay.com/photos/glass-insulators-insulator-3843176/> [dostęp 11.06.2022].

Czy to nie ciekawe?



Rys. a. Przykłady dielektryków.

Źródło: dostępny w internecie: <https://pixabay.com/photos/energy-electricity-insulators-4990801/> [dostęp 11.06.2022].

Dielektryki nie przewodzą prądu, ale czy to znaczy, że umieszczenie ich w polu elektrycznym nie ma na nie żadnego wpływu? Czy w materiale dielektryka zachodzą jakiegokolwiek zmiany pod wpływem pola elektrycznego? O tym dowiesz się w tym e-materiale.

Twoje cele

- dowiesz się, czym jest dielektryk;
- poznasz właściwości dielektryków;
- zrozumiesz różnice między dielektrykami polarnymi i niepolarnymi;
- przeanalizujesz zachowanie dielektryków w zewnętrznym polu elektrycznym.

Przeczytaj

Warto przeczytać

Co to jest dielektryk? Dielektryk to materiał, którego **opór właściwy** ρ jest większy niż $10^7 \Omega\text{m}$. Im wyższa wartość tego oporu, tym gorzej dany materiał przewodzi prąd. Dobre przewodniki mają wartość oporu właściwego rzędu $10^{-7} \Omega\text{m}$.

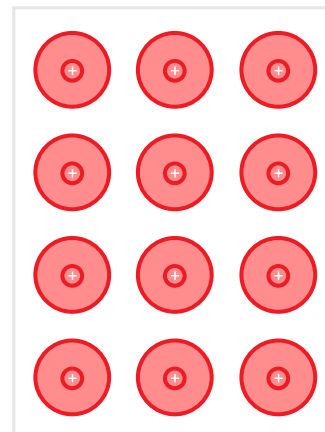
Aby zrozumieć, w jaki sposób dielektryk zachowuje się w polu elektrycznym, należy wiedzieć, jak jest on zbudowany.

Istnieją dwa typy budowy dielektryka (patrz Rys. 1.):

1. Cząsteczki dielektryka są dipolami (dipol to układ dwóch jednakowych różnoimiennych ładunków rozsuniętych na pewną odległość), czyli mają niezerowy moment dipolowy. Takie dielektryki nazywamy polarnymi.
2. Cząsteczki mają zerowy moment dipolowy, jednak w zewnętrznym polu zostają „rozciągnięte” siłami pola i tracą symetrię. W obecności zewnętrznego pola cząsteczki stają się dipolami. Takie dielektryki nazywamy niepolarnymi.



model dielektryka polarnego



model dielektryka niepolarnego

Rys. 1. Dwa typy budowy wewnętrznej dielektryków: polarny i niepolarny.

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

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

Po umieszczeniu dielektryka w polu elektrycznym cząsteczki dielektryka, zarówno polarnego jak i niepolarnego, będą zachowywać się jak dipole.

Wielkością charakteryzującą dipole jest moment dipolowy $\vec{p}$, zdefiniowany jako iloczyn wartości ładunku q oraz wektora $\vec{l}$ mającego wartość równą odległości między ładunkami, kierunek prostej łączącej ładunki i zwrot od ładunku ujemnego do dodatniego:

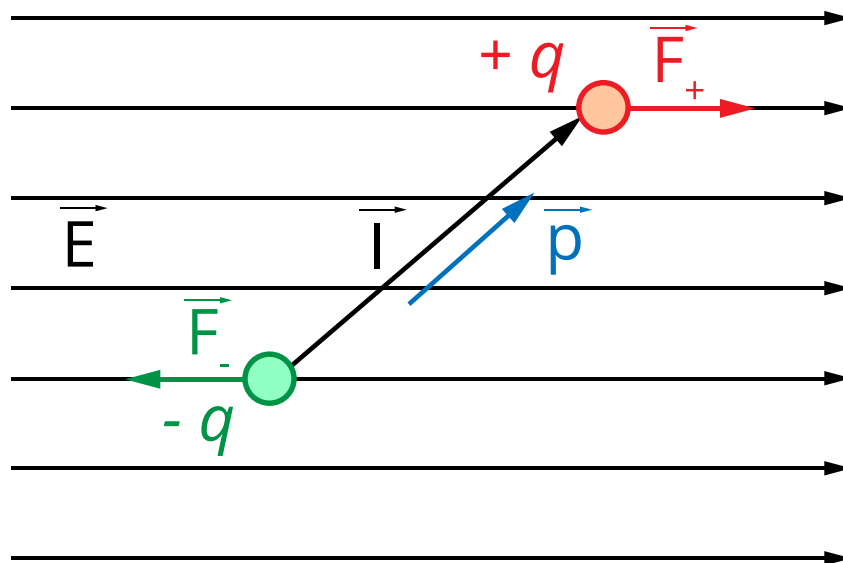
$$\vec{p} = q \cdot \vec{l}$$

Na Rys. 2. przedstawiony jest wektor momentu dipolowego, zgodny w powyższą definicją.

Na dipol umieszczony w zewnętrznym polu elektrycznym o natężeniu $\vec{E}$ działa moment siły $\vec{M}$, równy iloczynowi wektorowemu wektora momentu dipolowego oraz wektora natężenia pola:

$$\vec{M} = \vec{p} \times \vec{E}$$

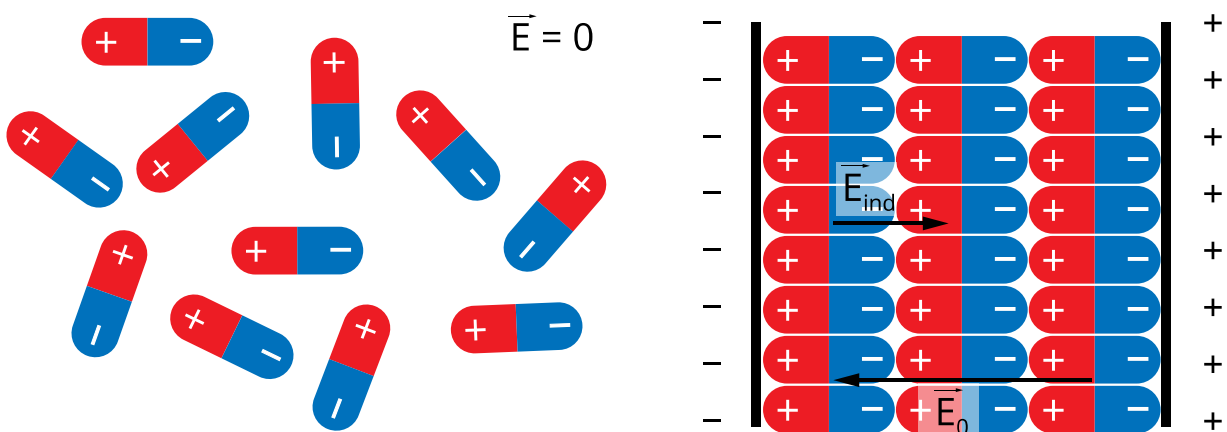
W wyniku działania tego momentu siły dipol obraca się, ustawiając się wzdłuż linii pola tak, jak pokazano na Rys. 1.



Rys. 2. Wyjaśnienie skutku działania momentu siły na dipol umieszczony w polu elektrycznym, czyli obrotu dipola tak, by wektor jego momentu dipolowego pokrył się z liniami pola zewnętrznego.

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

W przypadku dielektryków polarnych, umieszczenie ich w zewnętrznym polu elektrycznym powoduje uporządkowanie dipoli. Ustawiają się one tak, że wytworzone przez nie wewnętrzne pole elektryczne skierowane jest przeciwnie do pola zewnętrznego.



Rys. 3. Wskutek oddziaływań dipoli z zewnętrznym polem elektrycznym ustawiają się one tak, jak na rysunku. Indukowane pole wytworzone przez dipole ma kierunek przeciwny do pola zewnętrznego.

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

W przypadku dielektryków, których cząsteczki nie stanowią dipoli, umieszczenie ich w zewnętrznym polu elektrycznym, powoduje wyindukowane elektrycznych momentów dipolowych. Dipole te układają się podobnie jak w dielektrykach polarnych znajdujących się w zewnętrznym polu elektrycznym.

Uporządkowanie ładunków w obecności zewnętrznego pola elektrycznego następuje w taki sposób, że wewnętrzne pole elektryczne, pochodzące od uporządkowanych dipoli, skierowane jest przeciwnie do pola zewnętrznego. Wartość wektora natężenia wypadkowego pola elektrycznego wewnątrz dielektryka jest różnicą wartości wektorów natężeń pola zewnętrznego $\vec{E}_0$ i wewnętrznego $\vec{E}_{wew}$:

$$E = E_0 - E_{wew}$$

Widzimy zatem, że natężenie pola wypadkowego w dielektryku ma mniejszą wartość niż natężenie pola zewnętrznego:

$$E < E_0$$

Stosunek wartości wektorów natężeń pola $\vec{E}_0$ do $\vec{E}$ informuje nas, ile razy natężenie pola całkowitego w dielektryku zmniejszyło się, w porównaniu z natężeniem pola zewnętrznego (czyli takiego, jakie panowałoby w próżni). Wielkość ta nazywa się względną przenikalnością elektryczną dielektryka, jest cechą materiału i wyraża się wzorem:

$$\epsilon_r = \frac{E_0}{E}$$

Jeżeli między okładkami kondensatora umieścimy dielektryk, pole elektryczne wewnątrz będzie zależało nie tylko od pola „zewnętrznego” (wynikającego z wartości ładunku zgromadzonego na okładkach), ale także od wartości ϵ_r dla dielektryka. Zmniejszenie

natężenia tego pola pozwala na zgromadzenie większego ładunku, niż dla kondensatora próżniowego, czyli na zwiększenie pojemności kondensatora.

Wartości względnej przenikalności elektrycznej dla wybranych dielektryków podano w tabeli poniżej:

Material	Względna przenikalność elektryczna
Papier	3,5
Szkło	4,5
Diamant	5,5-10
Sól	3-15
Woda	88 (<i>w 0 °C</i>) – 34,5 (<i>w 200 °C</i>)

Słowniczek

Opór właściwy

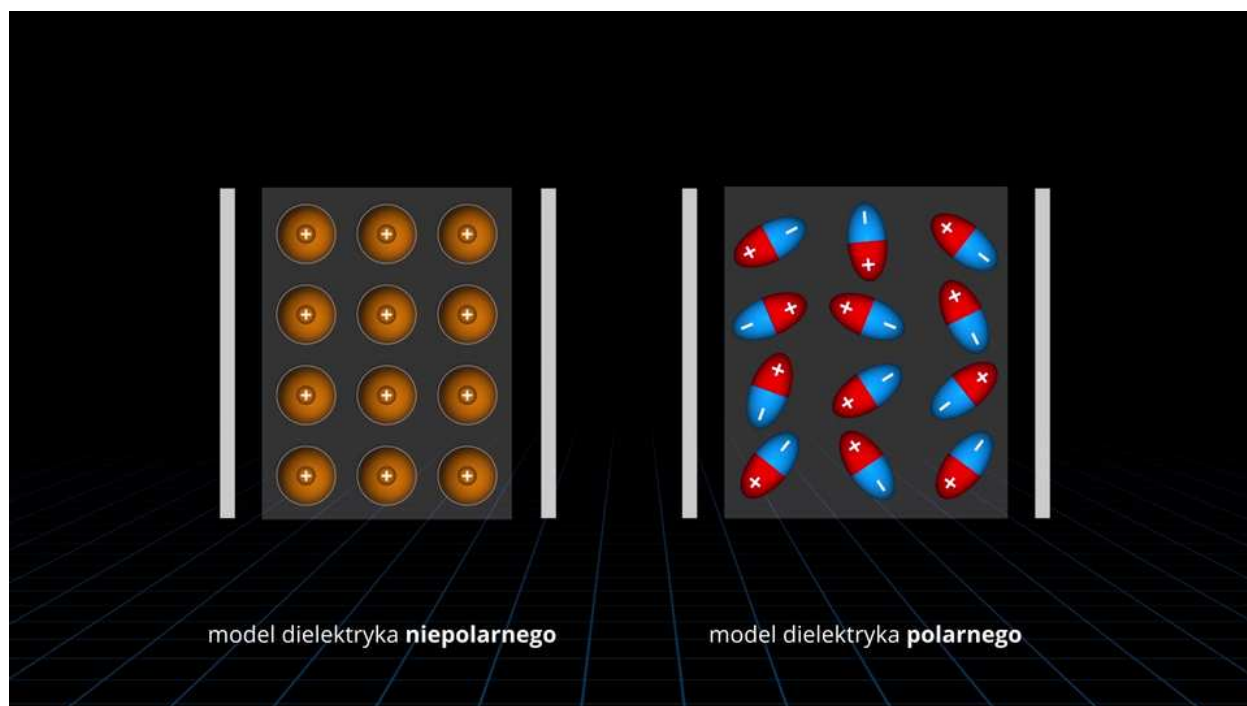
(ang.: *electrical resistivity*) (rezystywność) – wielkość charakteryzująca właściwości elektryczne materiału; opór elektryczny jednorodnego przewodnika o przekroju poprzecznym S równym 1 m^2 długości l równej 1 m , oznaczamy symbolem ρ (mała grecka litera ro). Zależność między oporem właściwym a oporem elektrycznym R przewodnika wykonanego z drutu wyraża się wzorem:

$$\rho = R \frac{S}{l}$$

Animacja

Dielektryk w zewnętrznym polu elektrycznym

Symulacja przedstawia zachowanie cząstek dielektryka polarnego i niepolarnego w obecności zewnętrznego pola elektrycznego. Zwróć uwagę, jak ustawienie cząstek wpływa na indukowanie się pola elektrycznego.



Film dostępny pod adresem </preview/resource/R8qwDvY5hnHYt>

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

Zapoznaj się z alternatywną ścieżką animacji.

Polecenie 1

Jeśli do wnętrza naładowanego kondensatora płaskiego wsuniemy dielektryk, to całkowite natężenie pola elektrycznego w jego wnętrzu ...

☐ nie zmieni się.

☐ zmniejszy się.

☐ zwiększy się.

Polecenie 2

W symulacji pokazano, że cząsteczki dielektryka niepolarnego po umieszczeniu ich w zewnętrznym polu elektrycznym stają się dipolami. Co się wydarzy po usunięciu zewnętrznego pola elektrycznego?

- ☐ Cząsteczki pozostaną dipolami, ale tak, jak w przypadku dielektryka polarnego, sumaryczne pole elektryczne zniknie wskutek ruchów termicznych.
- ☐ Cząsteczki przestaną być dipolami i pole elektryczne zniknie.
- ☐ Cząsteczki pozostaną dipolami i pole elektryczne wytworzone przez dielektryk nadal będzie istniało.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Zaznacz zdanie/zdania **prawdziwe**.

Natężenie wypadkowe pola w dielektryku umieszczonym w zewnętrznym polu elektrycznym jest:

- ☐ proporcjonalne do natężenia pola zewnętrznego.
- ☐ proporcjonalne do wartości względnej przenikalności elektrycznej dielektryka.
- ☐ odwrotnie proporcjonalne do natężenia pola zewnętrznego.
- ☐ odwrotnie proporcjonalne do wartości względnej przenikalności elektrycznej dielektryka.

Ćwiczenie 2



Przykładem zastosowania własności dielektryka umieszczonego w zewnętrznym polu elektrycznym jest wypełnienie nim przestrzeni między okładkami kondensatora. Wstaw wyrazy umieszczone poniżej tak, aby zdania były prawdziwe.

Na okładkach kondensatora płaskiego pojawiło się napięcie. Linie sił tego pola przebiegają do okładek. Między okładki wsunięto dielektryk, w którym pojawiło się wewnętrzne pole elektryczne. Linie sił tego wewnętrznego pola są do linii sił pola zewnętrznego. Wewnątrz kondensatora mamy do czynienia z polem wypadkowym, które jest do okładek kondensatora.

równoległe prostopadłe prostopadłe równoległe

Ćwiczenie 3



Uzupełnij zdania.

Przykładem dielektryka umieszczonego w zewnętrznym polu elektrycznym jest kondensator płaski z dielektrykiem. W takim kondensatorze stosunek natężenia pola zewnętrznego do natężenia pola wewnątrz dielektryka jest równy . Ponieważ wartość ta jest zawsze od 1, więc wprowadzenie dielektryka między okładki kondensatora powoduje wartości natężenia pola między okładkami.

większa

pojemności kondensatora

mniejsza

zmniejszenie

równa

wzrost

względnej przenikalności elektrycznej

Ćwiczenie 4



Dielektryk składa się z dipoli, w których proton i elektron oddalone są od siebie o 10 pm ($10 \cdot 10^{-12} \text{ m}$). Jaką wartość ma elektryczny moment dipolowy każdego z tych dipoli (ładunek elektronu wynosi $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$)?

☐ $1,6 \cdot 10^{-31} \text{ C} \cdot \text{m}$

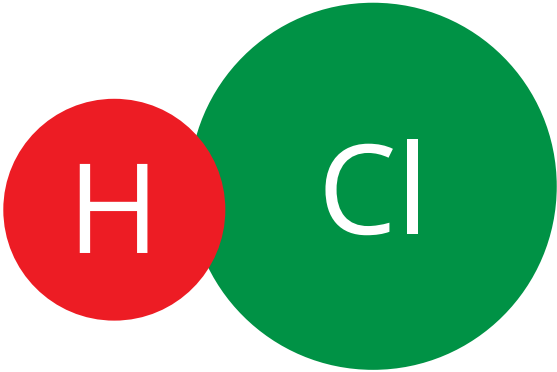
☐ $1,6 \cdot 10^{-30} \text{ C} \cdot \text{m}$

☐ $3,2 \cdot 10^{-30} \text{ C} \cdot \text{m}$

☐ $3,2 \cdot 10^{-31} \text{ C} \cdot \text{m}$



Poniżej przedstawiono kilka informacji na temat chlorowodoru:

Wzór sumaryczny	HCl
Wzór strukturalny	H - Cl
Model cząsteczki	 Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0. Licencja: https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl.
Moment dipolowy	$p = 3,70 \cdot 10^{-30} \text{ C}\cdot\text{m}$
Ciepło właściwe przy stałym ciśnieniu	$C_p = 0,812 \text{ J}/(\text{g}\cdot\text{K})$
Ciepło właściwe przy stałej objętości	$C_V = 0,576 \text{ J}/(\text{g}\cdot\text{K})$

Masa molowa	36,46 g/mol
-------------	-------------

Uzupełnij poniższy tekst używając zaproponowanych wyrażen.

Na podstawie dostępnych informacji możemy stwierdzić, że chlorowódór jest .

Wiemy to na podstawie .

modelu cząsteczki

dielektrykiem polarnym

masy molowej

wzoru strukturalnego

ciepła właściwego przy stałym ciśnieniu

dielektrykiem niepolarnym

ciepła właściwego przy stałej objętości

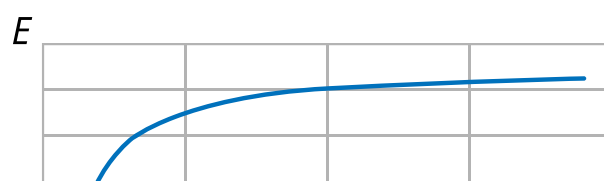
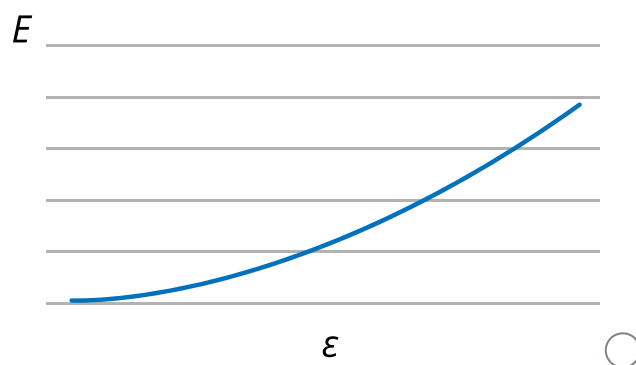
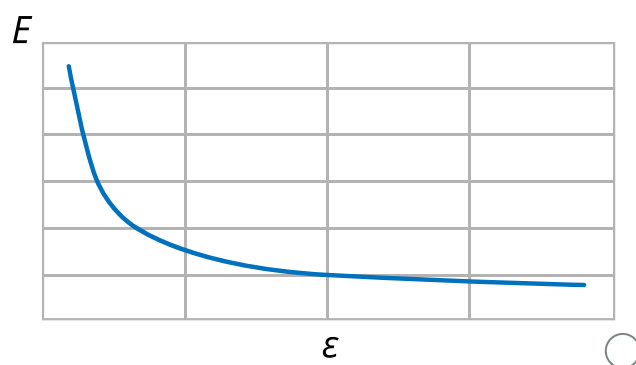
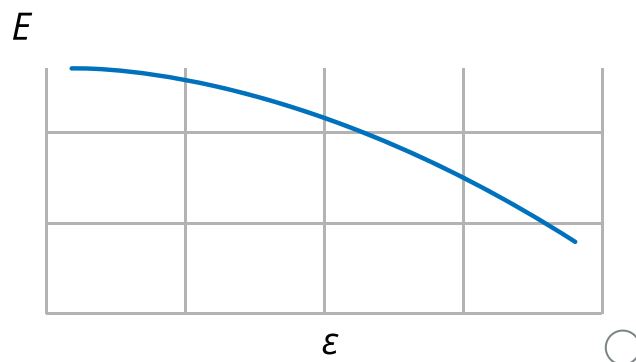
momentu dipolowego

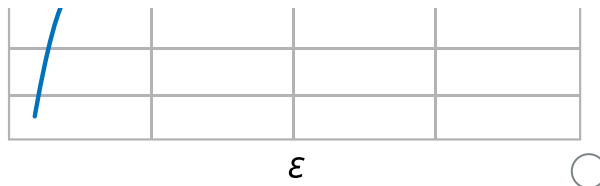
przewodnikiem

Ćwiczenie 6



Który z wykresów przedstawia zależność wartości natężenia wypadkowego pola w dielektryku od współczynnika względnej przenikalności elektrycznej tego dielektryka?





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

Ćwiczenie 7



Zaznacz zdanie **fałszywe**:

- ☐ W zewnętrznym polu elektrycznym dipole w dielektrykach ulegają uporządkowaniu.
- ☐ Pod wpływem zewnętrznego pola elektrycznego w dielektryku indukuje się wewnętrzne pole elektryczne.
- ☐ Cechą charakterystyczną wszystkich dielektryków jest obecność stałych dipoli elektrycznych.

Ćwiczenie 8



Wskaż prawidłową odpowiedź:

W dielektrykach polarnych występują ☐ stałe / ☐ wyindukowane dipole elektryczne.

Pod wpływem zewnętrznego pola elektrycznego dipole ulegają uporządkowaniu, wytwarzając

wewnętrzne pole elektryczne skierowane ☐ zgodnie / ☐ przeciwnie do kierunku pola

zewnętrznego. W dielektrykach niepolarnych występują ☐ stałe / ☐ wyindukowane

dipole elektryczne.

Dla nauczyciela

Imię i nazwisko autora:	Martyna Jakubowska
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	Dielektryk w zewnętrznym polu elektrycznym
Grupa docelowa:	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres rozszerzony
Podstawa programowa	Cele kształcenia – wymagania ogólne II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych. 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. VII. Elektrostatyka. Uczeń: 12) opisuje polaryzację dielektryków w polu zewnętrznym i ich wpływ na pojemność kondensatora; oblicza pojemność kondensatora, uwzględniając stałą dielektryczną.
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. opisuje budowę cząsteczkową dielektryków; 2. wskazuje różnice między dielektrykiem polarnym i niepolarnym; 3. wyjaśnia właściwości dielektryków; 4. analizuje zachowanie dielektryków w zewnętrznym polu elektrycznym.
Strategie nauczania	blended-learning
Metody nauczania	nauczanie hybrydowe
Formy zajęć:	praca w grupach
Środki dydaktyczne:	komputer dla każdego ucznia, kalkulator, długopis
Materiały pomocnicze	-
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	
Nauczyciel rozpoznaje wiedzę uczniów poprzez zadanie pytań: co to jest pole elektryczne, natężenie pola elektrycznego, względna przenikalność elektryczna? Sprawdza, czy uczniowie potrafią podać jednostki natężenia pola elektrycznego i względnej przenikalności elektrycznej. Jeśli uczniowie nie znają odpowiedzi, nauczyciel pomaga im usystematyzować wcześniejszą wiedzę z elektrostatyki. Przeczytanie i omówienie części „Czy to nie ciekawe?”.	
Faza realizacyjna:	
Uczniowie samodzielnie czytają tekst „Warto przeczytać”. Nauczyciel inicjuje dyskusję zwracając uwagę uczniów na różne rodzaje budowy dielektryków, zachowanie dipoli w zewnętrznym polu elektrycznym i wpływ tego zachowania na całkowite natężenie pola elektrycznego wewnątrz materiału dielektrycznego. Uczniowie oglądają animację oraz wykonują zamieszczone polecenia aktywizujące. Nauczyciel ponownie sprawdza, czy uczniowie mają jakieś pytania i wspólnie klasą doprowadza do wyjaśnienia wątpliwości. Jeśli zajdzie taka potrzeba, uczniowie wracają to wybranego fragmentu tekstu lub animacji. Uczniowie wykorzystując zdobytą wiedzę rozwiązując zadania z części „Sprawdź się”.	
Faza podsumowująca:	

Uczniowie dzielą się na 4 grupy. W grupach omawiają rozwiązania zadań, wspólnie zastanawiając się nad tymi, które sprawiły im trudność. Każda z grup omawia dwa zadania na forum klasy.

Podczas pracy w grupach nauczyciel obserwuje poczynania uczniów w każdym zespole i notuje, które zadania sprawiły uczniom kłopot i dlaczego.

Poprzez analizę wypowiedzi uczniów, nauczyciel określa, w jakim stopniu osiągnięte zostały wyznaczone cele.

Praca domowa:

Nauczyciel wcześniej przygotowuje pulę zadań podobnych do tych z części „Sprawdź się”, o zróżnicowanym stopniu trudności. Po przeanalizowaniu wyników testu w części „Sprawdź się” i pytań uczniów, nauczyciel wybiera trzy zadania analogiczne do tych, z którymi uczniowie mieli problemy.

**Wskazówki metodyczne
opisujące różne
zastosowania danego
multimedium**

Animacja może być wykorzystana przed lekcją jako wprowadzenie do niej.