

## L'astronomia e l'apprendimento delle Scienze Astronomy and the learning of Sciences

A. Mercurio

*INAF-Osservatorio Astronomico di Capodimonte, salita Moiariello 16, 80131 Napoli, Italy (e-mail: amata.mercurio@inaf.it)*

M. Gargano

*INAF-Osservatorio Astronomico di Capodimonte, salita Moiariello 16, 80131 Napoli, Italy (e-mail: mauro.gargano@inaf.it)*

**Riassunto.** L'astronomia, con i suoi linguaggi e i suoi modelli, con il metodo di osservazione, di analisi e di costruzioni logiche, rappresenta uno strumento di elevato valore formativo. Il suo studio, infatti, si fonda sia "sull'approccio teorico" che esercita la capacità di "intuire" e "argomentare", sia su quello "sperimentale" che utilizza la tecnologia come mediazione tra scienza ed esperienza scientifica. In questo contesto si inserisce questo progetto didattico che ha il suo punto di forza nella fusione di approccio teorico e sperimentale. Esso nasce con la duplice finalità di fornire agli insegnanti strumenti utili per un insegnamento efficace delle scienze nelle scuole superiori e di ampliare il processo di preparazione scientifica degli alunni. Avvalendosi dell'indispensabile ruolo guida degli insegnanti, gli studenti devono derivare informazioni sulle proprietà strutturali osservate delle galassie in ammassi, confrontandole con quelle attese in base ai modelli teorici. Un tale confronto è necessario per comprendere i meccanismi fisici responsabili dell'evoluzione delle galassie. Gli studenti possono così conoscere sia gli interrogativi aperti e i nodi concettuali dell'astrofisica, intuendone i metodi di indagine, sia sperimentare il fascino dell'osservazione astronomica.

**Abstract.** Astronomy has high educational value through its languages and models and with observation, analysis and logical constructions. His study is based on "the theoretical approach", which is the ability to "argue", and on the "experimental" one, which uses technology as a mediation between science and scientific experience. This project fits into this context, which has its strength in the fusion of theoretical and experimental approaches. It is constructed with the dual purpose of providing teachers with valuable tools for effective science education in high school and expanding the process of students' scientific knowledge. Thanks to the essential leadership role of teachers, students must derive information on the observed structural properties of galaxies and to compare them with those expected from theoretical models. This comparison is necessary to understand the physical mechanisms responsible for the evolution of galaxies. Students can learn about the open questions and conceptual nodes of astrophysics, understand the methods of investigation, and experience the fascination of astronomical observations.

## Introduzione

Numerosi studi hanno messo in evidenza la crescente necessità di fornire agli insegnanti strumenti e percorsi didattici utili per un insegnamento efficace delle scienze nelle scuole superiori. Questi strumenti devono permettere la costruzione di quella che Shulman identifica come la conoscenza pedagogica dei contenuti d'insegnamento (*PCK – Pedagogical Content Knowledge*, [5]). Ovvero è necessario curare sia la parte metodologico-didattica (*PK – Pedagogical Knowledge*) delle scienze, sia la conoscenza dei contenuti disciplinari, quanto la conoscenza dei contenuti disciplinari (*CK – Content Knowledge*). La PK va sviluppata con una efficace pianificazione degli interventi didattici e dei criteri di valutazione, ottimizzati in base alle conoscenze degli studenti e alle strategie di gestione della classe. La CK deve includere, poi, sia la teoria correlata, che gli strumenti e i materiali per un efficace insegnamento. Inoltre, come si evince da indagini internazionali (e.g., IJSE 2011 [2]), c'è una preoccupante carenza di alfabetizzazione scientifica degli studenti che si ripercuote inevitabilmente sulla cultura di base dei cittadini.

In tale contesto si inserisce il progetto didattico che viene presentato in questo contributo. Esso intende coinvolgere i docenti nell'ampliamento dell'educazione alle scienze e proporre agli studenti una didattica scientifica, al fine di promuovere lo sviluppo di uno spirito critico, necessario nei processi intellettuali associati all'apprendimento delle scienze.

Frutto di una esperienza svolta con alcune scuole di Napoli, il progetto viene qui presentato nella (Sect.1), articolato in una prima fase rivolta agli insegnanti (Sect.1.1) e una seconda dedicata agli studenti (Sect.1.2). Viene quindi descritto il materiale necessario (Sect.2), e il contributo si conclude con le considerazioni sul modello utilizzato e le sue finalità (Sect.3).

### 1. Il progetto e le sue fasi

Protagonista di questo progetto didattico è l'Astronomia che, con i suoi linguaggi, i suoi modelli, con il metodo di osservazione, di analisi e di costruzioni logiche, rappresenta uno strumento di alto valore formativo. Il suo punto di forza è la fusione di approccio teorico, fondato sulla capacità di "intuire" e "argomentare", e sperimentale, che utilizza la tecnologia come mediazione tra scienza ed esperienza scientifica. La tecnologia viene, così, integrata nell'alfabetizzazione di base e nella didattica degli insegnanti, senza trascurare, però, una forte intelaiatura concettuale. In tal modo la nuova strumentazione informatica diventa solo il mezzo per avvicinarsi alla *net generation*. L'utilizzo di un linguaggio prossimo e riconoscibile dagli studenti permette di

coniugare l'innovazione tecnologica e semantica con i concetti fondamentali del sapere scientifico. I docenti possono sperimentare, quindi, i nuovi contenuti della ricerca scientifica e le nuove metodologie di analisi.

Di seguito vengono descritte le due fasi in cui è articolato il progetto: la prima rivolta agli insegnanti (Sect.1.1), la seconda dedicata agli studenti (Sect.1.2).

### **1.1. Per gli insegnanti**

Il progetto didattico è strutturato come percorso di ricerca-azione che, come afferma Pellerey [3], segna in maniera profonda l'esperienza degli operatori e marca uno stile di lavoro che viene mantenuto nel tempo, nonché utilizza gli approcci scientifici innovativi ormai validati a livello nazionale e internazionale. In questa prima fase, rivolta esclusivamente ai docenti, viene privilegiata la trasversalità e la modularità dei contenuti. L'attività proposta viene vissuta come tensione intellettuale, confronto e condivisione fra pari. Il risultato è la costruzione di "comunità di pratiche" fra insegnanti, come raccomandato anche dalla Commissione Europea (Science Education Now: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe, [1]).

Generalmente l'approccio logico seguito dagli insegnanti per proporre agli studenti alcuni concetti fondamentali della fisica, come ad esempio la forza di gravità, si basa sulla propria esperienza curricolare e sui libri di testo. Il metodo seguito in questo progetto ribalta l'approccio proposto agli insegnanti, ovvero cerca di fornire strategie di insegnamento di quegli stessi concetti partendo da un oggetto fisico, le cui proprietà sono misurabili, come le galassie. Nella morfologia e nelle caratteristiche osservate delle galassie si possono, infatti, ritrovare sperimentalmente alcuni concetti di base della fisica come la gravità.

Gli insegnanti diventano così essi stessi studenti e sperimentano i percorsi dell'apprendimento che saranno, successivamente, proposti agli studenti. La metodologia usata è quella dell'*Inquiry Based Learning (IBL)*, un approccio pedagogico basato sulla formulazione di domande e azioni per capire i fenomeni, così come raccomandato dalla Commissione Europea (Rapporto Rocard 2007 [4]). Le domande su cui ci focalizziamo sono essenzialmente due: *i*) Quali sono i meccanismi fisici responsabili della struttura e della trasformazione delle proprietà delle galassie? *ii*) Qual è il ruolo della forza di gravità, in questo processo? Esistono, infatti, galassie diverse per forma e proprietà e, attraverso la risposta a queste domande possiamo cercare di capire i meccanismi fisici responsabili della trasformazione di queste caratteristiche.

Analogamente a quanto verrà fatto fare agli studenti, gli insegnanti sono invitati a osservare l'immagine di un ammasso di galassie (fig.1). Dopo aver dato loro l'elenco delle galassie appartenenti all'ammasso, verrà loro chiesto di farne una classificazione morfologica visuale, annotando anche eventuali irregolarità visibili, ottenendo, così, una tabella simile a Tab.I. I valori nelle colonne da 1 a 4 sono forniti come dato



Fig. 1. – Ammasso di galassie Abell S1063, Credit: NASA, ESA, Jennifer Lotz (STScI). <https://apod.nasa.gov/apod/ap160722.html>

acquisito, mentre gli insegnanti propongono una propria ipotesi di classificazione. Si confronta, quindi, tale classificazione con quella fatta dagli astrofisici professionisti e si discutono eventuali differenze.

Conclusa la prima parte di classificazione visuale delle galassie, gli insegnanti devono analizzare eventuali correlazioni, ad esempio, tra posizione e classificazione o magnitudine e classificazione, o tra tipologia di galassie e densità numerica. A questo punto si passa a esaminare le correlazioni tra queste quantità e quelle attese sulla base dei modelli teorici che si fondano sugli effetti causati dalle leggi fisiche note. Dal confronto tra risultati attesi e risultati ottenuti ha inizio la riflessione sul processo fisico che maggiormente determina le proprietà osservate delle galassie.

TABELLA I. – Parametri delle galassie appartenenti all'ammasso Abell S1063: Numero di identificazione (col.1), Ascensione retta (col.2) e Declinazione (col.3) in gradi, magnitudine totale nella banda HST F814W e suo errore (col.4), classificazione della galassia (col.5).

ID	RA	DEC	$m_{\text{tot}}$	Classificazione
1	342.16045	-44.53893	$22.09 \pm 0.02$	Galassia Late-type
2	342.16273	-44.53816	$22.32 \pm 0.03$	Galassia non identificata
3	342.16661	-44.53482	$21.39 \pm 0.02$	Galassia Early-type

Grazie all'uso di software professionale (vedi Sect.1.1) gli insegnanti maneggiano il dato scientifico, come posizione e magnitudine. Attraverso il confronto con i risultati attesi dai modelli, che simulano gli effetti dei meccanismi fisici sulle proprietà delle galassie, gli insegnanti ricostruiscono la possibile storia di formazione e di evoluzione delle galassie che appartengono all'ammasso.

Il ruolo del docente che agisce da facilitatore diventa, così, fondamentale quando l'esperienza didattica viene proposta agli studenti. Risulta, quindi, indispensabile far precedere uno o più incontri tra astronomi e docenti, prima che l'esperienza didattica sia proposta agli studenti. L'esperienza diretta svolta dagli insegnanti nell'esercizio di classificare delle galassie, di trovare le correlazioni tra i parametri fisici e di spiegare tali correlazioni, alla luce dei modelli teorici noti, consente agli stessi docenti di acquisire *know-how* scientifico e sperimentale per rispondere alle difficoltà e ai dubbi che potranno incontrare gli stessi alunni. Inoltre, in questo modo, risulta più chiaro agli insegnanti quali siano i pre-requisiti e le competenze di base che gli studenti devono avere per poter affrontare il progetto proposto.

## 1.2. Per gli studenti

Conclusa la fase di formazione e sperimentazione del progetto con gli insegnanti, sono gli studenti a diventare protagonisti nella classificazione delle galassie per ricavarne i concetti fondamentali sulla gravitazione e i suoi effetti. Tale percorso didattico ha il suo punto di forza nel fascino e nell'interesse che l'astrofisica occupa nella mente, e a volte nell'immaginario, dei giovani. L'astronomia, offrendo un laboratorio scientifico e didattico aperto a tutti, può agevolare il desiderio di conoscenza, soprattutto nei giovani studenti. Gli interrogativi prodotti dalle osservazioni astronomiche e il quadro teorico e concettuale con cui si misurano i ricercatori possono caratterizzare anche il percorso conoscitivo e cognitivo degli studenti nel loro primo approccio alle scienze sperimentali.

Gli aspetti fondamentali per rendere attuabile la proposta didattica sono:

- il rigore metodologico e la serietà esecutiva del gruppo di lavoro;

- l'uso dei modelli flessibili per affrontare e risolvere i problemi presi in esame.

La prima parte è caratterizzata da lezioni frontali con gli studenti per introdurre i concetti fondamentali della meccanica celeste e dell'astrofisica. Gli astronomi spiegano agli alunni cosa sono le galassie, quali sono le proprietà osservate e quali possono essere i meccanismi fisici responsabili di tali caratteristiche. La presenza dei docenti, che conoscono i livelli di preparazione degli studenti e che hanno già compiuto l'esperienza didattica, faciliterà la comunicazione cognitiva e l'apprendimento dei concetti teorici per il corretto svolgimento del progetto.

Analogamente a quanto descritto nella sezione precedente, per la fase di formazione dei docenti al progetto, gli studenti sono invitati a osservare l'immagine delle galassie appartenenti a un ammasso (fig.1). Gli studenti dovranno poi identificare e riassumere le caratteristiche fisiche, presentate e studiate durante le lezioni frontali, di ciascuna galassia. Conclusa la fase di classificazione, gli studenti passano all'esame delle possibili correlazioni tra i parametri fisici e all'analisi dei meccanismi che possono averle causate.

Nella fase finale del progetto gli insegnanti valuteranno se gli studenti, sfruttando i concetti astrofisici acquisiti durante le lezioni frontali, sono stati in grado di analizzare e comprendere il fenomeno fisico.

A conclusione dell'attività didattica, per valutare il livello di apprendimento raggiunto dagli studenti nella comprensione dei fondamenti della fisica proposti nelle lezioni frontali e nella capacità di saperli identificare nei dati sperimentali, gli insegnanti e gli astronomi metteranno alla prova gli studenti attraverso un test che richiede un'attenta analisi di differenti fenomeni fisici che apparentemente sembrano produrre gli stessi effetti visuali. Ad esempio si analizzeranno le leggi fisiche che causano bracci di spirale nelle galassie e quelle che determinano le strutture prodotte dai moti vorticosi nei cicloni tropicali e negli uragani (vedi Fig.2).

Una fase sperimentale del progetto è stata proposta ad un liceo scientifico di Aversa, nell'anno scolastico 2019/2020. Gli insegnanti e gli studenti coinvolti hanno svolto una prima parte del progetto che non si è concluso a causa dell'emergenza sanitaria. La completa ripresa delle attività didattiche delle scuole ci consentirà di portare a termine il progetto, verificarne l'efficacia, nonché aggiornarlo e integrarlo sulla base dell'esperienza fatta.

## 2. Il materiale necessario

La disponibilità di software professionali semplificati rende possibile far assaporare a insegnanti e studenti tutta l'emozione della ricerca scientifica. In particolare, in questo progetto si propone l'uso di SAOImageDS9 (*Smithsonian Astronomical Obser-*

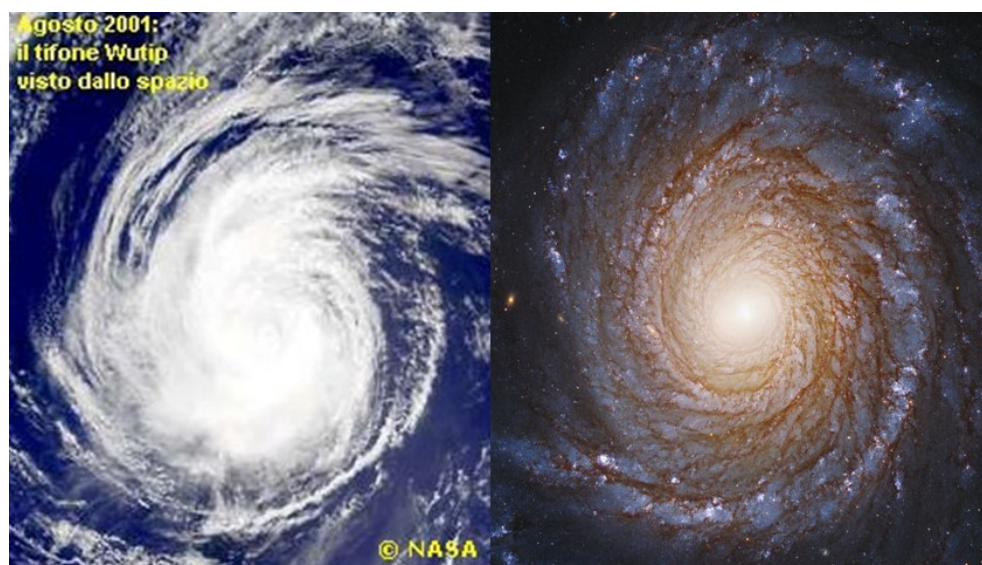


Fig. 2. – A sinistra: tifone Wutip (<http://www.centrometeo.com/articoli-reportage-approfondimenti/fisica-atmosferica/4302-cicloni-tropicali-uragani>). A Destra: La Galassia a spirale NGC 3147 ([https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Spiral\\_Galaxy\\_NGC\\_3147.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Spiral_Galaxy_NGC_3147.png))

vatory Image Deep Space 9) <sup>(1)</sup> e di TOPCAT (*Tool for OPERations on Catalogues And Tables*) <sup>(2)</sup>. Il primo serve alla visualizzazione delle immagini astronomiche, mentre il secondo permette di fare operazioni su cataloghi e tabelle. Le immagini, così come i cataloghi da utilizzare per il progetto, sono forniti dagli astronomi che propongono il progetto e sono dati scientifici veri, utilizzati in un articolo di Tortorelli et al. [6], che è stato pubblicato su una rivista scientifica ad alto impatto, dopo un processo di *peer-review*.

Il progetto didattico si può svolgere facilmente in classe, mediante l'uso di un computer.

### 3. Considerazioni Finali

Il progetto didattico descritto si propone come un modello che coinvolga direttamente la complessa professionalità dei docenti delle materie scientifiche, guidandoli

<sup>(1)</sup> <https://sites.google.com/cfa.harvard.edu/saoimageds9>

<sup>(2)</sup> <http://www.star.bris.ac.uk/~mbt/topcat>

nell'azione quotidiana in classe e suggerendo gli strumenti e le tecnologie più opportune per una didattica innovativa. L'intento è offrire agli insegnanti, e quindi agli studenti, un percorso didattico per la comprensione di concetti fondamentali della fisica e dell'astronomia. Allo stesso tempo il progetto suggerisce un approccio didattico innovativo sul "laboratorio scientifico", inteso sia come "luogo attrezzato", sia come uso consapevole del metodo della ricerca.

Questo progetto vuole anche andare incontro all'esigenza di ristabilire un equilibrio tra scuola, scienza e società. Tale rinnovato equilibrio può essere raggiunto attraverso la realizzazione di un nuovo "testo di sapere", costituito da una nuova sequenza di "oggetti di sapere" (i contenuti della ricerca scientifica) che gli insegnanti propongono agli studenti, nel rispetto delle indicazioni generali sul sistema didattico definite dal Ministero. Inoltre, l'approccio metodologico innovativo, che vede nell'uso della tecnologia informatica un punto di forza, consente una relazione diretta con i ragazzi della net generation, anche per tematiche spesso considerate lontane dalla quotidianità. Questo approccio risponde alle caratteristiche della cultura contemporanea, alle esigenze dei nostri tempi e all'impegno dei docenti che, nel "mettersi in discussione", affinano le loro capacità nella pianificazione e nella realizzazione di specifiche attività didattiche e di percorsi sperimentali, a partire da quelli astronomici. La proposta, inoltre, si pone in continuità con il Piano nazionale Insegnare Scienze Sperimentali, del quale accoglie il forte impianto laboratoriale.

## Bibliografia

- [1] EUROPEAN COMMISSION. DIRECTORATE-GENERAL FOR RESEARCH, SCIENCE AND EDUCATION, *Science Education Now: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe Community research* (Editore OOPEC, 2007) 22 pages
- [2] IJSE, *International Journal of Science Education*, **33** (2011) 1.
- [3] PELLEREY, M., *Dirigere il proprio apprendimento* (Brescia: La Scuola 2006)
- [4] ROCARD, M., CSERMELY, P., JORDE, D., LENZEN, D., WALBERG-HENRIKSSON, H., & HEMMO V., *Science Education Now: A renewed pedagogy for the future of Europe, European Commission Directorate-General for Research Science, Economy and Society* (2007)
- [5] SHULMAN, L., *Knowledge and Teaching: Foundations of the New Reform Harvard Educational Review*, **57** (1987) 1-23.
- [6] TORTORELLI, L; MERCURIO, A.; PAOLILLO, M.; ROSATI, P.; GARGIULO, A.; ET AL., *The Kormendy relation of galaxies in the Frontier Fields clusters: Abell S1063 and MACS J1149.5+2223 MNRAS*, **477** (2018) 1, 468.