



Kandidatexamensarbeten 2026

Fysik

Ämnesansvariga:

Jack Lidmar
jlidmar@kth.se



Experimentella test av den allmänna relativitetsteorin

Handledare: Tommy Ohlsson (tohlsson@kth.se)

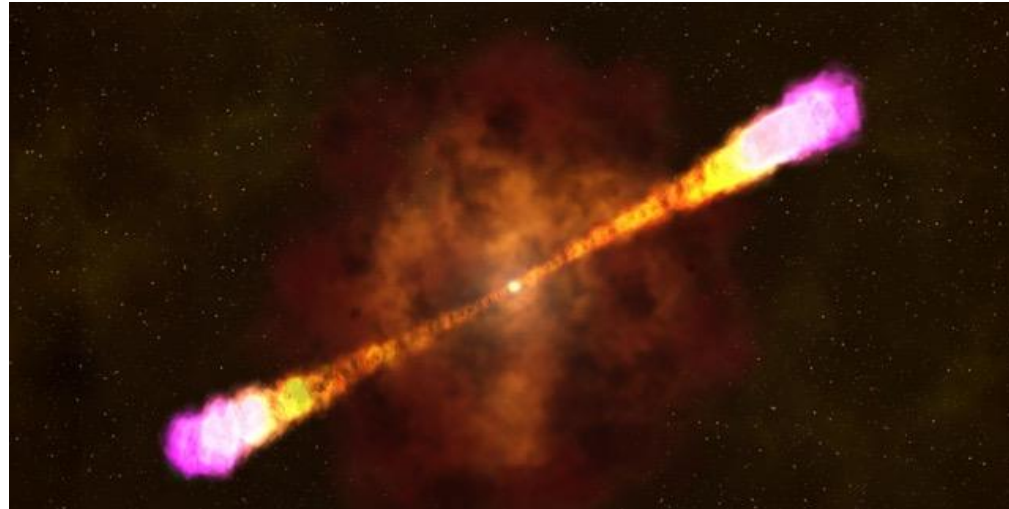
År 1915 publicerade Albert Einstein sina banbrytande arbeten om den s.k. Relativistiska teorin för gravitation numera känd under namnet "den allmänna relativitetsteorin" (GR). Medan Einsteins teori har en matematisk skönhet och naturlighet, har den också kunnat förklara fakta om naturen som till viss del redan var kända på den tiden och delvis har bekräftats av experiment senare. Uppgift är att studera experimentella fakta och teoretiska argument som övertygade fysiker om att GR är korrekt.

Frågor som bör besvaras är: När kan GR approximeras väl med Newtons klassiska teori för gravitation? Ge exempel där avvikelser är väntade. Teoretiska förutsägelser av sådana avvikelser och bekräftelser av sådana förutsägelser med hjälp av experiment. Klassiska test av GR, som bör diskuteras, inkluderar: Mercurius perihelium-precession, deflektion av ljuset p.g.a. solen, och gravitationell rödförskjutning av ljuset. Teoretiska frågor som bör studeras är: Principer för GR, det relativistiska Kepler-problemet och dess lösning, newtonska gränsen för GR och korrekationer till den.

Referenser: T.-P. Cheng, Relativity, Gravitation, and Cosmology. A Basic Introduction, 2nd ed., Oxford (2010), M. Guidry, Modern General Relativity, Cambridge (2019), R.M. Wald, General Relativity, Chicago (1984).

Testa en modell för strålningen från relativistiska utflöden i kosmologiska gammablixtar (astrofysik)

Handledare: Filip Alamaa, filipsam@kth.se och Oscar Wistemar, wistemar@kth.se

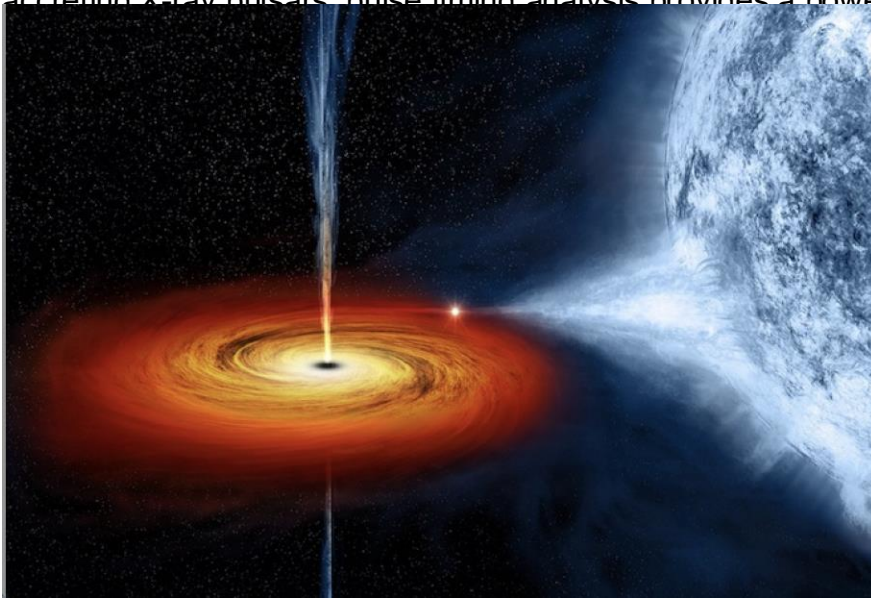


Det första ljuset från en gammablixt skapas någonstans i den ultrarelativistiska jet strålen som skickas ut i samband med en supernova eller en sammanslagning av binära neutron stjärnor. Men vilken process som skapar den observerade gammastrålningen i jetstrålen är inte känt. Ett alternativ är att kollisioner sker i den optiskt tjocka delen av utflödet vilket överför energi till gammafotoner som sen strålar vid fotosfären. Vi har en ny modell för den här processen som vi börjat använda för att anpassa data från gammablixtar. I det här projektet kommer ni använda den här modellen på simulerad data för att testa modellens robusthet och degenerering. Det kommer ingå programmering, data analys, simulering av modellen, och presentation av resultaten.

Orbital and spin changes in X-ray binary pulsar

Supervisor: Varun Varun, vvarun@kth.se

Our universe contains many different types of stars. While some are similar to the Sun, about half exist in binary or multiple-star systems. Roughly 30–50% of stars are in binaries, where normal stars can transfer mass until one evolves into a compact object such as a white dwarf, neutron star, or black hole. These systems, known as X-ray binaries, emit strong X-rays that can be studied with space telescopes. The orbital period changes of an X-ray binary reveal important details about stellar physics and interactions between stellar components. When the compact object is a neutron star, it imprints a characteristic signature in X-ray emission from the binary. Although changes in orbital and spin period are usually slow, they can be measured in systems like Her X-1, Cyg X-3, and SMC X-1. Orbital evolution is driven by mechanisms such as mass transfer, angular momentum loss, tidal forces, and gravitational radiation. For accreting X-ray pulsars, pulse timing analysis provides a powerful tool to track the effects of orbital and spin changes.



In this project, you will study orbital and spin properties of a high-mass X-ray binary (HMXB). You will work on a particular HMXB source and deduce any changes in these properties. The work involves working on data from space telescopes such as NuSTAR and Chandra using HEASoft tools and FITS files. The work is best suited for students with an interest in astronomy and programming skills in Python or C++.



The Lindblad equation

Supervisor: Edwin Langmann, langmann@kth.se

The Lindblad equation is a fundamental equation in quantum physics that allowing to take into account the effect of an environment on a quantum system. In this project, you will learn what the Lindblad equations are and apply them for simple examples, using a combination of analytic and numeric methods.

Reference: Manzano, D. (2020). A short introduction to the Lindblad master equation. Aip advances, 10(2).

<https://arxiv.org/pdf/1906.04478>



The quantum mechanical anharmonic oscillator

Supervisor: Edwin Langmann, langmann@kth.se

The anharmonic oscillator is a prototype model in quantum mechanics. In this project, you will study this model using one or two different approximation methods; there are many such methods and, for this reason, it is possible to have several groups working on this project. The project requires analytic and numeric computations but, depending on interest, it can be more on one side or the other.

Four different references to start the exploration would be (there are others):

Bender, C. M., & Wu, T. T. (1973). Anharmonic oscillator. II. A study of perturbation theory in large order. *Physical Review D*, 7(6), 1620.

Hsue, C. S., & Chern, J. L. (1984). Two-step approach to one-dimensional anharmonic oscillators. *Physical Review D*, 29(4), 643.

Simon, B., & Dicke, A. (1970). Coupling constant analyticity for the anharmonic oscillator. *Annals of Physics*, 58(1), 76-136.

Loeffel, J. J., Wightman, A. S., Simon, B., & Martin, A. (1969). Padé approximants and the anharmonic oscillator. *Phys. Lett. B*, 30, 656-658.

Röntgenobservationer av astronomiska transienter

Handledare: Josefin Larsson, josla@kth.se

Röntgenastronomi lämpar sig för att studera många av universums mest extrema objekt och fenomen; till exempel svarta hål, neutronstjärnor, och supernovor. Röntgenobservationer fokuserar ofta på ett givet objekt men fångar samtidigt av en slump ett tiotal andra källor inom samma synfält. En del av dessa är så kallade transienter, dvs objekt som enbart är synliga under en begränsad tidsperiod och ofta uppvisar kraftiga variationer under korta tidsskalor. Det här projektet handlar om att analysera spektra och tidsserier av sådana röntgentransienter för att avgöra vad de har för ursprung. I praktiken kommer projektet innefatta programmering i Python, användande av astronomisk mjukvara och statistiska metoder, samt jämförelser med teoretiska modeller.



Slinky drop-experimentet

Handledare: Mattias Blennow, emb@kth.se

Slinky (eller *trappfjäder*) är en klassisk leksak som uppfanns av en slump på 1940-talet. Förutom att kunna gå nerför trappor visar Slinky en rad fascinerande fysikaliska fenomen. Ett av dessa är det så kallade **Slinky Drop**-experimentet, där den nedre änden av Slinky tillfälligt svävar när leksaken släpps från en upphängd position. Detta fenomen har uppmärksammats av den populärvetenskapliga YouTube-kanalen *Veritasium* [1] och ger en intressant inblick i dynamiska krafter och vågrörelser.

I detta projekt kommer ni att:

Matematiskt modellera och analysera Slinky Drop och undersöka de bakomliggande fysikaliska principerna

- Konceptualisera och genomföra experiment där ni observerar och mäter Slinky Drop
- Jämföra de experimentella resultaten med den teoretiska modellen
- Författa en handledning och instruktioner för att genomföra Slinky Drop-experimentet, riktat mot en gymnasieklass

Projektet kan vid intresse och tid utvidgas för att studera ytterligare fenomen som uppträder i samband med Slinky Drop. Exempel på sådana fenomen inkluderar:

- Torsionsvågor: Undersök hur vridningar sprider sig genom fjädern under experimentet.
- Parameterberoende: Analysera hur olika Slinky-parametrar (massa, längd, material) påverkar experimentets resultat.
- Yttre påverkan: Utvärdera effekterna av att fästa en extra massa i någon av ändarna eller tillämpa andra yttre krafter.

Referenser:

- [1] "Slinky Drop", Veritasium, <https://youtu.be/wGIZKETKKdw>
- [2] W. G. Unruh, "The falling slinky," <https://arxiv.org/abs/1110.4368>
- [3] Berggren, et al., "A Tale of Two Slinkies: Learning about Model Building in a Student-Driven Classroom," <https://doi.org/10.1119/1.5025285>
- [4] M. G. Calkin, "Motion of a falling spring," *Am. J. Phys.* 63 261 (1993)





ML algorithm for matrix inversion and non-linear problems

Supervisor: Chong Qi, (chongqi@kth.se)

Various machine learning algorithms have been applied recently to solve complex quantum systems which otherwise can be difficult to do even by supercomputers. That is important not only for basic physics but for simulating large-scale astrophysical processes. In this project the students can choose to work on either of the following directions:

- Apply ML algorithm to invert a given Jacobian matrix that is important for the rapid neutron capture process. Our initial effort from last year results in a highly-successful code **SPIRIT** which could server as a benchmark.
- Apply neural network to solve a large sets of nonlinear equations. Certain quantum systems can not be solved with linear algebra. We have managed to transform them into large nonlinear equations which we deem as significant advances and are still difficult to solve with existing traditional algorithms in Python and Mathematica.
- Apply and develop ML optimization or sampling algorithms for solving a complex many-body Hamiltonian.

$$\begin{array}{c} \text{vector} \\ \text{of dependent} \\ \text{variables} \end{array} \quad \mathbf{y} = \quad \mathbf{x} \boldsymbol{\beta} + \quad \boldsymbol{\varepsilon} \quad \begin{array}{c} \text{vector of} \\ \text{our error} \\ \text{terms} \end{array}$$

x is a design matrix

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & x_1 \\ 1 & x_2 \\ 1 & x_3 \\ \vdots & \vdots \\ 1 & x_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \beta_2 \\ \vdots \\ \beta_n \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \\ e_3 \\ \vdots \\ e_n \end{bmatrix}$$



$$\frac{1}{\sqrt{2}} |\uparrow\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}} |\downarrow\rangle$$

*The physics models will be provided as Python (or Mathematica) codes for all three subjects.



Analytical and experimental investigation of forced and natural circulation transients in a large scale thermohydraulic facility HWAT

Supervisors: Prof. Pavel Kudinov, Dr. Dmitry Grishchenko from the division of Nuclear Science and Engineering

Light Water Small Modular Reactors (LW-SMRs) are the most likely nuclear technology to be deployed in the nearest future. LW-SMRs offer modular design, component shelf availability; factory based manufacture, improved safety and rely on several decades of experience from conventional light water reactors. The most advanced LW-SMRs that are currently under licensing or construction (e.g., NuScale, CAREM, SMART) are of PWR type with integral design (iPWR) in which the core, the primary loop, the pressurizer, and steam generators are located inside a single pressure vessel and in nominal conditions the primary flow is single phase. PWR type provides single phase flow in nominal conditions in the core (and in steam generators) with large margin to DNB. Another common feature of the iPWRs is the wide use of passive safety systems that help to avoid reliance on the operator actions and external power supply. It is not clear if complex transients (such that transition from forced to natural circulation, or natural circulation instabilities) can lead to DNB or CHF and respective core damage. To study the relevant phenomena a new high-pressure experimental loop (HWAT) has been constructed at KTH.

In this work the student will design and carry out analysis of different transients in the HWAT facility and will participate in the experiments. The goals of this project:

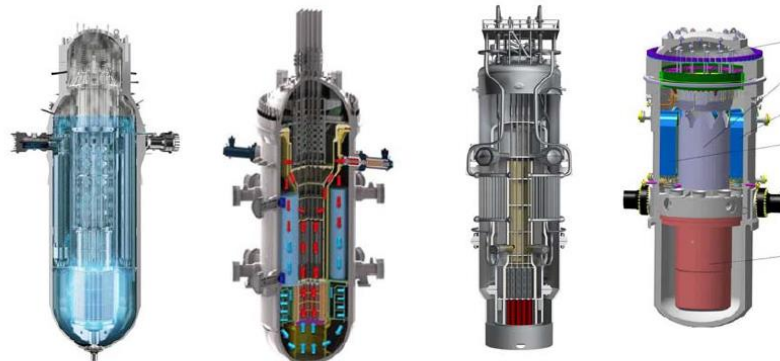
To develop GOTHIC code input for modeling of available experimental data from HWAT.

Develop suggestions for new experimental conditions relevant to Small Modular Reactor phenomena and scenarios.

To carry out post-test analysis and assess validity of the TH codes in predicting experimental results from HWAT.

To develop an approach for identification of the domain of experimental parameter leading to natural circulation instabilities.

Approach: The modelling will be carried out using GOTHIC 8.3 containment thermal-hydraulic analysis codes.



CAREM (Argentina)

SMART (Korea)

NuScale (USA)

F-SMR (France)



CFD modelling in support of the design of experimental facilities for investigation of flow accelerated corrosion erosion of structural material in liquid metal cooled reactors

Supervisors: Prof. Pavel Kudinov, Dr. Dmitry Grishchenko from the division of Nuclear Science and Engineering



Flow-accelerated corrosion and erosion at high temperatures (FAC/E-HT) is one of the main challenges for design of the critical components of a heavy liquid metal (HLM) cooled fast reactor, e.g. pumps, fuel cladding, core support structures, welding. The FAC/E rate is known to be affected by flow velocity, the Reynolds number, wall shear stress and turbulence level, as well as wall roughness which develops as a result of FAC/E. Unfortunately, data on FAC/E with HLM especially at prototypically high temperatures and controlled/known turbulence conditions is very scarce. A set of experimental facilities is currently under construction at KTH in the framework of SSF-SUNRISE project with the objective to provide experimental data for development and validation of FAC/E modelling for HLM. The aim of this project is to provide analytical support to the design, pre- and post-test analysis of the experiments.

Goals:

To analyze liquid metal flow in the configurations relevant for separate effect and component test facilities that are currently being designed at NE division in the framework of SUNRISE SSF project (<https://www.reactor.sci.kth.se/sunrise>).

To contribute in the optimization of the design and definition of the test conditions.

Approach: CFD codes (ANSYS-CFX and OpenFoam) software will be used to

Select and analyze flow conditions in a separate effect and component (pump) test facilities.

Review available approaches for prediction of flow accelerated corrosion/erosion phenomena, including the effect of turbulence.



Radon measurements prior to an earthquake: data analysis and methodology

Supervisors: Ayşe Ataç Nyberg and Torbjörn Bäck

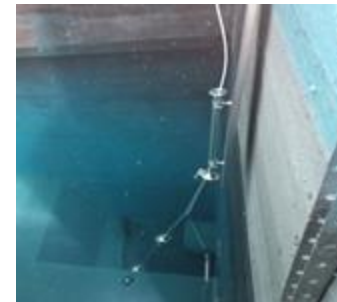
Forecasting of earthquakes is an unresolved scientific problem which requires cross-disciplinary research. The ultimate goal is to develop a reliable, effective warning system with respect to location and magnitude with a time window of 2-3 days. One of the precursor signals which has a potential of giving early warning signals, is also very interesting from the nuclear physics point of view. It has been repeatedly reported that there is an enhancement of radon gas in groundwater and soil prior to an earthquake. Radon (Rn-222) is a naturally occurring radioactive gas which is part of the uranium decay series. The radon gas can migrate upwards from the deep layers of the crust and its concentration could be affected by large scale seismic movements. In this work, you will be able to join a multidisciplinary collaboration of scientists working on different aspects of a project called **artEmis**, coordinated from KTH.

Within the artEmis project, a large number of gamma-ray detectors are being produced and used in order to measure radioactivity from radon and its daughter products, in the groundwater. Between 2022 and 2025 we have developed, built, and tested detector prototypes installed in the field (underwater). Sensor units have been installed in wells, springs and tunnels in Italy, Greece and in Switzerland. A dedicated data network and database has been implemented to acquire the data. We have recently redesigned the sensor and the new systems are now being installed (Autumn 2025 and Spring 2026). The sensor units contain gamma-ray detectors as well as PHT sensors (pressure, humidity, temperature, humidity), accelerometers and microphones.

We offer bachelor (KEX) projects for up to two student groups this year, focusing on some of the following data-related tasks (the precise project tasks will be decided after discussion, and will depend on both students interest and of the status of the artEmis project in the Spring of 2026). Possible project task/focus:

- Monitoring and analysis of the data measured by the artEmis sensor units. Correlation of the data measured by different sensors in each unit. Data organisation and correlation with available seismic data.
- Code development for automatic and dynamic data handling in the database and visualisation of data.
- Development of machine-learning models and tools for analysis of data.

For this project, it is a requirement to have experience (e.g. from a KTH course in programming) in Python programming.



Sensor installations in Gran Sasso Region in Italy, Feb 2024.

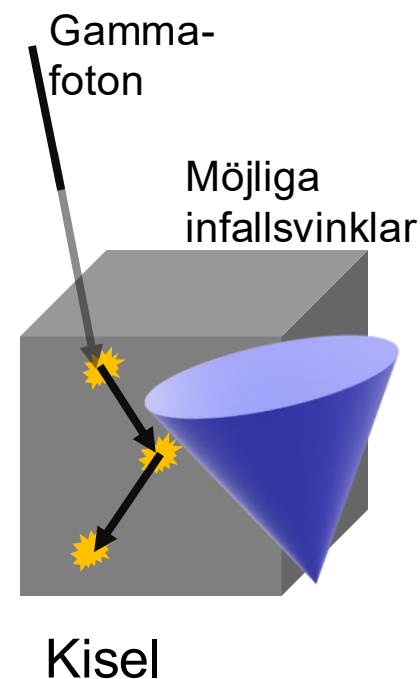


10⁶ gånger effektivare medicinsk avbildning med en riktningskänslig kiseldetektor

Handledare: Mats Danielsson, md@mi.physics.kth.se

En viktig metod inom sjukvården idag, både för behandling och diagnos, är att man märker biologiska molekyler med en nuklid som emitterar strålning i form av en foton som man mäter i ett sensorsystem. Detta system bygger idag på en mekanisk lösning med djupa hål i metall som ger begränsad upplösning och mycket dålig effektivitet. Vi arbetar på en ny typ av detektor som kan ersätta denna teknik genom att uppmäta riktningen på fotonen. Varje foton kommer att interagera flera gånger i kiset innan den absorberas eller lämnar detektorn och med hjälp av de uppmätta energierna och interaktionspositionerna kan man mäta varifrån fotonen kommer. En sådan detektor kan i teorin förbättra doseffektiviteten i en gammakamera med en faktor 10⁵-10⁶, men det är utmanande att analysera data från sådana detektorer, eftersom man måste räkna ut vilka interaktioner som hör till vilken infallande foton, och vilken ordning interaktionerna har skett.

Det här projektet går ut på att analysera data från en simulering av en sådan detektor och ta fram praktiskt användbara algoritmer för att gruppera interaktioner som hör till samma foton, identifiera spridd strålning och uppmäta den infallande strålens riktning. Arbetet kommer att ge viktig information om hur man bäst skall designa den nya detektorn och använda den för att få bättre tekniker för medicinsk diagnos och behandling.

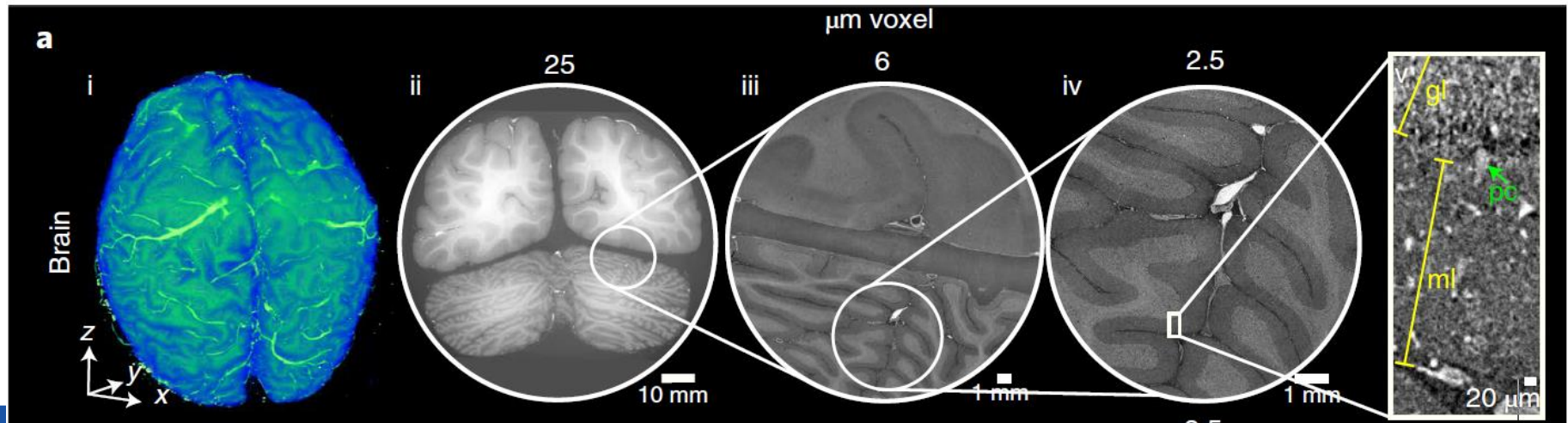


Simulering av medicinsk röntgenavbildning med faskontrast

Handledare: Mats Persson, mats.persson@mi.physics.kth.se

Medicinsk avbildning med röntgenstrålar används idag för att diagnostisera en lång rad olika sjukdomstillstånd, men den teknik som används idag använder bara en del av den information som finns i röntgenstrålningen. Nästa stora framsteg väntas bli faskontrastavbildning, där man inte bara mäter intensiteten på röntgenstrålningen utan också hur vågornas fas förskjuts. Vi utvecklar en ny teknik för faskontrastavbildning som bygger på att uppmäta interferensmönster med en detektor med extremt hög upplösning. En viktig fråga är hur man skall behandla data för att få så bra bild som möjligt. Uppgiften blir att utveckla en praktiskt användbar algoritm för att uppmäta fasen och utvärdera denna algoritm i en simuleringsstudie för olika avbildningssituationer.

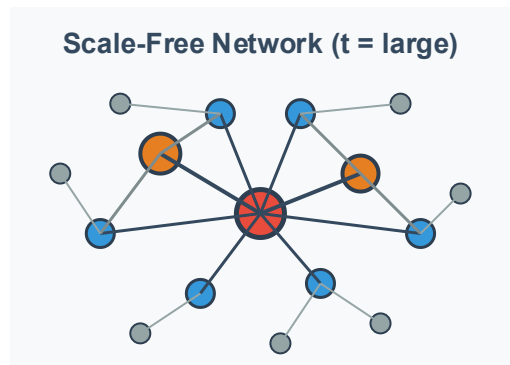
Det här projektet, ligger vid forskningsfronten inom medicinsk fysik och ger en möjlighet att delta i utvecklingen av en ny bildgivande teknik som kan ge ett nytt fönster in i människokroppen.



Skalningsbeteende och kritiska fenomen i växande nätverk

Handledare: Jack Lidmar <jlidmar@kth.se>

Nätverk finns överallt i naturen och samhället, från internet och sociala nätverk till proteininteraktionsnätverk och neurala kopplingar i hjärnan. En intressant upptäckt inom nätverksvetenskapen är att många nätverk i den verkliga världen är skalfria och uppvisar power-law-fördelningar som uppstår naturligt genom preferentiell anknytning under tillväxt. Detta projekt undersöker hur nätverkstopologi uppstår dynamiskt när nätverk växer och hur kritiska fenomen – såsom perkolationsövergångar – manifesteras i dessa utvecklingsstrukturer. Genom att kombinera simulering, statistisk analys och begrepp från kritiska jämviktsfenomen kommer du att undersöka hur makroskopisk konnektivitet uppstår från mikroskopiska tillväxtregler och hur nätverk reagerar på skador eller fel. Detta arbete kopplar samman statistisk fysik och komplexa systemteorier och har direkta tillämpningar för att förstå infrastrukturens motståndskraft, spridning av epidemier och informationsspridning.



Referenser:

R. Albert, A.-L. Barabási, *Statistical mechanics of complex networks*, Rev. Mod. Phys. 74, 47 (2002)

<https://doi.org/10.1103/RevModPhys.74.47>

(alternativt <https://arxiv.org/abs/cond-mat/0106096>)

Aktiv Brownsk rörelse: Run-and-tumble-dynamik

Handledare: Jack Lidmar <jlidmar@kth.se>

Levande system verkar långt ifrån termisk jämvikt, och deras beståndsdelar – från simmande bakterier till krypande celler – uppvisar ett statistiskt beteende som skiljer sig fundamentalt från passiva Brownska partiklar. Run-and-tumble-rörelse, där partiklar växlar mellan ballistisk rörelse och slumpmässig omorientering, är en av de enklaste och viktigaste modellerna för aktiv materia, direkt inspirerad av bakteriell kemotaxi. Detta projekt undersöker hur aktiv rörelse fundamentalt förändrar diffusionsbeteende, rumslig fördelning och kollektiva fenomen. Genom numeriska simuleringar och analytisk modellering kommer du att utforska hur aktivitet modifierar partikelfördelningar i begränsade geometrier, hur interaktioner mellan aktiva partiklar kan leda till spontan mönsterbildning och hur riktad rörelse uppstår i externa fält. Denna forskning kopplar samman icke-jämviktsstatistisk mekanik med biologisk fysik och har implikationer för förståelsen av allt från bakteriellt beteende till design av syntetiska mikrosimmare.

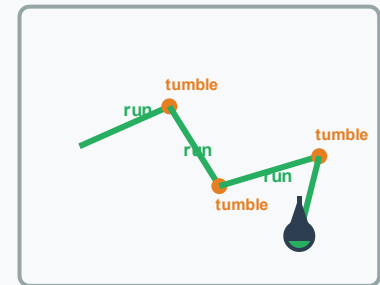
Referenser:

<https://doi.org/10.1119/1.4870398>

<https://doi.org/10.1119/5.0125111>

<https://doi.org/10.1103/RevModPhys.88.045006>

Run-and-Tumble Particle



Self-propulsion with
random reorientations



Fler projekt kommer