

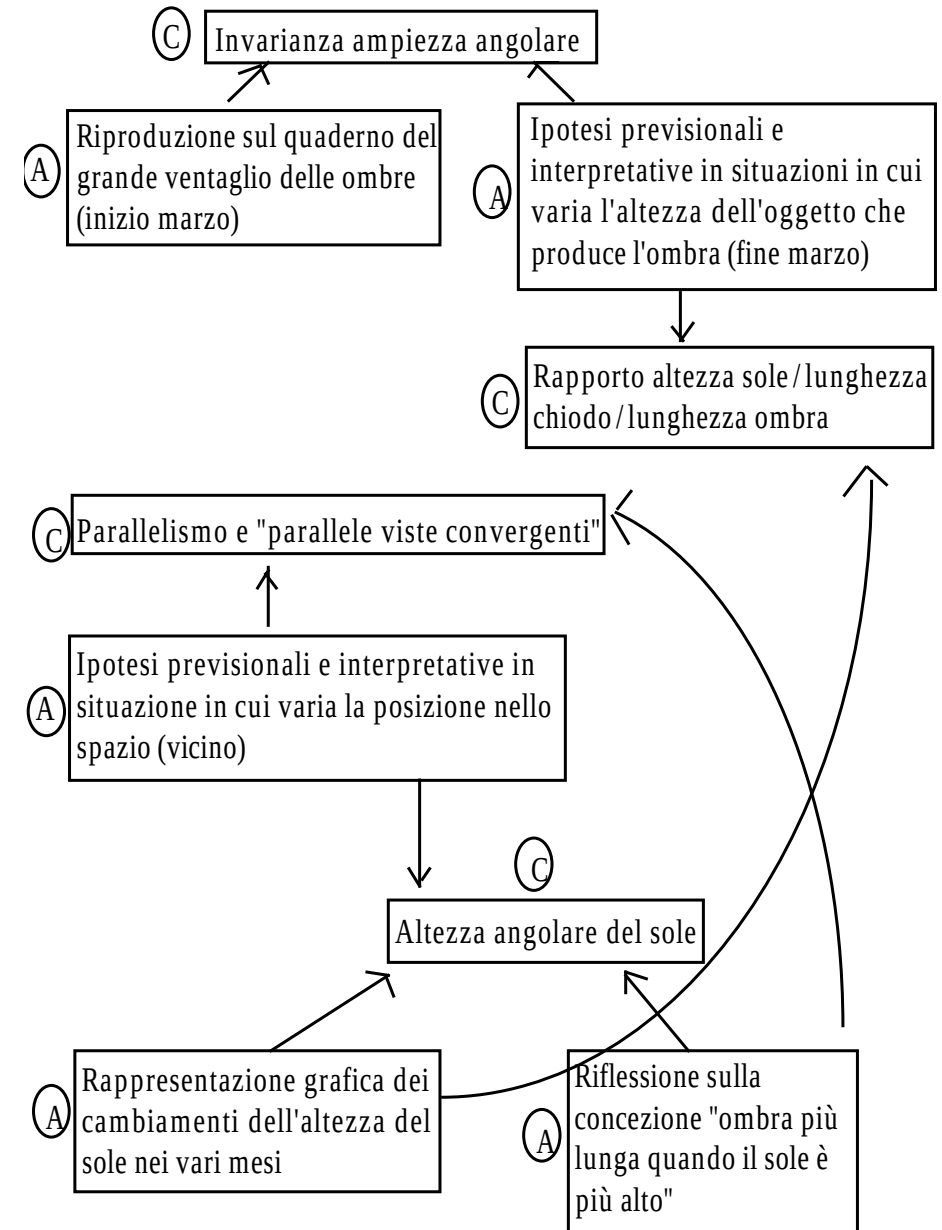
Il ventaglio delle ombre e il concetto di angolo

Si sintetizzano le tappe dei mesi di marzo/aprile relative alle attività connesse alla rilevazione periodica delle ombre e alla costruzione dei ventagli delle ombre.

Nello schema sono messi in evidenza i concetti in gioco e le attività.

C = concetti A = attività

C = concetti A = attività





Invarianza dell'ampiezza angolare

L'attività sulle ombre di febbraio prosegue con la costruzione del ventaglio delle ombre sul quadernone.

In questo R.T. vengono documentate due gestioni, entrambe di Ezio Scali. Una (gestione A), risalente all'anno scolastico 91/92, è presentata nelle Linee Metodologiche (*vedi Linee Metodologiche, pag. P63*); l'altra (gestione B), che riguarda l'attività svolta nel 96/97, è di seguito documentata

Le due gestioni si differenziano sostanzialmente per i seguenti aspetti:

- approccio all'invarianza dell'ampiezza angolare:

* gestione A): i bambini avevano già incontrato l'angolo come "ampiezza di rotazione" in un primo momento dell'attività in cui era stato loro richiesto di osservare rotazioni di ombre di oggetti diversi. In questa fase era stato introdotto dall'insegnante l'uso della carta ripiegata (il "cono"), come strumento per riportare le distanze tra un'ombra e l'altra. Strumento che però è diventato "depositario del sapere": infatti i bambini, avendo uno strumento che consentiva di non dover pensare alle "distanze" fra le ombre, non si sono posti consapevolmente il problema della loro riduzione

* gestione B): ai bambini è stato posto il problema di come ridurre in scala il ventaglio delle ombre, senza fornire loro alcun strumento di appoggio e senza alcuna attività preliminare sugli angoli

- metodologia di intervento per la costruzione del concetto

* nella gestione A) la costruzione del concetto di invarianza dell'ampiezza angolare è avvenuta essenzialmente mediante la discussione collettiva, avvenuta dopo attività individuali e di confronto;

* nella gestione B) la costruzione del concetto è iniziata mediante il rapporto di interazione individualizzata scritta insegnante/alunno, seguito dal confronto di ipotesi e da una discussione collettiva di sintesi.

- dialettica tra gli aspetti "dinamico" e "statico" dell'angolo:

* è presente solo nella gestione B) forse grazie al fatto che i bambini non hanno potuto appoggiarsi inizialmente allo strumento "coni delle ombre", sono così emersi sia il significato "dinamico" (invariante: ampiezza di rotazione) sia quello "statico" (invariante: forma) dell'angolo.

Nell'altra gestione, invece, il significato "dinamico" dell'angolo è venuto prima di quello "statico".

GESTIONE B

La consegna data dall'insegnante è stata la seguente:

Il ventaglio delle ombre di febbraio occupa più spazio di una pagina di quadernone. Dobbiamo rimpicciolirlo. Riduci in scala il ventaglio, dimezzandolo (cioè riducendolo della metà).

Segue la tabella con le misure reali delle ombre.

Si riporta, a titolo esemplificativo, parte del ragionamento del bambino da cui è tratta la documentazione:

Ragione

Io devo rimpicciolire le misure delle ombre della metà.

Ombra delle ore 3,00

Dato che la misura dell'ombra delle 3,00 è 31,2 cm, io rimpicciolirei prima il 30, poi ~~2 mm~~ di 1 cm e poi di 2 mm.

Risultato

La metà di 30 cm ~~è~~ 15 cm, la metà di 1 cm è 5 mm, e la metà di 2 mm ~~è~~ 1 mm, in tutto fa 15,6 cm perché $15 \text{ cm} + 5 \text{ mm} + 1 \text{ mm} = 15,6 \text{ cm}$.

Si noti (vedi protocollo seguente) come l'interazione individuale aiuti il bambino a dare "verbo" alle sue conquiste. Il concetto di invarianza dell'ampiezza angolare è da costruire; per questo motivo l'insegnante è intervenuto individualmente, ponendo le domande opportune ad ogni singolo bambino, a seconda del livello di maturazione del concetto.

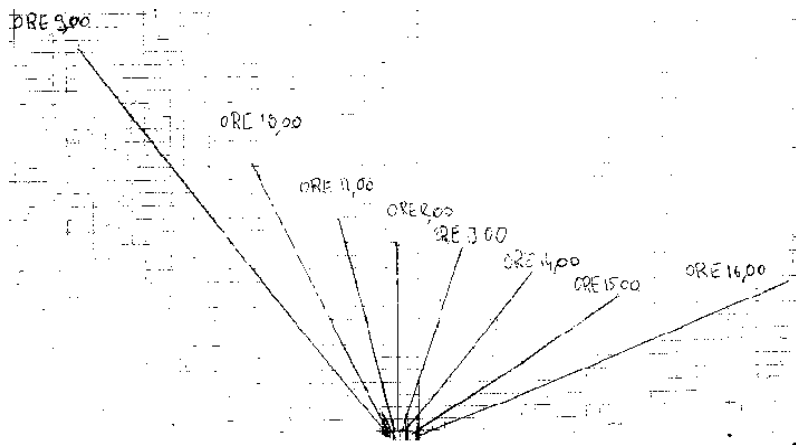
La mia difficoltà è stata nel disegnare la distanza fra un'ombra e un'altra, per superare questo ostacolo ho fatto così: ho misurato la distanza che c'è fra due ombre così ho riportato la distanza che c'era nel foglio ^{prima e poi} sul quadernone, così ho fatto per tutte le ombre.

Cioè hai riportato la stessa distanza del ventaglio grande?

Sì, perché secondo me lo spazio tra un'ombra e un'altra non si deve rimpicciolire.

Ma hai pensato a qualche motivo per cui non si deve rimpicciolire?

Per me lo spazio non si deve rimpicciolire perché anche se le ombre le ho rimpicciolite, non significa che anche lo spazio deve essere rimpicciolito, perché le ombre rimpicciolite ~~non~~ sono tutte attaccate, quindi lo spazio ^{delondato ne} non si deve rimpicciolire.



Tre sono state le strategie che la classe ha attuato:

a) dimezzare tutte le lunghezze (anche le distanze tra le estremità delle ombre).

Questa è una strategia che viene prodotta da bambini che possono non rendersi conto della necessità di conservare gli angoli; la conservazione degli angoli è una conseguenza di questa strategia.

b) dimezzare sia le lunghezze delle ombre, che gli angoli.

Un solo bambino ha operato in questo senso.

c) dimezzare le lunghezze delle ombre, non degli angoli.

Nelle spiegazioni dei bambini che hanno attuato questa strategia si trovano due differenti motivazioni che derivano da significati diversi di angolo:

- significato DINAMICO: "perchè altrimenti ci metterebbe meno tempo" (invariante: ampiezza di rotazione)
- significato STATICO: "perchè altrimenti si perderebbe la forma" (invariante: forma)



Il problema della conservazione dell'ampiezza dell'angolo è stato quindi eluso da parecchi bambini (vedi a), ... è pertanto necessario riflettere, confrontando la realtà con il testo di un bambino che non ha rispettato, nel suo progetto di riduzione del ventaglio delle ombre, l'invarianza dell'ampiezza angolare.

L'insegnante ha presentato la strategia (di tipo b)) attuata da "un bambino di un'altra classe" [può anche essere un bambino inventato]:

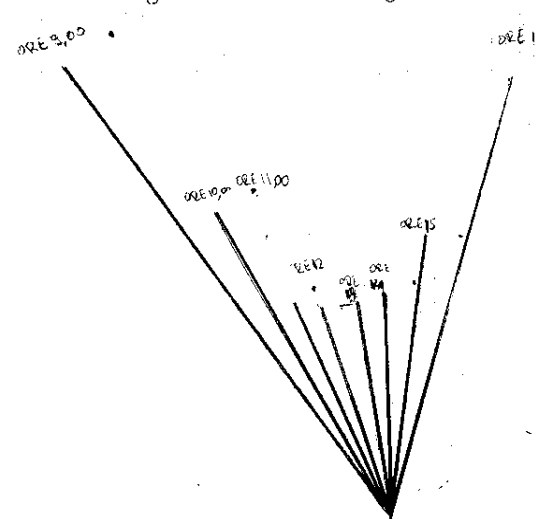
"Io prima dimezzo tutte le misure delle ombre e le segno sul ventaglio vero. Poi disegno sul quaderno la prima ombra ridotta della metà, dimezzo anche l'angolo fra la prima e la seconda ombra perchè anche quella deve essere rimpicciolita. Dopo disegno la seconda ombra dimezzata. Poi di nuovo riduco a metà l'angolo fra la seconda e la terza ombra e faccio la terza ombra (sempre rimpicciolita della metà). Vado avanti così fino alla fine del ventaglio."

Disegna il ventaglio secondo la "regola" espressa da Francesco (basandoti sulle nostre misure).

Rifletti sul ventaglio delle ombre che hai ottenuto. Scrivi se secondo te va bene oppure no, spiegando in modo molto accurato e preciso il perchè.

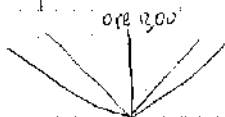
Ribadiamo che questa attività serve a porre ai bambini che hanno utilizzato la strategia a) il problema della conservazione dell'angolo.

Il ventaglio secondo la "regola" di Francesco

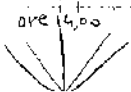


Vediamo come la bambina, della quale si è precedentemente riportato il ragionamento (*vedi pagina precedente*), che aveva attuato la strategia corretta e con l'interazione individuale aveva affermato che "lo spazio non si deve rimpicciolire", argomenta:

Io non sono d'accordo su questo modo di ridurre la distanza fra due ombre, perché questo modo non rispetta l'ordine delle ombre, cioè, noi sappiamo che in qualsiasi mese l'ombra delle 12.00 è sempre in mezzo e verticale, cioè:



Invece Francesco ha disegnato verticale e in mezzo alle altre ombre l'ombra delle 14.00, cioè:



Per questo dico che Francesco non rispetta l'ordine delle ombre. Il ventaglio di febbraio reale ha l'ombra delle 12.00 in mezzo alle altre e verticale.

Secondo me questo ventaglio da una parte va bene perché come se noi piegassimo a metà la distanza fra due ombre in modo che viene la metà, però da una parte, non sono sempre d'accordo per il motivo di prima, cioè l'ombra delle 12.00 non è al centro.

Si può notare che nella bambina permangono ancora dubbi e incertezze ("da una parte va bene perché è come se piegassimo a metà la distanza fra due ombre"); dubbi che permangono forse perché la sua argomentazione è basata solo sulla centralità dell'ombra delle ore 12.00 e non sull'invarianza dell'ampiezza angolare (concetto che sembrava invece acquisito).

Si discutono quindi le argomentazioni di tutti, che vengono così sintetizzate:

Secondo alcuni di noi il modo di Francesco va bene, perché:

- è facile da usare;
- bisogna ridurre a metà lo spazio fra le ombre;
- si può rimpicciolire come si vuole.

Secondo altri invece il modo di Francesco non va bene, perché:

- fra un'ombra e l'altra sembra che non passi un'ora: l'ombra delle 10 sembra quella delle 9.30;
- non mantiene la proporzione del ventaglio vero;
- fra un'ora e l'altra l'ombra si sposta e ruota, ma nel ventaglio di Francesco manca lo spazio.

Si ritorna quindi all'attività individuale sotto la consegna:

"Abbiamo discusso queste idee: che cosa pensi sia importante ricordare?"

L'obiettivo è quello di verificare se il confronto collettivo di idee abbia aiutato i bambini a conquistare il concetto (di invarianza dell'ampiezza dell'angolo nella riduzione in scala).

In effetti possiamo vedere come la bambina di cui si è riportata la documentazione, pare sia stata aiutata dai compagni a vedere l'angolo nel suo significato dinamico, in quanto ciò le ha fatto ricordare che lo spazio di rotazione corrisponde ad una durata nel tempo.

Io penso che sia giusto ricordare che se rimpicciolisci un ventaglio delle ombre o qualcosa di distanza l'una dall'altra, devi rimpicciolire solo (in questo caso) le misure delle ombre, invece lo spazio di distanza (in questo caso) fra un'ombra e un'altra (le ombre che noi siamo andati a rilevare le ombre ogni 30 minuti, mentre siamo andate a rilevare ogni ora, partendo dalle 9,00 arrivando alle 16,00). È giusto anche ricordare che fra un'ora e un'altra piano le ombre fanno una rotazione, cioè si spostano come le lancette di un orologio.

(*) non si deve rimpicciolire perché (in questo caso) se si rimpicciolisce la distanza fra un'ombra e un'altra.

A conclusione del lavoro, una sintesi, preparata questa volta dall'insegnante (per non appesantire ulteriormente il lavoro) è necessaria in considerazione dell'importanza e della difficoltà dei concetti in gioco.

AVETE FATTO UN BUON LAVORO!

Avete trovato delle motivazioni interessanti per capire come si poteva ridurre in scala il ventaglio. Anche se avete scritto in modo abbastanza preciso ciò che ritenete importante da ricordare, provo ugualmente a riassumerlo.

Innanzitutto, comincerei dall'osservazione molto importante di Mara: "l'ombra del chiodo si sposta fra le ore 9 e le ore 10" (insieme abbiamo precisato che si tratta di una rotazione, perché ruota attorno al chiodo).

Quindi lo spazio che l'ombra fa nel ventaglio fra le 9 e le 10 (cioè l'angolo che forma) **non può essere ridotto**, perché se lo riducessimo a metà sarebbe come se un'ora diventasse mezzora e quindi l'ombra delle 10 starebbe al posto di quella delle 9.30! Il tempo non sarebbe più lo stesso e le ombre non sarebbero più nella stessa direzione.

Federico ha detto che noi dovevamo fare solo un disegno e che quelle non erano le ombre vere: ma il nostro scopo era di **rappresentare in proporzione il ventaglio reale** e per poterlo fare possiamo rimpicciolire le misure delle ombre, ma non la larghezza fra di loro. Convinto, Federico?

Il parallelismo e il sole all'infinito.

Si può ora affrontare un problema, strettamente collegato con il parallelismo dei raggi del sole, che al momento della progettazione della tavoletta con il chiodo (cfr. pag. 19) era rimasto insoluto: "come saranno le ombre se si misurano in due posti differenti?" (intendendo "posti vicini": due cortili adiacenti, vedi consegna)

Il problema è comunque complesso da affrontare in quanto coinvolge la natura del "modello", con il passaggio dalla tridimensionalità dello spazio fisico dell'esperienza alla bidimensionalità dello spazio grafico, l'assunzione del sole all'infinito, il rapporto fra macro e meso spazio delle relazioni nella realtà e micro spazio del foglio.

Per maggiore approfondimento, vedi Linee Metodologiche, Il segno geometrico, da pag. P57.

ipotesi

Si procede stimolando i bambini a produrre ipotesi previsionali, che sono anche interpretative in quanto i bambini sono in possesso di alcuni dati che correttamente collegati possono consentire di interpretare la realtà.

La consegna è stata la seguente:

Non possiamo più andare a rilevare le ombre al Polisportivo e in questi giorni dobbiamo prendere il ventaglio di marzo. Ambra ha posto un problema: se le misuriamo in cortile le ombre vengono uguali a quelle del Polisportivo?

(Naturalmente ci dobbiamo assicurare che la tavoletta sia orizzontale, ecc.)

Spiega con le parole e poi con il disegno la tua ipotesi.

Secondo me, se andassimo a rilevare le ombre nello stesso giorno e nella stessa ora di quando eravamo andati alcuni mesi fa, non troveremo le ombre della stessa misura di alcuni mesi fa perché con i dati del giornale abbiamo visto che il sole sta più tempo in cielo, quindi fa un giro più alto, allora se il sole fa un giro più alto, anche le misure delle ombre ~~ombre~~ saranno diverse dai mesi scorsi, per me le misure delle ombre saranno minori alle misure delle ombre dei mesi scorsi, che confrontando le poi con le misure delle ombre di marzo forse saranno maggiori. È giusto questo che dici. Però se le

prendiamo nello stesso momento al Poli e in cortile, le ombre sono uguali?

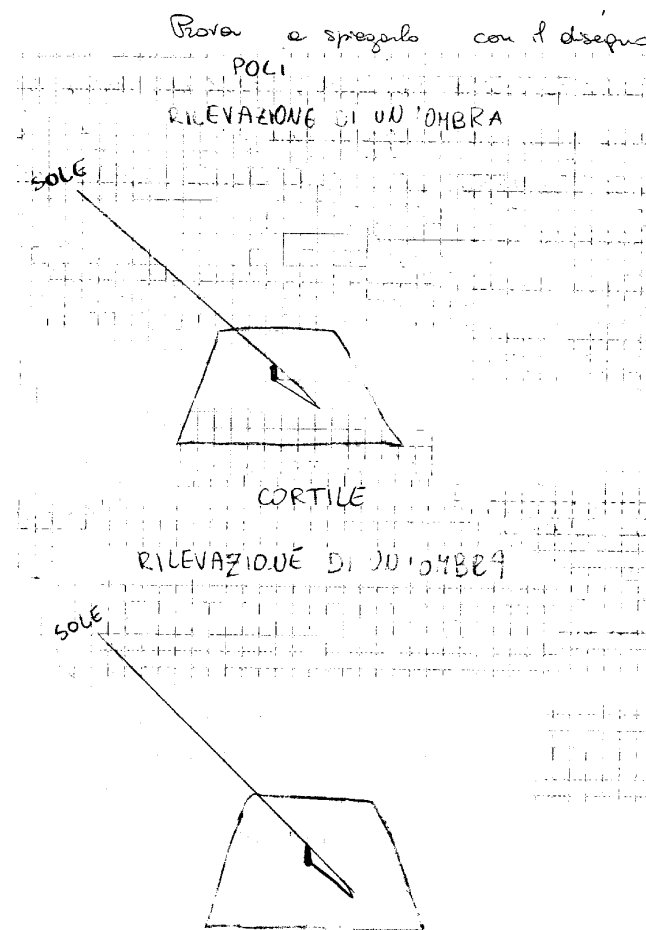
Secondo me, se le ombre le prendiamo nello stesso momento veniamo uguali perché il sole è nello stesso punto sia visto al poli, sia visto in cortile perché il sole è sempre lo stesso.

L'insegnante invita quindi la bambina a provare a spiegarsi con il disegno.

Negli elaborati degli alunni si nota come il disegno assume a ruolo di strumento di lavoro, che viene utilizzato per rappresentare l'intuizione o la congettura; tramite il disegno il bambino riesce a mettere a punto degli aspetti precisi che non aveva ancora preso in considerazione.

Il disegno assume quindi il ruolo di "ipotesi euristica in corso", cioè esso diviene l'oggetto attraverso il quale il pensiero del bambino si estende, trova delle nuove possibilità, mette alla prova le sue interpretazioni, verifica se esse sono possibili ...

Per approfondimenti, cfr. Linee metodologiche, E. Scali, pag. P57.



La bambina è riuscita a riprodurre con il disegno il parallelismo dei raggi del sole disegnando due soli; ciò sembra corrispondere all'esigenza di separare mentalmente lo spazio dei due fatti (l'ombra registrata al Poli e quella registrata nel cortile) per poterli esplorare attraverso una dinamica di andata-ritorno tra il significato e la rappresentazione.

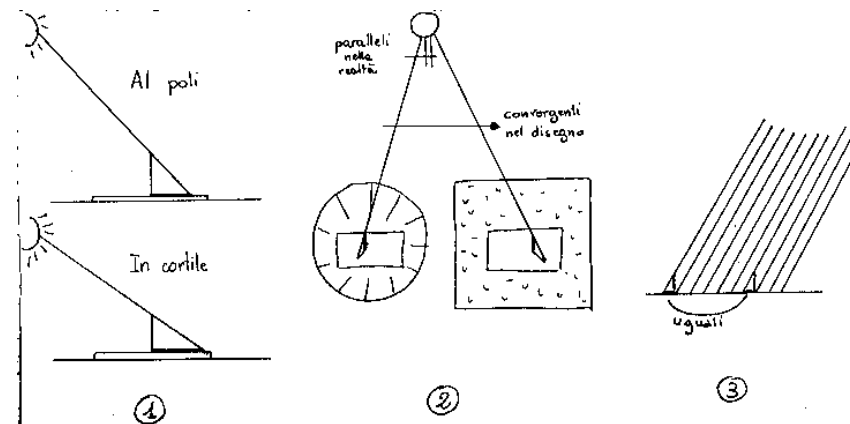
Questo meccanismo di andata e ritorno si può meglio comprendere esaminando il ragionamento di un'altra bambina della stessa classe: la bambina ha prodotto una ipotesi previsionale che poi, dopo la verifica sperimentale, tramite il disegno si è modificata (disegno con ruolo di ipotesi euristica in corso).

La bambina a cui ci si riferisce nell'ipotesi previsionale aveva elaborato un disegno con un sole e i raggi divergenti che determinavano delle ombre differenti; nel

tentativo di realizzare l'uguaglianza delle ombre dopo la verifica sperimentale, ha prodotto un secondo disegno con due soli (simile a quello precedentemente riportato) e ha scritto:

"Ho deciso di far prendere al raggio la stessa inclinazione su tutte e due le tavolette e ho visto che l'ombra appariva uguale [il disegno diventa l'oggetto del ragionamento]; in realtà, io avevo scritto [nell'ipotesi previsionale] che l'inclinazione del raggio cambiava perchè io credevo che noi avremmo piazzato la tavoletta di destra a sinistra, in realtà, noi abbiamo piazzato una tavoletta in un posto che si trova più in alto che il posto dove noi abbiamo messo l'altra tavoletta. [oggetto della realtà] Io le ho messe nello stesso punto ma volevo dire che le avevo sistemate una di sotto dell'altra, cioè parallele [soluzione geometrica che permette la modellizzazione della realtà che è stata rilevata]. ... Io ho disegnato i raggi con la stessa inclinazione perchè abbiamo visto che se il raggio è più inclinato, esso produce un'ombra più lunga e quando il raggio è meno inclinato produce un'ombra più corta [ricordo delle conoscenze apprese], di conseguenza, per non fare delle ombre differenti io ho disegnato i raggi con la stessa inclinazione" [ritorno al disegno come terreno di "prova" di una ipotesi].

Si procede quindi al confronto di tre rappresentazioni grafiche prodotte dai bambini.



Durante la discussione i bambini rilevano che:

- nel disegno n° 1 "sembra che la scena non avvenga nello stesso momento, perchè i raggi che il sole produce non hanno la stessa inclinazione."
- il disegno n° 2 "fa vedere il sole e i raggi: ma essi sono convergenti, perchè il sole è lontano"
- il disegno n° 3 "fa vedere i raggi del sole che sono paralleli: ci ricorda l'esperienza dello scatolone forato. Però in questo disegno non c'è il sole: se si fosse disegnato sarebbe stato troppo vicino e i raggi non si sarebbero potuti disegnare paralleli".

Emerge anche il problema fondamentale che richiama le concezioni dei bambini: il sole è più vicino ad una tavoletta o all'altra?

In un rimando dall'uno all'altro durante il quale i bambini ricordano esperienze vissute da loro di oggetti visti da molto lontano, come dall'aereo, essi giungono all'affermazione che "la distanza fra le tavolette è proprio piccola in confronto alla distanza del sole. Il sole le vedrà come se fossero attaccate e quindi la sua luce arriverà alle due tavolette nello stesso modo."

Si giunge quindi alla conclusione che la rappresentazione n° 3 "mostra ciò che succede ai due chiodi: le ombre saranno uguali al

Polisportivo e in cortile perchè i raggi di sole arrivano con la stessa inclinazione nello stesso momento."

Invece la rappresentazione n° 2 "ci fa capire perchè i raggi sono paralleli: dobbiamo immaginare il sole molto lontano e la convergenza dei raggi ci aiuta a immaginarlo."

La discussione si conclude con l'affermazione unanime che "si possono prendere le ombre in cortile perchè sono uguali a quelle che il chiodo farebbe al polisportivo."

Rafforzamento del concetto di angolo.



Si riprende l'attività sui ventagli delle ombre: si affronta nuovamente il problema del rapporto altezza del sole/lunghezza del chiodo/lunghezza dell'ombra e il problema dell'ampiezza angolare, al fine di rafforzare il concetto di angolo.

L'insegnante induce i bambini a produrre ipotesi previsionali, ma anche interpretative, partendo da una affermazione errata di una compagna.

20/3/97

Che ventaglio farà un chiodo più piccolo del nostro?

Qualche giorno fa Rosy ha detto: "Forse un chiodo più piccolo del nostro farà un ventaglio più stretto, come quello che ha disegnato Francesco".

Domani rileveremo le ombre del nostro chiodo e anche quelle di un chiodo più piccolo.

Secondo te come sarà il ventaglio del chiodo più piccolo?

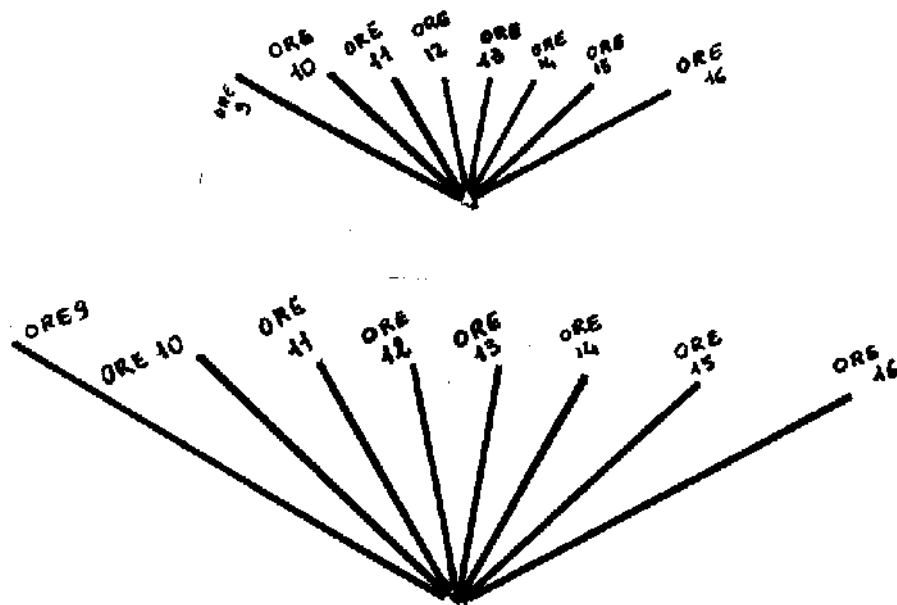
Secondo me, le ombre saranno più corte, perché il sole è più alto, quindi farò le ombre più corte, e anche perché il chiodo è più piccolo.

Il ventaglio del chiodo più piccolo non sarà più stretto, perché anche un ventaglio fatto da un chiodo più piccolo ha le ombre che ruotano.

Il confronto tra i ventagli delle ombre rilevati nello stesso giorno e alla stessa ora dei due chiodi di lunghezza differente permette di verificare le ipotesi prodotte e riguardanti l'ampiezza angolare.

Dopo aver rilevato le ombre, i ragazzi hanno sovrapposto i due ventagli, di cui uno disegnato su carta trasparente, e hanno notato che "formano un angolo di ampiezza uguale. Quindi se al posto del chiodo grande ci fosse stato il chiodo piccolo, il ventaglio non sarebbe venuto più stretto. perchè la rotazione che fa l'ombra è la stessa e non dipende dalla lunghezza dell'ombra."

VENTAGLI DEL 21 MARZO (EQUINOZIO)



L'insegnante verifica poi quanto il concetto di angolo sia "passato" nei bambini:

Il chiodo più piccolo fa un ventaglio più stretto?

Il ventaglio del chiodo piccolo ha le ombre più corte, ma gli angoli sono uguali a quelli dell'ombra del chiodo grande perché la rotazione che fa l'ombra è la stessa e non dipende dalla lunghezza dell'ombra.

Seguono altre domande di riflessione sul disegno:

- 1) Che cosa ti fa capire sul sole?
- 2) Il sole era più alto alle 11 o alle 13?
- 3) Costruisci la tabella delle misure delle ombre del chiodo.

Altezza del sole.

Il lavoro di IV, impostato con l'attenzione all'altezza del sole rappresentata dal "segno", consente di giungere ad una sintesi delle osservazioni dei ventagli delle ombre che nella sua rappresentazione grafica permette di vedere i cambiamenti dell'altezza del sole alla stessa ora nei vari mesi (prerequisito per l'attività di V sulle stagioni e sui movimenti della terra intorno al sole).

9/4/97

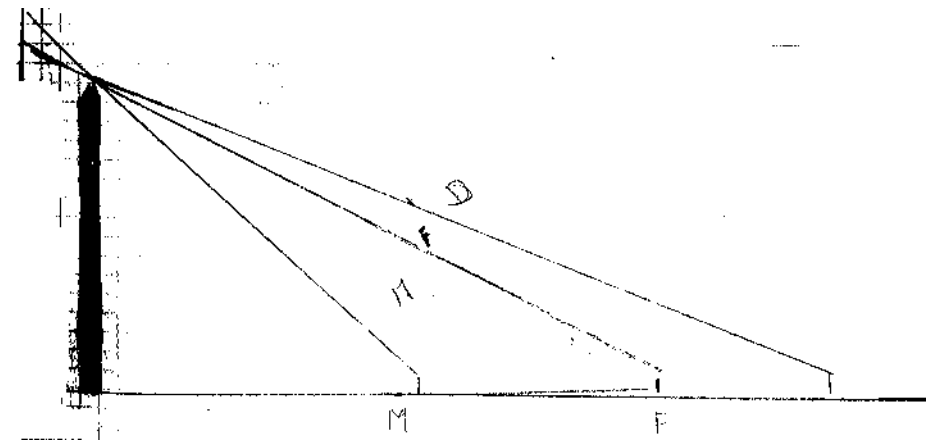
Sintesi delle osservazioni sui ventagli di dicembre, febbraio e marzo.

* Da dicembre a marzo le ombre si sono accorciate a tutte le ore

quindi

*il sole fa un giro sempre più alto.

Dai dati del giornale vediamo che il sole sta più tempo in cielo. Con una rappresentazione possiamo vedere i cambiamenti nell'altezza del sole alla stessa ora a dicembre, febbraio e marzo.



Si procede quindi a verificare quanto la relazione sole più alto/ombra più corta sia strutturata nei bambini e ad aprire una fase di lavoro di chiarimento su cosa significa "sole alto", finalizzata a collegare l'"altezza" del sole all'"inclinazione" del raggio, fino a pervenire al concetto di "altezza angolare del sole".

E' importante quindi:

- mettere in discussione il significato di "altezza del sole", di "sole alto", ecc., espressioni che vengono usate disinvoltamente dagli alunni; occorre pervenire alla distinzione tra "altezza" come "distanza dalla terra" e "altezza" come "inclinazione del raggio", e quindi come "altezza angolare";
- mettere in ulteriore evidenza la convenzionalità del disegno del sole nel "segno dell'ombra", in quanto ciò che conta (ai fini della lunghezza dell'ombra) non è la posizione del sole sul raggio, ma l'inclinazione del raggio.

A tal fine si è chiesto ai bambini di verificare il ragionamento di un bambino estraneo alla classe (Stefano), che è convinto che l'ombra sia più lunga quando il sole è più alto e più forte, e di spiegare in modo preciso e comprensibile cosa c'è che non va nel suo ragionamento.

La scheda preparata dall'insegnante contiene la rappresentazione grafica e la motivazione addotta dal bambino che l'ha creata:

All'inizio del lavoro sulle ombre del Sole, Stefano, un bambino di 1 media, è convinto che l'ombra sia più lunga quando il sole è più alto e più forte. Altri bambini sostengono il contrario. Per motivare la sua ipotesi Stefano fa il seguente disegno:



e scrive: "Come si vede dal disegno, il sole fa l'ombra più lunga quando è più alto, cioè vicino a mezzogiorno, quando è anche più forte".

Noi invece sappiamo bene che l'ombra è più lunga quando il sole è più basso (cioè alla mattina presto e nel tardo pomeriggio).

Quindi, nel ragionamento di Stefano c'è qualcosa che non va.

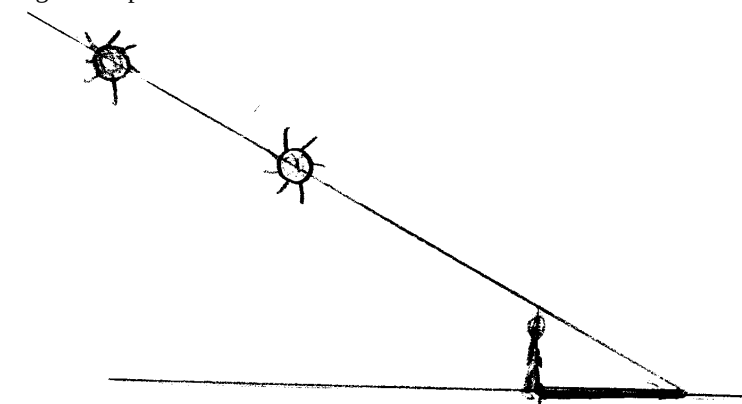
Cosa c'è che non va nel ragionamento, e in particolare nel disegno, di Stefano? Prova a spiegarlo in modo preciso e comprensibile a Stefano.

Nel ragionamento di Stefano possiamo vedere come le concezioni riguardo l'altezza del sole come causa della lunghezza dell'ombra siano forti e come il ragazzo cerchi di adattare il segno grafico ad esse. E' importante tenere presente che questa è una situazione ricorrente e comune, nella quale i bambini e forse anche molti adulti si ritrovano, per cui cruciale è creare situazioni dalle quali possano emergere le concezioni dei bambini per poi problematizzarle.

In questo modo all'altezza angolare del sole si giunge non con la consegna, introdotta negli anni precedenti, "Cosa è e come si può misurare l'altezza del sole?", ma attraverso la ricerca di una spiegazione dell'errore in un ragionamento (che viene dato come errato).

Durante le due discussioni che sono seguite al lavoro individuale (importante sia perché fa emergere le concezioni, sia perché costringe ogni alunno ad entrare nel problema), si sono verificati vari episodi che sono segni di genesi argomentativa di proprietà del concetto di inclinazione:

- (a) è stata contestata l'affermazione di un compagno il quale sosteneva che "se cambia la posizione del sole nel disegno, cambia anche la lunghezza dell'ombra". Due bambini hanno individuato le posizioni virtuali lungo il raggio che "falsificano" tale affermazione, producendo un disegno del seguente tipo:



Vi è quindi stata la scoperta che nella rappresentazione grafica dei raggi l'inclinazione non dipende dalla posizione del sole lungo il raggio.

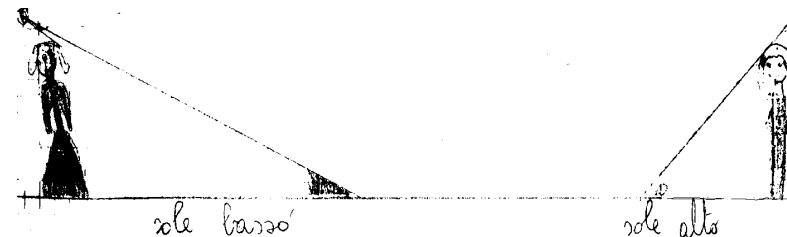
- (b) è stata messa in dubbio l'affermazione di un bambino che identificava "braccio (che indica il sole) alto" con "sole alto", mediante un esperimento il cui elemento sbloccante è stato il ritornare "al corpo", il rappresentare mimando la situazione. L'esperimento è stato svolto con il maestro e con un bambino di bassa statura; il maestro indicava (con il suo braccio più alto di quello del bambino) una posizione del sole più bassa di quella indicata dal bambino (con il suo braccio più basso di quello del maestro). I bambini hanno potuto verificare, prolungando idealmente i due bracci, che quello più basso scavalcava quello più alto; quindi che l'indicare il sole più alto per il bambino più piccolo provocava una maggiore angolazione del braccio rispetto a quella del maestro che indicava il sole posto più in basso.

"Il maestro, che è più alto di Steven, ha alzato il braccio per indicare il sole basso, Steven si è messo vicino e anche lui ha alzato il braccio, ma Steven ha alzato il braccio per indicare il sole alto. Abbiamo capito che Steven indica il sole alto e il maestro il sole basso, perchè se ci immaginavamo di continuare il braccio di Steven e quello del maestro, vedevamo che l'inclinazione del braccio di Steven era maggiore rispetto all'inclinazione del braccio del maestro."

Vi è stata quindi la scoperta che l'altezza da terra del segmento che rappresenta un raggio non è rilevante ai fini dell'inclinazione del raggio.

- (c) grazie alla forte mediazione dell'insegnante, che durante la seconda discussione in classe ha riproposto all'attenzione dei compagni la scoperta di un'alunna, Mariella, "il raggio quando incontra il terreno fa un angolo", i bambini sono riusciti a collegare il concetto di inclinazione e il concetto di angolo, sintetizzando in questo modo, grazie a Mariella, la scoperta che l'altezza del sole è data dall'inclinazione dei raggi:

"Quando noi pensiamo all'altezza del sole, pensiamo all'inclinazione dei raggi solari. Quando toccano la terra, i raggi del sole formano un angolo: se l'angolo ha un'ampiezza grande significa che il sole è alto e viceversa."



Nei tre episodi riportati la costruzione delle proprietà del concetto di inclinazione è avvenuta con modalità differenti.

Nel primo (a), essa è stata interamente realizzata dai bambini durante la discussione: è pertanto avvenuta dal "basso", secondo la terminologia di Vygotskij.

Nel secondo (b), la costruzione è avvenuta con l'aiuto dell'insegnante, che ha proposto "dall'alto" l'esperimento, e l'esperimento ha suggerito ai bambini l'argomento risolutivo: prolungando i due bracci, il prolungamento del braccio più basso a un certo punto scavalca il braccio più alto.

Nel terzo caso (c), l'intervento "dall'alto" dell'insegnante sfrutta un prodotto realizzato in classe per sbloccare la situazione ed aiutare i bambini a creare il collegamento tra i concetti di "inclinazione" e di "angolo".