

# MSc prosjekter i høyenergifysikk (HEP) - 2017

## Accelerator physics

**Particle accelerator physics studies for the European Spallation Source:** The European Spallation Source (ESS) is currently under construction in Lund, Sweden. We participate in the study of how the proton beam is accelerated and focused in the ESS accelerator. As MSc work on this topic, you will perform beam dynamics studies of the proton beam, and help our team to predict the shape and impact of the proton beam as it interacts with the neutron spallation target at high energy (see also the previous description). You may also aid our team on building up an advanced telescope to image the beam you will be simulating.

1. *aman Erik Adli, FØ382, [Erik.Adli@fys.uio.no](mailto:Erik.Adli@fys.uio.no)*

## Education

*Path for education, research and discovery.*

The ambition to bring to the “classrooms” important LHC discoveries is realized using the discovery of the Higgs boson in 2012. Approximately 10% of the ATLAS discovery data were made available for students to search themselves for the Higgs boson. Promises of new discoveries in the 13 TeV LHC era and opportunities offered by the CERN open data have triggered new educational materials. We have room for 2 students to work on development of educational material based on new high energy particle physics research □ data and possible coming discoveries. We target high school as well as university students, including bachelor, master and PhD levels. These educational materials follow the LHC 'heartbeats' and have the ambition to influence textbooks and teaching methods. This work is supported by the Thon Foundation

(<https://www.facebook.com/fysikk/posts/1276286769120085>). We work in close contact with the International Particle Physics Outreach and the ATLAS collaborations.

*Prof. Farid Ould-Saada, FØ377, [Farid.Ould-Saada@fys.uio.no](mailto:Farid.Ould-Saada@fys.uio.no)*

## Heavy ion physics

**Development of Monte Carlo numerical simulation programs for collisions of heavy and light nuclei.** □ Predictions and comparison with experimental data (e.g. from the ALICE experiment).

*Prof. Larissa Bravina, FV305, [Larissa.Bravina@fys.uio.no](mailto:Larissa.Bravina@fys.uio.no)*

**Studier av charmonia (mesoner bestående av tunge charm-anti-charm kvarkpar) i ultrarelativistiske kollisjoner, målt med ALICE-detektoren ved LHC, CERN.** Charmonia viser en interessant og komplisert oppførsel i et kvark-gluon-plasma, og målinger av disse sjeldne mesonene gir viktig kunnskap om hvordan tunge kvarker vekselvirker med plasmaet og om hvordan bundne charm-anti-charm-systemer produseres. Studenten skal analysere eksperimentelle data fra ALICE-detektoren, kombinert med numerisk simulering av partikkelproduksjon og detektoroppsett. Studenten tilegner seg kunnskap om partikkelfysikk, kjernefysikk, partikkeldetektorer, data-analyseverktøy og simuleringsverktøy. Studenten blir medlem av ALICE-analysegruppen PWG-DQ (Dileptons and Quarkonia) og får anledning til kortere eller lengre utenlandsopphold ved CERN, f.eks. gjennom CERNs sommerskole, ALICE-møter og deltakelse i innhenting av ALICE-data.

*Prof. Trine S. Tveter, FV317, [t.s.tveter@fys.uio.no](mailto:t.s.tveter@fys.uio.no)*

**Studier av vinkelkorrelasjoner for 2 og / eller 3 partikler produsert i ultrarelativistiske kollisjoner, målt med ALICE-detektoren ved LHC.** Slike korrelasjonsstudier gir kunnskap både om kollektive fenomener (flow) i et kvark-gluon-plasma og om hvordan enkeltpartikler med høy transvers bevegelsesmengde påvirkes av plasmaet. Studenten skal analysere eksperimentelle data fra ALICE-detektoren, kombinert med numerisk simulering av partikkelproduksjon og detektoroppsett. Studenten tilegner seg kunnskap om partikkelfysikk, kjernefysikk, partikkeldetektorer, dataanalyseverktøy og simuleringsverktøy. Studenten blir medlem av ALICE-analysegruppen PWG-CF (Correlations and Flow) og får anledning til kortere eller lengre utenlandsopphold ved CERN, f.eks. gjennom CERNs sommerskole, ALICE-møter og deltakelse i innhenting av ALICE-data.

*Prof. Trine S. Tveter, FV317, [t.s.tveter@fys.uio.no](mailto:t.s.tveter@fys.uio.no)*

## Instrumentation and computing

**Particle detector development for the European Spallation Source :** The European Spallation Source (ESS) is currently under construction in Lund, Sweden. The Oslo group is building an advanced telescope inside the radioactive nuclear core of ESS in order to image the proton beam before it hits the neutron spallation target. As MSc work on this topic, you will help our team finding novel scintillators for imaging charged particle beams in high-radiation environments. You will perform experimental tests of coated luminescent samples using lasers and at some occasions the Oslo Cyclotron. You may have the possibility to participate in experiments using proton test beams abroad as well. You may also aid our team on building the telescope which will image the ESS beam.

*1. aman Erik Adli, FØ382, [Erik.Adli@fys.uio.no](mailto:Erik.Adli@fys.uio.no)*

**Computing and software at the Exascale** are crucial parts of the LHC physics experiments. The NorduGrid Advanced Resource Connector (ARC) middleware increases in popularity due its simplistic design and ease of deployment. This makes it the preferred choice of middleware for new and many existing sites particularly in Europe and Asia. ARC and its Control Tower allow seamless access to heterogeneous resources: **Grid, High Performance Computers and Clouds**. Moreover, ATLAS@home, based on BOINC and ARC, allow to access opportunistic resources made of personal computers. We propose master thesis subjects on development of new computing software tools, distributed data management systems, and data models that will address the challenges of future LHC extreme conditions. This involves various aspects of software development including modern techniques making use of **machine learning and anomaly detection**. The importance of Multi-variate analysis or "Machine Learning" in High Energy Physics continues to increase, for applications as diverse as reconstruction, physics analysis, data quality monitoring and distributed computing.

*Prof. Farid Ould-Saada, FØ377, [Farid.Ould-Saada@fys.uio.no](mailto:Farid.Ould-Saada@fys.uio.no)*

**Utvikling av pixel detektorer for å oppgradere ATLAS detektoren** på CERN. Når LHC blir oppgradert til høyere intensitet må mange av detektorene i ATLAS byttes. I Norge deltar vi i utviklingen av pixel detektorer og vi får nye sensorer sommeren 2017 som skal bygges til moduler og testes. Studenten kan velge mellom følgende oppgaver:

- Sett opp og test et lasermålesystem for å karakterisere nye pixel sensorer;
- Delta i ATLAS-testbeam på CERN og bidra til analyse av testbeam-data;
- Videreutvikle en metode (basert på Compressed Sensing) for 3-D målinger av pixel sensorer;
- Karakterisering av nye tynne 3-D pixel sensorer produsert av SINTEF og bygging av detektor-moduler.

Studentene utvikler kunnskap om detektorutvikling, sensorutvikling i samarbeid med SINTEF,

silisumdetektorer, dataanalyseverktøy, elektronikk. Studentene får anledning til kortere eller lengre utenlandsopphold ved CERN, f.eks. gjennom CERNs sommer skole, trening og testbeam aktiviteter.

*Prof. Heidi Sandaker, FØ384, [Heidi.Sandaker@fys.uio.no](mailto:Heidi.Sandaker@fys.uio.no)*

*Prof. Alex Read, FØ381, [a.l.read@fys.uio.no](mailto:a.l.read@fys.uio.no)*

**Utvikling av silisium detektorer for å studere anti-materie ved AEGIS på CERN.** Vi vet ikke ennå om antimaterie faller oppover eller nedover i jordens magnetfelt. Vår gruppe utvikler detektorer for å studere anti-Hydrogen. Master studenten skal bidra til byggingen av en silisium detektor for AEGIS samt samle data i testbeam på CERN og analysere disse. Vi har også et prosjekt som er å utvikler simuleringsverktøy av anti-materie annihilasjoner i silisium detektorer og sammenligne med data. Studenten utvikler kunnskap om detektorutvikling, sensorutvikling i samarbeid med SINTEF, silisumdetektorer, dataanalyseverktøy, elektronikk. Studenten får anledning til kortere eller lengre utenlandsopphold ved CERN, f.eks. gjennom CERNs sommer skole, trening og testbeam aktiviteter.

*Prof. Heidi Sandaker, FØ384, [Heidi.Sandaker@fys.uio.no](mailto:Heidi.Sandaker@fys.uio.no)*

## Particle physics

**Searches for Dark Matter and new physics phenomena within the High Energy Particle Physics.** With the advent of higher energies and higher collision rates the Large Hadron Collider (LHC) continues the exciting voyage towards *new physics phenomena*, allowing physicists all over the world to explore a previously unknown territory full of promise. The ambitious LHC physics programme may shed light on some of the greatest mysteries in physics today: (i) the nature of dark matter, and (ii) the behaviour of the gravitational force at the microscopic scale.

Symmetries play a crucial role in physics. *Supersymmetry* relates integer spin particles (bosons) and half-integer spin particles (fermions). It allows unification of the electroweak and strong interactions, proposes *dark matter* candidates, and predicts *new Higgs bosons*. Processes of interest involve superpartners of the leptons, of the gauge and Higgs boson, as well as a dark matter particle, which is predicted to be the lightest supersymmetric particle. The studies will include a search optimization, analysis of ATLAS data at 13 TeV and interpretation of results, making use of constraints from astrophysics and cosmology.

*Prof. Farid Ould-Saada, FØ377, [Farid.Ould-Saada@fys.uio.no](mailto:Farid.Ould-Saada@fys.uio.no)*

Do *new fundamental forces* show up at the LHC the way the Z and Higgs bosons did? According to superstring theories, which proposes to unify all fundamental forces, including gravity, there is room for new forces to be mediated by new gauge bosons, known as Z' and W'. This work consists in a detailed study and implementation into Monte Carlo generators of various theories beyond the Standard Model. This will be followed by an analysis of ATLAS data, taken at the highest available energies, and a comparison to simulation data.

*Prof. Farid Ould-Saada, FØ377, [Farid.Ould-Saada@fys.uio.no](mailto:Farid.Ould-Saada@fys.uio.no)*

**Gravity** as we know it is negligible at the subatomic level. The addition of  $n$  space dimensions affect the behaviour of the gravitational force, changing from  $1/r^2$  to  $1/r^{(2+n)}$ , thus enhancing its strength at very short distances  $r$ . A way to search for signatures of gravity at the LHC, and thus reveal the existence of *microscopic space dimensions*, is to look for graviton excitations and/or microscopic black holes. Both would decay into SM particles, measurable in particle detectors. Advanced analysis and statistical methods are crucial to distinguish these new phenomena from competing standard processes.

*Prof. Farid Ould-Saada, FØ377, [Farid.Ould-Saada@fys.uio.no](mailto:Farid.Ould-Saada@fys.uio.no)*

The various scenarios of new physics theories discussed above may show up in a given process at the LHC. **Model independent searches for new physics** are proposed in final states with leptons recorded with the ATLAS detector. New methods and tools involving neural networks and machine learning algorithms are to be used and optimized, using real data as well as Monte carlo data based on various theoretical implementations, in order to correctly interpret any signal of new physics.

*Prof. Farid Ould-Saada, FØ377, [Farid.Ould-Saada@fys.uio.no](mailto:Farid.Ould-Saada@fys.uio.no)*

**Precision measurements of Higgs boson production** in the decay channel to two photons in the ATLAS experiment at the LHC. Although the first measurements of the properties of the Higgs boson discovered at CERN in 2012 are consistent with the Standard Model, the uncertainties are large and there are many physically motivated models that would give small deviations from the Standard Model predictions. MSc projects in this activity include (a) the study of robust statistical models for the data-driven estimation of the background under the Higgs boson signal peak in the two-photon mass spectrum, (b) development of a new method to optimize the use of compute-intensive detailed simulations of the detector, (c) search for additional mass peaks below and far above the established mass peak at 125 GeV, (d) precision measurement of the Higgs boson mass, and (e) measurement of the transverse momentum spectrum of the Higgs boson. You will work with data taken during the 2015-18 runs of the LHC at 13 TeV, nearly twice the center of mass energy during 2011-12 (7 and 8 TeV). You will join the Hgamma working group in ATLAS, participate in the ongoing development of the data analysis strategies and code, learn, further develop and apply advanced statistical techniques, and, thus, contribute to furthering our understanding of the Brout-Englert-Higgs (mass-generating) mechanism and test whether there is new physics beyond the Standard Model (such as dark matter).

*Prof. Alex Read, FØ381, [a.l.read@fys.uio.no](mailto:a.l.read@fys.uio.no)*

**Søk etter mørk materie i ATLAS eksperimentet** på CERN. Masterstudenten lage en analyse for å finne mørk materie signaler i ATLAS, enten ved å lete etter supersymmetri eller en mer generisk analyse. ATLAS får nye data i 2017-18. Studenten utvikler kunnskap bl. a. om partikkelfysikk, partikkeldetektorer, dataanalyse verktøy, programmering (C++, Root), statistikk. Studenten får anledning til kortere eller lengre utenlandsopphold ved CERN, f.eks. gjennom trening og/eller CERNs sommer skole.

*Prof. Heidi Sandaker, FØ384, [Heidi.Sandaker@fys.uio.no](mailto:Heidi.Sandaker@fys.uio.no)*

**Søk etter mørk materie med Cherenkov Telescope Array (CTA).** CTA er et nytt observatorium som har byggestart i 2017. Master studenten skal se på simuleringer av kosmiske stråler som kommer til å treffe CTA teleskopene for å finne ut hvor godt vi kan observere mørk materie fra forskjellige steder i universet og hvor mye data som trengs for å kunne gi et bedre resultat enn dagens teleskoper. Studenten utvikler kunnskap om partikkelfysikk, astrofysikk, cherenkov detektorer, simuleringsverktøy, statistikk.

*Prof. Heidi Sandaker, FØ384, [Heidi.Sandaker@fys.uio.no](mailto:Heidi.Sandaker@fys.uio.no)*