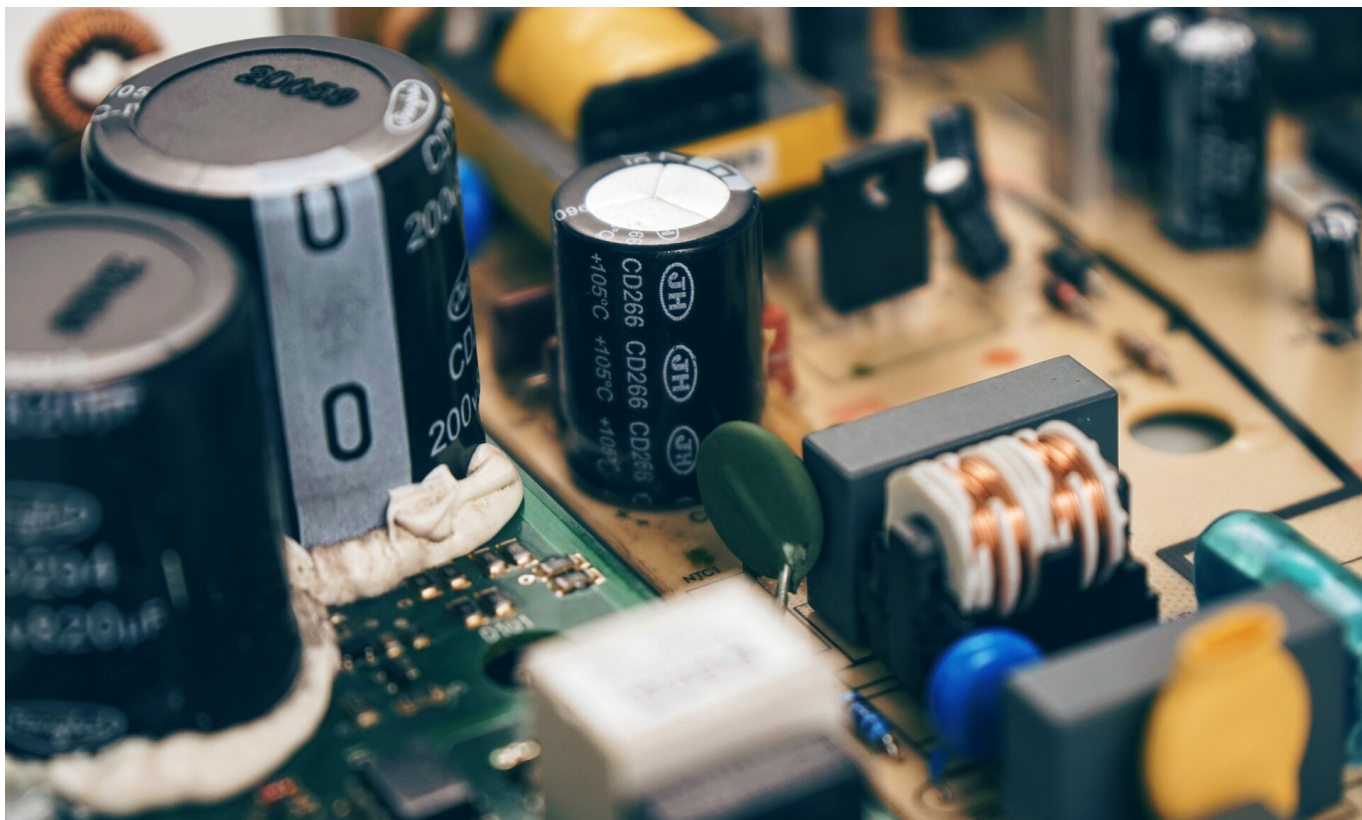




Badanie, od czego zależy pojemność elektryczna kondensatora płaskiego

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Wirtualne laboratorium WL-I](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)



Badanie, od czego zależy pojemność elektryczna kondensatora płaskiego

Źródło: dostępny w internecie: <https://www.rawpixel.com/image/5948662/free-public-domain-cc0-photo> [dostęp 13.01.2023], domena publiczna.

Czy to nie ciekawe?

Kondensator to element elektryczny (elektroniczny), umożliwiający magazynowanie ładunku elektrycznego. Czym jest jednak kondensator z punktu widzenia fizyki? Odpowiedź jest bardzo prosta: Kondensator to układ dwóch przewodników (np. dwóch kawałków metalu), które są od siebie oddzielone izolatorem (np. powietrzem). W zastosowaniach praktycznych, podstawową wielkością fizyczną charakteryzującą kondensatory jest pojemność, która opisuje ich zdolność do gromadzenia ładunku. Jak definiuje się tę wielkość? Od czego ona zależy? Czy można ją wyznaczyć na podstawie wyników innych pomiarów?

Dzięki lekturze tego materiału poznasz odpowiedzi na te pytania.



Rys. a. Fizyk to często nie tylko naukowiec, ale też: projektant, inżynier elektronik, matematyk ... istny MacGyver.

Źródło: dostępny w internecie: <https://pixabay.com/pl/photos/elektronika-kondensator-sk%c5%82adnik-1001827/> [dostęp 13.01.2023], domena publiczna.

Twoje cele

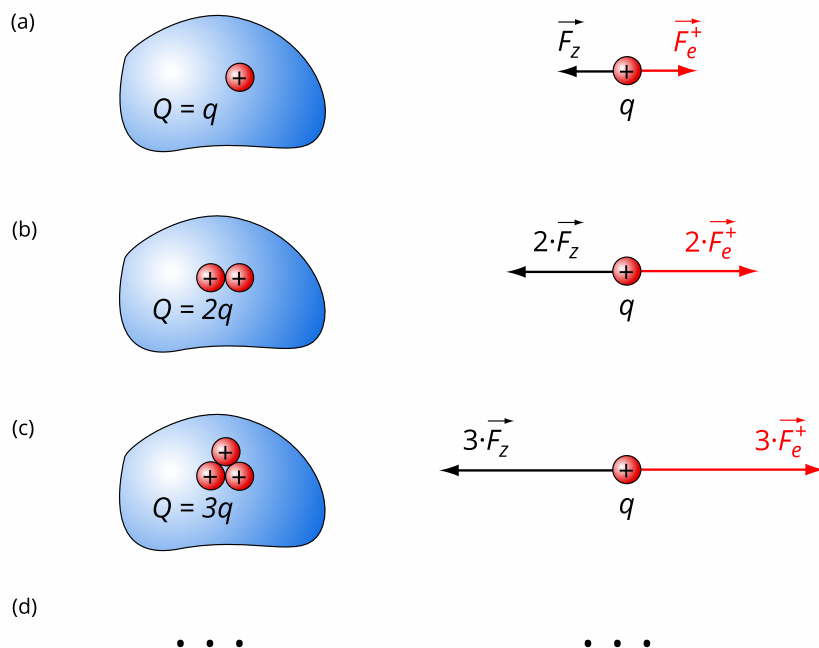
- przypomnisz sobie, czym jest kondensator,
- zdefiniujesz pojemność kondensatora i określisz, od czego ona zależy,
- przeprowadzisz dwa myślowe eksperymenty, w których porównasz efektywność magazynowania ładunku na izolowanych przewodnikach i na kondensatorach,
- przeprowadzisz wirtualny eksperyment, w którym zbadasz, od czego zależy pojemność kondensatora płaskiego.

Przeczytaj

Warto przeczytać

Pojemność elektryczna pojedynczego przewodnika

Ładowanie przewodnika polega na odkładaniu na jego powierzchni ładunku, przy czym w procesie ładowania potencjał tego przewodnika zwiększa się, co do wartości bezwzględnej (zob. materiał pt. *Jak definiuje się potencjał pola i jaka jest jego jednostka?*). Dzieje się tak, ponieważ potencjał przewodnika V jest równy stosunkowi pracy, jaką siła zewnętrzna musi wykonać, by ładunek o wielkości q przenieść na powierzchnię przewodnika, do wartości tego ładunku (zob. materiał pt. *Jaką pracę należy wykonać, aby przenieść ładunek w polu elektrycznym?*). Gdy na przewodniku jest już odłożony pewien ładunek Q , to z powodu siły elektrostatycznego odpychania między q i Q , coraz trudniej jest dokładać kolejne jego porcje (Rys. 1.). Wiele doświadczeń potwierdza, że wartość potencjału przewodnika V jest wprost proporcjonalna do wielkości ładunku Q umieszczonego na jego powierzchni. Dla danego przewodnika iloraz $\frac{Q}{V}$ jest zatem wielkością stałą. Wielkość tę nazywa się pojemnością elektryczną przewodnika (zob. materiał pt. *Pojemność elektryczna przewodnika*).



Rys. 1. Ładowanie izolowanego przewodnika. Aby na przewodniku umieścić kolejne porcje ładunku q (drugą, trzecią itd.) należy działać coraz większą siłą zewnętrzną $n \cdot \vec{F}_z$ (gdzie $n = 1, 2 \dots$), która musi zrównoważyć siłę elektrostatycznego odpychania $n \cdot \vec{F}_e^+$ między ładunkiem już umieszczonym na przewodniku $Q = nq$ i nową porcją ładunku q . Wyjaśnienie: W rzeczywistości ładunki elektryczne gromadzą się na powierzchni przewodnika. Na tym rysunku, dla uproszczenia, narysowano je w środku przewodnika. Ponadto na rysunku przyjęto $q > 0$.

Pojemność elektryczna pojedynczego (izolowanego) przewodnika jest ilorazem ładunku zgromadzonego na jego powierzchni Q i jego potencjału V :

$$C = \frac{Q}{V}. \quad (1)$$

Pojemność przewodnika zależy jedynie od jego rozmiaru i kształtu, a także od otoczenia, w którym znajduje się przewodnik (zob. materiał pt. *Od czego zależy pojemność elektryczna ciał przewodzących?*).

Pojemność wyraża się w faradach (zob. materiał pt. *Farad jako jednostka pojemności*).

Farad jest pojemnością takiego przewodnika, którego potencjał wynosi 1 volt po naładowaniu go ładunkiem 1 kulomba:

$$1 \text{ F} = \frac{1 \text{ C}}{1 \text{ V}}. \quad (2)$$

Pojemność 1 F jest pojemnością bardzo dużą dlatego często stosuje się jednostki mniejsze, np. mikrofarad ($1 \mu\text{F} = 10^{-6} \text{ F}$), nanofarad ($1 \text{ nF} = 10^{-9} \text{ F}$) i pikofarad ($1 \text{ pF} = 10^{-12} \text{ F}$).

Pojemność kondensatora

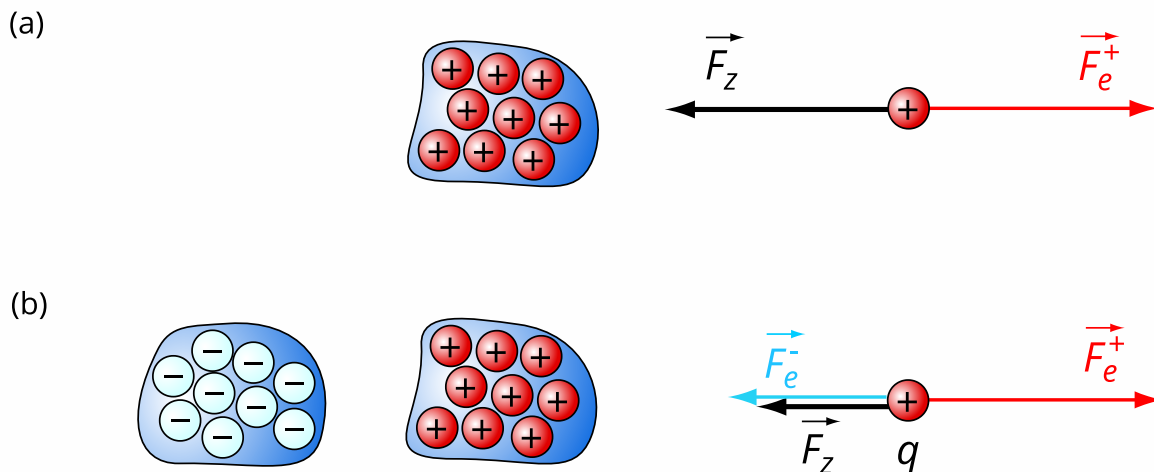
Praktyczne znaczenie mają nie tyle pojedyncze (izolowane) przewodniki, co ich układy, tworzące kondensatory.

Kondensator to układ dwóch przewodników (tzw. okładek kondensatora) o dowolnym kształcie i wymiarach, które łąduje się równymi ładunkami o przeciwnych znakach.

Dlaczego praktyczne znaczenie kondensatorów jest większe niż izolowanych przewodników? Jest tak, ponieważ gromadzenie ładunku na izolowanym przewodniku jest dużo mniej efektywne od gromadzenia ładunku na układzie dwóch przewodników.

Eksperyment myślowy nr 1

Aby to zrozumieć, możesz przeprowadzić [eksperyment myślowy](#) podobny do tego, który został zilustrowany na Rys. 1. Wyobraź sobie, że masz dwa przewodniki. Na pierwszym umieszczasz ładunek $+q$, a na drugim $-q$. Potem, na każdym z przewodników, odkładasz kolejne, takie same porcje ładunków: $+q$ na pierwszym, $-q$ na drugim, $+q$ na pierwszym, $-q$ na drugim, itd. Postępujesz tak do momentu, aż ładunek zgromadzony na obu przewodnikach będzie równy: $+Q = n \cdot (+q)$ na pierwszym i $-Q = n \cdot (-q)$ na drugim. Który z przedstawionych na Rys. 2. sposobów magazynowania ładunku jest efektywniejszy? Który wymaga mniejszej pracy siły zewnętrznej? Odpowiadając na to pytanie nie sposób udzielić nieprawidłowej odpowiedzi.



Rys. 2. Ładowanie izolowanego przewodnika jest mniej efektywne niż ładowanie kondensatora. Na rysunku pokazano siły działające na porcję ładunku $+q$, pochodzące od: (a) pojedynczego naładowanego przewodnika i (b) układu dwóch przeciwnie naładowanych przewodników. Oznaczenia: $\vec{F}_e^+$ jest siłą elektrostatycznego odpychania od ładunku o wartości $+Q$, $\vec{F}_e^-$ to siła elektrostatycznego przyciągania od ładunku o wartości $-Q$, $\vec{F}_z = \vec{F}_e^- - \vec{F}_e^+$ reprezentuje siłę zewnętrzną, która równoważy wypadkową siłę działającą na ładunek $+q$, pochodzącą od pola elektrycznego. Wyjaśnienie: W rzeczywistości ładunki elektryczne gromadzą się na powierzchni przewodników. Na tym rysunku, dla uproszczenia, narysowano je w środku przewodników.
 Źródło: Politechnika Warszawska, Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.

Eksperyment myślowy nr 2

Celem poprzedniego eksperymentu myślowego było pokazanie, że magazynowanie energii na układzie dwóch, położonych blisko siebie przewodników (okładek kondensatora) jest efektywniejsze niż na jednym, izolowanym przewodniku. Zauważ, że ten sam efekt końcowy (dwa przewodniki naładowane ładunkami $\pm Q$) można uzyskać również w inny sposób, np. przenosząc porcjami ładunek z jednego, początkowo nienaładowanego przewodnika, na drugi, do momentu, gdy na obydwu przewodnikach uzyskamy nieskompensowane, docelowe wartości ładunków.

Postępując w taki sposób, łatwo można zauważyć, że gdy na okładkach zgromadzi się większy nieskompensowany ładunek, to proporcjonalnie wzrośnie siła działająca na umieszczony między nimi ładunek próbny. Ostatecznie praca przeniesienia takiego ładunku z jednej okładki na drugą też będzie proporcjonalnie większa, podobnie zresztą jak napięcie (różnica potencjałów) między okładkami. W ten sposób dochodzimy do wniosku, że napięcie między okładkami kondensatora U i ładunek Q są do siebie proporcjonalne, a ich iloraz $\frac{Q}{U}$ jest wielkością stałą i nosi nazwę pojemności kondensatora. Iloraz ten określa, jaki ładunek można zgromadzić na kondensatorze, gdy napięcie między jego okładkami jest równe 1 volt. Oczywiście przy wyższym napięciu zgromadzony ładunek jest proporcjonalnie większy.

Pojemność kondensatora jest równa ilorazowi ładunku zgromadzonego na każdej z jego okładek Q i napięcia między okładkami U :

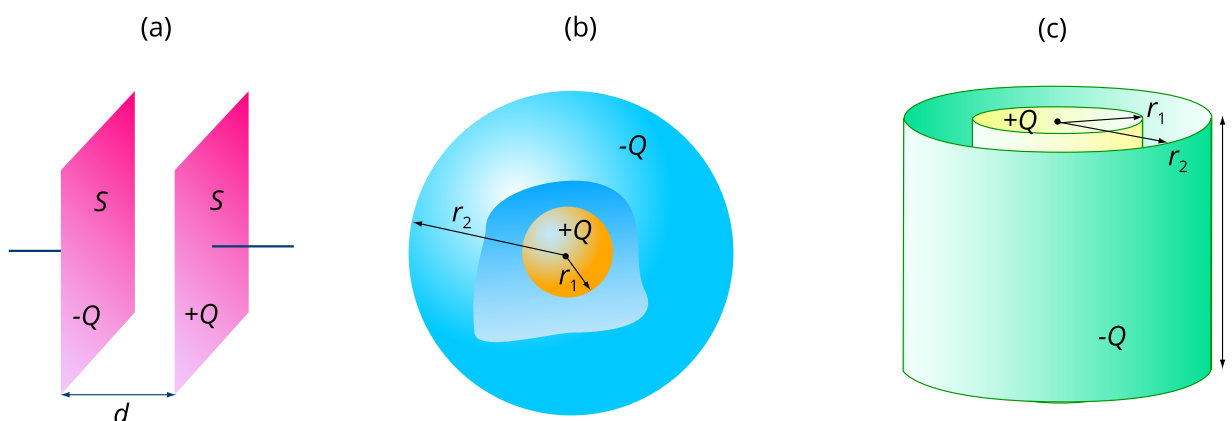
$$C = \frac{Q}{U}.$$

(3)

Pojemność kondensatorów mierzy się w faradach, tak samo jak pojemność izolowanych przewodników (por. rów. (2)).

Ważne!

Pojemność kondensatora, **zależy od kształtu i rozmiaru jego okładek**, a także od **rodzaju substancji znajdującej się między okładkami** (zob. Rys. 3.).



Rys. 3. Różne rodzaje kondensatorów: (a) kondensator płaski, (b) kondensator kulisty, (c) kondensator cylindryczny.

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

Kondensator płaski

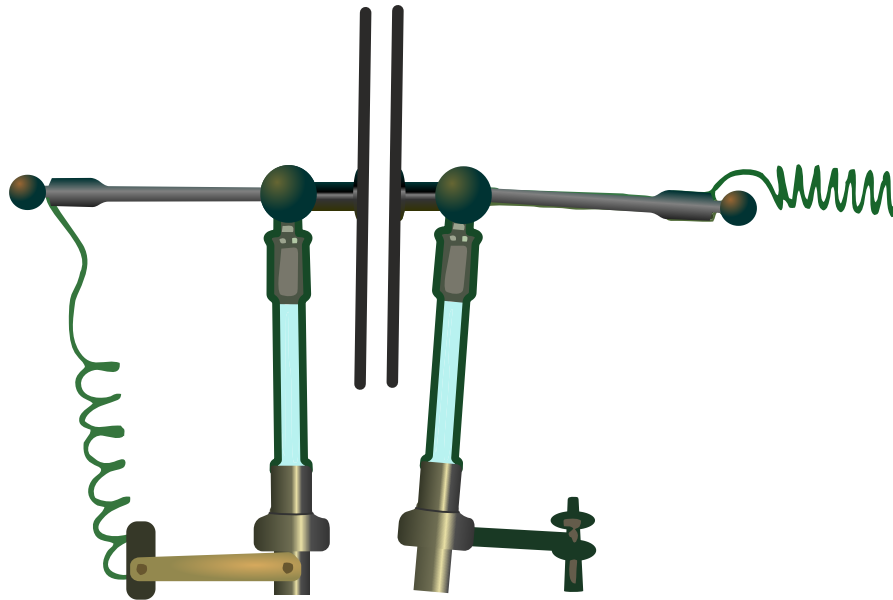
Kondensator płaski to układ dwóch, równoległe do siebie ułożonych, metalowych płyt (okładek kondensatora), na których zgromadzono ładunki, takie same co do wartości, ale o przeciwnych znakach (Rys. 3a).

O kondensatorze płaskim możesz przeczytać w e-materiałach pt. [Jak zbudowany jest kondensator płaski?](#) lub [Jaki jest związek między różnicą potencjałów a natężeniem pola w kondensatorze płaskim?](#) Przypomnijmy tylko, że pojemność kondensatora płaskiego wyraża się następującym wzorem:

$$C = \varepsilon \frac{S}{d},$$

(4)

gdzie S jest polem powierzchni okładek kondensatora, d - odległością między okładkami, zaś ε jest stałą, która charakteryzuje własności elektryczne ośrodka wypełniającego przestrzeń między okładkami i która nosi nazwę [przenikalności elektrycznej ośrodka](#).



Rys. 4. Przykładowy, próżniowy kondensator płaski.

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

Ze wzoru (4) wynika, że pojemność kondensatora płaskiego rośnie proporcjonalnie do wzrostu pola powierzchni okładek i maleje wraz ze wzrostem odległości między nimi. Na pojemność kondensatora ma również wpływ materiał umieszczony między jego okładkami. Kondensatory próżniowe (Rys. 4.) mają od kilku do kilkudziesięciu razy mniejszą pojemność od tych, między okładkami których umieszczono materiał będący **dielektrykiem** (zob. materiał pt. [Czy rodzaj dielektryka wpływa na pojemność kondensatora?](#)).

Słowniczek

dielektryk

(ang.: *dielectric*) (inaczej izolator elektryczny) to materiał, w którym bardzo słabo przewodzony jest prąd elektryczny. Może to być rezultatem niskiej koncentracji ładunków swobodnych, niskiej ich ruchliwości, lub obu tych czynników równocześnie

eksperyment myślowy

(ang.: *thought experiment*, niem.: *Gedankenexperiment*) w najszerszym znaczeniu jest użyciem hipotetycznego scenariusza w celu ułatwienia zrozumienia pewnych rzeczy lub zjawisk. Eksperymenty takie przeprowadza się w różnych dziedzinach, od fizyki po filozofię. Najlepiej znane eksperymenty myślowe w fizyce to m.in. paradoks bliźniąt w szczególnej teorii względności, kot Schrödingera w mechanice kwantowej i paradoks dwóch kondensatorów w teorii obwodów.

MacGyver

(ang.: *MacGyver*) amerykański serial telewizyjny, emitowany przez telewizję ABC w latach 1985-1992. Bohaterem serialu był tytułowy MacGyver - człowiek, który wie wszystko

i potrafi zrobić coś z niczego, wykorzystując umiejętności w zadaniach powierzonych mu przez tajną Fundację Phoenix.

przenikalność elektryczna

(ang.: *electric permittivity*) charakteryzuje każdy ośrodek, w którym może istnieć pole elektrostatyczne, czyli próżnię i ośrodki materialne. Oznacza się ją grecką literą ε (epsilon) i przedstawia się jako iloczyn przenikalności elektrycznej próżni ε_0 i przenikalności względnej ośrodka ε_r :

$$\varepsilon = \varepsilon_0 \varepsilon_r,$$

przy czym przenikalność elektryczna próżni ma wartość

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

zaś przenikalność względna ośrodka jest stałą bezwymiarową o wartości nie mniejszej od jedności:

$$\varepsilon_r \geq 1,$$

gdzie przyjmuje się, że dla próżni $\varepsilon_r = 1$. Im względna przenikalność elektryczna danego ośrodka jest większa, tym mniejsze, w porównaniu z próżnią, będzie natężenie pola elektrycznego, wywołanego w tym ośrodku przez ładunki elektryczne. Przykładowe wartości stałej ε_r wynoszą: dla powietrza $\varepsilon_r = 1,0005$, dla papieru $\varepsilon_r = 3,5$, dla szkła $\varepsilon_r = 4,5$, a dla wody $\varepsilon_r = 78$.

Wirtualne laboratorium WL-I

Wirtualne Laboratorium Fizyki

Przeprowadź dwuczęściowy eksperyment w wirtualnym laboratorium. Wykonaj ćwiczenia i polecenia związane z wyposażeniem laboratorium, przeprowadzeniem pomiarów i opracowaniem ich wyników. Wykorzystaj wiadomości zawarte w e-materiale „Przedstawianie niepewności pomiarowych w formie graficznej”.

Doświadczenie 1

Badanie, od czego zależy pojemność kondensatora płaskiego

Problem badawczy

Jaki jest charakter zależności pojemności kondensatora płaskiego od odległości między jego okładkami i pola ich powierzchni oraz jak wpływa na pojemność umieszczenie dielektryka między okładkami?

Hipoteza

Postaw swoją hipotezę badawczą wskazując odpowiedzi w trzech poniższych ćwiczeniach.

Ćwiczenie 1

Zależność pojemności kondensatora płaskiego od odległości między jego okładkami jest:

- ☐ proporcjonalna
- ☐ odwrotnie proporcjonalna
- ☐ obie wielkości nie zależą od siebie

Ćwiczenie 2

Zależność pojemności kondensatora płaskiego od pola powierzchni jego okładek jest:

- ☐ proporcjonalna
- ☐ odwrotnie proporcjonalna
- ☐ obie wielkości nie zależą od siebie

Ćwiczenie 3

Wsunięcie dielektryka pomiędzy okładki kondensatora płaskiego powoduje:

- ☐ zwiększenie jego pojemności
- ☐ zmniejszenie jego pojemności
- ☐ nie wpływa na jego pojemność

Co będzie potrzebne

Zapoznaj się z obsługą wirtualnego laboratorium, a następnie wykonaj ćwiczenia dotyczące doboru wyposażenia do przeprowadzenia planowanego doświadczenia.

Ćwiczenie 4

Najdokładniejszym sposobem na zbadanie zależności pojemności kondensatora płaskiego od odległości między jego okładkami jest:

- ☐ a) oddalanie lub przybliżanie jednej z okładek, jak w naszym doświadczeniu
- ☐ b) zbudowanie wielu kondensatorów różniących się od siebie tylko odległością okładek
- ☐ c) obie powyższe metody dadzą równie dokładne wyniki

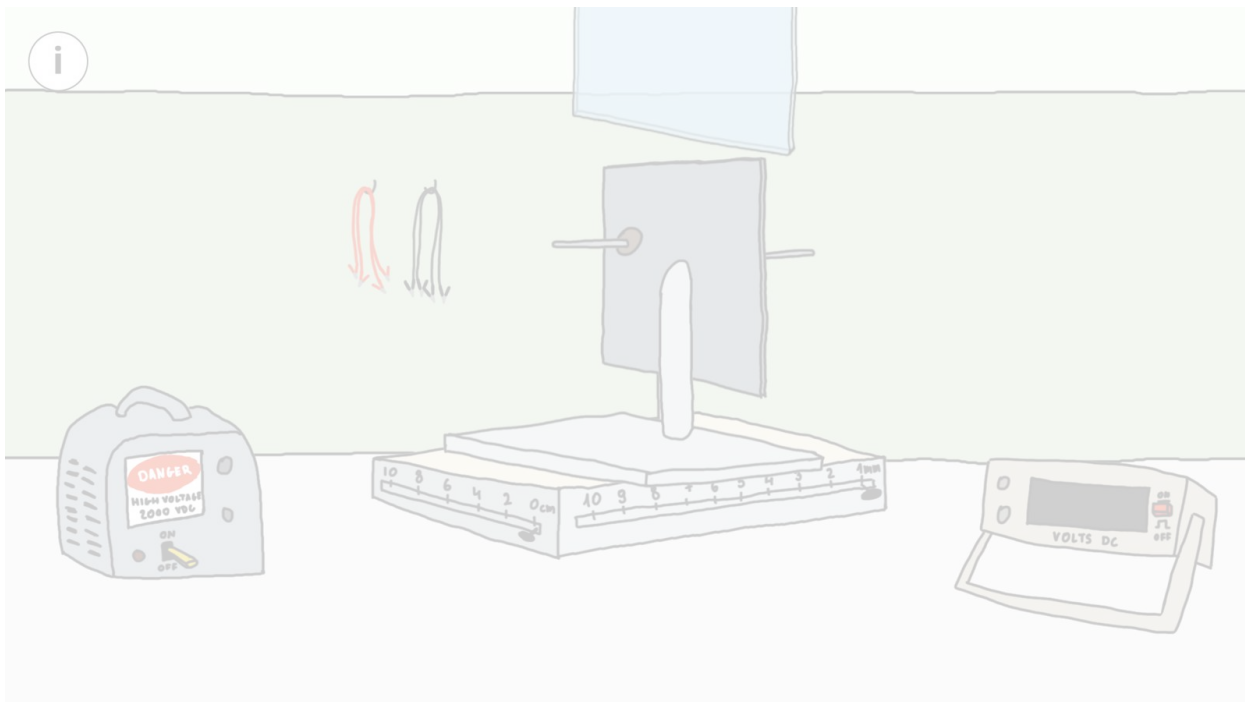
Ćwiczenie 5

Najdokładniejszym sposobem na zbadanie zależności pojemności kondensatora płaskiego od powierzchni jego okładek jest:

- ☐ a) przesuwanie równoległe płytek względem siebie tak, jak w naszym doświadczeniu
- ☐ b) zbudowanie wielu kondensatorów różniących się od siebie tylko polem powierzchni płytek
- ☐ c) obie powyższe metody dadzą równie dokładne wyniki

Instrukcja

1. Zapoznaj się szczegółowo z obsługą wirtualnego laboratorium i sposobem przeprowadzania doświadczenia.
2. Wykonaj eksperyment, w którym będziesz zmieniać odległość między okładkami kondensatora i obserwować napięcie między nimi. Wyniki zanotuj w tabeli.
3. Wypełnij ostatnią kolumnę tabeli pomiarów obliczając wartość odwrotności napięcia. Może okazać się przydatna podczas podsumowania eksperymentu.
4. Wykonaj eksperyment, w którym będziesz zmieniać powierzchnię okładek kondensatora (przesuwając jedną względem drugiej) i obserwować napięcie między nimi. Wyniki zanotuj w tabeli.
5. Wypełnij ostatnią kolumnę tabeli pomiarów obliczając wartość odwrotności napięcia. Może okazać się przydatna podczas podsumowania eksperymentu.
6. Wykonaj eksperyment, w którym włożysz szybę między okładki kondensatora. Twoim zadaniem jest jedynie obserwacja jakościowa, czy napięcie między okładkami kondensatora zwiększyło się, czy zmniejszyło. Zaznacz odpowiednią opcję w trzeciej tabeli, zatytułowanej „Wynik obserwacji doświadczałnej – nr 3”.



Zasób interaktywny dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/D15ciC24H>

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

Tabela wyników doświadczenia – nr 1.

d [mm]	U [V]	$\frac{1}{U} [\frac{1}{V}]$
----------	---------	-----------------------------

--	--	--

Tabela wyników doświadczenia – nr 2.

x [cm]	U [V]	$\frac{1}{U} [\frac{1}{V}]$
----------	---------	-----------------------------

--	--	--

Ćwiczenie 6

Wynik obserwacji doświadczalnej – nr 3.

Po włożeniu płyty szklanej między okładki kondensatora napięcie między jego okładkami:

☐ zwiększyło się

☐ zmniejszyło się

Podsumowanie

1. Aby odpowiedzieć na dwa pierwsze pytania badawcze, wykonaj wykresy $U(d)$ oraz $U(x)$. Pamiętaj przy tym, że na wykresach, oprócz punktów pomiarowych, należy umieścić odcinki niepewności.
2. Jeśli badana zależność nie jest liniowa, wykonaj wykres zależności odwrotności napięcia ($1/U$) od zmienianej wartości (d lub x). Otrzymanie wykresu liniowego oznacza, że badane wielkości wyjściowe są odwrotnie proporcjonalne.
3. Podsumuj wyniki doświadczenia w zakresie odpowiedzi na dwa pierwsze pytania badawcze. Wykorzystaj zależność pomiędzy interesującą nas pojemnością kondensatora, a mierzonym w eksperymencie napięciem na jego okładkach, opisaną wzorem (1) w części „Przeczytaj”.

Polecenie 1

Podsumowanie doświadczenia w zakresie problemu zależności pojemności kondensatora płaskiego od pola powierzchni jego płytek i odległości między nimi.

4. Podsumuj wynik doświadczenia w zakresie zależności pojemności kondensatora od obecności dielektryka między jego okładkami. Czy wynik ten ma zastosowanie

do wszystkich kondensatorów, czy tylko do badanego kondensatora płaskiego?

Polecenie 2

Podsumowanie doświadczenia w zakresie problemu zależności pojemności kondensatora płaskiego od obecności dielektryka między jego okładkami.

Doświadczenie 2

Wyznaczenie względnej przenikalności elektrycznej szkła

Problem badawczy

Jak wyznaczyć względną przenikalność elektryczną szkła?

Hipoteza

Należy naładować kondensator, zmierzyć napięcie między jego okładkami, a następnie wsunąć między okładki szklaną szybę i ponownie zmierzyć napięcie.

Co będzie potrzebne

Ćwiczenie 7

Które urządzenia lub elementy konstrukcyjne użyte w poprzednim doświadczeniu nie będą potrzebne w obecnym eksperymencie?

☐

mechanizm rozsuwania okładek

☐

zasilacz

☐

przewody połączeniowe

☐

mechanizm przesuwania okładek względem siebie

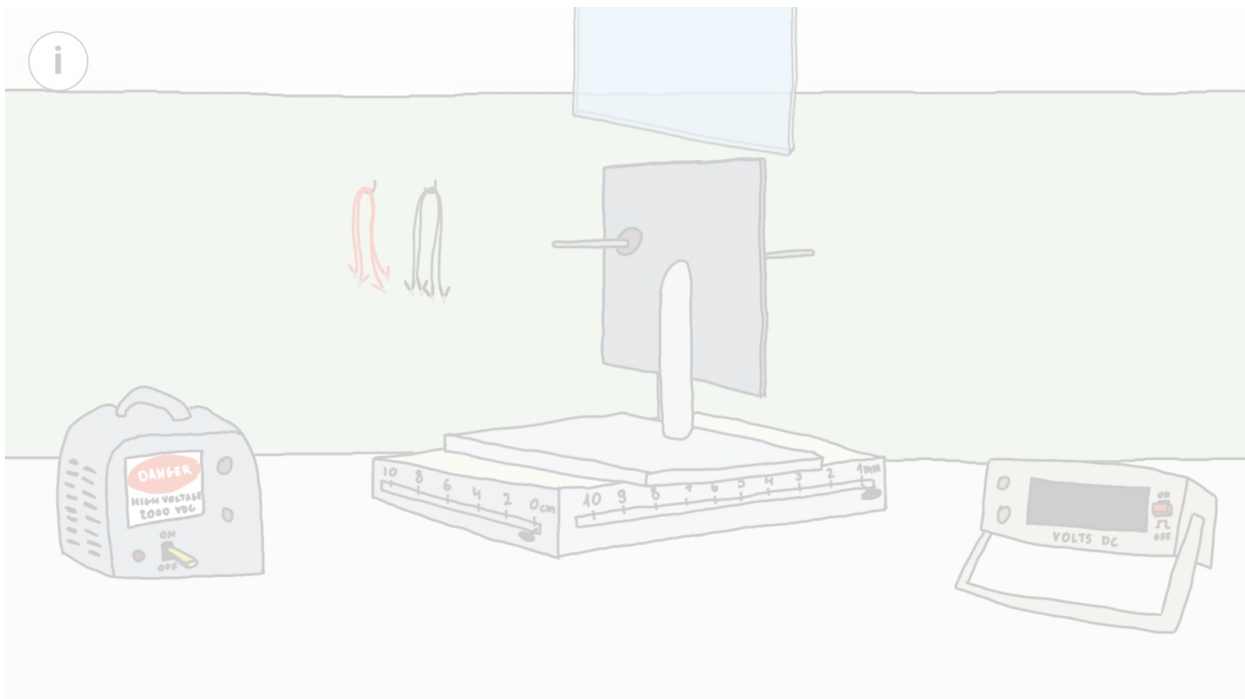
☐

woltomierz

Instrukcja

Wykonaj doświadczenie, dwukrotnie mierząc napięcie na okładkach kondensatora: przed włożeniem między nie szyby i po włożeniu jej do końca. Wyniki zapisz w tabeli.

Sprawdź, czy wielokrotne powtarzanie tych pomiarów w celu zminimalizowania błędów przypadkowych jest uzasadnione.



Zasób interaktywny dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/D15ciC24H>

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

Tabela wyników doświadczenia 2.

U_0 [V]

U_1 [V]

Podsumowanie

Polecenie 3

Zapisz krótki, kilkuzdaniowy raport z przeprowadzonego doświadczenia. Zawrzyj w nim co najmniej poniższe elementy.

1. Podaj wynik końcowy – wyznaczoną wartość względnej przenikalności elektrycznej szkła wraz z niepewnością pomiarową.
2. Porównaj ten wynik z wartością tablicową.
3. Sformułuj rozstrzygnięcie hipotezy badawczej.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Zaznacz zdania **fałszywe**:

☐

W kondensatorze płaskim pojemność jest największa, gdy przestrzeń między okładkami jest pusta (wypełniona powietrzem).

☐

W kondensatorze płaskim pojemność rośnie z wzrostem powierzchni okładek.

☐

W kondensatorze płaskim pojemność zależy tylko od materiału, z którego zostały wykonane okładki.

☐

W kondensatorze płaskim pojemność rośnie wraz z wzrostem odległości między okładkami.

Ćwiczenie 2



Połącz ze sobą przyczynę i skutek:

Powierzchnia okładek wzrosła dwukrotnie oraz odległość między okładkami wzrosła dwukrotnie

Pojemność wzrosła czterokrotnie

Odległość między okładkami wzrosła dwukrotnie

Pojemność zmalała dwukrotnie

Powierzchnia okładek wzrosła dwukrotnie

Pojemność nie uległa zmianie

Powierzchnia okładek wzrosła dwukrotnie a odległość między okładkami zmalała dwukrotnie

Pojemność wzrosła dwukrotnie

Ćwiczenie 3



Wskaż prawidłowe stwierdzenie:

1. Pole elektrostatyczne między okładkami kondensatora płaskiego jest ☐ centralne / ☐ jednorodne , a jego linie są ☐ równoległe / ☐ prostopadłe do powierzchni okładek.
2. Jeśli zwiększymy wartość ładunku na okładkach kondensatora płaskiego, to jego potencjał się ☐ zmniejszy / ☐ zwiększy .
3. Pojemność kondensatora płaskiego z dielektrykiem między okładkami jest ☐ mniejsza / ☐ większa niż kondensatora próżniowego.

Ćwiczenie 4



Na każdej z okładek kondensatora zgromadzono ładunek o wartości 2 nC, w wyniku czego na kondensatorze pojawiła się różnica potencjałów o wartości 2 V. Jaka jest pojemność tego kondensatora?

Odpowiedź:

$C =$ nF.

Ćwiczenie 5



Poniżej podano ładunek zgromadzony na trzech kondensatorach oraz różnicę potencjałów na nich. Który z tych kondensatorów ma największą pojemność?

☐ $Q = 1 \text{ nC}$, $U = 1 \text{ mV}$

☐ $Q = 1 \text{ }\mu\text{C}$, $U = 1 \text{ mV}$

☐ $Q = 1 \text{ nC}$, $U = 1 \text{ V}$

Ćwiczenie 6



W próżniowym kondensatorze płaskim o powierzchni okładek 5 cm^2 i odległości między nimi 2 cm zmieniono odległość okładek od siebie. Po tej zmianie pojemność kondensatora wynosi $25 \cdot 10^{-14} \text{ F}$.

Czy okładki kondensatora rozsunęto, czy zbliżono do siebie?
O ile zmieniła się odległość między okładkami.

Odpowiedź podaj z dokładnością do dwóch cyfr znaczących.
Przyjmij, że przenikalność elektryczna próżni wynosi $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ F} \cdot \text{m}^{-1}$.

Odpowiedź:

Wpisz '1' jeśli okładki rozsunęto i '2' jeśli zbliżono: .

Zmiana odległości między okładkami jest równa: cm.

Ćwiczenie 7



Rozważ kondensator płaski o powierzchni okładek 3 cm^2 i odległości między nimi 1 cm . Między okładkami tego kondensatora umieszczono szkło o względnej przenikalności elektrycznej $\varepsilon_r = 4,5$, a następnie zastąpiono je porcelaną o względnej przenikalności elektrycznej równej $6,5$.

W jaki sposób zmiana dielektryka między okładkami kondensatora wpłynęła na jego pojemność? Oblicz zmianę pojemności ΔC . Wynik podaj w femtofaradach ($1 \text{ fF} = 10^{-15} \text{ F}$), z dokładnością do dwóch cyfr znaczących.

Załóż, że przenikalność elektryczna próżni wynosi $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ F} \cdot \text{m}^{-1}$.

Odpowiedź:

Wpisz 'a' jeśli pojemność wzrosła lub 'b' jeśli zmalała: .

Zmiana pojemności kondensatora jest równa $\Delta C =$ fF.

Ćwiczenie 8



Mamy kondensator płaski z przestrzenią między okładkami wypełnioną dielektrykiem. Wiemy, że przy napięciu 1 V na okładkach zgromadzono ładunek równy $Q = 1 \mu\text{C}$. W pewnym momencie usunięto dielektryk i umieszczono kondensator w kloszu podłączonym do pompy próżniowej. Przyjmując, że w próżni pojemność tego kondensatora wynosiła w przybliżeniu $0,22 \mu\text{F}$, sprawdź który z podanych w tabeli poniżej dielektryków był wcześniej umieszczony między okładkami.

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

Materiał	Względna przenikalność elektryczna
7 - porcelana	6,5
8 - woda	78

Odpowiedź:

Wpisz numer, pod jakim dany dielektryk występuje w tabeli:

Dla nauczyciela

Scenariusz lekcji

Imię i nazwisko autora:	Martyna Jakubowska
Przedmiot:	fizyka
Temat zajęć:	Badanie, od czego zależy pojemność elektryczna kondensatora płaskiego
Grupa docelowa:	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres rozszerzony
Podstawa programowa	Cele kształcenia – wymagania ogólne II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych. III. Planowanie i przeprowadzanie obserwacji lub doświadczeń oraz wnioskowanie na podstawie ich wyników. Zakres rozszerzony Treści nauczania – wymagania szczegółowe I. Wymagania przekrojowe. Uczeń: 4) przeprowadza obliczenia liczbowe posługując się kalkulatorem; 10) przeprowadza wybrane obserwacje, pomiary i doświadczenia korzystając z ich opisów; planuje i modyfikuje ich przebieg; formułuje hipotezę i prezentuje kroki niezbędne do jej weryfikacji. 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 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. wyjaśnia, czym jest kondensator płaski, 2. definiuje pojemność kondensatora i określa, od czego ona zależy, 3. przeprowadza myślowe eksperymenty, w których porównuje efektywność magazynowania ładunku na izolowanych przewodnikach i na kondensatorach, 4. przeprowadza wirtualny eksperyment, w którym określa, od czego zależy pojemność kondensatora płaskiego, 5. analizuje wyniki pomiarów uzyskane w ramach wirtualnego laboratorium fizyki.
Strategie nauczania	IBSE; strategia eksperymentalno-obszewacyjna
Metody nauczania	praca eksperymentalna uczniów
Formy zajęć:	wirtualne laboratorium, praca w grupach
Środki dydaktyczne:	kilka komputerów (laptopów) dla uczniów i jeden, podłączony do rzutnika, komputer dla nauczyciela
Materiały pomocnicze:	e-materiały pt. „Jak definiuje się potencjał pola i jaka jest jego jednostka?”, „Pojemność elektryczna przewodnika”, „Od czego zależy pojemność elektryczna ciał przewodzących?”, „Jak zbudowany jest kondensator płaski?”, „Jaki jest związek między różnicą potencjałów, a natężeniem pola w kondensatorze płaskim?”.
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	
Na poprzedniej lekcji nauczyciel zapowiedział, że tematem kolejnej będzie „Badanie, od czego zależy pojemność kondensatora płaskiego” i poprosił uczniów o przypomnienie sobie wiadomości nt. pojemności przewodników izolowanych i kondensatorów, a w szczególności nt. budowy i własności kondensatora płaskiego. Na początku lekcji nauczyciel prosi uczniów o zapisanie na tablicy wzorów na pojemność kondensatora płaskiego. Uczniowie omawiają poszczególne zmienne występujące w tych wzorach i dyskutują, w jaki sposób zmiana tych zmiennych (ich zmniejszanie lub zwiększanie) przekłada się na zmianę pojemności kondensatora i zmianę napięcia między jego okładkami, przy założeniu stałej wartości ładunku na okładkach.	
Faza realizacyjna:	

Nauczyciel uruchamia wirtualne laboratorium na komputerze podpiętym do rzutnika i całej klasie tłumaczy, w jaki sposób korzysta się z umieszczonych w nim przyrządów pomiarowych. Tłumaczy również, w jaki sposób można zmieniać odległość d między okładkami kondensatora i pole powierzchni S okładek, poprzez zmianę względnego przesunięcia między okładkami x . Następnie dzieli uczniów na kilka grup, zadając każdej z grup do wykonania inny pomiar. Na przykład:

grupa nr 1. bada zależność $U(d)$ przy $x=0$ cm w kondensatorze próżniowym,
grupa nr 2. bada zależność $U(d)$ przy $x=0$ cm w kondensatorze z dielektrykiem,
grupa nr 3. bada zależność $U(d)$ przy $x=5$ cm w kondensatorze próżniowym,
grupa nr 4. bada zależność $U(x)$ przy $d=1$ mm w kondensatorze próżniowym, itd.

Każda z grup przygotowuje tabelę z wykonanymi pomiarami oraz sporządza wykres badanej zależności. Wykresy mogą zostać wykonane przy pomocy dowolnego arkusza kalkulacyjnego lub sporządzone odręcznie w zeszycie i w celu prezentacji na forum klasy zeskanowane.

Faza podsumowująca:

Gdy wszystkie grupy zakończą pomiary i przygotują wykresy, uzyskane wyniki są prezentowane i omawiane na forum klasy. Uczniowie dyskutują, czy i w jaki sposób wykonane pomiary są zgodne z przewidywaniami teoretycznymi w postaci wzorów na pojemność kondensatora płaskiego.

Uczniowie w zeszytach zapisują wnioski z wykonanych pomiarów.

Praca domowa:

Nauczyciel prosi uczniów o wykonanie Polecenia 2. umieszczonego pod wirtualnym laboratorium, czyli o wyznaczenie względnej przenikalności elektrycznej szkła używanego w wirtualnym laboratorium.

**Wskazówki
metodyczne
opisujące
różne
zastosowania
danego
multimedium**

Multimedium może być wykorzystane zgodnie z opisem przedstawiony w tym scenariuszu lub jako materiał pomocniczy w innych materiałach, które są tematycznie powiązane z pojęciami: kondensator, kondensator płaski, dielektryk.