

Università degli Studi
Suor Orsola Benincasa



FACOLTÀ DI SCIENZE DELLA FORMAZIONE

CORSO DI LAUREA

SCIENZE DELLA FORMAZIONE PRIMARIA

TESI DI LAUREA
IN
DIDATTICA DELLA FISICA

RI-SCOPRIRE IL CONOSCIUTO ATTRAVERSO LA
SPERIMENTAZIONE: PERCORSO DIDATTICO
SULLE PROPRIETÀ DELL'ACQUA

Relatore

Prof. Balzano Emilio

Candidato Pezzullo Stefania

Matricola 208001460

ANNO ACCADEMICO 2018/2019

INDICE

INTRODUZIONE	4
---------------------------	---

CAPITOLO 1: TRA MITO E FILOSOFIA

1.1 I molteplici volti dell'acqua mitologica.....	6
1.2 La speculazione filosofica.....	11

CAPITOLO 2: LE PROPRIETA' CHIMICO-FISICHE DELL'ACQUA

2.1 Le Anomalie.....	16
2.2 Matrice di vita.....	22
2.2.1 Osmosi.....	25
2.3 La composizione molecolare.....	28
2.4 Le soluzioni.....	33
2.4.1 Acidi e basi.....	36
2.5 La statica dei fluidi.....	37
2.5.1 La pressione nei liquidi.....	39
2.5.2 Il Galleggiamento.....	45
2.6 Guardare attraverso l'acqua.....	48
2.6.1 La rifrazione.....	50
2.6.2 L'arcobaleno.....	52

CAPITOLO 3: LA SPERIMENTAZIONE

3.1 Liquidi e travasi.....	55
3.2 Pressione e compressione.....	71
3.3 Densità e galleggiamento.....	83
3.4 L'acqua è vita.....	101
3.5 Acqua e luce.....	107
3.6 Incontro riepilogativo.....	118

CAPITOLO 4: RIFLESSIONI CONCLUSIVE

4.1. La valutazione e la risposta degli alunni.....	120
4.2. Riflessioni personali.....	144
4.3 Il quaderno degli esperimenti.....	152

BIBLIOGRAFIA.....	165
--------------------------	------------

RINGRAZIAMENTI.....	167
----------------------------	------------

“La finalità della nostra scuola è di insegnare a ripensare il pensiero, a de-sapere ciò che si sa e a dubitare del proprio stesso dubbio, il che è l’unico modo di cominciare a credere in qualcosa”.

De Mairena

INTRODUZIONE

La scelta di soffermare la mia attenzione sull'acqua nasce dalla volontà di rendere manifesto, quanto poco conosciamo la realtà che ci circonda e in cui viviamo ogni giorno. Sebbene il suddetto, possa sembrare un elemento banale e poco interessante, mediante la conduzione di esperimenti, di attente riflessioni e confronti condotti collettivamente, si possono evidenziare le proprietà nascoste del liquido che quotidianamente utilizziamo.

La decisione è sorta in relazione non solo alla svalutazione di questo fluido, ma anche alla volontà di voler sottolineare la potenza del metodo scientifico sperimentale che porta alla ri-scoperta del conosciuto attraverso un percorso composto da ipotesi, sperimentazione ed elaborazione di una tesi. L'impostazione di un lavoro di ricerca nel contesto scolastico, risulta quasi necessario al bambino in quanto permette di rivedere, aggiornare e superare conoscenze erranee e limitate, muovendosi alla luce delle scoperte raggiunte con la verifica e la pratica riflessiva. Portare gli alunni a condurre in prima persona delle sperimentazioni, significa far germogliare il seme della curiosità, aprire le porte del confronto con l'altro, riuscire a mettere in discussione ciò di cui si è convinti ed essere pronti a modificarlo. "Lo sviluppo dell'intelligenza generale richiede di legare il suo esercizio al dubbio, lievito di ogni attività critica, che, come indica Juan de Mairena, permette di ripensare il pensato, ma comporta anche il dubbio del suo stesso dubbio".¹

Ciò significa dare spazio ad un nuovo modo di pensare non solo alla disciplina scientifica, ma alla vita in generale, è trasformare la conoscenza acquisita in sapienza, nel proprio essere e in un nuovo habitus mentale. Imparare ad affrontare diversamente il

¹ Morin E., La testa ben fatta, Raffaello Cortina Editore, Milano, 2000

sapere sfuggendo da ripetizioni meccaniche e prive di senso, per arrivare al ben pensare, o come afferma Morin, alla strutturazione di una testa ben fatta atta ad organizzare le conoscenze piuttosto che dedita alla loro mera accumulazione. Per arrivare a questo risultato, si deve ricorrere alla cosiddetta “ars cogitandi” che prevede buon uso di logica, deduzione e induzione, oltre che arte dell’argomentazione e discussione. Tutto concorre all’acquisizione di elasticità mentale, di quell’apertura di confini e chiusure in cui ci si può trovare facilmente ingabbiati.

Se da un lato dunque, troviamo l’importanza del metodo scientifico e la mia volontà di ampliare le menti con esso, dall’altra parte vi è la scelta dell’acqua come soggetto di studio primario, prediletto per l’ambiguità che la caratterizza e per l’alone di mistero che da sempre la vede collegata a mondi ultraterreni e a divinità materne, in quanto motore del mondo che si nasconde ai riflettori di scienziati e ricercatori.

CAPITOLO 1: TRA MITO E FILOSOFIA

1.1 I MOLTEPLICI VOLTI DELL'ACQUA MITOLOGICA

“Dove inizia la fine del mare? O addirittura: cosa diciamo quando diciamo: mare? Diciamo l’immenso mostro capace di divorarsi qualsiasi cosa, o quell’onda che ci schiuma intorno ai piedi? L’acqua che puoi tenere nel cavo della mano o l’abisso che nessuno può vedere? Diciamo tutto in una parola sola o in una sola parola tutto nascondiamo?”² Cos’è il mare, e perché sembra attrarci e intimidirci al contempo? Ci capita di avere davanti un’immane distesa d’acqua, sconfinata, di un blu intenso, che come calamita e calamità attrae il nostro sguardo, placa il nostro animo se tranquilla, impaurisce quando s’agita e sfugge, per la sua forza sovrumana, all’effimero controllo umano. “Il mare incanta, il mare uccide, commuove, spaventa, fa anche ridere, alle volte, sparisce, ogni tanto, si traveste da lago, oppure costruisce tempeste, divora navi, regala ricchezze, non dà risposte, è saggio, è dolce, è potente, è imprevedibile.”³

Da sempre per la sua ambiguità ed immensità, l’acqua affascina uomini di ogni epoca e cultura, che hanno provato a conoscerla ed esplorarla, alcuni attribuendole valore religioso, altri ponendola filosoficamente alla base del creato insieme agli “elementi fondamentali”.

A prescindere dalle singole aree geografiche, il ruolo creativo delle acque primordiali e la sua posizione al confine tra vita e morte, è collante ideologico degli uomini che hanno popolato la terra nella sua lunga storia. Spostando lo sguardo della mente, sui miti del passato, vediamo quanto tutte le storie di origine dell’universo siano fondate

² Baricco A., Oceano mare, Feltrinelli, Milano, 1993

³ Ibidem

sull'elemento acqua, misteriosa e generosa regolatrice delle leggi del cosmo.

Tutta la vita nasce, secondo gli antichi, dall'Oceano Primordiale, abisso senza fondo, immensa distesa di fluido caldo e avvolgente, assimilabile al grembo materno. Nelle Cosmogonie dell'epoca omerica, sono Oceano e Teti a dare origine ad ogni cosa, e pur non essendo essi stessi al governo della realtà, la loro influenza permea ogni aspetto dell'essere seppur indirettamente; sono essi a garantire l'ordine e la razionalità, in quanto acque primordiali, del mondo divino e terreno.

Il motivo delle acque primigenie è estremamente ricorrente in tutti i popoli conosciuti, ed è possibile che tale ideologia così radicata nella mente umana, in maniera inspiegabile, sia ispirata in qualche modo dal carattere anomalo dell'acqua stessa, da tutte quelle peculiarità fisiche che la rendono difforme da ogni altro liquido conosciuto. È chiaro che disponendo di scarsi mezzi di analisi scientifica e degli odierni metodi di ricerca, i nostri antenati abbiano provato a spiegare la realtà circostante attraverso il riferimento a divinità superiori e mondi decisamente inesplorabili. La sacralità dell'acqua risulta così, un elemento ripetuto pedissequamente in riti e pratiche religiose delle più svariate culture umane.

Sebbene siamo portati a ritenere il mito e le sue influenze lontane dai nostri giorni, in realtà possiamo notare quanto il nostro fare e molte delle attuali credenze siano correlate alle più antiche, e suddette, convinzioni. Le pratiche religiose ne sono il più grande esempio, basta pensare al battesimo cristiano che presuppone l'uso dell'acqua nelle abluzioni rituali per la purificazione dai peccati. "Il significato originario

dell'immersione nella fonte sacra non è quello di un lavarsi che purifica la persona, bensì di una vera e propria rigenerazione o resurrezione del corpo e dell'anima".⁴

Nell'Antico Testamento però si parla spesso di sacrifici umani adempiuti nei pressi di fiumi e corsi d'acqua, attribuendo alle acque una correlazione occulta con l'aldilà in quanto tramite di un viaggio verso gli inferi. Ad ogni modo, seppur presente negli avvenimenti biblici, si dà all'acqua poco spazio in quanto considerata come semplice mezzo di espressione della volontà divina, di Yahweh in particolare.

È nell'antichità classica che troviamo innumerevoli esempi del "salto in acqua" come rituale di morte e/o resurrezione. Ad esempio, i Romani il giorno del rito degli Argei, ricorrente il 14 maggio, gettavano nelle acque del Tevere 27 fantocci di giunchi, denominati per l'appunto Argei. Questi ultimi rappresentavano nella storia mitologica romana, antichi principi giunti nel Lazio al seguito di Ercole e stabilitisi per la precisione, al Campidoglio. Si racconta che per poter occupare tale territorio, gli Argei fossero costretti dagli dei a compiere dei sacrifici umani, consistenti nella morte per annegamento di uomini anziani. Per sfuggire però a cotanta crudeltà gli Argei decisero di sostituire agli anziani dei fantocci di giunco, gli stessi che le Vestali riversavano nel Tevere dal ponte Sublicio, alla presenza del pontefice massimo. Questa però non è l'unica interpretazione del rito argeo, secondo altre fonti, i compagni di Ercole avrebbero chiesto di essere "sepolti in acqua" in punto di morte, per poter ritornare alla patria natia Argo, attraverso la corrente del fiume; ed è questo che i fantocci probabilmente simboleggiavano. Ad accomunare entrambe le versioni è il sacrificio di persone anziane presente nelle più svariate culture, come in India dove l'uccisione del re

⁴ Fontana M., L'acqua, Editori Riuniti, 1994

rappresentava il salto nel fiume infernale in vista di una gloriosa resurrezione, o presso la città sumera di Uruk dove ogni estate veniva effettuato il rituale indirizzato al dio del gregge e della vegetazione, consistente nel lasciare in balia delle correnti, una piccola imbarcazione ospitante il re, un suo congiunto, o un fantoccio ricoperto di frasche.

L'acqua però si presenta nei vari riti in maniera differente, in alcuni casi le si attribuiscono poteri curativi e catartici, in talaltri è tetro passaggio nell'oscurità della morte.

Molte acque mantengono ancora oggi un valore religioso, una dimensione di sacralità, e un esempio può essere la fonte dell'Aretino in cui nel 75 giunsero fiotti di donne per poterne bere l'acqua e assicurarsi la fertilità; ma questo non è certamente l'unico caso in cui una fonte viene considerata "lattaia" e quindi, come l'etimo della parola suggerisce, capace di dare latte ai seni femminili. Spesso a dare adito a questa convinzione era, ed è, la forma delle rocce da cui l'acqua sgorga, o dei luoghi in cui si colloca, che in qualche modo richiamano alla memoria le fattezze della donna, oppure ad innescare il tutto, può essere la presenza sul manto acquoso di una sostanza biancastra, simile al latte, sebbene in realtà si tratti di sali di calcio. Tutte queste suggestioni non hanno fatto altro che incrementare e fortificare il rapporto tra acqua e fertilità, anche se già a partire dall'Antica Grecia le donne in procinto di sposarsi si immergevano nella fontana delle nove bocche, la Callirhoè, per la protezione della propria fertilità. Non c'è bisogno di andar così indietro nel tempo per assistere a tali pratiche, a Roma vi è difatti la nota fonte Egeria (dal latino e-gerere = mandar fuori), presso la quale le donne si recavano il 13 agosto per assicurarsi un buon parto.

Tale associazione sicuramente nasce dal collegamento dell'acqua con il liquido amniotico in cui viviamo i primi momenti della nostra esistenza. L'acqua è il fluido del ventre materno in cui ha luogo la nostra esperienza pre-natale e in cui hanno particolare valenza 2 proprietà fisiche quali: alta conducibilità e capacità termica che garantiscono una omogeneità di temperatura del fluido uterino. È proprio dalle citate proprietà che nasce la sensazione di avvolgimento e conforto "in un ambiente caldo, che è tanta parte della storia del bambino prima della nascita".⁵ Addirittura il grembo materno può rappresentare il luogo di origine dell'intera specie in cui, viaggiando con la fantasia, si pensa ad una ripetizione, in un piccolo micro mondo, delle tappe evolutive che hanno portato l'uomo alla sua origine. È nell'utero che avrebbe atto l'evoluzione dalla vita animale, dai pesci agli anfibi, fino all'uomo; ma ovviamente ciò non è che pura fantasia, suggestione lontana da ogni scienza. Il salto nell'acqua può, alla luce di ciò, essere interpretato come una volontà del soggetto che lo compie, di ritornare nel grembo materno e annullarsi nella tranquillità che lo connota.

Alcuni miti però, danno all'acqua un ruolo nuovo, di resurrezione intesa come liberazione dalla pubertà e passaggio alla maturità dell'età adulta; o ancora si considera il gesto di gettarsi nell'acqua come pazzia d'amore, simbolo di crisi profonda della psiche e del sentimento, luogo in cui si cerca di placare il rumore confuso e assordante della propria interiorità. A tutte queste concezioni, se ne accompagna una, l'ultima, per la quale costruzione di ponti o il semplice attraversamento del mare mediante un'imbarcazione, rappresentava un atto sacrilego per molti popoli, in quanto l'uomo cercava, attraverso essi, di controllare la divinità che il mare personifica, sfidandola. La messa in atto di un qualsiasi progetto edilizio veniva percepita come una sfida al divino,

⁵ ibidem

ed è proprio per questo motivo che bisognava aggraziarsi gli dei mediante riti propiziatori e buone pratiche di culto. Si parlava dunque di costruzioni che potevano generare l'ira degli dei, e che richiedevano l'istaurazione di un patto col diavolo per scavalcare gli abissi del regno degli inferi e introdurre letteralmente in essi i piloni del ponte.

1.2 LA SPECULAZIONE FILOSOFICA

Volendo compiere un salto nel passato dell'antica Grecia classica, ci imbattiamo in un tipo di speculazione scientifica completamente distante dal metodo scientifico galileiano. Ogni aspetto della realtà si basava sulla sola riflessione e le esperienze pratiche, laddove smentissero il pensiero teorico, non erano considerate ai fini della confutazione della tesi, in quanto fare e pensare non erano ritenuti in alcun modo equiparabili.

Lo stesso Aristotele procedeva su questa linea per l'elaborazione delle sue teorie, tra cui quella notevolmente diffusa nella civiltà occidentale, dei 4 elementi della materia. È chiaro però che la categorizzazione pre-scientifica della materia che vede terra, aria, acqua e fuoco alla base di ogni cosa, non è l'unica ad essere stata elaborata dai pensatori di ogni epoca. Il dibattito sugli elementi costituenti l'universo ha permeato secoli di storia, attraversando luoghi e intellettuali di ogni calibro, mediante un percorso impervio che ha portato all'odierna strutturazione del concetto di atomo così come lo conosciamo.

Intorno al VII-VI sec a. C, Talete considerava l'acqua elemento fondante l'universo, in quanto ritenuta (erroneamente), unica sostanza in grado di trasformarsi in vapore e solidificare. Si pensava infatti che non vi fosse la possibilità di dar vita a sostanze fluide

partendo dal suolo o dalla roccia, né a sostanze solide partendo dall'aria, solo l'acqua riusciva a far ciò in maniera autonoma. Queste trasformazioni di stato erano concepite come una vera e propria mutazione della sostanza, il ghiaccio non era acqua ma un terreno nuovo, solido e impenetrabile mentre il vapore acqueo non era altro che un particolare tipo di aria. Ciò palesa l'incapacità degli antichi di distinguere la chimica dalla fisica, e dunque ciò che l'acqua è da ciò che invece fa.

Diversamente da Talete, Anassimene concepiva il fuoco come elemento primario (VI sec. a.C.), ma è ad Empedocle che si deve la diffusione, a partire dal V sec. della filosofia dei 4 elementi greca, con la sola differenza che ad acqua, fuoco e terra si affiancava l'aria ritenuta non più stato transitorio tra acqua e fuoco, ma status a parte. Ad Empedocle si deve anche la prima correlazione acqua-tempo, attraverso la creazione di una clessidra che mediante la caduta costante di gocce di liquido, regolava il ritmo della giornata.

Se in occidente è di gran lunga diffuso il pensiero di Empedocle, nella cultura orientale ci ritroviamo in uno scenario totalmente diverso in cui l'antica cultura cinese individua 5 elementi fondamentali quali: Terra, legno, acqua, metallo e fuoco.

Nella tradizione taoista il numero 5 si presenta svariate volte, e sempre con diversi significati. 5 sono ad esempio le direzioni, i colori primari, i pianeti e i metalli. Data la persistenza di tale numero in così diversi ambiti, è chiaro i saggi cinesi abbiano voluto individuare un uguale quantità di elementi primordiali. Particolare è la concezione che essi avevano dell'acqua, che sebbene fosse spesso venerata, altrettanto spesso simboleggiava una femminilità sottomessa e denigrata. Nel tradizionale sistema gerarchico difatti l'acqua era posta al di sotto del fuoco maschile, e si presentava

misteriosa, fredda, passiva, anche se al contempo profondamente materna in quanto sorgente di ogni forma di vita. Si guarda all'acqua influenzata dalla Luna, anch'essa emblema della femminilità e personificazione di una serie di dee come l'Iside egiziana o la Diana romana; correlazione che fa pensare al fenomeno delle maree.

Come sosteneva la filosofa femminista Carolyn Merchant, si può in qualche modo comprendere il modo in cui una civiltà considera la donna in base al rapporto che ha con le acque della sua terra. Vediamo dunque come, ancora una volta, ritorna ridondante il tema della maternità connesso alle acque sorgenti di vita, così come già analizzato nella sezione dedicata al mito.

Lo studio della materia e delle sue fondamenta, è sicuramente andato avanti nel corso dei secoli e ha trovato un grande contributo prima in Anassagora, che la riteneva costituita da piccoli semi eterni e indistruttibili, poi in Democrito che nel 300 a. C. circa, denominò atomo (letteralmente: che non può essere tagliato), il più piccolo frammento di materia. Con Democrito si diffuse la convinzione che ciascuno dei 4 elementi avesse degli atomi di forma diversa, ma tutti situati nel vuoto e in continuo movimento. L'idea che gli atomi avessero forme geometriche regolari, arrivò fino a Platone che, vissuto tra il 428 e il 348 a.C., approfondì la teoria di Democrito sostenendo che gli atomi di fuoco avessero una forma tetraedrica, tale da renderlo penetrante; quelli di aria erano invece degli ottaedri, quelli della terra dei semplici cubi, mentre l'acqua disponeva di atomi ad icosaedro.

Aristotele però, discepolo di Platone riteneva inaccettabile la presenza del vuoto all'interno della materia, si parlava addirittura di "horror vacui", di una natura che aborrisce il vuoto. Egli sosteneva inoltre, che tutto avesse origine da un solo elemento, la

sostanza prima, la prote hyle, dalla quale nascevano i 4 elementi, in base a due coppie di qualità; caldo e freddo, umido e asciutto. L'acqua ad esempio nasceva dall'unione di qualità umido e freddo, ma poteva, essere trasformata in aria attraverso la congiunzione di altre due qualità ossia dell'umido con il caldo. Ad ogni modo, la filosofia aristotelica rappresenta il capolinea della filosofia greca classica, giacché il centro della riflessione si sposta da Atene all' Alessandria d'Egitto grande centro della cultura ellenistica. È a tale luogo che appartengono altrettanto importanti pensatori come Erone che si impegnò nello studio delle scienze idrauliche e scoprì l'utilità della forza vapore, o come Archimede, che pose le basi dell'idrostatica.

Avanzando a grandi passi nel tempo, ci fermiamo molti anni dopo la venuta di Cristo, precisamente nel 1600, per analizzare gli studi del chimico Boyle. Quest'ultimo, a discapito di molti suoi colleghi, riteneva che forma e dimensioni degli atomi fossero determinanti per le proprietà chimico-fisiche delle sostanze. Egli, inoltre, caricava di grande valore il movimento di tali corpuscoli, considerandoli in grado di apportare modifiche alle suddette proprietà. Molti degli esperimenti da lui condotti si soffermavano sull'analisi del processo di combustione e fu proprio in una di queste occasioni che riuscì (per primo) a sintetizzare l'acqua. Egli osservò l'inflammabilità dell'idrogeno provocata dalla reazione della limatura di ferro con l'acido. Fu sicuramente il primo ad effettuare una simile sperimentazione, così come fu, inconsciamente, il primo a sintetizzare l'acqua dai suoi elementi costituenti quali idrogeno e ossigeno.

Nel 1781 lo studioso Henry Cavendish sintetizzò nuovamente l'acqua, ma ciò di cui fu meritevole, è la constatazione che la reazione tra idrogeno e ossigeno avveniva, e

avviene tutt'ora, secondo quantità differenti; e in particolare Prestley si rese conto che un determinato volume di ossigeno reagiva con due di idrogeno.

Sebbene Boyle riuscì, così come altri scienziati che lo seguirono, a sintetizzare l'acqua, nessuno riuscì a scinderla nelle sue costituenti, cosa per la quale bisognerà attendere Nicholson e Carlisle nel 1800, arrivati all'elettrolisi mediante l'osservazione del comportamento di una pila fotovoltaica in acqua. Nello specifico, i suddetti, collegarono alla pila due fili di ottone immergendoli successivamente nel liquido; essi notarono che dal filo corrispondente al polo negativo fuoriusciva un gas che esplodeva quando prendeva fuoco nell'aria (si trattava dell'idrogeno), mentre l'altro cavo diventava nero e ciò portò gli scienziati a dedurre che l'ossigeno proveniente dall'acqua si fosse fissato al metallo per generare un ossido. Quando però invece dei cavi di ottone furono usati cavi di platino, non si verificò l'annerimento del cavo situato al polo positivo bensì la fuoriuscita di ossigeno, mentre al polo opposto gorgogliava un volume doppio di idrogeno. Noto il rapporto proporzionale di idrogeno e ossigeno nella composizione molecolare dell'acqua, si giunge alla sua rappresentazione simbolica solo con Dalton e con le successive modifiche operate da Berzelius, grazie ai quali si arriva, finalmente, alla familiare rappresentazione dell'acqua come H_2O .

Vediamo dunque, come molto lentamente si arriva ad una maggiore strutturazione di concetti che oggi permeano il nostro sapere, ed è facile notare come per il raggiungimento di una conoscenza "iniziale" dell'acqua e della sua costituzione molecolare siano passati secoli e un fiume di idee errate che sono sicuramente serviti a incanalare il pensiero verso la strada giusta, verso una scienza corretta allontanandosi da speculazioni e riflessioni filosofiche.

CAPITOLO 2: PROPRIETA' CHIMICO-FISICHE DELL'ACQUA

2.1 LE ANOMALIE

L'acqua nasce insieme al pianeta Terra circa 5 miliardi di anni fa, quando la sua presenza nell'atmosfera incrementa in maniera continuativa, in relazione all'attività endogena del pianeta. Sappiamo che in quei tempi l'ossigeno, seppur assente nell'aria, era già costituito ma utilizzato insieme all'idrogeno per la strutturazione delle molecole d'acqua. Col passare degli anni l'acqua si è distribuita sulle varie aree del pianeta e in maniera alquanto disomogenea, data la natura difforme della superficie terrestre. Se la Terra fosse stata una sfera completamente liscia, essa sarebbe stata ricoperta da uno strato d'acqua alto 3 km; ma è proprio nelle concavità della stessa che nacquero gli oceani, rendendo netta la separazione tra zone interamente rivestite d'acqua e terre emerse. È negli oceani, ricchi di sostanze di vario genere, che ebbero luogo i processi chimico-fisici alla base delle primordiali forme di vita. Essi si presentano come soluzione di molti sali e in vari livelli di concentrazione, ricavati dall'elevata capacità dell'acqua di dissolvere ciò con cui entra in contatto e a dimostrazione di questa sua capacità corrosiva, vi è l'estrema difficoltà di trovare in natura, o addirittura ricreare in laboratorio, dell'acqua allo stato puro.

L'acqua oceanica risulta dunque salata, (anche perché contiene in media 35 parti per mille di sali disciolti, tra cui il comune NaCl), ma non è la sola, in quanto di tutta l'acqua presente sulla terra, soltanto il 3% non è salata, ed è quindi utilizzabile dall'uomo. Bisogna però ricordare che i tre quarti di questa piccola percentuale di acqua dolce, sono imprigionati nei ghiacciai delle zoni polari, mentre la restante quantità è in prevalenza situata nel sottosuolo.

Sofferamoci per un secondo sulle appena citate zone polari. In esse troviamo immense distese di ghiaccio che ci aprono lo sguardo sulla prima grande anomalia dell'acqua relativa alla densità. Partiamo innanzitutto col definire la densità come la "misura della quantità di materia che può stare in un dato volume. Ogni sostanza è caratterizzata dalla sua densità"⁶, l'unità di misura di tale grandezza è il grammo per centimetro cubo (gr/cc).

La maggior parte delle sostanze risulta più densa allo stato solido che a quello liquido e ciò non può che apparirci logico, in quanto in un solido cristallino le costituenti sono disposte in modo ordinato e regolare, mentre in un liquido si verifica la situazione opposta, di disordine, in correlazione alla libertà di movimento di atomi e molecole. Quando congelano i liquidi tendono ad addensarsi ma a differenza di qualsiasi altro liquido, l'acqua quando gela, si espande e diminuisce la sua densità aumentando il suo volume del 10%. Fino 4°C essa ha tale comportamento anomalo, ma da questo limite in poi si comporta normalmente e la sua densità inizia a diminuire all'aumentare della temperatura. È per questo motivo che l'acqua prossima al congelamento può galleggiare su quella sottostante, in quanto meno densa della seconda; e tale caratteristica, sebbene possa sembrare priva di valore, in realtà è da considerarsi notevole sia per la correlazione con la vita, sia con le condizioni climatiche che, come sappiamo, sono regolate dall'acqua stessa.

È risaputo che l'acqua riesce ad infiltrarsi in fessure molto piccole, e ciò accade anche con il terreno; e proprio quest'ultimo, come oggi ci appare, non è che un risultato congiunto dell'opera di erosione dell'acqua liquida e di sbriciolamento di quella solida.

⁶ Fontana M., L'acqua, Editori Riuniti, 1994

Essa difatti si infiltra nelle più riposte cavità dei materiali e quando si congela all'interno degli stessi, può generare una pressione tale da provocarne la rottura e la frantumazione. Questo è il primo effetto nato dall'anomala riduzione di densità dell'acqua al congelamento. Ho però affermato che alla densità è correlata anche la vita sulla terra; e per cogliere tale connessione bisogna innanzitutto chiedersi cosa succederebbe se l'acqua ghiacciasse dal fondo piuttosto che in superficie. Come abbiamo già avuto modo di dire, sappiamo che il ghiaccio è meno denso dell'acqua liquida e dunque se si formasse in profondità salirebbe subito verso l'alto. Se così non fosse, le distese d'acqua, in periodi invernali e non, sarebbero sempre dei grandi blocchi di ghiaccio, la cui sola superficie si presenterebbe allo stato liquido nel caso in cui il sole riesca a fornire un aumento di temperatura tale da garantire un cambiamento di stato. Lo strato di ghiaccio partirebbe dunque dal basso, e posto a profondità elevate non si scioglierebbe, giacché non raggiungibile a pieno dai raggi solari. Con questi presupposti, quasi tutta l'acqua sulla terra risulterebbe ghiacciata, il clima sarebbe completamente opposto a quello odierno e sicuramente non esisterebbero forme di vita. Le ripercussioni di questa insolita variazione di densità sono degne di nota e si manifestano su scala globale. Il Polo Nord e vaste aree dell'Oceano Atlantico sono coperte tutto l'anno di ghiacci che si allargano e si restringono con un ritmo stagionale. Se gli oceani si congelassero a partire dal fondo, si andrebbe ad impedire e immobilizzare il flusso delle correnti oceaniche che incide fortemente sulla regolazione del clima. "Le acque profonde degli oceani polari hanno un ruolo essenziale nel trasportare il calore intorno al globo, dal momento che partecipano a una vasta circolazione che porta le acque tropicali verso le regioni più fredde, come su un nastro trasportatore. Se i fondali degli oceani fossero gelati, questa circolazione non potrebbe

verificarsi, con il risultato che i paesi più settentrionali sarebbero molto più freddi”.⁷

C'è da dire che queste grandi correnti oceaniche costituiscono veri e propri “fiumi” nell’oceano e le acque che le costituiscono, differiscono per temperatura, densità, e salinità rispetto a quella circostante. L’effetto della circolazione delle acque oceaniche sul clima globale, dipende anche da altre anomalie dell’acqua quali: elevatissimo calore specifico, alta conducibilità termica e altrettanto elevati calori latenti di evaporazione e fusione. Per quanto concerne la prima caratteristica, bisogna dire che l’acqua tende a manifestare una forte inerzia ai cambiamenti di temperatura. Per produrre lo stesso innalzamento di temperatura, occorre fornire più calore all’acqua piuttosto che ad altre sostanze, liquide o solide che siano. La quantità di energia necessaria alla variazione di temperatura dell’acqua, risulta così elevata che soltanto una sua piccola parte, il 20% di essa, riuscirebbe a far innalzare di un grado la temperatura di una corrispondente massa di terra.

Il calore specifico è costante soltanto per sostanze immaginarie definite in chimica “gas nobili”, composte da molecole che non interagiscono in alcun modo tra loro. La correlazione tra temperatura e calore specifico di una sostanza dipende dunque dal modo in cui le molecole di una certa sostanza si relazionano. Innanzi tutto definiamo il calore specifico come la quantità di energia necessaria affinché si verifichi, per una certa sostanza, un innalzamento di temperatura pari a 1 grado. L’acqua presenta una grande inerzia termica in quanto è estremamente alto il suo calore specifico e dunque altrettanto grande sarà la quantità di calore utile all’innalzamento di temperatura. Tale anomalia si può spiegare a livello microscopico, in riferimento al fatto che l’energia

⁷ Ball P., H₂O una biografia dell’acqua, Rizzoli, 2000.

assorbita viene distribuita fra le molecole d'acqua in vari modi, ai quali corrispondono altrettante configurazioni elettroniche.

In ogni caso questa caratteristica, congiuntamente all'elevata conducibilità termica, e agli alti calori latenti, fa sì che i territori adiacenti a grandi masse d'acqua godano di un clima moderato, privo di quei forti sbalzi che caratterizzano le zone distanti dal mare. Poiché l'acqua si riscalda lentamente, il calore della stagione estiva, viene gradualmente immagazzinato, e altrettanto gradualmente rilasciato in quella invernale. La grande capacità termica dell'acqua consente invece alle calde correnti oceaniche di trasportare una straordinaria quantità di calore. “La Corrente del Golfo che trasporta il calore dalle regioni tropicali del Sud America verso il nord attraverso l'Oceano Atlantico e così facendo mantiene l'Europa settentrionale più calda del Labrador, porta ogni giorno con sé una quantità di calore doppia rispetto a quella che si produrrebbe bruciando tutto il carbone estratto a livello mondiale in un anno”.⁸ Possiamo definire l'elevata conducibilità termica dell'acqua come la sua capacità di lasciarsi attraversare dal calore, ed è questo un elemento fondamentale, non solo per le regolazioni climatiche ma anche per il contenimento di un eccessivo aumento di temperatura nel corpo umano. Difatti che si tratti dell'oceano, o del nostro corpo, un eventuale riscaldamento o raffreddamento locale viene repentinamente distribuito su un volume molto più grande. Grazie a queste proprietà, le grandi masse d'acqua, in qualsiasi stato si trovino, tendono quindi a ridurre gli estremi e gli sbalzi bruschi di temperatura, stabilizzando e uniformando il clima. Se da un lato però l'elevato calore latente (inteso come la quantità di calore necessario affinché una massa di 1 kg di sostanza effettui un determinato

⁸ Ibidem

passaggio di stato) garantisce la suddetta stabilità climatica, all'estremo opposto talvolta esso può essere causa di grandi manifestazioni di precarietà, riscontrabili, ad esempio, nella potenza distruttrice degli uragani o anche nella grandine. Oltre queste anomalie, l'acqua ne presenta altre meno impressionanti ma altrettanto rilevanti. Ad esempio si può notare come l'acqua fredda è più fluida se compressa, mentre la maggior parte dei liquidi, sotto pressione, assume un carattere viscoso.

Sappiamo che la viscosità è una grandezza dipendente dal moto caotico delle molecole che lo costituiscono; la descrizione di questi ultimi attraverso "il coefficiente di diffusione" permette di definire se una sostanza è liquida o meno. Il suddetto coefficiente misura la probabilità che una molecola si trovi a una certa distanza da un preciso punto di partenza e in un determinato intervallo di tempo. Anche in relazione alla viscosità, l'acqua si definisce anomala, in quanto la suddetta proprietà varia in funzione della pressione. È lecito pensare che per qualsivoglia sostanza allo stato liquido, ad un aumento di pressione segua un aumento di viscosità dovuta ai ristretti spazi di movimento, ebbene ancora una volta l'acqua si differenzia, giacché la viscosità diminuisce in funzione della pressione quando la sua temperatura è al di sotto dei 30°C. Si assiste all'assunzione di un comportamento normale nel momento in cui la pressione continua ad aumentare o a temperature più alte. Come spieghiamo tale avvenimento? Ancora una volta è tutto riconducibile ai legami tra le molecole, che sottoposte a una data pressione si ordinano in un certo modo, generando una facilitazione generale del flusso. A temperature più alte tale effetto è mascherato dalla maggiore agitazione termica delle molecole stesse.

Possiamo poi sottolineare che l'acqua è il liquido (ad eccezione del solo mercurio) che alle temperature ordinarie presenta la più elevata tensione superficiale. In accordo a tale

proprietà, la superficie dell'acqua si presenta come una sorta di pellicola elastica che oppone resistenza a qualsiasi corpo voglia attraversarla. Essa è dovuta alla forte coesione tra le molecole e ha un valore estremamente elevato pari a 72 dine/cm.

Ad ogni modo c'è da dire che sebbene essa non sia l'unica sostanza a manifestare tali particolarità, risulta essere l'unica a presentarle congiuntamente ed è proprio ciò che la rende misteriosa e diversa dalle altre.

2.2 MATRICE DI VITA

Sebbene risulti parte attiva ed essenziale della nostra quotidianità, l'acqua è innanzitutto origine di ogni forma di vita dell'universo. Ma anche in tal caso, la conoscenza della sostanza in questione, attraversa il tunnel dell'ignoto lasciando questa volta privo di risposta, il problema oscuro delle origini della vita.

Da sempre l'uomo si pone interrogativi circa la nostra nascita, e diverse sono state le teorie, più o meno accreditate, elaborate a riguardo. Sicuramente sappiamo grazie all'analisi biochimica di rocce sedimentarie, contenenti fossili organici, che la vita risale a 3,4 miliardi di anni fa anche se, nulla toglie che la sua esistenza sia antecedente a tale datazione, ma in mancanza di prove non potremo certo affermarlo. Molti studiosi ritengono che la Terra abbia ricevuto da altri pianeti, o dallo spazio interstellare, primissimi organismi biologici da cui si possano essere sviluppate le primordiali forme di vita. A supporto di tale ipotesi, definita Copernicana, vi sono le ricerche della radioastronomia che ha accertato la presenza di numerose molecole organiche, fondamentali per la vita, negli spazi siderali, come ad esempio: acido cianidrico (HCN), formaldeide (H₂CO), acqua (H₂O) ma anche ossido di carbonio (CO) e altri. Tutti elementi indispensabili alla costruzione della vita. Tale ipotesi però, seppur al limite del

veritiero, vacilla nel momento in cui si pensa che si basa su un presupposto poco attendibile. “L’ipotesi che gli organismi già viventi si siano formati nello spazio interstellare richiede tante di quelle coincidenze e concatenazione di eventi da restare certamente molto improbabile.”⁹ Inoltre tale ipotesi contrasta con il fatto che la vita sia fortemente dipendente dall’elemento acqua, e sappiamo quanto essa sia indispensabile per il funzionamento dei meccanismi biologici e biofisici che organizzano le strutture viventi a livello molecolare. Ad ogni modo è probabile che molti tipi di molecole organiche siano provenute dallo spazio mediante nubi, comete e affini, ma è altrettanto probabile che la relazione di tali elementi con l’acqua abbiano generato i primi organismi viventi. Charles Darwin fu uno tra i primi a supporre che la vita sia originata in una raccolta d’acqua tiepida in cui le complesse molecole organiche abbiano iniziato ad interagire. “Spesso si sostiene che oggi siamo in presenza di tutte le condizioni che mai possono essersi verificate, necessarie per la produzione di un primo organismo vivente. Ma se potessimo immaginare che in una piccola pozza di acqua calda contenente ogni tipo di sali d’ammonio e di fosforo si formasse chimicamente, in presenza di luce, calore ed elettricità, un composto proteico pronto a subire modificazioni ancora più complesse.”¹⁰

. Ad ogni modo vari scienziati guardano al luogo di origine del tutto, come una sorta di “brodo caldo diluito” così come affermato dal biologo Haldane. Ma anche a quest’ultima ipotesi è correlata un’incertezza abbastanza rilevante. Innanzitutto accantonando momentaneamente l’elemento acqua, riconosciamo come biomolecole cellulari fondamentali, proteine e acidi nucleici (DNA); esse sono interdipendenti in

⁹ Fontana M., L’acqua, Editori Riuniti, 1994

¹⁰ Shklovskii e Sagan, Intelligence Life in the Universe, Picador, Londra, 1977

quanto le prime vengono sintetizzate dalle informazioni fornite dal DNA e inoltre la duplicazione del DNA stesso, essenziale per la riproduzione cellulare, si basa a sua volta sulla mediazione delle proteine. (Queste ultime non vengono sintetizzate direttamente dal DNA ma dalle informazioni copiate da un altro acido nucleico, l'RNA). Tutti questi elementi si basano su una struttura complessa fatta di "alfabeti" da codificare, da linguaggi, la cui origine è anch'essa poco nota. Il dubbio degli scienziati circa l'ipotesi del cosiddetto brodo caldo diluito, è da taluni, sostituita da quella degli sbocchi idrotermali. Il motivo di tale sostituzione sta nel fatto che l'ambiente in cui emersero i codici alla base dei sopra citati elementi, somigliava molto poco a quello odierno; e anche se fosse possibile immaginare seguendo un qualsivoglia plausibile schema sulla sintesi delle unità costituenti le biomolecole, resta il problema dell'idrolisi e del legame con l'acqua. Oggi sembra probabile che i minerali possano aver catalizzato e facilitato l'assemblaggio dei monomeri delle proteine e degli acidi nucleici formando lunghe catene; ma persiste il problema dell'idrolisi. Infatti il legame tra due amminoacidi comporta l'eliminazione di una molecola d'acqua, ciò significa che quanta più acqua c'è nell'ambiente, tanto più l'idrolisi prevarrà sulla tendenza a formare legami. Perciò se era possibile che si formassero queste catene di amminoacidi (i cosiddetti antenati delle proteine), viene da riflettere sulla loro origine, o sulla strutturazione del loro legame.

"Le proteine sono necessarie per tutta la vita sulla terra, ma come poterono formarsi nei mari della terra prebiotica, dal momento che l'acqua non agisce tanto facilitando il legame degli aminoacidi, quanto piuttosto promuovendone la separazione? (...) Una vita basata sull'acqua deve pertanto combattere una battaglia costante contro

la distruzione.”¹¹

Tale problema dell'idrolisi riguarda anche gli acidi nucleici idrolizzati con rapidità in un ambiente acquoso. Dunque si è ipotizzata, la nascita della vita, negli sbocchi idrotermali data la ricca presenza di minerali, metano, monossido di carbonio, ammoniaca, ma soprattutto di pirite di ferro che può essere convertita in solfuro di ferro, e può favorire la creazione di legami fra composti organici semplici, tra cui gli aminoacidi.

Da questo breve excursus risulta lampante l'impossibilità di definire con certezza l'origine del nostro essere, ma strade meno impervie ci vengono offerte dallo studio dell'acqua che ci costituisce.

2.2.1 L'OSMOSI

L'acqua ha un ruolo attivo nella vita delle cellule senza la quale esse perderebbero la loro funzione biologica, disfacendosi. “Non solo siamo fatti di acqua, ma per di più l'acqua partecipa attivamente e in modo essenziale ai meccanismi della vita”.¹²

Essa costituisce la base dell'architettura biologica ma ne è anche l'elemento regolatore. Difatti sappiamo che all'interno delle cellule biologiche vi sono diversi organelli sospesi in una soluzione di acqua e sali, molto simili alle acque oceaniche per salinità. Esclusi i capelli, le unghie, i tendini e tutti i tessuti inerti, i tessuti biologici risultano costituiti da cellule immerse in un fluido extracellulare e legate tra loro in un determinato modo, a seconda di quella che è la loro funzione. Sappiamo anche che l'acqua ha un ruolo fondamentale nei processi di termoregolazione in quanto contribuisce alla stabilizzazione della temperatura corporea, proprio come fa con il clima terrestre,

¹¹ Chyba, The stuff of life: why water? ,Planetary Report, 1998

¹² Fontana M., L'acqua, Editori Riuniti, 1994

grazie alla sua elevata capacità termica e conducibilità. Sia per il ruolo di regolatrice del metabolismo, sia per quello di costituente dell'architettura biologica, l'acqua dev'essere presente in un dato organismo in una precisa e invariabile quantità.

Nel nostro corpo l'acqua si trova sia nel fluido intracellulare, sia in quello extracellulare, i due fluidi sono separati da una membrana semipermeabile che rende possibile il passaggio della sola acqua ad esclusione di tutte le altre sostanze. Dunque la regolazione dell'acqua garantisce il controllo della concentrazione delle varie sostanze, vitali per il perfetto funzionamento dell'organismo sia dentro che fuori le cellule. La comprensione del meccanismo di regolazione della composizione chimica di fluidi biologici, può avvenire soltanto se ci soffermiamo sull'analisi del processo osmotico.

Mediante un esperimento condotto con una vescica e del sangue animale, il naturalista inglese, Stephen Hales, dimostrò che l'acqua è in qualche modo spinta verso una soluzione molto concentrata, e si sposta verso di essa al fine di instaurare un equilibrio tra le parti. Si verifica anche nel suddetto esperimento, un flusso di soluzione attraverso la membrana semipermeabile che tenderà ad equilibrare le concentrazioni delle soluzioni interne ed esterne la membrana. Nel caso dei fluidi biologici, del sangue nello specifico, il fenomeno osmotico concerne fluidi diversi quali: il fluido del sangue vero e proprio (ossia eritrociti e plasma) separati dalla membrana cellulare, e il fluido dei tessuti che circondano i capillari in cui fluisce il sangue.

All'esterno delle cellule vi è una forte concentrazione dello ione sodio, mentre all'interno troviamo il potassio. Si è supposto che la presenza di tali ioni sia in qualche modo connessa alle origini e allo sviluppo della vita, giacché la composizione del fluido intracellulare riflette in piccole proporzioni, quella dell'acqua oceanica delle ere

primordiali. Ad ogni modo bisogna dire che vi è una naturale differenza nella concentrazione di sodio, tra interno ed esterno della cellula e ciò fa sì che il sodio rappresenti l'elemento regolatore della pressione osmotica. È dunque lo ione sodio a regolare la concentrazione di acqua e altri ioni dentro e fuori la cellula stessa. Nel momento in cui si verifica una rottura degli equilibri tra concentrazioni, sarà attivato il processo osmotico. Ad esempio, l'ingerimento di sostanze molto salate fa sì che la concentrazione di sodio nel fluido extracellulare aumenti di una quantità rilevante, di conseguenza l'acqua inizierà a fuoriuscire dalle cellule in ragione dell'aumentata pressione osmotica del sodio. Si assisterà dunque ad una disidratazione delle cellule che diminuiranno in volume e si inaridiranno.

Bisogna parlare di osmosi, non soltanto in riferimento alle cellule umane, ma anche al mondo vegetale, in quanto essa rappresenta uno dei meccanismi essenziali al nutrimento delle piante. Tale processo si verifica all'interfaccia suolo-radici per l'assorbimento di acqua dal suolo, ricca di nutrienti e sali minerali. Mentre da un lato della pianta, ha luogo l'osmosi, dall'altra parte si verifica la traspirazione, infatti l'aria attraverso una pressione negativa attira a sé l'acqua contenuta nelle foglie, lasciando le sostanze disciolte alla pianta. Si viene così a creare, attraverso la traspirazione, uno squilibrio di concentrazione che provoca il sollevamento di grande quantità di acqua dal terreno attraverso una proprietà caratteristica delle piante, quale la capillarità. Quest'ultima infatti impedisce alla colonna di fluido, che sale lentamente su per il tronco della pianta, di interrompersi a causa del proprio peso.

2.3 LA COMPOSIZIONE MOLECOLARE

Nel tentativo di individuare l'origine delle anomalie che la caratterizzano, proviamo ad addentrarci nello studio della struttura molecolare dell'acqua.

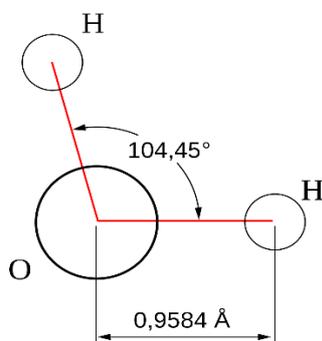
Per secoli l'acqua è stata considerata origine del mondo, in quanto uno delle quattro particelle elementari insieme a terra, fuoco ed aria. Soltanto con lo sviluppo della chimica del XVII e XVIII secolo si dimostrò il contrario. Difatti nel 1781 l'inglese Priestley riuscì a sintetizzare dell'acqua in laboratorio e proprio qualche tempo dopo, Lavoisier riuscì a decomporla nelle sue costituenti: idrogeno e ossigeno. Da questo momento in poi, gli scienziati abbandonarono quasi totalmente l'osservazione di tale elemento del quale si riconosceva l'inconfutabile importanza per l'umanità, ma considerato di poca rilevanza in ambito scientifico in quanto, essendo presente nella vita di tutti i giorni, e ampiamente noto, non contribuiva in alcun modo alla conoscenza dell'universo. Ci si dedicò principalmente allo studio di stelle, forze elettriche e magnetiche, atomi, e leggi genetiche piuttosto che soffermarsi sul liquido con cui si ha a che fare quotidianamente. In ogni caso, dai vari studi condotti, si riuscì a dedurre la composizione strutturale dell'acqua formata da due atomi di idrogeno e uno di ossigeno, anche se non sono mancati momenti di sbandamento e di caduta nell'erroneo.

Negli anni 60, alcuni scienziati russi attribuirono all'acqua un carattere simile a quello dei polimeri che costituiscono le plastiche, come il polietilene e il polipropene. Si iniziò a parlare di Poliacqua intesa come modificazione polimerica dell'acqua così come la conosciamo, e che si presumeva potesse formarsi soltanto in precise condizioni, ma, una volta dato il via alla sua trasformazione, tutta l'acqua della terra sarebbe stata polimerizzata. Lo scienziato "Danahoe immaginava gli oceani che andavano

gradualmente gelificando, distruggendo uno degli elementi fondamentali al mantenimento di un ambiente favorevole alla vita sul nostro pianeta. La poliacqua era un materiale apocalittico molto più potente del plutonio”.¹³

Sicuramente una notizia del genere suscitò notevole sgomento e preoccupazione, tanto scalpore fu però placato nel momento in cui le suddette ricerche furono smentite, in quanto si capì che furono condotte su acqua normale, semplicemente molto inquinata dai trattamenti in laboratorio che la resero dunque “poliacqua”.

A questo punto passiamo alla conoscenza diretta di questa molecola. Sappiamo che vi è un atomo di ossigeno centrale, legato a due di idrogeno attraverso un legame covalente, gli idrogeni sono situati alla distanza di 1 Å dall’ossigeno e formano nel complesso un angolo di 105°.



C'è da dire però che la forma della molecola d'acqua non è una V come si potrebbe pensare, si tratta piuttosto di un tetraedro, ossia di una figura solida regolare a 4 vertici. Due vertici sono occupati dagli atomi di idrogeno mentre i due rimanenti sono occupati rispettivamente da due coppie di elettroni appartenenti all'ossigeno, che non prendendo

¹³ Ball P., H₂O una biografia dell'acqua, Rizzoli, 2000.

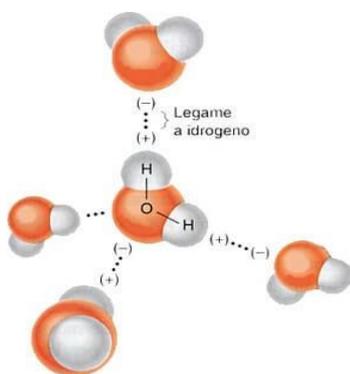
parte al legame covalente, si posizionano il più lontano possibile l'uno dall'altro e dagli atomi di idrogeno stesso.

Sappiamo che in chimica, un legame covalente si instaura tra due elementi che tendono a condividere elettroni per avvicinarsi il più possibile ad una situazione stabile, simile a quella dei gas nobili. In questo caso l'ossigeno crea due legami con l'idrogeno, condividendo 1 elettrone con ciascuno di essi. Infatti all'ossigeno, mancano solo 2 elettroni per completare il suo ultimo orbitale, mentre all'idrogeno ne manca 1. Gli elettroni in tal modo non appartengono più ad un singolo atomo ma alla molecola nel suo complesso. C'è da dire, però, che pur trattandosi di un legame covalente, la distribuzione della carica tra i 3 atomi non è uniforme. L'ossigeno ha un carattere elettronegativo, tende cioè ad attrarre elettroni, a differenza dell'idrogeno che ha un carattere più o meno ambivalente. Esso difatti raggiungerebbe la stabilità sia se si liberasse del suo unico elettrone diventando il vuoto, il più perfetto gas inerte; o acquistandone uno. Quindi l'idrogeno sceglie generalmente un compromesso tra le due vie ed è proprio questo che lo porterà a non avere legami ionici ma neanche perfettamente covalenti.

Il risultato di tale comportamento è una diseguale distribuzione degli elettroni che passeranno più tempo vicini all'elettronegativo ossigeno, piuttosto che all'idrogeno. Dal punto di vista della distribuzione delle cariche possiamo quindi affermare che esiste una sorta di dipolo elettrico, in quanto da un lato del tetraedro vi è un eccesso di carica positiva, dall'altro di carica negativa. L'esistenza di questo dipolo fa sì che la molecola può assorbire energia da un campo elettrico e interagire con esso; tale interazione avrà come risultato la diminuzione della forza esercitata dal campo elettrico sulla molecola.

È possibile effettuare una misurazione della diminuzione della forza del campo elettrico, in riferimento alla cosiddetta costante dielettrica il cui valore per l'acqua allo stato liquido è pari a 80. “Questo risulta essere il valore più alto tra i liquidi normali, e sta ad indicare che le forze elettriche con cui gli atomi interagiscono all'interno dell'acqua, diminuiscono d'intensità con un fattore di 80.”¹⁴ Ad ogni modo, se le molecole dell'acqua rispondessero al campo elettrico in maniera indipendente, il valore della costante dielettrica sarebbe pari a 30, invece l'interazione di tutte le molecole innalza il suo valore ad 80. Questa azione congiunta delle molecole viene definita Legame Idrogeno.

Si inizia a parlare di “ponte idrogeno” per la prima volta, nel 1920 con lo studente universitario Maurice Huggins, la cui ipotesi fu ampiamente attaccata dagli scienziati dell'epoca, increduli di fronte alla possibilità dell'idrogeno di creare un duplice legame. Pauling, che si mosse sulla linea di Huggins, affermava che il cosiddetto ponte idrogeno si veniva ad instaurare per natura puramente elettrostatica e non era difatti correlato alla necessità di condividere elettroni. Il legame a idrogeno si crea infatti tra l'atomo di idrogeno e la coppia solitaria di elettroni dell'ossigeno, per via di una forza di attrazione elettrica.



¹⁴ Fontana M., L'acqua, Editori Riuniti, 1994

È risaputo che cariche di segno opposto di attraggono, ed è ciò che accade nelle molecole quando sono sufficientemente vicine. La struttura interna dell'acqua, e quindi la disposizione delle sue molecole, dipende dai ponti idrogeno che introducono preferenze marcate relativa all'orientamento e alla posizione di molecole vicine: ogni atomo di ossigeno si trova al vertice di una rete di legami tetraedrica. Il legame a idrogeno quindi pur essendo elettrostatico, risulta simile a quello covalente perché anch'esso altamente direzionale.

“L'energia dei legami idrogeno (circa 5 Kcal/mole), meno di un decimo di quella di un legame covalente, è sufficiente per creare un reticolo di molecole connesse fra di loro nel quale dominano configurazioni tetraedriche che contengono quattro molecole di acqua.”¹⁵ Se queste configurazioni sono particolarmente evidenti, e stabili, nel ghiaccio, per l'acqua allo stato liquido la situazione è sicuramente differente. Nel ghiaccio il reticolo cristallino risulta stabile e si estende su tutto il solido, mentre nel liquido le molecole si dispongono sempre tetraedricamente ma non vi è l'istaurazione di un legame permanente. Il suddetto legame a idrogeno si rompe e ricrea un elevatissimo numero di volte al secondo e tra molecole sempre differenti. L'acqua liquida è pertanto costituita da un reticolo dinamico soggetto a innumerevoli deformazioni e mutamenti.

Possiamo comunque affermare, che è proprio da tale legame che scaturiscono le varie anomalie dell'acqua. Volendo ad esempio soffermarci sulla densità del ghiaccio, una spiegazione al suo diminuito valore rispetto all'acqua liquida, si trova riflettendo sul fatto che le molecole costituenti il ghiaccio stesso potrebbero trovarsi più vicine l'una all'altra ma non lo sono, proprio per via del legame idrogeno. Quando con la fusione,

¹⁵ Carrà Sergio, Acqua: misteri e sorprese di un liquido atipico, Articolo pubblicato su Emmeci quadro, 2016.

tali legami vengono spezzati, la sostanza diventerà più compatta rispetto a prima. Di conseguenza la densità del liquido sarà superiore a quella del ghiaccio, ma dai 4°C in poi, come sappiamo, diminuirà giacché il calore sarà responsabile di un'elevata agitazione termica.

Possiamo trovare una spiegazione anche all'elevato calore specifico dell'acqua, in quanto l'energia termica fornita alla sostanza non viene subito utilizzata per riscaldare la stessa, quanto piuttosto per spezzare i legami a idrogeno fra le molecole. Allo stesso modo si comprendono gli elevati calori latenti di fusione ed evaporazione.

“Quest'ultimo risulta essere particolarmente elevato perché dall'evaporazione si libera tutta l'energia immagazzinata nei legami fra le molecole dell'acqua liquida, legami che sono quasi totalmente assenti nel vapor d'acqua”.¹⁶

2.4 LE SOLUZIONI

Nonostante l'acqua sia la sostanza più abbondante sulla Terra, bisogna dire che sull'interno pianeta è impossibile trovare un liquido puro costituito da sole molecole di H₂O. Abbiamo sempre a che fare con delle soluzioni, anche quando utilizziamo acqua distillata, poiché essendo altamente corrosiva, l'acqua ingloba le molecole dei materiali con cui entra in contatto contaminandosi, seppur in minima parte. Non a caso essa è il solvente universale per eccellenza e per spiegare tale sua natura non possiamo che far riferimento alla già citata costante dielettrica che la connota. Il valore di tale costante, pari a 80, spiega che tutte le forze elettriche che tengono insieme i vari materiali, verranno ridotte di un fattore di 80, nel momento in cui saranno a contatto con l'acqua.

¹⁶ Fontana M., L'acqua, Editori Riuniti, 1994

C'è da dire che la maggior parte delle sostanze presenti in natura è costituita da molecole tenute insieme da semplici forze elettriche, e giacché i legami covalenti sono trascurabili, queste sostanze risultano particolarmente solubili in acqua. Ovviamente sia l'acqua che la sostanza disciolta, si influenzano a vicenda, ad esempio se si scioglie del sale in acqua, gli ioni nascenti (Na^+ e Cl^-) in quanto particelle cariche elettricamente, influenzeranno la struttura dell'acqua liquida così come l'acqua avrà una certa influenza sul comportamento di tali ioni in soluzione.

Lo studio delle soluzioni risulta essere particolarmente rilevante giacché anche in questo caso si tocca la nostra vita quotidiana, parlare di soluzioni significa parlare di detersivi, sangue, latte, linfa vegetale... Anche noi stessi siamo costituiti da soluzioni acquose alquanto particolari, o anche le proteine, considerate come sali ionici complessi, sono per la maggior parte estremamente solubili in acqua. Quando queste ultime si sciolgono, si comportano come ioni con un certo numero di cariche elettriche, la cui distribuzione sulla superficie della proteina è fondamentale per i più segreti meccanismi della vita.

Ma cos'è una soluzione? Quando parliamo di soluzioni facciamo riferimento a miscugli omogenei composti da sostanze solide, liquide o gassose. Due sono gli elementi fondanti le soluzioni quali: il solvente, ossia la parte della soluzione che si trova in quantità maggiore, e il soluto, che chiaramente sarà quella in proporzione minore.

“Una soluzione si forma perché l'agitazione termica fa sì che le particelle del soluto e quelle del solvente si disperdano disordinatamente le une tra le altre”.¹⁷ Ma ovviamente, nonostante questa tendenza al mescolamento, non tutti i soluti si sciolgono nei solventi. Bisogna infatti tener conto che la nascita di una soluzione comporta la rottura dei legami

¹⁷ Valitutti, Tifi e Gentile, Le idee della chimica, Zanichelli, 2009

tra le rispettive molecole di soluto e solvente, e l'instaurazione di legami tra le molecole delle due parti. Lo scioglimento di un soluto in un certo solvente, dipende quindi da vari elementi, come la natura dei legami da rompere e da ricreare.

Quando si forma una soluzione, le molecole del solvente circondano quelle del soluto, secondo il cosiddetto processo di solvatazione, che invece per l'acqua prende il nome di idratazione (quando essa è il solvente).

Ovviamente non è possibile sciogliere all'infinito una sostanza, ma vi è un limite di saturazione, che varia da una sostanza all'altra. Parliamo difatti di solubilità come la quantità massima di soluto che si può sciogliere in una determinata quantità di solvente e a una precisa temperatura. La solubilità è fortemente dipendente dalla temperatura, più quest'ultima aumenta, più aumenterà la solubilità stessa, anche se ovviamente da tale discorso sono da escludere eventuali casi particolari. Un altro caso particolare è rappresentato da sostanze definite sovra-sature poiché contengono una quantità di soluto maggiore rispetto alla loro solubilità. Si tratta di una situazione instabile: prima o poi il soluto si separa dalla soluzione.

Ma veniamo alle soluzioni acquose. Le proprietà dell'acqua cambiano quando un soluto si scioglie in essa, e cerchiamo di affrontare la questione soffermandoci principalmente sulla conducibilità elettrica di tali miscele.

Con i composti molecolari come lo zucchero, si crea una soluzione acquosa giacché l'acqua rompe i legami deboli tra le molecole elettricamente neutre di soluto che, di conseguenza si disperdono in acqua. Le soluzioni acquose di composti molecolari non presentano ioni e quindi non conducono la corrente elettrica.

I composti polari invece, come l'acido citrico, danno vita a soluzioni in cui le molecole d'acqua rompono i legami covalenti polari caratterizzanti il soluto. Tale fenomeno è indicato come ionizzazione poiché porta alla formazione di ioni che garantiscono la conducibilità elettrica della soluzione.

Con i composti ionici infine, ad esempio il comune sale da cucina NaCl, si verifica il processo di dissociazione che consta nella liberazione di ioni positivi e negativi grazie all'azione delle molecole d'acqua. "In ambiente acquoso, gli ioni che si originano dalla dissociazione o dalla ionizzazione sono circondati dalle molecole d'acqua; esse si orientano in modo da rivolgere la parziale carica positiva, presente sugli atomi di idrogeno, verso lo ione negativo e la parziale carica negativa (presente sull'ossigeno) verso gli ioni positivi. In questo stato, gli ioni si dicono idratati."¹⁸

Possiamo indicare con il termine Elettroliti tutti i composti che, in acqua, generano per ionizzazione o dissociazione degli ioni; e che sono di conseguenza conduttori di elettricità.

2.4.1 ACIDI E BASI

Sono definiti elettroliti, i soluti che si dissociano in ioni o si ionizzano, se sciolti in acqua. Le soluzioni che contengono ioni conducono l'elettricità e sono chiamate soluzioni elettrolitiche. Fatta questa premessa, bisogna effettuare una precisazione circa la distinzione tra acidi e basi. Gli acidi e le basi sono un tipo di soluzione acquosa estremamente importante, per le alte proprietà corrosive dipendenti dalla capacità degli stessi, di ionizzare l'acqua, aumentando la presenza in soluzione di ioni H⁺ e OH⁻.

Gli acidi sono elettroliti che in acqua liberano ioni idronio H₃O⁺, mentre le basi

¹⁸ Ibidem

liberano ioni idrossido OH^- . In base alla concentrazione di tali ioni, si discriminano soluzioni acide per una elevata presenza di ioni idronio, basiche per l'alta presenza di ioni idrossido, o neutre se le due quantità sono equiparabili. Esistono numerose sostanze che assumono colore diverso quando si trovano in soluzione acida o basica: tali sostanze sono chiamate indicatori acido-base. Alle sostanze acide corrisponde una colorazione nelle tonalità del rosso, mentre per quelle basiche il colore di riferimento è il blu.

È altresì possibile utilizzare la scala del PH, per conoscere il grado di acidità/basicità di una sostanza in correlazione a determinati valori numerici. Per le soluzioni neutre il PH assume un valore pari a 7, per quelle acide i valori sono inferiori al 7 stesso, mentre per le basiche si parla di valori superiori.

2.5 LA STATICA DEI FLUIDI

Sebbene l'acqua presenti numerose anomalie, ampiamente citate, nel contesto fisico possiamo passare allo studio di tale fluido considerandolo alla stregua di tutti gli altri liquidi, al fine di analizzarne determinate proprietà e comportamenti. Sicuramente lo studio della statica dei fluidi, così come quello della pressione e del galleggiamento, si estende anche al liquido in questione, nonostante le peculiarità che lo connotano.

Partiamo dalla statica dei fluidi e in particolar modo dalla definizione di fluido stesso.

Sappiamo che la materia che ci circonda si presenta in diverse forme di aggregazione relative alle forze interne di coesione delle molecole; nei solidi tali forze hanno un'intensità tale da rendere inalterata la forma e il volume, nei fluidi, quali liquidi e gas, le suddette forze risultano più deboli e possono permettere la deformazione del fluido mantenendone invariato il volume. In quest'ultimo caso si parla di fluidi incompressibili.

Le molecole di una sostanza sono tenute insieme da forze attrattive di coesione che tendono a mantenerle ravvicinate; ma sono inoltre dotate di propria energia cinetica, dovuta al loro stato termico. Quando un corpo è costituito da una sostanza in cui le forze di coesione sono dominanti rispetto all'energia cinetica delle molecole, allora siamo in presenza di un corpo solido. Se le forze di coesione si riducono, le molecole possono scorrere le une sulle altre: siamo in tal caso in presenza di una sostanza liquida. Se l'energia cinetica è superiore alle forze di coesione, le molecole sono prive di vincoli e possono muoversi liberamente nello spazio a disposizione: si tratta di una sostanza gassosa.

Quando facciamo riferimento ai fluidi, teniamo conto di liquidi e gas, per i quali però bisogna effettuare delle distinzioni. I liquidi, sono dotati di un volume proprio, oltre che di una superficie di separazione che li delimita e li tiene disgiunti dalle sostanze esterne. I gas non presentano nessuna delle suddette caratteristiche anche perché tendono ad occupare tutto lo spazio a loro disposizione.

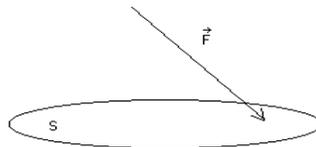
Vi sono altre due differenze sostanziali inerenti la densità molto più elevata nei liquidi rispetto ai gas, e che, come sappiamo, non dipende da volume e forma di un corpo ma solo dalla sua composizione interna ($d = \text{massa}/\text{volume}$). L'ultimo elemento di distinzione è il comportamento elastico essendo i liquidi incompressibili, e i gas facilmente comprimibili.

Ovviamente le differenze tra la natura di queste due categorie di fluidi, nasce dalla forza dei legami tra atomi e molecole delle sostanze, ma non può essere relegata solo a tale elemento. Difatti possiamo notare come l'intensità dei legami dipenda anche dalle condizioni ambientali, non a caso variando opportunamente la temperatura e la

pressione, assisteremo alla trasformazione di un liquido in gas o viceversa. C'è dunque un limite di separazione estremamente labile, che ci permette di parlare in modo unificato delle proprietà dei fluidi in generale.

2.5.1 LA PRESSIONE NEI LIQUIDI

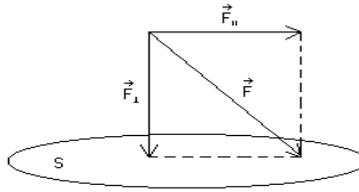
Per comprendere cos'è la pressione, consideriamo una forza \vec{F} che agisce su una superficie di area S , tenendo presente che tale forza può non essere perpendicolare alla superficie.



La forza \vec{F} può essere scomposta con la regola del parallelogramma nelle sue componenti parallela e perpendicolare (normale) in modo che : $\vec{F} = \vec{F}_{\parallel} + \vec{F}_{\perp}$

Il motivo per cui operiamo questa scomposizione è semplice. La componente della forza che effettivamente agisce sulla superficie è la componente perpendicolare \vec{F}_{\perp} , mentre quella parallela \vec{F}_{\parallel} non agisce sulla superficie ma produce un inefficace effetto di slittamento. Dunque, la pressione è definita come il rapporto fra l'intensità della componente perpendicolare della forza e l'area della superficie. Quindi:

$$P = \frac{F_{\perp}}{S}$$



Si noti la caratteristica scalare (grandezza priva di direzione e verso) della pressione. Essendo l'intensità F_{\perp} e l'area S , scalari, la pressione non può che essere anch'essa una grandezza scalare.¹⁹

Nel sistema internazionale, l'unità di misura della pressione è il Pascal (Pa). 1 Pa è uguale al rapporto tra $1\text{N}/1\text{m}^2$, esso corrisponde alla pressione esercitata da una forza di 1 Newton, applicata perpendicolarmente ad una superficie di 1m^2 . La pressione può essere misurata anche in altri modi non riconosciuti ufficialmente dal S.I., quali: il Bar che è un multiplo del Pascal ($1\text{ Bar} = 1000\text{ Pa}$), il Millimetro di mercurio (mmHg) altresì detto Torr (da Torricelli), o l'Atmosfera (Atm).

Avendo diverse caratteristiche di compressibilità, è necessario analizzare separatamente il comportamento di liquidi e gas in relazione agli effetti generati dalle variazioni di pressione.

Il matematico e ingegnere olandese Simone Stevino, si interessò al comportamento dei liquidi giungendo alla formulazione dell'omonima legge. Innanzi tutto egli si soffermò sull'analisi della condizione di equilibrio di un liquido affermando che:

“Se una massa m di liquido è immersa in un recipiente contenente lo stesso liquido, essa resta in equilibrio con quest'ultimo”.²⁰

¹⁹ Amadori Arrigo, Tutorial di fisica, sito web E-school.

²⁰ Parodi, Ostili, Onori, L'evoluzione della Fisica, Paravia, Torino, 2006.

Se infatti, ragionando per assurdo, la massa m di acqua cadesse verso il fondo, implicherebbe che una seconda massa d'acqua sovrastante, dovrebbe sostituirla, seguendola così nel moto di caduta verso il basso. Ciò avrebbe come conseguenza un moto perpetuo all'interno del contenitore, ma tale ipotesi è contrastata dalla nostra esperienza diretta del fluido in quiete; ossia caratterizzato da una massa ferma rispetto al sistema di riferimento del recipiente che lo ospita. Dunque è come se la massa m introdotta, perdesse il proprio peso, rimanendo in tal modo, in equilibrio statico con il restante fluido. Partendo da tale assunto, Stevino prese in considerazione un liquido contenuto in un recipiente di profondità h e base S .

C'è da dire, che un liquido contenuto in un recipiente esercita contro le pareti e il fondo del recipiente una forza che definiamo, per l'appunto, pressione. Tale pressione è pari al rapporto tra il peso del liquido in questione e l'area S del fondo. Il peso del liquido, e dunque la conseguente pressione che esso esercita, sono strettamente dipendenti dal peso volumico del liquido stesso. (Il peso volumico è uguale al prodotto di densità per gravità $P_v = \rho g$).

Se infatti confrontiamo due recipienti identici, contenenti la stessa quantità di 2 liquidi differenti quali mercurio ed acqua, possiamo dire che a parità di livello, ad esercitare una pressione maggiore sarà il mercurio in quanto presenta un peso volumico di 13,6 volte superiore a quello dell'acqua. Se disponiamo, invece, di liquidi aventi lo stesso peso volumico, ma posti in due recipienti differenti, una pressione maggiore sarà riscontrata nel recipiente di profondità più elevata.

Conveniamo dunque che la pressione di un liquido in quiete dipende soltanto da peso volumico e profondità del liquido (oltre che dalla pressione atmosferica esercitata sulla

base superiore del liquido in questione). Teniamo conto anche del fatto che i liquidi sono incompressibili e quindi, trascurando le variazioni di peso volumico generate dalle variazioni di temperatura, il peso volumico si può considerare invariato a tutte le profondità.

Espongo al termine di tale digressione, quella che è nota come legge di Stevino, secondo cui: pressione= peso volumico * profondità + pressione atmosferica (p_0)

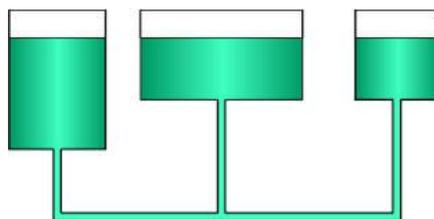
$$p = \rho gh + p_0$$

“La pressione non dipende quindi dalla quantità di liquido, né tanto meno da volume e peso totale. Difatti se per esempio misurassimo la pressione dell’acqua a 1 m sotto la superficie di un grande lago e a 1 m sotto la superficie di un piccolo stagno, troveremmo la stessa pressione. La pressione dell’acqua è maggiore sul fondo dello stagno più profondo che non è necessariamente quello che contiene più acqua.”²¹

Il fatto che la pressione sia dipendente dalla profondità piuttosto che dal volume, è ampiamente dimostrato dai vasi comunicanti di Archimede.

Consideriamo due o più recipienti di forme differenti, collegati mediante dei tubi, e riempiti con lo stesso liquido. Esaminando ciò che accade, ci rendiamo conto che le altezze raggiunte dal liquido nei vari contenitori sono le medesime, ciò si spiega con il fatto che le pressioni a uguali profondità, hanno lo stesso valore. Sul fondo di ogni vaso dunque, le pressioni sono le stesse e se così non fosse si avrebbe un flusso di liquido continuo fino al perseguimento di un’uguaglianza tra le pressioni.

²¹ Capitolo 16, Liquidi, materiale di supporto fornito dal docente di Elementi di fisica, presso l’Università Suor Orsola Benincasa di Napoli.



La situazione ovviamente muta se versiamo nei contenitori comunicanti, liquidi di densità differente. Il loro posizionamento e dunque l'altezza raggiunta dalla superficie libera, saranno inversamente proporzionali alla densità.

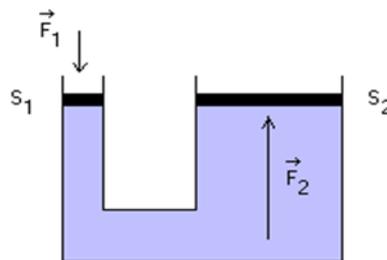
Ad ogni modo, in qualsiasi punto all'interno del liquido, le forze che producono la pressione, si esercitano con la stessa intensità in tutte le direzioni. Inoltre quando un liquido preme su una superficie, esercita una forza perpendicolare alla superficie stessa, ovviamente a maggiori profondità, tale forza sarà più grande.

Soffermiamoci invece sull'analisi della variazione di pressione in un fluido. Il principio di Pascal enuncia che "le variazioni di pressione in qualsiasi punto di un fluido racchiuso in un recipiente e in quiete, si trasmettono invariate a tutti i punti del fluido e agiscono in tutte le direzioni".²² È possibile osservare chiaramente quanto esposto, disponendo di un'ampolla di vetro forata e contenente del liquido. Nel momento in cui infiliamo nell'imboccatura dell'ampolla un pistone, e lo abbassiamo aumentando la pressione sul fluido, possiamo notare un conseguente aumento della velocità di fuoriuscita del liquido dai fori praticati. Possiamo dunque dedurre che la pressione esercitata dal pistone si trasmette inalterata a tutto il liquido.

Il suddetto principio viene sfruttato per il funzionamento del torchio idraulico, di comune utilizzo nelle officine meccaniche.

²² ibidem

Se riempiamo d'acqua un tubo ad U e collochiamo ad entrambe le estremità, uno stantuffo, noteremo che la pressione da noi esercitata si trasmetterà attraverso il liquido e farà sollevare il secondo stantuffo. Il sollevamento sarà dello stesso valore numerico soltanto soltanto se i due rami del tubo avranno le stesse dimensioni. Quando invece, il ramo a destra del tubo sarà di diametro maggiore e dunque con uno stantuffo di area più grande, la situazione cambierà notevolmente. Praticando una piccola forza per spingere in basso lo stantuffo a sinistra, provocheremo un innalzamento (seppur piccolo) di quello a destra, di area molto più grande del primo.



Tale principio ha un grande valore, perché permette di moltiplicare il valore di una forza, e garantisce il sollevamento di pesi elevati con un piccolo sforzo, usufruendo della trasmissione di pressione nel liquido. Naturalmente il torchio non viola in alcun modo il principio di conservazione dell'energia, giacché l'aumento della forza, che è evidente nel lato sinistro del tubo, è compensato da una diminuzione dello spazio percorso.

Ad esempio supponiamo che lo stantuffo a sinistra ha un'area di 1 cm^2 , e quello a destra di 50 cm^2 ; nel momento in cui il primo viene abbassato di 10 cm , quello grande subisce un innalzamento pari ad $1/50$ di tale spostamento, ossia $0,2\text{ cm}$.

2.5.2 IL GALLEGGIAMENTO

Quando immergiamo un corpo in un liquido, si possono verificare tre casi differenti: il corpo può stare in equilibrio ad una determinata profondità, può essere sospinto verso l'alto e dunque galleggiare più o meno completamente sulla superficie, oppure può cadere sul fondo. Sicuramente una chiave di lettura di tutti e tre i comportamenti, ci viene fornita dalla Forza idrostatica, anche conosciuta come spinta di Archimede.

Un corpo immerso in un liquido, riceve una spinta dal basso verso l'alto, pari al peso del volume di liquido spostato. L'intensità di tale spinta è dunque correlata al peso del fluido spostato, ed è per tale motivo che se per esempio provassimo a spingere un tocchetto di legno sul fondo, esso tornerebbe sempre a galla. Difatti nonostante il valore della pressione cresca all'aumentare della profondità, la differenza tra quelle che si esercitano sulla parte superiore e inferiore dell'oggetto, è sempre la stessa a qualsiasi profondità.

“Una coppia di sistemi che si trovano in una situazione di reciproco equilibrio di galleggiamento rispondono alle sollecitazioni esterne che tendono a squilibrarli tornando spontaneamente nella situazione originaria, o in una equivalente.”²³

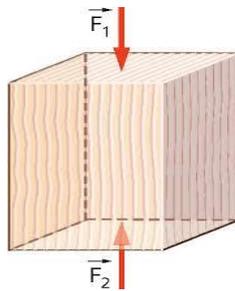
Di seguito il calcolo della suddetta Forza idrostatica.

Consideriamo un blocchetto che ha la forma di un parallelepipedo con base S e altezza L . Esso è immerso in un liquido di densità ρ , con la faccia superiore a profondità h_1 e quella inferiore alla quota $h_2 = L + h_1$.

²³ Guidoni Paolo, Cap.4- Stare in equilibrio: il galleggiamento, materiale di supporto fornito dal docente di Elementi di fisica, presso l'Università Suor Orsola Benincasa di Napoli.

Il peso dell'acqua esercita sulle varie facce del blocchetto una pressione che aumenta con la profondità. Andiamo ad analizzare nello specifico l'identità di tali forze.

La forza che si esercita sulla faccia di sinistra è equilibrata da quelle sulla faccia di destra, lo stesso accade per la faccia anteriore e quella posteriore. Di conseguenza, è come se su tale parallelepipedo agissero soltanto la forza \vec{F}_1 esercitata sulla faccia superiore e la \vec{F}_2 su quella inferiore.



Quindi la forza totale F_A esercitata dal liquido sul blocchetto, sarà uguale a: $\vec{F}_1 + \vec{F}_2$

Dal momento che la pressione sulla superficie inferiore è maggiore di quella sulla superficie superiore, il modulo di \vec{F}_2 è più grande di quello di \vec{F}_1 .

La forza totale è una forza verticale, diretta verso l'alto e con modulo dato da

$$F_A = F_2 - F_1$$

I valori delle forze \vec{F}_2 e \vec{F}_1 sono dati dal prodotto dell'area S di una faccia, per il valore della pressione alla quota in cui esse si trovano:

$$F_1 = Sp_1 \quad F_2 = Sp_2$$

A loro volta le pressioni sono date dalla legge di Stevino:

$$p_1 = p_0 + \rho gh_1 \quad p_2 = p_0 + \rho gh_2 = p_0 + \rho g(h_1 + L)$$

Siamo così in grado di calcolare F_A

$$F_A = F_2 - F_1 = S p_2 - S p_1 = S (p_2 - p_1) = S [p_0 + \rho g h_1 + \rho g L - (p_0 + \rho g h_1)] = S [p_0 + \rho g h_1 + \rho g L - p_0 - \rho g h_1] = S \rho g L$$

Ma essendo il prodotto di S ed L uguale al Volume del blocchetto, enunciamo con le dovute sostituzioni, la legge di Archimede:²⁴

$$F_A = S \rho g L = \rho g (SL) = \rho g V$$

Con tale dimostrazione, sosteniamo la tesi per la quale la forza idrostatica dipende da densità, volume spostato e accelerazione di gravità. La densità risulta essere, insieme al volume, un elemento cruciale nel verificarsi del galleggiamento. Se un corpo ha una densità superiore a quella del liquido in cui si trova affonda, viceversa galleggia, ma se la densità dei due sistemi si eguaglia il corpo si trova a mezza altezza e dunque non galleggia né affonda. Quest'ultimo caso può essere chiarificato mediante un esempio per il quale prenderemo in considerazione un pesce. La sua densità corporea è pari a quella dell'acqua in cui vive di conseguenza può muoversi liberamente in essa, per poter scendere sul fondale il pesce deve aumentare la sua densità, viceversa se vuole salire in superficie. Difatti i pesci dispongono della capacità di regolare questa variabile, espandendo e contraendo un piccolo sacco d'aria che ne fa variare il volume.

La distribuzione della massa in un determinato volume, è molto importante ed è dimostrata anche dal caso del ferro, che a forma di cubo non riesce a galleggiare, mentre a forma di barca sì. Il peso è rimasto invariato, non è stata sottratta nessuna componente al blocchetto iniziale, eppure a forma di barca il ferro galleggia perché sposta un volume

²⁴ Per l'intera dimostrazione si è fatto riferimento al libro di testo di Amaldi Ugo, L'Amaldi per i licei scientifici, Zanichelli, 2015

notevolmente maggiore di liquido, tale da sopportare il peso della barca stessa. Tanto maggiore è il volume dell'acqua spostata, tanto maggiore è la spinta di Archimede.

2.6 LA LUCE

Uno degli elementi che affascina da sempre i bambini è sicuramente l'arcobaleno, un insieme di colori che appare quasi magicamente, per poi scomparire in maniera altrettanto misteriosa. L'interesse verso un elemento simile, che fa indubbiamente parte del bagaglio esperienziale di ogni soggetto, può favorire l'approfondimento di quella che è la correlazione tra acqua e luce. Se proviamo ad addentrarci nell'analisi di tale rapporto, possiamo riflettere anche su quelli che possono essere ulteriori comportamenti "anomali" dell'acqua, disponendo però, di una valida chiave di lettura per tali stranezze. È risaputo che l'acqua ci trae spesso in inganno, dando vita a effetti ottici di ingrandimento degli oggetti immersi, o di magica sparizione degli stessi (purché questi ultimi abbiano lo stesso indice di rifrazione dell'acqua o uno particolarmente affine).

Si tratta, così come per l'arcobaleno, di situazioni comprensibili soltanto attraverso una maggiore conoscenza della luce, ed è per questo che introdurrò una breve digressione a riguardo, con l'esplicazione di leggi che ne regolano l'agire.

Nella storia dell'umanità, la luce ha sempre ricoperto un ruolo di grande rilevanza, in quanto considerata primo veicolo di informazione sulla realtà esterna. Pur disponendo degli altri 4 sensi per conoscere e rapportarsi con la realtà prossima, la vista è l'unico mezzo che rende conoscibili fenomeni e oggetti anche molto distanti, si pensi ad esempio alle stelle o ai pianeti, le cui distanze astronomiche sono elevatissime.

L'uomo dunque è sempre stato particolarmente interessato verso la ricerca sulla natura e il comportamento della luce. Nel 1600, periodo della Rivoluzione Scientifica, furono poste le prime basi teoriche inerenti la luce e, non a caso, gli studiosi che iniziarono a porsi interrogativi in tale ambito, furono i medesimi che compirono rinomate scoperte astronomiche (come Keplero, Galileo; Newton, Huygens).

Il primo focus di studio fu la natura della luce su cui per anni si accesero forti dibattiti, incrementati da risultati altalenanti degli esperimenti condotti. Vi erano difatti due correnti di pensiero, l'una convinta della natura corpuscolare della luce, l'altra della sua natura ondulatoria. Il modello corpuscolare, introdotto da Isaac Newton, considerava la luce come un flusso di particelle fisiche estremamente piccole, tali da rendere impossibili gli urti e le interazioni reciproche; particelle che si muovono in piccoli fasci denominati raggi, secondo traiettorie rettilinee. Con il suddetto modello si forniva una chiara spiegazione della propagazione rettilinea della luce, della formazione di ombre (in quanto laddove arrivavano i corpuscoli vi era luce, dove non arrivavano, ombra) e del fenomeno della riflessione (le particelle si propagavano in linea retta per poi rimbalzare su una superficie piana).

Con il modello ondulatorio proposto da Huygens, si pensava alla luce come un'onda che poteva propagarsi oltre che nei materiali, anche nel vuoto. Tuttavia si supposeva che, così come le onde sonore avessero bisogno di un mezzo di propagazione, anche la luce in quanto onda avrebbe dovuto averne uno, e si scelse come tale l'etere. Fu proprio la difficoltà nell'inquadrare in maniera netta e definitiva, il metodo e il mezzo di propagazione della luce, che favorì il modello corpuscolare fino agli inizi dell'800. Fu solo nella prima metà dell'800 che con la dimostrazione inequivocabile dell'interferenza e della rifrazione della luce, tornò in auge il modello ondulatorio. A risolvere questa

divisione dicotomica in tale area del sapere, fu Einstein nel 1905 con la spiegazione dell'effetto fotoelettrico, con il quale chiarificò la doppia natura della luce.

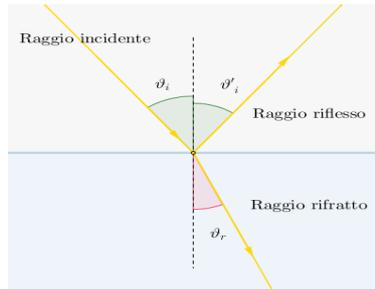
L'esperimento di Einstein dimostrò che un raggio di luce puntato sul metallo, era in grado di provocare l'emissione di elettroni, ciò portò all'elaborazione dell'ipotesi per la quale la luce era composta da particelle chiamate fotoni. Con tale scoperta il modello corpuscolare riprese credibilità ma con la teoria della meccanica quantistica, si riuscì a conciliare i due modelli riconoscendo il dualismo onda-corpuscolo.

2.6.1 LA RIFRAZIONE

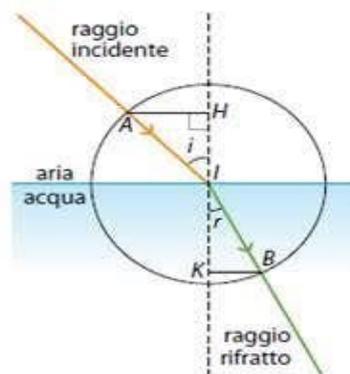
Il fenomeno della rifrazione, come precedentemente annunciato, è la causa per la quale gli oggetti immersi in acqua ci possono talvolta apparire “spezzati”, e più corti di quanto non siano in realtà. Esso si verifica nel momento in cui i raggi luminosi, che sappiamo propagarsi in linea retta, incontrano dei mezzi trasparenti (in questo specifico caso) e deviano la propria traiettoria. Consideriamo un raggio luminoso che attraversa due mezzi differenti quali aria ed acqua, i quali hanno chiaramente caratteristiche diverse.

Il raggio luminoso incidente sulla superficie di separazione dei due mezzi, viene in parte riflesso e in parte rifratto, e dunque deviato, all'interno del secondo mezzo di propagazione, ossia l'acqua. Se analizziamo una costruzione geometrica della suddetta situazione, possiamo affermare che: “il raggio incidente, quello riflesso e quello rifratto, giacciono sullo stesso piano della normale (la perpendicolare) alla superficie di separazione dei due mezzi”.²⁵

²⁵ Parodi, Ostili, Onori, L'evoluzione della Fisica, Paravia, Torino, 2006.



Chiaramente aumentando l'angolo di incidenza, aumenta anche l'angolo di rifrazione, ma il rapporto tra i due segmenti che in figura sono indicati come AH e KB, è costante.



Tale rapporto rappresenta l'indice di rifrazione n_{12} del mezzo 2 (in cui entra la luce) rispetto al mezzo 1 (da cui essa proviene), e il cui valore dipende esclusivamente dai materiali attraversati dal raggio luminoso.

Il suddetto indice, può essere definito anche attraverso le funzioni goniometriche; infatti considerando i triangoli AHO e KOB, possiamo dire che:

$$AH = R \sin i \quad \text{e} \quad KB = R \sin r$$

dove R corrisponde al raggio della circonferenza. Quindi:

$$n_{12} = AH / KB = R \sin i / R \sin r$$

Semplificando, otteniamo l'espressione della seconda legge di rifrazione nota come

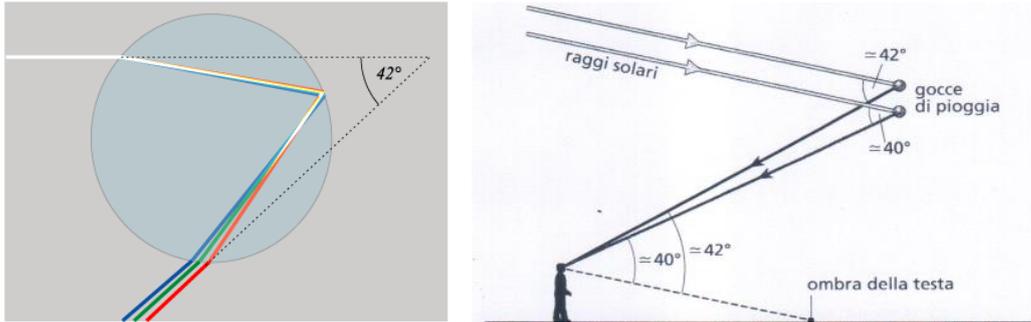
legge di Snell per la quale: **$n_{12} = \sin i / \sin r$**

L'indice di rifrazione, misura di quanto devia il raggio rifratto rispetto alla direzione di provenienza; esso si avvicina tanto più alla normale quanto più n_{12} è maggiore di 1.

2.6.2 L'ARCOBALENO

Anticamente l'arcobaleno era considerato il ponte di unione tra il mondo terrestre e quello divino. Oggi sappiamo che tale evento è legato alla dispersione cromatica della luce solare all'interno dell'atmosfera e che in particolar modo si verifica quando la luce colpisce una goccia d'acqua, subendo, all'interno della stessa, una serie di riflessioni e rifrazioni. La successione di questi processi interni porta alla separazione della luce nei vari colori che la compongono, resi manifesti nel famoso arco colorato.

L'arcobaleno è dunque un fenomeno ottico che, a discapito di quanto si possa pensare, non è limitato all'area in cui lo osserviamo; quella che noi vediamo è solo una porzione di arcobaleno, e ciò dipende dal fatto che esso è visibile solo ad una certa distanza tra osservatore e sole. In realtà tutte le gocce d'acqua rifrangono la luce solare al proprio interno, ma solo la luce emessa da alcune di esse raggiunge il nostro occhio. Se per esempio ci trovassimo su un aereo, avremmo la possibilità di osservare un cerchio intero d' arcobaleno, a 360° . Sulla terra invece, possiamo osservare l'arcobaleno solo quando si trova nella posizione opposta rispetto al sole, e quando crea un angolo di 42° con la testa dell'osservatore e la sua ombra.



In rari casi è possibile assistere al fenomeno del doppio arcobaleno generato da una doppia riflessione della luce all'interno delle gocce di pioggia e, che comporta la presenza di un secondo arcobaleno dai colori invertiti rispetto al primo e posto ad un angolo di 50° circa.

La scomposizione della luce nei vari colori, che caratterizza tale fenomeno, è stata studiata per la prima volta da Newton il quale nel 1666 osservò che: “il passaggio della luce bianca attraverso un prisma di vetro, la scompone in diverse componenti cromatiche, ciascuna con un differente angolo di rifrazione e una deviazione delle proprie direttrici di propagazione tanto più grande quanto più piccola è la lunghezza d'onda corrispondente. Pertanto alle componenti cromatiche di colore blu-violetto (onde corte) si associa una deviazione maggiore, mentre alle componenti cromatiche di colore rosso-arancio (onde lunghe) corrisponde una deviazione maggiore”.²⁶

L'arcobaleno, che sia originato da gocce di pioggia o da un prisma, risulta dunque costituito da uno spettro di 7 colori che presentano una disposizione fissa dipendente dalla deviazione relativa alla lunghezza d'onda che li caratterizza. L'ordine è dunque il seguente: Violetto, indaco, ciano (blu-verde), verde, giallo, arancio e rosso. Ogni colore

²⁶ De Mora E., Prozzilo S., Arti visive e disegno, dispensa.

è definito monocromatico in quanto non scomponibile in ulteriori colori, e il passaggio dall'uno all'altro non è netto ma graduale e fatto di leggere sfumature.

Ad ogni lunghezza d'onda corrisponde un determinato colore, che si distingue dagli altri anche per il diverso combinarsi dei tre gradi di eccitazione dei recettori dell'occhio umano. Infatti il nostro occhio presenta tre tipi di recettori o coni, ognuno dei quali riceve tutte le lunghezze d'onda ma è particolarmente eccitato da una parte di esse.

Nello specifico il primo recettore fornisce una sensazione di blu-violetto quando stimolato dalla luce, il secondo presenta una maggiore eccitazione verso radiazioni di lunghezza d'onda media aumentando la percezione del colore verde, mentre il terzo ed ultimo recettore è maggiormente sensibile alle onde lunghe che costituiscono il colore rosso.

CAPITOLO 3: LA SPERIMENTAZIONE

3.1 L'ACQUA È LIQUIDA

Il lavoro di sperimentazione da me strutturato durante le fasi di progettazione, ha avuto luogo in una terza del IV Circolo Guglielmo Marconi, in provincia di Napoli.

Entrata in classe, ho esplicitato ai bambini il motivo della mia presenza, leggendo nei loro volti sia l'entusiasmo per lo svolgimento di esperimenti scientifici, generalmente poco condotti in sezione, sia l'incertezza derivante dallo studio di una sostanza così nota ma sulla quale si riflette poco o niente. Ho deciso infatti di condurre un percorso con il quale approfondire la conoscenza dell'acqua e delle sue particolari proprietà portando alla deduzione delle stesse, mediante lo svolgimento di attività pratiche.

Ho chiesto innanzitutto di fare il punto della situazione e dunque indicare ciascuno sul proprio quaderno, tre frasi contenenti la parola acqua. Ecco alcune proposizioni:

“io bevo un bicchier d'acqua”, “io ho visto nel deserto dell'acqua”, “Io mi tuffo nell'acqua”, “Io sparo con una pistola ad acqua”, “io mi bagno con l'acqua”, “Io uso l'acqua per lavarmi”, “la mattina apro l'acqua del lavandino e poi la chiudo”.

Dalla lettura delle suddette, mi rendo però conto che oltre ad essersi soffermati sull'uso quotidiano dell'acqua, nessuno ha riflettuto sul suo aspetto, né tanto meno sul ciclo dell'acqua. Pongo quindi delle domande stimolo affinché raggiungano tali conclusioni. Agisco in questo modo tenendo conto della grande influenza dell'azione comunicativa all'interno del processo di insegnamento-apprendimento. È ben noto il ruolo di mediatore ricoperto dal docente, ma risulta altrettanto nota l'influenza del comportamento comunicativo, determinante per il perseguimento di obiettivi educativi e didattici. La comunicazione struttura l'esperienza, e mira difatti a promuovere e regolare la stessa. “Il legame della comunicazione formativa con il processo di

cambiamento dell'educando la rende perciò strettamente connessa agli effetti perlocutivi, ossia gli effetti che produce sugli atteggiamenti e sulle azioni dell'educando.”²⁷ L'allievo può essere sollecitato e indotto a fare qualcosa o, di contro, portato a evitare di farla. È questo tipo di comunicazione, che condotto sistematicamente, genera una strutturazione precisa dell'esperienza e la formazione di certi abiti mentali. Si tratta del cosiddetto agire strategico che consta in una modalità di azione finalizzata al condizionamento della condotta altrui in modo da orientare il raggiungimento di un determinato scopo. La comunicazione non può essere intesa come elemento esterno all'esperienza, ma è essa stessa esperienza! Secondo Dewey “l'educazione non si compie solo per mezzo della comunicazione ma nella comunicazione stessa”, quindi mentre il docente parla con l'alunno per regolare l'attività, il modo in cui viene gestita tale comunicazione, contribuisce a strutturare determinati abiti comunicativi oltre che caratteriali.

Ritornando alla discussione condotta in classe, alcuni bambini affermano che l'acqua è trasparente, altri che è azzurra. Ma alla risposta errata di alcuni soggetti, ne interviene un altro che spiega perché soltanto l'acqua del mare ci sembra azzurra.

“Vabbè ma non è vero, solo nel mare è azzurra”

e perché nel mare è azzurra?

“perché prende il riflesso del cielo”

Continuiamo poi a riflettere sugli altri modi in cui l'acqua si presenta e viene sfruttata.

“ci serve per vivere! Perché se bevi l'acqua tu vivi. Quindi l'acqua è vita”

“l'acqua serve anche per le piante!”

²⁷ Massimo Baldacci, Trattato di pedagogia generale, Carocci editore, 2012

“e poi l’acqua PIOVE!!”

“ma anche i cantanti quando hanno finito di cantare bevono tanta acqua perché sudano”

Trascrivo tutti i punti emersi sulla lavagna, in modo tale da fissarli e ricordarcene per andare ad affrontarli in itinere. Fatto ciò, passiamo all’analisi delle caratteristiche della stessa, sperimentando in un’attività condotta sotto mie direttive per provare a rompere, indirettamente, l’incertezza dei bambini e aiutarli a capire come agire e riflettere sulla pratica.

Continuo ad essere convinta che nonostante abbiamo a che fare con essa tutti i giorni, non la conosciamo completamente. Proprio a tal proposito, volevo chiedere se secondo voi si può fare un buco nell’acqua. Perché ve lo chiedo? Sfogliando un libro di scienze molto vecchio e rovinato al punto tale che alcuni termini erano illeggibili, ho letto delle parole...buco nell’acqua. Vogliamo provare a scoprire se si può?

“ma non si può bucare l’acqua”

“ci sarebbe un modo! Tipo quando giri la bottiglia sembra che si fa una specie di buco nell’acqua però è un vortice.”

“sì ma con il vortice non si fa il buco, l’acqua gira e si sposta”

“secondo me si può fare!”

I bambini si avvicinano alla cattedra e a turno fanno diversi tentativi usando alcuni oggetti a disposizione. Molti danno suggerimenti e indicazioni ai compagni che tentano di bucare l’acqua. G. prova a fare un buco cercando di produrre un vortice mediante la rotazione di un’asticella di legno nel liquido, ma si creano solo delle bollicine. M. sceglie la siringa, prova a inserire liquido sollevando il pistone e poi abbassandolo, non succede nulla. Tutti i tentativi, anche con il mestolo, il cucchiaino e le mani sono vani. Molti provano a ricreare un vortice. T. prova a farlo poggiando la bacchetta sulla

superficie dell'acqua ma non riesce, sembra un buco ma è solo l'acqua che prende la forma rotonda della bacchetta.



Ma allora perché è impossibile?

“perché l'acqua è leggera e si muove”

“se tu fai un buco non ci riesci perché l'acqua non si muove”

G. prova con la mano. E nel mentre spiega cosa accade: *“Non è che si fa buco, ma quando metto la mano l'acqua fa così, vedi che invece di attraversare sotto attraversa sopra? Perché l'acqua sale se tu immergi.”*

“non si può fare un buco perché quando si fa il buco, resta per due secondi poi appena toglì la cosa con cui hai fatto il buco, l'acqua rientra nel buco e lo copre. Quando mettiamo la mano vedi che sale l'acqua, perché è il peso della mano che la fa salire.”

Ma è il peso della mano a farla spostare? Che succede quando metto la mano nell'acqua?

“galleggia”

“più la metti giù più sale”

“sale perché stai spingendo”

“si alza il livello perché quando schiacci l’acqua sale e quindi cambia sia perché io sto spingendo giù con la mano sia perché l’acqua sale”

“perché l’acqua rimbalza e va su”

A questo punto spiego ai bambini che se non immergo nessun oggetto nel liquido, il livello dell’acqua resta invariato ma quando lo faccio si verifica un innalzamento dello stesso in quanto l’oggetto va ad occupare lo spazio precedentemente occupato dal liquido in questione.

“ho capito è come quando usiamo i mattoncini perché quando li metti nello scatolone e metti i mattoncini sopra, il loro livello sale perché non c’è più spazio sotto”

Terminata questa parte introduttiva chiedo ai bambini di formare 6 gruppi da 3, a ognuno dei quali fornisco una scatola contenente dei solidi (quali riso, biglie, dadi e sassolini colorati) e dei liquidi (olio, detersivo per piatti, acqua) con il compito di travasare ciascun elemento nei recipienti a disposizione e notare un eventuale cambiamento di forma. I risultati della sperimentazione effettuata devono essere riportati in una tabella pre-strutturata in cui scrivere il nome dell’oggetto da travasare, che forma ha, e se si può deformare. Alcuni bambini mischiano oggetti e liquidi vari non rispettando la consegna. Nonostante ciò al momento del confronto finale, tutti si mostrano concordi circa l’impossibilità di deformare solidi e il non poter attribuire ai liquidi una forma precisa se non quella del recipiente che li ospita.

Prima di procedere nella descrizione delle altre attività condotte, ci tengo a precisare l’importanza della didattica cooperativa trovando nella sua descrizione, una valida giustificazione alle mie scelte d’azione. Nel corso del tempo, la ricerca scientifica in ambito educativo, ha fatto luce sulle azioni didattiche e le strategie più efficaci.

L’apprendimento cooperativo risulta particolarmente funzionale all’apprendimento, non

a caso è appoggiato anche da grandi pedagogisti come Dewey e Vygotskij secondo cui “le conoscenze e le competenze sono primariamente acquisite per mezzo dell’interazione con gli altri e, successivamente, interiorizzate e consolidate in modo definitivo”.

Verso la fine degli anni 40, M. Deutsch elaborò la “teoria dell’interdipendenza” che fa della cooperazione e dell’interdipendenza positiva fattori predittivi del successo del gruppo stesso. Il discorso sull’interdipendenza positiva è ampiamente affrontato dai fratelli Johnson che ne hanno parlato durante la delineazione della loro idea di Learning Together. Ci sono ovviamente varie declinazioni di Cooperative Learning e il Learning Together è tra queste.

Secondo i Johnson dunque, affinché un apprendimento cooperativo si possa ritenere efficace, è necessario il soddisfacimento di 5 condizioni fondamentali quali:

1. **Interdipendenza positiva:** elemento focale la cui assenza può generare piuttosto che collaborazione, competizione o apprendimento individualistico. Esso può nascere per via di uno **scopo** comune ai membri del gruppo, per **ruolo e risorse** nel momento in cui gli alunni sono chiamati a svolgere precise funzioni e dunque condividere il proprio expertise con gli altri soggetti, oppure per **compito**, o ancora può essere correlato alla condivisione di **materiale** e infine di **identità** nel momento in cui i membri condividono un senso di appartenenza a un gruppo per il quale inventano nomi e slogan.
2. **Responsabilità individuale:** tutti gli studenti sono chiamati a svolgere il proprio compito da cui dipende la riuscita dell’intero lavoro
3. **Interazione faccia a faccia**

4. **Insegnamento diretto delle abilità sociali:** con tale elemento ci si riferisce allo sviluppo di abilità necessarie per la conduzione di una conversazione e per la negoziazione e risoluzione di conflitti. La ricezione dai compagni di feedback circa il proprio atteggiamento, permette al singolo di potenziare e sviluppare le capacità di automonitoraggio e autoregolazione.

Kagan invece, con il suo Approccio Strutturale, afferma che maggiore è la possibilità di interazione tra soggetti, maggiore è la possibilità di generare un apprendimento valido e significativo per tutti. I principi su cui si fonda il suo approccio sono i seguenti:

1. **Interdipendenza positiva**
2. **Interazione simultanea:** tutti gli studenti interagiscono simultaneamente e non uno alla volta
3. **Equa partecipazione:** tutti devono essere incoraggiati e partecipare
4. **Responsabilità individuale**

Le strutture che sono invece alla base di questo tipo di cooperazione sono:

1. **Strutture per la padronanza delle conoscenze**
2. **Strutture per le competenze cognitive**
3. **Strutture per la condivisione delle informazioni**
4. **Strutture per le competenze comunicative.**

Inutile dire che l'apprendimento cooperativo incide positivamente sulla motivazione individuale favorendo la riduzione di livelli di stress e ansia, la valorizzazione delle differenze e incrementando le abilità relazionali del singolo che necessariamente ricadono sul clima di classe.

Durante il mio lavoro ho deciso di avvalermi di tale approccio, provvedendo alla formazione di gruppi talvolta **informali** (costituiti per finalità specifiche, sciolti e ricreati nell'arco di una sola giornata), talaltra di gruppi **base** (a lungo termine, con membri stabili che si scambiano l'aiuto e l'assistenza necessaria ad apprendere). Non ho fatto riferimento invece a gruppi **formali**, in quanto non interessata al solo coinvolgimento degli studenti e anche perché tutti hanno sempre svolto le stesse attività non dedicandosi dunque a contenuti di diversa natura, come invece prevedono i gruppi formali dei Johnson.

In tale contesto il mio ruolo si è limitato alla semplice supervisione dei gruppi di lavoro fornendo a ciascuno il materiale adeguato. Ritengo difatti che l'alunno è pienamente responsabile del suo apprendimento e lo diventa effettivamente solo quando partecipa in maniera attiva al processo di costruzione della conoscenza, quando sviluppa la capacità di autovalutare il proprio operato e riflettere sullo stesso, potenziando la sua metacognizione.

Fatta tale premessa, riprendo la descrizione del lavoro svolto in aula, partendo dal momento di riflessione subito successiva all'attività di gruppo. Procediamo dunque al confronto e alla verifica di quanto inferito dalla pratica.



Cosa cambia tra solidi e liquidi quindi? Si comportano allo stesso modo?

“Hanno le stesse caratteristiche perché sono tutti e due cose”

“I liquidi e i solidi non sono la stessa cosa perché i liquidi se cadono si deformano invece i solidi come le macchinine non si rompono subito, come anche la penna se cade non si rompe subito ma se premo forte si rompe”

“Sia i solidi che i liquidi sono “cose” come sosteneva F., ma possiamo utilizzare un termine più specifico dicendo che tutti e due sono fatti di materia. Avete per caso già studiato la materia?”

“è la materia vivente e non vivente”

“La materia vivente siamo noi uomini, le piante e gli animali, invece quelli che non sono esseri viventi sono le cose come la penna e la macchina “

“La materia è formata da tante piccole molecole, è come se fossero palline piccolissime legate tra loro”

“ah questo lo so! Lo fa vedere il cartone siamo fatti così!”

“Quindi ci sono tante molecole collegate l’una all’altra. I solidi e i liquidi sono tutti e due fatti di materia e quindi sono composti da tali molecole, ma la differenza sta nel modo in cui si legano tra loro. Ad esempio nei solidi queste “palline” (molecole) sono molto vicine tra loro un legame fortissimo, nei liquidi il legame è più debole, mentre nei gas queste palline vanno un po’ dove gli pare! Qualcuno vuole dirmi ciò che ha capito?”

“la materia è fatta da piccoli puntini nei solidi questi puntini chiamati molecole, sono molto stretti e vicini quindi non si spostano, nei liquidi riescono a muoversi, nei gas vanno dove gli pare”

Faccio osservare i legami tra le molecole nei tre stati della materia utilizzando delle palline da ping-pong forate. Inizio col simulare lo stato gassoso lanciandole a terra e facendo dunque notare il loro movimento completamente casuale e indipendente. Per osservare cosa accade con lo stato liquido infilo una corda nelle palline stesse, quando

lancio il sistema a terra esse si muovono pur rimanendo sempre legate tra loro, per i solidi invece fisso le palline con della pellicola trasparente e in quest'ultimo caso notiamo che la forma del complesso non varia e non c'è allontanamento reciproco.

Per consolidare ulteriormente quanto detto, alcuni alunni simulano i legami con il corpo prima vagando per l'aula liberamente, poi tenendosi per mano e infine abbracciandosi.

Vado dunque a valorizzare la dimensione corporea, al fine di potenziare la fissazione nella memoria dell'esperienza condotta e rendere più chiaro il concetto esposto.



Terminata questa attività allineo sulla cattedra dei becher di capacità e forme diverse (2 da 100ml, 2 da 250ml, 3 da 500ml), riempio alcuni di essi con dell'acqua e chiedo ai bambini di fare delle ipotesi:



Cosa succede durante il travaso? L'acqua contenuta nel primo becher (piccolo da 100ml) fuoriesce da quello accanto? (100 ml ma dalla forma allungata)

“Si riempie a metà”

“Esce fuori!”

“Si riempie tutto perché quello è più grasso ”

“si riempie tutto intero “

“o esce fuori o tutto quanto”

Svolti i vari travasi, smentite o accertate le discordanti ipotesi, riflettiamo sulla differenza tra i contenitori.

“cambia la forma perché quello è più grande e quello più secco”

“E quindi riescono a contenere la stessa quantità di acqua?”

“sì perché quello è più lungo e quello più grasso”

“sono uguali”

“contengono la stessa quantità”

Terminate le ore a disposizione assegno ai bambini alcune pagine da leggere circa la materia e i suoi stati. Chiedo inoltre di disegnare e provare a descrivere sul proprio quaderno quanto fatto insieme.

La seconda parte dell'attività ha avuto luogo il mercoledì della settimana successiva in cui, prima di riprendere il discorso dei travasi, chiedo ad un alunno di esporre alla classe quanto letto a casa su mia indicazione; si parla dunque di materia vivente e non vivente e degli stati di aggregazione delle molecole che la compongono.

“Prima di andare via, mercoledì scorso utilizziamo questi contenitori qualcuno ricorda cosa abbiamo fatto?”

“Hai misurato quelli con le stesse quantità”

“Però l'altezza e la grandezza cambia”

“anche se uno è più lungo l’altro è più grosso comunque non cambia la quantità!”

“non cambia niente, è la forma che cambia”

“E come abbiamo fatto a vedere che alcuni si riempivano allo stesso modo? Abbiamo travasato l’acqua, e osservando ce ne siamo resi conto, giusto? C’è però un altro modo per sapere in anticipo se due o più recipienti possono contenere la stessa quantità di acqua, possiamo leggere i numeretti che vi troviamo scritti. Ad esempio qui leggiamo 100 ml, 500 ml...notiamo che quelli che si riempiono allo stesso modo presentano gli stessi numeri. Ma sapete cosa significa ML?”

In coro “MILLILITRO”

“Chi sa cos’è?”

“È la misura di acqua! Perché M significa misura L è acqua”

Scrivo alla lavagna e spiego che ml significa millilitro, e che è l’unità di misura della capacità. *“Chi sa cosa vuol dire capacità? È un termine che abbiamo già utilizzato insieme qualcuno lo ricorda?”*

“io lo so! È quando qualcuno è capace di fare qualcosa. È l’abilità”

“Hai ragione ma in questo caso la parola capacità significa qualcos’altro! È la quantità di liquido (nel nostro caso acqua) che un recipiente può contenere. Quindi, cosa significa capacità??”

“è la quantità!”

“È quanta acqua”

Faccio vedere alla classe quanto è piccolo 1 millilitro utilizzando una siringa.

“Sulla cattedra c’è qualche recipiente di 1ml?”

“no”

“Questo quanto misura?”

“100!”

“E se io volessi riempirlo con la siringa di 1 ml quante volte devo “svuotarla” qui dentro?”

“100 volte!”

“Facile, è 1 per 100”

A questo punto faccio formare agli alunni 4 gruppi e fornisco a ciascuno di essi 4 becher da: 100ml, 250ml, 500ml, 1000ml. Per far capire loro cosa fare scrivo le seguenti domande alla lavagna e chiedo di rispondermi in corso d’opera. Ecco le domande:

1. Quante volte devo svuotare il recipiente da 100 ml in quello da 250 per riempirlo tutto? E in quelli da 500 ml e 1000 ml?
2. Quante volte devo svuotare il recipiente da 250 ml il quelli da 500 ml e 1000 ml per riempirli?
3. Quante volte devo svuotare il recipiente da 500 ml in quello da 1000 ml?

I bambini inizialmente hanno un po’ di difficoltà e dunque li aiuto a capire come riempire in maniera corretta ciascun becher fermandosi alla tacchetta giusta senza arrivare all’orlo del contenitore. Sottolineo che è importante partire dalla prima domanda per poi andare avanti, piuttosto che procedere in maniera disordinata. Per alcuni gruppi risulta complesso cooperare con i compagni per il perseguimento degli obiettivi comuni. Al termine dell’attività, c’è un confronto sulle risposte date dai gruppi. Interpello un bambino per gruppo.

“Qual è la risposta alla prima domanda?” (100ml in 250ml)

“2 volte “

“3 volte e mezzo”

“3 volte”

“2 volte”

Per vedere chi ha ragione, un alunno effettua il travaso davanti ai compagni che tengono il conto delle volte. Questa pratica viene ripetuta per tutte le risposte non unanimesi.

“Quante volte quello da 100ml va in quello da 500ml?”

“5 volte”

“Quante volte in quello da 1000ml?”

“10”

“8”

“ma è facile perché 10 per 100 fa 1000”

Proviamo.

“250ml in 500ml?”

“2”

“4”

Proviamo.

“250ml in 1000ml?”

“4”

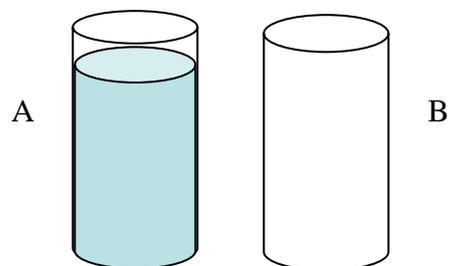
“500ml in 1000ml?”

“2”

A questo punto chiedo di disegnare sul quaderno quanto fatto insieme. Spiego che bisogna rappresentare il contenitore più grande con accanto quello più piccolo, tante volte quante lo abbiamo utilizzato. Poiché molti avevano difficoltà a portare a termine la consegna in maniera autonoma, il tutto è stato svolto alla lavagna da due alunni che avevano già adempiuto il compito assegnatogli.

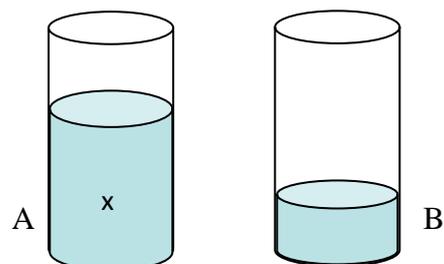
Il travasare è una attività fondamentale per i bambini e mira tra l'altro a far perfezionare i movimenti fini della mano, sviluppare la coordinazione oculo-manuale, il coordinamento e l'autocontrollo. Mediante l'osservazione del travaso il bambino ha la possibilità di riflettere sul principio di conservazione della massa e del volume d'acqua, giacché nello spostamento da un becher all'altro si mantengono le proporzioni tra le quantità, il tutto soltanto se si opera con attenzione evitando la caduta dell'acqua stessa e la sua conseguente irrecuperabilità. Il soggetto visualizza la relazione tra le quantità nel momento in cui si ferma ad osservare l'acqua rimasta nel becher da svuotare e quella nell'altro recipiente; ovviamente la quantità che manca nell'uno si ritroverà nell'altro. Tale situazione favorisce anche la riflessione sulla struttura additiva e sottrattiva. "Le attività di esplorazione portano naturalmente ad usare rappresentazioni visuo-spaziali che sono strumenti utili per vedere la struttura e spostarsi verso forme simboliche più formali" (Davydov, 1982).

Situazione iniziale. Becher A pieno,
becher B ancora da riempire.



Situazione finale.

Becher A con quantità di acqua ridotta (x),
becher B con una minima quantità di liquido.

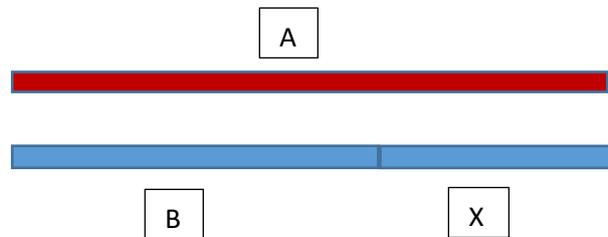


La quantità iniziale A si ottiene sommando la nuova quantità di acqua (indicata con x) del primo recipiente, e quella contenuta in B. Riferendoci dunque alla struttura algebrica introdotta da Davydov circa il confronto tra quantità e misure possiamo vedere dal grafico che:

$$A > B$$

$$A = X + B$$

$$X = A - B$$



L'uso dei becher comporta la nascita di un'associazione tra numero e quantità, ma anche tra discreto e continuo. L'acqua rappresenta un elemento continuo, ma nel momento in cui viene versata nei cilindri graduati la sua variazione continua può essere etichettata mediante il riferimento all'unità di misura (ml) assunta come elemento necessario per la discretizzazione dell'acqua. I numeri che vanno invece ad affiancare l'unità di misura scelta (ml inteso come unità discretizzante) andranno ad indicare le volte in cui verseremo una quantità tot. di ml in un altro becher da riempire completamente.

3.2 PRESSIONE E COMPRESSIONE

L'attività dedicata allo studio della pressione e della compressione, parte con la delimitazione del significato del termine "pressione" mediante un momento di riflessione collettiva.

"Oggi parliamo di pressione di un liquido, a che cosa vi fa pensare la parola pressione?"

"alla temperatura cioè se è caldo o è freddo"

"è quando è alta o bassa delle bombole di gas"

"tipo quando va sopra l'acqua il gas e prende varie temperature"

Poiché non siamo vicini alla definizione corretta, indico che la pressione di un liquido non è altro che:

"il modo, o meglio, la forza con cui un liquido spinge verso il basso e verso le pareti del recipiente che lo contiene"

Analizziamo la pressione di un liquido in bottiglia osservando i getti e cioè in che modo l'acqua sgorga da fori posti a diverse altezze. C'è qualche differenza?

"quello più in basso va più veloce perché è in basso e c'è più acqua"

"ma non va più veloce, va solo più lontano!"

"Man mano che l'acqua esce, cambia qualcosa nei getti?"

"sta diminuendo quella di sopra"

"ma anche quella di sotto solo che in alto non esce perché lì non c'è più acqua"

"il buco in basso, sta più giù quindi riesce a sopportare più acqua"

Per verificare ancora più accuratamente la differenza tra i getti proviamo a vedere cosa succede se verso acqua, nel contenitore forato, in maniera continuativa aiutandomi con un imbuto.

"il getto sopra è più vicino alla bottiglia invece quello in basso va sempre lontano"

Proviamo subito dopo a confrontare i getti di acqua da due fori opposti, situati ai lati della bottiglia ma giacenti sullo stesso asse orizzontale. Le previsioni sono differenti, secondo alcuni i getti saranno diversi. dimostriamo però che il tragitto percorso è lo stesso e possiamo vederlo anche con delle righe avvicinate ai getti.

“vanno uguali”

“si fermano allo stesso tempo”

“Perché c'è questa differenza nei getti di prima e in questi ultimi?”

“perché prima il buco era più in basso e c'è un poco di acqua sopra e quando finisce l'acqua sopra, e lo supera, il getto si ferma”

“allora quello giù andava più veloce perché va più acqua”

“ma non è vero che c'è più acqua! Perché la bottiglia è sempre la stessa”

“cambia la posizione!!”

Spiego che l'ultimo ragionamento è giusto, e che la differenza tra i getti sta nella profondità che indico come “una colonna di acqua” che sovrasta i fori considerati. Da questa “colonna” dipendono la potenza e la distanza ricoperta dal flusso uscente.

Alla luce di ciò proviamo a ripetere l'esperimento dei getti utilizzando però due recipienti di capacità e forme diverse. Da un lato vi è un contenitore di 1 litro dall'altro uno di 0,5 L. faccio notare che i fori sono praticati alla stessa altezza. *Come uscirà l'acqua?*

“allo stesso modo!”

“esce di più da quella di 1L perché c'è più acqua quello invece è mezzo litro, è la metà”

“è più pieno di acqua quello di 1L”

Vediamo però che le nostre ipotesi vengono confutate dall'esperimento col quale dimostriamo che va più lontano il getto della bottiglia di mezzo litro. Com'è possibile? Eppure contiene la metà dell'acqua!

“ho capito! Va più lontano quello della bottiglietta perché è più alta del contenitore!”

“E quindi conta la quantità totale di acqua?”

“sì”

“sì però è diverso perché l'altezza è diversa. La profondità della bottiglietta va a buttare più acqua sul buco”

“dipende dalla colonna d'acqua! dalla profondità perché spinge di più!”

Conveniamo dunque che la pressione non importa dalla quantità complessiva di liquido ma soltanto dalla profondità, e dunque l'altezza a cui è praticato il foro.

Se tali studi della pressione sono stati condotti mediante esperimenti che ho condotto centralmente, per lo studio dei vasi comunicanti distribuisco ai bambini divisi in 4 gruppi, 3 bottiglie di forme diverse, delle cannuce da utilizzare come tubi di collegamento, plastilina e nastro isolante per fissare il tutto e limitare per quanto possibile la fuoriuscita di liquido dai fori. Prima di passare all'azione, proviamo a fare una previsione circa comportamento dell'acqua una volta introdotta nella prima bottiglia. Come si disporrà?

Tutti sono convinti che la quantità maggiore di acqua risiederà nel contenitore più grande e capiente ma, ovviamente, in accordo ad Archimede e al principio dei vasi comunicanti, veniamo nuovamente smentiti. Con grande stupore dei bambini scopriamo che nonostante le forme diverse....

“si riempie prima la prima bottiglia e quindi all’inizio c’è più acqua, però poi attraversa le cannucce e va nelle bottiglie allo stesso modo”

“cammina e si sposta da una parte all’altra finché non raggiunge lo stesso livello in tutte le bottiglie”

“si chiama esperimento dei vasi comunicanti perché sono attaccati e a mettere sempre l’acqua, l’acqua si è messa in parti uguali”

“Ma perché l’acqua si dispone in questo modo? La superficie dell’acqua in una bacinella o pensate a quella del mare calmo, com’è?”

“orizzontale”

“se non ci sono le onde è piatta”

Come supporto a quanto stiamo affermando, inclino il recipiente rettangolare, pieno di liquido, posto sulla cattedra, per far notare l’invariabilità della superficie e la sua tendenza a porsi sempre parallelo al pavimento. Perché si comporta così? Spiego che tutto ciò è legato alla tendenza dell’acqua a disporsi in modo tale da essere quanto più stabile possibile, con la stessa pressione nei punti situati alla stessa profondità. Nei vasi comunicanti l’acqua si sposta da un recipiente all’altro finché non raggiunge la stessa pressione in tutti e tre. Dimostriamo quanto spiegato con sistema costituito da due bottiglie collegate mediante un tubo trasparente e in cui è inserita dell’acqua. “Cosa succede se posiziono una delle due bottiglie più in alto rispetto all’altra?”



“se la bottiglia sta più in alto l’acqua si sposta nell’altra”

“è tipo una fontana”

“no maestra è come una bilancia di acqua”

“maestra il livello è uguale se stai ferma con le mani però se sposti la mano, una bottiglia resta vuota e l’altra piena”

“l’acqua scorre ne tubo, cambia se ti muovi”

“il livello di acqua cambia perché vuole raggiungere la stessa altezza come i vasi comunicanti di prima”

“Ma...l’acqua di può comprimere? E l’aria?”

“nessuno di tutti e due”

“l’aria non si può schiacciare”

“l’aria si può schiacciare e l’acqua anche, però se la schiacci resta schiacciata solo per 5 secondi”

“l’acqua non si può schiacciare altrimenti esce fuori”

“l’acqua si può schiacciare ma visto che è liquida e ti copre la mano, invece l’aria no”

“l’acqua sì, perché se la metti in uno spazio piccolo si schiaccia con un compressore, l’aria no perché non si può neanche toccare”

“ma che c’entra l’aria si sente mica si vede!”

Per testare la cosa, chiedo a qualche bambino di provare a spingere il pistone di una siringa contenente prima aria e poi acqua. Le nostre idee erano sbagliate, anzi adesso si sono invertite!

“si può schiacciare l’aria perché se spingo, il pistone di abbassa anche se non va in fondo a tutto, quando lascio però torna come prima.”

“l’acqua nessuno è riuscita a schiacciarla, è difficilissimo spingere il pistone giù”

Mostro a questo punto il “diavoletto di Cartesio”. Come funziona?



Prima di lasciare che i bambini rispondano, mostro loro che se introduco un bicchiere in acqua, verticalmente, un pezzo di fazzoletto posto sul fondo del bicchiere, non si bagna grazie alla presenza di aria.

“è come se fosse una guerra tra l’acqua e l’aria che sta sopra”

A questo punto proviamo a spiegare il funzionamento del diavoleto

“la siringa è leggera perciò galleggia invece se premi affonda perché è come se diventa pesante e va giù”

“perché premi la bottiglia e l’acqua la fa scendere premendo perché si alza tutto il livello”

Ricollegandoci all’attività fatta poco prima, capiamo che il tutto è legato alla compressione e decompressione dell’aria presente nella siringa. Schiacciando le pareti, l’acqua nella siringa sale e toglie spazio all’aria, provocando la sua discesa verso il fondo. A questo punto resta come ultimo elemento da esplorare, “il torchio idraulico”. Mostro centralmente alla classe un torchio costituito da due siringhe dello stesso diametro, contenenti entrambe acqua e collegate mediante un tubo trasparente. Se abbasso il pistone di un tot., l’innalzamento dell’altro sarà uguale.

Ripetiamo la cosa con due siringhe di diametro diverso. Il sollevamento dei pistoni è lo stesso?

“no perché se spingo su questa piccola, di qua si abbassa di più invece nella siringa grande il pistone si alza di meno”

“ci vuole meno forza per spingere sul pistone piccolo, su quella grande ce ne vuole molta di più”

Proviamo dunque a sollevare un pacco di riso posizionato sul pistone della siringa più grande. Riusciremo a sollevarlo spingendo sulla siringa più piccola? Faremo molta forza?

“no è impossibile è troppo pesante il riso!”

Verifichiamo il suo sollevamento, ma soprattutto notiamo che la forza da noi utilizzata è molto piccola. Con un piccolo sforzo abbiamo sollevato un oggetto pesante. Tutto questo grazie all'acqua e alla sua impossibilità di comprimersi. Sottolineo che questo strumento viene utilizzato anche nelle officine meccaniche per il sollevamento delle automobili. La struttura sarà ovviamente diversa ma il principio di funzionamento è quello che abbiamo appena esplorato.

Un momento particolarmente importante nello svolgimento di esperienze pratiche, è la presa di coscienza dell'erroneità della propria ipotesi non validata dall'attività concreta. L'essere smentiti dall'esperimento comporta nel bambino la stimolazione della curiosità verso quella determinata area del sapere, oltre che la ristrutturazione dei propri abiti mentali alla luce della scoperta compiuta. Queste piccole scoperte mettono in moto nel soggetto un processo di ricerca continuo che innesca una spinta pulsionale verso esperienze successive, inserendosi in quello che Dewey definisce continuum sperimentale. “Ogni esperienza fatta e subita modifica chi agisce e subisce, e al tempo

stesso questa modificazione, lo vogliamo o no, influisce sulla qualità delle esperienze seguenti”.²⁸ Dar vita a un continuum sperimentale significa tener presente ciò, e dunque agire in modo tale da proporre alla classe delle esperienze significative che arricchiscano e modifichino positivamente quelle che seguiranno. “Ogni esperienza ha due aspetti: da un lato può essere immediatamente gradevole o sgradevole, dall’altro essa esercita la sua influenza sulle esperienze ulteriori. Il primo è ovvio e facile da cogliere. Invece l’effetto di un’esperienza non lo si può conoscere subito. [È compito dell’educatore] disporre le cose in modo che le esperienze pur non allontanando il discente e impegnando anzi la sua attività non si limitino a essere immediatamente gradevoli e promuovano nel futuro esperienze che si desiderano”.²⁹

In tale processo di apprendimento, il ruolo del docente è stravolto, difatti egli non è più concepito come dispensatore di saperi e nozioni, bensì una guida che regola e orienta i processi di ricerca del gruppo classe. L’insegnante non è “nella scuola per imporre certe idee al fanciullo o per formare in lui certi abiti, ma è lì come membro della comunità per selezionare le influenze che agiranno sul fanciullo e per assisterlo convenientemente a reagire a queste influenze”.³⁰

Fornire al discente il materiale adatto lasciandogli la possibilità di usufruirne liberamente e riaggiustare il proprio cammino partendo dagli errori compiuti, è un concetto che richiama le idee della Montessori. Ella difatti ci parla del bambino in quanto soggetto dotato di “mente assorbente” ossia di una straordinaria capacità di assimilazione, molto spesso inconscia, degli stimoli e delle sollecitazioni esterne,

²⁸ John Dewey, *Esperienza e Educazione*, Raffaello Cortina editore, Milano, 2014

²⁹ *ibidem*

³⁰ John Dewey, *Il mio credo pedagogico*, 1897

provenienti soprattutto dall'ambiente circostante piuttosto che dall'adulto. Il materiale didattico deve orientare “lo sviluppo spontaneo della personalità psico-fisica³¹” senza fornire risposte dirette e già precostituite, deve educare i sensi, l'intelletto, e i valori di impegno e responsabilità. In tale ottica risulta opportuna la guida dell'insegnante soltanto se non coercitiva o limitante. “Il fanciullo deve svolgere liberamente le proprie attività per maturare tutte le sue capacità e raggiungere anche un comportamento responsabile”.³² Bisogna dunque organizzare materiali e ambienti in modo tale da stimolare l'intelligenza e soddisfare la curiosità infantile, rendendo il bambino “buon scopritore, buon osservatore, buon costruttore”.³³

Sia Dewey che la Montessori sono importanti esponenti dell'attivismo pedagogico, sorto nel XX secolo in un periodo di forte mutamento del sistema scolastico tradizionale. La scuola perde, in tale contesto storico, il suo carattere elitario aprendosi alle masse e traendo ispirazione dalle idee democratiche e libertarie. Ci troviamo dinanzi ad un rinnovamento radicale dell'educazione, che inizia a considerare al centro di tutto:

1. **il bambino** (del quale si riconosce la diversità psichica rispetto all'adulto, cui in passato era generalmente assimilato);
2. **il fare**, che deve precedere il conoscere con lo scopo di generare il sapere passando dal globale al distinto e che quindi si matura su un “piano operatorio” come affermato da Piaget;

³¹ Maria Montessori, Metodo della pedagogia scientifica applicato all'educazione infantile nelle Case dei Bambini, 1909

³² Franco Cambi, Le pedagogie del novecento, Editori Laterza, Bari-Roma, 2008

³³ Roger Cousinet, L'educazione nuova, 1950

3. **l'ambiente**, la cui influenza ricade sulla conoscenza, contribuendo a surclassare il sapere codificato e sistematico.

L'attivismo ha favorito la nascita delle cosiddette "scuole nuove" centrate per l'appunto sul metodo sperimentale dando la precedenza assoluta all'esperienza dell'alunno rispetto alla parola del maestro. L'insegnamento scolastico inizia a muoversi direttamente dall'esperienza personale del fanciullo e dai problemi della comunità, basandosi su un ideale di interazione tra attività intellettuale e attività manuale.

Se da un lato è cruciale l'importanza del fare, dall'altro si sottolinea la necessità di riflettere sull'operato per dare valore all'esperienza e orientarla di conseguenza.

Secondo Dewey, bisogna "educare al pensiero" e dunque passare dal concreto all'astratto attraverso una lezione didattica in cui il discente è protagonista attivo, e il cui pensiero è continuamente stimolato e apprezzato. Il pensiero è necessario quanto l'attività pratica per l'assimilazione di saperi e concetti, ma bisogna sempre partire dal concreto per poi riflettere su di esso e interiorizzare il sapere da esso scaturito, in modo che "il lato attivo dell'apprendimento preceda sempre quello passivo, poiché l'espressione viene prima dell'impressione consapevole".³⁴

La filosofia deweyana si articola intorno alla "teoria dell'esperienza" intesa come ambito di scambio attivo tra soggetto e natura che trasforma continuamente i due componenti coinvolti. Si tratta di uno scambio caratterizzato da una crisi perenne, da uno squilibrio su cui interviene l'attività riflessiva, il pensiero per l'appunto, come mezzo per la ricostruzione di un nuovo equilibrio (più organico rispetto al precedente) ma che sarà anch'esso sottoposto a nuove crisi e a nuove ricerche di stabilità. Tale

³⁴ Franco Cambi, *Le pedagogie del novecento*, Editori Laterza, Bari-Roma, 2008

concezione non fa altro che alimentare l'idea di un sapere sconfinato, che non potrà mai essere pienamente conosciuto dall'uomo ma soltanto indagato e scoperto continuamente nelle sue varie forme, ma mai nella sua totalità. L'uomo ha il compito di avvicinarsi al sapere controllando l'esperienza mediante la sua intelligenza e la riflessione, generata dall'indagine scientifica fondata, oltre che sulla sperimentazione stessa, su fasi di ipotesi e verifica.

L'attività riflessiva condotta durante le attività laboratoriali, dev'essere interpretata su due livelli. C'è un primo livello in cui la riflessione sull'attività svolta innesca processi di conoscenza consapevoli, collegando gli esiti delle esperienze pregresse con quella che si sta conducendo al momento, sviluppando dunque una capacità di teorizzazione e generalizzazione delle esperienze stesse. Le pratiche laboratoriali promuovono quindi l'insorgere degli abiti mentali della ricerca che saranno di conseguenza applicati in diversi ambiti disciplinari.

Il secondo livello riguarda invece lo sviluppo di competenze riflessive intese come abitudini mentali di indagine e ricerca, interpretate da Frabboni come “capacità di impostare con chiarezza logica i problemi cognitivi, le strategie di scoperta e il metodo, le pratiche operative di applicazione delle conoscenze, le procedure di intuizione e di invenzione di soluzioni inedite, imprevedute e illogiche”³⁵

Sicuramente affinché un'esperienza sia significativa per lo studente, è necessaria l'interconnessione tra i suddetti livelli, ma è altresì indispensabile la stimolazione della curiosità personale. Il soggetto deve vivere un'esperienza che lo porti a confrontarsi con nuove abilità e nuove sfide, in modo da interiorizzare il significato di quanto vissuto e

³⁵ F. Frabboni, *Didattica e apprendimento*, Sellerio, Palermo, 2006

riutilizzarlo con maggior sicurezza in contesti differenti. I laboratori dunque si configurano come luoghi deputati allo sviluppo della “teorizzazione, ossia della strutturazione dei processi di conoscenza, attraverso il metodo della ricerca.”³⁶

La teorizzazione si realizza nel fronteggiamento di situazioni problematiche, attraverso l’interazione con i pari. Mediante l’attività concreta si ha la possibilità di chiarificare i processi di conoscenza attuando una generalizzazione di un compito locale. Affinché tale teorizzazione venga correttamente perseguita, non è sufficiente la connessione tra pratica concreta e atteggiamento riflessivo, ma è fondamentale sviluppare l’esperienza “nel senso della ricerca di cose nuove da fare e nuovi traguardi da raggiungere”.³⁷ (Si ripresenta il richiamo all’idea di continuum sperimentale).

Ritornando all’ottica deweyana, possiamo affermare che l’educazione condotta sulla base di questa metodologia d’azione, il cosiddetto Learning by doing, contribuisce al processo di liberazione dell’uomo, alla sua crescita ottimale, in quanto garantisce, non solo lo sviluppo di capacità intellettive, ma anche collaborative e sociali. Sappiamo che l’idea di scuola di Dewey era strettamente connessa a un ideale democratico e dunque la collaborazione generata dalle attività pratiche condotte collettivamente, non possono che migliorare l’intera società presente e futura in quanto si porta il bambino a divenire gradualmente cittadino dotato di mentalità moderna, scientifica e aperta alla collaborazione. Si assiste dunque alla “valorizzazione della scienza come metodo specifico di un’educazione democratica”.³⁸

³⁶ Silvia Fioretti, *Laboratorio e competenze*, Franco Angeli, Milano, 2010.

³⁷ *Ibidem*

³⁸ *Ibidem*

Il metodo della scienza difatti è l'unico ritenuto capace di orientare i discenti verso credenze elaborate in maniera comune, giacché caratterizzato da libera indagine e verifica intersoggettiva dei risultati dell'indagine stessa. Nelle pagine della "Logica", Dewey sostiene che il metodo scientifico descritto in termini di indagine, è un processo di costante organizzazione e revisione critica dell'esperienza. Attraverso esso il soggetto sviluppa un *modus operandi* che gli permette di affrontare le situazioni problematiche, indagandole mediante procedimenti verificabili e progettando soluzioni operative. Questo modo d'agire non può non essere appreso in classe, in quanto elemento imprescindibile della formazione di un uomo democratico e pienamente efficiente. Si parla di una persona competente in grado di padroneggiare cognitivamente le azioni compiute e che sa manifestare, a livello metacognitivo, consapevolezza dei criteri adottati. Il bambino raggiunge "l'expertise" quando riesce ad effettuare un controllo metacognitivo dell'attività, svolta in modo competente, attraverso la ricezione dei feedback e operando di contro i dovuti aggiustamenti. Colui che riesce a controllare tali processi autoregolativi si può definire esperto.

3.3 DENSITA' E GALLEGGIAMENTO

Dopo aver disposto sulla cattedra una vaschetta trasparente piena d'acqua e una serie di oggetti di diversa natura. Disegno alla lavagna una tabella da compilare collettivamente e chiedo ai bambini di prevedere il comportamento degli oggetti da me mostrati per annoverarli nella lista di quelli che affondano o galleggiano. Ovviamente i pareri degli alunni sono discordanti, e quindi preferiamo procedere per alzata di mano e riportare quanto decretato della maggioranza. Ecco le nostre ipotesi:

GALLEGGIA	AFFONDA
Biglia di vetro	Cubo di Rubik
Pallina di polistirolo	Dado
Oveto kinder piccolo	Chiodo
Piccolo contenitore acciaio	Cucchiaio acciaio
Oveto kinder grande	Cucchiaio di plastica
Tocchetto di legno	Palla di plastilina
	Gomma per cancellare
	Candela

Subito dopo andiamo a verificare le nostre ipotesi e ci rendiamo conto che quanto previsto non sempre corrisponde al comportamento effettivo degli oggetti. A questo punto chiedo di modificare la suddetta tabella apportando dovute correzioni, e rappresentare mediante un disegno il livello di galleggiamento dei vari elementi facendo attenzione all'altezza cui si sono disposti. Notiamo infatti che gli oggetti che affondano sono allo stesso livello, quelli che galleggiano invece lo fanno ad un livello differente.



Ad esempio...

“il cubo grande è come se sta un po' fuori e un po' dentro”

“l'ovetto kinder sta proprio sopra e si mette storto, invece il cubo grande si mette obliquo”

Prima di capire da cosa dipende il galleggiamento, vediamo cosa succede quando mettiamo un oggetto in un becher graduato pieno d'acqua. Ne consideriamo uno contenente 770 ml e inseriamo in esso il cubo di Rubik. Cosa succede?

“galleggia”

“sì ma però il livello dell'acqua è un po' aumentato”

“sì perché se tu spingi arriva fino a 800 e a forza di spingere sotto, si alza l'acqua”

Notiamo che dall'immersione del tocchetto di legno l'innalzamento corrisponde a sole tre tacchette. La plastilina invece affonda ma genera un innalzamento di 50 ml.

“hai visto? Anche se metti la mano si alza!”

“perché è pesante l'oggetto”

“perché occupa dello spazio e quindi l'acqua sale. Più spazio occupa più sale!”

“Quindi se occupa tanto spazio sale più acqua”

“quando lo togli poi l'acqua scende perché libera lo spazio”

Vediamo che con la biglia, che ha un volume minimo rispetto agli elementi utilizzati in precedenza, non si genera un innalzamento visibile nel becher da 1L. In una siringa invece, esso sarà molto più evidente e corrispondente, per la precisione, a 5 ml.

Perché è possibile osservare la variazione di livello solo nella siringa?

“perché c'è meno spazio nella siringa e la biglia occupa più spazio perché quella è più piccola”

“cambia la forma del contenitore”

È come immergersi in una vasca o in una piscina, l'innalzamento sarà più evidente nella prima.

L'innalzamento dipende dunque, oltre che dal contenitore, anche dallo spazio che un oggetto occupa che andremo a chiamare VOLUME. Il livello d'acqua si alza di più a volume maggiore.

A questo punto andiamo a dimostrare che lo spostamento del liquido è pari al volume della parte immersa di un oggetto, mediante un esperimento condotto attraverso una piccola bottigliina piena di sale e un becher colmo d'acqua. Immergendo la bottigliina nel becher ci sarà ovviamente fuoriuscita di liquido, il quale una volta raccolto, andrà a riempire completamente la bottigliina in questione non appena liberata dal sale. Ciò rende maggiormente evidente come il volume di fluido spostato è pari al volume della parte immersa, in accordo alla legge di Archimede.

E se provassimo a spingere in basso oggetti che galleggiano? Proviamo a immergere in acqua una bottiglia vuota.

“salta come un coniglio”

“va giù”

“se lo spingi in profondità torna su”

“perché tu lo lasci perciò sale”

“perché l'acqua lo spinge! Tu spingi giù con l'acqua ma lei lo respinge e salta”

L'acqua esercita dunque una spinta sugli oggetti diretta dal basso verso l'alto, e possiamo analizzare la forza della stessa sospendendo una piccola valigetta ad una molla. Grazie ad un righello rileviamo i valori di allungamento della molla con l'oggetto in sospensione, prima al di fuori dell'acqua poi immerso in essa.

“la valigetta galleggia ma l’acqua fa piegare la molla, è come se diminuisce”

“diventa più corta la molla”

Avete mai provato a sollevare un amico in acqua? È più pesante o più leggero?

“Leggero perché è come se galleggiasse la persona, è come se perdesse peso!”

“è la forza dell’acqua che spinge!”

“l’acqua tiene a galla la valigetta con la sua forza!”

Deduciamo che l’acqua esercita una forza sugli oggetti immersi.

Quindi da cosa dipende il galleggiamento? Dal peso, materiale, forma? Il peso è importante?

Verifichiamo la cosa pesando gli oggetti su una bilancia digitale, rileviamo i valori di ciascun elemento e concludiamo che esso non è sempre rilevante giacché alcuni oggetti pesanti riescono a galleggiare, altri come il chiodo, che ha un peso di 4 g, affonda.

“Allora secondo me dipende dal materiale. Anche se il chiodo pesa poco non galleggia per il materiale perché il ferro non galleggia tanto bene “

Ma il cubo di Rubik e il dado sono fatti dello stesso materiale eppure il secondo affonda e l’altro no... forse dipende dalla forma?

“sì, gli oggetti piccoli affondano e quelli grandi o medi galleggiano”

“secondo me il contrario”

“no invece perché l’ovetto grande galleggia invece la biglia che è piccola no”

Dipende in realtà da tutte e tre le cose. Ma cerchiamo di capire meglio. Proviamo a far affondare gli oggetti che galleggiano e viceversa.

Uno alla volta i bambini si avvicinano alla vaschetta posta centralmente sulla cattedra.

Alcuni tentano di far affondare oggetti galleggianti invano. Inizialmente l’attenzione si

concentra sul comportamento di un cucchiaino in plastica e della valigetta in quanto possono sia stare a galla che andare a fondo.

“Perché l’acqua occupa dello spazio e lo rende più pesante. Come se metti l’acqua nella valigetta, diventa più pesante e se la togli galleggia”

Bene. Quindi alcuni oggetti non si lasciano affondare, altri sì se cambiamo il loro peso. Per avvalorare questa tesi mettiamo delle biglie in un ovetto kinder. Al raggiungimento il peso limite con 4 biglie, esso si immergerà maggiormente.

“se metti le cose pesa di più”

Possiamo invece far galleggiare oggetti che affondano? Proviamo con la plastilina.

Anche in questo caso diversi alunni sperimentano cambiando forma alla stessa, ma invano, fino a che uno di essi decide di attribuirle la forma di una barchetta.

“così galleggia!”

“perché l’acqua lo spinge di più”

Disegno alla lavagna la differenza tra le due forme che abbiamo attribuito alla plastilina. Faccio inoltre riferimento a un blocco di ferro e una nave dello stesso materiale. Perché la seconda galleggia? Poiché c’è difficoltà a elaborare una risposta decido di pesare le due diverse quantità di acqua spostate prima dalla pallina di plastilina, e poi dalla stessa a forma di barca. La seconda quantità è maggiore nonostante, mediante una bilancia, notiamo che il peso della plastilina è invariato.

“perché la pallina occupava meno spazio”

“è importante la forma”

Introduco a questo punto il concetto di densità. Descritto come “il numero di molecole contenute in un certo volume”

Questi due cucchiari hanno la stessa forma quindi se li metto in acqua occupano lo stesso spazio

“il materiale però è diverso”

Disegniamo alla lavagna la differenza di densità tra due cucchiari uno di acciaio in cui ci sono tantissime molecole e uno di plastica in cui ce ne sono molte di meno e distanti tra loro. Pensiamo poi alla diversa distribuzione delle molecole nella plastilina modellata diversamente. In questo caso il numero di particelle è immutato mentre cambia la loro disposizione. Lo possiamo vedere usando anche una sorta di “sommersibile” formato da un palloncino con all’interno 3 biglie, e che presenta due cannuccie all’estremità.

Gonfiando, il palloncino diminuisce la sua densità e quindi galleggia, viceversa cade sul fondo.

Chiedo ai bambini di trovare da soli una definizione di galleggiamento spiegando da cosa dipende in relazione agli esperimenti condotti e alle conseguenti deduzioni tratte. Nessuno riesce a tener conto però di tutti gli aspetti individuati ed elaborare di conseguenza un postulato generale; si soffermano principalmente su singoli esperimenti piuttosto che sulla loro visione complessiva. Introduco dunque il principio di Archimede.

“un oggetto immerso in un fluido riceve una spinta dal basso verso l’alto uguale al peso del volume di liquido spostato”

Ma cosa significa? avendo già analizzato la forza dell’acqua, riflettiamo soprattutto sull’ultima parte dell’enunciato andando a dimostrare che la plastilina a forma di barca galleggia in quanto la quantità di liquido spostato ha un peso maggiore della stessa. Il

peso della plastilina è in entrambi i casi pari a 34g., quello dell'acqua è nel primo caso di 10g, mentre nel secondo caso è di 38 g.

Secondo voi si può invece galleggiare in aria?

“uccelli”

“aereo”

Riflettiamo sulla cosa notando la differenza tra due palloncini, uno gonfiato da me, l'altro pieno di elio. Perché il secondo va più in alto?

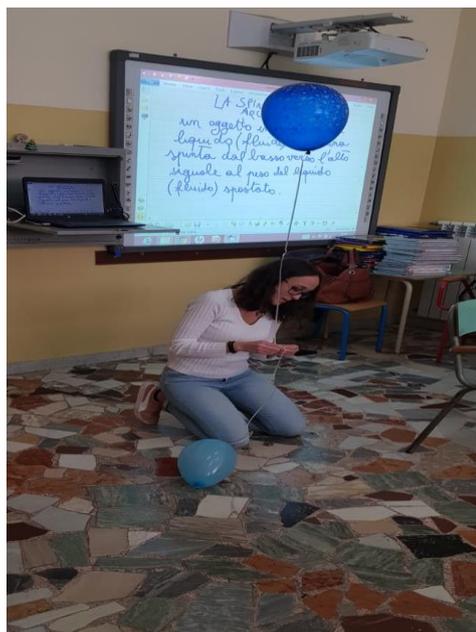
“c'è un gas dentro”

L'elio è infatti più leggero dell'aria circostante. Per questo motivo riesce a salire di più, è meno denso dell'altro palloncino. Se invece variamo il numero dei bulloni e dei pesetti posti sul filo che succede?

“galleggia più in alto”

“vola più in alto perché pesa di meno!”

Sperimentiamo diverse altezze di galleggiamento del palloncino in aria.



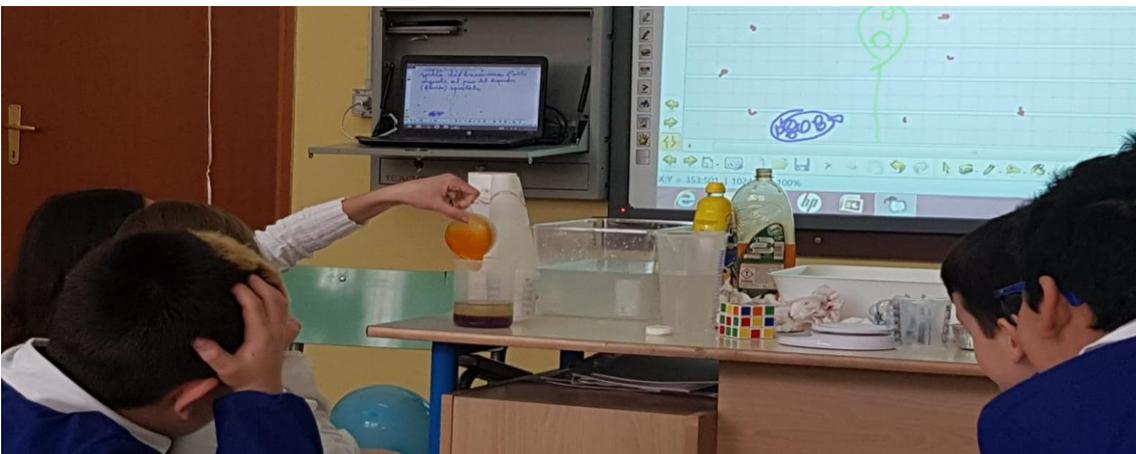
A questo punto, andiamo a riflettere sul galleggiamento in generale, ma da un nuovo punto di vista, ossia tenendo conto non più delle caratteristiche degli oggetti immersi, bensì dei liquidi utilizzati. Dimostriamo che la stessa candela affonda in maniera diversa in 3 becher contenenti medesime quantità di acqua, olio e sapone.

“dipende anche dal liquido allora! Perché noi non abbiamo fatto niente alla candela”

“è come se il sapone ha una forza più grande “



Costruiamo allora la “torre dei liquidi” e vediamo come oggetti diversi si posizionano sullo strato che riesce a sorreggerli. Il tappo di una bottiglia si posiziona sull’olio, una piccola perlina sullo strato d’acqua, un pomodorino sullo strato di sapone, mentre un bullone cade sul fondo.



“l’olio va sopra è come se fa tante bolle sull’acqua e poi si ferma”

“il sapone è più pesante di tutti e va giù”

“E secondo voi c’entra qualcosa la densità di cui abbiamo parlato prima?”

“Secondo me sì perché è come se l’olio ha meno palline”

“meno molecole!”

Sempre in relazione alla densità dimostriamo che un uovo immerso in acqua pura, non galleggia mentre se introduciamo del sale, esso salirà a galla. *Cos’è successo?*



“Forse con il sale l’acqua è più pesante”

“è come se abbiamo messo più molecole con il sale”

“è più denso!”

Ma come cade un oggetto in liquidi diversi? prendiamo una biglia e la lasciamo cadere in un due becher dalla forma allungata uno contenente acqua, l’altro olio.

Cronometriamo.

In olio impiega 16.50 secondi. *E in acqua?*

“ci mette pochissimo, 2 secondi! “

“è più liquida”

“è meno densa” E, come previsto, impiega 1.30 secondi.



lel

“ho capito quindi se si spostano più piano la biglia pure scende piano!”

Andiamo a questo punto a creare un liquido “speciale” avente la capacità di modificare la sua viscosità. I bambini costruiscono il fluido non newtoniano mescolando acqua e amido di mais, dopodiché notano come colpendo con forza esso sembra duro e impenetrabile, in caso opposto si comporta come un liquido normale.

“è tipo un po' liquido un po' solido!”

Guardiamo anche un video esplicativo in cui alcuni ragazzi riescono addirittura a camminare su un fluido simile, proprio per le suddette motivazioni.

Con le attività condotte sulla densità ho presentato ai bambini, concetti generalmente affrontati in periodi diversi della loro crescita e del percorso scolastico. Molto diffusa è la convinzione che determinati argomenti debbano essere presentati in specifici momenti dello sviluppo, in cui si suppone che il soggetto abbia maturato strutture cognitive più complesse rispetto alle precedenti. In accordo a tale concezione, bisogna sempre soffermarsi sulle capacità “attuali” del bambino subordinando in tal modo il processo educativo agli stadi di sviluppo dello stesso. Questa ideologia è alla base del

pensiero di Piaget secondo cui “le funzioni psichiche hanno uno sviluppo sia fondato sulla maturazione dell’organismo del bambino sia caratterizzato da una sequenza di stadi che emergono gradualmente nel corso dei primi anni di vita, dalla nascita all’adolescenza.

Lo stadio predetermina la possibilità che il bambino apprenda ciò che gli è insegnato a scuola”.³⁹

Esponente della pedagogia cognitivista, Piaget studia la mente del bambino nelle sue componenti biologiche, indicandola come capace di regolare i processi di sviluppo attraverso i principi di assimilazione e accomodamento che creano una relazione tra mente e ambiente. Si ha assimilazione quando un organismo adopera qualcosa del suo ambiente per un'attività che fa già parte del suo repertorio e che non viene modificata (ad esempio un bambino di pochi mesi che afferra un oggetto nuovo per batterlo sul pavimento è interessato a sperimentare il nuovo oggetto, giacché le sue azioni di afferrare e battere sono già acquisite). Questo processo predomina nella prima fase di sviluppo. Nella seconda fase invece prevale l'accomodamento, allorché il bambino può svolgere un'osservazione attiva sull'ambiente tentando di dominarlo. Le vecchie risposte si modificano al contatto con eventi ambientali mutevoli (se il bambino precedente si accorge che l'oggetto da battere per terra è difficile da maneggiare, cercherà di coordinare meglio la presa dell'oggetto stesso). Anche l'imitazione è una forma di accomodamento, poiché il bambino modifica se stesso in relazione agli stimoli ambientali. Un buon adattamento all'ambiente si realizza quando assimilazione e accomodamento sono ben integrati tra loro.

³⁹ Luciano Mecacci, Lev Vygotskij. Sviluppo, educazione e patologia della mente, Giunti, Firenze, 2017

Piaget designa inoltre le quattro fasi di sviluppo del bambino da 0 a 14 anni facendo corrispondere a ciascuna di esse determinate abilità individuali. Con Piaget si arriva ad una concezione totalmente nuova della mente infantile oltre che all'individuazione delle strutture cognitive, in virtù delle quali l'educazione dev'essere pensata e organizzata; "per impostare un'educazione del pensiero che tenga conto, nel lavoro didattico, delle effettive capacità linguistiche e logiche, del bambino".⁴⁰ Lo sviluppo del bambino viene visto come sottoposto a leggi puramente biologico-naturali mentre il processo di insegnamento/apprendimento "è concepito come uso puramente esterno di possibilità che si manifestano nel processo di sviluppo".⁴¹

In questo modo si riconosce una dipendenza tra insegnamento/apprendimento e sviluppo del soggetto, ma le si attribuisce un valore univoco in quanto lo sviluppo psichico procede indisturbato senza subire cambiamenti. Alla base di tale teoria c'è un assunto molto semplice secondo cui ogni processo educativo richiede come prerogativa indispensabile, un certo livello di maturità delle funzioni psichiche. Di conseguenza un processo di insegnamento/apprendimento ha luogo soltanto se il bambino ha sviluppato, in maniera sufficiente, le funzioni proprie del periodo evolutivo in cui si trova. Le forme di pensiero che il bambino matura stadio per stadio, risultano indipendenti dai contenuti dell'apprendimento giacché "ciò che si apprende non modifica la forma di pensiero in atto a una certa età del bambino".⁴²

Il pensiero infantile è considerato da Piaget, un concetto spontaneo a differenza di quelli, definiti scientifici, che derivano dall'insegnamento e che non sono espressione

⁴⁰ Franco Cambi, *Le pedagogie del novecento*, Editori Laterza, Bari-Roma, 2008

⁴¹ Lev Vygotskij, *Pensiero e Linguaggio*, 1934

⁴² Luciano Mecacci, *Lev Vygotskij. Sviluppo, educazione e patologia della mente*, Giunti, Firenze, 2017

del pensiero del bambino ma della sua conoscenza. Dunque nel momento in cui l'insegnamento/apprendimento si oppone allo sviluppo individuale, giungiamo alla tesi fondamentale di Piaget per la quale "i concetti scientifici rimpiazzano quelli spontanei e prendono il loro posto piuttosto che sorgere da questi trasformandoli".⁴³

Su una posizione diametralmente opposta si colloca il pensiero di Vygotskij, anch'egli cognitivista ma dalle idee del tutto differenti rispetto al primo. Due elementi fondamentali nella ricerca dello psicologo russo sono: l'analisi del rapporto di insegnamento/apprendimento [da lui chiamato *obucenie*⁴⁴] e il principio della zona di sviluppo prossimale. Per quanto concerne il primo fattore, Vygotskij attribuiva un carattere circolare ai processi di insegnamento e apprendimento considerando la loro influenza reciproca, perseguita mediante la rilevazione di feedback più o meno positivi. Se nella teoria di Piaget insegnamento e sviluppo procedono su due linee parallele, per Vygotskij ciò continua ad essere vero ma egli riconosce anche la possibilità, per questi due distinti processi, di incrociarsi e generare effetti additivi. Secondo tale pedagogista, la cosiddetta *obucenie*, può facilitare lo sviluppo del bambino e anticipare la comparsa di stadi evolutivi successivi; dunque l'insegnamento/apprendimento PRECEDE lo sviluppo.

Innanzitutto Vygotskij rifiuta l'impostazione nella quale il discente è un attore passivo all'interno del processo educativo, a differenza dell'insegnante che ha il compito di trasmettere non solo nozioni e saperi, ma anche regole e valori dipendenti dal contesto socio-culturale in cui si è situati. Ci si deve liberare da tale visione, andando ad

⁴³ Lev Vygotskij, *Pensiero e Linguaggio*, 1934

⁴⁴ L'*obucenie* è il processo di trasmissione e appropriazione delle conoscenze, delle capacità, delle abilità e dei metodi dell'attività conoscitiva dell'uomo. Essa è un processo bilaterale, attuato dal docente e dal discente.

attribuire all'alunno un ruolo di protagonista attivo, mentre il docente per educare nel vero senso della parola, deve limitarsi a organizzare correttamente spazi e materiali, per incentivare nel soggetto lo sviluppo autonomo di conoscenze. Non è contemplata la trasmissione di saperi già pre-confezionati e strutturati. Secondo la scrittrice svedese Ellen Key, il vero segreto dell'educazione sta nel non educare, per far sorgere nell'individuo la capacità di acquisire conoscenze e imparare a sfruttarle in altri ambiti. "Quando il maestro tiene una lezione o spiega, solo in parte si mostra nel suo ruolo di insegnante: precisamente nel fatto che organizza il rapporto del bambino con gli elementi dell'ambiente che agiscono su di lui. Quando espone semplicemente una cosa pronta, cessa di essere maestro".⁴⁵

Nel principio vygotkiano della zona di sviluppo prossimale, emerge nettamente il ruolo del docente come attivatore di strategie finalizzate all'insorgere di nuove forme di conoscenza nel soggetto. Tale principio si sviluppa in un periodo del Novecento, in cui si tendeva a valutare l'intelligenza degli alunni mediante dei test di rilevazione della stessa; basti pensare ai test del QI introdotti da Binet e Simon, in base ai quali venivano istituite classi differenziali con alunni distinti in base alle loro prestazioni. Questi test venivano utilizzati non solo per misurare il livello intellettuale del soggetto, ma anche per prevederne lo sviluppo futuro.

Vygotskij si distanzia da tale metodologia di rilevazione dell'intelligenza in quanto sosteneva che le linee di sviluppo di ogni bambino non sono affatto stabili né prefissate, ma possono intraprendere le più svariate direzioni in funzione dell'intervento dell'insegnante. Attraverso alcuni esperimenti egli riuscì a dimostrare come i bambini,

⁴⁵ Lev Vygotskij, *Psicologia pedagogica*, 1926

potessero portare a termine compiti ritenuti complessi per la loro età, se aiutati correttamente dal docente o da allievi più “intelligenti” che avevano già sviluppato quella determinata conoscenza/abilità. Dimostrò inoltre, che questo miglioramento della prestazione era possibile soltanto in una data fascia di età e che il suo valore era simile a quello che il bambino avrebbe ottenuto da solo ma in un’età successiva. La prima caratteristica si riallaccia al concetto Montessoriano di “periodo sensibile” per il quale esiste un periodo critico in cui è possibile acquisire una competenza in ambito cognitivo, tenendo però conto che tale periodo è delimitato da due confini cronologici fissati geneticamente, oltre i quali il processo di insegnamento/apprendimento risulterà problematico. Il riconoscimento di questo periodo critico, va a contrastare le idee di alcuni rappresentanti della psicologia classica come Binet e Meumann, per i quali la maturità delle funzioni psichiche è una premessa indispensabile per l’insegnamento. “Se questo fosse vero, più tardi comincia l’insegnamento, più facilmente il bambino apprende [...] Allora perché è più facile insegnare a parlare a un bambino di un anno e mezzo che a uno di tre anni? [...] Se è vero che per l’insegnamento/ apprendimento si ha bisogno della maturità di queste funzioni, perché l’insegnamento/apprendimento diventa più difficile a un’età più avanzata?”⁴⁶

Per quanto concerne la seconda caratteristica, possiamo affermare che il bambino opportunamente aiutato dal docente ha la possibilità di allontanarsi dal suo livello di sviluppo attuale e avvicinarsi a quello potenziale. La prima zona indica il livello che il bambino ha raggiunto nel corso del suo sviluppo e dunque annovera le funzioni già maturate; la zona prossimale, indica invece le funzioni che ancora NON sono maturate

⁴⁶ Lev Vygotskij, La dinamica, 1991

ma in corso di crescita. Sono le funzioni che si costituiranno nella loro totalità nel futuro prossimo e che oggi, sono in uno stato embrionale. Quindi la “zona di sviluppo prossimale caratterizza lo sviluppo di domani”.⁴⁷Tale zona dà all’insegnante la possibilità di riflettere non solo su quanto già maturato nel soggetto, ma anche su ciò che è in corso di formazione andando a prevedere, per quanto possibile, quello che il bambino sarà capace di fare autonomamente in futuro. “È importante definire non solo tutto ciò che il bambino può fare da solo, ma anche tutto ciò che egli può fare con l’aiuto di qualcun altro, perché se si sa tutto ciò che egli è capace di fare con l’aiuto di qualcuno, si sa pure ciò che egli può fare da solo domani”.⁴⁸

Sulla scia di Vygotskij si collocano gli studi di Jerome Bruner, il quale ristrutturò il concetto della zona di sviluppo prossimale parlando di “scaffolding” tradotto come “impalcatura, struttura di sostegno”. Alla fine degli anni 70, Bruner introdusse questo termine per indicare il ruolo di tutoraggio e supporto degli insegnanti e dei genitori nel momento in cui risolvono una situazione problematica insieme al bambino. Si indica quindi, con questo termine metaforico, l’intervento di una persona esperta (tutor) in un’azione condotta da una meno esperta (il bambino). L’impalcatura fornita dall’adulto garantisce lo svolgimento di attività situate in un livello di poco superiore a quello in cui il bambino si trova effettivamente. In tal modo, si apre all’individuo, la possibilità di usare, in un secondo momento e in maniera indipendente, quanto appreso mediante il supporto dell’esperto. Lo scaffolding è dunque un processo fondamentale nel fronteggiare i compiti evolutivi attraversati da bambino.

⁴⁷ Luciano Mecacci, Lev Vygotskij. Sviluppo, educazione e patologia della mente, Giunti, Firenze, 2017

⁴⁸ Lev Vygotskij, La dinamica, 1991

Secondo studi condotti nel '95 da esponenti come Allan Collins, John Seely Brown e Susan Newman, lo scaffolding è da inserirsi in unico processo più complesso designato con l'espressione "apprendistato cognitivo". Esso consta di 4 fasi quali:

1. Modeling: in questa fase il bambino osserva l'esperto agire e condurre un compito,
2. Coaching: fase di allenamento in cui il soggetto svolge il compito seguendo eventuali feedback forniti dal tutor
3. Scaffolding: il compito viene eseguito mediante il supporto del docente
4. Fading: fase conclusiva del percorso, in cui il bambino lavora in maniera indipendente.

Ovviamente lo scaffolding dev'essere inteso non solo come supporto fornito in un'attività pratica, ma momento di supporto anche emotivo, che porti il bambino verso lo sviluppo di nuove conoscenze e competenze, ma anche e soprattutto verso la metacognizione. Il soggetto deve infatti imparare a riflettere sul proprio operato nonché sulle personali modalità di apprendimento divenendo consapevole dei propri processi cognitivi e delle modalità da attuare per migliorarli. Il docente dovrà a tal proposito, fornire ai giovani gli strumenti metodologici che li rendano capaci di interpretare e padroneggiare la realtà, presentando nello specifico le STRUTTURE del sapere, ben lontane dal nozionismo e dall'assimilazione passiva di concetti e informazioni.

Alla luce di tali digressioni, non posso non ribadire quanto il mio lavoro sia stato condizionato dal pensiero di Bruner e Vygotskij. Ho provato infatti a guidare il bambino verso la sua zona di sviluppo prossimale mediante una stimolazione e uno scaffolding

continuo, azioni attuate talvolta da me, talaltra da alunni che si sono mostrati più competenti rispetto ad altri.

3.4 L'ACQUA È VITA

Entrata in classe, dispongo un recipiente con dell'acqua accanto al muro e vi introduco delle strisce di materiale differente. Chiedo ai bambini di registrare in una tabella il livello raggiunto dall'acqua in ogni striscia al momento subito successivo l'introduzione e dopo qualche ora. Una bambina si fa portavoce ed effettua la rilevazione per tutti con l'aiuto di una riga. Mentre lasciamo del tempo all'acqua per risalire nei vari materiali, ci dedichiamo ad altre sperimentazioni. Innanzi tutto, chiedo ai bambini perché è importante bere acqua, ottenendo risposte di varia natura come:

“per la vita”

“l'acqua ci serve per ricaricarci come la macchina che ha bisogno della benzina. Il cibo e l'acqua ci caricano”

“l'acqua serve per lavarsi le mani e farsi la doccia”

“se non beviamo moriamo disidratati”

A questo punto spiego che il nostro corpo è composto al 70% di acqua, emessa mediante la respirazione, la sudorazione e la minzione ed è necessario reintrodurre i liquidi persi per sopravvivere. Detto ciò pongo un altro quesito ai bambini. C'è differenza tra acqua del rubinetto (non potabile) e acqua in bottiglia? Riscaldiamo un po' di acqua non potabile su un fornellino e notiamo che in seguito all'evaporazione della stessa, sul fondo resta un residuo biancastro mentre con acqua potabile ciò non accade. Perché?

“è come se l'acqua non potabile fosse sporca. È piena di germi e non solo ci ammaliano ma c'è anche il rischio di morire”

“io lo so cos'è! È il calcare.”

Dall'osservazione del residuo biancastro conveniamo dunque che nell'acqua non potabile vi sono sostanze nocive mentre quella in bottiglia, essendo periodicamente controllata e analizzata risulta pura. Quando le guardiamo sembrano uguali, non riusciamo a vedere le sostanze disciolte!

Proviamo a mescolare l'acqua con vari elementi, cosa succederà? Divisi in 4 gruppi, i bambini scelgono una sostanza a testa e riportano in una tabella i risultati rilevati dall'intero gruppo.



Scopriamo che: sale, zucchero, farina, bicarbonato e cacao si sciolgono tutti seppur con tempistiche diverse rendendo in alcuni casi l'acqua torbida e profumata, in altri lasciandola apparentemente invariata. Ci sono dubbi circa il comportamento del sapone che solo dopo un periodo iniziale di addensamento sul fondo, riesce a sciogliersi. L'unico elemento che non si mescola con l'acqua è l'olio, che creando tante bollicine, rimane in superficie. Fatto ciò etichettiamo l'acqua come SOLVENTE perché ha la

capacità di far sciogliere alcune sostanze, quelle che si sciolgono si definiscono SOLUBILI quelle che non si sciolgono le definiamo INSOLUBILI.

Ma che fine fa una sostanza quando si discioglie, scompare?

Pesiamo 100ml di acqua distillata in cui sciogliamo 50 g di sale notiamo che:

il livello dell'acqua si alza leggermente, il peso aumenta di 12g. Allora il sale non è scomparso! Ma se ne può sciogliere all'infinito? Tutti concordano su una risposta negativa e allora calcoliamo quanto sale si scioglie in tutto nei 100ml di acqua. Il risultato è 36 g. Da questo punto in poi (che indichiamo come punto di SATURAZIONE) i granellini si depositano sul fondo.



A questo punto passiamo allo studio della tensione superficiale partendo dall'analizzare la forma delle gocce d'acqua. A tal proposito distribuisco ai bambini alcune monetine e dei bicchieri. Il compito dato loro è quello di versare quante più gocce possibili sull'oggetto ricevuto facendo attenzione alla particolare forma assunta dall'acqua stessa.



“sembra una sfera sulla monetina!”

“l’acqua esce fuori dal bicchiere “

“io riesco a riempire tutto il bicchiere e sembra una sfera però poi metto una goccia in più e cade tutta l’acqua”

Ma ancora non siamo riusciti a rispondere al quesito iniziale...

Proviamo a poggiare una lametta sulla superficie dell’acqua con molta delicatezza; non cade, come mai? Faccio avvicinare i bambini a piccoli gruppi alla cattedra per osservare da vicino la superficie del liquido.



“sembra che la lametta vuole affondare ma non affonda”

“è come se volesse fare un buco ma non ci riesce”

“sembra appoggiata su un telo, come se l’acqua fosse un letto”

Introduco del sapone, e notiamo che la lametta affonda istantaneamente. Perché?

Mostro per suscitare ulteriori riflessioni, la foto di un’idrometra e di un nuotatore, che evidenziano il fenomeno della tensione superficiale.

“l’acqua sembra una specie di gel “

“non cade perché ci sono le molecole”

“sembra che il nuotatore ha la testa schiacciata sotto la superficie dell’acqua”

“è in una specie di bolla”

Com’è possibile che sia l’insetto che la lametta non cadano??

Scopriamo che questo comportamento dipende da una proprietà chiamata tensione superficiale, ma che significa? Mediante una personificazione e una simulazione dei legami molecolari dell’acqua, capiamo che le molecole superficiali cerano di tenersi sempre molto strette

“è per questo che l’insetto non cade! L’acqua non vuole farlo entrare!”

Quando arriva il sapone però, il legame viene spezzato e le molecole d’acqua si allontanano in direzioni opposte. Andiamo a verificare la cosa con un esperimento condotto con acqua origano e sapone. Quando introduciamo nel piatto il cotton fioc bagnato nell’olio, l’origano si allontana all’istante.

A questo punto mostro un esperimento condotto con un barattolo in cui è inserita dell’acqua, la cui estremità è coperta da una striscia di garza. Quando rovescio il sistema

l'acqua non cade verso il basso. Com'è possibile? Spiego che è anch'esso un effetto della suddetta proprietà, in quanto le molecole d'acqua hanno la possibilità di legarsi maggiormente tra loro, incastrandosi in qualche modo anche con quelle della garza.

Finiti gli esperimenti sulla tensione superficiale, ci confrontiamo su quelli condotti singolarmente a casa con la spugna immersa in acqua con modalità e tempistiche differenti. I risultati ottenuti dai bambini sono stati univoci:

“quando l'ho appoggiata sulla superficie la spugna galleggiava”

“sì stava tutta sopra!”

“quando l'ho appallottolata e messa sotto l'acqua, ne ha assorbito un po' ed è rimasta più dentro l'acqua”

“dopo tutta la notte invece l'ho trovata tutta affondata”

“ma non era affondata! Era tutta sotto la superficie”

Perché la spugna è affondata progressivamente?

“ha assorbito sempre di più!”

“È come se l'acqua è salita piano piano”

Andiamo a questo punto a controllare il livello di acqua raggiunto nelle varie strisce di materiale per confrontare le misurazioni e dunque rilevare le differenze. Notiamo che nelle strisce di plastica e alluminio non c'è stato alcun assorbimento, mentre i risultati maggiori si sono ottenuti con quelle di stoffa e di carta. Abbiamo annotato tutto in tabella. Da cosa dipende la salita dell'acqua?

“secondo me perché la plastica e l'alluminio sono duri perciò l'acqua non riesce a salire e scivola”

“non assorbono perciò non sale”

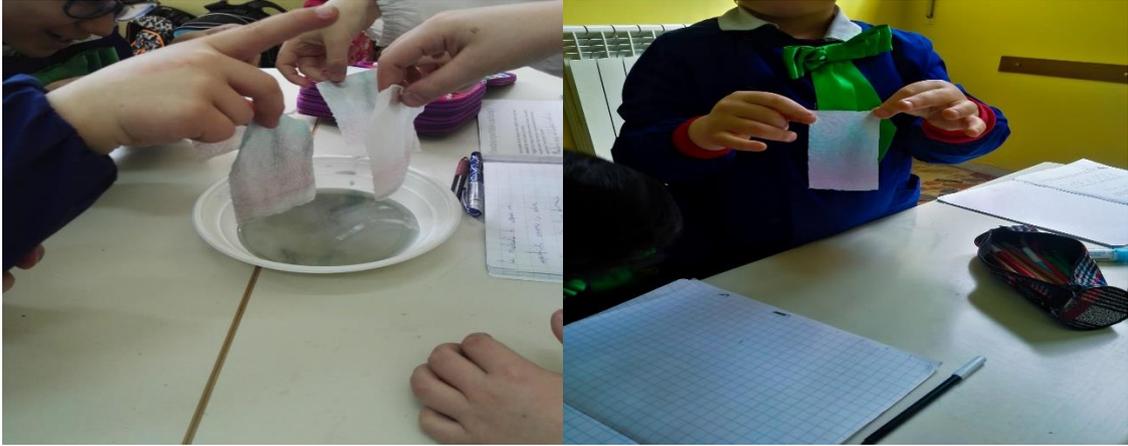


Guardiamo da vicino la stoffa e notiamo che c'è una sorta di trama, l'acqua riesce ad arrampicarsi nei tubicini sottili che costituiscono la trama. Vediamo meglio la salita di acqua colorata in tubicini capillari molto sottili. Diamo una definizione di capillarità e disponiamo un gambo di sedano in acqua colorata con lo scopo di vederlo colorato, nei giorni successivi, grazie alla proprietà appena conosciuta.

3.5 ACQUA E LUCE

Iniziamo la lezione ricollegandoci alla parte conclusiva di quella precedente. Chiedo difatti ai bambini un riscontro circa gli esperimenti assegnati per casa, inerenti due proprietà affrontate insieme: tensione superficiale e capillarità. Dalla lettura ad alta voce di alcuni elaborati mi rendo conto che non tutti hanno ben chiara la differenza tra le suddette, di conseguenza chiedo a coloro che hanno risposto correttamente, di argomentare quanto scritto in modo da aiutare i compagni, dopodiché attuo ulteriori esperimenti per saldare la comprensione degli stessi. Il primo esperimento è condotto

individualmente, gli alunni divisi sempre in gruppi, osservano la risalita del colore su un foglio di carta assorbente.



“Ma come fa l’acqua a salire verso l’alto? Non è un comportamento strano?! Di solito va verso il basso!”

“Proviamo a capirlo osservando come l’acqua sale in un tubicino piccolissimo. (capillare)”

Alcuni alunni si avvicinano per osservare la forma assunta dalla superficie dell’acqua all’interno del capillare.



Mediante un'immagine sulla LIM confrontiamo acqua e mercurio in una provetta di diametro ridotto. C'è differenza?

“stanno al contrario”

“l'acqua sembra una faccia felice, il mercurio va giù, sembra triste!”

“ma perché succede questa cosa?”

Spiego che l'acqua riesce ad “arrampicarsi” in tubi molto stretti perché ha 2 forze: adesione e coesione. La prima fa attaccare l'acqua ai materiali, se per esempio prendiamo una bottiglietta d'acqua vediamo piccole goccioline aderire alle sue pareti. La forza di coesione è invece quella che tiene le molecole del liquido molto vicine tra loro. Le molecole di acqua cercano cioè, di stare sempre l'una accanto all'altra. Se infatti facciamo cadere due gocce in porzioni di tavolo adiacenti, le suddette si uniranno generando un'unica goccia più grande. Osserviamo centralmente il moto di risalita di acqua colorata tra due vetrini.



Avvicinandosi alla cattedra e guardando il risultato, i bambini cercano una spiegazione al perché *“da un lato è salita di più e dall'altro di meno, formando una strana curva”*.

“qua è salita di più”

“perché qua sta lo stuzzicadenti che fa spazio”

“la pinzetta mantiene più forte e poi l’acqua sale piano piano e riempie questa parte del vetro”

“dove sta la pinzetta l’acqua è riuscita a salire perché le molecole sono più attaccate”

“è la capillarità!”

“Prima, dicevamo che l’acqua ha due forze, e in questo caso, essa riesce a salire perché la forza di adesione è più grande di quella di coesione.”

Chiudiamo in tal modo l’argomento capillarità, per passare ad un’altra riflessione:

“perché l’acqua del mare non ci disseta?”

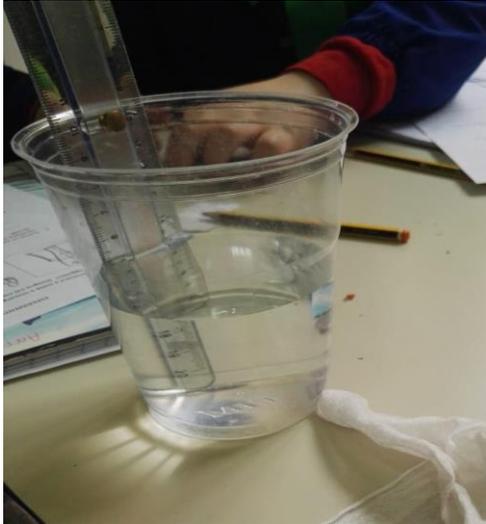
“perché è salata!”

“Sì ma cosa succede nello specifico alle nostre cellule quando beviamo acqua molto salata??”

Disponiamo sui 4 banchi, due contenitori uguali entrambi contenenti acqua. Nel primo recipiente inseriamo una patata aperta a metà, svuotata del suo contenuto e riempita con del sale; nell’altro poniamo all’interno della patata piuttosto che sale, acqua colorata dolce (rispetto a quella circostante che è stata preventivamente salata). Questa attività serve per capire il processo osmotico cui sarebbero poste le nostre cellule in caso di assunzione di liquidi eccessivamente salati. Dopo 15 minuti notiamo che l’acqua dolce si è spostata verso la zona più concentrata.



Spiego dunque che le cellule sono i più piccoli costituenti del nostro corpo e che nel momento in cui la concentrazione di sale esterna alla loro membrana, aumenta eccessivamente, l'acqua che contengono fuoriesce per ripristinare l'equilibrio. Il caso estremo di tale situazione è un'eccessiva disidratazione. Per analizzare ulteriormente il fenomeno, poniamo una foglia di radicchio all'interno di acqua e sale per andare ad analizzare il mutamento delle sue cellule, alla fine dell'ora, mediante un piccolo microscopio ottico. Nel frattempo distribuisco a ciascuno, una scheda in cui sono riportati diversi esperimenti da condurre singolarmente. Per ogni esperimento richiedo di trascrivere, spiegare o disegnare l'accaduto. Quando tutti terminano le attività, ci confrontiamo su quanto emerso. Tutti gli esperimenti sono legati a effetti ottici nati dalla relazione di acqua e luce. Il primo esperimento consiste nell'osservare la metà di un righello posto all'interno di un bicchiere d'acqua *che succede?*



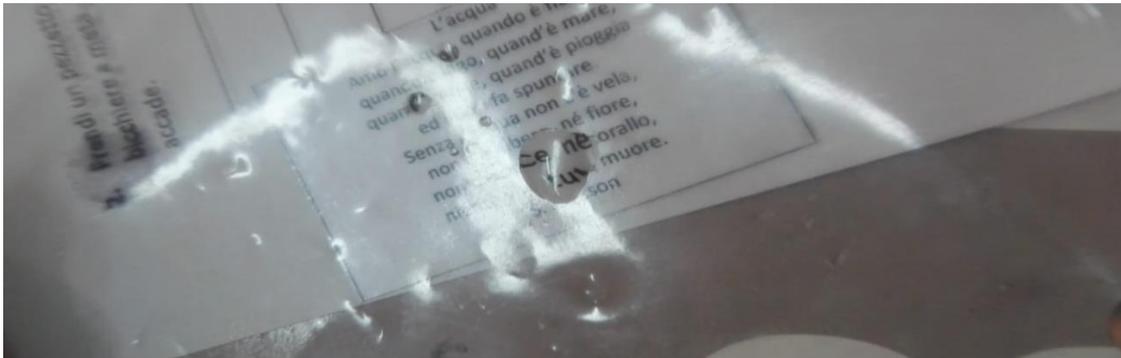
“è ingrandito”

“sembra grasso”

“sembra spezzato”

“la parte sotto è più grande”

Il secondo consiste invece nel far cadere una goccia d'acqua su un pezzetto di carta plastificata su cui è trascritta una poesia in caratteri molto piccoli. Osserveremo anche in questo caso...

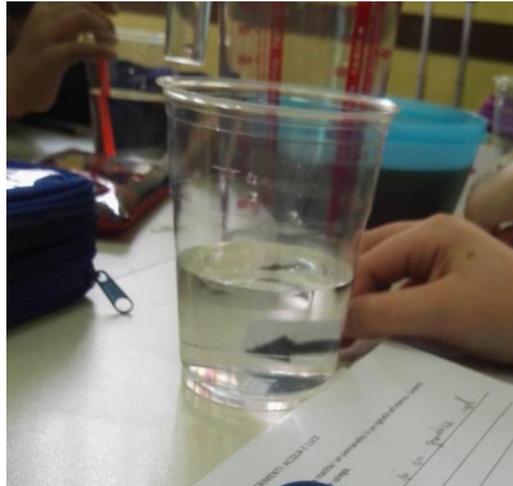


“è ingrandito”

“è tipo come se la goccia è una lente di ingrandimento”

“si riesce a leggere, senza acqua si vede ma non tanto bene”

Per il terzo esperimento assistiamo all'ingrandimento e al capovolgimento di una freccia disegnata su un pezzetto di carta, progressivamente allontanata dal bicchiere pieno.



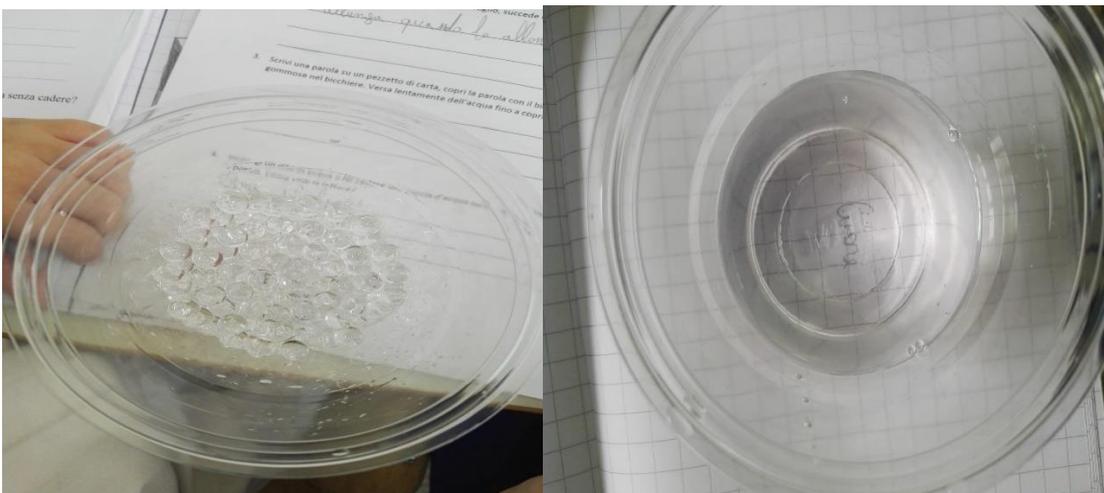
Come ultima attività scriviamo una parola sul foglio, vi poniamo sopra un bicchiere pieno di palline di gelatina trasparente (jelly beans per giardinaggio) prima senz'acqua e poi con dell'acqua. Con le sole jelly beans la lettura sarà ostacolata, mentre versando acqua fino a coprirle del tutto, la scritta tornerà di nuovo visibile. Com'è possibile?

“è come se scomparissero”

“scompaiono ma se le tocco vedo che ci sono ancora”

“le palline scompaiono e la scritta riappare”

“si mimetizzano in acqua”



Spiego che tutti questi esperimenti dipendono dal modo in cui i raggi luminosi attraversano l'acqua. Essi subiscono deviazioni differenti a seconda del materiale incontrato. Le jelly beans senz'acqua impediscono la lettura perché intorno vi è dell'aria mentre quando riempiamo il bicchiere, la luce attraversa simultaneamente il liquido e tale sostanza gelatinosa, subendo due rifrazioni variate in misura quasi impercettibile.

Osserviamo come una bacchetta di vetro inserita in un becher contenente un strato d'acqua e uno d'olio, risulta scomparire nella parte contenente olio. Ovviamente anche in questo caso il principio è lo stesso.

Ma che significa che la luce viene deviata? Vediamo come la luce in aria segue una linea retta, se indirizzo un laser verso il muro, il punto di luce generato si troverà sulla linea retta su cui giacciono il punto in questione e la mia mano. Vediamo però come lo stesso raggio si “spezza” in acqua deviando il suo tragitto, usufruendo di una vaschetta trasparente piena d'acqua, il laser e del talco utilizzato per rendere maggiormente evidente il percorso del raggio luminoso.



Prendendo come esempio un'attività della lezione precedente, in cui utilizzammo un contagocce per creare "cupole d'acqua" su monetine e bicchieri, spiego che quando la luce attraversa vetri, o l'acqua stessa, che hanno una forma sferica, si ha un ingrandimento dell'oggetto osservato. Ciò avviene perché in questo caso tutti raggi di luce si concentrano in un unico punto, e l'oggetto ci sembra più grande.

Pongo un altro quesito, di diversa natura, alla classe. "Come si forma l'arcobaleno? E perché si forma soltanto dopo la pioggia?"

"Perché lo fanno apparire gli scienziati"

"io me lo sono chiesto ma non lo so. E lo sai che a volte quando accendo la luce a casa si fa l'arcobaleno sul muro?"

"non so com'è possibile"

Poiché non conosciamo la risposta vado ad affrontare l'argomento mostrando innanzitutto un'immagine esplicativa sulla LIM, poi osserviamo direttamente la scomposizione della luce stessa usando prima un prisma di vetro, poi un barattolo pieno d'acqua in cui è inserito uno specchio.



“allora la luce del sole contiene l’arcobaleno!”

“ma perché l’arcobaleno è sempre metà cerchio?”

Spiego, mostrando nuovamente l’immagine iniziale, che in realtà sembra avere tale forma soltanto perché riusciamo a osservare la scomposizione da una certa angolazione relativa a raggi solari e gocce.

A questo punto distribuisco ai bambini dei piccoli telai fatti da cannucce e spago alimentare. Utilizziamo questo strumento per creare bolle di sapone (o meglio delle pellicole di sapone) e osservare la creazione di colori sulla superficie. Possiamo inoltre osservare come la tensione superficiale tende a tenere vicini i fili di spago, subito allontananti al momento dello scoppio della bolla.



Prima di concludere definitivamente le nostre attività, osserviamo al microscopio il restringimento delle cellule della foglia di radicchio rimasta fino ad ora in acqua e sale.

Facciamo la differenza tra le immagini del prima e del dopo, sempre utilizzando la LIM

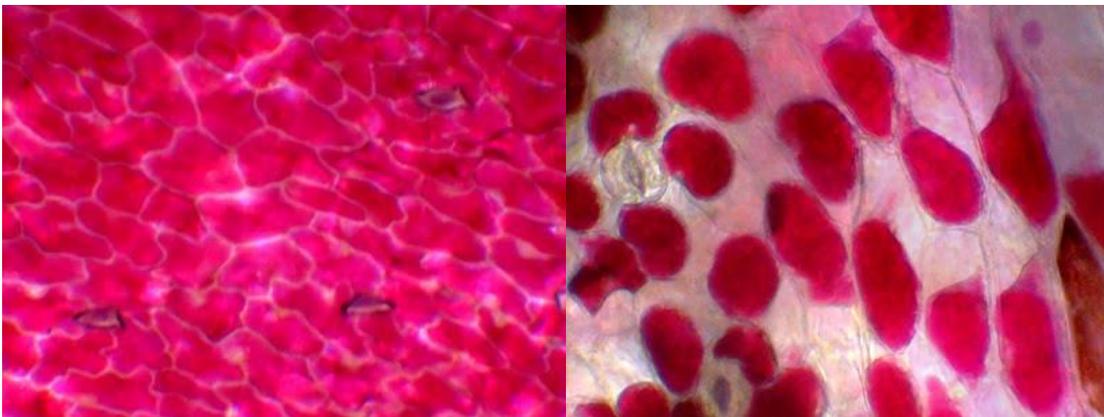


“si sono ristrette col sale”

“sembra che intorno c'è tutta una sostanza vuota”

“sembrano palline minuscole invece prima del sale sono tutte vicine”

“dopo il sale sono secche”



Chiuso il percorso del giorno, assegno per casa lo studio del ciclo dell'acqua, da analizzare autonomamente con la promessa di affrontarlo insieme il mercoledì successivo.

3.6 RIEPILOGHIAMO

Durante l'ultimo incontro ci dedichiamo allo studio del ciclo dell'acqua e del PH, e ad un'attività riepilogativa. Partiamo innanzitutto con la lettura della scheda teorica assegnata per casa, e procediamo alla sua spiegazione. Vediamo che l'acqua cambia continuamente la sua forma, passando attraverso vari stati, riportati chiaramente in uno schema sul quaderno. Richiamo alla memoria il discorso sui tre stati della materia già affrontato insieme.

Mi ricollego al concetto delle piogge acide mostrando alla classe un'immagine raffigurante un cielo inquinato e la conseguente pioggia "nociva" generata. Capiamo che le piogge ACIDE sono estremamente negative per l'intero ecosistema e nascono nel momento in cui le molecole d'acqua si legano a quella di Zolfo e altri elementi di scarico. Ma cosa succede di preciso? Che significa piogge ACIDE?

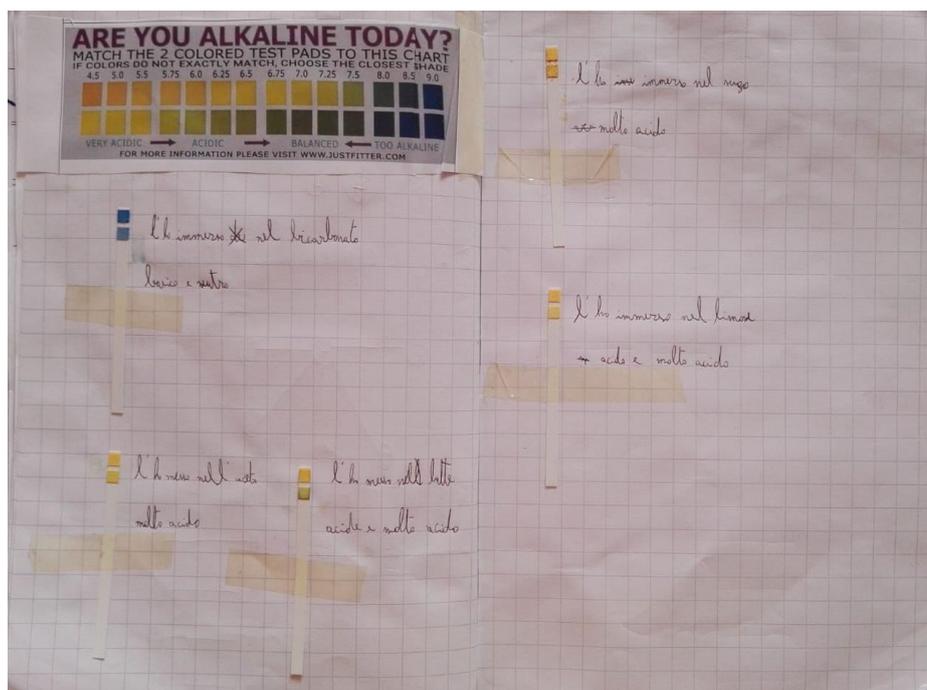
"è acida perché uccide le persone e gli animali"

"visto che l'inquinamento va dentro alle nuvole e la pioggia è acida, quando la pioggia va nel mare i pesci muoiono in quell'acqua"

Partiamo innanzitutto dalla composizione di una molecola d'acqua costituita da due "palline" di idrogeno e una di ossigeno. Vado poi a introdurre la distinzione tra sostanze acide e basiche affermando (e semplificando in maniera estrema), che anch'esse sono costituite da idrogeno e ossigeno ma il modo in cui si relazionano, e la loro quantità, sono diverse rispetto a quando formano l'acqua; ed è proprio da tali differenze strutturali che scaturiscono proprietà divergenti rispetto a quelle dell'acqua.

Poiché non abbiamo la possibilità di analizzare la composizione interna di una molecola, possiamo categorizzare queste sostanze, utilizzando cartine al tornasole e

confrontando la colorazione assunta con una scala cromatica di riferimento. Le sostanze da classificare sono: succo di limone, aceto, pomodoro, acqua con bicarbonato, sapone, latte. Capiamo dunque che per ogni sostanza la cartina assume un determinato colore, cosa che suscita molto stupore.



Terminata quest'attività chiedo ai bambini di collaborare per compilare "giochi scientifici" da me riportati su un cartellone riepilogativo. Imposto l'attività come una sorta di sfida tra i gruppi per incentivare la motivazione dei singoli e accrescere lo spirito di gruppo. Ci dedichiamo anche alla risoluzione di giochi online sull'acqua che andranno ad assegnare un punteggio decisivo per la vittoria finale.

(di questo andrò a parlare nello specifico nel capitolo successivo dedicato alla valutazione dei bambini e autovalutazione del mio operato)

CAPITOLO 4: RIFLESSIONI CONCLUSIVE

4.1 LA VALUTAZIONE E LA RISPOSTA DEGLI ALUNNI

La valutazione è probabilmente uno dei momenti più ostici del processo di insegnamento-apprendimento. La difficoltà nell'attribuire valore ad un'esposizione orale, o in generale, all'operato di un allievo, sta nel prendere coscienza di un complesso di elementi reconditi, e dunque, non direttamente osservabili. Quando parlo di fattori nascosti, mi riferisco al vissuto personale del bambino oltre che al processo che lo ha visto coinvolto nel raggiungimento di quella determinata conoscenza/competenza. È necessario non sottovalutare l'importanza di questa fase, tenendo conto delle ricadute che inevitabilmente ha sul soggetto in quanto stimolo o inibitore del processo di apprendimento, oltre che generatore di spinta motivazionale.

“Non si calcola l'effetto di inibizione, il senso di umiliazione e, soprattutto, l'allontanamento dalla passione autentica dello studio che questa idea "metrica" della valutazione può provocare?”⁴⁹

La valutazione dovrebbe promuovere la responsabilizzazione e l'autocritica del discente, mostrandosi profondamente connessa alle esigenze della società, risultando altresì motivante, rispettosa dei processi reali di apprendimento e assolutamente non selettiva. Bisogna dunque pensare non ad una valutazione *dell'*apprendimento, ma ad una valutazione *per* l'apprendimento, che guidi chiaramente lo studente nel suo percorso formativo.

È inutile dire che limitarsi a valutare un'interrogazione, o un esercizio di qualsiasi natura, potrebbe comportare la gratificazione di soggetti che soltanto all'apparenza

⁴⁹ Recalcati M., Perché dico no alla scuola dei numeri, Articolo pubblicato sul quotidiano “la Repubblica”, 2019

hanno acquisito contenuti, ma che invece hanno semplicemente mostrato buone capacità mnemoniche e procedurali. Lo sviluppo del pensiero critico, la formazione del quadro valoriale di un soggetto e dunque la sua formazione in quanto uomo e cittadino, va oltre questo, e non può che rifuggire da tale metro di giudizio.

“In altre parole, come l’istruzione deve coinvolgere gli studenti in apprendimenti essenziali orientati a obiettivi di livello elevato (problemi complessi, pensare critico, creativo), in prestazioni reali, significative che lo sfidano e richiedono da lui l’integrazione di conoscenze e di abilità in prestazioni o prodotti complessi, ecc., così la valutazione deve controllare lo studente in compiti che non richiedono di ridire una conoscenza, ma invitano ad applicarla a problemi mal strutturati, in contesti reali simili a quelli in cui lavorano gli adulti, nell’integrazione di più routine in abilità complesse”⁵⁰.

Quanto affermato dal pedagogista statunitense Wiggins, ci aiuta a guardare la valutazione da una nuova prospettiva che descrive uno studente più attivo e responsabile del suo apprendimento, e un docente pronto a condividere con l’allievo gli obiettivi finali oltre che a supportarlo nel processo di crescita e preparazione al mondo esterno.

Sarebbe in realtà auspicabile anche un confronto con i genitori, ai fini di una costruzione più dettagliata del quadro generale in cui si iscrive il percorso del ragazzo.

“Possiamo notare una notevole differenza fra la valutazione condotta attraverso delle “prove” e la valutazione condotta attraverso delle “esperienze” prolungate, sistematiche, articolate nel tempo. La prova dà una “misura” del momento ed indica, se gli strumenti di raccolta dei dati sono precisi, le capacità, le conoscenze, le abilità del momento:

⁵⁰ Citazione di Wiggins, presente nell’articolo di Comoglio M., La valutazione scolastica.

difficilmente però riesce a valutare i talenti reali, le risorse potenziali, le capacità inesprese per mancanza di esperienza, di educazione, di stimoli... Se vogliamo accertare i talenti inespressi di una persona e fare previsioni di qualche attendibilità sui livelli di apprendimento che potrà raggiungere, dobbiamo osservarla nelle esperienze di apprendimento prolungate, volte a rinforzare i suoi precedenti risultati”.⁵¹

La valutazione non dev'essere altro che un mezzo per raggiungere la formazione, da intendersi come punto di partenza per un ripensamento della didattica, indirizzato alla maturazione di competenze efficaci a scuola e nella vita.

La difficoltà principale in cui sono incappata è stata individuare dei parametri valutativi cui potessi far riferimento. Bisogna inoltre considerare che durante la sperimentazione o l'ascolto di una spiegazione teorica, il bambino immagazzina informazioni articolate che richiedono, in quanto tali, continue riprese e sollecitazioni, da compiere in tempi dilatati. Ed è proprio la lentezza nello strutturare i saperi affrontati in classe, che rende complicato anche il processo valutativo. Ho quindi deciso di soffermarmi sull'osservazione dei comportamenti assunti dal singolo durante le attività collaborative, sui concetti esposti nelle discussioni, e sull'analisi delle sperimentazioni condotte a casa, il tutto per provare a rilevare un cenno di crescita del soggetto e un cambiamento nel modo di pensare e fare, sia individualmente che con l'altro.

Le metodologie di conduzione delle attività e le tematiche affrontate in aula, sono state organizzate in modo tale da facilitare lo sviluppo di competenze di carattere logico-deduttivo oltre che linguistico. L'insegnamento scientifico possiede di per sé la tendenza a favorire l'instaurarsi di situazioni che promuovano lo sviluppo e il

⁵¹ Articolo Monnachesi E., Valutazione formativa

potenziamento delle già citate competenze, centrali anche nel processo di formazione armonica e democratica degli studenti. Ci si muove verso una pedagogia “che insegni ad apprendere, ad apprendere per tutta la vita dalla vita stessa” così come affermava il filosofo pedagogista Rudolf Steiner.

Il riflettere individualmente e collettivamente attraverso il linguaggio interno/esterno, l’approcciarsi a tematiche nuove e complesse che esigono l’uso di termini specifici, la necessità di elaborare il proprio pensiero e ri-elaborarlo alla luce delle sperimentazioni, il rispetto di compiti e ruoli...sono tutti elementi che aprono la mente del discente e lo portano verso una formazione culturale completa e complessa.

Procedendo su tale linea, si genera nel soggetto un allontanamento progressivo dal tradizionale metodo di studio fondato sulla memorizzazione di nozioni che, il più delle volte, rimane fine a sé stessa.

È chiaro che la valutazione di tali competenze trasversali, risulta alquanto ardua, soprattutto se si pensa alle sole 18 ore che ho trascorso con gli allievi, ripartite in un arco di tempo di 5 mesi. Si tratta di analizzare elementi aleatori quali il grado di padronanza delle suddette competenze e la presumibile progressione di consapevolezza delle strategie da attivare per rendere efficace le proprie prestazioni e soddisfacente il grado di inserimento nell’ambiente sociale.

Diversi sono i fattori cui mi sono appellata, nel tentativo di valutare questa progressione. Per l’analisi dei comportamenti assunti, dei discorsi condotti, oltre che delle modalità relazionali messe in atto durante i lavori di cooperazione; ho fatto riferimento, non solo all’osservazione diretta, ma anche a registrazioni audio e video (le prime delle quali sbobinate per chiarificarne le fasi costituenti), fotografie di vari

momenti dell'attività, e un quaderno di lavoro classificabile come simil-portfolio, divenuto punto di raccolta di una serie di informazioni che specificherò a breve.

Prima di soffermarmi sull'analisi dei cambiamenti rilevati nel gruppo classe, tengo a precisare le scelte metodologiche e la strutturazione delle attività che ho presentato ai bambini.

In ogni lezione progettata ho condensato sperimentazioni condotte centralmente o in gruppi cooperativi, discussioni collettive inerenti le scoperte compiute e le tematiche prescelte, momenti di fissazione dei concetti mediante rappresentazioni grafiche, disegni, costruzione e trascrizione di enunciati teorici, momenti di ricostruzione di saperi appresi in fasi e tempi antecedenti. Ho sempre cercato di lasciare i bambini liberi di agire ed esprimere apertamente i propri pensieri, qualsiasi essi fossero, ma ho altresì provato a gestire il flusso di parole e azioni, incanalandole verso determinate strade, ai fini dell'instaurazione di una riflessione produttiva dal punto di vista scientifico e dunque, conoscitivo.

Dall'attenta osservazione degli allievi durante la pratica collaborativa, ho potuto rilevare un miglioramento, per la maggior parte dei discenti, delle improprie modalità relazionali. L'entusiasmo di svolgere un lavoro di gruppo, utilizzando attrezzature "scientifiche", la voglia di fare in maniera individuale l'esperimento proposto, sono stati origine, soprattutto nei primi tempi, di liti e disaccordi. È chiaro che non lavorando spesso in questo modo, i bambini abbiano manifestato difficoltà nella negoziazione di ruoli e significati. Trovarsi in un gruppo con compagni non scelti personalmente, e che presentano chiaramente delle modalità riflessive di approccio alla conoscenza, diverse

dalle proprie, comporta il confronto con l'altro, inteso come essere pensante divergente in tutto e per tutto da sé.

Un bambino in particolare, ha catturato la mia attenzione lamentandosi del lavoro con i compagni, in quanto, riuscendo a raggiungere in tempi più brevi i risultati delle sperimentazioni (non sempre corretti), lamentava il suo essere "frenato" dalla lentezza del gruppo. Chiaramente il problema non era il suo voler fare, ma il voler condurre le attività indipendentemente dagli altri, non tenendo conto della loro mancata comprensione, da parte dei compagni.

In alcuni casi i bambini bisticciavano circa le differenti deduzioni verso cui l'esperimento li aveva indirizzati, ma è stato più semplice risolvere questa problematica, facendo notare loro come il ripetere l'esperimento potesse confermare una delle ipotesi compiute; ripetizione pratica che abbiamo quasi sempre condotto centralmente per intavolare una discussione collettiva e arrivare lentamente a una sintesi conclusiva.

Ho constatato come nel corso del tempo gli alunni abbiano migliorato il modo di rapportarsi ai compagni, sia per quanto concerne il lavoro collaborativo, sia durante la discussione. Relativamente al primo punto, posso affermare che si è resa manifesta una maggiore comunicazione interna, così come l'istaurarsi spontaneo di una sorta di peer tutoring per il quale coloro che avevano notato un avvenimento o un passaggio interessante, lo portavano all'attenzione altrui, cercando così di elaborare una tesi finale, condivisa all'unanimità.

È chiaro che questo cambiamento non ha investito l'intero gruppo classe, e chi ne è stato interessato, lo ha portato avanti in maniera diversa, com'è normale che sia. Mi sono ritrovata quindi di fronte a soggetti più abili nella condivisione di saperi e obiettivi

di lavoro, a soggetti in fase di mutamento e alunni rimasti invece ad uno stato ancora grezzo. Il mio discorso è riferito alla maggioranza travolta da quest'ondata di rinnovamento, ma il mio generalizzare non è da intendersi come frutto di una superficiale osservazione del singolo, in quanto pienamente consapevole della diversità cognitivo-comportamentale caratterizzante ciascuna persona.

Per l'analisi delle discussioni e delle competenze trasversali ad essa correlate, ho ritenuto di grande aiuto le registrazioni audio-video e le sbobinate da me effettuate, in cui ho riportato frasi emblematiche ai fini di una ricostruzione del percorso di perseguimento e sintesi del sapere.

Il riferimento alla discussione, che ho prediletto durante lo svolgimento delle attività, è nato dal richiamo a teorie pedagogiche vygotkiane, ma anche dalla volontà di usufruirne in quanto possibile mezzo valutativo.

Ai fini di una didattica efficace, la discussione può presentarsi come strada maestra nel processo di insegnamento-apprendimento. Vygotskij si sofferma proprio sull'importanza della comunicazione, considerandola elemento basilare nella strutturazione delle più elevate funzioni psicologiche. Queste ultime difatti, prima di poter essere interiorizzate come sviluppo cognitivo, necessitano del dialogo e dell'interazione con gli altri.

La teoria vygotkiana centrata sull'analisi della psiche, si basa su 3 leggi dello sviluppo per cui:

la prima legge chiarifica il concetto di funzione psichica superiore, la quale distingue l'uomo dall'animale non per motivi quantitativi ma qualitativi. La differenza

fondamentale non sta nelle funzioni di cui predispongono per natura le suddette categorie, ma nella maggiore articolazione e complessità di quelle umane.

Uno degli esempi riportati da Vygotskij, si riferisce proprio alla molecola d'acqua "le cui proprietà non sono riconducibili alle proprietà degli atomi distinti di idrogeno e ossigeno. Nel momento in cui i due atomi di idrogeno e ossigeno si combinano in una molecola, si ha una riorganizzazione, una trasformazione delle proprietà, si salta da un livello a un altro".⁵²

Questo passaggio da funzioni "inferiori" a "superiori", non si verifica in maniera autonoma ma dipende dalla comunicazione con l'altro attraverso un processo in cui partendo da forme psichiche *non mediate*, si giunge a funzioni *mediate* e artificiali generate insieme a coloro con cui interagiamo. Una riflessione di questo genere, è argomento della seconda legge, che si sofferma sul contesto sociale in cui il bambino è situato.

Nelle prime fasi di vita, strutturiamo con il bambino, un rapporto basato sull'attivazione di stimoli che suscitano, di contro, una determinata risposta. Attraverso questi primi processi di interazione, inneschiamo il lungo processo di cambiamento delle funzioni psichiche superiori, cosa che avviene gradualmente e attraverso l'assimilazione dei processi sociali appresi con la mediazione altrui.

Ci si dirige, in tal modo, verso lo sviluppo culturale del soggetto, che è un'entità astratta ma perseguibile attraverso le persone e gli strumenti che le stesse, forniscono al bambino.

⁵² Mecacci, Lev Vygotskij sviluppo educazione e patologia della mente, Giunti, Firenze, 2017

Nella terza ed ultima legge Vygotskij vuole rendere evidente, il passaggio “dall’esterno, all’interno”, illustrando le due fasi che caratterizzano lo sviluppo culturale: la prima ha luogo sul piano sociale manifestandosi come categoria *inter*-psichica, la seconda si iscrive nell’interiorità del bambino divenendo categoria *intra*-psichica. In questa prospettiva, la cultura diventa un sistema di conoscenze e di strategie cognitive di cui il bambino si appropria, e che lentamente interiorizza, attraverso la relazione con il mondo sociale a lui esterno.

In tale digressione, non bisogna però trascurare la centralità del linguaggio, che è da considerarsi, oltre che strumento di comunicazione, potente strumento di pensiero. Esso è annoverato tra i cosiddetti “strumenti psicologici” così come accennato da Bacone e Spinoza, e i quali li differenziano dagli “strumenti materiali”.

Nello specifico, possiamo dire che l’uomo dispone di queste due tipologie strumentali, la prima consistente in mezzi e oggetti concreti (penna, forbici, etc.), la seconda connessa ad attività svolte all’interno della mente come la lingua, la numerazione, la scrittura, il disegno, e così via.

Se con i primi materiali, l’uomo può modificare la realtà che lo circonda, con i secondi non ha questa possibilità ma “crea un supporto per l’attività della mente propria e altrui. Sono strumenti di mediazione psicologica sia per i processi interni alla mente sia per i processi che intercorrono tra una mente e un’altra”.⁵³

Per Vygotskij il pensiero è inscindibile dal linguaggio nonostante la natura della loro correlazione sia estremamente mutevole, nel corso dello sviluppo. Nei primi mesi di vita, il bambino utilizza una serie di suoni per indicare una classe generica di oggetti,

⁵³ ibidem

per cui un solo termine può racchiudere in sé una serie di vari significati, sostituendo un'intera frase.

Inizialmente il bambino ha un pensiero indifferenziato e confuso, che in quanto tale trova espressione in un linguaggio scarno, fatto di parole isolate; man mano che il bambino differenzia il suo pensiero, il linguaggio subisce un passaggio dalle parti al tutto differenziato. Quando però passa dalle parti al tutto differenziato nella frase, nel pensiero si verifica il passaggio dal tutto indifferenziato alle parti.

È se come se vi fosse un'opposizione tra i due elementi, piuttosto che una loro risonanza, e da ciò emerge che “il linguaggio non serve come espressione di un pensiero già pronto. Trasformandosi nel linguaggio, il pensiero si riorganizza e si modifica. Il pensiero non si esprime, ma si realizza nella parola”.⁵⁴

La comunicazione ha un ruolo cruciale per lo sviluppo cognitivo, in quanto innesca una serie di processi interni di analisi e ricalibrazione del proprio sapere, e se l'adulto ha già maturato la capacità di controllo e riconferma delle proprie conoscenze, nel bambino questa maturazione avviene gradualmente.

La discussione contribuisce sicuramente a questa interiorizzazione, infatti nei momenti di riflessione collettiva e di confronto, i soggetti non solo hanno la possibilità di dar voce al proprio pensiero ma, possono riflettere e rielaborare lo stesso alla luce di quanto affermato dai compagni. La parola ascoltata funge da stimolo per la riflessione, la cui risposta è l'espressione di un nuovo pensiero attraverso la parola detta. Si tratta di stimoli che fungono sia da base per la strutturazione della coscienza, sia per

⁵⁴ ibidem

l'interscambio e l'interazione sociale.

Gli stimoli sociali che il bambino riceve dai compagni o dalle persone che lo circondano vengono ricostruiti dal soggetto e diventano determinanti nel meccanismo di autocoscienza in quanto nella relazione si trova sé stessi. La coscienza dell'Io nasce quindi, all'interno del rapporto sociale, attraverso la presa di coscienza dell'Altro.

Il dialogo è parte integrante del processo di apprendimento, e quando avviene tra pari, all'interno dell'aula scolastica, ha un valore altamente formativo anche perché si fa affidamento alla guida esperta del docente. Il ruolo dell'insegnante è fondamentale, affinché si eviti la caduta in discorsi fuorvianti e il rafforzamento di misconcezioni; il suo ruolo è quello di facilitare gli studenti nella strutturazione delle idee, ma consiste anche nel porre domande critiche e sfidanti, valorizzare e focalizzare l'attenzione sui contributi efficaci e nel lasciare che i ragazzi interagiscano arricchendosi a vicenda, il tutto in un clima disteso e rilassato.

Ma quando possiamo ritenere una discussione effettivamente formativa?

Prerogativa della corretta conduzione di una conversazione dai fini educativo-didattici, è, oltre che l'attenta supervisione del docente, una buona predisposizione dello studente allo scambio comunicativo. Affinché il "linguaggio interno" vygotkiano trovi terreno fertile, è necessario che ogni soggetto si senta motivato a manifestare il suo pensiero, arricchendolo di volta in volta con dettagli e precisazioni, mostrandosi pronto ad accogliere la "sfida" con l'altro e con le sue convinzioni. Lo studente deve sentirsi spinto a esplicitare la sua tesi, difendendola attraverso buone argomentazioni, nel tentativo di persuadere l'altro e convincerlo della veridicità della stessa. È quasi d'obbligo dover difendere e motivare quanto si afferma, cosa che consente a ogni

discente di elaborare una spiegazione e permette a coloro che ascoltano, di rapportarsi con l'articolazione del pensiero altrui.

Chiaramente ciò che si afferma non sempre è corretto o quanto meno, non è completo di tutte le sue parti, di conseguenza il confronto con idee divergenti, si muove a favore di un cambiamento di prospettiva, oltre che verso la ricerca di una tesi condivisa.

Se da un lato, lo studente deve chiarificare e difendere le sue idee con prove e dimostrazioni, d'altra parte, nel momento in cui viene smentito dal compagno, dev'essere capace di rigenerare il suo sapere dando vita ad un continuo processo di riflessione interna. Fondamentale è proprio questa ricostruzione del pensato, il controllo delle idee vagliate e modificate alla luce di nuove riflessioni interne, originate in un contesto sociale.

“La questione fondamentale che differenzia la discussione dall'acquisizione è la necessità di esprimere il proprio pensiero personale, di metterlo alla prova, di confrontare questa idea con l'idea di partenza, e, successivamente, attraverso la risoluzione di tale potenziale conflitto, sviluppare un'espressione più elaborata e articolata del proprio pensiero”.⁵⁵

Le prime discussioni che ho condotto in aula, si sono rivelate di difficile gestione, in quanto i bambini non erano abituati a modellare il proprio pensiero, arricchirlo e strutturarne per esporlo alla classe, così come non erano abituati a rispettare il turno altrui, ad ascoltare quanto detto dai compagni e arricchire quanto affermato piuttosto che ricadere in continue ripetizioni. In questi primi confronti, si è rivelata la natura dello studente “tradizionale” educato ad alzare la mano e a fornire la risposta da lui elaborata,

⁵⁵ Laurillard D., *Insegnamento come scienza della progettazione*, Franco Angeli, Milano 2014

sperando nell'approvazione dell'insegnante senza aprire i suoi orizzonti con le scoperte altrui.

Si è passati però, in maniera graduale e complessa, dalla ricerca individuale della risposta corretta, in aperta competizione con i compagni, alla discussione effettivamente riflessiva, in cui i singoli cercavano di migliorare l'esposizione delle proprie tesi, avvalorandole in risposta alle critiche altrui, rispettando maggiormente l'altro e dibattendo con esso. Lavorando in questo modo, portando l'attenzione su specifiche affermazioni piuttosto che altre, grazie anche al mio intervento, si è generata la possibilità di pensare e ri-pensare il sapere, arrivando lentamente all'elaborazione di una tesi condivisa da tutti, e cui tutti hanno contribuito.

Un esempio di sintesi effettuata in tal modo, può essere rappresentato dall'enunciazione della Legge di Archimede, per raggiungere la quale vi è stata non poca difficoltà da parte dei discenti. Per l'individuazione della stessa, ho chiesto inizialmente agli alunni di provare a elaborare la legge in maniera soggettiva, ma poiché nessuno è riuscito a tener conto di tutti gli elementi fondamentali per la sua strutturazione, siamo passati ad una fase di riflessione collettiva, di scambio di idee relative non solo agli elementi utili alla definizione della stessa, ma anche a una migliore strutturazione della frase. È chiaro che un procedimento simile non può essere lasciato esclusivamente nelle mani dei ragazzi, ma rende evidente quanto la relazione con il pensiero divergente e la negoziazione di risultati producano effetti positivi sull'intero gruppo.

Precedentemente ho affermato che l'insegnamento scientifico porta con sé il potenziamento di una serie di competenze trasversali, una delle quali di tipo linguistico.

Se quelle osservative e logico-deduttive sono chiaramente stimulate dal learning by doing, quelle linguistiche vengono potenziate durante le discussioni.

Una delle difficoltà principali che la scienza pone dinanzi ai discenti, sono i termini specifici non di semplice comprensione e di uso tutt'altro che quotidiano. Il bambino è spronato ad ampliare le competenze inerenti la costruzione sintattica delle proposizioni, e guidato verso una riflessione semantica circa il lessico utilizzato.

La maturazione del bambino, che vede coinvolti i sopracitati ambiti, e le suddette competenze, emerge anche dall'analisi dei quaderni di lavoro utilizzati come valido supporto didattico. Poco fa, ho qualificato tale quaderno come simil-portfolio, in quanto le differenze sostanziali con il portfolio vero e proprio non mi danno la possibilità di definirlo tale a tutti gli effetti.

Il portfolio nasce come una raccolta di lavori scelti congiuntamente da allievo e insegnante al fine di rendere evidente il percorso di crescita attraversato, e che permette al primo di riflettere sul suo operato, al secondo di effettuare le dovute valutazioni.

“Il portfolio è una raccolta finalizzata di prestazioni dello studente che documenta l'impegno, il progresso e il successo per un tempo prolungato. È composto da lavori selezionati dallo studente e include sia una riflessione dello studente sulle sue prestazioni, che commenti da parte dell'insegnante sulla riflessione e sul lavoro dello studente. Dimostra che cosa uno studente è in grado di fare con la conoscenza e con le abilità di cui dispone e quanto reali sono le sue attitudini al lavoro”.⁵⁶

⁵⁶ Michael K., Educators in Connecticut's Pomperaug Regional District 15. A teacher's guide to performance-based learning and assessment., Association for Supervision and Curriculum Development, 1996

Questo strumento non è indirizzato alla sola documentazione, ma come appena affermato, si pone come valido strumento di misurazione dell'apprendimento oltre che come mezzo di autoanalisi. Nel portfolio vengono esplicitate competenze, conoscenze, spinta motivazionale e crescita personale. Esso risulta essere una raccolta di singoli prodotti, ma per potersi ritenere realmente significativo, la sua strutturazione dev'essere preceduta dalla determinazione degli obiettivi che la dirigono. La produzione del materiale da parte dei ragazzi, è guidata dai suddetti obiettivi, e seguita da riflessione metacognitiva e selezione dei lavori da inserire nel fascicolo.

La valutazione di un portfolio si diversifica dalla valutazione qualitativa di un contenuto o di un singolo lavoro. I parametri valutativi devono innanzitutto essere delineati e resi noti, al momento della decisione degli obiettivi, e devono risultare appropriati agli scopi prefissati. Generalmente ci si sofferma su vari fattori quali: il cambiamento dello studente e il tempo in cui esso si è manifestato, la sua capacità autovalutativa, le competenze emergenti, l'organizzazione e la presentazione del portfolio, la chiarezza e la varietà dei lavori, la completezza del prodotto.

L'esplicitazione di un giudizio valutativo non deve avere un fine selettivo ma “deve perseguire scopi educativi sollecitando negli studenti la capacità di autovalutarsi, rispetto non solo a quanto già realizzato, ma anche a quanto possono ancora realizzare nella scuola e nella vita più in generale”.⁵⁷ Si parla di una valutazione che apra le porte al futuro e a un miglioramento continuo, costruito passo dopo passo, attraverso il controllo del proprio apprendimento, sfruttando il voto come mezzo di analisi interiore e dunque punto di partenza per un nuovo e stimolante percorso.

⁵⁷ Comoglio M., Il Portfolio Strumento di valutazione autentica, articolo pubblicato su L'Educatore, n° 11, 2007

Questa breve digressione circa le proprietà di un portfolio, è stata introdotta al fine di rendere evidenti gli elementi che lo distinguono dal quaderno operativo di cui mi sono avvalsa.

Per il suddetto fascicolo, ho previsto una strutturazione diversa da quella appena descritta, ho infatti voluto procedere alla registrazione sul medesimo, di:

1. Enunciati teorici emersi dalla discussione collettiva,
2. Termini specifici dell'ambito scientifico e annesse delucidazioni,
3. Schede di lavoro che prevedono la conduzione di esperimenti a casa, l'osservazione dei fenomeni e in alcuni casi la rappresentazione grafica degli stessi, in altri un'attenta descrizione attraverso risposte a domande aperte.
4. Schede con approfondimenti teorici da me elaborate, e utilizzate per un approccio individuale a un nuovo concetto sul quale discutere in classe collettivamente
5. Schede con domande aperte che fungono da guida per l'osservazione di esperimenti da condurre in classe
6. Rappresentazioni grafiche e disegni, alcuni dei quali realizzati individualmente in aula, altri a casa per una maggiore fissazione dei concetti.
7. Vi è poi anche una piccola sezione dedicata alla produzione di preposizioni relative a specifiche tematiche, ma che ho voluto utilizzare come strumento per permettere allo studente di riflettere sul suo pensiero e provare a prenderne coscienza, strutturandolo all'interno della frase.

È evidente quanto il quaderno si differenzi dal portfolio, a partire dalla mancanza di condivisione di obiettivi e di parametri valutativi con gli studenti, fino ad arrivare alla mancata possibilità degli stessi di selezionare il materiale da introdurre. Unica linea comune è l'ampio sguardo che entrambi aprono sul percorso dello studente e dunque sulla sua maturazione, utile sia al docente ma anche al discente stesso ai fini di un miglioramento personale.

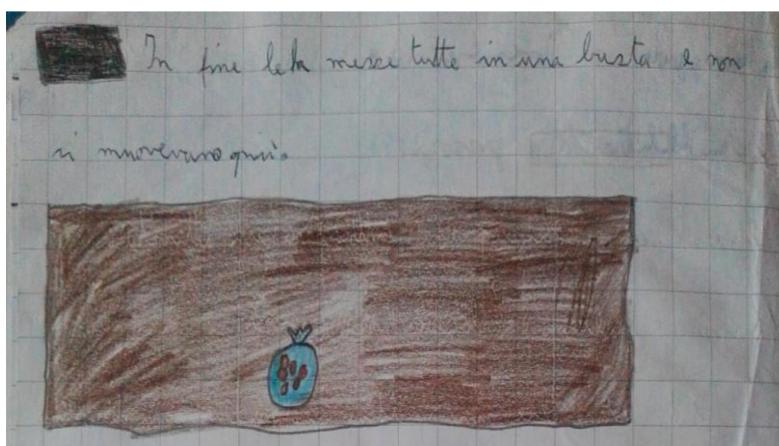
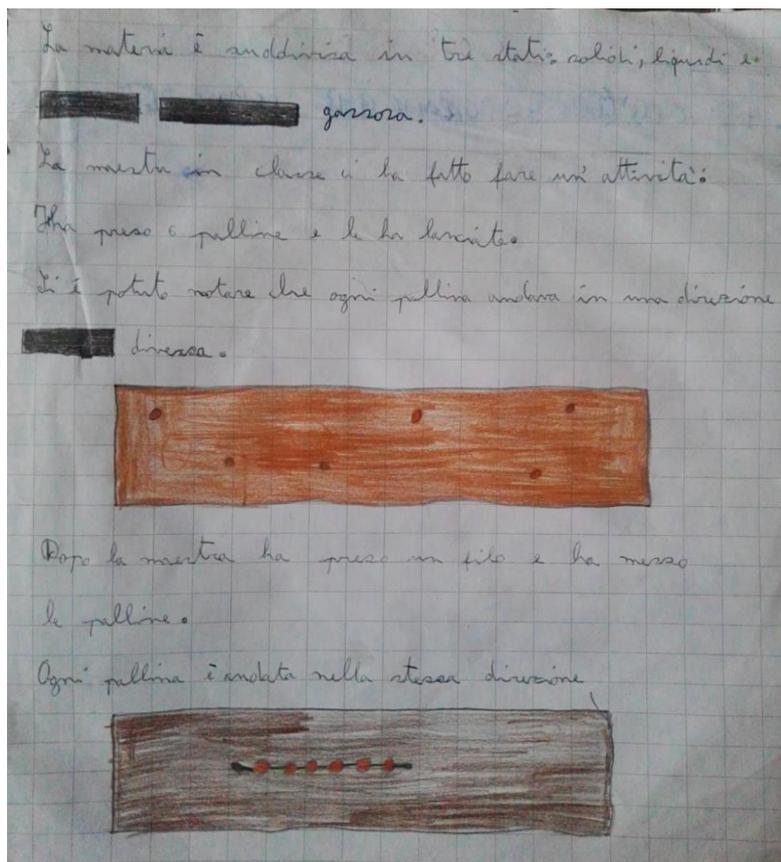
Mi sono avvalsa del suddetto, proprio con questo scopo e ho unito all'osservazione e all'ascolto degli studenti, anche l'analisi di tali prodotti. Meritano particolare attenzione i disegni e le rappresentazioni grafiche condotti su mia esplicita richiesta, che rendono lampante non solo la differenza tra uno studente e l'altro nella percezione della realtà circostante, ma anche il cambiamento di prospettiva dei discenti che si è spostato sempre di più verso una maggiore focalizzazione su particolari e significati scientifici. Introduco a titolo esemplificativo tre disegni, condotti da alunni differenti, ma nati da una stessa richiesta: rappresentare la vaschetta posta sulla cattedra e gli oggetti immersi in essa.



Un altro disegno su cui condurre simili riflessioni, concerne la composizione della materia, primo argomento affrontato insieme. Se nel precedente caso i bambini hanno ritratto quanto osservato in aula, in questo si richiede di svolgere il lavoro a casa.

Alcuni studenti hanno rappresentato la situazione della classe più che il significato scientifico dell'esperimento; ad esempio, una bambina ha semplicemente disegnato i compagni e i banchi di lavoro con i materiali che ho effettivamente fornito loro nel corso della giornata. Ella si è chiaramente focalizzata sul clima dell'aula e sulla tipologia di lezione condotta, piuttosto che sul concetto scientifico in sé. Un'altra studentessa ha invece rappresentato la mia persona nell'atto di spiegare la strutturazione di solidi, gas e liquidi, cosa effettuata dalla maggioranza degli studenti; mentre un solo alunno ha centrato la richiesta rendendo evidente la struttura dei vari corpi attraverso il disegno degli atomi, identificabili in piccole sferette.





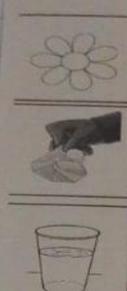
È da sempre noto il grande valore del disegno in quanto espressione dell'interiorità di chi lo produce, e sappiamo anche quanto esso aiuti ad analizzare la psiche del bambino, ancor più se congiunta all'osservazione dell'attività ludica. Il disegno permette di avvicinarsi al soggetto e al suo modo di guardare e interpretare la realtà circostante, e i suddetti casi non fanno che avvalorare questa tesi. Attraverso l'analisi delle rappresentazioni grafiche ho avuto infatti la possibilità di capire quanto il concetto fosse

stato interiorizzato e colto nella sua totalità, divenendo valido strumento di valutazione ma anche linea guida per una ricalibrazione del mio operato.

Per quanto concerne le schede didattiche ricche di esperimenti da condurre individualmente a casa, mi hanno fornito feedback significativi, circa il livello di apprendimento del singolo. Vorrei a tal proposito riportare una scheda inerente la capillarità e la tensione superficiale, cui tutti i bambini hanno risposto in maniera argomentata cercando di avvalorare la propria tesi, giusta o sbagliata che fosse, eccetto un'unica alunna che si è limitata ad indicare il nome della proprietà secondo lei correlata all'esperimento. Ecco due schede d'esempio.

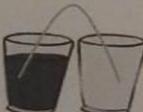
Tensione superficiale o capillarità ?

1. Su un pezzetto di carta disegna un fiore, ritaglialo e chiudi i suoi petali portandoli tutti verso il centro del cerchietto. Poggia il fiore chiuso in un bicchiere con un po' d'acqua. Dopo qualche secondo vedrai il fiore sbocciare. Da quale proprietà dipende questo esperimento? Perché i petali si aprono?



I petali si aprono perché c'è una tensione superficiale.

2. Prendi 2 bicchieri e riempi uno con dell'acqua. Con un fazzoletto di carta attorcigliato crea un ponte che collega i due bicchieri. Lascia tutto fermo per 1 ora o 2. È successo qualcosa al bicchiere che inizialmente era vuoto? Da quale proprietà dipende? Spiega perché.

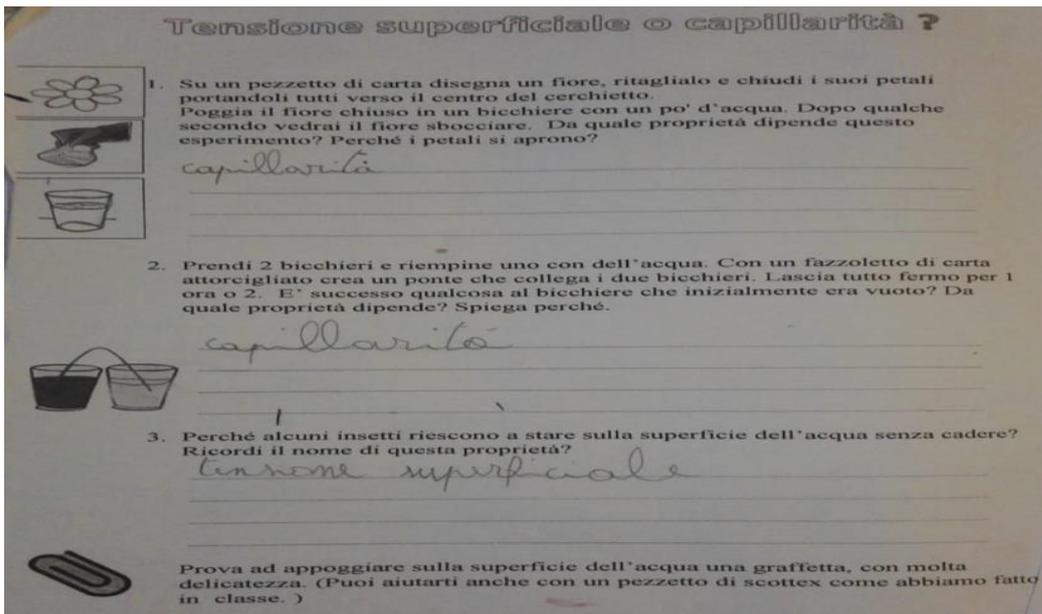


Li sono dei tubicini molto e trasparenti che l'acqua non spinge entro dentro a tubicini e si è trasferito dritto all'altro bicchiere, questa proprietà si chiama capillarità.

3. Perché alcuni insetti riescono a stare sulla superficie dell'acqua senza cadere? Ricordi il nome di questa proprietà?

Si la parola si chiama tensione superficiale e per questo che alcuni insetti riescono a stare sulla superficie dell'acqua senza cadere.

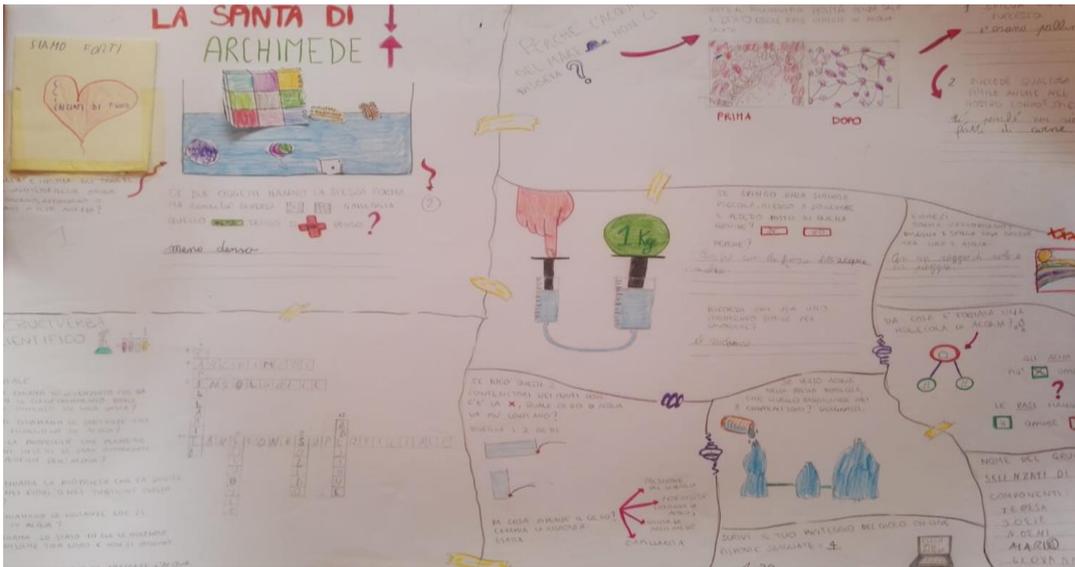
Prova ad appoggiare sulla superficie dell'acqua una graffetta, con molta delicatezza. (Puoi aiutarti anche con un pezzetto di scottex come abbiamo fatto in classe.)



Se questi sono stati i modi in cui ho usufruito di tale quaderno di lavoro, assumendo il punto di vista opposto, ossia quello del discente, possiamo comprendere il ruolo che ha invece ricoperto per i bambini.

L'utilizzo del suddetto è chiaramente legato allo sviluppo di competenze metacognitive, di una riflessione più profonda e calibrata su aspetti utili all'arricchimento della conoscenza scientifica. Esso però è stato utilizzato anche come supporto per fissare i termini e le tematiche più ostiche attraverso la trascrizione e la rilettura dei concetti in esso contenuti, effettuata sia a casa, sia in classe, nei momenti in cui è risultato necessario ricollegarsi a concetti già affrontati in precedenza.

Il riferimento ai prodotti passati, è avvenuto sia durante il percorso, e dunque in itinere, sia durante l'incontro riepilogativo in cui per la compilazione di un cartellone conclusivo e la partecipazione ad un gioco online, i bambini hanno avuto la possibilità di rispolverare concetti poco definiti, dando uno sguardo al quaderno.



Il quaderno operativo può essere visto come uno strumento per la registrazione dell'intero percorso, che si rende manifesto allo studente attraverso l'osservazione e la rilettura di tutte le sue componenti. Un fattore simile non dev'essere in alcun modo sottovalutato, in quanto soprattutto in un futuro prossimo in cui gli studenti affronteranno i medesimi concetti, inquadrandoli in un'ottica più completa e complessa, sarà utile sfogliare le pagine di tale fascicolo e confrontare le conoscenze attuali con quelle del passato.

Concetti che in questa fase possono essere scarni e poco dettagliati, in futuro verranno maggiormente approfonditi e dunque arricchiti di nuovi elementi. I bambini avranno la possibilità di osservare chiaramente quanto sia cambiato il loro apprendimento, individuando lo sviluppo logico del percorso che li avrà portati ad una più elevata conoscenza. Se ad esempio, i bambini hanno capito e sperimentato la capillarità, ma non hanno interiorizzato la spiegazione inerente le cause che la determinano, in futuro, quando l'avranno acquisita, potranno fare un passo indietro e vedere come passo dopo passo hanno cambiato punto di vista, ampliando la propria conoscenza a riguardo. Chiaramente questo discorso può essere esteso a qualsiasi argomento trattato. Guardare indietro non può che essere gratificante ed altamente formativo.

“Con quest'attività si ha l'opportunità di rendere consapevoli gli studenti che le definizioni di nuovi concetti sono di rado generate per intero e con pieno rigore con la prima trattazione. Di solito si introduce una prima definizione provvisoria o anche rozza e in seguito la si migliora man mano che la comprensione dell'argomento cresce con l'uso e l'applicazione. Per lo studente è un'esperienza intellettuale significativa il fatto di voltarsi indietro e rendersi esplicitamente conto dei processi di definizione e ridefinizione nei punti di passaggio.”⁵⁸

⁵⁸ Arons B., Guida all'insegnamento della fisica, Zanichelli 199

4.2 RIFLESSIONI PERSONALI

La conduzione di questo percorso didattico, mi ha fatto riflettere più volte su diversi aspetti della mia persona oltre che sul sistema scolastico in generale. Mi sono resa conto di quanto sia importante entrare in classe con l'entusiasmo e la voglia di aiutare chi sta di fronte, permettendogli di imparare e soprattutto amare ciò che si fa a scuola. Mi torna alla mente un testo di Massimo Recalcati, "L'ora di lezione", nel quale oltre ad una immensa digressione sul cambiamento che ha investito l'istituzione scolastica, ci si sofferma sulla figura del docente anch'essa profondamente mutata. Il richiamo a tale libro, affiora in me quando rifletto sul modo in cui vorrei agire in un prossimo futuro, in un'ipotetica classe. Il mio desiderio è suscitare desiderio nell'altro, generare una passione profonda verso il sapere presentato, ed è ciò a cui ho voluto provare ad avvicinarmi, in questo breve cammino.

Contro l'illusione di molti studenti, di poter ricevere dal maestro il suo sapere, rendendosi semplici contenitori di nozioni, spugne assorbenti, vuoti da riempire; vorrei si ponesse l'allievo verso la ricerca del sapere, continuamente trasportato e immerso nella scoperta del nuovo. Ciò non andrebbe che a innescare un moto continuo di analisi e di studio, nel tentativo di ampliare il conosciuto con la consapevolezza di non poter arrivare mai al capolinea, giacché, paradossalmente, più si fa ricerca più si scopre di non sapere. "Unico punto pressoché certo nel naufragio (delle antiche certezze assolute): il punto interrogativo"⁵⁹ come afferma il poeta Salah Stétié.

Vorrei portare gli studenti all'innamoramento, cercando di "mobilitare il desiderio del sapere, rendere corpo erotico l'oggetto teorico".⁶⁰ Probabilmente è un'ambizione troppo

⁵⁹ Morin E. La testa ben fatta, Raffaello Cortina Editore, 1999

⁶⁰ Recalcati M., l'ora di lezione, Einaudi, Torino, 2014.

grande, ma poiché ho vissuto in prima persona tale esperienza, credo sia possibile lavorare per perseguire questo obiettivo anche nella scuola primaria.

Durante questo percorso, ho capito quanto sia fondamentale progettare l'azione didattica ed essere capaci di rimodellarla in corso d'opera. Il lavoro di strutturazione delle giornate scolastiche e delle relative attività, mi ha vista impegnata in ricerche e riflessioni che hanno occupato buona parte del mio tempo; ma ciò non ha impedito la modifica di quanto prefissato, provocata dai feedback ricevuti dal gruppo.

Sarebbe impensabile entrare in aula senza uno schema guida che ponga l'attenzione sulle tematiche da affrontare, così come sarebbe impensabile non essere predisposti a cambiare quanto programmato.

“L'insegnante artatamente crea o contribuisce a creare un insieme di condizioni cognitive, relazionali, temporali, materiali, finalizzate tutte a far apprendere lo studente. Un piano preventivo sorregge l'azione didattica, ma elementi periferici possono, in tutti i momenti, intervenire e mettere in discussione le modalità anticipatamente fissate a tal punto da determinare delle fratture delle quali i maggiori responsabili non possono non essere che gli studenti”.⁶¹

Progettare significa cercare di prevedere le possibili condizioni “all'interno delle quali si andrà a operare in modo da minimizzare la possibilità che si verifichi un errore o un imprevisto”.⁶² E' un tentativo di guidare ciò che si andrà ad attuare, per non farsi cogliere impreparati da qualsivoglia evenienza; anticipando gli eventi che potrebbero aver luogo e scegliere le conseguenti strategie anche se, come afferma Perrenoud, “un

⁶¹ Laneve C., Gemma C., *Raccontare dalla Cattedra e dal banco*, Mimesis edizioni, Milano-Udine, 2013

⁶² Rivoltella P., Rossi P., *L'Agire didattico*, Editrice La Scuola, 2012

progetto didattico attiva un'intenzione preliminare che può rivelarsi diversa dall'intenzione dell'insegnante in azione”.

La progettazione può essere intesa come una previsione che prende forma nelle azioni e nei riadattamenti richiesti. Si tratta di un agire didattico che deve saper leggere la realtà circostante e dunque cambiare forma alle azioni intenzionali in base all'esito generato, il quale, chiaramente, non può essere predeterminato, poiché nascente dalla fenomenologia dell'azione stessa.

Naturalmente non si può progettare un percorso didattico prescindendo dall'analisi dello sfondo in cui viene praticato; l'apprendimento è sempre “situato” e dunque dipendente dai luoghi in cui si manifestano le azioni che lo agevolano. A tal proposito l'insegnante deve affinare la sua capacità interpretativa del contesto, l'abilità di leggere la realtà e individuarne le problematiche anche quando non esplicitate. Si richiede un elevato livello di flessibilità dell'operato e un modellamento dell'agire didattico sulle richieste dell'ambiente in cui gli si dà vita.

In maniera più dettagliata, potremmo dire che la progettazione pedagogica nasce dalla sinergia di 4 fasi specifiche quali:

1. Comprensione della situazione educativa inquadrata sul piano storico e psicosociale, accompagnata dalla definizione delle eventuali problematiche,
2. Elaborazione di possibili modelli di riferimento utile ad affrontare il problema in oggetto,
3. Scelta definitiva della soluzione educativa formulando un progetto educativo finalizzato alla formazione democratica dell'alunno e calibrato sui suoi peculiari bisogni,

4. Riflessione sul percorso attuato e valutazione della validità educativa dello stesso, da utilizzare come incentivo per futuri miglioramenti.

Ma come può il docente tener conto di tutti questi aspetti?

L'osservazione può risultare, anche in questo caso, idoneo mezzo di supporto in quanto capace di evidenziare eventuali punti critici; anche se c'è il rischio che rimanga fine a sé stessa laddove slegata da una buona pratica riflessiva.

Nel testo "Raccontare dalla Cattedra e dal banco", il docente Cosimo Laneve, propone come efficace spunto di autoanalisi la scrittura "*dell'insegnamento*", per la quale il docente è chiamato a narrare il modo in cui cerca di favorire l'apprendimento, effettuando un resoconto del lavoro svolto concretamente, dell'influenza dei materiali disponibili, delle pratiche agite e le teorie che le supportano. È solo mediante una scrittura di questo tipo che viene sollecitata la riflessione sull'azione professionale funzionale all'individuazione di carenze e insufficienze, e dunque al cambiamento di rotta.

La trascrizione del proprio operato, può anche essere un elemento di arricchimento reciproco, nel momento in cui vi è un confronto con le scritture di altri docenti. La condivisione di questi diari di bordo, può favorire lo scambio di idee e punti di vista, divenendo fonte di crescita nata dall'incontro con l'altro. I docenti dovrebbero sempre agire in maniera sinergica, mostrando volontà di collaborazione in vista del perseguimento di un obiettivo comune, quale la buona formazione dello studente.

Il docente dev'essere preparato ad affrontare situazioni differenti, cercando di rispondere in maniera adeguata, alle esigenze dei singoli studenti, cosa che ovviamente richiede indagine del contesto e professionalità. Egli deve mediare la conoscenza,

renderla fruibile e per potersi muovere verso questo risultato, deve chiaramente conoscere chi gli sta di fronte e le sue necessità.

Una valida pratica per l'analisi del gruppo e delle sue esigenze, è il cosiddetto "case study", metodo di ricerca sociale utile all'analisi di casistiche e situazioni particolari. Fondamentale, per tale progetto di ricerca, è la preventiva individuazione del problema su cui si vuole soffermare la propria attenzione oltre che delle domande cui si vuole trovare risposta; altrettanto importante è la costruzione di un protocollo in cui inserire i dati osservati dopo la quale si passa all'analisi effettiva dei casi e alla stesura della relazione conclusiva.

La particolarità del case study sta nel raccogliere una grande quantità di dati e con mezzi differenti (ad esempio interviste, fotografie, osservazioni dirette...), che vengono poi confrontati e integrati in modo tale da restituire una visione d'insieme dell'oggetto di ricerca.

A prescindere da questa metodologia di ricerca, non sempre attuabile, sarebbe altrettanto utile avvalersi dell'aiuto di un osservatore esterno che si focalizzi sulla rilevazione dei feedback e dei comportamenti generali della classe, mentre il docente è coinvolto nelle usuali pratiche didattiche. Con un supporto simile, si eviterebbe la dispersione di informazioni ed elementi utili ai fini della costruzione di un quadro complessivo della situazione.

L'osservazione diretta (partecipante o meno), è molto diffusa nell'analisi del comportamento del bambino e del contesto che lo ospita. Portare avanti una buona pratica osservativa in classe, è alquanto arduo in quanto si tratta di analizzare un ambiente complesso e in continua evoluzione. La classe può essere vista come un

“sistema” per cui non si può interpretare l’agito di un soggetto, con la pretesa di isolarlo dal contesto ospitante. Bisogna entrare nell’ottica giusta, e considerare l’alunno come parte del tutto, e in quanto tale, ampiamente influenzato dalle caratteristiche fisiche e non dell’aula.

Da sempre l’osservazione si presenta come strumento essenziale nella verifica del processo educativo e il cui scopo è la riprogettazione dello stesso, alla luce di qualità e lacune desunte. Una particolare forma di osservazione in aula, è lo studio della giornata scolastica, condotto da un osservatore esterno che registra con metodo carta matita, il susseguirsi di quanto accade. L’attenzione si sposta da un soggetto all’altro e ha come scopo “la ricezione di informazioni sulla qualità del tempo e delle situazioni trascorse a scuola”.⁶³

L’osservazione risulta essere una delle tecniche proposte anche per la cosiddetta ricerca-azione. Quest’ultima nasce negli anni 40 con lo psicologo sociale Kurt Lewin, ed è da intendersi come modalità d’analisi di una situazione sociale che “mira a introdurre una valutazione pratica in situazioni concrete; la validità delle "teorie" o ipotesi che essa genera dipende non tanto da verifiche "scientifiche" della verità, quanto dalla loro utilità nell’aiutare le persone ad agire in modo più intelligente e abile”.⁶⁴

Il modello in questione consta di un processo ciclico e per il quale Kemmis ha individuato una serie di fasi costituenti quali:

identificazione di un’idea generale, ricognizione, piano generale, sviluppo della prima fase di azione, attuazione della prima fase di azione, valutazione, revisione del piano

⁶³ Longobardi C., Tecniche di osservazione del comportamento infantile, UTET editore, 2012

⁶⁴ Elliot J., La ricerca-azione: un quadro di riferimento per l’autovalutazione nelle scuole, Ed. Bollati Boringhieri, 1994

generale. A questa prima sezione del percorso, segue lo sviluppo di una seconda fase d'azione con conseguente attuazione, valutazione e revisione; per passare poi ad una terza fase d'azione, attuazione... e così via, verso un continuum interminabile.

Diverse sono le tecniche e i metodi da usare per il raccoglimento di dati nelle fasi di ricognizione e di controllo. Si può ad esempio far riferimento al già citato diario, si possono analizzare foto, registrazioni audio/video, si può chiedere il supporto di un osservatore esterno o mettere in atto la cosiddetta triangolazione.

Quest'ultima è una metodologia molto interessante che permette di raccogliere “osservazioni e resoconti di una situazione (o qualche suo aspetto) da vari angoli o prospettive al fine di operare un confronto.”⁶⁵ Non si può definire come tecnica di controllo vera e propria, piuttosto la si può vedere come strumento di raccordo tra diversi tipi di dati, che ne favorisce la comparazione.

È chiaro dunque che il docente può appellarsi a queste ed altre metodologie per garantirsi una più profonda conoscenza del contesto in cui è situata la sua pratica, anche se alcune sono di più ardua concretizzazione.

Personalmente non ho potuto avvalermi di alcuno dei supporti citati, se non dell'osservazione diretta e partecipata, portata avanti soprattutto nei momenti di lavoro collaborativo, in cui mi sono soffermata sull'analisi della disposizione relazionale dei singoli. La mancanza di una buona indagine sul contesto classe, non è stata l'unica mancanza che ha purtroppo caratterizzato il mio percorso.

Un fattore che ha suscitato particolari problematiche è stata la ricerca, infruttuosa, di un buon metodo valutativo che mi permettesse di cogliere, in maniera efficace, il

⁶⁵ ibidem

cambiamento dei soggetti e lo sviluppo delle competenze trasversali rese operanti dall'insegnamento scientifico.

L'assenza di un punto di riferimento che potesse rendere la valutazione un momento di più semplice gestione, oltre che maggiormente formativo, ha in qualche modo rappresentato un ostacolo nel giusto fluire del cammino strutturato.

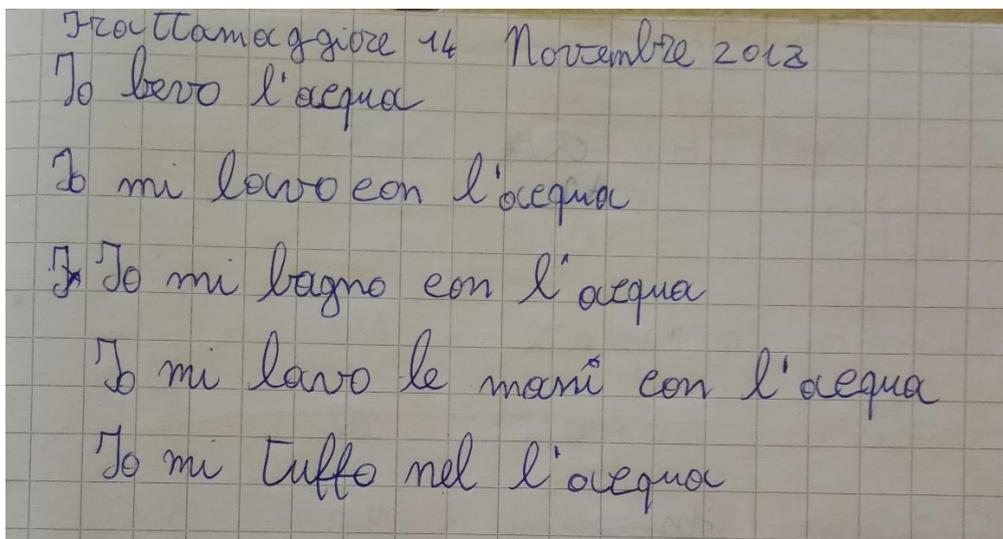
In ogni caso ciò non ha fermato la mia volontà di rendere efficiente il lavoro svolto, e dunque ho preferito dirigermi verso l'individuazione di un nuovo strumento di valutazione, il cosiddetto "quaderno degli esperimenti" liberamente ispirato al portfolio scolastico. Avendo già discusso ampiamente dello stesso, non mi addentro in nuove digressioni, per evitare di incorrere in discorsi monotoni.

È evidente che il mio operato non è stato completamente fluido e limpido come avrei voluto, ma a fronte di tutto il lavoro svolto e alla luce dei prodotti ottenuti, non posso che ritenermi soddisfatta, sia per l'interesse attivato negli alunni, sia per il legame affettivo che si è creato con gli stessi, che è probabilmente, uno dei risultati più significativi.

4.3 IL QUADERNO DEGLI ESPERIMENTI

In questa sezione, intendo riportare fotografie del quaderno di lavoro, al fine di chiarificare e rendere nota la sua strutturazione. Procedo con l'inserire immagini di lavori e riflessioni, nell'ordine in cui sono stati elaborati, ma condotti da diversi alunni con lo scopo di generare una funzionale immagine d'insieme.

Il nostro percorso è iniziato con una riflessione sull'acqua e sul suo utilizzo nella vita quotidiana. Ho chiesto ai bambini di scrivere qualche frase che contenesse la parola "acqua".



Dopo la stesura delle stesse ci siamo dedicati ad una discussione circa la presenza dell'acqua nelle nostre vite e le varie forme in cui si manifesta. Abbiamo riflettuto anche sulle differenze tra solidi e liquidi, attraverso i travasi di varie sostanze i cui risultati sono stati riportati nella seguente tabella.

SOLIDI		
CHE COS'E'?	CHE FORMA HA?	SI PUO' DEFORMARE?
BIGLIE	ROTONDE	NO
PALONCINO	ROTONDO	NO
RISO	OVALE QUADRATO	SI NO
DADO	QUADRATO	SI
BICCHIERE	CUBO ROTONDO	NO
SASSOLINI	IRREGOLARE	NO
LIQUIDI		
ACQUA	NON HA FORMA QUADRATA	SI
SVECTO	ROTONDA	NO
OLLIO	ROTONDA	SI



A casa i bambini hanno disegnato le attività condotte in classe.

Qualcuno ha anche fornito una spiegazione circa la costituzione della materia, descrivendo il modo in cui ho presentato loro la questione.

La maestra Stefania ha spiegato gli stati della materia. La materia è composta da molecole. Nello stato solido le molecole sono a contatto fra loro e non possono allontanarsi, mentre allo stato liquido le molecole si trovano a poca distanza ma ancora restano legate mentre allo stato gassoso le molecole non sono più legate fra loro e possono spostarsi liberamente in tutte le direzioni.

Per vedere se nei liquidi si può formare un buco, ha preso un recipiente ha versato dell'acqua e con varie oggetti abbiamo provato a fare un buco, abbiamo concluso che nei liquidi non si può formare i buchi.

Martedì, 21 Novembre 2018
 ml = millilitro
 il ml è l'unità di misura
 della **CAPACITÀ**
 e la quantità di liquido
 che un recipiente può contenere

La spiegazione della capacità è avvenuta l'incontro successivo. Nella foto a lato vi è la definizione della stessa, che ho introdotto per chiarificarne il significato.

• Quante volte devo mettere il recipiente da 100 ml in quello da 250 ml per riempirlo?
 • Quante volte devo mettere il recipiente da 100 ml in quello da 500 ml?
 E in quello da 1000 ml?
 • Quante volte devo mettere quello da 250 ml in quello da 500 ml? E in quello da 1000 ml?
 • Quante volte devo mettere quello da 500 ml in quello da 1000 ml?

Queste sono le domande poste alla classe, finalizzate alla guida del lavoro sperimentale e dunque, dirette a una più precisa osservazione della pratica.

Ecco le risposte e la rappresentazione grafica correlata.

due
↓
1) due è mezzo

2) entro cinque volte
3) entro 2 volte
4) a entro 10 volte
5) a entro 4 volte
6) a entro 4 volte
7) a entro 2 volte

Risposta

$250 \text{ ml} = 100 \text{ ml} + 100 \text{ ml} + \text{meta} + 100 \text{ ml}$

$500 \text{ ml} = 100 \text{ ml} + 100 \text{ ml} + 100 \text{ ml} + 100 \text{ ml} + 100 \text{ ml}$

$1000 \text{ ml} = 100 \text{ ml} \times 10$

$500 \text{ ml} = 250 \text{ ml} + 250 \text{ ml}$

$1000 \text{ ml} = 500 \text{ ml} + 500 \text{ ml}$

Lo studio della pressione iniziato con l'osservazione di una serie di attività condotte da me centralmente, ci ha indirizzati verso la strutturazione del seguente enunciato.

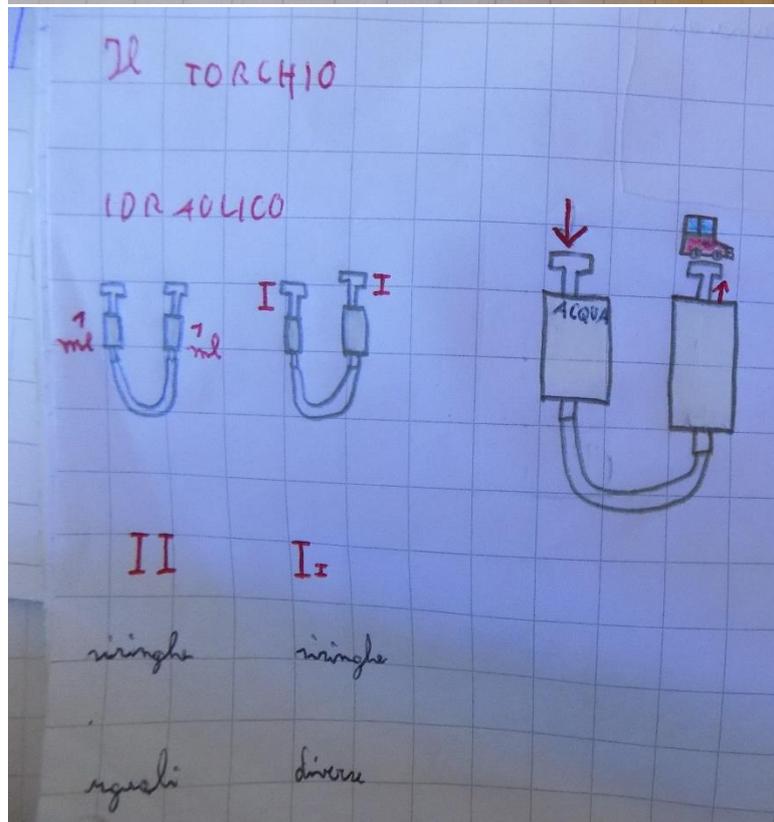
"La pressione di un liquido è la forza con cui grava sul fondo del recipiente e sulle pareti"

NON
DIPENDE
dalla
quantità
totale di liquido

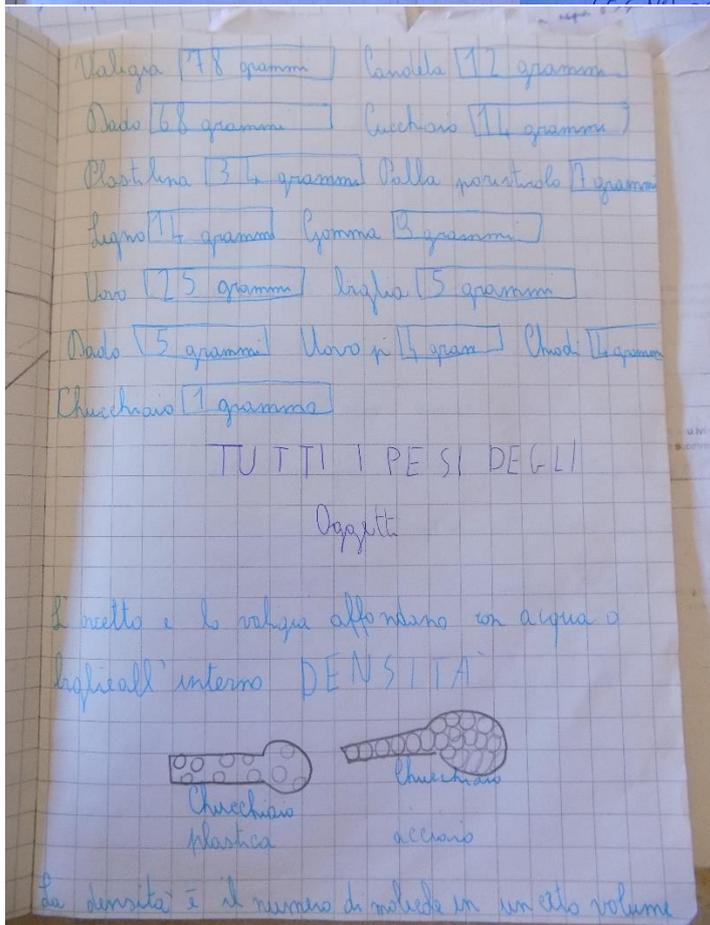
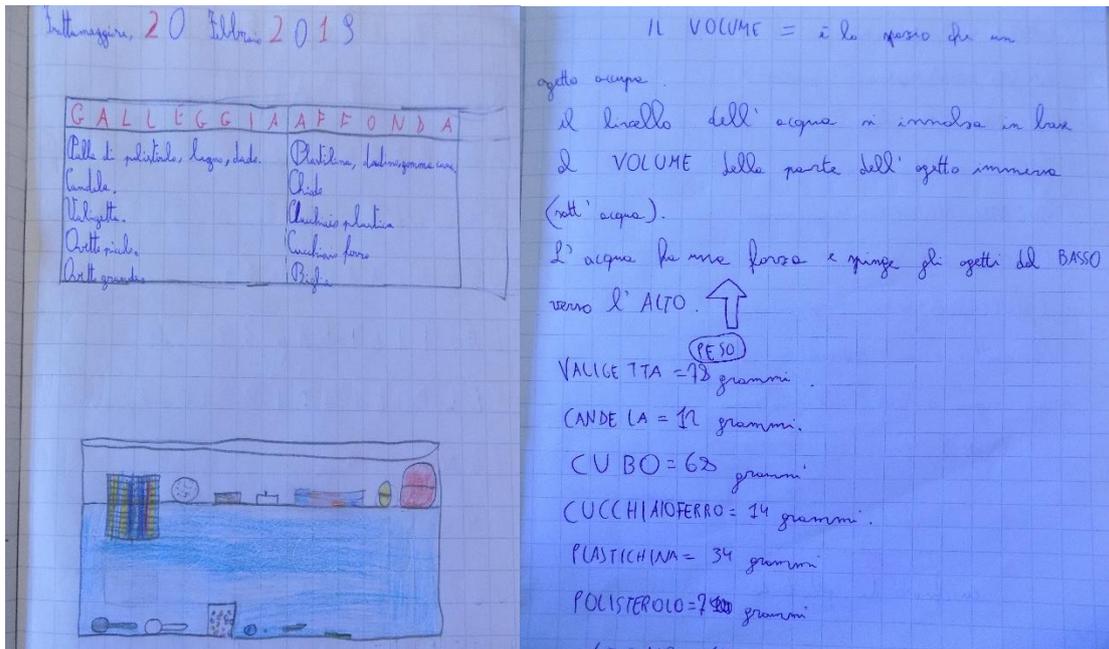
DIPENDE
dalla
profondità
(colonna di
acqua)

Queste le altre conclusioni cui siamo giunti nel corso della giornata...

VASI COMUNICANTI
 SE versiamo un liquido
 in alcuni vasi comunicanti
 esso si sposta per
 raggiungere lo stesso
 livello e la stessa **PRESSIONE**
 in ogni contenitore.



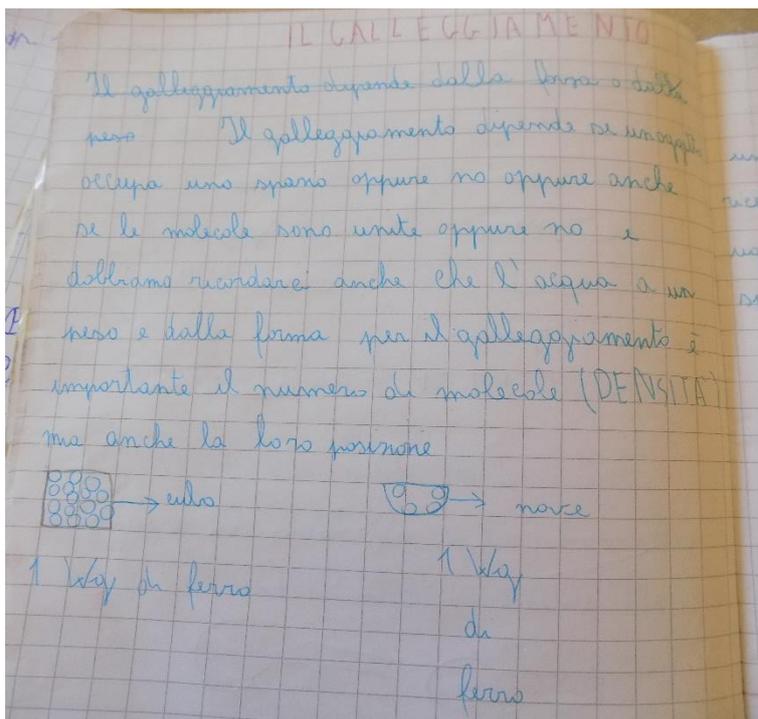
Di seguito il percorso sul galleggiamento.



Nella prima foto vi è la previsione del comportamento dei vari oggetti da immergere in acqua, seguita dalla riproduzione di quanto verificato concretamente.

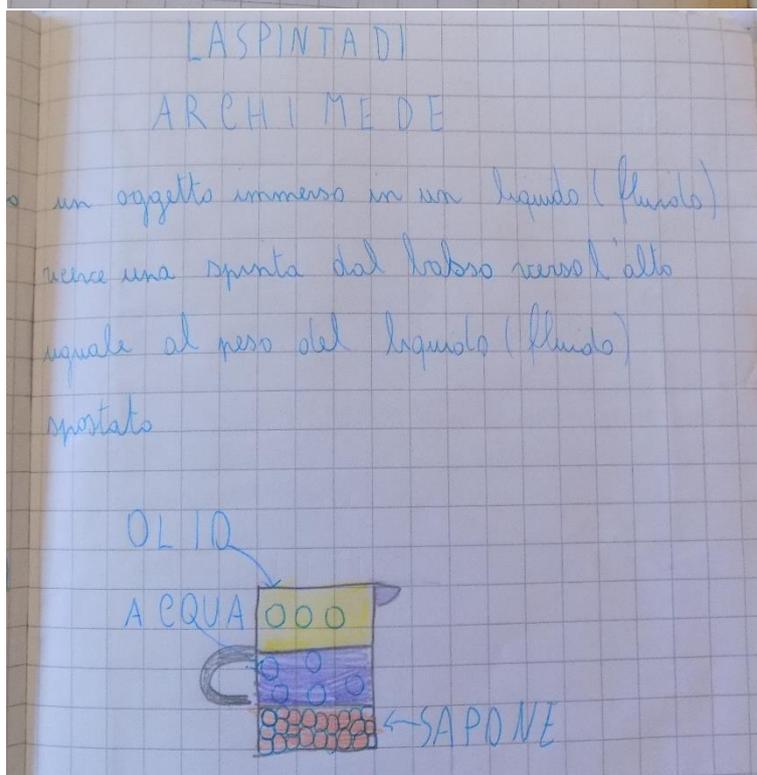
Nella seconda immagine, vi è la definizione di volume e la lista degli oggetti con i rispettivi pesi, condotta per rilevare un'eventuale correlazione tra peso e galleggiamento.

Nell'ultima foto troviamo anche una breve descrizione della densità.



A sinistra, un tentativo di enunciare la legge di Archimede prima di conoscerla, alla luce di quanto scoperto insieme.

Ogni bambino ha elaborato una sua definizione.



Questa la definizione ufficiale, seguita dalla rappresentazione dell'esperimento "liquidi a strati"

LA STORIA DI ARCHIMEDE

Oggi vorrei raccontarvi una storia che risale a molto tempo fa. È ambientata nel terzo secolo prima di Cr. e precisamente nella città di Siracusa, in Sicilia.

In quel periodo Siracusa era governata dal re Gerone che, essendo molto vanitoso, si era fatto costruire dall'orafa della città una bellissima corona - «O RO!» Tutti però pensavano che l'orafa invece di fondere solo oro, per risparmiare avesse utilizzato anche altri metalli meno preziosi, come l'argento e il rame.

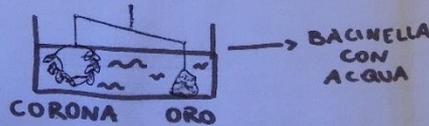
Il re, allora, chiese al famoso scienziato Archimede, suo amico personale, di scoprire se l'orafa avesse usato soltanto oro oppure no; d'era un'unica regola da rispettare - Archimede non doveva assolutamente rovinare la preziosa corona. Così lo scienziato si mise subito all'opera per cercare di accontentare il re, ma con scarsi risultati. Il tempo passava senza che riuscisse a risolvere il problema. Finché un giorno, mentre faceva il bagno, immergendosi nella vasca ebbe l'intuizione giusta. Sembra che per la contentezza di avere avuto questa idea Archimede sia uscito nudo dalla vasca e, senza rivestirsi, abbia incominciato a correre per le vie della città gridando EUREKA!!! (che in greco significa «HO TROVATO!»).

Disteso nella sua vasca da bagno, infatti, si era accorto che quando il suo corpo si immergeva, il livello dell'acqua saliva di una certa misura. E usò questa intuizione per risolvere il problema del re.

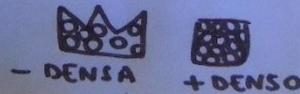
Archimede per smascherare l'orafa disonesto appese la corona a un braccio di una bilancia e un blocco d'oro uguale a quello consegnato all'orafa all'altro braccio.



I pesi dei due oggetti erano uguali, ma questo non significava nulla: il peso di una parte di oro poteva essere stato sostituito da argento o rame per ingannare il re. Per questo Archimede pose in acqua la bilancia con la corona e il blocco d'oro. Se fossero stati uguali, allora avrebbero dovuto subire in acqua la stessa spinta verso l'alto. E invece la corona subì una spinta verso l'alto maggiore rispetto al blocco d'oro... e questo significava che una parte di oro era stata sostituita da un altro metallo.



(Essendo formata da oro e argento la corona era meno densa del blocco d'oro, per questo galleggiava di più rispetto al blocco d'oro. Se fossero stati uguali, e quindi densi allo stesso modo, sarebbero affondati.)



Scheda di approfondimento

GLI ESPERIMENTI DELLO



SCIENZIATO SMIEMORINO

LO SCIENZIATO SMIEMORINO DIMENTICA SEMPRE I RISULTATI DEI SUOI ESPERIMENTI. PUOI AIUTARLO A TROVARE LE SOLUZIONI?

• GALLEGGIA O NON GALLEGGIA?!

Riempi con dell'acqua un contenitore abbastanza capiente (se non ne hai uno puoi riempire il lavandino), scegli qualche oggetto e scopri se galleggia oppure va a fondo. Prima di immergerli in acqua scrivi le tue previsioni nella tabella!

L'OGGETTO CHE HO SCELTO È...	PREVEDO CHE...	RISULTATO...
La gomma	affonda	è galleggiante
Un pezzo di plastica	galleggia	è galleggiante
Un pezzo di legno	galleggia	è galleggiante
Un pezzo di metallo	galleggia	è galleggiante

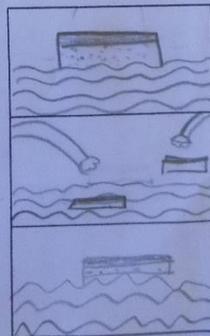
• LA SPUGNA INDECISA

Come per l'esperimento precedente, riempi un contenitore (o il lavandino) con dell'acqua, procurati una spugna e segui questi tre passaggi. È importante che tu faccia un disegno di tutte e tre le situazioni, nei rettangolini a lato.

1. Poggia la spugna asciutta sulla superficie dell'acqua. Galleggia o affonda?

2. Prendi la spugna e stringila forte nel pugno, immergi completamente la mano sott'acqua e solo una volta dentro, apri la mano e lascia andare la spugna. Adesso galleggia o no? galleggia

3. Prendi di nuovo la spugna, strizzala bene in modo da far uscire tutta l'acqua che ha assorbito. Poggiala sulla superficie dell'acqua e non toccarla per tutta la notte. Qual è il risultato? galleggia



Esperimenti e osservazioni assegnati come lavoro a casa

Sostanza	Viscosità e omogeneità	conduzione
Salte	si è molto viscosamente	si scioglie
	si è acqua ha cambiato odore	
Cacao	si è sciolto lentamente	si scioglie
	si è acqua e cambiato colore e odore	
Olio	non si è sciolto	Non si scioglie
	ha cambiato colore e odore	
	si è sciolto velocemente	si scioglie
Schiume	ha cambiato colore e odore	

L'acqua è un **SOLENTE** la sostanza si scioglie si chiama **SOLUBILE** quella che non si scioglie si chiama **INSOLUBILE**

Studio delle soluzioni

il punto in cui la sostanza non si scioglie si chiama punto di saturazione **saturazione**

Le molecole di acqua in superficie cercano di restare molto vicino tra loro formando una specie di pellicola. Questa proprietà si chiama **tensione superficiale** (è per questo che alcuni insetti riescono a star sull'acqua senza affondare)

L'acqua riesce a salire in tubicini molto stretti. Questa proprietà si chiama **CAPILLARITÀ**

Riflessione su capillarità e tensione superficiale

1. Su un pezzetto di carta disegna un fiore, ritaglialo e chiudi i suoi petali portandoli tutti verso il centro del cerchietto. Poggia il fiore chiuso in un bicchiere con un po' d'acqua. Dopo qualche secondo vedrai il fiore sbocciare. Da quale proprietà dipende questo esperimento? Perché i petali si aprono?

Mentre lo immergi nel bicchiere i petali si aprono pian piano

2. Prendi 2 bicchieri e riempi uno con dell'acqua. Con un fazzoletto di carta attorcigliato crea un ponte che collega i due bicchieri. Lascia tutto fermo per 1 ora o 2. E' successo qualcosa al bicchiere che inizialmente era vuoto? Da quale proprietà dipende? Spiega perché.

Il livello del bicchiere sta passando da un bicchiere all'altro e dopo due ore i due bicchieri sono diventati la stessa misura.

3. Perché alcuni insetti riescono a stare sulla superficie dell'acqua senza cadere? Ricordi il nome di questa proprietà?

Galleggiano sulla superficie dell'acqua

 Prova ad appoggiare sulla superficie dell'acqua una graffetta, con molta delicatezza. (Puoi aiutarti anche con un pezzetto di scottex come abbiamo fatto in classe.)

Lavoro assegnato per casa circa le due sopracitate proprietà

MATERIA PRIMA	PRIMA	Dopo
plastica	0 cm	0,5 cm
quarzo	4,5 cm	8,5 cm
legno	5 cm	6 cm
alluminio	0 cm	0 cm
stallo	7 cm	9,5 cm

Tabella utilizzata per lo studio della risalita dell'acqua nei vari materiali

FORZA DI ADESIONE
↓
la forza che fa attaccare ai materiali (pareti della botteghia)

FORZA DI COESIONE
↓
è la forza che fa tenere le molecole di acqua legate tra loro

La forza di ADESIONE è più grande di quella di COESIONE perciò l'acqua sale

Spiegazione dettagliata della capillarità e delle forze che la determinano

ESPERIMENTI: ACQUA E LUCE

1. Riempi il bicchiere a metà e immergi una matita/ un pennarello/ o un righello all'interno. Come ti sembra l'oggetto? Disegna nel riquadro e spiega.

Sembra grosso e spezzato

2. Prendi un pezzetto di carta e disegna una freccia verso destra, abbastanza spessa. Riempi il bicchiere a metà. Avvicina e allontana il foglio, succede qualcosa alla freccia? Descrivi quello che accade.

La freccia si allunga quando la spostiamo avanti e indietro

3. Scrivi una parola su un pezzetto di carta, copri la parola con il bicchiere vuoto e metti alcune palline gommose nel bicchiere. Versa lentamente dell'acqua fino a coprirle tutte. Riesci a leggere?

Se metto delle palline di gomma sopra acqua non si vede la parola invece con l'acqua si vede.

4. Immergi un dito in acqua e fai cadere una goccia d'acqua sul foglietto trasparente. Prova a leggere la poesia. Come vedi le lettere?

Le lettere si vedono più grandi

Scheda guida per la sperimentazione in aula riguardante la luce

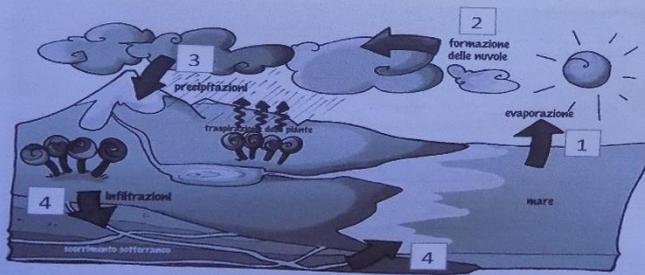
Ma noi...beviamo la stessa acqua che hanno bevuto i dinosauri??

La quantità di acqua sulla terra è sempre la stessa da anni! E quindi...l'acqua che i dinosauri bevevano secoli fa è la stessa che usiamo noi oggi. Com'è possibile???

L'acqua grazie al calore del sole e alla temperatura fredda del cielo, si trasforma molte volte. All'inizio è una goccia ma cambia continuamente. È per questo che si parla di "CICLO DELL'ACQUA". Il ciclo dell'acqua si divide in 4 parti, puoi seguire le frecce e i numeri nella figura per capire meglio cosa succede.

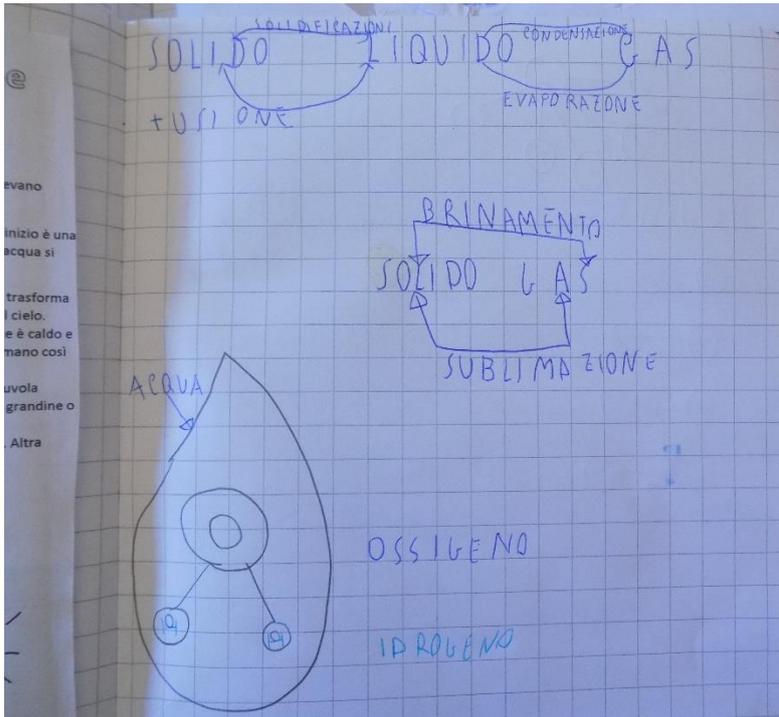
1. Il Sole riscalda l'acqua dei mari e dei fiumi, ma anche quella che si trova nelle piante e la trasforma in vapore. Dallo stato liquido, l'acqua passa a quello gassoso ed evapora, salendo verso il cielo.
2. Una volta raggiunta la parte più alta del cielo, dove fa molto freddo, il vapore - che invece è caldo e leggero - si raffredda e si trasforma di nuovo in goccia tornando allo stato liquido. Si formano così tante piccole goccioline che, unendosi, vanno a creare le nuvole.
3. Più le varie goccioline si uniscono, più le nuvole diventano grandi e pesanti. Quando la nuvola diventa troppo pesante, le gocce cominciano a cadere sulla terra sotto forma di pioggia, grandine o neve, a seconda della temperatura che c'è nell'aria.
4. In questo modo l'acqua ritorna a terra e cade nei fiumi, nei laghi, nei mari e negli oceani. Altra acqua cade sul terreno, dove viene assorbita.

E il ciclo ricomincia di nuovo!

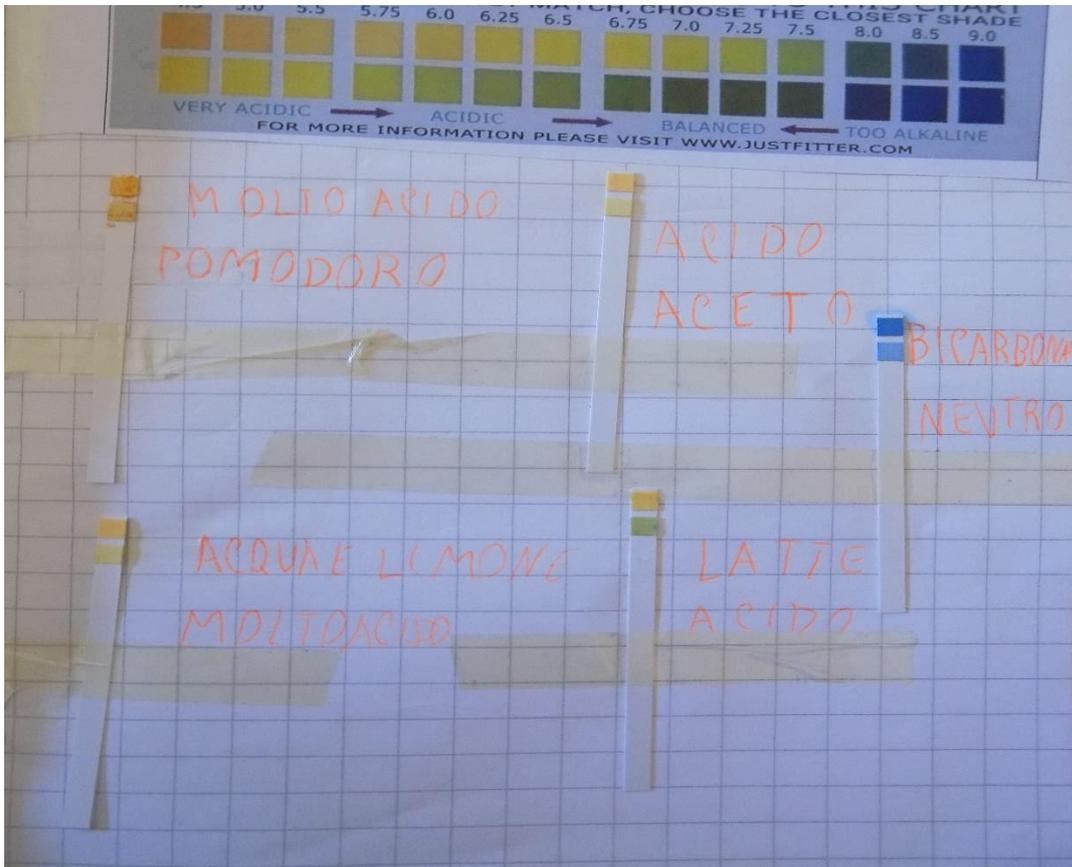


Come hai potuto capire, l'acqua sulla terra è sempre la stessa, cambia soltanto forma nel tempo! Possiamo quindi dire che beviamo la stessa acqua che usavano i dinosauri!

Approfondimento inerente il ciclo dell'acqua



Rappresentazione grafica del ciclo stesso e della molecola di H₂O.



Lavoro conclusivo inerente lo studio del PH di varie sostanze.

BIBLIOGRAFIA

- Amaldi U., L'Amaldi per licei scientifici, Zanichelli, 2015
- Baldacci M., Trattato di pedagogia generale, Carocci Editore, 2012
- Ball P., H₂O Una biografia dell'acqua, Rizzoli, 2000
- Baricco A., Oceano mare, Feltrinelli, Milano, 1993
- Cambi F., Le pedagogie del novecento, Editori Laterza, Bari-Roma, 2008
- Carrà Sergio, Acqua: misteri e sorprese di un liquido atipico, articolo pubblicato su Emmeccì quadro, 2016
- Comoglio M., Il Portfolio Strumento di valutazione autentica, articolo pubblicato su L'Educatore, n° 11, 2007
- De Mora E., Prozzillo S., Arti visive e disegno, dispensa, Imago SAS, 2017
- Dewey J., Esperienza e Educazione, Raffaello Cortina Editore, Milano, 1938
- Dewey J., Il mio credo pedagogico, 1897
- Domenici G., Manuale di valutazione scolastica, Editori Laterza, Bari-Roma, 2007
- Elliot J., La ricerca-azione: un quadro di riferimento per l'autovalutazione nelle scuole, Ed. Bollati Boringhieri, 1994
- Fontana M., L'acqua, Editori Riuniti, 1994
- Frabboni F., Didattica e apprendimento, Sellerio, Palermo, 2006
- Foretti S., Laboratorio e competenze, Franco Angeli, Milano, 2010
- Guidoni Paolo, Cap.4- Stare in equilibrio: il galleggiamento, materiale di supporto fornito dal docente di Elementi di fisica, presso l'Università Suor Orsola Benincasa di Napoli.
- Laneve C., Gemma C., Raccontare dalla Cattedra e dal banco, Mimesis edizioni, Milano-Udine, 2013
- Laurillard D., Insegnamento come scienza della progettazione, Franco Angeli, Milano 2014
- Longobardi C., Tecniche di osservazione del comportamento infantile, UTET editore, 2012
- Maviglia, Pallotti, Acqua, Editoriale Scienza, Trieste, 1995
- Mecacci L., Vygotskij L., Sviluppo, educazione e pedagogia della mente, Giunti, Firenze, 2017

Maria Montessori, Metodo della pedagogia scientifica applicato all'educazione infantile nelle Case dei Bambini, 1909

Morin E., La testa ben fatta, Raffaello Cortina Editore, Milano, 2000

Parodi, Ostili, Onori, L'evoluzione della Fisica, Paravia, Torino, 2006

Recalcati M., L'ora di lezione, Einaudi, Torino, 2014

Rete Galileo, Non solo far di conto, Laboratorio edizioni Il Chiostro, Benevento, 2010

Rivoltella P., Rossi P., L'Agire didattico, Editrice La Scuola, 2012

Valitutti, Tifi, Gentile, Le idee della Chimica, Zanichelli, 2009

RINGRAZIAMENTI

Giunta al termine di questi 5 lunghi anni, non posso che ringraziare alcune persone che hanno rivestito un ruolo estremamente importante nel perseguimento di quest'obiettivo, ma anche in quanto parte fondamentale della mia vita.

Il primo immenso ringraziamento va a mia madre e mio padre, che mi hanno permesso di conseguire questo traguardo, fornendomi supporto costante e appoggiando ogni mia scelta, giusta o sbagliata che fosse.

Un'altra persona che sento di ringraziare col cuore, è il mio relatore, Emilio Balzano, che ha mostrato grande pazienza nel lavorare al mio fianco e che mi ha insistentemente spronato e sostenuto con fare paterno, aiutandomi a credere di più in me stessa e nel mio operato.

Poi c'è Maurizio...l'Amore della mia vita, cui va un ringraziamento incommensurabile per avermi fatto scoprire di poter superare i miei limiti con la perseveranza (e il cerò di nonna), per il tempo speso a "testare" gli esperimenti da presentare in classe, per l'ansia placata e l'affetto datomi sempre in quantità industriali nonostante la mia scarsa tendenza a ricambiarlo. A noi, auguro di superare tutto il nero che ci circonda e donarci luce a vicenda.

L'ultimo ringraziamento va alle Esaurite senza le quali questi anni di università sarebbero stati ESTREMAMENTE noiosi.

A Mungi, amica e collega di tesi, per avermi fatto il lavaggio del cervello e senza la quale non mi sarei mai laureata a Luglio; per avermi prestato dei libri bellissimi, dato ottimi consigli e di cui mi mancheranno le prese in giro sulla statura e l'incapacità di cucinare (anche se paradossalmente è alta quanto me e neanche lei è una cuoca stellata).

A Ilaria per aver portato nel gruppo l'entusiasmo, la grinta e il divertimento, rimanendo semplicemente insostituibile.

A Tonia, alias Elsa di Frozen, anche lei forza della natura, a volte portatrice di sana ansia, che ringrazio per aver pianto con me il giorno del mio ultimo esame.

A Liviana per avermi fatto assaggiare la combo fave e salame che mai dimenticherò, così come non dimenticherò il giorno in cui portò 8 pagnotte da Visciano e in un viaggio di 1h, solo per noi.

A Giulia che è scordarella al massimo, peggio di me, e che per questo non mi ha mai fatto sentire sola; esperta in consigli...di uno specifico ambito, e che la mia mente continua ad associare al panino "salsiccia e friarielli" senza un apparente motivo.

Ad Amelia che ama Caparezza e ascolta musica buona (e questo già la dice lunga), che vive la giornata così come viene, con tutta la spensieratezza del mondo.

Ad Angela che è forte e fragile insieme, che dà buoni consigli e che ha arricchito il mio vocabolario con parole napoletane di cui non sapevo neanche l'esistenza.

A Sessa, compagna di qualche treno (dato il mio ritardo eterno), di tirocinio, di viaggi in auto e di tanti tanti caffè.

Grazie per Ischia, per i viaggi nei fantastici mezzi Trenitalia, per i pianti, i discorsi sconci al bar da Paolo, le pizze e le mangiate, per tutte le cose condivise e che spero continueremo a condividere in futuro.

L'ultimo piccolo ringraziamento va a me, cui auguro di trovare la strada giusta e, finalmente, Fiorire.