

A1 Titolo dell'attività di ricerca

Cosmologia Teorica, Fisica della Gravitazione, Astrofisica Relativistica

A2 Responsabile

(aggiungere eventuale referente del Dipartimento se il Responsabile non è un afferente ad esso)

Responsabile: Salvatore Capozziello

A3 Personale Dipartimento di Fisica (Professori e Ricercatori)

Prof. Ordinari: Salvatore Capozziello, Giuseppe Longo

Prof. Associati: Maurizio Paolillo

Ricercatori universitari: Giovanni Covone, Ester Piedipalumbo

A4 Collaborazioni con altri enti

INFN, INAF, INDAM, CERN, SIGRAV, FIAS & ITP (Goethe Univ., Francoforte, Germania), TSPU (Tomsk, Russia), ICREA (Barcellona, Spagna), Chalmers Univ. of Technology, Svezia, University of Fukushima, Giappone.

A7 Dottorandi di Ricerca

Riccardo Moriconi, Kostantinos Dialektopoulos

B1 Breve descrizione della linea di ricerca

(max 1000 caratteri)

L'attività scientifica si svolge su 4 linee principali: 1) Fisica della Gravitazione, 2) Cosmologia Classica e Quantistica, 3) Astrofisica Relativistica, 4) Analogue Gravity con applicazioni alle nanotecnologie. Questi filoni di ricerca sono sviluppati nei loro aspetti teorico-fenomenologici e di confronto con i dati osservativi. In particolare, le tematiche sono le seguenti : i) modelli teorici per la *dark energy*, ii) struttura a larga scala dell'universo, iii) scala delle distanze cosmologiche con uso di Supernovae di tipo Ia (SNeIa) e Gamma Ray Bursts (GRB) come indicatori di distanza, iv) lensing gravitazionale v) modelli per la dinamica del Centro Galattico, vi) fenomeni quantistici in ambito gravitazionale, vii) Teorie Estese della Gravitazione; viii) stelle di neutroni anomale, ix) soluzioni di buco nero, x) aspetti teorici delle onde gravitazionali, xi) ricerca di Simmetrie e Leggi di Conservazione in teorie della gravitazione. Accanto alle 3 tematiche tradizionali del gruppo, è di recente emersa la possibilità di creare strutture analoghe ai wormhole gravitazionali tramite sistemi a stato solido al grafene (linea 4). Specificamente, i difetti nel grafene inducono densità di corrente interpretabili come effetti di "curvatura" o gravitoni effettivi che agiscono come coppie di Cooper. Senza elettroni liberi, la struttura risulta altamente simmetrica e a corrente nulla. Se drogata con impurezze, si generano correnti spontanee entranti o uscenti dal wormhole a seconda della valenza e del numero di atomi del drogaggio. Il modello ha il pregio di fornire criteri previsionali per effetti misurabili dovuti alla struttura del wormhole. Questo apre interessanti prospettive verso l'ingegnerizzazione di dispositivi nanostrutturati in collaborazione con gruppi di ricerca del Dipartimento e di altre Istituzioni straniere (es. Chalmers University of Technology, Svezia, University of Fukushima, Giappone).

B2 Descrizione attività svolta nel triennio 2014-2016

(max 2000 caratteri)

Durante il triennio passato, l'attività di ricerca si è concentrata principalmente sull'analisi di modelli cosmologici in presenza di *dark energy*, sulle estensioni formali e fenomenologiche della Relatività Generale, sullo studio di oggetti stellari compatti, quali stelle di neutroni e buchi neri, nell'ambito di teorie relativistiche della gravitazione. Inoltre, sono stati sviluppati argomenti di analogue gravity che hanno portato al modello wormhole di grafene citato sopra. Per il primo filone, si sono usati GRB, SNeIa e Baryonic Acoustic Oscillations (BAO) come possibili indicatori di distanza ad alto redshift ($z > 1.5$) per testare vari modelli cosmologici. I risultati conseguiti indicano che *survey* congiunte di dati osservativi possono dare vincoli realistici per scenari combinati di *early e late cosmology* fino ad altissimo redshift ($z \sim 10$). Per quanto riguarda la seconda tematica, si sono studiate possibili estensioni della Relatività Generale, sia da un punto di vista formale che applicativo. In modo particolare, si sono analizzate teorie con termini di ordine superiore negli invarianti di curvatura e in presenza di torsione. Il risultato più notevole di questo approccio è che la dinamica a larga scala, in genere riferita a componenti cosmologiche come *dark energy* e *dark matter*, può essere spiegata in termini geometrici, estendendo la Relatività Generale, senza l'ausilio di nuove particelle. Il terzo filone di ricerca si collega direttamente al secondo. Per poter discriminare tra le varie teorie della gravitazione, si sono individuati oggetti astrofisici peculiari, effettivamente osservati, come stelle di neutroni particolarmente massicce o oggetti di tipo buco nero, che non possono essere spiegati nell'ambito della Relatività Generale di Einstein. I risultati più interessanti sono stati che tali oggetti risultano, invece, dinamicamente stabili e coerenti con le osservazioni. In quest'ottica, si apre la possibilità di estensioni della Relatività Generale nei limiti dell'infrarosso e dell'ultravioletto. Riguardo ai modelli di gravità analoga, la scoperta del wormhole al grafene, derivato dalle equazioni di campo gravitazionale, ha aperto la prospettiva di interessanti sviluppi sia dal punto di vista teorico che dal punto di vista applicativo alle nanotecnologie.

B3 Descrizione attività programmata nel triennio 2017-2019

(max 2000 caratteri)

La recente scoperta delle onde gravitazionali e la prima evidenza diretta di un *merging* di buchi neri massicci forniscono indicazioni che le teorie metriche della gravitazione possono essere studiate in regime di campo forte. In questa prospettiva, la ricerca di nuovi modi di polarizzazione del campo gravitazionale e lo studio della dinamica di oggetti astrofisici compatti assumono grande rilevanza per la fisica della gravitazione. L'attività programmata per il prossimo triennio verterà in gran parte su questi aspetti fondamentali dell'astrofisica relativistica. In particolare, onde gravitazionali e studio di oggetti compatti saranno usati nella prospettiva di discriminare tra le concorrenti teorie metriche della gravitazione nei regimi di campo forte e debole con l'intento di trovare "segnature" per i vari modelli gravitazionali. Accanto a questa linea, si proseguirà lo studio di modelli cosmologici in vista di una discriminazione tra di essi basata su *survey* omogenee e complete di dati. In particolare, si vogliono individuare, tramite l'analisi dei dati ed il *matching* con i modelli teorici, zone dell'evoluzione nelle quali cambia la dinamica cosmica, tipo le zone di transizione tra espansione accelerata e decelerata. Tale identificazione è di fondamentale importanza per l'evoluzione delle strutture cosmiche.

In sintesi, la prospettiva è cercare modelli autoconsistenti per raccordare l'andamento del campo gravitazionale a piccole scale, in regime ultravioletto, e a grandi scale, in regime infrarosso. Nel primo caso, si studieranno strutture astrofisiche relativistiche compatte, nel secondo, modelli cosmologici. In questo contesto, il gruppo intende avvalersi anche di competenze esterne nella prospettiva di un suo potenziamento di organico.

La scoperta del wormhole al grafene apre, invece, prospettive verso l'ingegnerizzazione di dispositivi nanostrutturati in collaborazione con gruppi di ricerca interni ed esterni al Dipartimento. Questi esperimenti e i loro dimostratori, possono costituire un indotto hi-tech d'avanguardia, alimentando sinergie tra ricerca fondamentale ed applicata, tra astrofisica e fisica della materia condensata, tra scienza dei materiali e nanotecnologie.

C1 Pubblicazioni scientifiche nel triennio 2014-2016/7

(indicare il numero complessivo nel triennio e elencare le più significative (max 10))

N. complessivo: 103

Pubblicazioni più significative:

1. M. De Laurentis, M. Paoletta, S. Capozziello,
"Cosmological inflation in $F(R,G)$ gravity,"
Phys. Rev. D **91** (2015) 8, 083531
2. S. Capozziello, F.S.N. Lobo, J. P. Mimoso,
"Generalized energy conditions in Extended Theories of Gravity,"
Phys. Rev. D **91** (2015) 12, 124019
3. A. V. Astashenok, S. Capozziello, S. D. Odintsov,
"Nonperturbative models of quark stars in $f(R)$ gravity,"
Phys. Lett. B **742** (2015) 160
4. V. Cardone, E. Piedipalumbo, P. Scudellaro,
"Cosmological parameters from lenses distance ratio,"
Mon. Not. Roy. Astron. Soc. **455** (2016) 1, 831
5. M. Demianski, E. Piedipalumbo, D. Sawant, L. Amati,
"Cosmology with gamma-ray bursts: I. The Hubble diagram through the calibrated E_p - E_{iso} correlation."
Astron. Astrophys. **598** (2017) A112
6. M. Demianski, E. Piedipalumbo, D. Sawant, L. Amati,
"Cosmology with gamma-ray bursts: II. Cosmography challenges and cosmological scenarios for the accelerated Universe."
Astron. Astrophys. **598** (2017) A113
7. S. Capozziello, G. Lambiase,
"The emission of Gamma Ray Bursts as a test-bed for modified gravity,"
Phys. Lett. B **750** (2015) 344
8. S. Capozziello, V. Galluzzi, G. Lambiase, L. Pizza,
"Cosmological evolution of thermal relic particles in $f(R)$ gravity,"
Phys. Rev. D **92** (2015) 8, 084006
9. S. Bahamonde, U. Camci, S. Capozziello, M. Jamil,
"Scalar-Tensor Teleparallel Wormhole by Noether Symmetries"
Phys. Rev. D **94** (2016) 8, 084082
10. S. Capozziello, M. De Laurentis, S. Nojiri, S.D. Odintsov
"The evolution of gravitons in accelerating cosmologies: the case of extended gravity"
Phys. Rev. D **95** (2017) 083524

C2 Presentazioni a Conferenze internazionali e nazionali

(solo se lo speaker è tra il personale elencato nel punto A3)

1. S. Capozziello, M. De Laurentis,
"Interpreting the Dark Side of the Universe as Curvature Effects,"
Nucl.Part. Phys. Proc. **263-264** (2015) 113.
doi:10.1016/j.nuclphysbps.2015.04.021
2. L. Amati, S. Capozziello, A. C. Ruggeri, M.D. Laurentis, M.D. Valle, O. Luongo, G. Stratta,
"The SKA contribution to GRB cosmology," **PoS AASKA 14** (2015) 056
3. A. Vecchiato, M. Gai, S. Capozziello, M. De Laurentis,
"Testing Extended Theories of Gravity: Perspectives From the Astrometric Point of View," doi:10.1142/9789814623995_0101
3. I. De Martino, M. De Laurentis, F. Atrio-Barandela, S. Capozziello,
"Probing $f(R)$ gravity with PLANCK data on cluster pressure profiles,"
J. Phys. Conf. Ser. **600** (2015) 1, 012048 doi:10.1088/1742-6596/600/1/012048
4. S. Capozziello, O. Luongo,
"Cosmographic transition redshift in $f(R)$ gravity," arXiv:1411.2350 [astro-ph.CO]. QFTG2014, Tomsk (Russia).
5. S. Capozziello, G. Lambiase,
"Open problems in gravitational physics,"
Frascati Phys. Ser. **58** (2014) 17 Vulcano Workshop 2014 [arXiv:1409.3370 [gr-qc]].
6. S. Capozziello, M. De Laurentis,
"Generating the Mass of Particles from Extended Theories of Gravity,"
Springer Proc. Phys. **145** (2014) 15.
doi:10.1007/978-3-319-00297-2_2
7. S. Capozziello,
"Recovering Flat Rotation Curves and Galactic Dynamics From $f(R)$ -Gravity,"
doi:10.1007/978-3-319-02063-1_1
8. S. Capozziello,
"Time Solutions and Symmetries in Extended Gravity Quantum Cosmology,"
EPJ Web Conf. **58** (2013) 02003.
doi:10.1051/epjconf/20135802003

9. J.P. Mimoso, F.S.N. Lobo, S. Capozziello,
"Extended Theories of Gravity with Generalized Energy Conditions,"
J. Phys. Conf. Ser **600** (2015) 1, 012047
doi:10.1088/1742-6596/600/1/012047
10. S. Capozziello, M. De Laurentis,
"Extended Gravity: State of the Art and Perspectives," (2013)
doi:10.1142/9789814623995_0092
11. S. Capozziello, T. Harko, T. S. Koivisto, F.S.N. Lobo, G. J. Olmo,
"Hybrid $f(R)$ theories, local constraints, and cosmic speedup,"
doi:10.1142/9789814623995_0106
12. M. Demianski, E. Piedipalumbo, C. Rubano, P. Scudellaro,
"High Redshift Cosmography: new Results and Implications for Dark Energy,"
doi:10.1142/9789814623995_0367
13. M. Demianski, E. Piedipalumbo,
"The cosmological constant—a brief history and recent results,"
Astron. Rep. 59 (2015) 6, 484.
doi:10.1134/S1063772915060116
14. E. Piedipalumbo,
"High redshift cosmography in Dark Energy cosmological models"
Dipartimento di Fisica, Università di Ferrara, 7 Maggio 2015
15. E. Piedipalumbo
"The calibrated GRBs Hubble diagram through the $E_p, i - E_{iso}$ correlation: a tool for cosmology" Marcell Grossmann Meeting 14,
Roma 12-18, Luglio 2015
16. S. Capozziello
"Hydrostatic equilibrium and stellar structures in $f(R)$ gravity"
Dipartimento di Fisica, Università di Torino, 8 Novembre 2013
17. S. Capozziello
"Dark Energy and Dark Matter as Curvature Effects"
Dipartimento di Fisica e Astronomia, Università di Padova, 16
Gennaio 2014.
18. S. Capozziello
"Cosmologia: Dal Mito alla Scienza"
Dipartimento di Matematica, Politecnico di Milano, 26 Marzo 2014
19. S. Capozziello
"Open problems in gravitational physics"
Frontier Objects in Astrophysics and Particle Physics
Vulcano Workshop 2014, 19 Maggio 2014
20. S. Capozziello,
"Dark Energy and Dark Matter as Curvature Effects"
Fifth Workshop on Theory, Phenomenology and Experiments in
Flavour Physics - Capri 2014, 25 Maggio 2014

21. S. Capozziello,
"Hydrostatic equilibrium and stellar structure in $f(R)$ -gravity"
First Flag Meeting "The Quantum and the Gravity".
22. S. Capozziello,
"Dark Energy and Dark Matter as Curvature Effects"
Research Center for Astronomy and Applied Mathematics, 24 Giugno
2014, Academy of Athens
Atene, Grecia.
23. S. Capozziello
"Dark Energy and Dark Matter as Curvature Effects"
First Conference of Polish Society on Relativity, 29 Giugno 2014
Spala, Polonia.
24. S. Capozziello,
*"Cosmographic bounds on the cosmological deceleration-acceleration
transition redshift in $f(R)$ gravity"*
Quantum Field Theory and Gravity, 30 Luglio 2014
Tomsk State Pedagogical University.
Tomsk, Russia.
25. S. Capozziello,
*Hamiltonian dynamics and Symmetries in Extended Gravity
Cosmology*, 25 Settembre 2014
Academy of Science, Mathematics Department, Belgrade
Belgrade, Serbia.
26. S. Capozziello,
"Stellar structures in Extended Gravity", 2 Luglio 2015
12th Hellenic Astronomical Conference, Thessaloniki, Grecia
27. S. Capozziello,
"Constraining Extended Gravity by Gravity Probe B and LARES"
7 Agosto 2015, Siberian Cosmology Days, Tomsk, Russia
28. S. Capozziello,
*"A Discussion on Metric-Affine Theories of Gravity: Some
Theoretical and Experimental aspects"*, 9 Settembre 2015
Observatorio Nacional de Rio, Rio de Janeiro, Brasile
29. S. Capozziello,
"Beyond Einstein's gravity", 11 Dicembre 2015
Laboratori Nazionali di Frascati
30. S. Capozziello,
"Massive, massless and ghost modes in Extended Gravity"
29 Marzo 2016, PAFT 2016 - Vietri sul Mare.
31. S. Capozziello
"Beyond Einstein's Gravity"

Frontier Objects in Astrophysics and Particle Physics
Vulcano Workshop 2016, 23 Maggio 2016.

32. S. Capozziello
“*Probing Extended Gravity by GPB and LARES*”
FLAG Meeting 2016, 8 Giugno 2016, Trento.

33. S. Capozziello
“*Mathematical and Physical Foundation of Extended Gravity*”
Estate Quantistica 2016, 12 Giugno 2016, Scalea

34. S. Capozziello,
“*Massive, massless and ghost modes in Extended Gravity*”
Univesità di Camerino, 27 Giugno 2016.

35. S. Capozziello,
“*Gravity by LARES and GPB*”
Geometria è Fisica, 10 Luglio 2017, Atena Lucana, S. Rufo

36. S. Capozziello
“*Noether symmetries in Quantum Cosmology*”
QFTG 2016, 5 Agosto 2016, Tomsk (Russia).

37. S. Capozziello
“*Short course in Mathematical Gravity*”
Lepageri School of Applied Mathematics, Agosto 2016,
Poprad, Slovakia.

38. S. Capozziello
“*Probing gravity by Lares and GPB*”
XVII Congress of Hellenic Society on Relativity, Gravitation and
Cosmology, 22 Settembre 2016

39. S. Capozziello,
“*Gravity by Lares and GPB*”
Università di Barcellona, 29 Settembre 2016.

40. S. Capozziello,
“*Mathematical foundation of Extended Gravity*”
Università di Lisbona, 11-12 Novembre 2016.

41. S. Capozziello,
“*Mathematical and Physical foundation of Extended Gravity*”
Verao Quantico 2017, 3-8 Marzo 2017, Ubu-Anchieta, Brasile.

D1 Progetti di ricerca attivi

(Progetti di Enti di ricerca, Progetti Europei, Progetti MIUR, PON, POR, ...)

1. Iniziative specifiche INFN: **TEONGRAV, QGSKY** (Gr.IV)
2. PRIN 2015: **Interferometro atomico avanzato per esperimenti su gravità, fisica quantistica e applicazioni alla geofisica**
3. Fondo **SIGRAV 2012**
4. POR-FERS 2007-2013: **RADIO (Radiotelescopi per Azioni di Internazionalizzazione e Cooperazione)**
5. COST-Action **CANTATA CA15117 Cosmology and Astrophysics Network for Theoretical Advances and Training Actions**
6. Science Without Borders Program – CNPq No. of process: 400471/2014-0 **Theoretical and Observational Aspects of Modified Gravity Theories**, July/2014 - July 2017 (Brasile).
7. Accordo bilaterale **Italia-Serbia** per la cooperazione scientifica e tecnologica (MAE 2016-2018, 1.401/90) **Testing Extended Theories of Gravity at different astrophysical scales**
8. Sono stati organizzati, come SOC e LOC, i seguenti congressi:
 - SIGRAV Conference 2014, Settembre 2014, Alessandria
 - SIGRAV Conference 2016, Settembre 2016, Cefalù
 - Marcel Grossmann Meeting 2015, Luglio 2015, Roma
 - Cosmology and the Quantum Vacuum, Luglio 2015, Rodi, Grecia
 - The Time Machine Factory, Ottobre 2015, Torino