

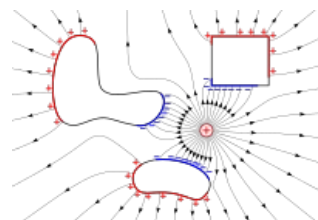
Potenciál bodového náboje a na rozhraní fází

Elektrický potenciál je fyzikální veličina charakterizující energetické poměry elektricky nabitě částice nacházející se v elektrickém poli. Obvykle se značí φ a jednotkou je **volt** [V]. Značka U se obvykle používá pro rozdíl dvou potenciálů nazývaný elektrické napětí. Dlužno poznamenat, že v medicínských aplikacích se toto fyzikální a technické dělení striktně nerozlišuje, takže se např. běžně hovoří o akčním potenciálu, byť jde vlastně o „akční napětí“. Protože však nehrozí záměna nebo omyl, bylo by chybou pokoušet se ve fyziologii o násilné zavedení fyzikálně korektního názvosloví.

Vlastnosti konkrétního elektrického pole lze plně popsat velikostí **elektrického potenciálu** φ nebo **intenzity elektrického pole** E . Tyto hodnoty spolu poměrně jednoduše souvisí a lze je navzájem přepočítat, každá je vhodnější pro jiné účely. Tvar elektrického pole může být obecně složitý, ovšem v případě bodového náboje je jeho tvar velmi jednoduchý. Protože je elektrické pole ovlivněno nejen rozložením nábojů v prostředí, ale i dielektrickými vlastnostmi prostředí, deformuje se tvar elektrického pole na rozhraní dvou prostředí o rozdílné permitivitě.

Jednodušeji se dá elektrický potenciál představit následovně: pokud je v jakémkoli elektrostatickém poli vložena nabitá částice, bude mít na základě vzdálenosti od pole nějakou "potenciální energii"; analogicky jako když člověk stojí na kopci disponuje potenciální energií. Elektrický potenciál se tedy bude s rostoucí vzdáleností částice od pole **zvyšovat**.

Tento potenciál je pak zároveň indikátorem pro potenciál pohybu částice v elektrickém poli, ačkoliv je nutné odlišit tendenci pohybu kladných a záporných částic. Na základě el. potenciálu se využívá například **urychlování elektronů** v rentgenové lampě, kdy je vytvořeno vysoké napětí, tedy rozdíl elektrických potenciálů mezi katodou a anodou, což "žene" elektrony ve směru kladné anody. Toto urychlení elektronů má samozřejmě za následek tvorbu více RTG záření, ale i odpadního tepla.



Elektrické pole složitěho tvaru. Černé linie (siločáry) jsou jedním z grafických způsobů znázornění elektrického pole, jejich směr je v každém bodě stejný jako směr intenzity E . Znázornění pomocí tzv. izopotenciál, tedy křivek spojujících body se stejnou hodnotou potenciálu φ je méně obvyklé.

Veličiny popisující elektrické pole

Intenzita elektrického pole

Intenzita elektrického pole E je vektorová fyzikální veličina, která má přímý vztah k tomu, jak velkou silou působí pole na vložený bodový náboj. Její jednotkou je $V \cdot m^{-1}$ (Volt na metr), někdy se používá i $N \cdot C^{-1}$ (Newton na Coulomb). Jejím fyzikálním významem je síla, která by působila na jednotkový kladný zkušební náboj vložený do elektrického pole. Sílu působící na skutečný náboj Q pak lze vypočítat velmi snadno:

$$F = Q \cdot E$$

Elektrický potenciál

Elektrický potenciál φ je skalární fyzikální veličina, která má přímý vztah k energetickým poměrům v elektrickém poli. Její jednotkou je Volt (V). Myšlenka stojící za zavedením elektrického potenciálu stojí na záměrném přesunu „zkušební“ náboje q v elektrickém poli. V každém místě elektrického pole působí na jednotkový náboj nějaká síla. Pokud se náboj posune kolmo na tuto sílu, žádná práce se nekoná – říkáme, že se náboj pohybuje po izopotenciálové ploše. Zajímavější je situace, kdy se náboj pohybuje alespoň částečně ve směru resp. proti směru síly vyvolané elektrickým polem. Potom pole vykonává práci resp. vnější síly vykonávají práci, kterou lze změřit nebo vypočítat a která se obvykle značí ΔW . Velikost této práce závisí pouze na tvaru elektrického pole a na velikosti náboje, takže lze zavést potenciál jako velikost této práce vztaženou k velikosti náboje:

$$\Delta \varphi = \frac{\Delta W}{q}$$

Symbol Δ znamená změnu nebo rozdíl. Při zamyšlení se nad důsledkem této definice vysvitne jeden podstatný problém – totiž my sice můžeme změřit nebo vypočítat rozdíl dvou potenciálů (tedy elektrické napětí), ovšem nemůžeme určit jeho absolutní hodnotu. Nulová hodnota potenciálu se tedy obvykle volí na základě dohody například v nekonečno nebo na nějakém konkrétním významném tělese, např. na tělese vodivě spojeném se zemí.

Souvislost mezi potenciálem a intenzitou

Intenzita elektrického pole a elektrický potenciál spolu úzce souvisí, ovšem matematická formulace tohoto vztahu přesahuje běžné středoškolské učivo matematiky. Uvedení má pouze ilustrativní význam pro ty, kteří mají k přírodním vědám bližší vztah.

Intenzita se z potenciálu spočítá pomocí operátoru gradientu (třetí výraz je definice gradientu):

$$\mathbf{E} = -\text{grad } \varphi = -\left(\frac{\partial \varphi}{\partial x}, \frac{\partial \varphi}{\partial y}, \frac{\partial \varphi}{\partial z}\right)$$

Operátor gradientu skalární funkce více proměnných má význam velikosti a směru největší změny. Přeloženo do češtiny to znamená, že vektor intenzity elektrického pole je co do velikosti i do směru roven opačnému vektoru k vektoru největší změny elektrického potenciálu.

Zajímavým a často používaným důsledkem plynoucím z vlastností gradientu je to, že siločáry protínající izopotenciálovou plochu jsou k ní vždy kolmé.

I výpočet potenciálu z intenzity je formálně snadný, zapisuje se pomocí integrálu po (orientované) křivce C spojující body, mezi kterými nás rozdíl potenciálů zajímá:

$$\Delta \varphi = - \int_C \mathbf{E} \cdot d\mathbf{\ell}$$

Pro pochopení je nutné si vzpomenout, že \mathbf{E} je vlastně síla působící na jednotkový náboj, takže součin absolutních hodnot E -s má význam práce, jaká by byla vykonána posunem jednotkového náboje. Křivkový integrál lze chápat tak, že se vezme křivka spojující body, které nás zajímají, a rozdělí se na tak malé úseky, že je lze považovat za úsečky a intenzitu elektrického pole podél této úsečky lze považovat za konstantní. Na každém takovém úseku se vypočítá práce, kterou by vykonal jednotkový náboj průchodem:

$$\Delta W_i = \mathbf{E}_i \cdot \mathbf{l}_i \cdot \sin \alpha_i$$

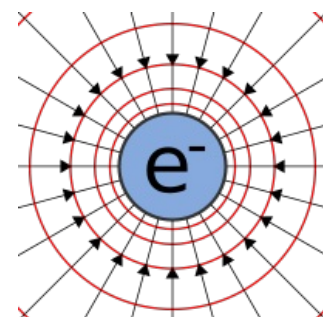
Index i označuje dílčí úsek, E velikost intenzity elektrického pole v místě daného dílku, l délku dílku a α úhel, jaký svírá příslušný dílek s vektorem \mathbf{E} . Celkový integrál je pak součtem hodnot jednotlivých dílků.

Elektrický potenciál v okolí bodového náboje

Není těžké uhádnout, že v okolí bodového náboje bude elektrické pole kulově symetrické, takže siločáry budou vycházet paprskovitě ze středu náboje a izopotenciály budou soustředné kulové plochy. Pokud se položí hodnota nulového potenciálu do nekonečna, pak pro velikost potenciálu v bodu ležícím ve vzdálenosti r od centrálního náboje Q platí jednoduchý vztah:

$$\varphi = \frac{Q}{4\pi\epsilon r}$$

Tedy elektrický potenciál je nepřímo úměrný první mocnině vzdálenosti od náboje. Bodový náboj je pouze fyzikální abstrakcí, reálně neexistuje a ani existovat nemůže, protože v jeho blízkosti by dosahoval potenciál libovolně vysokých hodnot. Ukazuje se však, že bodový náboj je dostatečně věrnou aproximací pro nabitá kulovitá tělesa s rovnoměrně rozloženým nábojem na povrchu nebo dostatečně malá tělesa. Tak můžeme za bodové náboje (podle charakteru řešeného problému) považovat například elektrony vznikající ve fotonásobiči, některé anorganické ionty v roztocích nebo třeba ionizované funkční skupiny biologicky významných makromolekul.



Elektrické pole v okolí záporně nabitého náboje. Černě jsou znázorněny siločáry, červeně ekvipotenciální plochy

Odkazy

Zdroj

- KUBATOVA, Senta. *Biofot* [online]. [cit. 2011-01-31]. <<https://uloz.to/!CM6zAi6z/biofot-doc>>.
- SEDLÁK, Bedřich a Ivan ŠTOLL. *Elektřina a magnetismus*. 1. vydání. Praha : Academia a Karolinum, 1993. ISBN 80-200-0172-7.
- SVOBODA, Emanuel, et al. *Přehled středoškolské fyziky*. 3. vydání. Praha : Pometheus, 1996. ISBN 80-7196-116-7.

Externí odkazy

- Český překlad kurzu *Elektřina a magnetismus* z MIT: [1] (<https://www.aldebaran.cz/elmg/>)