



Ma che cosa è un esperimento scientifico?

1 – EDUCAZIONE ALLE SCIENZE E APPROCCIO SPERIMENTALE

Educare alle scienze non significa unicamente aiutare gli allievi ad acquisire concetti e modelli scientifici. Essere educati alle scienze significa anche sapere come gli scienziati producono saperi scientifici e avere un'idea della natura di tali saperi e del loro statuto (rapporto tra sapere e realtà empirica, tra sapere e verità, ecc.). Una caratteristica fondamentale del modo di lavorare della maggior parte degli scienziati è l'*approccio sperimentale* dei problemi: gli scienziati interrogano la natura organizzando sperimentazioni nel corso delle quali essi intervengono su fenomeni o processi per saggiare l'accettabilità delle proprie idee.

In un esperimento scientifico sono sempre presenti due operazioni: la prima consiste nel progettare e realizzare l'intervento sperimentale; la seconda consiste nel raccogliere e analizzare i risultati. Naturalmente l'esperimento non è mai fine a sé stesso, non è mai avulso da un problema e da un quadro teorico congetturale che gli danno senso e significato. Non si sperimenta per "fare qualcosa" o per "vedere cosa succede", ma perché, a partire da un problema, si avanza una proposta di soluzione la cui accettabilità viene valutata mediante esperimenti di cui si anticipano i risultati. Se vi è accordo tra risultati anticipati in base alla congettura iniziale e i risultati sperimentali, è possibile pensare che la congettura proposta sia accettabile. Se tale accordo non si manifesta, o la congettura non è accettabile o la sperimentazione non è stata organizzata in modo adeguato.

Pensare un esperimento significa dunque individuare il fenomeno o il processo che si ritiene opportuno prendere in considerazione, precisare il carattere qualitativo o quantitativo sul quale si porta l'attenzione, avanzare previsioni sui rapporti di causa-effetto tra tale carattere e una o più variabili. In questo modo i ricercatori tentano di dare risposta agli interrogativi che si pongono sul funzionamento del mondo della natura. Tali interrogativi non sono di natura metafisica in quanto non riguardano le cause ultime dei fenomeni; non si tratta di capire *perché* un fenomeno avviene, ma *come mai* esso si produce e in che modo può essere interpretato. Quindi i ricercatori tentano essenzialmente di mettere in evidenza una relazione tra un evento, un effetto e una possibile sua causa, utilizzando un modo di ragionare di tipo logico che richiede capacità di analisi e di riflessione. Essi inoltre cercano di elaborare quadri interpretativi generali (teorie, modelli), con i quali sia possibile interpretare fenomeni che si presentano molto diversi da un punto di vista percettivo, empirico.

L'approccio sperimentale è un'attività intellettuale molto complessa che non segue uno schema rigido e predeterminato in grado di assicurare, per il solo fatto di essere adottato, l'elaborazione di conoscenze di natura scientifica. Il "metodo scientifico" inteso come una serie rigida di tappe predefinite (osservazione, ipotesi, sperimentazione, risultati, interpretazione, conclusione (legge o teoria) in grado di portare dai fatti alla teoria non esiste e non è mai esistito. È però vero che nel modo di lavorare degli scienziati giocano un ruolo importante i problemi, le previsioni o ipotesi di soluzione di questi e la sperimentazione, ossia il confronto tra ciò che lo scienziato anticipa con le previsioni e l'effettivo andamento del fenomeno.

Nell'ambito dell'approccio sperimentale si ha l'opportunità di impegnare gli allievi non solo nella progettazione ed esecuzione di esperimenti, ma anche in una riflessione metacognitiva sulla natura di queste attività. È così possibile mettere in discussione un'idea tipica del senso comune, quella che le

conoscenze scientifiche non siano altro che un riflesso del mondo empirico, e sottolineare concretamente l'importanza del processo di anticipazione-controllo che è al centro dell'approccio sperimentale. Inoltre è possibile avviare gli allievi alla comprensione di tale approccio e quindi intervenire su uno degli aspetti fondamentali dell'educazione alle scienze, vale a dire rendere gli allievi consapevoli del modo di lavorare degli scienziati e dei processi che vengono messi in atto per costruire saperi nell'ambito delle scienze sperimentali.

2 – DALL'ATTIVITÀ DEGLI SCIENZIATI AL LAVORO IN CLASSE

Come si è detto in precedenza, il fondamento della conoscenza scientifica non sta nelle osservazioni, come affermano i sostenitori di una concezione empirico-induttivista della scienza, ma nei problemi. Questo vale sia per gli scienziati sia per gli allievi. Abituare il più presto possibile gli allievi a porsi interrogativi sugli eventi e sull'ambiente e a trovare la soluzione a problemi e interrogativi, significa contribuire in modo fattivo al loro sviluppo cognitivo. Per questa via, infatti, li si porta ad accedere progressivamente alla strategia dell'indagine scientifica, ossia a un modo di pensare razionale: è questa una delle grandi finalità della scuola che deve mirare a formare un cittadino socialmente responsabile, in grado di contribuire in modo positivo alla vita della comunità.

2.1 – Formulare un problema

In genere, gli scienziati arrivano a formulare un problema in quanto si trovano di fronte a una situazione problematica o a un fatto polemico. Una situazione è problematica quando non si dispone di uno strumento mentale che permetta di interpretarla, di darle un senso; un fatto è polemico quando si produce in modo tale che sembra contraddire le previsioni formulate in base alle conoscenze di cui si dispone. Quale che sia il caso, il manifestarsi di un problema è sempre il risultato di un processo dinamico di interazione tra il soggetto che conosce e l'oggetto della conoscenza, tra l'evento osservato e l'interpretazione che ne dà l'osservatore. Si può quindi affermare che non vi è problema senza conoscenze teoriche anteriori.

Nel caso degli allievi, l'approccio intellettuale non è molto diverso. Per essi le conoscenze anteriori non sono il sapere scientifico socialmente condiviso, come nel caso degli scienziati, ma le loro concezioni iniziali. Però non è pensabile che si possa adottare un apprendimento basato su problemi in un contesto scolastico dominato dal modello d'apprendimento per trasmissione/ricezione, nel quale la principale attività didattica è la lezione frontale. Gli allievi devono essere messi in condizione di esplorare un fenomeno e di porre, a sé stessi e alla classe, una serie di interrogativi senza temere il giudizio dell'insegnante o quello dei compagni. Ciò è possibile se l'insegnante ha lavorato, sin dal primo momento, a instaurare in classe un'atmosfera nella quale, quando si esprimono opinioni relative a una situazione problematica, l'errore non esiste. Esistono delle idee che possono essere liberamente espresse in quanto su di esse non sarà formulato alcun giudizio di valore; semplicemente esse vengono messe in discussione e, se lo si ritiene opportuno, sottoposte ad adeguate sperimentazioni per capire se sono accettabili o meno.

In genere, i problemi nascono a partire dall'analisi di un fenomeno o di una situazione empirica e dall'interpretazione che gli allievi ne danno sulla base delle proprie concezioni. È in queste occasioni che molto spesso si scontrano punti di vista diversi o si manifestano limiti interpretativi che sono all'origine di problemi autentici che interessano vivamente gli allievi, in quanto essi si sentono personalmente implicati. In questo contesto, l'insegnante non è più tanto un distributore di conoscenze

quanto piuttosto un coordinatore dei lavori. L'importante è che egli non imponga il proprio punto di vista e mantenga un atteggiamento discreto, rispondendo alle domande degli allievi, alla loro ricerca della "verità", con domande aperte, accostando punti di vista analoghi ma espressi con parole diverse, contrapponendo punti di vista differenti, riformulando pensieri espressi in modo non adeguato. Nulla vieta che sia l'insegnante a formulare il problema, facendo il punto sulla discussione che si è svolta nella classe, mettendo in evidenza i punti di accordo e quelli di contrasto. L'importante è che tutta la classe sia d'accordo sul fatto che esiste un problema.

Imparare a formulare problemi significa acquisire una "competenza metodologica" che è parte integrante dell'educazione alle scienze e che gioca un ruolo importante nello sviluppo mentale degli allievi. Per formulare problemi, infatti, si deve essere in grado di mettere in discussione il proprio punto di vista e soprattutto superare un modo di pensare prescientifico nel quale è assente il rapporto causa/effetto.

2.2 – La sperimentazione come modo di risolvere problemi

Un'altra competenza metodologica è quella che concerne la risoluzione di problemi. Di fronte a un problema, si devono mettere in gioco le idee degli allievi, chiedendo loro di indicare in che modo sia possibile pervenire alla soluzione. Secondo la natura del problema posto, diverse saranno le maniere di trovare una soluzione: leggere libri; andare a parlare con esperti; eseguire esperimenti. In questo caso, intendiamo porre al centro della nostra attenzione il ricorso agli esperimenti, ossia l'approccio sperimentale. Di cosa si tratti è una complessa questione epistemologica che non è il caso di affrontare nella scuola secondaria di primo grado, ma si può far sì che gli allievi acquisiscano un'idea accettabile (plausibile) di che cosa è un esperimento scientifico.

Perché parliamo di un'idea "accettabile (plausibile)"? Per il semplice motivo che gli allievi una qualche idea già la possiedono (una concezione iniziale) e, come in genere avviene, tale idea è impregnata di senso comune. Le indagini condotte hanno messo in evidenza che alla domanda *Che cosa è un esperimento scientifico?* vengono date risposte classificabili in quattro categorie:

1. Sperimentare è un'attività senza contesto, è fare qualcosa senza un'idea direttrice, un problema, una congettura.
Risposta tipica: Sperimentare è provare qualcosa di nuovo; sperimentare è osservare.
2. Sperimentare è trovare qualcosa a proposito dell'oggetto, del fenomeno, della malattia, ecc. che si sta studiando.
Risposta tipica: Lo scienziato prova qualcosa (un razzo, un cavatappi, un medicinale, ecc.) per vedere se funziona, se reagisce, oppure semplicemente per "scoprire qualcosa" sul razzo, sul cavatappi, sul medicinale, ecc.
Nelle risposte di questo tipo non vi è distinzione chiara fra **idea** ed **esperimento**.
3. Sperimentare è mettere alla prova un'idea di uno scienziato.
Risposta tipica: Gli scienziati fanno esperimenti per vedere se le loro idee sono giuste (noi diremmo "accettabili, plausibili").
Nelle risposte di questo tipo è chiara la distinzione fra **idea** e **attività sperimentale**. La sperimentazione è una messa alla prova delle idee di uno scienziato, è un'esplorazione operativa di un fenomeno.

4. Sperimentare è mettere alla prova l'idea di uno scienziato al fine di ottenere risultati sperimentali che servono per valutare l'accettabilità della congettura iniziale e anche per modificarla in funzione di questi.

In questo caso si ha una chiara articolazione fra idea sottoposta a sperimentazione e risultati sperimentali. L'idea iniziale permette di prevedere dei risultati: il confronto delle previsioni con i dati sperimentali può portare a modificare l'idea iniziale. Quest'ultimo modo di concepire l'esperimento scientifico viene raramente riscontrato presso gli allievi della scuola media.

I risultati delle indagini sottolineano l'opportunità di fare riflettere gli allievi sull'idea di esperimento e sulle nozioni che lo sottendono: ipotesi, fattore (variabile), e risultato. Se gli allievi sono inseriti in un processo attivo d'apprendimento, sono molte le occasioni in cui, per dare risposta a un problema, è indispensabile ricorrere a esperimenti. Questa è l'occasione per innescare un processo mentale che porti gli allievi a riflettere sulla propria attività di "costruttori di conoscenza" e quindi a modificare la concezione che essi hanno dell'attività degli scienziati.

L'obiettivo che si intende perseguire può essere così formulato: «mettere in moto un processo mentale che porti gli allievi a elaborare una concezione epistemologicamente accettabile della sperimentazione scientifica e, più in generale, dell'attività degli scienziati». Tale processo è possibile se gli allievi sono impegnati in prima persona a costruire conoscenza nel corso di un'attività che li pone di fronte a un problema per uscire dal quale devono operare una sintesi efficace di pensiero e azione che si esplica attraverso le seguenti fasi:

- **Mobilizzazione** delle conoscenze disponibili per passare dal problema che si deve affrontare a una sua possibile soluzione.
- **Riflessione logica** sul problema in base alle conoscenze disponibili per prevedere una possibile soluzione (ipotesi).
- **Previsione** dei risultati ottenibili in base alla soluzione ipotizzata; in questa fase, gli allievi si scontreranno con l'esigenza di *separare le variabili* al fine di studiare l'effetto di una loro variazione sul fenomeno preso in esame.
- **Progettazione** dell'esperimento destinato a mettere alla prova la soluzione proposta.
- **Esecuzione** della sperimentazione e **raccolta** dei dati sperimentali.
- **Confronto** dei dati sperimentali con i risultati previsti.
- **Revisione** eventuale della soluzione proposta alla luce dei risultati ottenuti.

Riflessione logica, previsione, confronto, revisioni successive sono attività mentali nel corso delle quali gli allievi riflettono sull'esperimento. L'idea di esperimento viene allora costruita nella sua giusta dimensione di rapporto dialettico fra soggetto che conosce e oggetto della conoscenza, fra attività manuale e attività mentale. L'apprendimento che in tal modo si realizza è ben più significativo di quello possibile quando gli allievi vengono messi in condizione di applicare un protocollo sperimentale già confezionato e ben collaudato.

In questo contesto, risulta di primaria importanza la redazione di testi scritti relativi alle attività mentali e sperimentali in cui gli allievi sono impegnati, ossia alla preparazione e all'esecuzione degli esperimenti, all'elaborazione dei dati e alle conclusioni che si traggono. La riflessione accompagna sempre la scrittura ed è soltanto esplicitando le proprie idee in uno scritto che una persona ha la

possibilità di cogliere incoerenze, inesattezze, collegamenti, ecc. che restano occultati nel corso di un'esposizione orale. La redazione di tali scritti obbliga gli allievi ad anticipare sull'esperimento, ossia serve per farli riflettere sul come organizzare le attività sperimentali in funzione di un obiettivo e sulla base di un'ipotesi; successivamente, il confronto fra risultati ipotizzati e risultati effettivi può portare a rivedere i piani proposti e le ipotesi in essi formulate. Anticipare, confrontare, rivedere gli scritti sono tutte fasi riflessive nel corso delle quali gli allievi "pensano" all'esperimento; si tratta di attività che favoriscono la comprensione dell'idea di esperimento, obiettivo che è più probabile raggiungere in questo modo che non impegnando gli allievi nell'esecuzione di un protocollo sperimentale di sicuro successo ma ben poco educativo.

3 – UN ESEMPIO: LO STUDIO DELL'EVAPORAZIONE

Si è detto in precedenza che si ritiene opportuno far riflettere gli allievi sull'idea di esperimento. Al fine di fornire agli insegnanti indicazioni concrete, vengono ora illustrati i punti salienti di un intervento realizzato nel corso dell'analisi, dal punto di vista empirico, del fenomeno dell'evaporazione in alcune classi della scuola secondaria di primo grado. Tali indicazioni possono tornare utili agli insegnanti che, sulla via di adottare il modello d'apprendimento didattico (investigazione del reale e ristrutturazione dei reticoli concettuali), desiderano "farsi la mano" seguendo indicazioni precise e sperimentate. Ciò non di meno, corre l'obbligo di segnalare che il modello d'apprendimento proposto esige che l'insegnante sia continuamente all'ascolto della classe. Quindi queste indicazioni debbono essere intese non come uno schema da riprodurre a ogni costo, ma come un'indicazione di massima per gestire un intervento didattico di natura alquanto impegnativa.

Ritornando all'evaporazione, si può ricordare che prende il nome di evaporazione il fenomeno nel quale un corpo liquido si trasforma in corpo gassoso. Si tratta di un fenomeno che interessa unicamente la superficie libera del corpo liquido: per meglio dire, si tratta di un fenomeno che si produce all'interfaccia liquido-gas. Il fenomeno viene studiato dal punto di vista empirico in situazioni diverse: ciò al fine di portare gli allievi a riconoscere lo stesso fenomeno in contesti empirici diversi e quindi a generalizzarlo. Nel corso di tale studio, nascono diversi problemi che possono essere risolti organizzando esperimenti adeguati. Gli allievi saranno allora chiamati non solo a proporre procedure per dare risposta al problema scelto, ma anche a esprimere le proprie idee sulla natura delle sperimentazioni proposte. Viene così avviata una riflessione metacognitiva che potrà aiutare gli allievi a modificare le proprie idee sulla natura degli esperimenti e che potrebbe servire per iniziare, o per continuare, una prima riflessione sulla natura della scienza, intesa come rappresentazione e interpretazione del reale.

ATTIVITÀ 1: BICCHIERE E PANNO UMIDO

1. L'insegnante pone sulla cattedra un recipiente trasparente, per esempio un bicchiere di plastica, contenente un po' di acqua (circa tre quarti del bicchiere), e segna con un pennarello il livello dell'acqua.

Attività individuale – scritta

Problema – *Secondo te, con il passare del tempo, il livello dell'acqua nel bicchiere*

ATTIVITÀ 2: ALTRI PROBLEMI

In genere, la discussione fa emergere una serie di interrogativi fra i quali l'insegnante può operare una scelta per sottoporli all'attenzione degli allievi. Per esempio, si potrebbero scegliere i seguenti:

1. *Dove è andata l'acqua che non è più nel recipiente e nel panno?*

Giustifica la tua risposta.....

2. *Cosa è diventata l'acqua che non è più nel recipiente e nel panno?*

Giustifica la tua risposta.....

3. *Cosa ha fatto andar via l'acqua dal recipiente e dal panno?*

Giustifica la tua risposta.....

Alla prima domanda si potranno avere risposte del tipo: si è asciugata, è sparita, dentro il sole, risucchiata dal bicchiere, nell'aria, nelle nuvole, ecc. Le giustificazioni sono utilissime per comprendere quali concezioni personali portano certi allievi a dare certe risposte e dunque offrono all'insegnante informazioni utili per intervenire su di esse.

Alla seconda domanda si potranno avere risposte nelle quali si afferma che l'acqua passa da liquido a qualche cosa di visibile (nebbia, goccioline, ecc.) oppure a qualche cosa di invisibile (aria, vapore, gas). Nelle risposte del secondo tipo dovrebbe entrare in gioco il ricorso agli stati fisici della materia, riferimento che dovrebbe essere assente nelle risposte del primo tipo. Comunque si deve sempre prestare molta attenzione alle giustificazioni.

Alla terza domanda gli allievi danno risposte quanto mai varie, facendo riferimento a svariate cause (il sole, il vento, il caldo, il tempo secco e caldo, apparecchi per asciugare i capelli, ecc.).

Con la discussione si perviene a stabilire che la scomparsa dell'acqua dal recipiente e l'asciugatura del panno umido sono spiegate con l'evaporazione dell'acqua. Come mai il livello dell'acqua si abbassa, come mai il panno asciuga? Il livello dell'acqua si abbassa e il panno asciuga perché l'acqua del bicchiere e l'acqua che imbibisce il panno passa dallo stato liquido allo stato di vapore. Questo passaggio avviene spontaneamente in tutte le condizioni in cui vi è acqua liquida esposta all'aria.

Conviene far riflettere gli allievi sulla distinzione tra **fatto percettivo** (ciò che possiamo percepire, in questo caso vedere) e **spiegazione scientifica** del fatto empirico. Il fatto percettivo è l'abbassamento del livello dell'acqua nel bicchiere oppure l'asciugatura del panno umido; questi fatti sono spiegati con l'evaporazione, ossia con il passaggio del corpo acqua dallo stato liquido a quello gassoso

Dalla discussione delle risposte degli allievi alla domanda 3 (Cosa ha fatto andar via l'acqua dal recipiente e dal panno?) emerge il seguente interrogativo: *L'acqua evapora sempre allo stesso modo oppure vi sono situazioni in cui evapora più in fretta e altre in cui evapora più lentamente?* In altre parole: *Si possono favorire le condizioni, mediante accorgimenti vari, per fare evaporare l'acqua più in fretta?* Si è allora posto il problema di capire come mai l'acqua evapori più o meno rapidamente e si è riscontrato che tre sono le strade percorribili per dare risposta a questo interrogativo: - chiedere a qualcuno; - andare a cercare nei libri; - organizzare esperimenti.

L'insegnante fa notare che le prime due soluzioni sono facili e rapide, ma che è senza dubbio molto più interessante cercare di trovare la risposta da soli, praticando ciò che fanno gli scienziati quando si

trovano di fronte a un problema: organizzare degli esperimenti. In seguito si metteranno a confronto le idee formulate dalla classe con quelle degli scienziati.

ATTIVITÀ 3: L'IDEA DI ESPERIMENTO

A questo punto, l'insegnante propone agli allievi di riflettere tutti insieme sugli esperimenti scientifici e scrive sulla lavagna due interrogativi:

Interrogativo 1 - *Cosa è un esperimento scientifico?*

Interrogativo 2 - *Come mai gli scienziati fanno esperimenti?*

Attività individuale - Risposta scritta

Molto probabilmente, dall'analisi delle risposte risulterà che, secondo gli allievi:

1. fare esperimenti è "osservare", "guardare" qualche cosa, "scoprire" cose o fatti;
2. fare esperimenti è qualcosa di molto importante e difficile che solo gli scienziati sanno fare;
3. fare esperimenti è scoprire cose nuove per imparare;
4. fare esperimenti è immaginare di fare qualcosa e verificare se quel qualcosa funziona.

L'insegnante cataloga le risposte degli allievi. Ritornerà poi su queste idee alla fine dell'attività, per fare riflettere gli allievi sui cambiamenti che si sono o non si sono prodotti nei loro punti di vista sugli esperimenti.

ATTIVITÀ 4: RIFLESSIONE SUL PROBLEMA

L'insegnante ricorda agli allievi che il problema affrontato è il seguente: ***In che modo si può rendere più rapida l'evaporazione dell'acqua?*** È molto probabile che gli allievi vogliano subito provare a fare qualcosa. Spetta all'insegnante intervenire e invitarli a riflettere sul problema che hanno di fronte: *È meglio fare subito qualcosa oppure riflettere su cosa si intende fare?* Prima di effettuare un esperimento conviene avere un'idea chiara di ciò che si intende fare. Però questo è possibile solo se, avendo ben presente il problema, è possibile individuare uno o più fattori che siano legati all'effetto che si intende produrre, ossia rendere più rapida l'evaporazione.

È quindi opportuno che vi sia una discussione in classe sul problema affrontato. Da tale discussione dovrebbe emergere che un esperimento non può essere effettuato senza un'opportuna preparazione. Si tratta di riflettere sul problema che si affronta facendo appello a tutte le conoscenze di cui si dispone, al fine di **formulare delle previsioni** ossia delle **anticipazioni** su ciò che può succedere. A partire da queste previsioni dovrebbe essere possibile risalire ai fattori che potrebbero avere influenza sulla velocità di evaporazione dell'acqua. Fra questi fattori potrebbero figurare i seguenti:

- il riscaldamento, nel senso che a caldo l'acqua evapora più rapidamente che a freddo (a parità degli altri fattori);
- la ventilazione, nel senso che una corrente d'aria accelera l'evaporazione dell'acqua (a parità degli altri fattori);

- l'estensione della superficie di contatto fra acqua e aria, nel senso che quanto più estesa è tale superficie, tanto più rapida dovrebbe essere l'evaporazione (a parità degli altri fattori).

In questo modo, gli allievi dovrebbero essere in grado di proporre esperimenti al fine di mettere alla prova le previsioni da loro avanzate al fine di decidere quali siano accettabili e dare così risposta al problema affrontato.

ATTIVITÀ 5: I PROGETTI DI ESPERIMENTI

Lavoro di gruppo - Si formino gruppi di 4 - 5 allievi.

Consegna - Ogni gruppo deve redigere un documento nel quale:

1. Viene specificato il problema affrontato.
2. Viene indicata l'idea (o vengono indicate le idee) in base alla quale (alle quali) il gruppo intende organizzare l'esperimento.
3. Viene descritto l'esperimento, ossia si indica cosa il gruppo intende fare per mettere alla prova le proprie idee e quali risultati si attende.
4. Si indica come si intendono raccogliere i risultati.

Ogni gruppo deve redigere un progetto articolato su questi punti. Tale attività di scrittura consente agli allievi di **riflettere** sul problema affrontato e sulla sperimentazione e li porta a vedere quest'ultima come un insieme di "attività del pensiero" e di "azioni fisiche" articolate in modo logico.

Le proposte dei gruppi vengono raccolte e analizzate. Sovente si tratta di documenti imperfetti che sono classificabili nelle seguenti categorie:

1. Incomprensione totale della consegna. Il gruppo si limita a descrivere il fenomeno dell'evaporazione.
2. Presentazione di un risultato non come previsione ma come dato sperimentale, prima di aver effettuato l'esperimento.
3. Presentazione di un protocollo sperimentale nel quale non si sono isolate le variabili, ossia i fattori dei quali si vuole valutare l'effetto sull'evaporazione.

ATTIVITÀ 6: DISCUSSIONE DEI PROGETTI

Per mettere in discussione i progetti, ogni gruppo viene invitato a illustrare il proprio alla classe. La presentazione risulta più chiara e comprensibile se ha come base uno o più schemi che vengono illustrati e quindi servono di riferimento sia per chi ascolta che per chi parla. La presentazione deve essere concisa ed esauriente. L'insegnante deve aiutare ogni gruppo a preparare la propria esposizione. Durante l'esposizione gli altri allievi non devono intervenire e interrompere chi sta parlando, anche se non sono d'accordo con ciò che viene detto. Solo al termine della presentazione, ognuno potrà far presente le proprie osservazioni.

Il ruolo dell'insegnante è importante in quanto deve aiutare gli allievi a rendersi conto che **un determinato effetto può esser dovuto a cause diverse** per cui, in genere, un problema pratico può

avere diverse soluzioni. Ciò ha come conseguenza l'esigenza di isolare ogni fattore per studiarne l'influenza sul fenomeno. Ossia la sperimentazione deve essere condotta in **condizioni controllate**, in modo che sia possibile studiare l'effetto di un solo fattore (variabile) per volta, al fine di poter ben valutare la sua influenza.

Tali discussioni collettive dovrebbero permettere di fare emergere la necessità di una **previsione (ipotesi)** che deve essere distinta dal **risultato sperimentale**; dovrebbe pure emergere in tutta la sua importanza l'idea di **confronto fra previsione e risultato**. Inoltre dalle discussioni dovrebbe emergere l'esigenza di selezionare le previsioni in modo da poter isolare le variabili (i fattori) significative, ossia quelle che si ritiene abbiano influenza sul fenomeno. Solo così sarà possibile redigere un piano di sperimentazione nel quale queste siano studiate separatamente l'una dall'altra.

In buona sostanza, dalla discussione dovrebbe emergere gradualmente lo **statuto** dell'esperimento: **un intervento sperimentale viene concepito e progettato a partire da previsioni (ipotesi) sull'influenza di vari fattori sul fenomeno studiato**. Per poter valutare l'effetto di ognuno di questi fattori, ossia per valutare l'accettabilità delle previsioni, è necessario isolare i fattori e studiarli uno alla volta. In altre parole, si studia l'effetto di un fattore, facendo variare solo quello e **lasciando tutto il resto invariato**.

Grazie a queste discussioni, gli allievi dovrebbero passare dalla chiara identificazione del problema affrontato all'idea di **esperimento come intervento progettato al fine di mettere alla prova delle idee: previsioni, anticipazioni, ipotesi, congetture**. Di qui la necessità di isolare le variabili (i fattori) per saggiare le diverse previsioni (ipotesi), in modo di ottenere dati sperimentali in base ai quali dare risposta, se possibile, al problema oppure rivedere il proprio protocollo sperimentale.

ATTIVITÀ 7: REVISIONE DEI PROGETTI

Ogni gruppo riprende in esame il proprio progetto alla luce delle critiche formulate nel corso della discussione e alle conclusioni alle quali si è pervenuti. L'insegnante collabora a questa nuova redazione come pungolo critico, ricordando ai gruppi l'esigenza (emersa nel corso della discussione) di: - prevedere una sperimentazione per ogni previsione, ossia per ogni fattore identificato come significativo; - evitare azioni ridondanti e quindi inutili, ecc.

Da tale revisione dovrebbe uscire un progetto definitivo per ogni gruppo, nel quale dovrebbero fare la comparsa (o essere più abbondanti, se già apparsi in precedenza) i **connettivi logici** (allora, dunque, per, affinché, al fine di, perché, quindi, di conseguenza, ecc.). Tali connettivi logici sono il segno tangibile della progressione degli allievi nella costruzione dell'idea di esperimento nella sua accezione scientifica.

ATTIVITÀ 8 – ESECUZIONE DELLE SPERIMENTAZIONI

ATTIVITÀ 9 – RELAZIONE FINALE

Ogni gruppo redige una relazione finale facendo riferimento alla versione finale del progetto. Da tale relazione deve risultare se un esperimento ha avuto successo (dati sperimentali in accordo con previsioni) oppure se è stato un insuccesso. In quest'ultimo caso il gruppo o tutta la classe (o entrambi in successione) prendono in considerazione il problema e cercano di individuare le ragioni

dell'insuccesso.

La discussione in classe della sperimentazione (risultati e impostazione), può offrire a qualche gruppo lo spunto per riprendere in esame sia la realizzazione pratica dell'esperimento, sia il ragionamento che lo sottende. Per rendere più facile tale riesame è indispensabile disporre dei documenti prodotti dai vari gruppi (progetti e relazioni finali).

ATTIVITÀ 10 – L'IDEA DI ESPERIMENTO

Dopo gli esperimenti e le discussioni sugli esperimenti si riprende in considerazione l'idea di esperimento e si chiede agli allievi di rispondere al seguente interrogativo: *In base al lavoro fatto sul fenomeno dell'evaporazione, quali sono, secondo te, le tappe attraverso le quali passa un esperimento? Puoi indicarle con un nome, una frase oppure entrambi.*

Le risposte degli allievi vengono messe a confronto con quelle fornite in precedenza (attività 3). In questo modo è possibile portare gli allievi a riflettere sulle loro concezioni iniziali, su quelle che hanno sviluppato nel corso delle attività e sulle modificazioni che si sono prodotte nel loro modo di pensare.

ATTIVITÀ 11

Chiedere agli allievi di rispondere per iscritto alle seguenti domande:

- *Secondo te, cosa è un'ipotesi?*
- *Secondo te, cosa è un risultato sperimentale?*
- *Secondo te, cosa è una conclusione?*

ATTIVITÀ 12

Fornire agli allievi uno o più testi con la seguente consegna:

- Isola le frasi che esprimono un'ipotesi.
- Isola le frasi che esprimono un risultato.