

Giuseppe Pucacco

CURRICULUM DELL'ATTIVITÀ SCIENTIFICA E DIDATTICA  
ed  
ELENCO DELLE PUBBLICAZIONI

<https://www.fisica.uniroma2.it/elenco-telefonico/pucacco/>

**Posizione attuale.**

Professore associato confermato presso il Dipartimento di Fisica dell'Università di Roma "Tor Vergata", settore scientifico-disciplinare MATH-04/A (Fisica Matematica), appartenente al Gruppo Scientifico-Disciplinare (GSD) 01/MATH-04 - FISICA MATEMATICA, in servizio dal 1989.

Abilitato per la prima fascia, GSD 01/MATH-04 con decorrenza 9/9/2019 e per la seconda fascia, GSD 01/MATH-04 con decorrenza 3/12/2013: h-index 20, h-index contemporaneo 15.

\*\*\*

**Attività gestionale e progetti di ricerca.**

Con il ruolo di responsabile scientifico, ho gestito e/o gestisco i seguenti contratti di ricerca:

2018–2023: EU H2020 MSCA ETN "STARDUST-R", Grant Agreement 813644, The Asteroid and Debris Network, finanziamento di 490.000 euro, quota di management individuale di 41.000 euro.

2019–2021: Progetto HERMES su fondi ASI, contratto 2018-13-H.0: Analisi orbitale della costellazione di micro-satelliti HERMES Technological Pathfinder (High Energy Rapid Modular Ensemble of Satellites: uno sciame di satelliti per sondare la struttura dello Spazio-Tempo).

2015–2022: Grant 2013-056-RO.1 dell'ASI per la modellistica del sistema dei satelliti galileiani nell'ambito della missione Juice (JUperiter ICy moons Explorer).

2012–2017: Marie Curie Initial Training Network FP7-PEOPLE-2012-ITN: "STARDUST", The Asteroid and Debris Network, finanziamento di 490.000 euro, quota di management individuale di 41.000 euro.

2013–2014: Progetto LARASE (LAsER RAnged Satellite Experiment) su fondi INFN – Comm.II: Analisi dati satelliti geodetici Lageos e Lares, finanziamento di 18.000 euro.

2007–2009: Progetto LISA-PF su fondi INFN – Comm.II: Analisi orbitale della missione LISA, finanziamento complessivo di 60.000 euro.

2002–2006: Progetto LISA-RD (Laser Interferometer Satellite Antenna) su fondi INFN – Comm.II: Osservazione di onde gravitazionali con l'interferometro spaziale LISA, finanziamento complessivo di 120.000 euro.

1998–2000: Contratto Conto Terzi con la ASL RM/F, Analisi e riduzione dell'inquinamento acustico in ambito urbano, finanziamento di 60 ML.

1991: Contratto ASI (Agenzia Spaziale Italiana) 91-RS-28, Struttura ed Evoluzione di Galassie Ellittiche, finanziamento di 40 ML.

1992: Contratto ASI 92-RS-37, Struttura ed Evoluzione di Galassie Ellittiche, finanziamento di 60

ML.

1992-1995: Contratto CEE CI1-CT92-0013: Morphology, stability and distribution of galactic structures, finanziamento di 30.000 ECU.

1994: Contratto ASI 94-RS-31, Struttura ed Evoluzione di Galassie Ellittiche, finanziamento di 20 ML.

1995: Contratto ASI 95-RS-49, Struttura ed Evoluzione di Galassie Ellittiche ed Ammassi Globulari, finanziamento di 20 ML.

1996: Contratto ASI 96-RS-13, Evoluzione Secolare in Sistemi Stellari e Perturbazioni stellari in Relatività Generale, finanziamento di 10 ML.

\*\*\*

Con il ruolo di collaboratore, ho partecipato e/o partecipo ai progetti di ricerca:

2022-2024: Grant dell'ASI per la modellistica del sistema dei satelliti galileiani nell'ambito della missione Juice (JUPITER ICY moons Explorer).

2020-2023: Progetto SATOR-G su fondi INFN – Comm.II: Analisi perturbazioni satelliti geodetici Lageos e Lares per misure di fisica fondamentale, resp. scient. Dr. D. M. Lucchesi.

2019-2023: Progetto LAG (Liquid Actuated Gravity) su fondi INFN – Comm.V: Misura di deviazioni della forza di gravità dalla forma newtoniana, resp. scient. Dr. L. Di Fiore.

PRIN 2017 Progetto 20178CJA2B “I-CELMECH New frontiers of Celestial Mechanics: Theory and Applications”, Coordinatore Nazionale Prof. M. Guzzo.

2015-2019: Progetto LARASE su fondi INFN – Comm.II: Analisi perturbazioni satelliti geodetici Lageos e Lares per la misura dell'effetto Lense-Thirring, resp. scient. Dr. D. M. Lucchesi.

2010-2018: Progetto LISA-PF su fondi INFN – Comm.II: Doppio pendolo di torsione PETER, resp. scient. Prof. M. Bassan.

PRIN 2008 “Moto geodetico con un doppio pendolo: Misura dei disturbi fondamentali su due gradi di libertà e diagonalizzazione dei segnali di controllo”, Prot. 2008RNY5PY-003, Coordinatore Nazionale Prof. W. Weber.

\*\*\*

### **Afferenze e attività collaterali.**

1989: Associazione all'INFN (Istituto Nazionale di Fisica Nucleare), Struttura di Roma 2.

1999: Afferenza alla Società Italiana di Meccanica Celeste ed Astrodinamica.

2000: Riconoscimento del titolo di Tecnico Competente in Acustica con afferenza all'elenco dei TCA della Regione Lazio.

2004: Afferenza alla RIAA (Rete Interuniversitaria per l'Astronomia e l'Astrofisica).

2005: Afferenza al GNFM (Gruppo Nazionale per la Fisica Matematica; Settore 1: Meccanica dei sistemi discreti).

2010: Membro del Consiglio Scientifico del Master di II livello in Scienza e Tecnologia Spaziale.

2013: Afferenza allo IAPS (Istituto di Astrofisica e Planetologia Spaziali)

2020: Direttore del Consiglio Scientifico della Società Italiana di Meccanica Celeste ed Astrodinamica.

\*\*\*

## **Attività scientifica.**

### *a) Formazione e carriera*

La mia formazione universitaria è maturata nell'ambito della Relatività Generale. La tesi di laurea è stata dedicata all'analisi delle proprietà osservative dei modelli cosmologici omogenei, analizzando gli effetti dell'espansione anisotropa sulla radiazione cosmica di fondo.

Nel 1983 sono stato ammesso al primo ciclo del corso di Dottorato di Ricerca in Fisica dell'Università di Roma "la Sapienza". L'attività di ricerca svolta nell'ambito del corso di dottorato si è indirizzata verso l'astrofisica classica ed, in particolare, lo studio delle proprietà di equilibrio e stabilità di configurazioni autogravitanti con applicazioni in dinamica galattica ed in astrofisica stellare. Questi risultati, insieme ad una nuova analisi del ruolo dell'anisotropia in astrofisica classica e relativistica, sono stati esposti nella tesi, sulla base della quale ho conseguito il titolo di dottore di ricerca nel 1987.

Nel biennio 1987–1988 ho usufruito di una borsa di studio "Victor Schwartsman" erogata dall'ICRA - International Center for Relativistic Astrophysics, conducendo ricerche presso il gruppo di astrofisica relativistica del dip. di Fisica della "Sapienza" diretto dal Prof. R. Ruffini e presso il Laboratorio GP-B (Prof. C. W. F. Everitt) dell'Università di Stanford nell'ambito del progetto STEP (Satellite Test of the Equivalence Principle).

Nel 1989 sono entrato in servizio come ricercatore in astrofisica presso il dipartimento di Fisica dell'Università di Roma "Tor Vergata". L'attività scientifica si è da allora svolta nell'ambito della meccanica analitica, della meccanica celeste, della dinamica galattica e della teoria del rilassamento dei sistemi N corpi auto-gravitanti. Dallo stesso anno sono anche associato all'INFN, Struttura di Roma 2, per l'attività di ricerca relativa a vari aspetti della fisica della gravitazione. Dal 2002 al 2009 sono stato responsabile scientifico locale dell'esperimento LISA (Laser Interferometer Space Antenna). Per questo progetto ho collaborato all'analisi orbitale della missione e alla modellistica della dinamica di un accelerometro in caduta libera. Ho anche iniziato la collaborazione con D. Lucchesi dello IAPS per l'analisi dati dai satelliti geodetici Lageos e Lares per verifiche di alta precisione della relatività generale. Dal 2013 sono supervisore, con A. Celletti, di un programma di Dottorato nell'ambito del progetto ETN STARDUST su fondi Marie Curie della Comunità europea. Il progetto è dedicato allo studio della dinamica orbitale ed attitudinale di asteroidi potenzialmente pericolosi (NEA) e di detriti spaziali. Abbiamo in corso contratti con l'Agenzia Spaziale Italiana per lo studio del sistema dei satelliti galileiani nell'ambito della missione Juice (JUperiter ICy moons Explorer) e l'analisi orbitale della costellazione di micro-satelliti HERMES per l'osservazione di sorgenti astrofisiche di alta energia. Parallelamente, mi sono dedicato anche a ricerche nell'ambito dell'acustica teorica e sperimentale.

Dal 1996 al 2009 sono stato regolarmente ospite del Dipartimento di Fisica della Università di Stoccolma nell'ambito di una collaborazione con il Prof. K. Rosquist sullo studio di sistemi hamiltoniani integrabili. Ho in corso collaborazioni e visite con le seguenti sedi di ricerca: Università di Utrecht (Dr. H. Heinßmann), Università di Milano (prof. G. Gaeta), Università di Pisa (Prof. G. Gronchi), Università di Praga (Prof. A. Marchesiello), Accademia delle Scienze di Atene e

Università di Padova (Prof. C. Efthymiopoulos).

*b) Meccanica Analitica e Dinamica Galattica.*

I due filoni principali della mia attività di ricerca più recente sono lo studio di sistemi hamiltoniani con tecniche geometriche e l'esplorazione delle forme normali hamiltoniane risonanti. Possibili applicazioni sono: sistemi di interesse in meccanica celeste e analitica più in generale, l'analisi della struttura orbitale dei potenziali galattici e lo studio di flussi geodetici su varietà riemanniane e pseudo-riemanniane.

Con D. Boccaletti e C. Belmonte (Belmonte, Boccaletti e P. 2006), abbiamo iniziato lo studio perturbativo di oscillatori accoppiati in regime di quasi integrabilità determinando gli invarianti aggiuntivi formali con la tecnica della trasformata di Lie (Belmonte, Boccaletti e P. 2007, 2008). Con le simmetrie tipiche di una configurazione adatta ad esempio a modellare le regioni centrali di una galassia ellittica, si osserva che le risonanze di bassa commensurabilità determinano la struttura dello spazio delle fasi e possono essere studiate mediante la forma normale del sistema. Sono sufficienti i primi ordini della normalizzazione per una ottima ricostruzione delle curve invarianti come confermato dal calcolo numerico delle superfici di Poincaré. In collaborazione con A. Marchesiello abbiamo utilizzato la teoria della singolarità di funzioni analitiche per determinare le sequenze di biforcazioni di orbite periodiche nel caso di una risonanza 2:2 (risonanza sincrona 'simmetrica') con perturbazioni generiche (Marchesiello & P. 2014; P. & Marchesiello, 2014) ottenendo una semplice classificazione delle possibili gerarchie di biforcazione e utili informazioni sulla struttura dello spazio delle fasi di un generico sistema hamiltoniano 'vicino' a tale risonanza. Analogo approccio è stato adottato in via preliminare (Marchesiello & P. 2012) nel caso della risonanza 1:2 (risonanza 'di Fermi'). Una trattazione più formale e sistematica della risonanza di Fermi simmetrica è quindi presentata in Hanßmann, Marchesiello e P. (2020). La teoria delle biforcazioni di forme normali simmetriche è riassunta nelle review Marchesiello & P. (2016) e P. (2022) mentre una rassegna dei legami fra forme normali risonanti classiche e quantistiche è svolta in Gaeta e P. (2023) in un volume che uscirà dedicato al 70° di Antonio Giorgilli.

Lo studio della struttura orbitale di potenziali di interesse in fisica, astrofisica, meccanica celeste ed ingegneria (Belmonte, Boccaletti e P. 2008) può in generale essere effettuato utilizzando le forme normali risonanti 'desintonizzate' (o con disaccordo di frequenza). Abbiamo ottenuto predizioni delle curve di transizione all'instabilità delle orbite assiali mostrando come conciliare, tramite opportuni sviluppi in serie, i risultati ottenuti lavorando sia nelle variabili 'finali' della normalizzazione che in quelle 'fisiche' originali. Nel caso del potenziale logaritmico abbiamo anche calcolato la frazione di spazio delle fasi occupate dalle famiglie di 'boxlets' (Belmonte et al. 2007) e mostrato come ottenere informazioni sulla dinamica nel caso di limite singolare. Le predizioni quantitative per studiare la struttura orbitale di potenziali con simmetrie di riflessione speculare (tipici nelle applicazioni galattiche) possono essere rese più accurate se migliore è il comportamento delle serie asintotiche che si determinano con le tecniche perturbative. In P. Boccaletti e Belmonte (2008a) abbiamo mostrato come rendere più rapida la convergenza delle serie che danno le transizioni stabilità-instabilità delle orbite periodiche utilizzando la tecnica di 'risommare' le serie asintotiche usando frazioni continue. In P. Boccaletti e Belmonte (2008b) abbiamo mostrato come utilizzare le forme normali risonanti per ottenere soluzioni esplicite delle equazioni del moto per le orbite periodiche principali. In P. (2009) ho studiato le biforcazioni delle principali orbite risonanti in un potenziale scale-free a simmetria assiale. In Marchesiello e P. (2011) abbiamo analizzato la rilevanza della risonanza 1:1 (risonanza 'sincrona') in vari problemi di dinamica galattica. In P. (2012) ho applicato il metodo delle forme normali all'approssimazione epiciclica di varie perturbazioni del problema di Keplero. Un'applicazione di particolare interesse di questi risultati è quella relativa a

sistemi con equi-potenziali ellittiche ‘auto-similari’ (Marchesiello & P. 2013) tipiche in modelli di galassie ellittiche.

L’applicazione più diretta dell’approccio geometrico alla meccanica hamiltoniana sta nello studio dei sistemi completamente integrabili. Un sistema dinamico, visto come un flusso geodetico associato ad una opportuna metrica riemanniana, permette di interpretare gli integrali primi del moto come funzioni associate a tensori di Killing della metrica stessa. In Rosquist & P. (1995), utilizzando le trasformazioni conformi della metrica di Jacobi, abbiamo riclassificato tutti i problemi separabili della meccanica classica (metriche di Liouville) e individuato nuovi sistemi integrabili ad energia fissata. Si è intrapreso inoltre (Boccaletti & P., 1997) lo studio delle simmetrie generalizzate, dipendenti cioè anche dalle velocità, nella geometria di Finsler. In generale, estendere la classe dei sistemi integrabili con le tecniche tradizionali, è impresa ardua: l’approccio basato sull’identificazione di tensori di Killing di rango  $\geq 2$  è particolarmente promettente. In Karlovini et al. (2002) abbiamo risolto il problema nel caso di sistemi hamiltoniani in due dimensioni dotati di integrali del moto quartici nei momenti. È stata determinata la soluzione generale per la loro esistenza ad energia arbitraria e ad energia fissata e sono state individuate varie nuove classi di tali sistemi. L’integrabilità ad energia fissata è un interessante settore di analisi per le possibili applicazioni in meccanica quantistica e statistica: in P. & Rosquist (2005b) abbiamo dato una trattazione generale dei casi di integrali polinomiali con una vasta serie di esempi.

Un’estensione molto interessante per le applicazioni è quella a sistemi con potenziali vettoriali: è infatti molto utile avere esempi di moti integrabili in sistemi di riferimento rotanti oppure in campi magnetici. I risultati disponibili sono molto scarsi a causa delle difficoltà connesse con i termini di diversa parità nei momenti presenti nell’Hamiltoniana. Con un’estensione della tecnica delle trasformazioni conformi, abbiamo ottenuto (P., 2004, 2005; P. & Rosquist, 2005a) nuove classi di tali sistemi in coordinate paraboliche ed ellittiche con possibili applicazioni a modelli galattici rotanti. Recentemente abbiamo fornito il primo esempio di sistema Hamiltoniano separabile in cui la trasformazione a coordinate separabili dipende esplicitamente dall’energia (P. & Rosquist, 2017)

L’approccio geometrico consente di mettere direttamente in relazione l’esistenza di tensori di Killing con una struttura bi-Hamiltoniana e di coppia di Lax (P. & Rosquist, 2002) e di studiare con tecniche perturbative la dinamica fuori della superficie di integrabilità ottenendo dimostrazioni analitiche di non-integrabilità nello spirito dei teoremi di Poincaré–Fermi (P. & Rosquist, 2004).

I corrispondenti problemi su varietà pseudo-riemanniane sono resi più complicati dalle singolarità della metrica. Con una opportuna generalizzazione delle trasformazioni a coordinate conformi (P. & Rosquist, 2007, 2009) abbiamo esteso la nozione di separabilità a tutti i problemi naturali sul piano di Minkowski, dimostrando l’esistenza di due nuove strutture della metrica separata oltre a quella di Liouville: quella armonica (o Liouville-complessa) e quella nulla (o a blocco di Jordan). Forme normali per le generiche metriche pseudo-riemanniane separabili in 2 dimensioni sono state presentate in (Bolsinov, Matveev e P. 2009) e applicate recentemente ad una nuova dimostrazione di un classico problema di U. Dini (Bolsinov, Matveev e P. 2011). I potenziali polinomiali separabili sul piano di Minkowski sono stati classificati in P. (2015).

Sono coautore, insieme al Prof. D. Boccaletti, di un testo in due volumi di meccanica celeste e dinamica galattica, *Theory of Orbits* (Springer-Verlag, Vol. 1, 1996; Vol. 2, 1999), rivolto a studenti di matematica, fisica ed astronomia. Il primo volume offre un’introduzione alla meccanica analitica e tratta i problemi integrabili (problema dei due corpi, moto in potenziali galattici) e le soluzioni particolari e non-perturbative del problema degli  $N$  corpi ( $N \geq 3$ ); ampio spazio è dedicato all’integrazione alla Hamilton-Jacobi e alla ricerca degli integrali del moto. Nel secondo volume, dedicato ai problemi non-integrabili, i primi tre capitoli espongono la teoria delle perturbazioni, partendo dall’approccio classico, passando per il metodo canonico fino alla teoria KAM e all’applicazione delle trasformate di Lie; un capitolo tratta poi la teoria degli invarianti adiabatici

e delle sue applicazioni in meccanica celeste e dinamica stellare; sono poi esposte le risonanze, le soluzioni periodiche e le loro applicazioni in entrambe le aree; i due capitoli finali sono dedicati alla descrizione degli sviluppi moderni della teoria del caos nei sistemi conservativi: il primo espone gli aspetti formali e i modelli adatti a rappresentare le condizioni di stocasticità debole e forte. Il secondo le tecniche numeriche e un'introduzione agli algoritmi per valutare gli indicatori di caoticità sia in sistemi a pochi gradi di libertà che in sistemi N-corpi di interesse in astrofisica (sistema solare, ammassi, galassie).

### c) *Meccanica Celeste.*

La meccanica celeste è tradizionalmente la disciplina che più si avvale delle tecniche sviluppate nella meccanica hamiltoniana. In particolare, il metodo delle forme normali è quello più efficace per implementare la teoria delle perturbazioni. In numerosi lavori pubblicati negli ultimi anni ho applicato la teoria delle forme normali risonanti a problemi di dinamica orbitale e attitudinale di satelliti naturali e artificiali.

Nell'ambito dell'ETN Stardust, con lo scopo di studiare la dinamica orbitale e di assetto di satelliti in orbita terrestre, abbiamo prodotto vari studi di orbite nel Geo-potenziale terrestre e relative perturbazioni: sono stati analizzati gli effetti delle perturbazioni Luni-Solari (Celletti et al. 2016), la dinamica regolare e caotica attorno alle orbite geo-stazionarie (Gachet et al. 2017; Celletti et al. 2017), le risonanze secondarie nel problema spin-orbita (Gkolias et al. 2016, 2017, 2019) e la dinamica vicina all'inclinazione critica (Celletti, Paita e P. 2017). Sono anche state studiate le orbite di detriti attorno ad un asteroide rotante (Vetrisano, Celletti e P. 2016). Un'applicazione di particolare rilevanza del metodo delle forme normali riguarda la determinazione degli *elementi propri*: in Celletti, P. e Vartolomei (2021, 2022) abbiamo effettuato l'analisi preliminare dell'evoluzione degli elementi propri di sciami di detriti spaziali nel Geo-potenziale.

Abbiamo parallelamente studiato la dinamica attorno ai punti collineari del problema dei tre corpi. Questi sono equilibri debolmente instabili di grande interesse per le missioni spaziali. Usando una forma normale risonante e riducendo l'analisi alla *varietà centrale*, si possono studiare le orbite di Lissajous nel piano dell'eclittica (Celletti, P. e Stella, 2015) e le biforcazioni alle *orbite halo* usate per satelliti scientifici. In Ceccaroni, Celletti e P. (2016a) abbiamo calcolato per via analitica le soglie di biforcazione e le condizioni iniziali per le halo per valori arbitrari del rapporto di massa dei primari. Abbiamo poi incluso nell'analisi la pressione di radiazione solare studiando così *vele solari* in orbita attorno ai punti collineari (Bucciarelli et al. 2016; Ceccaroni et al. 2016b). Una descrizione geometrica globale dei fenomeni di biforcazione attorno ai punti collineari  $L_1, L_2$  è offerta in P. (2019).

Nel quadro di una collaborazione con l'ASI relativa alla missione Juice diretta allo studio del sistema-Giove, abbiamo costruito un modello dei tre satelliti galileiani interni (Celletti, Paita e P. 2018; Paita, Celletti e P. 2018), dove si chiarisce la distinzione fra equilibrio di de Sitter e stato stazionario proprio della risonanza di Laplace in cui si osserva il sistema di Io, Europa e Ganimede. Questo consente una rapida identificazione delle condizioni iniziali per costruire effemeridi accurate. Una forma normale per la descrizione del dominio della risonanza di Laplace è introdotta in P. (2021). Abbiamo poi generalizzato il modello ad altre relazioni di risonanza in vista di applicazioni a sistemi extra-solari (Celletti, Paita e P. 2019; Celletti et al. 2021). Nell'ambito della collaborazione HERMES, abbiamo effettuato l'analisi orbitale della costellazione di micro-satelliti Hermes-TP per l'osservazione di sorgenti astrofisiche di alta energia (Cinelli et al. 2021).

### d) *Relatività generale e fisica della gravitazione.*

Nel quadro dell'esperimento LISA (Laser Interferometer Space Antenna), che ha lo scopo di realizzare un interferometro spaziale per la rivelazione di onde gravitazionali a bassa frequenza, sto collaborando alla modellistica della dinamica di un accelerometro in caduta libera. In collaborazione con le sezioni di INFN Firenze, Napoli e Trento è stato realizzato un doppio pendolo di torsione ('PETER', PEndolo Rotazionale E Traslazionale) con l'obiettivo di simulare la condizione di caduta libera di una massa di prova su cui attuare correzioni elettrostatiche ad eventuali perturbazioni non gravitazionali (Stanga et al. 2006, 2009; Marconi et al. 2010; Bassan et al. 2013; De Marchi et al. 2013a). Il sistema, del quale abbiamo realizzato un dettagliato modello lagrangiano (De Marchi, P. et al. 2013), è ora pienamente operativo ed è stata iniziata la presa dati con la massa di prova dotata di due gradi di libertà 'morbidi' (De Marchi et al. 2013b; Marconi et al. 2013; Bassan et al. 2016; Bassan et al. 2018, 2019a). Si è quindi pensato all'utilizzo di PETER per una misura di eventuali variazioni delle legge  $1/r^2$  della forza di attrazione gravitazionale a distanze centimetriche (esperimento 'LAG', Liquid Actuated Gravity experiment, Bassan et al. 2019b).

Abbiamo inoltre iniziato l'analisi delle orbite della 'costellazione' dei satelliti di LISA (P. Bassan e Visco, 2010) studiando un modello analitico basato sulla approssimazione post-epiclica: abbiamo analizzato l'effetto mareale della Terra, le precessioni relativistica e di quadrupolo solare e gli effetti dovuti a campi diffusi come la polvere e la materia oscura locale. Abbiamo inoltre analizzato l'ottimizzazione delle orbite della costellazione con lo scopo di ridimensionare i costi della missione (De Marchi, P. e Bassan, 2012).

Ho quindi iniziato la collaborazione con D. Lucchesi dello IAPS per l'analisi dati dai satelliti geodetici Lageos, LageosII e Lares per verifiche di alta precisione della relatività generale. In particolare abbiamo intrapreso la modellizzazione di effetti perturbativi gravitazionali (multipoli del Geo-potenziale, maree solide ed oceaniche, P. e Lucchesi, 2018) e non (effetti geomagnetici, termici, drag atmosferico neutro e carico) per il calcolo di alta precisione delle orbite dei tre satelliti, per sottrarne gli effetti dai dati di tracking e migliorare le stime sulla misura dell'effetto Lense-Thirring e la precessione geodetica relativistica (Lucchesi et al. 2015, 2017, 2019, 2021).

In collaborazione con altri associati INFN, abbiamo proposto la missione LAGRANGE (Tartaglia et al. 2018) in cui la tecnica di Sagnac è applicata usando un circuito ottico attestato nei punti lagrangiani del sistema terra-sole. Gli obiettivi di questo progetto sono: raffinare la misura di effetti di ritardo temporale dovuti ai campi della terra e del sole; rivelare il campo gravito-magnetico solare, deducendo anche informazioni sulla struttura interna della stella; verificare la possibile esistenza di un campo gravito-magnetico galattico che imporrebbe una revisione delle proprietà dell'alone di materia oscura.

In precedenza, nell'ambito della cosmologia classica, ho effettuato l'analisi delle proprietà osservative dei modelli cosmologici omogenei, analizzando gli effetti dell'espansione anisotropa sulla radiazione cosmica di fondo. I principali risultati (Fabbri, P. e Ruffini, 1984; P. 1986; Melchiorri et al. 1986), consistono nella valutazione dei momenti di multipolo dell'anisotropia nella radiazione cosmica di fondo nei modelli di Bianchi che, nel limite di piccola anisotropia, sono compatibili con i modelli di Friedmann (Tipi I, V, VII, IX nella classificazione degli spazi omogenei tridimensionali).

#### *e) Dinamica dei Sistemi ad $N$ corpi*

Nell'ambito della dinamica galattica, i campi di interesse sono stati i problemi di rilassamento ed evoluzione secolare in sistemi autogravitanti e le proprietà di equilibrio di strutture galattiche. In seguito ai progressi nella comprensione dell'instabilità intrinseca nei sistemi  $N$  corpi, ho iniziato lo studio del problema del rilassamento all'equilibrio di un sistema autogravitante nell'ambito della teoria ergodica dei sistemi dinamici conservativi. Estendendo il modello originale, ho proposto (P.

1992a) che gli effetti collettivi dell'interazione gravitazionale in un sistema essenzialmente *collisionless* si manifestano nell'isotropizzazione del sistema nello spazio delle velocità, su un tempo-scala (il tempo di rilassamento collettivo  $\tau_c$ ) alcuni ordini di grandezza minore del tempo necessario per l'equipartizione (tempo di rilassamento per interazioni binarie,  $\tau_b$ ). Questo effetto può giocare un ruolo di grande importanza nell'evoluzione secolare delle galassie ellittiche. Una verifica di questo modello è stata condotta in via preliminare nello stesso lavoro su un campione di 25 galassie ellittiche per le quali sono disponibili i dati per una valutazione di  $\tau_c$  e del parametro  $v/\sigma^*$  che determina l'importanza relativa dell'anisotropia della dispersione di velocità e della velocità di rotazione nel fissare le loro caratteristiche d'equilibrio. Il test di correlazione indica che al diminuire di  $\tau_c$  i sistemi tendono ad avvicinarsi alla linea dei rotatori isotropi evidenziando la progressiva rimozione dell'anisotropia. È da notare che, poiché il campione si estende in un largo *range* di luminosità ( $-18 > M > -23$ ), questo schema evolutivo riguarda tutte le ellittiche e non è quindi necessario introdurre scenari diversi per la formazione e l'evoluzione delle ellittiche deboli e delle giganti.

Il problema del rilassamento dinamico in sistemi non collisionali presenta tuttora molti problemi non risolti. La validità dell'approccio del rilassamento collettivo è stata verificata (Boccaletti, P. e Ruffini, 1991) effettuando una trattazione della *violent relaxation* in questo ambito e verificando che un tempo dell'ordine del tempo-scala dinamico è necessario perché diventi applicabile la forma *coarse grained* del teorema del viriale. La transizione fra la fase dell'evoluzione dinamica e quella secolare è oggetto dell'attuale attività di ricerca volta a trovare, anche mediante simulazioni N-corpi dirette, le condizioni in cui il regime di evoluzione secolare è dominato dagli effetti collettivi.

In quest'ottica, lo studio delle proprietà dei sistemi stellari si correla con quello generale dei sistemi dinamici hamiltoniani e quindi con approcci e metodi che sono propri della meccanica celeste e, più in generale, della meccanica analitica. In particolare, il rilassamento dei sistemi a molti gradi di libertà rientra nella sfera d'interesse della teoria generale dei sistemi dinamici il cui principale obiettivo è descrivere e prevedere le transizioni fra regime regolare (o quasi integrabile) e regime stocastico. Nelle galassie ellittiche, il fenomeno di isotropizzazione già esaminato in (P. 1992a,b), si collega con la presenza di una consistente frazione di orbite caotiche in potenziali con singolarità centrali associate ad andamenti di densità rapidamente crescenti verso il centro ( $\rho(r) \sim r^{-\gamma}$ ) o buchi neri. La correlazione fra il parametro  $v/\sigma^*$  introdotto sopra e l'estensione del "core radius", misurato in accurate osservazioni HST, in un campione esteso a 37 galassie ellittiche è ancora più evidente di quella ottenuta in (Boccaletti e P. 1998, 2000). Il legame fra singolarità centrali ed isotropizzazione, mediato dalla associata stocasticità, porta alla predizione che tutte le ellittiche con "cuspidi" pronunciate ( $\gamma > 1.3$ ) debbono essere dei rotatori praticamente isotropi.

Contrariamente a quanto accade nelle galassie ellittiche, negli ammassi globulari una evoluzione secolare è possibile anche nell'ambito di dinamica regolare associata ad un potenziale integrabile. Questo perché, in questo caso,  $\tau_b$  è sufficientemente breve da rendere sensibile l'evoluzione "termodinamica" su un tempo scala inferiore alla vita del sistema. È interessante esplorare gli effetti strutturali che portano ad una evoluzione catastrofica ("instabilità gravotermica" e conseguente "core-collapse"): in particolare, l'anisotropia nella dispersione di velocità può modificare le condizioni che determinano l'instabilità. In effetti, il potenziale centrale critico che identifica la soglia di instabilità è sempre minore nei modelli sferici anisotropi, come mostrato utilizzando tecniche semi-analitiche in Magliocchetti, P. e Vesperini (1997, 1998), se confrontato con quello dei modelli isotropi. La corrispondente variazione di concentrazione critica, definita come il rapporto fra *core radius* e *tidal radius* all'instaurarsi dell'instabilità, è comunque molto più contenuta. Risultati analoghi sono stati ottenuti (Menna e P. 1997) anche nel caso di modelli sferoidali anisotropi a bassa rotazione e sono in buon accordo con le predizioni di simulazioni idrodinamiche e Fokker-Planck.



Per quanto riguarda l'analisi delle proprietà di equilibrio di configurazioni galattiche, la tecnica delle serie tensoriali di viriale per lo studio di configurazioni triassiali dotate di vorticità interna ed anisotropia nel tensore degli stress, ha portato (Pacheco, P. e Ruffini, 1985, 1986) a stabilire le condizioni di equilibrio e stabilità per sferoidi di Maclaurin ed ellissoidi triassiali di tipo S e tipo III (secondo la classificazione di Chandrasekhar). Successivamente, (Pacheco, P. Ruffini e Sebastiani, 1989) questo metodo, generalizzato a configurazione disomogenee con superfici di equidensità confocali, è stato utilizzato per costruire potenziali galattici in cui si sono trovate relazioni esplicite tra parametri morfologici, quali i rapporti assiali, e cinematici, quali i rapporti tra i valori delle dispersioni di velocità in direzioni assegnate, e le condizioni di equilibrio e stabilità rispetto a perturbazioni dinamiche. Dopo il completamento dello studio degli ellissoidi triassiali mediante l'uso del teorema del viriale in forma tensoriale (Pacheco et al. 1986, 1989), si è iniziato uno studio di modelli axisimmetrici per galassie ellittiche mediante le equazioni dell'idrodinamica stellare (equazioni di Jeans). Sono state trovate delle soluzioni esatte di queste equazioni (Cipriani e P. 1992) e si è investigata la possibilità di costruire modelli realistici per ellittiche con bassa velocità di rotazione, evitando di dover imporre la dipendenza da un terzo integrale della funzione di distribuzione del sistema. Il risultato è che esiste una vasta classe di funzioni di distribuzione che, scegliendo opportunamente la parte dispari nella dipendenza dal momento angolare, danno un'anisotropia tangenziale sufficiente a giustificare l'ellitticità della figura.

Un aspetto importante della modellistica dei sistemi N corpi con interazione a lungo raggio è quello di garantire l'autoconsistenza della dinamica senza compromettere l'accuratezza delle simulazioni. La tecnica delle *mappe accoppiate* è al riguardo particolarmente efficiente e consente di indagare su peculiarità della dinamica altrimenti molto pesanti da analizzare con tecniche numeriche basate sull'integrazione diretta del flusso dinamico. Abbiamo applicato questo approccio allo studio del trasporto diffusivo in un sistema costituito da un ensemble di mappe "standard" perturbato opportunamente per simulare effetti di accoppiamento ad un campo self-consistente (Boffetta, del-Castillo, Lopez, P. e Vulpiani, 2003) ottenendo interessanti risultati sulla persistenza o la soppressione della diffusione *anomala*.

Come accennato sopra, i meccanismi di rilassamento parziale, legati al comportamento intrinsecamente caotico dei sistemi N-corpi autogravitanti, giocano un ruolo fondamentale nel determinare la struttura delle galassie ellittiche e degli ammassi globulari. La comprensione dei meccanismi di origine e sviluppo delle instabilità e la verifica di queste analisi in semplici sistemi dinamici di riferimento è di grande aiuto per le applicazioni in sistemi complessi. Ho quindi approfondito lo studio delle tecniche basate sui metodi geometrici di analisi del regime asintotico di sistemi dinamici hamiltoniani. La potenza del metodo geometrico per lo studio del comportamento su tempi lunghi dei sistemi dinamici è stato preliminarmente "testato" in alcuni sistemi classici, per verificare l'affidabilità dei risultati (Cipriani & P. 1993, 1994). È interessante osservare che, sia in sistemi a pochi gradi di libertà (come il sistema di oscillatori non-lineari di Hénon-Heiles) che in sistemi ad alta dimensionalità (come la catena di oscillatori anarmonici di Fermi-Pasta-Ulam), le predizioni dei tempi-scala per la transizione alla stocasticità ottenuti con i metodi standard (come la stima degli esponenti di Lyapunov) sono state riottenute nell'ambito dell'approccio geometrico, col non trascurabile vantaggio di una riduzione del tempo di calcolo. Si è poi introdotta una tecnica più generale che, a differenza dell'approccio tradizionale, dà la possibilità di "geometrizzare" anche sistemi non-conservativi e sistemi anolonomi (Boccaletti & P. 1997) utilizzando la geometria di Finsler, una generalizzazione della geometria riemanniana in cui il tensore metrico dipende in generale anche dalle velocità. Applicazioni preliminari di questo approccio sono state quelle di predire il comportamento caotico di sistemi non-standard quali il problema dei tre corpi ristretto nel sistema di coordinate di Jacobi e il modello cosmologico Bianchi IX (Boccaletti, Cipriani, Di Bari, P. 1997).

*f) Acustica*

Nel campo dell'acustica ambientale, a partire dal 1997 ho partecipato alla redazione dei piani di zonizzazione e risanamento acustico dei comuni di Civitavecchia, Allumiere, Campagnano di Roma, Santa Marinella, Bracciano e S. Oreste, nel quadro di una convenzione fra il Dipartimento di Fisica dell'Università Tor Vergata e l'azienda ASL RM/F. Nell'ambito di tali progetti, ho coordinato la fase delle rilevazioni fonometriche e realizzato le fasi di analisi dati e di redazione dei programmi di risanamento e di controllo delle emissioni acustiche indesiderate. In particolare ho studiato modelli di propagazione del suono in ambienti urbani tipici quali strade a forte flusso veicolare con edifici in stretta prossimità alla sorgente lineare (P. Bueti et al. 1998), ho analizzato il ruolo delle varie componenti veicolari nel rumore da traffico urbano (P. Santini et al. 1998), ho studiato la produzione e la propagazione del rumore in ambito portuale (P. Bueti et al. 1999), mettendo a punto varie strategie di contenimento delle emissioni.

Nel campo dell'acustica fisica, ho analizzato il ruolo della risposta in fase nel determinare le prestazioni di sistemi di altoparlanti elettrodinamici, elaborando un progetto di sistema a fase lineare tramite la combinazione di una rete di crossover compensata con correzione dei centri acustici di emissione (Costa e P. 1995). Ho poi realizzato modelli di simulazione di sistemi a linea di trasmissione che tengono conto della propagazione in mezzi semi-dispersivi e ho messo a punto delle tecniche di equalizzazione passiva di sistemi a linea di trasmissione basate su risuonatori di Helmholtz (P. 1996).

In collaborazione con il Dip. di Igiene del Lavoro dell'INAIL (Dr.ssa R. Sisto) e con il Dr. A. Moleti, abbiamo analizzato vari aspetti della dinamica dell'orecchio medio ed interno con misure dell'impedenza d'ingresso e modellizzazione dell'accoppiamento di sonde a linea di trasmissione con il canale uditivo e l'orecchio medio (Mambro et al. 2013). In collaborazione con il Dip. di Ingegneria dell'Impresa (Prof.ssa F. Nanni) abbiamo sviluppato un modello di meta-materiali fonoassorbenti sviluppati via 3D printing per interventi acustici nel settore automotive (Sambucci et al. 2020).

**Giuseppe Pucacco**  
**PUBBLICAZIONI**

123. Pucacco, G. 2024, *Dynamical Stability of the Laplace Resonance*, Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy, **136**, 51, doi.org/10.1007/s10569-024-10221-3.
122. Celletti, A. Lhotka, C. and Pucacco, G. 2024, *The dynamics around the collinear points of the elliptic three-body problem: a normal form approach*, Physica D, **468**, 134302.
121. Allocca, A. Bassan, M. De Laurentis, M. De Rosa, R. Di Fiore, L. D’Onofrio, L. Errico, L. Garufi, F. Grado, A. Hoyle, C.D. Lucchesi, D. Minenkov, Y. Passeggio, G. Pucacco, G. Sequino, V. Tarallo, O. Trozzo, L. and Visco, M. 2023, *Measurement of gravitational and thermal effects in a liquid-actuated torsion pendulum*, Review of Scientific Instruments, **94**, Issue 11, doi.org/10.1063/5.0162604.
120. Gaeta, G. and Pucacco, G. 2023, *Near-resonances and detuning in classical and quantum mechanics*, Mathematics in Engineering, **5(1)**, 1–44, doi.org/10.3934/mine.2023005.
119. Giovannelli, L. et al. 2023, *Sun CubE OnE: A Multi-wavelength Synoptic Solar Micro Satellite*, Advances in Space Research, **71**, 1995–2005.
118. Cavallari, I. and Pucacco G. 2022, *Bifurcation of frozen orbits in a gravity field with zonal harmonics*, Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy, **134**, 49, doi.org/10.1007/s10569-022-10103-6
117. Pucacco, G. 2022, *Perturbation Theory and the Method of Detuning*, in: Meyers, R.A. (eds) Encyclopedia of Complexity and Systems Science, Springer, Berlin, Heidelberg, doi.org/10.1007/978-3-642-27737-5-761-1
116. Tartaglia, A. Bassan, M. Pucacco, G. Ferroni, V. and Vetrugno, D. 2022, *Detecting gravitomagnetism with space-based gravitational wave observatories*, Classical and Quantum Gravity, **39**, 195010.
115. Celletti, A. Karampotsiou, E. Lhotka, C. Pucacco, G. and Volpi, M. 2022, *The role of tidal forces in the long-term evolution of the Galilean system*, Regular and Chaotic Dynamics, **27**, 381–408
114. Celletti, A. Pucacco G. and Vartolomei, T. 2022, *Proper elements for space debris*, Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy, **134**, 11, doi.org/10.1007/s10569-022-10064-w, arXiv:2111.13835
113. Burderi, L. et al. (the HERMES-TP, HERMES-SP Collaborations) 2021, *GrailQuest & HERMES: Hunting for Gravitational Wave Electromagnetic Counterparts and Probing Space-Time*

112. Celletti, A. Karampotsiou, E. Lhotka, C. Pucacco, G. and Volpi, M. 2021, *Laplace-like resonances with tidal effects*, *Astronomy & Astrophysics*, **655**, A94, doi.org/10.1051/0004-6361/202141311
111. Celletti, A. Pucacco G. and Vartolomei, T. 2021, *Reconnecting groups of space debris to their parent body through proper elements*, *Nature Scientific Reports*, **11**, 22676, doi.org/10.1038/s41598-021-02010-x.
110. Cinelli, M. Puccetti, S. Lavagna, M. Lunghi, P. Pucacco, G. 2021, *High Energy Modular Ensemble of Satellites Mission: Towards the final Full Constellation*, *Acta Astronautica*, **189**, 129–142, doi.org/10.1016/j.actaastro.2021.08.024.
109. Lucchesi, D. M. Anselmo, L. Bassan, M. Lucente, M. Magnafico, C. Pardini, C. Peron, R. Pucacco, G. Visco, M. 2021, *Testing General Relativity vs. Alternative Theories of Gravitation with the SaToR-G Experiment*, *Physical science forum*, **2**, 52, doi.org/10.3390/ECU2021-09274.
108. Lucchesi, D. M. Anselmo, L. Bassan, M. Lucente, M. Magnafico, C. Pardini, C. Peron, R. Pucacco, G. Visco, M. 2021, *Testing Gravitational Theories in the Field of the Earth with the SaToR-G Experiment*, *Universe*, **7**, 192, doi.org/10.3390/universe7060192.
107. Tartaglia, A. Bassan, M. Casalino, L. Crosta, M. Lattanzi, M. Lorenzini, E. Lucchesi, D. M. Peron, Pucacco, G. Ruggiero, M.L. Santoli, F. Valko, P. Vecchiato, A. Vespe, F. and Visco, M. 2021, *Detecting the gravito-magnetic field of the dark halo of the Milky Way - the LaDaHaD mission concept*, *Experimental Astronomy*, **51(3)**, 1773-1791, doi.org/10.1007/s10686-021-09700-4
106. Pucacco, G. 2021, *Normal forms for the Laplace resonance*, *Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy*, **133**, 11, doi.org/10.1007/s10569-021-10008-w.
105. Pardini, C. Anselmo, L. Lucchesi, D. M. Visco, M. Peron R. Bassan, M. Pucacco, G. Magnafico, C. 2021, *Sounding the Atmospheric Density at the Altitude of LARES and Ajisai during Solar Cycle 24*, *Trans. Japan Soc. Aero. Space Sci.*, **66**, 125–136, doi: 10.2322/tjsass.64.1
104. Fiore, F. et al. (the HERMES-TP, HERMES-SP Collaborations) 2020, *The HERMES-technologic and scientific pathfinder*, *Space Telescopes and Instrumentation 2020: Ultraviolet to Gamma Ray*; 114441R <https://doi.org/10.1117/12.2560680>
103. Bassan, M. Di Fiore, L. Grado, A. Minenkoy, Y. Reali, E. Pucacco, G. 2020, *Stroboscopic torsion pendulum*, *European Journal of Physics*, **41**, 015801, doi: 10.1088/1361-6404/ab4c42
102. Lucchesi, D. M. Visco, M. Peron, R. Bassan, M. Pucacco, G. Anselmo, L. Pardini, C.

- Magnafico, C. 2020, *A 1 % Measurement of the Gravitomagnetic Field of the Earth with Laser-Tracked Satellites*, Universe, **6**, 139, doi: 10.3390/universe6090139.
101. Hanßmann, H. Marchesiello, A. Pucacco, G. 2020, *On the Detuned 2:4 Resonance*, Journal of Nonlinear Science, **20**, 2513–2544, doi.org/10.1007/s00332-020-09628-7
100. Luo, T. Pucacco, G. Xu, M. 2020, *Lissajous and Halo orbits in the restricted three-body problem by normalisation method*, Nonlinear Dynamics, **101**, 2629–2644.
99. Pucacco, G. 2019, *Structure of the centre manifold of the  $L_1, L_2$  collinear libration points in the restricted three-body problem*, Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy, **131**, 44.
98. Lucchesi, D. M. Anselmo, L. Bassan, M. Magnafico, C. Pardini, C. Peron, R. Pucacco, G. Visco, M. 2019, *General Relativity Measurements in the Field of Earth with Laser-Ranged Satellites: State of the Art and Perspectives*, Universe, **5**, 141.
97. Bassan, M. De Laurentis, M. De Rosa, R. Di Fiore, L. Errico, L. Garufi, F. Grado, A. Minenkov, Y. Pucacco, G. Visco, M. 2019b, *Liquid actuated gravity experiments*, International Journal of Modern Physics D, **28**, 1950115.
96. Bassan, M. De Laurentis, M. De Rosa, R. Di Fiore, L. Errico, L. Garufi, F. Grado, A. Minenkov, Y. Pucacco, G. Spagnuolo, V. Stanga, R. Visco, M. 2019a, *Improving sensitivity and duty-cycle of a double torsion pendulum*, Classical and Quantum Gravity, **36**, 125004.
95. Gkolias, I. Celletti, A. Efthymiopoulos, C. Pucacco, G. 2019, *Accurate modelling of the low-order secondary resonances in the spin-orbit problem*, Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation, **77**, 181–202.
94. Celletti, A. Paita, F. and Pucacco G. 2019, *The dynamics of Laplace-like resonances*, Chaos, **29**, 033111.
93. Berrilli, F. Casolino, M. Cristaldi, A. Del Moro, D. Forte, R. Giovannelli, L. Martucci, M. Mergè, M. Narici, L. Pucacco, G. Rizzo, A. Scardigli, S. Sparvoli, R. 2019, *SWERTO: a Regional Space Weather Service*, IL NUOVO CIMENTO C, **42(1)**, [10.1393/ncc/i2019-19047-4]
92. Pucacco, G. and Lucchesi, D. 2018, *Tidal effects on the LAGEOS-LARES satellites and the LARASE program*, Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy, **130**, 66.
91. Paita, F. Celletti, A. and Pucacco G. 2018, *Element history of the Laplace resonance: a dynamical approach*, Astronomy & Astrophysics, **617**, A35.
90. Celletti, A. Paita, F. and Pucacco G. 2018, *The dynamics of the de Sitter resonance*, Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy, **130**, 15.

89. Tartaglia, A. Lorenzini, E. Lucchesi, D. Pucacco, G. Ruggiero, M.L. and Valko, P. 2018, *How to use the Sun-Earth Lagrange points for fundamental physics and navigation*, General Relativity and Gravitation, **50**, 9–30.
88. Bassan, M. Cavalleri, A. De Laurentis, M. De Marchi, F. De Rosa, R. Di Fiore, L. Dolesi, R. Finetti, N. Garufi, F. Grado, A. Hueller, M. Marconi, L. Milano, L. Minenkov, Y. Pucacco, G. Stanga, R. Vetrugno, D. Visco, M. Vitale, S. Weber, W. J. 2018, *Actuation crosstalk in free-falling systems: torsion pendulum results for the engineering model of the LISA Pathfinder gravitational reference sensor*, Astroparticle Physics, **19**, 19–26.
87. Lucchesi, D. M. Magnafico, C. Peron, R. Visco, M. Anselmo, L. Pardini, C. Bassan, M. Pucacco, G. Stanga, R. 2017, *The LARASE research program. State of the art on modelling and measurements of general relativity effects in the field of the Earth: A preliminary measurement of the Lense-Thirring effect*, Metrology for Aerospace (MetroAeroSpace), 2017 IEEE (MetroAeroSpace), 131–145.
86. Gachet, F. Celletti, A. Pucacco, G. Efthymiopoulos, C. 2017, *Geostationary secular dynamics revisited: application to high area-to-mass ratio objects*, Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy, **128**, 149–181.
85. Celletti, A. Efthymiopoulos, C. Gachet, F. Galeş, C. Pucacco, G. 2017, *Dynamical models and the onset of chaos in space debris*, International Journal of Non-Linear Mechanics, **90**, 147–163.
84. Celletti, A. Galeş, C. Pucacco, G. Rosengren, A. 2017, *Analytical development of the lunisolar disturbing function and the critical inclination secular resonance*, Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy, **127**, 259–283.
83. Celletti A., Paita F., Pucacco G. 2017, *Twist and non-twist regimes of the oblate planet problem*, Rend. Lincei Math. Appl., **28**, 535–552.
82. Gkolias I., Efthymiopoulos C., Pucacco G., Celletti A. 2017, *Hamiltonian Formulation of the Spin-Orbit Model with Time-Varying Non-Conservative Forces*, Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation, **51**, 23–38.
81. Pucacco, G. Rosquist, K. 2017, *Energy dependent integrability*, Journal of Geometry and Physics, **115**, 16–27.
80. Bassan, M. Cavalleri, A. De Laurentis, M. De Marchi, F. De Rosa, R. Di Fiore, L. Dolesi, R. Finetti, N. Garufi, F. Grado, A. Hueller, M. Milano, L. Pucacco, G. Stanga, R. Visco, M. Vitale, S. Weber, W. J. 2017, *A two-stage torsion pendulum for ground testing free fall conditions on two degrees of freedom*, Journal of Physics Conference Series, **840(1)**, 012035.
79. Bucciarelli, S. Ceccaroni, M. Celletti, A. Pucacco, G. 2016, *Qualitative and analytical results of the bifurcation thresholds to halo orbits*, Annali di Matematica Pura e Applicata, **195**, 489–512.

78. Marchesiello, A. Pucacco, G. 2016, *Bifurcation sequences in the symmetric 1:1 Hamiltonian resonance*, International Journal of Bifurcation and Chaos **26**, 1630011.
77. Ceccaroni, M. Celletti, A. Pucacco, G. 2016a, *Halo orbits around the collinear points of the restricted three-body problem*, Physica D, **317**, 28–42.
76. Ceccaroni, M. Celletti, A. Pucacco, G. 2016b, *Birth of periodic and artificial halo orbits in the restricted three-body problem*, International Journal of Non-Linear Mechanics, **81**, 65–74.
75. Bassan M, Cavalleri A, De Laurentis M, De Marchi F, De Rosa R, Di Fiore L, Dolesi R, Finetti N, Garufi F. Grado A, Hueller M, Marconi L, Milano L, G. Pucacco G, Stanga R, Visco M, Vitale S, Weber W J 2016, *Approaching Free Fall on Two Degrees of Freedom: Simultaneous Measurement of Residual Force and Torque on a Double Torsion Pendulum*, Physical Review Letters, **116**, 051104
74. Gkolias, I. Celletti, A. Efthymiopoulos, C. Pucacco, G. 2016, *The theory of secondary resonances in the spin-orbit problem*, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, **459**, 1327–1339.
73. Celletti, A. Galeş, C. Pucacco, G. 2016, *Bifurcation of Lunisolar Secular Resonances for Space Debris Orbits*, SIAM J. Applied Dynamical Systems, **15**, 1352–1383.
72. Vetrivano, M. Celletti, A. Pucacco, G. 2016, *Asteroid Debris: Temporary Capture and Escape Orbits*, International Journal of Non-Linear Mechanics, **86**, 23–32.
71. Ceccaroni, M. Celletti, A. Pucacco, G. 2016, *Bifurcation thresholds of Halo orbits*, Astrophysics and Space Science Proceedings, **44**, 35–44.
70. Pucacco, G. 2015, *Polynomial separable indefinite natural systems*, Journal of Geometry and Physics, **87**, 382–395.
69. Celletti, A. Pucacco, G. Stella, D. 2015, *Lissajous and Halo orbits in the restricted three-body problem*, Journal of Nonlinear Science, **25**, Issue 2, 343–370.
68. Lucchesi, D. M. Anselmo, L. Bassan, M. Pardini, C. Peron, R. Pucacco, G. Visco, M. 2015, *Testing the gravitational interaction in the field of the Earth via Satellite Laser Ranging and the LAser RAnged Satellites Experiment (LARASE)*, Classical and Quantum Gravity, **32**, 155012.
67. Lucchesi, D. M. Peron, R. Visco, M. Anselmo, L. Pardini, C. Bassan, M. Pucacco, G. 2015, *Fundamental physics in the Field of the Earth with the LAser RAnged Satellites Experiment (LARASE)*, Metrology for Aerospace (MetroAeroSpace), 2015 IEEE, 71–76.
66. Marchesiello, A. Pucacco, G. 2014, *Equivariant singularity analysis of the 2:2 resonance*, Nonlinearity **27**, 43–66.

65. Pucacco, G. Marchesiello, A. 2014, *An energy-momentum map for the time-reversal symmetric 1:1 resonance with  $\mathbf{Z}_2 \times \mathbf{Z}_2$  symmetry*, Physica D, **271**, 10–18.
64. Marchesiello, A. Pucacco, G. 2014, *Universal unfolding of symmetric resonances*, Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy, **119**, 357–368.
63. Marchesiello, A. Pucacco, G. 2013, *Resonances and bifurcations in systems with elliptical equipotentials*, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, **428**, 2029–2038.
62. Marchesiello, A. Pucacco, G. 2013, *The symmetric 1:2 resonance*, Eur. Phys. J. Plus **128**, 21.
61. Bassan M, De Marchi F, Marconi L, Pucacco G, Stanga R, Visco M 2013, *Torsion pendulum revisited*, Physics Letters A, **377**, 1555–1562.
60. De Marchi F, Pucacco G, Bassan M, De Rosa R, Di Fiore L, Garufi F, Grado A, Marconi L, Stanga R, Stolzi F, Visco M 2013, *“Quasi-complete” mechanical model for a double torsion pendulum*. Physical Review D, **87**, 122006-1-122006-11.
59. De Marchi F, Bassan M, Pucacco G, Marconi L, Stanga R, Visco M. 2013, *Analytic Model for the Roto-translational Torsion Pendulum*, Astronomical Society of the Pacific Conference Series, **467**, 251–256.
58. Marconi L, Stanga R, Bassan M, De Marchi F, Pucacco G, Visco M, De Rosa R, Di Fiore L, Garufi F. 2013, *PETER: A Hardware Simulator for the Test Mass-GRS System of LISA Pathfinder*, Astronomical Society of the Pacific Conference Series, **467**, 303–307.
57. Bolsinov, A. V. Matveev, V. S. Pucacco, G. 2012, *Dini theorem for pseudo-riemannian metrics*, appendix to the paper “A solution of another problem of Sophus Lie: 2-dimensional metrics admitting precisely one projective vector field” of V. S. Matveev, Mathematische Annalen, **352**, 865–909.
56. De Marchi, F. Pucacco, G. Bassan, M. 2012, *Optimizing the Earth-LISA “rendez-vous”*, Classical and Quantum Gravity **29**, 035009.
55. Pucacco, G. 2012, *Normal forms for the epicyclic approximations of the Kepler problem*, New Astronomy **17**, 475–482.
54. Marchesiello, A. Pucacco, G. 2011, *Relevance of the 1:1 resonance in galactic dynamics*, Eur. Phys. J. Plus **126**, 104.
53. Pucacco, G. Bassan, M. Visco, M. 2010, *Autonomous perturbations of LISA orbits*, Classical and Quantum Gravity, **27**, 235001.



52. Marconi, L. Stanga, R. Lorenzini, M. Grimani, C. Bassan, M. Pucacco, G., Di Fiore, L. De Rosa, R. Garufi, F. Milano, L. 2010, *The 2 Degrees of Freedom Facility in Firenze for the study of Weak Forces*, Journal of Physics: Conference Series **228**, 012037.
51. Bolsinov, A. V. Matveev, V. S. Pucacco, G. 2009, *Normal forms for pseudo-Riemannian 2-dimensional metrics whose geodesic flows admit integrals quadratic in the momenta*, Journal of Geometry and Physics, **59** (7), 1048–1062.
50. Stanga, R. Marconi, L. Grimani, C. Bassan, M. Pucacco, G. Reali, E. Simonetti, R. Finetti, N. 2009, *Double degree of freedom pendulum facility for the study of weak forces*, Journal of Physics: Conference Series **154**, 012032.
49. Pucacco, G. 2009, *Resonances and bifurcations in axisymmetric scale-free potentials*, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, **399**, 340–348.
48. Pucacco, G. Rosquist, K. 2009, *Nonstandard separability on the Minkowski plane*, Journal of Nonlinear Mathematical Physics, **16**, 421–430.
47. Pucacco, G. 2008, *Hamiltonian Normal Forms and Galactic Potentials*, in “Chaos in Astronomy”, G. Contopoulos and P. A. Patsis editors (Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg), 137–149.
46. Pucacco, G. Boccaletti, D. Belmonte, C. 2008a, *Quantitative predictions with detuned normal forms*, Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy, **102**, 163–176.
45. Pucacco, G. Boccaletti, D. Belmonte, C. 2008b, *Periodic orbits in the logarithmic potential*, Astronomy & Astrophysics, **489**, 1055–1063.
44. Belmonte, C. Boccaletti, D. Pucacco, G. 2008, *Approximate First Integrals for a Model of Galactic Potential with the Method of Lie Transform Normalization*, Qualitative Theory of Dynamical Systems, **7**, 43–71.
43. Belmonte, C. Boccaletti, D. Pucacco, G. 2007, *On the orbit structure of the logarithmic potential*, The Astrophysical Journal, **669**, 202–217.
42. Pucacco, G. Rosquist, K. 2007, *(1+1)-dimensional separation of variables*, Journal of Mathematical Physics, **48**, 112903–112925.
41. Belmonte, C. Boccaletti, D. Pucacco, G. 2006, *Stability of axial orbits in galactic potentials*, Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy, **95**, 101–116.
40. Stanga, R. Marconi, L. Bagni, G. Grimani, C. Vetrano, F. Vicerè, A. Carbone, L. Cavalleri, A. Dolesi, R. Hueller, M. Vitale, S. Weber, W. J. Iafolla, V. Nozzoli, S. Santoli, F. Pucacco, G.

- 2006, *Ground based 2DoF test for LISA and LISA PF*, Journal of Physics: Conference Series **32**, 180–185.
39. Pucacco, G. Rosquist, K. 2005a, *Integrable Hamiltonian systems with vector potentials*, Journal of Mathematical Physics, **46**, 012701–012725.
38. Pucacco, G. Rosquist, K. 2005b, *Configurational invariants of Hamiltonian systems*, Journal of Mathematical Physics, **46**, 052902–052921.
37. Pucacco, G. 2005, *On Birkhoff method for integrable Lagrangian systems*, in “Symmetry and Perturbation Theory – SPT2004”, Gaeta, G. Prinari, B. Rauch – Wojciechowski, S. and Terracini, S. editors (World Scientific, Singapore), pp. 271–276.
36. Pucacco, G. Rosquist, K. 2004, *Non-integrability of a weakly integrable system*, Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy, **88**, 185–207.
35. Pucacco, G. 2004, *On integrable Hamiltonians with velocity dependent potentials*, Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy, **90**, 111–125.
34. Pucacco, G. Rosquist, K. 2003, *On separable systems in two dimensions*, in “Symmetry and Perturbation Theory – SPT2002”, Abenda, S. Gaeta, G. and Walcher, S. editors (World Scientific, Singapore), pp. 196–209.
33. Boffetta, G. del-Castillo-Negrete, D. Lopez, C. Pucacco, G. and Vulpiani, A. 2003, *Diffusive transport and self-consistent dynamics in coupled maps*, Physical Review E, **67**, 026224–026235.
32. Karlovini, M. Pucacco, G. Rosquist, K. Samuelsson, L. 2002, *A unified treatment of quartic invariants at fixed and arbitrary energy*, Journal of Mathematical Physics, **43**, 4041–4059.
31. Pucacco, G. 2001, *Integrability at fixed and arbitrary energy*, Proceedings of the IX Marcel Grossmann Meeting, Roma, 2-8 July 2000, Gurzadyan, V. G., Jantzen, R. T. and Ruffini, R. editors (World Scientific), pp. 796-797.
30. Boccaletti, D. Pucacco, G. 2000, *Instability and relaxation in N-body systems*, in “The Chaotic Universe”, Gurzadyan, V. G. and Ruffini, R. editors (World Scientific) pp. 540–546.
29. Boccaletti, D. Pucacco, G. 1999, *Theory of Orbits*, Vol. 2: Perturbative and Geometrical Methods, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York, ISBN 3-540-60355-7
28. Boccaletti, D. Pucacco, G. 1998, *Chaos in N-body systems*, Planetary and Space Science, **46**, 1557–1566

27. Magliocchetti, M. Pucacco, G. Vesperini, E. 1998, *Gravothermal catastrophe in anisotropic spherical systems*, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, **301**, 25–30
26. Magliocchetti, M. Pucacco, G. Vesperini, E. 1997, *Gravothermal catastrophe in anisotropic systems*, Il Nuovo Cimento, **112B**, 423–442
25. Di Bari, M. T. Boccaletti, D. Cipriani, P. Pucacco, G. 1997, *Dynamical behavior of Lagrangian systems on Finsler manifolds*, Physical Review E, **55**, 6448–6458
24. Boccaletti, D. Cipriani, P. Di Bari, M. T. Pucacco, G. 1997, *Finsler geometry in classical mechanics and in Bianchi cosmological models*, Il Nuovo Cimento, **112B**, 213–224
23. Boccaletti, D. Pucacco, G. 1997, *Killing equations in classical mechanics*, Il Nuovo Cimento, **112B**, 181–212
22. Menna, M.T. Pucacco, G. 1997, *Global properties of energy-truncated spheroidal stellar systems*, Il Nuovo Cimento, **112B**, 443–458
21. Cipriani, P. Pucacco, G. Boccaletti, D. Di Bari, M. T. 1996, *Geometrodynamics, chaos and statistical behaviour of N-body systems* in *Chaos in Gravitational N-body Systems*, edited by J. Muzzio et al. (Kluwer, Dordrecht), pp. 167–172
20. Boccaletti, D. Di Bari, M. T. Cipriani, P. Pucacco, G. 1996, *Geometrodynamics on Finsler spaces* in *Chaos in Gravitational N-body Systems*, edited by J. Muzzio et al. (Kluwer, Dordrecht), pp. 173–178
19. Boccaletti, D. Pucacco, G. 1996, *Theory of Orbits*, Vol. 1: Integrable Systems and Non-Perturbative Methods, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York, ISBN 3-540-58963-5
18. Menna, M.T. Pucacco, G. 1996, *Global properties of energy-truncated spheroidal stellar systems*, Proceedings of the Seventh Marcel Grossmann Meeting, Stanford, 1994, Jantzen, R. T. and Ruffini, R. editors (World Scientific), 444–446
17. Rosquist, K. and Pucacco, G. 1995, *Invariants at fixed and arbitrary energy. A unified geometric approach*, Journal of Physics A: Math. Gen., **28**, 3235–3252
16. Cipriani, P. Pucacco, G. 1994, *Some Critical Remarks on Relaxation in N-Body Systems*, Il Nuovo Cimento, **109 B**, 325–330
15. Cipriani, P. Pucacco, G. 1993, *On the relation between instability and relaxation in N-body systems*, Proceedings of the Meeting on “Ergodic Concepts in Astrophysics”, Geneve, 1-3 march 1993, Pfenniger, D. and Gurzadyan, V. editors (Springer Verlag), pp. 163–169

14. Cipriani, P. Pucacco, G. 1993, *Jacobi Geometry and Chaos in Hamiltonian Systems*, Proceedings of the NATO-ASI “*From Newton to Chaos*”, Cortina, 25 July - 5 August 1993, Roy, A. E. and Steves, B. A. editors (Plenum), pp. 39–46
13. Cipriani, P. Pucacco, G. 1992, *On the real occurrence of a third integral in axisymmetric models of elliptical galaxies*, *Jou. Kor. Phys. Soc.*, **25**, 212–218
12. Pucacco, G. 1992a, *Secular evolution in elliptical galaxies*, *Astronomy & Astrophysics*, **259**, 473–479
11. Pucacco, G. 1992b, *Dynamical Relaxation in Elliptical Galaxies*, *Jou. Kor. Phys. Soc.*, **25**, 245–254
10. Boccaletti, D. Pucacco, G. Ruffini, R. 1991, *Multiple relaxation time-scales in stellar dynamics*, *Astronomy & Astrophysics*, **244**, 48–51
9. Cipriani, P. Pucacco, G. Ruffini, R. 1991, *Axisymmetric solutions of Jeans equations*, Proceedings of the VI Marcel Grossmann Meeting, Kyoto, 1991, Sato, H. and Nakamura, T. editors (World Scientific), pp. 1550–1553
8. Pucacco, G. 1991, *Relaxation times in systems with long range interaction* Proceedings of the VI Marcel Grossmann Meeting, Kyoto, 1991, Sato, H. and Nakamura, T. editors (World Scientific), pp. 1588–1592
7. Pacheco, F. Pucacco, G. Ruffini, R. Sebastiani, G. 1989, *Equilibrium figures of anisotropic heterogeneous Riemann ellipsoids*, *Astronomy & Astrophysics*, **210**, 42–51
6. Pucacco, G. 1989, *Equilibrium of generalized S-type Riemann ellipsoids* Proceedings of the V Marcel Grossmann Meeting on General Relativity, Blair D. G. and Buckingham, M. J. editors (World Scientific), pp. 1273–1287
5. Pucacco, G. 1986, *Cosmic background anisotropy in Bianchi models*, Proceedings of the LXXXVI E. Fermi Summer School on “*Gamow Cosmology*”, Melchiorri, F. and Ruffini, R. editors (North Holland), pp. 386–396
4. Melchiorri, F. Dall’Oglio, G. De Bernardis, P. Mandolesi, N. Masi, S. Moreno, G. Olivo, B. Pucacco, G. 1986, *The early universe*, Proceedings of the Space-Borne Sub-Millimetre Astronomy Mission Meeting in Segovia, 4-7 giugno 1986, Melchiorri, F. editor, pp. 33–52
3. Pacheco, F. Pucacco, G. Ruffini, R. 1986, *The equilibrium and stability of inhomogeneous Riemann ellipsoids with anisotropic pressure*, *Astronomy & Astrophysics*, **161**, 39–46
2. Pacheco, F. Pucacco, G. Ruffini, R. 1985, *The stability of inhomogeneous spheroids with*

*anisotropic pressure*, Proceedings of the IV Marcel Grossmann Meeting on General Relativity, Rome, 1985, Ruffini, R. editor (North Holland), pp. 1511–1522

1. Fabbri, R. Pucacco, G. Ruffini, R. 1984, *The angular distribution of the background radiation in homogeneous cosmological models*, Astronomy & Astrophysics, **135**, 53–58.

\*\*\*

## ACUSTICA

Sambucci, M., Cecchini F., Nanni F., Pucacco G., Valente M. 2020, *Metamateriali fonoassorbenti sviluppati via 3D printing per interventi acustici nel settore automotive*, Rivista Italiana di Acustica, **44**, 1–23.

Mambro, D. Cerini, L. Moleti, A. Sanjust, F. Pucacco, G. Sisto, R. Quaresima, P. 2013, *Misure di impedenza di ingresso del sistema uditivo umano*, Atti del XXXIX Convegno Nazionale dell’A.I.A., Roma 4-6 Luglio 2012

Pucacco, G. Buetti, P. Santini, E. Gaballo, R. 1999, *Rumore immesso in ambiente abitativo dalle attività del porto di Civitavecchia*, Atti del XXVII Congresso dell’A.I.A., Genova 26-28 maggio 1999

Pucacco, G. Buetti, P. Santini, E. Dell’Arno, G. Ferri, M. Marini, M. 1998, *Modello di simulazione acustica di rumore da traffico in ambiente urbano*, Atti del XXVI Congresso dell’A.I.A. – Torino 27-28 maggio 1998

Pucacco, G. Santini, E. Buetti, P. Dell’Arno, G. Ferri, M. Marini, M. 1998, *Valutazione della componente di rumore da traffico dovuta ai ciclomotori*, Atti del XXVI Congresso dell’A.I.A. – Torino 27-28 maggio 1998

Pucacco, G. 1996, *Albedo: filosofia di progetto*, Fedeltà del Suono, **46**, 67–72.

Costa, M. Pucacco, G. 1995, *La Fase Acustica, come misurarla e come interpretarla*, Fedeltà del Suono, **39**, 75–82.

\*\*\*

## G. Pucacco – Congressi e convegni.

Principali interventi a convegni e congressi scientifici, con interventi orali [O] o poster [P]:

*Cosmic background anisotropy in Bianchi models*, LXXXVI E. Fermi Summer School on “Gamow Cosmology”, Varenna, luglio 1982, [O]

*The stability of inhomogeneous spheroids with anisotropic pressure*, IVth Marcel Grossmann Meeting on General Relativity, Rome, luglio 1985, [O]

*The early universe*, Proceedings of the Space-Borne Sub-Millimetre Astronomy Mission Meeting in Segovia, 4–7 giugno 1986, [O]

*The generalized Riemann sequences*, Giornate Lincee su “Internal Dynamics of Galaxies”, Roma, 12–13 maggio 1988, [O]

*Equilibrium of generalized S-type Riemann ellipsoids*, Vth Marcel Grossmann Meeting on General Relativity, Perth, agosto 1988, [P]

*Multiple relaxation time-scales in stellar dynamics*, Convegno “Fenomeni Evolutivi nell’Universo” in onore dell’80° compleanno di Livio Gratton, Roma 24–26 Ottobre 1990, [O]

*Dynamical Relaxation in elliptical galaxies*, Convegno “Dynamics of galaxies”, Accademia dei Lincei, Roma 8 maggio 1991, [O]

*Axisymmetric solutions of Jeans equations*, VIth Marcel Grossmann Meeting on General Relativity, Kyoto, giugno 1991, [P]

*Relaxation times in systems with long range interaction*, VI Marcel Grossmann Meeting on General Relativity, Kyoto, 1991, [O]

*Relaxation effects in elliptical galaxies*, Convegno “Structures in early-type galaxies”, Accademia Nazionale dei Lincei, Roma 9–10 aprile 1992, [O]

*On the relation between instability and relaxation in N-body systems*, Meeting on “Ergodic Concepts in Astrophysics”, Ginevra, 1–3 marzo 1993, [O]

*La problematica del rilassamento nei sistemi N-corpi autogravitanti*, Primo Convegno Nazionale di Meccanica Celeste, L’Aquila, 24–27 maggio 1993, [O]

*Jacobi Geometry and Chaos in Hamiltonian Systems*, NATO-ASI meeting “From Newton to Chaos”, Cortina d’Ampezzo, 25 luglio–5 agosto 1993, [O]

*Global properties of energy-truncated spheroidal stellar systems*, Proceedings of the VII Marcel Grossmann Meeting, Stanford, 1994 [O]

*Gravothermal Stability in Anisotropic Systems*, Meeting for the 60th birthday of D. Lynden-Bell, Cambridge, 9–13 agosto 1995, [P]

*Energy-truncated spheroidal stellar systems*, Italian–Korean Meeting on astrophysics, Roma, marzo 1996, [O]

*Chaos in N-body systems*, Secondo Convegno Nazionale di Meccanica Celeste, L’Aquila, 21–24 maggio 1997, [O]

*Instability and relaxation in N-body systems*, Second ICRA Network Workshop on “The Chaotic Universe”, Roma–Pescara, 1–5 febbraio 1999, [O]

*Weak integrability in Hamiltonian systems*, IXth Marcel Grossmann Meeting, Roma, 1–7 luglio 2000, [O]

*Integrability at zero energy*, Terzo Convegno Nazionale di Meccanica Celeste (CELMEC III), Monte Porzio Catone, Roma, 18–22 giugno 2001, [O]

*Separable systems in two dimensions as bi-Hamiltonian systems*, IV meeting on Symmetry and Perturbation Theory (SPT IV), Cala Gonone, 19–26 maggio 2002, [O]

*Killing Tensors and the Integrability of Geodesic Flows*, Meeting for the 60th birthday of R. Ruffini, Roma, 15–21 luglio 2002, [O]

*Non-integrability of weakly integrable Hamiltonian systems*, NATO-ASI meeting “Chaotic Worlds”, Cortina d’Ampezzo, 8–20 settembre 2003, [O]

*Approximate First Integrals for a Model of Galactic Potential with the Method of Lie Transform Normalization*, 35th meeting of the AAS on Dynamical Astronomy, Cannes, 20–23 aprile 2004, [P]

*Integrable Hamiltonians with polynomial invariants*, V meeting on Symmetry and Perturbation Theory (SPT2004), Cala Gonone, 30 maggio–5 giugno 2004, [O]

*Stability of axial orbits in galactic potentials*, Quarto Convegno Nazionale di Meccanica Celeste (CELMEC IV), S. Martino al Cimino, Viterbo, 18–22 settembre 2005, [O]

*Weak integrability in relativistic Hamiltonian systems*, XI Marcel Grossmann Meeting, Berlino, 21–27 luglio 2006, [P]

*Separable systems on the hyperbolic plane*, VI meeting on Symmetry and Perturbation Theory (SPT2007), Otranto, 2–9 giugno 2007, [O]

*Stability of periodic orbits in galactic potentials*, Meeting for the 70th birthday of C. Froeschlé, Spoleto, 24–28 giugno 2007, [P]

*Normal forms and galactic potentials*, meeting CHAOS IN ASTRONOMY, Atene, 16–20 settembre 2007, [O]

*Double degree of freedom pendulum facility for the study of weak forces*, VII LISA Symposium, Barcellona, 16–20 giugno 2008, [P]

*The 2dof facility in Firenze for the study of weak forces*, VIII Amaldi Conference, New York, 21-26 giugno 2009, [P]

*Autonomous perturbations of LISA orbits*, Problemi Attuali di Fisica Teorica, Vietri sul Mare, 26–31 Marzo 2010, [O]

*Integrable and superintegrable geodesic flows on surfaces*, Geometry and Symmetry of Differential Equations, Santa Marinella, 17–22 maggio 2010, [O]

*Precession effects on LISA orbits*, VIII LISA Symposium, Stanford, 28 giugno – 2 luglio 2010, [P]

*PETER: a hardware simulator for the Test Mass-GRS system of LISA Pathfinder*, IX LISA Symposium, Parigi, 21–25 maggio 2012, [P]

*Geometric analysis of bifurcations in symmetric 1:1 resonances*, Workshop on "Planetary Motions, Satellite Dynamics, and Spaceship Orbits" July 22-26, 2013, CRM, Montreal, Canada, [O]

*Bifurcation analysis of symmetric Hamiltonian resonances*, Celestial, Molecular and Atomic N-Body Problems, University of Victoria, July 29-August 2, 2013, [O]

*Geometric analysis of bifurcations in symmetric resonances*, CELMEC-VI, S. Martino al Cimino, September 2, 2013, [O]

*Biforcazioni in sistemi Hamiltoniani risonanti simmetrici*, Assemblea Scientifica GNFM 2014, Montecatini Terme, 15-17 maggio, 2014, [O]

*A geometric view to symmetric Hamiltonian resonances*, VIII meeting on Symmetry and Perturbation Theory (SPT14), Cala-Gonone, 26–31 maggio, 2014, [O]

*Analytical investigation of the dynamics around the collinear points*, The 10th AIMS Conference on Dynamical Systems, Differential Equations and Applications, July 7–11, 2014, Madrid, [O]

*Satellite Laser Ranging and the Modelling of Non-gravitational Perturbations: the LARASE experiment*, 40th COSPAR Scientific Assembly held 2-10 August 2014, in Moscow, Russia, Abstract PSD.1-7-14. [P]

*Bifurcation Thresholds up to the verge of chaos*, Centro di Ricerca Matematica E. De Giorgi, Pisa, September 10–11, 2016 [O]

*Precise Orbit Determination of the two LAGEOS and LARES satellites and the LARASE activities*, EGU General Assembly 2016, held 17-22 April, 2016 in Vienna [P]

*The LARASE Spin Model of the two LAGEOS and LARES satellites*, EGU General Assembly 2016, held 17-22 April, 2016 in Vienna [P]

*A new general model for the evolution of the spin vector of the two LAGEOS satellites and LARES and the LARASE research program*, 20th Int. Workshop on Laser Ranging, 9-14 October, 2016 in Potsdam [P]



*Measuring Relativistic effects in the field of the Earth with Laser Ranged Satellites and the LARASE research program*, EGU General Assembly 2017, held 22-28 April, 2017 in Vienna [P]

*Earth gravity field modeling and relativistic measurements with laser-ranged satellites and the LARASE research program*, EGU General Assembly 2017, held 22-28 April, 2017 in Vienna [O]

*Divergent Series: a smart use of Perturbation Theory*, Geometry, Symmetry and Dynamics, Santa Marinella, 5-12 Giugno 2017, [O]

*SWERTO: a Regional Space Weather Service*, IAU Symposium, 2017 [P]

*LAGRANGE: how to study the solar gravito-magnetism and internal dynamics by means of a Sagnac-like experiment at the scale of the Inner Solar System*, EGU General Assembly 2018, held 8-13 April, 2018 in Vienna [P]

*Relativistic effects and Space Geodesy with Laser Ranged Satellites: the LARASE research program*, EGU General Assembly 2018, held 8-13 April, 2018 in Vienna [P]

*Normal forms for the Laplace Resonance*, I-CELMECH Seminars Series, 17 dicembre 2020 [O]

*Hamiltonian Resonances in Astrodynamics*, STARDUST-R Network Training School III, March 15-19, 2021, Iași, Romania [O]

*Normal forms for Laplace-like Resonances*, Matemairacorana Workshop Seminars Series, 2 novembre 2021 [O]

*Normal forms for Laplace-like Resonances*, CELMECH VIII, Roma, September 7–11, 2022 [O]

*Normal forms for Laplace-like Resonances*, sSPT23, Otranto, June 4–9, 2023 [O]

*Normal forms for the Laplace Resonance*, Complex Planetary Systems II – Kavli-IAU Symposium 382, Namur, July 3–7, 2023 [O]

*Hamiltonian approach to the effects of preferred frames on satellite orbits*, Dynamics and physics in the solar system, Pisa 18–21 June 2024 [O]

*Dynamical Stability of the Laplace Resonance*, 3GM/Clipper Gravity Meeting, Roma, 25–27 giugno 2024 [O]

\*\*\*

### **Scuole e convegni organizzati.**

VII convegno internazionale di Meccanica Celeste CELMEC VII, S. Martino al Cimino, 3–9 settembre 2017, congiuntamente con i Proff. A. Celletti, G. F. Gronchi e U. Locatelli

Stardust Final Conference on Asteroids and Space Debris, ESTEC, Leida, 31 ottobre – 3 novembre 2016, collaborazione europea Stardust

“Computational perturbative methods for Hamiltonian systems: Applications in Physics and Astronomy”, svoltosi presso l’Accademia delle Scienze di Atene, 11–13 luglio 2016, congiuntamente con i Proff. C. Efthymiopoulos e U. Locatelli

“Astrodynamics of NEO and Space debris”, seconda Training School del progetto europeo STARDUST, Università di Roma Tor Vergata, Italy on 8-12 settembre 2014, collaborazione europea Stardust

## **G. Pucacco – Attività didattica.**

Nel periodo 1989–2022 ho svolto, quale ricercatore presso il Dipartimento di Fisica dell’Università di Roma *Tor Vergata*, attività didattica di Fisica generale (SSD FIS/01 e FIS/07), Acustica (FIS/01) e Meccanica Celeste (FIS/05). In qualità di relatore ho seguito lo svolgimento di Tesi di laurea in Matematica, Fisica, Scienza dei Media e della Comunicazione e Scienza e Tecnologia dei Media, nonché Tesi di Dottorato in Astronomia e Meccanica Analitica.

Dall’AA 2010-2011 sono direttore didattico del Master di II Livello in Scienza e Tecnologia Spaziale offerto dalla Macroarea di Scienze di questa Università in collaborazione con i principali enti di ricerca spaziale pubblici e privati dell’area romana.

\*\*\*

In dettaglio, l’attività didattica è stata la seguente:

### **Corsi annuali in affidamento.**

A.A. dal 2000–2001 al 2021–2022, con eccezione dell’A.A. 2010-2011: Affidamento dei corsi annuali di Acustica (SSD FIS/01, 7 CFU) nell’ambito dei Corsi di Laurea in Fisica, in Scienza dei Media e della Comunicazione ed in Scienza e Tecnologia dei Media, Macro-area di Scienze M.F.N., Università Tor Vergata di Roma.

A.A. dal 2003–2004 al 2005–2006: Affidamento del corso annuale di Fisica (SSD FIS/07, 7 CFU) nell’ambito del Corso di Laurea in Biologia Umana, Facoltà di Scienze M.F.N., Università Tor Vergata di Roma.

A.A. dal 2006–2007 al 2013–2014: Affidamento del corso di Meccanica Celeste (SSD FIS/05, 6 CFU), Corso di Laurea Specialistica in Scienze dell’Universo.

A.A. dal 2014–2015 al 2017–2018: Affidamento del corso di Celestial Mechanics (SSD FIS/05, 6 CFU), Corso di Laurea Specialistica Astromundus.

A.A. dal 2018–2019 al 2021–2022: Affidamento del corso di Celestial Mechanics and Dynamical Systems (SSD FIS/05, 6 CFU), Corso di Laurea Magistrale in Fisica. Mutuato come ‘Meccanica Analitica e Celeste’ per il Corso di Laurea Magistrale in Matematica.

A.A. dal 2008–2009 al 2012–2013: Affidamento del corso di Meccanica Celeste (SSD FIS/05, 6 CFU), Corso di Laurea in Fisica e Astrofisica, Università di Roma “la Sapienza”.

\*\*\*

### **Esercitazioni per corsi ufficiali.**

Anno Accademico 1988–89: Ciclo di lezioni di Relatività Ristretta ed Esercitazioni per il corso di Fisica Generale I, Corso di Laurea in Matematica, Prof. R. Del Sole.

A.A. 1989–90: Esercitazioni per il corso di Fisica Generale II, Corso di Laurea in Matematica, Prof. Del Sole; prove di esonero ed assistenza agli esami di profitto di Fisica Gen. per matematici.

A.A. 1990–91: Esercitazioni per il corso di Fisica Generale I, Corso di Laurea in Matematica, Proff. C. Schaerf e P. G. Picozza; prove di esonero ed assistenza agli esami di profitto di Fisica Gen. per matematici.

A.A. dal 1991–92 al 1998–1999: Esercitazioni per i corsi di Fisica Generale I e II, Corso di Laurea in Matematica, Prof. L. Paoluzi; assistenza agli esami di profitto di Fisica Gen. per matematici.

A.A. 1998–99: Lezioni per il primo modulo di Fisica Generale I, Corso di Laurea in Matematica; assistenza agli esami di profitto di Fisica Gen. per matematici.

A.A. dal 1999–2000 al 2002–2003: Lezioni ed esercitazioni per i moduli I–IV di Fisica Generale, Corso di Laurea in Matematica, Prof. S. D’Angelo; assistenza agli esami di profitto di Fisica Gen. per matematici.

\*\*\*

### **Corsi di Dottorato e Master.**

A.A. 1999–2000: Lezioni per il Dottorato di Ricerca in Astronomia (XIII e XIV ciclo) su Introduzione alla Dinamica dei Sistemi Stellari.

A.A. 2003–2004: Ciclo di lezioni per la Scuola Nazionale di Astrofisica su Non-integrabilità e Caos in Dinamica Stellare, Bertinoro, 17–21 maggio 2004.

A.A. 2004–2005: Ciclo di lezioni di Relatività Generale nell’ambito del corso di Fisica della Gravitazione, Corso di Laurea Specialistica in Fisica, Prof. M. Bassan.

A.A. 2005–2006 e 2006–2007: Ciclo di lezioni nell’ambito del corso di Dinamiche Caotiche, Corso di Laurea Specialistica in Fisica e Astrofisica, Università di Roma “la Sapienza”, Prof. D. Boccaletti.

A.A. dal 2005–2006 al 2007–2008: Corso di Tecniche di acustica ambientale, psico-acustica e tecniche di interazione vocale nell’ambito del Master di I Livello in Tecniche Avanzate di Comunicazione Interattiva di questa Università.

A.A. dal 2010–2011 al 2021–2022: Corso di introduzione alla Meccanica Celeste nell'ambito del Master di II Livello in Scienza e Tecnologia di Spaziale di questa Università.

\*\*\*

### **Tesi di dottorato.**

1994 Piero Cipriani: *Sistemi Hamiltoniani a molti gradi di libertà*, Dottorato in Fisica, VIII ciclo, Università di Roma la Sapienza

2007 Cinzia Belmonte: *Integrali primi approssimati per modelli di potenziali galattici*, Dottorato in Astronomia, XIX ciclo, Università di Roma la Sapienza

2012 Antonella Marchesiello: *Bifurcations in Hamiltonian systems around symmetric resonances*, Dottorato in Modelli e Metodi Matematici per la Tecnologia e la Società, XXV ciclo, Università di Roma la Sapienza

2017 Ioannis Gkolias: *Modelling of Resonances in Small Body Orbital and Rotational Dynamics*, Dottorato in Matematica, XXX ciclo, Università di Roma Tor Vergata

\*\*\*

### **Tesi di laurea.**

#### Astrofisica e Meccanica Celeste

1989 Piero Cipriani: *Modelli axisimmetrici per galassie ellittiche*

1993 Maria Teresa Menna: *Modelli galattici sferoidali*

1995 Manuela Magliocchetti: *Stabilità secolare di sistemi stellari anisotropi*

1999 Gianluca Ventura: *Stocasticità in sistemi stellari*

2003 Cinzia Belmonte: *Il metodo delle forme normali con la trasformata di Lie ed applicazione a potenziali galattici*

2009 Laura Faggioli: *Analisi di risonanze di ordine superiore di forme normali hamiltoniane*

2015 Andrea Mazzolani: *Una soluzione esatta per oscillazioni non lineari con risonanza 1:1*

\*\*\*

#### Acustica

2004 Massimo Serafini: *Analisi acustica dell'Auditorium della Facoltà di Lettere dell'Università Tor Vergata di Roma*

2005 Lucilla Di Marcoberardino: *Metodo interferometrico per la taratura di idrofoni*

2005 Mauro Eusepi: *L'analisi acustica di una sala mixaggio per la post-produzione audio*

2006 Andrea Ferazzoli: *Analisi teorica e sperimentale di un ambiente per ascolto audio multi-canale*

2007 Marco Pasqualini: *Tecniche di ripresa microfonica nella produzione cinematografica*

- 2007 Marco Ceracchi: *Valutazione soggettiva di formati audio digitali: CD-audio e MP3*
- 2008 Davide Conflitti: *Analisi e valutazione di dispositivi per la diffusione acustica*
- 2009 Enrico D’Onofrio: *Realizzazione di una struttura integrata multilayer per la composizione tramite campionamenti digitali in ambiente N.I. Reaktor*
- 2009 Giorgio Fattori: *Valutazione e gestione di schede audio integrate per misure acustiche*
- 2009 Daniele Sereni: *Studio e ristrutturazione acustica ed elettroacustica delle sale teatrali: Il caso del Teatro Capocroce di Frascati*
- 2009 Riccardo Carboni: *Analisi teorica e sperimentale di un modello di ripresa stereofonica*
- 2010 Federica Montesanti: *Implementazione di un sistema di analisi elettroacustica del pianto neonatale*
- 2010 Massimiliano Schinco: *Progettazione, analisi e sviluppo di un software per misure acustiche*
- 2010 Pierangelo Di Stefano: *Analisi teorica e sperimentale del rumore prodotto da una linea ferroviaria*
- 2010 Alessio Martinelli: *Ottimizzazione simultanea della risposta in frequenza e nel tempo di filtri passa-alto per uso elettroacustico*
- 2010 Giuseppe Sorce: *Controller software multimediale basato su automi cellulari*
- 2011 Daniele Nasone: *Misurazione del coefficiente di diffusione di pannelli per il controllo delle riflessioni*
- 2012 Flavio D’Ottavio: *Individuazione delle differenti componenti delle emissioni otoacustiche dovute a differenti meccanismi di generazione*
- 2015 Luca Gabriele: *Relazione tra timbro sonoro e grado di consonanza degli intervalli armonici: implicazioni musicali*
- 2015 Davide Tamburrino: *Auralizzazione dei segnali audio tramite riverbero a convoluzione*
- 2017 Giorgio Mosti: *Equalizzazione digitale di ambienti per la riproduzione musicale*
- 2017 Matteo Sambucci: *Prototipazione ed analisi fisico-acustica di metamateriali fonoassorbenti per interventi nel settore automotive*
- 2018 Giuseppe Nachira: *Auralizzazione dei segnali audio tramite Ray Tracing*

\*\*\*

### **Tesi di Master di II Livello in Scienza e Tecnologia Spaziale.**

- 2011 Fiammetta Cerreti: *Optimisation problems in Earth Observation satellites management: a case study in Ground Stations allocation*
- 2011 Andrea Chessa: *Orbit determination accuracy in geostationary formation flight*
- 2011 Laura Faggioli: *Genesis andata e ritorno: un’applicazione della “Space Manifold Dynamics”*
- 2011 Fabrizio Giordano: *Remote sensing - LIDAR technology*
- 2012 Nunzio Biviano: *The  $f^*$ -family of orbits*

- 2012 Loris Bruschini: *L'esplorazione di Marte e la ricerca d'acqua nel sottosuolo*
- 2012 Tiziana Ingrassia: *Missioni di geodesia spaziale per lo studio del campo gravitazionale terrestre*
- 2013 Adriana Grazia Castriotta: *Studio dell'applicabilità dell'algoritmo RAIM nel sistema GNSS*
- 2013 Fabrizio De Marchi: *Model for the deployment of a tethered satellite*
- 2013 Emma Foschi: *Targeting Near Earth Asteroids for Space Missions and Ground-based Observations*
- 2018 Andrea Mazzolani: *Machine learning in campo spaziale*

\*\*\*

Giuseppe Pucacco

Contatti:

e-mail: [pucacco@roma2.infn.it](mailto:pucacco@roma2.infn.it)

web-page: [https://www-en.fisica.uniroma2.it/phone-directory/pucacco\\_en/](https://www-en.fisica.uniroma2.it/phone-directory/pucacco_en/)

PEC: [giuseppepucacco@postecert.it](mailto:giuseppepucacco@postecert.it)

Telefono: +39-06-72594580

mobile: +39-328-1032012