



GÖTEBORGS UNIVERSITET

Optical levitation and Mie Fano combs

Javier Tello Marmolejo

Institutionen för fysik
Fakulteten för naturvetenskap och teknik

Akademisk avhandling för filosofie doktorsexamen i fysik, som med tillstånd från Fakulteten för naturvetenskap och teknik kommer att offentligt försvaras fredag den 13/06/2025 kl. 9:00 i PJ-rummet, Institutionen för fysik, Kemigården 1, Göteborg.

ISBN: 978-91-8115-298-2 (TRYCKT)
ISBN: 978-91-8115-299-9 (PDF)



GÖTEBORGS UNIVERSITET

Sammanfattning

Ljusets minsta beståndsdel, fotonen, har en liten rörelsemängd. När ljus bryts, reflekteras eller absorberas i materia överförs denna rörelsemängd, vilket innebär att ljus kan trycka på eller till och med dra i ett objekt. Detta faktum användes av Arthur Ashkin i hans uppfinningar av optisk levitation och den optiska pincetten, vilket gav honom Nobelpriset 2018. Tillämpningsområdena för optiska pincetter och optisk levitation är enorma, från att fånga enskilda celler och organeller till att skapa kvantbegränsade sensorer.

I denna avhandling visar jag på sex nya tillämpningar av optisk levitation genom experiment dels med en vertikal fälla bestående av en enda laserstråle och en horisontell fälla bestående av två motriktade laserstrålar. Med den vertikala fällan skapade jag en fullt manipulerbar dämpad, driven harmonisk oscillator och visualiserade den sfäriska aberrationen hos en lens. Vidare återskapade jag det 100 år gamla Millikan-experimentet där jag nu använde en enda oljedroppe, där man kan observera hur enskilda elektroner lämnar droppen, och detektera det direkt med det mänskliga ögat.

Därefter, med hjälp av den horisontellt riktade dubbelfällan, studerade jag Mie-spridning från avdunstande vattendroppar, vilket visade på förekomsten av en kamstruktur av Fano-resonanser. Jag visade sedan hur detta kan användas som ett illustrativt exempel i undervisning i kvantmekanik. Jag studerade även storleksberoendet av avdunstningshastighet då man värmer droppar med hjälp av infrarött laserljus.

De olika tillämpningar som jag demonstrerat i denna avhandling visar på bredden av tillämpningar för optisk levitation som ett forskningsverktyg. Jag visar också hur dessa experiment kan ge en intuitiv förståelse för strukturen hos resonanserna i Mie-spridning och visar hur detta spektrum kan tillämpas på andra områden, såsom avdunstning av droppar, och inom forskning om undervisning i fysik.

Keywords: Optisk levitation, optiska pincetter, gasformiga medier, optisk manipulation, dämpad driven harmonisk oscillator, optisk aberration, sfärisk aberration, Millikan-experiment, Mie-spridning, Fano-resonans, Whispering Gallery Mode, Fano-kammar, fysikdidaktisk forskning, avdunstning, bestrålning, omsättning, vattendroppar, vakuumlaseracceleration, D2-lagen, analogi, tillämpningar.