

BRŽE OD SVJETLOSTI

Konusni i paraboloidni superluminalni akceleratori

Prošireni i korigirani članak

Ključne teorijske pretpostavke

U jednom prethodnom radu, **How to exceed the velocity of light**, pokazao sam da svjetlost nije neki posebni fizikalni entitet i da brzina svjetlosti, c nije svojstvo same svjetlosti nego je to zapravo **transferna konstanta** vakuuma – sposobnost ili svojstvo vakuuma da upravo i jedino tom brzinom može prenositi elektromagnetske impulse.

Vakuum je medij - «**luminiferous ether**» - (Maxwell) - koji **prenosi** samo elektromagnetske impulse, a ne mastične čestice, niti materijalne predmete, tjelesa, pa su oni nezavisni i indiferentni u odnosu na njegovu transfernu konstantu i mogu se **kretati** kroz njega brzinom koja može biti i manja i veća od brzine elektromagnetskih impulsa, tj od transferne konstante, ili brzine c .

Također sam pokazao da, postojećim metodama i akceleratorima, nije bilo moguće ubrzati čestice na brzinu veću od brzine svjetlosti, c **u vakuumu**. A to nije moguće, ne zbog onog navodnog povećavanja mase čestica, m , nego zbog toga što **akcelerativni učinak sile** F , koja djeluje na česticu - koju prenose elektromagnetski valovi, isključivo brzinom svjetlosti, c – dakle, zato što akcelerativni učinak sile, kad brzina čestice v , postane bliska brzini svjetlosti, c – tj. transfernoj konstanti vakuuma - pada prema nuli.

To proizlazi iz razvijanja ključne Einsteinove jednadžbe iz **Specijalne teorije relativiteta**,

$$“\textit{Transverse mass} = \frac{m}{1 - v^2 / c^2}” \quad (1)^*$$

Kad se ova jednadžba, po vlastitoj Einsteinovoj sugestiji, izvede do «čistog» oblika pogodnog za interpretaciju dobije se slijedeće:

$$m = \frac{F}{a}, \quad \frac{m}{1 - v^2 / c^2} = \frac{F}{a} \quad (2), \quad m = \frac{F(1 - v^2 / c^2)}{a} \quad (3),$$

$$\text{odnosno } a = \frac{F(1 - v^2 / c^2)}{m} \dots\dots\dots(4).$$

E. Einstein -
On the electrodynamics of moving bodies
§ 10, Slowly accelerated electron.

Kad je brzina čestice $v = c$, **relativna brzina**, $c_{rel.}$, rasprostiranja i djelovanja sile F , koja ubrzava česticu, **u odnosu na samu tu česticu** jednaka je nuli. Stoga je i njeno ubrzanje, $a = 0$. Za $a > 0$ potrebno je da **relativna brzina svjetlosti**, $c_{rel.}$ **za česticu**, bude veća od nule.

Također smo pokazali da slično biva i sa predmetom kojeg ubrzavamo zvučnim valovima, te da i u tom slučaju vrijede Lorentzove transformacije, pomoću kojih se uvijek može vrlo točno izračunati ubrzanje uzrokovano **silama koje prenose valovi**.

Lorentzovim transformacijama ne izračunava se, dakle, povećavanje mase čestice, m pri povećavanju njene brzine, nego smanjenje akceleratavnog učinka sile F . (Vidi jednadžbu 4.)

Stvarno povećani impuls čestica, p , odnosno njihova «masa», m jest energija koju je akcelerator investirao u njihovo ubrzavanje i povećavanje impulsa, i koja se «kondezirala» u polju, tj. «prostornoj auri», čestice, a ne nikako brzina koja se transformirala u masu.

Jedan analogijski primjer

Slična pojava, koja se događa u postojećim akceleratorima, događa se i kod jedrenjaka kojem vjetar dolazi točno s leđa odnosno s krme. Kad se brzina jedrenjaka približi brzini vjetra, onda će **relativna** brzina vjetra, kojom on udara u njegova jedra opasti, a s njom i sila koja jedrenjak gura naprijed. U tom slučaju, jedrenjak, zbog otpora vode, neće postići čak niti brzinu vjetra, nego nešto manju. Ovaj primjer s jedrenjakom odabran je zato što će on u slijedećem, kratkom tekstu pokazati jednu stvar koja je od presudne važnosti za fiziku ubrzavanja čestica.

Evo tog kratkog teksta

Ako spomenutom jedrenjaku, za kojeg pretpostavljamo da pruža mali otpor kretanju kroz vodu - ako, dakle, tom jedrenjaku, vjetar jednake brzine, ne dolazi s leđa, nego s boka – pod pravim kutem u odnosu na pravac njegova kretanja - onda on postiže i znatno veću brzinu od brzine vjetra koji puše u njegova jedra.

Naročito pogodni brodovi za postizanje takvih, supraventalnih brzina su mali, lagani katamarani. Oni mogu ploviti puno brže od vjetra koji ih kreće.

Zbog iznimno malog otpora, još puno brže od vjetra nego katamarani mogu se kretati «jedrilice» što ne plove kroz vodu, nego se, na klizaljka, klišu po zaleđenim površinama jezera i rijeka.

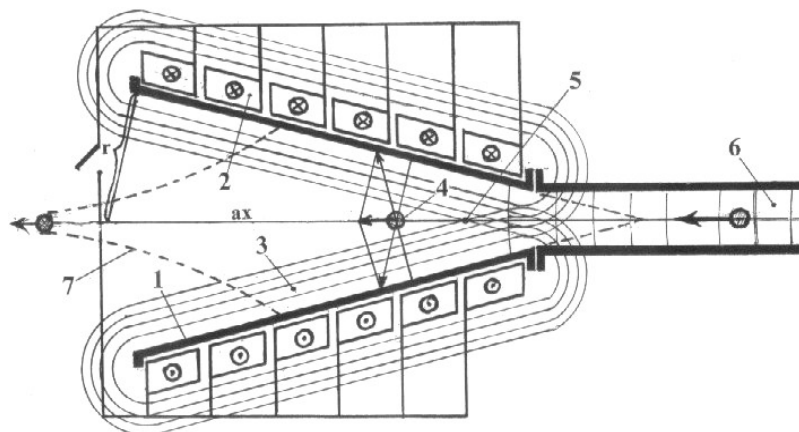
No, Vraćamo se fizici čestica.

Konusni supraluminalni akcelerator

U uobičajenim vrstama akceleratora, (linearnim ili kružnim) val koji ubrzava česticu dolazi joj odostraga, isto kao i vjetar u leđa, ili krmu onom jedrenjaku. Zbog toga ona ne može postići niti brzinu svjetlosti, a kamo li premašiti ju. Ali, ako bi smo val doveli čestici s boka, onda bi ona mogla postići i nekoliko puta veću brzinu od c .

Kako čestica nema jedro, kobilicu i kormilo kojima bi preusmjeravala silu koja deluje na nju, morali bi smo joj val dovoditi sa svih strana i to pod kutem koji je nešto veći od 90° stupnjeva u odnosu na smjer njenog kretanja.

To se može postići konusnim akceleratorom - akceleratorom koji ima oblik



lijevka. Vidi **sliku 1**.

Slika 1: ax – os konusnog akceleratora i putanja ubrzanih čestica, 1 - stjenka konusnog akceleratora, 2 – zavojnice, 3 izodiname elektromagnetskih valova, 4 – ubrzavana čestica, 5 – presjecište elektromagnetskih valova, 6 tubus standardnog akceleratora ili katodna cijev za postizanje početnih, subluminarnih brzina – 7 - cisoidalni presjek plašta svjetlosnog «konusa» proizišlog iz ubrzavanja čestica preko brzine svjetlosti.

Postupak

Čestica se najprije ubrzava u standardnom akceleratoru na neku subluminarnu brzinu, što bliže brzini c i uvodi u ljevka, odnosno konusni akcelerator. Umjesto kružnog ili linearnog akceleratora, za postizanje početnih, subluminarnih brzina, može se koristiti i jača katodna cijev.

Elektromagnetski val, 3 kojeg stvaraju zavojnice konusnog akceleratora, 2, a koje se sve stavljaju pod napon istovremeno, kreće se transversalno, tj. **okomito na stjenke lijevka**, prema njegovoj osi ax , a čestici, 4 koju ubrzava i osi ax , po kojoj se ona kreće, pristupa pod kutem nešto većim od 90° (stupnjeva) u odnosu na smjer kretanja čestice. Točka presjecišta elektromagnetskih valova, 5, u kojoj počinje njihova interferencija, a koja se nalazi na osi ax , kreće se duž osi toliko puta brže koliko je puta ta os duža od radiusa r . Česticu pokreće i ubrzava vektorski zbroj svih elektromagnetskih sila koje u konusu djeluju na nju. Konačna brzina čestice, v , kako je već rečeno, ovisi o odnosu dužine osi, ax i radiusa velikog otvora lijevka, r . Ako je os ax tri puta duža od radiusa (kako pokazuje naša slika), onda će brzina čestice, pri izlazu iz lijevka, nužno biti tri puta veća od brzine c , i to stoga što elektromagnetski valovi koji ju ubrzavaju duž osi ax , i točka njihovog presjecišta, za isto vrijeme dok u transversalnom kretanju prijeđu dužinu radiusa, r , moraju preći tri puta veću udaljenost krećući se približno longitudinalno, duž osi ax . Općenito uzevši, konačna brzina čestice, v toliko je puta veća od c koliko je puta os lijevka duža od radiusa njegovog velikog otvora. Kod konusnog akceleratora gore prikazanog **slikom 1** to je omjer 3 : 1. Pri većem omjeru, npr. 5 : 1 manji bi bio vektorski **zbroj** sila koje djeluju na česticu, pa bi to trebalo kompenzirati nešto snažnijim elektromagnetskim valom. A ako bi val bio dovoljno snažan, konačna brzina čestice bila bi 5 puta veća od brzine c .

Razlika konusnog akceleratora u odnosu na postojeće jest u tome što on - i za čestice koje imaju brzinu svjetlosti ili veću - relativnu brzinu vala, $c_{rel.}$, **za te čestice**, čini nekoliko puta većom od brzine same čestice, v i tako omogućuje njihovo ubrzavanje iznad brzine svjetlosti. Kod standardnih akceleratora, relativna brzina vala, $c_{rel.}$ u odnosu na visoko ubranu česticu vrlo je bliska nuli, $c_{rel.} \cong 0$, a kod konusnog, $c_{rel.} > 0$, i to višestruko - $c_{rel.} = n \cdot v > 0$

Radi što veće jasnoće pribjeći ću još nekim analogijskim primjerima.

Elektromagnetski i električki valovi konusnog, a i dolje opisanog paraboloidnog akceleratora, djeluju na česticu slično kao što tupe ali glatke škare djeluju na, npr. čeličnu žicu koju ne mogu presjeći nego ju, dok se stišću, guraju prema izlazu, tj. vrhu škara. Elektromagnetski valovi kreću se slično kao i noževi škara, a ona čelična žica, slično kao i ubrzavana nabijena čestica. Ako izvedete taj pokus sa škarama, vidjet ćete da se čelična žica kreće nekoliko puta brže nego noževi škara. Sličan omjer brzina biti će kod elektromagnetskih valova konusnog ili paraboloidnog akceleratora i čestice koju oni budu ubrzavali.

No evo jednog, možda još boljeg primjera u kojem je, isto kao i u akceleratorima, sredstvo ubrzavanja baš sam val. Mislim na velike oceanske valove.

Zašto je ovaj primjer tako dobar i pogodan?

Radi se, naime, o tome da se posredstvom vodenih valova sama voda **ne kreće**, kao što je slučaj kod puhanja vjetra ili riječnog toka, nego, voda koja je nepokretna, pomoću vodenih valova, prenosi neki mehanički impuls, baš kao što i nepokretni vakuum, putem elektromagnetskih valova prenosi elektromagnetski impuls i silu koju oni sadrže, a koja opet pokreće, odnosno ubrzava subatomske čestice.

Pored toga, brzina prenosa mehaničkih impulsa putem vodenih valova, određena je **transfernom konstantom vode** – sposobnošću vode da strogo određenom brzinom prenosi mehaničke impulse, tako da se vodeni valovi ponašaju jednako kao i elektromagnetski, iako su puno sporiji. A sada se vraćamo nagoviještenom primjeru.

Pretpostavimo, dakle, da imamo jednu veću šuplju kuglu koja može plivati, ali je ipak toliko teška da se nikad ne može uspeti na vrh ili krijestu velikog oceanskog vala. Nju bi val gurao svojim podnožjem u istom smjeru kojim se i sam kreće, i istom brzinom u odnosu na morsko dno. Brzina kugle **u odnosu na sam val** bila bi jednaka nuli.

Upravo tako kako bi oceanski val gurao spomenutu kuglu, **postojeći akceleratori**, pomoću elektromagnetskih valova već guraju subatomske čestice. A budući da se oni (elektromagnetski valovi) ne mogu kretati brže (a niti sporije) od svjetlosti, čestice, pri takvom načinu ubrzavanja (koji se koristi u postojećim akceleratorima), nikako ne mogu postići, a niti prijeći brzinu tih elektromagnetskih valova, tj. brzinu svjetlosti. *c*.

No sada pretpostavimo sada da umjesto one kugle upotrijebimo dasku za surfanje koja može preusmjeravati silu kojom raspolažu valovi i kretati se longitudinalno duž vala. Surferi koji longitudinalno surfaju duž velikih oceanskih valova postižu - u odnosu na morsko dno - mnogo puta veću brzinu od valova koji ih nose i pokreću, a surfaju u istom pravcu, u odnosu na pravac kretanja vala kao što bi surfala i čestica u konusnom ili paraboloidnom akceleratoru, u odnosu na elektromagnetski val.

Može se slobodno reći da bi čestice - u konusnim i paraboloidnim akceleratorima - baš kao i surferi u odnosu na oceanske valove - **longitudinalno** surfale duž elektromagnetskih valova, te da bi, kao što je gore već rečeno, mogle postići i mnogo puta veću brzinu od transverzalne brzine elektromagnetskih valova.

Vraćamo se tehničkim osobinama našeg akceleratora čestica.

Elektromagnetsko polje konusnog akceleratora ne mora imati enormno veliku snagu niti gustoću, jer se, zbog njegova specifičnog oblika, gustoća elektromagnetskog vala, slično kao i u fuzionim reaktorima, koncentrira, i povećava s približavanjem osi *ax*, tako da, zbog tog efekta, blizu same osi ono poraste do vrlo velike gustoće. To se događa zbog toga što se ono ne raspršuje nego fokusira u osi *ax*, pa ne opada za s kvadratom udaljenosti, tj. s *r*², nego se povećava po jednadžbi:

$$\Phi_{ax} = \Phi_0 / mm \cdot 2r\pi . \quad (5)$$

Φ_{ax} je gustoća magnetskog polja na osi ax , a Φ_0/mm je gustoća magnetskog polja na površini ili u središtu snopa zavojnica. Radi se o gustoći magnetskog polja ili broju silnica po jednom milimetru dužine opsega.

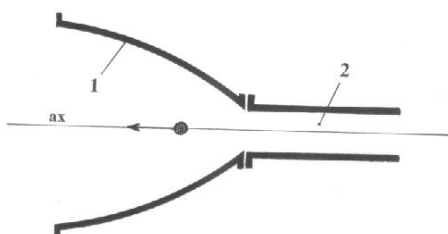
Istovremeno, zbog povećavanja opsega kruga, odnosno ukupne dužine zavojnica, veličina magnetskog toka, Φ na osi ax kontinuirano raste duž osi ax od ulaza u akcelerator do izlaza iz njega.

Zbog određene inertnosti čestica, za postizanje brzina mnogostruko većih od brzine svjetlosti, bilo bi ih moguće ubrzavati i baterijom ili nizom konusnih akceleratora od kojih bi prvi česticu ubrzao na brzinu samo dvostuko veću od brzine svjetlosti; drugi trostruko ili, treći četverostruko, treći peterostruko, ili šesterostruko itd.

Paraboloidni supraluminalni akcelerator

Isti efekt mogao bi se postići i sa akceleratorom čiji aksijalni presjek ne bi bio strogo konusan i pravocrtan, kao onaj već prikazani, nego blizak paraboli, tj. sličan paraboličnom konkavnom zrcalu. (Vidi sliku 2) Kod ovakvog akceleratora, odnos osi ax i radiusa r kontinuirano bi rastao od ulaza u akcelerator do izlaza iz njega, tj. velikog otvora konusa, odnosno paraboloida U istom omjeru rasla bi i brzina elektromagnetskog vala duž osi ax prema brzini c , i to od omjera npr. 2 : 1 do 10 : 1, ili pak 20 : 1. Brojka 1 u ovim relacijama označava dužinu radiusa r i brzinu svjetlosti, c , a brojke: 2, 10 i 20 dužinu osi ax i to koliko je puta brzina vala duž osi ax veća od njene transverzalne brzine c . Iste brojke označavaju i to koliko je puta konačna brzina čestice veća od c .

Slika 2



Slika 2: Os akceleratora ax , 1 - stjenka paraboloidnog supraluminalnog akceleratora, 2 tubus standardnog akceleratora ili katodna cijev. Izodiname elektromagnetskih valova koje generiraju zavojnice slijede u potpunosti zakrivljenost stjenke akceleratora. Ostali dijelovi paraboloidnog akceleratora nisu prikazani jer su identični onima kod konusnog.

Kod mjerenja postignute brzine čestice trebalo bi imati u vidu da postoje teorijske indikacije za to da bi se, za supraluminalne čestice, čisti vakuum mogao ponašati kao dijamagnetski medij i usporavati ih. Ionizirana čestica uzrokovala bi promjenu gustoće magnetskog polja u prostoru, ali - upravo zbog supraluminalne brzine - *isključivo u prostoru iza ubrzane čestice*. Čestica koja bi se kretala brže od svjetlosti također bi uzrokovala Cherenkov-ljev efekt u vakuumu i zračenje, pa bi i posredstvom njega gubila energiju, odnosno brzinu v . Svjetlosni plašt Cherenkov-ljevog konusa, tj. plašt od «komprimiranoga» vakuuma, ili «etera», 7, uzrokovan Cherenkov-ljevim efektom bio bi suprotno orjentiran konusu akceleratora (Vidi sliku 1), a zbog **ubrzavanja** čestice, aksijalni presjek ne bi mu bio strogo koničan - kako su pokazali dosadašnji eksperimenti,

bazirani na Cherenko-vljevoj teoriji - nego bi imao više oblik cisoide izdužene duž osi ax , ili pak oblik traktrise.

Još neke teorijske mogućnosti

Nijedna supraluminalno brza čestica ne može manifestirati svoj pozitivni niti negativni naboj ispred sebe, jer prostor prenosi njeno polje isključivo brzinom svjetlosti, dakle, sporije nego se čestica kreće. Električki naboj očituje se samo iza čestice, ukoliko ga vakuum ne «isiše», kako je gore već bilo rečeno.

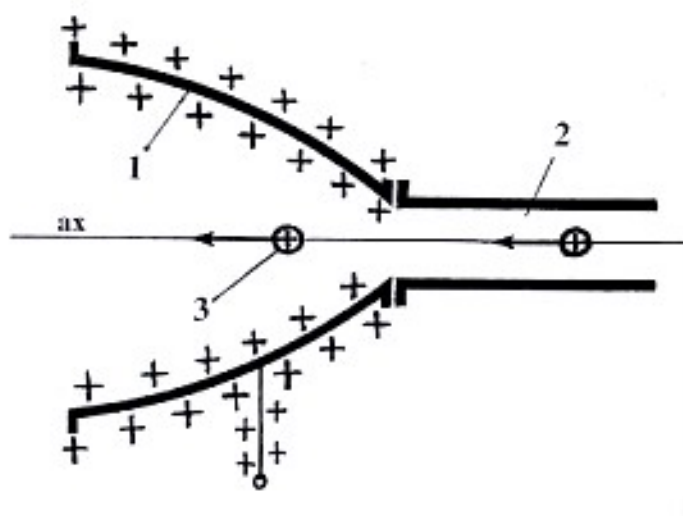
Kad ionizirana čestica, višestruko brža od svjetlosti napusti polje akceleratora, vakuum može «isisati» njen električki naboj i pretvoriti ju u električki neutralnu česticu. To bi bila neka vrsta kavitacije električkih svojstava čestice, a manifestirala bi se, najvjerojatnije kao specifično zračenje.

Budući da nemaju električkog naboja ispred sebe, i da se stoga ponašaju kao neutroni, supraluminalno brze čestice mogu se puno lakše sudarati nego nabijene subluminalno brze čestice, što je *važno* kod nuklearne fuzije i kolizije teških iona. Za sudaranje supraluminalno brzih čestica potrebna je manja energija nego za sudaranje subluminalnih, a energetska razlika u utrošenoj energiji i onoj koja se dobije iz njihovog sudaranja i spajanja (ili pak razaranja), puno je veća.

Slijedeće tehničke mogućnosti

Elektrostatski konusni i paraboloidni supraluminalni akceleratori

Umjesto akceleratora snabdjevenog zavojnicama za stvaranje magnetskog polja koje bi ubrzavalo čestice, postupak ubrzavanja može se izvesti i električnim poljem. U trenutku kad električki nabijena čestica uđe u prostor supraluminalnog akceleratora, njegova se stjenka, 1 nabija se pozitivnim ili negativnim električnim nabojem. Budući da se električno polje širi na isti način kao i magnetsko, električno polje supraluminalnog akceleratora ubrzavat će česticu duž osi ax isto kao i magnetsko. Za ubrzavanje elektrona, akcelerator će se nabijati negativnim električnim nabojem a za ubrzavanje pozitivnih iona, pozitivnim, kako je prikazano **slikom 3**



Slika 3: ax je os akceleratora i putanja čestica; 1 je stjenka akceleratora; 2 standardni akcelerator ili katodna cijev.

Najveća moguća, granična brzina čestica, v kod ovakvih, konusnih i paraboloidnih akceleratora ovisila bi o omjeru osi ax i radiusa r . Ta, najveća moguća brzina može se dobiti iz relacije:

$$v : c = ax : r, \dots v \cdot r = c \cdot ax \quad (6)$$

$$v = \frac{c \cdot ax}{r} \dots \dots \dots (7)$$

Ako bi omjer osi ax i radiusa r bio npr $1,6m : 0,4m$; odnosno $4 : 1$, onda bi to izgledalo ovako

$$v = \frac{c \cdot 1,6m}{0,4m} \quad (8)$$

$$v = 4c \quad (9)$$

Maksimalno moguća brzina ubrzavane čestice, kod ovakvog akceleratora bila bi, dakle, četiri puta veća od brzine svjetlosti.

Kad bi se, kod takvog akceleratora, brzina čestice, v veoma približila brzini $4c$ akceleracija bi pala na nulu i niti nekakva neizmjereno velika sila ne bi više mogla povećati njenu brzinu.

Sljedbenici relativističkog shvaćanja protumačili bi to tako kao da se pri brzini od $4c$ impuls ili masa čestice beskonačno povećala, pa je potrebna beskonačno velika sila da bi joj povećala brzinu. Potreban je, međutim, samo akcelerator koji će imati nešto veći omjer radiusa r i osi ax . Npr: $1 : 7$.

Opća jednažba za maksimalno moguću brzinu koju bi česticama mogao dati neki konusni ili parabolidni akcelerator glasila bi:

$$v = nc \quad (10)$$

Pri čemu bi v bila brzina čestice, n omjer radiusa r i osi ax , a c brzina svjetlosti.

Kada akceleracija čestice pada na nulu ?

Akceleracija čestice, za npr. gore spomenuti akcelerator s omjerom $4 : 1$ računat će se po Lorentzovim transformacijama, slično kao i akceleracija subluminalno brzih čestica.

$$a = \frac{F(1 - v^2 / 4c^2)}{m} \quad (11)$$

Opća jednažba za akceleraciju mastičnih čestica glasila bi kako slijedi:

$$a = \frac{F(1 - v^2 / nc^2)}{m} \quad (12)$$

Pri tome, kako smo već naveli, simbol n označava koliko je puta os ax duža od radiusa r . Akceleracija bi se svela na nulu kad bi brzina čestica postala toliko veća od c koliko je puta os ax duža od radiusa r . Ili, drugačije: akceleracija bi uvijek padala na nulu kad bi se brzina čestice, v približila brzini nc , $v \cong nc$

Nadsvjetlosna brzina čestica koja bi se postizala ovakvim akceleratorima bila bi, dakle, to veća što bi bio veći faktor n , tj. odnos između radiusa r i osi ax . No treba imati u vidu da bi efektivna veličina vektorskog zbroja sila koja ubrzava čestice također i opadala sa povećavanjem tog omjera i da bi pri vrlo velikom ili beskonačno velikom omjeru, nužno pala na nulu zato što bi pravac djelovanja te sile postao okomit na os ax pa ne bi bilo nikakvog ubrzanja čestica duž osi.