

# Post-doctoral position in Physics

Lund University, Faculty of Engineering, Department of Physics

Lund University was founded in 1666 and is repeatedly ranked among the world's top 100 universities. The University has 40 000 students and 7 400 staff based in Lund, Helsingborg and Malmö. We are united in our efforts to understand, explain and improve our world and the human condition.

LTH forms the Faculty of Engineering at Lund University, with approximately 9 000 students. The research carried out at LTH is of a high international standard and we are continuously developing our teaching methods and adapting our courses to current needs.

The Department of Physics is with a staff of about 350 scientists and educators one of the largest departments within Lund University. There are seven research divisions and a number of research centra within the department. The research activities at the department cover a broad spectrum of modern physics. [www.fysik.lu.se/english](http://www.fysik.lu.se/english).

The Quantum Information Group at the Division of Atomic Physics has a strong activity in quantum information and quantum optics based on light-matter interactions in inorganic crystals doped with rare earth ions. These materials have unique properties as solid state quantum materials due to their exceptionally narrow optical line widths, which also translates to an ability to remain in quantum superposition states over extended periods of time. Rare-earth-ion-doped crystals are also, together with trapped ions and superconducting qubits, one of three quantum computing schemes supported in the first round of the European Union Flagship on Quantum Technology. The group has been a pioneer in introducing quantum memory schemes in rare-earth-ion-doped crystals, a field in which many groups are active today. We have pioneered sophisticated structuring of the inhomogeneous absorption profiles of rare earth-ion doped crystals using optical pumping methods. Recently, this structuring has been used to control the speed of light in the crystals, with some remarkable consequences as further described below. The position is linked to the Quantum Information Group at the Division of Atomic Physics.

**Subject description** The group works on the development of hardware for quantum computing and quantum memories and on developing materials where the speed of light can be slowed by 3-5 orders of magnitude for applications in e.g. laser frequency stabilization and medical imaging and treatment.

**Area 1: Experimental quantum information in rare-earth-ion doped Crystals** Quantum technology with rare-earth ions in solids is a fast growing field that has been recognized in the EU Flagship as the only contender to the two main approaches (superconducting qubits and ion traps). Rare-earth-ion doped crystals are unique among solid state systems because of their millisecond optical coherence times. These are then combined with spin coherence times of more than 6 hours. There is also a strong and controllable dipole-dipole interaction between ions that are close to each other in space and this interaction can provide reliable quantum gate operations. The main benefits are good interconnectivity of the qubits and a potentially very high qubit density. However, at present only a single full qubit has been realized, which means that the coming few years will be very impactful in demonstrating the potential of the rare-earth approach. The primary challenge right now is developing detection and interactions with single ions inside the crystals. We are pursuing several approaches for this, including coupling different qubit and readout ion species and also enhancement using micro cavity QED effects. Once this has been established, the strong dipole-dipole interactions between the ions can be used to extend the work to the multi-qubit regime, and to explore the high qubit scaling potential.

**Area 2: Slow and fast light using slow light rare-earth-ion-doped crystals for metrology** The frequency stability of lasers locked to reference cavities is presently limited by the thermal Brownian motion of the atoms constituting the reference cavities, which causes the length of the cavity to fluctuate with time. The current limit for the average cavity length variation is  $\sim 0.1$  proton radius. We have recently demonstrated that slow light effects in Fabry-Pérot cavities made of rare-earth-ion-doped crystal materials can decrease cavity mode spacing and line widths by 3-5 orders of magnitude. Further we have shown that in such cavities the effect of length fluctuations on the cavity resonance frequency is decreased by 3-5 orders of magnitude compared to a conventional vacuum cavity of the same length. This project aims to explore the possibility to use this type of cavities for improving laser frequency stabilization beyond the current limits, partly in cooperation with SYRTE (Systèmes de Référence Temps-Espace) in Paris. At the other end of changes to the speed of light, we would also like to investigate the possibility to use fast light (pulses travelling faster than  $c$ ), to increase the sensitivity for certain applications, e.g. gravity wave detection.

**Area 3: Rare-earth spectral filters that can enable tissue imaging and treatment beyond what is possible today** This project presents a unique opportunity to work in the border between advanced atomic physics and applied medical imaging. By using our techniques to spectrally program the rare-earth materials, we can create very narrow filters that use a combination of absorption and slow light effects to separate shifted photons from their carrier. We have made calculations that show that these filters can be used to enable non-invasive optical imaging of deep lying organs, such as the heart. In this project, we will strive to develop filters and laser technology that can then be tested together with researchers in medicine and biomedical engineering. Successful tests could have a significant impact on medicine in general, as this kind of optical imaging allows a molecular sensitivity not available to current techniques like ultrasound and x-rays.

**Area 4: Theory and simulations – possible topics may include light-matter interactions, quantum computing schemes or simulation of light propagation in tissue** Similar as described for experimental quantum information above (area 1), theory work related to rare-earth-ion quantum information has considerable potential for generating important results in the near future. A large part of the current protocols and schemes for quantum computing was developed with other approaches in mind, which means that novel schemes for rare-earth ions, using their unique features may have high impact.

We are also working with light propagation simulations to understand slow and fast light behavior, as well as for deep tissue imaging. There are also rare-earth-based slow light related medical applications where analysis of phase conjugation schemes for tissue imaging could be of significant importance.

**Work duties** The main duties involved in a post-doctoral position is to conduct research. Teaching may also be included, but up to no more than 20% of working hours. The position shall include the opportunity for three weeks of training in higher education teaching and learning.

Which research project/projects the successful candidate(s) will be involved in is decided in discussions with the candidate. The duties may include teaching (however at the most 20%), again this possibility will be discussed with the successful candidate. The postdoctoral researcher is expected to assist in supervision of degree projects and in part also in supervision for postgraduate students. Depending on his/her experience we may also offer the candidate training in applying for external funding. For the interested candidate we also expect to have outreach projects such that the postdoctoral researcher could collect experience from such tasks.

**Qualification requirements** Appointment to a post-doctoral position requires that the applicant has a PhD, or an international degree deemed equivalent to a PhD, within the subject of the position, completed no more than three years before the last date for applications. Under special circumstances, the doctoral degree can have been completed earlier.

Additional requirements:

- Very good oral and written proficiency in English.

**Assessment criteria and other qualifications** This is a career development position primarily focused on research. The position is intended as an initial step in a career, and the assessment of the applicants will primarily be based on their research qualifications and potential as researchers. Particular emphasis will be placed on research skills within the subject.

For appointments to a post-doctoral position, the following shall form the assessment criteria:

- A good ability to develop and conduct high quality research.
- Teaching skills.
- We are searching for a person with ability to run projects independently but also able to interact efficiently with the other members in the research team.
- We expect the successful applicant to have extensive experience in experimental laser-based research and optics.
- Programming experience is considered required for the theoretical work, and a plus for the experimental

Additional assessment criteria:

- Documented prior teaching experience
- Experience in coherent light-matter interactions

Strong consideration will also be given to good collaborative skills, drive and independence. How the applicant's experience and skills can complement and strengthen our ongoing research activities within the Quantum Information Group, and how the applicant might stand to contribute to its future development, will also be of significant importance.

**Terms of employment** This is a full-time, fixed-term employment of a maximum of 2 years. The period of employment is determined in accordance with the agreement "Avtal om tidsbegränsad anställning som postdoktor" ("Agreement on fixed-term employment as a post-doctoral fellow") between Lund University, SACO-S, OFR/S and SEKO, dated 4 September 2008.

**Instructions on how to apply** Applications shall be written in English. Please draw up the application in accordance with LTH's Academic qualifications portfolio – see link below. Upload the application as PDF-files in the recruitment system. Read more:<http://www.lth.se/index.php?id=71223>

Lund University welcomes applicants with diverse backgrounds and experiences. We regard gender equality and diversity as a strength and an asset. We kindly decline all sales and marketing contacts.

<b>Type of employment</b>	Visstidsanställning längre än 6 månader
<b>Contract type</b>	Full time
<b>First day of employment</b>	as soon as possible
<b>Salary</b>	Monthly paid
<b>Number of positions</b>	1
<b>Working hours</b>	100
<b>City</b>	Lund
<b>County</b>	Skåne län
<b>Country</b>	Sweden
<b>Reference number</b>	PA2018/3425
<b>Contact</b>	Stefan Kröll, professor +4646 2229626, stefan.kroll@fysik.lth.se
<b>Union representative</b>	OFR/ST:Fackförbundet ST:s kansli 046-222 93 62 SACO:Saco-s-rådet vid Lunds universitet 046-222 93 64
<b>Published</b>	2018-11-30
<b>Last application date</b>	2018-12-21
<b>Link to ad</b>	<a href="http://lu.mynetworkglobal.com/what:job/jobID:233109/">http://lu.mynetworkglobal.com/what:job/jobID:233109/</a>

# Postdoktor i fysik

Lunds universitet, Lunds Tekniska Högskolan, Fysiska institutionen

Lunds universitet grundades 1666 och rankas återkommande som ett av världens 100 främsta lärosäten. Här finns 40 000 studenter och 7 400 medarbetare i Lund, Helsingborg och Malmö. Vi förenas i vår strävan att förstå, förklara och förbättra vår värld och människors villkor.

Lunds Tekniska Högskola, LTH, är en teknisk fakultet inom Lunds universitet med forskning av hög internationell klass och stora satsningar på pedagogisk mångfald.

Fysiska institutionen är en av Lunds universitets största institutioner med cirka 350 anställda. Vid institutionen finns sju forskningsavdelningar och ett antal större centrumbildningar. Forskningen vid institutionen täcker ett brett spektrum av modern fysik. [www.fysik.lu.se](http://www.fysik.lu.se).

Kvantinformationsgruppen vid avdelningen för atomfysik arbetar med kvantinformation och kvantoptik i sällsynta jordartsdopade kristaller. Koherenstiderna för optiska superpositioner i dessa material kan ligga i millisekundsområdet vilket gör dem unika bland fasta material. Tillsammans med jonfällor och supraledande kvantbitar är kvantdatorer baserade på sällsynta jordartskristaller ett av de tre kvantdatorkoncept som stöds av inom det nystartade 1000 M€EU flaggskeppet i kvantteknologi. Forskningsgruppen koordinerar också kvantsensordelen i det ~800 Mkr Wallenberg Centre of Quantum Technology (WACQT) som startat 1/1 2018. Gruppen har varit pionjärer när det gäller schema för kvantminnen i sällsynta jordartsdopade kristaller, liksom för schema för kvantdatorer baserade på sällsynta jordartsdopade kristaller. Sällsynta jordartsdopade kristaller är idag en av de ledande kvantminnesteknikerna och vårt kvantdatorschema utgör i delar basen för det sällsynta jordartskristalldopade projekt som nu ligger inom EU:s Flaggskepp i Kvantteknologi. Tjänsten är knuten till kvantinformationsgruppen vid avdelningen för atomfysik.

**Särskild ämnesbeskrivning** Kvantinformationsgruppen arbetar med hårdvara för kvantinformation baserat på sällsynta jordartsdopade kristaller samt tillämpningar av långsamt ljus med ljushastigheter ner mot en hundratusendedel av ljushastigheten i vakuum.

Vi beskriver nedan 4 olika områden som exempel på forskningsprojekt som kan vara aktuella att arbeta inom för den som erhåller tjänsten.

**Område 1: Kvantdatorhårdvara baserat på sällsynta jordartsdopade kristaller** Sällsynta jordartsdopade kristaller kan ha optiska koherenstider i millisekunds-området och spinkoherenstider på flera timmar. De har stark dipol-dipol växelverkan som möjliggör multi-qubit operationer med korta gate-tider, god interkonnektivitet och potentiellt hög qubitäthet. Hittills har endast single-qubit operationer utförts och det kommer vara viktigt att demonstrera sällsynta jordartsdopade kristallers potential som kvantdatorhårdvara genom att utveckla tekniker för att läsa ut kvantillstånd för enskilda joner i kristallen, realisera två-qubits grindar med enstaka joner och påvisa skalbarhet. Såväl single-ion fluorescence som Purcell enhancement i mikrokaviteter ingår i de tekniker som vi utvecklar och använder oss av för detta syfte.

**Område 2: Långsamt och snabbt ljus i sällsynta jordartsdopade kristaller för tillämpningar inom metrologi** Frekvensstabiliteten hos lasrar låsta till externa referenskaviteter begränsas idag av den termiska Brownska rörelsen hos atomerna på ytan av kaviteters speglar. I medeltal varierar kavitetslängden pga av detta ca 0.1 protonradier. Vi har nyligen visat att långsamt-ljus-effekter i Fabry-Pérot kaviteter gjorda av sällsynta jordartsdopade kristaller kan minska kavitetsmodseparationer och linjebredder med 3-5 storleksordningar. Därvid minskar också frekvenskänsligheten för kavitetslängdsändringar med 3-5 storleksordningar. Detta projektet syftar till att undersöka möjligheten att använda Fabry-Pérot kaviteter gjorda av sällsynta jordartsdopade kristaller för att förbättra laser frekvensstabilisering bortom dagens begränsningar. Detta är speciellt intressant eftersom frekvens/tid är de storheter som människan kan bestämma med störst precision. Projektet kan också komma att inriktas mot att använda snabbt ljus (grupp-hastigheter större än ljushastigheten i vakuum) för att öka känsligheten i vissa mätningar, t ex för gravitationsvågdetektion.

**Område 3: Sällsynta jordartskristallbaserade filter för att möjliggöra medicinsk avbildning och behandling bortom vad som är möjligt idag** Detta projektet erbjuder unika möjligheter att arbeta inom gränsområdet atomfysik – tillämpad medicinsk teknik. Vi har utvecklat optiska pumpningstekniker för att i detalj strukturera absorptionsprofilen i våra sällsynta jordartsdopade kristaller. Vi kan tillverka mycket smalbandiga filter som genom att kombinera smalbandig absorption och långsamt ljus kan

separera spritt ljus på frekvenser som skiljer endast någon MHz. Genom att kombinera ljus med ultraljud kan detta möjliggöra rumsupplöst avbildning av t ex syresättningsnivåer djupt inne i kroppen. Vi arbetar tillsammans med forskare inom bioteknologi, medicin och företag inom medicinteknologiområdet för förfina konceptet. Projektet kan möjliggöra molekylspecifika mätningar djupt inne i kroppen på ett sätt som inte är möjligt med t ex ultraljud och NMR enbart och har därför stor medicinsk potential.

**Område 4: Teori och simuleringar – möjliga områden kan inkludera ljus-materia växelverkan, kvantdatorschema, simulering av ljusutbredning i vävnad** Vi utför omfattande simuleringsarbete av materia-ljus växelverkan för kvantinformation, medicinsk avbildning, och långsamt ljus fenomen där vi ofta kan förutsäga utfallet av experiment med mycket god noggrannhet. Inom våra medicinska projekt simulerar vi också ljusutbredning i vävnad. Gruppens medverkan i EU:s flaggskepp i kvantteknologi gör det också mycket intressant att utveckla och förfina vårt kvantdatorschema, vilket kan innefatta såväl simuleringar som andra teoretiska projekt.

**Arbetsuppgifter** I arbetsuppgifterna som postdoktor ingår främst att bedriva forskning. Undervisning kan ingå i arbetsuppgifterna, dock högst en femtedel av arbetstiden. Inom ramen för anställningen ska det ges möjlighet till tre veckors högskolepedagogisk utbildning.

Exakt vilka forskningsprojekt som kommer ingå i arbetet bestäms i diskussioner med den som erhåller tjänsten, Detsamma gäller mängden undervisning inom tjänsten. Tjänsteinnehavaren förväntas assistera i handledning av examensarbetare och i även i viss utsträckning vara ett stöd vid handledning av doktorander. Beroende på intresse och erfarenhet kan det också vara aktuellt med träning i att ansöka om forskningsmedel och det kommer finnas möjlighet att arbeta med projekt inom den tredje uppgiften.

**Behörighet** Behörig att anställas som postdoktor är den som avlagt doktorsexamen, eller utländsk examen som bedöms motsvara doktorsexamen, inom anställningens ämnesområde och som avlagts högst tre år före ansökningstidens utgång. Om det finns särskilda skäl kan doktorsexamen ha avlagts tidigare.

Övriga krav:

- Mycket goda kunskaper i engelska, i tal och skrift.

**Bedömningsgrunder** Detta är en meriteringsanställning främst inriktad på forskning. Anställningen är tänkt som ett inledande steg i karriären och bedömningen av de sökande kommer i första hand att baseras på deras vetenskapliga meriter och potential som forskare. Särskild vikt kommer att fästas vid vetenskaplig förmåga inom ämnesområdet.

Vid anställning av den aktuella postdoktortjänsten ska följande utgöra grund för bedömning:

- God förmåga att utveckla och genomföra forskning av god kvalitet
- Pedagogisk förmåga
- Förmåga att självständigt driva projekt samt växelverka effektivt med övriga medlemmar i forskningsgruppen
- Omfattande erfarenhet av experimentellt arbete inom laser-baserad forskning och optik
- Programmeringsvana är ett krav för teoretiskt arbete och ett plus för experimentellt arbete

Övriga meriter:

- Eventuell dokumenterad tidigare undervisningserfarenhet
- Erfarenhet av koherent ljus-materia växelverkan

Hänsyn kommer också att tas till god samarbetsförmåga, driv och självständighet samt hur den sökande genom sin erfarenhet och kompetens bedöms komplettera och stärka pågående forskning inom institutionen samt bidra till dess framtida utveckling.

**Villkor** Anställningen är tidsbegränsad till max 2 år och avser heltid. Anställningen tidsbegränsas enligt avtal, "Avtal om tidsbegränsad anställning som postdoktor", mellan arbetsmarknadens parter daterat 2008-09-04 (Arbetsgivarverket, OFR:s, Saco-S och SEKO).

**Instruktioner för ansökan** Ansökan ska skrivas på engelska. Redovisa dina meriter enligt LTHs akademiska meritportfölj, se länk nedan. Ladda upp som PDF-filer i rekryteringssystemet. Läs mer här: <http://www.lth.se/omlth/ledigatjanster/soeka-laeraranstaellning-vid-lth/>

Lunds universitet välkomnar sökande med olika bakgrund och erfarenheter. Vi ser jämställdhet och mångfald som en styrka och tillgång. Välkommen med din ansökan! Vi undanber oss alla kontakter från annonsförsäljare, rekryterings- och bemanningsföretag på grund av statliga upphandlingsregler.

<b>Anställningsform</b>	Visstidsanställning längre än 6 månader
<b>Anställningens omfattning</b>	Heltid
<b>Tillträde</b>	snarast
<b>Löneform</b>	Månadslön
<b>Antal lediga befattningar</b>	1
<b>Sysselsättningsgrad</b>	100
<b>Ort</b>	Lund
<b>Län</b>	Skåne län
<b>Land</b>	Sverige
<b>Ref. nr.</b>	PA2018/3425
<b>Kontakt</b>	Stefan Kröll, professor +4646 2229626, stefan.kroll@fysik.lth.se
<b>Facklig företrädare</b>	OFR/ST:Fackförbundet ST:s kansli 046-222 93 62 SACO:Saco-s-rådet vid Lunds universitet 046-222 93 64
<b>Publicerat</b>	2018-11-30
<b>Sista ansökningsdag</b>	2018-12-21
<b>Länk till annons</b>	<a href="http://lu.mynetworkglobal.com/what:job/jobID:233109/">http://lu.mynetworkglobal.com/what:job/jobID:233109/</a>