



Jak stała dielektryczna wpływa na natężenie pola w kondensatorze i jego pojemność?

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



Jak stała dielektryczna wpływa na natężenie pola w kondensatorze i jego pojemność?

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

Czy to nie ciekawe?

Dlaczego w kondensatorach (Rys. a.) między okładkami umieszcza się dielektryk? Jak wpływa to na natężenie pola w kondensatorze? Czy wartość tego natężenia wzrasta, czy maleje po wprowadzeniu dielektryka?



Twoje cele

W tym materiale:

- dowiesz się, czym jest stała dielektryczna,
- przeanalizujesz, w jaki sposób umieszczenie dielektryka między okładkami kondensatora wpływa na natężenie pola,
- dowiesz się, w jaki sposób umieszczenie dielektryka między okładkami kondensatora wpływa na jego pojemność.

Przeczytaj

Warto przeczytać

W tym materiale postaramy się odpowiedzieć na pytanie „Jak stała dielektryczna wpływa na natężenie pola w kondensatorze i na jego pojemność?”.

Stała dielektryczna to inaczej względna przenikalność elektryczna materiału dielektrycznego. Jest ona wielkością stałą, charakterystyczną dla danego materiału (Tab. 1.). Ma wartość większą od 1. Jest bezwymiarowa.

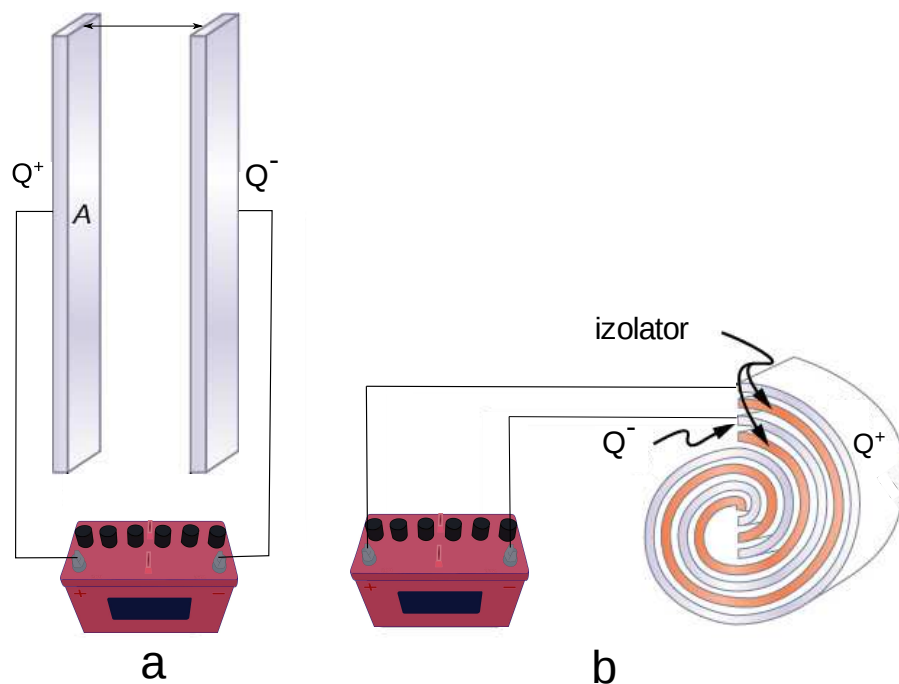
Substancja	Względna przenikalność elektryczna
Próżnia	1
Powietrze	1,00054
Teflon	2,1
Polietylen	2,25
Lód	100
Papier	3,5
Beton	4,5
Guma	7
Diamant	5,5-10
Sól kuchenna 3-15	25

Tab. 1. Wartości względnej przenikalności dla niektórych substancji

Czy wiesz, co to jest kondensator?

Kondensator to układ dwóch równoległych do siebie płyt przewodzących. Najprostszym typem kondensatora jest kondensator płaski, choć kondensatory mogą też mieć bardziej skomplikowaną budowę ([kondensator sferyczny](#), [kondensator cylindryczny](#) itp.).

Schematyczny model kondensatora płaskiego przedstawiono na Rys. 1.

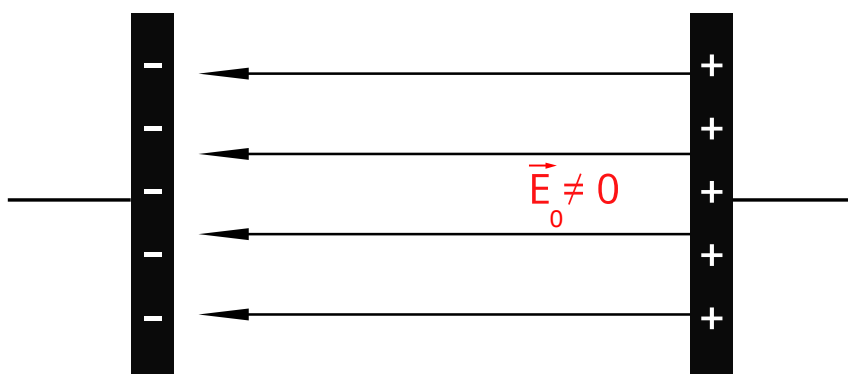


Rys. 1. Kondensatory podłączono do akumulatorów, mają na okładkach ładunki wynoszące odpowiednio $+Q$ i $-Q$. (a) Kondensator płaski składający się z dwóch równoległych, przeciwnie naładowanych płytek o powierzchni A umieszczonych w odległości d od siebie. (b) W zwiniętym kondensatorze przewodzące okładki rozdziela dielektryk.

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

Przestrzeń między okładkami kondensatora możemy wypełnić materiałem o właściwościach dielektrycznych. W jaki sposób wpłynie to na pole elektryczne w przestrzeni między okładkami?

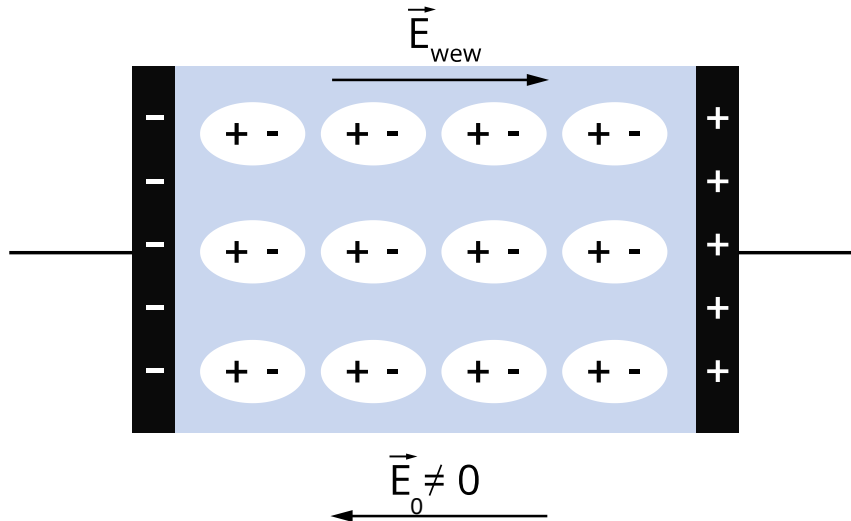
Po naładowaniu kondensatora, na jego okładkach znajdują się ładunki przeciwnego znaku. Między okładkami wytwarza się jednorodne pole elektrostatyczne o natężeniu $\vec{E}_0$. Linie tego pola skierowane są od okładki dodatniej do okładki ujemnej (Rys. 2.).



Rys. 2. Rysunek poglądowy pola wewnątrz kondensatora płaskiego powietrznego

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

Jeśli wewnątrz takiego kondensatora umieścimy dielektryk, cząsteczki, które traktujemy jak **dipole** w tym dielektryku, ustawią się tak, aby ładunek dodatni odwrócony był w kierunku ujemnej okładki, a ujemny był skierowany w stronę okładki dodatniej (Rys. 3.). Spowoduje to powstanie pola wewnętrznego $\vec{E}_{wew}$ w dielektryku, które jest skierowane przeciwnie niż pole $\vec{E}_0$. Taką sytuację pokazano na Rys. 3.



Rys. 3. Rysunek poglądowy pola wewnątrz kondensatora płaskiego wypełnionego dielektrykiem

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

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

Ponieważ pole wewnętrzne takiego kondensatora, wytworzone w dielektryku, skierowane jest przeciwnie niż pole zewnętrzne, to następuje osłabienie pola. Natężenie wypadkowe będzie sumą pól:

$$\vec{E} = \vec{E}_0 + \vec{E}_{wew}$$

Ponieważ $\vec{E}_0$ i $\vec{E}_{wew}$ mają ten sam kierunek, lecz przeciwny zwrot, możemy zapisać, że

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

Wartość natężenia pola w kondensatorze z dielektrykiem E jest mniejsza, niż w takim samym kondensatorze powietrznym. Stosunek E_0 do E ma wartość względnej przenikalności elektrycznej dielektryka wypełniającego przestrzeń między okładkami ϵ_r :

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

Wynika stąd, że:

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

Widzimy więc, w jaki sposób stała dielektryczna wpływa na natężenie pola w kondensatorze. Kiedy przestrzeń pomiędzy okładkami kondensatora całkowicie wypełnia dielektryk o względnej przenikalności elektrycznej ε_r , energia zgromadzona w izolowanym kondensatorze zmniejsza się o czynnik ε_r .

Zastanówmy się teraz, w jaki sposób wpływa na pojemność?

Pojemność kondensatora C definiujemy jako stosunek wartości ładunku na okładkach kondensatora q do różnicy potencjałów między okładkami ΔV :

$$C = \frac{q}{\Delta V}$$

Gdzie ΔV określamy jako iloczyn wartości natężenia pola E oraz odległości między okładkami d :

$$\Delta V = E \cdot d$$

Więcej na ten temat w e-materiale pt.: „Jaki jest związek między różnicą potencjałów a natężeniem pola w kondensatorze płaskim?”.

Pojemność możemy więc zapisać jako:

$$C = \frac{q}{\Delta V} = \frac{q}{E \cdot d}$$

Czyli, jeśli wartość natężenia pola maleje wraz ze wzrostem wartości względnej przenikalności elektrycznej dielektryka to pojemność kondensatora rośnie wraz ze wzrostem wartości względnej przenikalności elektrycznej dielektryka.

Stosunek pojemności kondensatora powietrznego C_0 do pojemności tego samego kondensatora z dielektrykiem umieszczonym między okładkami C jest równa:

$$\frac{C_0}{C} = \frac{1}{\varepsilon_r}$$

A więc:

$$C = C_0 \cdot \varepsilon_r$$

Kiedy przestrzeń pomiędzy okładkami kondensatora całkowicie wypełnia dielektryk o względnej przenikalności elektrycznej ε_r , pojemność elektryczna kondensatora próżniowego wzrasta o czynnik ε_r .

Warto zapamiętać, że w kondensatorze próżniowym przestrzeń między okładkami to po prostu próżnia. Względna przenikalność elektryczna ε_r dla próżni jest równa 1, dlatego w kondensatorach próżniowych pomija się ten czynnik we wzorach. W kondensatorze powietrznym przestrzeń między okładkami wypełniona jest powietrzem. Względna przenikalność elektryczna ε_r powietrza wynosi 1,00054. Zazwyczaj traktuje się ją w przybliżeniu jednak jako 1, a dla kondensatorów powietrznych stosuje się takie same wzory, jak dla próżniowych. Z kolei w przypadku kondensatora z dielektrykiem, przestrzeń między okładkami wypełniona jest dielektrykiem. W takim wypadku we wzorach na pojemność kondensatora uwzględnia się względną przenikalność elektryczną materiału dielektryka ε_r , która jest oczywiście większa od 1.

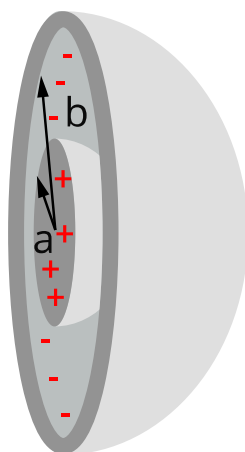
Słowniczek

Dipol elektryczny

(ang. *dipole*) – układ dwóch różnoimiennych ładunków elektrycznych o takiej samej wartości q i oddalone od siebie na pewną odległość l . Słowo dipol pochodzi od greckiego słowa *dipolos*, oznaczającego dwa bieguny.

Kondensator sferyczny

(ang. *spherical capacitor*) – rodzaj kondensatora, w którym okładki mają kształt sfer o różnych promieniach i wspólnym środku (Rys. 4.). Sfera o mniejszym promieniu stanowi okładkę wewnętrzną, a sfera o większym promieniu stanowi okładkę zewnętrzną.



Rys. 4. Rysunek przedstawia przekrój kondensatora sferycznego, którego wewnętrzna okładka (o promieniu a) została naładowana dodatnio, natomiast zewnętrzna okładka (o promieniu b) została naładowana

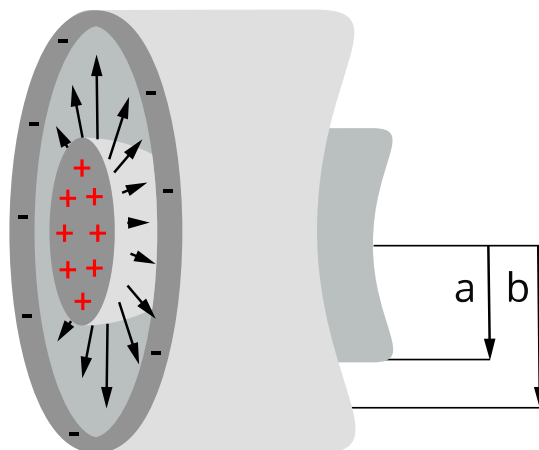
ujemnie

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

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

Kondensator cylindryczny

(ang. *cylindrical capacitor*) – rodzaj kondensatora, w którym okładki mają kształt walca (Rys. 5.). Walec o większym promieniu (okładka zewnętrzna) otacza walec o mniejszym promieniu (okładka wewnętrzna) jak pokazano na rysunku poniżej.



Rys. 5. Rysunek przedstawia przekrój kondensatora cylindrycznego, którego wewnętrzna okładka (o promieniu a) została naładowana dodatnio, natomiast zewnętrzna okładka (o promieniu b) została naładowana ujemnie

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

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

Film samouczek

Jak stała dielektryczna wpływa na natężenie pola w kondensatorze i jego pojemność?

Założmy, że mamy pewien kondensator płaski, do którego przyłożono pewne napięcie i znana jest nam wartość natężenia pola między jego okładkami. Przeanalizuj, w jaki sposób można wyznaczyć wartość natężenia pola, kiedy pomiędzy okładkami kondensatora umieszczono dielektryk o określonej stałej dielektrycznej.

Film dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/D1502vSRu>

Wysłuchaj alternatywnej ścieżki lektorskiej.

Polecenie 1

Jakie są właściwie zastosowania kondensatorów?

Polecenie 2

Co by się stało, gdyby między okładki kondensatora wsunąć przewodzącą płytkę, a nie dielektryk?

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Zaznacz zdanie/zdania **prawdziwe**.

Po wprowadzeniu między okładki kondensatora płaskiego (na którym zgromadzono ładunek q) dielektryka...

- ☐ pojemność tego kondensatora zmalała
- ☐ pojemność tego kondensatora wzrosła
- ☐ natężenie pola w tym kondensatorze wzrosło
- ☐ natężenie pola w tym kondensatorze zmalało

Ćwiczenie 2



Zaznacz zdanie/zdania **fałszywe**.

Pole wewnętrzne w dielektryku umieszczonym w kondensatorze (na którym zgromadzono ładunek q)...

- ☐ ma taki sam zwrot, jak pole między okładkami tego kondensatora przed wprowadzeniem dielektryka
- ☐ ma taki sam kierunek jak pole między okładkami tego kondensatora przed wprowadzeniem dielektryka
- ☐ ma taką samą wartość jak pole między okładkami tego kondensatora przed wprowadzeniem dielektryka

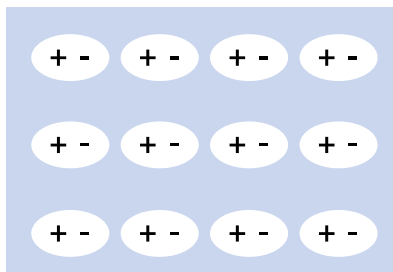
Ćwiczenie 3



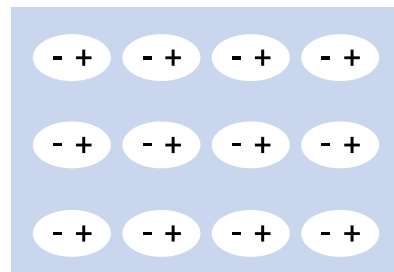
Który rysunek przedstawia ułożenie cząsteczek, będących dipolami w dielektryku umieszczonym między okładkami kondensatora płaskiego, na którym zgromadzono ładunek?



a)

☐

b)

☐

c)

☐

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

Ćwiczenie 4



W kondensatorze, na którym zgromadzono ładunek q istnieje pole elektryczne o natężeniu $\vec{E}$. Pomiędzy okładki kondensatora wprowadzono dielektryk o stałej dielektrycznej równej 5. Jak zmieniło się pole w tym kondensatorze?

Odpowiedź: Wartość natężenia pola...

☐ zmalała pięciokrotnie

☐ wzrosła pięciokrotnie

☐ zmalała dziesięciokrotnie

☐ wzrosła dziesięciokrotnie

Ćwiczenie 5



Kondensator, na którym zgromadzono ładunek q ma pojemność C . Pomiędzy okładki kondensatora wprowadzono dielektryk o stałej dielektrycznej równej 5. Jak zmieniła się pojemność?

Odpowiedź: Wartość pojemności ...

☐ zmalała pięciokrotnie

☐ wzrosła pięciokrotnie

☐ zmalała dziesięciokrotnie

☐ wzrosła dziesięciokrotnie

Ćwiczenie 6



Kondensator płaski ma pojemność 110 nF. Między jego okładki wprowadzono szkło. W oparciu o tabelę poniżej wyznacz, jaka teraz jest pojemność kondensatora. Wynik zaokrąglaj do całości.

Materiał	Względna przenikalność elektryczna
Papier	3,5
Szkło	4,5
Diamant	5,5-10
Sól	3-15
Woda (w temp 0°C)	88

Odpowiedź: Po wprowadzeniu dielektryka pojemność wynosi nF.

Ćwiczenie 7



Rozwiąż krzyżówkę wpisując hasła w odpowiednie pola:

1.

2.

3.

4.

1. Wielkość charakteryzująca kondensator oznaczana literą C
2. Dwie przewodzące tarcze równoległe do siebie tworzą...
3. Wielkość oznaczana ϵ_r to stała...
4. Wielkość fizyczna opisująca pole elektryczne oznaczana literą E

Ćwiczenie 8



W kondensatorze płaskim, podłączonym do źródła napięcia, po wsunięciu dielektryka między okładki wartość pola zmalała 10 krotnie. Oblicz, ile wynosi stała dielektryczna użytego dielektryka?

Odpowiedź:

Wartość stałej dielektrycznej wynosi

Ćwiczenie 9



Kondensator próżniowy o pojemności 20pF naładowano do różnicy potencjałów 40V (Volt). Następnie akumulator odłączono, a całą przestrzeń między okładkami wypełniono kawałkiem teflonu o względnej przenikalności elektrycznej 2,1. Jakie są wartości początkowe i końcowe pojemności elektrycznej, ładunku na okładkach, różnicy potencjałów między okładkami oraz energii zgromadzonej w kondensatorze?

Odpowiedzi:

Pojemność elektryczna wzrasta do pF.

Bez dielektryka ładunek na okładkach wynosi nC.

Po wsunięciu dielektryka różnica potencjałów wynosi Volt

Energia zgromadzona w kondensatorze bez dielektryka wynosi nJ.

Dla nauczyciela

Imię i nazwisko autora:	Martyna Jakubowska
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	Jak stała dielektryczna wpływa na natężenie pola w kondensatorze i jego pojemność?
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: 2) posługuje się materiałami pomocniczymi, w tym tablicami fizycznymi i chemicznymi oraz kartą wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych; 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. tłumaczy, czym jest stała dielektryczna, 2. analizuje, w jaki sposób umieszczenie dielektryka między okładkami kondensatora wpływa na natężenie pola, 3. określa, w jaki sposób umieszczenie dielektryka między okładkami kondensatora wpływa na jego pojemność.
Strategie nauczania	blended-learning
Metody nauczania	nauczanie hybrydowe
Formy zajęć:	film samouczek, praca w grupach
Środki dydaktyczne:	komputer dla każdego ucznia, kalkulator, długopis
Materiały pomocnicze	-
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	
Nauczyciel rozpoznaje wiedzę uczniów poprzez zadanie pytań czy uczniowie wiedzą czym jest dielektryk, kondensator, pojemność elektryczna i natężenie pola elektrycznego? Czy uczniowie potrafią podać jednostki natężenia pola elektrycznego i pojemności elektrycznej? Jeśli uczniowie nie znają odpowiedzi, nauczyciel pomaga im usystematyzować wcześniejszą wiedzę z elektrostatyki. Nauczyciel zadając pytania, jak w części „Czy to nie ciekawe?“, ustala z uczniami cele lekcji.	
Faza realizacyjna:	

Uczniowie samodzielnie czytają tekst „Warto przeczytać”. Nauczyciel demonstruje, jak wygląda kondensator, pokazuje również dowolną pytkę elektroniczną i prosi uczniów o wskazanie znajdujących się na niej kondensatorów.

Uczniowie oglądają film samouczek. Po filmie ponownie nauczyciel sprawdza czy uczniowie mają jakieś pytania związane z filmem, klasa wspólnie próbuje odpowiedzieć na pytania, które się pojawiły. Jeśli zajdzie taka potrzeba uczniowie wracają to wybranego fragmentu tekstu lub filmu.

Nauczyciel omawia, jak energia zgromadzona w naładowanym kondensatorze próżniowym zmienia się wraz z wsunięciem dielektryka, jeśli kondensator jest izolowany i nie zmienia się zgromadzony na nim ładunek oraz kiedy kondensator pozostaje podłączony do akumulatora i nie zmienia się różnica potencjałów między okładkami. Uczniowie mają za zadanie udowodnić, że dla danego dielektryka maksymalna energia, jaka może się zgromadzić w kondensatorze płaskim, jest wprost proporcjonalna do objętości dielektryka.

Uczniowie wykorzystując zdobytą wiedzę rozwiązują zadania z punktu „Sprawdź się”.

Faza podsumowująca:

Uczniowie dzielą się na 4 grupy.

Uczniowie w grupach omawiają rozwiązania zadań, wspólnie zastanawiając się nad zadaniami, które sprawiły im trudność. Każda z grup omawia dwa zadania „na forum klasy”.

Nauczyciel sprawdza, 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 zadań z części „Sprawdź się” o zróżnicowanym stopniu trudności. Po przeanalizowaniu wyników testu „Sprawdź się” i uwag uczniów do zadań, które sprawiły im największą trudność nauczyciel wybiera trzy zadania analogiczne do zadań, z którymi uczniowie mieli problemy.

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania danego multimedium

Multimedium może być wykorzystane przed lekcją jako wprowadzenie do niej lub po lekcji w celu powtórzenia i utrwalenia wiadomości.