

## La vita delle stelle in 3D: ambienti digitali per la ricerca e la didattica dell'astronomia

Laura Leonardi<sup>1</sup>, Laura Daricello<sup>1</sup>, Salvatore Orlando<sup>1</sup>, Marco Miceli<sup>2</sup>, Ignazio Pillitteri<sup>1</sup>, Fabrizio Bocchino<sup>1</sup>

<sup>1</sup>INAF Osservatorio Astronomico di Palermo, <sup>2</sup>Università degli Studi di Palermo, associato INAF

**Abstract.** L'INAF - Osservatorio Astronomico di Palermo nella seconda metà del 2019 ha avviato il progetto 3DMAP-VR (Three-dimensional Modeling of Astrophysical Phenomena in Virtual Reality). Il progetto ha come obiettivo la visualizzazione in realtà virtuale di modelli 3D di fenomeni e ambienti astrofisici, frutto di simulazioni numeriche magneto-idrodinamiche, per interpretare i dati raccolti dai telescopi spaziali internazionali, indagare le proprietà fisiche e chimiche degli oggetti astronomici e osservare la loro evoluzione nel tempo. I modelli 3D, già pubblicati su riviste scientifiche specializzate, sono stati diffusi su Sketchfab e rilanciati attraverso differenti progetti di comunicazione come la webserie dal titolo "SocialMente: CondividiAMO l'Universo" con puntate in italiano e in inglese; un'innovativa esperienza di e-learning in cui i ricercatori interagiscono con gli studenti in ambienti spaziali; l'applicazione immersiva "StarBlast: a VR tour of the outcome of stellar explosions".

**Keywords.** Realtà virtuale, modelli 3D, astrofisica, comunicazione, didattica

### Introduzione

L'Osservatorio Astronomico di Palermo (OAPa) "Giuseppe S. Vaiana" è uno dei centri di ricerca dell'Istituto Nazionale di Astrofisica (INAF), il principale ente di ricerca italiano che si occupa dello studio dell'universo. La caratteristica principale dell'OAPa è la sua specifica vocazione nel campo dell'astrofisica spaziale, ma da oltre vent'anni è anche promotore di numerose attività, progetti di divulgazione e comunicazione per la valorizzazione della ricerca astrofisica e lo sviluppo della conoscenza astronomica nella scuola e nella società. Le soluzioni recentemente ideate dall'INAF OAPa utilizzano la realtà virtuale (VR) e la realtà aumentata (AR) come strumento potente per raggiungere le nuove generazioni di studenti, abituati a interagire con schermi e multimedia, offrendo loro nuove opportunità di apprendimento.

A partire dalla prima metà del 2019 alcuni ricercatori dell'INAF OAPa, con finalità legate alla ricerca scientifica, hanno sviluppato dei modelli fisici in 3D dei fenomeni astrofisici da loro studiati. I modelli sono frutto di simulazioni numeriche di codici magneto-idrodinamici, come FLASH - sviluppato presso il Flash Center dell'Università di Chicago (Usa) - e PLUTO - sviluppato presso l'Università di Torino in collaborazione con INAF, SCAI e CINECA - che sono stati tradotti in ambienti virtuali utilizzando software quali Paraview ([www.paraview.org](http://www.paraview.org)) e Sketchfab ([sketchfab.com](http://sketchfab.com)). Grazie all'utilizzo della realtà virtuale i

ricercatori riescono a osservare e analizzare aspetti che è difficile, se non impossibile, evidenziare con le tradizionali tecniche di analisi, quali: le distribuzioni di elementi chimici, la configurazione dei campi magnetici, la loro complessa morfologia. L'utilizzo di questi modelli da modo ai ricercatori di presentare i risultati scientifici in modo più efficace, sia agli studenti universitari che alla comunità di astrofisici professionisti.

## 1. Il progetto 3DMAP-VR

Abbiamo compreso fin da subito le potenzialità della realtà virtuale anche per fini didattici e divulgativi, così nasce il progetto 3DMAP-VR con un team composto sia da ricercatori che da addetti alla comunicazione e alla didattica.

I modelli, già pubblicati su riviste scientifiche specializzate, sono stati presentati su Sketchfab, una piattaforma utilizzata nel mondo per la condivisione di modelli 3D in AR e VR. Qui abbiamo pubblicato quattro collezioni ricche di simulazioni: "Universe in Hands" con modelli fisici sviluppati a partire da codici magneto-idrodinamici; "The art of astrophysical phenomena" con modelli 3D frutto di ricostruzioni artistiche di fenomeni astrofisici scientificamente accurati; "The science of science fiction" con modelli 3D che simulano scene tratte da famosi film di fantascienza, come Star Wars o Interstellar, e illustrano le parti scientificamente realistiche; "Anatomy of astrophysical objects", infine, con uno stile più formale e didattico, raccoglie rappresentazioni che descrivono la struttura di alcuni oggetti astronomici.

È possibile interagire con i modelli 3D attraverso uno smartphone o un tablet, oppure utilizzando un visore VR per un'esperienza immersiva più completa. Sketchfab ha dato un'enorme visibilità internazionale al progetto, sei dei modelli realizzati - la protostella DG Tauri, le nove V745 Scorpii e U Scorpii, i resti di supernova IC 443, SN 1987A e Tycho - sono stati selezionati dalla Nasa per il sito Voyager ([3d.si.edu/collections/chandra](http://3d.si.edu/collections/chandra)). Oltre a interagire con le simulazioni, i modelli possono essere stampati in 3D. La metodologia didattica della stampa 3D è abbastanza recente ma ha grandi potenzialità, permette di aiutare persone con disabilità visive a vedere, per una ricerca e una didattica dell'astronomia più inclusiva.



Fig. 1  
Tre modelli stampati di oggetti astrofisici

## 2. L'Universo a domicilio

Per supportare le scuole durante il lockdown e rendere accessibili questi modelli 3D in maniera più semplice, alcune simulazioni sono state le protagoniste indiscusse di quattro piccoli documentari, pubblicati sui canali Youtube di Media Inaf ed Edu Inaf, le testate giornalistiche dell'INAF dedicate rispettivamente alla comunicazione e alla didattica, e di una webserie pubblicata sul canale YouTube dell'INAF OAPa accompagnata da un'intensa campagna social.

Il documentario "Esplorando la vita delle stelle in VR" (<https://youtu.be/FjaFfxtue8c>) è stato prodotto a febbraio 2020 per presentare il progetto 3D MAP-VR. Per sorprendere e catturare l'attenzione dell'utente, durante le fasi di ripresa e montaggio sono stati utilizzati degli espedienti in realtà aumentata per espandere lo spazio e arricchire la comunicazione. Il video, nella sua versione estesa, contiene anche dei bloopers - errori e gaffe registrati durante la realizzazione del documentario - e alcune scene tagliate.

Sono poi state prodotte delle video pillole di circa 3 minuti, in cui vengono presentati i modelli 3D di oggetti astrofisici - reali e non, come il resto di supernova Cassiopea A ([https://youtu.be/v\\_XNWS3zH3s](https://youtu.be/v_XNWS3zH3s)) e il buco nero Gargantua (<https://youtu.be/JzwBg8MWpxQ>) dal film *Interstellar* - in dettaglio. Le video pillole sono state richieste da Focus per essere trasmesse durante il Focus Festival che si è svolto a novembre 2020.

In questo stesso periodo, è stata inaugurata la webserie, in italiano e in inglese, "Social-Mente: CondividiAMO l'Universo" un progetto nato per condividere con il grande pubblico, curiosità sullo spazio e la passione che i ricercatori mettono nel loro lavoro di ricerca. Le puntate sono state mandate in onda con una premiere su YouTube, dal 30 ottobre al 18 dicembre 2020. Gli utenti potevano condividere il video, porre domande e curiosità ai ricercatori dai propri social utilizzando l'hashtag #condividiAMOluniverso, oppure scrivendo all'indirizzo [condividiamo.oapa@inaf.it](mailto:condividiamo.oapa@inaf.it).

## 3. Una classe spaziale

Sempre nella seconda metà del 2020, il team del progetto INAF 3D MAP-VR ha avviato una sperimentazione producendo una lezione virtuale interattiva in streaming, insieme al supporto di una ditta privata. L'esperimento è nato per dare a studenti di tutto il mondo la possibilità di esplorare lo spazio in-terstellare, come lo conosciamo oggi, attraverso un viaggio virtuale e osservare da vicino i fenomeni astrofisici studiati dai ricercatori: interagire con l'ambiente in cui sta evolvendo una stella, perlustrare i resti di una supernova dopo l'esplosione, individuare pianeti lontani in orbita attorno a stelle di-verse dal sole. Questa esperienza di e-learning ha reso gli studenti attori principali del loro processo educativo, mentre un ricercatore era sempre presente, in diretta contemporaneamente con loro, pronto per rispondere a tutte le loro domande e curiosità. Per la riuscita dell'esperimento, occorreva procurarsi un computer o uno smartphone, una connessione Internet e un'applicazione di teleconferenza (Meet, Zoom...) o un telo per il green screen. Una prima demo registrata di questo progetto è stata pubblicata sul canale YouTube dell'INAF Osservatorio Astronomico di Palermo (<https://youtu.be/hlQ4DgyACgI>).

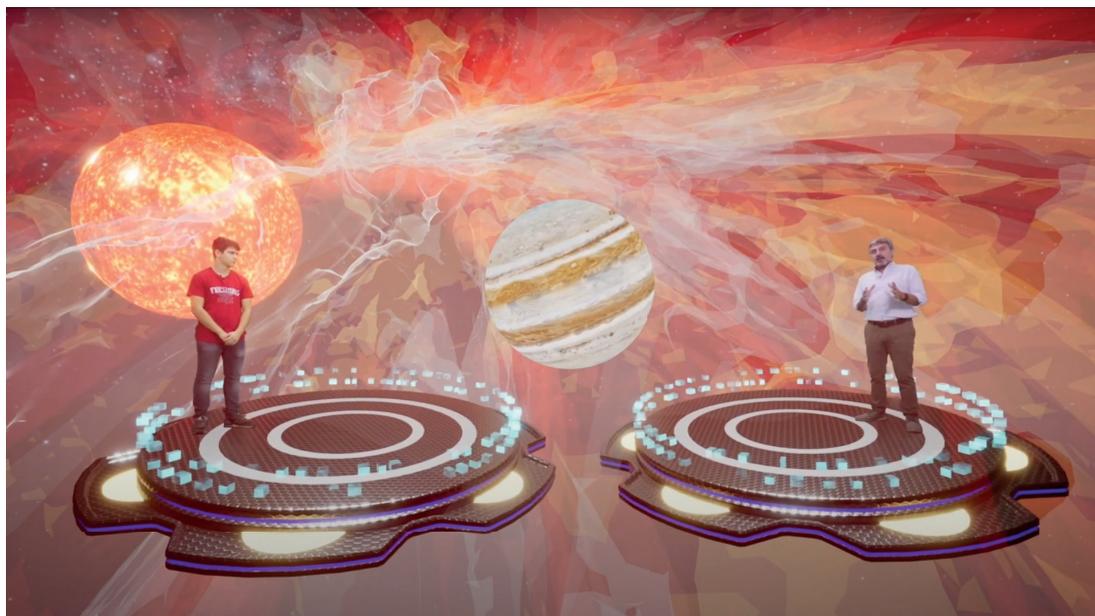


Fig. 2  
Una scena tratta dalla demo

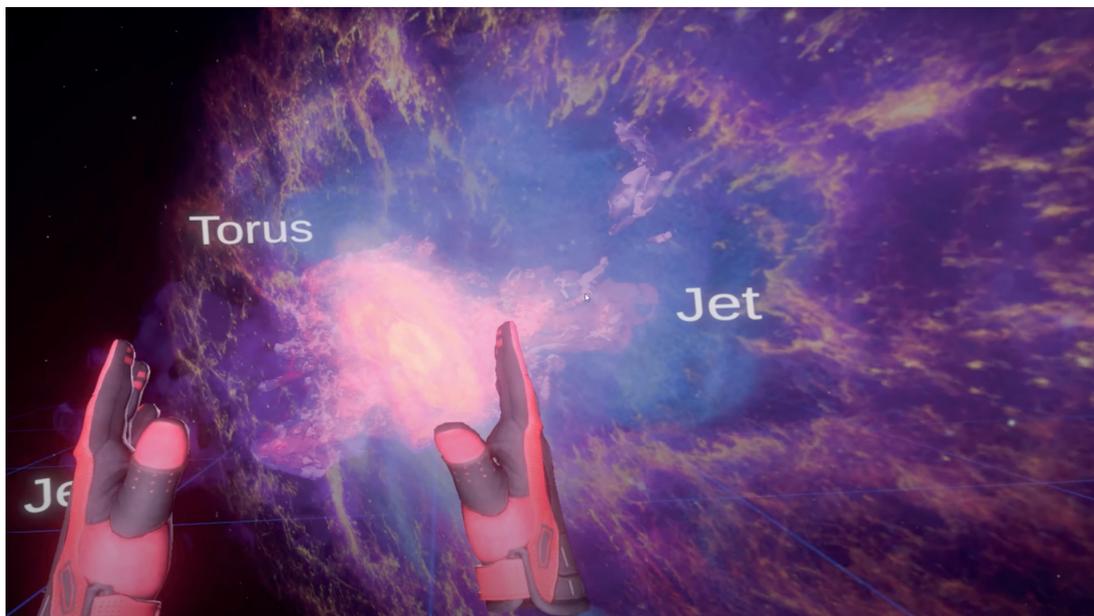
#### 4. StarBlast: a VR tour of the outcome of stellar explosions

A novembre 2021 è stata rilasciata una nuova applicazione per la visione in realtà virtuale, dalle ampie potenzialità divulgative e didattiche, che mostra la struttura dei resti di supernova e delle pulsar wind nebula, o plerioni, più studiate. Il progetto, finanziato dalla cost-action Pharos, è stato guidato dall'INAF di Palermo e dall'Università di Palermo, in collaborazione con Cefomed srl. Attualmente, i modelli diffusi attraverso l'applicazione sono cinque - SN 1006, IC 443, la Nebulosa Granchio, SN 1987a e Cassiopea A - e sono tutti stati realizzati in seno al progetto 3DMAP-VR. Per la visualizzazione occorre un visore per la realtà virtuale; l'utente potrà navigare all'interno di queste potenti sorgenti astrofisiche e interagire con le simulazioni usando (letteralmente) le mani grazie ai controller manuali per spostare e ingrandire gli oggetti.

L'esperienza è arricchita da voci fuori campo – disponibili in italiano, inglese e spagnolo – che accompagnano il giocatore alla scoperta dell'oggetto osservato con delle brevi note esplicative. Inoltre, all'interno dell'esperienza è disponibile anche una bibliografia scientifica consultabile in qualsiasi momento. L'app è compatibile con i modelli più diffusi di visori VR, è scaricabile gratuitamente dal sito "Astronomia per tutti" ([axt.oapa.inaf.it/vr-ar/starblast/](http://axt.oapa.inaf.it/vr-ar/starblast/)) e per l'attivazione occorre avere installato nel proprio computer il software SteamVr.

L'obiettivo è quello di far cogliere al grande pubblico la ricchezza dell'astrofisica, partendo dalla bellezza degli oggetti astrofisici e allo stesso tempo offrire agli studenti universitari, così come ai colleghi ricercatori, uno strumento diagnostico e didattico nuovo.

Fig. 3  
Una scena tratta  
dal gioco in cui  
si sta esplorando  
la Nebulosa  
Granchio



## 5. Conclusioni

Il feedback entusiastico ricevuto e l'interesse mostrato dalla comunità scientifica e dalla società, ha confermato che l'uso delle tecnologie innovative per la diffusione della cultura scientifica è la strada su cui continuare a investire. L'INAF OPa ha pertanto dato vita al progetto biennale (2021-2023) PRIN INAF "Virtual Reality and Augmented Reality for Science, Education and Outreach" con l'obiettivo di trasferire all'interno di INAF e della società le competenze prodotte e portare avanti ricerca e sviluppo su realtà virtuale, realtà aumentata, tecniche di computer grafica e tecnologie emergenti. Inoltre, con l'organizzazione del congresso "Realtà Virtuale e Realtà Aumentata per la diffusione della scienza: nuove frontiere e nuove sfide", a Palermo dal 28 novembre al 2 dicembre 2022, creeremo un momento di confronto tra enti di ricerca, università, scuole, istituzioni pubbliche e private, aziende e inizieremo a costruire una rete che utilizzi le tecnologie innovative a supporto della scienza, ma anche della comunicazione della ricerca.

## Riferimenti bibliografici

Orlando, S., et al., 3DMAP-VR, a project to visualize 3-dimensional models of astrophysical phenomena in virtual reality, Research Notes of the AAS, Volume 3, Number 11 <https://arxiv.org/abs/1912.02649>

Leonardi, L., et al., 2022, Come ti racconto l'Astrofisica: video innovativi, realtà virtuale e aumentata, [http://www.rivistabricks.it/wp-content/uploads/2022/06/04\\_2022\\_09\\_Leonardi.pdf](http://www.rivistabricks.it/wp-content/uploads/2022/06/04_2022_09_Leonardi.pdf)

Leonardi, L., 2020, Comunicare l'astronomia attraverso la realtà virtuale e la realtà aumentata per la valorizzazione della ricerca scientifica, la diffusione dell'informazione e la visibilità dell'INAF sui media, [http://www.astropa.inaf.it/evento/seminario-in-video-conferenza-laura-leonardi-inaf-17-giugno-ore-15-00/?instance\\_id=863](http://www.astropa.inaf.it/evento/seminario-in-video-conferenza-laura-leonardi-inaf-17-giugno-ore-15-00/?instance_id=863)

Daricello, L., Virtual Reality for increasing the awareness of current scientific research, PCST, <https://conference.pcst.co/program/abstract/770>

Leonardi, L., 2021, Comunicare con la società: realtà virtuale e aumentata per valorizzare e diffondere la ricerca astronomica, We Make Future 2021.

Leonardi, L., 2019, Experiences of ICT for education and outreach in Astronomy, Global Hands on Universe 2019, <http://handsonuniverse.org/ghou2019/program/>

Ustamujic, S., et al. 2021, Modeling the mixed-morphology supernova remnant IC 443. Origins of its complex morphology and X-ray emission, , A&A 649, id.A14 <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2021A%26A...649A..14U/abstract>

Olmí, B., et al. 2016, Multi-D magnetohydrodynamic modelling of pulsar wind nebulae: recent progress and open questions, , J. Plasma Phys. 82, <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2016JPlPh..82f6301O/abstract>

Orlando, S., et al. 2020, Hydrodynamic simulations unravel the progenitor-supernova-remnant connection in SN 1987A, , A&A 636, id.A22 <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2020A%26A...636A..22O/abstract>

Greco, E., et al. 2021, Indication of a Pulsar Wind Nebula in the Hard X-Ray Emission from SN 1987A, , ApJL, 908, L45 <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2021ApJ...908L..45G/abstract>

Orlando, S., et al. 2012, Role of Ejecta Clumping and Back-reaction of Accelerated Cosmic Rays in the Evolution of Type Ia Supernova Remnants, , ApJ 749, <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2012ApJ...749..156O/abstract>

Miceli, M., et al. 2016, Modeling the shock-cloud interaction in SN 1006: Unveiling the origin of nonthermal X-ray and  $\gamma$ -ray emission, , A&A, 593, 26 <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2016A%26A...593A..26M/abstract>

Orlando, S., et al. 2016, Modeling SNR Cassiopeia A from the Supernova Explosion to its Current Age: The Role of Post-explosion Anisotropies of Ejecta, ApJ 822, <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2016ApJ...822...22O/abstract>

## Autori



Laura Leonardi [laura.leonardi@inaf.it](mailto:laura.leonardi@inaf.it)

Giornalista scientifica e assegnista di ricerca presso INAF nell'ambito dello sviluppo di tecnologie innovative e prodotti multimediali con applicazioni di realtà virtuale, realtà aumentata e di computer grafica per la diffusione della cultura scientifica. Realizza eventi, mostre, laboratori per le scuole e congressi scientifici e cura i rapporti con i media e la stampa. Redattrice per Media Inaf, collabora con EduINAF e con Play Inaf, curando le sezioni dedicate alla AR e VR.

Laura Daricello [laura.daricello@inaf.it](mailto:laura.daricello@inaf.it)

Tecnologo presso INAF, è Responsabile del Servizio Comunicazione e Attività per il Pubblico dell'INAF - OAPa, coordinatore nazionale delle attività legate alla realtà virtuale e aumentata per la diffusione dell'astrofisica e P.I. del Progetto PRIN INAF "Virtual Reality and Augmented Reality for Science, Education and Outreach". Collabora con la redazione di EduINAF, il magazine di didattica e divulgazione dell'Inaf, e con Play Inaf, la piattaforma di didattica innovativa dell'Inaf.



**Salvatore Orlando** [salvatore.orlando@inaf.it](mailto:salvatore.orlando@inaf.it)

Primo ricercatore presso l'INAF OAPa, ha svolto periodi di studio e lavoro presso il Dipartimento di Astronomia e Astrofisica dell'Università di Chicago e presso la Solar System Division dell'ESA. La sua principale attività di ricerca si svolge nell'ambito dei plasmi astrofisici otticamente sottili e nel campo dei processi di emissione termica e non termica.

Le sue competenze includono: fisica del plasma, magnetoidrodinamica, fluidodinamica computazionale e calcolo ad alte prestazioni.

**Marco Miceli** [marco.miceli@inaf.it](mailto:marco.miceli@inaf.it)

Ricercatore e docente del corso di Astrofisica presso il Dipartimento di Fisica e Chimica E. Segrè dell'Università degli Studi di Palermo. La sua attività di ricerca si inserisce nell'ambito dell'astrofisica delle alte energie e comprende lo studio dei resti di supernova, del processo di accelerazione dei raggi cosmici e la fisica degli shock.



**Ignazio Pillitteri** [ignazio.pillitteri@inaf.it](mailto:ignazio.pillitteri@inaf.it)

Ricercatore di INAF OAPa, ha ottenuto il dottorato in Fisica nel 2005 presso l'Università degli Studi di Palermo, è stato postdoc presso lo Smithsonian Astrophysical Observatory (SAO) dal 2009 al 2012 e ha partecipato al programma Marie Skłodowska-Curie Actions dal 2012 al 2014.

**Fabrizio Bocchino** [fabrizio.bocchino@inaf.it](mailto:fabrizio.bocchino@inaf.it)

Direttore di INAF OAPa e ricercatore nel campo dell'Astronomia ad alte energie, si occupa di evoluzione di resti di supernova, caratteristiche dei frammenti stellari e del mezzo ambiente, connessione tra la supernova progenitrice e il resto di supernova, emissione non termica ad alta energia e produzione di raggi cosmici.

Eletto Senatore della Repubblica nella XVII legislatura, è stato vicepresidente della commissione permanente istruzione dal 2013 al 2016.

