

4.1.4 Elektrické pole

Předpoklady: Intenzita gravitačního pole, 4102

Př. 1: Ve vakuu do vzdálenosti 2 m náboje $Q_0 = 10^{-3} \text{ C}$ postupně umístíme náboje:

a) $Q_1 = 1 \text{ C}$ b) $Q_2 = 10^{-4} \text{ C}$ c) $Q_3 = 2 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ d) $Q_4 = 3,14 \cdot 10^{-4} \text{ C}$

Urči sílu, která na ně bude působit. Kromě výsledku uveď vždy i dosazení do konečného vzorce.

$$\text{a) } Q_1 = 1 \text{ C} \Rightarrow F_1 = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0} \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_0}{R^2} = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot 8,85 \cdot 10^{-12}} \cdot \frac{1 \cdot 10^{-3}}{2^2} \text{ N} = 2250000 \text{ N}$$

$$\text{b) } Q_2 = 10^{-4} \text{ C} \Rightarrow F_2 = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0} \cdot \frac{Q_2 \cdot Q_0}{R^2} = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot 8,85 \cdot 10^{-12}} \cdot \frac{10^{-4} \cdot 10^{-3}}{2^2} \text{ N} = 225 \text{ N}$$

$$\text{c) } Q_3 = 2 \cdot 10^{-6} \text{ C} \Rightarrow F_3 = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0} \cdot \frac{Q_3 \cdot Q_0}{R^2} = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot 8,85 \cdot 10^{-12}} \cdot \frac{2 \cdot 10^{-6} \cdot 10^{-3}}{2^2} \text{ N} = 4,5 \text{ N}$$

$$\text{d) } Q_4 = 3,14 \cdot 10^{-4} \text{ C} \Rightarrow F_4 = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0} \cdot \frac{Q_4 \cdot Q_0}{R^2} = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot 8,85 \cdot 10^{-12}} \cdot \frac{3,14 \cdot 10^{-4} \cdot 10^{-3}}{2^2} \text{ N} = 706 \text{ N}$$

Všechny výsledky mají stejnou tučnou část, netučná je pouze hodnota umístěného náboje \Rightarrow nebudeme si představovat elektrické síly jako pružinky mezi dvěma náboji, ale představíme si, že náboj Q_0 svojí existencí změnil prostor kolem sebe a na každé místo v prostoru přidal informaci, jak se v daném místě mají přitahovat (odpuzovat) elektrické náboje \Rightarrow **vytvořil okolo sebe elektrické pole.**

Opakující se výraz obsahuje informaci o silovém působení přidanou do prostoru (jaká má na náboje působit síla) \Rightarrow popisuje elektrické pole \Rightarrow zavedeme ho jako novou veličinu:

intenzita elektrického pole [E] $|E| = k \cdot \frac{|Q|}{R^2} = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \epsilon_r} \cdot \frac{|Q|}{R^2} \left[\frac{\text{N}}{\text{C}} \right]$ (vzorec platí pouze pro

pole bodového náboje)

Intenzita elektrického pole je vektorová veličina, ale vztah popisuje velikost ne směry (odpovídají směrům elektrické síly).

Intenzita elektrického pole říká, jaká síla by v daném místě působila na jednotkový náboj.

$$F_4 = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0} \cdot \frac{Q_4 \cdot Q_0}{R^2} = Q_4 \cdot \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0} \cdot \frac{Q_0}{R^2} = Q_4 \cdot E \Rightarrow E = \frac{F_4}{Q_4}$$

Vždy platí: $F = Q \cdot E$ (sílu na náboj určíme jako násobek jeho velikosti a elektrické intenzity v místě, kde se nachází).

Př. 2: Urči vzdálenost, ve které má elektrické pole buzené nábojem $2 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ ve vakuu intenzitu $1 \text{ N} \cdot \text{C}^{-1}$.

$$E = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0} \cdot \frac{Q}{R^2}$$

$$R^2 = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0} \cdot \frac{Q}{E}$$

$$R = \sqrt{\frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0} \cdot \frac{Q}{E}} = \sqrt{\frac{1}{4 \cdot \pi \cdot 8,85 \cdot 10^{-12}} \cdot \frac{2 \cdot 10^{-6}}{1}} \text{ m} = 134 \text{ m}$$

Elektrické pole buzené nábojem $2 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ má ve vakuu intenzitu $1 \text{ N} \cdot \text{C}^{-1}$ ve vzdálenosti 134 m.

Př. 3: Urči intenzitu elektrického pole v místě, ve kterém na náboj $3 \cdot 10^{-7} \text{ C}$ působí síla 0,2 N.

$$F = Q \cdot E \Rightarrow E = \frac{F}{Q}$$

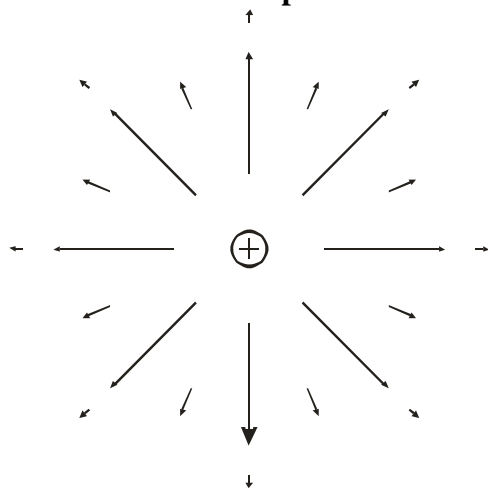
$$E = \frac{F}{Q} = \frac{0,2}{3 \cdot 10^{-7}} \text{ N} \cdot \text{C}^{-1} = 670000 \text{ N} \cdot \text{C}^{-1}$$

Elektrické pole má v daném místě intenzitu $670000 \text{ N} \cdot \text{C}^{-1}$.

Jak zobrazit elektrické pole?

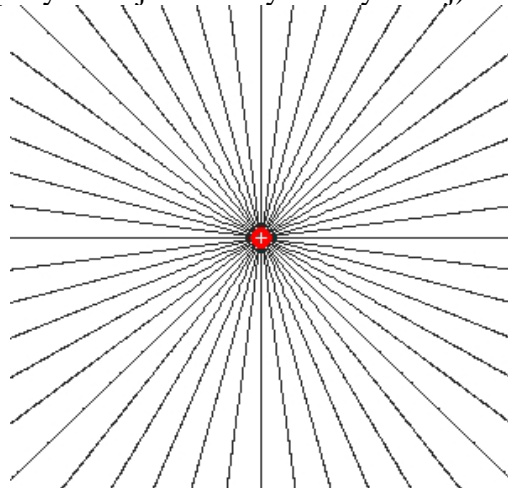
Nejjednodušší případ – jeden bodový náboj

Zobrazení pomocí vektorů intenzity elektrického pole



- všechny vektory směřují od náboje
- velikosti vektorů vzdálenějších od náboje jsou menší

Zobrazení pomocí siločar (čára, po které by se pohyboval jednotkový kladný náboj):



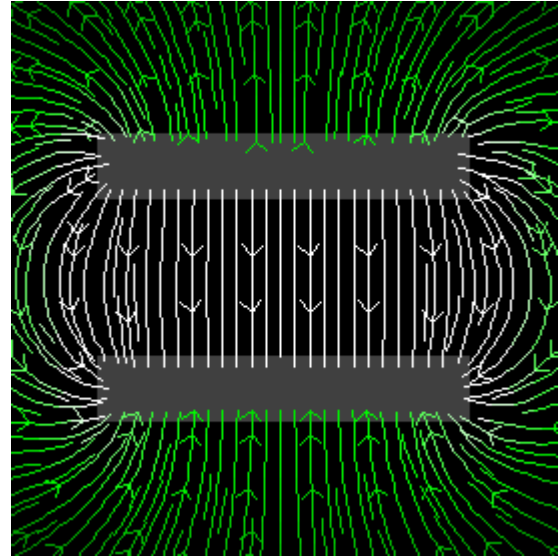
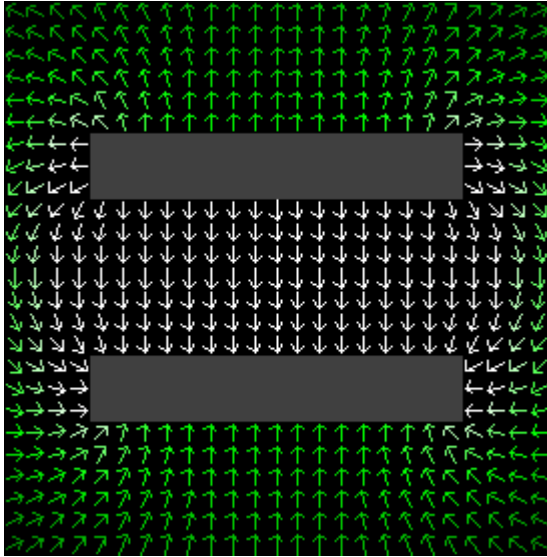
- všechny siločáry vycházejí z náboje a jdou do nekonečna (jako paprsky Slunce)

Takové pole se nazývá **radiální**

Další jednoduchý případ – dvě nabitě desky

Zobrazení pomocí vektorů intenzity elektrického pole

Zobrazení pomocí siločar (čára po které by se pohyboval jednotkový kladný náboj):



(Upozornění – síla, elektrického pole na tomto obrázku není znázorněna délkou vektorů, ale jejich barvou, světlejší barva znamená silnější pole)

- všechny vektory v prostoru mezi deskami mají stejný směr
- všechny vektory v prostoru mezi deskami mají stejnou velikost

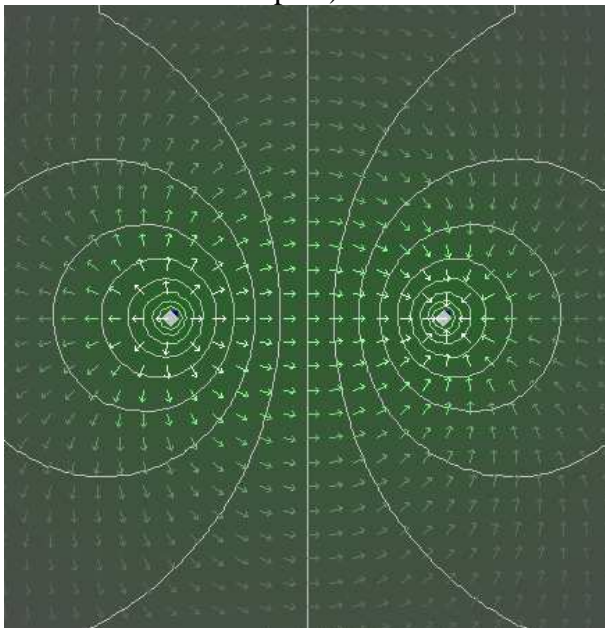
- Všechny siločáry v prostoru mezi deskami jsou rovnoběžné a kolmé na desky

Pole v prostoru mezi deskami je všude stejné a nazývá se **homogenní**.

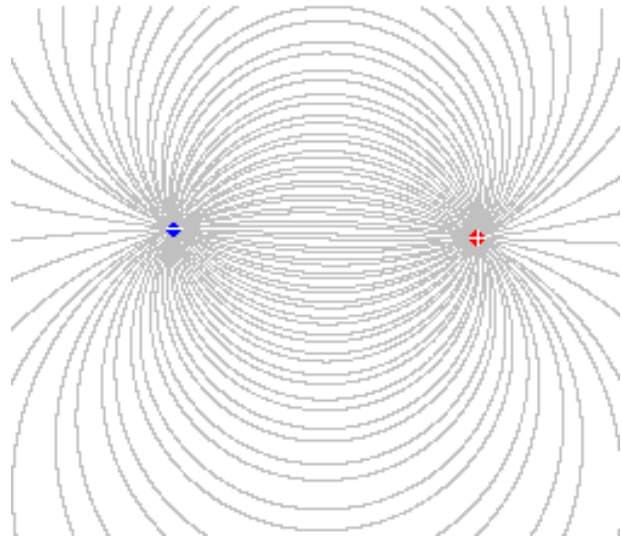
Poslední důležitý případ – dva opačně nabitě náboje

Zobrazení pomocí vektorů intenzity elektrického pole

(Upozornění – síla, elektrického pole na tomto obrázku není znázorněna délkou vektorů, ale jejich barvou, světlejší barva znamená silnější pole)



Zobrazení pomocí siločar (čára po které by se pohyboval jednotkový kladný náboj):



Tento typ pole se nazývá **pole dipólu**.

Pedagogická poznámka: Idea silového pole by pro studenty neměla být nová (probírá se už na základní škole). Obrázky v hodině proto kreslí studenti samostatně, z projektoru promítáme až pro kontrolu.

Shrnutí: Elektrické síly považujeme za důsledek existence elektrického pole v okolí náboje. Pole popisujeme pomocí elektrické intenzity – síly na jednotkový kladný náboj.