

Prikaz interferenčnih vzorcev z naključnim gibanjem delcev

Igor Grabec^{1,*} – Nikolaj Sok²

¹ Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, Slovenija

² Univerza v Ljubljani, Fakulteta za računalništvo in informatiko, Slovenija

Valovni značaj delcev v kvantni mehaniki predstavlja presenetljivo lastnost, ki sta jo De Broglie in Böhm poskusila razložiti tako, da sta delcem pripisala pilotni val. Ta dvoličnost je bila obravnavana kakor lastnost mikro-sveta do nedavnega, ko so poskusi s kapljicami na površini vibrirajoče kapljevine pokazali, da je lahko značilna tudi za makroskopske delce. V teh poskusih spremljajo kapljice pilotni valovi na kapljevini, kar lahko vodi do interferenčnih pojavov, podobno kakor pri delcih v mikro-svetu. Glavni namen članka je pokazati, da lahko opazimo interferenčne pojave pri gibanju delcev na vibrirajočih površinah celo tedaj, ko ni prisoten pilotni val. V ta namen je numerično prikazano nastajanje Chladnijevega vzorca, ki ga povzroči interferenca valov v Youngovem poskusu.

Chladnijev vzorec oblikujejo trdni delci, ki poskakujejo na vibrirajoči površini. Uporaba teh vzorcev za analizo nihanja teles je precej pripomogla pri razvoju akustike. Čeprav je očitno, da se pri oblikovanju takšnega vzorca gibljejo delci iz področja z visoko amplitudo vibriranja v področje z nizko amplitudo, pa analitičen opis tega gibanja dolgo ni bil izpeljan zaradi kompleksnosti celotnega pojava. V ta namen so bile šele nedavno analizirane trajektorije poskakujočih delcev na vibrirajočih površinah. Analiza je pokazala, da je poskakovanje posameznega delca naključno. Porazdelitev horizontalnega premika $\Delta \mathbf{R}(x,y)$ je Gaussova in neodvisna od smeri. Standardna deviacija porazdelitve je sorazmerna amplitudi vibracije $A(x,y)$ in karakterizira dolžino premika v enem skoku. Ta lastnost omogoča preprosto simulacijo oblikovanja Chladnijevega vzorca z generatorjem naključnih števil G na osnovi podane porazdelitve amplitude vibracij $A(x,y)$. Primerjava simuliranih in opaženih vzorcev pokaže presenetljivo dobro ujemanje njihovih lastnosti. Čeprav je poskakovanje delcev naključno, je osnovni parameter porazdelitve določen z amplitudo vibracije, in zato Chladnijev vzorec, ki nastane na vibrirajoči površini, nudi informacijo o karakteristikah ustreznega stojnega vala na površini. Ker je stojni val posledica interference valov gibajočih se v nasprotnih smereh, lahko predpostavimo, da je Chladnijev vzorec uporaben za karakteriziranje lastnosti interference tudi v drugih primerih. Za potrditev te predpostavke simuliramo gibanje delcev v Youngovem poskusu, ki vključuje interferenco valov iz dveh izvorov. V ta namen uporabimo model vsiljenega naključnega premikanja iz predhodnega članka.

V simulaciji je posamezni premik opredeljen z Gaussovim generatorjem naključnih števil: $(A(x,y) - A_c) \times G$, ki ima standardno deviacijo porazdelitve verjetnosti sorazmerno amplitudi vibracije nad kritično vrednostjo A_c za poskakovanje. Premik delca v x -smeri pri skoku je opisan z enačbo: $\Delta x = (A(x,y) - A_c) \times G$, in podobno v y -smeri. Porazdelitev amplitude vala je prikazana na Sliki 1, medtem ko je porazdelitev 5000 delcev v Chladnijevem vzorcu na začetku, in po 100, 400, ter 1600 skokih, prikazana na Slikah 2 in 3. Spreminjanje porazdelitve delcev je najbolj izrazito na začetku poskakovanja in pojenjuje s premikanjem delcev v področja z majhno amplitudo.

Sliki 2 in 3 kažeta, da se delci gibljejo zaradi poskakovanja v mirna področja. Nastali Chladnijev vzorec zato nudi osnovo za prikazovanje in karakteriziranje interferenčnega pojava, četudi pri njegovem nastajanju poskakujejo delci naključno. Seveda so lastnosti interferenčnega pojava v tem primeru opredeljene samo z lastnostmi valov na površini in ne s pilotnimi valovi delcev. V zvezi s prikazanim primerom se pojavi vprašanje, ali bi bilo mogoče tudi v kvantni mehaniki najti primer interferenčnega pojava, ki bi ga lahko interpretirali brez valovne dvoličnosti delcev iz mikro-sveta.

Ključne besede: naključno gibanje delcev, Chladnijevi vzorci, interferenčni pojav, Youngov poskus