**Elektrostatické pole**

**Elektrické pole** je prostor, ve kterém působí elektrické síly.

Ke vzniku elektrického pole je nutná přítomnost elektrického náboje.

**Elektrický náboj**

1)      Vlastnost částice nebo tělesa, která udává jeho elektrické vlastnosti. To, že náboj je vlastnost částice, znamená, že náboj se nemůže vyskytovat samostatně, vždy je vázán na částici, případně více částic, které tvoří těleso.

2)      Fyzikální veličina, která popisuje velikost náboje. Značí se Q nebo q. [Q] = C (coulomb) = A × s. Náboj jednoho coulombu projde průřezem vodiče při proudu 1 A za 1 s.

Když má částice nebo těleso elektrický náboj, má schopnost vyvolat silové působení mezi dalším tělesem s elektrickým nábojem.

Toto silové působení (silová interakce) se uskutečňuje prostřednictvím elektro-magnetického pole ( elektromagnetická interakce). O částicích (tělesech), které nesou el. náboj, říkáme, že jsou elektricky nabité. Vlastnosti silového pole mezi nabitými částicemi závisí na jejich pohybovém stavu. Je-li náboj v klidu, obklopuje ho elektrické  (elektrostatické) pole. Je-li náboj v pohybu, vytvoří se kolem něho podle způsobu pohybu buď magnetické nebo elektromagnetické pole. Elektrické a magnetické pole jsou neoddělitelnými složkami elektromagnetického pole. Samostatně o nich mluvíme pouze, když se za určitých podmínek projevuje jen jedna složka a druhá je potlačena.

El. pole vznikne kolem  náboje, který je v dané vztažné soustavě v klidu.

**Zákon zachování elektrického náboje**

V izolované soustavě se celkový náboj zachovává; náboj není možné vytvořit ani zničit.

El. náboj je kvantován. Nejmenším, dále nedělitelným nábojem je **elementární náboj** e, což je náboj jednoho protonu nebo jednoho elektronu. Všechny elektrické náboje (kladné i záporné) jsou celistvými násobky elementárního elektrického náboje.

e = 1,602 × 10–19 C

Náboj může být kladný (+) nebo záporný (–). Kladný elementární náboj e má proton, záporný elementární náboj –e má elektron.

Protony a elektrony jsou v atomu v rovnováze, proto se atom navenek jeví jako elektricky neutrální.

Elektrický náboj vznikne, když se poruší rovnováha protonů a elektronů v atomu:

(Tzn. když chceme dodržet zákon zachování náboje, musíme zdůraznit, že náboj ve skutečnosti nevznikne, ale nahromadí se částice se stejným nábojem. Tím se oddělí elektrony od protonů, které se původně z našeho pohledu navzájem rušily, takže celkový náboj byl nulový. S dostatečně citlivými přístroji bychom je dokázali rozlišit.)

– u plynů vzniká ionizací, když na molekuly plynu působí radioaktivní záření (radioaktivní částice se pohybují velkou rychlostí, narazí do molekuly plynu a molekula se roztrhne)

– u kapaliny jsou elektricky neutrální, ale přidáním soli dojde k  její disociaci na kladně a záporně nabité ionty. Např. NaCl → Na+ + Cl–.

– u pevných látek vzniká teplem nebo třením, např. ebonitová tyč o kožešinu (liščí ocas), skleněná nebo novodurová tyč o vlněnou látku

Elektrický náboj se projevuje přeskokem elektrické jiskry, silovým působením (přitahuje lehké částice jako kousky papíru, vlasy, ...) nebo svalovou křečí.

**Elektrické siločáry**

Elektrické pole je popsáno elektrickými siločárami, a to kvalitativně i kvantitativně. El. siločáry jsou myšlené čáry, které graficky znázorňují situaci v okolí elektrického náboje. Navzájem se neprotínají,  jsou kolmé k povrchu tělesa a jsou vždy orientovány od kladného náboje k zápornému (dáno dohodou).

– podle kvality (tvaru) siločar rozlišujeme tři základní druhy polí:

**radiální pole** (pole bodového náboje)

            – kladného náboje (první obrázek zleva)

            – záporného náboje (druhý obrázek zleva)

(pole dvou nábojů)

            – opačných (třetí obrázek zleva)

            – souhlasných (čtvrtý obrázek)

**homogenní pole** (mezi dvěma rovnoběžnými deskami) → obr.

a pak další, složitější pole

– podle kvantity (hustoty) siločar lze určit, jak je pole silné. Čím větší je hustota siločar, tím silnější je pole.

            

**Coulombův zákon**

Velikost el. síly působící mezi dvěma bodovými náboji je přímo úměrná součinu jejich velikostí a nepřímo úměrná druhé mocnině jejich vzdálenosti:



k – konstanta úměrnosti, je závislá na tvaru pole (pro dva bodové náboje je ) a na prostředí, ve kterém el. pole působí Þ prostředí charakterizuje permitivita e – pro každé prostředí je jiná:

e0 – permitivita vakua: e0 = 8,854.10–12 C2 × N–1 × m–2

er – relativní permitivita (Þ poměr permitivity daného prostředí k permitivitě vakua, nemá jednotku, je bezrozměrná)

e = e0 × er

Coulombův zákon pro dva bodové náboje:



Směr elektrické síly určuje polarita bodových nábojů. Souhlasné náboje se odpuzují, opačné náboje se přitahují.

**Intenzita elektrického pole**

Intenzita el. pole E je síla, která působí na jednotkový náboj. Jednotkou je N × C–1(newton na coulomb). Intenzita je vektorová veličina, jejíž velikost určíme :



Velikost intenzity el. pole ve vzdálenosti r od osamoceného bodového náboje Q určíme na základě Coulombova zákona:



Směr určíme jako tečnu k siločáře v daném místě el. pole, orientace je od + k –.

V homogenním poli má intenzita ve všech místech stejnou velikost i směr.

Každý bodový el. náboj vyvolává el. pole nezávisle na přítomnosti dalších bodových nábojů.

**Princip superpozice el. polí** – intenzita pole tvořeného soustavou N nábojů je rovna vektorovému součtu intenzit polí, vytvářených každým z nich jednotlivě:

E = E1 +E2 + ... + EN

**Práce v el. poli**

Práci, kterou vykoná el. síla při přemístění bodového náboje, nejjednodušeji vypočítáme při přímočarém posunutí náboje v homogenním elektrickém poli o vzdálenost d. Platí:

W = Fe × d × cos a = q × E × d × cos a

a je úhel, který svírá trajektorie bodového náboje s vektorem intenzity el. pole.

Má-li přemisťovaný náboj kladné znaménko, pak je práce kladná (náboj koná práci; el. síla působí po směru pohybu) pro úhel 0° £ a < 90° a pro  90°< a £ 180° je záporná (musíme vykonat práci, abychom náboj přesunuli, el. síla působí proti směru pohybu).

Má-li přemisťovaný náboj záporné znaménko, je práce kladná pro 90°< a £ 180° a záporná pro 0° £ a < 90°.

Pro a = 90° je práce nulová.

Práce vykonaná při přesunutí náboje z jednoho bodu el. pole do druhého závisí pouze na poloze bodů A, B, nezávisí na trajektorii.

**Elektrický potenciál**

Potenciální energie bodového náboje závisí na jeho poloze v elektrickém poli. Podíl potenciální energie Ep bodového náboje v určitém místě el. pole a tohoto náboje q nazýváme elektrický potenciál j:

Rozdíl potenciálů dvou bodů pak nazýváme napětí U:  U = j1 – j2

Jednotka el. potenciálu a napětí je stejná:  [j] = [U] = V (volt) = J × C–1

Místa se stejnou potenciální energií (stejným potenciálem) nazýváme ekvipotenciální hladiny. Za místo s nulovou potenciální energií (tzv. nulová hladina) volíme zem. Tělesa vodivě spojená se zemí mají také nulový potenciál → uzemněná tělesa.

Napětí mezi dvěma hladinami el. pole můžeme definovat také jako podíl práce vykonané el. silou při přenesení bodového náboje z jedné hladiny na druhou a tohoto náboje:



Napětí mezi určitým bodem v el. poli a nulovou hladinou (zemí) je rovno potenciálu tohoto bodu (U = j – 0 Þ U = j).

Potenciál j ve vzdálenosti r od bodového náboje je:



Nulový potenciál je ve vzdálenosti r → ¥.

Elektrické pole nabitého vodivého tělesa ve vzduchu, rozložení náboje na vodiči

Náboj přivedený na izolované vodivé těleso se rozloží pouze na jeho vnějším povrchu. Na tělese kulového tvaru je rozložen rovnoměrně, kdežto na nepravidelném tělese je plošná hustota náboje s v různých místech povrchu různá (malá v dutinách, největší na hranách a hrotech).

Velikost plošné hustoty náboje na určitém místě povrchu tělesa určíme vztahem:



DQ je náboj rozložený na velmi malé ploše DS.

Rozložení náboje způsobuje, že intenzita pole uvnitř vodivého tělesa je nulová, protože intenzity jednotlivých bodů se navzájem zruší. Potenciál uvnitř vodivého tělesa je stejný jako na jeho povrchu.

Intenzita el. pole na povrchu nabitého tělesa je

,

kde e je permitivita okolí tělesa.

**Vodiče a nevodiče v elektrickém poli**

Vodiče jsou látky, které obsahují volné nosiče el. náboje (vedou el. proud).

Nevodiče (izolanty – jinak také dielektrika) jsou látky, které nemají volné nosiče náboje

( nevedou el. proud).

Kapaliny a plyny jsou za normálních podmínek nevodivé.

Vložíme-li do el. pole vodič, vznikne dočasně el. pole i uvnitř vodiče a způsobí pohyb volných elektronů, které se nahromadí na povrchu vodiče v místech, kde siločáry vstupují do vodiče. Tato strana vodiče se nabije záporně a na opačné straně, kde siločáry z vodiče vystupují, vznikne stejně velký náboj kladný. Tento jev se nazývá **elektrostatická indukce**. Ta pokračuje, dokud pole indukovaných nábojů ve vodiči nezruší v celém objemu tělesa původní el. pole a intenzita pole všude uvnitř vodiče je nulová. Vodič se tady snaží vyvolat vlastní intenzitu el. pole, která by způsobila to, že celková intenzita uvnitř vodiče je nulová. Vnitřní intenzita vodiče v el. poli je stejně velká jako intenzita vnějšího el. pole, ale má opačnou orientaci, takže celková intenzita uvnitř vodiče je nulová.

Vložíme-li izolant do homogenního el. pole, dojde k **polarizaci**. Rozeznáváme dva typy polarizace:

**– atomová polarizace**: V el. poli se jádra atomů, která mají kladný náboj, posouvají ve směru siločar (k záporné desce) a záporné elektronové obaly se deformují ve směru opačném. Z atomů a molekul se stávají el. dipóly.

– **orientační polarizace**: Molekuly mnohých látek (např. vody) mají vlastnosti dipólu, i když se nenacházejí v el. poli. Tyto dipóly jsou však neuspořádané a navenek se neprojevují. V el. poli se dipóly usměrňují, kladné póly se natáčejí ve směru el. siločar.

Náboje v dielektriku se nemohou pohybovat, proto nedojde k přeskupení elektronů jako u vodiče. Indukované náboje v dielektriku jsou vázány na dipóly. Dipóly na povrchu dielektrika se natočí tak, že kladný pól každého dipólu je otočen směrem k záporné desce, a proto vznikne malé vnitřní el. pole s intenzitou Ei, která směřuje proti vnějšímu el. poli Ee. Celková intenzita E je rovna rozdílu E = Ee – Ei. Pole v dielektriku má menší intenzitu než pole, které ho vyvolalo.

Když je dielektrikum vloženo do vakua, pak poměr

,

kde er je relativní permitivita. Různé polarizační vlastnosti dielektrik způsobují jejich rozdílnou relativní permitivitu.