

Curriculum Vitae

INFORMAZIONI PERSONALI

Nome FRANCESCA
Cognome MORALES
Recapiti Dipartimento
E-mail francesca.morales@unipa.it

FORMAZIONE TITOLI

Nata a Mezzojuso il 31 Ottobre 1954, ha conseguito la laurea in Fisica presso l'Università di Palermo il 23 Giugno 1979 , discutendo la tesi "Emissione della galassia: ruolo delle PSR come sorgenti " .

Ricercatore universitario dal 16/12/1983, è risultata idonea nella procedura di valutazione comparativa ad un posto di professore universitario di ruolo di seconda fascia per il settore scientifico disciplinare FIS/03 (Fisica della Materia) presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università degli Studi di Palermo.

Chiamata dalla Facoltà di Ingegneria dell'Università degli Studi di Palermo a ricoprire il posto di professore associato di Fisica della Materia , ha preso servizio il 01/09/2006.

Afferenza:

Dipartimento di Energia, Ingegneria dell'Informazione e Modelli Matematici (DEIM)

Indirizzo:

Viale delle Scienze, 90128 Palermo

Tel.: +39-091-6615079; Fax: +39-091-6615063

Email: francesca.morales@unipa.it

ATTIVITA' DIDATTICA

Dall'anno accademico 83/84 all'anno accademico 90/91, da ricercatore ha avuto assegnato ai sensi del D.P.R. 382/80 i compiti didattici istituzionali dalla Facoltà di Ingegneria dell'Università di Palermo

Tali compiti didattici sono consistiti in: a) esercitazioni ai corsi di Fisica Generale I e Fisica Generale II; b) partecipazione agli esami di profitto; c) assistenza e spiegazioni agli studenti nelle ore di ricevimento; d) assistenza ad esami scritti; e) attività didattiche speciali consistite in seminari di approfondimento di particolari argomenti.

Inoltre, la Facoltà di Ingegneria dell'Università di Palermo, sia come compito istituzionale che come supplenza, ha assegnato alla candidata i seguenti insegnamenti:

a.a. 91/92 - Fisica Generale II

a.a. 92/93 - Fisica Generale II

- a.a. 93/94 - Fisica Generale II
- a.a. 94/95 - Fisica Generale II
- a.a. 95/96 - Fisica Generale II
- a.a. 96/97 - Fisica Generale II
- a.a. 97/98 - Fisica Generale II, Fisica D.U.
- a.a. 98/99 - Fisica Generale II
- a.a. 99/00 - Fisica Generale II
- a.a. 00/01 - Fisica Generale II
- a.a. 01/02 - Fisica Generale I 6CFU, Fisica Generale II 6CFU, Corso di Recupero Fisica Fisica Generale II (V.O.)
- a.a. 02/03 - Fisica Generale I 6CFU, Fisica Generale II 6CFU
- a.a. 03/04 - Fisica Generale I 6CFU, Fisica Generale II 6CFU, Fisica Generale I 6CFU (sede di Agrigento)
- a.a. 04/05 - Fisica Generale I 6CFU, Fisica Generale II 6CFU, Fisica Generale I 6CFU (sede di Agrigento)
- a.a. 05/06 - Fisica Generale I 6CFU, Fisica Generale II 6CFU, Fisica Generale I 6CFU (sede di Agrigento), Fisica Generale II 6CFU (sede di Agrigento)
- a.a. 06/07 - Fisica I 12CFU, Fisica Generale II 6CFU (sede di Agrigento)
- a.a. 07/08 - Fisica I 12CFU, Fisica Generale II 6CFU (sede di Agrigento)
- a.a. 08/09 - Fisica I 12CFU, Fisica Generale I 9CFU (sede di Agrigento)
- a.a. 09/10 - Fisica I 9CFU, Fisica Generale I 9CFU (sede di Agrigento)
- a.a. 10/11 - Fisica I 12CFU)
- a.a. 11/12 - Fisica I 12 CFU
- a.a. 12/13 - Fisica I 12 CFU

E' stata componente delle commissioni di esame di laurea.

E' stata componente del Collegio dei Docenti del Dottorato di Ricerca in Fisica Applicata.

INCARICHI / CONSULENZE

- Componente della Commissione Didattica del Corso di laurea in Ingegneria dell'Automazione.
- Componente della CPDS per il corso di laurea in Ingegneria Elettronica
- Componente dell'Osservatorio Permanente della Didattica della Facoltà di Ingegneria.

ASSOCIAZIONI SCIENTIFICHE

Fa o ha fatto parte delle seguenti associazioni

1. Socio della Società Italiana di Fisica.
2. Ricercatore dell' Istituto Nazionale di Fisica della Materia
3. Ricercatore del Consorzio Nazionale Interuniversitario di Struttura della Materia.
4. Ricercatore dell'unità operativa di Palermo per il Progetto PRIN 2004 dal titolo: " Foto- deposizione di nanostrutture per ottica non lineare" - responsabile Prof. P. Bicchi, Università di Siena.
5. Ricercatore partecipante al progetto PON Smart Cities, avviso 84/Ric del 2 Marzo 2012, dal titolo "Cluster OSDH-Smart FSE-Staywell", responsabile scientifico Dott. Pietro Paolo Corso.

PUBBLICAZIONE

L'elenco delle pubblicazioni recenti, completo degli articoli consultabili in formato .pdf, si trova nel sito dell'Università di Palermo alla [pagina](#)

Di seguito viene pubblicato l'elenco completo.

ELENCO GENERALE DELLE PUBBLICAZIONI PUBBLICAZIONI SU RIVISTE INTERNAZIONALI E CONTRIBUTI A VOLUMI MONOGRAFICI

1. R. Daniele, G. Ferrante, F. Morales, M.V. Fedorov e R.V. Karapetyan

Bremsstrahlung Stimolato in Campo Laser a Molti Modi; in: **Elettronica Quantistica e Plasmi**, (ed. ENEA, Roma, 1984) vol.II, pagg. 29-33.

1. R. Daniele, G. Ferrante, F. Morales and F. Trombetta

Electron Scattering in Stochastic Radiation Fields, in: **Fundamentals of Laser Interactions**, ed. F. Ehlotzky (Springer, Berlin, 1985), pagg. 51-70.

1. F. Trombetta, R. Daniele, F. Morales and G. Ferrante

New Topics in Field Assisted Collisions. Photon Correlation Effects; in: **XIII Summer School in Quantum Optics**, Ed.s J. Fiutak and J.Mizerski, (World Scientific,

Singapore, 1986), pagg. 197-231.

1. F. Trombetta, R. Daniele, F. Morales and G. Ferrante

Field Coherence in Laser Assisted Collisions; Il Nuovo Cimento **D7**, 389-411 (1986).

1. R. Daniele, G. Ferrante, F. Morales and F. Trombetta

*On the Validity of the Sum Rule for Multiphoton Free-Free Transitions; J. Phys. B: At. Mol. Phys. **19**, L133-39 (1986).*

1. R. Daniele, F. Trombetta, G. Ferrante, P. Cavaliere and F. Morales

*High-Intensity Multiphoton Free-Free Transitions; Phys. Rev. **A36**, 1156-69 (1987).*

1. F. Morales, P. Cavaliere, R. Daniele and G. Ferrante

*Stimulated Bremsstrahlung in the Presence of an High-Intensity Radiation Field; Il Nuovo Cimento **D10**, 571-96 (1988).*

1. F. Morales, R. Daniele, F. Trombetta and G. Ferrante

*Potential Scattering in the Presence of a Strong Chaotic Non-Markovian Radiation Field; Phys. Rev. **A40**, 3681-3689 (1989).*

1. R. Daniele, G. Messina, F. Morales and G. Ferrante

*Electron and Photon Collisions in Strong Laser Fields; in: **Non Equilibrium Processes in Partially Ionized Gases**, ed.s M. Capitelli and J.M. Bardsley (Plenum Press,*

NATO ASI Series, New York) pagg. 617-639 (1990).

1. G. Ferrante, R. Daniele and F. Morales

*Multiphoton Processes in Atoms and Plasmas; in: **Quantum Electronics and Plasma Physics**, Conference Proceedings vol.29, ed. G.C. Righini, (SIF, Bologna, 1991)*

pagg.153-160.

1. R. Daniele, G. Ferrante, E. Fiordilino and S. Varrò

*Photoelectric Effect from a Metal Surface. A Revised Theoretical Model; J. Op. Soc. Am. **B9**, 1916-1921 (1992).*

1. F. Morales, R. Daniele and G. Ferrante

*Multiharmonic Bremsstrahlung in the Presence of a Chaotic Radiation Field; Laser Physics **3**, 431-439 (1993).*

1. R. Daniele, F. Morales and G. Ferrante

*Multiharmonic Photon Emissions in Electron Collisions Assisted by Strong Laser Fields; in: **Lasers '92**, ed. C.P. Wang (STS Press, McLean, Va 1993) pagg. 491- 497.*

1. F. Morales, G. Ferrante and R. Daniele

*Collision Frequencies in Strong Laser Fields; in: **Lasers '94**, Ed. V.J. Corcoran, (STS Press, McLean, VA 1995) pagg. 453-459.*

1. R. Daniele, G. Ferrante, F. Morales and P.I. Porshnev

*Collision Frequencies and Electron Distributions in a Strong Laser Field; Laser Physics **6**, 553 (1996).*

1. F. Morales, G. Ferrante and R. Daniele

*Strong Field Behaviour of Laser-Modified Collision Frequencies; Il Nuovo Cimento **D19**, 23-43 (1997).*

1. E. Fiordilino, F. Morales and R. Daniele

*Fluctuating Laser Field Inducing Blue Shift in Harmonic Generation; J. Opt. Soc. Am. B **15**, 118-121 (1998).*

1. F. Morales, R. Daniele, S. DeLuca and E. Fiordilino

*Fourier and Wavelet Spectrum Emitted by an Atom in Presence of a Fluctuating Laser Field; in: **Lasers '97**, Ed. V.J. Corcoran, (STS Press, McLean, VA 1998), pagg. 213-*

1. R. Daniele, E. Fiordilino and F. Morales

High Order Harmonic generation from a Two Level Atom Driven by a Two Color Lasers; in: **Lasers '98**, Ed. V.J. Corcoran, (STS Press, McLean, VA 1999), pagg.784-791.

1. E. Fiordilino, F. Morales and R. Daniele

Phase Control of the Harmonic Yield in a Two Color Laser Driven Two Level Atom; **Laser Physics** **10**, 111-115 (2000).

1. R. Daniele, F. Morales, A. Di Piazza, E. Fiordilino

Wavelet Analysis of the Spectrum Emitted by a One-Dimensional Atom Driven by a Strong Laser Pulse; **Laser Physics** **11**, 205-211 (2001).

1. F. Morales, R. Daniele and E. Fiordilino

Bremsstrahlung and Harmonic Generation from a Symmetrical Molecule; in: **Lasers '00**, Ed. V.J. Corcoran, (STS Press, McLean, VA 2001), pagg. 34-41.

1. E. Fiordilino, R. Daniele and F. Morales

The Emission Time of Harmonics Emitted by a Molecule; **J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys.** **36**, 373-384 (2003).

1. R. Daniele, F. Morales, P.P. Corso and E. Fiordilino

High Order Harmonic Generation as Tool for Probing the Electron Wavefunction; **Laser Physics** **13**, 959-963 (2003).

1. R. Daniele, G. Camiolo, G. Castiglia. P.P. Corso, F. Morales and E. Fiordilino

Dynamics of H₂ Molecule Driven by a Laser Field; **Appl. Phys. B: Optics & Lasers** **78**, 813-816 (2004).

1. G. Castiglia, P.P. Corso, R. Daniele, E. Fiordilino, F. Morales and F. Persico

The Dynamics of the Electron in a Homonuclear Driven Molecular Ion; **J. Modern Optics** **51**, 1163-1177 (2004).

1. G. Castiglia, G. Camiolo, P.P. Corso, R. Daniele, E. Fiordilino and F. Morales

Probing the Dynamics of a Molecular Ion with Laser Pulses; **Laser Physics** **14**, 1185-1190 (2004).

1. P.P. Corso, R. Daniele, E. Fiordilino, J.P. Marangos, F. Morales and R. Velotta

Electron and nuclear dynamics of a molecular ion in an intense laser field, **Phys. Rev A** **70**, 053410-8 (2004).

1. E. Fiordilino, G. Camiolo, G. Castiglia, P.P. Corso, R. Daniele, J. Marangos, F. Morales, G. Orlando and F. Persico

Ionization and Dissociation Dynamic of H₂ Molecule Driven by a Laser Field; In: **XXVIII International Conference on Phenomena in Ionized Gases Proceedings**, Ed.s J.

Schmidt, M. Simek, S. Pekarek and V. Prukner – ISBN: 978-80-87026-01-4; pag.124-127, (2007)

1. G. Castiglia, P.P. Corso, R. Daniele, E. Fiordilino, F. Morales, and G. Orlando

Control of Electron Motion in a Molecular Ion: Dynamical Creation of a Permanent Electric Dipole; **Laser Physics** **17**, 1240 - 45 (2007).

1. F. Morales, G. Castiglia, P.P. Corso, R. Daniele, E. Fiordilino, G. Orlando and F. Persico

Evidence of Nuclear Motion in H₂-like Molecule by Means of High Order; Harmonic Generation; **Laser Physics Journal** **18**, 592-597 (2008).

1. R. Daniele, G. Castiglia, P.P. Corso, E. Fiordilino, F. Morales, G. Orlando and F. Persico

The Study Of The Nuclear Motion In D₂⁺ Molecular Ion By Using The Harmonic Spectra; In: **COMPUTATIONAL METHODS IN SCIENCE AND ENGINEERING: Theory and**

Computation: Old Problems and New Challenges. AIP Conference Proceedings Subseries: Atomic, Molecular, and Optical Physics, **n. 963**, Vol.II, parts A and B, pag.s

752-755, (2007) ISBN 978-0-7354-0478-6

1. G. Orlando, G. Castiglia, P.P. Corso, R. Daniele, E. Fiordilino, F. Morales and F. Persico

Harmonic Spectra in H₂⁺ in the Presence of a Laser Field; In: **Proceedings of the Symposium “GRID OPEN DAYS AT THE UNIVERSITY OF PALERMO”,** Ed. R.

Barbera, Consorzio COMETA, pag.s 285-287. ISBN 978-88-95892-00-9

1. G. Castiglia, G. Camiolo, P.P. Corso, R. Daniele, E. Fiordilino, J. Marangos, F. Morales, G. Orlando and F. Persico

H₂ Molecule Driven by a Laser Field; In: **Proceedings of the Symposium “GRID OPEN DAYS AT THE UNIVERSITY OF PALERMO”,** Ed. R. Barbera, Consorzio

COMETA, pag.s 133-139 (2008). ISBN 978-88-95892-00-9

1. R. Daniele, G. Castiglia, P.P. Corso, R. Daniele, E. Fiordilino, F. Morales and G. Orlando

Nuclear Molecular Dynamics Investigated by Using High Order Harmonic Generation Spectra; *J. Modern Optics* **56**, 751-757 (2009).

1. G. Castiglia, P.P. Corso, R. Daniele, E. Fiordilino, F. Morales and G. Orlando

Study of the Effects of Nuclear Motion on High Harmonic Generation in Simple Molecules; In: **Proceedings of the Final Workshop of GRID Projects Founded by “PON**

Ricerca 2000-2006 AVVISO 1575”, Ed. Consorzio COMETA, Ed.s R. Barbera, M. Jacono Manno and M. Fargetta, pag.s 569-576 (2010). ISBN 978-88-95892-00-3

1. G. Castiglia, P.P. Corso, R. Daniele, E. Fiordilino, F. Morales and G.Orlando

Three-dimensional numerical model of an H₂⁺ ion in intense laser Fields; In: **Proceedings of the Final Workshop of GRID Projects Founded by “PON Ricerca 2000-**

2006 AVVISO 1575”, Ed. Consorzio COMETA, Ed.s R. Barbera, M. Jacono Manno and M. Fargetta, pag.s 563-568 (2010). ISBN 978-88-95892-00-3

1. R. Daniele, F. Morales, G. Castiglia, P.P. Corso, G. Orlando and E. Fiordilino

On the control of the HHg spectrum emitted by a homonuclear diatomic molecule via the laser polarization; *JOSA B* **27**, 625-630 (2010). ISSN 0740-3224 print 1520-

8540 online

1. G. Castiglia, P.P. Corso, R. Daniele, E. Fiordilino and F. Morales

Polarization of High Harmonic Generated Spectra in H₂⁺ Ion; *J. Mod. Optics* 2013 DOI: 10.1080/09500340.2013.793417; Already Published online: 29 Apr 2013).

RELAZIONI AD INVITO E COMUNICAZIONI A CONGRESSI NAZIONALI ED INTERNAZIONALI

1. R. Daniele, G. Ferrante, F. Morales, M.V. Fedorov a K.V. Karapetyan

Bremsstrahlung Diretto e Inverso in Forte Campo Laser; Boll. S.I.F. 130, pag. 63 (1983).

1. R. Daniele, G. Ferrante, F. Morales and F. Trombetta

Charged Particle Scattering in Strong Stochastic Radiation Fields; in: **Electronic and Atomic Collisions**, Abstracts of Contributed Papers, Ed.s M.J. Coggiola, D.L. Huestis and R.P. Saxon, pag. 642 (Stanford University, Palo Alto, California, USA 1985).

1. R. Daniele, F. Morales, F. Trombetta and G. Ferrante

Free-Free Transitions in Very Strong Fields. The Breakdown of a Known Sum Rule; in: **17th National Atomic and Molecular Physics Conference**, Abstracts of Contributed Papers, pag. 112-13 (Institute of Physics, Aberdeen, Scotland 1986).

1. R. Daniele, G. Ferrante, F. Morales ed F. Trombetta

Effetti di un Forte Campo di Radiazione nelle Transizioni Multifotoniche Continuo-Continuo; in: **I^o Congresso Nazionale di Fisica della Materia**, Atti, (Dipartimento di Fisica, Genova, Italy 1986).

1. P. Cavaliere, R. Daniele, F. Morales and G. Ferrante

Stimulated Electron Bremsstrahlung in Strong Radiation Fields; in: **Electronic and Atomic Collisions**, Abstracts of Contributed Papers, Ed.s J.Geddes, H.B. Gilbody, A.E. Kingston, C.J. Latimer and H.J.R. Walters, pag. 780(Brighton, England 1987).

1. F. Morales, R. Daniele, F. Trombetta and G. Ferrante

Free-Free Transitions in the Presence of Chaotic Non-Markovian Radiation Fields; in: **Electronic and Atomic Collisions**, Abstracts of Contributed Papers, Ed.s J.Geddes, H.B. Gilbody, A.E. Kingston, C.J. Latimer and H.J.R. Walters, pag. 781 (Brighton, England 1987).

1. F. Morales, F. Trombetta, G. Ferrante and R. Daniele

Potential Scattering in a Chaotic Non-Markovian Radiation Field; in: **XI International Conference on Atomic Physics**, Abstracts of Contributed Papers, Ed.s C. Fabre and D. Delande, pag. VI-16 (Paris, France 1988).

1. F. Morales, F. Trombetta, R. Daniele and G. Ferrante (**invito**)

Lineshapes in Potential Scattering in the Presence of a Chaotic Non-Markovian Radiation Field; in: **9th International Conference on Spectral Line Shapes**, (Nicholas Copernicus University, Turun, Poland 1988).

1. R. Daniele, G. Ferrante and F. Morales

Multiharmonic Photon Emission in Electron Collisions Assisted by Strong Laser Fields; International Conference on LASERS '92, (Houston, Texas, USA, December 7-11, 1992).

1. F. Morales, G. Ferrante and R. Daniele

Collision Frequencies in Strong Laser Fields; XII ESCAMPIG (Leuven, Belgium, 23-26 August, 1994).

1. F. Morales, E. Fiordilino and R. Daniele

Harmonic Shift Induced by a Fluctuating Laser Field on a Two Level Atom; XX ICPEAC (Vienna, Austria, 23-29 August, 1997).

1. F. Morales, E. Fiordilino, S. De Luca and R. Daniele

Fluctuating Laser Field Inducing Blue Shift in Harmonic Generation and Wavelet Transform; LASER 97 (New Orleans, Louisiana, USA, 15-19 December 1997).

1. F. Morales, P. Caldara, R. Daniele and E. Fiordilino

Harmonic Generation Induced by One or Two Color Lasers in Two or Three Level Atoms; Workshop on APPLICATIONS OF NON LINEAR PHENOMENA (Limerick, Irlanda, 12-13 June 1998).

1. P. Caldara, R. Daniele, E. Fiordilino and F. Morales

Harmonic Generation from a Two or Three Level Atoms in the Presence of One or Two color Lasers; INFMEETING – Congresso Nazionale di Fisica della Materia (Rimini, Italy 25/30 Giugno 1998).

1. F. Morales, R. Daniele and E. Fiordilino

Spectrum Emitted by a Frequency Fluctuating Laser Field; ECAMP 98 (Siena, Italy 14-18 Luglio 1998).

1. R. Daniele, E. Fiordilino and F. Morales

High Order Harmonic generation from a Two Level Atom Driven by a Two Color Lasers; LASER 98 (Tucson, Arizona, USA, 7-11 December 1998).

1. E. Fiordilino, F. Morales and R. Daniele (**invito**)

High Order Harmonic Generation from a Two Level Atom: The Spectrum and Its volution; ITARUS '99 - Second Italian-Russian Symposium on Ultrafast Optical Physics (Moscow, Russia, 22-25 February 1999).

1. E. Fiordilino, F. Morales and R. Daniele

Phase Control of the Harmonic Yield in a Two Color Laser Driven Two Level Atom; 8th International Laser Physics Workshop (Budapest, Hungary, 2-6 July 1999)

1. R. Daniele, F. Morales, A. Di Piazza and E. Fiordilino

High Order Harmonic Generation of an Atom in the Presence of a Strong Laser Pulse; 9th International Laser Physics Workshop (Bordeaux, France, 17-22 July 2000).

1. R. Daniele, E. Fiordilino and F. Morales

High Order Harmonic Generation of a Molecule in the Presence of a Strong Laser Pulse; LASERS 2000 (Albuquerque, New Mexico, USA, 4-8 December 2000).

1. R. Daniele, E. Fiordilino and F. Morales (**invito**)

Harmonic Generation from an Asymmetric Molecule; in: ITARUS '01 - IV Italian-Russian Symposium on Ultrafast Optical Physics Technical Digest, Ed.s A.A. Man'shima, V.N. Ivanova, O.S. Grunsky, Ya. G. Grigor'ev and A. Yu. Gusev, pag.93-94 (San Petersburg, Russia, 4-8 July 2001).

1. F. Morales, E. Fiordilino and R. Daniele

Wavelet Spectra of Harmonic Generation from an Asymmetrical Molecule in Presence of a Laser Pulse; INFMEETING – Congresso Nazionale di Fisica della Materia (Bari, Italy 24/28 Giugno 2002).

1. P. Corso, R. Daniele, E. Fiordilino and F. Morales

Behaviour of a Molecule beyond the Born Oppenheimer Approximation in the Presence of a LowFrequency Laser Pulse; INFMEETING – Congresso Nazionale di Fisica della Materia (Bari, Italy 24/28 Giugno 2002).

1. R. Daniele, E. Fiordilino and F. Morales

High Order Harmonic Generation from an Asymmetrical Molecule in the Presence of a Laser Pulse; 10th International Laser Physics Workshop (Bratislava, Slovakia, 1-5 July 2002).

1. E. Fiordilino, F. Morales and R. Daniele

Wavelet Spectra of harmonic Generation from an Asymmetrical Molecule in Presence of a Laser Pulse; Gordon research Conference on Multiphoton Processes, Tilton School (Plymouth, New Hampshire, USA, June 30 – July 5 2002)

1. F. Morales, P.P. Corso, R. Daniele and E. Fiordilino

High Order harmonic Generation by a Molecule in the Presence of a Laser Pulse; ICOMP IX – 9th International

Conference on Multiphoton Processes (Crete, Greece, 18-23 October 2002)

1. G. Castiglia, P.P. Corso, R. Daniele, E. Fiordilino and F. Morales

Use of the radiation emitted by a molecule driven by a laser as spectroscopic tool; XXIII International Conference on Photonic, Electronic and Atomic Collisions (Stockholm, Sweden 23 - 29 July 2003).

1. G. Castiglia, P.P. Corso, R. Daniele, E. Fiordilino and F. Morales

Signals of Ionization and Harmonic Emission from a Molecule drive by an IntenseLaser Field; XXIII International Conference on Photonic, Electronic and Atomic Collisions (Stockholm, Sweden 23 - 29 July 2003).

1. G. Castiglia, P.P. Corso, R. Daniele, E. Fiordilino and F. Morales

Role of the Laser Field Orientation on High Order Harmonics Emitted by the H₂⁺; 12th International Laser Physics Workshop (Hamburg, Deutschland, 25-29 August 2003).

1. R. Daniele, G. Camiolo, G. Castiglia, P.P. Corso, F. Morales and E. Fiordilino

Dynamics of H₂ Molecule Driven by a Laser Field; Applications of High Field and Short Wavelength Sources X (Biarritz, Francia, October 12-15, 2003).

1. E. Fiordilino, G. Camiolo, G. Castiglia, P.P. Corso, R. Daniele and F. Morales **(invito)**

Harmonic Generation from Slowly Ionizing H₂ Molecule; ITARUS '03 - V Italian-Russian Symposium on Ultrafast Optical Physics (Moscow, Russia, October 29-November 2, 2003), pag.97.

1. F. Morales, G. Camiolo, G. Castiglia, P.P. Corso, R. Daniele and E. Fiordilino **(invito)**

Fourier Spectra as a Tool to Investigate Molecular Dynamic of H₂⁺ in Intense Laser Pulses; ITARUS '03 - V Italian-Russian Symposium on Ultrafast Optical Physics (Moscow, Russia, October 29-November 2, 2003), pagg.93-96.

1. R. Daniele, P.P. Corso, F. Morales and E. Fiordilino

Alignment and Real Time Monitoring of Molecular Ions in the Presence of a Laser Field; ECAMP VIII, 8th European Conference on Atomicand Molecular Physics, (Rennes , France, July 6-10, 2004) vol. 28F PART II, pp. 4-30.

1. E. Fiordilino, G. Castiglia, P.P. Corso, R. Daniele and F. Morales

Real-Time Monitoring of Laser-Driven Molecules; 13th International Laser Physics Workshop, (Trieste, Italy, July 12-16, 2004) Book of Abstract, p. 120.

1. P.P. Corso, R. Daniele, E. Fiordilino, F. Morales and Franco Persico **(invito)**

High Order Harmonic Generation: a Tool to Monitor Molecular Dynamics; International Seminar on Atomic Processes in Intense Fields and Related Many-Body Phenomena (Shonan Village Center at Zushi, Japan, January 21-23, 2005) Book of Abstract p. 26

1. P. P. Corso, R. Daniele, E. Fiordilino, F. Morales and Franco Persico **(invito)**

Wavelets in Laser-Atoms and Molecules Interaction; International Symposium on Atoms, Molecules, and Clusters in Intense Laser Fields (University of Tokyo 2, Japan, January 24, 2005) Book of Abstract pp. 10-11

1. P.P. Corso, G . Camiolo, R. Daniele, E.Fiordilino, F. Morales, G. Orlando and F. Persico

Monitoring Molecular Dynamics with High Order Harmonic Generations; New Trends in Quantum Mechanics: Fundamental Aspects and Applications (Palermo, November 11-13, 2005.) Book of Anstract p. 27

1. R. Daniele, P.P. Corso, E.Fiordilino and F. Morales

A New Spectroscopic Tecnicue to Monitor the Molecular Axis Orientation; New Trends in Quantum Mechanics: Fundamental Aspects and Applications (Palermo, November 11-13, 2005.) Book of Anstract p. 28

1. R. Daniele, P.P. Corso, F. Morales and E.Fiordilino,

Control of Molecular Dynamics via Pump Probe Laser Pulses; ESF Programme on Electron Induced Processing at the

1. G. Castiglia, P.P. Corso, R. Daniele, E. Fiordilino, F. Morales, G. Orlando and F. Persico

Evidence of Nuclear Motion in Hydrogen-like Molecules by Means of High Harmonic Generation; 14th Central European Workshop on Quantum Optics "CEWQO 2007" (Palermo, June 1-5, 2007) Book of Abstracts p. 33.

1. G. Castiglia, P.P. Corso, R. Daniele, E. Fiordilino, F. Morales, G. Orlando and F. Persico

H₂⁺ Harmonic Spectra as a Tool to Study the Nuclear Motion; 14th Central European Workshop on Quantum Optics "CEWQO 2007" (Palermo, June 1-5, 2007) Book of Abstracts p. 38.

1. E. Fiordilino, G. Camiolo, G. Castiglia, P.P. Corso, R. Daniele, J. Marangos, F. Morales, G. Orlando and F. Persico

Ionization and Dissociation Dynamic of H₂ Molecule Driven by a Laser Field; XXVIII International Conference on Phenomena in Ionized Gases "ICPIG 2007" (Prague, Czech Republic, July 15-20, 2007) Book of Abstracts p. 9

1. G. Castiglia, P.P. Corso, R. Daniele, E. Fiordilino, F. Morales, G. Orlando and F. Persico

Full Quantum Treatment of an H₂⁺ Molecule in Presence of a Laser to Study the Nuclear Motion; XXV International Conference on Photonic, Electronic and Atomic Collisions "ICPEAC 2007" (Freiburg, Germany, July 25-31, 2007) Book of Abstracts Vol II, p.Tu041

1. G. Castiglia, P.P. Corso, R. Daniele, E. Fiordilino, F. Morales, G. Orlando and F. Persico

Signature of Nuclear Motion in H₂ by Means of High Order Harmonic Generation; XXV International Conference on Photonic, Electronic and Atomic Collisions "ICPEAC 2007" (Freiburg, Germany, July 25-31, 2007) Book of Abstracts Vol II, p.Mo023

1. F. Morales, G. Castiglia, P.P. Corso, R. Daniele, E. Fiordilino, G. Orlando and F. Persico

Sidebands of Harmonic Spectra in H₂⁺ Molecule in the Presence of a Laser; 16th International Laser Physics Workshop (León, Mexico, August 20-24 2007) Book of Abstracts p. 59.

1. F. Morales, G. Castiglia, P.P. Corso, R. Daniele, E. Fiordilino, G. Orlando and F. Persico

Evidence of Nuclear Motion in H₂ Molecule through High Order Harmonic Generation; 16th International Laser Physics Workshop (León, Mexico, August 20-24 2007) Book of Abstracts p.83.

1. R. Daniele, G. Castiglia, P.P. Corso, E. Fiordilino, F. Morales, G. Orlando and F. Persico (**guest speaker talk**)

The Study Of The Nuclear Motion In D₂⁺ Molecular Ion By Using The Harmonic Spectra; International Conference of Computational Methods in Science and Engineering "ICCMSE 2007" (Corfu', Grecia, September 25-30, 2007), Book of Abstracts p.139

1. G. Castiglia, P.P. Corso, R. Daniele, E. Fiordilino, F. Morales, G. Orlando and F. Persico

Hydrogen Molecule in Intense Laser Field; Grid Open Days all'Università di Palermo (Palermo, 6-7 Dicembre 2007) Book of Abstracts pag. 34.

1. G. Castiglia, P. P. Corso, R. Daniele, E. Fiordilino, F. Morales and G. Orlando

Modello numerico tridimensionale di uno ione H₂⁺ in campi laser intensi; "leS08" Italian e-Science Conference, Napoli, May 27-29, 2008.

1. G. Camiolo, G. Castiglia, P. P. Corso, R. Daniele, E. Fiordilino, J. Marangos, F. Morales and G. Orlando

Simulazione numerica parallela di una molecola H₂ in campi laser intensi; "leS08" Italian e-Science Conference, Napoli, May 27-29, 2008.

1. P.P. Corso, G. Castiglia, R. Daniele, E. Fiordilino, F. Morales, G. Orlando and F. Persico

Study of the effects of nuclear motion on High Harmonic Generation in simple molecules; Workshop COMETA – Catania 10-12 Febbraio 2009 – Book of Abstracts pag 189

1. G. Castiglia, P.P. Corso, R. Daniele, E. Fiordilino, A. Maquet, F. Morales, G. Orlando and R. Taieb

1. G. Castiglia, P.P. Corso, R. Daniele, E. Fiordilino, F. Morales and G. Orlando

Harmonic Profile in Molecular Ion in the Presence of a Laser Radiation Field; Ultrafast Dynamics, Ischia April 30- May 3 2009 – Book of Abstracts pag 45

1. G. Castiglia, P. P. Corso, R. Daniele, E. Fiordilino and F. Morales

Laser Induced Ultrafast H₂⁺ Dynamic and Attosecond Generation; 2012 Ultrafast Dynamic Imaging of Matter Conference. Banff, Alberta, Canada 1 – 3 July 2012 (poster)

1. G. Castiglia, P. P. Corso, R. Daniele, E. Fiordilino, F. Morales and F.S. Persico

Angular Harmonic Dependence from a 3D-H₂⁺ Molecular Ion; 2012 Ultrafast Dynamic Imaging of Matter Conference. Banff, Alberta, Canada 1 – 3 July 2012 (poster)

ATTIVITA' SCIENTIFICHE

L'attività scientifica è stata svolta lungo le seguenti direttive:

- 1) Processi atomici in presenza di campi laser molto intensi.
- 2) Generazione di armoniche di alto ordine da parte di atomi e molecole interagenti con radiazione laser.
- 3) Studio dell'interazione di sistemi molecolari con uno o più campi laser.

1) Processi atomici in presenza di campi laser molto intensi

Sono stati studiati i processi atomici elementari in presenza di campi laser molto intensi, evidenziando gli effetti che hanno luogo in domini di alta intensità. In particolare si è investigato lo scattering da potenziale in presenza di forti campi laser nell'ambito di trattamenti in cui l'effetto della radiazione è incluso esattamente a tutti gli ordini. Sono stati considerati i seguenti modelli di laser:

- 1) modello di campo puramente coerente (modello ideale di laser);
- 2) modello di campo con ampiezza stabilizzata e fase fluttuante (modello a diffusione di fase);
- 3) modello in cui il campo è soggetto a fluttuazioni di fase e di ampiezza (modello markoviano e di campo caotico).

La realizzazione di codici numerici adeguati ha reso possibile il calcolo sistematico nel dominio di intensità molto alte.

Tra i risultati inediti più significativi vanno ricordati quelli riguardanti:

1. Le condizioni che portano alla violazione di una importante regola di somma;
2. le oscillazioni nelle sezioni d'urto totali in funzione dell'intensità del campo di radiazione;
3. il comportamento quasi risonante delle sezioni d'urto totali quando l'ampiezza della velocità di oscillazione egualia la velocità di incidenza;
4. il diverso comportamento delle curve di assorbimento e di emissione.

In generale, a questi risultati è stata data una interpretazione chiara che consente di fornire una pittura aggiornata ed abbastanza completa della fisica dello scattering in presenza di campi laser molto intensi, la cui teoria è data in maniera completa e sistematica in S3.

Un'altra linea di ricerca è volta a capire il ruolo delle proprietà dei laser reali nello svolgimento di un processo atomico elementare. Questo aspetto della ricerca è motivato in maniera duplice:

1. il modello di laser puramente coerente è altamente idealizzato, mentre le osservazioni sperimentali ci insegnano che i laser reali sono molto più complessi del modello idealizzato;
2. molti laser reali intensi sono operanti in configurazioni molto diverse da quelle di campo a modo singolo, ed in ogni caso presentano diverse caratteristiche macroscopiche spazio-temporali (focalizzazione, carattere impulsato, forma dell'impulso, etc...) che sono fuori dalla portata del modello di laser ideale.

Il problema generale dell'influenza delle proprietà reali di forti campi di radiazione non era del tutto nuovo, nel senso che per campi relativamente deboli esso era stato posto da altri autori in altri contesti dell'interazione radiazione-materia. L'informazione esistente proveniva da trattamenti perturbativi. Nei casi che sono stati oggetto di indagine, invece, non solo è diverso il contesto fisico (le collisioni atomiche laser-assistite), ma soprattutto peculiare è il fatto che l'informazione cercata viene dedotta da trattamenti esatti dell'interazione radiazione-materia, con il risultato che non solo essa è diversa da quella esistente, ma in alcuni casi addirittura opposta.

Ci limitiamo qui a ricordare due risultati:

1. mentre le teorie perturbative precedenti predicono che un processo ad n fotoni realizzato con campi a molti modi aveva probabilità $n!$ maggiore di quella che caratterizzava un processo a modo singolo, i trattamenti esatti predicono che in particolari domini le probabilità sono totalmente differenti. In particolare un processo ad n fotoni realizzato con un campo a molti modi può avere probabilità molto più piccola di quella del corrispondente processo con un campo puramente coerente;
2. in presenza di un campo laser con spettro di frequenza di larghezza Dw i trattamenti perturbativi predicevano che l'allargamento della riga di scattering dipendesse in modo essenziale da Dw e dal numero n di fotoni scambiati. I trattamenti esatti, mentre recuperano, nei limiti opportuni, questi risultati, predicono anche che, ad intensità sufficientemente elevate, l'allargamento delle righe cessa di dipendere da Dw e da n , per dipendere esclusivamente dall'intensità.

Tali studi sono stati uno dei pochi riferimenti per gli esperimenti in questo campo.

È stato studiato inoltre il bremsstrahlung stimolato da un campo laser molto intenso, per il quale è stata elaborata la teoria generale e portato a termine un accurato calcolo numerico sulle sezioni d'urto totali di assorbimento e di emissioni, e sono state studiate tutte le caratteristiche più importanti.

Anche per questo problema, oltre allo studio delle modifiche apportate dalla presenza di un forte campo spettatore allo svolgimento del processo elementare, si è indagato il ruolo delle proprietà statistiche della radiazione.

Un'evoluzione naturale della ricerca di cui sopra è rappresentata dallo studio nel quale viene superato il modello di laser con spettro lorentziano per considerare un modello generale, che contiene quello lorentziano come limite, avente una statistica caotica non-Markoviana. Il processo fisico considerato è sempre una collisione laser-assistita ed il trattamento di campo di radiazione esatto.

È stato inoltre intrapreso lo studio della ionizzazione multifotonica; utilizzando il formalismo della matrice S è stata discussa la consistenza di gauge, valutando numericamente l'errore che si commette nel momento in cui, in una teoria approssimata, gli operatori e le funzioni d'onda non sono consistentemente e simultaneamente trasformati.

Il bremsstrahlung diretto e inverso oltre ad essere un processo elettrodinamico di fondamentale importanza è anche uno

dei principali meccanismi nel riscaldamento di un plasma. Sotto tale ottica la ricerca è stata indirizzata allo studio del rate di assorbimento di un plasma classico irradiato da un intenso campo laser, descritto sia come campo puramente coerente che come campo più realistico.

Evoluzione di questa tematica è il calcolo delle frequenze di collisione di un elettrone diffuso in un plasma in presenza di un campo laser. Il sistema interagente è stato trattato con differenti approssimazioni, tenendo conto delle differenti distribuzioni statistiche del campo e, soprattutto, della dinamica relativistica dell'elettrone. E' stato posto l'accento sull'evoluzione delle funzioni di distribuzione elettroniche in un plasma in presenza di un inteso campo di radiazione. E' stata presentata la teoria sistematica che da informazioni accurate sulle caratteristiche della distribuzione dell'energia finale nei processi relativistici e paragona le sezioni d'urto e le frequenze di collisioni in differenti approssimazioni, per un ampio range di variabilità dell'intensità del campo e sue differenti proprietà statistiche.

2) Generazione di armoniche

La generazione di armoniche di alto ordine da atomi in intensi campi laser è di grande interesse, sia dal punto di vista teorico che sperimentale. L'atomo in presenza di un forte campo laser emette radiazioni il cui spettro contiene soltanto armoniche dispari della frequenza del campo; lo spettro tipicamente presenta un largo plateau e un rapido quenching dell'emissione. L'alto ordine di armoniche sperimentalmente rivelate può essere determinante nella progettazione di sorgenti di radiazione coerente di alta frequenza. L'origine dell'emissione deve essere trovata nella risposta non lineare dell'atomo al campo; comprendere l'origine della non linearità permette di chiarire i fenomeni di interazione radiazione materia. La non linearità fa sì che la descrizione del fenomeno della generazione di armoniche di alto ordine deve andare oltre le tecniche perturbative. Si è usato inizialmente il modello di atomo a due livelli poiché si è visto che questo semplice modello riproduce gli aspetti più caratteristici del fenomeno e inoltre, per la sua semplicità, permette l'uso di formule analitiche. Si è indagato inizialmente come le rapide variazioni del campo che assiste il processo possono aumentare l'ordine e modificare lo spettro della radiazione emessa, che è più sensibile alle variazioni temporali che all'intensità del laser, quest'ultima controllando essenzialmente l'estensione del plateau. Si è visto come un campo fluttuante in ampiezza o in fase può modificare l'emissione, aumentando il numero delle armoniche emesse, inducendo uno shift nello spettro e presentando armoniche dispari e pari; si è mostrato come l'emissione può essere controllata controllando le fasi relative di due campi che assistono il processo, riproducendo caratteristiche dell'emissione che sono state sperimentalmente rivelate.

L'indagine sulle generazioni di armoniche attraverso l'usuale trasformata di Fourier dell'accelerazione dell'elettrone non permette l'analisi temporale del segnale, analisi che è stata ottenuta per mezzo delle trasformate wavelet ; questo ulteriore tipo di analisi permette di seguire nel tempo l'evoluzione dello spettro e di studiare coincidenze che possono portare ulteriore chiarezza nella comprensione fisica del processo di emissione. Utilizzando anche le trasformate wavwilet, si sono analizzati gli spettri per differenti profili del campo che assiste il processo: si trova che le armoniche presentano un blue- shift quando il profilo laser è in salita e un red-shift quando è discesa, shift trovati anche sperimentalmente e interpetrati con il modello ricollisionale.

3) Studio dell'interazione di sistemi molecolari con uno o più campi laser

Nelle ultime decadi lo studio dell'interazione di atomi e molecole con campi laser intensi è stato uno dei più interessanti soggetti di ricerca teorica e sperimentale. L'attenzione da parte della comunità scientifica è stata sollecitata dalla molteplicità delle implicazioni che lo studio di tali sistemi comporta. Tra queste basta ricordare:

1. la possibilità di generare radiazione coerente a frequenze diversi ordini di grandezza superiori rispetto a quella del laser di pompa (il fenomeno della High Harmonic Generation HHG)
2. la possibilità di generare impulsi di luce e controllare le dinamiche su scale temporali dell'ordine delle decine di attosecondi, apendo la strada alla cosiddetta tomografia atomica e molecolare
3. studiare e controllare i processi di ionizzazione e dissociazione molecolare
4. studiare e controllare i processi di allineamento e dinamica molecolare, sia elettronica sia nucleare.

Lo sviluppo di questa tematica in tempi recenti è stata resa possibile dalla disponibilità di nuove sorgenti laser. Infatti, lo studio sperimentale di tali sistemi necessita di sorgenti di radiazione coerente sufficientemente collimata ed intensa (intensità dell'ordine di 10^{14} - 10^{16} W/cm²), in regimi di lunghezze d'onda nel range 200-1000 nm. L'elevata intensità dei laser non permette di descrivere l'interazione di atomi e molecole con la radiazione elettromagnetica usando metodi perturbativi. Sono

stati, pertanto, sviluppati metodi numerici che permettono di studiare i fenomeni con calcoli "ab initio" e ciò è stato reso possibile dalla disponibilità di risorse di calcolo parallelo e/o distribuito

Quindi, evoluzione naturale delle ricerche presentate in precedenza, è lo studio delle generazioni di armoniche da molecole che presentano un elevato grado di simmetria e da molecole eteronucleari. È stato calcolato lo spettro emesso da una molecola omonucleare unidimensionale in presenza di un intenso campo di radiazione. Lo spettro, accanto alle usuali armoniche dispari, presenta una larga struttura di emissione non risolta, interpretata come radiazione emessa dall'elettrone nella parte iniziale del laser; l'analisi wavelet, come nel caso di emissione da parte di un atomo, permette di mettere in correlazione lo shift delle armoniche con il profilo temporale del laser. Successivamente è stata studiata la radiazione emessa da una molecola unidimensionale, eteronucleare e a un solo elettrone, in presenza di un campo di non elevata intensità. Poiché con questo modello di molecola è rotta la simmetria, lo spettro presenta ora armoniche pari e dispari della frequenza di pompa. È interessante notare che, per mezzo delle trasformate wavelet, si può mettere in correlazione temporale l'emissione delle armoniche pari o dispari con le oscillazioni della funzione d'onda elettronica.

È stata studiata inoltre la radiazione diffusa dallo ione molecolare omonucleare
The resource of this report item is not reachable.

, usando un modello unidimensionale, in presenza di un campo di radiazione laser. Si è visto che quando l'energia del fotone è risonante con la differenza di energia tra i primi due stati la densità di probabilità elettronica oscilla lentamente tra i due nuclei. Queste oscillazioni risultano sincrone con le modulazioni che subisce la radiazione emessa. Dall'analisi delle variazioni della radiazione emessa si possono dunque ottenere informazioni sulla posizione della nuvola elettronica nella molecola durante il tempo di operazione del laser.

L'indagine è proseguita indagando molecole ed ioni moleculari, simmetrici e non, in una o più dimensioni, in presenza di forti campi laser e in regimi fortemente non perturbativi; la dinamica molecolare è stata indagata andando oltre l'usuale approssimazione di Born-Oppenheimer di nuclei fissi: la dinamica nucleare è stata trattata con le leggi classiche newtoniane mentre il moto dell'elettrone è descritto quantisticamente. Di tali sistemi sono stati analizzati gli spettri di emissione delle armoniche di alto ordine, sia mediante l'analisi di Fourier che wavelet. Si è così analizzato il comportamento degli spettri al variare del regime di operazione del laser, della sua polarizzazione, del suo profilo temporale e dei suoi parametri: intensità, frequenza e fase e si è cercato anche di comprendere la rilevanza che ha, nei processi di emissione di armoniche, l'allineamento dei sistemi moleculari con il campo laser.

In particolare, è stata indagata la dinamica della molecola H₂ interagente con un campo di radiazione laser, usando un approccio bidimensionale semiclassico in cui il moto dei nuclei viene descritto classicamente mentre il moto dell'elettrone quantisticamente, essendo ciò giustificato dal rapporto fra la massa nucleare ed elettronica. Per vari valori dell'intensità del campo che assiste il processo, sono stati esaminati in funzione del tempo sia le densità di probabilità elettroniche nelle vicinanze dei due nuclei sia il segnale di ionizzazione, e si è visto quali sono le condizioni per cui i nuclei iniziano ad allontanarsi velocemente dando luogo alla tipica esplosione Coulombiana della molecola stessa.

Con lo stesso approccio semiclassico è stata studiata la dinamica dello ione molecolare
The resource of this report item is not reachable.

sotto l'azione di due campi di radiazione laser : il primo laser, la pompa, di corta durata prepara lo ione molecolare in un qualche stato quantico che viene poi investigato dal secondo laser, il probe. I risultati mostrano che, sotto particolari condizioni, lo ione molecolare emette uno spettro di armoniche di alto ordine in cui ciascuna armonica presenta un red-shift proporzionale all'ordine dell'armonica emessa, shift che può essere usato come una misura della velocità dei nuclei all'interno della molecola. Il red-shift infatti dipende dall'intensità di picco del laser di pompa la quale determina la velocità dei frammenti nucleari.

Per comprendere l'interscambio di energia fra gradi di libertà elettronici e gradi di libertà rotovibrazionali di una molecola si è studiato la dinamica dello ione H₂⁺ bidimensionale che interagisce con un impulso laser. Ancora una volta la dinamica molecolare è stata trattata semiclassicamente e senza l'approssimazione di Born-Oppenheimer. Si osserva che l'asse della molecola, inizialmente non allineato al campo esterno, oscilla lentamente attorno alla direzione del campo; contemporaneamente viene eccitato il moto vibrazionale dei nuclei. La radiazione emessa dalle cariche oscillanti presenta variazioni sincrone al moto pendolare dei nuclei, cosicché rivelare tali variazioni può fornire informazioni sul moto della molecola. Si ha a disposizione così un modo non distruttivo di monitoraggio della dinamica molecolare: infatti, poiché la radiazione emessa è temporalmente correlata alle oscillazioni dell'elettrone e poichè questo moto è lento, usando la tecnologia oggi disponibile, l'intensità della luce emessa può essere usata come uno strumento non distruttivo per indagare in tempo reale la dinamica dell'elettrone nella molecola. Inoltre, continuando ad indagare la dinamica molecolare, si è visto che con l'uso di un secondo laser (probe) si riesce a bloccare la nube elettronica su uno dei due nuclei, creando così un dipolo elettrico permanente; questa manipolazione della dinamica molecolare può essere proficuamente utilizzata per il controllo delle reazioni chimiche.

Successivamente, si è studiata nelle molecole idrogenoidi l'interdipendenza fra le vibrazioni dei nuclei e lo spettro emesso, mostrando la possibilità di monitorare la vibrazione nucleare di una molecola. E' stato utilizzato ancora un modello semiclassico per descrivere la molecola e nell'analisi numerica l'intensità del laser è stata scelta tale da non provocare ionizzazione, ma capace di indurre oscillazioni dei nuclei attorno alla posizione di equilibrio. Gli spettri emessi dalla molecola di idrogeno e da altre due molecole artificiali, con masse multiple della massa dell'idrogeno, mostrano la presenza attorno alle armoniche dispari di picchi addizionali regolari la cui spaziatura varia da una specie molecolare all'altra. L'evoluzione temporale della distanza internucleare mostra chiaramente la correlazione fra il moto nucleare e la presenza delle sidebands nello spettro poiché la frequenza di vibrazione dei nuclei corrisponde esattamente alla spaziatura dei picchi satelliti. La spaziatura dipende dall'inverso della radice quadrata della massa molecolare; tale comportamento può essere spiegato considerando che lo spostamento nucleare dalla posizione di equilibrio è relativamente piccolo e regolare, così da approssimare il moto nucleare ad un moto armonico. Inoltre l'analisi wavelet ha permesso di evidenziare che la modulazione in intensità della radiazione emessa ha la stessa periodicità del moto nucleare. Poiché le sidebands sono assenti negli spettri ottenuti con nuclei fissi, la loro presenza fornisce una evidenza diretta e misurabile delle vibrazioni nucleari, che possono essere anche monitorate in tempo reale e in modo non distruttivo semplicemente controllando l'intensità della radiazione emessa.

Ulteriori indagini hanno confermato la presenza di sidebands attorno alle usuali armoniche non soltanto per le molecole (H_2 e D_2), ma anche per gli ioni molecolari (H_2^+ e D_2^+). L'analisi è stata effettuata sia con il modello semiclassico, descritto precedentemente, che con un modello completamente quantistico. I risultati ottenuti con un modello completamente quantistico confermano quelli ottenuti con il modello semiclassico, mostrando che la natura quantistica dei nuclei non modifica la struttura dei picchi satelliti, che sono quindi da considerare una segnatura reale della vibrazione nucleare e non un artificio numerico dovuto ad un modello non adeguato. L'analisi degli spettri ha inoltre messo in evidenza un effetto isotopico: l'intensità delle linee spettrali è fortemente dipendente dalla massa dei nuclei, come si vede dall'inviluppo dei picchi delle armoniche. L'effetto isotopico suggerisce che è possibile discriminare differenti isotopi molecolari semplicemente monitorando la radiazione emessa dal sistema.

Uno dei problemi più controversi nello studio dell'interazione di atomi e molecole con intensi campi di radiazione è la comprensione del meccanismo di ionizzazione, processo antagonista del processo di generazione di armoniche. A tal fine si è studiata la ionizzazione e la dissociazione di una molecola interagente con un intenso campo laser, evidenziando come il moto nucleare influenza la probabilità di ionizzazione. I rate di singola e doppia ionizzazione sono stati messi in correlazione temporale con il moto dei nuclei, evidenziando il ruolo dell'intensità del laser: a basse intensità vengono indotte le vibrazioni nucleari mentre a più alte intensità una piccola ionizzazione può indurre un allungamento dell'asse molecolare, dovuto alla repulsione nucleare, innescando così un processo dissociativo.

E' stata studiata l'influenza dei parametri che caratterizzano la radiazione laser sullo spettro di emissione di una molecola. Il risultato più interessante è la possibilità di controllare l'intensità delle armoniche semplicemente variando l'angolo fra la direzione di polarizzazione del campo laser e l'asse molecolare. Si è visto infatti che le armoniche di più basso ordine sono preferibilmente emesse quando il campo laser è ortogonale all'asse molecolare, mentre le armoniche di più alto ordine sono emesse quando il campo è parallelo all'asse molecolare. I risultati ottenuti sono stati utilizzati quindi per la generazione di impulsi agli attosecondi. E' stata messa in evidenza una forte correlazione fra l'evoluzione temporale dell'intensità degli impulsi agli attosecondi e l'orientazione della molecola. Questo suggerisce che l'osservazione della modulazione dell'intensità degli impulsi agli attosecondi emessi può essere usata per ottenere informazioni sullo stato rotazionale della molecola in esperimenti reali, quando l'asse molecolare non è fisso.

Per condurre l'analisi, illustrata in precedenza, sulla dinamica molecolare, l'allineamento di molecole lineari e la spettroscopia molecolare, è stato necessario sviluppare codici adeguati per la soluzione numerica delle equazioni di Schroedinger. Trattandosi di equazioni di tipo parabolico alle derivate parziali, sono state sviluppate delle tecniche di soluzione principalmente di tipo spettrale, utilizzando tecniche di tipo Split-Operator per l'operatore Hamiltoniano ad essi associato.

In conclusione, i risultati ottenuti permettono il monitoraggio e il controllo in tempo reale della dinamica molecolare, utilizzando la generazione di armoniche di alto ordine e lo studio della dinamica della ionizzazione come tecniche tomografiche per l'analisi dell'evoluzione temporale della funzione d'onda dei sistemi molecolari.

AMBITI DI RICERCA

L'ambito di ricerca è quello delle ricerche teoriche di Fisica della Materia che schematicamente sono essere riassunte come segue:

1. scattering di elettroni liberi da potenziale in presenza di campo laser (ovvero transizioni free-free multifotoniche);
2. proprietà statistiche dei laser e problemi di correlazione fotonica;
3. bremsstrahlung diretto ed inverso stimolato da un forte campo di radiazione laser;

4. bremsstrahlung stimolato da un forte campo di radiazione laser in un plasma classico;
5. generazione di armoniche di alto ordine da atomi e molecole;
6. studio dell'interazione di sistemi molecolari con uno o più campi laser;
7. generazione di impulsi agli attosecondi;
8. interazione di campi di radiazione laser con nanostrutture.