

# La Masterclass di Astronomia e Astrofisica: un'esperienza didattica per studenti della scuola superiore

Daniela Marocchi<sup>1</sup> · Alberto Cora<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Dipartimento di Fisica · Università di Torino

<sup>2</sup> INAF · Osservatorio Astrofisico di Torino

LA Masterclass di Astronomia e Astrofisica è una giornata di studio e di attività proposta a studenti del triennio della scuola superiore, alla sua terza edizione nell'anno scolastico 2012-13. Un gruppo di studenti è ospitato per un giorno nelle strutture del Dipartimento di Fisica, dell'Istituto Nazionale di Astrofisica (INAF)-Osservatorio Astrofisico di Torino e di INFN.IT Planetario di Torino Museo dell'Astronomia e dello Spazio. Gli studenti seguono delle lezioni di astronomia e astrofisica tenute da giovani scienziati appartenenti alle strutture universitarie e alle strutture di ricerca INAF, con i quali svolgono anche delle esercitazioni analizzando dati di esperimenti reali. Il percorso prevede anche attività laboratoriali presso la struttura INAF e del Planetario. Obiettivo didattico è quello di mostrare come strumenti già acquisiti nei corsi di fisica possano essere utilizzati per trarre interessanti informazioni in campo astronomico; contemporaneamente si intende avvicinare gli studenti ad argomenti astrofisici, non previsti nel normale curriculum scolastico.

## Introduzione

Partecipare a una Masterclass significa essere introdotti, attraverso la guida di esperti, alla conoscenza di alcuni aspetti della materia di studio in modo da essere in grado di applicare immediatamente quanto appreso in un'attività svolta. La Masterclass affonda le sue recenti origini nel mondo anglosassone ed è divenuta un modo innovativo e coinvolgente per trasmettere tecniche e capacità artistico-musicali. Ciò che contraddistingue una Masterclass rispetto a un semplice seminario è la possibilità per i partecipanti di interagire con l'esperto; per esempio, nell'ambito musicale, di suonare uno per volta insieme a lui, ricevendo consigli e dimostrazioni riguardo alle tecniche impiegate, e così via.

In Italia e in Europa la pratica della Masterclass si diffonde, su iniziativa dell'*International Particle Physics Outreach Group*, che adotta il *format* finalizzandolo a scopi di didattica della scienza e divulgazione; non si tratta più di trasmettere particolari tecniche, ma di coinvolgere alunni con età compresa tra 15 e 19 anni in modo da interessarli alla scoperta di un ambito scientifico, eventualmente in

previdenza di una prosecuzione degli studi in questo settore.

Da alcuni anni, per iniziativa del CERN e con il supporto del personale INFN, si svolge in molte sedi europee, compresa la sede del corso di laurea in Fisica di Torino, la Masterclass in Fisica delle particelle: una giornata dedicata all'approfondimento di alcuni temi e alla scoperta di possibili applicazioni, conclusa poi con un esercizio di riconoscimento di particelle attraverso dati reali forniti dai ricercatori del CERN. Vista la risonanza europea, il tutto si conclude con la possibilità di collegare le sedi partecipanti a quella giornata, con una gara in diretta fra gli studenti presenti. L'attività coinvolge ogni anno una cinquantina di studenti nella sede di Torino, ottenendo sempre un gran successo e diventando così un appuntamento atteso da studenti e docenti della scuola superiore.

A Torino, nell'ambito del "Piano nazionale per le Lauree Scientifiche" (PLS) si è pensato di adottare il modello didattico Masterclass per stimolare i giovani alla scoperta dell'astronomia e dell'astrofisica, materie per altro poco presenti nel curriculum scolastico anche degli studenti del liceo scientifico. Spesso ciò è conseguenza della scarsa preparazione nel campo dei docenti stessi della scuola superiore. Neppure per i laureati in Fisica è obbligatorio, almeno nella nostra sede, un esame in questo campo, a differenza di quanto accade per l'ambito della fisica nucleare o della struttura della materia.

La prima edizione risale alla primavera 2010 ed ha coinvolto 25 studenti del triennio della scuola superiore. L'esperienza è stata ripetuta anche nei due anni successivi, con la partecipazione di un numero di studenti variabile fra 40 e 50. Il numero risulta necessariamente contenuto a causa della capienza dei locali presso l'Osservatorio Astrofisico e il Planetario di Pino torinese. La struttura della giornata segue lo standard collaudato dall'esperienza analoga relativa alle particelle elementari: una mattinata, presso la sede del corso di laurea in Fisica, durante la quale alcuni temi vengono presentati da ricercatori, seguita da un'attività pomeridiana svolta presso le strutture dell'Osservatorio e del Planetario, durante le quali le nozioni apprese vengono immediatamente applicate attraverso un esercizio guidato realizzato a partire da dati astronomici reali e da un laboratorio didattico.



FIG. 1. Esercitazione sulla legge di Hubble.

Obiettivo primario della proposta è l'avvicinamento degli studenti ad argomenti spesso non sviluppati in ambito scolastico, utilizzando nozioni di fisica note per poter ottenere informazioni interessanti relativamente agli astri celesti.

Spesso i giovani sono attirati dalla meraviglia di tutto quanto riguarda Sole, stelle, galassie ecc., ma sono anche convinti che questi argomenti non abbiano nulla a che fare con le leggi fisiche di base studiate durante le lezioni scolastiche. Obiettivo iniziale è quindi quello di mostrare come invece la fisica sia realmente la stessa e le sue leggi possano essere applicate e fornire informazioni anche sui corpi celesti: la fisica studiata – spesso ritenuta arida e poco interessante quando applicata a problemi non reali, scritti solo per dare la possibilità di applicare le formule presentate a lezione – diventa così strumento duttile e in grado di ampliare l'orizzonte delle conoscenze.

Altro obiettivo, con valenza anche didattica, è di mostrare agli studenti come il progresso della scienza passi attraverso la collaborazione fattiva di diversi Enti; le attività sono quindi state guidate, nei diversi momenti della giornata, da personale universitario, da ricercatori dell'Osservatorio Astrofisico e da personale del Planetario. Anche la sede stessa delle attività cambia nei diversi momenti, proprio per permettere una consapevolezza, anche pratica dell'esistenza di strutture di ricerca diverse, con attività e obiettivi differenti, ma complementari.

### Reclutamento degli studenti

La scelta di permettere un'interazione diretta fra esperti e studenti e di far lavorare i ragazzi in modo autonomo, ma guidato, ha richiesto una limitazione del numero di studenti che hanno potuto partecipare all'esperienza. L'informazione è stata 'lanciata' nel primo anno attraverso il contatto diretto con un certo numero d'insegnanti già coinvolti nel PLS. Sono stati individuati quindi 25 studenti di una classe del triennio della scuola superiore che mostras-

sero interesse all'iniziativa. Nei due anni successivi la comunicazione è stata data in modo più ampio, mettendo a disposizione un numero limitato di posti per ogni classe in modo da poter estendere l'iniziativa a più sedi scolastiche. Hanno potuto partecipare circa 50 studenti. Nell'ultima esperienza (a.s. 2012-13) alcuni ragazzi frequentavano la 11 classe, ma l'insegnante aveva curato la preparazione di base per permettere loro di partecipare in modo utile all'esperienza, nonostante un certo numero di argomenti (essenzialmente quelli relativi alla cosmologia) non fossero ancora stati svolti a scuola. Complessivamente si è visto che anche gli studenti più giovani sono stati in grado di seguire le attività proposte.

### Percorso didattico delle lezioni

La finalità della Masterclass di Astronomia e Astrofisica è di avvicinare gli studenti ad argomenti astronomici/astrofisici, valorizzando adeguatamente le conoscenze già in loro possesso. L'obiettivo didattico primario è quello di mostrare come strumenti già acquisiti nei corsi di fisica possano essere utilizzati per trarre informazioni in campo astronomico; oltre ad argomenti più di base, spesso meno coinvolgenti, almeno a prima vista, si affrontano problematiche legate alle scoperte più recenti ed affascinanti del settore.

La parte più strettamente didattica, svolta di mattina, è stata vissuta presso le aule del corso di laurea in Fisica dell'Università. Si sono susseguiti 3 seminari/lezioni, destinati a richiamare (o porre) le basi necessarie a comprendere quanto si sarebbe poi fatto durante il pomeriggio. In base agli argomenti scelti per la parte laboratoriale, gli argomenti delle lezioni sono stati:

- il Sole: sue caratteristiche fondamentali come stella; dimensioni e caratteristiche fisiche; fenomeni osservabili da Terra, cenni alla relazione Terra-Sole
- le stelle doppie e le caratteristiche fisiche di questi sistemi
- il problema cosmologico

I docenti coinvolti in queste giornate sono stati giovani ricercatori dell'Istituto Nazionale di Astrofisica e del Planetario di Torino, che possiedono competenze aggiornate in specifici campi dell'astrofisica, oltre a personale universitario per la gestione complessiva dell'iniziativa.

Ogni lezione ha avuto la durata di 45-60 minuti circa e si è tenuta nell'aula universitaria, in modo da offrire l'esperienza di una lezione del corso di laurea. Come già detto, i contenuti scelti per le lezioni sono stati propedeutici alle attività da svolgere; potrebbero quindi venire variati in prossime edizioni, se si dovesse decidere di modificare le attività proposte nella seconda parte della giornata.

Esaminiamo con maggior attenzione i contenuti scelti per le lezioni in queste prime tre esperienze.

Durante il seminario sulla fisica solare, dopo una veloce introduzione sulle caratteristiche fisiche della nostra stella, sulle reazioni nucleari che avvengono nel nucleo e sulla trasmissione dell'energia verso la superficie, si è evidenziata la peculiarità dell'atmosfera solare nelle sue diverse parti e i fenomeni che la caratterizzano; infine si è parlato dell'interazione del Sole con lo spazio interplanetario, di come il Sole interagisca con la Terra ed influenzi la nostra vita quotidiana, introducendo così la classe ad uno dei settori più innovativi della ricerca astrofisica: la meteorologia spaziale (*space weather*).

La seconda lezione è iniziata con la presentazione del fenomeno della variabilità stellare, analizzandone le possibili cause. Gli studenti sono restati colpiti dal fatto che l'intensità della luce delle stelle possa mutare e soprattutto da quante informazioni si possono desumere da questo studio. In particolare, si sono analizzate le caratteristiche di un sistema binario evidenziando ciò che si può desumere dalla variazione della curva di luce e in particolare come si possa arrivare all'informazione relativa al periodo di rivoluzione del sistema. A questo punto, è stato importante richiamare quelle nozioni (legge di gravitazione universale e leggi di Keplero) note già in precedenza, ma normalmente applicate ad altre situazioni. Non sempre per gli studenti è naturale pensare che leggi che hanno studiato in altro contesto possano essere applicate e restare valide per situazioni che a loro sembrano 'astronomicamente' diverse. Questo ha voluto appositamente essere un punto di forza dell'intera esperienza, permettendo di toccare con mano l'applicabilità e l'utilità di formule che spesso, per gli studenti, risultano aride astrazioni.

Per arrivare a fornire tutte le informazioni necessarie per il laboratorio del pomeriggio è stato necessario anche presentare come lo studio dell'effetto Doppler possa permettere di ricavare, attraverso lo spostamento della linea spettrale, la velocità del corpo lungo la linea di vista. Inoltre, è stato poi necessario richiamare nozioni già note dallo studio scolastico della fisica, come la posizione del baricentro di un sistema e il legame fra distanza dal baricentro e massa delle componenti del sistema. È stato inoltre interessante, a fianco di questa informazione più fondante, far conoscere ai partecipanti come la trattazione delle variabili geometriche consenta di toccare argomenti *cool*, quali lo studio dei pianeti extrasolari (*exoplanet*); si tratta di un esempio di come tecniche d'indagine sviluppate nel XIX secolo siano tornate in auge nei programmi spaziali di ultima generazione. In chiusura, poi, un ac-

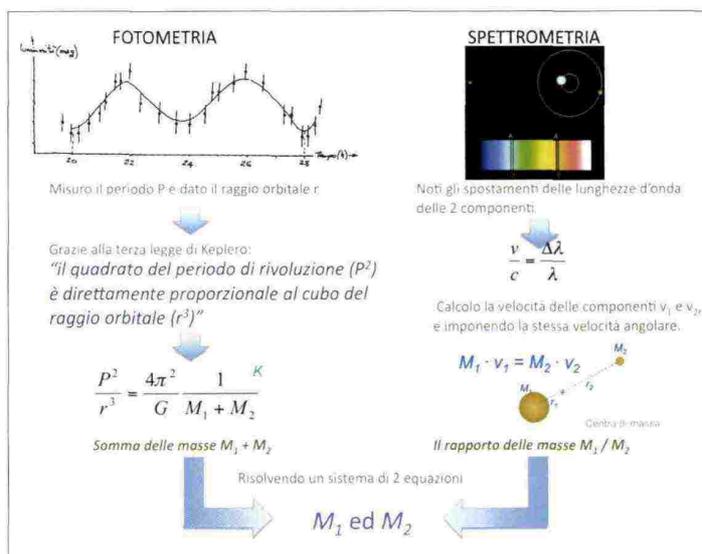


FIG. 2. Schema logico dell'analisi di una curva di luce.

cenno alla misurazione delle distanze galattiche basata sulle supernovae e il problema dell'energia oscura (*dark energy*).

La terza ed ultima lezione è stata condotta sulla cosmologia, con particolare attenzione sulle evidenze sperimentali dell'espansione dell'universo. Questa lezione risultava propedeutica all'attività di laboratorio che sarebbe poi stata svolta presso le strutture del Planetario e centrata sulla determinazione della legge di Hubble.

Particolare attenzione si è avuta, nei tempi previsti per le lezioni, a rendere possibili, a fianco delle spiegazioni teoriche, anche momenti d'interazione alunno-professore, nel rispetto dello spirito delle Masterclass. Ogni lezione-seminario, infatti, ha introdotto non solo concetti, ma anche poche e selezionate equazioni e formule da utilizzare poi nell'attività di laboratorio, con la spiegazione di come le formule stesse fossero state ottenute.

### Percorso didattico dei laboratori

Il pomeriggio ha costituito la parte di laboratorio della Masterclass. Gli studenti sono stati portati con un pullman privato dalla sede universitaria alla collina che circonda Torino, dove hanno sede l'Osservatorio Astrofisico e il Planetario. Nell'ambiente proprio della ricerca si sono tenuti 3 laboratori, che hanno costituito l'applicazione pratica delle lezioni teoriche tenute in mattinata presso la sede universitaria.

L'osservazione del Sole attraverso i telescopi ha consentito di proseguire il discorso sull'interazione tra Sole e Terra. Agli studenti è stata data la possibilità di osservare la fotosfera con le macchie solari tramite lo storico rifrattore Zeiss da 13 cm di obiet-



FIG. 3. Osservazione solare della cromosfera, tramite un piccolo filtro H-alfa messo a disposizione dalla "Fondazione per la Scuola della Compagnia di San Paolo".

tivo, dotato di filtro solare neutro e, grazie a un piccolo filtro H-Alfa, la cromosfera dove erano visibili delle protuberanze.

Il secondo laboratorio è stato basato sull'analisi di una curva di luce di una binaria a eclisse. Agli studenti sono stati forniti i dati per rappresentare su carta la curva di luce e ricavare il periodo di rivoluzione del sistema. Attraverso poi l'applicazione della II legge di Keplero si è potuto risalire alla massa totale del sistema. Il calcolo delle singole masse avviene conoscendo lo spostamento delle righe di assorbimento. Nel prossimo paragrafo il percorso proposto per l'analisi della curva di luce viene discusso in dettaglio: sono riportati i particolari dei dati forniti e dei calcoli che gli studenti hanno dovuto eseguire, divisi in gruppi, sotto la guida del tutor.

Il terzo ed ultimo laboratorio ha permesso agli studenti di ripercorrere, attraverso l'analisi del materiale fornito, uno dei primi metodi utilizzati per ricavare la legge di Hubble e l'omonima costante.

### Analisi di una curva di luce

L'analisi fotometrica di una curva di luce è una pratica comune per lo studio di serie storiche di dati astronomici; si sviluppa proprio con la scoperta delle stelle variabili dalla fine del XVI secolo e resta un metodo d'indagine potente e insostituibile utilizzato anche per la ricerca di pianeti extrasolari. Desideriamo approfondire proprio questo laboratorio poiché illustra la filosofia utilizzata nella preparazione della Masterclass.

Per la preparazione dei laboratori si è tenuto conto dei programmi scolastici, normalmente visibili anche via web, dei licei scientifici e classici. Inoltre

le leggi di Keplero sono frequentemente incluse anche nei piani formativi degli istituti a indirizzo tecnologico e trattandosi storicamente di scoperte scientifiche che introducono alla sintesi newtoniana e alla crisi del pensiero aristotelico (rivoluzione copernicana) possono essere viste in varie prospettive multidisciplinari.

Obiettivo del percorso è la determinazione delle masse delle componenti del sistema binario in esame attraverso l'analisi della curva di luce, di cui sono forniti i dati; l'analisi della curva di luce può anche permettere il riconoscimento del tipo di sistema in oggetto, ma questo costituisce un passo opzionale dell'esercitazione perché richiede conoscenze ulteriori non note in precedenza agli studenti.

L'esercitazione parte dalle conoscenze dello studente per applicarle all'analisi delle curve di luce. Le variabili richieste per ricavare, dalla II legge di Keplero, la massa totale del sistema (somma delle masse delle due componenti), sono il periodo di rivoluzione e il semiasse dell'orbita (che è fornita come dato nell'esercitazione). La ricerca del periodo avviene graficamente, tracciando su di un foglio di carta millimetrata i punti della curva di luce, espressi come valore della magnitudine in funzione del tempo.

Durante le lezioni che hanno preceduto i laboratori era stato introdotto il concetto di magnitudine, che è la grandezza normalmente utilizzata in astronomia per indicare la luminosità delle stelle. Si è sottolineato come la magnitudine diminuisca numericamente al crescere della luminosità stessa. Questo fatto, pur compreso in fase teorica, ha costituito un parziale problema al momento della realizzazione del grafico. Si è notato anche come gli studenti, che sono stati invitati a lavorare in gruppo, trovino alcune difficoltà nella scelta della scala adatta a rappresentare utilmente i dati, mentre non trovino difficoltà a posizionare successivamente i punti sul grafico cartesiano. L'ostacolo più grosso è stato disegnare le barre d'errore (cosa cui autonomamente non pensano) e tracciare la curva che meglio si adatta ai dati sperimentali, sostituita spesso con una semplice spezzata congiungente i punti individuati sul grafico: gli allievi devono pertanto essere seguiti nel tracciare la curva continua che passa in prossimità delle misurazioni ed entro le barre di errore. Il periodo viene determinato dalla distanza temporale fra due minimi principali successivi, facilmente identificabili sulla curva. Durante la lezione della mattina erano stati descritti i modi per distinguere nei dati la presenza di eclissi e di transiti.

L'applicazione della II legge di Keplero porta a questo punto al calcolo della massa complessiva del sistema. L'obiettivo è, però, la determinazione delle singole masse e la seconda parte del laboratorio richiede maggior capacità matematiche e nozioni di fisica non presenti in tutti i piani scolastici.

Dallo spostamento delle righe di assorbimento si ricava la massima velocità radiale delle componenti

ed è necessario a questo punto utilizzare l'effetto Doppler (che era stato presentato durante la lezione e ricordato durante il laboratorio stesso). È necessario poi richiamare il significato di baricentro di un sistema, ricordarne la posizione rispetto alle masse, e ribadire come la velocità angolare sia comune alle due stelle in rotazione intorno al comune centro di massa. Tutto questo percorso porta gli studenti ad avere a disposizione una seconda equazione in cui compare il rapporto delle masse delle componenti del sistema binario. Si sollecitano quindi gli allievi alla soluzione del sistema di due equazioni in due incognite, raggiungendo così il risultato cercato: la massa delle componenti viene a questo punto espressa in funzione della massa del Sole, come si usa in astronomia.

Si è riscontrato come l'applicazione delle tecniche di calcolo non introduca particolari difficoltà; possiamo supporre che ciò sia conseguenza sia del fatto che gli studenti partecipanti sono pur sempre frutto di una selezione, sia perché in tutta l'attività viene favorito il lavoro di gruppo.

### Conclusioni

La Masterclass di Astronomia e Astrofisica, che si tiene da alcuni anni per iniziativa del corso di studi

in Fisica dell'Università degli Studi di Torino, è un equilibrato esercizio che introduce anche ad argomenti di novità nell'astrofisica contemporanea (cosmologia, *space weather*, *exoplanet*, ecc.), ma utilizza essenzialmente conoscenze apprese dagli studenti durante il loro percorso scolastico.

La scelta fatta in questi anni ha privilegiato la determinazione della massa delle componenti di un sistema binario, per evidenziare cosa sia possibile ricavare attraverso la conoscenza di formule già presentate nel corso di fisica standard: posizione del baricentro, leggi di Keplero, legge di gravitazione universale, effetto Doppler, ecc. Altre scelte potrebbero ovviamente essere possibili e si sta pensando di introdurre nuovi argomenti in future edizioni della Masterclass, pur restando invariata la finalità complessiva e il tipo di impostazione data in questi anni, che ha fino ad ora permesso di soddisfare le aspettative degli studenti e degli insegnanti coinvolti.

### Referenze bibliografiche

D. B. HOFF, L. J. KELSEY, J. S. NEFF, *Activities in Astronomy*, Dubuque, Iowa Kendall/Hunt Publishing Company, 1996.

*International Particle Physics Outreach Group*, <http://ippog.web.cern.ch/>.

---

**Daniela Marocchi**, laureata con lode in Fisica presso l'Università di Torino, ha svolto per anni ricerca in campo astrofisico e in particolare nell'ambito della fisica solare. Referente locale del Progetto Lauree Scientifiche (ora Piano Nazionale per le Lauree Scientifiche), ha svolto molte attività rivolte all'orientamento degli studenti di scuola superiore e alla formazione degli insegnanti. Dopo il periodo di Presidenza del corso di Studi in Fisica, anche l'attività di ricerca si è spostata su tematiche di interesse didattico, in particolare rivolte alla diffusione delle conoscenze in ambito astronomico e astrofisico.

**Alberto Cora**, lavora dal 1989 all'Osservatorio Astrofisico di Torino - Istituto Nazionale di Astrofisica. Appassionato di astronomia fin dall'età di sette anni, pubblica articoli di divulgazione astronomica dal 1983, è autore de *L'atlante celeste* di «l'Astronomia», stampato in 17000 copie nel 1998. Dal 2011 è il responsabile per l'educazione e attività pubbliche INAF-OATO. Membro della Società Astronomica Italiana e dell'International Astronomical Union.