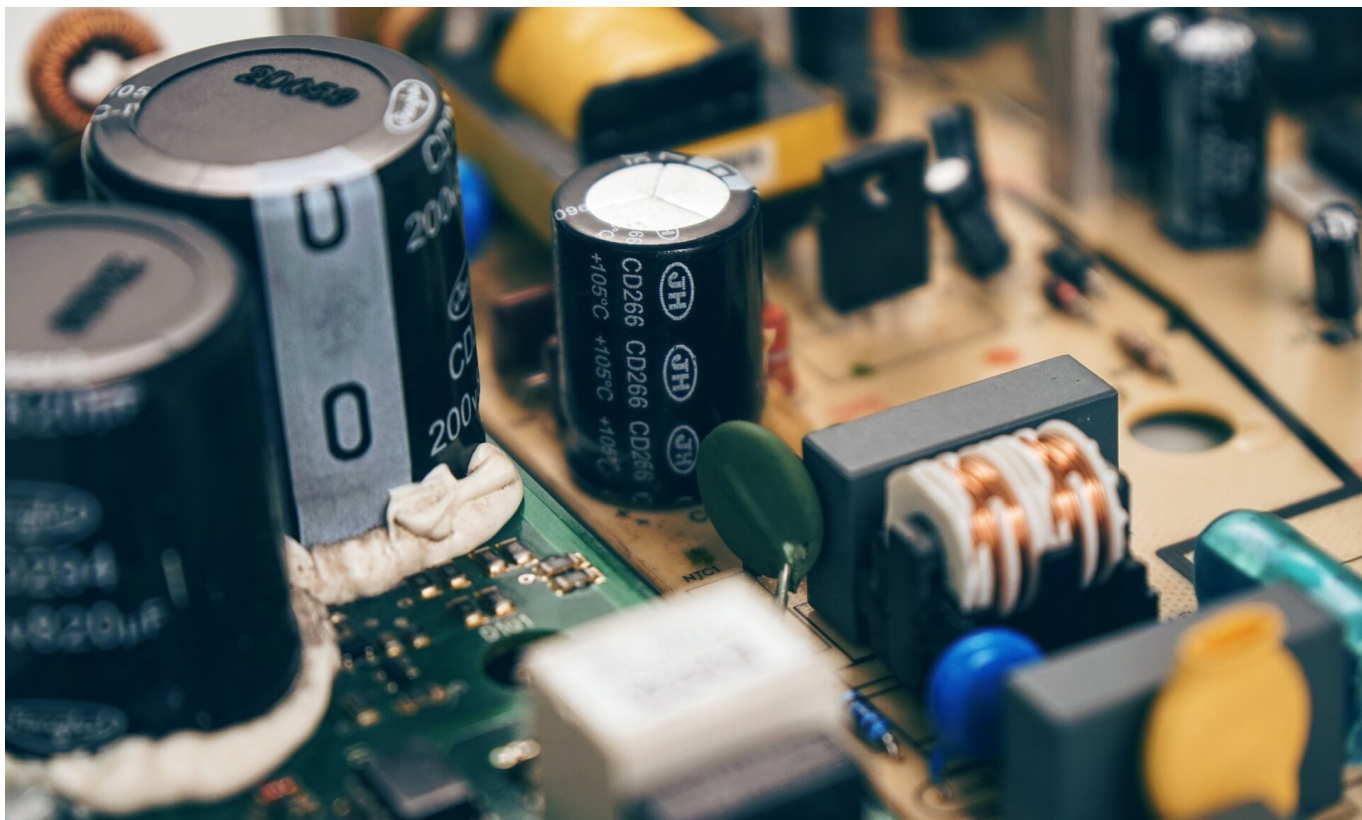




Łączenie równoległe kondensatorów

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



Łączenie równoległe kondensatorów

Źródło: dostępny w internecie: <https://www.rawpixel.com/image/5948662/free-public-domain-cc0-photo> [dostęp 1.07.2022], domena publiczna.

Czy to nie ciekawe?

Kondensatorów używamy w wielu układach elektronicznych. Czasami potrzebujemy kondensator o niestandardowej pojemności bądź o niestandardowej różnicy potencjałów. Co zrobić w takiej sytuacji? Czy powinniśmy zamówić u producenta kondensator o potrzebnych nam parametrach (płacąc za to dodatkowo, oraz wydłużając czas oczekiwania na zamówienie)?

Ten problem ma prostsze rozwiązanie: możemy połączyć ze sobą kilka „standardowych” kondensatorów otrzymując „układ zastępczy” o wymaganych parametrach. Jak prawidłowo dobrać elementy takiego układu? Tego dowiesz się w tym materiale.



Rys. a. Zbudujmy sobie potrzebny kondensator łącząc w odpowiedni sposób kondensatory znajdujące się w naszej szufladzie.

Źródło: dostępny w internecie: <https://pixabay.com/pl/photos/kondensatory-moc-elektryczny-545110/> [dostęp 1.07.2022], domena publiczna.

Twoje cele

W tym materiale:

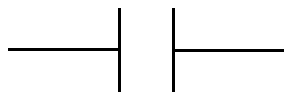
- określisz, co to jest pojemność kondensatora,
- zdefiniujesz i scharakteryzujesz układ kondensatorów połączonych równolegle,
- zbadasz ładunek i wyznaczysz różnicę potencjałów w takim układzie,
- obliczysz pojemność zastępczą takiego układu.

Przeczytaj

Warto przeczytać

Na początek zastanówmy się, czym jest kondensator. Najprostsza odpowiedź jest taka, że kondensator to urządzenie służące do gromadzenia ładunku, składające się z dwóch przewodników. Po doprowadzeniu napięcia do okładek kondensatora zostaje na nich wyindukowany ładunek elektryczny.

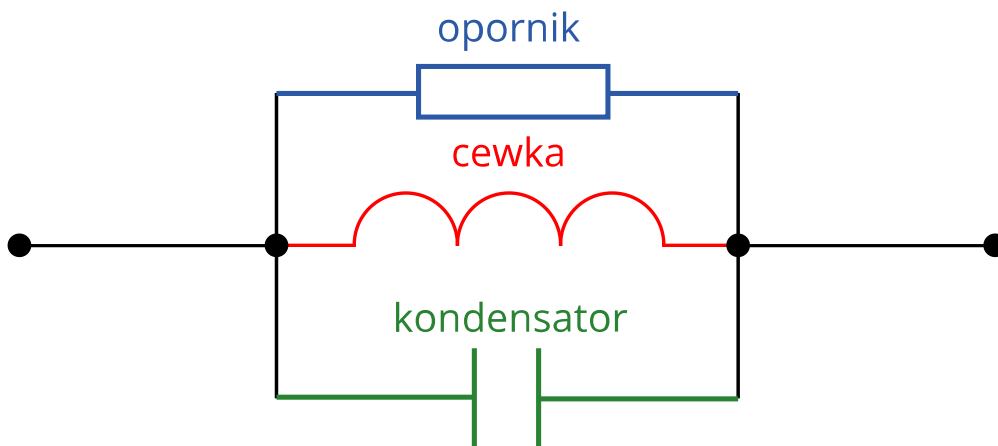
Na schematach elektrycznych kondensatory oznaczamy symbolem widocznym poniżej:



Na schematach kondensator oznaczamy jako dwie pionowe kreski równej długości. Do schematu elektrycznego łączymy dwoma poziomymi kreskami.

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

Poniżej pokazano przykładowy schemat układu zawierającego: kondensator, rezystor oraz cewkę:



Rys. 1. Połączenie równoległe kondensatora, rezystora (inaczej opornika) oraz cewki

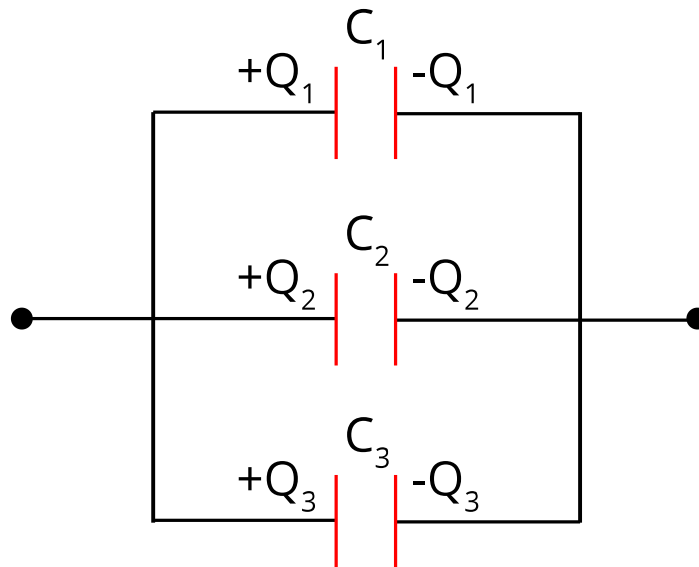
Źródło: Politechnika Warszawska, Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.

Wybierając, jaki kondensator należy użyć w naszym układzie, kierujemy się głównie jego **pojemnością**. Wartość ta informuje nas o zdolności kondensatora do gromadzenia ładunku (jak duży ładunek zostanie zgromadzony przy określonej różnicy potencjałów).

W praktyce, często stosujemy układ kilku kondensatorów. Kondensatory te możemy ze sobą łączyć: szeregowo oraz równoległe, a także łączyć te dwa sposoby w jednym układzie. Łącząc kondensatory równoległe zwiększamy ich **pojemność**. Umożliwia to uzyskanie dużej

pojemności układu. Pojemność, jaką ma układ kondensatorów nazywamy **pojemnością zastępczą** (mówi nam ona, jaką pojemność powinien mieć pojedynczy kondensator, jeśli chcielibyśmy zastąpić nim dany układ kondensatorów).

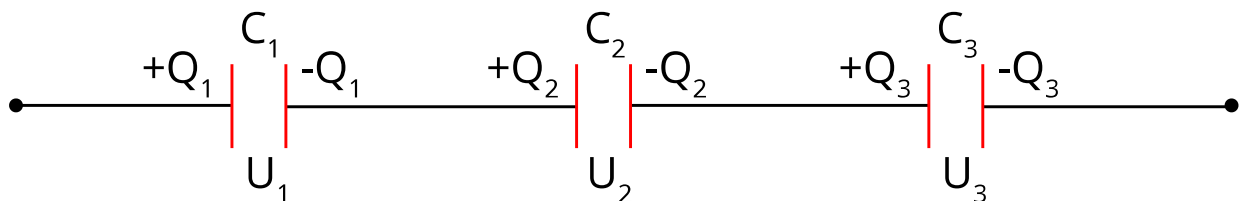
Łączenie równoległe oznacza, że różnica potencjałów przyłożona jest między pierwszą okładką a drugą okładką wszystkich kondensatorów. Nie oznacza to, że fizycznie kondensatory muszą być ustawione równoległe do siebie.



Rys. 2. Połączenie elementów elektrycznych w obwodzie równoległym

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

Łączenie szeregowe oznacza, że kondensatory zostały podłączone tak, że różnica potencjałów jest przykładana między pierwszą okładką pierwszego kondensatora, a drugą okładką ostatniego kondensatora.



Rys. 3. Połączenie elementów elektrycznych w obwodzie szeregowym

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

W tym materiale zajmiemy się równoległym łączeniem kondensatorów.

Jeśli połączymy ze sobą równoległe trzy kondensatory to potencjał pierwszej z okładek każdego z kondensatorów jest taki sam, również potencjał drugiej z okładek każdego z kondensatorów jest taki sam, ale o innej wartości niż pierwszej. Zatem różnica potencjałów na każdym z kondensatorów jest taka sama i wynosi ΔV :

$$\Delta V = \Delta V_1 = \Delta V_2 = \Delta V_3.$$

Natomiast sumaryczny ładunek Q takiego układu jest równy sumie ładunku na każdym z kondensatorów:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3.$$

Powyższy wzór podzielmy obustronnie przez ΔV , otrzymując:

$$\frac{Q}{\Delta V} = \frac{Q_1}{\Delta V} + \frac{Q_2}{\Delta V} + \frac{Q_3}{\Delta V}.$$

Pojemność kondensatora wyznaczamy ze wzoru:

$$C = \frac{Q}{\Delta V}.$$

A zatem:

$$C = C_1 + C_2 + C_3.$$

Podobnie będzie wyglądała sytuacja dla dowolnej liczby kondensatorów połączonych ze sobą. A zatem ogólny wzór na pojemność układu n kondensatorów połączonych równolegle możemy zapisać jako sumę:

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

Pojemność zastępcza układu n kondensatorów połączonych równolegle jest równa sumie pojemności tych kondensatorów.

Rozpatrzmy teraz przykład rachunkowy:

Mamy cztery kondensatory o pojemnościach odpowiednio 1 nF, 2 nF, 300 pF oraz 400 pF. Połączono je równolegle. Jaka jest pojemność zastępcza takiego układu?

Pojemność zastępczą obliczamy ze wzoru:

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

czyli w naszym przypadku:

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + C_4.$$

Ale zanim zaczniemy podstawiać do wzoru wartości liczbowe, zauważmy, że pojemności kondensatorów mamy podane w różnych podwielokrotnościach **farada**. Wygodniej będzie już teraz to ujednolicić. Zamieniamy zatem dane w nanaofaradach na pikofarady:

$$1 \text{ nF} = 10^{-9} \text{ F}, 1 \text{ pF} = 10^{-12} \text{ F}, \text{ czyli } 1 \text{ nF} = 1000 \text{ pF}, \text{ a zatem}$$

$$C_1 = 1 \text{ nF} = 1000 \text{ pF}$$

$$C_2 = 2 \text{ nF} = 2000 \text{ pF}$$

Teraz możemy wykonać podstawienie:

$$\begin{aligned} C &= C_1 + C_2 + C_3 + C_4 = \\ &= 1000 \text{ pF} + 2000 \text{ pF} + 300 \text{ pF} + 400 \text{ pF} = 3700 \text{ pF}. \end{aligned}$$

Zamieńmy teraz jednostki w otrzymanym wyniku na nanofarady:

$$C = 3700 \text{ pF} = 3,7 \text{ nF}$$

Widzimy, że układ kondensatorów połączonych równolegle ma większą pojemność niż każdy z jego elementów.

Słowniczek

farad

(ang. *farad*) – jednostka pojemności elektrycznej w układzie SI (jednostka pochodna układu SI). Jest to pojemność elektryczna przewodnika elektrycznego, którego potencjał zwiększa się o 1 wolt po dostarczeniu ładunku 1 kulomba. W uproszczeniu pojemność jednego farada oznacza, że w przewodniku o potencjale jednego wolta można „umieścić” ładunek o wartości jednego kulomba.

pojemność

(ang. *capacity*) – wielkość określająca zdolność kondensatora do gromadzenia ładunku. Jest równa stosunkowi ładunku zgromadzonego na jednej okładce i napięcia elektrycznego między okładkami. Pojemność wyrażana jest w faradach.

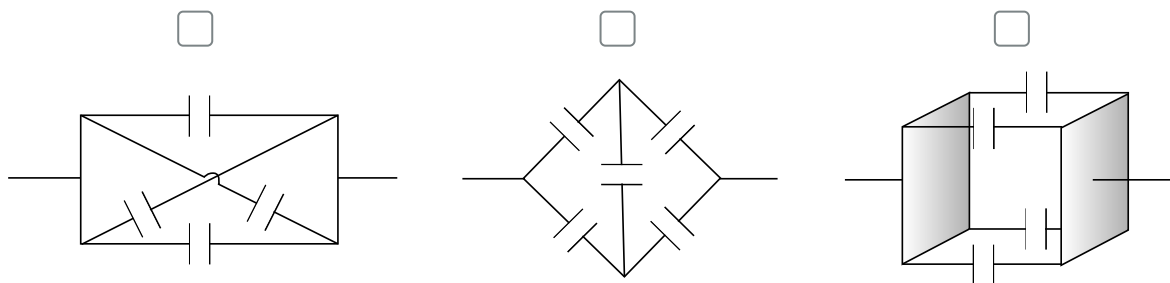
Film samouczek

Łączenie równoległe kondensatorów

Film przedstawia przykład obliczania pojemności zastępczej układu kondensatorów połączonych równoległe.

Polecenie 1

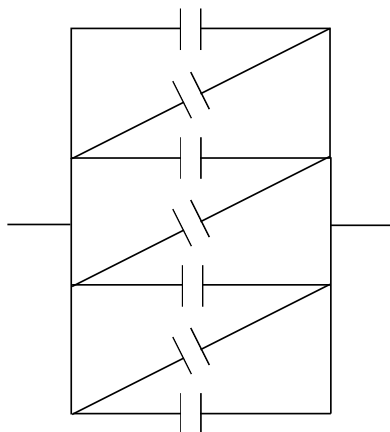
Który z poniższych układów reprezentuje układ kondensatorów połączonych równoległe?



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

Polecenie 2

Czy potrafisz obliczyć w pamięci (w oparciu o wyniki przedstawione na filmie) pojemność zastępczą następującego układu kondensatorów?



$C =$ nF

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

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Zaznacz zdanie prawdziwe:

☐

Łączenie równoległe oznacza, że na płytce elektronicznej kondensatory muszą być wlutowane jeden pod drugim

☐

Kondensatorów nie możemy łączyć z innymi elementami elektronicznymi

☐

Kondensatory możemy łączyć równoległe oraz szeregowo

☐

W układzie kondensatory mogą być połączone szeregowo albo równoległe, ale nie można dokonywać kombinacji jednego sposobu łączenia z drugim

Ćwiczenie 2



Spośród poniższych wzorów wybierz te, które opisują układ trzech kondensatorów połączonych równolegle:

☐ $\frac{1}{Q} = \frac{1}{Q_1} + \frac{1}{Q_2} + \frac{1}{Q_3}$

☐ $\Delta V = \Delta V_1 = \Delta V_2 = \Delta V_3$

☐ $C = C_1 + C_2 + C_3$

☐ $C = C_1 = C_2 = C_3$

☐ $Q = Q_1 = Q_2 = Q_3$

☐ $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$

☐ $\Delta V = \Delta V_1 + \Delta V_2 + \Delta V_3$

☐ $\frac{1}{\Delta V} = \frac{1}{\Delta V_1} + \frac{1}{\Delta V_2} + \frac{1}{\Delta V_3}$

☐ $Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$

Ćwiczenie 3



Mamy układ pięciu kondensatorów połączonych równolegle. Ich pojemności wynoszą $C_1 = 16 \text{ nF}$, $C_2 = 2 \text{ nF}$, $C_3 = 4 \text{ nF}$, $C_4 = 8 \text{ nF}$, $C_5 = 16 \text{ nF}$. Oblicz pojemność zastępczą tego układu.

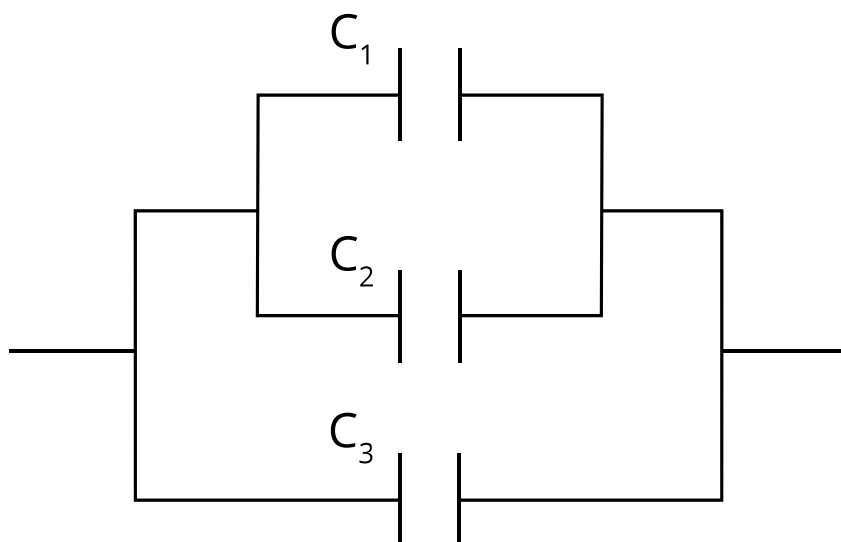
Odpowiedź: Pojemność zastępcza tego układu wynosi nF.

Ćwiczenie 4



Mamy układ trzech kondensatorów połączonych jak na schemacie poniżej. Ich pojemności wynoszą $C_1 = 1 \text{ pF}$, $C_2 = 2 \text{ }\mu\text{F}$, $C_3 = 3 \text{ nF}$.

Pojemność zastępcza tego układu w przybliżeniu wynosi (zaznacz poprawną odpowiedź):



☐ 6 nF

☐ $\frac{1}{6} \text{ }\mu\text{F}$

☐ 2 μF

☐ 6 μF

Ćwiczenie 5



W układzie elektronicznym przepalił nam się kondensator. Niestety, nie mamy kondensatora o takich samych parametrach, mamy za to trzy kondensatory o pojemnościach wynoszących odpowiednio $C_1 = 2 \text{ nF}$, $C_2 = 4 \text{ nF}$, $C_3 = 6 \text{ nF}$.

Chcemy uzyskać układ dwóch kondensatorów takich, aby przy różnicy potencjałów 1 V uzyskać ładunek na układzie równy 10 nC.

Które z powyższych powinniśmy wybrać? (zaznacz poprawną odpowiedź):

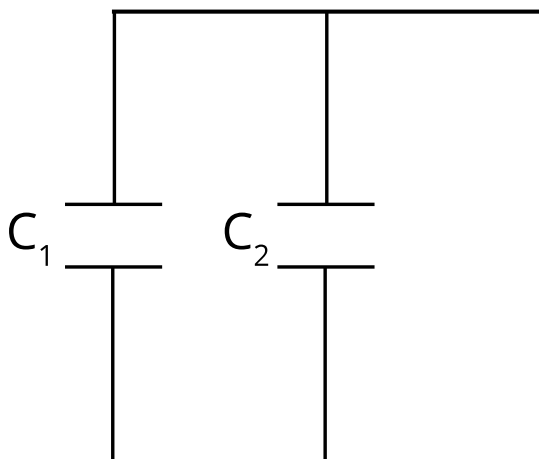
☐ Z wymienionych wyżej kondensatorów nie można stworzyć takiego układu dwóch kondensatorów, aby przy różnicy potencjałów 1 V uzyskać ładunek na układzie równy 10 nC

☐ $C_2 = 4 \text{ nF}$ oraz $C_3 = 6 \text{ nF}$

☐ $C_1 = 2 \text{ nF}$ oraz $C_2 = 4 \text{ nF}$

☐ $C_1 = 2 \text{ nF}$ oraz $C_3 = 6 \text{ nF}$

Ćwiczenie 6



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

Mamy układ dwóch kondensatorów połączonych jak na schemacie powyżej. Ich pojemności wynoszą $C_1 = 1 \text{ mF}$, $C_2 = 10 \text{ mF}$. Wiemy, że ładunek zgromadzony na układzie wynosi $Q = 10 \text{ C}$. Oblicz różnicę potencjałów i pojemność zastępczą oraz wartość ładunku zgromadzonego na każdym z kondensatorów. Wyniki wpisz poniżej:

Odpowiedź:

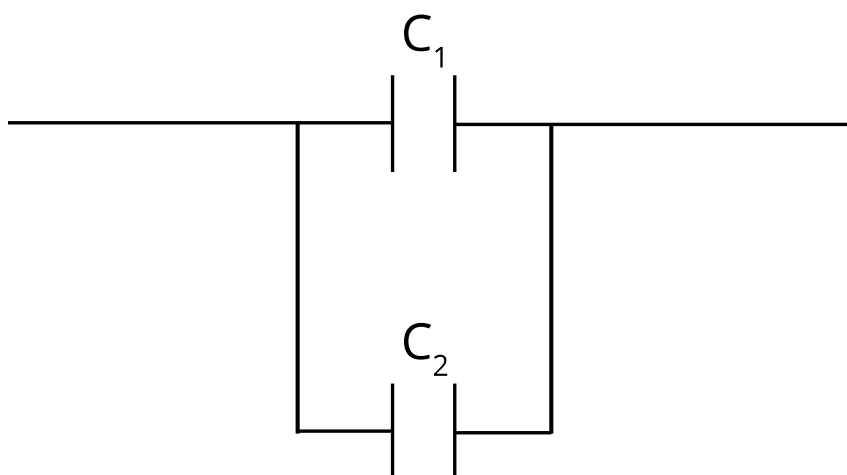
Różnica potencjałów na pojemności zastępczej ΔV wyrażamy jako ułamek zwykły: $\frac{10}{a} \cdot 10^3 \text{ V}$, gdzie $a =$. Pojemność zastępcza ma wartość 11 mF . Wartość ładunku zgromadzonego na każdym z kondensatorów (wynik zapisz w postaci ułamka dziesiętnego zaokrąglając wynik do części setnych) $Q_1 =$ C , $Q_2 =$ C .

Ćwiczenie 7



Mamy kondensator C_1 . Ładujemy go tak, aby uzyskać różnicę potencjałów ΔV . Następnie podłączamy równolegle kondensator C_2 . Jaka różnica potencjałów ustali się na drugim kondensatorze $\Delta V_2'$ (przez ' oznaczamy parametry układu po podłączeniu drugiego kondensatora, w stanie ustalonym)? Jaki będzie na nim ładunek?

Zaznacz zdania prawdziwe (dwa).



☐ W stanie ustalonym każdy z kondensatorów będzie miał taki sam ładunek

☐ W stanie ustalonym drugi z kondensatorów będzie miał różnicę potencjałów $\Delta V_2' = \frac{\Delta V}{2}$

☐ W stanie ustalonym drugi z kondensatorów będzie miał ładunek równy $\Delta Q_2' = \Delta V_2' \cdot C_2$

☐ W stanie ustalonym każdy z kondensatorów będzie miał różnicę potencjałów $\Delta V_2' = \frac{\Delta V \cdot C_1}{C_1 + C_2}$, kondensatorów

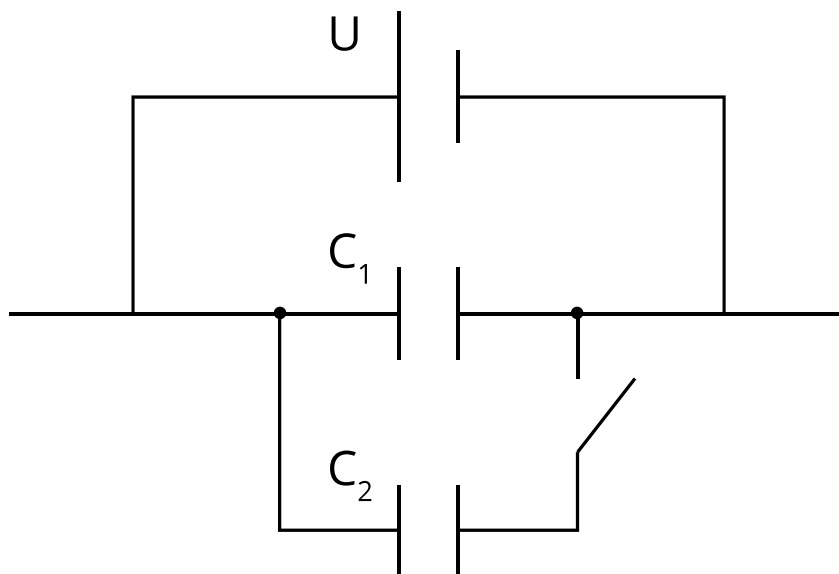
☐

W stanie ustalonym każdy z kondensatorów będzie miał różnicę potencjałów
 $\Delta V_2' = \Delta V$

☐

W stanie ustalonym każdy z kondensatorów będzie miał ładunek równy
 $\frac{1}{2} Q_{pocz\acute{a}tkowe}$

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



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

Spójrz na schemat i zaznacz zdania prawdziwe (przy każdym zdaniu w kolumnie prawda lub fałsz): wiedząc, że pojemności C_1 oraz C_2 nie są sobie równe:

Zdanie	Prawda	Fałsz
Po zamknięciu klucza zmieni się pojemność pierwszego kondensatora	☐	☐
Po zamknięciu klucza zmieni się pojemność drugiego kondensatora	☐	☐
Po zamknięciu klucza pojemności kondensatorów pozostaną bez zmian	☐	☐
Po zamknięciu klucza ładunek na pierwszym kondensatorze pozostanie bez zmian	☐	☐
Po zamknięciu klucza ładunek na pierwszym kondensatorze będzie o połowę mniejszy niż przed zamknięciem klucza	☐	☐
Po zamknięciu klucza ładunek na pierwszym kondensatorze będzie zależał od pojemności drugiego kondensatora	☐	☐
Po zamknięciu klucza ładunek na drugim kondensatorze będzie taki sam jak na pierwszym kondensatorze	☐	☐
Po zamknięciu klucza ładunek na drugim kondensatorze będzie równy połowie wartości ładunku na pierwszym kondensatorze przed zamknięciem klucza	☐	☐

Zdanie	Prawda	Fałsz
Po zamknięciu klucza ładunek na drugim kondensatorze będzie iloczynem pojemności tego kondensatora C_2 oraz napięcia U	☐	☐

Dla nauczyciela

Konspekt (scenariusz) lekcji

Imię i nazwisko autora:	Martyna Jakubowska
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	Łączenie równoległe kondensatorów
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: 4) przeprowadza obliczenia liczbowe posługując się kalkulatorem. VII. Elektrostatyka. Uczeń: 11) posługuje się pojęciem pojemności kondensatora i jej jednostką; posługuje się zależnością pojemności kondensatora płaskiego od jego wymiarów; oblicza energię zmagazynowaną w kondensatorze.
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. zdefiniuje pojemność kondensatora. 2. wyznaczy ładunek zgromadzony w układzie kondensatorów połączonych równolegle. 3. wyznaczy różnicę potencjałów układu kondensatorów połączonych równolegle. 4. obliczy pojemność zastępczą układu kondensatorów połączonych równolegle.
Strategie i metody nauczania:	blended-learning - nauczanie hybrydowe
Formy zajęć:	- film samouczek, - praca w grupach.
Środki dydaktyczne:	komputer dla każdego ucznia, kalkulator, długopis
Materiały pomocnicze:	brak
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	
Nauczyciel rozpoznaje wiedzę uczniów poprzez zadanie pytań: czy uczniowie wiedzą, czym jest potencjał elektryczny, kondensator, pojemność elektryczna? Czy uczniowie potrafią podać jednostki ładunku, potencjału i pojemności elektrycznej? Jeśli uczniowie nie znają odpowiedzi, nauczyciel pomaga im usystematyzować wcześniejszą wiedzę z elektrostatyki. Uczniowie czytają, a następnie omawiają z nauczycielem część „Czy to nie ciekawe?”	
Faza realizacyjna:	
- Uczniowie samodzielnie czytają tekst „Warto przeczytać”. - 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. - Uczniowie oglądają film samouczek i na forum klasy analizują przedstawiony tam schemat połączenia kondensatorów. - Nauczyciel ponownie sprawdza, czy uczniowie mają pytania związane z samouczkiem. Uczniowie wspólnie zastanawiają się nad pytaniami, które się pojawiły. Nauczyciel naprowadza uczniów na właściwe odpowiedzi. - 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 zadań rozwiązanych w trakcie lekcji i uwag uczniów odnośnie zadań, które sprawiły im największą trudność, 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 praca domowa podsumowująca zajęcia.