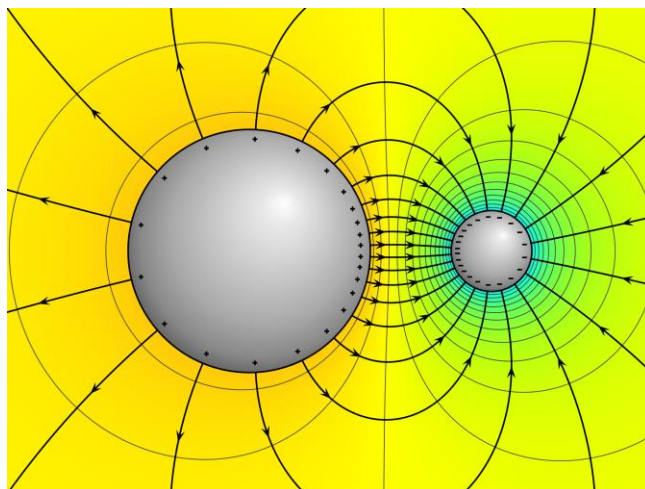


# Zadání semestrální práce KIV/UPG

Verze 24-09-10

Úkolem semestrální práce je vytvoření interaktivního programu pro vizualizaci elektrostatického pole vytvořeného bodovými elektrickými náboji rozmístěných v prostoru. Práce je rozdělena do tří částí, přičemž první dvě jsou povinné (a jejich řešení musí být odevzdáno), třetí je pak volitelná.

Při prvním odevzdání bude očekávána základní vizualizace prostředí s elektrickými náboji, jejichž velikost se může v čase měnit, a jednou sondou, ve které bude spočten a následně vizualizován vektor intenzity elektrického pole. V druhé části bude zajištěno zobrazení intenzity elektrického pole a jeho velikosti v “každém” místě a umožnění interaktivní manipulace s náboji. V rámci třetího odevzdání bude možné vizualizaci rozšířit o další funkcionalitu popsanou níže v zadání, nebo i o svojí vlastní funkcionalitu. Vlastní nápady na rozšíření je však nutné konzultovat dostatečně předem (min. týden před odevzdáním) s Vaším cvičícím, v opačném případě rozšíření nebude bodově ohodnoceno.



By Geek3 - Own work, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=90793205>

## Část 1: základní vizualizace (až 10 bodů)

**Základní funkční požadavky (5 bodů):** Program bude možné spustit z příkazové řádky skriptem `Run.cmd` nebo `./run.sh` (případný nefunkční druhý skript při odevzdání z projektu smažte) s volitelným celočíselným parametrem určujícím scénář (viz níže) k vizualizaci. Nebude-li parametr zadán, bude zvolen scénář 0. Po spuštění programu se zobrazí okno o minimální počáteční velikosti 800x600px, ve kterém se zobrazí přehledně všechny bodové náboje zvoleného scénáře. Vizuální reprezentace náboje (v nejjednodušší podobě kružnice s popiskem) musí být volena tak, aby bylo možné jednoznačně určit velikost náboje a jeho znaménko. V místě sondy bude zobrazen šipkou vektor intenzity vektorového pole  $\vec{E}$  a opatřen popiskem udávající jeho velikost ( $||\vec{E}||$ ). Všechny elementy vizualizace (náboje, popisky, šipky) musí být plně viditelné.

Intenzita vektorového pole v daném místě  $\vec{x}$  se spočte z Coulombova zákona jako:

$$\vec{E}(\vec{x}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum_i q_i \frac{\overrightarrow{x_i - \vec{x}}}{\|\vec{x_i - \vec{x}}\|^3}$$

V tomto vztahu značí  $q_i$  velikost  $i$ -tého bodového náboje a  $\vec{x_i}$  jeho umístění v prostoru (v našem případě dvourozměrném),  $\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12} \text{ F} \cdot \text{m}^{-1}$ .

**Další požadavky:** Vizualizace se bude pravidelně (s časem) aktualizovat. Jednotlivé elementy vizualizace budou automaticky svou velikost a rozmístění přizpůsobovat velikosti (a tvaru) okna tak, aby se prostor okna „maximálně“ využil, ale zároveň aby nedošlo ke zkreslení souřadnic. Součástí odevzdání bude stručná dokumentace popisující architekturu, klíčová rozhodnutí (např. volbu algoritmů) apod.

**Scénáře:**

- Scénář 0 = pouze jeden bodový náboj +1C v počátku souřadnic (0, 0);
- Scénář 1 = jeden náboj +1C v (-1, 0), druhý +1C v (1, 0);
- Scénář 2 = jeden náboj -1C v (-1, 0), druhý +2C v (1, 0);
- Scénář 3 = čtyři náboje: +1C v (-1, -1), +2C v (1, -1), -3C v (1,1) a -4C v (-1,1);

Ve všech těchto scénářích se sonda pohybuje po kružnici se středem v počátku souřadnic (0, 0) a poloměrem 1 úhlovou rychlostí  $\frac{\pi}{6} \text{ s}^{-1}$ .

## Část 2: interaktivní vizualizace (až 15 bodů)

**Základní funkční požadavky (10 bodů):** Program musí splňovat kompletní Část 1 tohoto zadání (včetně Dalších požadavků, a to včetně dokumentace). Dále doplňte do vizualizace následující funkcionalitu:

1. Prostor okna bude pravidelně vzorkován (mřížka) a v každém vzorku bude zobrazena šipka znázorňující intenzitu elektrického pole (tj. de facto se jedná o statické sondy). Dynamická sonda (viz část 1) bude zobrazena tak, aby byla snadno odlišitelná (např. jinou barvou).
2. Na pozadí okna bude zobrazena barevná mapa reprezentující velikosti intenzity elektrického pole (pro inspiraci viz obrázky výše).
3. Bude doplněn Scénář 4 vycházející ze Scénáře 1, ve kterém velikost nábojů je časově proměnlivá:  $q_1(t) = 1 + 0.5 \sin \frac{\pi}{2} t$ ,  $q_2(t) = 1 - 0.5 \sin \frac{\pi}{2} t$
4. Velikost vizuální reprezentace náboje bude odvislá od velikosti náboje.
5. Jednotlivé náboje bude možné myší přesunout na nové místo.
6. Po kliknutí na libovolné místo ve scéně se na tomto místě vytvoří druhá sonda (vizuálně zřetelně odlišitelná) a začne se zobrazovat graf závislosti velikosti vektorového pole v místě sondy na čase od okamžiku umístění sondy. Vizualizace musí obsahovat popsání osy a musí být především správně. Graf může být zobrazen v zcela novém okně nebo v postranním panelu (vizualizace vektorového pole zůstává, byť třeba změni svou velikost).

Poznámka: ačkoliv po začlenění výše uvedené funkcionality již elektrické pole přestává být statické, budeme pro jednoduchost předpokládat, že v každém zobrazovaném časovém okamžiku již je v ustáleném stavu (tj. je statické).

**Další funkční požadavky:** Při spouštění programu z příkazové řádky bude možné volitelně specifikovat parametr  $-g\langle X \rangle \times \langle Y \rangle$ , kde za  $\langle X \rangle$  a  $\langle Y \rangle$  jsou celočíselné hodnoty udávající rozteč vzorků mřížky v ose  $x$  a  $y$  v pixlech. Barevná mapa bude doprovázena řádně popsanou legendou. Velikost nábojů bude možné měnit interaktivně (např. myší). Elektrostatické pole (a jeho vizualizace) se bude aktualizovat již v průběhu přesouvání nábojů na nové místo.

## Volitelná rozšíření (pro doplnění až do 40 bodů celkem)

Tato část je volitelná a její dokončení se bude kontrolovat rovněž při druhém (závěrečném) odevzdání. Všechna zvolená rozšíření musí být popsána v průvodní dokumentaci, nezdokumentovaná rozšíření nebudou bodově ohodnocena.

### Načtení scénáře ze souboru (až 3 body)

Umožněte načtení uživatelských scénářů z textového souboru (JSON, XML, YAML, ...) s vhodně definovanou strukturou.

### Editor statických scénářů (až 5 bodů)

Vylučuje se s rozšířením „Editor dynamických scénářů“; Doporučeno spojit s „Načtení scénáře ze souboru“

Umožněte uživateli (ať již v hlavní aplikaci nebo pomocné) editovat statické scénáře, tj. přidávat / upravovat / odstraňovat bodové náboje.

### Editor dynamických scénářů (až 8 bodů)

Vylučuje se s rozšířením „Editor statických scénářů“; Doporučeno spojit s „Načtení scénáře ze souboru“

Umožněte uživateli (ať již v hlavní aplikaci nebo pomocné) editovat statické scénáře, tj. přidávat / upravovat / odstraňovat bodové náboje. Velikost náboje se v čase může měnit na základě uživatelem definované funkce. Podpořte minimálně základní funkce typu  $\sin x$ ,  $\cos x$ ,  $\lg x$ ,  $e^{-x}$  s volnou konfigurací parametrů. Aplikace musí být schopna vytvořený scénář přehrát.

### Náboje pohybující se v čase (až 5 body)

Nutné spojit s „Editor dynamických scénářů“ nebo s „Načtení scénáře ze souboru“

Rozšiřte aplikaci o možnost vizualizovat scénáře, ve kterých se náboje mohou pohybovat v prostoru po kubických křivkách (Bézier nebo Coons). Křivky mohou být uzavřené, v takovém případě pohyb bude probíhat donekonečna.

### Zrychlení/zpomalení simulace (až 2 body)

Simulaci (pohyb sondy/náboje, změna velikosti náboje) bude možné 2x urychlit / zpomalit a vrátit zpět do původní rychlosti pomocí ovládacích prvků GUI.

### Zvětšení a posun (až 3 body)

Do okna s vizualizací přidejte prvky pro zvětšení/zmenšení vizualizace elektrického pole a umožněte pohyb (pan) ve zvětšené vizualizaci tažením myši (stisknuté pravé tlačítko).

## Piktogramy nábojů (až 2 body)

Namísto jednoduché vektorové reprezentace nábojů použijte vhodné, nápadité rastrové (příp. vektorové) piktogramy, ať již vlastní výroby, či stažené z internetu (v tom případě pozor na licenční podmínky).

## Vrstevnice (až 5 bodů)

Vedle barevné mapy velikosti intenzity vektorového pole umožněte (volitelně) zobrazit rovněž vrstevnice (izočáry) s vhodně zvoleným rozestupem.

Nápověda: možným řešením je provést škálování rastrového obrazu následně detekovat přechody mezi oblastmi

## Siločáry (až 8 bodů)

Umožněte volitelně uživateli přepnout zobrazení vektorového pole intenzit pomocí šipek na klasické zobrazování siločár (proudnic), které znáte z fyziky.

Nápověda: možným přístupem je trasování siločáry od nábojů v pravidelné mřížce (tj. rozhodujete se, kterou stranu buňky protíná vektor intenzity elektrického pole ve vstupním místě do buňky, a kde přesně)

## Podpora nábojů jiných tvarů (až 5 bodů)

Umožněte do scénářů přidávat nebodové náboje, např. drát vodiče o daném průměru, nabitá deska nebo koule apod.

## Elektrodynamické pole (až 8 bodů)

Doporučeno spojit s „Náboje pohybující se v čase“

Upravte výpočet intenzity elektrického pole pro elektrodynamické pole (časově proměnlivé pole) umožňující výskyt vírů a jiných turbulencí. Pro pozorování jevu umožněte zpoždění pozorování (vizualizace) oproti simulačnímu času (použitého ve výpočtech).

## Tisk stavu elektrického pole a grafů (až 2 body)

Umožněte tisk aktuálního stavu elektrického pole i grafu na tiskárně připojené k počítači.

## Export bitmapy ve zvolené velikosti (až 2 body)

Umožněte export vizualizace aktuálního stavu elektrického pole v bitmapovém formátu v libovolném uživatelem zvoleném rozlišení.

## Export do SVG (až 2 body)

Umožněte export vizualizace aktuálního stavu elektrického pole (a případně i grafu) ve vektorovém formátu SVG a ověřte funkčnost zobrazením výsledku v nějakém editoru vektorové grafiky.

## Více sond (až 4 body)

Umožněte uživateli umísťovat více než jednu sondu (a rovněž je odebírat), tj. v grafu se bude přehledně zobrazovat více průběhů.

### **Navigační hra (až 10 bodů)**

Umožněte přepnutí aplikace (příp. vytvořte aplikaci novou) do herního módu, ve kterém se spustí zvláštní herní scénář obsahující vedle nábojů rovněž „raketku“. Úkolem hráče je dostat raketku z počátečního místa do cílové zóny. Raketka má svůj elektrický náboj (např. 1C) a působí na ní síly elektrického pole díky kterým získává zrychlení (viz druhý Newtonův zákon) a samovolně se v poli může pohybovat. Hráč může zažehnout / zhasnout trysky rakety, čímž na raketku začne / přestane působit další síla (síla trysek). Zažehnuté trysky ale spalují palivo, kterého je omezené množství. Hra končí prohrou hráče, pokud raketka narazí do některého náboje, dojde jí palivo, nebo se v přiděleném časovém limitu nezvládne dostat s raketkou do cílové zóny. Pro hru vytvořte a odlaďte zvláštní herní scénář tak, aby hra nebyla ani příliš jednoduchá a ani složitá (začátečník by měl být schopen na třetí pokus vyhrát).

### **3D (až 10 bodů)**

Rozšiřte aplikaci do 3D, tj. náboje lze rozmisťovat nejen v rovině XY, ale mají i třetí složku. Upravte vhodným způsobem vizualizaci, aby 3D prostor byl přehledně zobrazen (např. více projekcí do roviny, umožnění otáčet celou scénou apod.)

### **Virtuální realita (až 10 bodů)**

Nutné spojit s „3D“;

Elektrického pole bude zobrazeno plně ve 3D v prostředí VR (s využitím VR headsetu). Výběr tohoto rozšíření je nutné si nechat schválit cvičícím (z důvodu omezených možností).

### **Vlastní rozšíření**

Za libovolné vlastní rozšíření je možné získat další bodové hodnocení, předem (min. týden před termínem odevzdání) je však nutné podrobně probrat charakter rozšíření se cvičícím a dohodnout počet bodů.