

PRESEK

List za mlade matematike, fizike, astronome in računalnikarje

ISSN 0351-6652

Letnik 16 (1988/1989)

Številka 2

Strani 90-94

Gorazd Planinšič:

DOGODEK V PLOŠČATEM KONDENZATORJU

Ključne besede: fizika, kondenzator.

Elektronska verzija: <http://www.presek.si/16/928-Planinsic.pdf>

© 1988 Društvo matematikov, fizikov in astronomov Slovenije

© 2010 DMFA - založništvo

Vse pravice pridržane. Razmnoževanje ali reproduciranje celote ali posameznih delov brez poprejšnjega dovoljenja založnika ni dovoljeno.

DOGODEK V PLOŠČATEM KONDENZATORJU

Elektron

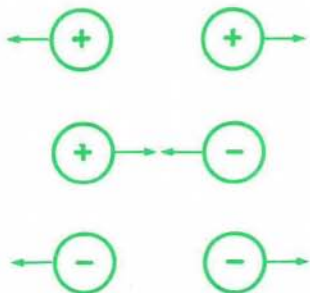
Predstavimo najprej glavnega junaka zgodbe. Nekateri izmed vas ga že dobro poznajo, za druge pa povejmo samo nekaj besed o elektronu in o drugih nastopajočih.

Elektron je nenavadna oseba, ki se pojavi zdaj v tej, zdaj v oni preobleki. Nam se bo predstavil kot majhen delec, manjši, kot si lahko predstavljamo. Mislimo si, da bi vse razdalje biljonkrat povečali, tako da bi se metrska palica povečala na sedemkratno razdaljo od Zemlje do Sonca. Elektroni bi bili v tem primeru vsekakor manjši kot bakterije.

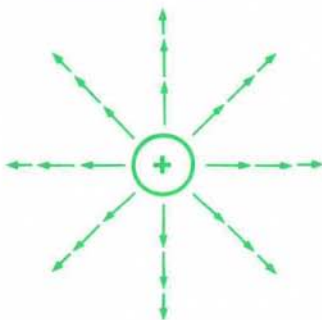
Kjub temu, da ima elektron majhno maso, je "vplivna oseba". Ima namreč naboj. Nastopajoči imajo eni pozitiven, drugi negativen naboj. Elektron ima negativen naboj. Da je zgodba bolj napeta, se delci z nabojem istega znaka odbijajo, nasprotno naelektreni pa se privlačijo. Sila je velika, če sta "osebi" blizu skupaj, z oddaljenostjo pa pojema.

Električno polje

Med pohajkovanjem naokrog se lahko elektronu marsikaj pripeti. Če zagleda pozitivno naelektren predmet, bo pohitel proti njemu, negativno naelektrenemu pa se bo izognil. V prostor postavimo naelektrena telesa. V vsaki točki prostora bo na elektron delovala sila kot posledica privlačjenja in odbijanja oko-



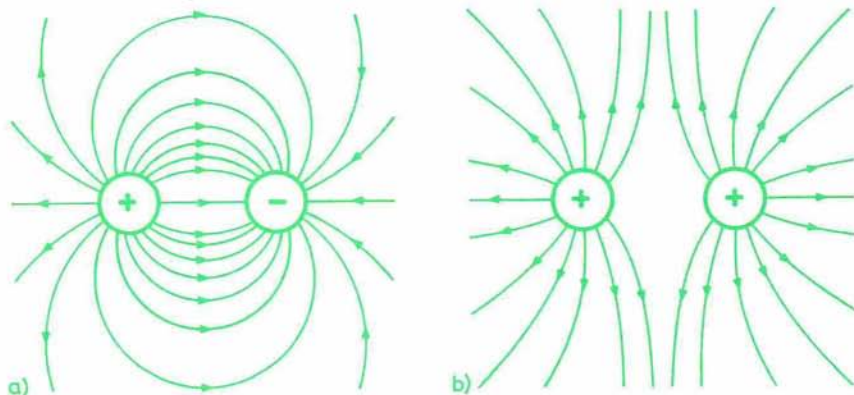
Slika 1. Sile med naelektrenimi delci



Slika 2. Sile na pozitivno naelektren delec v okolici pozitivno naelektrenega valja.

liških teles. Če v vsaki točki prostora zapišemo smer in velikost te sile, nastane pred nami nekakšen vodič za elektrone po prostoru. Sile povežemo v neprekinjeno črto in tako dobimo krivulje, imenovane silnice. Zaradi naelektrenih teles je gibanje elektrona v prostoru popolnoma drugačno, kot bi bilo brez njih. Pravimo, da naelektrena telesa ustvarijo okrog sebe električno polje. Dogovorjeno je, da smer silnic električnega polja v okolici naelektrenega telesa določa sila, ki bi delovala na pozitivno naelektren delec, na las podoben elektronu.

Na sliki 2 so narisane silnice za naelektren valj na ravnini, ki valj povprek prereže (pogled od zgoraj). Če vzamemo namesto pozitivno naelektrenega delca elektron, se spremeni le smer silnic. Smer sile na elektron v neki točki je določena s smerjo tangente na silnico v tej točki. Zanimiva sta naslednja primera:



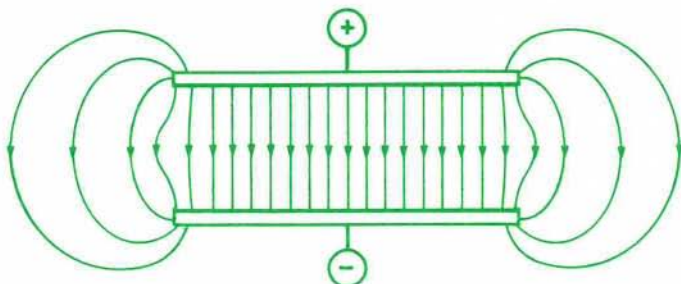
Slika 3. a) Silnice električnega polja dveh nasprotno naelektrenih valjev,
b) silnice električnega polja dveh enako naelektrenih valjev.

Ploščati kondenzator

Kot ni kavbojev in Indijancev brez saloona, ni elektronov brez ploščatega kondenzatorja. Dve vzporedni kovinski plošči, ki sta nasprotno naelektreni, sta ploščati kondenzator. Poizkusimo narisati silnice električnega polja ploščatega kondenzatorja (slika 4).

Opazimo, da je sila na elektron med ploščama enako velika v vsaki točki in kaže povsod v isto smer; negativna plošča odbija elektron, pozitivna ga privlači. Če se pomaknemo bliže k prvi plošči, se pri tem oddaljimo od druge. Takšno električno polje zasluži posebno ime – imenujemo ga homogeno ele-

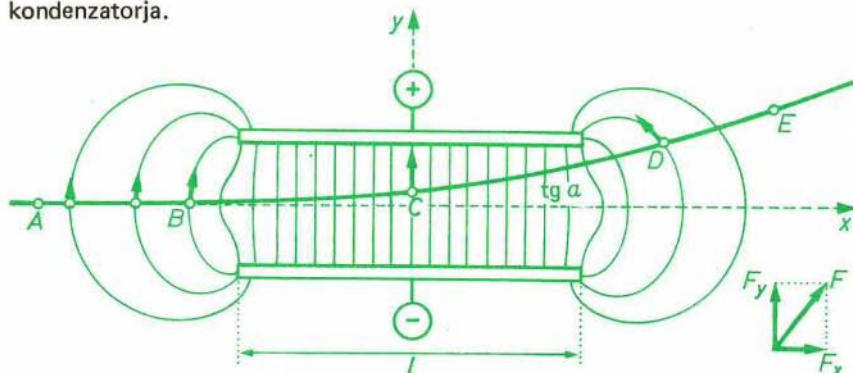
Slika 4. Električne silnice ploščatega kondenzatorja.



ktrično polje. Razmere pa se spremenijo, če se pomaknemo proti robovoma plošče. Sila ne kaže več povsod v isto smer, silnice se prično kriviti. Zunaj ploščatega kondenzatorja so silnice že podobne napihnjeni črki C. Z oddaljevanjem od plošč sila pojema. Zelo daleč od plošč sile ne bi mogli več izmeriti; za oddaljenega opazovalca se namreč zdi ploščati kondenzator kot škatlica, v kateri je enako pozitivno in negativno naelektrenih delcev – kot da v škatlici ne bi imeli naboja.

Gibanje elektrona skozi ploščati kondenzator

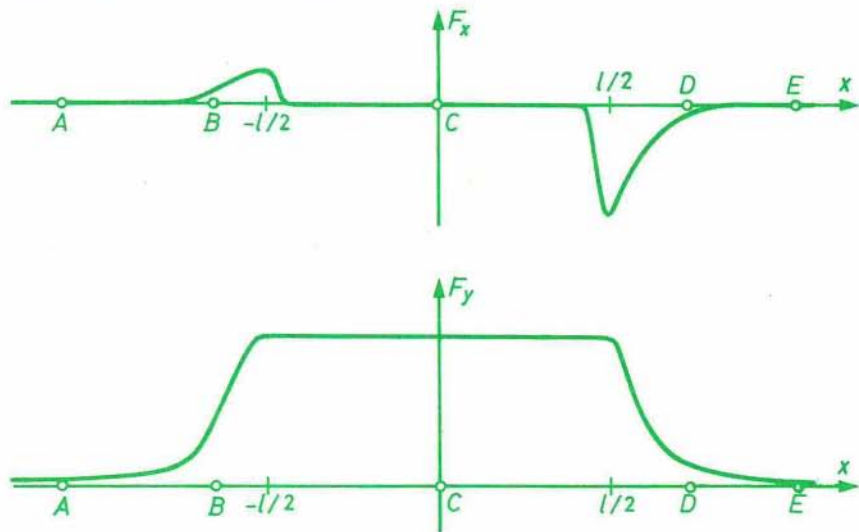
V tem dejanju doseže zgodba vrhunec. Elektron prihaja od zelo daleč in hiti naravnost proti sredi naelektrenega kondenzatorja (točka A na sliki 5). Zasludujmo njegovo gibanje! Da bomo opisu lažje sledili, postavimo dogajanje v neko mesto. Med seboj pravokotne ulice naj potekajo po osi x in po osi y , središče mesta (izhodišče koordinatnega sistema), pa naj bo na sredi ploščatega kondenzatorja.



Slika 5. Sila na elektron pri preletu skozi ploščati kondenzator.

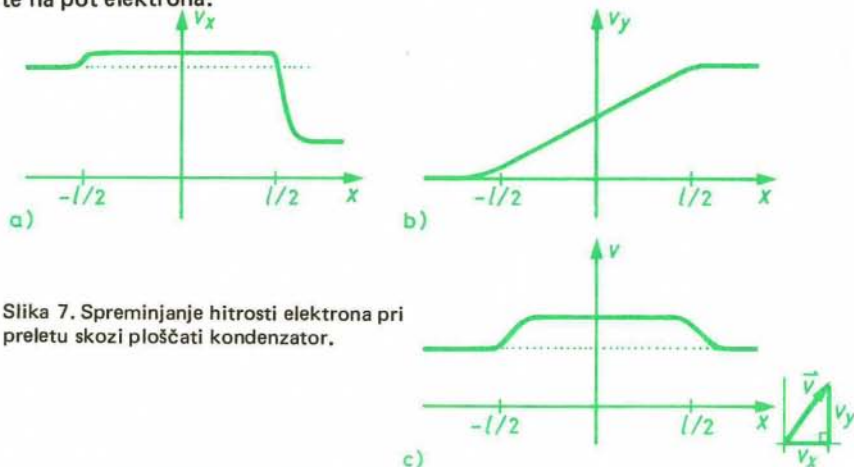
S slike razberemo, da deluje na elektron šibka sila v smeri osi y , ko je ta še daleč. Sila odklanja elektron iz smeri, v katero se je nameril. Ko se spreminja lega elektrona, se spreminja tudi smer sile. Obenem sila narašča, ker se elektron približuje naelektrenima ploščama. Sila v točki B ni več usmerjena po osi y – razstavimo jo lahko na pravokotni komponenti, v smeri osi y in v smeri osi x . Zdaj elektron zaide med plošči kondenzatorja (točka C). Silnice se zravnajo, sila je tu največja, ima zopet smer osi y in je povsod enaka. Na tem delu potovanja se elektronu pot najbolj ukrivi. In že se bližamo izhodu iz ploščatega kondenzatorja. Silnice se tu zopet ukrivijo prav tako kot pri vstopu v kondenzator, le da je sila v tem delu obrnjena nazaj, proti ploščam kondenzatorja. Na poti, po kateri elektron zapušča kondenzator, so sile že močno nagnjene glede na os y (točka D). Njihova komponenta v smeri osi x je zato večja kot na primer v točki B ter kaže v nasprotno smer. Z oddaljevanjem od kondenzatorja sila pojemaa, elektron se vse manj odklanja (točka E), njegova pot postaja vse bolj prema, dokler popolnoma ne pozabi na pripetljaj v kondenzatorju in se zopet giblje po premici.

Strnimo razmišljanje iz prejšnjega odstavka v pregledna grafa. Zabeležimo, kako sta se na poti elektrona spreminjali komponenti sile. Pri risanju vzamemo, da imajo sile v smereh koordinatnih osi pozitiven predznak, sile v nasprotnih smereh pa negativen predznak.



Slika 6. Spreminjanje komponente x sile (a) in spreminjanje komponente y sile (b) pri preletu elektrona skozi kondenzator.

Zdaj, ko poznamo potek sile, lahko narišemo še, kako so se komponenti hitrosti in hitrost elektrona spreminjale na poti skozi kondenzator. Spomnimo se drugega Newtonovega zakona, ki pravi: telo se giblje pospešeno, če nanj deluje stalna sila ($F = ma$). Podobno kot smo razstavili silo na dva pravokotna prispevka, lahko razstavimo tudi hitrost. V vsaki točki ima hitrost smer tangente na pot elektrona.



Slika 7. Spreminjanje hitrosti elektrona pri preletu skozi ploščati kondenzator.

Elektron prihaja od daleč s hitrostjo v smeri osi x (slika 7). Najprej začne naraščati hitrost v smeri osi y , saj v točki A že deluje sila F_y . V bližini vstopnega dela kondenzatorja deluje na elektron krajši čas pozitivna sila F_x ; hitrost v smeri osi x se v tem delu rahlo poveča. V področju med ploščama deluje na elektron močna, stalna sila F_y . Gibanje je enakomerno pospešeno – hitrost se enakomerno veča v smeri osi y . Na izstopnem robu kondenzatorja doživi elektron močnejši sunek negativne sile F_x , ki ga zavira, zmanjša se mu hitrost v ustrezni smeri. Šibka sila F_y , ki jo čuti še nekaj časa po tem, ko je zapustil kondenzator, počasi pojema. Slika 7a in 7b kažeta spreminjanje komponent hitrosti elektrona pri preletu skozi ploščati kondenzator. Spreminjanje velikosti hitrosti lahko izračunamo z uporabo Pitagorovega izreka. Sešteti moramo kvadrata obeh komponent in rezultat koreniti (glej sliko 7c). Na tak način dobimo s sliko 7a in 7b sliko 7c. S slike 7c je razvidno, da potuje elektron naprej z enako hitrostjo, kot je priletel v ploščati kondenzator. Smer gibanja je odklonjena, glede na prvotno smer, za kot α . (Glej sliko 5.)

Zgodbe je tukaj konec. Glavni junak jo odkuri po premici, kot je prišel, ploščati kondenzator ostane in čaka na druge naelektrene prišleke. Podobnost s kavboji in Indijanci ni tako popolna, kot se je zdelo na začetku. Če le ti že pridejo v saloon po premici, njihova pot po izstopu zagotovo ni prema...