

Progetto di educazione scientifica

PER CONTRIBUIRE ALL'ATTUAZIONE DELLE INDICAZIONI NAZIONALI

Raccolta di percorsi didattici a cura del Gruppo di Educazione scientifica dell'ITIS Majorana di Grugliasco e del Gruppo Scienze CESEDI- Parole della Scienza di TORINO

[Sito Le Parole della Scienza](#)

[Nuovo sito Apprendimento cooperativo](#)

LE PAROLE DELLA SCIENZA

Indicazioni didattiche,
cicli di apprendimento di Karplus e
problem solving sperimentali

Novembre 2020

Indice

OGGETTO - NON OGGETTO.....	4
scuola materna, classe I elementare	4
PREREQUISITI: Conoscenza e differenziazione dei cinque sensi.	4
ATTIVITÀ PROPOSTE PER LA MATERNA-PRIMA ELEMENTARE	4
Esplorazione	4
Invenzione	4
Scoperta	5
PROPRIETÀ	6
Classe I elementare	6
PREREQUISITI.....	8
ATTIVITÀ PROPOSTE.....	8
Esplorazione	8
Invenzione	9
Scoperta	9
MATERIALE	11
Classi I - II elementare	11
PREREQUISITI.....	11
ATTIVITÀ PROPOSTE.....	11
Esplorazione	11
Invenzione	12
Scoperta	12
INTERAZIONE.....	15
Classe II elementare.....	15
PREREQUISITI: concetto di proprietà, oggetto, materiale.	15
ATTIVITÀ PROPOSTE.....	15
Esplorazione	15
Invenzione	16
Scoperta	16
SISTEMA.....	18
Classe II elementare.....	18
PREREQUISITI.....	19
ATTIVITÀ PROPOSTE.....	19
Esplorazione - Invenzione	19
Scoperta	20
SOTTOSISTEMA.....	22
Classe III elementare.....	22
PREREQUISITI.....	22
ATTIVITÀ PROPOSTE.....	22
Esplorazione	22
Invenzione	22
Scoperta	23
VARIABILE.....	28
classe III elementare.....	28
Invenzione	29
MISURA	33
Classe IV Elementare.....	33
PREREQUISITI.....	33
ATTIVITÀ PROPOSTE.....	33
Esplorazione	33

Invenzione	34
Scoperta	34
PROBABILITÀ	41
Classe IV elementare	41
ATTIVITÀ PROPOSTE.....	41
Esplorazione	41
Invenzione	41
Scoperta	41
ENERGIA - CATENA ENERGETICA.....	44
Classi IV - V elementare e I media.....	44
PREREQUISITI.....	45
ATTIVITÀ PROPOSTE.....	45
Esplorazione	45
Invenzione	45
Scoperta	46
<i>Classe IV elementare</i>	46
<i>Classe V elementare - I media</i>	46
<i>Classe I media</i>	46
CLASSE V elementare - I media.....	49
<i>Classe I Media</i>	52
CORRELAZIONE	55
Classe V elementare.....	55
PREREQUISITI.....	57
ATTIVITÀ PROPOSTE.....	57
Invenzione	57
Scoperta	58
MODELLO.....	64
Classi V elementare - I media.....	64
1. <i>Dalla correlazione al modello</i>	64
2. <i>A cosa servono i modelli teorici</i>	64
3. <i>Obiettivi essenziali</i>	65
PREREQUISITI.....	66
ATTIVITÀ PROPOSTE.....	66
Esplorazione	66
Invenzione del concetto di modello	66
Scoperta	67
Classe V elementare.....	67
Classe I media.....	69
Modello particellare della materia. Indicazioni didattiche	69

OGGETTO - NON OGGETTO

scuola materna, classe I elementare

Il termine *oggetto* è il primo concetto astratto del percorso di alfabetizzazione scientifica. La scienza si occupa sostanzialmente di oggetti. Gli oggetti hanno proprietà, possono essere scelti e classificati; trasformati e aggregati a formare sistemi, contati e pesati. Il concetto di oggetto è prerequisito per il concetto di sistema. Può essere introdotto alla materna o con gruppi di allievi H. Sono oggetti tutti gli enti assoggettabili a osservazione sensibile. Un oggetto è qualcosa che può essere toccato, sentito, visto, che produce un suono o un odore. I non-oggetti formano una categoria ancora più astratta, di enti lontani dalla percezione diretta. Per molti bambini l'aria e la luna, essendo intangibili, non rientrano nella categoria degli oggetti; ma ci sono pure alcuni simboli, con i quali hanno molta confidenza (colori, cifre, lettere), che essi considerano oggetti. Con opportuni esempi e facilitazioni occorrerà ricondurli al criterio percettivo prima enunciato. Noi vediamo il foglio di carta e la traccia lasciata dalla matita, che sono due oggetti, mentre il numero è un'idea associata al simbolo. Il concetto di oggetto coincide con quello di corpo materiale, ma non può essere presentato in questa forma non operativa e implicante il possesso dell'idea di materia.

Un'utile distinzione, che normalmente è operata in prima elementare, è quella tra oggetti viventi e non viventi. In questo caso i criteri distintivi possono essere trovati con i bambini, cercando di mantenere la maggiore elasticità possibile, non limitandosi agli esseri "in vita". Alla categoria di vivente appartiene anche un pollo arrosto, dato che, almeno in una fase precedente della propria esistenza, quel dato "oggetto" è stato in vita. La stessa cosa si può dire delle parti degli organismi viventi, come una piuma o uno spicchio d'arancia.

PREREQUISITI: Conoscenza e differenziazione dei cinque sensi.

ATTIVITÀ PROPOSTE PER LA MATERNA-PRIMA ELEMENTARE

Esplorazione

Il gioco dei colori. I bambini vengono sistemati intorno a un tavolo contenente oggetti colorati alla rinfusa (palline, fiches, bottoni, tappi, ecc.) e dei vassoi. Ogni vassoio corrisponde a un gruppo di bambini. La consegna è che ogni gruppo deve prendere tutto ciò che è verde, o rosso, o giallo ecc.

Invenzione

Quindi l'insegnante spiega che tutte le cose che si possono vedere, toccare, odorare o sentire dal suono, sono *oggetti*. Utilizza altri esempi con oggetti più piccoli, molto più grandi, come la sedia, animati, come un'auto e anche viventi, come un animale, un albero.

Chiederà infine: chi ha raccolto gli oggetti rossi? Chi ha raccolto gli oggetti verdi? Ecc. i bambini potranno trovare altri esempi di oggetti.

Scoperta

Nelle esperienze di scoperta si mette in gioco il concetto di oggetto in situazioni nuove, atte a evidenziare nuove proprietà, i concetti quantitativi di dimensione e numero, come criteri di confronto.

giochi con la scatola misteriosa

qual è l'oggetto più grande?

qual è la pozzanghera più grande?

quale collana contiene più perline?

quale recipiente contiene più bicchieri?

1. **Giochi con la scatola misteriosa**, in cui gli oggetti contenuti in una scatola sono riconosciuti dal tatto, dalla forma, dall'odore, dal suono prodotto. Più in avanti, in prima elementare, i bambini impareranno che il colore, la forma, l'odore ecc. sono proprietà degli oggetti. Gli scienziati hanno spesso a che fare con oggetti non osservabili, che possono essere studiati sulla base di indizi indiretti. La rappresentazione che essi costruiscono dell'oggetto si chiama modello, mentre l'insieme di spiegazioni, ipotesi e previsioni sulla sua struttura e sulle sue proprietà e comportamenti si chiama teoria.



2. **Qual è l'oggetto più grande?** Si preparano i vassoi con una serie di oggetti dello stesso tipo, per esempio gessetti, matite, palline ecc. graduati per dimensioni. I bambini dovranno sistemare gli oggetti dal più piccolo al più grande e viceversa. Terminata l'attività si avvia la discussione,

importante per la padronanza del linguaggio, con domande del tipo: qual è l'oggetto più grande? Qual è l'oggetto più piccolo? Qual è il bambino più alto? Qual è l'oggetto più grande nell'aula?

3. Qual è la pozzanghera più grande? Nel giardino si riempiono d'acqua due o tre buche nella sabbia. Si ha a disposizione uno spago e delle forbici. Per adattare lo spago lungo il contorno della pozzanghera si possono usare matite o legnetti infissi lungo il perimetro. Come possiamo trovare l'albero col tronco più grande?

4. Quale collana contiene più palline? In questo gioco i bambini hanno a disposizione una serie di collane con bottoni, palline forate, pasta ad anelli o a tubetti, ecc. L'obiettivo è che gli oggetti siano confrontati in base al numero. Si può chiedere di realizzare una collana con 5 palline. Se i bambini si mostrano pronti nell'uso della numerazione, si propone la seguente attività: si pongono sul banco due mucchi di libri o quaderni dello stesso spessore e si chiede: quale contiene più libri? Si sostituisce il libro sottile con uno più spesso e si ripete la domanda. Quest'ultimo quesito richiede la conservazione del numero degli oggetti, che è particolarmente difficile, data l'età dei bambini. Non occorre preoccuparsi se essi falliscono, dato che sull'idea si tornerà a lavorare in tante altre occasioni.

5. Quale recipiente contiene più bicchieri? I bambini devono riempire delle tazze o bottiglie di diversa larghezza e altezza contando i bicchieri d'acqua che prelevano da un secchio. Per evitare che si bagnino si può sostituire l'acqua con pastina, riso ecc.

PROPRIETÀ

Classe I elementare

La *proprietà* ci dice qualcosa su come è un oggetto o su come esso si comporta. Più si arricchisce il repertorio di termini e attributi riferiti alle proprietà, più il bambino diviene capace di osservare, studiare e comprendere il mondo che lo circonda.

Sono proprietà la forma, il colore, le dimensioni, il sapore, l'odore e il tatto, il suono, lo stato fisico, la durezza, il galleggiamento, la capacità di sciogliere o sciogliersi, il magnetismo e tante altre caratteristiche. Anche il materiale di cui un oggetto è fatto può essere considerato una proprietà dell'oggetto, ma qui preferiamo introdurre il termine *materiale* come concetto a sé stante.

Le classi prime o seconde che iniziano il programma di alfabetizzazione scientifica possono esplorare per primo tale concetto.

Il concetto di proprietà è il primo strumento di osservazione-oggettivazione della realtà, in un percorso che conduce ai concetti di variabile, di misura, di correlazione, per giungere al concetto di modello teorico. Gli oggetti si distinguono, connotano, classificano, seriano, in base a un insieme di proprietà. Rispetto al termine "caratteristica", *proprietà* ha un'accezione più scientifica, più mirata agli aspetti esperibili degli oggetti materiali. Le attività che utilizzano tale termine prevedono un ampio uso delle operazioni di classificazione e categorizzazione, con esperienze in cui i bambini raggruppano oggetti. La *proprietà* è il criterio di raggruppamento. La classificazione è un'operazione relativamente semplice, poiché il criterio (la proprietà) è data e i bambini utilizzano essenzialmente il pensiero deduttivo per includere/escludere ogni oggetto dal raggruppamento; inoltre tale criterio viene applicato o verificato su un oggetto per volta, sfuggendo così alla complessità. La categorizzazione, consistente nel riconoscere una proprietà comune (categoria) in un raggruppamento di oggetti, è un'operazione più difficile perché impegna il pensiero induttivo: ci obbliga a fare delle ipotesi che poi dobbiamo verificare, riscontrando la presenza della proprietà ipotizzata su *tutti* gli oggetti dell'insieme e anche la sua assenza su quelli che *non* fanno parte dell'insieme. Se, ad esempio, il gruppo è formato da bambine con i capelli biondi, mentre il resto della classe è formato da bambini e da bambine con capelli di altro colore, alla richiesta "qual è la proprietà del raggruppamento o insieme?", gli alunni risponderanno "sono tutte bambine"; altri riconosceranno una proprietà posseduta solo da alcune bambine, come il fatto che non indossano il grembiule, magari perché tale proprietà è stata usata in precedenza. A questo punto occorrerà evidenziare che ci sono anche bambine fuori dal gruppo e indirizzare il confronto: "è vero che sono bambine; ma in più hanno...". In certi casi i bambini possono riconoscere una proprietà diversa da quella da noi utilizzata nel costruire il raggruppamento di oggetti proposto, specie se non rimangono altri oggetti esclusi dal "vassoio". Sono i limiti del pensiero induttivo, tipici della scienza: un'ipotesi verificata non è necessariamente corretta, perché la verifica è riferita a un contesto limitato. Karl Popper insegna che solo la falsificazione di un'ipotesi è risolutiva. Quindi non dobbiamo dire al bambino che si è sbagliato, ma fargli esprimere verbalmente che tutti gli oggetti hanno la proprietà da lui riconosciuta.

Nell'operare sul concetto di proprietà, ci troveremo ad utilizzare una terminologia a vari livelli di generalizzazione, riferendoci alle proprietà stesse. Per esempio il termine "colore" è più astratto dell'attributo "giallo". Dire che gli oggetti "sono tutti gialli" richiede capacità ben diverse, per il bambino, che non dire "sono tutti dello stesso colore". Solo quando i bambini avranno acquisito confidenza con la classificazione degli oggetti reali potremo condurli alla classificazione delle proprietà nelle categorie principali: forma (rotonda, a punte, ecc.), colore, dimensione (spessore, lunghezza, ecc.), numero.

I bambini tendono ad attenuare le differenze tra gli oggetti simili e non posseggono il concetto di unicità. Occorre tenere presente che l'identità di due oggetti è impossibile, se non altro perché i due oggetti occupano posizioni diverse (la posizione è una proprietà, anche se non è una caratteristica intrinseca). I bambini devono essere abituati all'osservazione e alla ricerca degli attributi di differenziazione tra oggetti, operazione favorita dall'utilizzo di *oggetti naturali* (conchiglie, sassi,

foglie, ecc.), piuttosto che blocchi logici, costruzioni o altri oggetti artificiali quasi identici. La ricerca di identità, somiglianze, analogie e di elementi unificanti, invece, richiede una sintesi, impegnando capacità logiche e decisionali; un lavoro di astrazione favorito, anch'esso, dall'uso di oggetti naturali. Questi, infatti, ci obbligano a scegliere e definire i "contorni" delle classi; se, ad esempio, il bambino deve classificare le foglie per colore, avendo diverse gradazioni di verde dovrà scegliere se considerare le foglie diverse, rispetto alla proprietà colore, o se considerarle tutte verdi. Il criterio che si darà potrà variare a seconda che egli debba classificare anche foglie gialle, arancio e rosse, oppure che esse siano tutte più o meno verdi. Inoltre, supponendo che il bambino consideri verdi tutte le foglie di un gruppo, dovrà affrontare l'evidenza che il termine "verde" non si riferisce a un colore unico. Il colore "verde" si trasforma da esperienza percettiva a evento cognitivo. La stessa cosa può ripetersi per ogni altra proprietà.

Così come i bambini considerano identici gli oggetti molto simili, all'estremo opposto giudicano totalmente diversi e incomparabili (esclusivi) oggetti che hanno molte proprietà diverse o anche una sola proprietà che differisce molto dagli altri oggetti facenti parte della classe (per esempio, un bottone avente colore e forma simile agli altri, ma dimensione molto maggiore, viene isolato dalla classificazione). Gli oggetti naturali, pertanto, forniscono opportunità e problemi che facilitano la costruzione di una mente scientifica flessibile.

Tra le proprietà, infine, ve ne sono alcune che possono variare in modo più o meno graduale. La dimensione, il tono di colore e il numero di denti delle foglie o dei francobolli, sono esempi di proprietà variabili. La forma e il materiale, invece, non possono essere definiti con continuità. Quando abbiamo a che fare con queste proprietà si stimolano i bambini a compiere un'operazione di seriazione, cioè la costruzione di una serie ordinata di oggetti basata sulla variazione sequenziale di una data proprietà; si insiste, inoltre, sull'idea di proprietà opposte, (duro e morbido, rigido e flessibile, grande e piccolo, liquido e solido, ruvido e liscio ecc.) Questa attività, oltre all'esercizio logico-linguistico, li prepara ai concetti di variabile e di misura. È evidente che l'attività sul concetto di proprietà coinvolge fortemente l'area logica-matematica, oltre quella scientifica.

PREREQUISITI

L'attività sul concetto di proprietà può essere affrontata anche senza aver sviluppato il concetto di oggetto-non oggetto.

ATTIVITÀ PROPOSTE

Esplorazione

Raggruppa gli oggetti che ti sono stati consegnati.

A ciascun bambino si consegna un vassoio con una serie di 6-10 oggetti dello stesso tipo (conchiglie, sassi, piume, semi, bottoni, palline di vetro, ecc.). I diversi bambini possono ricevere oggetti di diverso tipo. Durante lo svolgimento della consegna, è fondamentale rivolgere la domanda: "perché hai messo insieme questi oggetti?" L'insegnante può anche registrare sulla lavagna i diversi criteri di classificazione usati, in uno schema come il seguente:

<i>Nome</i>	<i>Tipo di oggetti raggruppati</i>	<i>Stanno insieme perché sono tutti...</i>
Gianni	Conchiglie	A punta/rotonde
Luca	Tappi	Di sughero/colorati
Renato	Conchiglie	Grandi/piccole

Marta	Semi	Bianchi/rotondi/marroni/fini
Ecc...	Ecc...	Ecc...

Invenzione

La maestra riprende tutte le spiegazioni dei bambini e afferma che l'essere grande, piccolo, marrone, bianco, rotondo o fine, sono tutte *proprietà* degli oggetti. Prendendo due oggetti diversi in mano, spiega che, anche se i due oggetti sono differenti, hanno alcune *proprietà* in comune, che passa ad elencare. Chiede poi ai bambini di dire quali proprietà ha un qualsiasi oggetto dell'aula. Infine i bambini possono raccontare le proprietà di oggetti della loro esperienza quotidiana, ma assenti al momento.

Scoperta

1. *Quali oggetti hai raccolto durante la passeggiata?*
2. *Quanti tipi di foglie hai raccolto durante la passeggiata?*
3. *Quali oggetti hanno la proprietà scritta sul cartoncino?*
4. *Quali proprietà hanno gli oggetti raccolti dal gruppo di Pierino?*
5. *Nel bicchiere ci sono semi diversi. Separa, conta e identifica i semi. Quali sono le loro proprietà?*
6. *Puoi riconoscere gli oggetti ad occhi bendati e senza toccarli?*

1. *Quali oggetti hai raccolto durante la passeggiata?*

Gli allievi osservano con la lente gli oggetti raccolti durante la passeggiata e sono invitati a scegliere qualche loro proprietà. In un vassoio si raccolgono tutti gli oggetti che posseggono quella data proprietà (es. ruvido, rotondo, ecc). Con un cartoncino, per ogni vassoio, si indica la stessa proprietà. Si favorisce il dialogo tra i bambini per far sviluppare le abilità del linguaggio orale. Accade spesso che alcuni bambini rimangano silenziosi, non riescano a mettere in gioco i propri oggetti né a riconoscerne le proprietà che si sta "raccolgendo". Per evitare che questo accada è consigliabile formare dei gruppi di lavoro (uno per ogni proprietà, con vassoio vuoto e il cartello), con la regola che gli oggetti siano esibiti, ma che nessuno prenda o sposti gli oggetti dell'altro. In questo modo si favorirà sia l'operatività, sia il coinvolgimento verbale degli allievi meno interattivi.

2. *Quanti tipi di foglie hai raccolto durante la passeggiata?*

I bambini, giunti in aula, classificano le foglie raccolte in base a criteri più o meno soggettivi. L'insegnante chiederà loro quali sono le proprietà di ogni insieme di foglie. È importante chiedere se le foglie sono tutte dello stesso colore. Se le foglie sono tutte verdi, nessun bambino penserà di classificarle in base al colore, ma una volta notata l'esistenza di sfumature di verde, la classificazione sarà possibile e in più i bambini potranno "scoprire" che una proprietà può cambiare.

3. *Quali oggetti hanno la proprietà scritta sul cartoncino?*

Ciascun gruppo sceglie un cartoncino tra almeno dieci, ciascuno recante scritta una proprietà (morbido, duro, liscio, ruvido, largo, stretto, grande, piccolo, pesante, leggero, alto, basso, rigido, flessibile, trasparente, opaco, ecc...). Quindi si raccolgono o si disegnano gli oggetti che posseggono quella proprietà. Questo problema si presta a essere ripetuto, facendo scegliere ai gruppi altri cartoncini un nutrito numero di oggetti con le proprietà richieste.

4. Quali proprietà hanno gli oggetti raccolti dal gruppo di Pierino?

I gruppi si scambiano i vassoi contenenti gli oggetti raggruppati secondo un criterio scritto in un cartoncino (esp.3) che viene piegato. Essi devono tentare di riconoscere la proprietà scritta sul cartoncino osservando gli oggetti.

5. Nel bicchiere ci sono semi diversi. Separa, conta e identifica i semi. Quali sono le loro proprietà?

Si trovano in commercio sacchetti di legumi misti di molti tipi e colori, che sono l'ideale per quest'esperienza. L'obiettivo è di mostrare come l'identità di un oggetto può essere stabilita solo in base a un insieme di proprietà, ma anche evidenziare la differenza tra identità e proprietà (non può essere considerata una proprietà la natura di seme o di foglia o l'essere un tappo o una biglia). Infine si noterà che tutti i semi dello stesso tipo, pur avendo comunanza di proprietà, non sono perfettamente identici.

6. Puoi riconoscere gli oggetti ad occhi bendati e senza toccarli?

I bambini riconosceranno gli oggetti utilizzando l'udito e l'olfatto, mentre i loro compagni faranno cadere gli oggetti sul banco o li sottoporranno vicino al naso. Si evidenzieranno quindi altre proprietà, come il rumore prodotto cadendo e l'odore. L'esperienza può essere effettuata una volta per il rumore e un'altra volta per l'odore.

Materiale per la proprietà rumore. Oggetti solidi: chiodi, biglie di vetro, gomme, legnetti, pezzi di plastica, palline di carta. Liquidi: acqua, olio e bicchieri vuoti per il travaso.

Materiale per la proprietà odore: aranci, limoni, cipolle, foglie aromatizzanti varie (rosmarino, menta, basilico, salvia, ecc.). Liquidi: aceto, olio d'oliva, latte, vino, Coca Cola, aranciata, limonata.

Si può evitare di coprire gli occhi con le bende, lasciando in infusione in acqua le foglie aromatiche o le bucce dei frutti e usando il liquido limpido per l'esperimento di riconoscimento dell'aroma. In questo caso i bambini potranno letteralmente "fiutare le proprietà" che gli oggetti hanno trasferito all'acqua. Un analogo esperimento può essere realizzato riconoscendo vari sapori (sono anch'essi proprietà): dolce, salato, aspro, amaro, ottenuti per esempio mettendo in acqua dello zucchero, del sale, del succo di limone o del bicarbonato.

MATERIALE

Classi I - II elementare

Il termine materiale ci dice “di che cosa è fatto un oggetto”. In questo senso la specificazione del materiale ci dice una proprietà di quell’oggetto, poiché ci fornisce informazioni sulla costituzione di quel dato oggetto. Ma il concetto di materiale è anche una generalizzazione del concetto di oggetto e pertanto appartiene a una categoria più sovraordinata. Una biglia, un vetrino portaoggetti e un bicchiere sono fatti dello stesso materiale, cosa che garantisce l’esistenza di un insieme comune di proprietà tipiche, come la trasparenza e la fragilità, pur trattandosi di oggetti diversi. Un materiale, pertanto, è caratterizzato e riconosciuto tramite diverse proprietà ricorrenti e, in questo senso, non può essere considerato esso stesso una proprietà.

Per tutto il percorso di alfabetizzazione scientifica, che copre l’intero arco della scuola di base, non utilizzeremo termini, indicanti la costituzione o la composizione della materia, più specifici del termine *materiale*. Termini quali sostanza, composto o elemento possono essere definiti appropriatamente solo alla luce della teoria atomica-molecolare e sono banditi da questo progetto.

Il materiale è identificato mediante l’esame delle proprietà che riguardano una qualsiasi porzione degli oggetti (le cosiddette grandezze intensive). Ovviamente ci sono ben pochi test di caratterizzazione e analisi alla portata dei bambini, e pertanto occorre mantenere la classificazione dei materiali a un basso livello di accuratezza e avvalersi di materiali comuni e possibilmente omogenei. Al tempo stesso sarà possibile evitare l’eccessiva semplificazione, distinguendo vari tipi di metallo (in base al magnetismo), vari tipi di plastica (in base al galleggiamento), di legno, ecc.

Molte guide operative suggeriscono esercizi sulla distinzione tra oggetto e materiale. Si tratta certamente di un esercizio utile ai fini della capacità di classificazione, ma occorre osservare che, in alcuni casi, la distinzione diventa alquanto sfuggente. L’acqua in un bicchiere è un materiale o un oggetto? Come si può definire “oggetto” un determinato volume d’aria? Sarà già tanto se i bambini ne riconosceranno la materialità. Anche i termini gesso, ferro, legno e carta possono essere usati con significato denotativo, riferendosi ad altrettanti oggetti, senza commettere errori.

PREREQUISITI

Concetto di proprietà

ATTIVITÀ PROPOSTE

Nei seguenti esperimenti il concetto di proprietà è generalizzato anche ai comportamenti (solubilità, galleggiamento, magnetismo), che in genere implicano l’interazione tra oggetti. Pertanto questi esperimenti possono essere considerati preparatori al concetto di interazione ed essere utilizzati anche in seconda classe, qualora il programma di alfabetizzazione scientifica iniziasse da tale anno.

Esplorazione

Di cosa sono fatti gli oggetti scritti sul cartoncino?

Materiale: almeno dieci oggetti, fatti di almeno cinque materiali diversi. Per ogni materiale devo esserci almeno due oggetti. Per esempio: fermaglio, moneta, cucchiaio (metallo); suola, tappo (sughero); giornale, blocco notes; fazzolettino (carta); biglia, bicchiere; lampadina (vetro); tappo,

bottiglia, scatolina (plastica); cinturino, laccio, scarpa (cuoio), ecc. Ogni coppia di bambini estrae a sorte un cartoncino che indica uno degli oggetti e può disporre dell'oggetto corrispondente per osservarlo e rispondere alla domanda del problema.

I bambini sono invitati a chiedere chi ha fornito la stessa risposta. Gli oggetti che hanno avuto risposte analoghe, saranno classificati insieme.

Invenzione

L'insegnante mostra gli oggetti raggruppati dai bambini e spiega loro che sono fatti dello stesso **materiale**. Che il metallo, il sughero, la carta, il vetro, ecc., sono tutti **materiali**. Chiede poi ai bambini: di che materiale è fatta la sedia? Il pavimento? La finestra? Quanti materiali ci sono in un temperamatite? A questo punto può essere costruita una lista condivisa di tutti i materiali noti alla classe.

Scoperta

1. *Quali sono le proprietà di latte, acqua, olio?*
2. *Il sale si scioglie in acqua? Si scioglie in olio? Si scioglie prima il sale grosso o il sale fino?*
3. *Lo zucchero si scioglie in acqua? Si scioglie in olio?*
4. *Caccia al materiale*
5. *Quali sono i materiali che galleggiano?*
6. *Quali oggetti sono di materiale metallico? Con una calamita separa i metalli in due insiemi.*
7. *Quanti tipi di legno ci sono nella scatola?*
8. *Quanti materiali ci sono nella sabbia?*

1. Quali sono le proprietà di latte, acqua, olio?

L'insegnante mostrerà esempi di *materiali liquidi* e di *materiali solidi*. Liquido e solido sono tipi di materiali riconoscibili dal comportamento degli oggetti. Le polveri fini (farina, zucchero a velo) costituiscono un problema, perché fluiscono, più o meno, come i liquidi. Ma con tali polveri si ottengono mucchietti a forma di cono, mentre con i liquidi questo non è possibile. Gli allievi disporranno anche di bicchieri vuoti per mescolare tali liquidi e poter rispondere alle seguenti domande sulle proprietà dei liquidi:

Quale liquido è trasparente?

Quale liquido è opaco?

Quale liquido si mescola con l'acqua?

Quali liquidi ci sono in casa tua?

2. Il sale si scioglie in acqua? Si scioglie in olio? Si scioglie prima il sale grosso o il sale fino?

L'insegnante gira fra i gruppi e versa i liquidi nei bicchieri. Gli allievi annotano sul proprio quaderno la solubilità o meno del sale nei due liquidi. Con la lente d'ingrandimento osservano i granelli di sale e li descrivono sul quaderno. Domande:

- Quale proprietà cambia fra il sale fino e quello grosso? (Gli allievi possono anche macinare il sale grosso, con un sasso o un mortaio, e farlo diventare fino).
- Il sale grosso e fino sono fatti dello stesso materiale? Quali sono le sue proprietà?
- Quali proprietà sono diverse per l'acqua e per l'olio? Quali proprietà sono comuni a entrambi i materiali?

	ACQUA		OLIO
DIFFERENZE	Scivolosa Incolore Inodore Insapore Scioglie il sale		Untuoso Giallo Profumato Saporito Non scioglie il sale
PROPRIETÀ COMUNI	Trasparenti Liquidi		

3. Lo zucchero si scioglie in acqua? Si scioglie in olio?

L'insegnante gira fra i gruppi e versa i liquidi nei bicchieri. Gli allievi annotano sul proprio quaderno la solubilità o meno dello zucchero nei due liquidi. Domande:

- Quale proprietà cambia fra il sale e lo zucchero?
- Quali proprietà sono diverse per l'acqua e per l'olio? Quali proprietà sono comuni a entrambi?

4. Caccia al materiale

Ogni gruppo estrae a sorte un cartoncino indicante il nome di un materiale e ricerca nello scatolone quanti più oggetti possibili formati da quel materiale.

5. Quali sono i materiali che galleggiano?

Fornire piccoli oggetti compatti e omogenei, formati da vari materiali, che i bambini potranno immergere in una brocca piena d'acqua. Per esempio: monete, gesso, gomma, tappi di plastica e sughero, perline di plastica, biglie di vetro, fili di rame, pezzi di alluminio, stoffa, legnetti ecc. Se si usano oggetti contenenti cavità (es. spugne, palline di foglio di alluminio, scatoline, ecc.) si potranno ottenere risultati diversi secondo il modo di immergere tali oggetti.

Prima di operare si invitano i bambini a descrivere, dopo avere scritto sulla lavagna e sul proprio quaderno le parole oggetto e proprietà, i vari oggetti e a rispondere alle seguenti domande:

- Qual è il materiale di quest'oggetto?

- Quest'oggetto ha una proprietà diversa dal colore e dalla forma?

Prima di passare alla vera e propria sperimentazione, si mostrano gli oggetti uno per volta e si chiede ai bambini di "indovinare" quale oggetto affonda e quale galleggia. Quindi, ciascun allievo scrive sul proprio quaderno le sue previsioni.

Al termine dell'esercitazione, si risponde alla domanda del problema. Si registrano a parte gli oggetti che affondano o galleggiano a seconda di come sono stati messi sull'acqua. L'aria è un materiale, molto "leggero", che fa galleggiare anche materiali pesanti; questi, privati dell'aria, affondano nell'acqua. Esistono tipi di plastica che galleggiano (es. PE, PP) e materiali plastici che non galleggiano (es. PVC, polistirene, PET). La galleggiabilità di un materiale dipende dal suo peso specifico (se maggiore o inferiore a quello dell'acqua), ma dai bambini possiamo attenderci che differenzino la diversa "pesantezza" dei materiali che affondano e di quelli che galleggiano. Alcuni oggetti aventi peso specifico maggiore dell'acqua possono ugualmente rimanere a galla per la presenza della tensione superficiale dell'acqua (es. aghi, foglietti di alluminio). L'effetto si annulla immergendo tali oggetti o mettendo una goccia di detergente liquido per piatti nell'acqua.

6. Quali oggetti sono di materiale metallico? Con una calamita separa i metalli in due gruppi.

I bambini hanno a disposizione un insieme molto eterogeneo di oggetti solidi, tra cui isolare i metalli. Dopo aver descritto e/o disegnato gli oggetti metallici, possono testare i metalli con la calamita e dividerli in magnetici e non magnetici. Si possono usare allo scopo monete e fermagli (nichel e ferro, entrambi metalli magnetici). L'acciaio inossidabile e temprato non è magnetico, come gli altri metalli (zinco, stagno, piombo, rame, alluminio, oro, argento, ecc.). Le nuove monete da 100 £, pur avendo il 19% di nichel (e il resto rame), non sono magnetiche, contrariamente alle vecchie, in acciaio inox 18/8.

- La calamita attira tutti i metalli?
- Quali proprietà sono presenti in tutti i metalli?
- Quali tipi di metallo ci sono in casa tua?

7. Quanti tipi di legno ci sono nella scatola?

Occorre rifornirsi, da un falegname, di una serie di pezzi di legno di tipo diverso: noce, abete, pino, frassino, rovere, ciliegio, ecc.

- Quali proprietà sono comuni a tutti i materiali legnosi?
- La parola legno corrisponde a un solo materiale?
- Quali tipi di legno ci sono in casa tua?

8. Quanti materiali ci sono nella sabbia?

I bambini, usando la lente su un piccolo campione di sabbia bagnata, riconosceranno la presenza di sassolini di diverso colore e registreranno le proprietà di ogni materiale. Utilizzare sabbia non troppo fine.

Conosci altri oggetti formati da più materiali?

INTERAZIONE

Classe II elementare

Lo scopo di questa unità è di aiutare i bambini a riconoscere l'esistenza di modelli regolari di comportamento. I bambini sono attratti da tutto ciò che si modifica e da tutto ciò che si differenzia dallo sfondo. La loro curiosità è innata. Essi somigliano a degli scienziati perché sono interessati a comprendere le condizioni che governano tali cambiamenti. L'atteggiamento opposto è quello magico, che pure coesiste nei bambini, ma che può essere ridimensionato dall'educazione. In base a tale atteggiamento, se un cambiamento avviene in natura in modo riproducibile è perché esso è preordinato dal destino ineluttabile di ogni oggetto. Se invece avviene un fatto eccezionale è perché interviene l'influsso di uno spirito magico e capriccioso. Se uno scienziato osserva sempre un dato cambiamento in alcuni oggetti quando sono vicini e non lo osserva in nessun'altra occasione, egli fa l'ipotesi che gli oggetti interagiscono, ovvero che hanno un rapporto di causa – effetto. Lo scienziato e il bambino si trovano scomodi in una situazione completamente nuova. Perciò tutti noi, fin dall'infanzia accumuliamo esperienze e le trasformiamo in modelli regolari di comportamento. In questo modo acquistiamo sempre maggiore fiducia nella nostra capacità di prevedere e controllare gli eventi. Uno dei modelli più importanti è quello che conduce all'interpretazione di causa ed effetto. Il concetto di interazione risulterà utile per descrivere e analizzare le relazioni di causa ed effetto in ogni esperimento e fenomeno. Se un cubetto di ghiaccio viene posto in un bicchiere d'acqua, osserveremo diverse cose: il cubetto si muoverà sulla superficie dell'acqua, il suo volume lentamente diminuirà, la temperatura dell'acqua si abbasserà. In quest'esempio il cubo di ghiaccio e l'acqua sono due oggetti che **interagiscono**. Il movimento del cubetto, la sua diminuzione di volume e l'abbassamento della temperatura, che noi osserviamo, sono segnali precisi che c'è stata **interazione**. Due oggetti **interagiscono** quando esercitano un'azione reciproca, ovvero, quando fanno qualcosa l'uno all'altro. Gli effetti, che noi osserviamo, testimoniano che c'è stata **interazione**. Occorre riferirsi a tali effetti come **evidenze dell'interazione**. Può accadere che dopo l'interazione gli oggetti rimangano immutati, come quando la calamita attrae un fermaglio, o che essi non siano più riconoscibili dopo l'interazione, come nel caso dell'aceto e del bicarbonato. Nel primo caso c'è il cambiamento di posizione, che mostra come ciascun oggetto faccia qualcosa all'altro. Nel secondo caso, anche se la spiegazione di tipo molecolare è fuori dalla portata dei bambini, possiamo accontentarci della scomparsa di un materiale e del cambiamento dell'altro per interpretare i cambiamenti come un'evidenza dell'interazione.

In questa unità il bambino dovrà esplorare fenomeni, avere a che fare con situazioni nuove e inattese, usare idee e concezioni proprie, vagliare le evidenze e raggiungere conclusioni, **riferire le evidenze delle interazioni**.

PREREQUISITI: concetto di proprietà, oggetto, materiale.

ATTIVITÀ PROPOSTE

Esplorazione

Che cambiamenti potete ottenere con questi oggetti?

Ogni gruppo (di 4 allievi) riceve un vassoio contenente fermagli, forbici, matita, gesso o frammenti di guscio d'uovo, bicchiere con aceto, carta, pila, calamita, lampadina.

Oppure

Realizza il maggior numero di cambiamenti possibili con questi 4 materiali: gesso, blu di bromotimolo opportunamente diluito (BTB), aceto, bicarbonato.

Invenzione

I bambini scrivono e osservano accuratamente i cambiamenti che si producono.

L'insegnante scrive la parola *interazione* dopo aver elencato le varie evidenze di azioni reciproche.

Se necessario, la maestra ripeterà gli esperimenti davanti alla classe, lentamente, e chiederà di utilizzare la parola *interazione*, per descrivere quanto osservato. Quindi stimola i bambini a fornire altri esempi di interazione e sperimentarne altri a casa.

Scoperta

1. *La maestra ti consegna una batteria, un filo di rame e una lampadina. Riesci a far accendere la lampadina?*

2. *C'è interazione tra BTB blu e aceto?*

3. *C'è interazione fra la compressa e il BTB blu?*

4. *C'è interazione tra il tuo respiro e il BTB blu?*

5. *Hai a disposizione una pompa per bicicletta e un bicchiere con BTB blu. C'è interazione tra l'aria e il BTB?*

1. La maestra ti consegna una batteria, un filo di rame e una lampadina. Riesci a far accendere la lampadina?

Materiale per ogni bambino: una batteria a torcia da 1,5 Volt, un filo di rame, una lampadina per torce elettriche.

Gli allievi proveranno a fare l'esperimento. Quando vorranno mostrare i loro esperimenti, si chiederà loro di descrivere gli oggetti che essi hanno usato e i cambiamenti osservati.

Indicando i tre oggetti, la lampadina, il filo di rame, la batteria, si chiede ai bambini di usare la parola *interazione* quando gli oggetti fanno qualcosa l'uno all'altro e la parola *sistema* per indicare l'insieme di oggetti che interagiscono.

Questo è un vero e proprio problema sperimentale. Se la maestra non conosce il giusto modo di unire gli oggetti per ottenere un circuito funzionante, non deve preoccuparsi, né sforzarsi di proporre aiuti agli allievi. Alla fine i bambini trovano sempre la strada. Tutto ciò che occorre fare è favorire la cooperazione, fondamentale in quest'attività. Il primo passo verso la soluzione corrisponde in genere alla raggiunta consapevolezza che la pila ha un secondo contatto alla base. I bambini uniscono i due poli col filo e poggiano la lampadina verticalmente sul polo positivo. A questo punto sentono un calore intenso, dovuto al corto circuito, e ottengono così un risultato preliminare. Poiché c'è poco posto sul polo positivo per il filo, questo può casualmente toccare il bordo metallico della lampadina, piuttosto che il polo stesso. Si ottiene così una prima accensione. Dopo un po' i bambini capiscono che il filo deve toccare il bordo filettato della lampadina.

2. C'è interazione tra BTB blu e aceto?

Ciascun gruppo riceve un vassoio con due bicchieri di plastica trasparente. La maestra passerà fra i banchi e distribuirà i liquidi contenuti in due brocche (soluzione di BTB e aceto). Riempirà i bicchieri solo per un quarto del loro volume.

Solo quando tutti i gruppi avranno i bicchieri coi due liquidi, l'insegnante darà il via e i bambini mescoleranno i liquidi, osservando cosa accade. Domande:

- Che cosa hai osservato?
- C'è stata interazione?
- Descrivi ogni cosa sul tuo quaderno.

3. C'è interazione fra la compressa e il BTB blu?

Ogni gruppo riceve, sul solito vassoio, un bicchiere di plastica, mezza pasticca di Alka Seltzer. La maestra distribuisce dalla bottiglia un po' di soluzione di Blu di bromotimolo in tutti i bicchieri.

Sarà la maestra a dare il via e i bambini faranno cadere la pasticca nel bicchiere del BTB. Domande:

- Cosa hai osservato?
- C'è stata interazione?
- Descrivi ogni cosa sul tuo quaderno.

Durante il dialogo con la classe bisogna far emergere tutte le cose osservate: cambiamenti di colore, rumori, sviluppo di bollicine, ecc...

4. C'è interazione tra il tuo respiro e il BTB blu?

I bambini ricevono un vassoio con una cannuccia per bibite e un bicchiere di plastica. Per avere un risultato ottimale la soluzione di BTB deve essere preparata in questo modo: mettere una punta di spatola di polvere di blu di bromotimolo in una bottiglia di plastica da due litri riempita a metà con acqua distillata. Aggiungere un po' di acqua di rubinetto e agitare a lungo. Se il colore è ancora giallo o verde aggiungere altra acqua di rubinetto e agitare fino a ottenere il primo colore azzurro. Una volta raggiunto il colore azzurro effettuare una prova: soffiando con la cannuccia in un bicchiere con poca soluzione, il colore deve passare al giallo-verde in 5 – 10 secondi. Riempire la bottiglia con altra acqua distillata. Se non si riesce a ottenere il giusto risultato, un metodo infallibile consiste nello sciogliere il BTB direttamente in acqua Levissima.

Consegnato il materiale a tutti, l'insegnante darà il via e i bambini cominceranno a soffiare dolcemente con la cannuccia, dentro la soluzione blu.

Data la diluizione e la ridotta quantità della soluzione di BTB usata, non si devono temere effetti dannosi derivanti dall'ingestione accidentale del liquido. Se lo si desidera, è comunque possibile fornire ai bambini la cannuccia già sigillata a un'estremità in un sacchetto per conservare i cibi in frigorifero. In tal caso i bambini dovranno gonfiare il sacchetto col respiro e poi usarlo per gorgogliare nel bicchiere.

Domande:

- Che cosa è cambiato?
- C'è stata interazione?

Sul proprio quaderno ciascun bambino descriverà: (1) l'esperimento; (2) che cosa ha osservato, per stabilire che c'è stata interazione; (3) la lista degli oggetti che hanno interagito.

5. Hai a disposizione una pompa per bicicletta e un bicchiere con BTB blu. C'è interazione tra l'aria esterna e il BTB?

La pompa deve essere collegata a una valvola per bici, altrimenti il liquido viene aspirato all'interno quando si risolveva il pistone. Si trovano in commercio anche delle economiche pompe di plastica per gonfiare i palloncini molto più pratiche perché già munite di valvola. Se non si dispone della pompa si può usare un normale sacchetto della spesa gonfiato in parte con l'aria e poi collegato a una cannuccia con un elastico ben stretto. L'aria potrà essere trasferita nel BTB schiacciando lentamente il sacchetto.

Questo esperimento va fatto insieme al precedente e sarà eseguito da un solo bambino, di fronte alla classe. In questo caso non si osserverà cambiamento di colore, con grande sorpresa degli allievi. Quindi, in assenza di evidenze, non si potrà parlare di interazione. Anche quest'esperimento va descritto sul quaderno. Si discuterà con gli allievi delle diverse proprietà di aria normale e respiro. Dal momento che inspiriamo aria normale e restituiamo un'aria modificata, possiamo anche dedurre che l'aria normale interagisce con i nostri polmoni. Può essere interessante osservare che la soluzione di BTB divenuta giallo-verde nell'esperimento se gorgogliato con aria normale, ritorna blu. Lo stesso effetto è visibile dopo un giorno se si lascia il bicchiere all'aria. Quindi insegnante e bambini potranno concludere che l'aria normale interagisce con il BTB giallo.

Si raccomanda di far usare il linguaggio proprio dei bambini, senza suggerire la presenza dell'anidride carbonica nel respiro o dell'ossigeno nell'aria normale.

Le piante interagiscono in modo opposto col BTB: ne provocano il viraggio dal giallo al blu, se esposte alla luce.

SISTEMA

Classe II elementare

Negli esperimenti svolti nell'unità precedente i bambini hanno isolato mentalmente alcuni oggetti tra tutti quelli presenti. Dato che tutti gli oggetti dell'universo interagiscono continuamente tra loro, anche gli scienziati sono costretti a focalizzare l'attenzione su pochi oggetti che possono essere collegati da una certa relazione. Il termine *sistema*, nella nostra proposta viene "inventato" dopo che il seme dell'idea è già stato fornito negli esperimenti sull'interazione. In effetti le esperienze per la scoperta di un concetto possono essere considerate esplorazioni per i concetti successivi, in accordo col termine "cicli" di apprendimento di Robert Karplus.

Dunque un sistema è una collezione di oggetti legati tra loro da una relazione, su cui si focalizza l'attenzione:

perché c'è un'interazione in atto tra di essi;

perché ci sono le evidenze di un'interazione già avvenuta;

perché esiste la possibilità di un'interazione.

Per esempio, se si ha fame e si immagina una bella bistecca, un piatto e delle posate, questi oggetti immaginari costituiscono un **sistema**. Così anche un foglio di carta può essere diviso mentalmente in 4 parti ed essere considerato un insieme di tali parti. Due automobili che stanno per urtarsi, costituiscono un sistema. In pratica il concetto di sistema è molto simile al concetto di insieme. I sistemi sono composti da "oggetti". Il fermaglio è un oggetto del sistema fermaglio-magnete, così come un'arteria è un oggetto del sistema cardiocircolatorio. I sistemi possono essere creati anche

dividendo mentalmente un singolo oggetto in più parti. Quindi un pezzo di carta, un bicchiere d'acqua o qualsiasi altra entità materiale può essere considerata sistema. Se gli allievi studieranno **ambienti** dal punto di vista naturalistico, sapranno che essi rientrano nel concetto di sistema, all'interno del quale ricercheranno le relazioni – interazioni - tra i diversi comparti e organismi (sottosistemi). La capacità di riconoscere e trasferire i concetti nei diversi contesti è legata alla quantità e varietà di dialogo ed esempi che si costruiscono con la classe, piuttosto che alla completezza e dettaglio terminologico relativi alle esperienze svolte. Ogni esperienza deve essere vista come un trampolino per lanciare il concetto in termini generali e in associazione ad altri settori. Dal nostro punto di vista, pertanto, la parola ambiente appartiene allo specifico disciplinare, e non può essere posta sullo stesso piano degli altri concetti scelti per questo programma. Ciò non toglie, ovviamente, che gli allievi possano studiare sistemi naturali, in sostituzione o in aggiunta agli esperimenti qui proposti, per acquisire i concetti di sistema e di interazione.

Alcune esperienze sono indirizzate a chiarire la differenza tra *sistemi chiusi* (conservativi) e *sistemi aperti* (non conservativi). Nei primi, durante l'interazione, non possono entrare né uscire materiali. Nei secondi invece si verifica l'entrata e/o l'uscita di materiali.

La rappresentazione di uno stesso sistema può essere diversamente percepita da allievi diversi: per esempio, per una compressa effervescente in un bicchiere posto su un vassoio, il sistema può essere: 1. compressa – liquido; 2. liquido, schiuma, 3. compressa, liquido, vassoio. Perciò va richiesto ai bambini di indicare *un* sistema di oggetti e non qual è *il* sistema di oggetti. Si consiglia inoltre di chiedere all'allievo il perché della inclusione o dell'esclusione di oggetti, in modo da rilevare l'esistenza di una relazione o funzione per ogni oggetto del sistema.

Ogni sistema è un'entità a sé stante, perciò la pila-lampadina di un bambino è un sistema distinto dalla pila-lampadina di un altro, anche se identicamente costituito. L'identità di un sistema è mantenuta finché nessun tipo di materia è aggiunto o escluso dal sistema. Inoltre è importante tenere una traccia accurata dello stato del sistema attraverso le sue diverse trasformazioni, affinché i bambini sappiano distinguere il cambiamento di un sistema dalla sua sostituzione totale o parziale con altri oggetti. A questo fine è importante possedere una chiara distinzione tra oggetto e non oggetto. Per esempio, la piegatura non è un oggetto, e un foglio di carta piegato non è un sistema diverso dal foglio originario. Lo SCIIS suggerisce di includere tutti gli oggetti necessari affinché il sistema risulti conservativo (chiuso). Tenere la traccia dei mutamenti di un sistema è considerato un modo di applicare il principio della conservazione della materia, e non si prende in considerazione la *non* conservazione di un sistema. Nel nostro caso suggeriamo una soluzione più elastica: la fuoriuscita di una parte del gas o del liquido da un sacchetto, ad esempio, non comporta la trasformazione del sistema in un nuovo sistema, ma evidenzia semplicemente il fatto che il sistema studiato è aperto.

PREREQUISITI

concetti di oggetto – non oggetto, proprietà, interazione.

ATTIVITÀ PROPOSTE

Esplorazione - Invenzione

L'insegnante fa rivedere due esperimenti. Prende la pila, la lampadina e il filo di rame e scrive i nomi sulla lavagna. Fa accendere la lampadina. Mentre indica la lista degli oggetti sulla lavagna, li mostra uno alla volta. L'insegnante dice agli allievi che gli scienziati usano la parola **sistema** per indicare un gruppo di oggetti, che stanno insieme per interagire.

L'altro esperimento da mostrare, è quello con la carta, il fermaglio e la calamita. Pure in questo caso, i tre oggetti stanno insieme e interagiscono, perciò costituiscono un **sistema**. Il primo sarà il sistema "lampadina accesa" o sistema A. Il secondo sarà il sistema B o "sistema magnetico".

Per accertarsi che i bambini abbiano compreso, si pongono alcune domande:

- nomina un oggetto del sistema B;
- in quale sistema è la pila ?
- nomina un oggetto che non appartiene al sistema B.
- fate altri esempi di sistemi a voi noti (rossetto, gesso, ape-fiore, aria- BTB, ecc.)

Scoperta

1. *Una candela accesa interagisce col BTB blu?*

2. *Hai a disposizione un sacchetto di plastica, un bicchiere con aceto e un cucchiaino di bicarbonato. Esegui un esperimento in cui il sistema "aceto-bicarbonato" rimane chiuso*

1. *Una candela accesa interagisce col BTB blu?*

L'insegnante effettuerà l'esperimento davanti alla classe usando il seguente materiale: un barattolo da un litro con tappo a vite, una candela, la soluzione di BTB preparata come nell'esperimento 4 dell'unità sull'Interazione. In fondo al barattolo si versa un po' di BTB (quanto basta per colorare tutto il fondo). Quindi si accende la candela e si pone nel barattolo. La fiamma non dovrebbe superare la metà del barattolo. Prima di chiuderlo, si chiede ai bambini di ipotizzare cosa accadrà e di scriverlo sul proprio quaderno. Dopo aver chiuso il barattolo occorre aspettare circa due minuti per osservare il viraggio dall'azzurro al giallo – verde; l'attesa può essere abbreviata roteando delicatamente il barattolo. L'esperienza va provata in condizioni identiche prima dell'esecuzione in classe, curando ogni volta che i materiali siano sciacquati con acqua deionizzata e asciugati. *Domande:*

- Cosa avete osservato?

- Qualcosa è cambiato?
- C'è stata interazione?
- Quali oggetti costituiscono il sistema?
- Il sistema <candela – BTB – barattolo> è aperto o chiuso?
- Perché il BTB non cambia colore se si lascia il barattolo aperto?

Si discuterà sull'analogo comportamento della combustione della candela e del nostro respiro sul BTB. S'introduce la parola *combustione*.

Se i bambini si domandano come può essere avvenuta l'interazione dovremo evitare di parlare di anidride carbonica e ossigeno. Chiederemo loro di fare delle ipotesi, e di considerare il fatto che l'interazione col BTB non si verifica se non si chiude il barattolo. Alcuni bambini dicono che la causa è il riscaldamento del BTB, altri imputeranno il fenomeno alla rotazione del barattolo, altri al fumo o all'esaurimento dell'aria. Tali ipotesi potranno essere verificate: constatando che il BTB non è caldo, durante il viraggio, e che non vira neanche se è riscaldato a parte. Il viraggio si ha ugualmente, anche se più lentamente, se non si muove il barattolo. In un caso un bambino di seconda elementare, notando che l'interazione si aveva solo a candela spenta e sospettando, di conseguenza, l'influenza dell'aria esausta, ha suggerito di mettere altro BTB blu nel barattolo, con la candela già spenta, e di vedere cosa accadeva. Sostituendo rapidamente la candela spenta con un bicchiere contenente altro BTB

blu, e richiudendo subito, si è ottenuto un nuovo viraggio. Si conclude che è l'aria "modificata" dalla combustione che interagisce con il BTB.

Gli esperimenti di seguito descritti, oltre a rinforzare il concetto di sistema, servono a inventare i concetti di sistema aperto e chiuso. Si propongono alcuni problemi già visti. Si mostra ai bambini il foglio di carta, la calamita e un chiodo di ferro. Si chiede loro di nominare gli oggetti del sistema e di trovare un nome per il sistema (per esempio, sistema calamita). Si spiega che quel sistema non cambierà, se non si toglie o si aggiunge qualche altro oggetto. Si piega il foglio di carta e si mostra l'interazione, fra calamita e chiodo. In questo caso, il sistema si dice *chiuso*. Si taglia il foglio di carta e si ripete l'esperimento. Anche in questo caso, se non si sottrae la parte tagliata, il sistema si dice *chiuso*. Altro esperimento: un cartoncino nero, sul quale si scrive qualcosa con un gessetto. Se si divide in due il gessetto e se ne porta via una parte: il sistema è *aperto*.

Gli scienziati dicono che il sistema è chiuso (si conserva), se nessun oggetto, o parte di esso, viene rimosso o aggiunto al sistema. Gli oggetti, che compongono il sistema, possono essere disposti anche diversamente, senza violare la condizione di chiusura. L'insegnante potrà illustrare il concetto anche aprendo una bottiglia di acqua liscia (sistema chiuso) e una di acqua gassata o di profumo (sistema aperto, poiché ci sono evidenze della fuoriuscita di materiali).

2. Hai a disposizione un sacchetto di plastica, un bicchiere con aceto e un cucchiaino di bicarbonato. Esegui un esperimento in cui il sistema "aceto-bicarbonato" rimane chiuso.

Materiale: un sacchetto di plastica trasparente, un laccio atto a chiuderlo, un cucchiaino di bicarbonato, un quarto di bicchiere d'aceto.

Il bambino pone la polvere di bicarbonato nel sacchetto e la bottiglietta di aceto. Chiude il sacchetto avvitando il laccio ben stretto. Agitando il sacchetto, provoca l'interazione fra aceto e bicarbonato. Il sacchetto si gonfia testimoniando che il gas prodotto non può uscire. Quindi il sistema è chiuso. Togliendo il laccio il sacchetto si sgonfia e il sistema diviene aperto. Si spiega il concetto di gas, facendo l'esempio dell'aria, che i nostri sensi percepiscono come vento o con l'odorato (per esempio, i profumi dei seguenti sistemi: "colonia", "caffè espresso", "cucina", ecc...).

- C'è ugualmente interazione col sacchetto aperto?

SOTTOSISTEMA

Classe III elementare

La corolla, i sepal, il calice e lo stelo sono oggetti componenti il fiore il quale, a sua volta, è una parte della pianta. La pianta, a sua volta può far parte di un ambiente che può essere definito “sistema giardino”. Quando un sistema è parte di un altro, come la corolla, o il fiore o l’albero, è chiamato sottosistema. Ovviamente è l’interesse dell’osservatore che determina, volta per volta, la scelta di cosa considerare sistema, sottosistema e oggetto. Tale scelta è frequentemente rivista, ogni volta che sono contemplate nuove osservazioni o nuove idee; pertanto la capacità di spostare il pensiero dal tutto alle parti, alle parti più piccole e, a ritroso, dagli elementi funzionali all’insieme complessivo, è più importante dell’uso della corretta terminologia. Questa unità (o forse sotto-unità) non aggiunge quindi elementi nuovi dal punto di vista contenutistico. Il suo intento è di sviluppare le capacità di analisi e di sintesi ed estendere il concetto di sistema a situazioni più complesse. Dal punto di vista operativo queste capacità corrispondono allo smontaggio – separazione di sistemi complessi e alla loro ricostituzione. Ecco alcuni esempi di sottosistemi che possono essere discussi e analizzati in classe:

- la sabbia in una miscela di sale e sabbia
- il sale in una soluzione salina
- un termometro in un sistema termometro + acqua che interagisce con esso

PREREQUISITI

concetti di sistema, oggetto, interazione.

ATTIVITÀ PROPOSTE

Esplorazione

Ogni gruppo di allievi riceve uno dei seguenti sistemi:

a) due bicchieri, di cui uno contenente un miscuglio di due diversi semi, e un contenitore con il fondo forato capace di far passare i semi più piccoli (es. cestelli per ricotta);

b) una matita portamine,

c) una spina e un cacciavite.

qualsiasi altro oggetto smontabile in più parti.

Il compito degli allievi è di separare ogni sistema in parti più piccole.

Invenzione

L’insegnante scrive prima i nomi dei sistemi e poi, sotto ciascuno, i nomi dei gruppi di oggetti o disegni delle parti che sono state separate dai bambini. Questi sistemi, più piccoli di quelli dati, sono **sottosistemi**. I bambini elencheranno altri esempi di sottosistemi. La maestra può anche riprendere il sistema <pila – filo – lampadina> e mostrare che la lampadina è formata da altre parti più piccole,

come il filamento, la filettatura, il bulbo; come il filo risulta formato da più fili di rame e da un rivestimento, e così via. Può quindi passare a richiedere ai bambini altri esempi di sottosistema presi dalla loro esperienza quotidiana.

Scoperta

- 1. Trova tutte le possibili combinazioni che fanno accendere la lampadina, usando il Gioco del circuito e il sistema filo-pila-lampadina.*
- 2. Costruisci un Gioco del circuito, incollando strisce di alluminio, e chiudilo bene. Riuscirà il tuo compagno a scoprire tutti i collegamenti?*
- 3. Con due bicchieri, un mucchietto di farina e un mucchietto di sale, puoi preparare una soluzione e una non soluzione?*
- 4. Con un disco di carta da filtro, un imbutino, un bicchiere, riesci a separare i sottosistemi della non-soluzione?*
- 5. Ti consegnano un sacchetto da tè contenente un sale colorato e un bicchiere con acqua. C'è interazione fra acqua e sale? Come si recupera il sale?*
- 6. C'è interazione tra la soluzione del sale azzurro e un pezzo di alluminio? Quali cambiamenti avvengono in ogni sottosistema?*
- 7. Quali sono i sottosistemi che compongono un seme dicotiledone? Quali sono necessarie alla crescita?*

1. Trova tutte le possibili combinazioni che fanno accendere la lampadina, usando il Gioco del circuito e il sistema filo-pila-lampadina.

Materiale: lampadina, filo di rame, nastro isolante (serve per tenere a contatto il filo di rame e la lampadina alla pila), *Gioco del circuito*, pila a torcia.

Il *Gioco del circuito* è un cartoncino ripiegato, contenente all'interno strisce di foglio d'alluminio per alimenti. Su una sola faccia si fanno 8 buchi, individuati dalle lettere A B C D E F G H. All'interno si assicura un foglio con le strisce di alluminio incollate. I circuiti dovrebbero essere tutti identici e tali che ogni contatto sia collegato al massimo con due contatti vicini o con un solo contatto con la riga parallela. Per modificare circuito sarà sufficiente cambiare il foglietto interno, riutilizzando gli stessi cartoncini. I giochi sono consegnati chiusi con fermagli o nastro adesivo.

In alternativa alla pila – lampadina e filo si possono consegnare agli allievi dei “tester” in cui i tre elementi sono già collegati insieme:

In questo caso la presenza dei collegamenti nascosti sarà verificata toccando la base della lampadina e l'estremità libera del filo nei due buchi del gioco del circuito e osservando l'accensione della lampadina. Il tester così costruito è un altro sottosistema da analizzare o costruire.

I bambini devono scoprire quali buchi sono collegati e quali non lo sono, lavorando a coppie. L'insegnante farà notare che, se si accende la lampadina c'è *interazione*. Questo accade quando la lampadina, il filo di rame, la pila e la striscia di alluminio "nascosta" sono tutte collegate. Per favorire la ricerca sistematica delle combinazioni si può dire ai bambini quanti sono i collegamenti. Alcuni bambini, già in terza, sono portati alla ricerca sistematica e procedono verificando un contatto per volta e annotando i risultati. Naturalmente non occorre forzare gli altri che cercano in modo meno ordinato. Quando si accende la lampadina, l'insegnante chiederà:

- Dove si trova il collegamento nascosto?

Gli allievi prenderanno nota di ogni collegamento. Alla fine l'insegnante mostrerà un circuito completo di cartoncino, con la lampadina accesa e chiederà:

- Quali sottosistemi ci sono in questo "sistema circuito"?
- Quali sono gli oggetti che compongono ogni sottosistema?

I bambini dovranno ripetere più volte l'esperienza e pronunciare le parole sottosistema. Al termine della sperimentazione, un allievo di ciascun gruppo andrà alla lavagna, sulla quale l'insegnante avrà disegnato il Gioco del circuito, per indicare tutti gli abbinamenti che hanno consentito l'accensione della lampadina. Alla fine i bambini apriranno il Gioco del circuito, per verificare se i collegamenti trovati coincidono con i ponti formati dalle strisce di alluminio. Gli allievi disegneranno sul proprio quaderno e descriveranno quanto hanno sperimentato.

Alcuni insegnanti ritengono utile far precedere questa attività da una classificazione dei materiali in base alla proprietà "conduttore/non conduttore". La cosa può essere facilmente realizzata in questo ambito sperimentale, anche se non è funzionale agli scopi generali del progetto di alfabetizzazione scientifica.

2. Costruisci un Gioco del circuito, incollando strisce di alluminio, e chiudilo bene. Riuscirà il tuo compagno a scoprire tutti i collegamenti?

Materiale: lampadina, filo, pila, Gioco del circuito, strisce di foglio d'alluminio.

Ciascun gruppo costruirà collegamenti diversi, all'interno del Gioco del circuito. Poi si scambieranno i cartoncini e ciascun gruppo dovrà scoprire quali buchi (per esempio, A e D), insieme alla lampadina, il filo e la pila, costituiscono un sistema interagente (lampadina accesa). Al termine dell'esperienza, i costruttori dei circuiti verificheranno la correttezza delle ricostruzioni dei compagni e assegneranno loro un voto pari a 10 meno il numero di errori. Si può utilizzare lo schema di Figura seguente. I bambini rafforzeranno in concetto di sottosistema scrivendo ogni cosa sul quaderno.

GIOCO DEL CIRCUITO

DISEGNA LO SCHEMA PER IL GIOCO

QUI SOTTO PRIMA DI COSTRUIRLO

Sottosistema costruito da:

.....

I contatti sono:

GIOCO DEL CIRCUITO

Caro/a.....

Vediamo se riesci a scoprire quali sono i collegamenti del mio circuito, senza aprirlo.

COLLEGAMENTI TROVATI

Ricostruisci il **sottosistema** disegnando qui sotto i collegamenti

Circuito consegnato a.....

Taglia il foglio lungo la linea centrale e dai la parte destra al tuo compagno. Conserva questo lato per il controllo finale.

Ora restituiscimi questa lettera, così controllo se hai trovato i collegamenti giusti e ti metto il voto!

Ciao,

VOTO

I problemi che seguono servono a chiarire ulteriormente il concetto di sottosistema. Le **soluzioni**, infatti, sono un classico esempio di sistema, composto dal sottosistema solvente e dal sottosistema soluto. La soluzione è una miscela di due o più materiali, anche se i nostri sensi ne rivelano solo uno. Per esempio, se sciogliamo un cucchiaino di sale in acqua otteniamo una soluzione. Se, invece, versiamo in un bicchiere un po' di terra avremo una *non soluzione*. Coi bambini di questa età bisogna evitare di parlare di miscugli omogenei, cioè le soluzioni, e di miscugli eterogenei, che preferiamo chiamare *non soluzioni*. Le soluzioni possono essere gassose (come l'aria, che è una soluzione di azoto, ossigeno, vapore d'acqua, anidride carbonica e altri gas), liquide (come l'acqua di rubinetto, il vino, ecc. .), solide (come l'acciaio, che è una soluzione di ferro, carbonio, nichel e cromo). La nebbia (formata da aria e goccioline d'acqua) è una non soluzione. Il latte è pure una non soluzione. Il colore bianco, non trasparente, di una non soluzione è dovuto a minuscole gocce, che non si sciolgono nel solvente. Nel caso del latte si tratta di goccioline di grasso. Sarà pure esaminata l'idea di evaporazione, che consente di riottenere il sottosistema soluto.

3. Con due bicchieri, un mucchietto di farina e un mucchietto di sale, puoi preparare una soluzione e una non soluzione?

Ogni gruppo dispone di due bicchieri di plastica trasparente, due cucchiaini di plastica, un campione di farina, un campione di sale, un bicchiere con acqua, una lente, il tutto su un vassoio.

I bambini prepareranno **la soluzione** (acqua e sale) e **la non soluzione** (farina e acqua). Dopo aver scritto una parola su un cartoncino bianco, si pone sopra prima il bicchiere con la soluzione e poi il bicchiere con la non soluzione.

- Quale liquido è trasparente ?

- Quale liquido è opaco?

- Quale liquido permette di leggere, guardando dall'alto, la parola scritta sul cartone sotto il bicchiere?

Da quali sottosistemi è formato il sistema “non soluzione”?

Da quali sottosistemi è formato il sistema soluzione?

In quale dei due il solido mescolato tende a separarsi da solo?

4. Con un disco di carta da filtro, un imbutino, un bicchiere, riesci a separare i sottosistemi della non-soluzione?

Ogni gruppo dispone di due bicchieri trasparenti, un disco di carta da filtro, un imbutino, una brocca (per tutta la classe) contenente acqua, zucchero e caffè macinato oppure acqua, sale e farina.

La maestra mostra la preparazione della non soluzione nella brocca con acqua, zucchero e caffè oppure orzo macinato. Si versa prima lo zucchero e poi il caffè in polvere. Si pone in evidenza che lo zucchero, sciogliendosi, produce una soluzione. Si agita con un cucchiaino e si distribuisce ai vari gruppi, riempiendo a metà il bicchiere. Si può provare a fare una non soluzione con farina gialla, con farina bianca o con argilla. Prima di proporre l'esperimento della non soluzione, bisogna accertarsi che essa sia filtrabile!

Si insegna agli allievi come preparare il filtro. Durante la filtrazione, un bambino reggerà l'imbutino col filtro mentre l'altro verserà la non soluzione. Domande:

- Di che colore è la soluzione filtrata?

- La soluzione è un sottosistema?

- Dove è l'acqua?

- Dove si trova lo zucchero?

- Dove si trova il caffè?

5. Ti consegnano un sacchetto da tè contenente un sale colorato e un bicchiere con acqua. C'è interazione fra acqua e sale? Come si recupera il sale?

Preparare per tempo dei sacchetti di carta da filtro contenete un cucchiaino di sale colorato (cloruro di rame) legato al filo; si possono usare i sacchetti del tè opportunamente svuotati. Ogni coppia dispone di un bicchiere di plastica trasparente con dell'acqua *deionizzata* (altrimenti si ottiene una non-soluzione), un contagocce, una lente di ingrandimento.

I bambini lavorano a coppie. L'insegnante avverte gli allievi di registrare l'evidenza dell'interazione, fra acqua e sale colorato. Alcuni bambini diranno che quella ottenuta è una non-soluzione perché essa è colorata; occorre allora controllare con il criterio della trasparenza. Ottenuta la soluzione, si discute con i bambini sulla strategia migliore per recuperare il sale disciolto. Qualche allievo potrebbe accennare di lasciar evaporare il liquido. Se qualcuno suggerisce la filtrazione occorre ricordare che tale tecnica era stata efficace con una non-soluzione. Ma naturalmente si può sempre verificare. Ogni gruppo preleva un po' della propria soluzione nel contagocce, poi l'insegnante passa con una bottiglia e un imbuto dove raccoglie tutte le soluzioni per il recupero o utilizzo futuro. I bambini pongono 10-20 gocce di soluzione colorata e si versano sul fondo del bicchiere capovolto. Ciascuna coppia avrà la sua soluzione da far evaporare. Il giorno successivo si osserva il residuo colorato con la lente di ingrandimento. La maestra potrà lasciare la soluzione riunita di tutti i bambini ad evaporare in un recipiente largo (di vetro o di plastica), coperto da un foglio di carta, in modo da poter riutilizzare il sale l'anno successivo.

6. C'è interazione tra la soluzione del sale azzurro e un pezzo di alluminio? Quali cambiamenti avvengono in ogni sottosistema?

I gruppi di 4 allievi scrivono sul quaderno i sottosistemi prima dell'interazione, così come sono disposti sul vassoio: bicchiere trasparente con un terzo di soluzione di sale azzurro, lamina di alluminio (ritagliare, per esempio, da una casseruola da forno), carta da filtro, imbuto, bicchiere vuoto. Le domande non sono rivolte alla ricerca della spiegazione (complessa), ma alla definizione accurata di ciò che è accaduto.

Quali sono i nuovi sottosistemi ottenuti?

Quali sono i sottosistemi che si sono trasformati nell'interazione?

Avvenuta l'interazione gli allievi potranno filtrare la polvere marrone per osservarla meglio e porre la soluzione ad evaporare, come nell'esperienza precedente. La soluzione residua, contenente un sale di alluminio, dovrà essere gettata.

Se si effettua questa esperienza non sarà più possibile recuperare il sale di rame, poiché in seguito alla trasformazione (chimica) esso si trasformerà in rame in polvere. L'esperimento mette a dura prova le capacità di seguire le trasformazioni dei sottosistemi: appena introdotta la lamina di alluminio nella soluzione si formeranno delle lunghe striature color ruggine sulla sua superficie e delle bollicine. Dopo un po' la formazione di gas sarà più rapida, la soluzione si riscalderà e diventerà grigio celeste, l'alluminio si corroderà visibilmente assottigliandosi e riducendosi a brandelli. Alla fine la polvere marrone si depositerà sul fondo e la soluzione sovrastante risulterà incolore. A questo punto non sarà più possibile, con i mezzi a disposizione, stabilire con certezza la natura dei nuovi sottosistemi.

7. Quali sono i sottosistemi che compongono un seme dicotiledone? Quali sono necessarie alla crescita?

I gruppi di lavoro avranno a disposizione semi di fagiolo conservati a bagno per 24-48 h, una lente d'ingrandimento, una pinzetta, dei bicchieri con cotone inumidito per le prove di semina.

I bambini disegneranno i due cotiledoni, l'embrione la membrana esterna.

La maestra chiederà ai bambini di descrivere la **struttura** del seme. Se si semina ogni singola parte separatamente si avrà la crescita? (Solo la combinazione cotiledone + embrione darà luogo alla crescita).

VARIABILE

classe III elementare

Il concetto di variabile è più astratto di quello proprietà; con esso ci si allontana ancora di più dal singolo oggetto concreto. È una relazione tra oggetti costruita dall'osservatore e non di tipo fisico, come quella che lega gli oggetti interagenti. Se i fenomeni da sottoporre a osservazione scientifica hanno un minimo di complessità, non è sufficiente analizzarli in termini di sistemi e interazioni tra sottosistemi, ma occorre stabilire quali sono i parametri variabili e costanti. Un risultato è lo spezzare l'immagine globale della realtà e andare verso la percezione analitica; confrontando parti distinte dello scenario. Se ci si trova ai margini di un bosco si nota che l'erba si modifica rapidamente, sia nel tipo che nella quantità. Addentrandosi nel bosco si vedrà che molti tipi di pianta scompariranno completamente, o quasi, e al loro posto saranno visibili nuove specie. Occorre controllare bene, cercare riscontri, per accertarsi che le differenze rilevate abbiano caratteristiche di sistematicità e non siano puramente casuali. Successivamente si inizia a "interrogare" il sistema: perché ci sono queste differenze? Che cosa le ha provocate? Quali sono le cause e quali gli effetti? Il concetto di variabile è strettamente legato a quello di probabilità e l'oggettività della scienza "causale" diviene un dato da valutare quantitativamente. Il fatto che le variabili siano costruzioni dell'osservatore ha importanti conseguenze sul significato conoscitivo delle scienze. L'osservazione e l'interpretazione della realtà si intrecciano tra loro: perché ho scelto di leggere proprio queste variabili? Chi mi dice che non ce ne siano altre più significative? L'insegnante deve tener conto di questi aspetti che escludono la possibilità di una scienza "oggettiva" e che questa può al massimo essere "intersoggettiva". Non è, pertanto, solo sulla base di considerazioni didattiche che si deve evitare di insegnare le scienze come sequenza di fatti e nozioni, ma anche per ragioni filosofiche [1].

Per misurare qualcosa occorre sapere prima che quella tal cosa è una variabile, e poi trovare il modo di misurarla. Questa unità prepara quindi al concetto di misura, che interesserà la classe quarta.

Dal punto di vista psicologico le variabili rispetto al tempo sono completamente diverse da quelle osservabili nella dimensione spaziale, per il semplice motivo che possiamo muoverci facilmente (e impariamo prima a farlo) nella dimensione spaziale, mentre ci possiamo muovere solo mentalmente e con difficoltà nella dimensione temporale. Le variabili temporali possono essere cicliche (es. luminosità del cielo), continue (es. altezza di una pianta) o statistiche (es. direzione del vento). Il tempo stesso è una variabile continua (almeno dal punto di vista fisico).

Gli allievi riconosceranno variabili, le assegneranno nomi, riporteranno le variazioni in istogrammi. Per le variabili nella dimensione temporale, questi ultimi saranno costruiti mettendo i tempi di osservazione sull'asse orizzontale e l'altezza delle barre a indicare quantitativamente la proprietà che varia. Per le variazioni nella dimensione spaziale, le barre appoggiate sull'asse orizzontale potranno essere riferite ad altrettanti oggetti dei quali è nota una determinata proprietà; in tal caso le barre avranno un'altezza proporzionata al valore della variabile. Gli istogrammi di distribuzione, o frequenza – ricorrenza, sono più complicati e vanno affrontati per ultimi. In essi le barre verticali sono formate da tanti quadratini quant'è la frequenza o la popolazione di oggetti che hanno un determinato valore della variabile o una determinata proprietà. Le diverse barre si riferiscono alle diverse ricorrenze o proprietà osservate.

PREREQUISITI: concetto di proprietà A

ATTIVITÀ PROPOSTE

Esplorazione

Fornire uno dei seguenti gruppi di oggetti ad ogni gruppo di allievi:

- a) conchiglie, chiodi, bottoni o fermagli plasticati in serie di dimensione diversa;
- b) boccettine d'acqua con una, due, 4, 8, 16 gocce di BTB.
- c) 4 bicchierini di caffè con soluzioni di acqua con una, due, 4, 8 gocce di essenza di limone o altre essenze;
- d) piombi da pesca di diverso peso

qualsiasi altro gruppo di oggetti in cui si ha una proprietà chiaramente variabile, anche nel tempo: un termometro immerso in acqua fredda; una fettina di banana, mela o patata, appena tagliata; un tovagliolo bagnato con alcol, una goccia di vinavil su un cartoncino.

La consegna è di trovare qual è la proprietà che cambia e di mettere in ordine tutti gli oggetti di ogni serie.

Invenzione

L'insegnante chiede ai bambini di scrivere un diverso numero per ogni oggetto della serie e di scrivere il nome della proprietà che cambia. Per ogni proprietà traccia una linea orizzontale con un certo numero di intervalli, un segno meno e un segno + alle estremità. Quindi spiega ai bambini che le proprietà che cambiano si chiamano variabili. Ogni bambino scrive sul quaderno il nome della propria variabile. Si stimolano poi ulteriori esempi di variabile. Occorre notare anche che ci possono essere variazioni nel tempo (es. altezza dei bambini, degli alberi, colore delle foglie, temperatura dell'aria, ecc.).

Scoperta

1. *Quali sono le popolazioni di alberi che vivono nel giardino della scuola?*
2. *Quali sono le variabili nelle patate portate dalla maestra? Disegna l'istogramma per una variabile.*
3. *Contiene più sali disciolti l'acqua minerale Ferrarelle o l'acqua di rubinetto?*
4. *Come variano nel tempo la temperatura esterna e quella della tua aula?*
5. *Quali variabili puoi registrare per seguire la crescita della piantina?*
6. *Come si può costruire un istogramma con la variabile ampiezza del palmo della mano dei tuoi compagni di classe?*
7. *Hai a disposizione le dieci lettere che compongono la parola ISTOGRAMMA. Trova tutte le parole che si possono comporre con almeno due di queste lettere. Annota le parole e conta le lettere che compongono le parole. Con questi dati costruisci un istogramma.*

1. *Quali sono le popolazioni di alberi che vivono nel giardino della scuola?*

In una visita al giardino della scuola, oppure al giardino o boschetto comunale, con l'aiuto della maestra i bambini contrassegnano, con foglietti quadrati di ugual colore, i fusti di tutti gli alberi di ogni tipo. È bene che ogni gruppo di bambini sia "esperto" di una data specie e distribuisca foglietti dello stesso colore. Completato il giro, si raccolgono i cartoncini che poi, in classe, saranno allineati per formare le barre dell'istogramma della variabile popolazione. In classe ogni gruppo dovrà riferire le proprietà osservate nella propria specie di albero.

2. Quali sono le variabili nelle patate portate dalla maestra? Disegna l'istogramma per una variabile.

L'insegnante porta un sacchetto di patate e ne distribuisce cinque a ciascun gruppo, curando che le patate assegnate siano ben diverse tra loro. La maestra chiede cosa hanno di diverso le patate e i bambini osserveranno che tali patate hanno diverse dimensioni, forma e peso. La maestra chiederà di metterle in ordine per una variabile e di numerarle. Quindi chiederà ai bambini per quale variabile può essere utile la bilancia. I gruppi peseranno a turno le loro patate, una per volta, e registreranno il numero della patata e il peso in una tabella. Quindi, per mezzo di un righello, ritaglieranno delle strisce di carta aventi una lunghezza in millimetri pari al peso delle patate, numereranno e coloreranno diversamente tali strisce, quindi le incolleranno affiancate verticalmente dalla più corta alla più lunga. Avranno realizzato così l'istogramma della variabile "peso".

3. Contiene più sali disciolti l'acqua minerale Ferrarelle o l'acqua di rubinetto?

Prima di iniziare l'esperimento la maestra mostra ai bambini il residuo dell'evaporazione dell'acqua lasciata al sole o sul termosifone. È importante fare in modo che siano i bambini stessi a proporre, per risolvere il problema, di partire da un'uguale quantità di acqua di ciascun tipo. Si prelevano 30 gocce dell'acqua di rubinetto e 30 gocce di Ferrarelle. Si versano sul fondo di due bicchieri capovolti e si lasciano evaporare. Qualche bambino potrebbe suggerire di pesare i due residui. In questo caso si può ripetere l'esperienza con un quantitativo maggiore d'acqua, posta nei due bicchieri. L'esperimento, cioè la pesata, verrà condotto davanti a tutta la classe, usando una bilancia digitale. È possibile utilizzare anche altre acque minerali con residuo salino variabile, o mescolare la Ferrarelle a varie dosi con acqua di rubinetto, in modo da avere quattro o cinque campioni anziché solo due. In tal caso si potrà valutare in modo semiquantitativo, senza bilancia, la variabile "quantità di residuo" su una gradazione a quattro – cinque valori e costruire un semplice istogramma.

4. Come variano nel tempo la temperatura esterna e quella della tua aula?

Conviene avere un termometro interno ed uno esterno fissi, per registrare tutte le temperature dell'anno. Le temperature verranno registrate su un apposito istogramma. Ogni mattina, prima dell'inizio della lezione, un bambino leggerà la temperatura interna e l'annoterà sull'istogramma predisposto. Un secondo bambino si occuperà della temperatura esterna e la indicherà sullo stesso istogramma, con un diverso colore. Si può usare un cartellone, appeso alla parete, in modo che sia visibile da tutti. I dati possono essere registrati anche su foglio elettronico nelle classi che dispongono dell'elaboratore elettronico.

classi III A/B	28/03/01	29/03/01	30/03/01	31/03/01	3/04/01
AULA	21 °	20 °	19 °	19 °	18 °
CORRIDOIO	17 °	16 °	15 °	15 °	13 °
BAGNO	19 °	18 °	16 °	17 °	18 °

5. Quali variabili puoi registrare per seguire la crescita della piantina?

Ogni gruppo semina tre o quattro semi identici (fagiolo, erba medica, grano o altro) in un bicchiere con un po' di terra. Ogni gruppo segue lo sviluppo della pianta che germina per prima, registrando settimanalmente l'altezza del fusto, il numero di foglie e altre variabili e scarta le altre piantine.

Gli istogrammi possono essere costruiti indicando il numero di foglie o l'altezza presenti dopo una, due, tre ecc. settimane. Ovviamente si contrassegnano i diversi bicchieri e si idratano regolarmente.

6. Come si può costruire un istogramma con la variabile ampiezza del palmo della mano dei tuoi compagni di classe?

I bambini misureranno il palmo della mano, dopo averlo ricalcato su un foglio con una matita, e comunicheranno il risultato al docente, che elencherà alla lavagna tutti i dati, disponendolo ordinatamente, dal più piccolo al più grande. Con i dati a disposizione si costruirà l'istogramma. Su una retta orizzontale si segneranno le lunghezze e i dati ricorrenti verranno annotati, uno sopra l'altro, con una X.

7. Hai a disposizione le dieci lettere che compongono la parola ISTOGRAMMA. Trova tutte le parole che si possono comporre con almeno due di queste lettere. Annota le parole e conta le lettere che compongono le parole. Con questi dati costruisci un istogramma.

Con questo gioco si arricchisce il vocabolario dei bambini. L'istogramma va costruito usando la frequenza delle parole di due, tre, quattro ecc. lettere. Si può ripetere, scegliendo altre parole lunghe, come perpendicolare, automobilista, ecc. Le parole lunghe possono anche essere suggerite dai bambini. A casa gli allievi costruiranno altri istogrammi, giocando con le parole lunghe, scelte dal libro o dai giornali.

PAROLE OTTENUTE DA ISTOGRAMMA

Esempio tratto dalle III A e B della scuola elementare di Civitanova, plesso di via Saragat.

AMA GARA MARA MIRA GOMMA STORIA ROMA RAMO SITO GITA
SOMMA TIRO SOMMITA' MORTI MORA RAMI MAGO OSTIA RITO RITA
MARIA MIGRA GIRO MARTA GOMMISTA MAGRO GIA' AGRO AMO MARI
AGO ASIA ASTA MAGA MORTA GIRA GRAMMO MARIO ORSI AOSTA
MAGRA ARMA AMARO MI SI RIMA SARA TORI ORA MAGI ROSA TROIA
RISO MARMO GRATIS MAGIA TRIO ORMA TARGA GIOSTRA MIMOSA
GRAMMI MAI MAIS GRATO GRATA MIMO ROSITA

^[1] La diffidenza dominante nei confronti della scienza è il risultato di questa visione distorta e deleteria, che ne ignora la natura di impresa – costruzione conoscitiva, e riduce tutto

all'impossessamento di conoscenze impenetrabili, di macchine, strutture e mezzi facilmente manipolabili dai poteri politici ed economici. È quindi anche per una ragione sociale che la scuola dovrebbe sforzarsi di fornire un'immagine più veritiera possibile del metodo scientifico.

MISURA

Classe IV Elementare

In questa unità gli allievi saranno guidati alla definizione dei concetti di misura e di unità di misura. In classe quarta i bambini iniziano ad apprendere e usare le prime unità di misura della lunghezza, della moneta, del peso, e altri concetti matematici come quelli di multiplo, sottomultiplo; approfondiscono le operazioni di divisione, e lo studio delle frazioni. Sono tutti strumenti importanti per capire a fondo la misura nelle scienze, ma sul concetto di misura la matematica e le scienze sperimentali si dividono. Mentre la matematica lavora sui prerequisiti sopra scritti, l'insegnamento scientifico deve affrontare problemi concreti, connessi con la scelta dell'unità di misura, con il modo di riportare tale unità di misura sulla grandezza misurata, con il modo di controllare gli errori e la riproducibilità delle misure stesse. Quello che sulla carta è un semplice calcolo matematico, sul piano pratico si rivela un problema sperimentale. L'abitudine alla precisione della misura, alla valutazione critica dei risultati ottenuti e delle procedure usate, la rappresentazione che ci si costruisce delle misure apprese da altre fonti, sono tutte abilità che possono essere apprese solo attraverso l'esperienza diretta. Tali abilità sono utilissime per incrementare lo spirito critico e dare la capacità di destreggiarsi nel bombardamento di dati della vita moderna.

Dal punto di vista elementare, effettuare una misura consiste nel tradurre una variabile in un numero che moltiplica (ripete) un'unità di misura, operazione equivalente ad una divisione della grandezza da misurare per l'unità di misura. La posizione di un oggetto è una proprietà variabile dell'oggetto, che può essere misurata ricorrendo ad un sistema di riferimento e ad un'unità di lunghezza. I sistemi di riferimento possono essere ortogonali (cartesiani) o polari.

PREREQUISITI

concetto di variabile, sistema decimale, frazioni, divisione.

ATTIVITÀ PROPOSTE

Esplorazione

La maestra usa una bilancia a due piatti e, dopo aver posto su un piatto un oggetto, aggiunge dei chiodini o fermagli o altri piccoli oggetti uguali sull'altro piatto, contandoli, fino ad avere il bilanciamento esatto. Spiega alla classe che così facendo ha ricavato un numero dalla proprietà peso. Prende poi un libro e, con un gessetto, conta quante volte si può riportarlo lungo il dorso del libro. Ora possiamo dire che la lunghezza del libro è x gessetti.

Si mettono a disposizione, per ogni gruppo, i tre gruppi di oggetti di seguito indicati, ben separati su un vassoio.

1. Due bicchieri, di cui uno pieno d'acqua e uno vuoto. Un piccolo recipiente o misurino, tale da contenere un decimo o meno del volume del bicchiere grande; il volume dei misurini e la quantità di acqua devono essere uguale per tutti.
2. Una striscia colorata rettangolare, lunga *circa* 3 cm, larga 1 cm, e una striscia di carta dello stesso colore, con lunghezza compresa tra 10 e 30 cm e larghezza 1 cm. È importante che la striscia corta e quella lunga abbiano la stessa larghezza.
3. Rettangolo di cartoncino di diverso colore, con lati 8 e 12 cm e quadratino di cartoncino dello stesso colore con lato 2, 2,5 o 3 cm.

È importante che i diversi gruppi dispongano di un righello e di un pennarello e che le misure dei cartoncini piccoli non siano identiche per i vari gruppi.

La consegna è di ricavare tre numeri dagli oggetti a disposizione e scriverli con un pennarello sugli oggetti stessi.

Alcuni bambini chiederanno se devono riportare il cartoncino quadrato in modo da coprire tutto il cartoncino grande, o solo un bordo. La maestra coglierà l'occasione per dire che sono due misurazioni ugualmente possibili, ma indicanti variabili diverse: in una si misura la lunghezza, nell'altra la superficie. È bene che la scelta sia operata dai bambini, secondo ciò che ritengono più giusto.

Invenzione

Quando contiamo quante volte si ripete uno stesso oggetto stiamo effettuando una **misura**. L'oggetto che si ripete o riporta si chiama **unità di misura**. Qual è stato il risultato della misura della striscia lunga? I bambini riferiranno numeri differenti, quindi la maestra confronterà le strisce e in modo che i bambini vedano che esse sono identiche. I bambini dovranno scoprire che le differenze sono dovute all'uso di cartoncini unitari diversi. Chi ha usato unità più lunghe ha ottenuto misure più piccole. Ciò si verifica quando uno stesso dividendo ha divisori diversi. I bambini stessi rileveranno la necessità di usare la stessa unità per tutti. La cosa potrà essere verificata se la maestra ha già preparato delle unità identiche sottomultiple della striscia lunga; in tal caso mostra che esse sono identiche e le assegna ai vari gruppi. Oppure suggerisce di usare la striscia lunga per fabbricare un'unità di misura uguale per tutti. La striscia si piega prima esattamente in due e poi si distende. Quindi le estremità sono ripiegate verso il centro facendo in modo che ciascuna parte ripiegata abbia la stessa lunghezza della parte centrale che resta scoperta, cosa che potrà essere verificata sovrapponendo le estremità piegate con la parte centrale scoperta; Quando le tre parti sono lunghe esattamente uguali, sono piegate nettamente, quindi ciascuna estremità doppia sarà ulteriormente piegata in due parti uguali. Distendendo la striscia, questa risulterà divisa in dieci parti uguali, che potranno essere tagliate. Le unità così ottenute, uguali per tutti, potranno essere usate per ottenere una misura riproducibile dei lati del cartoncino grande.

La maestra a questo punto chiederà:

quali unità di misura per la lunghezza esistono in Italia?

Chi costruisce i righelli, come fa ad essere sicuro che i centimetri siano esattamente lunghi un centimetro? (I prototipi italiani sono controllati dall'Istituto di metrologia di Torino con tecniche interferometriche al laser).

Che variabile (o proprietà) abbiamo misurato oggi, oltre alla lunghezza? I bambini probabilmente non si riferiranno alla quantità dell'acqua col termine "volume", ma molti di essi conoscono già il litro, quindi l'argomento può essere approfondito. Alcuni bicchieri di plastica hanno la linea al livello di 0,2 litri.

Quali sono le unità di misura del tempo?

Ci sono altre proprietà che devono essere misurate?

Scoperta

1. Hai a disposizione un litro d'acqua colorato in blu con BTB, un contagocce, molti bicchieri grandi e piccoli. Costruisci l'unità di misura del centilitro.

2. Quanti millilitri di aceto diluito occorrono per far diventare giallo chiaro un centilitro di BTB blu?

3. Come puoi misurare la circonferenza di una biglia? Hai a disposizione soltanto un foglio di carta bianco, un righello rigido e una penna a sfera.

4. Con un filo, un pennarello e un righello, trova il modo migliore di misurare la circonferenza del fusto delle piantine.

5. Riesci a misurare l'area di una foglia? Chi ha la foglia più grande?

6. Il gioco della battaglia navale

7. Trova le coordinate del Municipio della tua città.

8. In quale direzione e a quale distanza dal Municipio si trovano il Duomo e la stazione della tua città

9. Quali sono le coordinate polari delle principali città italiane, se poniamo Roma al centro della griglia?

1. Hai a disposizione un litro d'acqua colorato in blu con BTB, un contagocce, molti bicchieri grandi e piccoli. Costruisci l'unità di misura del centilitro.

Per condurre l'esperimento occorrono, per ogni gruppo, un pennarello per fare il segno, dieci bicchieri da 200 ml e dieci bottigliette piccole da un cl o dieci provette; vanno bene i contenitori per rullini fotografici, ma essi devono essere semitrasparenti e uguali. Per questa attività è consigliabile dividere la classe in due o tre gruppi al massimo.

Se non lo ha già fatto nella fase di invenzione del concetto, la maestra mostrerà l'analogo di dividere una striscia in dieci parti uguali, ottenendo il decimo. Spiegherà che, ripetendo l'operazione otterrà il decimo del decimo, cioè il centesimo. In questo problema sperimentale è importante la fase di dialogo con la classe, dal quale dovranno nascere varie ipotesi di lavoro, che saranno valutate dagli stessi bambini, ovviamente con il controllo della maestra. I bambini suggeriranno vari modi di ripartire il litro nei bicchieri, alcuni lasciando indeterminato il numero di bicchieri, altri penseranno a riempire i bicchieri fino al segno, senza preoccuparsi dell'acqua che rimane nella bottiglia, o del fatto che potrebbe non essere sufficiente. La maestra dovrà limitarsi a fare queste obiezioni, qualora non le facciano gli alunni stessi. La soluzione ottimale del problema sarebbe la divisione in cinque parti uguali e poi dividere una di queste parti a metà, per avere il decimo, e ripetere la stessa operazione con i bicchierini più piccoli. Ma è più probabile che i bambini preferiscano dividere tutta l'acqua su dieci bicchieri. La ripartizione in parti uguali è tutt'altro che facile e richiede il contagocce. Dopo la seconda ripartizione in dieci boccettine uguali, i bambini segneranno il livello con un pennarello su una qualsiasi di esse, con l'indicazione 1cL = 10 mL. I gruppi conserveranno le loro unità di centilitro e le confronteranno con quella preparata dalla maestra.

2. Quanti millilitri di aceto diluito occorrono per far diventare giallo chiaro un centilitro di BTB blu?

I bambini dovranno ricavare il numero di gocce equivalente al millilitro, dividendo per dieci le gocce presenti nel centilitro da essi preparato nell'esperienza precedente. Scriveranno sul quaderno $1 \text{ millilitro} = x \text{ gocce}$. Nel vassoio i gruppi di 4 bambini riceveranno: un bicchierino da caffè; l'unità di misura del centilitro da essi preparata, mezzo bicchiere di BTB in acqua di rubinetto, aceto diluito 1:100 nella stessa acqua di rubinetto, con l'aggiunta di poco BTB per conferire alla soluzione il colore dell'aceto, un contagocce. Dopo aver prelevato 1 cL di acqua e BTB col loro misurino, i bambini iniziano a versare l'aceto diluito, goccia a goccia, agitando e aspettando che il colore si stabilizzi ogni tre o quattro gocce. Occorreranno dai 6 ai 12 millilitri, a seconda del tipo di acqua usata e della forza dell'aceto. Se il colore si stabilizza al giallo dopo poche gocce significa che l'acqua è troppo leggera, e pertanto la si basifica con due cucchiaini di bicarbonato per litro d'acqua. Se viceversa è l'aceto ad essere debole, occorre diluirlo nuovamente 1:50 o 1:40.

3. *Come puoi misurare la circonferenza di una biglia? Hai a disposizione soltanto un foglio di carta bianco, un righello rigido e una penna a sfera.*

Per l'esperienza occorre una grande sfera d'acciaio per gruppo, un foglio A4, una penna a sfera, un righello.

Il docente mostra la biglia ai ragazzi e dice che ha la forma di una sfera. Inoltre, fa rotolare più volte la sfera sul tavolo e spiega che la parte più esterna ha la forma di un cerchio e si chiama circonferenza. Con gli allievi si discute la strategia per risolvere il problema. Una soluzione potrebbe essere questa: 1) ritagliare una striscia di carta; 2) avvolgerla intorno alla biglia; 3) segnare con la penna il punto di contatto delle due estremità; 4) misurare la distanza fra la parte iniziale della striscia e il punto disegnato. Una seconda strategia potrebbe essere questa: 1) disegnare un punto sulla biglia con la penna a sfera; 2) far rotolare la sfera sul foglio bianco, dalla parte del punto; 3) misurare con il righello la distanza fra due macchie, tracciate dal rotolamento della biglia. L'insegnante non dovrà proporre questa o quella strategia, ma dovrà aiutare gli allievi a formulare proprie strategie risolutive e segnare alla lavagna tutte le ipotesi di lavoro degli allievi. In questo modo essi saranno impegnati in un vero e proprio brainstorming creativo. Al termine della discussione, si sceglieranno le strategie più convenienti per risolvere il problema. Domande finali:

- La biglia, il foglio di carta e l'inchiostro della penna formano un sistema?
- Qual è l'evidenza della interazione fra questi tre oggetti?
- Di quali materiali sono fatti la biglia e il foglio bianco?
- Quali sono le proprietà della biglia e del foglio bianco?
- Come puoi misurare la circonferenza di un pallone di calcio?

4. *Con un filo, un pennarello e un righello, trova il modo migliore di misurare la circonferenza del fusto delle piantine.*

Per la realizzazione dell'esperienza occorre una piantina in crescita su vasetto (una per gruppo); filo bianco da imbastitura, pennarello, righello. I bambini proveranno soluzioni analoghe a quella della biglia del precedente esperimento. Se il diametro del fusto è sottile, sarà difficile prendere col filo la circonferenza e segnare. In tal caso il filo potrà essere avvolto a spirale tre o quattro volte intorno al fusto e segnato verticalmente col pennarello. Col righello si misura la distanza in mm tra i due segni estremi e si divide per il numero di avvolgimenti. Oppure si segneranno prima i millimetri sul filo. Con questo metodo gli allievi potranno misurare lo spessore dei fusti più sottili.

Da questo esperimento si ricava un insegnamento: una misura molto piccola può essere ricavata, con precisione sufficiente, replicandola più volte e dividendo per il numero di ripetizioni. Lo stesso

principio può essere attuato per misurare il volume di una goccia d'acqua, il peso di un chicco di riso avendo una bilancia al grammo, la durata di un'oscillazione del pendolo, ecc.

5. Riesci a misurare l'area di una foglia? Chi ha la foglia più grande?

Ogni gruppo riceve una grande foglia di platano o altra pianta latifoglie; le foglie, di dimensioni simili, sono state lasciate asciugare tra due libri. Righello, carta quadrettata.

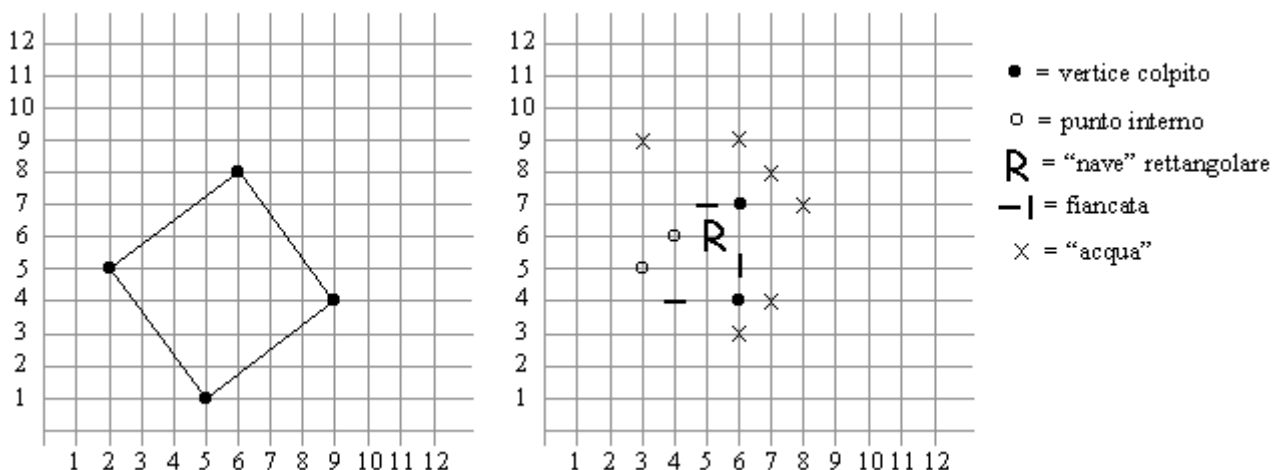
Misurare significa contare quante volte un'unità entra in un oggetto. Gli allievi dovranno trovare la soluzione al problema, consistente nel disegnare il profilo della foglia contando poi quanti quadretti sono compresi entro la linea chiusa. Esperienze di questo tipo eviteranno che gli allievi si costruiscano un concetto di area come di qualcosa di calcolabile solo per figure regolari.

Nei prossimi esperimenti gli allievi misureranno la posizione di punti su diagrammi cartesiani e su diagrammi di tipo polare. In entrambi i sistemi di riferimento gli allievi impareranno a trovare il punto definito dalle coordinate e, viceversa, a fornire le coordinate di un dato punto.

6. Il gioco della battaglia navale

Preparare fogli di carta a quadretti, cartellone quadrettato da appendere al muro. Sul quaderno ragazzi disegneranno una versione a quadretti del cartellone, identica a quello grande.

Si spiega il gioco ai ragazzi con la sola variante di usare i numeri da 0 a 10 o 12, sia per l'asse orizzontale che per quello verticale. La posizione di un punto qualsiasi del foglio è individuata da due numeri scritti in parentesi, per esempio (4, 8); il primo (4) si riferisce alla quarta riga che incrocia l'asse orizzontale e il secondo all'ottava riga che taglia l'asse verticale. Le "navi" hanno forma quadrata, triangolare o rettangolare, e devono essere riconosciute individuando le coordinate dei vertici. Quando la nave di un allievo è colpita in un qualsiasi punto (lato, vertice o all'interno) questi dovrà dichiarare la forma della "nave" e, ogni volta, l'elemento colpito. La "nave" è "affondata" quando sono stati colpiti tutti i vertici.



schemi per il gioco della battaglia navale. Il quadrante di sinistra mostra la propria "flotta", formata dal quadrato obliquo (2,5)-(6,8)-(9,4)-(5-1), quello di destra serve per riportare i tentativi.

Terminato il gioco, si spiega che i numeri racchiusi in parentesi rappresentano le **coordinate rettangolari**, o cartesiane di quel punto. Sul tabellone quadrettato, appeso al muro, ci si esercita a trovare i punti, date le coordinate, oppure a scrivere le coordinate di un punto. L'insegnante farà esercizi anche con numeri frazionari (3,5; 7,3).

Il docente proporrà le seguenti domande:

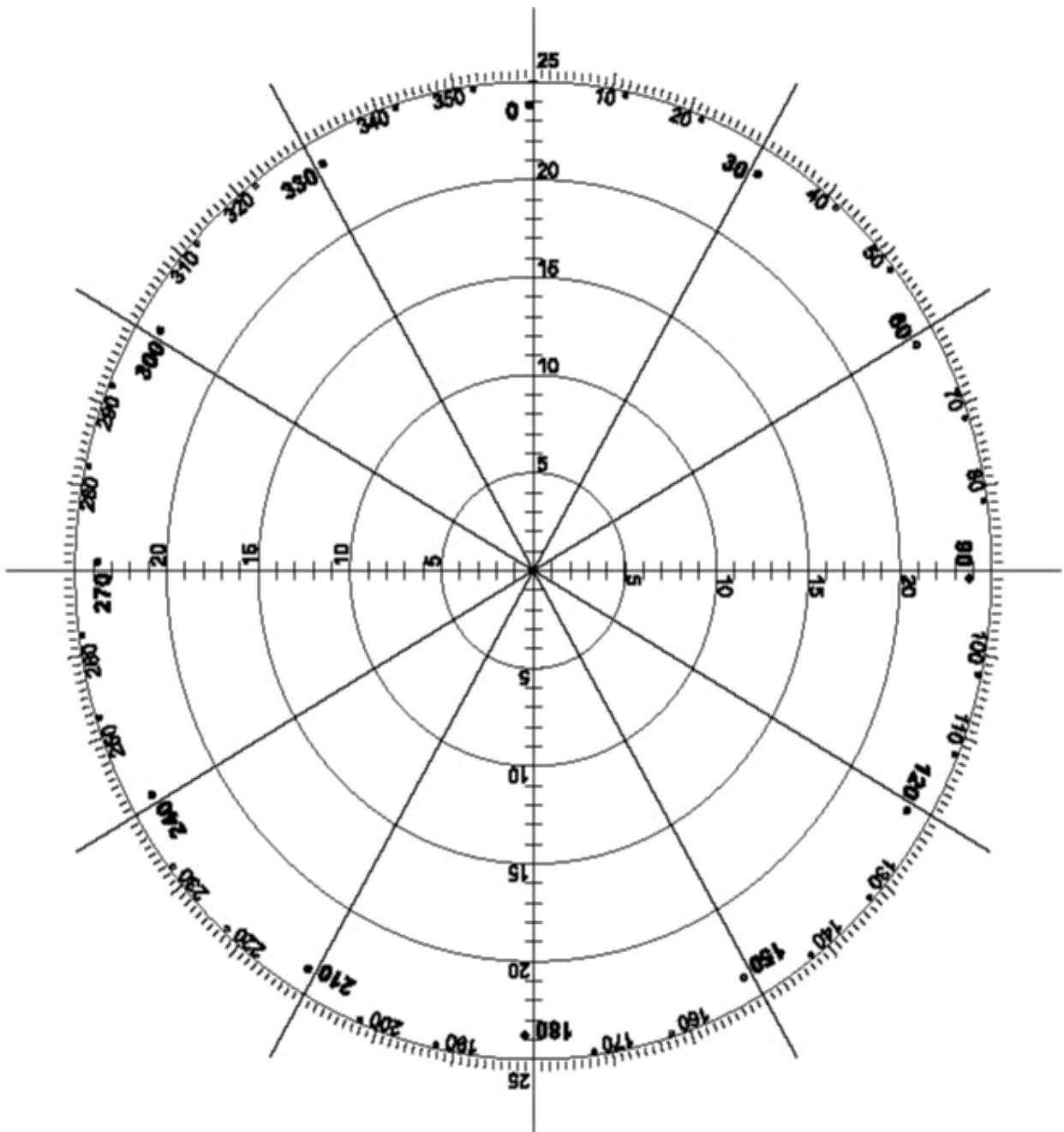
- Quanti punti servono per disegnare un triangolo? Quali sono le coordinate di tali punti?
- Quanti punti servono per disegnare un quadrato? Quali sono le coordinate di tali punti ?
- Quanti punti sono necessari per individuare un rettangolo? Scrivi le coordinate di tali punti.

Farà pure notare che le figure geometriche possono essere disposte liberamente nel piano, variando opportunamente le coordinate. L'insegnante assegnerà compiti per disegnare le figure, sulla base delle coordinate assegnate, oppure disegnerà una figura (anche un quadrilatero non regolare) e chiederà di trovare le sue coordinate.

7. Trova le coordinate dei Municipio della tua città.

Occorre una grande pianta di una città, da appendere al muro. Le mappe delle città sono corredate di indicazioni sulle coordinate rettangolari, di solito espresse in lettere Maiuscole e minuscole. Si può conservare questo sistema oppure sostituirlo con i numeri. Gli allievi, comunque, dovranno sempre scrivere prima la coordinata orizzontale e poi quella verticale.

Le seguenti attività proposte fanno uso di un diverso sistema di riferimento, adatto per valutare distanze e direzioni, detto **diagramma polare**. Tale diagramma va fotocopiato o stampato su lucido.



Sistema di riferimento in coordinate polari.

8. In quale direzione e a quale distanza dal Municipio si trovano il Duomo e la stazione della tua città?

Preparare una copia formato A4 della piantina della città, le coordinate polari fotocopiate su trasparente, un tabellone murale col disegno del lucido.

I bambini devono conoscere come si misurano gli angoli delle figure geometriche. Devono sapere che un angolo retto è di 90° , un angolo piano di 180° , ecc.. Il docente, prima di proporre il quesito, spiegherà il funzionamento del lucido. Le coordinate polari sono costituite da due numeri: il primo rappresenta un angolo e si riferisce alla direzione, per esempio 60° , il secondo numero esprime la distanza, cioè a quante unità, dal centro del cerchio, si trovano il Duomo, la stazione, lo stadio, la propria casa. La distanza è misurata dai cerchi concentrici e la direzione dai raggi, che partono dal centro della figura. Per trovare le coordinate polari di una chiesa della città, bisogna pure stabilire il punto di riferimento. Nel nostro caso è stato scelto il Municipio, ma nulla vieta di individuare un riferimento diverso. Solitamente, si orienta la direzione 0° verso il Nord oppure perpendicolarmente al lato opposto alla base della piantina.

Per vedere se c'è stata comprensione, si propongono i seguenti esercizi:

- Trova il punto con coordinate polari (45° , 5 unità).
- Trova il punto con coordinate polari (210° , 15 unità).
- Trova il punto (160° , 10 unità).

Oppure si propongono esercizi dei tipo: quali sono le coordinate polari di questo punto? Le domande da fare sono:

- Se l'unità di distanza è uguale a 10 metri, qual è la distanza dal Municipio del Duomo e della stazione?
- Se l'unità di distanza è 50 m, qual è la distanza del Duomo ?
- Quali sono le coordinate polari della stazione, se l'unità di distanza è 100 m?

Gli allievi devono comprendere che la distanza, espressa in unità, dipende dalla scala utilizzata per la mappa.

9. Quali sono le coordinate polari delle principali città italiane, se poniamo Roma al centro della griglia?

Materiale: la griglia con le coordinate polari su lucido, una cartina d'Italia, formato A 4.

Analogamente alla precedente attività, sulla pianta d'Italia si possono stabilire le coordinate di tutte le città italiane, rispetto a Roma e in direzione Nord della cartina.

PROBABILITÀ

Classe IV elementare

La casualità dei fenomeni è connaturata con la natura; anche i suoi oggetti più semplici, come le particelle elementari, mostrano comportamenti casuali. Più nota è l'incertezza che deriva dalla complessità, dall'impossibilità di riprodurre situazioni iniziali e sistemi perfettamente identici. Due semi identici, almeno in apparenza, non produrranno mai due piante esattamente identiche, neanche se provengono dalla stessa pianta. Eppure anche il caso ha delle regole ben precise, anche se questo sembra contraddittorio. Il bambino, come al solito, è attratto dagli estremi: l'aleatorietà completa e la certezza. Per rientrare nel continuum e nel concetto di probabilità occorrono operazioni di analisi, quantificazione, ricerca di relazioni e spiegazioni.

I concetti di **certo**, **possibile**, **impossibile** e la probabilità sono previsti dai programmi di matematica. Qui sono inseriti come tassello fondamentale del percorso scientifico, trattandosi di strumenti basilari per conoscere e leggere la realtà. La probabilità ha a che fare con gli eventi aleatori. Quindi il bambino deve imparare innanzi tutto a riconoscere l'aleatorietà quando si presenta. Secondariamente deve riconoscere che l'aleatorietà è esprimibile matematicamente, è misurabile ed ha delle regole. In terzo luogo deve imparare a servirsi di dati statistici per compiere deduzioni e interpretazioni. Quest'ultimo aspetto è fondamentale per lo studio della correlazione e per lo studio-costruzione dei modelli, che richiedono il distacco definitivo dai dati percettivi.

PREREQUISITI: frazioni, concetto di variabile, costruzione degli istogrammi, percentuale.

ATTIVITÀ PROPOSTE

Esplorazione

La fase di esplorazione è condotta come dimostrazione dall'insegnante o da un gruppo di allievi per volta, utilizzando:

- 2Dadi
- mazzo formato da 10 carte di denari
- scatola con finestra traslucida e dado interno con una o due facce rosse.
- Contenitore con due tipi di semi in rapporto 1:2

Estrarre 10 oggetti, rimettendoli ogni volta insieme agli altri, o effettuare dieci lanci e registrare i risultati.

Invenzione

L'insegnante chiede se è **certo**, **possibile** o **impossibile**: ottenere un 12 nel lancio di due dadi, un uno, una faccia rossa o una verde nella scatola con dado interno. Chiede quindi se è certo, possibile o impossibile ottenere *uno* lanciando due dadi. Per quale seme ci sono maggiori possibilità di estrazione? A questo punto scrive delle frazioni in decimi, con il numero di eventi desiderati al numeratore. Queste frazioni sono chiamate **probabilità**. Chiede quindi ai bambini di fare altri esempi di eventi probabili, certi e impossibili. Che probabilità c'è che estraendo un nome a caso dall'elenco degli alunni questo sia femmina o si chiami Andrea? Che tempo fa oggi? Che probabilità c'è che il tempo di domani sia nuvoloso?

Scoperta

1. Con quale probabilità riesci a centrare il cerchio con la pallina?

2. Qual è il numero più probabile che si può ottenere lanciando due dadi?

3. Con quanta probabilità si ricordano le parole? Ti vengono consegnati cinque cartoncini, ciascuno con un elenco di 10 oggetti. Qual è la probabilità di ricordarne quattro, cinque e sei dopo cinque minuti che non li leggi più?

1. Con quale probabilità riesci a centrare il cerchio con la pallina?

Per l'esperimento ogni coppia di allievi deve disporre di un foglio con cerchi concentrici da 3, 6, 9, 12 cm di diametro. Alcuni fogli uguali fotocopiati. Un foglio di carta copiativa, una pallina di vetro, legno o plastica e due fermagli.

Il foglio con il centro da colpire, un altro foglio per segnare i colpi e il foglio di carta copiativa compreso tra i due, sono uniti con due fermagli. Ogni bambino può effettuare dieci lanci. La probabilità è espressa in centri su dieci. Per impadronirsi dei termini certo, possibile e impossibile, si può chiedere ai bambini se sono certi di centrare il bersaglio o se questo è solo possibile. Come si può aumentare la probabilità di far centro. Essi possono lasciar cadere la pallina in verticale o farla rotolare dal banco lungo una guida formata da due righelli fissati con il nastro adesivo.



2. Qual è il numero più probabile che si può ottenere lanciando due dadi?

Materiale: due dadi.

I gruppi di lavoro effettueranno molti lanci dei due dadi, per individuare il risultato più frequente. Le probabilità sono maggiori per il sette (mediamente si ottiene in un lancio su sei). Ma se si effettuano pochi lanci possono risultare più 8 o più 6, dato che la differenza di probabilità è minima con questi due numeri. Anche se il problema può essere affrontato facilmente per via teorica, i bambini troveranno più semplice e divertente registrare i risultati di molti lanci e raggiungere la stessa conclusione per via empirica. Ogni gruppo di lavoro costruirà un istogramma su un foglio a quadretti, incolonnando una x sul numero ottenuto ad ogni lancio. I bambini saranno sorpresi del fatto che certi numeri sono più probabili di altri. Se occorre la maestra potrà spiegare loro che certi numeri, come il due e il dodici, si possono fare in un solo modo, mentre per altri esiste un maggior numero di combinazioni. Una volta risolto il problema, le probabilità di ogni uscita saranno meglio calcolate come percentuale.

Quali sono le uscite meno probabili? Ci sono dei numeri mai usciti nei tuoi lanci? Sono impossibili o solo poco probabili?

Risultati di 100 lanci della IIIA di Via Saragat, Civitanova:

2. xx
3. xxxx
4. xxxxxxxxxxxx
5. xxxxxxxxxx
6. xxxxxxxxxxxxxx
7. xxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
8. xxxxxxxxxx
9. xxxxxxxxxxxxxx
10. xxxxxxxxxxxxxx
11. xxxxxxxx
12. xx

3. Con quanta probabilità si ricordano le parole? Ti vengono consegnati cinque cartoncini, ciascuno con un elenco di 10 oggetti. Qual è la probabilità di ricordarne quattro, cinque e sei dopo cinque minuti che non li leggi più?

I possibili elenchi di nomi nei cartoncini sono:

- a) *animali*: cane, gatto, topo, elefante, balena, giraffa, scoiattolo, canguro, lepre, tartaruga
- b) *nomi*: Gianni, Paola, Michele, Angela, Carlo, Lucia, Marco, Alessandra, Pietro, Anna
- c) *luoghi geografici*: lago, fiume, mare, oceano, monte, vulcano, collina, pianura, valle, ghiacciaio
- d) *materiali*: ferro, alluminio, rame, bronzo, stoffa, carta, legno, plastica, gomma, vetro
- e) *frutti*: pera, mela, ciliegia, fragola, pesca, albicocca, banana, ananas, arancio, limone

Con questo esperimento i bambini indagano sulla propria memoria, in aggiunta al concetto di probabilità. Può essere effettuato così: ciascuno legge il cartoncino degli animali per tutto il tempo desiderato. Quando i bambini sono pronti si coprono i cartoncini e si attendono cinque minuti, durante i quali la maestra parla con i ragazzi della memoria e delle associazioni; per esempio, qual è l'ultimo esperimento che avete fatto? Quali parole ricordate di quell'esperimento? Dove si trova la memoria? Quanto "spazio" c'è nella memoria? Quanto dura la memoria? Cosa c'è nella memoria? (Sapori, odori, parole, immagini ecc., con un esempio di ciascuno). Trascorsi i cinque minuti ogni bambino scrive su un foglio tutti i nomi di animali che riesce a ricordare. Infine si calcola la probabilità di ricordare 4, 5, 6, ... nomi, confrontando i risultati di tutti i bambini. In alternativa si ripete l'esperimento con altri cartoncini e si calcolano le probabilità individuali di ogni bambino. La maestra chiede se i ricordi sono certi, possibili o impossibili. Come avete fatto per ricordarli? I bambini potranno dire se li hanno associati a coppie o in qualche altro modo. Se qualcuno ha continuato a ripeterli frequentemente. Potrà chiedere a ciascun bambino se ricorda il suono della parole, le immagini delle parole o le immagini degli animali che ha scritto e anche se li ricorda uno per volta o se li vede tutti insieme (in questo caso potrà ripeterli in qualsiasi ordine). Come si può fare per aumentare le probabilità?

ENERGIA - CATENA ENERGETICA

Classi IV - V elementare e I media

Il concetto di energia è il più legato allo specifico disciplinare tra quelli previsti in questo percorso. È la pervasività e l'utilità del concetto di energia, in tutte le discipline scientifiche, che lo rendono generale e ne giustificano l'inserimento nel percorso. Anche le numerose misconcezioni che possono nascere intorno al concetto di energia ne giustificano un inserimento precoce, almeno per quegli aspetti controllabili mediante semplici esperienze.

Il chiarimento completo del concetto di energia non è possibile. Anche i più grandi fisici del nostro tempo non saprebbero darne una definizione univoca. Sappiamo che nessuno di noi ha visto l'energia. Eppure si parla di "consumo e risparmio energetico", di "fonti" di energia, si paga l'energia un tanto al chilo(wattora), così come un qualsiasi prodotto alimentare. Nonostante ciò nessuno ritiene che essa possa essere contenuta o fluire, come un liquido di qualche consistenza. Questa riflessione ci induce a ricordare il potere del linguaggio: neppure l'*interazione* è visibile nella sua essenza, eppure abbiamo imparato a riconoscerne le evidenze; non possiamo vedere il *materiale*, ma possiamo vedere e toccare il legno, il ferro, ecc. La capacità di inventare termini che ci staccano dagli aspetti percettivi della realtà, per generalizzare e rendere comprensibile quest'ultima, è connaturata nel linguaggio umano ed è già attiva fin dalla primissima infanzia. Quello che rende comprensibili, prima, e utili poi, termini astratti come interazione o energia, non è la caratteristica della concretezza, ma la ricchezza e la varietà dei contesti in cui tali termini sono utilizzati nel dialogo sociale, in classe, in casa ecc.

Gli obiettivi principali di quest'unità sono:

che gli allievi riconoscano l'esistenza di diverse forme di energia e di trasferimento dell'energia;
che gli allievi sappiano seguire la "propagazione" e le trasformazioni dell'energia tra le varie forme, riconoscendo una sorgente, un mezzo di trasmissione, un'utilizzazione, una dispersione.

L'idea di energia che gli allievi possono ricavare, a questo livello, è che essa "misuri" la *capacità di indurre trasformazioni nei sistemi*. Le virgolette indicano che non esiste, praticamente, uno strumento atto a dare una misura diretta dell'energia, analogo a un termometro per la misura della temperatura. In prima media abbiamo inserito alcune esperienze in cui la misura dell'energia in joule o in calorie è ricavata indirettamente, da misure di variazioni di temperatura. Tutte le altre esperienze sono qualitative. In questa forma, il concetto di energia è un'estensione di quello di interazione: non c'è trasferimento di energia tra due sistemi senza interazione, e non c'è interazione che non comporti scambio energetico. Tra le attività proposte ce ne sono alcune che evidenziano le interazioni a distanza e il trasferimento di energia ad esse associato. Quando l'energia si trasferisce da un sistema all'altro, non subisce diminuzioni, almeno in termini quantitativi. Quando gli scienziati trovano un "buco" nel calcolo dell'energia, per prima cosa si mettono alla ricerca di un'interazione sfuggita all'esame sperimentale. In termini qualitativi, ad ogni trasformazione l'energia subisce una "degradazione", disperdendosi in tante forme e divenendo quindi sempre meno utilizzabile.

Un'utile distinzione va fatta sulle *forme di energia* che un sistema può possedere. Tutte le forme di energia si suddividono in **potenziale** e **cinetica**. L'energia *potenziale* è energia "in deposito", come quella contenuta in un chilo di spaghetti, in un litro di benzina, in una batteria carica, in una molla compressa. L'energia *cinetica* è invece posseduta da oggetti in moto, come un'auto sull'autostrada, le stesse ruote che girano, l'aria che esce da un palloncino, l'acqua di una cascata e le pale della turbina da essa poste in rotazione, la molla che schizza via. Tutte le forme note di energia (luminosa, elettrica, sonora, chimica, termica, meccanica ecc.) sono riconducibili ad una delle due, cinetica o potenziale, o risultano da una sovrapposizione di entrambe.

Anche i modi in cui l'energia si trasferisce da un sistema all'altro, sono essenzialmente due: il **lavoro** e il **calore**. Se un sistema guadagna energia da un altro, a causa dell'azione di forze non equilibrate (come differenze di pressione o differenze di tensione elettrica), cosa che in genere produce movimento, si parla di *lavoro*. I motori sono macchine fatte per trasferire energia il più possibile sotto forma di lavoro. Se invece un sistema riceve energia da un altro senza che ci siano parti meccaniche in movimento, senza tensioni o forze non equilibrate, ma *solo in virtù di differenze di temperatura*, allora la forma di trasferimento si chiama *calore*. Va sa sé che un sistema "caldo" non "possiede" calore, così come un motore o un serbatoio pieno di benzina non "possiedono" lavoro. Il lavoro e il calore non sono forme di energia, ma modi diversi di trasferire l'energia da un sistema all'altro.

Occorre chiarire anche il ruolo della temperatura. Un corpo è *percepito* caldo quando si trova a temperatura più alta di quella del corpo umano o, pur essendo a temperatura un po' più bassa, quando è capace di rallentare la fuga di calore verso l'ambiente. Una camicia e una maglia di lana, pur trovandosi alla stessa temperatura, un po' inferiore a quella corporea, ci danno, infatti, sensazioni diverse indossandole al mattino. In termini soggettivi, quindi, l'aggettivo "caldo" fa riferimento sia alla temperatura, sia alla capacità di isolare il calore, e da qui nasce la confusione. In termini oggettivi e scientifici, invece, l'aggettivo "caldo" fa riferimento esclusivamente alla temperatura. La temperatura è una proprietà di un corpo: possiamo dire che un corpo è ad una certa temperatura; non possiamo dire, invece, che esso sia ad un certo "calore", o "grado di calore", come si riscontra in molti articoli di giornale. Il calore *non* è una proprietà di un corpo, ma una quantità di energia trasferita tra due sistemi a temperatura diversa.

PREREQUISITI

proprietà, sistema, interazione, variabile, misura.

ATTIVITÀ PROPOSTE

Esplorazione

Per l'esplorazione i gruppi hanno a disposizione: pila piatta da 4,5 V, lampadina, motorino elettrico; trottola; automobilina con carica a molla o a volano. Gli allievi hanno la consegna di produrre delle interazioni con gli oggetti assegnati e di scrivere tutte le evidenze sul quaderno.

Invenzione

L'insegnante scrive alla lavagna tutte le evidenze delle interazioni, rilevate dai gruppi durante l'esplorazione. In tutti i fenomeni di interazione esplorati c'è una sorgente, un trasferimento, un utilizzo, una degradazione. La causa di queste trasformazioni, che si trasferisce nelle interazioni, da un sotto-sistema all'altro, è chiamata **energia**. Per illustrare la catena energetica l'insegnante riordina le osservazioni dei gruppi di lavoro, precisando, caso per caso, la sorgente, il mezzo di scambio, l'utilizzatore e la degradazione dell'energia.

Per rinforzare il concetto l'insegnante apre un fermaglio e lo piega ripetutamente. Gli allievi ripeteranno l'esperimento e sentiranno sulle labbra che il fermaglio si è riscaldato. Nell'interazione con le mani si è trasferita energia al fermaglio. L'aumento di temperatura testimonia che l'energia interna del fermaglio è aumentata. Dopo pochi secondi il fermaglio non sarà più caldo perché l'energia si trasferirà all'aria che lo circonda, disperdendosi.

Si chiede agli allievi di portare ulteriori esempi di forme di energia e di trasformazioni di energia. Per esempio:

- Qual è la sorgente di energia che fa muovere l'automobile?

- Qual è la sorgente energetica del "motore" uomo?
- Elenca altre sorgenti di energia a te note.
- Quali sono le sorgenti di energia per cuocere i cibi?

Gli ulteriori concetti derivati di energia cinetica, potenziale, lavoro e calore saranno introdotti quando necessario, nelle successive esperienze.

Scoperta

Classe IV elementare

1. *Come puoi osservare il trasferimento di energia lungo una barra di metallo, usando una sorgente di calore e una candela?*
2. *Se versiamo in un bicchiere di acqua alcuni cubetti di ghiaccio, come varia la temperatura?*
3. *Quale materiale tra quelli assegnati permette il miglior trasferimento di calore?*
4. *Quale tipo di superficie assorbe maggiormente l'energia luminosa?*
5. *Due recipienti contengono acqua a temperature diverse, se mescoliamo due quantità uguali d'acqua, qual è la temperatura finale?*

Classe V elementare - I media

6. *Come si può riconoscere una pila carica da una scarica? Per risolvere questo problema **non** puoi usare la lampadina.*
7. *A quale distanza massima la bussola interagisce con il magnete? L'interazione dipende dalla direzione?*
8. *Il gesso, interagendo con l'acqua, sprigiona calore. Qual è la massima temperatura che riesci a raggiungere con i materiali a disposizione?*
9. *Con le lamine di rame e di alluminio e carta assorbente costruisci una pila capace di far accendere la lampadina.*
10. *Le celle fotovoltaiche convertono l'energia luminosa in energia elettrica. Realizza un circuito capace di azionare un motore elettrico.*

Classe I media

11. *Esistono in commercio dei bicchieri di cioccolato autoriscaldanti. Quanto calore si trasferisce all'alimento contenuto in questi bicchieri?*
12. *Quanto calore occorre per fondere un grammo di ghiaccio?*
13. *Quanta energia solare colpisce ogni cm² di suolo al minuto?*
14. *Quanti watt (joule al secondo) di energia si possono estrarre dalla batteria?*

1. Come puoi osservare il trasferimento di energia lungo una barra di metallo, usando una sorgente di calore e una candela?

Il materiale per questa esperienza può essere manipolato solo dall'insegnante, dopo aver discusso le varie ipotesi di soluzione con la classe. Occorre una lamina di metallo, o un filo metallico rigido, di almeno 20 cm, una candela; un sostegno per attaccare la lamina o il filo orizzontalmente, una candelina tagliata a fettine.

Si dispongono sulla lamina dei pezzetti di candela a intervalli regolari (circa 2 cm). Si avvia il cronometro e si riscalda l'estremità della lamina, tenendola a contatto con la lampada. Si annotano i tempi successivi, in cui avviene la fusione della cera. L'esperienza è più efficace se la cera è stata precedentemente sgocciolata su un filo metallico formando palline a distanze regolari, in modo da restare aderenti anche se capovolte. Le palline di cera, in questo caso, cadranno sul tavolo appena fonderanno. Si può costruire una tabella delle distanze e dei tempi di fusione, o un grafico in coordinate rettangolari, con il tempo sull'asse orizzontale e la distanza dalla fiamma sull'asse verticale. Domande:

- Da quali parti è formato il sistema?
- Qual è la sorgente di energia?
- Quali sono le forme di energia emessa? Dove si propagano?
- Quale sottosistema utilizza l'energia trasferita?
- Quale parte del sistema trasporta l'energia più rapidamente?
- Che differenza c'è tra la fusione del ghiaccio e quella della cera?

2. *Se versiamo in un bicchiere di acqua alcuni cubetti di ghiaccio, come varia la temperatura?*

Per l'esperimento occorrono un bicchiere di plastica, un termometro ad alcool, alcuni cubetti di ghiaccio.

Gli allievi dovranno misurare la temperatura dell'acqua e ghiaccio, ogni minuto, e annotarla sul quaderno. Quando il ghiaccio sarà completamente fuso, si costruisce l'istogramma con i dati delle temperature. Se gli allievi hanno acquisito abbastanza confidenza con le coordinate rettangolari (gioco della battaglia navale) potranno realizzare un grafico in tali coordinate, ponendo sull'asse orizzontale la variabile tempo (1, 2, 3... minuti) e sull'asse verticale le temperature (0, 1, 2, 3...25 °C). I punti saranno collegati da una linea curva più "liscia" possibile. Consigliamo questa seconda soluzione per preparare gli allievi allo studio delle correlazioni tra coppie di variabili.

Questo semplice esperimento ci consente anche di chiarire alcuni errori concettuali assai diffusi.

Primo errore - Il ghiaccio fonde e non si scioglie, come erroneamente si dice nel linguaggio comune. Tutti i solidi, come il ghiaccio, il burro, la neve, il cioccolato, i diversi metalli, se convenientemente riscaldati, **fondono**. E' sbagliato dire che si sciolgono. Non è elegante, ma è più corretto dire che si squagliano. L'insegnante farà bene a chiedere agli allievi di usare correttamente il termine di fusione, per i solidi che passano allo stato liquido, a causa di un aumento di temperatura. Diversa invece è la situazione dei solidi, come il sale e lo zucchero, che si **sciogliono** in acqua, cioè in un **solvente**.

Secondo errore - Gli oggetti e i corpi contengono (posseggono) *energia interna* ma non calore. Quando due oggetti, a diversa temperatura, si mettono in contatto, *il calore è l'energia che si trasferisce dall'oggetto a temperatura più alta all'altro*, che ha una temperatura più bassa. Perciò, il calore è soltanto una forma di trasferimento dell'energia termica dall'oggetto più caldo a quello più freddo (che ha una temperatura più bassa). Gli oggetti *hanno* una temperatura e *hanno* energia termica, ma **non hanno** calore.

Terzo errore - Spesso si tende a identificare la temperatura con l'energia termica dell'oggetto. Temperatura ed energia interna non sono la stessa cosa. Se un oggetto ha una temperatura più elevata di un secondo oggetto, non si può affermare con certezza che il primo abbia un'energia superiore. Prendiamo, per esempio, una tazzina di caffè bollente (circa 100°C) e confrontiamo la sua energia interna con quella dell'acqua a 36°C, contenuta in una vasca da bagno. Sicuramente la vasca, che contiene una massa d'acqua molto più elevata della tazzina di caffè, avrà un'energia termica più elevata. È pur vero che l'aumento di temperatura di *un determinato* oggetto testimonia che l'energia termica è cresciuta.

3. Quale materiale tra quelli assegnati permette il miglior trasferimento di calore?

Il materiale occorrente, per ogni gruppo, è: acqua calda o fredda; un bicchiere di polistirolo espanso, uno di plastica, una lattina d'alluminio. Termometri. Foglio di alluminio. Gli allievi devono aver già effettuato il precedente esperimento per avere un'idea di come si seguono le variazioni di temperatura.

Si distribuisce la *stessa quantità* di acqua calda (o fredda) nei tre recipienti e si legge la temperatura a intervalli di tre minuti. Riportare il tempo sull'asse orizzontale e la temperatura su quello verticale. Confrontare le tre curve di raffreddamento o di riscaldamento. Gli allievi disegnano schematicamente i bicchieri e delle frecce che rappresentano la direzione del flusso di energia; quindi rispondo a domande del tipo:

- Quali sono i sotto-sistemi che interagiscono?
- In che cosa differiscono i materiali dei tre recipienti?
- Come può essere chiamata questa proprietà? (Conducibilità termica, analogo della c. elettrica)
- Cosa si può fare per accelerare al massimo il trasferimento di calore?

4. Quale tipo di superficie assorbe maggiormente l'energia luminosa?

L'insegnante ha preparato in precedenza due lamine metalliche di rame o alluminio, una normale e una completamente annerita con il fumo di una candela. Poiché sarà necessario utilizzare una fonte di luce, l'esperimento non potrà essere effettuato da ogni gruppo. La fonte di luce può essere una lampadina da almeno 60 W. Le due lamine e il vetro o lo specchio, possono essere messi sul fondo dei bicchieri, che serviranno anche per sostenere il termometro, che si appoggerà col bulbo sulla lamina. Per questo esperimento è preferibile utilizzare un termometro digitale, il cui display potrà essere seguito da tutta la classe. Convieni lasciare la lampada fissa e spostare i bicchieri sotto di essa, tenendoceli per un tempo fisso e osservando l'aumento di temperatura. La lampada deve essere il più possibile vicina all'orlo del bicchiere, ma esterna ad esso.

Dopo circa un minuto di esposizione alla luce, si riscontrerà una netta differenza di temperatura anche solo appoggiando sulla mano le lamine e il vetro. Il risultato è identico anche se si ricoprono i bicchieri con una lastra di vetro, ma non se si ricopre la lampadina con un foglio di alluminio (v. domande successive); questo dimostra che è la luce e non l'aria calda che trasporta l'energia. Gli allievi registreranno tutte le osservazioni e risponderanno alle seguenti domande:

Quali sono i sotto-sistemi che interagiscono?

Come può avvenire l'interazione senza contatto? Qual è il mezzo di trasporto dell'energia?

Cosa accade se si coprono le lastre con una lastra di vetro?

Cosa accade se si avvolge la lampada con un foglio di alluminio? C'è aria nello spazio tra Sole e Terra? E se il foglio di alluminio si appoggia sulle due lamine?

Le lamine ricevono quantità uguali o diverse di energia?

Perché la lamina scura assorbe più energia?

5. *Due recipienti contengono acqua a temperature diverse, se mescoliamo due quantità uguali d'acqua, qual è la temperatura finale?*

Dopo aver discusso le ipotesi di lavoro e precisato le variabili da misurare, gli allievi dei vari gruppi preleveranno in due bicchieri di polistirolo quantità uguali di acqua calda e di acqua fredda da due brocche d'acqua preparate dall'insegnante. Ciascun gruppo disporrà inoltre di un termometro, col quale misurerà le temperature iniziali e quella finale, risultante dal mescolamento. Se le quantità di acqua miscelate erano uguali, la temperatura dovrà risultare intermedia a quelle di partenza. Quindi si apre il dibattito con opportune domande dell'insegnante:

- Perché la temperatura dell'acqua calda si è abbassata? C'è stato trasferimento di energia?
- Perché la temperatura dell'acqua fredda si è innalzata? C'è stato trasferimento di energia?

L'insegnante farà vedere dalla cattedra, chiamando un allievo per volta, che mescolando quantitativi diversi di acqua si ottengono temperature diverse da quella intermedia. Per esempio, se la quantità d'acqua calda è maggiore, la temperatura finale sarà vicina a quella dell'acqua calda.

CLASSE V elementare - I media

6. *Come si può riconoscere una pila carica da una scarica? Per risolvere questo problema non puoi usare la lampadina.*

Quest'esperienza offre l'opportunità di introdurre il concetto di energia potenziale, che verrà utilizzato anche in future esperienze. L'energia potenziale è energia "congelata" o in "deposito", che non provoca effetti per tempi indeterminati, finché non si innesca un'interazione di qualche tipo. Le due batterie, apparentemente identiche, differiscono per il contenuto di energia potenziale. Il vassoio di ciascun gruppo dovrà contenere: due pile da 4,5 V, una nuova e una completamente scarica. Filo di rame, bussola, bicchiere con acqua e sale.

Collegando per pochi secondi i due poli della pila carica si avranno diversi effetti: il filo si riscalda, l'ago della bussola posta nelle vicinanze subisce una deviazione. È importante evidenziare la propagazione a distanza dell'interazione. Bagnando le lamine della pila capovolta sull'acqua salata, si osserverà il formarsi di bollicine. Domande:

- dove si trova l'energia prima di passare nel circuito?
- quali sono le evidenze del trasporto di energia elettrica all'interno del filo di rame?
- quali proprietà ha il filo di rame che non è posseduta da un semplice spago?
- in cosa si trasforma l'energia elettrica nel suo fluire? Rimane confinata nel filo?
- quali forme di energia hai ottenuto nelle tue esperienze?

7. *A quale distanza massima la bussola interagisce con il magnete? L'interazione dipende dalla direzione?*

Ogni gruppo dispone di una bussola, di un magnete cilindrico o a barretta, di una fotocopia del foglio delle coordinate polari.

Gli allievi porranno il magnete al centro delle coordinate. Le linee dell'interazione magnetica risulteranno evidenti se, per ogni punto del grafico, si disegnerà una freccia secondo la direzione di puntamento dell'ago della bussola. È importante che gli allievi si rendano conto che l'interazione avviene a distanza e che osservino che solo il movimento dei due oggetti, l'uno rispetto all'altro, produce il trasferimento di energia e la rotazione dell'ago della bussola.

Domande: è indispensabile il contatto per avere interazione? È sempre la stessa punta dell'ago della bussola che si dirige verso il magnete? Se si toglie il magnete, la bussola risente ancora di interazioni? C'è un materiale che blocca la propagazione dell'interazione e dell'energia magnetica tra magnete e bussola?

8. Il gesso, interagendo con l'acqua, sprigiona calore. Qual è la massima temperatura che riesci a raggiungere con i materiali a disposizione?

I gruppi disporranno di un vassoio con un bicchiere di polvere di gesso per intonaci, un cucchiaino, un bicchiere d'acqua, un contagocce, un bicchiere di polistirolo da caffè e un termometro.

Gli allievi potranno variare le dosi di gesso e acqua, registrandole accuratamente e misurando ogni volta l'aumento massimo di temperatura. Se sceglieranno di usare il bicchiere di polistirolo otterranno incrementi maggiori di temperatura. Gli allievi devono sapere che l'energia non si può creare, e che quindi prima di sviluppare calore doveva esserci dell'energia potenziale nei componenti – sottosistemi uniti. Pertanto si rivolgono loro le seguenti domande:

- quali sono le parti del sistema che interagiscono?
- da dove scaturisce il calore? Quale tipo di energia era contenuta nel gesso e nell'acqua?

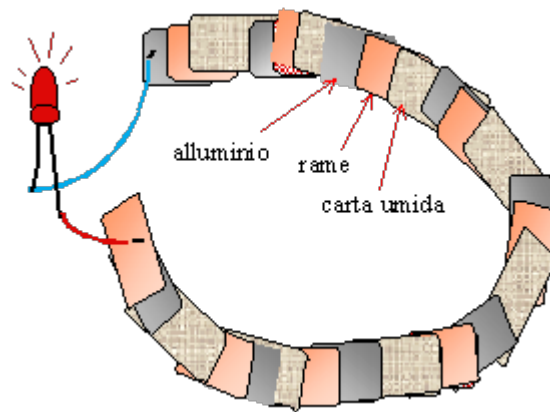
La miscela diviene dura e si raffredda. Si chiederà quindi:

- Quali evidenze ci sono dell'interazione del gesso in polvere?
- Il sistema contiene ancora la stessa energia potenziale che aveva all'inizio dell'esperimento?
- Dov'è finita l'energia prodotta?
- Il peso del sistema alla fine dell'esperimento sarà minore, maggiore o uguale a quello del gesso e dell'acqua uniti? (Il peso diminuisce di qualche grammo perché parte dell'acqua evapora).

9. Con le lamine di rame e di alluminio e carta assorbente costruisci una pila capace di far accendere la lampadina.

Anche in questo caso si assisterà alla trasformazione di energia potenziale in altre forme “attive” di energia. Ovviamente dovrà essere l'insegnante a illustrare la corretta disposizione delle lamine (figura) dopo averla provata personalmente. Ogni gruppo dispone di una dozzina di laminette piatte di rame (va bene anche quello delle grondaie) e altrettante di foglio d'alluminio per alimenti, di dimensioni uguali (per esempio 2x3 cm). Carta assorbente da cucina ripiegata; bicchiere con aceto e sale. Vassoio di plastica o legno. Lampadina LED. L'insegnante ha a disposizione una batteria da 9V scarica con l'involucro aperto. La successione rame/alluminio/carta inumidita può essere stratificata più facilmente in orizzontale, così che gli strati siano ben separati. Dopo 4 - 5 elementi ripetuti si superano già i 2 volt, sufficienti per far accendere il diodo LED (le correnti in gioco sono troppo piccole per far illuminare una lampadina a incandescenza). È importante che i tamponi imbevuti di acqua salata e aceto non si tocchino l'uno con l'altro e che non lascino fuoriuscire liquido in eccesso. Il polo positivo del diodo LED, riconoscibile per il piedino più lungo, deve essere collegato al polo di rame.

Domande: Da quali sottosistemi è formato il generatore di energia elettrica? Quali sono le trasformazioni osservate dopo un funzionamento prolungato? Come varia la luce della lampadina se si utilizza un minor numero di elementi? Se si chiude il circuito della pila mettendo a contatto la prima e l'ultima lamina, si accenderà la lampadina? L'elettricità passerà ugualmente o no? Come si può accertare se la corrente passa o meno? In quale forma si trova l'energia prima di chiudere il circuito con la lampadina? Osserva una batteria da 9 V smontata. Ci sono analogie con la struttura della tua pila?



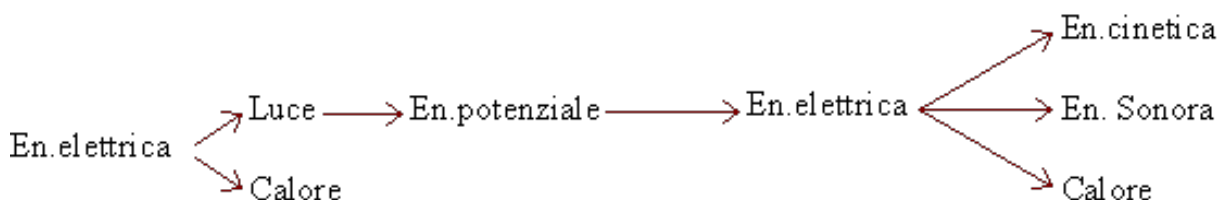
10. Le celle fotovoltaiche convertono l'energia luminosa in energia elettrica. Realizza un circuito capace di azionare un motore elettrico.

Ad ogni gruppo assegnare: cella fotovoltaica; motorino elettrico; filo elettrico e nastro adesivo, piccoli oggetti da sollevare (viti, dadi), dischi a settori colorati stampati su cartoncino, da ritagliare. Portare in classe una lavagna luminosa o una lampada da 60 W, nel caso dovesse scarseggiare la luce solare.

In questa attività si ha una tripla trasformazione dell'energia: da luminosa a potenziale (quando il circuito della cella fotovoltaica è aperto), da potenziale a elettrica e da elettrica a cinetica. Vanno evidenziate anche altre forme: sonora (il rumore prodotto dal motore) e termica (il motorino si riscalda). Praticamente si ha una vera e propria **catena energetica**. L'energia luminosa non si affievolisce con la distanza dalla sorgente: l'energia totale è la stessa a qualunque distanza ci si ponga, ma essa si distribuisce su una superficie sempre più ampia, quindi sempre minore è la frazione catturata dalla cella fotovoltaica. Questo fatto può essere illustrato facilmente con il disegno a fianco, che mostra come un minor numero di "raggi" colpisca una superficie uguale, ma posta a maggior distanza dalla sorgente. Ci sono numerose domande che possono scaturire da questa eccitante esperienza. Per esempio:

Come si fa a variare la velocità di rotazione del motore? Qual è la distanza massima dalla lampada alla quale il motore riesce a girare? Come si può fare per far aumentare questa distanza? Perché diminuisce la velocità del motorino allontanando la sorgente di luce? Quali organismi viventi riescono a trasformare l'energia luminosa in energia potenziale? Tutta l'energia luminosa si trasforma in energia cinetica? Puoi usare il motore per sollevare piccoli oggetti? Schematizza la catena energetica in ogni caso.

“Catena energetica” per l’esperimento, considerando la lampadina come sorgente.



Classe I Media

Le esperienze che seguono hanno carattere quantitativo e quindi sono più idonee per questo livello scolastico. Esse prevedono l'introduzione delle unità di misura dell'energia più usate: il joule (J) e la caloria (cal). Per acquisire confidenza con tali unità si possono utilizzare le etichette degli ingredienti dei prodotti alimentari, che spesso riportano il contenuto energetico dei cibi in entrambe le unità. Avendo a disposizione diverse di queste etichette si potrà calcolare il rapporto joule/calorie, che risulterà pari a circa 4,2. È importante che gli allievi imparino bene il significato di caloria (anche se quest'unità di misura risulta abolita in tutta Europa dal 1° gennaio 2000, con DPR 802/1982):

la caloria è l'energia occorrente per riscaldare un grammo d'acqua di un grado centigrado.

Negli esperimenti seguenti, in cui avverrà l'emissione o l'assorbimento di calore, basterà conoscere la quantità di acqua (in grammi o in millilitri) posta in un bicchiere isolato di polistirolo espanso e la variazione di temperatura da essa subita, per calcolare l'energia transitata in calorie. Le calorie complessive saranno ottenibili dalla moltiplicazione "tutti i grammi di acqua x tutti i gradi di aumento di temperatura di ciascun grammo". Forniamo l'espressione per il calcolo in questa forma verbale con l'intento deliberato di evitare che gli allievi inizino a memorizzare formule, senza capirne il significato, fin dalle medie. Se si vuole evitare l'uso della caloria, si può fornire il seguente dato:

per aumentare di un grado la temperatura di un grammo d'acqua occorrono 4,2 joule di energia.

Un'altra unità di misura correlata con l'energia, e utilizzata nella vita di tutti i giorni è il watt (W). Esso misura la velocità di utilizzo dell'energia (potenza), in joule al secondo. Una lampadina a incandescenza da 40 W assorbe un'energia di 40 joule per ogni secondo di funzionamento. Una macchina molto potente trasforma molta energia ogni secondo (si parla di kilowatt, cioè migliaia di joule al secondo). Il corpo umano in normale attività consuma circa dieci milioni di joule al giorno (tanto è l'apporto energetico di 2500 kcal). Dato che in un giorno ci sono 86400 secondi, il consumo medio è di circa 120 joule al secondo, cioè 120 watt. L'energia ha un costo. Nella bolletta ENEL, a seconda delle fasce di consumo, si pagano tra 0,4 e 0,6 lire ogni 1000 joule (circa 200 lire al kilowattora). Il costo della benzina è di circa 0,08 lire al kilojoule, quindi inferiore, ma occorre considerare che se si vuole convertire l'energia della combustione in energia elettrica, con un "generatore", i rendimenti sono molto bassi, dell'ordine del 20 %, senza considerare il rumore e l'inquinamento prodotti in prossimità dell'utilizzatore. Queste considerazioni e la regolarità dell'erogazione elettrica ci dissuadono dall'utilizzo della benzina in casi normali.

11. Esistono in commercio dei bicchieri di cioccolato autoriscaldanti. Quanto calore si trasferisce all'alimento contenuto in questi bicchieri?

Gli allievi dispongono di un bicchiere "Ciobar", di un termometro ad alcol e di un cilindro graduato da 50 mL (facoltativo, dato che il volume di prodotto è indicato nell'etichetta).

Non conviene svelare il meccanismo di funzionamento del bicchiere se non è stata ancora svolta l'esperienza in cui lo si utilizza per costruirne il modello di funzionamento. Le ipotesi sono comunque

ben accette. Per informazione dell'insegnante, tale bicchiere contiene alla base un serbatoio 40 mL di acqua distillata, separati da un'intercapedine di alluminio dall'involucro esterno con scaglie e polvere di cloruro di calcio perfettamente anidro. Premendo sul fondo si rompe la membrana e la soluzione acqua CaCl_2 raggiunge i 110 °C. Date le perdite e la distribuzione interna dell'energia, il prodotto da consumare, che non viene a contatto con la soluzione calda, raggiunge circa 50 °C.

Un secondo motivo per non effettuare l'esperimento con i componenti separati è quindi che il termometro ad alcool non può misurare temperature superiori a 60 °C. Il terzo motivo è che, lasciando intatto l'involucro, i ragazzi potranno degustare il prodotto dopo l'esperimento!

Per questa esperienza occorre pianificare bene l'esperimento, stabilire cosa misurare e quando farlo. L'insegnante potrà usare un barattolo extra per far vedere agli allievi come funziona.

Una soluzione possibile è la seguente: misurare la temperatura esterna, supposta uguale a quella del prodotto. Attivare il meccanismo di riscaldamento, girare una decina di volte, aprire la pellicola e misurare la massima temperatura raggiunta all'interno della massa di cioccolato. Quindi misurare il volume del prodotto. Per il calcolo del calore non si compie un grande errore considerando il liquido come se fosse acqua: 4,2 joule per grammo o mL e per grado centigrado. Il calore si calcola moltiplicando l'incremento di temperatura in gradi per il volume del prodotto in millilitri e per 4,2 se si vogliono i joule. Si può anche sostituire il cioccolato con acqua e ripetere l'esperimento in un nuovo bicchiere per confermare.

Il problema n. 8 di quest'unità può essere trasformato in termini quantitativi.

12. Quanto calore occorre per fondere un grammo di ghiaccio?

L'insegnante predispone una bilancia da cucina con precisione al grammo, una scatola di cubetti di ghiaccio. Ogni gruppo di allievi dispone di un vassoio con: bicchiere di polistirolo espanso con tappo, termometro ad alcool, cilindro graduato.

La soluzione più semplice consiste nel misurare l'abbassamento di temperatura, prodotto dalla fusione del ghiaccio in un bicchiere (calorimetro) isolato con un certo volume d'acqua. Gli allievi devono progettare l'esperimento in modo da accelerare la fusione del ghiaccio, per minimizzare le perdite di calore, e riuscire a leggere la temperatura minima raggiunta. Se i cubetti di ghiaccio pesano più di 5-6 grammi conviene usare 100 mL di acqua. Altrimenti 50 mL sono sufficienti. Moltiplicando i grammi d'acqua (comprensivi del ghiaccio) per la variazione di temperatura, si ottengono le calorie richieste per la fusione. Dividendo tale dato per il peso del ghiaccio fuso si ricava il valore specifico per ogni grammo di ghiaccio. Ogni grammo di ghiaccio assorbe 333 joule di energia per la fusione.

13. Quanta energia solare colpisce ogni cm^2 di suolo al minuto?

Prima di discutere le ipotesi di lavoro, ricordare il problema n° 4, in cui il metallo annerito era quello maggiormente capace di assorbire l'energia radiante. Il problema può essere reso analogo ai precedenti, ponendo una lamina circolare di rame od ottone, annerita, sul fondo del bicchiere di polistirolo con un volume noto di acqua (5-10 mL). La luce solare può essere diretta perpendicolarmente, verso il fondo del bicchiere, con uno specchio. Si misura la temperatura iniziale e poi ogni 5 minuti dall'inizio del riscaldamento. Una volta determinate le calorie o i joule assorbiti dall'acqua ogni minuto, come nei problemi precedenti, si deve dividere per l'area in cm^2 del disco nero, per avere l'energia al minuto e al centimetro quadrato. La radiazione solare incidente al suolo, alle nostre latitudini, nelle ore diurne va da un minimo di 0,035 W/cm^2 nel mese di dicembre-gennaio, a un massimo di 0,14 W/cm^2 in giugno – luglio. Con un rapido calcolo si trova che questa energia, sul fondo di un bicchiere da 4 cm di diametro, equivale a 6 - 25 calorie al minuto, capaci di riscaldare 10 ml d'acqua da un minimo di 0,6 °C/min a un massimo di 2,5 °C/min. I valori trovati con l'apparato sperimentale qui descritto rientrano, in effetti, in quest'intervallo (es. da 20 a 25 °C in 5 minuti, in aprile, con lo specchio).

I pannelli solari per la produzione d'acqua calda sfruttano lo stesso fenomeno evidenziato dall'esperimento.

14. Quanti watt (joule al secondo) di energia puoi trasferire dalla batteria all'acqua?

Ogni gruppo di lavoro ha a disposizione un filo al nichel cromo di 0,5 mm di sezione e 50 cm di lunghezza. Due fili di rame, una pila piatta da 4,5 V carica, un bicchiere di polistirolo espanso e un termometro. Arrotolando il filo al Ni-Cr a spirale con una matita, si costruisce una resistenza elettrica che, collegata con i capi liberi ai fili e ai due poli della batteria, si riscalderà, e potrà essere immersa a mo' di scaldabagno in circa 20 mL di acqua. Analogamente alle esperienze precedenti, gli allievi devono preparare il dispositivo, praticare due buchi per far passare i fili dal tappo e un buco per il termometro, leggere la temperatura iniziale, avviare il cronometro nel momento stesso in cui si collegano i due fili alla pila, e leggere la temperatura a intervalli di un minuto, per circa cinque minuti, agitando di tanto in tanto. Se l'incremento di temperatura non si mantiene approssimativamente costante per almeno cinque minuti, usare un filo al Ni-Cr da un metro. Gli aumenti di temperatura vanno da 1 °C a 3°C al minuto in 20 mL di acqua, a seconda del tipo di batteria e del suo stato di carica. Per il calcolo, come al solito, si moltiplicano i mL d'acqua per l'aumento di temperatura, ricavandone le calorie. Moltiplicando per 4,2 si hanno i joule che, divisi per i secondi trascorsi, danno la potenza della pila in watt, cioè i joule al secondo. La potenza erogata da una batteria da 4,5 V, per tempi superiori al minuto, è di 1,5 – 3 watt.

CORRELAZIONE

Classe V elementare

Il mondo odierno è pieno di studi di correlazioni vere o presunte e di effetti che si intrecciano. La risonanza delle correlazioni annunciate dai telegiornali è spesso inversamente proporzionale alla loro consistenza. Esistono correlazioni comprovate di cui mai nessuno parla, come quella tra sigarette fumate e frequenza dei tumori, e correlazioni che a malapena si distinguono dal fondo statistico, presentate come pericoli certi e immanenti. Non possediamo quasi nessuno strumento per “difenderci” da tali notizie, se non la possibilità di analizzare in dettaglio gli studi. Il possesso di una chiara idea di cosa sia la correlazione è quindi importante sotto il profilo culturale.

Il concetto di correlazione sta alle variabili (correlate) come quello di interazione sta agli oggetti (interagenti). Naturalmente si tratta solo di un’analogia per illustrare il fatto che il concetto di correlazione è a un livello più astratto di quello di interazione; per il resto si tratta di due concetti ben distinti. *Due proprietà - variabili sono correlate quando ai cambiamenti dell’una corrispondono cambiamenti dell’altra.* A questo livello di definizione non corrisponde nessun’accezione di tipo causa/effetto, prima/dopo.

Gli scienziati, quando sono alle prese con un fenomeno nuovo, per prima cosa cercano di capire come ogni variabile influenzi o sia influenzata dalle altre. Quando Galileo studiava la caduta libera dei corpi, per prima cosa dovette stabilire se la velocità di caduta è in relazione alla distanza di caduta o in relazione al tempo trascorso. Nel secondo caso trovò una “confortevole” proporzionalità e oggi tutti definiscono l’accelerazione come variazione di velocità riferita al tempo, piuttosto che allo spazio percorso, come un fatto scontato. Ma non è affatto ovvio: Galileo non lo sapeva, non risultava scritto da nessuna parte!

Quando si ha a disposizione una teoria bella e fatta, un modello di comportamento, un meccanismo chiarificato, tutte le correlazioni diventano ovvie. Ma il percorso compiuto dalla scienza è inverso: si cercano e si trovano prima delle correlazioni, all’oscuro dei modelli e dei meccanismi. Le correlazioni suggeriscono, indirizzano verso certe relazioni di causa – effetto, ipotesi di modelli teorici, che vanno prima scelte e poi confermate, per esempio verificando nuove correlazioni attese. La ricerca e il controllo delle correlazioni sono quindi compiti basilari della scienza, e vanno tenuti ben distinti dalla generazione di ipotesi di spiegazione. Gli allievi devono imparare a valutare la qualità di una correlazione: esistono correlazioni più o meno buone, come quella tra distanza percorsa e carburante consumato (la rivista Quattroruote è una miniera di esempi simili da studiare in classe), e correlazioni fortemente dubitabili, come quella tra numero delle scarpe e peso corporeo. La domanda: “c’è correlazione tra la variabile X e la variabile Y?” ammette come risposte possibili non solo “sì” e “no”, ma anche “in parte”, per quei casi che gli allievi definiranno di **correlazione statistica**. Per chi si occupa di eventi probabili la parola “statistica” è superflua; ma gli allievi dovranno differenziare situazioni in cui la correlazione è rigorosa, con eventuali errori introdotti nell’operazione di misura (es. correlazione tra diametro e circonferenza), da quelle in cui le deviazioni sono dovute alla casualità intrinseca degli eventi studiati (es. area delle foglie contro età della pianta). Un’altra utile distinzione è quella tra correlazione diretta e inversa. Nella correlazione **diretta**, all’aumento di una variabile corrisponde l’aumento dell’altra variabile, come negli esempi finora visti. Nella correlazione **inversa**, all’aumentare di una variabile è associata la diminuzione dell’altra. Per esempio, per una data automobile, il consumo chilometrico di carburante è inversamente correlato alla velocità; per esempio, l’auto consumerà di più percorrendo tutto il chilometro in prima e molto meno se lo percorrerà in quinta. La *proporzionalità diretta* è un caso particolare di correlazione diretta, implicante una ben precisa relazione matematica: il rapporto tra le due variabili è costante e al raddoppio di una corrisponde esattamente il raddoppio dell’altra. Così, quando due variabili sono *inversamente proporzionali*, significa che, al raddoppiare dell’una, l’altra si dimezza rigorosamente.

Esistono molte correlazioni altrettanto rigorose (non basate su leggi statistiche), ma che non rientrano nelle due proporzionalità. Per esempio la durata delle oscillazioni del pendolo aumenta secondo una legge precisa al crescere della lunghezza del pendolo, ma non raddoppia al raddoppiare della sua estensione. Il concetto della proporzionalità, e gli altri aspetti matematici connessi con l'elaborazione dei dati, non sono obiettivi primari di questa unità, né costituiscono un prerequisito per poterla affrontare. Secondo la filosofia di tutto il percorso, il concetto di correlazione è un ulteriore strumento cui affidarsi nella ricerca di connessioni tra aspetti diversi della realtà, operante a livelli più basilari dei corrispettivi concetti matematici.

Ci sono vari metodi, più o meno raffinati, per valutare la qualità e la bontà di una correlazione. Il metodo più semplice (da usare in via preliminare) consiste nel disporre in ordine crescente le misure di una variabile, in una tabella, e di associare ad esse i valori dell'altra variabile. La seconda variabile potrà crescere in modo concorde alla prima, in tutti i casi, o in gran parte dei casi. Si parlerà perciò di correlazione diretta (che potremo indicare, per esempio, così: $x \uparrow y$). Ma potrebbe anche decrescere (correlazione inversa, $x \uparrow y \downarrow$) o non seguire nessuna logica ($x \# y$). Un altro metodo, alla portata degli alunni di quinta, è quello di aggiungere, alla tabella, una terza colonna con il rapporto tra le due variabili se si pensa a una correlazione diretta, o con il prodotto se si profila una correlazione inversa. In presenza di correlazioni del tipo proporzionalità diretta o inversa, si avrà un risultato approssimativamente costante. Un terzo metodo consiste nel costruire un diagramma in coordinate rettangolari (grafico x-y), come gli allievi hanno appreso in quarta classe, ponendo le due variabili nei due assi e segnando un punto in corrispondenza di ciascuna coppia. Si verifica quindi visivamente se i punti seguono una linea d'andamento o se sono sparpagliati a caso. Se la linea dei punti sale verso destra abbiamo un caso di correlazione diretta. Se invece la linea scende sulla destra la correlazione è inversa. Con il grafico possiamo evidenziare anche andamenti più complessi, come curve a campana, che indicano comunque che una variabile è legata all'altra. Il grafico x-y può essere facilmente realizzato con il foglio elettronico se la classe dispone di uno o più computer.

Infine un'ultima considerazione sulle variabili correlate. Spesso le due variabili oggetto di studio non svolgono un ruolo simmetrico: una delle due è fissata dallo sperimentatore, l'altra risulta come conseguenza della prima scelta. Oppure lo sperimentatore non può intervenire in nessuna delle due variabili misurate, poiché esse descrivono eventi naturali, ma si sa, o si ritiene, che una sia la causa e l'altra l'effetto. Si potrà quindi parlare di **variabile indipendente** (cioè liberamente scelta da noi, o causa) e riferirsi ad essa con la x, e di **variabile dipendente** (cioè legata alla prima, o effetto della prima), indicandola con y. Vedremo alcune esperienze che possono essere affrontate da entrambi i punti di vista, con dei pro e dei contro che potranno essere valutati. Alcuni problemi sperimentali coinvolgeranno più di due variabili e ciò li renderà maggiormente interessanti sotto il profilo educativo. In tali casi, infatti, occorrerà progettare le misure garantendo la **costanza** delle variabili extra. Il "mettersi a parità di altre condizioni" è una delle attitudini scientifiche, ma anche di buon senso, più importanti per la formazione scientifica.

La capacità di stabilire relazioni tra concetti astratti, come possono essere le variabili, e la capacità di prendere in considerazione più variabili e di controllarle, nella psicologia evolutiva sono considerati indici caratteristici del pensiero formale. La sperimentazione finora condotta sul concetto di correlazione ha dato prova che, in quinta elementare, tale termine viene acquisito dai ragazzi nel pieno del suo significato, anche con scarsità di mezzi di rappresentazione grafica (solo tabelle, senza grafici X-Y, calcoli di rapporti o uso di fogli elettronici).

PREREQUISITI

Concetti di variabile, misura, uso di diagrammi rettangolari o di istogrammi.

ATTIVITÀ PROPOSTE

Per l'**esplorazione** del concetto ogni gruppo utilizza tre pendoli formati da spago sottile e tre oggetti pesanti (piombi da pesca da 10 – 20 g).

Pendolo a) 80 cm, 20 g

Pendolo b) 80 cm, 10 g

Pendolo c) 50 cm, 20 g

La consegna consiste nell'osservare e confrontare le diverse rapidità di oscillazione dei tre pendoli e trovare il più rapido. Se lo desiderano, gli allievi possono anche costruire il pendolo da 50 cm e 10 g.

Alcuni gruppi proveranno a mettere in oscillazione più pendoli contemporaneamente e diranno di avere capito qual è il più rapido senza avere misurato alcunché, altri inizieranno a contare le oscillazioni senza guardare il tempo, mentre altri guarderanno il tempo senza contare. Altri ancora cercheranno di misurare la durata di mezza oscillazione con un orologio che ha la lancetta dei secondi. Date le caratteristiche dell'esplorazione, una volta dato il materiale e assegnata la consegna, dovremo lasciare i ragazzi il più possibile liberi di fare. Solo sul tempo a disposizione per l'attività si dovrà essere rigidi, per lasciare più spazio alla fase dell'invenzione del concetto. Le attività successive forniranno l'opportunità per regolare il loro agire, migliorare l'organizzazione del lavoro di gruppo, scandire i momenti di riflessione. Il risultato sarà che il pendolo più corto oscilla più rapidamente.

Invenzione

Dopo l'attività l'insegnante chiede quali sono le **variabili** importanti che riguardano ogni esperimento. Essi citeranno la velocità, la lunghezza, il peso, l'ampiezza dell'angolo di partenza, la durata scelta per cronometrare o il numero di oscillazioni, la spinta iniziale. Occorre non focalizzare subito l'attenzione sulle variabili che *noi* sappiamo essere più importanti. Se sono stati cronometrati i tempi di oscillazione, occorrerà mettersi d'accordo per uniformare i dati: convertendo tutto in oscillazioni al minuto, oppure in secondi per dieci oscillazioni, e così via. Nonostante ciò potranno rimanere discordanze, perché alcuni considerano un'oscillazione come un percorso completo di andata e ritorno, mentre altri solo la metà di questo. Una volta raggiunto l'accordo sui dati, si chiede a ciascun gruppo quale pendolo oscilla più rapidamente e se ne descrivono le proprietà sulla lavagna. Infine si domanda da quale variabile dipende la rapidità o frequenza delle oscillazioni. Quando due variabili dipendono una dall'altra si dicono **correlate**. La rapidità delle oscillazioni è correlata alla lunghezza del pendolo e non al peso attaccato. Se i ragazzi affermano che anche il peso ha un effetto sulla durata delle oscillazioni, la maestra può eseguire un esperimento "ufficiale" con i due pendoli lunghi, dimostrando che essi, se lasciati insieme, rimangono ad oscillare in perfetta sintonia per parecchio tempo (naturalmente i pendoli devono avere esattamente la stessa lunghezza). L'insegnante chiederà: sapreste fare un pendolo ancora più rapido? (Basta tenerlo sempre più vicino al peso) C'è correlazione tra lunghezza e numero di oscillazioni al minuto? C'è correlazione tra ampiezza dell'angolo di partenza e durata dell'oscillazione? Come fanno le oscillazioni piccole a durare come quelle ampie? C'è correlazione tra angolo e velocità del pendolo? E così via, cambiando le coppie di variabili considerate. Quindi si considerano altri casi di correlazione al di fuori dell'esperienza. Possono essere recuperati i problemi già fatti: n° 2 del concetto di energia: più il cubetto di ghiaccio è pesante, più la temperatura si abbassa; maggiore è la quantità di acqua, minore è l'abbassamento di

temperatura. n° 10 della stessa unità: maggiore è l'intensità della luce, maggiore la velocità del motorino elettrico. n. 1 dell'unità sulla probabilità (classe quarta): maggiore è il diametro del bersaglio, maggiore la probabilità di centrarlo. Ciascuno di questi esempi può essere utile per approfondire ulteriormente l'argomento, specie per evidenziare quando si deve parlare di correlazione statistica, diretta o inversa. Altri esempi possono essere cercare sulla correlazione tra i pesi corporei e le altezze dei ragazzi, per sessi separati, o tra ampiezza del palmo della mano e lunghezza del piede.

Scoperta

1. C'è correlazione tra peso e lunghezza di un elastico? Puoi usare degli elastici lunghi, dei bicchieri di plastica e dei pesetti. Puoi indovinare il peso della mela portata dalla maestra?

2. Misura il diametro e la circonferenza degli oggetti rotondi assegnati. C'è correlazione tra le due variabili?

3. C'è correlazione tra la circonferenza dei fusti e l'altezza per una data varietà di pianta?

4. Che tipo di correlazione c'è tra il volume di una siringa e la forza con cui si preme il pistone? Per le misure della forza puoi usare una bilancia pesa-persone.

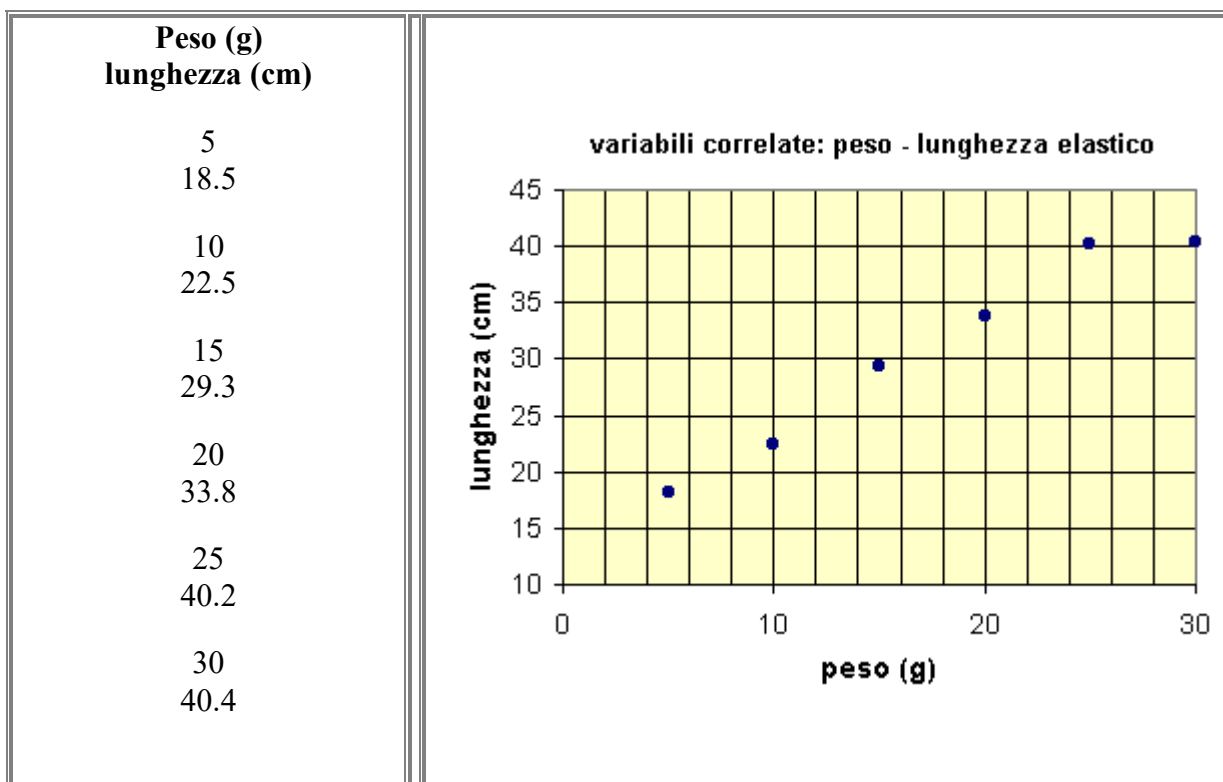
5. Che correlazione c'è tra peso e volume, per oggetti fatti dello stesso materiale?

6. Costruisci un pendolo che fa oscillazioni complete in due secondi.

1. C'è correlazione tra peso e lunghezza di un elastico? Puoi usare degli elastici lunghi, dei bicchieri di plastica e dei pesetti. Puoi indovinare il peso della mela portata dalla maestra?

Per ogni gruppo occorrono 2-4 elastici lunghi uniti insieme. Un fermaglio per fissare la bottiglia all'estremità degli elastici. Un metro per misurare la lunghezza degli elastici. Una serie di piombi per canna da pesca da 5, 10, 20 g. Una mela o altro oggetto di cui la maestra conosce il peso.

L'insegnante attira l'attenzione sulle variabili in gioco (lunghezza e peso) e sulla loro correlazione. Il peso è la **variabile indipendente** (cioè può essere decisa a priori dallo sperimentatore) mentre la lunghezza dell'elastico è la **variabile dipendente** (è il risultato dell'interazione nel sistema). I ragazzi inventeranno un modo per segnare una scala che indichi direttamente il peso, per esempio su una striscia di carta appesantita e tenuta a piombo da una molletta.



Dati sperimentali ottenuti dalla V elementare di Sambucheto, 2 aprile 2001

2. Misura il diametro e la circonferenza degli oggetti rotondi assegnati. C'è correlazione tra le due variabili?

Ogni gruppo riceve 5-6 oggetti rotondi, sferici o cilindrici come bocce, rotoli di nastro adesivo, lattine, scatolette, bicchieri, ecc., e un righello. Per le misure dei diametri si trovano in commercio calibri di plastica molto economici. La misura delle circonferenze rappresenta un problema a sé (vedere il problema 3 della classe IV). I ragazzi sono liberi di organizzare i dati come meglio credono, per esempio ordinandoli in sequenza crescente o in un grafico a coordinate rettangolari (tipo "battaglia navale"). Una volta raccolti i dati l'insegnante porrà domande del tipo:

- quali sono le variabili? - Per variare la circonferenza possiamo togliere alcuni giri di nastro adesivo dal rotolo. Possiamo farlo senza cambiare il diametro?
- Quale proprietà rimane costante anche se cambiano diametro e la circonferenza?
- Se abbiamo diverse biglie di vetro, c'è un'altra variabile correlata al diametro, oltre alla circonferenza? (Peso, volume). Questa correlazione costituisce un caso di proporzionalità diretta. Si può evidenziare questo fatto dividendo le misure delle circonferenze per i valori del diametro, ottenendo un rapporto costante, pari a circa 3,1.

Diametro	circonferenza	rapporto
11	35	$35:11 = 3.18$
2.7	9.3	$9.3:2.7 = 3.44$
4.1	13.5	$13.5:4.1 = 3.29$
8	27	$27:8 = 3.38$
1.7	5.4	$5.4:1.7 = 3.18$
1.5	6.7	$6.7:1.5 = 4.45$

Dati ottenuti dalla classe V elementare di Sambucheto

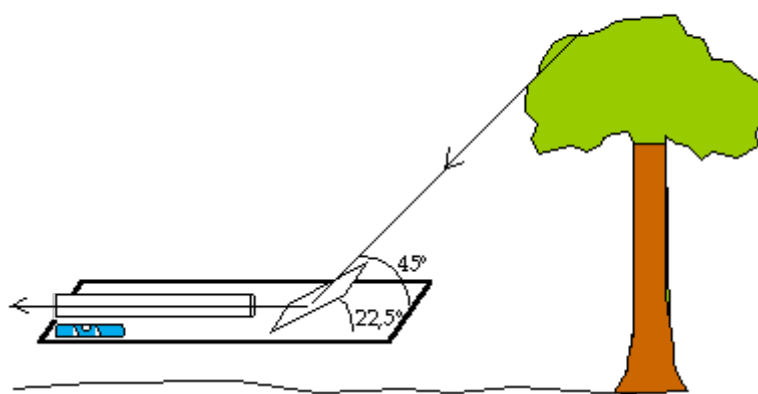
Misura del diametro con il calibro

3. C'è correlazione tra la circonferenza dei fusti e l'altezza per una data varietà di pianta?

L'attrezzatura per l'uscita è la seguente: metro da sarta, rotolo di spago. Dispositivo di misura formato da uno specchietto montato a $22,5^\circ$ sull'orizzontale, un tubo e una livella (figura).

In questo caso la correlazione è di natura statistica, pertanto occorre misurare un sufficiente numero di alberi di dimensioni diverse in un boschetto (gli alberi dei viali sono troppo simili). Occorre spostarsi in avanti o all'indietro fino a traguardare dal tubo la cima dell'albero, riflessa dallo specchio, tenendo la tavoletta perfettamente orizzontale.

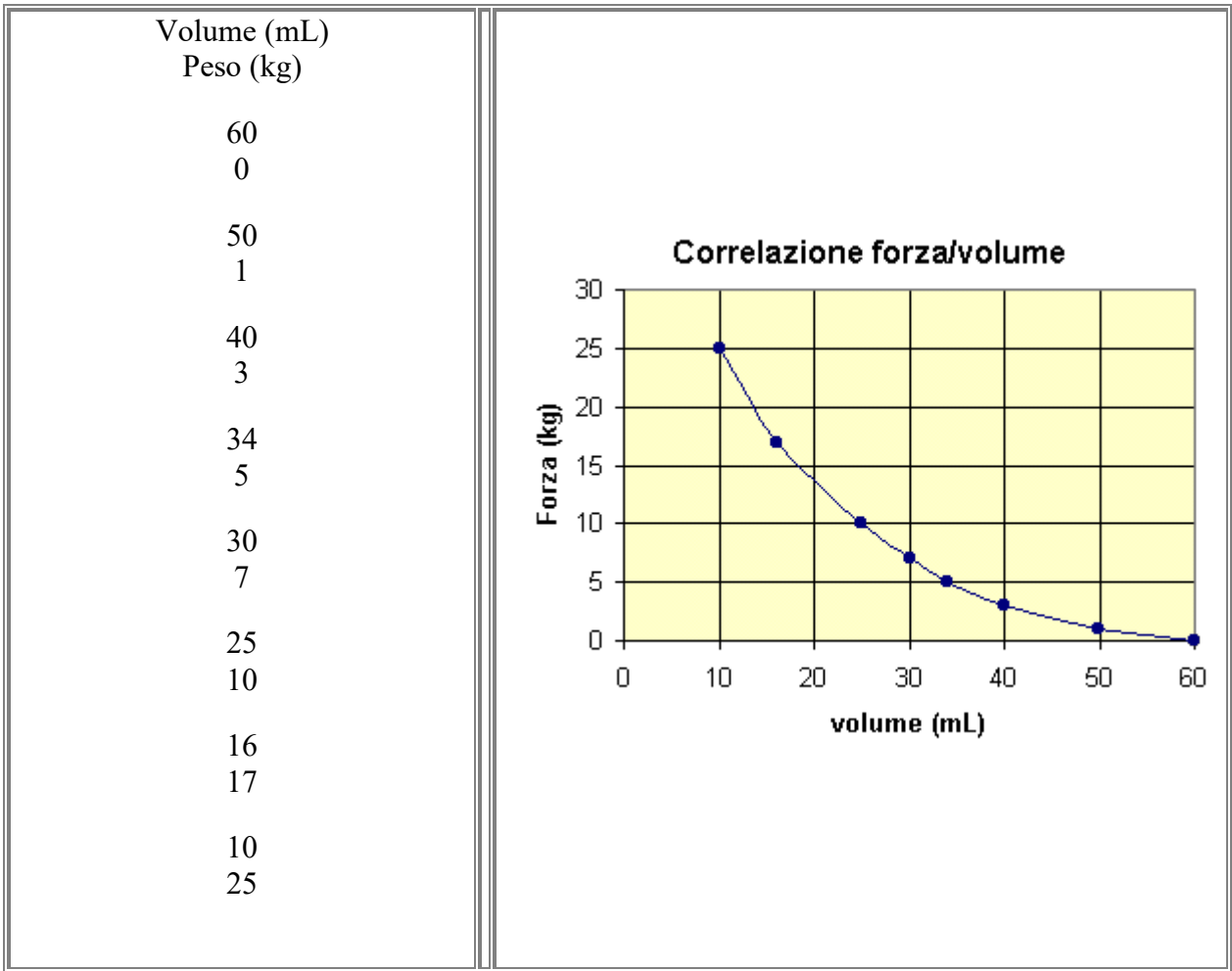
Realizzando le due condizioni la cima dell'albero sarà vista sotto un angolo di 45° , quindi l'altezza della pianta coinciderà con la distanza dell'osservatore dal fusto, che sarà misurata con uno spago. Naturalmente l'allievo sommerà anche la propria altezza. Se la tavoletta è fissata su un cavalletto da fotografia regolabile si ottengono risultati molto accurati.



4. Che tipo di correlazione c'è tra il volume di una siringa e la forza con cui si preme il pistone? Per le misure della forza puoi usare una bilancia pesa-persone.

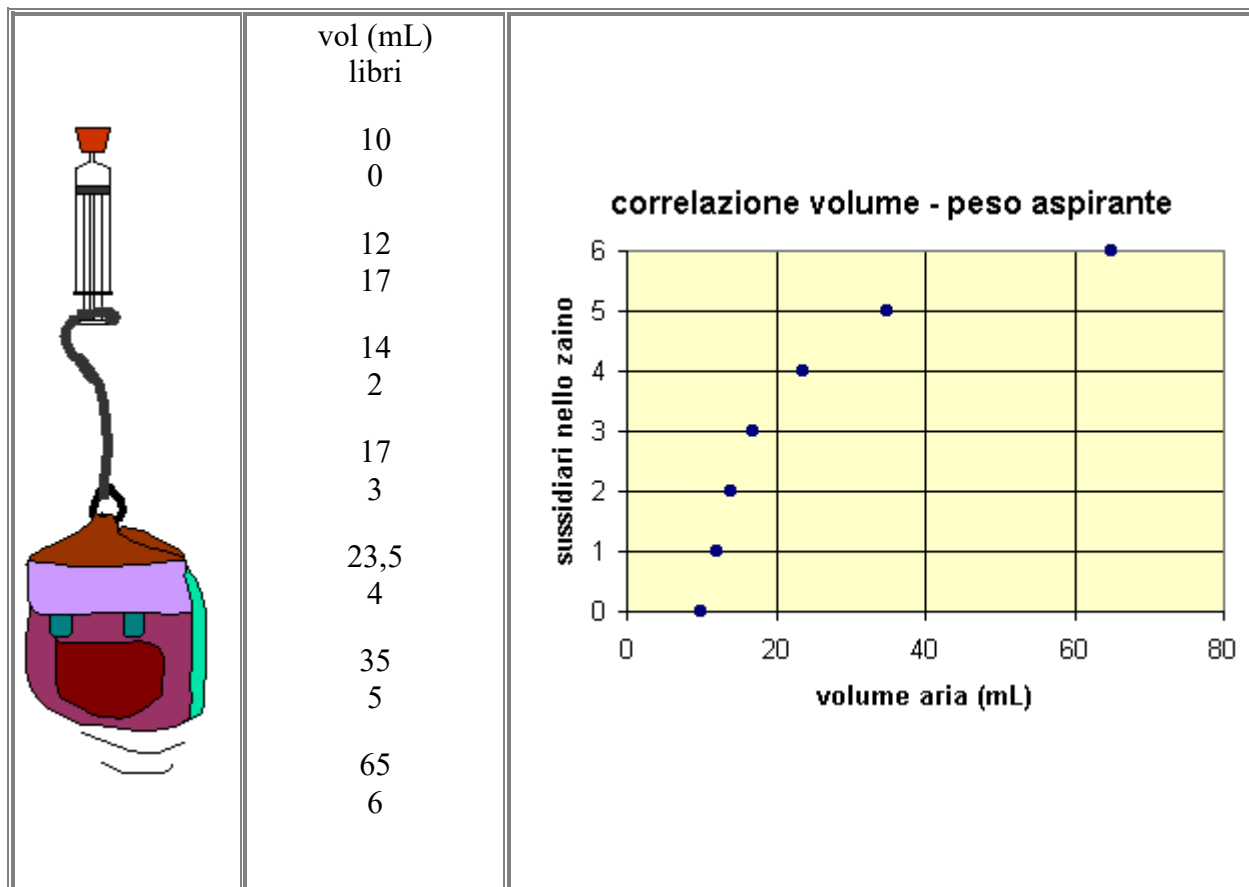
Ad ogni gruppo si assegna una siringa di plastica da 60 mL con tappo di gomma, con un incavo, per chiudere l'uscita, e una bilancia pesapersona.

Premendo la siringa contro la bilancia si ridurrà il volume d'aria. La pressione sarà direttamente leggibile in chilogrammi sulla bilancia. La correlazione trovata sarà **inversa**: maggiore la forza minore è il volume. A differenza dei problemi precedenti, ponendo i dati su un grafico X - Y non si ottiene una linea crescente, ma una curva discendente. Alcuni allievi imporranno un valore preciso della lettura sulla bilancia, dal quale dipenderà il volume nella siringa. La maggior parte troveranno più comodo fissare il volume della siringa (var. indipendente) e leggere la forza peso sulla bilancia (var. dipendente). È consigliabile avvisare gli allievi di non scendere sotto i 15 mL, per evitare di squarciare la siringa (si può anche mettere un pezzetto di legno all'interno della siringa, per impedire il raggiungimento di pressioni elevate. Nonostante la presenza del tappo, un po' d'aria può uscire, e il pistone non si risollewa al volume iniziale, quando lo si rilascia. Pertanto alla fine di una serie di misure, è bene togliere il tappo e, dopo aver risollevato il pistone a 60 mL, rimetterlo.



Dati del gruppo di Clarissa e Alina, I media Appignano

Una correlazione diretta è ottenibile legando uno zaino vuoto al pistone della siringa, chiusa col tappo e contenente 10 mL di aria; mettendo un numero crescente di libri uguali nello zaino, si avrà un progressivo aumento di volume. Se come variabile indipendente si considera il “numero di libri” non occorrerà la bilancia.



5. Che correlazione c'è tra peso e volume, per oggetti fatti dello stesso materiale?

Gli allievi disporranno di oggetti dello stesso materiale (es. vetro, acciaio, rame, ecc.) di dimensioni diverse, di un cilindro da 50 o da 100 mL, un bicchiere con acqua, e di una bilancia digitale sensibile al grammo. Per poter misurare il volume degli oggetti, questi devono poter entrare in un cilindro da 50 mL o da 100 mL.

La misura del volume si presenta già problematica. Gli allievi dovranno immergere gli oggetti in un volume noto d'acqua, nel cilindro. L'incremento del livello nel cilindro darà la misura del volume dell'oggetto. Trattandosi di una proporzionalità diretta, la correlazione tra peso e volume si presta ad essere visualizzata in un grafico X-Y. Sia il volume che il peso possono essere considerate variabili indipendenti. In ogni caso i punti si disporranno vicini a una retta che passa per l'origine. Il rapporto tra peso e volume dà il peso specifico, e dovrà risultare approssimativamente costante per un dato materiale. È circa costante anche rapporto inverso, tra volume e peso, (volume specifico, volume occupato da un grammo di materiale).

correlazione *peso/volume* *della* *cera.*
Esperimento effettuato in cooperazione dalle classi prima media e dalla V elementare dello stesso Istituto Comprensivo di Appignano nell'aprile 2001.

peso in grammi	volume in cm³	peso/volume
3	3,5	0.86
4	4,5	0.88
5	6	0.83
8	9	0.88
19	20	0.95
30	36	0.83

6. Costruisci un pendolo che fa oscillazioni complete in due secondi.

Ogni gruppo riceve: filo da pesca, piombo da pesca da almeno 10 g, orologio con i secondi. Gli allievi hanno già trovato, all'inizio dell'unità, che la durata delle oscillazioni è correlata alla lunghezza del pendolo. Potranno studiare tale correlazione in dettaglio, costruendo un grafico con le lunghezze sulle x e le durate sulle y, e ricavando la lunghezza cercata per interpolazione, ovvero precedere per tentativi. Il pendolo in questione, alla nostra latitudine, è lungo 99 cm.

MODELLO

Classi V elementare - I media

1. Dalla correlazione al modello

Nella scienza il passaggio dalle correlazioni ai modelli teorici è tutt'altro che semplice. Spesso si ritiene che una correlazione rilevata e confermata corrisponda a una prova definitiva di una relazione di causa – effetto, un riscontro certo della presenza di un elemento del modello teorico. “Le pulci hanno le orecchie sulle zampe; infatti nessuna delle pulci a cui ho tagliato le zampe salta quando glielo ordino”. Questo è un atteggiamento di superficialità in cui, a volte, cadono anche gli scienziati e in cui *quasi sempre* cade l'opinione pubblica. L'errore consiste nel non considerare che la stessa correlazione può essere spiegata anche da modelli diversi dal nostro, modelli dei quali nemmeno ci sogniamo l'esistenza. I romanzi gialli insegnano. Questa mancanza, a sua volta, deriva dall'inconsapevolezza dell'utilizzo di determinati *modelli* nei nostri ragionamenti. Se lasciamo cadere oggetti leggeri e pesanti contemporaneamente, scopriamo che la piuma giunge al suolo molto dopo la biglia, e confermiamo il nostro *inconsapevole* modello teorico secondo cui gli oggetti, più sono pesanti, più cadono a terra velocemente. Le osservazioni non si discutono: la piuma giunge realmente dopo la biglia. Ma il fatto è che, senza renderci conto, consideriamo l'evidenza come una spiegazione e, sempre inconsapevolmente, la generalizziamo, introducendo errori: “la piuma cade lentamente *perché* è leggera; tutte le cose leggere cadono lentamente”. La mente intuitiva, operando in background, non elabora spiegazioni vere e proprie, ma piuttosto è attenta a collezionare esperienze di eventi, filtrandole in base alla ricorrenza e all'impatto sensoriale. Le spiegazioni, invece, non subiscono nessuna sorta di controllo, sono un lusso dal punto di vista dell'evoluzione. Dobbiamo indossare il “cappello pensatore”, ragionare con la coscienza dello scienziato, per capire che stiamo costruendo un modello, per decidere di prendere due fogli di carta identici e ugualmente pesanti, formare una pallina con uno di essi, e lasciare cadere entrambi contemporaneamente, per mettere alla prova la teoria intuitiva. Il risultato ci indicherà che la caduta non è influenzata solo dal peso. Si proveranno nuove combinazioni di forme e pesi, poiché (è un'altra limitazione della mente intuitiva) tutte le nostre rappresentazioni mentali si concentreranno sugli elementi dai quali il problema è nato. Chissà quanto tempo passerà, dunque, per prendere in considerazione l'aria. L'aria che è pervasiva, invisibile, e quindi nessuno pensa ad essa. L'aria che non si riteneva eliminabile da un sistema, fino agli esperimenti di Torricelli, nel 1644, e alla dimostrazione degli emisferi di Magdeburgo, nel 1655-57.

Un altro errore che si compie, nella deduzione di un meccanismo da una correlazione, deriva proprio dall'assenza di modelli sufficientemente validi. In tal caso può accadere che la causa sia scambiata con la conseguenza. Ricordiamo, dall'unità precedente, che non è la presenza di una correlazione a indicare la giusta relazione di causa – effetto. Un esempio è costituito dal cosiddetto “effetto serra”, secondo il quale l'aumento della temperatura media riscontrata nel pianeta (non senza dubbi) sarebbe *conseguenza* dell'incremento di gas serra, rilevato con certezza nell'atmosfera. I modelli matematici del clima non hanno ancora riprodotto tale correlazione. Esistono dunque solo modelli qualitativi. Anche se per un “principio precauzionale” si preferisce credere che la causa scatenante sia l'aumento di immissioni atmosferiche, esistono pure validi modelli che indicano in un aumento medio della temperatura (dovuto a fattori indipendenti dall'attività umana) la *causa* dell'aumentata concentrazione di anidride carbonica. Così come potrebbero esistere modelli in cui entrambe le variabili aumentano per un terzo fattore ancora non preso in considerazione.

2. A cosa servono i modelli teorici

Un modello ci aiuta a dire come le cose avvengono e perché le cose vanno proprio in quel modo. Le spiegazioni *a)* non sono autoevidenti, *b)* non sono necessariamente corrette, *c)* sono una necessità psicologica dell'uomo: troviamo una strana conformazione sul suolo lunare e subito costruiamo un modello che prevede sbarchi alieni o il passaggio di antiche civiltà. Colleghiamo due contatti con un filo e vediamo che la lampadina si accende in certi casi e non in altri, perché (si ipotizza) che ci siano collegamenti tra certi contatti e non tra altri (modello di circuito elettrico). I modelli sono una semplificazione della realtà; ma sono spesso il solo modo per rendere comprensibile e interpretabile la realtà.

Ci sono modelli che descrivono, spiegano, organizzano lo stato di un sistema e modelli che spiegano le trasformazioni dei sistemi; modelli che fanno l'una e l'altra cosa. Si costruisce un modello quando un sistema o il meccanismo di un fenomeno non è direttamente osservabile.

Non sono osservabili direttamente oggetti troppo piccoli (es. microbo, atomo, ecc.) o troppo grandi (galassia in cui ci troviamo), troppo distanti nel tempo e irripetibili (big bang, origine della vita, formazione della Terra o della Luna o del Sole) o entrambe le cose (formazione del sistema solare), troppo complesse (modelli climatici), lontane nello spazio (stelle quasar, pianeti extrasolari) o nascoste e irraggiungibili (circuito nel gioco, nucleo della terra), per carenza di dati oggettivi (estinzione dei dinosauri, metodo di costruzione delle piramidi) ecc.

La scienza moderna insegna che per costruire i modelli non è sufficiente imitare gli aspetti esteriori della realtà osservata. Per esempio, ancora nell'800 si pensava che le conchiglie trovate tra le rocce sulle cime delle montagne fossero state portate lì da qualcuno, per esempio da uomini primitivi. Il modello risultò errato perché, anche scavando in profondità, sotto molti strati di roccia, si trovavano ugualmente le conchiglie fossili. Il modello attuale prevede che le creste montuose si siano formate per increspature e sollevamenti della crosta terrestre, e che molti milioni di anni fa, prima di sollevarsi, si trovavano immerse sotto l'oceano.

Il fisico Richard Feynman racconta di un altro modello ingenuo. Durante la guerra gli aerei americani di passaggio sul pacifico facevano scalo, con una certa frequenza, su un'isoletta sperduta, per rifornirsi di carburante, e ricambiavano gli indigeni dell'ospitalità donando loro alimenti, sigarette e altri oggetti ben graditi. All'improvviso, finita la guerra, gli isolani non videro più né aerei atterrare né provviste di doni arrivare. Preoccupati, vedendo che le piste non venivano più illuminate, misero delle noci di cocco piene di carburante sull'isola a bruciare per simulare l'illuminazione notturna; riempirono i serbatoi di acqua di mare (per non deludere i loro amici se fossero arrivati). Ogni sera mettevano degli uomini nella torre di controllo, e dei controllori di atterraggio sulla pista, muniti di cuffie fatte con gusci di cocco, casco, bandierine, cercando di imitare il più possibile l'evento dell'atterraggio. Tutto era perfetto, ma l'aereo non atterrò mai.

La perseveranza dello scienziato moderno non è molto diversa da quello degli indigeni dell'isola; ma egli ha maggiore la consapevolezza del fatto che le osservazioni sono spesso testimonianze incomplete e marginali della realtà. Nonostante tale consapevolezza, non sempre la scienza accetta di dover stravolgere i modelli e i modi di pensare.

3. Obiettivi essenziali

Ragionare per modelli prepara all'apprendimento delle discipline scientifiche, nelle quali si deve spesso usare l'invisibile per spiegare il visibile.

I modelli scientifici non sono assenti nel panorama dell'insegnamento. La catena alimentare è un esempio di modello che consente di prevedere, ad esempio, il rapporto esistente tra consumatori primari e decompositori. Ma è del tutto insufficiente la didattica del concetto di modello, la

consapevolezza che quello che si sta insegnando – studiando è un modello, un particolare ponte tra la realtà e le nostre concezioni, una particolare modalità conoscitiva.

La didattica dei modelli è un banco di prova del metodo costruttivista: gli studenti costruiscono conoscenze e competenze affrontando problemi, analizzando sistemi reali, modificando le proprie concezioni per far fronte alle necessità. L'insegnante funge da mediatore tra il contesto di studio e l'allievo, ma non cerca di "trasmettere" direttamente nozioni. La funzione dell'insegnante è di aiutare l'allievo ad interrogare gli oggetti reali, puntualizzare determinati aspetti che non devono sfuggirgli, e a costruirsi il modello correggendolo e aggiustandolo, un po' alla volta. È evidente che si tratta di una modalità totalmente diversa da quella tradizionale, in cui l'insegnante conosce il modello e lo spiega alla classe nella sua forma compiuta e assiomatica. Gli allievi sono abituati alla situazione in cui tutti i concetti sono emanazione dell'insegnante; ma in questi casi, generalmente, il "tutto" svanisce facilmente, proprio perché non costruito. I ragazzi, più che le discipline, imparano ad adattarsi all'insegnante di turno, con qualche problema nel cambio di guardia. Il problema non si risolve mettendosi d'accordo e rendendo più uniformi e rigorosi i programmi. Uno dei più importanti obiettivi dell'approccio costruttivista, invece, è arrivare a capire che il sapere è costruito. Arons (Guida all'Insegnamento della Fisica, Zanichelli) sostiene che insegnare "come facciamo a sapere che..." è importante quanto la conoscenza stessa. I ragazzi, dalle attività di quest'unità, impareranno a:

tenere i modelli e la realtà su due piani distinti,
prospettarsi, per un fenomeno o aspetto della realtà, l'esistenza di più modelli
fare esplicito riferimento a un dato modello
rivedere e perfezionare i modelli basandosi sulle evidenze sperimentali e non su elementi di conoscenza preconcetta.

In definitiva, il modello di riferimento per quest'unità è il comportamento del detective.

PREREQUISITI

Concetti di misura, variabile, probabilità, correlazione

ATTIVITÀ PROPOSTE

Esplorazione

L'insegnante mostra un Gioco del circuito chiuso (per il materiale vedere problema 1 del concetto di sottosistema, III elementare) e mostra come, in corrispondenza di un collegamento, si ha accensione della lampadina. Quindi gli allievi ricevono un nuovo circuito identico per tutti i gruppi (collegamenti A-B-C, B-F, G-D, D-H, con un pezzetto di alluminio isolato che chiude il buco E). Il compito consiste nella ricerca di tutti gli abbinamenti che permettono l'accensione della lampadina.

Invenzione del concetto di modello

Gli abbinamenti trovati (9) sono tutti scritti alla lavagna e l'insegnante chiede come possono essere fatti e disposti i collegamenti nascosti dentro al cartoncino. Per esempio, perché il contatto E non è stato abbinato con nessun altro? Qualche allievo dirà che dietro deve esserci un pezzo di alluminio isolato, ma si rimanda la verifica a dopo aver completato la ricostruzione dello schema. Ogni gruppo disegna la struttura dei collegamenti su dei fogli abbastanza grandi da essere visibili una volta messi alla lavagna. L'insegnante chiama col nome di modelli queste strutture in grado di spiegare o riprodurre tutte le evidenze sperimentali trovate.

Aperto il cartoncino si noterà che i modelli differiscono molto dalla realtà. In effetti ci sono 42 modelli diversi corrispondenti ai collegamenti registrati e gli allievi introdurranno collegamenti superflui.

Nelle scienze i modelli sono molto importanti e quasi mai confrontabili in modo così immediato con la realtà. Si può discutere sul perché sia necessario “disegnare” modelli della realtà e come si può verificare che i nostri modelli siano corretti. Esempi: modello di funzionamento del “tester” usato nell’esperimento, chiuso nel portapellicole; modello della struttura del nocciolo terrestre, dell’impianto elettrico, dell’aula. Altri esempi di modelli possono essere richiesti agli allievi. Probabilmente loro faranno esempi che rientrano in un’accezione diversa di tale termine, come il modello di un abito o quello della dichiarazione dei redditi. Ma anche tali esempi potranno essere ricondotti al concetto di modello teorico, dato che si tratta comunque di rappresentazioni, ricostruzioni, emulazioni della realtà. Alcuni allievi hanno utilizzato l’aggettivo “verosimili”, in riferimento ai modelli, mostrando di averne centrato il significato. Occorre essere rigorosi nel far sì che gli allievi non chiamino col termine modello il cartoncino del gioco del circuito reale, ma che riservino tale termine ai disegni da loro fatti.

Scoperta

Classe V elementare

- 1. Come funzionano i bicchieri di cioccolato autoriscaldanti? Disegna un modello delle parti interne di tale bicchiere senza aprirlo.*
- 2. La scatola chiusa contiene un dado a facce colorate, visibili solo una alla volta. Ricava un modello di tale dado.*
- 3. Una pianta di fagiolo può svilupparsi senza cotiledoni? Qual è la funzione dei cotiledoni nella crescita? Hai a disposizione amido e tintura di iodio.*
- 4. Il BTB blu diviene giallo gorgogliando l’aria espirata. Osserva il liquido il giorno dopo; cosa accade? Costruisci un modello di spiegazione del fenomeno.*
- 5. Alcune batterie hanno degli indicatori di carica incorporati o posti nella confezione. Puoi elaborare un modello di funzionamento per questi nastri in cui si forma una striscia gialla?*

1. Come funzionano i bicchieri di cioccolato autoriscaldanti? Disegna un modello delle parti interne di tale bicchiere senza aprirlo.

Occorre una confezione di cioccolato autoriscaldante (Ciobar) per ogni gruppo e una in più per l’accertamento finale. Conviene tenere a disposizione dei bicchieri di polistirolo, un termometro e un taglierino.

I gruppi dovranno leggere le indicazioni riportate sulla confezione e potranno chiedere informazioni all’insegnante sul significato di queste. Anche scotendo il barattolo, prima e dopo aver innescato il riscaldamento, si ricavano informazioni preziose. Alla fine della loro indagine dovranno aver disegnato il modello con delle dimensioni tali da essere visibili dalla lavagna, in un foglio A4. I diversi modelli saranno posti uno accanto all’altro con delle puntine sul legno della lavagna e discussi. È importante questa fase in cui i gruppi dovranno motivare le loro scelte, criticare i propri e altrui modelli. Una volta raggiunto il massimo dettaglio possibile si passa alla verifica diretta, aprendo un barattolo nuovo. Si taglia il fondo col taglierino lungo la circonferenza, facendo attenzione a non fare uscire l’acqua che lì si trova. Tolta l’acqua e asciugato il comparto si nota la membrana di alluminio, che viene lacerata, mettendo allo scoperto la camicia esterna che contiene la polvere di cloruro di

calcio. Si trasferisce la polvere nel bicchiere di polistirolo espanso con un termometro che può raggiungere i 120 °C, dove si versa l'acqua. Si raggiungono temperature di circa 110 °C. Il cloruro di calcio va usato entro pochi minuti dall'apertura, poiché è molto igroscopico e dopo un po' perde la sua efficacia. Il prodotto non è nocivo né tossico.

Il problema può essere ripetuto con un qualunque altro oggetto sufficientemente complesso, che abbia una struttura interna parzialmente nascosta, ma che sia rivelabile smontandolo. Per esempio macinini, giocattoli spara-acqua con pompa e serbatoio, automobili con ingranaggi.

2. La scatola chiusa contiene un dado a facce colorate, visibili solo una alla volta. Ricava un modello di tale dado.

Si possono usare dei normali dadi di plastica, sulle cui facce si incollano cartoncini quadrati di due o tre colori vivaci (giallo, verde, rosso), identici per tutti i gruppi. Il dado è chiuso all'interno di una scatola di cartone, plastica o legno (per esempio scatole per bomboniere), su una faccia della quale si ricava una finestra traslucida, che consenta l'osservazione della sola faccia appoggiata del dado.

I gruppi inizieranno a effettuare lanci in modo non sistematico, per rendersi conto di quanti colori sono presenti sul dado. Proveranno a guardare più facce contemporaneamente, ma senza successo. Qualcuno inizierà a registrare sistematicamente i risultati dei lanci, rendendosi conto che alcuni colori sono più probabili di altri e avvieranno il processo di costruzione delle ipotesi. Come nelle precedenti esperienze, i modelli saranno esposti confrontati tra loro, criticati, e infine verificati aprendo la scatola. Si dovrà notare che, anche se i ragazzi avranno ricostruito molti elementi della realtà, come il numero di facce di ogni colore e la lunghezza dei lati, non li avranno comunque ottenuti tutti. I loro modelli non diranno come sono disposte le facce in relazione le une alle altre, ad esempio se le due facce rosse sono opposte o meno. Il procedimento di indagine da loro usato corrisponde a quello degli scienziati che, con strumenti di osservazione limitati e indiretti, devono "disegnare" rappresentazioni teoriche della realtà, che saranno *verosimili*, ma mai *identiche* alla realtà stessa.

Le indagini successive sui modelli differiscono da quelle viste finora, perché la verifica non consiste nella "apertura della scatola". Inoltre non si tratta più di modellizzare sistemi statici, ma processi. Le ipotesi dovranno essere confermate realizzando esperimenti ad hoc, secondo il modo di procedere tipico della scienza.

3. Una pianta di fagiolo può svilupparsi senza cotiledoni? Qual è la funzione dei cotiledoni nella crescita? Hai a disposizione amido e tintura di iodio.

Il problema richiede la costruzione di un modello di crescita della pianta dicotiledone. Perché si giunga a una soluzione è richiesta qualche settimana, anche perché potranno essere necessarie delle prove di crescita preliminari. È fondamentale la fase di progettazione degli esperimenti. Gli allievi osserveranno la struttura del seme e faranno delle prove di semina, in modo da poter verificare le loro ipotesi sulla funzione dei cotiledoni. I fagioli per l'esperimento devono essere preparati tenendoli su cotone umido per un giorno. Si può agire sulle seguenti variabili: numero di cotiledoni presenti inizialmente (0, 1, 2), presenza/assenza di amido nel terreno, presenza/assenza di luce; i cotiledoni possono essere asportati all'inizio o durante le fasi successive della crescita, che si fa avvenire su del cotone umido. In assenza di cotiledoni potrà aversi sviluppo solo dopo la formazione della radice e in presenza di amido nel terreno, oppure in presenza di foglie verdi e di luce. Quindi la funzione dei cotiledoni è di nutrire la pianta finché essa non diviene in grado, nelle foglie, di produrre da sé l'amido. Ovviamente tale modello non dovrà essere fornito dall'insegnante fin dall'inizio. Mentre è consigliabile mostrare subito come la tintura di iodio consenta di rilevare la presenza di amido nei cotiledoni e nelle foglie esposte alla luce. L'interazione tra amido e iodio dà una colorazione marrone scuro.

4. Il BTB blu diviene giallo gorgogliando l'aria espirata. Osserva il liquido il giorno dopo; cosa accade? Costruisci un modello di spiegazione del fenomeno.

Il giorno precedente all'assegnazione del problema l'insegnante mostra come, gorgogliando nel BTB, si ottiene una colorazione gialla. Il giorno successivo si constata che il colore della soluzione di BTB è ritornato azzurro e si avvia la discussione in classe sulle possibili cause. I gruppi hanno a disposizione per l'indagine quattro barattolini da rullini fotografici semi-trasparenti, una cannuccia e una soluzione di BTB azzurro (preparato secondo le indicazioni del problema 4 del concetto di interazione, classe II). È disponibile inoltre una pompa per gonfiare palloncini. Gli allievi potranno effettuare ripetizioni dell'esperimento mettendo i barattolini al buio o alla luce, lasciandoli aperti o chiusi. Solo le soluzioni lasciate aperte evidenzieranno il viraggio al blu. È possibile ipotizzare che il gas espirato e gorgogliato, che aveva interagito con il BTB facendolo diventare giallo, ritorni nell'aria lasciando il barattolino aperto, lasciando il BTB inalterato. Questa ipotesi può essere accertata ponendo due barattolini aperti, uno col liquido giallo e l'altro blu, in un barattolo più grande e sigillato. Per il giorno dopo entrambe le soluzioni diventeranno giallo verde. Il passaggio da giallo a blu può essere aiutato gorgogliando aria normale con la pompa nella soluzione gialla. Questo fatto può essere spiegato nel quadro teorico costruito dagli allievi, col fatto che l'aria gorgogliata accelera la fuoriuscita del gas prodotto dalla respirazione. Dall'esperienza non si può dimostrare che il gas responsabile della colorazione gialla è l'anidride carbonica, né escludere che qualche componente dell'aria normale, assente nell'aria espirata, interagisca in modo diretto con il BTB giallo. Ma ciò che conta è che gli allievi facciano ipotesi autonome e propongano controprove per esse, poiché questo è il modo di procedere della scienza.

5. Alcune batterie hanno degli indicatori di carica incorporati o posti nella confezione. Puoi elaborare un modello di funzionamento per questi nastri in cui si forma una striscia gialla?

Quando si mettono in corto i due poli della batteria, o premendo i due contatti bianchi con le unghie, o ripiegando la striscia sensibile sui poli stessi, si forma una colorazione gialla. Avvicinando la parte gialla alle labbra si avverte un netto aumento di temperatura. Con una batteria scarica non si ottiene né aumento di temperatura né colorazione gialla. Con l'esperienza n. 14 del concetto di energia, e anche in altri esperimenti con le pile, gli allievi hanno imparato che il passaggio di elettricità diretto da un polo all'altro (corto circuito) produce un riscaldamento. Ovviamente solo una batteria carica può produrre abbastanza elettricità da causare l'effetto termico. La colorazione gialla è dovuta a un qualche materiale che si colora in giallo quando va ad alta temperatura. Questo modello di funzionamento può essere confermato riscaldando con una fonte di calore esterna.

Classe I media

Modello particellare della materia. Indicazioni didattiche

Nel progetto per le elementari si è ritenuto prematuro introdurre modelli astratti del mondo invisibile. Riteniamo la sede più appropriata, per questo fine, la scuola media e l'età tra i dodici e i quattordici anni. Mentre il concetto di modello fin qui trattato è del tutto generale, il modello particellare è di dominio comune di un gruppo di discipline (fisica, chimica). Altrettanti modelli teorici fondamentali possono essere proposti, in questo corso di studi, per le altre discipline scientifiche e non (letteratura, storia, economia comunicazioni, ecc.). Il modello particellare proposto per questo livello scolastico è uno strumento di razionalizzazione di semplici fenomeni fisici, quali la compressione-espansione dei gas, le differenti proprietà dei tre stati di aggregazione della materia, la diffusione, l'evaporazione, la sublimazione, la formazione di soluzioni, la dilatazione termica, la cristallizzazione, la differenza di peso di oggetti di ugual volume, ecc.

Il modello particellare, se costruito in armonia con lo sviluppo cognitivo dell'allievo, evitando di sovrapporre strutture simboliche e concetti avanzati di chimica o fisica, costituirà uno strumento fondamentale per lo studio e l'apprezzamento futuro delle discipline scientifiche da parte dell'allievo.

Il seguente modello elementare, costituito dai seguenti tre punti:

1. la materia è composta di particelle, separate da spazi vuoti; materiali diversi hanno particelle diverse.
2. le particelle sono in movimento; l'entità di tale moto caotico è correlato alla temperatura.
3. le particelle interagiscono tra loro, attraendosi in misura maggiore o minore a seconda del materiale che costituiscono.

dovrebbe essere introdotto nella scuola media, come di fatto lo è, attualmente, anche se in modo confuso e con finalità poco chiare.

Noi suggeriamo di alternare sessioni di brainstorming e cicli di Karplus, esplorazione, invenzione, e problemi applicativi, come quelli visti finora. Le tre giornate che seguono devono ovviamente essere interpretate in senso elastico. Si noti comunque come gli esperimenti non richiedano strumentazioni sofisticate, e come la difficoltà consista principalmente nell'uso di una visione modellistica della materia. In altre parole i fatti vanno interpretati non al livello dell'evidenza percettiva, ma a un livello più astratto. Gli allievi dovrebbero perciò affrontare questo modulo dopo aver acquisito la padronanza del significato di *modello*.

Il modello particellare potrà essere ripreso in seconda media per razionalizzare alcune semplici separazioni e costruire il concetto operativo di **sostanza**. In terza media, per interpretare le trasformazioni chimiche, sarà necessario ritoccare il modello, ammettendo che le particelle possono subire modificazioni. Gli allievi avranno così acquisito i prerequisiti per comprendere i concetti di elemento, composto, atomo e gli altri concetti chimici altamente astratti, da affrontare nel ciclo di studi della scuola media superiore. Per tali concetti il metodo induttivo, fin qui usato, diventerà improponibile. Il possesso del concetto di modello faciliterà il successivo percorso di costruzione dei concetti chimici, percorso che si dovrà basare non solo sulle evidenze sperimentali riproducibili a scuola, ma anche su esperimenti chiave condotti da altri scienziati. È a questo punto che si innesta la disciplina, che l'approccio didattico cambia aspetto, ma non sostanza. Non è più costruttivismo "fatto in casa", ma di un tipo che lascia entrare aspetti culturali esterni, rispettando però lo spirito dialettico della scienza.

SEGUE IL MODELLO PARTICELLARE