

PESO E VOLUME: DUE CONCETTI BANALI?

*Giulietta Cioncolini, Monica Falleri, Carlo Fiorentini, Attilia Greppi,
Antonella Martinucci, Rossana Nencini, Elena Scubla, Sandra Taccetti*

Fino a qualche anno fa pensavamo che, diversamente dal senso comune scolastico, nella scuola elementare non ci potessero essere relazioni significative tra l'educazione scientifica e la matematica perché, essendo le misure di lunghezza, superficie, peso, capacità e volume trattate ampiamente nell'ambito della matematica, ritenevamo che non si dovessero affrontare nella scuola elementare concetti specifici di tipo quantitativo. Pensavamo, quindi, e continuiamo a pensarlo che l'impostazione dell'educazione scientifica debba essere essenzialmente di tipo qualitativo e che le principali relazioni debbano svilupparsi con l'educazione linguistica. Tuttavia abbiamo negli ultimi anni cambiato in parte opinione, avendo acquisito più consapevolezza dei gravi limiti di concettualizzazione che si verificano a proposito del peso, del volume, ecc. Il fenomeno non è solo italiano; esso è causato da un insegnamento matematico e scientifico pedagogicamente assurdo, come è stato evidenziato in modo illuminante da Arons¹.

Nel secondo ciclo della scuola elementare, nell'ambito della matematica, viene dedicato molto tempo alla effettuazione di calcoli sulle misure di lunghezza, peso, capacità, superficie e volume, in particolare allo svolgimento di equivalenze. L'abilità di calcolo è evidentemente necessaria, ma essa non coincide con la concettualizzazione, ne rappresenta soltanto un aspetto, insieme ad attività di sperimentazione e problematizzazione. La costruzione operativa dei concetti è una base imprescindibile della concettualizzazione. Attività sperimentali vengono effettuate generalmente soltanto all'inizio del lavoro sulla misura, quando vengono proposte ai bambini attività di premisura, generalmente, in riferimento alle lunghezze. Quando si introducono, invece, le altre grandezze, spesso, questa attività operativa non viene ripetuta: facendo riferimento alle unità di misura di lunghezza, dove i multipli ed i sottomultipli del metro vanno di 10 in 10, si

¹A. B. Arons, *Guida all'insegnamento della fisica*, Zanichelli, Bologna, 1992, pp. 1-22.

introducono prima le grandezze che hanno multipli e sottomultipli simili, peso e capacità, poi le unità di misura di superficie (di 100 in 100), ed infine di volume (di 1000 in 1000).

Evidentemente i concetti di peso, capacità e volume sono considerati autoevidenti, non hanno bisogno di essere compresi, è sufficiente imparare ad effettuare calcoli. Viene presupposta nel bambino una capacità di astrazione che a quell'età non può avere, la capacità, cioè, di muoversi nell'astratto sapendogli attribuire un significato, di saper, maneggiando numeri, riferirli alla realtà. Viene presupposta una capacità che in realtà può essere costruita e sviluppata durante tutto l'arco della scuola di base, proprio ripetendo in ogni contesto, con ogni nuovo concetto, il passaggio graduale dal concreto all'astratto, e cogliendo sempre le analogie, le differenze e le connessioni con gli altri concetti.

Se ciò che va costruito viene fin dall'inizio presupposto, non ci si può stupire che la maggior parte degli studenti non abbia alla fine della scuola media concettualizzato grandezze così importanti come il peso ed il volume. Il bambino inizia ben presto a differenziare gli oggetti in relazione alla loro grossezza; il bambino del primo ciclo della scuola elementare utilizza spontaneamente, durante attività di classificazione di oggetti, le categorie di grande e piccolo. Siamo, tuttavia, ancora completamente all'interno di una visione globale della realtà. Il passaggio dal globale all'analitico è un passaggio lento e psicologicamente molto complesso. Significa, in questo caso, la capacità di differenziare i vari aspetti della realtà che possono permettere di valutare il grande e il piccolo, ma significa anche la capacità di saperli rapportare l'uno all'altro, di ricondurli all'unicità della realtà per poterla comprendere ad un livello superiore.

Peso e volume sono da molti studenti utilizzati indistintamente. La capacità viene considerata spesso come una grandezza che non ha nessuna relazione con il volume: generalmente la prima viene riferita a liquidi di uso quotidiano ed il secondo soltanto a corpi solidi regolari.

Peso e volume debbono essere costruiti, con un approccio operativo, in modo analitico, ma debbono essere anche in molti contesti sperimentali affrontati in modo interrelato tra la fine della scuola elementare e i primi anni del biennio della scuola secondaria superiore. La schizofrenia esistente tra i concetti di capacità e volume probabilmente dipende dal

fatto che vengono generalmente introdotti in modo separato, la capacità in terza ed il volume in quinta elementare, come se fossero due grandezze irrelate, probabilmente per motivazioni di calcolo che affondano le radici nel passato più lontano. Noi proponiamo, al contrario, che capacità e volume vengano affrontati contestualmente in classe quinta, impostando l'attività principalmente sul volume dei liquidi.

Un altro nodo è quello della distinzione tra **peso** e **massa**. Per molti disciplinari, è un grave errore non dare fin dall'inizio il nome giusto alle cose, e poiché quando si parla di quantità dei corpi il termine giusto è massa, fin dalla scuola elementare così va chiamata. Il peso è un concetto ben diverso, è la forza con cui una massa data è attirata, nel nostro caso, dalla Terra. I nostri disciplinari evidentemente pensano che questi concetti fondamentali della fisica siano ormai quasi autoevidenti; dimenticano tuttavia, che per costruirli l'umanità ha dovuto aspettare il Settecento, con Newton, e che quando si va a verificare le conoscenze su queste problematiche alla fine della scuola secondaria superiore, molti studenti dimostrano di essere rimasti a prima di Galileo, figuriamoci di Newton.

Questo è uno degli innumerevoli esempi in cui un insegnamento prematuro di parole giuste, di pre-giudizi (nel significato attribuitogli da Dewey), produce sostanzialmente un situazione di analfabetismo, ed ovviamente di disgusto nei confronti della conoscenza scientifica.

A nostro parere, invece, i nomi giusti vanno dati dall'insegnante quando gli studenti sono stati messi in condizione di comprendere i concetti; i concetti, d'altra parte possono solo essere costruiti gradualmente, per approssimazione successiva, partendo, nel caso della scuola elementare dalle conoscenze di senso comune, avendo ovviamente l'obiettivo di sviluppare il pensiero logico, razionale. Come è stato per l'umanità fino a poco tempo fa, per lo studente il peso è associato non alla forza di gravità, ma alla quantità di materia. Quando in un qualsiasi negozio si acquista qualcosa, si paga in relazione alla quantità di merce, che viene indicata con una misura di volume o di peso; nei negozi si pesa e non si misura la massa. Pensare che basti dire agli studenti che quanto si acquista qualcosa, quella è una massa e non un peso, vuol dire avere una visione dell'insegnamento-

apprendimento molto ingenua, quasi da maghi: basta agitare la bacchetta magica, ed ecco che un peso diventa una massa. In conclusione, non riusciamo a comprendere come la distinzione concettuale tra peso e massa possa essere costruita e quindi compresa, al di fuori dell'insegnamento delle leggi di Newton, della legge della dinamica, e cioè, quindi, prima del biennio della scuola secondaria superiore. Si continua a confondere i concetti con le parole; le parole corrette ovviamente sono fondamentali per conservare i concetti, ma solo dopo che i concetti sono stati compresi.

In relazione alle considerazioni precedenti ci sembrano significative queste considerazioni della Driver: "In molti ambiti scientifici si possono interpretare i fenomeni secondo una varietà di livelli di raffinatezza, tutti quanti utili sotto questo profilo (...) Per esempio, c'è una giustificazione nell'attribuire tanta importanza al modello cinetico-molecolare nei corsi scientifici di base dal momento che gli alunni trovano tanto difficile comprenderlo abbastanza bene da utilizzarlo con fiducia? Non sarebbe più produttivo accettare che alunni più giovani della scuola secondaria si basassero su una nozione del calore come calorico? Dopo tutto, gli ingegneri edili, ad esempio, procedono effettivamente nei loro calcoli della conducibilità termica dei materiali in base alle "quantità di calore" e alle "velocità di flusso". Dal punto di vista degli alunni è forse preferibile possedere un modello che funziona nell'interpretazione dei fenomeni, anche se lo si dovrà modificare più avanti, piuttosto che dover imparare delle idee più raffinate che servono solo a confondere".

Sicuramente, afferma la Driver, c'è chi si opporrà a queste proposte sostenendo che non si debba mai insegnare nulla che debba essere "disappreso in seguito". Ma questo atteggiamento pedagogico non è per nulla conforme né alle esperienze della vita quotidiana, né agli apprendimenti che si realizzano in contesti formali. "Noi siamo posti continuamente in situazioni nelle quali dobbiamo rivedere, sviluppare o scartare delle idee alla luce di nuovi dati". L'immane compito che è necessario affrontare e risolvere nell'educazione scientifica è quello di diminuire il fossato che oggi generalmente esiste tra le strutture degli studenti e le conoscenze scientifiche formali; e a questo scopo può essere necessario presentare agli studenti delle teorie parziali e provvisorie che essi possano comprendere senza tuttavia accettare come verità assolute. "A questo riguardo è importante distinguere tra capire e

credere: è possibile e fondamentale riuscire a *capire* delle interpretazioni alternative, proposte da compagni di classe o di ricerca scientifica, senza necessariamente *credere* ad alcune di esse².

UN PERCORSO SUL PESO

- 1. Classificare.** Dopo aver messo numerosi oggetti su di un tavolo chiediamo ai bambini di formare raggruppamenti secondo attributi da loro scelti.
- 2. Classificare.** Se nessuno ha raggruppato in base al peso, sarà l'insegnante a suggerirlo. Facciamo leggere i raggruppamenti e chiediamo a ciascuno come ha fatto a discriminare le categorie *più pesante*, *meno pesante*. In genere si affidano a conoscenze di senso comune, gli oggetti presentati sono tutti molto familiari; alcuni soppesano con le mani; altri si lasciano guidare dalla grandezza, dal materiale, dal fatto che contengano altri oggetti come ad esempio l'astuccio.
- 3. Confrontare.** Diamo a ciascun bambino degli oggetti (prima due, poi tre ... fino a cinque) e chiediamo qual è il più pesante; in genere i bambini non si limitano ad osservare ma "pesano con le mani".

Le attività 4 e 5 hanno lo scopo inizialmente di indagare su come i bambini operino con la proprietà transitiva rendendoli consapevoli di tale strategia per giungere infine ad un suo uso costante, sia con oggetti concreti che in forma esclusivamente rappresentativa. Tali attività non sono indispensabili allo svolgimento del percorso sul peso, ma questo è un'occasione per affrontare una proprietà matematica utile per ben operare con le misure. Le insegnanti sono libere di inserire queste attività oppure no, tenendo presente che ciò comporta allungare i tempi del percorso.

² R. Driver, *L'allievo come scienziato? La formazione dei concetti scientifici nei preadolescenti*, Bologna, Zanichelli,

4. **Ordinare** Diamo 3 o 4 oggetti e chiediamo di ordinarli in modo crescente o decrescente rispetto al peso; chiediamo anche di scrivere come hanno fatto e di rappresentare graficamente tale ordinamento. In genere i bambini tendono ad escludere l'oggetto percettivamente più pesante, sta all'insegnante offrire materiali adeguati per abituarli al confronto a coppie e in seguito, all'applicazione della proprietà transitiva.
5. **Ordinare – attività di rinforzo della proprietà transitiva.** Dopo aver più volte operato concretamente con oggetti, proponiamo la stessa attività solo in forma grafica; es.

Prima confronta, dopo ordina in modo crescente rispetto al peso

quaderno piuma gomma

mela limone ciliegia

quaderno più pesante gomma
 gomma più pesante piuma
 quaderno piuma

mela più pesante limone
 limone più pesante ciliegia
 ciliegia mela

Prima confronta e dopo ordina in modo decrescente tre oggetti, a tuo piacere, rispetto al peso

Completa la tabella e scrivi in ordine decrescente

Giovanni	Più pesante	Tamara
Carla	Più pesante	Pietro
Pietro	Più pesante	Giovanni
Pietro		Tamara
Giovanni		Carla
Carla		Tamara

6. Progettare. Talvolta durante le attività “pesiamo con le mani”, nel confrontare il peso degli oggetti si verificano disaccordi che rendono necessario l’uso della bilancia. Invitiamo i bambini singolarmente a progettare questo strumento in modo semplice e con materiale di uso comune. Nel progetto dovrà essere inserito l’elenco del materiale occorrente, la tecnica di costruzione e il disegno della bilancia.

7. Socializzare i progetti. I bambini illustrano i loro progetti alla classe che discuterà sulle possibilità di realizzazione di ognuno e sulle difficoltà individuate. Scegliamo quattro o cinque progetti da realizzare in piccoli gruppi.

8. Costruire Ogni gruppo scrive il progetto definitivo della bilancia che intende costruire, porta a scuola il materiale occorrente (alcuni pezzi possono essere stati precedentemente predisposti in base al progetto) e costruisce la bilancia, verificandone poi il funzionamento. Durante la costruzione i bambini esperiscono certi principi fisici indispensabili al giusto funzionamento delle bilance: i bracci devono essere uguali in lunghezza, spessore e materiale; le vaschette, sufficientemente grandi, devono avere lo stesso peso; gli elastici, quando sono previsti, devono avere uguale lunghezza, spessore e resistenza. E’ attraverso l’errore e i vari tentativi di soluzione che i bambini discutono e, prima intuiscono, dopo motivano operativamente la scelta di certi materiali o di certe tecniche di costruzione.

9. Confrontare e ordinare. Riproponiamo ai bambini le attività già svolte al punto 3 e 4 utilizzando nel pesare le bilance da loro costruite.

Le operazioni concrete di peso sono importanti e vanno ripetute anche organizzando i ragazzi a piccoli gruppi. I bambini, che non hanno familiarità con questo tipo di bilance, osservano con stupore l’alzarsi e l’abbassarsi dei bracci o il loro rimanere in equilibrio. Stimano e verificano la maggiore, minore o eguale pesantezza degli oggetti acquisendo consapevolezza del fenomeno che stanno sperimentando.

10. Riflettere individualmente, socializzare le verbalizzazioni.

Invitiamo i bambini a ricordare tutti i tipi di bilance incontrate, il loro modo di funzionare e i risultati prodotti. Alcune, come quelle costruite a scuola, permettono di confrontare direttamente due oggetti; altre, le più diffuse, indicano un numero. Dopo che più volte i bambini hanno constatato che le bilance a bracci uguali permettono di stabilire la

minore o maggiore pesantezza degli oggetti e di effettuare ordinamenti non metrici, chiediamo loro di rispondere individualmente per scritto alle seguenti domande:

- E' possibile stabilire con sicurezza relazioni di pesantezza (più pesante / meno pesante) utilizzando le mani?
- E' possibile stabilire con sicurezza relazioni di pesantezza (più pesante / meno pesante) utilizzando la bilancia a braccia uguali?
- utilizzando la bilancia a bracci uguali è possibile dire di quanto un oggetto è più pesante di un altro?

Discutiamo sulle risposte e se nessuno pensa che con le bilance a bracci uguali sia possibile

quantificare un peso, poniamo un 'ulteriore domanda per stimolare i bambini a fare ipotesi

da verificare: "utilizzando la bilancia a bracci uguali come faresti per stabilire di quanto un

oggetto è più pesante di un altro?"

11. Confrontare e quantificare. Se nessuno riuscirà ad individuare una modalità significativa per poter stabilire di quanto un oggetto è più pesante di un altro, l'insegnante prenderà due oggetti opportunamente scelti come ad esempio una mela e una castagna e chiederà di nuovo ai bambini: "sappiamo che la mela pesa di più della castagna, come possiamo fare per capire quanto pesa di più la mela della castagna?"

A questa domanda probabilmente alcuni bambini suggeriranno di mettere in uno dei piatti della bilancia tante castagne quante ne sono necessarie per uguagliare il peso della mela. Durante le attività svolte si è già verificato il caso $\text{peso A} = \text{peso B}$ e tutti sanno che perché due oggetti abbiano lo stesso peso i bracci devono rimanere in equilibrio. Poniamo su di un piatto della bilancia la mela e sull'altro piatto alcune castagne; dopo vari tentativi in cui si aggiungono e tolgono castagne, troveranno una relazione di uguale pesantezza.

La castagna è diventata un'unità di misura

Invitiamo i bambini a descrivere sul quaderno l'esperienza effettuata.

12. Quantificare utilizzando l'unità di misura 1. Ogni bambino ha avuto l'opportunità di stabilire relazioni di uguaglianza rispetto al peso tra un oggetto e n. oggetti di uno stesso tipo (castagne o noci), ma presto si è verificato il caso che uno stesso oggetto

potesse avere una quantificazione diversa a seconda delle castagne che venivano utilizzate, o che le castagne fossero troppo grosse e dovessero essere divise in parti uguali per poter ottenere il peso preciso dell'oggetto. E' importante sottolineare quest'ultima considerazione utilizzando l'espressione "n. castagne e un po'" come abbiamo fatto per le misure di lunghezza. Queste riflessioni aiutano i bambini a comprendere l'importanza dei multipli e sottomultipli delle unità di misura.

Ancora una volta per fissare le conoscenze emerse nel corso delle attività pratiche poniamo delle domande.

- Utilizzando la bilancia a bracci uguali è possibile quantificare (esprimere con i numeri) il peso di un oggetto?
- La scelta delle castagne come unità di misura è una scelta giusta, oppure no, perché? La discussione sulle risposte date metterà in evidenza l'inadeguatezza delle castagne per due motivi fondamentali:
 - le castagne sono diverse fra loro
 - le castagne sono troppo grandi e c'è la necessità di spezzarle in parti (che dovrebbero essere tutte uguali) per ottenere un peso preciso.

La scoperta dell'inadeguatezza delle castagne impone la scelta di una vera unità campione che tutti ormai considerano indispensabile per stabilire il peso di un oggetto.

Aggiungiamo una domanda al precedente questionario:

- Quale oggetto sceglieresti come unità di misura e perché?

13. Quantificare utilizzando l'unità di misura 2. Diviene necessario trovare una vera unità campione; tra i vari oggetti indicati dai bambini l'insegnante deve indirizzarsi su un materiale già disponibile a blocchi (es. chiodi o grappette per "sparapunti", già confezionate in barrette). Riprendendo le esperienze di quantificazione con le nostre bilance, utilizzando come unità campione il chiodo, i bambini si accorgeranno presto che il chiodo utilizzato è troppo leggero e le bilance non sono in grado di registrare la variazione di peso quando se ne aggiunge o se ne toglie uno (ma anche 2 o 3); inoltre proprio perché il chiodo è molto leggero, occorre contare ad uno ad uno anche 100 o 200 chiodi. Il primo problema verrà superato utilizzando **la bilancia con due piatti esistente a scuola**, mentre per il secondo si potrà decidere di raggruppare i chiodi prima in gruppi di 10 poi di 100 ed infine di 1000 (il fatto che questi chiodi fossero già uniti in barre suggerisce l'uso del raggruppamento mentre l'utilizzo della base 10 è senza dubbio quello con cui i bambini hanno più familiarità). Tutti i bambini, da soli o a

coppie, pesano oggetti scegliendo le unità di misura più appropriate e effettuando cambi da una marca all'altra. Mentre viene fatta l'esperienza i compagni registrano le quantità; alle descrizioni iniziali vengono ben presto sostituiti sistemi di rappresentazione grafica.

14. Usare strumenti formalizzati. Spontaneamente, durante l'ossevazione, i bambini utilizzano tabelle di registrazione dei dati che, dopo essere state confrontate e socializzate, possono essere strutturate in una tabella a doppia entrata, da utilizzarsi nelle esperienze successive.

I bambini possono operare in coppia; mentre uno pesa, l'altro registra i numeri nella tabella.

OGGETTI	UNITÀ DI MISURA				
	Chiodo	Deca chiodo	Etto chiodo	Chilo chiodo	Peso tot. in chiodi

15. Comporre, scomporre, confrontare, ordinare e trasformare. Utilizzando il materiale costruito (2 kilochiodi, 10 ettochiodi, 10 decachiodi e 10 chiodi), i bambini realizzano attività matematiche rinforzando le conoscenze sui sistemi a base 10 ed esercitando continuamente il calcolo orale. Inizialmente un bambino opera concretamente e gli altri registrano per iscritto. In seguito l'insegnante proporrà attività di scomposizione, confronto, ordinamento e trasformazione da svolgere individualmente sul quaderno e poi un compagno verificherà il risultato con il materiale.

16. Riflettere individualmente, socializzare le verbalizzazioni, riorganizzare le conoscenze. Attraverso una scaletta predefinita i bambini illustrano il percorso cognitivo realizzato.

- Descrivi il sistema di misura ideato dalla nostra classe per pesare oggetti.
- Questo sistema di misura è valido?
- Questo sistema di misura è efficace? / Hai notato dei problemi?
- Perché l'unità campione da noi scelta non è usata come unità di misura del peso da tutti?

Discutiamo sulle risposte individuali per comprendere che, finché si utilizzano come campioni oggetti simili ai precedenti non si riesce a confrontare le nostre misure di peso con quelle effettuate da altri. L'uomo ha capito da molto tempo che è necessario stabilire delle unità campione convenzionali, accettate da tutte le persone all'interno di una comunità.

17. Quantificare con il sistema di misura convenzionale. Sempre utilizzando la bilancia a piatti ma con l'uso delle unità di misura convenzionali i bambini pesano oggetti quantificando in grammi (o altro) il risultato.

18. Comporre, scomporre, confrontare, ordinare e trasformare. Utilizzando il sistema di misura convenzionale, attraverso attività strutturate, i bambini applicano tutte le competenze previste dai programmi in relazione alla misura.

19. Generalizzare le conoscenze Nel corso dell'anno scolastico, i bambini hanno dimostrato di saper utilizzare le conoscenze acquisite in questo percorso all'interno di situazioni problema. Nell'anno scolastico successivo il sistema di misura sul peso sarà ripreso per affrontare i problemi con peso lordo, peso netto e tara e quelli con costi e pesi.

20. Trasferire le conoscenze In quinta classe è previsto un percorso su capacità e volume in cui sarà offerta la possibilità di trasferire le competenze acquisite in questo percorso attraverso l'uso di processi cognitivi simili e dello stesso metodo di indagine.