

Crafoordpriset 2005

Kungl. Vetenskapsakademien har beslutat utdela Crafoordpriset i astronomi 2005 till **JAMES GUNN**, Princeton University, USA, **JAMES PEEBLES**, Princeton University, USA samt **SIR MARTIN REES**, Cambridge University i England, "för deras bidrag till förståelsen av universums storskaliga struktur".

Hur byggdes universum?

Ett av de mest grundläggande faktumen om universum är den rikedom av strukturer på alla nivåer som det uppvisar; från planeter, stjärnor och galaxer, till hopar och superhopar av galaxer som kan vara hundratals miljoner ljusår stora. Som framgår av figur 1, vilken visar fördelningen av galaxer från vår närhet och två miljarder ljusår ut i rymden, är galaxerna inte jämnt fördelade utan återfinns i hopar eller långa filament ("trådar"). Detta kallas ofta för "the cosmic web" (eng. ung. "kosmisk väv"). Ursprunget och historien bakom denna struktur har länge varit en av astronomins och kosmologins stora frågor. Årets Crafoordpristagare har alla på ett avgörande sätt bidragit till vår förståelse av den storskaliga strukturens uppkomst.

De första spåren av struktur i universum kan skönjas ur fluktuationerna (ojämnheter) i den kosmiska bakgrundsstrålningen i mikrovågsområdet 380 000 år efter Big Bang (fig. 2). Men ursprunget till fluktuationerna kan spåras till ännu tidigare skeden i universums utveckling, då små kvantfluktuationer sådde de första fröna till de senare

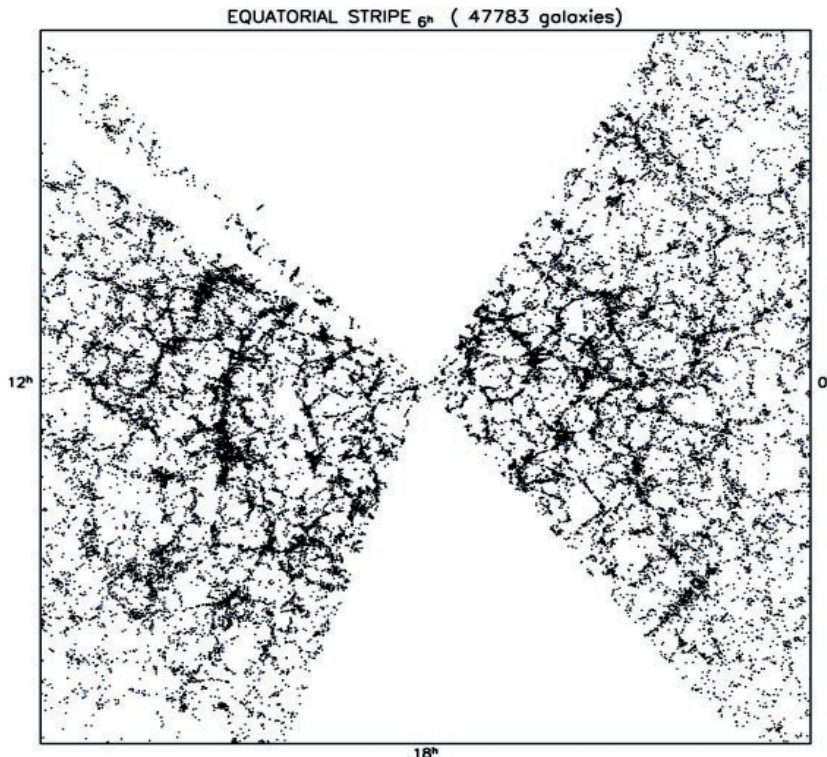


Fig. 1. Tvådimensionell fördelning av galaxer från Sloan Digital Sky Survey. Avbildningen svarar mot en tunn skiva den "vertikala" riktningen, men inkluderande det mesta av himlavalvet i den andra riktningen. Vintergatan ligger i centrum och de mest avlägsna galaxerna i diagrammet ligger på två miljarder ljusårs avstånd. Den saknade trekantiga biten i centrum förorsakas av att Vintergatan skymmer strukturer. Nästan alla galaxer förekommer i hopar eller filament, vilka omger i stort sett tomma "bubblor".

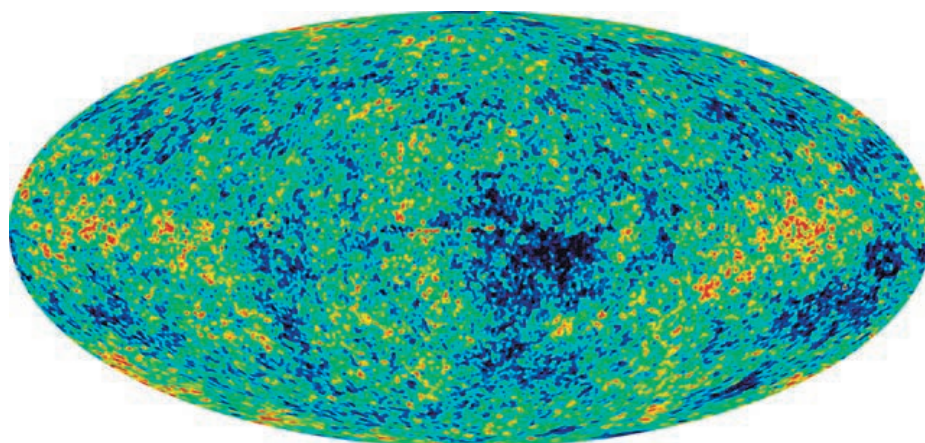


Fig. 2. Fluktuationer i den kosmiska bakgrundsstrålningen av mikrovågor, som den registrerats av WMAP-satelliten (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe). Kontrasten mellan ljusa och mörka områden är bara 1/100 000-del av medeltätheten i universum. Detta är de första synliga indikationerna på hur det unga universums struktur bildas, ca. 380 000 år efter Big Bang.

skillnaderna. För närvarande tror man att det kan ha skett så ofattbart tidigt som 10^{-35} sekunder efter Big Bang!

Trots att fluktuationerna var extremt små ökade deras omfattning i takt med universums expansion, och efter några hundra miljoner år var de tillräckligt stora för att de första galaxerna skulle kunna bildas (fig. 3). I vad som nu anses vara det troligaste scenariot bildades små galaxer först, varefter dessa byggnadsblock sammanväxte till större galaxer. Riktigt stora galaxer, som Vintergatan, har alltså bildats efter en gradvis uppbyggnad från mindre fragment.

Denna process kan direkt studeras genom observationer av galaxer med hjälp av Hubble Space Telescope (fig. 4). Även i vår tid bildas galaxer och slås samman, fast det är mycket mer sällsynt än i det unga universum. Inte bara galaxer, utan också andra strukturer av alla

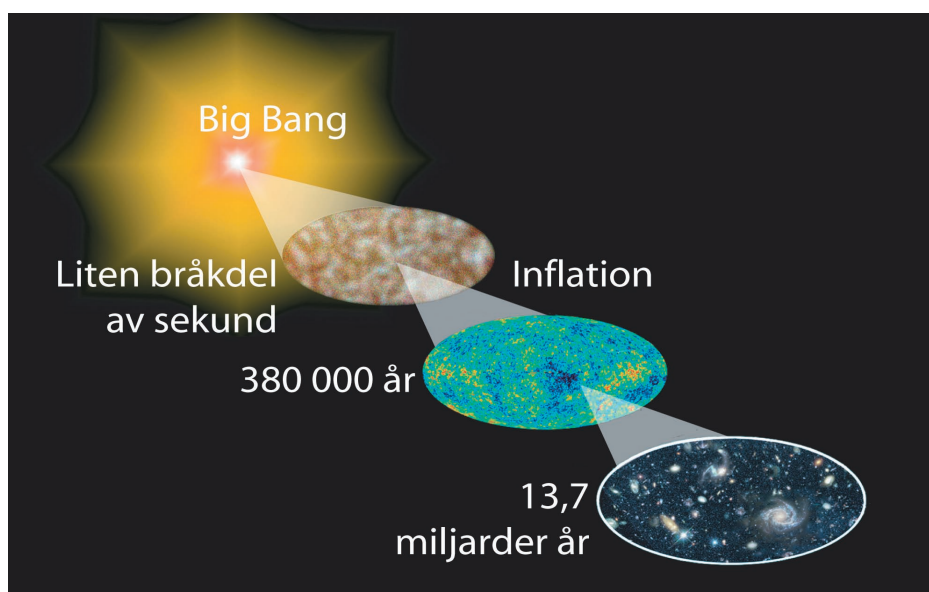


Fig. 3. Utvecklingen av universums struktur från de första kvantfluktuationerna under de första små bråkdelarna av en sekund, till fluktuationerna i den kosmiska bakgrundsstrålningen i mikrovågsområdet vid en ålder av 380 000 år och slutligen de första stora galaxerna vid ungefär en miljard år och framåt efter Big Bang. (Illustration: Typoform after NASA/WMAP Science Team)



Fig. 4. Den djupaste bilden av universum. De svagaste galaxerna i denna bild ses bara en miljard år efter Big Bang. Många av dem är fragment och på väg att slå sig samman under bildandet av större galaxer. (Hubble Ultra Deep Field, Hubble Space Telescope, NASA/ESA)

storlekar och massor har bildats på detta sätt. Detta inkluderar galaxhopar med upp till tusen galaxer, liksom ännu större strukturer, hopar och filament av hopar (jfr fig. 1).

Mörk materia styr den synliga

Fastän de synliga galaxerna, bestående av vanlig materia utav elektroner, protoner och neutroner, utgör de viktigaste tecknen för den storskaliga struktur som beskrivits, går det inte att se den dominerande ingrediensen i detta galaxbildande scenario. Idag är det känt att det finns ungefär fem gånger så mycket s.k. mörk materia som vanlig. Denna mörka materias egenskaper är okända och utgör ett av nutida fysiks och astrofysiks stora mysterier. De mest troliga kandidaterna för mörk materia kommer från de s.k. supersymmetriska teorierna i partikelfysik.

Den gravitation som utövas av den mörka materien bestämmer tillväxten av de gravitationsbrunnar där vanlig materia suges ner och bildar den struktur vi ser idag i form av galaxer och större strukturer. Strukturen återspeglar den mörka materiens egenskaper. Beroende på massan och temperaturen hos partiklarna som utgör den mörka materien bildas strukturen antingen som stora ansamlingar, vilka gradvis bryts ner ("Het mörk materia"), eller från små strukturer som sen växer samman till större ("Kall mörk materia"). Från jämförelser med datorsimuleringar av Universum (fig. 5) och kartorna från den storskaliga strukturen (se fig. 1) kan slutsatsen dras att endast "Kall mörk materia"-simuleringar stämmer överens med observationerna. Det finns därför ett fascinerande samband mellan fysik på den minsta skalan och strukturen hos de största objekt som existerar i universum.

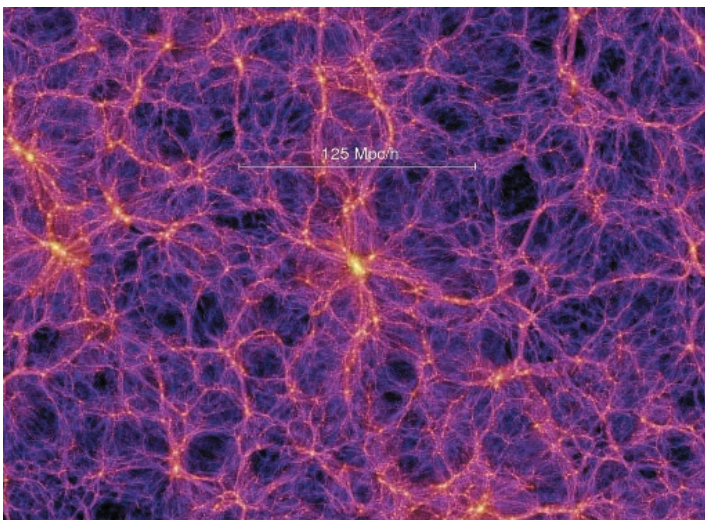


Fig. 5. Den största datasimuleringen av universum. Längden på strecket är 600 miljoner ljusår. Lägga märke till likheten med den observerade galaxfördelningen i fig. 1. Vad som kan ses här är strukturen hos den mörka materien, nära relaterat med den synliga. (V. Springel et al., Virgo Consortium)

En aktiv och inflytelserik trio

JAMES GUNN, JAMES PEEBLES och **SIR MARTIN REES** har lämnat bidrag som är grundläggande för vår förståelse av de olika ingredienserna i denna bild av universum. Redan på 1960-talet förutsade Peebles några av de viktigaste egenskaperna hos den kosmiska bakgrundsstrålningen i mikrovågsområdet. Han gjorde särskilt detaljerade beräkningar av den avgörande perioden då universum utvecklades från att ha varit totalt ogenomträngligt för strålning tills det blev genomskinligt. Han utvecklade sedan teorierna för att kvantifiera anhopningen av galaxer och strukturens utveckling med tiden. Som en av de första insåg han också betydelsen av mörk materia och mörk energi för galaxbildningen. Peebles har varit en av de främsta förespråkarna för den nu mest populära teorin för hur processen går till, den s.k. kall mörk materia-teorin, med den hierarkiska utvecklingen av strukturen som sitt främsta kännetecken.

Det flesta av Gunns tidiga bidrag kring galaxbildning var teoretiska och behandlade egenskaperna hos det gasformiga medium som fanns mellan galaxerna. Han föreslog också viktiga observationstester för kandidater till mörk materia i galaxer. På senare år har han arbetat mer med kosmologiska observationer. I synnerhet har han varit en central figur i flera avgörande projekt som syftat till att förstå galaxbildning, särskilt Hubble Space Telescope. Ett sentida projekt, som till stor del sprungit ur hans idéer är The Sloan Digital Sky Survey, den hittills mest omfattande tredimensionella kartläggningen av universum (se fig. 1). När det slutförts kommer det att beskriva avståndet till och andra egenskaper hos en miljon galaxer och har redan fått stora konsekvenser inom många fält av astrofysik och kosmologi.

Rees arbete kring galaxbildning innefattar förståelsen av de fysikaliska processer som styr de observerade egenskaperna hos galaxerna, vilket inkluderar sådana parametrar som deras typiska massa. Tillsammans med Simon White var han den förste som lyfte fram den centrala rollen hos mörk materia för de större strukturernas bildning. Det har i sin tur inspirerat till en hel generation av detaljerade datorsimuleringar av universums utveckling. Han har på senare tid utvecklat viktiga idéer kring epoken då de första stjärnorna och galaxerna föddes och föreslagit olika observationstester av denna "mörka tid" i universums historia. Han är också en välkänd författare av populärvetenskapliga böcker.

Tillsammans ligger pristagarna bakom mycket av den nutida bilden av galax- och strukturbildning i universum. Fastän huvuddelen av det grundläggande arbetet som belönas med priset ligger två eller tre decennier bakåt i tiden, förblir fältet ett av kosmologins aktivaste områden. Alla tre pristagarna är än idag högst aktiva och tillhör de mest inflytelserika kosmologerna.

LÄNKAR OCH LITTERATUR

Böcker av Sir Martin Rees:

"Summa Sex Storheter: De Grundläggande Krafter Som Styr Universum", (på svenska 2002).

"Our cosmic habitat", (2001).

"Our final century", (2003).

"What we still don't know", (2004).

Artiklar:

"Universums mörka sida", Ulrika Engström, Forskning & Framsteg nr 7/2003, sid. 6.

"Sir Martin Rees Multiversum", Joanna Rose, Forskning & Framsteg nr 7/2002, sid. 8–12.

"Ursmällen", Joanna Rose, Forskning & Framsteg, nr 5/2001, sid. 30–36.

Länkar:

WMAP (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe): <http://map.gsfc.nasa.gov/>

Sloan Digital Sky Survey: www.sdss.org/background/science.html

The Virgo consortium, simulering av universum:

<http://www.mpa-garching.mpg.de/galform/virgo/index.shtml>

Hubbleteleskopet: <http://hubblesite.org/>

Hubble Ultra Deep Field:

<http://hubblesite.org/newscenter/newsdesk/archive/releases/2004/07/>

PRISTAGARNA

JAMES E. GUNN

Department of Astrophysical
Sciences
Princeton University
Peyton Hall - Ivy Lane
Princeton, NJ 08544-1001 USA

www.astro.princeton.edu/

Amerikansk medborgare. Född
1938 (66 år). Fil dr vid California
Institute of Technology 1966.
Eugene Higgins Professor i Astro-
nomi, Princeton University, New
Jersey, USA.

P. JAMES E. PEEBLES

Department of Physics
Princeton University
Princeton, NJ 08544
USA

[http://pupgg.princeton.edu/www/
jh/research/peebles_james.htmlx](http://pupgg.princeton.edu/www/jh/research/peebles_james.htmlx)

Amerikansk medborgare. Född
1935, (69 år). Fil dr 1962 vid Prin-
ceton University. Albert Einstein
Professor of Science, (Emeritus),
Princeton University, New Jersey,
USA.

SIR MARTIN J. REES

Cambridge University
Institute of Astronomy
Madingley Road
Cambridge CB3 0HA
UK

www.ast.cam.ac.uk/loA/staff/mjr/

Brittisk medborgare. Född 1942,
(62 år). Fil dr 1967 vid Cambridge
University, professor i kosmologi
och astrofysik vid University of
Cambridge, England.



**KUNGL.
VETENSKAPSAKADEMIEN**
THE ROYAL SWEDISH ACADEMY OF SCIENCES

P.O. Box 50005, SE-104 05 Stockholm, Sweden
Phone: +46 8 673 95 00, Fax: +46 8 15 56 70
E-mail: info@kva.se, Web site: www.kva.se

Lilla Frescativägen 4A
Underground: Universitetet
Bus 40: Universitetet norra