



UNIVERSITAT DE BARCELONA

SOLEMNE INVESTIDURA DE  
DOCTOR *HONORIS CAUSA*  
al professor

**Peter Hänggi**



*Discurs de presentació del professor*  
**Miquel Rubí**

*Març de 2006*

UNIVERSITAT DE BARCELONA

SOLEMNE INVESTIDURA DE  
DOCTOR *HONORIS CAUSA*  
al professor

**Peter Hänggi**

*Discurs de presentació del professor*  
**Miquel Rubí**

*Març de 2006*

---

Entitat editora  
UNIVERSITAT DE BARCELONA

---

Rector  
Màrius Rubiralta i Alcañiz

---

President del Consell Social  
Juan José López Burniol

---

© Universitat de Barcelona  
Producció: Publicacions i Edicions de la Universitat de Barcelona  
Disseny de la col·lecció: Cesca Simón  
Impressió: Gráficas Rey, SL  
Tiratge: 500  
Dipòsit legal: B-13.986-2006

---

Paper: Coberta: Rives Design  
Interior: Estucat ecològic  
Tipografia: Times  
Motiu de la coberta: Edifici Històric (Detall)

---

Direcció i administració de la publicació  
Publicacions i Edicions de la Universitat de Barcelona  
Adolf Florensa, s/n  
08028 Barcelona

## ÍNDIX

Protocol de l'acte .....	5
Discurs de presentació del professor Miquel Rubí .....	11
Discurs del professor Peter Hänggi.....	19

## PROTOCOL DE L'ACTE

*Investidura del professor Peter Hänggi  
com a doctor honoris causa*

1. S'entra en processó mentre el Cor de la Universitat de Barcelona interpreta el cant d'entrada.
2. El rector, Dr. Màrius Rubiralta, explica l'objectiu de la sessió acadèmica.
3. El rector dóna la paraula al secretari general Dr. Xavier Pons Ràfols, el qual llegeix l'Acta del nomenament de doctor *honoris causa* a favor del professor Peter Hänggi.
4. El rector invita el degà de la Facultat de Física, Dr. Joan Àngel Padró, i el catedràtic padrí, Dr. Miquel Rubí, a anar a cercar el doctorand i acompanyar-lo fins al Paranimf.
5. Intervenció del Cor.
6. El rector dóna la benvinguda al professor Peter Hänggi, el qual s'asseu al lloc que li ha estat reservat.
7. El catedràtic padrí llegeix el discurs en el qual presenta els mèrits del seu patrocinat.

8. El rector demana al padrí i al degà que acompanyin el doctorand a la presidència.

9. El rector pronuncia les paraules d'investidura:

«Pel Consell de Govern de la Universitat de Barcelona, a proposta de la Facultat de Física, heu estat nomenat doctor *honoris causa* en testimoniatge i reconeixença dels vostres mèrits rellevants.»

«En virtut de l'autoritat que m'ha estat conferida, us faig lliurament d'aquest títol i —com a símbol— de la birreta llorejada, antiquíssim i venerat distintiu del magisteri. Porteu-la com a corona dels vostres mereixements i estudis.»

«Rebeu l'anell que l'antiguitat tenia el costum de lliurar, en aquesta venerada cerimònia, com a emblema del privilegi de signar i segellar els dictàmens, consultes i censures escaients a la vostra ciència i professió.»

«Rebeu també aquests guants blancs, símbol de la puresa, que han de servir les vostres mans, signes, uns i altres, de la distinció de la vostra categoria.»

«Perquè us heu incorporat en aquesta Universitat, rebeu ara, en nom del seu Claustre, l'abraçada de fraternitat dels qui s'honoren i es congratulen d'ésser els vostres germans i companys.»

10. El nou doctor s'asseu entre els seus acompanyants en el lloc reservat al Claustre de Doctors.

11. El rector dóna la paraula al nou doctor Peter Hänggi, el qual és acompanyat a l'estrada pel catedràtic padrí doctor Miquel Rubí.

12. Intervenció del doctor Peter Hänggi.

13. Un cop acabada la intervenció, el catedràtic padrí espera el doctor Peter Hänggi al peu de l'estrada i l'acompanya al seu lloc.
14. Intervenció del Cor.
15. El rector procedeix al lliurament de títols de doctor per la Universitat de Barcelona 2004.
16. Lliurament del IX Premi Claustre de Doctors de la UB.
17. Discurs del rector.
18. Cant de l'himne *Gaudeamus Igitur* per tots els assistents a l'acte.

*GAUDEAMUS IGITUR*

*Gaudeamus igitur  
iuvenes dum sumus  
Post iucundam iuventutem  
Post molestam senectutem  
nos habebit humus (bis).*

*Ubi sunt qui ante nos  
in mundo fuere?  
Adeas ad inferos  
Transeas ad superos  
Hos si vis uidere (bis).*

*Vivat Academia  
Vivant professores  
Vivat membrum quodlibet  
Vivat membra quaelibet  
semper sint in flore (bis).*

19. El rector aixeca la sessió.



DISCURS DE PRESENTACIÓ  
DEL PROFESSOR  
MIQUEL RUBÍ

Rector Magnífic  
Doctores i Doctors,  
Autoritats Acadèmiques  
Senyores i Senyors,

El poder presentar avui als membres d'aquest Claustre la proposta de doctor *honoris causa* del Professor Peter Hänggi constitueix per a mi un gran honor com a científic i una gran satisfacció personal. Abans d'esmentar els molts èxits científics que ha assolit al llarg de la seva carrera faré algunes pinzellades biogràfiques en les quals es revela la seva personalitat, que el destaca, a part de com a científic eminent, com un incansable treballador al servei de la ciència.

El Professor Hänggi va néixer el 29 de novembre de 1950 a Bärschwil, un petit poble de Suïssa prop de la frontera entre els cantons alemany i francès. Com tots els nens va ser allà on va cursar els estudis de l'escola primària i secundària. Els seus mestres van adonar-se de seguida del seu talent per a les matemàtiques, la física i la química i li van recomanar que entrés al seminari per arribar a ser mestre. Seguint els seus consells es va presentar a l'examen d'accés però no el va aprovar; el seu coneixement de llengües com el francès i l'anglès estava per sota del nivell molt alt que s'exigia en aquell centre. Per tal de millorar aquestes llengües va haver d'anar al Kirschgarten Gymnasium, a la ciutat de Basilea, una escola per a l'aprenentatge de llengües en l'àmbit científic. Havia de fer un gran esforç, llevar-se molt d'hora —a les cinc del matí— i viatjar sis quilòmetres, moltes vegades amb mal temps, per agafar el tren i poder assistir a classe. Però finalment aquells esforços van donar els seus fruits, va poder entrar al centre, poc després va acabar el batxillerat, la *Matura*, i va poder cursar estudis universitaris. En aquell temps ja va aconseguir el seu primer èxit com a investigador. El professor va proposar un concurs als alumnes que consistia a fabricar, seguint la millor tradició suïssa, un rellotge de fusta que funcionés durant un mínim de cinc minuts. Va ser l'únic que ho va fer. Ideà un dispositiu, molt semblant als mecanismes tipus *ratchet* que es troben sovint als motors molecu-

lars en els quals uns anys després faria contribucions importants, per construir un rellotge de cuc que funcionà durant vint minuts. D'aquesta manera a l'edat de deu anys va aconseguir el seu primer premi remunerat per cinc francs suïssos dels anys seixanta. Paral·lelament a l'obtenció de la *Matura* guanyà un altre premi en matemàtiques presentat pel Kirschgarten.

En acabar el batxillerat va matricular-se a la Universitat de Basilea per estudiar Física amb el propòsit de fer realitat el seu somni: graduar-se en Física Teòrica. Va ser allà on començà a solidificar el seus coneixements. A pesar de la seva gran vàlua i de ser un alumne molt destacat, els seus professors li van recomanar que s'oblidés de la física teòrica perquè segons ells era quelcom molt complicat. És evident que no els va fer cas. Va obtenir el batxillerat en ciències el 1972 i la graduació en Física Teòrica en 1974. El gener de 1977 se li va atorgar el grau de doctor per una tesi sobre les simetries en els processos estocàstics i la teoria de resposta en aquests processos.

Immediatament després va iniciar el seu període com a investigador. Com molts científics europeus d'aquell temps es va decantar per «l'aventura americana». La Universitat d'Urbana-Champaign famosa pel seus prestigiosos grups en matèria condensada, altes energies i cosmologia va ser el seu primer destí. Allà va treballar en el grup experimental del professor Hans Frauenfelder i va ser on es va adonar de la gran utilitat que els mètodes de la física podien tenir en l'estudi de problemes biològics. Seguidament va fer estades a les universitats de Stuttgart, per treballar amb el professor Hermann Haken, i de Califòrnia, a San Diego, per treballar en el grup del professor Kurt Shuler. A la tardor de 1980 va traslladar-se a Nova York, al Polytechnic Institute, on li van oferir una plaça de *tenure track*. Aquest període va ser molt fructífer. Va publicar dos articles molt importants, un sobre la teoria de Kramers per a sistemes amb memòria i l'altre sobre una llei universal per a l'efecte túnel en medis condensats. Els seus resultats van ser corroborats per nombrosos experiments en diferents sistemes físics i químics. També va fer contribucions molt significatives a la teoria dels processos estocàstics.

Els molts èxits aconseguits fins aleshores van fer que el sistema alemany s'interessés en ell. El 1985 la Universitat d'Augsburg li va proposar formar un nou departament. L'oferta li va semblar molt temptadora, i tot i que ja havia estat anomenat *Associate Professor* a

Nova York, la va acceptar. En els anys següents es va dedicar amb gran entusiasme a aquesta tasca. El pas del temps ha estat testimoni de la seva eficàcia com a organitzador. L'escola de Augsburg és enguany un dels llocs del món amb més nivell en física estadística i matèria condensada, un referent que atrau molts investigadors de diferents països i que influeix enormement en les directrius futures de la recerca en aquests camps.

Les contribucions científiques del professor Hänggi al llarg de la seva carrera han estat molt importants, d'enorme impacte en la comunitat internacional de físics de la matèria condensada. A més de treballs pioners sobre la teoria dels processos activats, (*reaction rate theory*), i les seves aplicacions en física i química, i sobre processos estocàstics en sistemes no lineals, ha contribuït decisivament a la comprensió dels processos dissipatius dels sistemes quàntics amb un seguit de treballs molt reconeguts en aquest camp. Algunes dades donen idea de la gran repercussió de la seva recerca: els seus articles han rebut fins ara més de catorze mil citacions, figura a la llista del físic amb més citacions publicada per l'ISI i és el tercer científic del sistema alemany més nomenat.

Una ben coneguda àrea en què Peter Hänggi ha fet contribucions més seminals ha estat la teoria sobre la dinàmica dissipativa de processos reactius en matèria condensada. Va ser el primer científic que va adaptar la teoria de Kramers a processos amb memòria i va establir les bases per a l'estudi dels sistemes no markovians. És ben coneguda la fórmula de Grote-Hynes-Hänggi-Mojtabai que dona la velocitat de la reacció. Aquest resultat va implicar un notable avenç en el camp. Posteriorment el professor Hänggi va presentar la solució a un antic problema encara no resolt fins aleshores: l'anomenat *Kramers turnover problem*. Aquesta teoria, que ha tingut fins ara nombroses aplicacions en sistemes clàssics i quàntics de diferents camps es coneix com a teoria de Pollack-Grabert-Hänggi. Podríem també destacar la seva aplicació a processos de *tunneling* dissipatiu. Més recentment les seves investigacions en aquest tema s'han dirigit al control de processos activats i a l'estudi de sistemes amb barreres fluctuants que tenen enguany un fort impacte per les seves aplicacions en diversos problemes de química i biologia.

El descobriment de la destrucció coherent del *tunneling* per Peter Hänggi va obrir un nou camp de recerca en els camps de la física

molecular i la física de sistemes mesoscòpics. Fent ús de la teoria de Floquet en els processos de *tunneling* dirigits no adiabàtics va obrir la via per a l'estudi del control i manipulació d'aquests processos en nanosistemes, com per exemple el famós fenomen de ionització en molècules diatòmiques o la supressió del flux de *tunneling* en sistemes quàntics amb dos pous o en superxarxes. Aquest tema està actualment tenint molt ressò en processos d'informació quàntica.

Més recentment Peter Hänggi ha investigat el paper constructiu que pot tenir el soroll en la transmissió de senyals i les implicacions en el transport mecanicoquàntic de matèria i informació. L'aparent paradoxal efecte de la ressonància estocàstica significa que, sota determinades circumstàncies, senyals febles poden ser amplificades mitjançant un valor òptim del nivell de soroll extern. Aquest fenomen ha causat un gran revolt en les aplicacions de la física a diferents disciplines com ara la química, la biologia i les ciències mèdiques. En col·laboració amb P. Jung va desenvolupar una teoria no adiabàtica del fenomen. El treball que Peter Hänggi va desenvolupar en Augsburg ha contribuït enormement a la comprensió del paper que pot tenir el soroll en els sistemes dissipatius allunyats de l'equilibri.

El 1994 Peter Hänggi va proposar l'important concepte de *motor brownià*. Aquests sistemes són dispositius que utilitzen el soroll tèrmic per al transport a través de potencials i estructures asimètriques periòdiques amb l'objectiu de generar un moviment dirigit. Aquest concepte ha estat inspirat en els anomenats *motors moleculars*, proteïnes que utilitzen energia química per transportar matèria a cel·les vives. Els motors brownians són, doncs, micromàquines que bombegen micropartícules al llarg d'estructures periòdiques utilitzant la font aleatòria d'energia del moviment brownià. Aquest concepte ha permès implementar dispositius per *micropumps* i per processos de separació de partícules. Peter Hänggi va presentar dues patents sobre dispositius de separació de partícules que poden servir per separar cel·les sanes de cel·les infectades.

Cal esmentar també les seves contribucions en l'estudi de biomolècules proposant la primera teoria per explicar la migració de lligands. També va proposar el primer desenvolupament teòric en el camp dels processos de pas de barrera en sistemes amb memòria.

Fruit de la seva intensa activitat científica, el professor Hänggi ha estat distingit en nombroses ocasions per prestigiosos organismes internacionals. L'any 1988 va ser elegit *Fellow* de l'American Physical Society. El 1995 li va ser atorgada la Càtedra Nicolás Cabrera de la Universitat Autònoma de Madrid. L'any 1998 va ser anomenat *Fellow* de la Societat Científica del Japó i li va ser atorgada la Càtedra Michael del Institut Weizmann i el 1999, va ser nomenat *Fellow* de l'Institute of Physics i *Chartered Physicist* del Regne Unit. El 2002 va rebre la Humboldt Honorary Research Award de la Fundació per la Ciència de Polònia i l'any següent l'Eminent Scientist Award, a Riken, Japó. L'any 2003 va ser elegit membre de la més antiga i prestigiosa acadèmia alemanya, l'Acadèmia Leopoldina, fundada l'any 1652 que ha fet d'ell en l'actualitat un dels científics alemanys més prominents. Enguany ha estat nomenat doctor *honoris causa* per les universitats de Katowice i Camerino.

El professor Hänggi és també molt conegut per la seva incansable tasca de formació d'estudiants i doctors i per l'ajut a investigadors joves. És un gran animador del sistema científic present, mitjançant la promoció de línies d'investigació noves i interdisciplinàries, l'organització de conferències, reunions de científics i projectes, i amb el seu esforç constant per apropar la ciència a la societat. El professor Hänggi assumeix en l'actualitat un paper molt important en el sistema de publicacions i avaluacions científiques. Ha estat i és membre de comitès editorials de vuit revistes d'alt impacte en la seva especialitat. Així mateix el seu nom figura freqüentment en comitès de revistes de caràcter interdisciplinari.

El Professor Hänggi manté des de fa anys una vinculació molt intensa amb la Universitat de Barcelona i amb les activitats que sobre els temes de la seva especialitat desenvolupem a la casa. Participa freqüentment en els diversos actes organitzats pels especialistes de la nostra institució, com ara conferències i seminaris, en el desenvolupament de projectes de recerca comuns i en la formació dels nostres joves investigadors i investigadores. El Professor Hänggi és, en una paraula, un referent mundial dins de l'àrea de la física de la matèria condensada. El seu vincle amb la nostra institució serà sens dubte molt útil als nostres investigadors per contribuir a la promoció de les seves activitats en la comunitat científica mundial.

*Professor Hänggi, Dear Peter, it is for us a great honor and an enormous personal satisfaction that our institution, the University of Barcelona, in recognition of your outstanding scientific achievements has bestowed you our highest academic distinction, the title of Doctor Honoris Causa. We have enjoyed the many scientific collaborations we have had throughout the years as well as your friendship, and hope that they will be even deeper in the future. This title joins you even more to our University. From now on, consider yourself one of us.*

Finalment, i ja per acabar, volia en nom de tots els físics estadístics de la casa agrair a la nostra institució el reconeixement atorgat al Professor Peter Hänggi per la seva categoria científica. Aquesta distinció ens honra també a nosaltres i a la tradició que aquesta disciplina té a la Universitat de Barcelona.

DISCURS DEL PROFESSOR  
PETER HÄNGGI



## ACCEPTANCE ADDRESS

Dear Rector,  
Dear Dean(s),  
Dear Colleagues,  
Dear Friends and Dear Students,

It is indeed a pleasure to be here and to receive this great honour of a *Doctor Honoris Causa* from the Universitat de Barcelona. This award is extremely special for me and incredibly gratifying. Let me explain why: I studied at the University of Basel in Switzerland, which was founded in 1460; your University, however, is even older! I learned that it was originally founded by King Martin I of Aragon in 1449 and started its activity in 1450. This means that I am receiving this special honour from a University that has already existed for 556 (!) years and today provides education for over 76,000 students. These numbers are certainly very impressive. I am very grateful and would simply like to say “thank you” to you all. In particular, I would like to express my deep respect and thanks to all those fine scientists and colleagues working at the Facultat de Física and at the Universitat as a whole who have worked so hard for this day to happen. Although I have my personal doubts, I hope that I am sufficiently worthy to accept this distinguished honour from an institution that has produced so many internationally renowned graduates. I can also see that the University of Barcelona is very interested in fostering relations and cooperation with institutions from other countries. I am particularly proud to have contributed in part towards this endeavour.

In particular, I am very happy to have been nominated by your University for this great honour during the World Year of Physics, in celebration of the centenary of Albert Einstein’s *annus mirabilis* in 1905. The year 2005 was very special for me personally; not only did

I celebrate my 55th birthday, but, as some of you might have heard, I was honoured altogether by three Universities which decided to award me a doctor honoris causa during this World Year of Physics, thereby making me a *doctor honoris causa multiplex* (Dr.hc.mult.) in a single year (!). So 2005 was an *annus mirabilis* for me too.

You have already learned about some of my main scientific activities and achievements from my colleague and friend, Professor Miguel Rubi. Without doubt, the omnipresent jittery motion of small, micro-scaled objects, caused by the uncorrelated, completely irregular collisions with the particles that make up a thermal environment –known in science as **Brownian motion, Fig 1**– has played a guiding role in my scientific life. In my opinion, this field lies at the heart of both the foundations of thermodynamics and the dynamical aspects of statistical physics, including the world of quantum mechanics. The development of the phenomenon of Brownian motion, which is based on the molecular-kinetic theory of heat, provides a clear link between

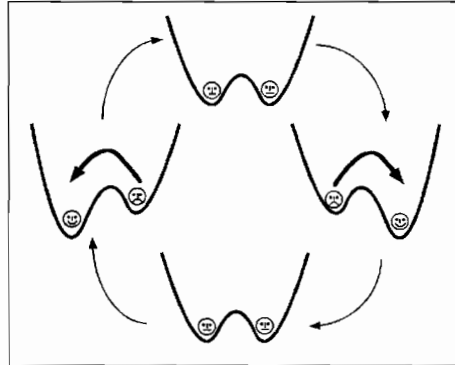


*Fig. 1 In 1905, Einstein succeeded in stating the laws governing the movements of particles on the basis of the principles of the kinetic-molecular theory of heat. According to this theory, bodies of microscopically visible size suspended in a liquid will perform irregular thermal movements called Brownian molecular motion, which can be easily observed in a microscope. Brownian motion was then more generally accepted because it could now be treated as a practical model. As a result, many scientific theories and applications related to it have been developed and they subsequently play major roles in the world of Physics.*

microscopic dynamics and the resulting macroscopic phenomena. Such processes are best known as diffusion and fluctuation phenomena. It is even fair to say that most areas in physics, if not all, have been influenced by the investigations and the theoretical descriptions and methods used to elucidate these prominent phenomena, and that much of the progress made over the last hundred years or so has been thanks to them. The historic first success of Brownian motion was the result I have just mentioned, that is, that it provides a link between macroscopic transport quantities and the microscopic world of atoms and molecules. Testing the pioneering theories put forward by distinguished scientists such as Albert Einstein and Marian von Smoluchowski, various gifted experimentalists, among them Jean Perrin, succeeded in determining the masses of molecules and atoms and the related natural constants such as the Loschmidt-Avogadro number, which yields the number of molecules/atoms that are contained in the corresponding molar weight. Notably, these efforts helped to clarify the issue of whether matter should be considered as continuous or as made up of discrete units. With the experiments strongly supporting the atomistic hypothesis of matter the remaining “continuists”, in particular Ernst Mach, who is known for his cynical remarks like “...and have we seen them (i.e. the molecules/atoms)?”, were left no choice but to concede.

Building on the acknowledged state of the art of Brownian motion theory, my most prominent research contributions to date are in statistical physics and in the physics of condensed matter. Among those are (i) my key contribution to the theory of reaction rates for systems that exhibit *memory-friction* (non-Markovian rate theory) and (ii) my genuine way of implementing the *periodic-orbit theory*, as known in chaos theory for conservative systems, into dissipative quantum systems operating at finite temperatures covering absolute zero up to room temperatures. Moreover (iii), about seventeen years ago, I discovered what is termed the *coherent destruction of (quantum)-tunneling* (CDT)-phenomenon. This topic has become increasingly important for applications on the molecular and nano-scale. Typical examples are the control of decoherence and the population transfer and in various quantum information processing units and for time-dependent driven transport on the nano-scale. Over the last 20 years or so, my name has become intimately connected with the pioneering works in which I was involved in conjunction with my gifted collaborators in Augsburg. These constitute the (iv) the

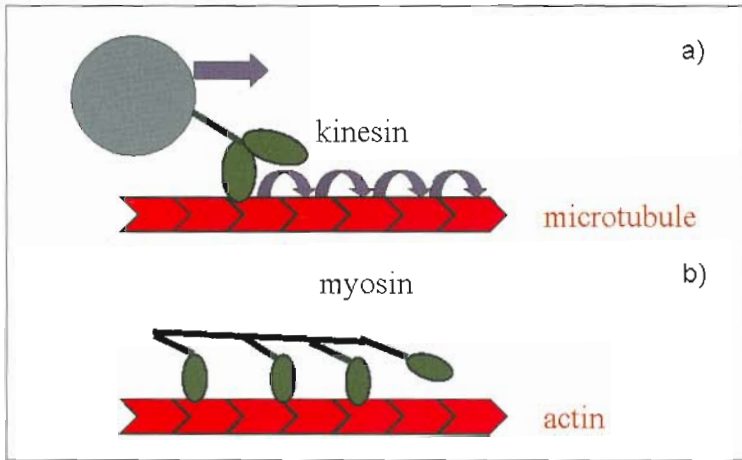
phenomenon of *Stochastic Resonance (SR)* and (v) the creation of the new field of *Brownian motors*, a term which I coined in 1995.



**Fig. 2.** *Paradigm of stochastic resonance: A symmetric double-well potential is periodically rocked by a weak driving signal. The presence of an optimal dose of noise will statistically induce synchronized hopping events between the two wells.*

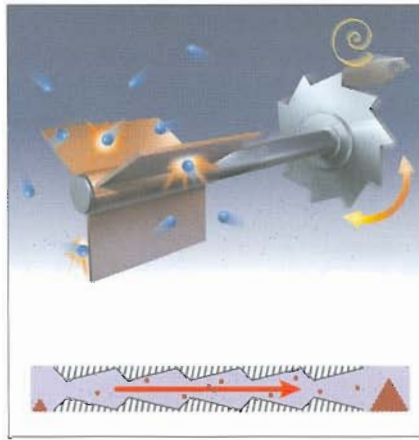
What are Stochastic Resonance and Brownian motors all about? First, the effect of stochastic resonance (**Fig. 2**) amounts to the fact that an appropriate small dose of noise can, surprisingly, strongly boost weak signals or any weak information rather than hampering it. This is why this phenomenon has found widespread applications in various contexts of physics, chemistry, material sciences and, above all, in biology, with its striking clinical applications in medicine. Related in spirit, but physically different, is the theme of Brownian motors (**Fig. 3**). These are stochastic “micro/nano-machines” that allow for noise-assisted, directed transport of particles (or more generally, for a directed transport of any information per se) in systems away from thermal equilibrium, which exhibit either an intrinsic or a dynamically induced asymmetry. The main working principle is that thermal Brownian motion, when assisted by a source of non-equilibrium perturbation, is able to perform work against an external load. With these systems therefore operating outside the regime of thermal equilibrium the restrictions imposed by the second law of thermodynamics do not apply; that is, these novel machines do not present perpetual mobiles of the second kind. In Augsburg we have made progress with these phenomena (**Fig. 4**) not only within the classical regime, but have proposed both theoretical advances and new applications for the nonlinear, dissipative and time-dependent quantum regime. This task posed a most demanding theoretical

challenge. With such Brownian motors at hand, one is able to devise a variety of novel technological gadgets, such as Brownian diodes and/or transistors, Brownian pumps (**Fig. 5**) and yet other smart separation devices that put the ubiquitous Brownian motion to a constructive use in the nano-sciences and life sciences.

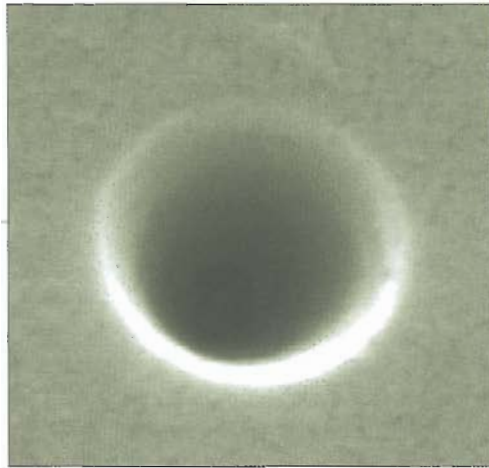


*Fig. 3. Sketches of microtubules and actin filaments from the basic scaffolding of cells are depicted. The motor proteins kinesin and myosin are responsible for material transport and muscle motion. a) A kinesin molecule transports cargo along the microtubules by alternate binding and unbinding of the two heads. b) Muscle contractions are caused by aggregated myosin molecules. The motor heads of the myosin filament can bind to the actin filaments. Unbound heads fluctuate freely around their equilibrium positions. By preferentially zinding at an angle in a forward direction directed motion occurs.*

The topic of Brownian motion has likewise inspired many of us to deploy a consistent treatment of phenomena far from thermal equilibrium – a regime that is indispensably connected with life. This theme of Brownian motion theory even extends to applications in cosmology, astrophysics and high energy physics, such as the description of false vacuum decay and the inflationary universe. This topic of stochastic physics has also increasingly impacted upon cross-disciplinary fields, such as the applications of stochastic phenomena in life sciences mentioned above. The theme even extends to social sciences (statistical behaviour of networks) and economics, with the discipline known as “Econophysics”. This list includes areas in which researchers at and from the Universitat de Barcelona have repeatedly enriched our scientific knowledge for mankind with seminal contributions.



**Fig. 4.** a) Ratchet mechanism shows how random bombardment can bring about nonrandom motion. The gas molecules hitting the propeller cause the gear to turn, but which way does it go? If the spring-loaded pawl works correctly, the gear can only turn counterclockwise. But when thermal noise causes the spring to release and reengage, the gear tends to turn clockwise because of the asymmetry of the gear teeth. This effect dominates whenever more heat is applied to the spring than to the gas. b) Drift ratchet

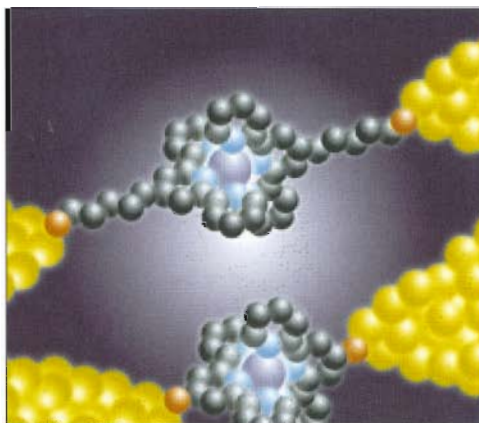


**Fig. 5.** The simplest pore. Nanoscale cone-shaped pores in a plastic foil (above) can pump ions from one side of the plastic to the other, in response to an alternating voltage. They may provide some insights into the workings of pumps in biological cells.

As I mentioned at the beginning, I actually started out doing physics at the University of Basel, Switzerland, in nuclear physics and high energy physics. One of my papers I am quite proud of is the first paper in my publication list: muon decay in orbit [Phys. Lett. B 51: 119-122 (1974)]. Using weak interaction theory and full relativistic Dirac theory, I calculated therein the electron emission spectra of bound muon decay by accurately accounting for effects such as the finite nuclear size and the vacuum polarization. Those timely calculations impacted experimental efforts, such as the search for neutral currents in various laboratories around the world. I remember this work best, not only since it was my first scientific production, but even more so because of the tedious programming that I had to master with archival means such as primitive Fortran language, machine language and punch cards, and so on. The university at that time had no computer facilities and I had to perform my calculations on an industrial computer located at a well-known, large chemical factory in Basel, where I was allowed to use their Univac-machine for 5 hours, between midnight and 5 a.m.! It turned out to be very good practice. I learned a lot in writing optimal codes aimed at using minimal calculation time – a feature which seems superfluous nowadays thanks to our fast computer equipment.

I learned a lot of thermodynamics and quantum mechanics at that time, but even today I am not satisfied with what I know. These topics continue to fascinate me. As some of you may remember, the structure of the famous Schrödinger equation, that is, the fundamental equation that determines the physics occurring on a microscopic level, possesses a time evolution, being governed by a diffusion equation, or a Fokker-Planck-dynamics that is with a potential, which evolves in imaginary time. It is thus the *paths of Brownian motion* that ultimately determine quantum dynamics (Feynman path integrals). It is also no secret that the famous set of laws of thermodynamics, in particular the “second law”, also has profound consequences for the structure of quantum mechanics. This fact is known to us with the solution of the Gibbs Paradox via the combinatorial weighting factors accounting for the necessary reduction in phase space of identical particles, thereby yielding the correct mixing entropy. Furthermore, the very linear structure of quantum mechanics for many-body systems, which plays such a prominent role in modern quantum information theory, is also

closely connected with macroscopic, thermodynamic realism: a *nonlinear* structure of quantum mechanics would necessarily imply a violation of the second law of thermodynamics; a result that is not always sufficiently appreciated or known to practitioners. It is thus wise not to tamper with some of those pillars on which basic physics rests. Two of these pillars are the linearity of the quantum mechanics of isolated (closed) systems and the second law of thermodynamics. I would also like to emphasize in this context that this beloved second law is indeed a “law”: that is, one cannot “prove” it, one can only demonstrate that it consistently obeys the postulates of thermodynamics.



*Fig. 6. The molecular state of matter is characterized by relatively rigid structures, by recurrent asymmetries, by strong covalent bonding, and by discrete energy levels. Continuous conductive materials such as metals or small gap semiconductors are generally periodic, delocalized structures with continuous energy level bands. When these materials are mixed, it is challenging to obtain an appropriate theoretical description, but it is equally rewarding to investigate the behaviors that may attain. Molecular electronics deals with precisely these issues, and how they are manifested in the transport, excitation, structural and frequency response of these hybrid continuum/discrete structures..*

Next, let me also mention my personal relations with this fine University. As a regular participant at the biennial international Sitges Conference on Statistical Mechanics since the early nineteen eighties, I have been able to substantially broaden my overall knowledge of physics, and in addition, have been given the opportunity to make contact with many leading scientists. Moreover, the collaboration with Professor Rubi’s work team has generated a great deal of insightful and



important scientific production and has opened up new research areas for my group in Augsburg. We in Augsburg learned a great deal of new physics relating to the complexity of fluids on a micrometer scale, and on the subtleties of mesoscopic thermodynamics. My prime “motto” has always been: “Let us do great science”. In this context, I am particularly pleased to obtain this distinguished honour from the Universitat de Barcelona. I have truly enjoyed doing science with colleagues and students from this renowned institution and hope to continue to do so, strengthening even further the existing ties and seeking new scientific enterprise and challenges with many of you here.

In fact, this marks only the beginning of a flourishing collaboration between the two Universities in Barcelona and Augsburg. The various topics that we will attempt to study in the future point towards new perspectives and exciting new science. The fields of statistical physics and mesoscopic thermodynamics taken into a regime far from thermal equilibrium inherit a lot of new physics that is waiting to be unravelled. The appropriate combination of phenomena in diverse fields such as nanophysics (**Fig. 6**), microfluidics, chemistry, and the life sciences, provides a whole set of new perspectives that are sure to enrich our knowledge and will in turn spur new applications that we could only dream of decades ago. The road towards those goals will not always be smooth; the role of interactions, quantum entanglement, material synthesis and corresponding stability, design and networking will continue to present challenges and obstacles for us to master and overcome. It is these challenges that make these future tasks so exciting and interesting!

I would like to share with you my confident belief that science will continue to blossom and to produce new wisdom from which we and future generations shall profit. It is my hope that this award of a *doctor honoris causa* will mark the beginning of even more intense scientific and social initiatives between our two Universities in Barcelona and in Augsburg. In this spirit of undertaking such new challenges I would like to say THANKS again. I also owe deep and sincere thanks to my dear wife Gerlinde and my son Alexander who both suffer from my all too frequent absences from home, but continue to support and bear with me.

In fact, this day isn't only about how my presence here devalues this fine University. It is also about YOU – the new doctoral

graduates. I'm honoured to be here to congratulate you. Today is the day you either return to the academic world or enter the real world. It is a day when you, together with your loved ones, can take pride in your achievements. Indeed, you have all managed something special: after a great deal of work and sweat and countless hours in the laboratories, in front of computers and in libraries, you have now reached your goal, thereby becoming a member of a privileged elite. Yes – I mean it; when you walk outside these doors you will not run into many people that can call themselves “doctor”.

Please also remember that it is also your duty to help to disseminate your wisdom and knowledge to others who depend on, need and seek your help and advice. You do not need me to give you a few pointers about what life is like outside. It is similar to what you know already – maybe sometimes frustrating and difficult, but you are now strong enough to overcome the challenges facing you. Please never forget to honour the academic principles: pay respect wherever respect is due; attempt to be fair whenever encountering pressure and hostility. Most of all, I wish you all much happiness in whatever you decide to do and the best possible fortune for your future career.

Last but not least, I would like to thank you all for listening to and enduring me during this presentation.