

GLI ORGANIZZATORI CONCETTUALI

Paolo Lubini

Liceo Lugano 2, Savosa, Svizzera
Ufficio Insegnamento Medio, Bellinzona, Svizzera
E-mail: paolo.lubini@edu.ti.ch

Michele D'Anna

Liceo di Locarno, Locarno, Svizzera
E-mail: michele.danna@edu.ti.ch

Abstract

Partendo da una breve descrizione del contesto specifico che ha portato un gruppo di docenti liceali di chimica, fisica e biologia a proporre un modello didattico incentrato sugli organizzatori concettuali nell'ambito dell'insegnamento coordinato delle scienze sperimentali, vengono presentate e discusse alcune esemplificazioni e alcune possibili ricadute per la scuola primaria; si evidenziano pure le implicazioni per la formazione iniziale e continua degli insegnanti.

1. Introduzione

Nel XVIII secolo si poteva pensare di raccogliere tutto il sapere in un'enciclopedia. Nel XXI secolo ciò non è più possibile: con l'avvento di Internet, sempre di più è richiesta la capacità di reperire e utilizzare informazioni piuttosto che di ricordare e ripetere nozioni. Inoltre i giovani d'oggi devono disporre di strumenti adeguati per affrontare situazioni sempre più complesse e soprattutto di natura interdisciplinare. Queste idee sono ben sintetizzate nelle seguenti parole del filosofo e sociologo francese Edgar Morin (Morin, 2001) quando scrive: *“È necessario sviluppare l'attitudine naturale della mente umana a situare tutte le informazioni in un contesto e in un insieme. È necessario insegnare i metodi che permettano di cogliere le mutue relazioni e le influenze reciproche tra le parti e il tutto in un mondo complesso.”* È proprio in questo contesto che gli organizzatori concettuali possono essere visti come strumenti per affrontare questa duplice sfida. Si tratta di veri e propri strumenti per pensare che guidano, orientano e strutturano l'indagine di ciò che chiamiamo realtà.

2. Un po' di storia

Una riforma a livello federale avvenuta in Svizzera nella seconda metà degli anni '90, tra l'altro con il passaggio da un liceo organizzato per indirizzi ad un liceo a opzioni, aveva richiesto un ripensamento completo dell'impianto dell'insegnamento delle discipline scientifiche¹. Tra gli obiettivi indicati negli orientamenti generali, vi era un chiaro riferimento all'interdisciplinarietà, intesa come prospettiva culturale, non in senso astratto ma come guida concreta per l'impostazione dei curricula. A livello cantonale si è deciso di raccogliere la sfida con l'obiettivo di profilare un corso di base per le materie scientifiche sperimentali impostato sul coordinamento. In questa ottica si sono succeduti nel tempo diversi gruppi di lavoro, di volta in volta supportati da precisi mandati dell'autorità scolastica che ha costantemente sostenuto e finanziato le varie fasi del progetto. Le riflessioni scaturite in questi gruppi di lavoro, nei quali erano presenti, è bene sottolinearlo, docenti liceali di biologia, chimica e fisica, sono state condizionate da più aspetti: dalla necessità di proporre un corso a studenti più giovani che dispongono di strumenti matematici limitati, dall'esigenza di dar seguito al coordinamento e infine, ma non per questo per ultimo, dal vincolo istituzionale di dover assegnare un unico voto per le scienze sperimentali.

A queste considerazioni va aggiunta anche una certa insoddisfazione per aspetti di ordine sia pedagogico che didattico disciplinare. Tra i docenti serpeggiava (e, a scanso di equivoci, serpeggia tutt'ora ...) un certo sentimento di scoramento per lo scarso impatto delle attività di insegnamento sull'apprendimento effettivo degli studenti.

3. Gli organizzatori concettuali

Ma che cosa significa coordinare gli insegnamenti? La riflessione su questo quesito centrale ha portato a individuare il concetto di organizzatore concettuale quale strumento guida per la traduzione didattica del coordinamento e *nel contempo* quale dimensione trasversale di riferimento per l'insegnamento delle scienze sperimentali.

Un organizzatore concettuale (D'Anna, 2011) rappresenta una sorta di attrattore che struttura l'informazione attorno a uno snodo concettuale, inducendo dei legami tra le varie componenti del complesso sistema

1. È bene ricordare che nel sistema liceale attualmente in vigore in Svizzera, contrariamente a quanto accade in Italia, in ogni sede liceale sono presenti tutti gli indirizzi di studio.

conoscitivo. Tale elemento strutturante del pensiero costituisce un'intelaiatura portante che è sempre presente in ogni percorso didattico e alla quale ci si riferisce costantemente anche quando il concetto espresso dall'organizzatore concettuale non viene discusso in modo esplicito. Tenuto conto del fatto che, come detto in apertura, il bagaglio delle conoscenze in campo scientifico è in continuo e accelerato aumento, una strategia che punti all'essenziale e che si basi sull'insegnamento di concetti strutturanti può risultare vincente, in quanto permette di costruire una struttura cognitiva di base attorno alla quale andranno a cristallizzarsi – passo dopo passo, lungo il percorso formativo – le nuove informazioni, in una rete sempre più complessa.

Un organizzatore concettuale è uno strumento che permette di spiegare e strutturare la realtà, dando forma a una possibile configurazione di connessioni all'interno della rete complessa delle informazioni. Secondo questa logica comprendere significa acquisire la competenza di stabilire dei legami tra le varie componenti della conoscenza, evitando di limitarsi al semplice accumulo delle informazioni. Per favorire questo tipo di apprendimento è necessario promuovere la progressiva costruzione di una rete complessa di concetti disciplinari e di organizzatori concettuali trasversali alle discipline, distanziandosi così chiaramente da una formazione che preveda l'acquisizione del sapere unicamente attraverso il sommarsi lineare di singoli temi. Nello specifico, la ricerca di concetti trasversali comuni ha permesso di individuare i seguenti tre organizzatori concettuali: l'idea di energia, quella di corpuscolarità e quella di sistema. In particolare:

- il concetto di energia, perché consente di interpretare, anche a livello quantitativo, le trasformazioni e i processi che avvengono in natura;
- il concetto di corpuscolarità della materia, perché consente una descrizione coerente della struttura della materia e l'interpretazione qualitativa di alcune sue proprietà;
- il concetto di sistema, perché consente di esplicitare le variazioni delle grandezze e delle proprietà che sono state scelte per la descrizione dei processi e, dopo aver individuato i componenti costitutivi, di interpretare i livelli di organizzazione e di informazione con grado di complessità crescente.

Un aspetto rilevante e meritevole di essere segnalato è quello relativo al cambiamento di prospettiva conseguente all'adozione di una proposta incentrata sugli organizzatori concettuali. Nella pratica di

insegnamento si è potuti passare da un approccio essenzialmente ancorato all'idea della propedeuticità (del tipo cioè sequenziale dove una disciplina tratta certi argomenti affinché un'altra ne possa affrontare altri), ad uno di condivisione di un quadro concettuale di riferimento. In altre parole, non essendoci vincoli temporali o strutturali, ciò che si richiede è unicamente che ogni singolo intervento didattico da parte degli insegnanti di ognuna delle discipline (nel nostro caso biologia, chimica e fisica) risulti essere coerente con il quadro generale condiviso. Ciò, almeno nelle intenzioni, a tutto vantaggio del processo di apprendimento dell'allievo che dovrebbe così riuscire, come diceva già Arons (Arons, 1973), a *"poter apprezzare la scienza come una descrizione ampia, coerente e comprensibile dei fenomeni naturali"*.

A questo punto val forse la pena segnalare che anche altri, più o meno contemporaneamente e in modo del tutto indipendente, hanno proposto di rivisitare la didattica delle scienze naturali alla luce di quelli che abbiamo chiamato organizzatori concettuali. Tra le varie proposte, essenzialmente in linea con quanto esposto sopra, si possono ricordare quella di Giordan (Giordan, 2002), quella dell'associazione tedesca dei docenti di matematica e di scienze sperimentali (MNU, 2004) e, più recentemente, quella del Committee on a Conceptual Framework for New K-12 Science Education Standards americano (AA.VV., 2012).

Ci si potrebbe ora chiedere quali potrebbero essere gli organizzatori concettuali adatti per la scuola primaria: i tre presi in considerazione in precedenza potrebbero infatti risultare troppo lontani dal vissuto degli allievi e quindi troppo astratti. Si tratta, ovviamente, di individuare delle proposte che soddisfino alcuni criteri. Quanto presentato deve essere anzitutto alla portata degli allievi e garantire una naturale progressione nel percorso formativo. Inoltre dovrebbe rivelarsi efficace nel permettere a allievo e docente di orientarsi nel labirinto della conoscenza e dovrebbe altresì promuovere e facilitare il reinvestimento di quanto appreso per affrontare nuove situazioni.

Riflessioni di questo tipo, unite a quelle presentate in precedenza e promosse anche dalla necessità di introdurre degli standard di formazione, hanno prodotto, al momento, il seguente elenco di organizzatori concettuali per la scuola primaria e per quella secondaria di primo grado (scuola media del canton Ticino):

- idea di invariante;
- idea di bilancio;
- idea di differenza di livello come spinta;
- idea di retroazione;
- idea di relazione tra strutture e funzioni.

Contrariamente a quanto esposto in precedenza per il liceo, ove vi è già una certa esperienza e ove sono stati prodotti anche parecchi materiali (D'Anna, 2011), in questo ambito siamo ancora agli inizi e quanto verrà esposto è da intendersi quale parte di un più ampio progetto di ricerca didattica che sta muovendo i primi passi.

3.1 L'idea di invariante

Si tratta di individuare delle categorie grazie alle quali sia poi possibile sviluppare un discorso scientifico: come degli occhiali attraverso i quali o con i quali osservare e descrivere i vari fenomeni. In questo contesto gli invarianti sono intesi come ciò che non cambia nel tempo o che nel corso di vari processi mantiene caratteristiche ben determinate. Di regola queste proprietà possono essere utilizzate per proporre delle classificazioni, dei bilanci, delle analogie, oppure delle misure che permettono ad esempio di verificare che il valore di una data grandezza fisica nel sistema considerato non cambia nel tempo. Un aspetto importante da sottolineare in questo contesto è la necessità di distinguere fin da subito tra l'oggetto e le sue proprietà (Figura 1. Destra).

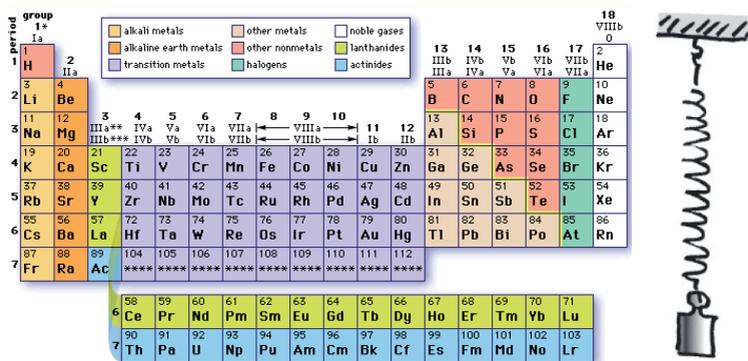


Figura 1. Sinistra - Gli elementi chimici possono essere visti come invarianti, come ciò che non cambia nelle trasformazioni chimiche: una loro classificazione porta al sistema periodico. Destra - Alla molla è appeso un oggetto oppure alla molla è appesa una massa oppure ancora alla costante elastica è appeso un oggetto?

La distinzione è infatti della medesima natura di quella che intercorre tra modello e realtà, tra i fatti e la loro interpretazione, e come tale deve essere posta in evidenza fin dall'inizio (Herrmann, 2009). Si tratta ovviamente di un discorso che deve essere ben presente prima di tutto nella testa dell'insegnante.

3.2 *L'idea di bilancio*

Essa sottende quella di un sistema caratterizzato da un suo stato e delimitato da un preciso "bordo" che definisce un dentro e un fuori, così come quella di una quantità (una grandezza estensiva) per la quale sia possibile stabilire un bilancio.

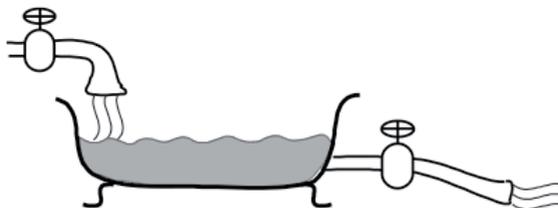


Figura 2. Una vasca da bagno come prototipo per costruire e illustrare l'idea di bilancio. È importante distinguere chiaramente tra il volume d'acqua immagazzinato nella vasca le correnti di acqua in entrata ed in uscita.

Si tratta di una formulazione un po' astratta che può essere esemplificata ricorrendo, ad esempio, ad una vasca da bagno ed indagando i fattori che determinano la quantità di acqua presente nella vasca (Figura 2). Vale la pena segnalare le numerose espressioni di cui disponiamo per parlare delle quantità per le quali è possibile allestire un bilancio. Di una quantità bilanciabile X , come ad esempio delle galline, dei soldi, delle biglie, degli ospiti o semplicemente delle caramelle, tanto per citare alcuni esempi facilmente reperibili nella vita quotidiana, possiamo infatti dire: X viene accumulato, è contenuto in..., fluisce da... a..., viene scambiato tra... ecc. Si dispone così di un ricco vocabolario che permette una prima descrizione verbale del fenomeno osservato e che, come verrà illustrato nel capitolo 5, può essere reinvestito per descrivere situazioni analoghe.

La descrizione della vasca da bagno in termini di volume d'acqua contenuto e di flussi in entrata ed uscita può così servire da modello per affrontare delle situazioni apparentemente più complesse come quella riportata nella Figura 3. Una volta riconosciuti i termini dell'analogia (il volume d'acqua presente nella vasca è l'analogo del numero di ospiti presenti nell'albergo e i flussi in entrata ed in uscita dalla vasca sono l'analogo degli arrivi e delle partenze degli ospiti) risulta semplice rispondere alla domanda posta: fintanto che gli arrivi superano le partenze, il numero di ospiti nell'albergo è destinato ad aumentare (il massimo si ha nella notte tra il 27 e il 28 dicembre allorquando le partenze superano gli arrivi - la linea verde e quella rossa si incrociano).

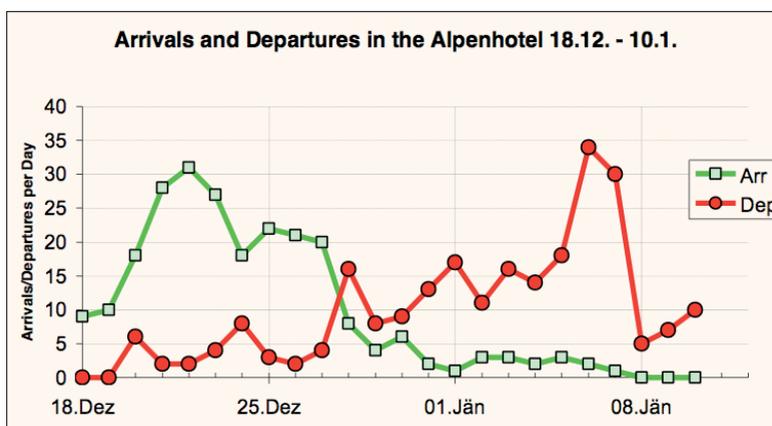


Figura 3. In quale momento nell'albergo è presente il maggior numero di ospiti? (da Ossimitz, 2002).

3.3 L'idea di differenza di livello come spinta

Le quantità per le quali è possibile allestire un bilancio possono essere soggette a spinte per entrare e/o uscire da un sistema (o anche esservi prodotte e/o distrutte). Si tratta di fornire una prima idea di causalità: per esprimere l'intensità del flusso, oltre all'idea di differenza, è necessario introdurre anche quella di resistenza. Di regola, infatti, l'intensità del flusso è determinata dal rapporto tra spinta e resistenza.

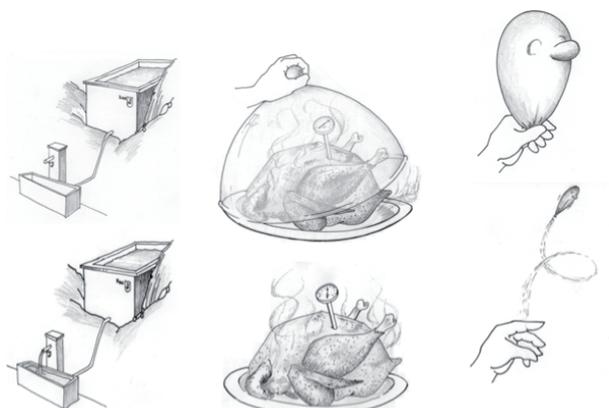


Figura 4. Spinte, correnti e resistenze.

Molto spesso, soprattutto in italiano, nel descrivere i processi riportati nella Figura 4, viene utilizzato il “*si*” riflessivo: il palloncino *si* sgonfia, il pollo *si* raffredda, il bacino di accumulazione *si* svuota. Queste espressioni di fatto sembrerebbero negare l’esistenza di una spinta responsabile del processo in questione. Nella descrizione proposta si tratta invece di introdurre ed esplicitare da subito l’idea di una differenza di livello come spinta al cambiamento: nelle situazioni riportate abbiamo delle differenze di pressione e di temperatura quali spinte per i cambiamenti osservati. In tale contesto l’esperienza insegna che è molto importante distinguere da subito tra quantità (per le quali è ragionevole allestire dei bilanci) e qualità (indicatori di “livello”): non necessariamente il livello (qualità) è maggiore laddove la quantità è maggiore (Figura 7).

3.4 L’idea di retroazione

Il risultato dell’azione di un sistema può riflettersi sul sistema stesso per correggerne o modificarne il comportamento. Anche in questo caso gli esempi sono molteplici (Figura 5): si pensi, ad esempio, a situazioni di carattere ecologico o a questioni relative alla sostenibilità nell’utilizzo delle risorse di cui disponiamo.



Figura 5. Retroazioni: uno strumento per gestire la complessità.

3.5 L'idea di relazione tra strutture e funzioni

Possiamo comprendere lo svolgersi apparentemente casuale di certi fenomeni oppure interpretare la forma in apparenza priva di senso di particolari oggetti, se individuiamo il sistema in cui essi sono inseriti e di cui costituiscono un elemento funzionale (Figura 6).



Figura 6. Un femore può apparire di forma bizzarra e priva di senso, ma acquista immediatamente significato quando è posto in relazione a un sistema quale uno scheletro, alla stessa stregua di quanto accade alla forma di un becco se messa in relazione alle esigenze alimentari di un uccello.

Il riconoscimento delle relazioni essenziali atte a spiegare il nesso reciproco tra la forma e la funzione degli elementi stessi può infatti essere a buona ragione considerato un procedimento fondamentale per la scienza (Parise, 1995).

Si hanno così delle chiavi di lettura che guidano e strutturano l'osservazione dell'ambiente naturale: gli esseri viventi dispongono di strategie differenti (strutture) per risolvere problemi comuni (funzioni) relativi alla nutrizione, alla riproduzione e alla gestione dell'informazione.

4. Alcuni esempi

Passiamo ora in rassegna alcuni semplici situazioni in ambito idraulico, meccanico, elettrico e termico alla luce di alcuni degli organizzatori concettuali proposti.

4.1 Idraulica

Iniziamo con un sistema costituito da due vasi comunicanti (Figura 7). Partiamo cioè da qualche cosa di noto e ben visibile. Questo

dispositivo permette di parlare di invarianti (il volume totale di acqua nei due vasi rimane costante nel tempo)², di bilanci (relativamente al volume di acqua in ciascun vaso e nel collegamento), di spinte (una differenza di livello è causa di un flusso di acqua da un vaso all'altro), di resistenze (per permettere all'acqua di fluire da un recipiente all'altro il rubinetto deve essere aperto), e di retroazione (mano a mano che l'acqua fluisce, la rotellina gira sempre più lentamente: il trasferimento di acqua da un vaso all'altro ha come effetto una diminuzione della spinta, della differenza di livello). Volendo si potrebbe parlare anche della struttura (forma) del vaso per rapporto alla sua funzione di immagazzinare acqua (quale forma è più adatta per attenuare variazioni di livello?).

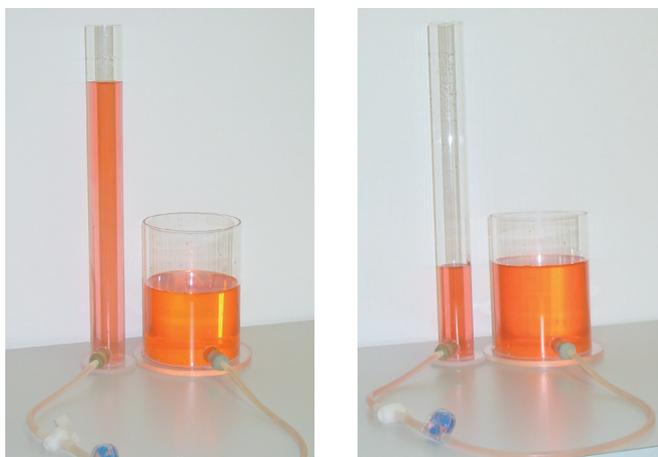


Figura 7. Un sistema di vasi comunicanti permette di costruire un primo modello di sistema e di quantità bilanciabile.

Quanto osservato e descritto a parole, successivamente può essere rappresentato con dei grafici che evidenziano la relazione tra livello idraulico e volume d'acqua per i due vasi (Figura 8). Ci si avvicina così progressivamente ad un formalismo di tipo matematico.

2. In un primo momento l'acqua viene ragionevolmente idealizzata come non comprimibile e conservata. Ciò permette di affermare che il volume di acqua che scompare da un vaso deve necessariamente comparire nell'altro e viceversa. Le sezioni dei vasi e la resistenza del collegamento sono stati scelti in modo che il trasferimento di acqua avvenga in maniera completamente dissipativa.

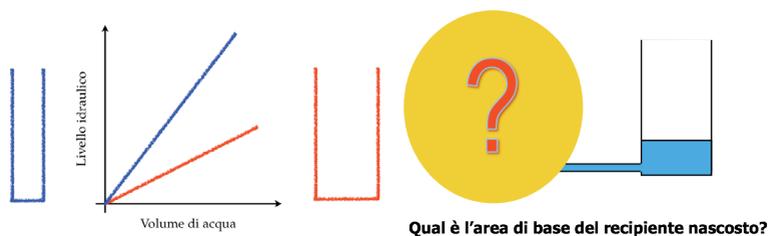


Figura 8. Sinistra - Stati idraulici accessibili a vasi cilindrici di sezione diversa: a volumi uguali corrispondono livelli diversi, rispettivamente a livelli uguali corrispondono volumi differenti. Destra - Sfruttando le proprietà idrauliche di un sistema di vasi comunicanti e la conservazione del volume di acqua, osservando ciò che capita in un vaso è possibile affrontare e risolvere quesiti di questo tipo³.

Infine può essere utile sottolineare, sempre ricorrendo ad un sistema di vasi comunicanti, la differenza tra regime stazionario e equilibrio (Figura 9). Pensando ai sistemi biologici e al fenomeno Vita in generale questa distinzione è molto importante: lo stato di Vita corrisponde infatti ad uno stato di regime stazionario mentre quello di morte ad uno di equilibrio.

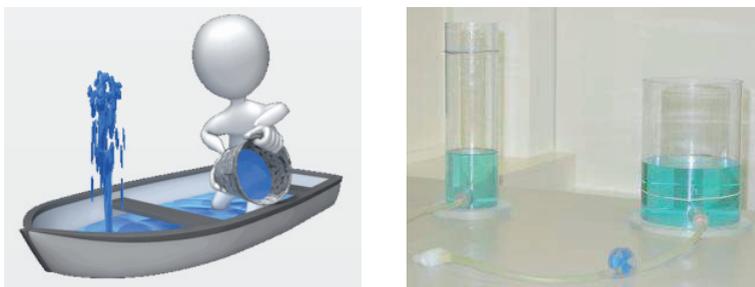


Figura 9. Sinistra - situazione di regime stazionario. Le differenze di livello vengono mantenute nel tempo. A tale scopo è necessario un intervento esterno. Destra - situazione di equilibrio. Le differenze di livello sono state annullate. Non sussiste più alcuna spinta al trasferimento. Il sistema rimane in questo stato senza interventi esterni.

3. È interessante notare come, in questo tipo di attività, la risposta al quesito viene fornita non dall'insegnante ma dal dispositivo sperimentale stesso: per verificare la propria previsione basterà infatti scoprire il recipiente nascosto.

4.2 *Elettricità, meccanica, termologia*

Così come l'acqua, anche l'elettricità può fluire: lo si "vede" molto bene nei fulmini. In modo più artificioso possiamo riproporre una situazione simile utilizzando il dispositivo raffigurato nella Figura 10. Una sfera viene caricata con una bacchetta precedentemente elettrizzata per strofinio. Successivamente, dopo aver messo in contatto elettrico le due sfere, grazie all'elettroscopio, possiamo notare una variazione dello stato elettrico delle due sfere, che viene interpretato immaginando che qualche cosa (elettricità) sia fluìto da una sfera all'altra.

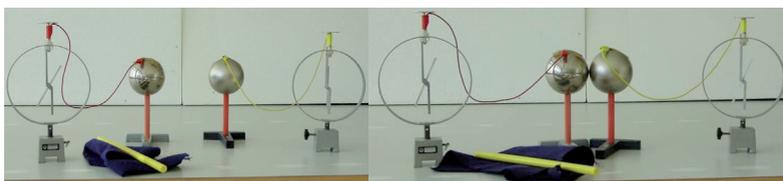


Figura 10. Sinistra - Una sfera viene caricata con una bacchetta. Destra - Una volta messe a contatto, i due elettroscopi ci "dicono" che dell'elettricità è passata da una sfera all'altra.

Anche negli urti abbiamo delle correnti: quantità di moto passa da una pallina all'altra. Stessa situazione mettendo a contatto un corpo caldo con uno freddo. In quest'ultimo caso dell'entropia fluisce dall'uno all'altro: la temperatura di un oggetto diminuisce mentre quella dell'altro aumenta.

Le situazioni appena presentate possono essere lette anche alla luce di un altro organizzatore concettuale che permette di strutturarne la descrizione: in tutte le situazioni le varie "correnti" sono causate da un'appropriata "differenza di livello": il trasferimento di movimento presuppone una differenza di velocità tra gli oggetti interagenti (intesa come livello meccanico), quello di elettricità una differenza di livello elettrico, quello di un volume d'acqua tra i due vasi una differenza di livello idraulico (pressione), quello di entropia tra due corpi una differenza di livello termico (temperatura).

4.3 *Pompe per generare differenze*

Ancora un'osservazione circa l'importanza dell'idea di differenze di livello come spinte per un processo: esse non solo possono scom-

parire, come nei casi illustrati in precedenza, ma possono essere anche generate. A tale scopo vi sono dei dispositivi che potremmo chiamare "pompe": una classica pompa da bicicletta genera una differenza di pressione, un cannone genera una differenza di velocità, un frigorifero genera una differenza di temperatura, una dinamo genera una differenza di potenziale elettrico (una tensione elettrica), un apparecchio per l'elettrolisi dell'acqua genera una differenza di potenziale chimico⁴.

Si tratta di un'idea strutturante che ricorre in ambiti diversi e che può contribuire a rendere simili tra loro situazioni che ad un primo sguardo magari appaiono non aver nulla in comune. Questa dimensione può essere ulteriormente evidenziata introducendo una prima modellizzazione dei vari fenomeni.

5. Dalla descrizione all'interpretazione

Il passaggio dall'oggetto al concetto, da una prima descrizione verbale del fenomeno ad una modellizzazione è molto delicato. Si tratta di proporre una prima sorta di mappa mentale per descrivere il processo osservato sostituendo all'oggetto una determinata proprietà funzionale allo scopo. Una proposta è riportata nella Figura 11 nel caso del sistema di due vasi comunicanti.

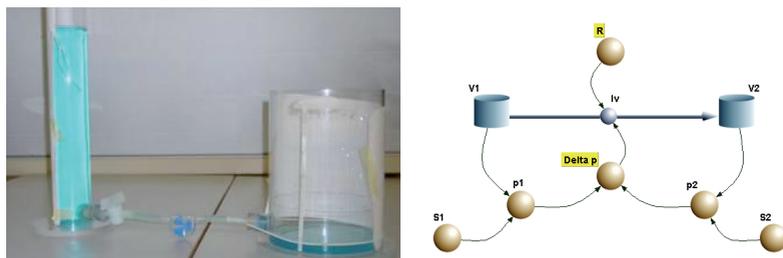


Figura 11. Sinistra - Sistema di vasi comunicanti. Destra - Modellizzazione della situazione sperimentale. Il flusso di acqua (lv) dal serbatoio $V1$ a quello $V2$ è determinato dalla differenza di livello (Δp) e dalla resistenza (R). Il livello ($p1$ e $p2$) in ciascun vaso dipende dal volume d'acqua qui contenuto e dalla rispettiva sezione ($S1$ e $S2$).

4. Per una descrizione del concetto di potenziale chimico si veda, ad esempio, Lubini, 2009.

Gli stessi strumenti di modellizzazione permettono di rappresentare un urto anelastico tra un pomodoro e un impasto di farina in maniera del tutto analoga al caso precedente: abbiamo il flusso di quantità di moto causato da una differenza di velocità. Anche per fenomeni di natura elettrica possiamo ricorrere ad una modellizzazione analoga alle precedenti: il flusso di elettricità da una sfera all'altra è causato da una differenza di potenziale che dipende sia dalla quantità di carica che dalla capacità delle singole sfere.

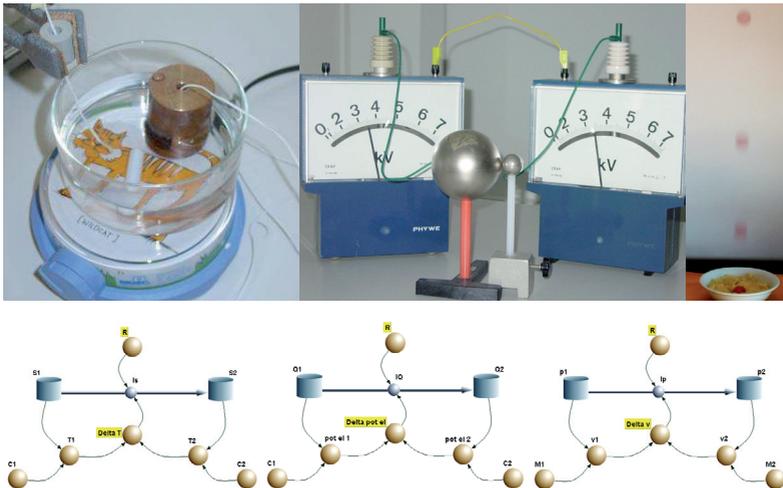


Figura 12. I fenomeni che comportano un raggiungimento di una situazione di equilibrio in termini di annullamento di differenze (di temperatura, di potenziale elettrico, di velocità) possono essere descritti tramite schemi analoghi. I cilindri simboleggiano dei magazzini per quantità che possono fluire, i tubi con le relative frecce in spessore descrivono i trasporti. Nel caso del processo termico non si è tenuto conto della produzione di entropia, che, nella situazione considerata, può essere trascurata (Fuchs, 2006).

Anche in ambito termico abbiamo una situazione simile: possiamo descrivere il processo in termini di flusso di entropia causato da una differenza di temperatura. In questo caso, successivamente, si dovrà tener conto del fatto che durante questo processo vi è anche una produzione di entropia, aspetto che, in un primo tempo, potrebbe però essere tralasciato (Fuchs 2006).

La Figura 12 propone un confronto della modellizzazione delle varie situazioni discusse. Questa modalità di rappresentazione permette di evidenziare le analogie esistenti tra i vari ambiti: grandezze fisiche differenti svolgono ruoli analoghi nella descrizione dei rispettivi fenomeni.

5.1 Un esempio più complesso

A questo punto, prima di concludere, sembra doveroso mostrare, anche se per ovvie ragioni di spazio con un singolo esempio, come le modellizzazioni proposte possano poi condurre effettivamente a descrivere in modo adeguato situazioni sperimentali più complesse. Prendiamo, ad esempio, un processo di titolazione acido-base: si tratta di misurare il valore del pH di una soluzione acquosa di acido cloridrico alla quale viene aggiunta, goccia a goccia, una soluzione di idrossido di sodio. L'andamento del pH della soluzione è riportato nella Figura 13.

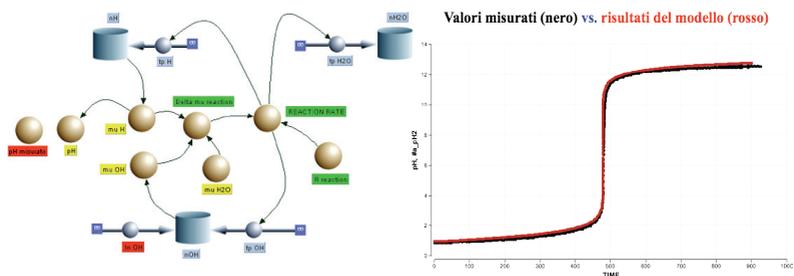


Figura 13. Sinistra - Modellizzazione di una titolazione acido-base in termini di spinte (differenze di potenziale chimico), tassi di trasformazione e resistenze. Destra - Valori sperimentali (nero) e risultati del modello (rosso).

Utilizzando un approccio simile a quello esposto in precedenza è possibile elaborare un modello per questo esperimento. Senza entrare in dettagli, come si vede, l'accordo con l'esperimento è più che soddisfacente. L'approccio delineato permette degli sviluppi successivi negli ordini scolastici superiori.

6. Riflessioni conclusive

Per concludere, è importante sottolineare come un approccio di questo tipo non possa prescindere da una adeguata formazione dei

docenti: è infatti importante che il ruolo e il senso degli organizzatori concettuali siano loro chiari per indirizzare e organizzare le situazioni di apprendimento. Essi dovranno poi cercare di trasmetterne lo spirito agli allievi (Figura 14).

Questi concetti non vanno insegnati in astratto, ma esplicitati nelle riflessioni di tipo metacognitivo sulle modalità con cui si è affrontato un dato problema, rispettivamente su come si è riusciti ad imparare quello che si è imparato.



Figura 14. Quello che vediamo dipende da ciò che siamo preparati vedere... e forse il fascino della scienza dipende anche da questo.

Bibliografia

- AA. VV. (2012). *A Framework for K-12 Science Education - Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*, National Academic Press.
- Arons, A. (1973). "Toward Wider Public Understanding of Science". *Am. J. Phys.* 41, 769-782.
- D'Anna, M., Laffranchi, G. & Lubini, P. (2011). *Strumenti per l'insegnamento interdisciplinare della termodinamica nelle scienze sperimentali, Volume I - Il quadro concettuale*, Bellinzona: DECS. <http://www.scuola-decs.ti.ch/StrIIT2011/scarica/StrIIT_11.pdf> [31/01/2013].
- Deutscher Verein zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts e. V. (2004). *Naturwissenschaften besser verstehen, Lernhindernisse vermeiden – Anregung zum gemeinsamen Nutzen von Begriffen und Sprechweisen in Biologie, Chemie und Physik (Sekundarbereich I)*. Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht, Aprile 2004. Insetto speciale.
- Fuchs, H.U. (2006). *System Dynamics Modeling in Fluids, Electricity, Heat, and Motion*. Proceedings of the GIREP Conference, August 20-25, 2006, Amsterdam.

- Giordan, A. (2002). *Une autre école pour nos enfants?* Cap. 5. Paris: Delagrave.
- Herrmann, F. (2009). "La cosa e la misura". *La Fisica nella Scuola* 42, 80-89.
- Lubini, P. (2010). "Il potenziale chimico come strumento di modellizzazione: il caso della chimica". In F. Corni, C. Mariani & E. Laurenti (a cura di). *Innovazione nella didattica delle scienze nella scuola primaria: al crocevia fra discipline scientifiche e umanistiche. Seminari, aperture, contributi di ricerca, esperienze di pratica didattica*, Atti del convegno, Modena e Reggio Emilia, 12-13 Novembre 2010. Modena: Artestampa, 26-38.
- Morin, E. (2001). *I sette saperi necessari all'educazione del futuro*, Milano: Raffaello Cortina, 12.
- Ossimitz, G. (2002). "Stock-flow-thinking and reading stock-flow-related graphs: An empirical investigation in dynamic thinking abilities". In *System Dynamics Conference*. Palermo.
- Parise, A. (1995). *Sistemi Biologici: un'introduzione all'ecologia*, Bologna: Zanichelli, 6.

