

Laura Francesio

AIF - sezione di Mantova, Tutor Piano ISS - presidio di Mantova, I.T.A.S. "A. Mantegna", Mantova

Gli angoli del Sole

Abstract

Cosa intendiamo quando diciamo: "Il Sole sorge/tramonta?", "Il Sole è alto/basso sull'orizzonte?"

Per rispondere a queste domande gli studenti di una prima ITAS hanno sviluppato un'attività sperimentale articolata in diverse fasi: riproduzione dell'orizzonte, osservazione delle ombre, misurazioni di lunghezze e ampiezze di angoli, realizzazione di semplici modelli.

L'unità didattica ha permesso di introdurre i concetti di: parallelismo e similitudine, punti cardinali, latitudine e longitudine, sistema di riferimento e moti relativi.

Il percorso si presta ad essere sviluppato a diversi livelli in funzione degli obiettivi didattici e del grado di scuola in cui viene proposto.

Introduzione

Questa attività laboratoriale è stata svolta da una classe prima di un Istituto Tecnico per le Attività Sociali dove, in genere, accedono studenti con poca motivazione per le discipline scientifiche essendo queste curricolari solo nel primo biennio. Tuttavia, il percorso si è rivelato stimolante e utile per realizzare qualche modesto obiettivo didattico-educativo.

Il lavoro è stato sviluppato in un'ottica sia trasversale che verticale in linea con i modelli di insegnamento-apprendimento proposti e sperimentati nell'ambito del Piano Insegnare Scienze Sperimentali (Piano ISS).

Alcune delle attività presentate in questo contributo sono state messe a punto nel gruppo di lavoro Terra e Universo (T&U) durante il primo corso di formazione per i tutor ISS (Milano, dicembre 2006).

Un percorso analogo è stato proposto a livello provinciale ai docenti delle scuole in rete afferenti al Presidio ISS di Mantova (Liceo Scientifico "Belfiore", aprile 2007).

In particolare, con la classe sono stati introdotti i primi elementi di scienza della Terra (sistema Terra-Sole) attraverso l'esecuzione di misure dirette di lunghezze e ampiezze di angoli. I risultati delle osservazioni e delle misure sono stati collegati ad alcuni concetti di geometria euclidea.

In un'ottica verticale, le attività presentate possono essere sviluppate a diversi gradi di complessità e formalizzazione e sono proponibili nei diversi livelli scolastici.

Fasi del lavoro e obiettivi

Di seguito sono sintetizzate le principali fasi del lavoro sperimentale in relazione ad alcuni degli obiettivi didattici.

1) Osservazione e descrizione

- Osservare un fenomeno o un evento in modo critico e consapevole
- Descrivere e riprodurre con termini e strumenti appropriati l'oggetto dell'osservazione

2) Misurazione

- Riconoscere quali grandezze fisiche si possono misurare
- Pianificare una procedura laboratoriale ed eseguire le misure
- Comprendere il significato dei risultati ottenuti

3) Realizzazione di modelli

- Progettare e costruire modelli per descrivere e spiegare ciò che non è possibile osservare o misurare in modo diretto

Stimolo iniziale

Come stimolo di inizio attività ci si è chiesti cosa s'intende con le espressioni "Il Sole sorge/tramonta", "il Sole è alto/basso sull'orizzonte". I verbi "sorgere/tramontare" esprimono il moto del Sole per un osservatore sulla Terra, gli aggettivi "alto/basso" suggeriscono la possibilità di eseguire misure. Infine, dalla discussione è emerso che la classe aveva idee un po' confuse sul concetto di "orizzonte".

Osservazione e descrizione

La prima osservazione ha riguardato il luogo deputato a svolgere l'attività: il cortile della scuola.

Sei studenti al centro del cortile, in cerchio voltati di spalle, hanno disegnato su un foglio la linea di separazione cielo-terra, ognuno per il proprio angolo di visuale di circa 60° . I fogli sono stati uniti in un'unica striscia di carta richiusa ad anello e appoggiata su un banco. Si è così ottenuta una riproduzione a 360° del profilo dell'orizzonte visto dal centro cortile e del piano dell'orizzonte, il pavimento del cortile.

È stata segnata la posizione del Sole a mezzogiorno (ora in cui si è eseguita l'osservazione) e la posizione degli osservatori, sono state fatte previsioni sulle posizioni del Sole nelle diverse ore del dì e della notte. Di conseguenza sono stati individuati i punti cardinali per orientarsi e concludere che il Sole si muove da Est a Ovest descrivendo un arco (Figura 1).

La seconda osservazione ha riguardato le ombre e i raggi solari. Gli studenti allineati a braccia aperte, hanno indicato con la mano destra l'estremità della propria ombra e con la sinistra hanno coperto il Sole. Si osservano le ombre parallele e tutte le braccia inclinate di uno stesso angolo (Figura 2).

Successivamente, divisi in due gruppi, si sono dotati rispettivamente di tubi rigidi e tubi flessibili. I primi, inclinando opportunamente i tubi hanno osservato sul pavimento la macchia luminosa prodotta dai raggi che attraversano il tubo; i secondi no (Figura 3).

Al termine dell'attività si è concluso che i raggi solari sono rettilinei, paralleli e inclinati rispetto al piano dell'orizzonte.

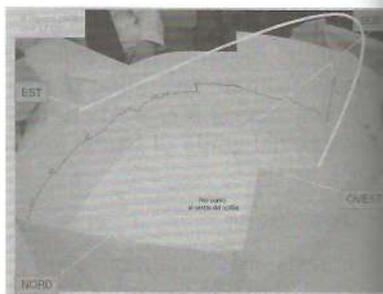


Figura 1.



Figura 2. Foto scattata a Milano (dicembre 2006): Gruppo ISS, T&U.



Figura 3. Foto scattata al Presidio ISS di Mantova (aprile 2006): Gruppo docenti ISS

Misurazione

Misura dell'inclinazione dei raggi solari

Ci si pone, quindi, il problema di come misurare l'ampiezza dell'angolo associata all'inclinazione dei raggi che si è osservata nella fase precedente.

Visualizzando con un nastro giallo il raggio di Sole che dalla testa di un alunno arriva all'estremità della sua ombra, si riproduce a terra il triangolo rettangolo che ha un cateto isometrico all'altezza dell'alunno e l'altro isometrico alla lunghezza della sua ombra: l'ampiezza dell'angolo che questo forma con l'ipotenusa si può misurare con un goniometro e corrisponde all'inclinazione dei raggi solari rispetto al piano dell'orizzonte (Figura 4).

Questa procedura è stata ripetuta a gruppi con studenti di altezze diverse.

Gli strumenti di misura utilizzati sono stati, una cordella metrica di portata 20 metri e sensibilità un centimetro e un goniometro da lavagna di portata 180 gradi e sensibilità un grado.

Indipendentemente dalla sensibilità degli strumenti le misure sono poco accurate a causa del tipo di procedura sperimentale utilizzata. È sembrato quindi ragionevole associare alle misure di lunghezza un'incertezza assoluta di 5 centimetri e alle misure di ampiezze di angoli l'incertezza assoluta di 2 gradi.

Si è concluso che alla stessa ora, nello stesso luogo, si ottiene un valore di ampiezza dell'angolo che, nell'ambito dell'errore sperimentale, non dipende dall'altezza dello studente.

Questa constatazione ha fornito lo spunto per lavorare sulle riduzioni in scala di figure piane e in particolare sulle similitudini tra i triangoli rettangoli (Figura 5).

In Tabella A sono riportati i valori delle misure eseguite dalla classe suddivisa in sette gruppi. I primi cinque hanno utilizzato come gnomone un compagno, i gruppi VI e VII hanno usato rispettivamente un astuccio di altezza 20 centimetri e una matita di 10 centimetri circa. Gli strumenti usati da questi ultimi sono stati una riga (portata 30 centimetri e sensibilità un millimetro) e un goniometro da disegno (portata 180 gradi e sensibilità un grado). In questo caso, si è stabilito di associare alle misure di lunghezza un'incertezza assoluta di 5 millimetri e alle misure di ampiezze di angoli un'incertezza assoluta di un grado, ovvero la sensibilità dello strumento.

gruppi	I	II	III	IV	V	VI	VII
H_{gnomone} (m)	1,70±0,05	1,55±0,05	1,80±0,05	1,60±0,05	1,65±0,05	0,200±0,005	0,100±0,005
l_{ombra} (m)	2,50±0,05	2,35±0,05	2,65±0,05	2,40±0,05	2,45±0,05	0,300±0,005	0,150±0,005
α_{raggi} (°)	35±2	33±2	34±2	34±2	35±2	34±1	34±1

Tabella A: Misura diretta dell'inclinazione α dei raggi solari con persone e oggetti che fungono da gnomoni.

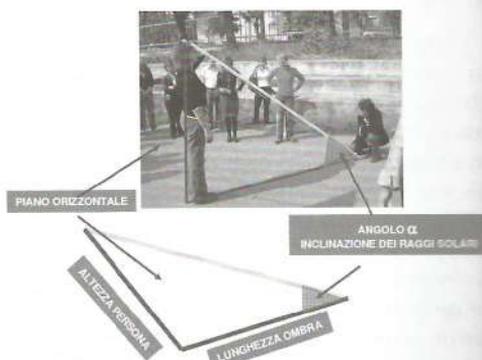


Figura 4. Foto scattata al Presidio ISS di Mantova (aprile 2006): Gruppo docenti ISS.

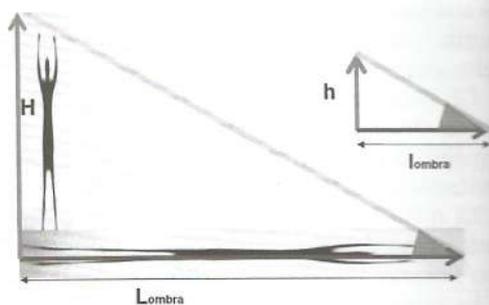


Figura 5.

Misure sistematiche per l'individuazione del meridiano locale

Il passo successivo è stato quello di pensare a una procedura laboratoriale per eseguire misure sistematiche e più accurate, in diversi orari, utilizzando come gnomone un bastoncino al posto di un alunno o di altri oggetti. L'apparato sperimentale era costituito da tre postazioni di misura dotate ciascuna di una tavoletta su cui era stato incollato un foglio di carta bianca e uno gnomone di altezza 20 cm, 10 cm, 5 cm rispettivamente. Le tre tavolette sono state appoggiate a un muro del cortile rivolto a Sud in modo da garantire per tutte la stessa orientazione rispetto al Sole.

Le misure sono state eseguite durante la mattinata del 19 marzo 2008. Ogni venti minuti circa, gli studenti, a turno, segnavano con la matita il punto corrispondente all'estremità dell'ombra dello gnomone e annotavano l'ora.

Gli strumenti a disposizione erano il goniometro da disegno e una squadra (portata 30 cm e sensibilità un millimetro) utilizzata sia per misurare le lunghezze delle ombre che per controllare l'ortogonalità tra gnomone e tavoletta.

La misura dell'inclinazione è stata eseguita ancora in modo diretto riproducendo su cartoncino il triangolo corrispondente ad ogni registrazione. Ogni triangolo è marcato con l'orario, l'angolo di inclinazione e la lunghezza dell'ombra. (Figura 6)

In Tabella B sono riportati i dati delle tre serie di misure ottenute ai diversi orari con i tre gnomoni. È sembrato ragionevole associare alle misure un'incertezza assoluta pari alla sensibilità degli strumenti utilizzati.

Si evidenzia che:

- alla stessa ora, la lunghezza dell'ombra dimezza al dimezzare dell'altezza dello gnomone, mentre le ampiezze degli angoli sono uguali compatibilmente con l'incertezza di misura;
- alle 12:15, si misura l'ombra di lunghezza minima uguale all'altezza dello gnomone e un angolo di inclinazione di 45° .

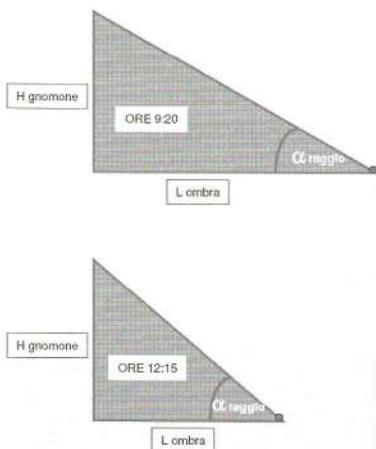


Figura 6.

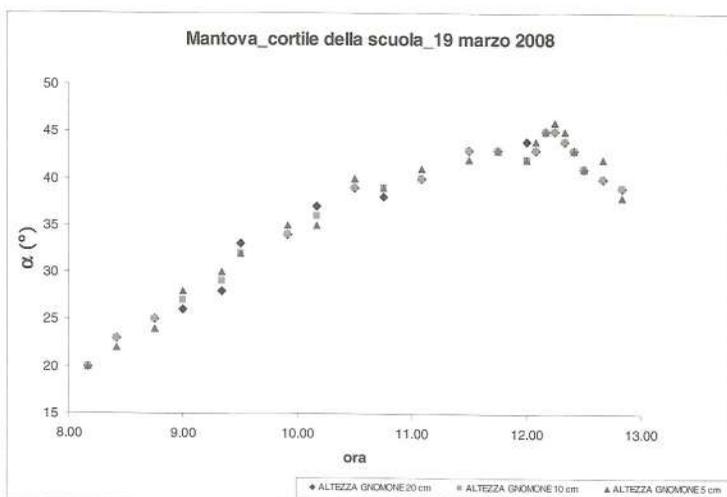


Grafico 1: Inclinazione α dei raggi solari in funzione dell'orario

Ora solare	$H_{\text{gnomone}} = 20,0 \text{ cm}$		$H_{\text{gnomone}} = 10,0 \text{ cm}$		$H_{\text{gnomone}} = 5,0 \text{ cm}$	
	$l_{\text{ombra}} \text{ (cm)}$	$\alpha_{\text{raggi}} \text{ (}^\circ\text{)}$	$l_{\text{ombra}} \text{ (cm)}$	$\alpha_{\text{raggi}} \text{ (}^\circ\text{)}$	$l_{\text{ombra}} \text{ (cm)}$	$\alpha_{\text{raggi}} \text{ (}^\circ\text{)}$
8.10	54,3±0,1	20±1	27,5±0,1	20±1	13,2±0,1	20±1
8.25	47,2±0,1	23±1	23,4±0,1	23±1	11,0±0,1	22±1
8.45	42,8±0,1	25±1	21,5±0,1	25±1	10,4±0,1	24±1
9.00	41,0±0,1	26±1	21,0±0,1	27±1	9,8±0,1	28±1
9.20	37,6±0,1	28±1	18,0±0,1	29±1	8,6±0,1	30±1
9.30	31,0±0,1	33±1	16,0±0,1	32±1	8,1±0,1	32±1
9.55	29,7±0,1	34±1	14,8±0,1	34±1	7,1±0,1	35±1
10.10	26,6±0,1	37±1	13,8±0,1	36±1	7,1±0,1	35±1
10.30	24,7±0,1	39±1	12,5±0,1	39±1	6,0±0,1	40±1
10.45	25,6±0,1	38±1	12,4±0,1	39±1	6,2±0,1	39±1
11.05	23,8±0,1	40±1	11,8±0,1	40±1	5,4±0,1	41±1
11.30	21,4±0,1	43±1	10,7±0,1	43±1	5,8±0,1	42±1
11.45	21,2±0,1	43±1	10,6±0,1	43±1	5,3±0,1	43±1
12.00	20,7±0,1	44±1	11,1±0,1	42±1	5,6±0,1	42±1
12.05	21,1±0,1	43±1	10,5±0,1	43±1	5,2±0,1	44±1
12.10	20,1±0,1	45±1	10,0±0,1	45±1	5,0±0,1	45±1
12.15	20,0±0,1	45±1	10,1±0,1	45±1	4,9±0,1	46±1
12.20	20,5±0,1	44±1	10,4±0,1	44±1	5,0±0,1	45±1
12.25	21,5±0,1	43±1	10,6±0,1	43±1	5,5±0,1	43±1
12.30	23,0±0,1	41±1	11,5±0,1	41±1	5,3±0,1	41±1
12.40	23,6±0,1	40±1	12,0±0,1	40±1	5,6±0,1	42±1
12.50	24,5±0,1	39±1	12,5±0,1	39±1	6,4±0,1	38±1

Tabella B: misure eseguite il 19 marzo 2008, a Mantova.

Il grafico è relativo ai dati di tabella B e mostra l'andamento dell'inclinazione misurata nelle diverse ore della mattina.

Si osserva che:

- le misure sono sufficientemente accurate se si considera che i valori delle tre serie sono riferiti a gnomoni le cui lunghezze stanno in un rapporto 1:4; lo scarto massimo tra i punti individua un intervallo di tolleranza pari a 4°;
- il massimo della curva che corrisponde all'ombra minima si registra alle 12:15, in accordo con il mezzogiorno solare a Mantova;
- l'ampiezza dell'angolo massimo è 45°: valore della co-latitudine di Mantova in accordo col fatto che le misure sono state eseguite in prossimità dell'equinozio.

Come ulteriore verifica della bontà delle misurazioni ho effettuato un controllo che esula dagli obiettivi prefissati e che non ho, quindi, discusso con la classe. Può essere, tuttavia, uno spunto per eventuali approfondimenti.

Ho calcolato i valori della tangente di α e li ho confrontati con i rapporti $H_{\text{gnomone}}/l_{\text{ombra}}$. L'accordo è soddisfacente: la maggior parte dei dati coincidono alla seconda cifra significativa.

La figura 7 sintetizza la procedura e i risultati sperimentali per l'individuazione del meridiano locale. I triangoli di cartone ottenuti per ogni misura (Figura 6) sono stati incol-

lati verticalmente sulla tavoletta in corrispondenza delle rispettive tracce. Si evidenzia che:

- i vertici degli angoli d'inclinazione si collocano sulla curva della meridiana che all'equinozio è una retta;
- l'ombra più corta individua la direzione Nord-Sud (meridiano locale);
- la direzione Est-Ovest è ad essa ortogonale;
- le direzioni concordano con i punti cardinali precedentemente individuati dal centro del cortile (Figura 1).

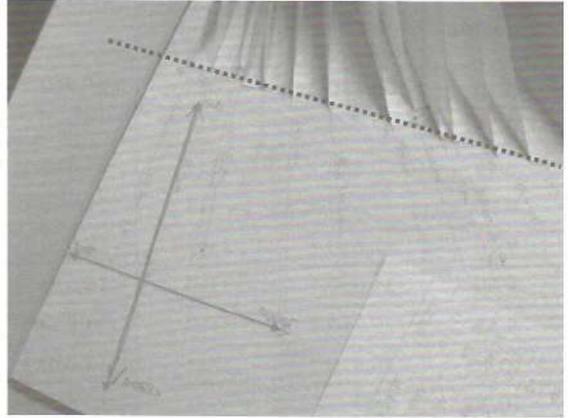


Figura 7.

Realizzazione di modelli

Il globo parallelo

L'analisi svolta fino ad ora ha riguardato il punto di vista locale, in un luogo fissato (il cortile della scuola) al variare del tempo (orari diversi della mattina), dove il piano dell'orizzonte è il pavimento del cortile e tutta la Terra si trova sotto di esso.

Il modello del Globo Parallelo permette di ampliare il punto di vista e osservare, in un preciso momento, la posizione del Sole rispetto ad ogni luogo sulla Terra. Sul piano dell'orizzonte, si pone un mappamondo privato di asse terrestre e orientato rispetto al Sole come la Terra vera. Il parallelismo dei raggi solari, il parallelismo dei piani orizzontali e la similitudine ovvia delle due sfere garantiscono che esse, nel momento dell'osservazione, sono investite dal Sole allo stesso modo. Infatti, gli angoli che i raggi solari formano con i piani dell'orizzonte sono angoli corrispondenti di rette parallele (Figura 8).

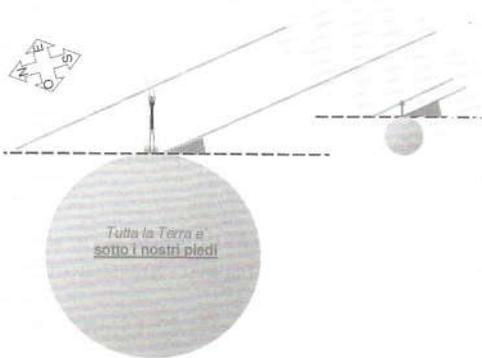


Figura 8.



Figura 9.

Disponendo opportunamente sul mappamondo dei bastoncini (Figura 9) osserviamo che:

- lungo lo stesso parallelo: la direzione delle ombre cambia in ragione della differenza di orario;
- lungo lo stesso meridiano: la lunghezza delle ombre cambia in ragione del diverso angolo tra i raggi solari e il piano dell'orizzonte;
- il giorno dell'equinozio, alle 12.00 all'Equatore, non c'è ombra.

Il Sistema di riferimento Terra

A questo punto il passo è breve per introdurre i concetti di latitudine e longitudine utilizzando un modello un po' rudimentale ma efficace.

Si taglia una verza (oppure un'arancia, un melone o altro che possa funzionare allo scopo) in corrispondenza della linea equatoriale e di una linea di meridiano che si stabilisce essere il meridiano di Greenwich. Con un bastoncino verticale si visualizza l'asse terrestre e si ottiene il sistema di riferimento.

Apportando un altro taglio lungo un altro meridiano scelto a caso, si ottiene un'apertura a forma di settore sferico. Fissato un punto sull'arco di meridiano, questo corrisponde a un luogo sulla superficie terrestre che è univocamente individuato da una coppia di coordinate: la latitudine e la longitudine. Queste coordinate sono angoli di cui si è misurata l'ampiezza (Figura 10). Sono stati usati dei bastoncini per evidenziare gli angoli sul piano dell'equatore (longitudine) e sul piano del meridiano (latitudine), sono stati riprodotti e ritagliati su cartoncino, è stata misurata l'ampiezza con il goniometro. Dai valori di latitudine e longitudine si può individuare, approssimativamente, il luogo sul mappamondo.

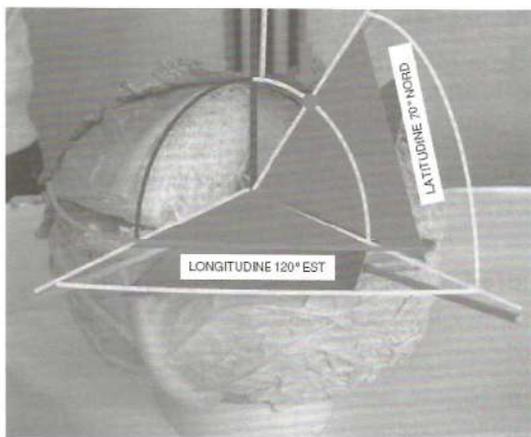


Figura 10.

Considerazioni conclusive

Con questo lavoro si è presentata una proposta didattica in cui gli studenti hanno eseguito misure dirette di lunghezze e di ampiezze di angoli finalizzate a introdurre i primi elementi di scienza della Terra (sistema Terra-Sole), a padroneggiare alcuni concetti di geometria euclidea e a svolgere un'indagine scientifica seguendo una corretta procedura laboratoriale.

L'osservazione, la riproduzione grafica e la misura hanno permesso ai ragazzi di vedere applicati alcuni teoremi della geometria nel contesto della loro esperienza; questo fatto è stato uno stimolo molto importante nel percorso dell'apprendimento.

La risposta degli studenti a questa attività è stata positiva. Hanno partecipato con entusiasmo e si sono sentiti protagonisti del loro processo di apprendimento. Il percorso ha fornito ai ragazzi metodi nuovi d'indagine, è stato uno strumento utile per abituarli ad un'osservazione consapevole dei fenomeni quotidiani e ha rappresentato un punto di vista nuovo nel loro modo di osservare e indagare la realtà.

La classe ha inoltre partecipato, con questa attività, alla manifestazione Scienza Under 18 tenutasi a S. Benedetto Po (Mn) nel maggio 2008.

È stata l'occasione per presentare il lavoro ad altri studenti, per lo più di scuola primaria e secondaria di primo grado. L'esperienza si è rivelata, almeno per alcuni, estremamente stimolante ed efficace sia dal punto di vista educativo, in quanto si sono confrontati con i propri pari, che dal punto di vista didattico perché hanno dovuto impegnarsi per approfondire e migliorare la propria preparazione.

Per concludere, sottolineo che questo percorso può rappresentare un possibile esempio di didattica delle scienze sperimentali pensata per curricoli verticali, secondo le linee guida del Piano ISS. Alcune attività possono essere svolte con successo in una scuola primaria in quanto si rifanno direttamente all'esperienza tolemaica dei bambini. Altre, più formalizzate, trovano spazio in una scuola secondaria di primo o secondo grado e offrono diversi spunti per possibili approfondimenti.

Ringraziamenti

Desidero ringraziare colleghi e alunni che attraverso una fattiva collaborazione e un confronto prezioso hanno contribuito alla realizzazione di questo percorso didattico.

Giuliana Maccario, Paola Catalani e tutto il gruppo ISS "Terra e Universo"-MILANO 1-2, Dicembre 2006 e Novembre 2007; Federica Motta e tutto il gruppo ISS del Presidio di Mantova; Paola Menegazzo; Gli alunni della classe 1^aB indirizzo generale, a.s. 2007-2008 - ITAS "A. Mantegna", Mantova.

Riferimenti bibliografici e sitografici

- [1] V. ZANETTI, "Astronomia e macchina fotografica", *LFnS*, XV, n. 3, luglio-settembre 1982.
- [2] ENRICA GIORDANO, NICOLETTA LANCIANO, ORNELLA PANTANO, SABRINA ROSSI, "Dalla Terra all'Universo: linee di un percorso dalla scuola dell'infanzia al termine della scuola secondaria superiore"
- [3] Nicoletta Lanciano, "Strumenti per il giardino del cielo", Junior ed.
- [4] <http://didascienze.formazione.unimib.it:80/senisquipo/luce/index.htm>

