

II. Astronomi och astrofysik

II.1. Sammanfattande bedömning

För att använda ett slitet, men i detta sammanhang högst relevant begrepp, upplever astronomin och astrofysiken, inklusive kosmologin, just nu sin guldålder. Upptäckter av exoplaneter (extrasolära planetsystem), gammastrålningsutbrott, supermassiva svarta hål och mörk energi är bara några av de resultat som nya teleskop och instrument gett upphov till under de senaste 15 åren. Vi börjar samtidigt kunna simulera universums storskaliga struktur som avspeglar fördelningen av mörk materia, liksom hur stjärnor och galaxer bildas. Dessa kan sedan jämföras med observationer gjorda med världens kraftfullaste teleskop.

Svensk astronomi står sig mycket väl internationellt, vilket avspeglas både i utvärderingar och den andel tid svenska astronomer erhåller på de hårdast konkurrensutsatta teleskopen. Forskningsinriktningarna vid de olika universiteten kompletterar varandra väl, så att den största delen av de intressantaste områdena av astrofysiken är representerade i Sverige. Starka områden finner vi dels inom traditionella svenska områden såsom Vintergatsforskning och sol- och stjärnfysik, men också inom nya områden som högenergiastrofysik och kosmologi. Områden som behöver stärkas inkluderar främst instrumentutveckling, framförallt inom det optiska området. En nationell, eller kanske nordisk, instrumentutvecklingsatsning vore mycket önskvärd, eventuellt i koordination med till exempel partikelfysik. Även vissa nya snabbt växande områden såsom exoplanetforskning och långvågig radioastronomi behöver stärkas.

Den allvarligaste bristen inom svensk astronomi är bristen på forskaranställningar. Detta gäller både doktorand-, postdok- och seniora forskaranställningar. En satsning på dessa kategorier skulle göra att Sverige skulle få ett än bättre utnyttjande av de investeringar i form av infrastruktur som vi gjort genom ESO och ESA. Tyvärr har de strategiska satsningar som gjorts från staten under senare år till största delen gått förbi astronomi och partikelfysik, trots att dessa områden på lång sikt starkt bidragit till utvecklande av spetsteknologi.

Astronomin är liksom partikelfysiken extremt beroende av förstklassiga infrastrukturer. Dessa kan bara realiseras på internationell nivå och våra medlemskap i ESO och ESA är livsviktiga. ESO:s nästa stora projekt, European Extremely Large Telescope, E-ELT, står högst bland prioriteterna inom astronomin. Dessutom diskuteras ett antal nya mycket intressanta projekt, CTA (Cherenkov gammateleskop), EST (europeiskt solteleskop) och SKA (Square Kilometer Array). Kraftfulla datorresurser är också centrala för simuleringar och bearbetning av observationer.

II.2. Ämnesbeskrivning

Utvecklingen av astrofysiken är intimt förknippad med ny teknik och igångsättandet av nya teleskop och satelliter. Astronomer var till exempel bland de första att använda CCD-detektorer för avbildning, och utvecklandet av dessa möjliggjorde upptäckten av avlägsna supernovor, som i sin tur ledde till upptäckten av den mörka energin, idag är ett av fysikens viktigaste olösta problem. De spektakulära upptäckterna av nya exoplanetsystem är ett resultat av allt noggrannare spektroskopiska och fotometriska metoder. Med Hubble-teleskopet och ESO:s Very Large Telescope har den mest avlägsna galaxen nyligen upptäckts. Vi ser här tillbaka till tiden 600 miljoner år efter Big Bang.

Denna utveckling är ingalunda till ända, utan tvärtom kommer ett antal nya teleskop att tas i drift inom kort, eller planeras. På marken kommer radiointerferometern ALMA att tas i bruk

2012, medan Hubbles efterföljare, JWST, skickas upp 2014, och den astrometriska satelliten GAIA som bl.a. kommer att kartlägga den mörka materian i Vintergatan, 2013. ESO:s nästa projekt gäller E-ELT (European Extremely Large Telescope) som förhoppningsvis kommer att stå klart omkring 2020. Andra projekt gäller Cherenkovteleskopet CTA för gammastrålning och SKA (Square Kilometer Array) för långvågig radiostrålning. ESA håller just nu på att besluta om nästa generations projekt där flera astronomiska satelliter är starka kandidater. Anledningen till att så många olika typer av teleskop och satelliter behövs är främst att olika typer av objekt sänder ut strålning av olika våglängder och därför kräver olika typer av detektorer. Gemensamt för de flesta av dessa instrument är att de riktar sig mot de mest fundamentala frågorna inom astrofysiken, till exempel existensen av jordliknande planeter, bildandet av svarta hål, galaxernas och stjärnornas bildande och mysteriet med den mörka materian och energin.

Den första exoplaneten upptäcktes 1995. Från upptäckter av enstaka Jupiterliknande planeter har denna forskning inriktats mer och mer mot att karaktärisera och förstå dessa. Man har till exempel redan kunnat ta spektra som visar sammansättningen i planetatmosfären. Samtidigt har man pressat tekniken så att planeter med några få jordmassor nu kan detekteras. Ett antal exoplanetsystem med upp till sju planeter har upptäckts. Kandidater till jordliknande planeter i den 'beboeliga zonen' finns redan. Dessa upptäckter har gett upphov till en helt ny del av astronomin, astrobiologin.

Inom högenergiastrofysiken är gammastrålningsutbrotten ett av de stora olösta problemen. Man vet nu att de flesta uppstår i samband med supernovautbrott, men man vet inte vad som avgör att en liten del av supernovorna ger upphov till denna enorma energiurladdning. Ursprunget till de allra kortaste utbrotten är fortfarande olöst. De starkaste kandidaterna är kolliderande neutronstjärnor i binära system. För bägge typerna är med stor sannolikhet resultatet ett svart hål.

Kosmologin fortsätter att vara ett av de mest centrala och snabbt växande områdena. Med hjälp av HST och markbundna teleskop har man närmat sig den tidpunkt då de första galaxerna bildades och den epok då universum övergick från att vara neutralt till att joniseras. Med stora surveyer kan man studera uppbyggnaden av den storskaliga struktur vi ser idag. I de flesta galaxcentra, inklusive Vintergatans, har man upptäckt supermassiva svarta hål som förmodligen spelade stor roll för galaxernas bildande. Galaxbildningen kan emellertid också studeras lokalt genom att undersöka närbelägna unga galaxer i bildande. Samtidigt ger studier av de äldsta stjärnorna i Vintergatan information om ur denna bildades.

Den mörka materian, som dominerar universums materieinnehåll, kommer inom kort att kunna studeras på liten skala inom Vintergatan med GAIA. Samtidigt försöker man att indirekt detektera signaler från denna med hjälp av gammastrålning från FERMI och neutriner från IceCube. Detta kompletterar den direkta detekteringen i underjordiska laboratorier och letandet av supersymmetriska partiklar med LHC.

Från att ha varit en knappt signifikant avvikelse i supernovornas ljusstyrka börjar man nu studera egenskaperna hos den mörka energin, ofta kallad universums tillståndsekvation. Genom att kombinera mätningar av storskalig struktur, supernovor och den kosmiska bakgrundsstrålningen kan man få starka begränsningar på denna. Minst lika fascinerande är att man med Plancksatelliten eventuellt kommer att kunna detektera signaler från inflationsepoken, 10^{-34} sekunder efter Big Bang.

II.3. Styrkor, svagheter och ämnesmässiga trender

Både Göteborg, Lund, Stockholm och Uppsala har starka grupper inom sina respektive specialiteter. Dessa grupper kompletterar varandra väl, så att en stor del av de intressantaste

områdena av astrofysiken är representerade i Sverige. Teori, modellering och observationer är intimt förknippade inom astrofysiken och samma personer är ofta involverade i flera av dessa aktiviteter. Det finns i allmänhet i Sverige en hälsosam mix av båda dessa ingredienser. Exempel på detta är stjärnatmosfärsgruppen i Uppsala, molekylastronomin vid Onsala och supernovagrupperna i Stockholm. Mer renodlade observationella eller teoretiska verksamheter kan dock vara mycket framgångsrika som illustreras av GAIA-projektet i Lund eller galaxgruppen i Stockholm. Svensk astrofysik utvärderades senast år 2000 då den fick mycket positiva omdömen. Utvecklingen herefter har varit positiv med en större bredd, ett ökat antal doktorander och nya initiativ. Ett ytterligare kvalitetskriterium är att Sverige håller sig mycket väl framme vad gäller den hårt konkurrensutsatta tilldelningen av tid vid ESO, HST och på andra rymdprojekt. Svenska forskare inbjuds också frekvent som översiktsföreläsare vid större internationella konferenser.

Laboratorieastrofysiken har traditionellt en stark ställning i Sverige. Både inom atom- och molekylfysik sker här en viktig verksamhet och det är viktigt att denna kan fortleva.

Det europeiska perspektivet är centralt på flera sätt. Den observationella verksamheten bedrivs till allra största delen inom ESO och ESA. Dessa organisationer är därför av avgörande betydelse för vår konkurrenskraft inom området. Förutom att det innebär tillgång till teleskop och instrument som enskilda nationer inte har möjlighet till, ger det också upphov till nya samarbeten inom Europa. Också olika nätverksprogram inom EU har stor betydelse och flera svenska grupper har varit inblandade i sådana.

Bland de nya trenderna skall framhållas den ökade växelverkan mellan astronomi och partikelfysik, liksom mellan astronomi och biologi. Detta har gett upphov till två nya områden astropartikelfysik respektive astrobiologi. Ett lyckat exempel på denna integration är Oskar Klein Centret i Stockholm, där partikelfysik, astrofysik och kosmologi möts, och liknande närmanden har också skett vid institutionerna i Lund, Göteborg och Uppsala. Även mellan biologer, geologer och astronomer har flera samarbeten uppkommit inom astrobiologin.

En annan viktig trend inom området är att allt fler observationella projekt bedrivs i stora kollaborationer. Detta gäller både stora ”surveyprojekt”, till exempel kartläggning av universums storskaliga struktur, men också inom instrumentkonsortier som får garanterad tid på olika instrument mot att de står för en del av kostnaderna för dessa. Antalet författare på artiklar kan i vissa fall jämföras med partikelfysiken.

Vad gäller svagheter är det främst inom instrumentbyggandet som detta är påtagligt. Både inom ESO och ESA byggs de flesta hjälpinstrumenten (till exempel kameror och spektrografer) av konsortier av olika europeiska instrumentgrupper. På rymdområdet har grupper i Stockholm, Göteborg och Lund varit involverade i ett antal projekt, i allmänhet dock som mindre partner. Vad gäller markbundna instrument har Onsalagruppen en stark tradition inom radioområdet, med instrument bl.a. till ALMA, liksom solgruppen vid KVA. Inom den optiska nattastronomin inom ESO har Sverige dock varit medverkande i mycket få projekt. Till exempel gäller detta instrumenteringen till E-ELT, med mindre undantag. Trots att Lundagruppen var banbrytande inom utvecklandet av ELT-teleskopen är denna verksamhet på väg att försvinna på grund av pensionsavgångar och andra prioriteringar. Avsaknaden av instrumentbyggande är dubbelt negativt. Dels går svenska grupper miste om den garanterade tid som följer med instrumenten, och som ger unika möjligheter att utnyttja dessa före andra grupper. Dels går svensk industri miste om värdefulla kontrakt som skulle ge dessa både spetskompetens och en bättre balans mellan hemtagning av kontrakt och avgifterna till ESO (och CERN). En allmän koordinering inom instrumentbyggandet i Sverige (eller eventuellt Norden) borde övervägas.

Andra svaga områden som borde stärkas gäller forskningen runt exoplaneter, som är ett

mycket snabbt expanderande område. Det finns dock enskilda forskare i både Lund, Stockholm och Uppsala som arbetar inom området, men området behöver stärkas för att Sverige skall kunna hävda sig inom detta högintressanta fält. Även inom en del andra områden har man en underkritisk situation. Medan millimeter och submillimeterastronomin är väl företrädd är den långvågiga radioastronomin sämre representerad. Detta är allvarligt då flera projekt med Square Kilometer Array som mål redan är under uppbyggnad. Sverige är dock med på liten skala i LOFAR-projektet, som kan ses som en föregångare till SKA, liksom en viktig simuleringsverksamhet i Stockholm. I stort sett samma sak gäller en del av den observationella högenergiastrofysiken där vårt utnyttjande av till exempel ESA:s röntgensatelliter är marginellt. Detta balanseras dock till en viss del av Stockholmsgruppens involvering i FERMI, liksom ett nyligen uppstartat deltagande i HESS. I denna diskussion skall man dock ta med i beräkningen att Sverige har en relativt begränsad mannakraft inom astrofysiken, och att en alltför stor uppsplittring bör undvikas.

II.4. Hot och möjligheter

Det är ingen överdrift att säga att vi just nu upplever astronomins guldålder. De nya upptäckterna avlöser varandra, vilket i sin tur motiverar nya teleskop och instrument. Sverige har genom ESO och ESA en fantastisk möjlighet att utnyttja detta. Detta innebär dock inte att vi automatiskt kan vara med och skörda frukterna av detta. Till det behövs framförallt tillgång till goda doktorander och postdoks. Till det positiva hör att astronomin har mycket god attraktionskraft bland de bästa studenterna och ingenjörerna. Likaså är kvaliteten på postdoks mycket god. Det som fattas är resurser att anställa dessa kategorier.

I likhet med till exempel partikelfysiken och astropartikelfysiken kommer nästan all finansiering genom Vetenskapsrådet och/eller Rymdstyrelsen. Den senare har varit en viktig källa, inte bara för att bygga instrument, utan också till att utnyttja dessa. Det har kommit signaler om att man från RS vill föra över utnyttjandet på Vetenskapsrådet. I princip är detta rimligt men i praktiken skulle detta med stor säkerhet minska resurserna för utnyttjandet då det inte är sannolikt att motsvarande resursförstärkning inom Vetenskapsrådet kommer att ske. De så kallade strategiska satsningarna har haft mycket liten effekt, då dessa i stort sett helt går mot den tillämpade forskningen, och långsiktig nyfikenhetsforskning har inte prioriterats. I stort sett har de ekonomiska resurserna inom Vetenskapsrådet minskat eller som bäst stått stilla för denna typ av forskning, trots existensen av ett antal internationellt ledande grupper, och trots att ett mycket stort antal nya teleskop och instrument kommit till. När dessutom rådsforskaranställningar och KVA-forskaranställningar försvunnit har nyrekryteringen blivit direkt lidande.

II.5. Forskningsinfrastruktur

Astronomin är, liksom astropartikelfysik och partikelfysik, extremt beroende av den bästa infrastrukturen. ESO och ESA spelar här en central roll. Från att i början av 1990-talet ha varit ett ganska medelmåttigt observatorium har ESO genom VLT (Very Large Telescope) vuxit och kan nu betecknas som världens bästa observatorium. Detta trots att teleskopen inte är de absolut största, men den förstklassiga uppsättning hjälpinstrument kan inte matchas av något annat observatorium. Till detta kommer radioteleskopet ALMA, som kommer att tas i bruk 2012. Detta ger Sverige utmärkta möjligheter till förstklassig forskning. Också genom ESA har Sverige tillgång till de mest intressanta rymdbaserade teleskopen. Här kan nämnas Hubble Space Telescope (HST), det nyligen uppsända Herschelsatelliten för infrarött, och den astrometriska satelliten GAIA som sänds upp 2013. På lite längre sikt kommer Hubbles efterföljare JWST att sändas upp 2014. Alla dessa satelliter har många svenska användare.

På lite längre sikt finns flera stora markbaserade projekt på gång. Det viktigaste av dessa är European Extremely Large Telescope (E-ELT), som ESO kommer att ta beslut om i juni 2011. Svenska nationalkommittén för astronomi har satt detta som den främsta prioriteten för svenska markbaserad astronomi. För solfysikerna finns planer på ett europeiskt solteleskop, EST, där solgruppen vid ISF deltar i planeringen. En svensk grupp i Stockholm, Uppsala och Lund är också involverade i planeringen av en uppföljare till gammastrålningsteleskopet HESS i Namibia. Slutligen är Onsala Rymdobservatorium med i planeringen av det långvågiga radioteleskopet Square Kilometer Array, SKA, med planerad start 2020+.

Även om det kanske inte räknas som infrastruktur i ordets snävaste mening, skall det dock nämnas att NORDITA är en mycket viktig resurs för svensk astrofysik, liksom för fysiken som helhet. Speciellt intressant är här den programverksamhet som initierats under senare år och som varit mycket framgångsrik inte minst inom astrofysik och kosmologi.

Slutligen skall också betonas att astronomi är mycket beroende av datorkraft. Dels gäller detta simuleringar av olika typer av fenomen, till exempel supernovaexplosioner, dynamiken hos stjärnatmosfärer eller galaxer, där tillgång till största möjliga datorkraft är avgörande. Dels gäller det bearbetning av observationella data, där till exempel SKA förutsätter en datorkapacitet som man inte kommer att uppnå förrän omkring 2020, om man utgår från Moores lag.