



L'anno duemilaquattordici, addì **27 maggio** alle ore 15.30, a seguito di regolare convocazione trasmessa con nota prot. n. 30424 del 23 maggio 2014, nell'Aula Organi Collegiali si é riunito il Senato Accademico per l'esame e la discussione degli argomenti iscritti al seguente ordine del giorno:

.....**o m i s s i s**

Sono presenti: il Rettore, prof. Luigi Frati, ed i componenti del Senato Accademico: prof. Antonello Folco Biagini, prof. Stefano Biagioni, prof.ssa Maria Rosaria Torrisi, prof.ssa Emma Baumgartner., prof.ssa Alessandra Zicari, prof. Giorgio Graziani, prof. Stefano Catucci, prof.ssa Rita Asquini, prof.ssa Stefania Portoghesi Tuzi, prof.ssa Matilde Mastrangelo, prof. Alessandro Saggiaro, prof. Giorgio Piras, prof. Emanuele Caglioti, prof.ssa Maria Grazia Betti, prof. Felice Cerreto, prof. Giorgio De Toma, prof.ssa Susanna Morano, prof. Marco Biffoni, prof. Giuseppe Santoro Passarelli (entra alle ore 16.05), prof.ssa Paola Panarese, i Rappresentanti del personale: Beniamino Altezza, Pietro Maioli, Carlo D'Addio e i Rappresentanti degli studenti: Valeria Roscioli (entra alle ore 16.15), Stefano Capodieci, Pierleone Lucatelli e Diana Armento (entra alle ore 16.45).

Assistono: il Direttore Generale, Carlo Musto D'Amore, che assume le funzioni di Segretario, i Presidi: prof. Giuseppe Ciccarone, prof. Giorgio Spangher, prof. Fabrizio Vestroni, prof. Renato Masiani, prof. Marco Listanti, prof. Vincenzo Nesi, prof. Roberto Nicolai, prof. Giuseppe Venanzoni, prof. Cristiano Violani, prof. Eugenio Gaudio, i Prorettori: prof. Giancarlo Ruocco, prof. Federico Masini, prof.ssa Giuseppina Capaldo, prof. Giorgio Alleva, il Direttore della Scuola di Studi Avanzati prof. Alessandro Schiesaro e la Rappresentante degli assegnisti e dottorandi Valentina Mariani.

Assenti giustificati: prof.ssa Beatrice Alfonzetti, prof. Augusto D'Angelo e la Rappresentante del personale Germani.

Assenti: prof. Davide Antonio Ragozzino, il Rappresentante del personale Roberto Ligia e i Rappresentanti degli studenti Maria Gabriella Condello, Manuel Santu.

Il Presidente, constatata l'esistenza del numero legale, dichiara l'adunanza validamente costituita ed apre la seduta.

.....**o m i s s i s**



Senato
Accademico

Seduta del

27 MAG. 2014

UFFICIO DEL PRESIDENTE DEL SENATO ACCADEMICO

Dr.ssa Marianna Cavallo
Marianna Cavallo

SAPIENZA UNIVERSITÀ DI ROMA

Area Ricerca Umane

Ufficio Progetti Docente e Collaborazioni Esterne

Il Capo

Dr.ssa Marianna Valentini
Marianna Valentini

AREA RISORSE UMANE

Ufficio Progetti Esterne

Il Capo

Dr.ssa Giuliana De Martino Rosaril
Giuliana De Martino Rosaril

Progetto Rita Levi Montalcini Dott. Simone Paganelli

Con nota del 22.4.2014, prot. in entrata n. 25402 del 28.04.2014, il MIUR ha comunicato che, in applicazione della procedura prevista dal D.M. 486 del 11/11/2011 per il reclutamento di giovani ricercatori "Rita Levi Montalcini", con il D.M. 683 del 5/8/2013 (pubblicato sul sito ministeriale alla voce "Università-finanziamenti"), il Ministro ha approvato le liste di priorità presentate dal Comitato preposto alla valutazione e selezione delle stesse.

In particolare tra i 24 soggetti da finanziare per posti di ricercatore a tempo determinato di tipo b) risulta che il dott. Simone Paganelli ha scelto questo Ateneo in ordine di preferenza per lo svolgimento del programma di ricerca.

Il MIUR ha quindi invitato l'Università a voler confermare la disponibilità/diniego all'assunzione del candidato selezionato e trasmettere la delibera del Dipartimento contenente l'impegno a fornire adeguate strutture di accoglienza e di supporto, entro 30 gg. dalla data della nota in esame.

Il Programma, dal titolo "Atomi ultrafreddi: simulazioni quantistiche di sistemi frustrati di spin, BEC spinoriale in un potenziale a doppia buca, sistemi atomici disordinati in cavità ottica", presentato dal dott. Simone Paganelli, riguarda il s.s.d. FIS/03 - Fisica della materia e pertanto il Dipartimento interessato potrebbe essere quello di Fisica.

A tal riguardo si ricorda che tra gli obiettivi strategici Sapienza è compreso quello di promuovere, nei limiti di legge, la chiamata di studiosi stranieri o italiani impegnati all'estero.

Per il precedente finanziamento del Programma Rita Levi Montalcini il Senato Accademico, nella seduta del 17/09/2013, aveva deliberato di invitare i Direttori di Dipartimento a organizzare un seminario e di delegare il Rettore, il Preside della Facoltà interessata e i competenti Direttori di Dipartimento ad esaminare i curricula e a riferire al Senato Accademico, anche valutando la posizione ricoperta dai medesimi nell'Università estera e che sulla valutazione dell'eccellenza estera si esprimesse lo stesso Senato.

Il Senato Accademico, nella seduta del 26.11.2013, ha espresso parere positivo in merito all'eccellenza scientifica per tre dei 5 vincitori che hanno effettuato il seminario con esito positivo e si è proceduto quindi alla loro chiamata diretta in qualità di ricercatori a tempo determinato di tipo B).



Senato
Accademico

27
Seduta del
MAG. 2014

Prof. Daniela Cavallo
D. Cavallo

Prof. Stefano

Prof. Stefano
Stefano

un

Prof. Stefano
Stefano

Considerata l'urgenza poiché il termine ultimo per la conferma o meno della disponibilità all'assunzione del dott. Simone Paganelli, indicato al MIUR è il 28 maggio p.v. si ritiene opportuno che il Direttore del Dipartimento di Fisica, se interessato alla chiamata, organizzi un seminario e che il Rettore, il Preside della Facoltà interessata e il Direttore di Dipartimento esaminino il curriculum, anche valutando la posizione ricoperta dal dott. Simone Paganelli nell'Università estera.

A tal riguardo il Consiglio di Amministrazione, nella seduta del 6.5.2014, ha deliberato di autorizzare la chiamata diretta del dott. Simone Paganelli in qualità di ricercatore a tempo determinato di tipo b), previa delibera del Dipartimento medesimo.

Ha deliberato, inoltre, di dare mandato agli Uffici di tenere conto in sede di programmazione delle risorse per l'anno 2017 dei punti organico per l'eventuale inquadramento dell'interessato in qualità di professore associato.

Il Presidente invita, pertanto, il Senato Accademico a deliberare in merito alla chiamata diretta del dott. Simone Paganelli in qualità di ricercatore a tempo determinato di tipo b).

Allegati parte integrante:

- Proposta di contratto contenente il CV e il Progetto di ricerca del dott. Simone Paganelli.



Senato
Accademico

Seduta del

27 MAG. 2014

DELIBERAZIONE N. 294/14

IL SENATO ACCADEMICO

- VISTO** lo Statuto dell'Università;
- VISTA** la nota MIUR 22.4.2014, prot. n. 10982;
- VISTA** la deliberazione n. 123/04 del 6.5.2014 del Consiglio di Amministrazione;
- LETTA** la relazione istruttoria;

CONSIDERATO quanto emerso nel corso del dibattito;

Con voto unanime

DELIBERA

- di invitare il Direttore del Dipartimento di Fisica, una volta verificata in Consiglio di Dipartimento la possibilità di inserire la figura del candidato nell'ambito dei progetti di sviluppo scientifico del Dipartimento, a organizzare un seminario per il dott. Simone Paganelli e di delegare il Rettore, il Preside della Facoltà di Scienze Matematiche Fisiche e Naturali e il Direttore del Dipartimento medesimo ad esaminare il curriculum, anche valutando la posizione ricoperta dal medesimo nell'università estera;
- di autorizzare fin d'ora, qualora la procedura di cui sopra abbia esito positivo, la chiamata diretta del dott. Simone Paganelli in qualità di ricercatore a tempo determinato di tipo b) presso il Dipartimento di Fisica.

Letto e approvato seduta stante per la sola parte dispositiva.

IL SEGRETARIO
Carlo Musto D'Amore

IL PRESIDENTE
Luigi Frati

Programma Per Giovani Ricercatori

"Rita Levi Montalcini"

PROPOSTA DI CONTRATTO

Codice: PGR10XIEHU

DATI GENERALI STUDIOSO

Nome	<i>SIMONE</i>
Cognome	<i>PAGANELLI</i>
Nato/a a	<i>ROMA</i>
il	<i>05/11/1976</i>
Nazionalità	<i>Italy</i>
Qualifica Dottore di ricerca o titolo equivalente o superiore	<i>Dottore di ricerca</i>
Stato di provenienza attuale	<i>Spain</i>
Ente	<i>Universitat Autònoma de Barcelona</i>
Dottore di ricerca dal (tra il 29 marzo 2006 e il 31 ottobre 2008)	<i>12/06/2006</i>
Titolo conseguito presso	<i>Università di Bologna</i>
Data inizio attività all'estero (non oltre il 29 marzo 2009)	<i>22/09/2008</i>

ATTIVITÀ DI DIDATTICA E/O DI RICERCA SVOLTE ALL'ESTERO NELL'ULTIMO TRIENNIO

n°	Dal	Al	Presso (indicare l'Ente)	In qualità di (specificare la tipologia di contratto)
1.	<i>22/09/2008</i>	<i>30/11/2009</i>	<i>Universitat Autònoma de Barcelona</i>	<i>Contratto post-doc</i>

Dichiaro inoltre di non aver ricoperto alcuna posizione presso enti/istituzioni, universitarie e non, nel territorio dello Stato italiano.

RECAPITO DELLO STUDIOSO

Indirizzo	<i>VIA PIENZA 235</i>
CAP	<i>00138</i>
Città	<i>ROMA</i>
Paese	<i>Italy</i>
Email	<i>pascualox@gmail.com</i>
Telefono	<i>068861956</i>

CURRICULUM SCIENTIFICO

Italiano

INTERESSI DI RICERCA

- Transizioni di fase quantistica in atomi ultrafreddi*
- Generazione e controllo di entanglement multipartito per mezzo di interfacce quantistiche atomo-luce*
- Coerenza nella dinamica polaronica*
- Trasferimento di stati quantistici in sistemi a molti corpi*
- Decoerenza indotta da ambienti macroscopici*

LAVORO

2009-Presente Post-doc Juan de la Cierva presso la Universitat Autònoma de Barcelona (Spagna) nel gruppo della Prof.ssa Anna Sanpera

2008 - 2009 Post-doc at the Universitat Autònoma de Barcelona (Spain) group leaded by Prof.ssa Anna Sanpera

2006- 2007 Post-doc presso l'Università de l'Aquila nel gruppo del Prof. Sergio Ciuchi

2005-2006 Borsa C. N. R, presso il Dipartimento di Fisica Università di Roma "La Sapienza" sotto la supervisione del Prof. Luciano Pietronero

ESPERIENZE DIDATTICHE

Mag-Giu 2008, Mag-Giu 2007, Apr-Giu 2006 seminari per il corso "Elaborazione quantistica dell'informazione" (corso di laurea in Ingegneria Elettronica, Università di Roma "La Sapienza")

Mag-Giu 2007 Due lezioni per il corso di dottorato “Dinamica di sistemi quantistici: tecniche di simulazioni numeriche per il calcolo di proprietà quantistiche di sistemi molecolari” presso l'Università de l'Aquila

Set- Dic 2006 Tutor per il corso di Fisica Generale (Elettromagnetismo) per il corso di laurea in Ingegneria Ambientale dell'Università di Roma “La Sapienza”

EDUCAZIONE

2003-2006 Dottorato in Fisica, Università di Bologna, Relatori: Prof.ri G. Morandi, F. de Pasquale, S. Ciuchi

1996-2002 Laure in fisica presso l'Università di Roma “La Sapienza. Relatore: Prof. F. de Pasquale.

CONFERENZE E SCUOLE

2011 - Membro del comitato organizzatore dell'International workshop: Many-Body Quantum Dynamics in Closed Systems, Barcelona

2011 - Barcelona, Spain Final Meeting Quantum Optical Information Technology: talk

2011 - Sant Feliu de Guixols, Costa Brava, Spain BEC 2011. Bose-Einstein Condensation 2011 Frontiers in Quantum Gases: local administrative assistant.

poster

2011 - Krakow, Poland Quantum Technologies Conference II. Manipulating photons, atoms, and molecules: invited talk

2011 - Cargese, Corsica, France Summer school-Disordered Systems: From Condensed-Matter Physics to Ultracold Atomic Gases: talk

2010 - Maó, Menorca, XXVI Trobadores Científiques de la Mediterranea: Correlations in quantum gases: talk

2010 - Valencia, Annual Meeting-Quantum Optical Information Technology: poster

2009 - Roma, International Conference on Quantum Information Processing and Communication: poster

2009 - Cortina D'Ampezzo, International Conference SCALA: poster

2008 - Sant Benet (Barcellona), MPQ and Barcelona Research Centers Joint Workshop on Quantum Information: talk

2007 - Roma, Coherence and incoherence in strongly correlated systems: poster

2007 - Palermo, Central European Workshop on Quantum Optics: talk

2007 - Ladek Zdroj, 32nd Conference of the Middle European Cooperation in Statistical Physics: poster

2005 - Varenna (Co), Int. School of Phys. “Enrico Fermi”, Course CLXI Polarons in Bulk Materials and Systems with reduced dimensionality

2005 - Vietri sul Mare (Sa), Problemi attuali di fisica teorica: talk

2004 - Pisa, Quantum Entanglement in physical and information sciences: poster

2004 - Roma, Quantum Information processing and Communication Workshop: poster

2004 - Roma, Int. Conf. on Statistical Mechanics Chaos and Condensed Matter Theory: poster

2004 - Kloster Banz, Int. Conf. on Low Energy Electrodynamics in Solids: poster

2004 - Fai della Paganella (Tn), XXIII Convegno di Fisica Teorica e Struttura della Materia: poster

2003 - Amsterdam, Int. Conf. on Solid State Quantum Information Processing: poster

2002 - Roma, Int. Conf. on Field Theory and Statistical Mechanics: poster

SEMINARI

2011 - School of Mathematics and Physics Queen,Às University of Belfast, UK

“Atomic ensembles: beyond the pure state entanglement”

2011 - University of Freiburg, Germany “Disorder in spin-1 Bose-Hubbard model” on invitation by Thomas Wellens.

2009 - Università di Roma “la Sapenza”, “Mesoscopic entanglement in cold gases”

2008 - UAB Barcelona, “Coherent Dynamics in solid statedevices”

Inglese

RESEARCH INTERESTS:

-Quantum phase transitions in ultracold atoms

- Generation and control of multipartite entanglement by atom-light quantum interfaces
- Coherence in polaronic dynamics
- Quantum state transfer and coherent dynamics of many-body systems
- Environment-induced decoherence

WORKING EXPERIENCE

2009-Present Postdoctoral fellowship Juan de la Cierva at the Universitat Autònoma de Barcelona (Spain) in the group led by Prof. Anna Sanpera

2008 - 2009 Post-doc at the Universitat Autònoma de Barcelona (Spain) group led by Prof. Anna Sanpera

2006- 2007 Post-doc at the Università de l'Aquila in the group led by Prof. Sergio Ciuchi

2005-2006 Research fellowship at C. N. R, Dipartimento di Fisica Università di Roma "La Sapienza" under the supervision of Prof. Luciano Pietronero

TEACHING EXPERIENCE

May-Jun. 2008, May-Jun 2007, Apr-Jun 2006 seminars for the course "Elaboration of quantum information" (course of Electronic Engineering of the University of Rome "La Sapienza")

May-Jun. 2007 two lectures for a PH.D. course "Dynamics of quantum systems: numerical simulation techniques for the calculus of quantum properties of molecular systems" in the University of l'Aquila

Sept.- Dec. 2006 Tutor for the course of General Physics (electromagnetism), for the first level course in Environmental Engineering of the University of Rome "La Sapienza"

EDUCATION

2003-2006 PHD in Physics, University of Bologna, Supervisors: Profs. G. Morandi, F. de Pasquale, S. Ciuchi

1996-2002 Degree in Physics University of Rome, "La Sapienza", Rome. Supervisor: Prof. F. de Pasquale.

CONFERENCES AND SCHOOLS

2011 - Member of the organizing committee of the International workshop: Many-Body Quantum Dynamics in Closed Systems, Barcelona

2011 - Barcelona, Spain Final Meeting Quantum Optical Information Technology: talk

Sep. 2011 - Sant Feliu de Guixols, Costa Brava, Spain BEC 2011. Bose-Einstein Condensation 2011 Frontiers in Quantum Gases: local administrative assistant.

poster

Aug. 2011 - Krakow, Poland Quantum Technologies Conference II. Manipulating photons, atoms, and molecules: invited talk

May 2011 - Cargese, Corsica, France Summer school-Disordered Systems: From Condensed-Matter Physics to Ultracold Atomic Gases: talk

2010 - Maó, Menorca, XXVI Trobadores Científiques de la Mediterranea: Correlations in quantum gases: talk

2010 - Valencia, Annual Meeting-Quantum Optical Information Technology: poster

2009 - Roma, International Conference on Quantum Information Processing and Communication: poster

2009 - Cortina D'Ampezzo, International Conference SCALA: poster

2008 - Sant Benet (Barcellona), MPQ and Barcelona Research Centers Joint Workshop on Quantum Information: talk

2007 - Roma, Coherence and incoherence in strongly correlated systems: poster

2007 - Palermo, Central European Workshop on Quantum Optics: talk

2007 - Ladek Zdroj, 32nd Conference of the Middle European Cooperation in Statistical Physics: poster

2005 - Varenna (Co), Int. School of Phys. "Enrico Fermi", Course CLXI Polarons in Bulk Materials and Systems with reduced dimensionality

- 2005 - Vietri sul Mare (Sa), *Problemi attuali di fisica teorica: talk*
 2004 - Pisa, *Quantum Entanglement in physical and information sciences: poster*
 2004 - Roma, *Quantum Information processing and Communication Workshop: poster*
 2004 - Roma, *Int. Conf. on Statistical Mechanics Chaos and Condensed Matter Theory: poster*
 2004 - Kloster Banz, *Int. Conf. on Low Energy Electrodynamics in Solids: poster*
 2004 - Fai della Paganella (Tn), *XXIII Convegno di Fisica Teorica e Struttura della Materia: poster*
 2003 - Amsterdam, *Int. Conf. on Solid State Quantum Information Processing: poster*
 2002 - Roma, *Int. Conf. on Field Theory and Statistical Mechanics: poster*

INVITED SEMINARS

- 2011 - School of Mathematics and Physics Queen's University of Belfast, UK
"Atomic ensembles: beyond the pure state entanglement"
 2011 - University of Freiburg, Germany *"Disorder in spin-1 Bose-Hubbard model"*
on invitation by Thomas Wellens.
 2009 - Università di Roma "la Sapienza", *"Mesoscopic entanglement in cold gases"*
 2008 - UAB, Barcelona *"Coherent Dynamics in solid state"*

PUBBLICAZIONI SCIENTIFICHE

- J. Stasinska, S. Paganelli and A. Sanpera "Beyond pure state entanglement for atomic ensembles" New J. Phys., 14:033034, 2012*
- S. Paganelli, M. Lacki, V. Ahufinger, J. Zakrzewski, and A. Sanpera "Spin effects in Bose-Glass phase" J Low Temp Phys, 165:227, 2011*
- M. Lacki, S. Paganelli, V. Ahufinger, A. Sanpera, and J. Zakrzewski "Disordered spinor Bose-Hubbard model" Phys. Rev. A, 83:013605, 2011*
- J. Stasinska, S. Paganelli, C. Rodó, and A. Sanpera "A continuous-variable formalism for the Faraday atom-light interface" ArXiv e-prints, July 2010*
- G.L. Giorgi, S. Paganelli, and F. Galve "Ion-trap simulation of the quantum phase transition in an exactly solvable model of spins coupled to bosons" Phys. Rev. A, 81:052118, 2010*
- S. Paganelli, G. L. Giorgi, and F. de Pasquale "Optimized electron propagation on a quantum chain by a topological phase" Fortschr. Phys., 57:1094, 2009*
- J. Stasinska, C. Rodó, S. Paganelli, G. Birkl, and A. Sanpera "Manipulating mesoscopic multipartite entanglement with atom-light interfaces" Phys. Rev. A, 80:062304, 2009*
- S Paganelli and S Ciuchi "Charge transfer and coherence dynamics of a tunnelling system coupled to an harmonic oscillator" Journal of Physics: Condensed Matter, 20:235203, 2008*
- S. Paganelli and S. Ciuchi "A density matrix approach to the dynamical properties of a two-site Holstein model" Eur. Phys. J. Special Topics, 160:343, 2008*
- S. Paganelli and S. Ciuchi "Tunnelling system coupled to a harmonic oscillator: an analytical treatment" J. Phys.:Condens. Matter, 18:7669, 2006*
- S. Paganelli, F. de Pasquale, and G. L. Giorgi "Faithful state transfer through a quantum channel" Phys. Rev. A, 74:012316, 2006*

F. de Pasquale, G. Giorgi, and S. Paganelli "Mesoscopic continuous and discrete channels for quantum information transfer" Open Sys. & Information Dyn., 13:273, 2006

F. de Pasquale, G. Giorgi, and S. Paganelli "Double-dot chain as a macroscopic quantum bit" Phys. Rev. A, 71:042304, 2005

F. de Pasquale, G.L. Giorgi, and S. Paganelli "Teleportation on a quantum dot array" In QUANTUM COMMUNICATION, MEASUREMENT AND COMPUTING. AIP Conference Proceedings, volume 734, pages 48–51, 2004

F. de Pasquale, G. Giorgi, and S. Paganelli "Diffusive teleportation on a quantum dot chain" cond-mat/0407152, 2005

F. de Pasquale, G. Giorgi, and S. Paganelli "Teleportation on a Quantum Dot Array" Phys. Rev. Lett., 93:120502, 2004

G. Giorgi, F. de Pasquale, and S. Paganelli Conditional sign flip via teleportation Phys. Rev. A, 70(2):022319, 2004

M. Lucamarini, S. Paganelli, and S. Mancini "Two-qubit entanglement dynamics in a symmetry-broken environment" Phys. Rev. A, 69(6):062308, 2004

S. Paganelli, F. de Pasquale, and S. M. Giampaolo "Decoherence slowing down in a symmetry broken environment" Phys. Rev. A, 66:052317, 2002

PROGRAMMA DI RICERCA

Area Scientifico Disciplinare	<i>02 - Scienze fisiche</i>	
Settori scientifico-disciplinari	<i>FIS/03 - Fisica della materia</i>	
Titolo del Programma di Ricerca (in italiano)	<i>Atomi ultrafreddi: simulazioni quantistiche di sistemi frustrati di spin, BEC spinoriale in un potenziale a doppia buca, sistemi atomici disordinati in cavità ottica</i>	
Titolo del Programma di Ricerca (in inglese)	<i>Ultracold atoms: quantum simulations of frustrated spin systems, spinor BEC in a double well potential, disordered atomic systems in optical cavity</i>	

PAROLE CHIAVE

Italiano

1. *Atomi ultrafreddi*
2. *Condensati di spin 1*
3. *Modelli di Bose Hubbard*
4. *Sistemi disordinati*
5. *Bose Glass*
6. *Modelli Spin 1 Bilineare Biquadratico*
7. *Effetto Josephson Bosonico*

Inglese

1. *Ultracold atoms*
2. *Spin-1 condensates*
3. *Bose Hubbard Models*
4. *Disordered systems*
5. *Bose Glass*
6. *Spin-1 Bilinear Biquadratic model*
7. *Bosonic Josephson Effect*

DESCRIZIONE DEL PROGRAMMA DI RICERCA**Italiano***Abstract del progetto*

Nell'ultimo decennio, I progressi sperimentali nelle tecniche di laser-cooling e confinamento atomico hanno portato alla possibilità di creare e manipolare stati quantistici della materia, aprendo nuove prospettive nello studio sia della fisica atomica che dello stato condensato.

Questo progetto vuole occuparsi di atomi ultrafreddi confinati, concentrandosi sulle loro potenzialità nella simulazione di sistemi a molti corpi e nella preparazione di stati quantistici. Verranno affrontati due temi principali:

1. *Gas spinoriali ultrafreddi, loro proprietà di coerenza, loro fasi quantistiche e mapping a modelli di spin.*
 2. *Effetti del disordine su atomi ultrafreddi fortemente correlati e caratterizzazione di fasi vetrose.*
- Lo studio sarà di tipo teorico.*

Verranno considerati diversi sistemi fisici. Gran parte del progetto sarà dedicata allo studio di atomi di spin-1 in reticoli ottici in regime di interazione forte, dove competono due fasi, Superfluido (SF) e isolante di Mott (MI). Verrà inoltre inserito del disordine. Questo tipo di studio rappresenta una naturale prosecuzione della linea di ricerca da me seguita sinora. In particolare in [Lacki 2011; Paganelli 2011], abbiamo studiato il diagramma di fase del modello di Bose Hubbard (BH) con spin-1 in presenza di disordine. Grazie alla approssimazione di Gutzwiller (GA), abbiamo identificato la fase di Bose glass (BG) che compare fra MI e SF. Qui mi concentrerò sulle fasi di spin nel regime di Mott, dove la GA non può dire nulla. Lo scopo è quello di trovare un mapping in un'Hamiltoniana effettiva che simuli un vetro di spin. Un'attenzione speciale sarà rivolta a sistemi 2D di reticoli con geometrie diverse dalla cubica.

Successivamente, verranno analizzati condensati di Bose Einstein (BEC) di spin-1 confinati in una trappola a doppia buca. Tale sistema può considerarsi la versione a due siti del precedente, per cui si presta ad essere analizzato con le stesse tecniche. Verranno esaminate sia le proprietà statiche che quelle dinamiche, il crossover tra regimi coerente e self-trapped e la cooperazione fra effetto Josephson e trasferimento di popolazione. La dinamica sarà arricchita da effetti di oscillazioni di spin e spin squeezing.

Verranno quindi studiati sistemi di atomi ultrafreddi scalari in una cavità soggetti ad un campo bicromatico che simula un potenziale disordinato. In questo caso, atomi e campo elettromagnetico si influenzano a vicenda. In [Giorgi 2010] abbiamo già considerato questo tipo di effetto per un sistema di spin accoppiato ad un campo elettromagnetico, discutendo come la transizione di fase di spin sia connessa a una transizione nella polarizzazione del campo. Si cercherà di estendere tale analisi a questo sistema. Verrà derivata l'Hamiltoniana effettiva e ricostruito il diagramma di fase. I parametri dell'Hamiltoniana dipenderanno dalla densità locale. Questo porterà a vari possibili stati metastabili e filling frazionari di cui verrà studiata la cui stabilità rispetto al disordine.

Verranno utilizzate tecniche analitiche, come le approssimazioni Mean Field (MF) e di Strong Coupling Expansion (SCE), insieme a metodi numerici. Verranno estesi dei codici già esistenti di diagonalizzazione esatta (ED) e di GA. Uno degli scopi del progetto è, inoltre, quello di sviluppare una approssimazione di cluster (CA) che permetta di descrivere le correlazioni fra siti riducendo gli effetti di taglia finita rispetto alla ED.

Nel corso del progetto, sono previste collaborazioni con altri gruppi, in particolare con il gruppo di Anna Sanpera, dell'Università Autonoma di Barcellona, il gruppo di Artur Polls, dell'Università di Barcellona, il gruppo di Gabriele De Chiara e Mauro Paternostro presso la Queens University di Belfast, con Gianluca Giorgi, dell'Università di Cork, e con il gruppo di Giovanna Morigi della Sarlaand's University.

Contesto

La realizzazione di condensati di Bose-Einstein [Anderson 1995; Bradley 1995; Davis 1995] e degenerazione di Fermi [DeMarco 1999; Schreck 2001; Truscott 2001], in gas diluiti di atomi ultrafreddi ha aperto un nuovo capitolo nel campo della fisica atomica e molecolare, con la creazione di una forte connessione con la fisica della materia condensata.

La prima evidenza di coerenza di fase in una BEC è stata ottenuta in [Andrews 1997], con l'osservazione di profili d'interferenza nelle regioni di sovrapposizione di due condensati in espansione. La prima realizzazione di una giunzione Josephson bosonica fra due BEC scalari è stata riportata in [Albiez 2005].

L'introduzione di reticoli ottici e l'utilizzo delle risonanze di Feshbach, hanno permesso di andare oltre il regime di gas degenere verso il regime di forte correlazione, come proposto in [Jaksch 1998]. In questo regime, la competizione fra interazione e hopping porta ad una transizione di fase quantistica da SF a MI, come descritto da [Fisher 1989] e dimostrato sperimentalmente in [Greiner 2002].

I gas di atomi ultrafreddi in reticoli ottici offrono la possibilità di studiare molti problemi tipici della fisica dei sistemi a molti corpi [Bloch 2008; Lewenstein 2012], come sistemi 1D, transizioni KTB, crossover BCS-BEC, teorie di gauge su reticolo. Tali sistemi rappresentano anche una risorsa per lo studio di sistemi disordinati, poiché permettono di realizzare del disordine in maniera controllata e riproducibile [Fallani 2007; Pasienski 2010] (vedere anche [Sanchez-Palencia 2010] e referenze all'interno).

Descrizione del progetto

Il progetto si articolerà in tre milestone (M) ognuna delle quali a sua volta organizzata in work-package (WP).

M1 Atomi spinoriali disordinati in reticoli ottici e modelli di spin

Verranno considerati reticoli 1D e 2D riempiti con atomi di spin-1 e descritti da modelli di BH spinoriale. Lo spin degli atomi è identificato con il corrispondente livello iperfine e l'orientazione non è fissata esternamente.

WP1.1 Diagramma di fase di spin nella fase di Mott.

Sebbene la transizione SF-MI per atomi ultrafreddi di spin 1 sia stata studiata in maniera estensiva [Imambekov 2003; Kimura 2005; Rizzi 2005; Lacki 2011; Paganelli 2011], il diagramma di fase dentro il MI ancora non è del tutto chiaro. In questa fase gli atomi sono pressoché congelati su di un sito ma i gradi di libertà di spin sono liberi di fluttuare, per cui è possibile trovare differenti fasi di spin. In particolare, la transizione Nematico-singoletto, predetta in 2D e 3D, non è stata ancora descritta quantitativamente. Fino ad oggi, il caso 2D e 3D sono stati studiati solo per mezzo di metodi MF e GA, che non sono in grado di descrivere la fisica all'interno del MI. Verrà utilizzata una CA per analizzare tale regime e ricostruire il diagramma di fase.

WP1.2 Frustrazione indotta dal disordine. All'interno della fase di MI, una piccola quantità di disordine potrebbe avere effetto nella fase di spin, pur rimanendo nel MI, dando luogo così ad una frustrazione. Effetti di questo tipo verranno studiati con la CA.

WP1.3 Modello effettivo di Spin-Glass. Alcuni tipi di disordine possono portare ad una interazione effettiva di spin che può essere sia ferro che antiferromagnetica. Si cercherà di ricondurre questo tipo di frustrazione a un'Hamiltoniana effettiva di spin-glass.

WP 1.4 Effetti di anisotropia uniaassiale e reticoli con diverse geometrie. Atomi di spin 1 possono simulare il modelli di Heisenberg Bilineare e biquadratico (BB). Un'anisotropia uniaassiale dà luogo ad un effetto Zeeman quadratico che gioca un ruolo non banale nelle proprietà del diagramma di fase [De Chiara 2011; Rodriguez 2011]. Aggiungendo della frustrazione geometrica al sistema, è possibile individuare nuove fasi, ad esempio ordine quadrupolare. A tale scopo sono state studiate differenti geometrie di reticolo [Becker 2010; Lauchli 2006]. In questo progetto ci si propone di studiare il modello BB con campo uniaassiale ed in un reticolo triangolare.

M2 Condensati di spin 1 confinati in una doppia buca

I condensati spinoriali confinati sono stati studiati per la prima volta da [Ho 1998; Ohmi 1998]. Nei primi esperimenti [Chang 2005] è stato osservato il trasferimento di popolazione tra le diverse componenti Zeeman della BEC spinoriale, fornendo un chiaro segnale della dipendenza dallo spin delle interazioni interatomiche.

WP2.1 Caratterizzazione dello stato fondamentale.

BEC spinoriali in potenziali a doppia buca sono stati studiati per mezzo di equazioni di Gross-Pitaevskii e tecniche semiclassiche [Julia-Diaz, B. 2009; Wang 2009]. Il codice di ED che abbiamo a disposizione potrà essere utilizzato per studiare lo stato fondamentale esatto fino ad un massimo di circa 100 particelle. Verrà analizzato il ruolo dell'interazione di spin nel self-trapping. Ci si aspetta di ottenere una fisica differente a seconda del segno di tale interazione, in particolare, verrà analizzato il meccanismo di formazione di singoletti che dovrebbe stabilizzare il self trapping.

WP2.2 Dinamica.

L'evoluzione temporale esatta verrà studiata in comparazione con quella data dalla Gross-Pitaevskii. Le oscillazioni dipenderanno dalla componente di spin per via dell'azione congiunta dell'effetto Josephson e del trasferimento di popolazione. Verranno analizzate le oscillazioni di magnetizzazione così come l'entanglement e le proprietà di spin squeezing.

M3 Atomi ultrafreddi disordinati in risonatori ottici.

Il fenomeno dell'auto organizzazione della materia è stato osservato sperimentalmente confinando gas atomici in cavità ad alta Q [Black 2003; Baumann 2010]. Quando gli atomi diffondono fotoni del laser nel modo della cavità, possono formare ordinamenti periodici che massimizzano lo scattering elastico nella cavità. Lo stato fondamentale può esibire le proprietà di un isolante di Mott [Larson 2008; Fernandez-Vidal 2010]. In questa milestone verrà considerato il caso in cui gli atomi sono confinati lungo l'asse della cavità per mezzo di un campo classico e diffondono fotoni laser nella cavità, ma assumeremo che la periodicità del reticolo e il campo

scattered siano incommensurate. Emergerà quindi del disordine le cui caratteristiche dipendono dalla densità atomica e dall'intensità del laser di pompa.

WP3.1 Derivazione di un'Hamiltoniana effettiva.

Verranno analizzati i limiti entro i quali è possibile derivare un modello di Bose Hubbard effettivo. Per via dell'interazione a lungo range effettiva mediata dal modo di cavità, i coefficienti dell'Hamiltoniana dipenderanno dalla densità atomica. Lo stato atomico e della radiazione risulteranno fortemente correlati, e verrà considerata la possibilità che questo porti ad un meccanismo di misura da parte della luce [Mikhailov 2007].

WP3.2 Diagramma di fase e caratterizzazione della fase vetrosa.

Utilizzando il modello BH effettivo, verrà studiato il diagramma di fase in funzione del potenziale chimico, dell'intensità e la frequenza di pumping e la densità atomica. I contorni delle fasi MI nel diagramma di fase verranno determinati utilizzando GA e SCE.

WP3.3 Stati metastabili.

L'interazione effettiva a lungo range fra atomi potrebbe dar luogo a una serie di stati metastabili, ordinamenti esotici e filling frazionario. Tutti questi casi verranno esaminati così come la loro stabilità rispetto al disordine.

Piano di lavoro

Riporto di seguito un possibile schema di suddivisione di lavoro durante i 3 anni

Primo anno

WP 1.1-2.1-3.1

Secondo anno

WP 1.2-2.2-3.2

Terzo anno

WP 1.3-1.4-3.3

Methodologia

Gran parte del progetto consisterà nello studio di diversi modelli, i quali possono essere raggruppati in due classi: modelli BH e modelli BB di spin 1. Modelli BH verranno utilizzati in M1 ed M2, per particelle di spin 1, ed in M3 per particelle senza spin. Modelli BB verranno studiati in M1.

Verranno utilizzate diverse tecniche, sia analitiche che numeriche, fra gli approcci analitici, la teoria Mean Field (MF) fornirà un punto di partenza, in M1 ed M3, nella descrizione del diagramma di fase nel regime fortemente correlato, dove ci si aspetta dare una buona descrizione. Il MF è esatto nel limite di dimensione infinita e diventa meno accurato a dimensioni basse, poiché trascura le correlazioni quantistiche fra siti. Il MF diventa inutile all'interno del MI.

La SCE è un'altra tecnica analitica, basata sulla teoria delle perturbazioni, ce si è dimostrata molto accurata nel riprodurre la transizione MI-SF. La SCE considera le correlazioni quantistiche ma diventa rapidamente complessa con l'apparire di degenerazioni. Per questo motivo la SCE verrà usata principalmente in M3 dove verranno considerati soltanto gas scalari.

Dal punto di vista numerico, metodi di ED e GA sono già implementati. L'ED potrà essere usata soltanto per sistemi di piccola taglia, come in M2 dove verranno studiati problemi a due siti. La GA rappresenta una generalizzazione dell'approssimazione MF e permette di studiare potenziali non omogenei. Questa tecnica verrà utilizzata per caratterizzare le fasi vetrose in M3. Per sistemi 1D, si farà uso di tecniche DMRG in collaborazione con il gruppo di Belfast

Verrà inoltre implementata un'approssimazione di cluster (CA) [Maier 2005]. Ci si aspetta che la CA possa rappresentare una tecnica molto potente e, a differenza della DMRG può essere usata per dimensioni più grandi di uno.

Risultati aspettati

- Sviluppo di un codice efficiente di CA per lo studio di sistemi fortemente correlati.
- Caratterizzazione del diagramma di fase di spin, dentro la fase MI, di un modello BH di spin 1 con disordine. Descrizione quantitativa della transizione nematico-singoletto nel caso 2D.
- Mapping del modello BH con spin 1 in un modello di spin-glass.
- Caratterizzazione del diagramma di fase del modello BB in presenza di anisotropia uniassiale nel reticolo triangolare.
- Descrizione completamente quantistica delle proprietà di stato fondamentale e della dinamica di condensati di spin 1 confinati in potenziali a doppia buca.
- Derivazione di una Hamiltonian BH da un sistema di atomi ultrafreddi in un risonatore ottico con disordine e descrizione del diagramma di fase. Identificazione dei possibili stati metastabili

Bibliografia

- Albiez, M et al. *Phys. Rev. Lett.* 95, 010402 (2005)
 Anderson, B. P. et al. *Science* 269, 198 (1995)
 Andrews, M.R. Et al. *Science* 275, 637 (1997)
 Baumann, K. et al., *Nature* 464, 1301 (2010)
 Becker, C. *New J. Phys.* 12, 065025 (2010)
 Black, A. et al., *Phys. Rev. Lett.* 91, 203001 (2003)
 Bloch, I. *Rev. Mod. Phys.* 80, 885 (2008)
 Bradley, C. C. et al. *Phys. Rev. Lett.* 75, 1687 (1995)
 Chang, M. S. et al., *Nat. Phys.* 1, 111 (2005)
 Davis, M. J. et al. *Phys. Rev. Lett.* 75, 3969 (1995)
 De Chiara, G. et al. *Phys. Rev. B* 84, 054451 (2011)
 DeMarco, B et al. *Science* 285, 1703 (1999)
 Fallani, L. et al. *Phys. Rev. Lett.* 98, 130404 (2007)
 Fernandez-Vidal, S. *Phys. Rev. A* 81, 043407 (2010)
 Fisher, M. P. A. et al. *Phys. Rev. B* 40, 546 (1989)
 Giorgi, G. et al. *Phys. Rev. A* 81, 052118 (2010)
 Greiner, M. et al. *Nature* 415, 39 (2002)
 Ho, T. L. et al. *Phys. Rev. Lett.* 81, 742 (1998)
 Imambekov, A. et al. *Phys. Rev. A* 68, 063602 (2003)
 Jaksch, D. et al. *Phys. Rev. Lett.* 81, 3108 (1998)
 Julià-Díaz, B. et al. *Phys. Rev. A* 80, 043622 (2009)
 Kimura, T. et al. *Phys. Rev. Lett.* 94, 110403 (2005)
 Lacki, M. et al. *Phys. Rev. A* 83, 013605 (2011)
 Larson, J. et al. *Phys. Rev. Lett.* 100, 050401 (2008)
 Lauchli, A. et al. *Phys. Rev. Lett.* 97, 087205 (2006)
 Lewenstein, M. et al. “*Ultracold Atoms in optical lattices*” Oxford University Press (2012)
 Maier, T. et al. *Rev. Mod. Phys.* 77, 1027 (2005)
 Mekhov, I. B. et al. *Nature Phys.* 3, 319 (2007)
 Ohmi, T. et al. *J. Phys. Soc. Jpn* 67, 1822 (1998)
 Paganelli, S. et al. *J. Low Temp. Phys.* 165, 227 (2011)
 Pasienski, M. et al. *Science* 311, 503 (2010)
 Rizzi, M. et al. *Phys. Rev. Lett.* 95, 240404 (2005)
 Rodriguez, K. et al. *Phys. Rev. Lett.* 106, 105302 (2011)
 Sanchez-Palencia, L. *Nat. Phys.* 6, 87 (2010)
 Schreck, F. et al. *Phys. Rev. Lett.* 87, 080403 (2001)
 Truscott, A. et al. *Science* 291, 2570 (2001)

Inglese*Abstract of the project*

In the last decade, the development of experimental techniques of atom-cooling and atomic-confinement has brought to the possibility to create and manipulate quantum states of matter, opening new interesting scenarios in the study of both atomic and condensed matter physics.

The present project will deal with confined ultracold atoms, focusing on their potentialities in simulations of quantum many-body systems and quantum state engineering. Two main topics will be treated:

1. Spinorial ultracold atomic gases, their coherence properties, their quantum phases and their mapping into spin models.

2. Effects of the disorder on strong correlated ultracold atoms and characterization of emerging glassy phases.

The study will be theoretical.

Different physical systems will be considered. Most of the project will be devoted to the study of spin-1 atoms in an optical lattice, focusing on the strong interacting regime where two competing phases, Mott Insulator (MI) and Superfluid (SF), appear. The system will be considered together with the presence of disorder. This study will be a natural prosecution of the research line I have been following since now. In particular in [Lacki 2011; Paganelli 2011], we studied the phase diagram of the spin-1 Bose Hubbard (BH) model in the presence of disorder. Using the Gutzwiller Approximation (GA) technique, we identified the Bose glass (BG) phase emerging between SF and MI. Here I will focus on spin phases in the MI regime, where GA is useless. The aim is to find a mapping into effective spin Hamiltonians to simulate spin-glasses. A special attention will be given to 2D systems and lattice geometries different from the cubic.

Secondly, spin-1 Bose Einstein Condensate (BEC) in a double well trap will be considered. This system can be seen a two-site version of the former, so the problem is suitable to be faced by same techniques. Both the static and dynamical properties will be analyzed, focusing on the crossover between the coherent and self trapped regime and the cooperation between Josephson effect and transfer of population. The presence of different spin species will enrich the dynamics with spin oscillations and spin squeezing effects.

Finally, I will study ultracold scalar atoms in a cavity with a bichromatic driving field mimicking a disordered potential. In this case, the state of atoms influences radiation's and vice versa. In [Giorgi 2010] we have already considered this type of effects for a spin system coupled with an electromagnetic field discussing how the spin phase transition is connected with a polarization transition in the field. During the project, I will try to generalize this analysis to this system. The effective Hamiltonian will be derived and the phase diagram will be studied. The Hamiltonian parameters will depend on the local density. This will lead to many possible metastable and fractional fillings states whose stability with respect to the disorder will be studied.

Together with analytical techniques, such as Mean Field (MF) and Strong Coupling Expansion (SCE) approximation, numerical methods will be also employed. Exact Diagonalization (ED) and GA methods will be used by generalizing already implemented codes. This project also aims at the implementation of a Cluster Approximation (CA) technique allowing to describe better the quantum correlations between different sites, reducing the finite-size effects with respect to ED.

During this project, collaborations with other groups are planned, in particular with the group of Anna Sanpera, at the Universitat Autònoma de Barcelona, with the group of Artur Polls, at the University of Barcelona, with the group of Gabriele De Chiara and Mauro Paternostro at the Queens University of Belfast, with Gianluca Giorgi, of the University of Cork, and with the Giovanna Morigi's group of Sarlaand's University.

Context

The achievement of Bose-Einstein Condensation [Anderson 1995; Bradley 1995; Davis 1995] and of Fermi degeneracy [DeMarco 1999; Schreck 2001; Truscott 2001], in ultracold, dilute gases has opened a new chapter in the fields of atomic and molecular physics, with the creation of a strong interconnection with the field of the condensed matter physics.

The first evidence of the phase coherence of a BEC was obtained in early interference experiments [Andrews 1997], where clean interference patterns appeared in the overlapping region of two expanding condensates. The first realization of bosonic Josephson junction in two scalar BECs has been experimentally reported in [Albiez 2005].

The introduction of optical lattices and employing the Feshbach resonance allowed to go beyond the degenerate gas picture and exploring the strongly correlated regime, as proposed in [Jaksch 1998]. In this regime, the competition between interaction and hopping leads to a quantum phase transition from a SF to a MI phase, as described by [Fisher 1989] and experimentally demonstrated in [Greiner 2002].

Ultracold atomic gases in optical lattices offer the possibility to study many topics in quantum many-body physics [Bloch 2008; Lewenstein 2012] such as 1D systems, KTB transitions, BCS-BEC crossover, lattice gauge theories. They are also a resource for studying disordered systems, since disorder can be produced, in ultracold atoms experiments, in a controlled and reproducible way [Fallani 2007; Pasienski 2010] (see also [Sanchez-Palencia 2010] and references therein).

Description of the Project

The project will be divided in three milestones (M) each of them being organized in work-packages (WP).

M1 Disordered spinorial atoms in optical lattices and spin models.

There will be considered 1D and 2D lattices loaded with spin-1 atoms and described by spinorial BH models. The spin of the atoms is identified with the hyperfine quantum number and its orientation in space is not externally constrained.

WP1.1 Spin phase diagram in the Mott phase. While the SF-MI transition for ultracold spin-1 atoms has been studied and understood quite extensively [Imambekov 2003; Kimura 2005; Rizzi 2005; Lacki 2011; Paganelli 2011], the phase diagram inside the MI phase is still not completely clear.

Inside the MI, the atoms are almost frozen on each site, but the spin degrees of freedom are not, so different spin phases can be found. In particular, Singlet-Nematic transition, predicted in 2D and 3D, has not been still quantitatively described. So far, the 2D and 3D cases has been studied only by MF and GA methods, which are not able to describe the physics inside the MI. CA will be used to look at the MI phase and reconstruct the spin phase diagram.

WP1.2 Disordered induced frustration. Deep inside the MI phase, a small amount of bounded disorder could affect the spin phase diagram, still keeping the phase MI, and give rise to frustration. This effects will be studied by CA.

WP1.3 Effective Spin-Glass model. Some types of disorder could lead to effective spin interaction which could be either ferromagnetic or antiferromagnetic. This work-package aims at finding a possible way to map this kind of frustration into a spin-glass Hamiltonian.

WP1.4 Effects of uniaxial anisotropy and different lattice geometries. Spin-1 atoms can simulate the Bilinear Biquadratic (BB) Heisenberg model. A uniaxial crystal-field anisotropy gives a quadratic Zeeman splitting which plays a non-trivial role in the phase diagram properties [De Chiara 2011; Rodriguez 2011]. New and interesting phases, such as quadrupolar order, are found when some geometrical frustration is introduced in the system, to this aim different lattice geometries has been considered, such as triangular, hexagonal lattices [Becker 2010; L'chli 2006]. BB model with uniaxial field in a triangular lattice will be studied.

M2 Spin-1 condensates confined in a double well.

Confined spinor condensates has been studied for the first time by [Ho 1998; Ohmi 1998]. In the first experiments [Chang 2005] a transfer of population between the different Zeeman components of a spinor BEC was observed, providing a clear signal of the spin-dependent interatomic interactions.

WP2.1 Ground state characterization. Spinor BECs in double-well potentials has been studied with Gross-Pitaevskii equation and semiclassical techniques [Julià-Diaz, B. 2009; Wang 2009]. The ED code we have can

be employed to study the exact ground state up to approximately 100 particles. The role of the spin interaction in the appearance of self-trapping will be analyzed. A different physics is expected depending on the sign of this interaction, in particular, I will analyze the formation of singlets which should stabilize the self trapping.

WP2.2 Dynamics. The time evolution will be studied and compared with the dynamics given by the Gross-Pitaevskii equation. The oscillations will be different for every spin component because of the interplay between Josephson tunneling and transfer of population. There will be analyzed magnetization oscillations and beats as well as quantum entanglement and spin-squeezing properties.

M3 Disordered ultracold atoms in optical resonators.

Self-organization of matter has been reported in experiments confining atomic gases in high-Q cavities [Black 2003; Baumann 2010]. When the atoms scatter laser photons into the cavity mode, they can form periodic patterns that maximize elastic scattering into the cavity. It was predicted that the quantum ground state of these patterns can exhibit the properties of a Mott-Insulator state [Larson 2008; Fernandez-Vidal 2010]. In this milestone, it will be considered the case in which the atoms are confined along the cavity axis by classical fields and scatter laser photons into a cavity mode but, we assume that the lattice periodicity and of the scattered field are incommensurate. The model thus exhibits disorder whose features depend on the atomic density and on the pump laser intensity.

WP3.1 Derivation of an effective Hamiltonian. There will be analyzed the limits in which an effective Bose-Hubbard model can be derived. Due to the effective long range interaction mediated by the cavity field, the Hamiltonian's coefficients will depend on the atomic density. Since the states of atoms and light are strongly correlated, the possibility of a light probing mechanism [Mekhov 2007] for the atomic system will be considered.

WP3.2 Phase diagram and characterization of the glassy phases. Using the derived effective BH model, I will study the phase diagram as a function of the the chemical potential, the pump strength and frequency, and the atomic density. The boundaries of the different phases will be determined using the strong coupling expansion or Gutzwiller approximation.

WP3.3 Metastable states. The long range effective interaction between atoms will possibly determine a growth of metastable states and exotic orderings as well as fractional filling. All these cases will be analyzed as well as their stability with respect to disorder.

Working plan

This is a possible working plan for the three years

First year

WP 1.1-2.1-3.1

Second year

WP 1.2-2.2-3.2

Third year

WP 1.3-1.4-3.3

Methodology

Most of this project will be devoted to the study of different types of models which can be grouped in two classes: BH models, and Spin-1 BB model. BH models will be employed in M1 and M2, for spin-1 particles, and in M3 for spinless particles. Spin-1 BB models will be studied in M1.

Different techniques will be employed, both analytical and numerical. Among the analytical approaches, the Mean Field (MF) will provide the starting point of M1 and M3 in the description of the phase diagram in the strong correlation regime, where it has been demonstrated to produce a qualitative good description. MF approximation is exact in the infinite dimension limit and becomes less accurate in low dimensions, since it neglects quantum correlations between sites. MF becomes useless inside the MI phase.

The Strong Coupling Expansion (SCE) is another analytical technique, based on perturbation theory, which has been proven to be very good in the reproducing the MI-SF transition. SCE takes into account quantum correlations but has a limited feasibility since the calculation effort becomes rapidly very demanding as soon as degeneracies appear. For this reason SCE will be used mainly in M3 where only scalar gases will be considered.

Numerically, Exact Diagonalization (ED), and Gutzwiller Approximation (GA) are already implemented. ED will be feasible only for systems of very small size and it will be used mainly in M2 where only a two well potential are considered. GA represents a generalization of the MF approximation and it allows to consider inhomogeneous potentials. This technique will be employed for the characterization of glassy phases in M3. For 1D systems, DMRG method will be also used in collaboration with Belfast group.

A Cluster Approximation (CA) [Maier 2005] will be implemented. CA is expected to be a very powerful method and, contrary to DMRG, it can be used also for dimension larger than one.

Expected Results

-Development of an efficient code based on CA for studying strong correlated systems.

-Characterization of the spin phase diagram, inside the MI phase, of the disordered spin-1 BH model. Quantitative description of the singlet-nematic transition in the 2D case.

-Mapping of the spin-1 BH model into a spin-glass model.

-Characterization of the phase diagram of the BB model in the presence of uniaxial anisotropy in the triangular lattice

-Fully quantum description of the ground state properties and the dynamics of spin-1 condensates confined in a double well.

-Derivation of the Bose Hubbard Hamiltonian form disordered ultracold atoms in optical resonators with disorder and description of the phase diagram. Identification of possible metastable states.

Bibliography

- Albiez, M et al. Phys. Rev. Lett. 95, 010402 (2005)*
Anderson, B. P. et al. Science 269, 198 (1995)
Andrews, M.R. Et al. Science 275, 637 (1997)
Baumann, K. et al., Nature 464, 1301 (2010)
Becker, C. New J. Phys. 12, 065025 (2010)
Black, A. et al., Phys. Rev. Lett. 91, 203001 (2003)
Bloch, I. Rev. Mod. Phys. 80, 885 (2008)
Bradley, C. C. et al. Phys. Rev. Lett. 75, 1687 (1995)
Chang, M. S. et al., Nat. Phys. 1, 111 (2005)
Davis, M. J. et al. Phys. Rev. Lett. 75, 3969 (1995)
De Chiara, G. et al. Phys. Rev. B 84, 054451 (2011)
DeMarco, B et al. Science 285, 1703 (1999)
Fallani, L. et al. Phys. Rev. Lett. 98, 130404 (2007)
Fernandez-Vidal, S. Phys. Rev. A 81, 043407 (2010)
Fisher, M. P. A. et al. Phys. Rev. B 40, 546 (1989)
Giorgi, G. et al. Phys. Rev. A 81, 052118 (2010)
Greiner, M. et al. Nature 415, 39 (2002)
Ho, T. L. et al. Phys Rev. Lett. 81, 742 (1998)
Imambekov, A. et al. Phys. Rev. A 68, 063602 (2003)
Jaksch, D. et al. Phys. Rev. Lett. 81, 3108 (1998)
Julià-Díaz, B. et al. Phys. Rev. A 80, 043622 (2009)

Kimura, T. et al. Phys. Rev. Lett. 94, 110403 (2005)
Lacki, M. et al. Phys. Rev. A 83, 013605 (2011)
Larson, J. et al. Phys. Rev. Lett. 100, 050401 (2008)
Lauchli, A. et al. Phys. Rev. Lett. 97, 087205 (2006)
Lewenstein, M. et al. "Ultracold Atoms in optical lattices" Oxford University Press (2012)
Maier, T. et al. Rev. Mod. Phys. 77, 1027 (2005)
Mekhov, I. B. et al. Nature Phys. 3, 319 (2007)
Ohmi, T. et al. J. Phys. Soc. Jpn 67, 1822 (1998)
Paganelli, S. et al. J. Low Temp. Phys. 165, 227 (2011)
Pasienski, M. et al. Science 311, 503 (2010)
Rizzi, M. et al. Phys. Rev. Lett. 95, 240404 (2005)
Rodriguez, K. et al. Phys. Rev. Lett. 106, 105302 (2011)
Sanchez-Palencia, L. Nat. Phys. 6, 87 (2010)
Schreck, F. et al. Phys. Rev. Lett. 87, 080403 (2001)
Truscott, A. et al. Science 291, 2570 (2001)
Wang, C. et al. J. Phys. A 42, 035201 (2009)

COSTO COMPLESSIVO DEL PROGRAMMA

Voce di spesa	Spesa (€)	Descrizione dettagliata (in italiano) (max 5 righe)	Descrizione dettagliata (in inglese) (max 5 righe)
Materiale inventariabile	4.000,00	Acquisto materiale hardware e/o software scientifico	Purchase of hardware and/or scientific software
Pubblicazioni	0,00		
Missioni	9.000,00	Spese missioni	Travel expenses
Altro	0,00		
	13.000,00		

LETTERE DI PRESENTAZIONE

n°	Nome	Cognome	Qualifica	E-mail	Ente	Lettera
1.	ANNA	SANPERA	Full Professor	sanpera@ifae.es	Universitat Autònoma de Barcelona	
2.	JAKUB	ZAKRZEWSKI	Full Professor	kuba@if.uj.edu.pl	Jagiellonian University, Krakov	

La domanda è stata presentata in data *29/03/2012* alle ore *22:44*

ALLEGATI

- [Allegato 1](#)