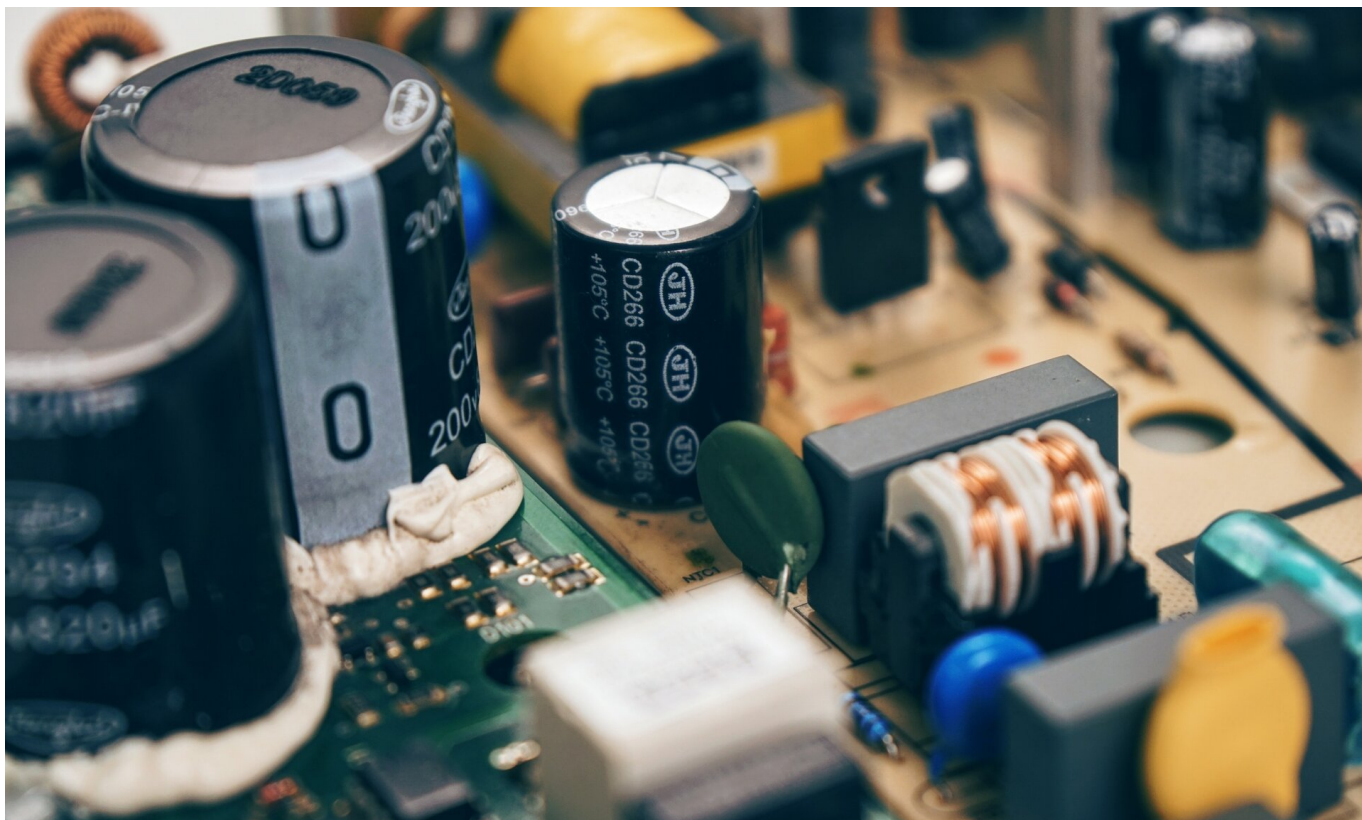




Jaki jest związek między różnicą potencjałów a natężeniem pola w kondensatorze płaskim?

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

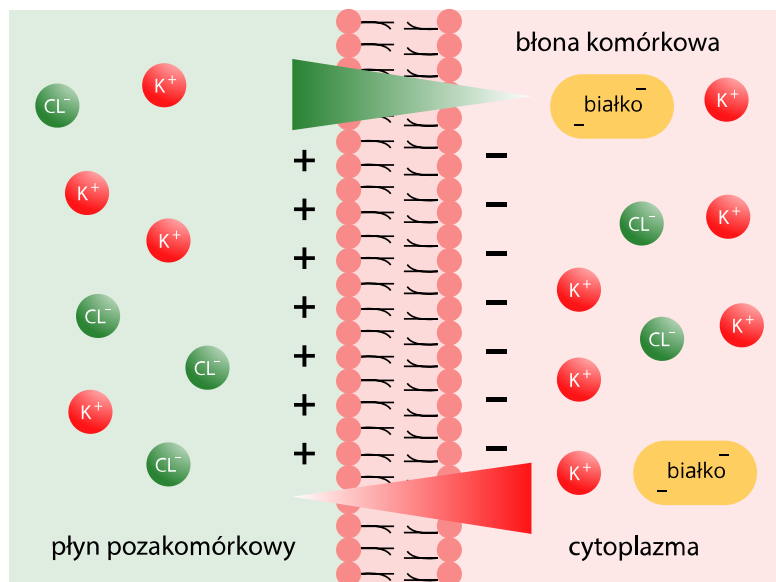


Jaki jest związek między różnicą potencjałów  
a natężeniem pola w kondensatorze płaskim?

## Czy to nie ciekawe?

Przewodnikami prądu nazywamy substancje i materiały, które dobrze przewodzą prąd. Układ dwóch przewodzących płytek ułożonych równolegle do siebie nazywamy kondensatorem płaskim.

Jednak kondensatory to nie tylko urządzenia wytwarzane poprzez człowieka. Często w przyrodzie spotykamy układy, które możemy traktować jak kondensatory płaskie. Przykładem takiego „kondensatora” są błony komórkowe wewnątrz Twojego ciała (Rys. a.). Czy wiesz, jaka jest wartość natężenia pola elektrycznego wewnątrz takiej błony?



Rys. a. Budowa błony komórkowej

### Twoje cele

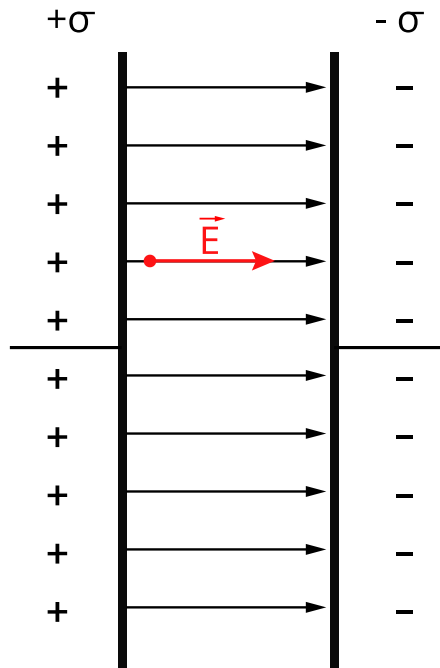
W tym materiale:

- dowiesz się, czym jest kondensator płaski,
- dowiesz się, jak wyznaczyć wartość natężenia pola elektrycznego w kondensatorze płaskim,
- dowiesz się, jak obliczyć różnicę potencjałów między okładkami kondensatora płaskiego,
- przeanalizujesz przykładowe obliczenia wartości natężenia pola elektrycznego oraz różnicy potencjałów w kondensatorze płaskim.

# Przeczytaj

## Warto przeczytać

**Kondensator płaski** to układ dwóch równoległe do siebie ułożonych metalowych płyt, zwanych okładkami **kondensatora**. Niech każda z tych płyt ma powierzchnię  $S$ , a odległość między okładkami wynosi  $d$ . Na Rys. 1. przedstawiono schemat naładowanego **kondensatora** płaskiego.



Rys. 1. Schemat naładowanego kondensatora płaskiego.  $\vec{E}$  to wektor natężenia pola elektrycznego, zaś  $\sigma$  - powierzchniowa gęstość ładunku

Na Rys. 1. zaznaczono linie pola elektrycznego. W każdym punkcie wektor natężenia pola elektrycznego jest taki sam, czyli pole to jest jednorodne.

Zgodnie z prawem Gaussa wartość natężenia pola od każdej z okładek wynosi:

$$E_{+/-} = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$$

Natomiast wypadkowe natężenie pola od obu okładek wynosi:

$$E = E_+ + E_- = 2 \cdot \frac{\sigma}{2\epsilon_0} = \frac{\sigma}{\epsilon_0},$$

gdzie:

$\sigma$  - powierzchniowa gęstość ładunku, definiowana jako iloraz ładunku  $q$  zgromadzonego na powierzchni przez wartość pola powierzchni  $S$ :  $\sigma = \frac{q}{S}$ ,

$\epsilon_0$  - przenikalność elektryczna próżni,  $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$  F/m.

A zatem:

$$E = \frac{q}{S \cdot \varepsilon_0}$$

Z powyższego wzoru możemy wyznaczyć jednostkę natężenia pola:

$$[q] = C,$$

$$[S] = m^2,$$

$$[\varepsilon_0] = \frac{F}{m} = \frac{C}{V} \cdot \frac{1}{m} = \frac{C}{V \cdot m}.$$

A więc:

$$[E] = \frac{C}{m^2 \cdot \frac{C}{V \cdot m}} = \frac{C}{\frac{m \cdot C}{V}} = \frac{C \cdot V}{m \cdot C} = \frac{V}{m}$$

Zatem jednostką natężenia pola elektrycznego, obok niutona na kulomb, jest wolt na metr.

Wiemy już zatem, jak wygląda pole między okładkami **kondensatora** płaskiego. Zastanówmy się teraz, czy istnieje związek między różnicą potencjałów a natężeniem pola elektrostatycznego w **kondensatorze**. Przecież, zarówno natężenie jak i potencjał są wielkościami charakteryzującymi pole elektrostatyczne.

Według definicji różnica potencjałów  $\Delta V$  między punktami A i B pola elektrycznego jest równa stosunkowi pracy potrzebnej do przeniesienia ładunku próbnego między tymi punktami ( $W_{AB}$ ) do wartości tego ładunku.

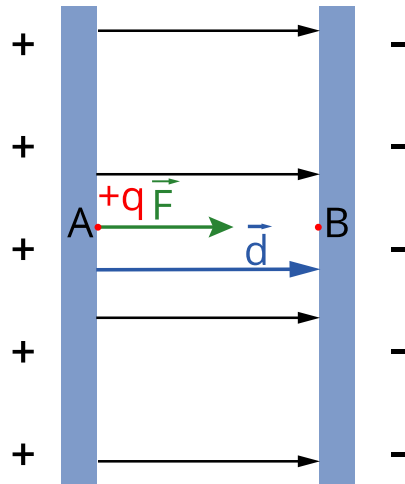
$$\Delta V = \frac{W_{AB}}{q}$$

Jednostką potencjału jest wolt, który oznaczamy symbolem V.

$$1 \text{ V} = \frac{1 \text{ J}}{1 \text{ C}}$$

W przypadku **kondensatora** płaskiego, gdy przesuwamy ładunek w jednorodnym polu elektrycznym, praca  $W_{AB}$  jest równa iloczynowi skalarnemu wektora siły działającej na ładunek próbny i wektora przesunięcia o długości równej odległości między okładkami  $d$  i zwrocie zgodnym ze zwrotem wektora natężenia pola elektrycznego (Rys. 2.).

$$W_{AB} = \vec{F} \cdot \vec{d}$$



Rys. 2. Siła  $\vec{F}$ , przesuwająca ładunek  $q$  z punktu A do B, ma kierunek i zwrot zgodny z wektorem przesunięcia  $\vec{d}$

Z definicji natężenia pola elektrycznego wynika, że

$$\vec{F} = \vec{E} \cdot q$$

Czyli:

$$W_{AB} = \vec{F} \cdot \vec{d} = \vec{E} \cdot q \cdot \vec{d} = q \cdot |E| \cdot |d| \cdot \cos \alpha,$$

gdzie  $\alpha$  (kąt między wektorem natężenia pola elektrycznego a wektorem przesunięcia) wynosi 0, czyli  $\cos \alpha = 1$ . Zatem:

$$W_{AB} = q \cdot \left| \vec{E} \right| \cdot \left| \vec{d} \right|$$

Podstawiając powyższy wzór do wzoru  $\Delta V = \frac{W_{AB}}{q}$  otrzymujemy:

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

Wzór ten określa zależność między różnicą potencjałów a natężeniem pola elektrycznego w [kondensatorze](#) płaskim.

Przekształćmy go teraz tak, aby otrzymać zależność natężenia pola od różnicy potencjałów:

$$\Delta V = E \cdot d \quad \Rightarrow \quad E = \frac{\Delta V}{d}$$

Wzór ten mówi nam, że wartość natężenia pola w [kondensatorze](#) płaskim jest równa ilorazowi różnicy potencjałów między okładkami tego kondensatora oraz odległości między tymi okładkami. Widzimy więc, że **natężenie pola w kondensatorze płaskim  $E$  jest wprost proporcjonalne do różnicy potencjałów między jego okładkami  $\Delta V$** . Oznacza to, że jeśli zwiększy się różnica potencjałów między okładkami kondensatora (na przykład

dwukrotnie), to zwiększy się również wartość natężenia pola między okładkami (również dwukrotnie).

Wzór na natężenie pola:

$$E = \frac{q}{S \cdot \epsilon_0}$$

jest prawdziwy dla **kondensatora** próżniowego. Jeśli między okładkami kondensatora mamy umieszczony dielektryk, musimy uwzględnić jeszcze jego względną przenikalność elektryczną  $\epsilon_r$ , która jest wielkością bezwymiarową.

Wtedy wzór ten przyjmuje postać:

$$E = \frac{q}{S \cdot \epsilon_r \cdot \epsilon_0}$$

## Słowniczek

### Prawo Gaussa (dla elektryczności)

(ang.: *Gauss' law of flux*) równanie wiążące ze sobą pole elektryczne oraz jego źródło.

Mówi ono, że strumień  $\Phi_E$  natężenia pola elektrycznego  $\vec{E}$ , przenikający przez dowolną powierzchnię zamkniętą  $S$ , jest równy sumarycznemu ładunkowi  $q$  wewnątrz tej powierzchni podzielonemu przez przenikalność elektryczną próżni.

$$\Phi_E = \frac{q}{\epsilon_0}$$

Jest to jedno z czterech tzw. Równań Maxwella, czyli podstawowych równań opisujących elektromagnetyzm.

### Błona komórkowa

(ang.: *cell membrane*) błona biologiczna, której zadaniem jest oddzielanie wnętrza komórki od środowiska zewnętrznego. Błona ta zbudowana jest z dwóch warstw lipidowych. Między jej ściankami występuje różnica potencjałów. Pozwala to reagować na bodźce zewnętrzne.

### Kondensator

element elektryczny (elektroniczny), zbudowany z dwóch przewodników (okładek) rozdzielonych dielektrykiem.

# Film samouczek

---

## Błona komórkowa w roli kondensatora

Obejrzyj film samouczek, w którym obliczamy natężenie pola elektrycznego wewnątrz błony komórkowej oraz jej względną przenikalność elektryczną. Wykonaj polecenia.

### Polecenie 1

Uzupełnij tekst wstawiając odpowiednie wyrażenia.

Błona komórkowa jest . Oznacza to, że między jej ściankami występuje .  
Błone komórkową można traktować jako  wypełniony .

różnica potencjałów

tranzystor

różnica ciśnień

spolaryzowana

kondensator

dielektrykiem

### Polecenie 2

Względna przenikalność elektryczna błony komórkowej (komórki mięśniowej) jest zbliżona do względnej przenikalności elektrycznej:

☐ papieru

☐ powietrza

☐ porcelany

# Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

## Ćwiczenie 1



Wpisz przy wzorach zapisanych prawidłowo P, a przy fałszywych F, wiedząc, że:

$\Delta V$  – różnica potencjałów kondensatora

$E$  – natężenie pola wewnątrz kondensatora

$d$  – odległość między okładkami kondensatora

$q$  – ładunek na okładkach kondensatora

$S$  – pole powierzchni okładek kondensatora

$\varepsilon_0$  – przenikalność elektryczna próżni

$\varepsilon_r$  – względna przenikalność elektryczna dielektryka

|                                                                          |                      |
|--------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| $\Delta V = E \cdot d$                                                   | <input type="text"/> |
| $\Delta V = \frac{q \cdot S}{d \cdot \varepsilon_r \cdot \varepsilon_0}$ | <input type="text"/> |
| $\Delta V = \frac{q \cdot d \cdot S}{\varepsilon_r \cdot \varepsilon_0}$ | <input type="text"/> |
| $\Delta V = \frac{q \cdot d}{S \cdot \varepsilon_r \cdot \varepsilon_0}$ | <input type="text"/> |

## Ćwiczenie 2



Wzór  $\Delta V = \frac{qd}{\epsilon_0 \epsilon_r S}$  pozwala wyznaczyć różnicę potencjałów między okładkami kondensatora. Dopasuj poprawnie jednostki do występujących w nim wielkości.

| Wielkość fizyczna                                             | Jednostka            |
|---------------------------------------------------------------|----------------------|
| $d$ – odległość między okładkami kondensatora                 | <input type="text"/> |
| $q$ – ładunek na okładkach kondensatora                       | <input type="text"/> |
| $S$ – pole powierzchni okładek kondensatora                   | <input type="text"/> |
| $\epsilon_0$ – przenikalność elektryczna próżni               | <input type="text"/> |
| $\epsilon_r$ – względna przenikalność elektryczna dielektryka | <input type="text"/> |

F/m - farad na metr

wielkość bezwymiarowa

m - metr

C - kulomb

m<sup>2</sup> - metr kwadratowy

## Ćwiczenie 3



Uzupełnij zdania wpisując odpowiednie symbole.

Jednostką potencjału jest . Jednostką natężenia pola elektrycznego jest

/ .

## Ćwiczenie 4



Zaznacz zdanie **fałszywe**:

- ☐ W kondensatorze płaskim natężenie pola elektrycznego zależy od pola powierzchni okładek.
- ☐ W kondensatorze płaskim natężenie pola elektrycznego zależy od tego, jaki materiał znajduje się między okładkami.
- ☐ W kondensatorze płaskim natężenie pola elektrycznego zależy od ładunku.
- ☐ W kondensatorze płaskim natężenie pola elektrycznego zależy od odległości między okładkami.

## Ćwiczenie 5



Kondensator płaski naładowano tak, że między jego okładkami wytworzyło się pole elektryczne o natężeniu  $700 \text{ V/m}$ . Jaka jest wartość różnicy potencjałów między okładkami, jeśli wiemy, że odległość między okładkami wynosi  $1 \text{ cm}$ ?

Odpowiedź:  V

## Ćwiczenie 6



Błona komórkowa jest spolaryzowana, tzn. między jej ściankami występuje różnica potencjałów. Taką błonę możemy traktować jak kondensator płaski (ścianki błony komórkowej stanowią okładki kondensatora). Załóżmy, że mamy pewną komórkę, w której różnica potencjałów między błonami wynosi  $83,7 \text{ mV}$ . Wiedząc, że wartość natężenia pola elektrycznego wewnątrz tej komórki jest równa  $13,5 \cdot 10^6 \text{ V/m}$ , wyznacz odległość między ściankami tej błony. Wynik podaj w nanometrach z dokładnością do dwóch cyfr znaczących.

Odległość między ściankami tej błony wynosi  nm.

## Ćwiczenie 7



Jak zmieni się różnica potencjałów między okładkami kondensatora płaskiego, jeśli pole powierzchni każdej z jego okładek powiększymy dwukrotnie oraz dwukrotnie zwiększymy odległość między okładkami?

☐ Różnica potencjałów zmniejszy się dwukrotnie.

☐ Różnica potencjałów zwiększy się czterokrotnie.

☐ Różnica potencjałów zwiększy się dwukrotnie.

☐ Różnica potencjałów nie ulegnie zmianie.

## Ćwiczenie 8



Dany jest kondensator płaski o polu powierzchni okładek  $S = 0,5 \text{ m}^2$  i odległości między nimi  $d = 2 \text{ cm}$ . Na okładki naniesiono ładunki o wartości  $6 \cdot 10^{-8} \text{ C}$ . Pomędzy okładkami kondensatora znajduje się powietrze. Jaka jest różnica potencjałów między okładkami tego kondensatora? (Odpowiedź zaokrąglaj do czterech cyfr znaczących.)

Odpowiedź:  V

# Dla nauczyciela

---

|                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Imię i nazwisko autora:</b>            | Martyna Jakubowska                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Przedmiot:</b>                         | Fizyka                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>Temat zajęć:</b>                       | <b>Jaki jest związek między różnicą potencjałów a natężeniem pola w kondensatorze płaskim?</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>Grupa docelowa:</b>                    | III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres rozszerzony                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Podstawa programowa:</b>               | <p><b>Cele kształcenia – wymagania ogólne:</b></p> <p>II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.</p> <p><b>Zakres rozszerzony</b></p> <p><b>Treści nauczania – wymagania szczegółowe</b></p> <p>I. Wymagania przekrojowe. Uczeń:</p> <p>19) wyodrębnia zjawisko z kontekstu, nazywa je oraz wskazuje czynniki istotne i nieistotne dla jego przebiegu;</p> <p>VII. Elektrostatyka. Uczeń:</p> <p>10) opisuje ilościowo pole elektryczne wewnątrz kondensatora płaskiego;</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> |
| <b>Kształtowane kompetencje kluczowe:</b> | <p><b>Zalecenie Parlamentu Europejskiego i Rady UE z 2018 r.:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• kompetencje w zakresie rozumienia i tworzenia informacji,</li><li>• kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii,</li><li>• kompetencje cyfrowe,</li><li>• kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się.</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Cele operacyjne:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | <p>Uczeń:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. omówi i uzasadni związek między różnicą potencjałów a natężeniem pola elektrycznego w kondensatorze płaskim.</li> <li>2. wyjaśni, dlaczego błonę komórkową można uważać za kondensator płaski wypełniony dielektrykiem.</li> <li>3. zastosuje wzór <math>\Delta V = E \cdot d</math> do obliczenia wartości natężenia pola lub różnicy potencjałów w kondensatorze płaskim.</li> </ol> |
| <b>Strategie nauczania:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | blended-learning - nauczanie hybrydowe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>Metody nauczania:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>- pokaz multimedialny,</li> <li>- analiza pomysłów.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>Formy zajęć:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>- praca w grupach,</li> <li>- praca indywidualna.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <b>Środki dydaktyczne:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | komputer dla każdego ucznia, kalkulator.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>Materiały pomocnicze:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | e-materiały: „Jak zbudowany jest kondensator płaski?”, „Jak definiuje się pojemność elektryczną kondensatora?”                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>PRZEBIEG LEKCJI</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>Faza wprowadzająca</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wprowadzenie zgodnie z treścią e-materiału.</li> <li>• Nauczyciel rozpoznaje wiedzę uczniów poprzez zadanie pytań: <ul style="list-style-type: none"> <li>- wyjaśnij pojęcia: kondensator płaski, różnica potencjałów, pojemność elektryczna.</li> <li>- podaj jednostki: ładunku, potencjału i pojemności elektrycznej.</li> </ul> </li> </ul> <p>Jeśli uczniowie nie znają odpowiedzi, nauczyciel pomaga im usystematyzować wcześniejszą wiedzę z elektrostatyki.</p> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>Faza realizacyjna</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

Uczniowie samodzielnie czytają tekst z części „Przeczytaj”. Nauczyciel sprawdza, czy uczniowie mają jakieś pytania związane z tekstem. Przykładowe pytania:

- Dlaczego przy obliczaniu natężenia pola elektrycznego w kondensatorze sumuje się wartości natężeń pól wytworzonych przez okładki kondensatora?
- Omów związek między różnicą potencjałów a natężeniem pola w kondensatorze płaskim.

Uczniowie wspólnie zastanawiają się nad pytaniami, które się pojawiły. Nauczyciel naprowadza uczniów na właściwe odpowiedzi.

Uczniowie oglądają film samouczek. Nauczyciel sprawdza, czy uczniowie mają pytania związane z filmem. Nauczyciel zadaje pytania:

- Co oznacza stwierdzenie, że „błona komórkowa jest spolaryzowana”?
- Dlaczego błonę komórkową można traktować jako kondensator?

Klasa wspólnie próbuje na nie odpowiedzieć. Jeśli znajdzie taka potrzeba, uczniowie wracają do wybranego fragmentu tekstu lub filmu.

Uczniowie dzielą się na 4 grupy. Wykorzystując zdobytą wiedzę rozwiązują zadania z części „Sprawdź się”. Nauczyciel wspiera uczniów w realizacji zadania. Uczniowie w grupach omawiają rozwiązania zadań, wspólnie zastanawiając się nad zadaniami, które sprawiły im trudność.

### **Faza podsumowująca**

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**

Po przeanalizowaniu wyników pracy uczniów i ich uwag odnośnie zadań, które sprawiły im największą trudność, nauczyciel wybiera trzy zadania z części „Sprawdź się” jako pracę domową.

### **Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania danego multimedium:**

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