



# Elektrické pole kondenzátoru

Gadermeteva Anastasiia

14. listopadu 2023

---

Student: PMVT F22000

---

## Abstrakt

Tato práce se zabývá vizualizací elektrického potenciálu a intenzity elektrického pole dvoudimenzionálního kondenzátoru ve vakuu. To pomáhá lépe porozumět, jak elektrické pole funguje v různých situacích.

# Obsah

<b>1</b>	<b>Teoretický základ elektrického kondenzátoru</b>	<b>2</b>
1.1	Fyzikální zákony . . . . .	2
1.2	Význam vakua . . . . .	2
<b>2</b>	<b>Matematický Model pro Modelování Elektrického Kondenzátoru</b>	<b>3</b>
2.1	Výpočet Elektrického Potenciálu: . . . . .	3
2.2	Princip Superpozice pro Potenciál: . . . . .	3
2.3	Výpočet Intenzity Elektrického Pole . . . . .	3
2.4	Princip Superpozice pro intenzitu Elektrického Pole: . . . . .	3
2.5	Souvislost s Fyzikálními Principy Práce Kondenzátoru . . . . .	4
2.6	Shrnutí . . . . .	4
<b>3</b>	<b>Implementace v Kódu: Analýza Poskytnutého Kódu</b>	<b>5</b>
3.1	Klíčové Části Kódu . . . . .	5
3.2	Implementace Matematického Modelu a Metod Řešení . . . . .	5
3.3	Shrnutí . . . . .	6
<b>4</b>	<b>Závěr</b>	<b>7</b>

# 1 Teoretický základ elektrického kondenzátoru

Elektrický kondenzátor - používá se k akumulaci elektrického náboje a elektrické energie. Kondenzátor se skládá ze dvou vodivých desek, oddělených dielektrikem. V okamžiku připojení napětí se na jedné z desek hromadí kladný náboj a na druhé záporný. Tyto náboje vytvářejí elektrické pole mezi deskami.

To, jak velký náboj může kondenzátor akumulovat, závisí na jeho kapacitě, která se vypočítá jako:

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

kde:

$C$  – je kapacita,

$Q$  – je náboj

$V$  – je napětí mezi deskami.

## 1.1 Fyzikální zákony

**Coulombův zákon:** Popisuje sílu vzájemného působení mezi dvěma neměnnými bodovými náboji. Síla je přímo úměrná součinu velikostí nábojů a nepřímo úměrná čtverci vzdálenosti mezi nimi.

**Maxwellovy rovnice:** Popisují základní zákony elektromagnetismu, včetně vzniku a změny elektrických a magnetických polí. V kontextu kondenzátorů je obzvláště důležitá rovnice pro elektrické pole:

$$\nabla \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\varepsilon_0}$$

kde:

$\rho$  – je hustota náboje

$\varepsilon_0$  – je elektrická konstanta.

## 1.2 Význam vakua

Ve vakuu nejsou materiální prostředí, která by mohla ovlivnit elektrické pole. To z něj činí ideální prostředí pro studium čistých elektrostatických jevů, protože neexistuje vliv dielektrik (které mohou pole zkreslovat).

Vakuum poskytuje homogenní a předvídatelné prostředí pro výpočet pole a potenciálu.

Použití vakua umožňuje přesně určit vzájemné působení mezi náboji a porozumět základním principům fungování kondenzátoru bez dalších komplikací spojených s dielektrickými vlastnostmi materiálů.

## 2 Matematický Model pro Modelování Elektrického Kondenzátoru

### 2.1 Výpočet Elektrického Potenciálu:

Vzorec pro potenciál bodového náboje:

$$\varphi = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r}$$

kde

$\varphi$  - elektrický potenciál,

$q$  - náboj,

$\epsilon_0$  - elektrická konstanta ( $8.854 \times 10^{-12}$  F/m),

$r$  - vzdálenost od náboje k bodu, kde je měřen potenciál.

### 2.2 Princip Superpozice pro Potenciál:

V základu výpočtu elektrického potenciálu leží princip superpozice. Pro systém bodových nábojů je potenciál v jakémkoli bodě prostoru roven součtu potenciálů, vytvářených každým nábojem zvlášť. Máme-li sadu nábojů  $q_i$ , každý z nich se nachází ve vzdálenosti  $r_i$  od pozorovaného bodu, pak celkový elektrický potenciál  $\varphi$  v tomto bodě je definován jako: Celkový potenciál systému nábojů:

$$\varphi_{\text{celk}} = \sum_{i=1}^n \varphi_i = \sum_i \frac{q_i}{4\pi\epsilon_0 r_i}$$

kde  $\varphi_i$  - potenciál jednotlivého náboje.

### 2.3 Výpočet Intenzity Elektrického Pole

Intenzita elektrického pole  $\vec{E}$  v jakémkoli bodě prostoru lze vypočítat jako součet vektorů pole, vytvářených každým nábojem. Pro bodový náboj  $q$  je velikost vektoru elektrického pole  $\vec{E}$  ve vzdálenosti  $r$  od náboje určena výrazem:

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \hat{r}$$

kde  $\hat{r}$  je jednotkový vektor směřující od náboje k pozorovanému bodu.

### 2.4 Princip Superpozice pro intenzitu Elektrického Pole:

Pro systém nábojů je intenzita pole v bodě vektorovým součtem polí od všech nábojů:

$$\vec{E}_{\text{celk}} = \sum_{i=1}^n \vec{E}_i = \sum_i \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_i}{r_i^2} \hat{r}_i$$

kde: -  $\vec{E}_{\text{total}}$  je celkové elektrické pole v bodě, -  $q_i$ ,  $r_i$ , a  $\hat{r}_i$  jsou velikost, vzdálenost a směr k  $i$ -tému náboji.

## 2.5 Souvislost s Fyzikálními Principy Práce Kondenzátoru

Kondenzátor vytváří elektrické pole mezi svými deskami. Výpočet potenciálu v jakémkoliv bodě mezi deskami umožňuje pochopit, jak se elektrické pole v prostoru mění.

Princip Superpozice: Důležitý pro kondenzátor s mnoha náboji, protože umožňuje zohlednit příspěvek každého náboje do celkového elektrického pole a potenciálu.

Matematický model pomáhá pochopit, jak změny v konstrukci kondenzátoru (například vzdálenost mezi deskami nebo jejich velikost) ovlivňují jeho elektrické vlastnosti.

Celkově tyto rovnice a principy poskytují základ pro pochopení, jak kondenzátory akumulují náboj a jak mohou být použity v elektrických obvodech.

## 2.6 Shrnutí

Tento matematický model umožňuje vypočítat jak elektrický potenciál, tak intenzitu elektrického pole pro systém nábojů, což je klíčové pro pochopení fungování elektrických kondenzátorů a elektrostatických polí.

## 3 Implementace v Kódu: Analýza Poskytnutého Kódu

### 3.1 Klíčové Části Kódu

**Funkce "spocitat\_potencial":** Vypočítává elektrický potenciál v každém bodě mřížky. Používá princip superpozice, sumuje příspěvky od každého náboje.

**Funkce "spocitat\_E":** Vypočítává složky elektrického pole ( $E_x, E_y$ ) v každém bodě mřížky. Podobně sumuje příspěvky od každého náboje pro určení celkového pole.

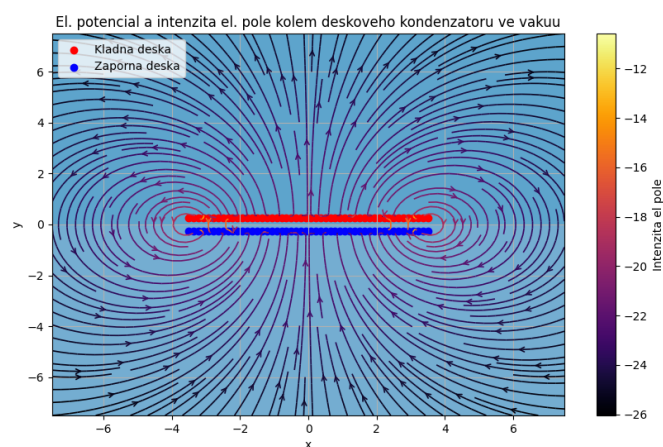
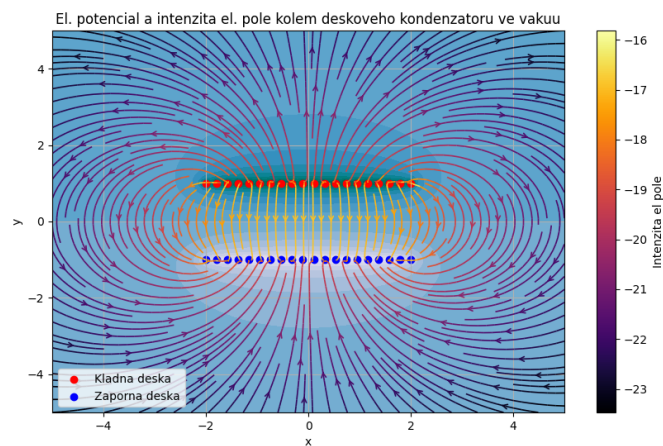
**Block "main":** Určuje parametry simulace, jako jsou rozměry mřížky, umístění a velikost nábojů. Vyvolává funkce pro výpočet potenciálu a pole. Vizualizuje výsledky pomocí Matplotlib.

### 3.2 Implementace Matematického Modelu a Metod Řešení

**Výpočet Potenciálu a Pole:** Kód implementuje matematický model popsáný v Coulombových rovnicích a principu superpozice numerickým výpočtem příspěvků jednotlivých nábojů. Pro každý bod na mřížce se vypočítá vzdálenost k nábojům a příslušně příspěvek každého náboje k potenciálu a poli v tomto bodě.

**Vytváření sítě:** Používá se mřížka (meshgrid) pro určení souřadnic, ve kterých se vypočítává potenciál a pole. To umožňuje vizualizovat rozložení těchto veličin ve dvourozměrném prostoru.

**Vizualizace:** Kód používá Matplotlib pro zobrazení rozložení potenciálu (pomocí *contourf*) a elektrických pole linií (pomocí *streamplot*). To poskytuje názorné pochopení rozložení elektrického pole a potenciálu kolem nábojů.



### 3.3 Shrnutí

Celkově kód úspěšně implementuje matematický model elektrického kondenzátoru pomocí numerických metod pro výpočet a vizualizaci elektrického pole a potenciálu. Tento přístup umožňuje hlubší pochopení fyzikálních procesů v kondenzátoru a vizuálně zkoumat jejich rozložení v prostoru.

## 4 Závěr

V rámci této práce byl vyvinut a implementován číselný model pro modelování elektrického kondenzátoru. Hlavní aspekty zahrnují:

1. **Matematický Model:** Použití principů elektrostatiky, včetně Coulombova zákona a principu superpozice, pro výpočet elektrického potenciálu a pole.
2. **Číselné Metody:** Použití číselných metod pro řešení rovnic elektrostatiky, které umožňují zohlednit složitou geometrii rozložení nábojů.
3. **Vizualizace:** Názorné znázornění rozložení elektrického potenciálu a pole, což demonstruje klíčové koncepty fungování kondenzátoru.
4. **Porozumění Fyzikálním Procesům:** Hluboké porozumění tomu, jak se rozložení elektrického pole v kondenzátoru a jaké faktory ovlivňují jeho účinnost.

**Závěrečné Shrnutí:** Tato studie poskytuje základ pro hluboké porozumění fungování elektrických kondenzátorů a může sloužit jako výchozí bod pro složitější výzkum v oblasti elektrostatiky a elektrotechniky.

### Reference

Zdrojový kód této práce se nachází na [GitHub](#)