

Universitat Rovira i Virgili

Investidura com a doctora honoris causa
de la Sra. Margaret Joan Geller

Sessió acadèmica extraordinària,
17 de juny de 2009





Investidura com a doctora honoris causa
de la senyora Margaret Joan Geller

Sessió acadèmica extraordinària,
17 de juny de 2009



Universitat Rovira i Virgili
Tarragona

Discurs d'investidura: © 2009 by Margaret Joan Geller

Fotografia: Ramon Torrents

Imprès per Indústries Gràfiques Gabriel Gibert, SA

Dipòsit Legal: T.1390-2009

Índex

Elogi del candidat	7
pronunciat pel DR. MANEL SANROMÀ LUCÍA	
Commendation of the candidate	15
by DR. MANEL SANROMÀ LUCÍA	
Discurs d'investidura	23
pronunciat per la DRA. MARGARET J. GELLER	
Award acceptance speech	37
by DRA. MARGARET J. GELLER	
Paraules de benvinguda	49
pronunciades pel DR. FRANCESC XAVIER GRAU VIDAL	
Rector Magfc. de la Universitat	
Welcome speech	55
by DR. FRANCESC XAVIER GRAU VIDAL	
Rector of the University	

📌 Elogi del candidat
pronunciat pel Dr. Manel Sanromà Lucía



Rector Magnífic, autoritats, companys acadèmics, Dra. Margaret Geller, senyores i senyors,

És per a mi un gran honor, com a astrònom i com a membre d'aquest Claustre, actuar avui de padrí en la investidura com a doctora honoris causa per la Universitat Rovira i Virgili de la Dra. Margaret Geller. Vull agrair al rector, molt especialment, i també al meu Departament d'Enginyeria Informàtica i Matemàtiques que hagin fet aquesta proposta i que m'hagin elegit a mi per dur-la endavant.

Margaret Geller és, sens dubte, una de les astrònomes que ha contribuït més a canviar la nostra concepció de l'Univers en les darreres dècades. Enguany la Universitat s'ha unit a la celebració mundial de l'Any Internacional de l'Astronomia, en commemoració dels 400 anys de les primeres observacions telescòpiques de Galileu. Aquest gran astrònom italià, pare de la ciència moderna, va contribuir a demostrar que el model heliocèntric de Copèrnic era la descripció correcta del món conegut aleshores, que es limitava al Sol i els planetes, amb les estrelles com a punts de llum fixos en la volta celest; queia, doncs, la visió geocèntrica que havia dominat el pensament humà.

Des d'aquell moment no han parat de succeir-se descobriments que han anat canviant la nostra visió de l'Univers i el lloc que hi té la humanitat. Així, durant el segle XVIII, gràcies a les especulacions de l'astrònom anglès Thomas Wright i del filòsof alemany Immanuel Kant, però sobretot a les observacions de l'astrònom britànic (nascut a Alemanya) William Herschell, va quedar clar que el Sol no era més que una de les moltes estrelles que formaven un immens sistema estel·lar, conegut com galàxia: la Via Làctia que domina els nostres cels no és més que aquest sistema vist des de dintre. El Sol, aparentment, era en el centre de la galàxia, posició que va ocupar fins que el 1920 l'astrònom nord-americà Harlow Shapley va demostrar que no era així. Val a dir que mentrestant, durant el segle XIX, un altre científic revolucionari va recol·locar la Humanitat en el gran teatre de la naturalesa: el treball de Charles Darwin (del naixement del qual es compleixen 200 anys

i 150 de la publicació de la seva monumental obra *L'origen de les espècies*) va demostrar que l'home no era el centre de la creació sinó un producte de l'evolució de la vida. Però els canvis en la nostra visió del món s'accelerarien durant el segle xx.

Primer va ser Albert Einstein, que l'any 1917 va aplicar la seva teoria de la relativitat a una descripció de l'Univers com un tot. Poc després l'astrònom nord-americà Edwin Hubble demostrava no solament que la nostra galàxia no és més que una de les moltes que poblen l'Univers sinó que totes s'allunyen les unes de les altres i configuren un Univers en expansió: era un altre cop a l'antropocentrisme; aquest aparentment definitiu. Vivíem en un Univers immens, poblat de galàxies i l'home ocupava un lloc gens especial en l'evolució còsmica. A més, per primera vegada teníem una descripció no solament de com era aquest Univers sinó de l'origen i evolució. La teoria del Big Bang, obra del belga George Lemaître i del nord-americà d'origen ucraïnès George Gamow, era confirmada espectacularment l'any 1965, amb el descobriment de la radiació de fons de l'Univers pels nord-americans Arno Penzias i Robert Wilson, que els va donar el premi Nobel de Física el 1978.

Però hi havia encara més sorpreses esperant. Després del descobriment de Hubble que moltes nebuloses, considerades fins aleshores com a objectes de la nostra galàxia, eren galàxies elles mateixes, va començar a posar-se en evidència la tendència d'aquestes galàxies a agrupar-se en grups i cúmuls, alguns dels quals tenien diversos milers de membres. La gravetat era l'explicació d'aquest fenomen i no hi havia res d'especial. Però es pensava que a gran escala l'Univers era homogeni, és a dir, que les galàxies es distribuïen uniformement sense grans aglomeracions més enllà dels grups i cúmuls. Margaret Geller i el seu col·laborador John Huchra van fer saltar pels aires aquesta visió. Durant els anys vuitanta del segle passat van estudiar la distribució de milers de galàxies en tres dimensions, utilitzant el corrent vermell en l'espectre de la galàxia com un indicador de la distància, que s'afegia com a tercera dimensió a les dues que s'observen sobre la volta celest. I la sorpresa va ser majúscula: les galàxies no es distribuïen uniformement sinó en enormes filaments i parets que limitaven immenses regions de l'espai en què pràcticament no n'hi havia cap. La més gran d'aquestes estructures, que van anomenar la Gran Muralla, tenia unes dimensions de 500 per 200 per 15 milions d'anys llum: senzillament eren estructures massa grans com perquè la gravetat hagués tingut temps de crear-les des de l'inici

de l'Univers. Això donava pas a una sospita que havia començat a circular des de feia temps entre els astrònoms: la matèria i l'energia que coneixem no era tot el que formava l'Univers. Havia de tenir un component de matèria anomenada fosca (perquè no interactua més que gravitatòriament i no pas electromagnèticament) que de fet dominava en termes relatius l'Univers i era necessària per explicar l'aparició d'aquestes grans estructures descobertes per Geller i Huchra.

I arribat aquest punt, en el qual hem situat la Dra. Geller en la història del nostre coneixement de l'Univers, ens toca dir algunes paraules sobre la seva carrera professional. Margaret Geller, nascuda l'any 1947 a Ithaca (Nova York) es va graduar en Física a la Universitat de Berkeley l'any 1970 i cinc anys més tard es doctorava en Astrofísica a la Universitat de Princeton, on va ser la segona dona a fer-ho en aquesta elitista universitat. Ja aleshores es va començar a interessar per l'agrupament de les galàxies, tema en el qual va seguir treballant en incorporar-se al Claustre de la Universitat de Harvard. S'hi havia creat l'any 1973 el Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics (conegut popularment per CfA), una associació entre l'Observatori de la Universitat i l'Observatori de l'Smithsonian Institution: per dir-ho en poques paraules, el centre astronòmic més gran del món. En aquest centre, uns anys més tard, va començar el primer dels esforços per construir un mapa tridimensional de l'Univers. Les galàxies que observem amb els nostres telescopis estan projectades sobre la volta celest i per tenir informació sobre la distància utilitzem l'anomenada llei de Hubble, que diu que la velocitat a què s'allunyen les galàxies és directament proporcional a la distància; així doncs, si podem mesurar la velocitat podem saber la distància. I això ho fem a través del corriment cap al vermell en les ratlles de l'espectre de la llum que ens arriba de les galàxies; el conegut efecte Doppler, tan familiar per a nosaltres en el so d'una motocicleta o d'una ambulància que s'apropen o s'allunyen, s'aplica en aquest cas a la llum per conèixer la velocitat (i doncs, gràcies a Hubble, la distància) de galàxies separades de nosaltres per centenars o milers de milions d'anys llum.

Avui hi ha projectes, com l'Sloan Digital Survey, en què han mesurat el corriment cap al vermell de més d'un milió de galàxies, però el CfA Redshift Survey, en el qual es van mesurar 15.000 galàxies, ha passat a la història no solament perquè va ser el primer sinó per la gran troballa de Margaret Geller i John Huchra: la Gran Muralla. Aquesta troballa confirmava la sospita sobre l'existència de la massa fosca, que curiosament havia posat en evidència

Vera Rubin, una altra gran astrònoma nord-americana que no va poder doctorar-se a Princeton als anys cinquanta del segle passat perquè aleshores estava vetat per a les dones.

I és que ser dona i científica no ha estat mai fàcil. I en la història de l'astronomia en tenim un grapat, d'exemples rellevants; no endebades aquesta antiga ciència és una de les que ha tingut més aportació femenina. Començant per Hypathia, la directora de la Biblioteca d'Alexandria, que va ser cremada amb la mateixa Biblioteca al segle v dC i passant per totes aquelles que, sense ser assassinades, han estat menyspreades en el seu treball pel simple fet de ser dones. I així, sense ser exhaustius, podríem esmentar Caroline Herschel, poques vegades recordada, al contrari que el seu germà William, amb qui treballava regularment; Maria Mitchell, la primera astrònoma admesa a l'American Association for the Advancement of Sciences, que malgrat això cobrava la tercera part que els seus col·legues masculins, fet contra el qual va lluitar decididament; o les anomenades calculadores de Harvard, un grup de dones entre les quals van destacar Williamina Fleming, Antonia Maury i Annie Cannon, que van fer una ingent tasca de classificació fotomètrica i espectral de totes les estrelles conegudes gràcies a la qual es van establir les bases de l'astrofísica moderna; o Henrietta Lewitt, la primera astrònoma nominada per a un Nobel, que va descobrir la relació entre el període i la lluminositat de les estrelles variables cefeides, que va ser tan important per als descobriments de Shapley i de Hubble i continua sent una de les bases observacionals de la cosmologia moderna; Jocelyn Bell, codescobridora dels púlsars amb Antony Hewish, la qual cosa li va donar a ell, però no a ella, el primer premi Nobel atorgat a un astrònom.

I és que Margaret Geller sap ben bé del que parlem. La seva carrera a Harvard va començar l'any 1974 i des d'aleshores ha treballat allí (excepte un curt període en què fou professora visitant a la Universitat de Cambridge, a Anglaterra) i a Harvard va arribar a ser catedràtica. Durant tots aquest anys ha acumulat resultats científics i reconeixements a la seva carrera. Fou la primera dona de Harvard a entrar a la National Academy of Sciences i ha rebut nombrosos premis i distincions honoràries de diferents universitats, entre els quals destaca la McArthur Foundation Fellowship, el Newcomb-Cleveland Award of the American Association for the Advancement of Science i el Magellanic Premium of the American Philosophical Society. Tot això no va ser obstacle perquè hagués de fer front a la discriminació que tantes vegades han patit les dones, i en particular les dones científiques. L'any 1997 va

rebre la bona notícia que Harvard li atorgava la càtedra Mallinckrodt, un honor reservat tradicionalment als professors permanents d'aquesta universitat; però, ai las, en aquest cas la càtedra no portava associada la categoria de professor permanent. Els responsables de la Universitat van argumentar que el problema era burocràtic i no discriminatori, però són molts els qui pensen que Geller va ser víctima d'uns prejudicis que ja van experimentar Annie Cannon i Henrietta Lewitt a Harvard o Jocelyn Bell i Vera Rubin en altres universitats. Val a dir en el seu honor que, igual que Maria Mitchell, la primera astrònoma americana, ella va plantar cara i finalment l'any 2001 va dimitir del seu lloc a Harvard i es va dedicar des d'aleshores estrictament a la tasca científica a l'Smithsonian Observatory.

I no és poca, aquesta tasca! A més de publicar més de 200 articles en revistes científiques, ha dedicat una part significativa del temps a la divulgació i a l'educació, ja que ha participat també en la producció de diverses pel·lícules i documentals de contingut científic. En els darrers anys ha contribuït a un altre descobriment tan inesperat com significatiu: l'existència de les anomenades estrelles hiperveloces, estrelles que tenen velocitats tan elevades que les fan sortir de la galàxia on s'han format i que ens poden donar molta informació sobre la distribució de la matèria fosca en les galàxies.

Som, doncs, davant d'una dona amb majúscules, d'una astrònoma amb majúscules, d'una científica que honora la ciència com a professional i com a persona. Dear Margaret, our University and our Department are most honoured to have you with us today to accept this honorary degree that you richly deserve. We are proud to be the first Catalan and Spanish University to award an Honorary Degree to a female Astronomer. In this International Year of Astronomy, when we celebrate the great achievements of Galileo we also want to celebrate your contributions to our knowledge of the Universe and your vision of it as a Scientist and as a Woman. Let me use your own words that you said in an interview published in the book *The lives and worlds of modern cosmologists* to summarize your vision of life: "I guess my view of life is that you live your life and it's short. The thing is to have as rich an experience as you possibly can. That's what I'm trying to do. I'm trying to do something creative. Y try to educate people. I enjoy encouraging people and meeting people. I enjoy seeing the world and I have as many broad experiences as I can. I feel privileged to be able to be creative."

Rector Magnífic, en la mesura que m'ha estat possible, he exposat la vida i l'obra de la Dra. Margaret Geller. Crec, doncs, haver dit prou perquè

amb la vostra autoritat li sigui atorgat el reconeixement dels seus mèrits. Per tant, Rector Magnífic, us demano que us digneu nomenar doctora honoris causa la Dra. Margaret Geller i incorporar-la a la nostra Universitat.



Commendation of the candidate
by Dr. Manel Sanromà Lucía

Rector, authorities, academic colleagues, Dr. Margaret Geller, ladies and gentlemen

It is a great honour for me, as an astronomer and a member of this Senate, to act today as Dr. Margaret Geller's sponsor, on the day of her investiture as an honorary doctor of the Rovira i Virgili University. I would like to thank the rector, in particular, and the Department of Computer Engineering and Mathematics who made the proposal and chose me to carry it into effect.

Margaret Geller is undoubtedly one of the astronomers who has most contributed to changing our concept of the universe in recent decades. This year our University has taken part in the world celebration of the International Year of Astronomy to commemorate the first telescopic observations made by Galileo 400 years ago. The great Italian astronomer, the father of modern science, helped to demonstrate that Copernicus' heliocentric model was the correct description of the known world at the time, which was limited to the sun and the planets, with the stars as fixed points of light in the firmament. The geocentric vision that had dominated human thought up to that time was thus displaced. From that point on there has been a never-ending succession of discoveries that have gradually changed our vision of the Universe and the place occupied by humankind within it. During the 18th century, as the result of speculations by the English astronomer Thomas Wright and the German philosopher Immanuel Kant but in particular because of the observations by the British astronomer (born in Germany) William Herschell, it became clear that the Sun was little more than one of the many stars that made up an immense star system known as the Galaxy: the Milky Way that dominates our skies is simply this system seen from within. The Sun, apparently was at the centre of the Galaxy, a position it occupied until 1920 when the North-American astronomer Harlow Shapley showed that this was not the case. It should be pointed out that, meanwhile, during the 19th century, another revolutionary scientist repositioned humankind in the great theatre of Nature: Charles Darwin, who was born 200 years ago

and who published his masterpiece *The Origin of the Species* 150 years ago, demonstrated that humans were not the centre of creation but the product of an evolutionary process. The changes in our vision of the world, however, were to accelerate during the 20th century.

First it was Albert Einstein who, in 1917, applied his Theory of Relativity to describe the Universe as a whole. Shortly afterwards, the North-American astronomer Edwin Hubble demonstrated not only that our Galaxy is one of many in the Universe but also that they are all moving away from one another, which meant that the Universe is in constant expansion. The Universe is expanding: this was another, apparently definitive, nail in the coffin of anthropocentrism. We were living in an immense Universe, populated by galaxies, and the place occupied by humankind in cosmic evolution was far from special. What is more, for the first time we had a description not only of what this Universe was like but of its origin and evolution. The Big Bang Theory, the work of the Belgian George Lemaitre and the North American of Ukrainian origin George Gamow, was spectacularly confirmed in 1965 with the discovery of cosmic microwave background radiation by the North Americans Arno Penzias and Robert Wilson, for which they were awarded the Nobel Prize for Physics in 1978.

But there were even more surprises in store. After Hubble's discovery that many nebulae—that up to that time had been regarded as objects in our Galaxy—were in fact galaxies themselves, it started to become clear that these galaxies tended to group together in clumps or clusters, some of which had several thousand members. The explanation for this phenomenon was gravity and there was nothing special in this. On a large scale, however, the Universe was believed to be homogeneous: that is to say, galaxies were uniformly distributed and there were no great agglomerations beyond clumps and clusters. Margaret Geller and John Huchra destroyed this vision. During the 1980s they studied the distribution of thousands of galaxies in three dimensions and used the red shift in the galaxy's spectrum as an indicator of distance, which was added as a third dimension to the two that can be observed in the firmament. Their results were a complete surprise: galaxies are not distributed uniformly but in enormous filaments and walls that limit immense regions in space in which there are practically no other galaxies. The largest of these structures, which they called The Great Wall, was 500 million light-years long, 300 million light-years wide and 15 million light-years thick: these structures were simply too big to have been created

by gravity since the beginning of the Universe. This seemed to confirm a suspicion that had been circulating among astronomers for some considerable time: the Universe did not consist only of known material and energy. It must also have a component known as dark matter (since it only interacts gravitationally and not electromagnetically), which dominates the Universe in relative terms and is necessary to explain the appearance of these large structures discovered by Geller and Huchra.

Now that we have positioned Dr. Geller in the historical transformation of our knowledge of the Universe, we should say a few words about her professional career. Margaret Geller, born in 1947 in Ithaca, New York, graduated in Physics from the University of Berkeley in 1970 and five years later she gained a doctorate in Astrophysics at the University of Princeton, being only the second woman to do so at this elite university. It was at this time that she began to take an interest in the clustering of galaxies, a topic on which she continued to work when she joined the Senate of the University of Harvard. There, in 1973, the Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics (popularly known as CfA) had been founded. It was an association of the Observatory of the University and the Observatory of the Smithsonian Institution: to sum up, it was the largest astronomy centre in the world. In this centre, a few years later, the first steps to construct a three-dimensional map of the Universe were taken. The galaxies that we observe with our telescopes are projected onto the firmament and to acquire information about their distance we use what is known as Hubble's Law, which states that the velocity at which galaxies recede from the earth is directly proportional to their distance from us; therefore, if we can measure their velocity we can find out how far they are away. This we can do by using the red shift in the lines of the spectrum of light that reaches us from the galaxies; the well-known Doppler effect, so familiar to us in the sound of a motorbike or an ambulance approaching or receding, can be applied in this instance to light to work out its velocity (and therefore, thanks to Hubble, the distance) of galaxies that are hundreds or thousands of light years away from us. Today, such programmes as the Sloan Digital Survey, have measured the redshift of more than a million galaxies, but the CfA Redshift Survey, which measured 15,000 galaxies, has gone down in history not only for being the first but also for Margaret Geller and John Huchra's great discovery: the Great Wall. This finding confirmed the suspicion of the existence of dark matter which, strangely enough, had first been postulated by Vera Rubin, another

great North-American astronomer who could not do her doctoral studies at Princeton in the 1950s because women were banned.

The fact is that being a woman and a scientist has never been easy. And in the history of Astronomy there are several important examples because women have made a considerable contribution to this ancient science. The first was Hypatia, the director of the Ancient Library of Alexandria who was burnt to death, just as the Library itself was, and there was a whole host of others who, though not murdered, had their work scorned simply because they were women. Among them were Caroline Herschel, who is rarely remembered nowadays unlike her brother William with whom she regularly worked; Maria Mitchell, the first female astronomer to be admitted to the American Association for the Advancement of Sciences but whose salary, even so, was one-third that of her masculine colleagues; the so-called “calculators of Harvard”, a group of women including Williamina Fleming, Antonia Maury and Annie Cannon who carried out an enormous task of photometric and spectral classification of all known stars thanks to which the bases of modern astrophysics were established; Henrietta Lewitt, the first female astronomer to be nominated for a Nobel Prize, who discovered the relation between a Cepheid variable’s luminosity and pulsation period, extremely important for the discoveries of Shapley and Hubble and which is still one of the observational fundamentals of modern Cosmology; and Jocelyn Bell, co-discoverer alongside Antony Hewish of pulsars, which earned him, but not her, the first Nobel Prize ever awarded to an astronomer.

Margaret Geller is well aware of what we are talking about. Her career at Harvard started in 1974, she has worked there ever since (except for a short period during which she was a visiting lecturer at the University of Cambridge in England), and she was even appointed as full professor. She has been given extensive public recognition for her scientific results and her career. She was the first woman from Harvard to be admitted to the National Academy of Sciences and she has received numerous awards and honours from a variety of universities, among which are the McArthur Foundation Fellowship, the Newcomb-Cleveland Award of the American Association for the Advancement of Science and the Magellanic Premium of the American Philosophical Society. All these achievements, however, did not mean that she did not also have to cope with the discrimination that so many women, and particularly scientists, have had to put up with.

In 1997 she was given the good news that Harvard had awarded her the Mallinckrodt chair, an honour traditionally reserved for the university's tenured scholars; in this case, though, the chair did not come with tenure. The university administrators argued that it was a bureaucratic problem not sexual discrimination, but many believe that Geller had fallen foul of the same prejudices that had harmed Annie Cannon and Henrietta Lewitt at Harvard and Jocelyn Bell and Vera Rubin at other universities. To her credit, we should point out that, like Maria Mitchell, the first female American astronomer, she stood up for what she believed in and in 2001 resigned from her post at Harvard to spend her time exclusively at the Smithsonian Observatory.

And it is by no means a small task! As well as publishing more than 200 articles in scientific journals, she has spent a considerable amount of time on information and education by taking part in the production of several scientific films and documentaries. In recent years she played a role in another discovery that was as unexpected as it was significant: the existence of so-called hypervelocity stars, whose velocity is so great that they are able to escape the gravitational pull of the galaxy. They can provide much information about the distribution of dark matter in the galaxies.

We are, then, talking of a first-rate woman, a first-rate astronomer, a scientist who honours science as a professional and as a person. Dear Margaret, our University and our Department are most honoured to have you with us today to accept this honorary degree that you richly deserve. We are proud to be the first Catalan and Spanish University to award an honorary degree to a female astronomer. In this International Year of Astronomy, when we celebrate the great achievements of Galileo we also want to celebrate your contributions to our knowledge of the Universe and your vision of it as a scientist and a woman. Let me use your own words that you said in an interview published in the book *The lives and worlds of modern cosmologists* to summarize your vision of life: "I guess my view of life is that you live your life and it's short. The thing is to have as rich an experience as you possibly can. That's what I'm trying to do. I'm trying to do something creative. I try to educate people. I enjoy encouraging people and meeting people. I enjoy seeing the world and I have as many broad experiences as I can. I feel privileged to be able to be creative."

Rector, insofar as it has been possible, I have described the life and the work of Dr. Margaret Geller. I believe that what I have said is sufficient, with

your authority, for her merits to be awarded due recognition. I therefore request that she be awarded an honorary degree and that she become a member of our University.



Discurs d'investidura

pronunciat per la Dra. Margaret J. Geller

Moltes gràcies per aquest honor tan especial. Fa alguns anys el meu marit i jo vam visitar Tarragona, i vam tenir l'encantadora i fascinant experiència d'explorar l'univers català.

Aquesta tarda m'agradaria prendre'm la llibertat de combinar la meua experiència de Catalunya amb un breu recorregut pel cosmos, que és el que he estudiat en la meua vida professional. És clar que la meua visió de l'univers català és la visió d'una estrangera. I la meua visió del cosmos, bé, crec que tots som estrangers en els viatges de la nostra imaginació. Sovint la gent em pregunta: "No et sents petita estudiant quelcom tan vast com l'Univers?", i jo contesto: "No importa com sigui de gran una part de l'Univers, si tu la pots incloure en un full de paper A4". Els científics són els mestres de l'abstracció. És igual el que s'estudiï, la partícula, la cèl·lula, la Terra, l'Univers..., nosaltres modifiquem el subjecte a la nostra pròpia mesura.

Els científics no són els únics que juguen amb l'Univers. Els artistes també ho fan. Un dels pintors catalans més famosos, en Joan Miró, estava fascinat amb el cel. Ell va escriure: "L'espectacle del cel m'impresiona. Estic totalment fascinat quan veig, en un cel immens, la Lluna creixent o el Sol. Allà, als meus quadres, hi ha formes minúscules en espais buits, horitzons buits, plànols buits. Tot el que estigui descobert sempre m'ha impressionat immensament". Durant la Segona Guerra Mundial, Miró va pintar una sèrie de 23 constel·lacions. Ell és el mestre de l'espai i omple un lloc complex amb criatures, planetes, llunes i estels. Les constel·lacions d'en Miró només són visibles a les seves pintures; col·locava estels on ell creia que havien de ser-hi. Els científics, com els astrònoms, no poden escollir on posar els estels o les galàxies. Però poden descobrir on són.

Una regió fosca del cel (fosca per a la nostra simple vista o des d'un petit telescopi), un petitíssim pedaç del cel, aproximadament d'1/1.000 de l'àrea de la Lluna, és un lloc perfecte per explorar la llunyana extensió de l'Univers amb el Telescopi del Hubble Space (HST). En aquesta regió (coneguda com el *camp profund del Hubble*), el HST va trobar unes 500 galàxies llunyanes. La majoria són molt menys atractives que la nostra Via Làctia. Són

galàxies joves en procés de formació. La imatge arriba més enllà de l'Univers que qualsevol altra representació que tenim. Ens arriba dins d'un bilió d'anys des de l'esclat inicial. Les taques menys visibles i les galàxies estan a més de dotze bilions d'anys llum de nosaltres. Les observem tal com eren dotze bilions d'anys enrere. Els objectes menys visibles són unes fascinants deu bilions de vegades menys perceptibles que l'objecte menys notori que puguis veure a simple vista. La imatge va ser una mesura de l'extensió de la ment humana i de la imaginació. Mostra la connexió entre la tecnologia, la curiositat i l'impuls per comprendre el nostre lloc dins de l'Univers. La nostra galàxia, la Via Làctia amb prou feines és única, ja que l'Univers conté bilions de galàxies com aquesta i els seus observadors veuen el mateix ampli Univers al seu voltant. La nostra insignificant posició s'ha convertit en quasi mediocre. I encara continuem escrutant l'Univers, li preguntem sobre la seva naturalesa i evolució i, fins i tot, sorprenentment podem contestar moltes d'aquestes preguntes.

Només una galàxia és visible, a simple vista, des de l'hemisferi nord de la Terra. Andròmeda és la galàxia gegant més propera a la Via Làctia. Com Andròmeda, la Via Làctia és una gran galàxia espiral. El disc és blau perquè conté estels joves i calents. El Sol està situat a les proximitats de la Galàxia, a 25.000 anys llum del centre i gegant forat negre. Si el Sol estigués a Andròmeda, estaria aproximadament al braç més extern de l'espiral, a les proximitats de la Galàxia. Les galàxies com la Via Làctia i la d'Andròmeda tenen masses d'un o dos milions i milions de vegades la massa del Sol. Cadascuna d'elles conté bilions de sols com a estels. Aquests sistemes d'estels gegants, de gas i de pols estan sostinguts per la gravetat, és a dir, la mateixa força que governa el moviment dels planetes al sistema solar.

Sabem les masses de les galàxies perquè podem mesurar el moviment dels estels i del seu gas. El 1970 Vera Rubin va mesurar la velocitat de la rotació d'Andròmeda. Per a sorpresa de tothom, les mesures van demostrar que l'Andròmeda, com la Via Làctia i altres galàxies, té una aurèola gegant i fosca. Avui, dels estudis com els de la Vera Rubin i després d'examinar els moviments de les galàxies relativament entre elles, sabem que el 85 % de la matèria de l'Univers és fosca. Coneixem quelcom sobre on està, a les aurèoles de les galàxies, per exemple, però encara no sabem què és. La Vera Rubin ha desenvolupat un paper especial a la meua vida com a amiga i com a mentora. Admiro la seva afectivitat i generositat, a més de les seves proeses científiques. La vaig conèixer als anys vuitanta en una reunió a la ciutat de Nova

York. Vam recórrer la ciutat juntes, tractant temàtiques que anaven des de la roba fins als temes foscos de l'Univers. Des de llavors, hem parlat durant hores. Hem compartit alegries, emocions pels descobriments i, en els temps durs, ens hem ajudat mútuament. La Vera ha estat una inspiració especial per a mi, tal com ho és per a molts altres astrofísics d'origen femení i masculí.

Als anys vuitanta estava traçant el meu curs del descobriment dins de l'Univers. En aquell temps no hi havia imatges del Telescopi Espacial Hubble. Totes les imatges són fotografies de dues dimensions d'un espai impressionant. Jo volia veure una projecció de tres dimensions. Llavors em vaig preguntar: quin tipus de model perfila aquestes galàxies en l'espai? La clau per crear projeccions tridimensionals rau en els colors de les galàxies. Si mirem atentament podrem observar que les galàxies són de diferents colors. Algunes són més vermelloses que altres. Les més rogenques estan més lluny que les blaves. Per què? Perquè l'Univers s'està expandint, i amb l'expansió, la longitud d'ona de la llum s'estén cap a una longitud d'ona més vermella. El 1929 Edwin Hubble va descobrir aquesta expansió de l'Univers. Les galàxies retrocedeixen entre elles amb unes velocitats proporcionals a les seves distàncies. Aquest sorprenent descobriment va ser, de fet, una predicció de la teoria general de la relativitat d'Einstein.

Durant la primera part del segle xx, un home, Albert Einstein va revolucionar el nostre concepte de la llum i de la gravetat amb el seu desenvolupament de les teories d'especial i de general relativitat. Aquestes dues peces de física fonamentals són la raó principal de la nostra habilitat d'explorar i comprendre l'Univers. La teoria de la relativitat especial connecta l'espai amb el temps, d'una manera natural. Mesurem les distàncies de l'espai i registrem el temps que tarda la llum a travessar-les. El Sol està a vuit minuts llum de la Terra. L'estel més proper, la Pròxima del Centaure està a 4,22 anys llum d'aquí, el centre de la nostra galàxia està a 25.000 anys llum de nosaltres, i les galàxies més llunyanes estan a uns dotze bilions d'anys llum. Gairebé tota la informació que tenim sobre l'Univers ens la porta la llum antiga. Veiem el Sol tal com era vuit minuts abans i les galàxies llunyanes en la seva joventut, tal com eren dotze bilions d'anys enrere, no gaire després de la seva formació. Creiem que coneixem l'espai i el temps per les nostres experiències diàries. Mirem els nostres rellotges per dir l'hora.

Caminem per l'espai i, quan és necessari, utilitzem un GPS per planificar o guiar els nostres viatges. La naturalesa de l'espai és quelcom amb què, de fet, no hi pensem pas gaire. Si al matí marxem de la nostra habitació per

anar a esmorzar a la cuina, esperem trobar l'espai del nostre dormitori exactament igual quan hi tornem, a qualsevol altra hora del dia, del mes o de l'any, per aquesta raó. La teoria de la relativitat general explica que l'espai de l'Univers és diferent del nostre espai estàtic local. Einstein exposa que els objectes gegants determinen la geometria de l'espai, que la gravetat és geometria. Al segle XVII, Isaac Newton va dir que la gravetat és una força atractiva entre dos objectes gegants. Einstein esmenta que la matèria determina la geometria de l'espai i que aquesta comunica a la geometria material com ha de moure's. Quan la matèria es mou, les ones de l'espai canvien com a reacció. A la teoria d'Einstein, l'espai és dinàmic. En la imatge d'Einstein un cometa xoca amb el Sol perquè hi ha una vall a l'espai del voltant del Sol i el cometa topa amb aquesta vall. Newton diu que el cometa xoca amb el Sol a causa de la força gravitacional exercida per l'astre cap al cometa.

En la grandiosa escala de l'Univers, a més de bilions d'anys llum, la teoria de la relativitat d'Einstein fa l'extrafòl·lia predicció, confirmada per les observacions d'en Hubble, que l'Univers és dinàmic, que s'expandeix i que l'espai entre les galàxies s'estén. Quan Einstein va trobar aquesta predicció de la seva teoria, va afegir un terme anomenat *la constant cosmològica* a les seves equacions, per parar l'expansió. Fins i tot Einstein, un científic herètic com ell, no podia imaginar un Univers que s'anava desenvolupant. Després d'algunes observacions es va veure que estava equivocada. A la teoria d'Einstein, les galàxies flueixen d'una a l'altra amb l'expansió de l'espai. Es mouen separatament perquè l'espai entre elles s'estén. En aquest espai extens, la longitud d'ona de la llum també s'estén i produeix els observats canvis vermells. Aquest efecte fa que les galàxies llunyanes es vegin més vermellores en les imatges profundes. Si mesurem aquests canvis amb la vermellor, podem modificar una imatge plana amb una de tres dimensions.

Sovint, les galàxies tenen amics. Com que són enormes, les galàxies s'agrupen en sistemes que oscil·len de parelles a grups que contenen des de centenars fins a milers de galàxies tan gegants com la Vía Làctia. Fins als anys vuitanta, les galàxies i els seus agrupaments eren els objectes que van marcar el teixit de l'Univers, per a tots. La majoria d'astrònoms pensaven que les galàxies estaven repartides bastant uniformement per tot l'Univers i que les agrupacions més estranyes també estaven escampades uniformement. Aquesta idea estava basada en el desig per la simplicitat. No hi havia projeccions completes que cobrissin qualsevol àrea substancial de l'Univers. Per crear una projecció de l'Univers, mesurem les posicions de les

galàxies al cel. Llavors despleguem la llum de la galàxia amb els seus colors per observar l'espectre. Des d'aquest se'n deriva un canvi rogenç. Amb els canvis vermellosos, podem construir una projecció tridimensional de l'Univers.

Durant els anys setanta hi va haver una revolució en la tecnologia que utilitzem per detectar la llum i en la manera amb què tractem les dades. En l'astronomia, es van començar a utilitzar els detectors digitals. Les dades d'aquests detectors podien ser analitzades ràpidament mitjançant els ordinadors. Als anys vuitanta, un telescopi d'1,5 metres, que era petit fins i tot en aquell temps, retornava vint-i-cinc canvis rogenços per nit a les galàxies que estan a centenars de milers d'anys llum de nosaltres. El meu col·lega John Huchra i jo, juntament amb el nostre alumne, Valerie de Lapparent vam mesurar els canvis vermellosos de mil galàxies, en una franja del cel del nord. Encara recordo el dia, a finals del 1985, quan per primera vegada vaig veure l'impressionant dibuix en aquest petit tros de l'Univers. El notori esquema s'estén per centenars de milions d'anys llum. Milers de galàxies perfilen regions fosques i aclaparadores de centenars de milions d'anys llum d'un costat a l'altre. Es creu que les galàxies perfilaven el contorn d'unes bombolles buides gegants a l'espai. Quina emoció va ser veure aquest esquema, el dibuix més gran que coneixem en la natura!

Durant els set anys següents, en John Huchra i jo vam estendre la projecció d'aquest mapa. Els resultats científics eren emocionants i l'interès del públic cap al nostre treball em van estimular per fer-ho més accessible. El 1993, amb l'ajuda d'en Larry Smarr, el director del Centre Nacional per Aplicacions de Súperordinadors de la Universitat d'Illinois, vam fer un viatge punter a través de l'Univers més proper. Volia fer sentir al públic la sensació de viatjar en una nau espacial a través de l'Univers, cap a un espai més enllà d'Andròmeda. Durant el procés de fer el gràfic de la ruta per l'Univers, tots vam aprendre coses interessants sobre la percepció humana. Per exemple, als experts de gràfics d'ordinador els agrada moure les dades endavant i enrere. Quan vam ensenyar aquests moviments a l'audiència d'assaig, a aquests no els va agradar gens. Un cinematògraf que treballava per a nosaltres va emfatitzar que la gent no vola mai enrere i que identifiquen girar i inclinar-se amb volar. Aquests gràfics van ser el primer viatge animat a través de l'Univers que es basava amb dades reals. Són part d'una pel·lícula anomenada *So many Galaxies...so little Time*. I com a representació de la mesura de l'arquitectura de l'Univers romanen insuperables.

Avui dia, els instruments més complexos dels telescopis de dos a sis metres han estès les projeccions de l'espai i del temps. Per a la meua actual investigació amb en Michael Kurtz i altres membres del grup utilitzem el MMT, un telescopi de sis metres i mig, situat al Mont Hopkins, a prop de Tucson, Arizona. L'instrument que utilitzem, anomenat el *Hectospec*, aprofita dues tecnologies que utilitzem cada dia: els CCD i la fibra òptica. Tenim CCD a la nostra càmera digital i la fibra òptica és la que transporta el nostre correu electrònic i ens porta cap a Internet, la pàgina web mundial. Per a l'astronomia, els CCD són més sensibles que els de la nostra càmera digital però l'objectiu és el mateix. Una vegada s'han aplicat aquests avantatges, permeten la mesura de centenars de canvis rogençs a la vegada, milers de modificacions vermelloses per nit en galàxies que són més de 200 vegades menys visibles que les de la nostra primera tirada. Al Hectospec, dos robots molt ràpids col·loquen 300 fibres òptiques a la plana focal del telescopi, a les posicions cuidadosament mesurades de les galàxies llunyanes. En una petita zona del cel, vuit vegades l'àrea coberta per la Lluna, hem projectat esquemes de més de cinc bilions d'anys llum d'aquí (això és més de deu vegades la distància que vam aconseguir amb la primera tirada) i aquestes projeccions comencen a ensenyar-nos allò que l'Univers aparentava quan estava a una mitjana edat. Els dibuixos són similars. Algun dia, possiblement els pròxims deu anys o així, tindrem una projecció més extensa.

Aquest viatge que emprenem a través de l'espai i del temps hauria fascinat un altre artista català, en Salvador Dalí. El captivà la ciència i, sens dubte, el temps. Els seus rellotges fosos han esdevingut imatges icòniques. Va fer la seva famosa pintura *La persistència de la memòria*, només dos anys després del descobriment de l'expansió de l'Univers. Els rellotges fosos rebutgen la idea d'un temps rígid. No em sorprendria gens que Dalí estigués influenciat llavors per la recent descoberta de l'extensió dinàmica de l'espai-temps del cosmos. Dalí també va fer un vistós ull del temps. Plora pel pas del temps, per les memòries del passat i per un futur desconegut. Quan observa l'Univers, penso que aquest plora per l'admiració del que nosaltres sabem i del que encara tenim per descobrir i per comprendre. Avui, amb l'ull de l'astrofísic i tots els nostres ulls podem veure quasi tota la història de l'Univers. Al començament de l'Univers, no hi havia estels.

Era essencialment un mar de matèria i radiació sense cap característica particular. Al principi de l'Univers feia tanta calor que els àtoms no s'hi podien formar. Els electrons, els protons i el nucli dels elements de la llum són

partícules amb càrrega; els electrons la tenen negativa i el nucli, positiva. Les partícules amb càrrega interactuen fermament amb la llum. Als inicis de l'Univers, els fotons eren unes partícules de llum que no viatjaven gaire lluny abans de ser escampades per una partícula amb càrrega. Com que la matèria i la radiació estaven fortament lligades entre elles, l'Univers és opac des del seu inici més llunyà, encara que no ho puguem veure. En la seva evolució, l'Univers es converteix en transparent. Continua la seva inexorable expansió i es refreda, s'expansiona i es refreda. Quan l'Univers arriba a l'edat dels 400.000 anys, la seva mida és aproximadament d'una mil·lèsima de la grandària actual i és suficientment fred perquè els àtoms d'hidrogen puguin formar-se. La matèria a l'Univers es torna neutra. Els fotons ja no estan fortament lligats amb la matèria i l'Univers es torna transparent. Com que podem veure-hi amb claredat a través seu des del present (amb una edat de tretze bilions d'anys) fins a l'edat jove de 400.000 anys enrere, nosaltres podem reconstruir la seva història.

Tenim una imatge de l'Univers de quan tenia 400.000 anys. La radiació de l'entorn còsmic que el cobreix transporta aquesta imatge de fa 400.000 anys amb ella. Aquesta radiació que va interactuar per última vegada amb la matèria va ser escampada, per última vegada, per la mateixa matèria quan l'Univers tenia 400.000 anys. Si us faig una fotografia, enregistro la llum i la radiació reflectida de la vostra cara. De la mateixa manera, l'entorn còsmic de la radiació transporta aquesta imatge de la distribució de la matèria a l'Univers de fa 400.000 anys. De fet, quan encens la teva televisió observes aquesta radiació com a estàtica i aproximadament un 1 % de la televisió estàtica és el xiuxiueig del *Big Bang*. La imatge de l'entorn de la radiació còsmica és presa des del satèl·lit WMAP. El Planck, el recent enviat satèl·lit europeu crearà una projecció encara millor! Aquest mapa mostra l'inici d'un Univers molt avorrit. Els bonys i els clots eren increïblement petits sobre una part, en un centenar de milers d'anys. Si la Terra fos tan llisa i tan uniforme com el principi de l'Univers també seria bastant avorrida.

No existirien els Pirineus i, certament, tampoc hi serien els Alps. El pic més alt seria d'uns 150 metres d'altura, més o menys el punt més elevat al meu estat d'origen de Massachusetts. No obstant això, d'aquests petits bonys i clots de la infantesa de l'Univers, la gravetat en fa els objectes que veiem avui dia: galàxies, agrupacions, estels i planetes. L'interessant model de la gran explosió no informa de com es formen els objectes dins l'Uni-

vers. Aquest model ens proporciona la pista d'on es formen i evolucionen les galàxies i tots els objectes de l'Univers. La idea bàsica de la formació de l'estructura universal és que a la gravetat li agrada crear bonys. Aquesta força gravitacional amplifica els bonys i clots petits, revelats per l'entorn de la radiació còsmica, per crear els bonics objectes que observem. També determina la manera amb què estan distribuïts en l'espai. La gravetat pot crear objectes ben definits de petites irregularitats perquè ha treballat el problema durant bilions d'anys. És la força més dèbilment i pobrament entesa de la natura, que fascina els físics i va entusiasmar l'home que defineix l'aspecte de Barcelona, Antoni Gaudí.

Quan vam visitar Barcelona, a l'Scott i a mi ens van captivar els models dels experiments de la gravetat de Gaudí. Molts de vosaltres probablement heu vist aquestes cordes i pesos a la Pedrera, que són models dels experiments de la gravetat. Gaudí va utilitzar aquestes estructures penjants de cordes i de peses com un ordinador analògic per dissenyar els seus edificis. Molt abans que l'ordinador ajudés amb el disseny, en Gaudí ja ho estava fent! La corda principal defineix un arc i les peses simulen la càrrega d'altres parts de l'edifici. Va ser el geni català qui va entendre que aquests models, de cap per avall, són estimulacions perfectes dels arcs en una orientació normal d'un edifici. Aquests arcs de catenària són uns característics dels edificis d'en Gaudí i els podem veure a l'interior de la Pedrera. L'artista català va utilitzar la natura per dissenyar amb naturalesa. Els seus edificis són un exemple exquisit de la connexió entre la geometria i les formes naturals, i entre la geometria i la gravetat. És interessant que la seva apreciació de la connexió aparegués al mateix temps que Einstein pensava en el mateix puzzle però en una escala molt diferent. En la gran escala de l'Univers, la gravetat determina els patrons universals que observem i que vaig ser tan afortunada de veure, per primera vegada, al nostre tros de l'Univers.

El progrés de la projecció de l'Univers ha estat molt ràpid. Al 1970, quan vaig començar com a estudianta graduada al Departament de Física de Princeton, només alguns milers de galàxies havien mesurat agrupacions roges. Avui n'hi ha més d'un milió. Si la tecnologia continua avançant, com ho ha fet des dels anys setanta, tindrem una projecció completa d'un Univers visible al voltant del 2100. La projecció en serà només una d'espai i de temps. Serem capaços d'emprendre un viatge de tretze bilions d'anys llum còmodament asseguts a les nostres cadires.

Possiblement ho he fet sonar com si haguéssim vist i ho sabéssim gairebé tot sobre l'Univers. Però no he mencionat alguns dels enigmes més importants. El primer i potser el problema més profund dels nostres intents per entendre la història de l'Univers és que no sabem la naturalesa de la majoria de la matèria universal. El 80 % de la matèria de l'Univers és fosca. Sabem alguna cosa sobre on està pels moviments que ocasiona, però no sabem què és després d'intentar-ho desxifrar durant setanta anys. La investigació de la matèria fosca és un dels molts enllaços entre la física de la tan grandiosa cosmologia i la física de la tan petita partícula física. Potser les partícules de la matèria fosca seran descobertes amb el Gran Hadron Collider, una partícula acceleradora amb una circumferència de 27 kilòmetres, al CERN, a prop de Gènova. Però la matèria no és tota la història. Les observacions indiquen que la velocitat d'expansió de l'Univers s'està accelerant. El 70 % de la densitat de l'energia dins de l'Univers és també quelcom que encara no podem explicar i l'anomenem *energia fosca*. A la teoria d'Einstein, l'evolució de l'Univers està determinada per la quantitat d'energia que conté cada any cúbic. Alguna part d'aquesta energia està en forma de matèria. La teoria especial de la relativitat d'Einstein especifica la connexió entre la matèria i l'energia, la famosa $E=mc^2$. La baixa densitat de la matèria i la perplexitat de la fosca energia ens diuen que l'Univers s'expandirà per sempre i que és infinit en extensió.

Hi ha un nombre de fets sobre això que ens retorcen la ment però la nostra és l'única història de l'Univers. Va començar fa catorze bilions d'anys i continuarà expandint-se per sempre. Els estels envelliran i amb el temps es quedaran sense combustible. La fi serà freda i fosca.

Haurem d'esperar un temps infinit per veure un Univers infinit i llavors no hi haurà llum per mostra'ns-ho. Avui en dia nosaltres només veiem una infinitèsima petita fracció de l'Univers. Assumim que allò que no veiem és com el que veiem. Són clarament trencaclosques profunds que queden per als qui volen entendre la història universal. No sabem de què està composta la majoria de la matèria i no ho hem sabut durant setanta anys. Per fer-ho pitjor, sembla que la majoria de la densitat de l'energia de l'Univers és també quelcom misteriós: l'energia fosca.

És clar, la majoria dels científics que exerceixen, incloent-me a mi mateixa, assumim amb seguretat que resoldrem aquests problemes i que un dia serem capaços de, fins i tot, preguntar amb més profunditat algunes qüestions sobre l'Univers i el seu origen. La gent sovint em pregunta el per-

què d'haver de contestar aquestes preguntes. Alguns dirien que, responent aquestes preguntes no molt pràctiques, desenvolupem tècniques que tenen conseqüències pràctiques importants. Per a l'astronomia, el desenvolupament dels CCD contribueix a la seva disponibilitat, a les nostres càmeres digitals. L'astronomia ha pres la iniciativa de l'ús i del processament de les imatges digitals, i també d'emprar grans grups de dades. Les tècniques que els astrònoms utilitzen per investigar i analitzar grans grups de dades són destinades al projecte genoma dels éssers humans per identificar algunes de les anomalies responsables de les malalties genètiques. El debat sobre el producte secundari pràctic és vàlid però he de confessar, per si de cas no ho heu endevinat encara, que sóc una romàntica.

Penso que preguntar certes qüestions, la curiositat i el sentit comú humà de la pregunta ens fa ser especials. El nostre sentit comú de la pregunta ens obliga a descobrir l'Univers i a comprendre la seva història. El nostre sentit per la pregunta és la característica més preciosa que tenim i que hem de fomentar entre la nostra joventut proporcionant-los l'oportunitat de descobrir en peu d'igualtat a tots els qui tinguin el talent de preguntar i contestar preguntes fonamentals sobre l'immens Univers en el qual habitem. El somni de la humanitat és el fet de fer molt, el fet d'entendre molt sobre poc. L'astronomia justament ho fa a la més gran escala possible. És una mesura de l'abast de la ment humana. Assumim audaçment que les lleis físiques que descobrim, als nostres laboratoris, a la Terra són aplicables en tot l'Univers, a tot arreu i en qualsevol moment i que, a més, funcionen!

Quan acabi de parlar, sortireu a fora on fa sol. Cada segon, cent bilions de bilions de fotons òptics toparan amb el vostre cap. La majoria d'aquests són del Sol i un simple bilió d'aquests, un bilió de fotons ve cada segon d'altres galàxies del cosmos. Aquestes galàxies, illes d'universos com la nostra Via Làctia, són a centenars de milions, bilions o, fins i tot, deu bilions d'anys lluny de nosaltres. Alguns dels fotons que xoquin contra el vostre cap tindran milions de bilions d'anys. Han viatjat a través de l'Univers durant tots aquests anys sense topar contra res fins que s'han trobat amb el vostre cap! Quina pena! Quan aquests antics fotons acabin el seu viatge en un telescopi, especialment en un de gegant com el Telescopi Europeu, que és extremadament gran, nosaltres podrem llegir els missatges que transporten sobre la naturalesa de l'Univers. Ens informen de l'aspecte que té l'Univers avui en dia i del que tenia ahir i bilions d'anys enrere. Amb els instruments correctes, per a nosaltres, tota la història de l'Univers existeix per poder-la observar i entendre.

Vivim a la primera època en la qual és possible de projectar l'Univers. És extraordinari que els éssers humans preguntem sobre l'Univers i és encara més extraordinari que ho puguem contestar. Moltíssimes gràcies per incloure'm a la família de la vostra Universitat.



Award acceptance

speech by Dra. Margaret J. Geller

Thank you so much for this very special honor. Several years ago my husband and I visited Tarragona and we had the delightful, fascinating experience of exploring the Catalan universe.

This afternoon I would like to take the liberty of combining my experience of Catalonia with a brief tour of the cosmos I have studied in my professional life. Of course, my view of the Catalan universe is the view of a foreigner. And my view of the cosmos...well... in that we are all foreigners taking journeys of the imagination. Often people ask me, "Don't you feel small studying something so vast as the universe?" I reply, "No matter how large a portion of the universe I map, it always fits on an A4 sheet of paper." Scientists are masters of abstraction. Whatever we study ... the quark, the cell, the earth, the universe ... we bring the subject up or down to our own size.

Scientists are not the only ones who play with the universe. Artists do it too. One of the most famous Catalan artists, Joan Miró, was fascinated by the sky. He wrote: "The spectacle of the sky overwhelms me. I am overwhelmed when I see, in an immense sky, the crescent of the moon, or the sun. There, in my pictures, tiny forms in huge empty spaces, empty horizons, empty planes - everything which is bare has always greatly impressed me." During World War II Miró painted a series of 23 constellations. He is a master of space and fills a complex layered space with creatures, planets, moons, and stars. Miró's constellations are visible only in his paintings; he put stars wherever he wanted them to be. Scientists ... astronomers ... cannot choose where they put stars ... or galaxies. But they can discover where they are.

A dark region of the sky (dark to the naked eye ... dark with a small telescope), a very small patch of the sky, about 1/1000 the area of the moon, is a perfect place to explore the distant reaches of the universe with Hubble Space Telescope (HST). In this region (known as the Hubble Deep Field) the HST found some 500 distant galaxies. Most are much less massive than our own Milky Way. They are young galaxies in the process of formation. The image reaches deeper into the universe than any other image we have ...it

takes us within a billion years of the initial big bang. The faintest smudges ... galaxies ... are more than 12 billion light years from us ... we see them as they were twelve billion years ago. The faintest objects are an amazing ten billion times fainter than the faintest object you can see with your naked eye. The image was a measure of the reach of the human mind and imagination. It shows the links between our technology, our curiosity and our drive to understand our place in the universe. Our Galaxy, the Milky Way is hardly unique ... the universe contains billions of galaxies just like it ... and observers in them see the same expanding universe around them. How insignificant our position has become... how undistinguished. And yet we continue to peer out at the universe and ask questions about its nature and evolution ... and even more astounding we can answer many of them.

Only one galaxy is visible with the naked eye from the northern hemisphere of the earth ... Andromeda, the massive galaxy nearest to our Milky Way. Like Andromeda, the Milky Way is a large spiral galaxy. The disk is blue because it contains young, hot stars. The sun is located in the suburbs of the Galaxy 25,000 light years from the central massive black hole. If the sun were in Andromeda it would be roughly in the outermost spiral arm ... in the suburbs of the galaxy. Galaxies like the Milky Way and Andromeda have masses of 1 or 2 million million times the mass of the sun. They each contain billions of sun like stars. These enormous systems of stars, gas and dust are held together by gravity, the same force that governs the motion of the planets in the solar system.

We know the masses of galaxies because we can measure the motions of the stars and gas in them. In 1970 Vera Rubin measured the rotation rate of Andromeda. To everyone's surprise the measurements showed that Andromeda ...like the Milky Way and other galaxies ... has a dark massive halo. Today, from studies like Vera Rubin's and from examining the motions of galaxies relative to one another, we know that 85% of the matter in the universe is dark. We know something about where it is ... in the haloes of galaxies, for example, but we still don't know what it is. Vera Rubin has played a special role in my life as a friend and as a mentor. I admire for her warmth and generosity as well as for her scientific prowess. I first met Vera in the 1980s at a meeting in New York City. We wandered around the City together discussing everything from clothes to dark matter in the universe. Since then we have chatted for hours. We have shared joys, the excitement of discovery, and in hard times we have supported each other. Vera has been

a special inspiration to me, as she is to many other astrophysicists ... female and male.

In the 1980's I was charting my own course of discovery in the universe. At that time there were no Hubble Space Telescope images. All images are two dimensional pictures of a vast space. I wanted to see a three dimensional map. What sort of patterns, I wondered, did these galaxies outline in space? The key to making three dimensional maps is in the colors of galaxies. Looking carefully you can see that the galaxies are different colors. Some are much redder than others. The redder ones are farther away than the blue ones. Why? Because the universe is expanding and with the expansion the wavelength of light stretches to longer, redder wavelength. In 1929 Edwin Hubble discovered this expansion of the universe. Galaxies recede from one another with velocities proportional to their distances. This surprising discovery was actually a prediction of Einstein's theory of general relativity.

During the early part of the twentieth century, one man, Albert Einstein, revolutionized our concept of light and of gravity with his development of the theories of special and general relativity. These two pieces of fundamental physics underlie our ability to explore and understand the universe. The theory of special relativity connects space and time in a natural way. We measure distances in space by recording the time it takes for light to traverse them. The sun is 8 light minutes away. The nearest star, Proxima Centauri is 4.22 light years away, and the center of our galaxy is 25,000 light years from us, and the most distant galaxies are 12 billion light years from us. Nearly all of the information we have about the universe is carried to us by ancient light. We see the sun as it was 8 minutes ago. We see distant galaxies in their youth ...as they were 12 billion years ago, not long after they formed. We think we know space and time from our everyday experience. We look at our watches to tell time. We walk around in space and when necessary, we use a GPS to plan or guide our travels. The nature of space is something we just don't think about much. If we leave our bedroom in the morning for breakfast in the kitchen, we expect the space in our bedroom to be exactly the same when we return to it any time later in the day ... or the month ... or the year for that matter. Einstein's theory of general relativity tells us that the space of the universe differs from our local static space. He tells us that massive objects determine the geometry of space, that gravity is geometry. In the seventeenth century, Isaac Newton, said that gravity is an attractive force between two massive objects. Einstein says that matter determines the

geometry of space and the geometry of space tells matter how to move. As matter moves in space, the ripples in space change in response. In Einstein's theory space is dynamic. In Einstein's picture a comet falls into the sun because there is a valley in space around the sun and the comet falls into the valley. Newton says that a comet falls into the sun because of the gravitational force exerted by the sun on the comet.

On the grand scale of the universe, over billions of light years, Einstein's theory of relativity makes the bizarre prediction, confirmed by Hubble's observations, that the universe is dynamic ... that it expands...the space between the galaxies stretches. When Einstein found this prediction of his theory, he added a term called the cosmological constant to his equations to stop the expansion. Even Einstein, scientific heretic that he was, could not imagine an evolving universe. Observations proved him wrong. In Einstein's theory, galaxies flow away from one another with the expansion of space. They move apart because the space between them stretches. In this stretching space, the wavelength of light also stretches producing the observed redshifts. This effect makes more distant galaxies redder in deep images. By measuring these shifts to the red we can turn a flat image into a three dimensional map.

Galaxies often have friends. Because they are massive, galaxies cluster together in systems ranging from pairs to clusters containing hundreds to thousands of galaxies as massive as the Milky Way. Until the 1980's galaxies and clusters of galaxies were the objects which marked everyone's tapestry of the universe. Most astronomers thought that galaxies were sprinkled pretty uniformly throughout the universe ... and the much rarer clusters were sprinkled uniformly too. This idea was based on a desire for simplicity. There were no complete maps which covered any substantial area of the universe. To make a map of the universe we measure the positions of galaxies on the sky. Then we spread the galaxy light out into its colors to observe the spectrum. From the spectrum we derive a redshift. With the redshifts we can construct a three dimensional map of the universe.

During the 1970s there was a revolution in the technology we use to detect light and in the way we handle the data. Digital detectors came into use in astronomy. The data from these detectors could be analyzed rapidly with computers. By the 1980s, a 1.5 meter telescope ... small even for those days ...returned 25 redshifts a night for galaxies hundreds of millions of light years away. My colleague John Huchra and I, along with our student,

Valerie de Lapparent, measured redshifts for a thousand galaxies in a strip across the northern sky. I can still remember the day in late 1985 when I first saw the amazing pattern in this first slice of the universe. The striking pattern extends for hundreds of millions of light years. Thousands of galaxies outline vast dark regions hundreds of millions of light years across. It is though the galaxies outlined giant empty bubbles in space. What a thrill it was to see this pattern ... the largest pattern we know in nature.

Over the next seven years, John Huchra and I extended the map. The scientific results were exciting and the public interest in our work spurred me to make it more accessible. In 1993, with the help of Larry Smarr, the director of the National Center for Supercomputing Applications at the University of Illinois, we made a state of the art journey through the nearby universe. I wanted to make people feel that they were traveling in a space ship through the universe to a space well beyond Andromeda. In making the graphic voyage through the universe, we all learned interesting things about human perception. For example, computer graphics experts like to move through the data forward and backward. When we showed these moves to test audiences they hated it. A cinematographer working with us emphasized that people never fly backwards and that they identify turning and banking with flying. These graphics were the first animated voyage through the universe based on real data. They are part of a 40 minute film called *So Many Galaxies ... So Little Time*. As a representation of measurement of the architecture of the universe, they remain unsurpassed.

Today complex instruments on 2 meter to 6 meter telescopes have extended the maps in space and time. For my current research with Michael Kurtz and other members of our group we use the MMT, a 6.5 meter telescope located on Mt. Hopkins near Tucson, Arizona. The instrument we use, called the Hectospec, takes advantage of two technologies you use every day ... CCDs and fiber optics. You have CCDs in your digital cameras and fiber optics carry your email and bring you the world wide web. CCDs for astronomy are more sensitive than the ones in your digital camera but the principle is the same. Taken together these advances enable the measurement of hundreds of redshifts at one time ... thousands of redshifts per night for galaxies more than 200 times fainter than the ones in our first slice. In the Hectospec two fast robots position 300 optical fibers in the focal plane of the telescope at the carefully measured positions of distant galaxies. In a small region of the sky, 8 times the area covered by the moon, we have

mapped out patterns more than 5 billion light years away (that's more than ten times the distance we reached with the first slice) ...these maps begin to show us what the universe looked like when it was middle aged. The patterns are similar. Some day ... possibly in the next ten years or so.. we will have a more extended map.

This journey we take through space and time would have fascinated another Catalan artist, Salvador Dali. He was captivated by science and certainly by time. His melting clocks have become iconic images. He did his famous painting, *The Persistence of Memory*, only two years after the discovery of the expansion of the universe. The melting clocks reject the idea of a rigid time. I would not be at all surprised if Dali was influenced by the then recently discovered dynamic stretching space time of the cosmos. Dali also made an arresting eye of time. It cries for the passage of time, for memories of the past and for an unknown future. In looking at the universe, I think it cries in amazement at what we know and at what we have yet to discover and to understand. Today the eye of the astrophysicist and with her the eyes of all of us can see almost the entire history of the universe. In the early universe there were no stars. It was an essentially featureless sea of matter and radiation. The early universe was so hot that atoms could not form. Electrons, protons, and the nuclei of light elements are charged particles ...the electrons have negative charge and the nuclei positive charge. Charged particles interact strongly with light. In the early universe, photons, particles of light did not travel very far before they were scattered by a charged particle. Because the matter and the radiation were tightly tied together, the very early universe is opaque ... we cannot see through it. The universe becomes transparent as it evolves. It continues its inexorable expansion ... and it cools ... it expands and it cools. When the universe reaches an age of 400,000 years, it is about one thousandth of its current size and cool enough that hydrogen atoms can form. The matter in the universe becomes neutral. Photons are no longer strongly tied to the matter ... and the universe becomes transparent. Because we can see clearly through the universe from the present (an age of thirteen billion years) back to the young age of 400,000 years, we can reconstruct its history.

We have a picture of the universe when it was 400,000 years old. The cosmic background radiation which fills the universe carries this picture of the 400,000 year old universe with it. This radiation last interacted with matter ... it was last scattered by the matter ... when the universe was

400,000 years old. If I take a picture of you, I record light ... radiation ... reflected or scattered off your face. In the same way the cosmic background radiation carries this picture of the distribution of matter in the 400,000 year old universe. When you turn on your television you actually observe this radiation as static ... about 1% of television static is the whisper of the big bang. The picture of the relict cosmic background radiation is from the WMAP satellite. The recently launched European Planck satellite will make an even better map! The map shows a very boring early universe. The lumps and bumps were amazingly small ... about one part in a hundred thousand. If the earth were as smooth ... so uniform ... as the early universe ... it too would be quite boring. There would be no Pyrenees...certainly no Alps. The highest peak would be about 150 meters high ... about the highest point in my home state of Massachusetts. Nonetheless, from these small lumps and bumps in the early universe, gravity makes all of the objects we see in the universe today ... galaxies, clusters of galaxies, stars, and planets. The hot big bang model does not tell us how objects form in the universe. The model provides the arena where galaxies and all of the objects in the universe must form and evolve. The basic idea of structure formation in the universe is that gravity likes to make lumps. Gravity amplifies the small lumps and bumps revealed by the cosmic radiation background to make the beautiful objects we observe. It also determines the way they are distributed in space. Gravity can make well defined objects from small irregularities because it works on the problem for billions of years. Gravity, the weakest and most poorly understood force in nature, fascinates physicist and fascinated the man who defines the look of Barcelona...Antoni Gaudi.

When we visited Barcelona, Scott and I were captivated by the models of Gaudi's gravity experiments. Many of you have probably seen these odd hanging ropes and weights in the Pedrera. They are models of Gaudi's gravity experiments. Gaudi used these hanging structures of ropes and weights as an analog computer to design his buildings. Long before computer aided design Gaudi was already doing it! The main rope defines an arch and the weights simulate the load from other parts of the building. It was Gaudi's genius to understand that these upside down models are perfect simulations of arches in the normal orientation in a building. These catenary arches are characteristic of Gaudi's buildings and you can see them in the interior of the Pedrera. Gaudi used nature to design with nature. His buildings are an exquisite example of the connection between geometry and natural forms

... and between geometry and gravity. It is interesting that his appreciation of this connection came at about the same time that Einstein was thinking about the same puzzle on a very different scale. On the grand scale of the universe, gravity determines the patterns we observe in the universe and that I was so fortunate to see for the first time in our slice of the universe.

Progress in mapping the universe has been rapid. In 1970, when I began as a graduate student in the Princeton physics department, only a few thousand galaxies had measured redshifts. Today there are more than a million. If technology continues to advance as it has since the 1970s, we will have a complete map of the visible universe by the year 2100. The map will be a map of space and time ... We will be able to take a thirteen billion light year journey sitting comfortably in our chairs.

I may have made it sound as though we have seen ... and know ... almost everything about the universe. But ... I have hidden some very important riddles. The first, and perhaps, most profound problem in our attempts to understand the history of the universe is that we don't know the nature of most of the matter in it. Eighty-five percent of the matter in the universe is dark. We know something about where it is from the motions it causes, but we don't know what it is after seventy years of trying to figure it out. The search for the dark matter is one of several links between the physics of the very large ... cosmology ... and the physics of the very small ... particle physics. Perhaps the dark matter particles will be discovered with the Large Hadron Collider, a particle accelerator with a circumference of 27 kilometers at CERN near Geneva. But the matter is not the whole story. Observations indicate that the expansion rate of the universe is accelerating. 70% of the energy density in the universe is also something we cannot yet explain ... we call it called "dark energy." In Einstein's theory the evolution of the universe is determined by the amount of energy it contains in each cubic light year. Some of the energy is in the form of matter ... Einstein's theory of special relativity specifies the connection between matter and energy ... the famous $E = mc^2$. The low matter density and the perplexing dark energy tell us that the universe will expand forever and that is infinite in extent.

There are a number of mind bending things about that ... ours is the only history of this universe. It began fourteen billion years ago and it will continue to expand forever. Stars will age ...and eventually they will run out of fuel. The end will be cold and dark.

We would have to wait an infinite time to see our infinite universe ...

and by then there will be no light to show us anything. At the present time we only see an infinitesimally small fraction of the universe. We assume that what we don't see is like what we do see. Clearly profound puzzles remain for those of us who seek to understand the history of the universe. We don't know what most of the matter is ...and we haven't known for 70 years. To make matters worse, it seems that most of the energy density of the universe is also something mysterious ... the dark energy. Of course, most working scientists, myself included, confidently assume that we will solve these problems... that one day we will be able to ask even deeper questions about the universe and about its origin. People often ask me why we should answer these questions. Some would say that in answering these impractical questions we develop techniques which have important practical consequences. The development of CCDs for astronomy contributes to their availability in your digital cameras. Astronomy has taken a lead in the use and processing of digital images and in managing very large datasets. The techniques astronomers use to search and analyze large sets of data are being used in the human genome project to identify some of the anomalous patterns responsible for genetic disease. The argument of practical spin off is valid, but I must confess ... just in case you haven't already guessed ...that I am a romantic.

I think that asking questions ... curiosity ... the human sense of wonder makes us special. Our sense of wonder compels us to discover the universe and to understand its history. Our sense of wonder is the most precious characteristic we have and one we must nourish in our young people by providing them unstintingly with opportunities for education and by nourishing their creativity regardless of their economic background, ethnicity, or gender. We must also fulfill the promise of that education by providing the opportunity for discovery on an equal footing to all who have the talent to ask and answer fundamental questions about the vast universe we inhabit. The human dream is to make a lot, to understand a lot from a little. Astronomy does just that on the grandest possible scale. It is a measure of the reach of the human mind. We boldly assume that the physical laws we discover in our laboratories on earth apply all over the universe ...everywhere and every when....and it works!

When I finish speaking, you will walk out into the sunshine. Every second, one hundred billion billion optical photons will strike the top of your head. Most of these are from the sun ... a mere billion of these ...

one billion photons every second come from other galaxies in the cosmos. These galaxies ... island universes like our own Milky Way ... are hundreds of millions...billions ... even ten billion ... light years away from us. Some of the photons hitting your head are millions ... billions of years old. They have traveled through the universe for all those years without hitting anything until they hit your head! What a waste! When these ancient photons end their journey in a telescope ... especially a big one like the planned 42 meter European Extremely Large Telescope ... we can read the messages they carry about the nature of the universe. They tell us how the universe looks today ... and how it looked yesterday and billions of years ago. With the right instruments, the entire history of the universe is there for us to observe and to understand.

We live in the first age when it is possible to map the universe. It is remarkable that we human beings ask questions about the universe ... it is even more remarkable that we can answer them. Thank you so much for including me in your University family.



Paraules de benvinguda

pronunciades pel Dr. Francesc Xavier Grau Vidal

Rector Magfc. de la Universitat

Benvolguda Prof. Margaret Geller, president del Consell Social de la Universitat Rovira i Virgili, secretari general de la Universitat Rovira i Virgili, Dr. Sanromà, senyores i senyors claustrals, tinent d'alcalde de medi Ambient i Cultura de l'Ajuntament de Tarragona, tinent d'alcalde de Relacions Ciutadanes i Societat de la Informació, distingides autoritats, senyores i senyors,

És motiu de màxima satisfacció per a la Universitat celebrar aquest acte solemne d'investidura de la professora Margaret Geller com a doctora honoris causa per la Universitat Rovira i Virgili.

A mi em correspon l'honor i el privilegi de donar la benvinguda al nostre Claustre a la doctora Geller, i ho faig amb molt de gust, tant a títol personal com en nom del tots els membres de la Universitat, i en especial del Departament d'Enginyeria Informàtica i Matemàtiques, del qual va néixer la proposta de conferir-li la màxima distinció acadèmica que atorga la Universitat.

El padrí, el professor Manel Sanromà, en la seva *laudatio*, ha posat de manifest tots els mèrits acadèmics i científics que la fan mereixedora de tan alta distinció i que hem pogut apreciar en la *magistralis lectio* amb la qual la professora Geller ens ha obsequiat.

El nomenament de doctora honoris causa representa, de fet, una distinció amb doble sentit, de màxim reconeixement a la persona distingida, però també d'orgull per a la comunitat universitària a la qual s'integra. Per a la URV, és tot un privilegi comptar entre els claustrals amb una de les científiques de més prestigi en el camp de l'astronomia, pionera a cartografiar l'Univers a gran escala. L'any 1989 va revolucionar el coneixement sobre l'estructura de l'Univers amb la descoberta d'una de les estructures més grans, de fet la segona més gran coneguda fins ara: l'anomenada Gran Muralla, un conglomerat format per galàxies que ocupa un espai de més de 500 per 300 milions d'anys llum, amb un gruix d'uns 15 milions d'anys llum. Quanta gent al món és i ha estat capaç tan sols de comprendre aquesta magnitud? L'estudi de l'estructura a gran escala de l'univers i la distribució de l'elusiva, o com ella mateixa diu, misteriosa i ubiqua matèria obscura, és

el centre de la tasca que actualment desenvolupa com a directora científica a l'Observatori Astrofísic Smithsonian.

Com ens exposava el Dr. Sanromà, es tracta d'un reconeixement a la professora Geller que es produeix en el marc de la declaració de la Unesco del 2009 com a Any Internacional de l'Astronomia. Un any que representa la celebració global de l'astronomia i de la contribució a la societat, a la cultura i al desenvolupament de la humanitat en què el principal objectiu és motivar la ciutadania d'arreu del món a replantejar-se el seu lloc a l'univers a través de tot un camí de descobriments que es va iniciar fa ja 400 anys, quan Galileu Galilei obrí, com amb un escalpel, per primer cop el cel amb un telescopi.

Un any que, a més, a la nostra Universitat celebrem també de manera especial dedicant-lo a la ciència i a l'humanisme, ja que l'efemèride de Galileu coincideix, entre d'altres, amb el 200 aniversari del naixement de Charles Darwin, el centenari de l'afusellament del pedagog Ferrer i Guàrdia i dels fets coneguts com la Setmana Tràgica, i el 60è aniversari de la mort de Rovira i Virgili. I ho estem fent amb un seguit d'activitats, moltes de les quals centrades en l'àmbit astronòmic, organitzant observacions astronòmiques, debats sobre mitologia romana i astronomia, activitats al voltant del calendari julià o jornades sobre el Mediterrani i les civilitzacions precursors de l'astronomia. També ha estat l'any que hem creat la càtedra en Ciència i Humanisme, precisament per enfortir la integració del saber que és propi de la Universitat i que, de fet, esdevé una tasca més important que mai en la societat especialitzada del segle XXI.

En l'era de la comunicació és quan sovint hi ha més desinformació; en una era d'explosió en avenços científics i tecnològics, base de la societat del benestar, i de globalització de conflictes culturals, es fa més imprescindible treballar per difondre els valors de la ciència i el mètode científic des d'una perspectiva transdisciplinària, perquè només des del coneixement fonamentat i del pensament lliure i crític hi ha la llum suficient per prendre col·lectivament decisions, en la societat democràtica que volem que s'estengui a tot el món. Un tasca essencial de divulgació del coneixement científic que també ha estat objecte del treball de la professora Geller, sobretot a través de l'astronomia.

Com ha assenyalat el padrí, en la tasca de la professora Geller hi conflueixen la preocupació per les més grans magnituds imaginables i per la comparativament menystenible escala temporal en què es desenvolupa la

nostra vida; ras i curt: *life's short*, diu la Prof. Geller, com d'una manera o d'altra ha dit sempre tota la humanitat. En aquesta preocupació sobre la immensitat des de la nostra petita escletxa temporal rau la confluència bàsica entre ciència i humanisme amb la qual hem volgut celebrar aquest Any Internacional de l'Astronomia a la URV.

Però la Dra. Margaret Geller també representa, a més, altres símbols que volem per a la nostra institució. Ha estat una defensora activa dels drets de les minories, en particular de les dones en la ciència; potser el fet de ser la primera dona del Claustre de la Universitat de Harvard a ingressar a l'Acadèmia Americana d'Arts i Ciències n'és una causa. Sigui com sigui, també a la URV el treball per fer més visible i enfortir les aportacions de les dones en els àmbits científics i tècnics, a més d'impulsar la difusió del treball dut a terme pels equips liderats per dones en tots els camps de la recerca científica, és una de la bases sobre les quals es fonamenta el Pla d'igualtat 2007–2010 que aquest Claustre va impulsar i acordar.

Aquest acte d'investidura és també, un cop més, símbol del ferm compromís de la Universitat en l'avenç i millora de la societat.

Professora Margaret Geller, gràcies per acceptar la nostra distinció, que més que honorar la vostra persona ens honora a nosaltres mateixos; la vostra incorporació al Claustre prestigia la Universitat Rovira i Virgili i ens obliga a treballar per ser dignes d'aquest prestigi.

Avui, amb el màxim reconeixement dels vostres mèrits, adquireu el compromís de representar la Universitat Rovira i Virgili, que de ben segur realitzareu amb afecte. Rebeu l'enhorabona més cordial, en nom propi i en el de tota la comunitat universitària, que des d'avui és també la vostra.

Moltes gràcies.



Welcome speech

by Dr. Francesc Xavier Grau Vidal

Rector of the University

Dear Margaret Geller, Chairman of the Board of Trustees of the Rovira i Virgili University, General Secretary of the Rovira i Virgili University, Dr. Sanromà, members of the University Senate, Councillor for the Environment and Culture of the Tarragona City Council, Councillor for Citizen Relations and the Information Society, distinguished authorities, Ladies and Gentlemen.

It is a great satisfaction for the University to welcome Margaret Geller as an honorary doctor of the Rovira i Virgili University in this solemn ceremony of investiture.

It is my honour and privilege to welcome Dr. Geller to our University Senate. And I do so with great pleasure on behalf of myself and all the members of the University, and particularly of the Department of Computer Engineering and Mathematics, which first proposed that she be awarded the University's maximum academic distinction.

In his *laudatio*, her sponsor, the lecturer Manel Sanromà, has focused on all the academic and scientific merits that make her deserving of such a distinction, and we have all been able to appreciate these merits in her *magistralis lectio*.

The nomination as honorary doctor is, in fact, a twofold distinction: it is the maximum acknowledgement of a distinguished person but also a source of great pride for the University community of which she is now a part. For the URV it is a privilege to have one of the leading scientists in the field of astronomy as a member of the Senate, one of the pioneers in the mapping of the universe on a large scale. In 1989 she revolutionized knowledge on the Universe by discovering one of its largest structures, in fact the second largest known to humankind: the so-called Great Wall, a cluster of galaxies that occupies a surface area measuring 500 by 300 million light years and which is some 15 million light years thick. How many people in the world can understand such a magnitude? The study of the large-scale structure of the universe and the distribution of the elusive dark matter are the main tasks that she carries out as the scientific director of the Smithsonian Center for Astrophysics.

As we have been told by Dr. Sanromà, the award today is the recognition of Dr. Geller's work in the framework of the UNESCO International Year of Astronomy, a global celebration of astronomy and its contribution to society, culture, and the development of humanity. The main objective is to encourage people the world over to rethink their place in the universe through a whole series of discoveries, initiated 400 years ago when Galileo Galilei, as if with a scalpel, first opened up the sky with a telescope.

Our University has decided to celebrate the year in a special way: dedicating it to science and the humanities because Galileo's anniversary coincides—among other events—with the 200th anniversary of the birth of Charles Darwin, the centenary of the shooting of the pedagogue Ferrer i Guàrdia and the events known as the *Setmana Tràgica* (Tragic Week), and the 60th anniversary of the death of Rovira i Virgili. We have organized a variety of activities, many of which focus on astronomy: astronomical observations, debates on Roman mythology and astronomy, activities based on the Julian calendar and symposia on the Mediterranean and other civilizations that were the forerunners of astronomy. This year too we have created the chair in Science and Humanism precisely to strengthen the integration of knowledge generated by the University and which now, in the specialized society of the 21st century, is more important than ever before.

It is in the age of communication that there is most disinformation. In an age of enormous scientific and technological advances, the basis of the welfare society, and the globalization of cultural conflicts, it is increasingly necessary to work hard at spreading the values of science and the scientific method from a transdisciplinary perspective, because it is only well-founded knowledge and free and critical thought that can shed enough light for collective decisions to be taken in the democratic society that we would like to spread the world over. Dr. Geller has also been involved in this essential task of spreading knowledge, particularly through her work in astronomy.

As her sponsor has pointed out, Dr. Geller's work combines a concern for the greatest magnitudes imaginable and the comparatively contemptible time scale in which our lives run their course; not to beat about the bush, "life's short", says Dr. Geller, as all humanity has said in one way or another. The confluence between science and humanism with which we have celebrated the International Year of Astronomy at the URV lies in this concern for immensity from our small temporal slot.

Dr. Margaret Geller, however, also represents other symbols that we wish for our institution. She has actively defended the rights of minorities, particularly women in science; perhaps one of the reasons for this is the fact that she was the first woman from the Senate of the University of Harvard to be admitted to the American Academy of Arts and Sciences. Whatever the case may be, we at the URV are working not only to make women's contributions to science and technology more visible but also to disseminate the work of teams led by women in all fields of scientific research. The Equality Plan 2007-2010 passed by this Senate is based on this work.

This investiture ceremony is also one more symbol of the University's firm commitment to the advancement and improvement of society.

Dr. Margaret Geller, thank you for accepting our distinction, which honours us more than it honours you; your belonging to the University Senate enhances the prestige of the Rovira i Virgili University and obliges us strive to be worthy of this prestige.

Today you have received the maximum recognition of your merits and, in return, you must represent the Rovira i Virgili University. I am sure you will do so with affection. I would like to congratulate you on my own behalf and on behalf of the whole university community, of which, from this very moment, you are now a part.

Thank you very much.









