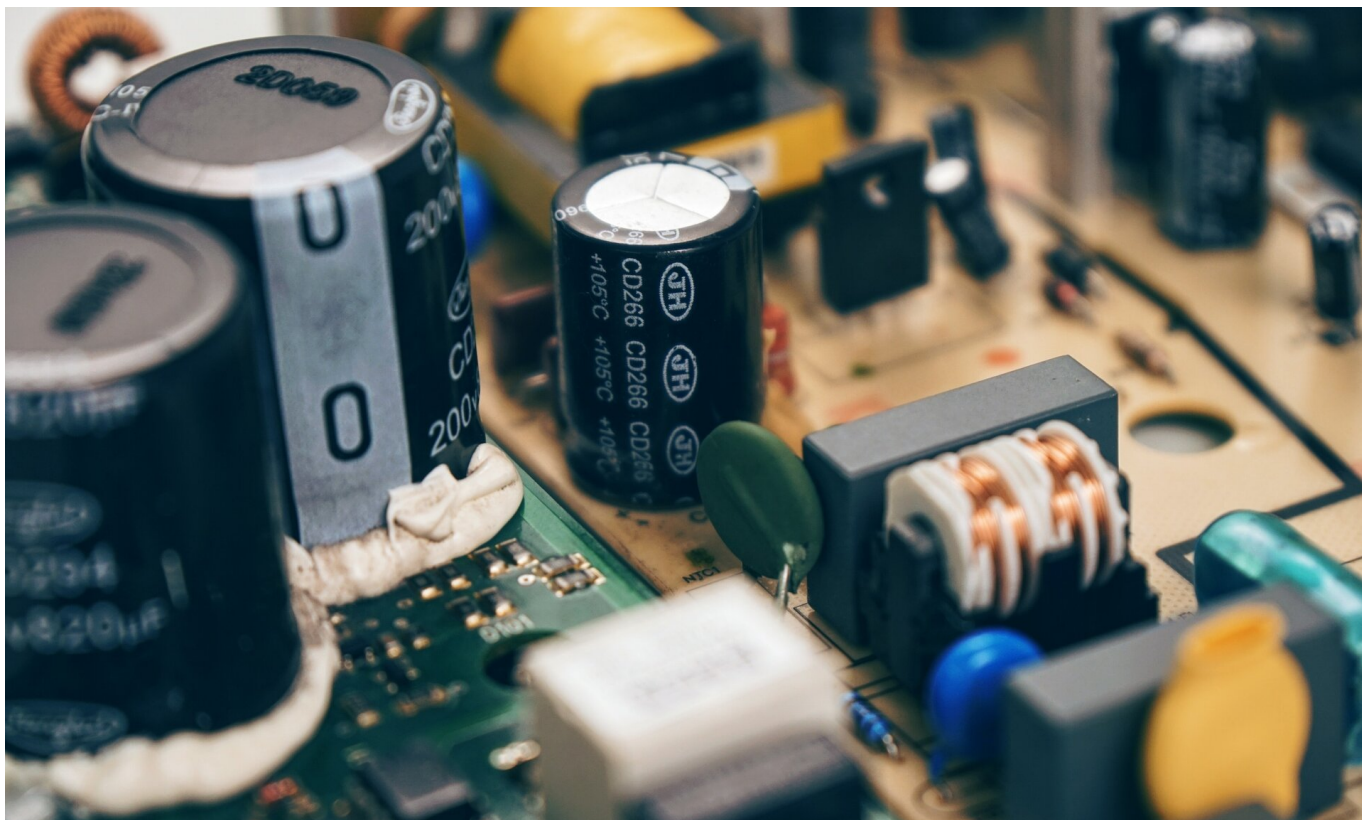




Jak obliczyć pojemność kondensatora płaskiego na podstawie jego cech geometrycznych?

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



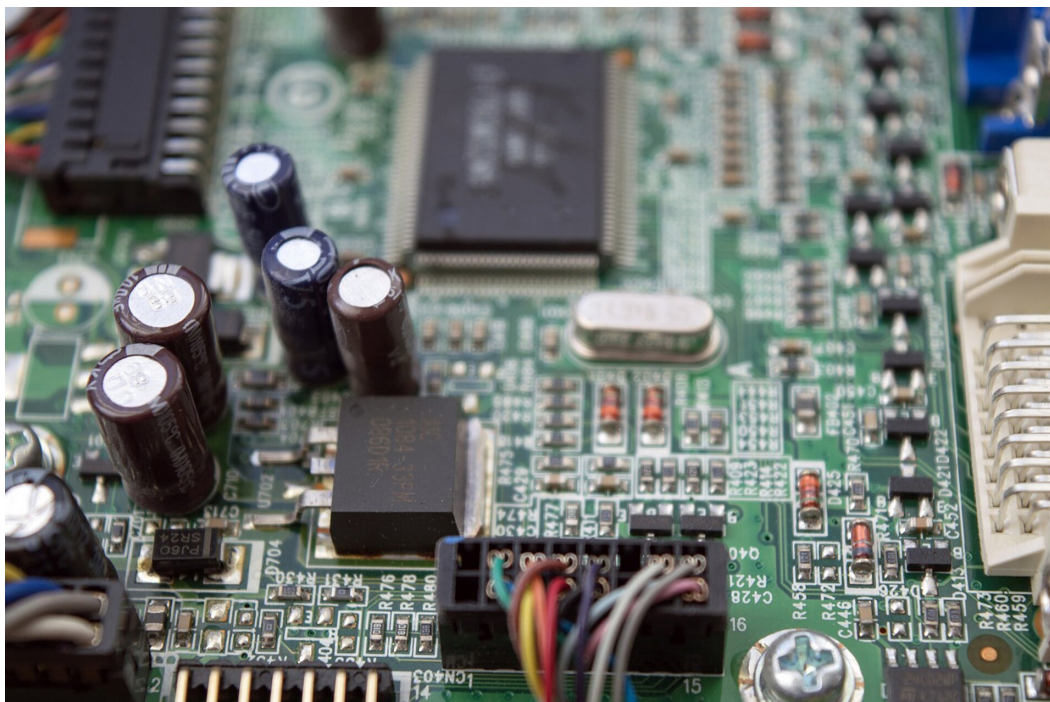
Jak obliczyć pojemność kondensatora płaskiego na podstawie jego cech geometrycznych?

Źródło: dostępny w internecie: <https://pixabay.com/photos/circuit-circuit-board-resistor-1443251/> [dostęp 11.06.2022].

Czy to nie ciekawe?

Kondensator płaski jest powszechnie wykorzystywanym rodzajem kondensatora. Jest nie tylko wytwarzany przez człowieka, ale też występuje w przyrodzie: błonę komórkową możemy potraktować jak kondensator (mamy dwie równoległe do siebie ścianki, między którymi występuje różnica potencjałów).

Ładując kondensator musimy wziąć pod uwagę jego napięcie przebicia. Czy wiesz, czym ono jest? Co się stanie, jeśli je przekroczymy? Dowiesz się tego w tym materiale.



Rys. a. Kondensatory na płycie obwodu drukowanego

Źródło: dostępny w internecie: <https://pixabay.com/photos/chip-printed-circuit-board-1844386/> [dostęp 11.06.2022].

Twoje cele

W tym materiale:

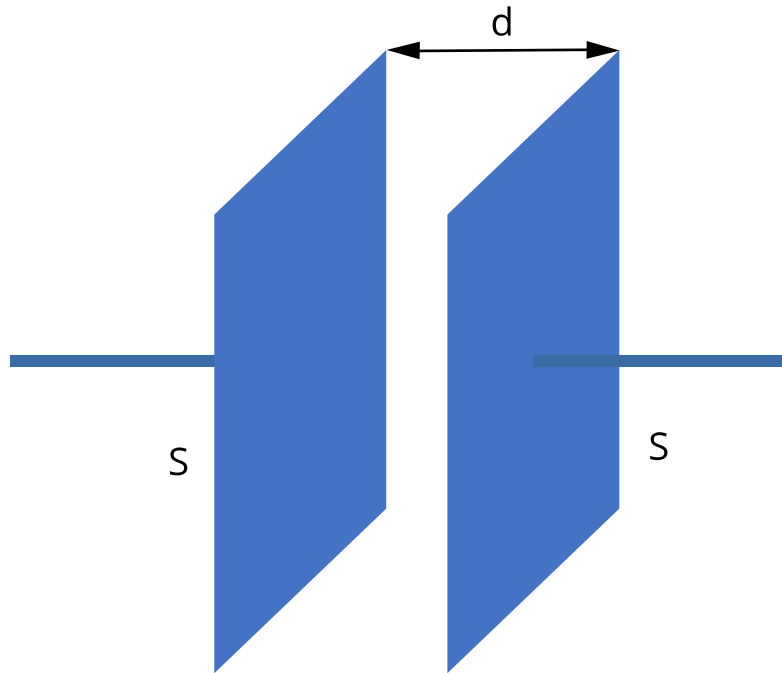
- dowiesz się, czym jest kondensator płaski,
- dowiesz się, jak wyznaczyć pojemność kondensatora płaskiego,
- przeanalizujesz budowę kondensatora płaskiego,
- sprawdzisz, jak zmiana odległości między okładkami wpływa na pojemność kondensatora płaskiego,
- zastosujesz zdobytą wiedzę do rozwiązywania zadań rachunkowych i problemowych.

Przeczytaj

Warto przeczytać

Kondensator płaski składa się z dwóch równolegle do siebie ułożonych płyt, które stanowią okładki kondensatora. Powierzchnię tych okładek oznaczamy jako S , natomiast odległość między nimi jako d .

Poglądowy schemat kondensatora płaskiego przedstawiono na Rys. 1.



Rys. 1. Rysunek poglądowy kondensatora płaskiego

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

Na schematach elektrycznych kondensator oznaczamy symbolem $\text{--}||\text{--}$.

Cechą charakterystyczną każdego kondensatora jest jego pojemność C . Mówi nam ona, jaki ładunek zostanie zgromadzony na kondensatorze przy określonej różnicy potencjałów między okładkami ΔV :

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

Pojemność kondensatora płaskiego wyznaczamy ze wzoru:

$$C = \frac{\varepsilon_0 \cdot S}{d}$$

który pokazuje, że pojemność rośnie wraz ze wzrostem powierzchni S okładek, a maleje, gdy powiększa się odległość d między tymi okładkami. Współczynnikiem proporcjonalności jest przenikalność elektryczna próżni ε_0 , która jest stałą zależną od wyboru układu jednostek. W układzie jednostek SI:

$$\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{C^2}{Nm^2} = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{F}{m}$$

Jeśli między okładkami umieścimy **dielektryk**, musimy uwzględnić jego względną przenikalność elektryczną ε_r :

$$C = \frac{\varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \cdot S}{d}$$

Dielektryk wprowadza się, żeby zwiększyć pojemność kondensatora.

Poniżej w Tabeli 1. przedstawiono względne przenikalności elektryczne wybranych materiałów.

Tabela. 1. Względne przenikalności elektryczne wybranych materiałów w temperaturze pokojowej

Materiał	Względna przenikalność elektryczna
próżnia	1,0000
powietrze	1,0005
teflon	2,1
polietylen	2,3
papier	3,5
szkło	4,5
porcelana	6,5
woda	78

Jeśli dielektrykiem jest powietrze, to $\varepsilon_r = 1,0005 \cong 1$.

Przeanalizujmy przykłady.

Przykład 1

Mamy kondensator płaski, próżniowy, o okładkach w kształcie koła o promieniu $r = 2$ cm. Odległość między okładkami wynosi 1 cm. Jaka jest pojemność tego kondensatora?

Pamiętajmy, że obliczając pojemność, zarówno odległość między okładkami, jak i ich powierzchnię musimy zapisać w metrach. A więc:

$$d = 1 \text{ cm} = 1 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$r = 2 \text{ cm} = 2 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$S = \pi \cdot r^2 = \pi \cdot (2 \cdot 10^{-2} \text{ m})^2 = \pi \cdot 4 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$C = \frac{\varepsilon_0 \cdot S}{d} = \frac{8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{F}}{\text{m}} \cdot \pi \cdot 4 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2}{1 \cdot 10^{-2} \text{ m}} = 111,156 \cdot 10^{-14} \text{ F} \cong 1,11 \text{ pF}$$

Przykład 2

W kondensatorze z przykładu powyżej (o okładkach w kształcie koła o promieniu $r = 2$ cm, odległości między okładkami 1 cm) dwukrotnie zwiększyliśmy odległość między okładkami. Jak zmieniła się pojemność elektryczna?

Pojemność przed zmianą odległości między okładkami (d) oznaczmy jako C_1 , a po zmianie C_2 . Podobnie odległości d . A więc:

$$d_2 = 2 \cdot d_1$$

$$C_2 = \frac{\varepsilon_0 \cdot S}{d_2} = \frac{\varepsilon_0 \cdot S}{2 \cdot d_1} = \frac{1}{2} \frac{\varepsilon_0 \cdot S}{d_1} = \frac{1}{2} \cdot C_1 = \frac{1}{2} \cdot 1,11 \text{ pF} = 0,555 \text{ pF}$$

Dwukrotne zwiększenie odległości między okładkami powoduje dwukrotne zmniejszenie pojemności kondensatora.

Przykład 3

Kondensator z *przykładu 1* (o okładkach w kształcie koła o promieniu $r = 2$ cm, odległości między okładkami 1 cm) ma pojemność 1,11 pF. Jaka powinna być powierzchnia okładek S_2 ,

aby przy tej samej odległości d pojemność wynosiła 10 pF? Jaki promień r_2 muszą mieć okładki koliste, aby uzyskać taką powierzchnię?

Na początku przekształćmy poniższy wzór, aby móc obliczyć powierzchnię okładek:

$$C = \frac{\varepsilon_0 \cdot S}{d}$$

$$S = \frac{d \cdot C}{\varepsilon_0}$$

Teraz podstawmy dane, pamiętając o odpowiednich jednostkach:

$$S_2 = \frac{1 \cdot 10^{-2} m \cdot 10 \cdot 10^{-12} F}{8,85 \cdot 10^{-12} \frac{F}{m}} = \frac{1 \cdot 10}{8,85} \cdot \frac{10^{-2} \cdot 10^{-12}}{10^{-12}} \cdot \frac{m \cdot F}{\frac{F}{m}} = 1,13 \cdot 10^{-2} m^2$$

Następnie obliczmy promień:

$$S = \pi \cdot r^2$$

$$r_2 = \sqrt{\frac{S_2}{\pi}} = \sqrt{\frac{1,13 \cdot 10^{-2} m^2}{3,14}} = \sqrt{\frac{1,13}{3,14}} \cdot 10^{-1} m = 0,60 \cdot 10^{-1} m = 6 cm$$

Aby uzyskać pojemność 10 pF, promień okładek powinien wynosić 6 cm.

Słowniczek

Dielektryk

(ang.: *dielectric*) – materiał, w którym liczba swobodnych elektronów jest bardzo mała, materiał ten bardzo słabo przewodzi prąd elektryczny.

Eksperyment myślowy

(ang.: *thought experiment*) – jest to eksperymen, w którym problem lub zagadnienie analizowane jest tylko hipotetycznie. Wykonywany jest najczęściej, gdy rzeczywisty eksperymen jest niemożliwy lub zbyt skomplikowany. Najbardziej znane eksperymen, myślowe w fizyce to „Paradoks bliźniąt” (szczególna teoria względności) oraz „Kot Schrödingera” (mechanika kwantowa).

Napięcie przebicia

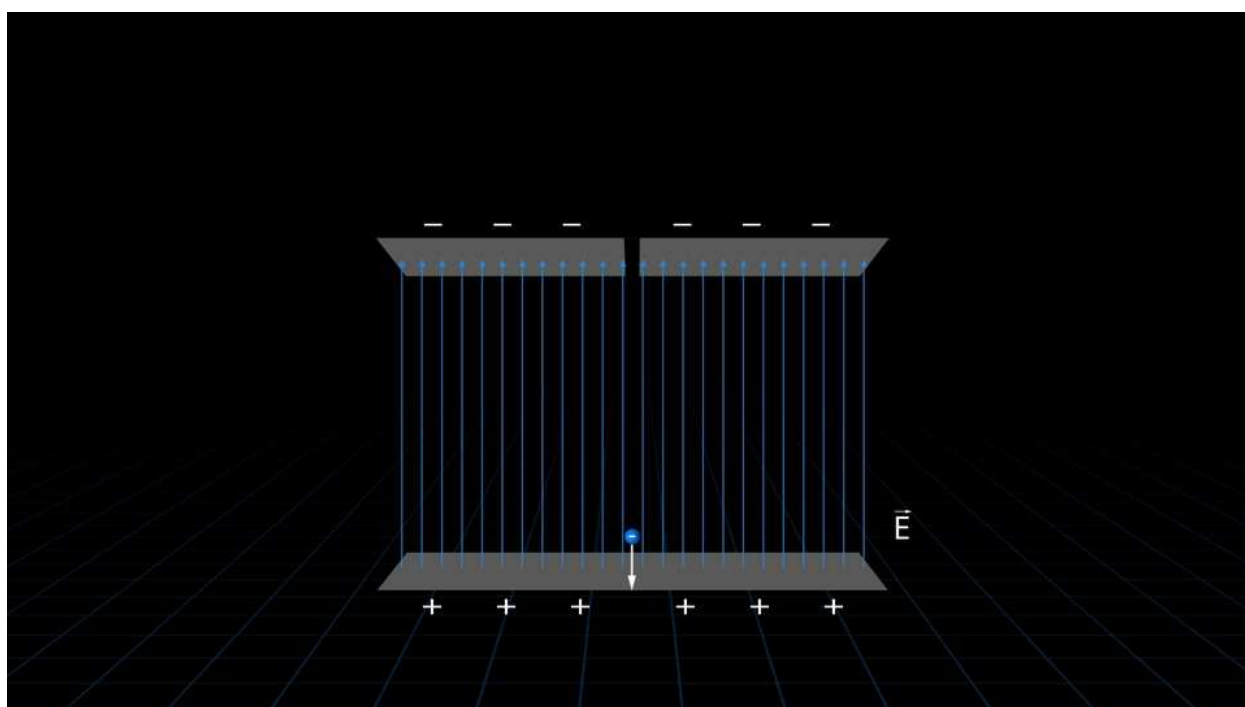
(*ang.: breakdown voltage*) – napięcie, przy którym dochodzi do przebicia elektrycznego, tzn. gwałtownego przepływu ładunku przez dielektryk.

Film samouczek

Jak obliczyć pojemność kondensatora płaskiego na podstawie jego cech geometrycznych?

Polecenie 1

Obejrzyj film samouczek, w którym obliczono pojemność kondensatora płaskiego oraz ładunek zgromadzony na okładkach, gdy następuje przebicie kondensatora. Zwróć uwagę, jak obliczono różnicę potencjałów między okładkami kondensatora.



Film dostępny pod adresem </preview/resource/RtOp7yfKZBPqc>

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

Zapoznaj się z treścią samouczka.

Polecenie 2

Uzupełnij tekst:

Aby doszło do wyładowania elektrycznego w suchym powietrzu potrzebne jest napięcie 30 kilowoltów na każdy centymetr długości iskry.

Uczniowie obserwowali pokaz doświadczeń fizycznych z użyciem kondensatora płaskiego.

Gdy odległość między okładkami wynosiła 5 cm, nastąpiło jego przebicie. Obliczyli, że napięcie między okładkami kondensatora w momencie wyładowania było równe około

kilowoltów.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

We wszystkich zadaniach przyjmij wartość przenikalności elektrycznej próżni:

$$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{F}{m}$$

Ćwiczenie 1



Co należy zrobić, aby zmniejszyć pojemność kondensatora płaskiego? Zaznacz wszystkie poprawne odpowiedzi.

- ☐ Włożyć między okładki dielektryk
- ☐ Rozsunąć okładki
- ☐ Zbliżyć okładki
- ☐ Zwiększyć pole powierzchni okładek
- ☐ Zmniejszyć pole powierzchni okładek

Ćwiczenie 2



Mamy kondensator płaski, którego okładki mają kształt koła o promieniu $r = 4$ cm. Odległości między nimi jest równa 0,5 cm. Ile wynosi pojemność tego kondensatora podana w pikofaradach (w zaokrągleniu do trzech cyfr znaczących)?

Odpowiedź: Pojemność tego kondensatora wynosi pF.

Ćwiczenie 3



Wyobraź sobie, że mamy kondensator płaski o powierzchni okładek równej 4 cm^2 i odległości między nimi 2 cm . Ile wynosi jego pojemność?

Przeprowadź **eksperyment myślowy** (czyli taki, którego wykonanie w rzeczywistości jest bardzo trudne lub wręcz niemożliwe, więc analizujemy go tylko teoretycznie).

Z kondensatora tego wymontowano okładki i zamontowano większe o powierzchni równej 7 cm^2 . Jak zmieniła się pojemność kondensatora? Odpowiedź podaj w pikofaradach w zaokrągleniu do dwóch cyfr znaczących.

Odpowiedź:

Pojemność kondensatora z mniejszymi okładkami wynosi pF.

Pojemność kondensatora z większymi okładkami wynosi pF.

Ćwiczenie 4



Mamy kondensator płaski o powierzchni okładek równej $0,02 \text{ m}^2$ i odległości między nimi $0,01 \text{ m}$. Ile wynosi jego pojemność.

Odpowiedź:

Pojemność kondensatora bez dielektryka wynosi pF.

Między okładki włożono dielektryk z teflonu o szerokości $2,1 \text{ cm}$ (aby to zrobić, okładki rozsunięto). Jak zmieniła się pojemność kondensatora?

Względna przenikalność elektryczna teflonu wynosi $2,1$.

Odpowiedź:

Pojemność kondensatora po rozsunięciu okładek i umieszczeniu między nimi dielektryka:

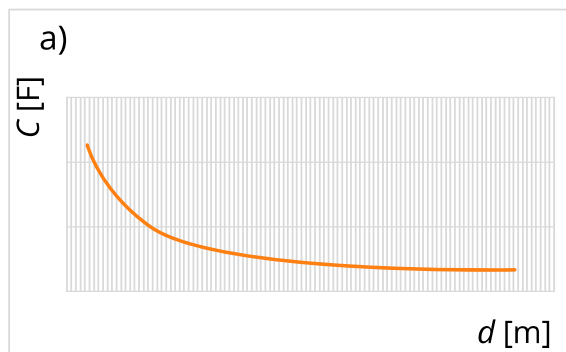
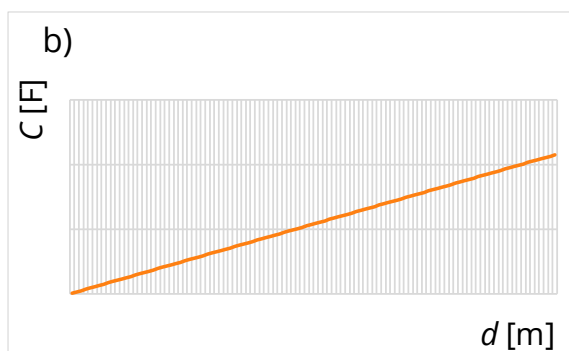
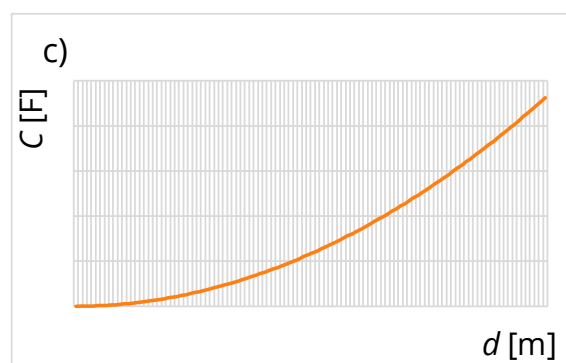
☐ Zmaląa

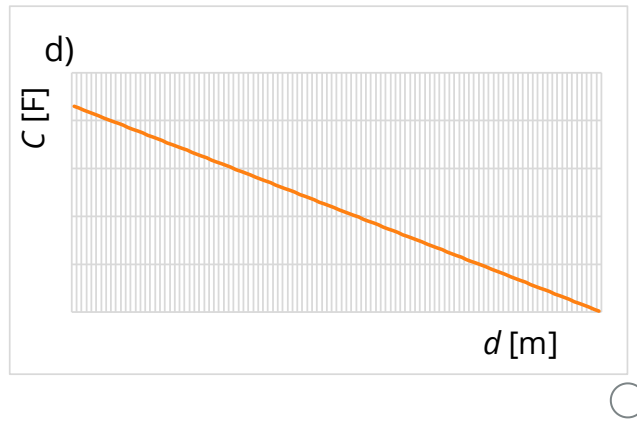
☐ Pozostała bez zmian

☐ Wzrosła

Ćwiczenie 5

Który z widocznych poniżej wykresów przedstawia zależność pojemności kondensatora płaskiego od odległości między okładkami?

☐☐☐

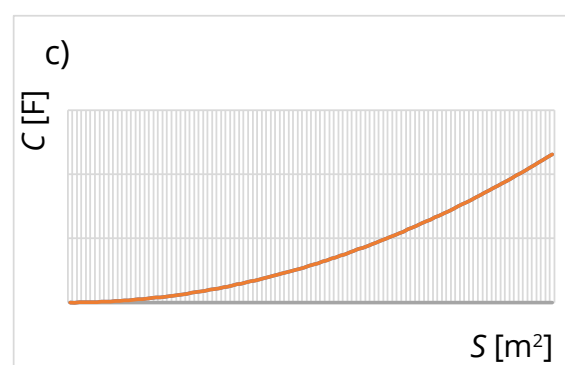
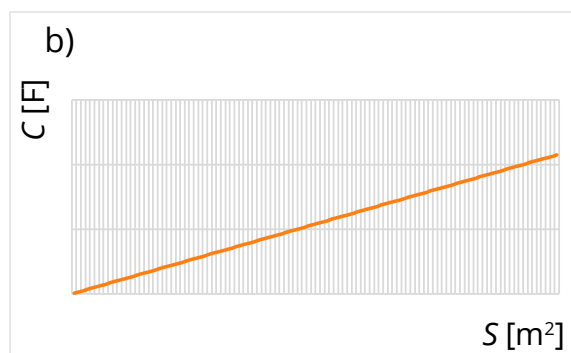
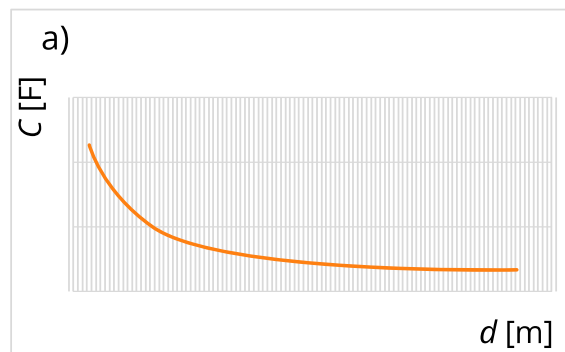


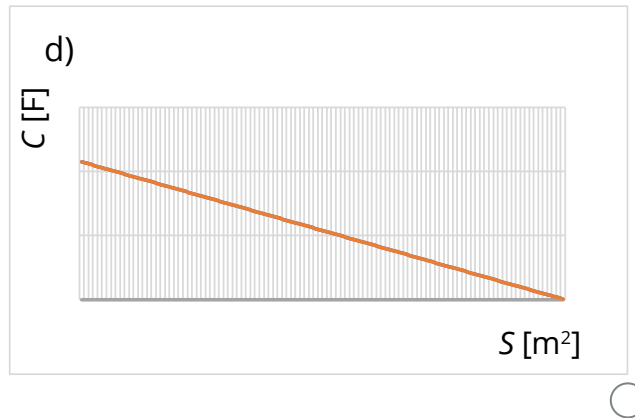
Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0. Licencja:
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl>.

Ćwiczenie 6



Który z widocznych poniżej wykresów przedstawia zależność pojemności kondensatora płaskiego od powierzchni okładek?





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

Ćwiczenie 7



Mamy dwa kondensatory płaskie: pierwszy o okładkach w kształcie kwadratu o boku $a = 3 \text{ cm}$, drugi o okładkach w kształcie koła o promieniu $r = 3 \text{ cm}$. Odległości między okładkami obu kondensatorów są takie same. Który z tych kondensatorów ma większą pojemność i ile razy?

Ćwiczenie 8



Ziemię możemy traktować jako przewodzącą kulę o znanym promieniu i obliczyć jej pojemność, która wynosi: $C = 708422,86 \cdot 10^{-9} \text{ F}$.

Oblicz, jaką powierzchnię powinny mieć okładki kondensatora płaskiego, oddalone od siebie o 0,5 cm, aby ten kondensator miał taką samą pojemność jak Ziemia? Wynik podaj w m^2 z dokładnością do 2 miejsc po przecinku.

Odpowiedź: $S =$ m^2

Jeśli założymy, że okładki tego kondensatora mają kształt koła, to jaki będzie promień tej okładki? Wynik podaj w m z dokładnością do 2 miejsc po przecinku.

Odpowiedź: $r =$ m

Dla nauczyciela

Imię i nazwisko autora:	Martyna Jakubowska
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	Jak obliczyć pojemność kondensatora płaskiego na podstawie jego cech geometrycznych?
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: 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; 16) przeprowadza obliczenia i zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania oraz zachowaniem liczby cyfr znaczących wynikającej z dokładności pomiaru lub z danych. 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. wyjaśni, czym jest kondensator płaski. 2. przeanalizuje zależność pojemności kondensatora płaskiego od jego cech geometrycznych. 3. wyjaśni, w jaki sposób zmiana dielektryka między okładkami kondensatora wpływa na jego pojemność. 4. obliczy pojemność kondensatora płaskiego.
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: - Czym jest kondensator płaski? - Czym jest pojemność elektryczna? - Jakie są jednostki ładunku, potencjału i pojemności 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 pyta uczniów, czy zrozumieli przeczytany tekst, a jeśli nie, to prosi ich o zgłaszanie pytań. Uczniowie wspólnie zastanawiają się nad pytaniami, które się pojawiły. Nauczyciel naprowadza uczniów na właściwe odpowiedzi.
- Uczniowie wspólnie oglądają film samouczek i wykonują powiązane z nim polecenia. Jeśli pojawiły się jakieś pytanie, nauczyciel odpowiada na nie. Uczniowie wykorzystując zdobytą wiedzę rozwiązują zadania z części „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, które uczniowie wskazali jako te, z którymi mieli problemy.

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania danego multimedium:

Film samouczek może być wykorzystany przed lekcją jako wprowadzenie do niej.