



## LUNDS UNIVERSITET

Naturvetenskapliga fakulteten

**Kursplan för kursen Mörk materia; Fördelning, ursprung, detektering och produktion, NAFY015**  
*engelsk titel: Dark Matter; Distribution, origin, detection and production*

Kursplanen är fastställd av fakultetens nämnd för utbildning på forskarnivå 2016-10-12. Kursen ges på forskarnivå och omfattar 3 högskolepoäng

**Lärandemål**

Kursen ges av ledande forskare i ämnet. Målet är att studenten efter avslutad kurs skall ha förvärvat en övergripande kunskap om vad vi vet om Mörk materia från astronomi, astropartikelfysik och partikelfysik. Efter genomgången kurs ska deltagaren kunna:

- redogöra för de olika observationer, vid olika skalor, som visar på existensen av Mörk materia
- beskriva hur Mörk materia är fördelad sett från den största skalan till inom galaxen
- redogöra för Mörk materias inflytande för formationen av universums struktur
- redogöra för möjliga sätt att detektera och skapa Mörk materia
- redogöra för de olika kandidaterna för Mörk materia, och tillåtna och otillåtna egenskaper hos mörk materia baserat på observationer och experiment
- beräkna Mörk materia som efterlämnad mängd
- uppskatta astrofysikalisk detektering av Mörk materia genom dess annihilation, eller sönderfall, till partiklar i Standardmodellen
- beräkna hastighetsfördelningen av Mörk materiapartiklar på Jorden och uppskatta den årliga modulationen av direkt detektering av Mörk materia som följer från detta
- beräkna kinematiken för elastisk och inelastisk spridning av Mörk materiapartiklar mot atomkärnor
- uppskatta spridningstvärsnittet för olika Mörk materiamodeller
- förklara varför olika kopplingar och kinematiska egenskaper i Mörk materiamodeller är till fördel för vissa strålmål och till nackdel för andra
- redogöra för grunderna till haloberoende och haloberoende analysmetoder för direkt detektering av Mörk materia
- kombinera gränser från olika Mörk materiarelaterade mätningar (direkt, indirekt och kolliderare)

**Kursinnehåll**

Observabler, mätningar och tidsskalor i astronomi. Klassiska bevis för Mörk materia: galaxkluster och the virial theorem, rotationskurvor. Vad Mörk materia inte är. Grunderna i kosmologi: Homogent universum, FLRW-metrik (Friedmann–Lemaître–Robertson–Walker), Friedmannkvationen, “Lambda Cold Dark Matter” kosmologiska standardmodellen (LCDM).

Inhomogent universum. Numerisk simulering av strukturformation i LCDM. Bevis för Mörk materia från den kosmiska bakgrundsstrålningen (CMB) och storskaliga strukturer. Beviset för Mörk materia av partiklar från det sk "bullet cluster".

"Lyman-alpha forest" och mörka materians temperatur. Kosmologi från studiet av närområdet och "small scale puzzles" i LCDM. Inkludering av effekter från baryoner (stjärnor och gas) i modellerna.

Bortom LCDM: Självväxelverkande och varm Mörk materia. Alternativa gravitationsmodeller. Framtida prober för Mörk materia: "Gravitational lensing" och "stellar stream bumps".

Möjliga produktionsmekanismer för Mörk materia: Freeze-out, freeze-in, partikelsönderfall, gravitationell produktion, misalignment-mekanism, spontant symmetribrott och asymmetrisk Mörk materia.

Axioner: Teoretisk motivation, fenomenologi och nuvarande gränser. Produktion av axioner.

Att indirekt söka efter Mörk materia: Introduktion, gammastrålning, neutriner, antimateria (antiprotoner och positroner).

Att direkt söka efter Mörk materia: Vad vi vet och inte vet om Mörk materia och möjliga kandidater. Mörk materiapartiklar som de tidigaste lämningarna efter Big Bang. Direkt mörk materiadetektering. Internationella projekt. Förväntad rate i direkt detektionsexperiment (detektoreffekter, tvärsnitt och halomodell) och dess osäkerhet.

Den lokala fördelningen av Mörk materia i vår galax. Förväntad detekteringsmodulation under året. Tidiga antydningar i direkt detekteringsexperiment. Haloberoende och haloberoende dataanalys vid direkt detekteringsexperiment.

Strategier för att söka efter Mörk materia vid LHC. Introduktion till strategier vid LHC. Fullständiga och förenklade Mörk materiamodeller och motsvarande strategier vid LHC. Komplementaritet mellan Mörk materiaexperiment.

### **Undervisningsformer**

Kursen ges under en vecka följd av ytterligare en veckas enskild problemlösningssamling. Första veckan är det dagliga upplägget tre timmar föreläsningar, 2 timmars tutorials och två timmar självständiga övningar. Lärarna finns kontinuerligt tillgängliga för enskilda diskussioner och handledning. Under första veckans sista dag delas ett antal examinationsuppgifter ut; uppgifter vars lösningar motsvarar en veckas arbete.

### **Examination**

Examinationen baseras på problemlösningssuppgifter.

### **Betygsgrader**

Betygsgraderna på kursen är godkänd eller underkänd. För godkänt betyg krävs godkända lösningar av samtliga uppgifter.

### **Undervisningsspråk**

Kursen ges på engelska.

### **Förkunskapskrav**

Antagen till forskarutbildning i fysik, med master i fysik, astrofysik eller civilingenjör i teknisk fysik.