

Misurare crateri e montagne lunari: progetto, osservazioni, misure, monitoraggio, focus group. Il progetto LERU - Kids University 2005 all'Università degli Studi di Milano

D. Cenadelli, M. Damasso, A. Testa, P. Tucci

*Università degli Studi di Milano, Istituto di Fisica Generale Applicata
Milano, Italia*

A. Cerroni

*Università di Milano-Bicocca, Dipartimento di Sociologia e di Ricerca sociale
Milano, Italia*

Riassunto. Nell'ambito del Progetto Europeo *Kids University* promosso dalla League of European Research Universities (LERU), l'Università degli Studi Milano ha proposto a 60 studenti nella fascia d'età 10–12 anni di osservare la Luna al fine di misurarne l'altezza delle montagne e il diametro dei crateri. Gli studenti hanno svolto una vera attività osservativa al telescopio e sono stati messi in grado di collegare i concetti matematici e geometrici appresi in ambito scolastico al contesto di misure di grandezze fisiche. L'iniziativa è stata realizzata presso il Museo Astronomico di Brera e particolare rilevanza è stata data al contesto storico: infatti le montagne e i crateri lunari furono osservati per la prima volta da Galileo Galilei nel 1609, il quale propose un metodo per la loro misura sul quale si basa in parte quello che noi abbiamo fatto conoscere agli studenti. I risultati dell'attività sono stati presentati dagli stessi studenti a loro coetanei in un affollatissimo incontro. Alcuni studenti della scuola "Sabin" di Segrate (Milano), sotto la guida di loro insegnanti, hanno inoltre realizzato un documentario sull'esperienza. Infine è stato condotto un *focus group* per valutare l'impatto dell'iniziativa sui partecipanti.

Abstract. In the context of the European Project *Kids University* promoted by the League of European Research Universities (LERU), the Università degli Studi in Milan has proposed to 60 ten-to-twelve-year-old students to carry out observations of the Moon with a telescope in order to measure the height of its mountains and the diameter of its craters. The students have thus made a real observational activity and they have been requested to connect the mathematical and geometrical concepts they have learned at school to the context of physical measures. The initiative has been carried out at the Brera Astronomical Museum and its historical meaning has been emphasized: in fact lunar mountains and craters were firstly observed in the 1609 by Galileo Galilei who suggested a method, for their measurements, which has been partially used by the students. The students who have participated in the initiative presented it to kids of their own age in a very crowded meeting. Further, some students of the school "Sabin" in Segrate (Milan), with the help of their teachers, have made a video documentary about the experience. Finally, a focus group has been carried out to evaluate the impact of the initiative upon the participants.

1. Introduzione

L'acronimo LERU indica la *League of European Research Universities* ⁽¹⁾, un consorzio di 20 università europee di cui fa parte l'Università degli Studi di Milano. Per l'anno 2005 LERU ha promosso un progetto chiamato *Kids University*, con lo scopo di avvicinare i ragazzi di età compresa tra 10 e 12 anni al mondo della ricerca scientifica. Il progetto prevedeva che ogni università coinvolta progettasse e promuovesse un'iniziativa di comunicazione della scienza focalizzata su una o più discipline scientifiche, come le scienze ambientali, la fisica delle particelle, la robotica e l'astronomia. Ogni università ha adottato propri metodi di comunicazione e approccio ai ragazzi coinvolti. Ci sono state lezioni, conferenze, ma soprattutto attività di tipo osservativo e sperimentale.

Il progetto *Kids University* ha avuto come obiettivo di mostrare come funziona il modo della ricerca scientifica di base coinvolgendoli in progetti che prevedessero la realizzazione di un programma di ricerca scientifica adeguato alle conoscenze e alle attitudini di studenti nella fascia d'età considerata.

Per l'Università degli Studi di Milano hanno aderito al progetto l'Istituto di Fisica Generale Applicata e il Dipartimento di Fisica. L'Istituto ha focalizzato la propria proposta su un tema di astronomia mentre il Dipartimento si è occupato della fisica di luce e materia. Nel seguito ci riferiremo alla proposta dell'Istituto che ci ha visto direttamente coinvolti ⁽²⁾.

L'edizione 2006 del progetto LERU - *Kids University*, è stata allargata alla fascia d'età 10–15 anni. Il progetto prevedeva un tema comune per tutte le università partner del consorzio —i cambiamenti climatici— che ogni università ha declinato secondo le modalità che le sono proprie. L'Istituto di Fisica Generale Applicata dell'Università degli Studi di Milano, che ospita un gruppo di ricerca in Storia della Fisica e dell'Astronomia e uno in Fisica dell'Atmosfera, ha lavorato sul tema “Impatti asteroidali e cambiamenti climatici”.

Il presente lavoro ha il duplice scopo di spiegare le modalità di esecuzione dell'esperienza del 2005, anche al fine di suggerirne una ripetizione a chi fosse interessato, e di riferire del lavoro di monitoraggio e di analisi, svolto al termine dell'esperienza, sulla percezione che i ragazzi partecipanti hanno ricavato della scienza e in particolare dell'astronomia, dei suoi metodi e delle sue finalità.

2. L'esperienza proposta

2.1. Il contesto e le finalità

La nostra scelta di proporre un'attività legata all'astronomia ha posto immediatamente un problema: evitare di ridurre l'esperienza a un semplice ciclo di conferenze su

⁽¹⁾ <http://www.leru.org/>.

⁽²⁾ Il sito dell'Istituto di Fisica Generale Applicata – Sezione di Storia della Fisica ospita alcune pagine Web dedicate al progetto, in cui è possibile trovare materiali didattici utilizzati durante l'esperienza, immagini e contributi audio che forniscono un'interessante testimonianza sullo svolgimento dell'intera attività: www.brera.unimi.it/lerukids/intro.htm.

qualche tema di sicuro richiamo, quale ad esempio l'origine e l'evoluzione dell'universo oppure i buchi neri. Volevamo invece assecondare la naturale curiosità dei ragazzi progettando ed elaborando una proposta che comprendesse una parte sperimentale legata all'osservazione astronomica.

Questo è stato possibile grazie al fatto che la Sezione di Storia della Fisica dell'Istituto di Fisica Generale Applicata è coinvolta nella gestione del Museo Astronomico di Brera del quale costituisce parte integrante una storica cupola per le osservazioni del cielo in cui è alloggiato il telescopio Merz, costruito negli anni 1862–63 e ivi installato nel 1875. Questo telescopio fu voluto dall'astronomo Giovanni Virginio Schiaparelli (1835–1910) che lo utilizzò, in particolare, per eseguire le celebri osservazioni del pianeta Marte [1]. Lo strumento, recentemente restaurato e oggi perfettamente funzionante, è un rifrattore classico (doppietto di Fraunhofer) di 22 cm di apertura e 3.15 m di focale ($f/15$), capace di prestazioni notevolissime nonostante i 140 anni d'età [2]. Potendo sfruttare le grandi potenzialità didattiche offerte dalla logistica e dalla strumentazione a nostra disposizione, abbiamo progettato un'esperienza incentrata sulla Luna, un corpo celeste che al telescopio mostra anche ad un occhio inesperto un grandissimo numero di dettagli. In particolare, abbiamo proposto un'attività finalizzata a misurare la dimensione dei crateri e l'altezza delle montagne lunari.

La scelta di questo tema permette di soddisfare le seguenti istanze:

- lo svolgimento di una vera attività osservativa tramite l'utilizzo di un telescopio;
- la misura di grandezze fisiche sia in maniera diretta (crateri) che indiretta (montagne);
- l'applicazione in un contesto fisico di concetti matematici e geometrici noti agli studenti;

e di perseguire le seguenti finalità:

- avvicinare i giovani studenti alla conoscenza delle metodologie della ricerca astronomica (uso del telescopio) e delle sue difficoltà (presenza di turbolenza atmosferica, necessità di scegliere momenti adatti all'osservazione);
- introdurli ai concetti e ai problemi legati all'esecuzione di misure di grandezze fisiche;
- far comprendere loro il significato fisico e il valore metodologico dei concetti matematici e geometrici studiati.

Inoltre, la possibilità di condurre l'iniziativa in un ambiente storicamente caratterizzato dà la possibilità di comunicare e fare apprezzare anche il significato storico dell'esperienza proposta: le montagne e i crateri lunari furono osservati per la prima volta, con cannocchiale, da Galileo Galilei nel 1609, il quale propose un metodo per la loro misura sul quale si basa quello che noi abbiamo fatto conoscere ai ragazzi.

Seguire un approccio storico nella didattica della scienza presenta diversi vantaggi che in letteratura sono stati riconosciuti sia dagli storici che dagli stessi scienziati [3]. Tra questi, fornire una migliore comprensione non solo dei concetti ma anche di che cosa sia la scienza e in che cosa consista il suo progresso e il suo valore rapportato all'insieme delle attività umane entro un certo contesto storico, sociale e culturale.

2.2. I destinatari

I destinatari sono stati studenti di età compresa tra i 10 ei 12 anni. L'Istituto di Fisica si è inserito naturalmente nel contesto del progetto *Kids University* in quanto vanta una lunga esperienza di proposte didattiche al pubblico di questa fascia d'età nell'ambito dell'iniziativa di diffusione di cultura scientifica *Storia e Scienza a Brera*. Quindi abbiamo potuto contare su collaboratori, laureati in fisica, con la preparazione adatta a condurre l'iniziativa e su un gran numero di contatti e conoscenze con scuole medie potenzialmente interessate.

L'esperienza è stata pensata come un laboratorio indirizzato a studenti, di diverse scuole, selezionati dai professori. Il numero di posti è stato fissato per ragioni logistiche in 35 persone, ma sono pervenute richieste per un totale di 60–70 studenti. Si è allora deciso di “raddoppiare” l'esperienza conducendone due edizioni in parallelo per offrire a tutti gli aspiranti la possibilità di partecipare.

Si sono quindi formati due gruppi di circa 30 ragazzi ciascuno, costituiti da studenti di 6 scuole di Milano e *hinterland*. L'interazione con i coetanei di altre scuole ha costituito un ulteriore motivo di interesse, nella misura in cui ha permesso agli studenti di mettere in comune le proprie conoscenze e di porre a confronto i diversi sistemi di insegnamento. Nel contempo, gli insegnanti che hanno accompagnato e seguito costantemente gli alunni durante l'esperienza hanno potuto scambiare opinioni e impressioni.

Il progetto *Kids University* proponeva inoltre in maniera esplicita il coinvolgimento dei genitori dei ragazzi. Alcuni di essi hanno seguito l'esperienza per intero. Questo coinvolgimento obbedisce alle due finalità di favorire la disseminazione della cultura scientifica anche al di fuori della fascia d'età scolare e di comprendere come essa venga percepita e rielaborata all'interno del contesto familiare. Le modalità di interazione genitori-figli a questo proposito costituiscono sicuramente un ulteriore interessante campo di indagine.

2.3. I contenuti

Abbiamo scelto di dedicare la nostra iniziativa alla Luna principalmente per due motivi: è un corpo celeste facile da osservare ed è ben osservabile anche da un sito molto compromesso dall'inquinamento luminoso quale il centro di Milano, ove si trova il Museo Astronomico. La Luna mostra, anche usando un piccolo telescopio, un grandissimo numero di dettagli della sua superficie: i crateri con i bordi in rilievo, le montagne, le rugosità, gli avvallamenti, “i mari”. Si è proposto agli studenti che hanno partecipato all'esperienza di misurare la dimensione in km dei crateri lunari e l'altezza delle montagne. Naturalmente esistono crateri di dimensioni molto varie, e lo stesso dicasi per le montagne. Si è proceduto quindi alla misura di un buon numero di essi per capire quali siano le dimensioni tipiche e quali quelle minime da noi percepite, che dipendono dalle condizioni della serata di osservazione oltre che dallo strumento utilizzato.

Per svolgere un'attività come quella da noi proposta è consigliabile utilizzare un telescopio di almeno 8 cm di diametro se rifrattore, o di 12–15 cm se riflettore. Utilizzare un telescopio con le adeguate caratteristiche può però non essere sufficiente a ottenere i migliori risultati. Esiste un fattore limitante non trascurabile costituito dalla turbolenza atmosferica che, se elevata, può precludere la possibilità di osservare

dettagli fini anche con telescopi di grande diametro. Un punto importante dell'esperienza è quindi quello di mostrare come scegliere la serata più adatta per le osservazioni in base alle condizioni atmosferiche.

Ma non solo. Ai fini della nostra attività i crateri da misurare devono trovarsi nella regione centrale del disco lunare perché solo questi sono visti frontalmente e non di taglio, evitando così errori dovuti alla prospettiva di osservazione. Inoltre, è necessario che le ombre proiettate dalle montagne e dai crateri siano ben visibili sulla superficie della Luna, così da poterli distinguere con chiarezza e permettere la corretta applicazione del metodo di misura. Ciò avviene quando essi sono illuminati con luce radente. Per questa ragione la Luna deve essere osservata indicativamente da 1 a 3 giorni dopo la fase di Primo Quarto, quando la regione centrale del disco è illuminata nel modo migliore.

Per svolgere l'esperienza è necessario raccogliere fotografie della Luna al telescopio. A questo punto, tramite l'applicazione di semplici proporzioni, si può ottenere il diametro di un cratere. Infatti, noto il diametro vero della Luna (D), misurando sull'immagine il suo diametro (d) e quello di un cratere (c), si ricava il diametro vero del cratere (C) dalla proporzione:

$$d : D = c : C \Rightarrow C = c \times D/d.$$

Per le montagne, le cose sono un po' più complicate dato che non possiamo misurarne l'altezza direttamente. Ci si accorge della presenza delle montagne tramite le ombre che esse proiettano sulla superficie, per cui sono queste che vanno misurate sull'immagine e i dati così raccolti possono essere elaborati per risalire all'altezza delle montagne. Detta o la lunghezza dell'ombra sulla fotografia ⁽³⁾ e O quella reale abbiamo:

$$d : D = o : O \Rightarrow O = o \times D/d.$$

Ora è possibile risalire all'altezza delle montagne con un ragionamento geometrico. Per dedurla conoscendo la lunghezza della sua ombra, dobbiamo conoscere l'altezza α del Sole sull'orizzonte nella regione centrale della Luna. Essa è pari all'angolo di fase percorso dalla Luna tra il momento del Primo Quarto e il momento dell'osservazione (fig. 1).

Una volta noto α , possiamo trovare l'altezza della montagna con una formula trigonometrica o, più semplicemente, utilizzando le proprietà dei triangoli simili (fig. 2). Nota infatti la lunghezza dell'ombra sulla Luna (AB in figura), possiamo disegnare un triangolo rettangolo simile a ABC in una scala fissata (per esempio 1 : 100000, 1 cm sul disegno corrisponde a 1 km nella realtà) in cui un cateto rappresenta l'ombra e l'angolo che esso forma con l'ipotenusa è α , così che il cateto opposto, corrispondente a BC, dà l'altezza della montagna nella scala adottata.

⁽³⁾ L'ombra va misurata lungo la retta congiungente cratere-Sole, passante per il centro del cratere.

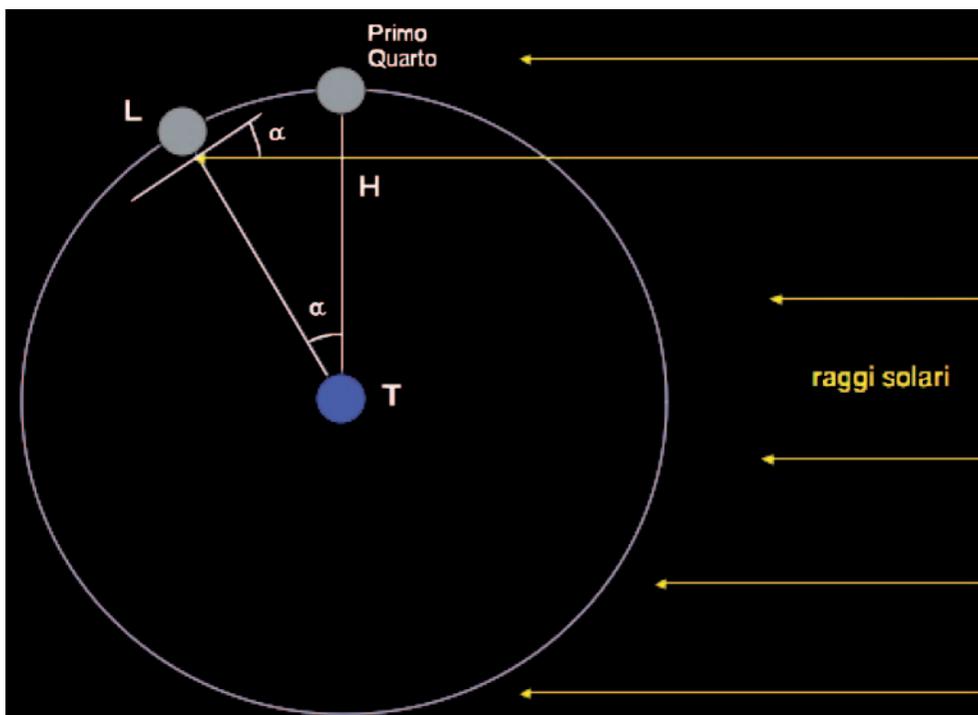


Fig. 1. - L'angolo α di inclinazione dei raggi solari sull'orizzonte lunare nella regione centrale della Luna è pari all'angolo di fase corrispondente al percorso orbitale della Luna tra il Primo Quarto, quando tale inclinazione è nulla, e il momento dell'osservazione (posizione L).

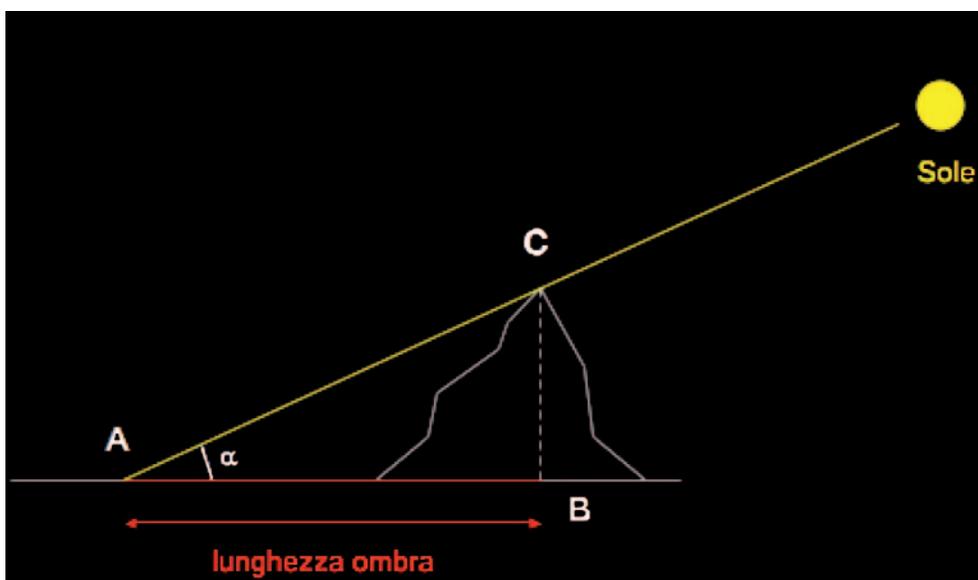


Fig. 2. - Il triangolo che occorre disegnare in scala su un foglio di carta e dal quale ricaviamo l'altezza della montagna lunare è simile al triangolo ABC che esiste sulla Luna.

Come si può vedere, l'intero procedimento richiede l'applicazione di un concetto matematico, le proporzioni, e di uno geometrico, i triangoli simili. Ci sembra interessante il fatto che i ragazzi abbiano colto la potenzialità dei concetti geometrici per interpretare i fenomeni del mondo reale: ad un triangolo costruito con carta e matita in classe (vedi sezione 3.3) corrisponde un triangolo sulla Luna di cui misuriamo i lati.

3. L'esecuzione dell'esperienza

3.1. Le lezioni introduttive

L'esperienza osservativa è stata preceduta da tre incontri introduttivi, ciascuno svolto sotto forma di lezione frontale coadiuvata dalla proiezione di un ipertesto, modalità attiva da molti anni all'interno delle conferenze proposte dal nostro Istituto nell'ambito di *Storia e Scienza a Brera* e che si è dimostrata efficace nel favorire l'interazione con gli studenti.

Le tre lezioni hanno riguardato:

- 1) Una presentazione generale della Luna sia dal punto di vista dei suoi moti (moto di rivoluzione, ciclo delle fasi, visibilità in cielo, eclissi) che dal punto di vista della struttura (struttura interna, morfologia superficiale, assenza di atmosfera). Alcuni di questi concetti, in particolare il ciclo delle fasi e la morfologia superficiale, sono fondamentali per una comprensione del lavoro da svolgere.
- 2) Un'introduzione all'uso del telescopio e all'osservazione del cielo. Discutendo le proprietà di un telescopio e le problematiche connesse all'osservazione si è cercato di suggerire ai ragazzi l'importanza di un corretto uso della strumentazione e di una accorta scelta delle condizioni migliori per ottenere buoni risultati sperimentali. Questa parte è stata integrata con un'introduzione generale al cielo e alle costellazioni che ha riscosso molto interesse.
- 3) La descrizione delle misure da svolgere e delle modalità della loro esecuzione.

Ciò che abbiamo constatato durante lo svolgimento di questa parte introduttiva dell'attività è stato il vivo interesse degli studenti manifestato attraverso una serie di domande legate alla Luna che hanno portato a discutere temi al di là delle informazioni di base che puntavamo a trasmettere con le lezioni. Molte di queste hanno riguardato la natura della superficie lunare e dei suoi "mari" e "monti": i ragazzi sono stati molto colpiti dal fatto che non ci sono atmosfera e attività geologica che possono modificarli nel tempo. C'è stato interesse ad approfondire la natura dei crateri: perché hanno dimensioni così diverse? Perché alcuni hanno una forma più allungata? Perché hanno profondità diverse? Conseguentemente sono nate domande inerenti la natura dei meteoriti e degli impatti con la superficie di pianeti con e senza atmosfera. Ha molto colpito la parte delle lezioni dedicata alle missioni spaziali, in cui abbiamo trattato, in particolare, i risultati ottenuti dalle sonde Clementine (1994) e Lunar Prospector (1998) sulla composizione chimica della superficie lunare.

Va inoltre sottolineato un aspetto interessante: i ragazzi hanno dimostrato di aver compreso che concetti geometrici quali l'angolo che definisce l'altezza del Sole

sull'orizzonte e la lunghezza delle ombre possono essere applicati per giungere a dei risultati anche operando su un corpo celeste diverso dalla Terra.

La partecipazione dei genitori non è stata numericamente significativa. Malgrado ciò (trattandosi la nostra di un'esperienza pilota in questo senso), sul coinvolgimento dei genitori in simili attività occorre investire molto in futuro. Allargare il numero dei partecipanti inserendo elementi vicini agli studenti rappresenta sicuramente uno stimolo importante per quel reciproco scambio di idee che porta a rielaborare e approfondire i contenuti dell'esperienza. Anche se in casi sporadici, abbiamo infatti potuto osservare che quanto più un genitore si è dimostrato un valido interlocutore, tanto più i figli hanno mostrato attenzione e seguito con curiosità e profitto il lavoro assegnato loro.

3.2. Le osservazioni

Le osservazioni sono state svolte nell'arco di alcune serate. Per la ripresa delle fotografie lunari è stato attrezzato un telescopio apposito, non il Merz che ha una lunghezza focale troppo elevata e non potrebbe inquadrare per intero la Luna. Il telescopio storico è stato riservato all'osservazione propedeutica alla ripresa di immagini: con esso i ragazzi hanno potuto ammirare moltissimi dettagli lunari che hanno poi ritrovato sulle fotografie da loro scattate.

La possibilità di utilizzare un telescopio ha comprensibilmente entusiasmato i ragazzi ben al di là delle misure da effettuare anche perché durante le serate sono stati osservati sia Giove che Saturno. Simile entusiasmo è stato rilevato anche nei genitori e negli insegnanti, ma dobbiamo sottolineare che da parte di alcuni genitori, anche da questo punto di vista, è mancata quella partecipazione attiva all'esperienza che ci si auspicava, poiché la maggior parte di essi si è limitata al ruolo di semplici osservatori (altri si sono invece dimostrati ottimi interlocutori per tutta la durata dell'iniziativa).

L'utilizzo di due telescopi è stato stabilito *a priori* anche per evitare che questo atteggiamento degli studenti, piuttosto prevedibile, potesse distogliere troppo la loro attenzione dallo scopo dell'esperienza. Per coinvolgere il più possibile i ragazzi e calarli nelle vesti di giovani scienziati abbiamo strettamente collaborato con loro nella scelta dei parametri di esposizione e nella messa a fuoco e abbiamo fatto scattare a ognuno di loro almeno una foto. Le migliori sono state stampate e consegnate ai ragazzi in occasione dell'incontro dedicato all'acquisizione e all'analisi dei dati, descritto nella prossima sezione.

3.3. Le misure

Per acquisire i dati i ragazzi hanno avuto a disposizione le foto della Luna e su di esse hanno fatto le misure seguendo il metodo descritto nella sezione 2.3 utilizzando righelli, squadre e calcolatrici. I ragazzi sono stati divisi in gruppi di 4, 5 elementi appartenenti a una stessa scuola, ognuno seguito da una professoressa o da uno dei responsabili dell'Istituto. Sono stati così guidati attraverso i calcoli, per loro non semplici ma che nel complesso sono stati compresi bene. Ogni gruppo è stato libero di scegliere alcuni crateri e alcune ombre da misurare dopodiché, una volta fornita una stima dell'angolo α corrispondente alla posizione sul disco lunare del cratere scelto, gli studenti han-

no fatto i calcoli. Sebbene fosse stato mostrato ai ragazzi come stimare α , si è preferito fornirne direttamente noi il valore per non appesantire eccessivamente il lavoro.

Sono stati misurati 15 tra crateri e montagne. I valori trovati spaziano dalla decina ai 150–200 km di diametro per i crateri e dai 2.4 agli 11 km di altezza per le montagne. I valori di circa 10 chilometri di diametro corrispondono a dimensioni angolari di 5''–6'': in condizioni di *seeing* di 2''–3'' crateri di quelle dimensioni sono effettivamente i più piccoli aventi una dimensione ben percettibile.

I valori trovati sono da considerarsi corretti se riferiti a quelli tipici lunari; presi singolarmente, differiscono del 10–20% dai valori ufficialmente accettati per quanto riguarda i crateri ⁽⁴⁾, e del 20–30% per quanto riguarda le montagne (anche in conseguenza dell'imprecisione nell'angolo α).

Per dare ai ragazzi un termine di paragone utile a comprendere le misure ottenute, sono state individuate su una cartina della Lombardia distanze simili ai diametri dei crateri analizzati: dal diametro della città di Milano alla distanza tra Milano e Mantova.

4. La conclusione del progetto: gli incontri finali

Il progetto LERU - *Kids University* prevedeva che si tenessero due eventi finali: uno nelle singole università interessate (a Milano si è tenuto il 7 novembre 2005 nell'Auditorium dell'ISU), l'altro allargato ai rappresentanti di tutte gli atenei affiliati alla LERU e che si è svolto a Bruxelles il 23 novembre 2005. Quest'ultimo ha avuto una rilevanza prevalentemente istituzionale, mentre quello tenutosi a Milano ha visto il coinvolgimento dei partecipanti al progetto che hanno avuto modo di presentare il proprio lavoro a un pubblico di circa 400 coetanei accompagnati dai propri insegnanti provenienti da diverse scuole medie.

L'incontro è stato organizzato insieme agli studenti partecipanti e si è svolto secondo due sessioni. Nella prima alcuni ragazzi, su base volontaria, hanno accettato di esporre il contenuto dell'esperienza ai loro coetanei avvalendosi di una presentazione PowerPoint da loro preparata insieme ad alcuni compagni e discussa in un incontro appositamente organizzato in precedenza. Organizzando la sessione in questo modo abbiamo voluto che gli studenti concludessero il loro lavoro calandosi fino in fondo nei panni dei ricercatori scientifici, terminando perciò il loro lavoro con un'esposizione ai propri "colleghi" dei risultati ottenuti seguita da una discussione.

La seconda sessione è stata dedicata alla presentazione e alla proiezione di un documentario sull'esperienza. Il film "Misuriamo la Luna", della durata di circa 20', è stato realizzato interamente dagli alunni e dai professori della scuola media "Sabin" di Segrate (Milano), coinvolta nel progetto. Il coinvolgimento dei responsabili dell'Istituto si è limitato, in questo caso, a fornire la consulenza scientifica necessaria alla stesura della sceneggiatura e dei dialoghi. Il film ha come protagonisti i ragazzi stessi che, avvalendosi di immagini di repertorio e di numerose riprese effettuate durante

⁽⁴⁾ Ad eccezione dei più piccoli, affetti da un errore maggiore come ci si poteva aspettare.

le lezioni e le osservazioni astronomiche, spiegano in modo originale e avvincente il significato dell'esperienza, i suoi contenuti e le modalità con cui è stata condotta. Si tratta perciò di un documento prezioso a disposizione di altri insegnanti che possono utilizzarlo come efficace strumento didattico per riproporre l'esperienza alle loro classi. Infatti, per non rimanere circoscritti all'interno di un progetto, ma per fare in modo che l'attività acquisti un significato più profondo attraverso un'opera di disseminazione in scuole che non hanno potuto parteciparvi, copie del film sono a disposizione degli insegnanti che ne facciano richiesta. Una versione breve di 6'-7' del film è stata poi realizzata per essere spedita a Bruxelles ove è stata proiettata insieme ai contributi giunti dalle altre università ⁽⁵⁾.

In questo contesto va sottolineato che il nostro è stato l'unico caso di film realizzato dai ragazzi che ha documentato per intero l'esperienza. Le altre università hanno deciso di ricorrere a documenti audio-video più tradizionali, quali semplici resoconti degli eventi finali nazionali.

5. Valutazione dell'impatto dell'esperienza sui partecipanti

5.1. Le modalità sperimentali

La modalità individuata è stata un *focus group*, nel quale sono stati suddivisi in modo netto i ruoli degli sperimentatori.

I partecipanti, 8 studenti del secondo e terzo anno della scuola secondaria di primo grado, provenienti a coppie da diverse scuole, sono stati coinvolti per un'ora e mezza in attività guidate volte a far emergere l'immagine di astronomia, di astronomo, il concetto di osservazione e l'idea di scienza in modo naturale e tramite il gioco piuttosto che attraverso domande dirette, più facilmente fuorvianti perché intese come interrogazione o esame.

Il *team* in aula è stato composto da 3 persone, per fornire gli stimoli su computer, incalzando i ragazzi con domande preventivate o stimolate dall'andamento comunicazionale del *focus group*, appuntando le idee espresse dai ragazzi su una lavagna a fogli mobili, osservando il gruppo e l'evolvere delle sue dinamiche comunicazionali e relazionali. Oltre alla registrazione integrale, nella *traccia* del *focus group* sono stati annotati i dettagli più rilevanti dello svolgimento, evidenziando chi diceva cosa, in modo da non perdere particolari preziosi della conversazione che sarebbero potuti sfuggire alla registrazione.

La registrazione, infatti, è stata realizzata volutamente con mezzi semplici, in modo artigianale, ponendo un normale registratore con microfono incorporato al centro dei ragazzi e lasciandoli liberi di parlare anche contemporaneamente.

Si è proceduto a suddividere il *focus group* in fasi ben distinte, della durata di circa 15 minuti ciascuna, per un totale preventivato di 1,5 ore circa.

⁽⁵⁾ Anche la realizzazione e proiezione a Bruxelles di uno "short film" era esplicitamente previsto nel progetto *Kids University*.

5.2. Il focus group

All'arrivo in aula abbiamo trovato 4 studenti disposti a rimanere le 2 ore (circa) preventivate, un paio di altri solo per un'ora, altri 2 "in fuga", assieme ai loro genitori (2 mamme). Si è, dunque, dovuto valutare sul momento se poter continuare o meno. Insistendo un poco con i ragazzi e dando l'avvio il più rapidamente possibile alla fase di riscaldamento, siamo riusciti a bloccare gli 8 ragazzi, mentre abbiamo congedato i due genitori, in quanto impossibile svolgere il lavoro preventivato e, anzi, con il timore di avere una pressione in grado di disturbare il lavoro.

Il *focus group* si è alla fine svolto in 6 fasi, concentrandosi su 4 temi: l'astronomia, l'astronomo, l'osservazione e la scienza.

Fase 1: riscaldamento

All'inizio dell'incontro è stato proiettato il *trailer* del quarto episodio della serie *Harry Potter*, con lo scopo di rompere il ghiaccio e attirare l'attenzione sul fatto che l'incontro sarebbe stato informale e non a carattere didattico o accademico. I ragazzi infatti si sono seduti e hanno dimostrato interesse e stupore nei confronti di un simile *incipit*. Tutti hanno riconosciuto con entusiasmo le immagini.

Subito dopo il conduttore ha presentato se stesso e i colleghi presenti, rassicurando i ragazzi circa il fatto che l'incontro non avrebbe avuto in alcun modo carattere di esame e invitandoli a esprimere liberamente e senza inibizioni i propri pensieri. È stato precisato che la registrazione veniva fatta per comodità e per non perdere nessuna idea, ma che quanto detto sarebbe rimasto anonimo. A questo proposito si è escogitato l'espedito di chiamare ogni ragazzo con un nome di fantasia legato all'astronomia. Sono stati, quindi, distribuiti dei cartoncini colorati, ciascuno con scritto un nome accompagnato da uno schizzo del soggetto. Ogni ragazzo ne ha scelto uno, se lo è appeso al collo e ha potuto poi portarlo via con sé.

I ragazzi hanno accolto con attenzione questo primo stimolo e si sono soffermati attentamente sulle opzioni disponibili. I soggetti tra cui scegliere erano volutamente superiori per numero a quello dei partecipanti. Qualcuno ha cambiato idea dopo una prima scelta d'impulso. Altri hanno mantenuto il nome scelto. Tutti hanno chiesto di poter vedere la totalità dei cartoncini prima che la scelta fosse definitiva. I partecipanti non hanno litigato e non necessariamente il nome scelto è stato di genere concordante con il sesso del ragazzo, a testimoniare che i soggetti astronomici sono stati percepiti in modo astratto e scelti per preferenza. Sistema Solare e Telescopio, per esempio, erano ragazze.

Fase 2: "l'astronomia"

Si è quindi entrati nel vivo dei lavori. Il primo argomento, l'astronomia, è stato introdotto mostrando sul video di un computer portatile una serie di foto di oggetti celesti. È stato chiesto ai ragazzi che emozioni queste immagini suscitassero in loro. Tutti hanno osservato con attenzione e hanno timidamente avanzato qualche risposta, alzando la mano prima di prendere la parola. Sono emersi i seguenti concetti, nell'ordine:

- mistero e solitudine (non ci sono rumori, c'è silenzio);
- angoscia (si è da soli nel vuoto);

- curiosità, bellezza, novità (le foto permettono di vedere meglio, per esempio il Sole);
- lontananza, grandezza;
- serenità, paura;
- calore.

La domanda seguente, “Se doveste trovare, nella vita quotidiana, un collegamento con le immagini, quale sarebbe?”, ha suscitato perplessità generale e una sola risposta, legata al fascino della possibilità offerta dalle foto di “uscire dalla Terra”. Spostando l’argomento alle emozioni provate durante la propria personale osservazione astronomica, invece, sono state riferite sensazioni positive di bello e fantastico, l’emozione della prima volta e, contrapposte, la mutata percezione di sé come persona “più grande”, in quanto appartenente al genere umano capace di simili scoperte, o “più piccola”, in relazione all’immensità dell’universo e alla possibilità che in esso esistano altre forme di vita oltre a quelle terrestri.

Tra le immagini rimaste vive a seguito dell’osservazione sono da segnalare la grandezza di Giove, immaginato più piccolo perché molto distante, Saturno, i suoi “anelini”, e la luminosità, i colori e i particolari dell’osservazione reale rispetto a quella visibile in TV. È stato anche riferito l’avvistamento e l’identificazione di oggetti celesti a occhio nudo, per esempio di Venere.

Fase 3: “l’astronomo”

A questo punto si è passati alla seconda fase, quella ideata per identificare l’immagine che i ragazzi hanno dell’astronomo. Ancora una volta lo stimolo è stato rappresentato dallo scorrere sul video di alcune decine di immagini: volti di persone di vario sesso, età, etnia e altre caratteristiche.

È stato chiesto ai ragazzi quali dei personaggi che stavano vedendo avrebbero potuto, secondo loro, essere astronomi. Ne è emerso un quadro bizzarro di astronomo, persona di mezza età, di 40–50 anni, senza un passato né un futuro. I ragazzi in un primo momento non hanno descritto l’astronomo come una persona che sceglie questo campo come propria professione dalla gioventù alla vecchiaia. Alcuni personaggi sono quindi stati scartati con decisione perché “troppo vecchi” o “troppo giovani” per essere astronomi.

Approfondendo la conversazione sono state individuate alcune caratteristiche tipiche attribuite all’astronomo, personaggio intelligente, fortunato, che fa un bel lavoro, che non può essere troppo vecchio perché deve lavorare di notte e avere energia e attenzione acuta, penseroso, non superficiale, dotato di una curiosità superiore alla media. Dopo un ripensamento, le opinioni sull’età si diversificano da ragazzo a ragazzo. Compare il concetto di astronomo che “può avere qualunque età” o che continua anche nella vecchiaia “per passione”. La conversazione è slittata sui lavori che non verrebbero mai fatti: il classico spazzino, seguito dal più moderno badante, dal portinaio, dallo scolaro (fatto perché costretto ...) e da un curioso “quello che sta in farmacia”. Tuttavia alla domanda “Qual è allora un bel lavoro?” viene subito detto l’astronomo, seguito da calciatore, attrice e scrittore.

Si è quindi cercato di capire come, secondo i ragazzi, potrebbe essere un astronomo da piccolo. Quali i segnali tipici in un bambino che inducono a pensare che intraprenderà questa professione. Per riuscire a far emergere delle immagini e delle idee è stato necessario chiedere se conoscessero un astronomo. Non subito, è stato citato come astronomo conosciuto una persona dell'Istituto incontrata proprio durante le iniziative. Solo a questo punto, pensando a questa persona da piccolo, i ragazzi sono riusciti a immaginare qualche possibile caratteristica. Il bambino che diventerà astronomo ha un telescopio a casa, mostra interesse, è curioso e pensieroso, secondo qualcuno è molto serio, per altri è estroverso, è più intelligente degli altri e per questo può essere preso in giro, gli piace osservare il cielo, è un po' pazzo e ha la testa tra le nuvole.

Per spezzare il lavoro è stato chiesto ai ragazzi nella fase successiva di scrivere in 5 minuti una breve lettera sul tema: "Cosa diresti a un tuo amico per invogliarlo a un percorso di studi e magari a una carriera scientifica?" Al termine è stato chiesto di aggiungere uno slogan per l'astronomia. Per la gran parte i ragazzi hanno trasposto la domanda realizzando una lettera che invita un amico a diventare astronomo o a unirsi a loro nel seguire le lezioni e gli incontri a Brera, vissuti come esperienza positiva e interessante da parte di tutti, anche di coloro che vi si sono recati inizialmente di controvoglia.

Gli slogan lasciano intravedere, più che un qualche interesse specifico nei confronti dell'astronomia, taluni indizi sui registri comunicativi più funzionali.

Ecco gli slogan:

- "L'astronomia è fatta anche per te",
- "L'astronomia scopre nuovi orizzonti",
- "Affrontate questo corso perché vi divertite, imparate e poi... chissà... diventerete astronomi",
- "Provaci una volta e non ti fermerai mai più",
- "Provaci, anche tu ti divertirai",
- "Hai la testa tra le nuvole? Portala fino alle stelle con l'osservazione astronomica".

Come si vede, i ragazzi mostrano gli stimoli ai quali sono essi stessi più sensibili: vocazione personale, coinvolgimento individuale, apertura mentale, divertimento, scoperta, fantasia.

Fase 4: "osservare"

Nella terza parte dell'incontro si è passati a definire che cos'è l'osservazione attraverso un gioco di associazioni. Le parole utilizzate dai ragazzi per descrivere l'osservazione sono state, nell'ordine: divertente, interessante, facile, spaziale, intensa, nuova, bella. Per osservare occorre avere occhio, attenzione e interesse: "chi ha interesse quando guarda vede maggiori particolari" e "approfondisce con la ricerca". I ragazzi concordano che *vedere/guardare* e *osservare* sono cose diverse. Emerge ancora il concetto di interesse, che sembra percepito come cruciale nel passaggio da vedere a osservare.

"...chi è interessato vede cose diverse, guarda le stesse cose ma le vede diversamente...".

"Chi ha interesse, si fa delle domande nella mente".

Per continuare a focalizzare l'attenzione sul concetto di osservazione, è stata mostrata un'efficace immagine geometrica colorata che crea un'illusione ottica di movimento. I ragazzi si sono dimostrati incuriositi e attenti e piuttosto perplessi sull'effetto illusorio del quale si sono subito resi conto —“è fatta apposta per ingannare”. Le reazioni e i commenti sono stati vivaci e hanno avuto una spontaneità e un'immediatezza ben diversa da quella riscontrata all'inizio dell'incontro. Da ciò si può dedurre in via preliminare che, con il procedere dei lavori, si è creata un'atmosfera di gruppo non presente in partenza. I ragazzi ora non alzano più la mano, si esprimono liberamente incalzandosi l'un l'altro, come era nelle speranze e negli intenti dei coordinatori. Le fonti individuate dai ragazzi per scoprire gli eventuali inganni presenti in natura sono lo studio, la lettura e la documentazione da internet, dai libri o da persone “più brave di noi”.

Animato anche il dibattito successivo, relativo alla differenza tra scoperta e invenzione. Gli esempi di scoperte fatti dai ragazzi sono stati la Luna, l'America e il petrolio, mentre per le invenzioni hanno citato l'automobile, il computer, la ruota e la plastica, quest'ultima ricollocata dopo ripensamento da scoperta a invenzione.

Cruciale il concetto di novità, sul quale si è discusso. Qualcuno sostiene che “l'invenzione è più nuova che non la scoperta”. Emerge comunque l'idea che “l'invenzione la fai tu, la scoperta è qualcosa di già fatto da altri o di pre-esistente che tu scopri esistere perché non lo sapevi”. Molto interessante il concetto espresso dal ragazzo più timido ma che sembra decisamente il più portato, che azzarda “io scopro delle cose e poi posso sfruttarle a mio vantaggio per inventarne delle altre”. Viene a questo punto chiesto di riferire una legge matematica nota. I ragazzi si riferiscono a “ $E = mc^2$ ”. Si riscontra la presenza di idee confuse al riguardo. La legge viene citata in modo sbagliato in un primo tempo, attribuita ad “Angstrom” (?) e poi ad Einstein, definita “quella della bomba atomica”.

Addirittura nel tentativo di decidere se si tratti di una scoperta o di un'invenzione è stata ribaltata la storia “magari ha scoperto come funzionava la bomba atomica e poi è arrivato a dire $E = mc^2$ ”. Votando, i ragazzi si dividono: 3 ritengono si tratti di una scoperta, 4 di un'invenzione e 1 di entrambe le cose. Dando la possibilità di ripensarci 4 ragazzi in totale decidono che si tratta di scoperta e invenzione contemporaneamente.

Fase 5: “la scienza”

Nella quarta e ultima parte dell'incontro si è data l'opportunità di scegliere tra nove coppie di parole, quella che in ogni coppia descriveva meglio la scienza. Ancora una volta i ragazzi, ormai scaldati e coinvolti dai lavori, hanno votato velocemente alzando il cartoncino colorato del colore corrispondente alla parola desiderata. Ecco le scelte disponibili e i voti assegnati (tra parentesi):

- materna (4) / amichevole (4);
- bella (1) / utile (7);
- curiosa (5) / precisa (3);
- affascinante (8) / difficile (0);
- logica (6) / intuitiva (2);

- veritiera (6) / critica (2);
- rischiosa (3) / rassicurante (5);
- stabile (0) / mutevole (8);
- stupefacente (6) / illuminante (2).

Fase 6: commiato

L'ultimo stimolo sottoposto ai ragazzi era ideato per stimolarne la fantasia, ma solo in parte e con difficoltà ha funzionato. Alla domanda "Durante la visita all'osservatorio, immagina che una delle persone che ti ha accompagnato ti abbia messo qualcosa in tasca. Metti una mano in tasca. Che cosa hai trovato?", la prima reazione è stata di perplessità accompagnata dalla risposta "niente".

Di seguito, forse comprendendo meglio che si trattava di una simulazione e che occorreva inventare con fantasia un oggetto trovato in tasca, sono state nominate cose a caso tra le prime venute in mente, come soldi, un cellulare, un foglietto Pian piano le risposte si sono affinate. "Perché soldi"? "Per acquistare un telescopio e guardare la Luna e Venere". "Un modellino di pianeta, della Terra" "Come mai"? "Forse per farmi ricordare che la Terra è un pianeta come gli altri, che non si è ancora scoperto tutto sui pianeti e che bisogna andare avanti a scoprire". "Una grossa chiave". "E che cosa apre la grossa chiave?" "Apre una grossa porta qui a Brera" "E cosa c'è dietro"? "C'è un telescopio e degli strumenti per studiare".

Prima di congedare i ragazzi è stato chiesto se avrebbero rifatto volentieri un'esperienza con il telescopio e nello stesso ambiente di Brera. La risposta unanime è stata positiva ed entusiasta. Tutti rifarebbero un'esperienza simile, ma non identica, "con cose diverse". Qualcuno preferirebbe cambiare sede, per variare maggiormente.

5.3. Valutazione dei risultati sperimentali

Ripercorrendo le varie tappe del *focus group* per trarre delle conclusioni, è risultato piuttosto evidente che il campione di ragazzi in partenza era assai disomogeneo, formato da coppie di amici provenienti da scuole diverse. Non era presente fin dall'inizio uno spirito di gruppo che avrebbe invece potuto già esserci, considerato il fatto che tutti i ragazzi avevano appena svolto un percorso comune di incontri e di esperienze. I ragazzi si sono lasciati andare liberamente all'espressione delle proprie idee solo con difficoltà, forse timorosi proprio di scoprirsi troppo nei confronti degli altri compagni, considerati appunto estranei o forse giudici.

A questo proposito va segnalato che il ragazzo che è apparso essere il più appassionato si è spesso auto-censurato perché forse schiacciato da elementi più turbolenti e meno motivati del gruppo. Si è avuta l'impressione generale che per la prima volta i partecipanti venissero coinvolti in un'attività creativa e ludica comune e che l'esperienza di osservazione a Brera, per quanto bella e gradita, fosse rimasta un fatto personale dei singoli. Le dinamiche di gruppo sono scattate solo dopo ripetute sollecitazioni da parte dei coordinatori. La stessa fantasia dei ragazzi sembra potente ma pesante, decolla solo con fatica e avendo tempo sufficiente, producendo però risultati sorprendenti.

Inoltre, la scienza sembra essere positiva in quanto utile e affascinante, ma rimane distante dalla propria vita quotidiana (logica, veritiera, mutevole, stupefacente).

L'entusiasmo e la valutazione positiva da parte dei partecipanti nei confronti dell'esperienza, dunque, non sembrano corrispondere a una immagine di scienza vicina, amica, protagonista di una vita o di una professione fin dalla giovane età. La figura dell'astronomo, in particolare, è rimasta quasi "disincarnata", un'icona fuori dallo spazio e dal tempo, una non-persona.

Resta il dubbio che non sia stata superata la fase dello stupore e della meraviglia, un po' scontata, che relega però la scienza a una sfera affascinante ma lontana dalla vita reale.

Quasi a conferma di questa "spersonalizzazione" della figura dell'astronomo, alla domanda finale, fatta a bruciapelo, "chi di voi vorrebbe diventare astronomo", tutti hanno risposto negativamente.

In conclusione, dunque, ecco alcune indicazioni sulle quali poter lavorare ulteriormente:

- rivedere il criterio di selezione dei partecipanti per garantire la buona riuscita pedagogica dell'esperienza a Brera;
- puntare sulla formazione di uno o più gruppi fra i partecipanti per favorire la condivisione delle emozioni, il loro confronto, la costruzione di significati condivisi, di una memoria collettiva;
- coinvolgere i ragazzi nella definizione del percorso formativo, all'interno magari di una serie di opzioni;
- sollecitare la creatività attraverso giochi che coinvolgano in modo collettivo e che facciano scattare identificazione, passioni ed eventuali vocazioni nascoste;
- modulare gli interventi ricorrendo a strumenti e linguaggi comunicativi vicini a quelli per i quali sono più sensibili (immagini, multimedialità, gioco, ironia, ecc.) cercando di spostare le loro elaborazioni verso il ragionamento formale e più astratto, sul quale sembrano (molto) più carenti;
- conciliare il messaggio di (forte) stupore legato alla scienza con la sua valenza quotidiana, favorendo il coinvolgimento individuale e lo sviluppo della personalità (deficitari).

Rimane tutto da definire un intervento valutativo volto a misurare l'effetto di più lungo periodo delle esperienze fatte sull'atteggiamento verso la scienza e sulle scelte future dei ragazzi.

Bibliografia

- [1] TUCCI PASQUALE, "Giovanni Virginio Schiaparelli: an astronomer on Mars", in *Cento Anni di Astronomia in Italia (1860-1960). Atti dei Convegni Lincei 217. Convegno organizzato d'intesa con l'Istituto Nazionale di Astrofisica e il Comitato Nazionale per il IV centenario della fondazione dell'Accademia dei Lincei* (Bardi Editore, Editore Commerciale, Roma) 2005, pp. 173-208.
- [2] Segnaliamo che nello stesso ambiente è stata realizzata l'esperienza del controllo delle leggi di Keplero mediante osservazioni dei satelliti di Giove. VEDI CENADELLI D., TESTA A., "Per laboratorio il cielo", *La Fisica nella Scuola*, anno XXXIX, No. 3 (2006) pp. 122-133.
- [3] Vedi, ad esempio, HOLTON GERALD, "Can science be at the centre of modern culture?", in *Public Understanding Sci.*, **2** (1993) 291.