Fyzikální principy

Uvažujme elektrostatické pole vznikající v nejjednodušším případě v důsledku rozdílu elektrických potenciálů φ_1 a φ_2 dvou navzájem rovnoběžných desek (bez újmy na obecnosti můžeme předpokládat, že $0 < \varphi_1 < \varphi_2$). Nebudou-li se hodnoty elektrických potenciálů φ_1 a φ_2 během uvažovaného děje měnit, bude konstantní i velikost elektrické intenzity $\vec{E}$, takže mezi deskami vznikne homogenní elektrostatické pole.

Stejný typ pole vzniká v kondenzátoru - proto si můžeme představit elektron, který prolétá nabitým kondenzátorem.

Správně bychom měli uvažovat „dvě nekonečně velké desky“, ale pokud bude splněno, že plocha desek bude řádově větší než jejich vzájemná vzdálenost (tj. mezi deskami bude s dobrou přesností vznikat homogenní elektrostatické pole), můžeme uvažovat desky konečných rozměrů.

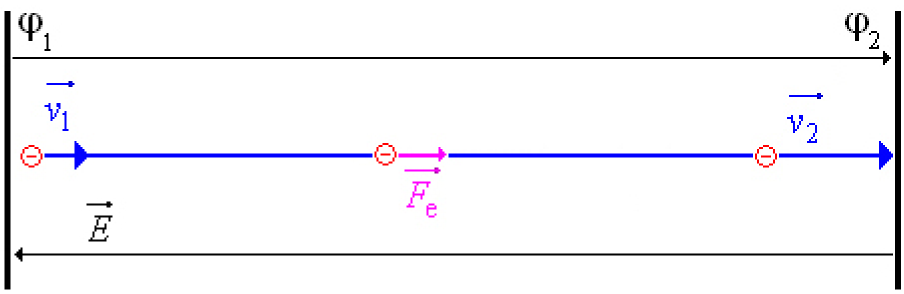
Pokud bychom uvažovali jinou geometrii elektrostatického pole, situace by byla fyzikálně obdobná, ale byl by složitější matematický popis problému.

Elektron o hmotnosti m_e s nábojem *e* může být urychlován uvažovaným elektrostatickým polem dvojím způsobem v závislosti na vzájemném směru vektoru rychlosti elektronu $\vec{v}$, který má směr pohybu elektronu před jeho vstupem do uvažovaného elektrostatického pole, a vektoru elektrické intenzity $\vec{E}$ daného pole:

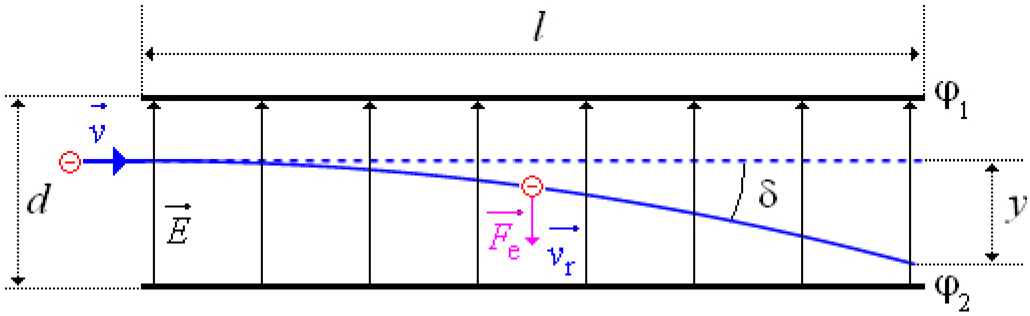
1. $\vec{v} \parallel \vec{E}$ - elektrostatická síla působící na elektron (viz obr. 23) mění velikost rychlosti elektronu (tj. tečné zrychlení elektronu je nenulové). Potenciální energie elektrostatického pole se tedy v souladu se zákonem zachování energie mění na kinetickou energii elektronu. Platí tedy $e(\varphi_2 - \varphi_1) = \frac{1}{2} m_e \left(v_2^2 - v_1^2\right)$, kde v_1 je velikost rychlosti elektronu na vstupu do elektrostatického pole a v_2 je velikost rychlosti elektronu při výstupu z tohoto pole.

Kdyby měl elektron tachometr, tak v tomto případě se bude měnit údaj na jeho tachometru - bude se pohybovat rychleji nebo pomaleji v závislosti na vzájemné orientaci navzájem rovnoběžných vektorů $\vec{v}$ a $\vec{E}$.

2. $\vec{v} \perp \vec{E}$ - elektrostatická síla působící na elektron (viz obr. 24) mění směr rychlosti elektronu. Elektrostatická síla $\vec{F_e}$ v tomto případě uděluje elektronu zrychlení $\vec{a}$, v důsledku čehož se bude elektron odchylovat od svého původního směru pohybu: bude se tedy navíc pohybovat radiální rychlostí $\vec{v_r}$ ve směru kolmém na původní směr pohybu.



Obr. 23



Obr. 24

Pro zrychlení elektronu můžeme tedy v tomto případě psát podle druhého Newtonova zákona vztah $\vec{a} = \frac{\vec{F}_e}{m}$ a vyjádříme-li elektrostatickou sílu pomocí elektrické intenzity, dostaneme $\vec{a} = \frac{e\vec{E}}{m}$. Směr zrychlení je stejný jako směr elektrostatické síly a ta je opačně orientovaná než vektor elektrické intenzity, proto můžeme pro velikost zrychlení psát $a = -\frac{eE}{m}$. Uvědomíme-li si, že pro velikost elektrické intenzity v tomto případě platí $E = \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{d}$ (kde *d* je vzdálenost obou uvažovaných nabitých desek), můžeme pro velikost zrychlení elektronu psát $a = -\frac{e(\varphi_2 - \varphi_1)}{md}$.

Elektrostatická síla $\vec{F}_e$ zobrazená na obr. 23 a obr. 24 je výslednicí elektrostatických sil, kterými na elektron působí každá z nabitých desek. Vzhledem k tomu, že jsme (bez újmy na obecnosti) předpokládali, že platí $0 < \varphi_1 < \varphi_2$, je směr zobrazené síly správný.

Velikost rychlosti $\vec{v}_r$ bude postupně růst a odchylka (deviace) δ elektronu od původního směru tak bude narůstat. Velikost radiální rychlosti $\vec{v}_r$ v okamžiku, kdy bude elektron opouštět vytvořené elektrostatické pole, bude rovna $v_r = |a|t = \frac{e(\varphi_2 - \varphi_1)}{md}t$. Čas *t* je čas, po který se elektron letící v přímém směru rychlostí o velikosti *v* pohybuje uvnitř elektrostatického pole. Vzhledem k tomu, že rozměr desek měřený ve směru pohybu elektronu je (podle obr. 24) *l*, je čas *t* roven $t = \frac{l}{v}$. Pro velikost rychlosti $\vec{v}_r$ tedy dostáváme $v_r = \frac{el(\varphi_2 - \varphi_1)}{mdv}$.

Předpokládáme přitom, že parametry elektrostatického pole a geometrie desek jsou takové, že elektron daným elektrostatickým polem proletí, aniž by dopadl na některou z desek. Pokud by elektron na některou z nabitých desek dopadl, nemohl by v případě, že tento způsob vychylování elektronů použijeme v praxi, přenést požadovanou informaci.

Pro maximální deviaci δ můžeme (s využitím obr. 24) psát $\operatorname{tg}\delta = \frac{y}{l} = \frac{0{,}5at^2}{vt} = \frac{0{,}5v_r t}{vt} = \frac{el(\varphi_2 - \varphi_1)}{2mdv^2}$.

Tento způsob elektrostatického vychylování se používá v praxi pouze u osciloskopů. Ve snímacích elektronkách a v televizní technice obecně se vyskytuje spíše výjimečně.