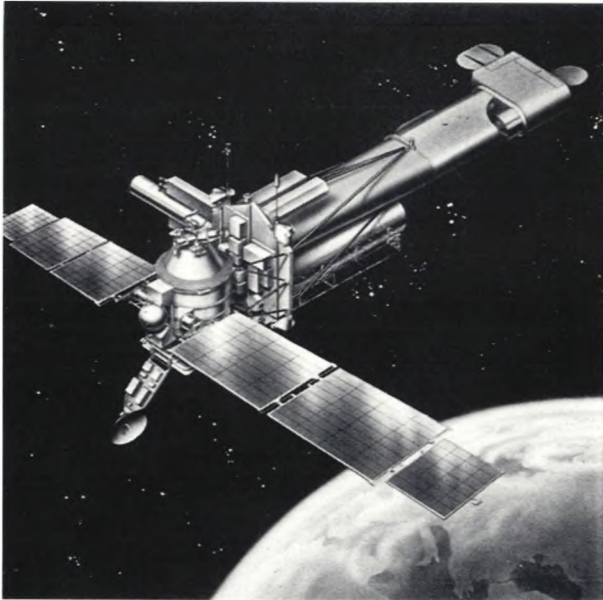


De dansk-russiske røntgenkikkerter

Hans Ulrik Nørgaard - Nielsen



Figur 1. SPECTRUM-X- Γ satellitten. De to XSPECT røntgenkikkerter ligger side om side i det lange rør. Det ene spejlmodul kan ses næsten oppe i toppen af røret. Der er 8 meter mellem spejlsystemerne og detektorerne i brændplanet. Hele satellitten vejer ca. 4 tons.

SPECTRUM-Røntgen-Gamma

SPECTRUM-Røntgen-Gamma (SRG) satellitten er den første i en ny serie af videnskabelige satellitter, som Det Russiske Videnskabernes Akademi er i gang med at virkeliggøre. Hovedformålet med SRG er at studere røntgen- og gammastråling fra kosmiske kilder. SRG indeholder en lang række instrumenter, som dækker hele det elektromagnetiske spektrum fra ultraviolet til gammastråling. Fig. 1 viser satellitten som den forventes at se ud, efter opsendelsen i slutningen af 1995.

De største instrumenter på SRG er to røntgenteleskoper hvortil Dansk Rumforskningsinstitut (DRI) leverer spejlsystemerne, fire detektorer, og desuden et krystalspektrometer af en ny konstruktion placeret foran det ene af teleskoperne. DRIs andel af dette russisk-danske teleskopsystem kalder vi XSPECT.

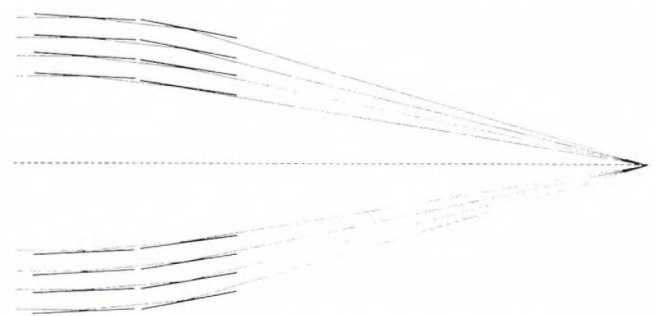
SRG skal sendes op i en meget elliptisk bane, den korteste afstand fra Jorden bliver kun ca. 500 km, mens den længste afstand bliver ca. 200.000 km, dvs halvejs til Månen. Omløbstiden bliver 4 døgn, heraf vil satellitten være uden for Jordens strålingsbælter i ca. 3,5 døgn. (Kun tiden udenfor strålingsbælterne er anvendelig til observationer).

Røntgenkikkerter

Røntgenstråling kan kun spejles når strålingen ram-

mer den spejlende overflade under en meget lille vinkel ($\sim 0.5^\circ$). Derfor ligner røntgenteleskoper ikke sædvanlige optiske teleskoper. Fig. 2. For at få god fokusering over et rimeligt billedfelt kræves der to reflektioner, den første spejlende overflade skal have form som en omdrejningsparaboloide og den anden som en -hyperboloide. Spejlene skal poleres med særlig stor præcision netop fordi røntgenstråling har meget kortere bølgelængde end optisk lys.

Den meget lille strejfningsvinkel for røntgenstrålingen betyder at et klassisk røntgenteleskop er meget ineffektivt. Efter at have poleret flere kvadratmeter glasoverflade står man med et teleskop med et effektivt areal så stort som en kagetallerken! Og især til detaljerede spektroskopiske undersøgelser har man brug for masser af fotoner, altså en stor effektiv kikkertåbning.



Figur 2. Principskitse for et røntgenteleskop. Strålingen strejfer spejlene under en meget lille vinkel og fokuspunktet ligger efter spejlsystemet. To spejlinger før fokus er nødvendigt for at sikre god billeddannelse over et felt af endelig størrelse.

På DRI har vi derfor valgt at gå en anden vej. I stedet for at bruge meget præcise spejlende overflader slebet i glas bruger vi et stort antal spejle af kegleform fremstillet i aluminiumsfolie (0,4 mm tyk). Afvigelsen mellem de simple kegler og de mere ideale parabel- og hyperbelformer er ikke større end at vi kan opnå en fokusering indenfor et par bueminutter med foliespejlene. På grund af foliernes ringe tykkelse og lave pris kan vi udfylde den tilgængelige åbning fuldstændigt med spejle. XSPECT spejlmodulerne indeholder hver 2×150 foliespejle. Vi bruger naturligvis de mest perfekte aluminiumfolier, vi har kunnet finde på markedet, og for yderligere at forbedre spejkvaliteten dyplakerer vi folierne og pådamper til slut et tyndt gulddag. Røntgenstråling reflekteres bedst af materialer med høj vægtfylde. Fig. 3 viser et af XSPECT spejlmodulerne. De yderste spejle har en diameter på 60 cm.

Med denne konstruktionsteknik er det derfor lykkedes at fremstille teleskoper, som, i henseende

til størrelsen af det effektive areal, er fuldt på højde med eller endda overgår hvad NASA og ESA stiler imod for deres næste store røntgenmissioner. Hvad billedkvaliteten angår vil XSPECT ikke kunne konkurrere, og derfor er forskningsprogrammet for XSPECT også specielt rettet mod spektroskopi.



Figur 3. Et af XSPECT spejlmodulerne. (diametren af spejlsystemet er 60 cm). De tynde aluminiumsspejle er placeret så tæt som muligt, dog uden at skygge for hinanden. Som det ses bliver spejlene fastholdt i radielt placerede egre.

Detektorerne i XSPECT er såkaldte proportionaltællere. Røntgenfotonerne kommer gennem et meget tyndt vindue og ioniserer tællergassen som består af Xenon og lidt methan. Ved hjælp af et kraftigt elektrisk felt bliver elektronerne accelereret og bliver dermed selv i stand til at ionisere Xenon gassen. I traditionelle proportionaltællere dannes det elektriske felt omkring udspændte metaltråde, mens det i XSPECT-detektorerne dannes omkring nogle meget tynde ledningsbaner i et trykt kredsløb på en glasplade. Denne nye metode er videreudviklet på DRI, baseret på et design oprindeligt beregnet til detektion af neutroner. Den ny konstruktion har vist sig at give en meget mere stabil billeddannelse, og bedre energiopløsning end opnåeligt med de konventionelle tråddetektorer. Hvert teleskop blive forsynet med to af disse detektorer, den ene optimeret for detektion af lavenergetiske fotoner, den anden for billeddannelse over et stort felt (ca. 1 kvadratgrad).

Bragg-spektrometret består af en plade med et areal på ca. 0.5 m^2 dækket med krystaller. Spektrometret er anbragt foran det ene af teleskoperne. Krystallerne er udvalgt således at de kan fungere som ekstremt smalbandede filtre i fire udvalgte energiområder. Ved at vippe spektrometerpladen frem og tilbage kan man få afsøge et lille spek-

tralbånd med meget stor opløsningsevne. Energibåndene er valgt så de svarer til karakteristiske spektrallinier for nogle hyppigt forekommende grundstoffer, ilt, svovl, jern m.fl. Målingerne med dette spektrometer vil give meget detaljerede oplysninger om temperaturer og ioniseringsstilstande i kosmiske røntgenkilder.

Hvilken astrofysik kan der laves med XSPECT?

XSPECT-teleskoperne er væsentligt større end tidligere røntgenkikkerter. Derfor vil XSPECT kunne finde anvendelse indenfor alle områder af røntgenastronomien. Men som nævnt ovenfor vil hovedinteressen samle sig om de nye muligheder for detaljeret spektroskopi.

Her skal omtales nogle af de vigtigste områder i DRIs observationsprogram for XSPECT:

'Mørkt stof' i galaksehobe: Allerede i begyndelsen af 30'erne blev det bemærket, at over 90 % af stoffet i Universet tilsyneladende ikke eksisterer som 'lysende stof' – altså stjerner eller gas- og støvtåger. Selv ikke gennem alle de nye bånd af elektromagnetisk stråling vi idag udnytter, finder vi signaler fra dette 'mørke stof'. Man har stadigvæk ingen forståelse af hvad dette stof består af, hvordan det er fordelt, hvordan det er dannet osv. Ud fra røntgenobservationer har man længe vidst, at der mellem galakserne i galaksehobe findes en varm (50 - 100 millioner grader) men meget tynd gas. For mange af de undersøgte hobe tyder målingerne på, at denne gas er i hydrostatisk ligevægt med det samlede tyngdefelt i hoben. Dette betyder, at man, ved at bestemme gassens fordeling og temperatur, kan bestemme, hvordan den totale masse (af både det lysende og ikke lysende stof) fordeler sig. Denne metode har været forsøgt gennemført for nogle enkelte hobe, men resultaterne har været usikre. Med XSPECT kan vi gennemføre denne analyse med stor nøjagtighed for en lang række hobe, og dermed få nye vigtige informationer om fordelingen af mørkt stof. Dette kan måske afsløre noget om dette stofs natur.

Aktive galaksekerner: Nogle af de mest energirige processer i Universet foregår i aktive galaksekerner (AGN). Mange AGN'er udsender meget mere energi end der tilsammen udsendes af alle de mange milliarder af stjerner i resten af galaksen. De fleste astronomer føler sig overbevist om, at grunden til energiudsendelsen skyldes, at stof falder ned mod et sort hul, med en masse på op mod 1000 millioner solmasser. Jo nærmere stoffet kommer det sorte hul, des mere energirig stråling vil blive udsendt. Dvs hvis man vil studere området lige omkring det sorte hul, så skal man observere i røntgen- eller gamma-området. I dag er vi henvist til at diskutere de fysiske forhold omkring AGN og sorte huller på basis af et middelspektrum af 8 AGN'er, de enkelte spektre er simpelthen for støjfyldte. Med XSPECT vil vi være i stand til at få rene spektre for enkelte AGN'er ca. 100 gange svagere end de 8, der indgår i det omtalte middelspektrum. Vi kan så på meget sikrere grund undersøge geometrien og de fysikken tæt på de massive sorte huller.

Den diffuse røntgenbaggrundsstråling: Allerede med

de første raketter, udstyret med røntgendetektorer, fandt man, at hovedparten af den røntgenstråling, vi modtager her omkring Jorden, er diffus, dvs. der kommer lige meget fra alle retninger. Der er stadigvæk ingen, der med sikkerhed ved, hvad der udsender denne stråling. Meget tyder dog på, at strålingen stammer fra en masse kilder, som er så svage og ligger så tæt, at man ikke indtil nu har været i stand til at udskille dem fra hinanden. Imidlertid er ikke nogen af de kendte klasser af røntgenkilder (aktive galakser, galaksehobe, stjerner osv.), der har det samme energispektrum som baggrundsstrålingen. Dvs. hvis baggrundsstrålingen alligevel kommer fra en af de kendte klasser af røntgenkilder, så må disse kilders spektrum have ændret sig i tiden (jo svagere kilder, jo længere væk er de og dermed stammer strålingen fra dem også fra længere tilbage i tiden). Med XSPECT vil vi være i stand til at bestemme detaljerede spektre af selv de svageste kilder, vi kender idag. Vi kan derfor håbe, at XSPECT vil give os løsningen på dette klassiske problem inden for røntgenastronomien.


XSPECT observationsprogrammet

XSPECT er det største videnskabelige rumprojekt, der nogensinde er gennemført i Danmark. Til gengæld for DRI's

bidrag til projektet vil vi få ca. 20% af observationstiden. Interessen for at deltage i XSPECT observationsprogrammet er allerede stor. I 1991 afholdt DRI en workshop om de videnskabelige muligheder med XSPECT. Heri deltog 63 astronomer fra 14 lande, herunder 22 fra Danmark. Den internationale interesse for projektet kan også aflæses af, at NASA har indgået en samarbejdsaftale med DRI, ifølge hvilken NASA opstiller et antal avancerede arbejdsstationer på DRI til gengæld for at DRI giver udvalgte amerikanske astronomer adgang til XSPECT data. Samarbejde med flere grupper i de nordiske lande er også allerede etableret.



Hans Ulrik Nørgaard - Nielsen har en PhD grad i astronomi fra Københavns Universitet. Han har siden 1987 arbejdet på Dansk Rumforskningsinstitut (DRI).

<table border="1"> <tr><td>COMPONENTS</td></tr> <tr><td>SELECT CAPABILITY:</td></tr> <tr><td>VACUUM GENERATORS</td></tr> <tr><td>FLANGES IN 316 LN</td></tr> <tr><td>VG MICROTECH</td></tr> <tr><td>VG QUADRUPOLES</td></tr> </table>	COMPONENTS	SELECT CAPABILITY:	VACUUM GENERATORS	FLANGES IN 316 LN	VG MICROTECH	VG QUADRUPOLES	<p>316 LN Stainless Steel Flanges for the Ultimate in Sealing Performance</p> <p><i>Not only does 316LN have a much lower magnetic permeability and lower outgassing rates when compared to 304, but this exceptional grade of material is also much more resistant to the knife edge 'roll-over' that can occur when UHV joints are repeatedly made and broken.</i></p>  <p><i>Vacuum Generators stock a complete range of 316 LN Conflat® compatible flanges which are available in both fixed and rotatable configurations. This range of flanges is also complemented by a full range of OFHC Copper and Viton® gaskets.</i></p>	<p>VACUUM GENERATORS</p> <p>FISONS Instruments</p> <p>Fisons Instruments Nordic AB Box 1176 S-171 23 SOLNA Sweden Tel : +46 08 730 02 95 Fax : +46 08 730 42 42</p>
COMPONENTS								
SELECT CAPABILITY:								
VACUUM GENERATORS								
FLANGES IN 316 LN								
VG MICROTECH								
VG QUADRUPOLES								