

Łączenie kondensatorów w zadaniach

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

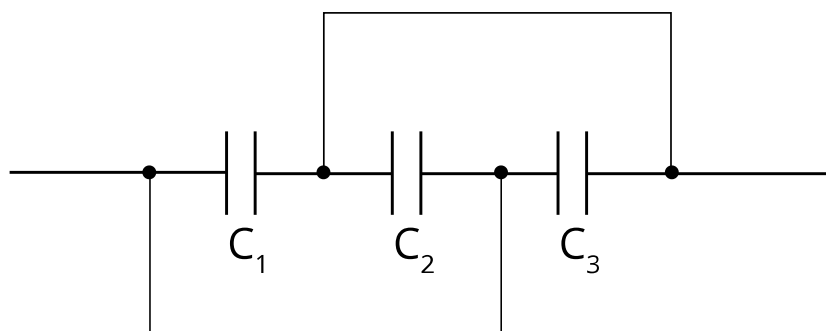


Łączenie kondensatorów w zadaniach

Źródło: dostępny w internecie: <https://www.rawpixel.com/image/5948662/free-public-domain-cc0-photo> [dostęp 2.07.2022], domena publiczna.

Czy to nie ciekawe?

Czasami, gdy potrzebujemy użyć kondensatora o niestandardowej pojemności, możemy połączyć ze sobą kilka „standardowych” kondensatorów, otrzymując „układ zastępczy” o wymaganych parametrach. Jak obliczyć pojemność zastępczą takiego układu? Czy zawsze łatwo jest odczytać ze schematu, z jakim typem połączenia mamy do czynienia? Jeśli uważasz, że tak to zastanów się, w jaki sposób (szeregowy czy równoległy) zostały połączone kondensatory na rysunku poniżej.



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

Odpowiedź znajdziesz w tym materiale.

Twoje cele

- dowiesz się, w jaki sposób można łączyć ze sobą kondensatory,
- przeanalizujesz przykłady wyznaczania pojemności zastępczej,
- dowiesz się, jak zinterpretować kondensator płaski częściowo wypełniony dielektrykiem.

Przeczytaj

Warto przeczytać

Kondensator to urządzenie służące do gromadzenia ładunku, składające się z dwóch przewodników. Po doprowadzeniu napięcia do okładek kondensatora zostaje na nich wyindukowany ładunek elektryczny. Cechą charakteryzującą kondensator jest jego pojemność, czyli informacja, jaki ładunek zostanie zgromadzony na kondensatorze przy zadanym napięciu. Kondensatory możemy ze sobą łączyć, pozwala to skonstruować układ o potrzebnej nam pojemności. Rozróżniamy dwa sposoby łączenia kondensatorów: szeregowo oraz równoległe. Jeśli chcesz się o tym więcej dowiedzieć, informacje te uzyskasz w materiałach „Łączenie szeregowe kondensatorów” oraz „Łączenie równoległe kondensatorów”.

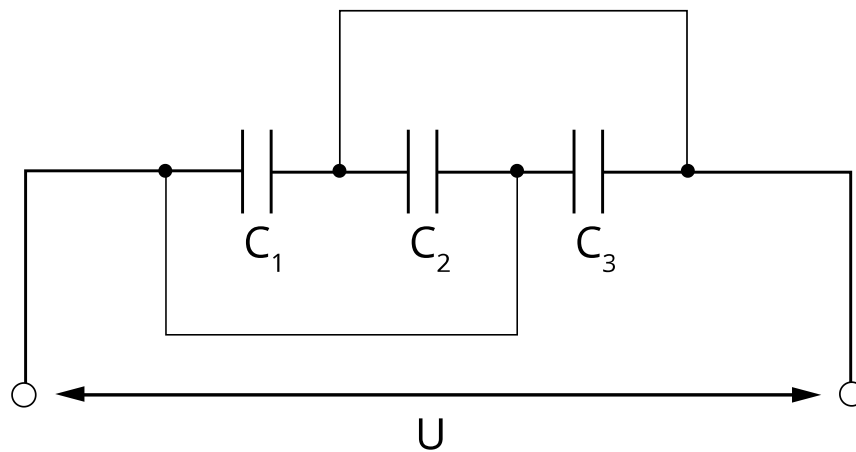
W tabeli poniżej przedstawiono najważniejsze wzory obowiązujące w tych dwóch typach połączeń, dla układu zastępczego n kondensatorów:

Opcja	Połączenie szeregowe	Połączenie równoległe
Ładunek zgromadzony na kondensatorze zastępczym Q	$Q = Q_1 = Q_2 = Q_3 = \dots = Q_n$	$Q = \sum_{i=1}^n Q_i$
Różnica potencjałów na kondensatorze zastępczym ΔV	$\Delta V = \sum_{i=1}^n \Delta V_i$	$\Delta V = \Delta V_1 = \Delta V_2 = \Delta V_3 = \dots = \Delta$
Pojemność kondensatora zastępczego C	$\frac{1}{C} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{C_i}$	$C = \sum_{i=1}^n C_i$

Przeanalizujmy teraz schemat rozwiązywania zadań, dotyczących łączenia kondensatorów.

Przykład 1

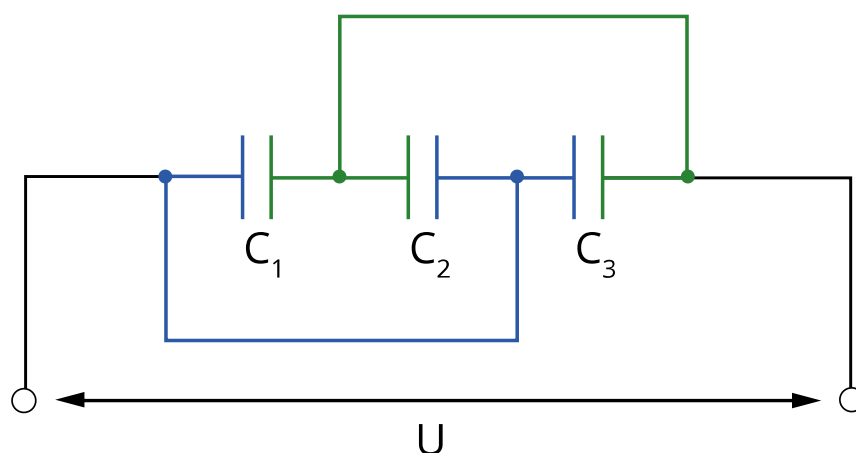
Na początku zastanówmy się, z jakim typem połączenia mamy do czynienia na Rys. 1.



Rys. 1. Schemat układu pomiarowego

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

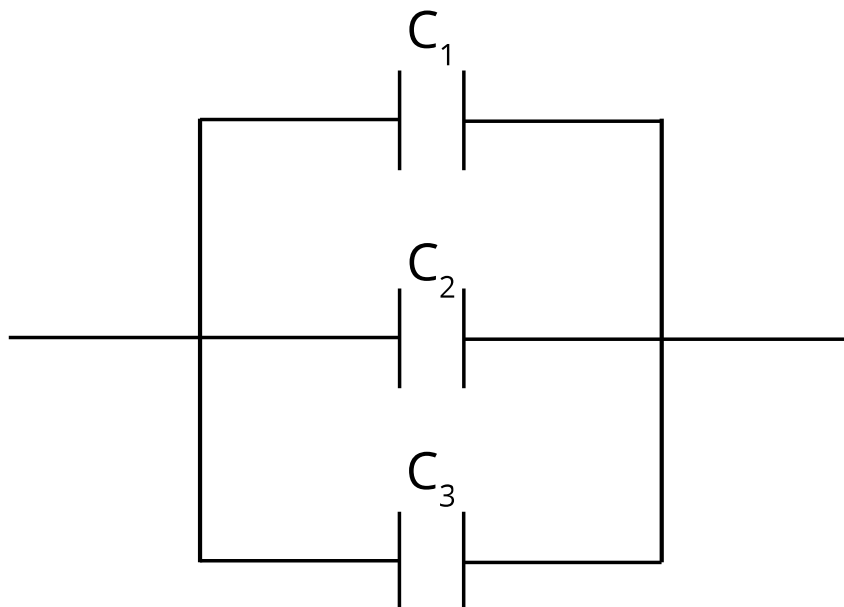
Na pierwszy rzut oka wydaje się, że kondensatory zostały połączone szeregowo. Przyjrzyjmy się jednak uważnie. Widzimy, że części układu są zwarte. Napięcie wprowadzone na poszczególne kondensatory jest więc takie samo. Na rys. 2 elementy o tym samym potencjale zostały oznaczone jednakowym kolorem.



Rys. 2. Schemat układu pomiarowego

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

Można teraz łatwo zauważyć, że kondensatory te są połączone równolegle.



Rys. 3. Schemat układu pomiarowego

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

A teraz obliczenie pojemności zastępczej jest już całkiem proste. Korzystamy z wzoru

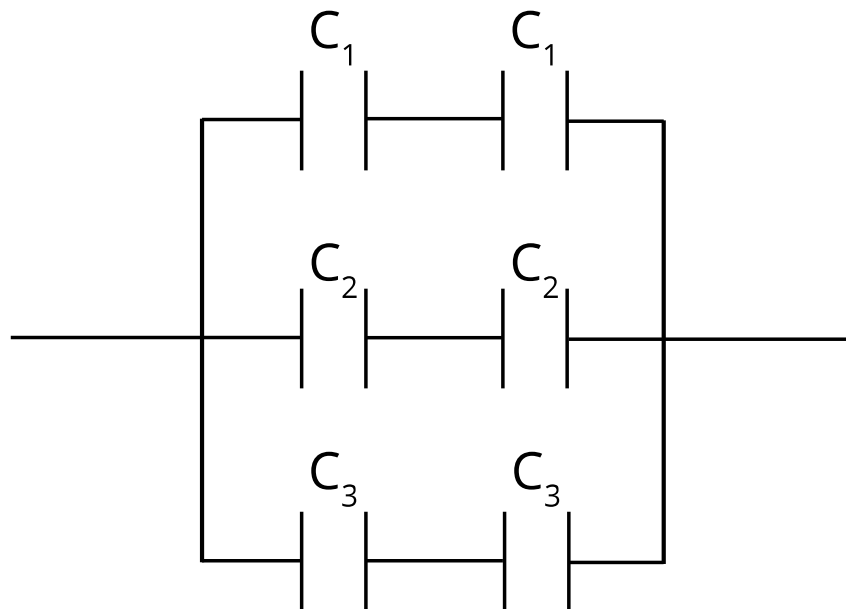
$$C = \sum_{i=1}^n C_i$$

Czyli

$$C = C_1 + C_2 + C_3$$

Przykład 2

Często w zadaniach mamy układ mieszany. Na rys. 4 przedstawiono właśnie taki układ. Jest to schemat połączenia ze sobą sześciu kondensatorów. Widzimy, że kondensatory C_1 i C_1 połączone są ze sobą szeregowo. Tak samo jak C_2 i C_2 , a także C_3 i C_3 . Następnie wszystkie pary kondensatorów połączono równolegle.



Rys. 4. Schemat układu pomiarowego

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

W powyższym przypadku najpierw wyznaczamy pojemności zastępcze każdego z połączeń szeregowych:

$$\frac{1}{C_{11}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_1} = \frac{2}{C_1}$$

$$C_{11} = \frac{C_1}{2}$$

$$C_{22} = \frac{C_2}{2}$$

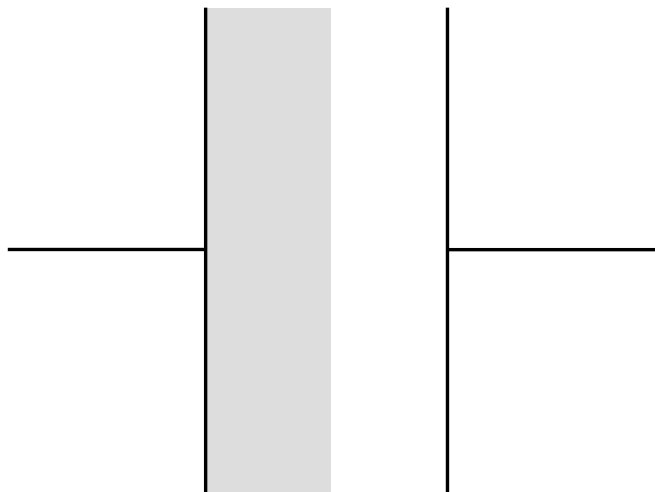
$$C_{33} = \frac{C_3}{2}$$

Następnie napiszmy wzór na całkowity opór C , który jest oporem zastępczym dla połączonych równolegle kondensatorów C_{11} , C_{22} , C_{33} :

$$C = C_{11} + C_{22} + C_{33} = \frac{C_1}{2} + \frac{C_2}{2} + \frac{C_3}{2} = \frac{C_1 + C_2 + C_3}{2}$$

Przykład 3

Rozważmy kondensator próżniowy o pojemności $C_0 = 2pF$ i odległości między okładkami d . Pomędzy okładki kondensatora wsuwamy dielektryk o względnej przenikalności elektrycznej $\epsilon_r = 4$ oraz grubości $\frac{1}{2}d$, jak pokazano na rys. 5.

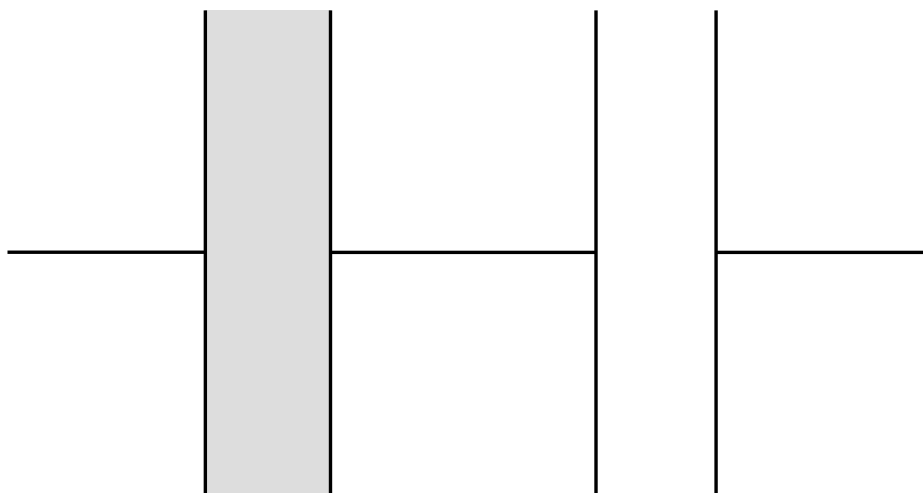


Rys. 5. Ułożenie dielektryka pomiędzy okładkami kondensatora

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

Obliczmy nową pojemność takiego kondensatora.

Zwróćmy uwagę, że możemy go traktować jak połączenie szeregowe dwóch kondensatorów C_1 oraz C_2 , z których jeden zawiera dielektryk, a drugi jest pusty:



Rys. 6. Ułożenie dielektryka pomiędzy okładkami kondensatorów

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

Wiemy, że

$$C_0 = \frac{\epsilon_0 S}{d}$$

C_1 oraz C_2 możemy wyznaczyć z wzorów:

$$C_1 = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_r S}{\frac{1}{2}d} = 2\varepsilon_r \frac{\varepsilon_0 S}{d} = 2\varepsilon_r C_0$$

$$C_2 = \frac{\varepsilon_0 S}{\frac{1}{2}d} = 2 \frac{\varepsilon_0 S}{d} = 2C_0$$

Pojemność zastępczą układu, czyli pojemność kondensatora z dielektrykiem, możemy obliczyć z wzoru:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{1}{2\varepsilon_r C_0} + \frac{1}{2C_0} = \frac{1}{2\varepsilon_r C_0} + \frac{\varepsilon_r}{2\varepsilon_r C_0} = \frac{1 + \varepsilon_r}{2\varepsilon_r C_0}$$

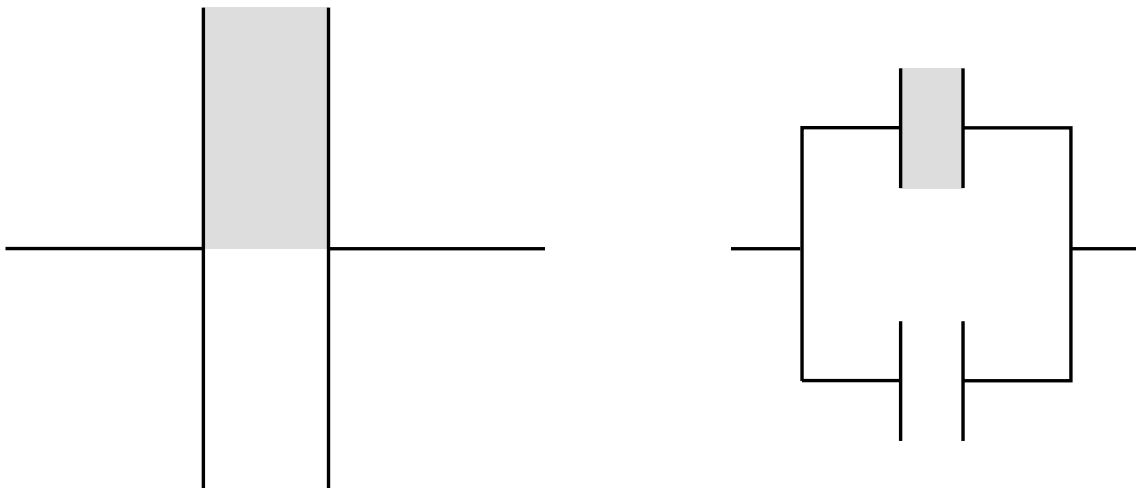
A więc

$$C = \frac{2\varepsilon_r C_0}{1 + \varepsilon_r}$$

Teraz wystarczy już tylko podstawić dane:

$$C = \frac{2 \cdot 4 \cdot 2 \text{ pF}}{1 + 4} = \frac{16}{5} \text{ pF} = 3,2 \text{ pF}$$

Jeśli dielektryk wsunięty byłby od góry (jak na rys. 7), wtedy możemy traktować tę sytuację, jak układ dwóch kondensatorów (o polu powierzchni okładek równym $\frac{S}{2}$ oraz odległości między nimi równej d) połączonych równolegle.



Rys. 7. Ułożenie dielektryka pomiędzy okładkami kondensatorów

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

Pojemność takiego kondensatora C możemy zapisać jako:

$$C = C_1 + C_2 = \frac{\varepsilon_0 \frac{1}{2} S}{d} + \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_r \frac{1}{2} S}{d} = \frac{\varepsilon_0 \frac{1}{2} S + \varepsilon_0 \varepsilon_r \frac{1}{2} S}{d} = \frac{\varepsilon_0 S}{2d} (1 + \varepsilon_r)$$

Słowniczek

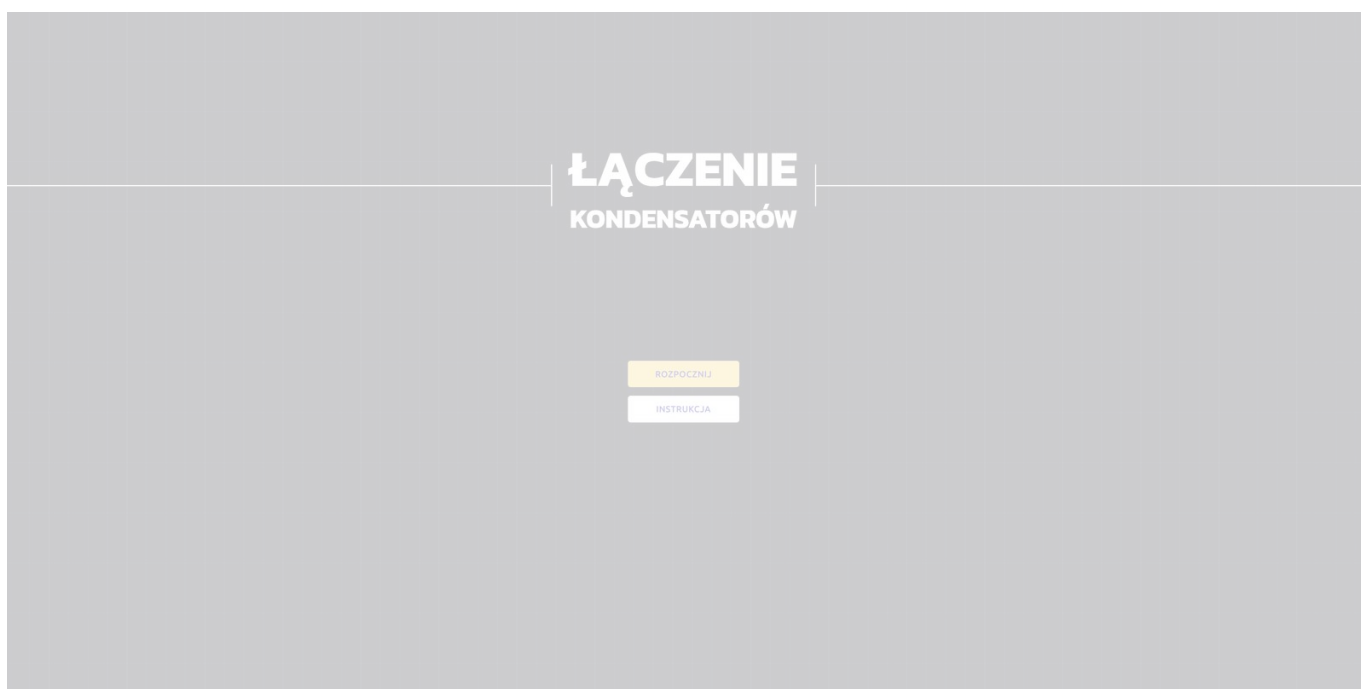
Dielektryk

(*ang.: dielectric*) – materiał który liczba swobodnych elektronów jest bardzo mała, materiał ten bardzo słabo przewodzi prąd elektryczny. Umieszczony między okładkami kondensatora zwiększa jego pojemność elektryczną.

Gra edukacyjna

Gra edukacyjna w łączenie kondensatorów



Zapraszamy Cię do gry w łączenie kondensatorów. Przeczytaj instrukcję, a potem - powodzenia!



Zasób interaktywny dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/DAEaeS54o>

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

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Ćwiczenie 2



Ćwiczenie 3



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

Ćwiczenie 4



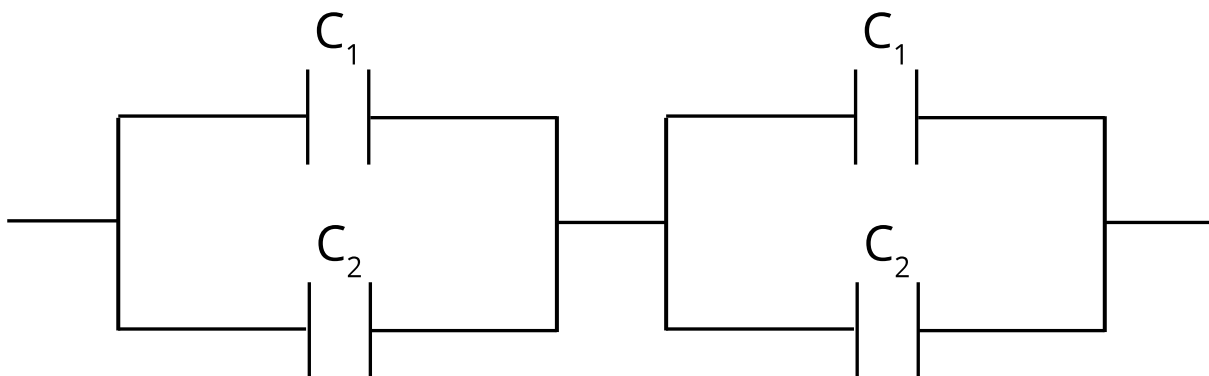
Ćwiczenie 5



Ćwiczenie 6

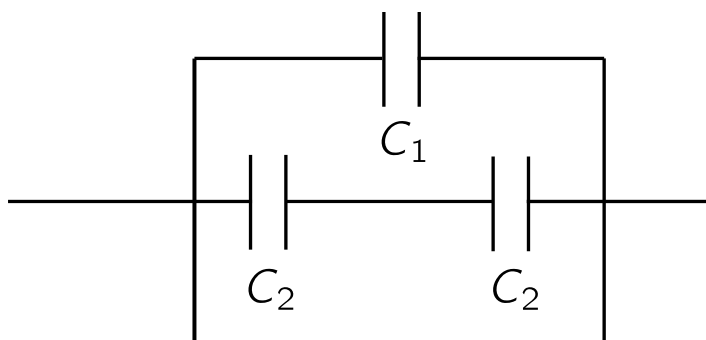


Oblicz pojemność zastępczą C poniższego układu:



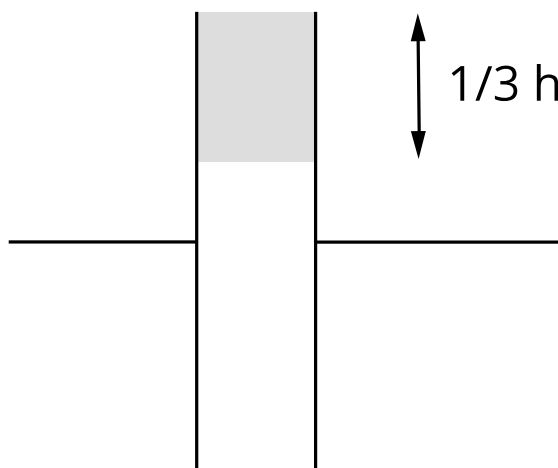
Źródło: Politechnika Warszawska, Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.

Ćwiczenie 7



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

Ćwiczenie 8



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

Dla nauczyciela

Imię i nazwisko autora:	Martyna Jakubowska
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	Łączenie kondensatorów w zadaniach
Grupa docelowa:	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres rozszerzony
Podstawa programowa	<p>Cele kształcenia – wymagania ogólne</p> <p>II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.</p> <p>Zakres rozszerzony</p> <p>Treści nauczania – wymagania szczegółowe</p> <p>I. Wymagania przekrojowe. Uczeń:</p> <p>1) przedstawia jednostki wielkości fizycznych, opisuje ich związki z jednostkami podstawowymi; przelicza wielokrotności i podwielokrotności;</p> <p>4) przeprowadza obliczenia liczbowe posługując się kalkulatorem;</p> <p>7) wyodrębnia z tekstów, tabel, diagramów lub wykresów, rysunków schematycznych lub blokowych informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu; przedstawia te informacje w różnych postaciach.</p> <p>VII. Elektrostatyka. Uczeń:</p> <p>11) posługuje się pojęciem pojemności kondensatora i jej jednostką; posługuje się zależnością pojemności kondensatora płaskiego od jego wymiarów; oblicza energię zmagazynowaną w kondensatorze.</p>
Kształtowane kompetencje kluczowe:	<p>Zalecenia Parlamentu Europejskiego i Rady UE z 2018 r.:</p> <ul style="list-style-type: none">• 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:	<p>Uczeń:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. omówi sposoby łączenia kondensatorów, 2. przeanalizuje przykłady wyznaczania pojemności zastępczej, 3. zinterpretuje sytuację, w której kondensator płaski jest częściowo wypełniony dielektrykiem.
Strategie nauczania	blended-learning
Metody nauczania	nauczanie hybrydowe
Formy zajęć:	gra edukacyjna, praca w grupach
Środki dydaktyczne:	komputer dla każdego ucznia, kalkulator, długopis
Materiały pomocnicze	-
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	
<p>Nauczyciel rozpoznaje wiedzę uczniów poprzez zadanie pytań:</p> <ul style="list-style-type: none"> • w jaki sposób możemy łączyć ze sobą kondensatory? • czym jest pojemność zastępcza i jak ją wyznaczamy? • jakie są podstawowe jednostki ładunku, potencjału i pojemności elektrycznej? <p>Jeśli uczniowie nie znają odpowiedzi, nauczyciel pomaga im usystematyzować wcześniejszą wiedzę z elektrostatyki.</p>	
Faza realizacyjna:	
<p>Uczniowie analizują samodzielnie część „Przeczytaj”.</p> <p>Nauczyciel sprawdza, czy uczniowie mają jakieś pytania związane z tekstem. Uczniowie wspólnie zastanawiają się nad pytaniami, które się pojawiły. Nauczyciel naprowadza uczniów na właściwe odpowiedzi.</p> <p>Uczniowie grają w grę stanowiącą multimedium do tego materiału. Nauczyciel sprawdza czy podczas gry pojawiły się jakieś problemy lub pytania. Klasa wspólnie z nauczycielem rozwiązuje zadania z gry. Jeśli znajdzie taka potrzeba uczniowie wracają to wybranego fragmentu tekstu.</p> <p>Uczniowie wykorzystując zdobytą wiedzę rozwiązują zadania z części „Sprawdź się”.</p>	
Faza podsumowująca:	

Uczniowie dzielą się na 4 grupy.

Uczniowie w grupach omawiają rozwiązania zadań, wspólnie zastanawiając się nad tymi, które sprawiły im trudność. Każda z grup omawia 2 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 odnośnie gry, nauczyciel wybiera trzy zadania analogiczne do zadań, które uczniowie wskazali jako te z którymi mieli problemy.

**Wskazówki
metodyczne
opisujące różne
zastosowania danego
multimedium**

Multimedium może być wykorzystane jako zadanie domowe.