

Educazione scientifica nella scuola e nella vita quotidiana. I materiali e le loro caratteristiche (e non solo)

Franco Blezza

Dipartimento di Economia Aziendale,
Università degli Studi “G. d’Annunzio” di Chieti-Pescara,
email franco.blezza@unich.it

Sunto

L’educazione della persona, in particolare a scuola, ha l’imprescindibile necessità di essere completa anche dal lato della cultura scientifica, matematica e tecnica, fin dalle primissime età. Questa esigenza è stata a lungo disattesa e trascurata nella scuola italiana, in nome di idee filosofiche e politiche non democratiche e socialmente chiuse. In questo saggio si esemplificano varie tematiche e loro possibili trattazioni, con un radicamento forte nella vita quotidiana e nell’ambiente nel quale gli alunni vivono e socializzano. Le idee di fondo hanno validità assolutamente generale, per un’educazione “senza aggettivi” completa dal lato scientifico, mentre le esemplificazioni pratiche si dimostrano considerevolmente più ricche di quelli che possono essere gli usuali repertori didattici dei nostri insegnanti pre-universitari.

Parole chiave: Educazione, cultura scientifica, vita quotidiana, didattica

1. Perché “materiali”, quali “caratteristiche”

I termini impiegati nel sottotitolo richiedono qualche chiarimento preliminare.

In questo saggio, scegliamo di parlare di “materiali” seguendo il divenire delle riforme dei programmi scolastici di Scienze approvate, o anche solo elaborate e proposte, negli ultimi quarant’anni per tutta l’istruzione pre-universitaria: a cominciare dalla scuola per l’infanzia, a quei tempi la si chiamava riduttivamente “materna”, ma in questi ultimissimi anni e per il futuro dovremo cominciare dal nido. Preferiamo questa formulazione ad evitare un’astrazione precoce, e decisamente intempestiva, come sarebbe un riferimento esplicito al concetto di “materia”, ma anche attenendoci alla necessità di concetti sufficientemente generali che siano fruibili fin dai tre anni d’età (o, appunto, anche prima).

Dobbiamo esser coerenti con la necessità di far emergere solo gradualmente gli specifici disciplinari, e ricordiamo quell’ovvietà ignota a troppi politici secondo la quale *le Scienze della Natura*, comunque denominate con termine o formulazione comprensivi, *non costituiscono una disciplina*, a differenza dell’Italiano, della Storia, della Geografia o di qualunque Lingua e Letteratura classica o “moderna”, e via elencando. Risulta allora più ragionevole cominciare ad individuare proprietà fisiche e proprietà chimiche dei materiali,

che a quel punto potranno gradualmente lasciare il posto alle concettualità di *materia*, di *corpi* e di *sostanze*, quindi all'emergere di Chimica e Fisica che sono queste sì discipline, e proprietà afferenti a scienze complesse come le Scienze della Vita e le Scienze della Terra e dell'Universo, anch'esse a loro volta discipline propriamente dette. Questo processo può trovare una sua prima sistemazione al termine della scuola superiore.

Le "caratteristiche" o proprietà sono ovviamente da individuarsi tra quelle scientifiche in senso stretto, in larga parte matematizzabili e anche questo fin dai primi anni di scuola. L'avvicinarsi di più riforme o tentativi di riforma della scuola italiana nell'ultimo quarantennio non ha mai messo in dubbio quelle radici epistemologiche e pedagogiche che si rifanno innanzitutto al Pragmatismo "classico" e in particolare allo Strumentalismo deweyano, e poi nel '900 al Razionalismo Critico filosofico (o Falsificazionismo) di Popper e dei suoi allievi, per arrivare agli sviluppi del Neopragmatismo pedagogico e filosofico degli ultimi decenni. Ration per cui parlando di "proprietà" in questo contesto, e senza necessità di scomodare l'impegnativo concetto di "oggettività", ci riferiremo alle *proprietà "trasferibili interpersonalmente e intersoggettivamente"*: tali, cioè, che esse possano essere trasmesse da un alunno all'altro e da ciascuno riscontrabili senza contraddizioni e senza ambiguità. "La temperatura attuale in un certo posto e misurata con un certo strumento è di 300 K" è una di queste proprietà; le affermazioni "fa caldo" o "fa freddo" evidentemente non sono proprietà.

Comprendiamo subito da queste righe assolutamente preliminari come l'educazione scientifica sia parte essenziale della socializzazione scolastica: *una socializzazione specifica*, nel senso di lavorare insieme per giungere a soluzioni non soggettive e appunto "trasferibili" di problemi comunemente posti; e d'una socializzazione democratica e rispettosa di ciascuna persona, all'insegna dell'uguaglianza, in quanto non vi possono esistere assertori, osservatori, misuratori o controllori privilegiati, il dato deve essere equivalente nella bocca, nella mente e nel cuore di ciascun allievo.

Vedremo in estrema sintesi un certo numero d'esemplificazioni in tal senso. Ricordiamoci sempre che lo scopo della scuola va individuato nell'*educazione della persona attraverso i saperi*, e che per tale educazione il componente scientifico è irrinunciabile. Non a caso, altre concezioni dell'educazione e della socialità, esplicitamente contrapposte alla democrazia e all'uguaglianza, tendevano ad emarginare e ad annichilire proprio il componente scientifico tra tutti gli altri, pervenendo addirittura a negarne il carattere educativo e culturale.

2. Il senso di un impegno continuo e a tutto campo

Questa trattazione va inquadrata nel contesto dei contributi che si sono recati nelle quattro edizioni precedenti dei convegni nazionali su formazione degli insegnanti e didattica nel primo ciclo, risultato della convergenza tra l'Università "d'Annunzio" di Chieti, l'APAV e la Mathesis. Basterà un riepilogo estremamente sintetico.

Nel 2012 ci siamo occupati di “*Cultura scientifica e formazione degli insegnanti*”¹ evidenziando fra l’altro come il componente scientifico sia una necessità imprescindibile per la professionalità docente, del tutto indipendentemente dal grado di scuola, tra i quali secondo gli sviluppi più recenti della normativa dobbiamo includere anche il nido e le istituzioni per la prima infanzia, ma anche del tutto indipendentemente dalle qualificazioni disciplinari o sovra-disciplinari di ogni singolo docente. Un operatore del nido e della scuola dell’infanzia o un professore di Matematica deve aver studiato Letteratura, Storia e magari Filosofia e Lettere classiche? Benissimo: un maestro o un insegnante di Latino deve avere la cultura scientifica corrispondente. Rimaneva da parlare della cultura tecnica,

Nel 2013/14 abbiamo parlato de “*La persona che ricerca*”, cioè abbiamo discusso come due concetti fondamentali di tutto il processo di riforma scolastica, perlomeno degli ultimi trent’anni e di tutta la cultura scolastica di un periodo ancor più ampio, possano essere resi nel modo più rigoroso e integrato, e consentano così di sostanziare le finalità fondamentali dell’educazione scolastica complessivamente intesa.

Nel 2015 ci siamo occupati di “*Non solo ‘far di conto’ - Educazione scientifica per grandi temi*”, spostando l’attenzione maggiormente sull’esemplificazione didattica e relativa operatività ai vari livelli, ma nel contempo perseguendo gli obiettivi generali dell’educazione scientifica e dell’educazione senza aggettivi, in assoluta continuità con i contributi precedenti.

Nel 2016 il nostro contributo si intitolava “*Per una scuola migliore - Scienza e scienze dell’uomo*”, anche in questo caso spostando la tessitura del discorso sull’esemplificazione pratica dell’insegnamento ai vari livelli, con maggiore riguardo alle Scienze dell’Uomo, Storiche, Geografiche, Sociali, Economiche, trattate rigorosamente come scienze in senso stretto, nella stessa accezione nella quale il termine è impiegato per le Scienze Naturali².

3. Scienza per educare

Questa integrazione tra discorsi pedagogici e metodologico-didattici generali, e discorsi di operatività didattica e di didassi esemplificativa, non costituisce alcuna seria difficoltà per altri componenti la cultura umana che a scuola vengono accreditati di spazi e atteggiamenti privilegiati dal tempo della riforma Gentile del 1923 e dal tempo dell’egemonia neoidealistica di quello stesso periodo, in nome di una dittatoriale “gerarchia dei saperi”. Essa è quindi a maggior ragione necessaria per la cultura e per l’educazione scientifica, e non comporta particolari problemi né di principio né di carattere operativo. Al contrario, il fatto che nella formazione degli insegnanti, esclusi gli insegnanti disciplinarmente reclutati, le scienze siano meno sviluppate di altri componenti la cultura umana non costituirebbe assolutamente un ostacolo a praticare meglio la cultura e l’educazione scientifica in tutti i gradi di scuola; è di maggior ostacolo, per la nostra esperienza, il fatto che questa minore trattazione abbia indotto in modo ipocrita e surrettizio a idee completamente errate, e in fondo disumane e demenziali,

¹ “*Science & Philosophy*”, volume 1 numero 1, pag. 15-28, 2013.

² I tre contributi successivi sono ancora inediti.

circa la necessità di spostare altrove la maggior parte dell'attenzione e delle risorse scolastiche, educative e culturali.

Come dicevamo e argomentavamo negli anni '80 a proposito della riforma della scuola elementare che si era fatta attendere circa trent'anni, e quando la formazione iniziale dei Maestri elementari era costituita dal quadriennio magistrale che era ancora pressoché quello che aveva istituito proprio Giovanni Gentile con la stessa riforma organica, quei Maestri avrebbero potuto praticare un'educazione più equilibrata e completa anche dal lato della cultura e dell'educazione scientifica nonostante la limitatissima formazione iniziale nelle materie scientifiche; il vero problema era che l'essere stati formati studiando quattro volte più Italiano che non Fisica, e cinque volte più Latino che non Chimica e Mineralogia assieme, conduceva anche i più volenterosi a ritenere che la parte più sostanziale della cultura, se non proprio tutta la cultura, stesse nelle materie dell'area letteraria, cosiddetta "umanistica" e detta male, in quanto anche le Scienze Naturali, le Scienze Matematiche e la Materia Tecnica sono prodotti della stessa creatività umana dei quali lo sono anche la Letteratura, la Storia, la Filosofia, le Arti figurative, la Musica. La concezione del fanciullo "*tutto intuizione, fantasia e sentimento*", ma senza che neppure si accennasse alla sua razionalità, certo non aiutava.

Sarà il caso di ricordare il fatto, un dato di fatto storico inoppugnabile e anch'esso trasferibile, che la scuola italiana precedente, dalle riforme sabaude pre-unitarie (Legge Bon Compagni di Mombello 1848, legge Casati 1859) fino alle riforme del periodo giolittiano, era in questo senso molto più equilibrata, e più aperta alla formazione dei tecnici dei quali la società in sviluppo aveva bisogno. I risultati sortiti parlano da soli; non parla da sola, invece, la conclamata carenza di tecnici nei quali si dibattono la società e l'università italiana odierne e da decenni, che appare francamente patetico cercare di combattere con modifiche curriculari ovvero con modeste monetizzazioni come la riduzione o l'esenzione dalle tasse universitarie.

4. La presa di contatto con lo spazio, con il tempo, e con le relative proprietà, anche quantificabili

La Matematica o, meglio, le Scienze Matematiche, a scuola, come in altre sedi, possono essere concepite e viste sotto prospettive differenti, mantenendo la loro intrinseca coerenza: e questo è parte della loro forza culturale e della loro valenza educativa. In particolare, si potrebbe distinguere la Matematica (nel suo complesso plurale) concepita come linguaggio, dalla Matematica come posizione e risoluzione di problemi, dalla Matematica come formalizzazione; e non si dovrebbe dimenticare quanta parte delle Scienze Matematiche si sia evoluta nella storia del pensiero attraverso l'opera di posizione e di risoluzione dei problemi di Scienze Naturali, di Fisica e di Astronomia in primo luogo, dei problemi di Scienze Sociali ed Economiche, e dei problemi afferenti alla Materia Tecnica, che è altra cosa dalla Scienza senza esserne disgiunta.

Ma sono distinzioni, per quanto molto importanti dal punto di vista nostro, che non emergono nell'educazione scolastica e nella didassi se non con la dovuta, lenta ed impegnativa gradualità. E anche questo processo è un componente essenziale dell'educazione, del quale i

nostri giovani hanno assoluto bisogno: la scienza (le Matematiche come le Scienze Naturali, come le Scienze Sociali e la stessa Materia Tecnica) coltivata nella sua evoluzione lenta e graduale, impegnativa e faticosa, con il rifiuto dell'illusione delle scorciatoie e di ogni sorta di iper-semplificazione e di semplicismo.

5. Estensione spaziale ed estensione temporale

Anche se non sono mancati in tempi relativamente recenti alcuni scienziati, o alcuni studiosi della scienza, che affermavano il contrario, la scienza dal tempo moderno al tempo contemporaneo ha chiaramente accantonato l'idea dello spazio e del tempo assoluti. Semmai, all'incirca un secolo delle teorie della relatività einsteiniane ha spostato l'attenzione sull'unità delle coordinate spaziali con la coordinata temporale, in un sistema quadridimensionale (non euclideo, ma trattabile in modo euclideo, come lui stesso ci ha insegnato) con pesanti conseguenze già nella Relatività ristretta, e molto più impegnative nella Relatività generale. Ma non avremo difficoltà a concordare che di cose di questo genere non è davvero il caso di parlare a scuola, e per lo meno fino a quando l'allievo non sia provvisto dei prerequisiti minimamente adeguati, il che vuol dire all'Università. E anche questo è un importante esempio delle valenze educative della cultura scientifica, delle quali c'è un bisogno particolare ai giorni nostri: prima di impegnarsi in un problema e considerarlo risolto, occorre chiedersi se si è in possesso degli strumenti necessari, e nuovamente rifiutare ogni semplicismo.

Se, per un'ipotesi di pura speculazione astratta, la scienza attuale ammettesse lo spazio e il tempo assoluti, potremmo introdurli a scuola?

E specialmente iniziando dalle primissime età?

Prima della facoltà del ragionamento formale (ma anche dopo) le estensioni spaziali e temporali sono considerate e trattate perché "qualcosa" di concreto e operabile è esteso.

Rimanendo, quindi, alla scienza "classica", rigorosamente definibile come "moderna" cioè dell'evo che storiograficamente si chiama "moderno" (a partire da Gilbert, van Leeuwenhoek, Hooke, Galileo, Newton, Linneo, Lavoisier, ...), sarà il caso di partire nello studio delle Matematiche come prime elementarissime seriazioni e quantificazioni delle estensioni degli oggetti: degli oggetti d'uso quotidiano, presenti nello zainetto o nelle tasche degli allievi, in aula come nelle loro stanze o nei luoghi dove giocano e socializzano. Ricordiamo i "museo delle cianfrusaglie" delle sorelle Agazzi? Eravamo circa un secolo fa o poco meno, alla seconda infanzia e sotto il paradigma "materno" cioè di istituzione non propriamente e non pienamente scolastica.

Come ben noto, si lavora innanzitutto e a lungo per relazioni d'ordine e per relazioni d'equivalenza, pensandoci con il massimo rigore e con la massima attenzione, ed altresì astenendosi con altrettanta attenzione ed altrettanto rigore dal parlare in questi termini agli allievi, perlomeno per parecchi anni. Non dimentichiamo mai che partiamo dai 3 anni, e anche da prima.

Se oggi anche i bambini possono impiegare strumenti di misurazione delle estensioni spaziali degli oggetti enormemente più precisi e di più facile e rapido impiego che non quelli analogici di anni non lontani, questo semplifica le cose. Si tratta di sviluppare dei concetti, concetti matematici per certi versi e fisici per certi altri, non di centrare l'attenzione sullo strumento, il cui funzionamento digitale può non essere presente neppure agli utenti professionali.

Lo precisiamo con tutto l'apprezzamento per l'importanza essenziale della resa degli strumenti in senso concreto e manipolabile dagli alunni stessi, tenendo presente il rischio che alla fin fine rimanga nell'allievo solo lo strumento e non i concetti per i quali quello strumento è stato realizzato, acquisito ed utilizzato. Un tempo non lontano, ad esempio, si sarebbe richiesto agli alunni di costruirsi un metro o comunque un regolo graduato con un pezzo di legno, o anche un metro quadro con un foglio di carta (da pacchi) sul quale, ovviamente con l'apporto dei genitori, si individuavano i decimetri quadri e i centimetri quadri: tutto bene, se oggi riusciamo ad evitare questa fatica ma, insieme, se riusciamo a sviluppare meglio queste concettualità, avendo riguardo per l'educazione e la cultura dei nostri allievi.

Sembrerebbe ovvio, a questo punto, introdurre un procedimento assolutamente analogo per la misurazione del tempo; e questa appare ancora più immediata in forma digitale che non in forma analogica. L'unica seria difficoltà è comprendere che ciò che sono i materiali per le proprietà di estensione spaziale, per le proprietà di estensione temporale sono gli *eventi*, termine non di uso comune, ma che non è poi così difficile rendere d'uso comune per allievi scolarizzati. Anzi, l'arricchimento del vocabolario dei nostri ragazzi non lo perseguono solo i letterati e i sistematici.

A questo punto, è impossibile non fare i conti con il sistema di misurazione comune del tempo che, per quanto venga inserito nel Sistema Internazionale non fa uso del moltiplicatore decimale, per lo meno per i multipli dell'unità-base cioè del secondo, come invece fa tranquillamente per i sottomultipli.

Perché i multipli comuni del secondo non sono decimali, mentre lo sono tranquillamente i sottomultipli?

E pure, gli allievi hanno fin da piccoli orologi da polso o inseriti in congegni elettronici o telefoni cellulari anche non necessariamente Smartphone che consentono la misurazione del tempo praticamente immediata e che non comporta alcuna difficoltà concettuale né, ovviamente, operativa.

Mi esemplificate un evento che dura un centesimo, o un millesimo, di secondo?

Essi non saprebbero concretizzare od esemplificare che cosa siano $1/100$ o $1/1000$ di secondo, come d'altra parte non sono in grado di andare in altre misurazioni particolarmente lontane dalle dimensioni dei nostri sensi, per esempio sotto il millimetro o sotto il grammo. Però hanno cronometri che danno la durata dell'evento che viene misurata attraverso la pressione del medesimo pulsante di partenza e di arrivo con una precisione anche del millesimo di secondo; d'altra parte, sappiamo bene che non sarebbe difficile aumentare ulteriormente questa sensibilità.

L'esperienza più o meno diretta dei media riporta misurazioni al millesimo di secondo varie e numerosissime, di continuo, per esempio in molti eventi sportivi.

Quanta strada percorre un'automobile di Formula 1 in un millesimo di secondo? E un corridore ciclista? Uno sciatore? Usain Bolt dei tempi migliori? Sono tutte Performance che vengono espresse con una precisione al millesimo di secondo, salvo poi arrotondare in alcuni casi.

Si rifletta sull'evidenza che nello Sport le velocità sono espresse in km/h mentre i tempi o i distacchi spesso in secondi e sottomultipli decimali; il che comporta una serie di passaggi non complicati ma che non sono immediati. In qualche caso troviamo le miglia all'ora (mph), mentre prima o poi nella navigazione appaiono i nodi.

Un problema è come avvicinare invece il sistema dei multipli del secondo nell'uso comune. Non è destituita del tutto d'utilità la definizione remota del secondo come "la 86 400^{ma} parte del giorno solare medio" salvo spesso non aver chiaro perché si debba fare una media e perché vada specificato il riferimento al giorno "solare".

Cominciamo con l'osservare che questa scelta anomala dei multipli tutto poteva essere, tranne che una definizione semplice, e che essa richiedeva una quantità di spiegazioni perlopiù ad hoc.

Che cos'è un secondo? Impieghiamo alle elementari le definizioni più recenti, peraltro rigorosissime, del S.I.? E con i bambini?

Comunque, era implicito in quella definizione, solo in apparenza maggiormente praticabile, il concetto secondo il quale il giorno andava diviso in 24 parti, ciascuna di queste in 60 parti ed anche ciascuna di queste ultime a sua volta in 60 parti, da cui appunto la definizione di cui sopra.

Che il secondo abbia sottomultipli decimali, e multipli piuttosto complessi ma con riferimento al 6, comporta evidenti difficoltà di comprensione concettuale, ma anche lascia spazio per delineare procedimenti di ripresa ciclica o a spirale dello stesso argomento, estensione temporale di un evento, dall'infanzia a tutto il primo ciclo ed oltre. L'essenziale è che ci siano degli eventi familiari, comuni, consueti, sociali nei quali lo studente in progressiva maturazione può riscontrare un'estensione uguale e ugualmente replicata, oppure anche solo paragonabile.

Non si può ignorare l'inevitabile perplessità su come mai si sia introdotta un'articolazione così poco pratica, così complessa e che non è di apprendimento immediato per chi sappia leggere le cifre. Non dimentichiamoci che quando Galileo scoprì l'isocronia del pendolo, quindi quando fu possibile una misurazione del tempo con precisione sempre più elevata, e (fra l'altro) secondo un principio fisico al quale si fa ricorso anche oggi, il sistema numerico decimale era affermato almeno nel secolo precedente (Stevino, 1585).

Qualcuno, a questo specifico riguardo, equivoca rimandando al problema della divisibilità di una circonferenza per multipli del 2 e del 3 con riga e compasso: è vera questa divisibilità ed anche semplice, la si può far fare anche ai fanciulli. Sarebbe davvero un argomento interessante, se non fosse che con riga e compasso si può dividere una circonferenza, o un angolo giro, anche per 10; e se non fosse che questo era presente già negli *Elementi* di Euclide. *Il lato del decagono regolare è sezione aurea del raggio della circonferenza circoscritta a quel decagono.*

Non è certo il caso di insistere in una sede qualificata come la presente sull'importanza del concetto di *sezione aurea* che travalica largamente la matematica gettando luce sull'arte e sull'intera cultura classica.

Come si disegna con riga e compasso il lato del decagono inscritto in una circonferenza di raggio dato?

Non sarebbe il caso di ripensare all'importanza del disegno geometrico e al depauperamento dell'educazione dei nostri ragazzi causato dalla sua evidente emarginazione?

È cultura greco-classica come la Filosofia, la Tragedia, la Lirica, la Storiografia, e come altre Scienze (Matematiche e Naturali). Lo sarebbe anche l'impiego di strumenti di disegno più complessi.

D'altra parte, impiegare un sistema decimale dovunque possibile, in teoria dappertutto, presenta l'enorme vantaggio di consentire dei calcoli più facili ed immediati. Si può insegnare a fare i calcoli con i multipli del secondo, ed è molto difficile e foriero di errori, rispetto alla semplicità dell'abituale calcolo decimale, questo lo abbiamo provato tutti prima come studenti che non come docenti o studiosi.

La gran parte dei lavori hanno un orario settimanale. Proviamo a suddividere il servizio di una settimana in turni di 36 ore, e vediamo quali e quanti problemi emergano poi nel comprendere il significato dei resti; non molti si azzarderebbero neppure nelle moltiplicazioni, per esempio quanto lavoro viene espresso da una classe di 23 alunni ciascuno dei quali ha lavorato per 2 ore 18 minuti 25 secondi, 572.

Prima di essere demilitarizzata, la Polizia di Stato (allora "Pubblica Sicurezza") prevedeva turni di servizio settimanali di 42 ore. Perché? E anche solo ridurli di 1 ora quali problemi pone? E se si strutturano 5 turni, la divisione è più facile, vengono 33 ore e 36 minuti, e in questa ipotesi il problema non è matematico.

Due esempi di domande ulteriori, tra le innumerevoli che potrebbero sorgere a questo specifico proposito.

Se per le ampiezze impiegassimo i gradi centesimali?

O i millesimi d'artiglieria³? Fra l'altro, proprio l'impiego di quest'ultima unità di misura "quasi legale" dimostra che l'approccio al radiante è tutt'altro che più impegnativo e meno pratico, specialmente in situazioni drammatiche e di enorme Stress come appunto quelle belliche.

Il sistema decimale può presentare delle insidie diverse, in particolare proprio quando si passa alle superfici e alle cubature, in quanto non è così immediato usare come moltiplicatore il 100 od il 1000 al pari del 10. In quale multiplo ci aspettiamo di dover esprimere la cubatura della scuola, oppure del palazzetto dello sport? Basta una stima approssimativa.

³ L'angolo sotteso da una corda (e non da un arco, con eccellente approssimazione) di un millesimo del raggio (della portata del tiro d'artiglieria). Per chi dice che il radiante è difficile e il grado sessagesimale facile, fa riflettere l'evidenza che proprio un sottomultiplo del radiante è da lungo tempo d'uso empiricamente consueto, e in fondo semplice, in questo scopo militare. Anche qui, correttezza nella scrittura e nella lettura: i sottomultipli dei millesimi vanno scritti ad apice e letti a parte, ad esempio 10^{50} si legge "dieci cinque zero". Per l'applicazione delle scale millesimali ai binocoli, l'unità ha anche numerosi impieghi civili, e può servire per fini didattici.

La cosa si complica ulteriormente, non dal punto di vista concettuale ma dal punto di vista pratico, quando s'introduce la massa e quindi la densità, con tutta l'indulgenza e la comprensione per coloro che rimpiangono il peso specifico, e quindi hanno bisogno di qualche spiegazione ulteriore circa il S.I., e circa la differenza tra la massa e il peso.

6. A proposito del S.I.

Coscienti di tanto, e coscienti fondatamente, ciò nulla toglie all'uso consueto di multipli del secondo costruiti in questa maniera così anodina, ma anche così legata ai problemi astronomici.

A questo punto, un discorso sulle meridiane solari è quasi scontato, anche se si tratta di accessori alle mura esterne delle case che oramai fanno parte dell'antiquariato.

Semmai, manteniamo qui un atteggiamento corretto di tolleranza d'uso per modalità di misura che possono non far parte, per certi versi o del tutto, del Sistema Internazionale di misura che l'insegnante comunque dovrà sempre tener presente fin dalle più tenere età, e al quale l'alunno dovrà comunque arrivare con assoluto rigore e precisione, nonché con completezza, al termine dell'istruzione pre-universitaria.

Non è possibile che uno studente dell'ultimo anno di scuola superiore non sia in grado di esprimere le temperature in Kelvin, le ampiezze in radianti, ma anche l'energia in Joule, la potenza in Watt, e via elencando.

Anzi, aggiungiamoci che esiste una ben precisa ortografia scientifica che ha nell'espressione delle misure una sua esplicazione molto rigorosa, e a questo proposito l'insegnante non comincia mai troppo presto ad esigere ciò che è componente essenziale della cultura attraverso la cultura scientifica.

I simboli delle unità di misura vanno scritti rispetto al numero come i simboli delle valute?

Semmai, l'impiego dell'ora o del minuto dispongono ad un atteggiamento costruttivo nei confronti di unità di misura "non legali", ma che nondimeno rimangono nell'uso comune per ragioni facilmente spiegabili, come ad esempio la caloria, il wattora, il cavallo vapore, il grado sessagesimale d'ampiezza, e perfino multipli dal nome rinunciabilissimo come la tonnellata, propriamente 1 Mg. A quest'ultimo riguardo, ricordiamo che con i multipli secondo 10^6 , 10^9 e 10^{12} i nostri ragazzi hanno da tempo una grande dimestichezza; pensando in particolare alle grandezze informatiche; oramai anche il prefisso "Tera" è piuttosto comune.

D'altronde, è un discorso generale: tutta la scienza richiede assolutamente rigore, che si esprime anche attraverso l'impiego d'una ben precisa ortografia. Pensiamo, ad esempio, anche ai nomi scientifici degli animali e dei vegetali ⁴, oppure alla simbologia chimica e alla relativa sistematica. Nella scienza non possono esistere le licenze poetiche

⁴ Qualcuno forse ricorderà che nel 1975, dopo oltre vent'anni di elaborazione, lo scrittore Stefano d'Arrigo (1919-1992) espresse un romanzo intitolato *Orcynus Orca*. Al di là del valore intrinseco dell'opera, del suo significato per la storia della letteratura e del suo impatto sul mercato, il titolo conteneva un errore evidente

7. Ancora strumenti di misura del tempo

Tornando a quella che noi chiameremo rigorosamente "estensione temporale degli eventi", fa riflettere l'insegnante e chiunque educi considerandosi persona di cultura l'evidenza che mai come ora vi è stata disponibilità di strumenti per la misura del tempo, di precisione neppure lontanamente paragonabile a quella di pochi anni prima, e validi per estensioni temporali praticamente senza limiti.

Sono strumenti che finiscono ben presto in mano dei fanciulli ed anche dei bambini. Sembra di parlare di epoche remote, ma in fondo non molti decenni or sono l'orologio analogico a carica manuale, od anche a batteria, con una non immediata leggibilità, spesso nemmeno con leggibilità di tutti gli indicatori possibili, veniva donato solamente in occasione della Cresima. Oggi, non sarà male soffermarci ancora su questa evidenza, i bambini hanno orologi e strumenti di misurazione del tempo assolutamente più immediati, enormemente più precisi ed anche di più facile lettura, pressoché immediata.

Questo consente o concorre a consentire, con assoluta naturalezza, una lettura delle cifre che qualcuno si sognerebbe ancora oggi di chiamare "precoce". Il richiamo polemico alle accuse di "precocismo" rivolte a lungo a Ferrante Aporti (1791-1858) non è casuale. Si tratta di un'accusa che viene rispolverata in maniera arbitraria anche al giorno d'oggi.

In questa sede basterà un semplice cenno al fatto che le prime scuole per l'infanzia in Occidente sono state fondate nel 1816 da Robert Owen (1771-1858) in Scozia, e le successive a Cremona proprio da Ferrante Aporti nel 1828. Ebbene questa scuola, che andava dalle 8.00 alle 17.00, era così articolata: appello, preghiera e canto; colazione e ricreazione, nomenclatura, gioco e preghiera; aritmetica, catechismo e sacre scritture, pranzo ricreazione e preghiera; alfabeto in prima classe, scrivere in seconda e terza, canto e merenda, ginnastica e merenda.

Ebbene, si sono superati pregiudizi in tal senso, tutti riconducibili a una visione censurabile e in fondo ingenua del "mito del buon selvaggio" per quel che riguarda, ad esempio, la seconda lingua fin dalla primissima infanzia, con risultati che non è difficile ottenere positivi, ed è ancor meno difficile comprenderne il perché. Qualche considerevole passo in avanti come già proponeva Aporti si è fatto per quel che riguarda il leggere, ed anche lo scrivere ⁵.

Per quel che riguarda più direttamente il nostro discorso, tutto questo complesso di riflessioni che abbiamo esposto, e che affondano saldamente e profondamente le radici nell'esperienza quotidiana dei nostri bambini prima che divengano fanciulli, porta altrettanto

d'ortografia scientifica, e piuttosto grossolano: i nomi scientifici dei viventi sono composti di 2 termini, solo il primo dei quali ha iniziale maiuscola.

⁵ D'obbligo la citazione di una pietra miliare come l'opera di Bruno Bettelheim e Karen Zelan: *On Learning to Read: The Child's Fascination with Meaning*, New York 1982 (anche ed. it.). Non è questa la sede per confrontare le diverse proposte esistenti in materia, ma non c'è dubbio che la lettura e, per certi versi, anche la scrittura possa essere considerevolmente anticipata rispetto ad idee di un passato cronologicamente non lontano ma culturalmente assai remoto, e che questo si possa coniugare anche con l'apprendimento matematico, a cominciare dalla lettura delle cifre con quella delle lettere.

comprensibilmente, e in forma canonica, alla lettura perlomeno di lettere e sigle, oltre che delle cifre e di qualche altro simbolo matematico. Si dirà che questo non è in linea con il *metodo globale*, e pure non si tratta nemmeno di un ritorno all'apprendimento ottocentesco della scrittura per aste e filetti, come è facile ed immediato rendersi conto.

8. Viceversa: dall'estensione temporale degli eventi nuovamente alle proprietà dei materiali

Come in precedenza, una didattica basata sulle proprietà spaziali degli oggetti ci ha consentito di passare ad una didattica fondata sulla estensione temporale degli eventi; ora possiamo compiere un percorso logicamente reciproco, tornando alle proprietà dei materiali in una logica ciclica o a spirale nella quale sono insiti un approfondimento e un progresso della conoscenza con evidenti ricadute nell'educazione generale degli allievi.

Una lettura piuttosto superficiale di Piaget vorrebbe la precedenza della formazione delle relazioni topologiche; in realtà si tratta di alcuni concetti riconducibili alla Topologia (dentro – fuori, aperto – chiuso, intrecciato e non, ...), e non di un sapere matematico pedagogicamente o psicologicamente sovraordinato rispetto alla Geometria oppure all'Aritmetica. Tant'è vero che si comincia a lavorare sulle relazioni d'ordine e sulle relazioni d'equivalenza, si diceva, senza chiamarle per tali.

Il fatto che, poi, l'omeomorfismo sia una relazione di equivalenza a sua volta, lo teniamo chiuso in noi stessi ancora più strettamente.

9. Un altro esempio: la durezza

Questo non riguarda solo le proprietà geometriche: si pensi, come ottimo esempio, alla *durezza* degli oggetti, cioè dei materiali dei quali gli oggetti sono fatti, una durezza che per decenni e decenni si è fatta imparare a memoria su sostanze per lo più non conosciute. Era la scala di Mohs, fondamentalmente un prodotto empirico proposto più di due secoli fa (1812).

- 1 Talco
- 2 Gesso
- 3 Calcite
- 4 Fluorite
- 5 Apatite
- 6 Ortoclasio
- 7 Quarzo
- 8 Topazio
- 9 Corindone
- 10 Diamante

Come esercizio mnemonico, non era peggiore dei tanti che hanno funestato gli studi di generazioni di studenti decenni or sono; come contributo alla cultura scientifica è assolutamente nullo. La maggior parte dei materiali esemplificativi sono dei nomi senza alcun significato per la totalità dei nostri ragazzi a qualunque fascia d'età pre-universitaria; e anche quelli che possono essere noti, come il talco o il gesso, probabilmente per i più saranno identificati non con un solido del quale discutere la poca durezza, ma con delle polveri fini per asciugare il sudore ovvero da mescolarsi con l'acqua per lavori di muratura.

Bisogna, invece, rimanere sull'empirico e mettere in relazione d'ordine una certa quantità di materiali comuni presenti nel mondo esperienziale quotidiano degli allievi, constatando che la relazione (d'ordine, ma non lo diciamo!) di poter rigare senza essere rigato è una relazione scientifica in quanto è pienamente trasferibile interpersonalmente e intersoggettivamente. Essa è una "proprietà dei materiali" nel senso nel quale abbiamo chiarito all'inizio il sottotitolo.

Fra l'altro, ricordando quanto ampiamente trattato nel contributo al congresso 2016, nello studio della Storia la successione delle prime età dell'uomo ha il suo nucleo concettuale proprio nella durezza: il ferro più del bronzo, e questo più del rame e il rame più della pietra. C'è anche ben altro, è ovvio: l'estrazione dei metalli, la fusione e relativo punto, le leghe, la localizzazione e la quantità dei giacimenti, ... Ma senza parlare di durezza tutto è perfettamente privo di senso.

10. Recuperiamo la grandezza della capacità

Ma pensiamo all'enorme possibilità di lavorare su una grandezza sulla quale peraltro molto senso critico è indicato, cioè la capacità, che può essere introdotta prima di parlare del volume. In realtà, è anche possibile introdurre direttamente il volume con delle esemplificazioni concrete che appaiono comuni e di facile evocazione.

Scontiamo le riserve di tanti "mal di pancia" di puristi per i quali l'essenza del processo educativo non è l'educazione della persona impiegando come strumento certe parti di un sapere, bensì il sapere stesso. Non il sapere per l'uomo, ma l'uomo per il sapere.

Più di qualcuno dice e ripete: "Per quale fine insegnare la Matematica, le Scienze naturali, l'Italiano, la Lingua straniera, il Latino, ...? Ma è chiaro: perché sappiano la Matematica, le Scienze naturali, l'Italiano, la Lingua straniera, il Latino!".

D'altra parte facciamo esercizi con i nostri ragazzi su grandezze consuete? Sono in grado, ad esempio, di paragonare una lattina (il caso delle lattine da 1/3 di litro, quello delle lattine da 1/2 litro, e ci sono anche altri formati) con una bottiglia o bottiglietta? Hanno idea che 1 m³ di un liquido ne costituisce una quantità umanamente smisurata, 1000 litri che se fosse acqua basterebbero per un tempo difficilmente calcolabile, di molto superiore all'anno.

Con quante lattine si può riempire una tanica da 10 o da 20 litri?

Quante bottiglie (da 0,72 o 0,70 l) ci vorrebbero per riempire la piscina nella quale vanno a nuotare?

E via elencando a piacere.

Anche in questo caso, capiterà di imbattersi con le grandezze “imperiali” britanniche. Non serve fare esercizi di memoria sui fattori di conversione, serve fare esercizio e prima di tutto avere un’idea dell’entità: che una pinta sia oltre mezzo litro, e un gallone oltre quattro litri e mezzo.

“Quindici uomini sulla cassa del morto, / yo-yo-yo e una pinta di rum” era il ritornello-chiave della *Treasure Island* (1883) di Robert Louis Stevenson ⁶. Possibile lettura in traduzione o in originale.

Ciò porta facilmente ad altri esempi operativi.

Parlare di densità comporta un’attenzione particolare per le unità di misura, per i multipli e i sottomultipli. Se 1 m³ d’acqua contiene 1000 l, o 1000 dm³, pesa 1000 kg, una tonnellata! Più o meno come un’automobile, su questo difficilmente i nostri scolari reagirebbero senza dubbi, scetticismo, perplessità e sentimenti analoghi.

Potremmo semmai fare delle altre riflessioni, per esempio che una tonnellata di automezzo viene impiegata spessissimo per portare un solo passeggero cioè diciamo meno di un quintale, e che il pieno di combustibile può essere di un peso paragonabile al peso del passeggero stesso.

Viene da pensare ad una tonnellata di automobile, diciamo 50 kg di mamma autista, e parecchie decine di kilogrammi di propellente, per portare poche decine di kilogrammi di scolaro o bambino a scuola.

E, giacché ci siamo, portiamo l’attenzione sullo zainetto: che cosa contiene, come si porta, come non si deve portare, che cosa non si deve fare avendolo sulle spalle, e magari estendere i discorsi quantitativi con riferimento a dei mitici pesi eccessivi per i nostri alunni concentrandoci su quanti oggetti inutili vengono continuamente a riempire e ad appesantire questi zainetti, cominciando da una quantità di circa 100 fogli mobili per ciascuno dei quaderni di grande formato, che a loro volta sono spesso pesanti raccoglitori, per ciascuna materia e spesso moltiplicati per due, nonché tutta una quantità di orpelli e di oggetti completamente inutili, ma da esibire ai compagni. Possiamo, ad esempio, escludere che la generalità degli scolari sia in grado di impiegare 36 penne o matite colorate.

11. L’elenco degli elementi chimici

Il contatto con gli elementi chimici può essere fatto già nella scuola primaria: non dimentichiamo che la teoria non è il risultato di un’induzione a partire dall’esperienza, ma al contrario è l’esperienza che si compie in seguito all’avanzamento ipotetico di una teoria scientifica, per metterla alla prova (appunto trasferibilmente).

In questo senso, l’insegnante offrirà agli alunni l’elenco dei 92 elementi chimici naturali: non più dell’elenco, eventualmente con la numerazione progressiva, gli altri dati non saranno

⁶ L’opera è di pubblico dominio in rete. In realtà l’originale si riferiva ad una generica bottiglia: “*Fifteen men on the dead man’s chest / Yo-ho-ho, and a bottle of rum! / Drink and the devil had done for the rest / Yo-ho-ho, and a bottle of rum!*”.

significativi prima della scuola superiore, come non saranno nemmeno granché significativi a quel livello gli elementi transuranici, anche se può essere interessante sapere che esistono.

Abbiamo parlato chiaramente di elenco: non si deve trattare in alcun modo di qualche cosa che richiami la periodicità, concetto che potrà essere ripreso solo più avanti, sia pure prima dell'Università.

Offerto questo elenco, si inviteranno gli scolari a cercare attorno a loro quanti più elementi sia possibile, a condizione che siano in grado di portarne in classe un esempio o, perlomeno, di indicarli in modo riconoscibile. Ci interessa assai poco che un alunno legga da qualche parte che il terzo componente per quantità dell'atmosfera è l'argon, un gas inerte con il quale non può avere nessun tipo di relazione; quando hanno letto che l'atmosfera è composta in prevalenza dall'azoto che non interagisce con il nostro corpo, e in una quantità minoritaria ma comunque che deve essere significativa dal vitale ossigeno, hanno letto quello che occorre. Nella ricerca degli elementi è facile che trovino molti metalli, anche alcuni meno comuni, spesso il padre offre in prestito una chiave in lega di cromo e vanadio spiegando che essa si presta a certi lavori per i quali non è adatta un'analogia chiave in acciaio, e magari prestando anche questa seconda.

Ritroveremo il rame ed il ferro, già noti quando si è cominciato a studiare la Storia umana. Ci sono poi metalli preziosi, ci sono metalli decorativi, ci sono grandi quantità di elementi chimici presenti in maniera riconoscibile, si pensi al calcio, si pensi al cloro e al sodio del sale da cucina, si pensi ai tanti integratori farmaceutici che recano i cosiddetti "oligoelementi". Si tratta solo di spiegare che ὀλίγοι "oligoi" vuol dire "pochi", nel senso che l'organismo ne necessita in quantità molto piccole. Si pensi al cloro, oggi meno presente di una volta nella disinfezione delle acque pubbliche e delle piscine, ma ben riconoscibile all'odorato nella comune candeggina; si pensi alle tante manifestazioni del carbonio, del silicio, oppure alle tanto decantate batterie ricaricabili al litio, litio che (dipende dalle circostanze se sarà il caso di aggiungerlo) ha anche una funzione terapeutica, in particolare è un notevole antidepressivo. Insomma, un metallo può essere un farmaco, oltre ad avere altre applicazioni industriali più note; non ci sono solo i metalli somministrati come "oligoelementi" in certi integratori farmaceutici. Abbiamo presenti tanti discorsi sulla carenza di ferro? Oppure sul magnesio che farebbe poco meno che miracoli durante i periodi più caldi?

12. A proposito degli stati d'aggregazione

Il discorso va esteso agli stati d'aggregazione dei materiali (sono stati d'aggregazione della materia, all'inizio lo pensiamo per il futuro sviluppo del discorso). Tra solido e liquido si può tranquillamente parlare e compiere quantità di esperimenti e di prove anche con i fanciulli più giovani. Invece, parlare di aeriformi è certamente più difficile, non solo per la differenza tra gas e vapori, ma anche perché non è così intuitivo, e non c'è modo di renderlo concretamente esperibile, che una qualsiasi quantità di aeriforme lasciata sfuggire, ad esempio, da un piccolo palloncino finisce per saturare l'intero edificio.

Ci sono, tuttavia, le fughe di gas, la diffusione di aromi e odori vari (i profumi della cucina per la casa, oppure lo sgradevole odore di cloro dalla candeggina o meglio dall'acido cloridrico, l'insopportabile ammoniacca, ... ma comprenderanno che sono gas in soluzione oppure in combinazioni elettrolitiche? Dovremmo parlare delle tre variabili di stato, e discutere molto sulla temperatura, sulla pressione oltre che sul volume come si è già fatto; ma per questo rimandiamo ad anni successivi.

Cerchiamo di evitare la pretesa di parlare per forza di tutti e tre gli stati della materia perché ce ne sono tre, anche quando uno di questi è molto difficile che sia compreso. Si possono trattare due di essi, e il terzo in prospettiva.

Senza dire che gli stati d'aggregazione della materia non sono tre ma almeno quattro.

Ma al di là dell'esempio, pur rilevante di per sé e ricco di elementi di riflessione specifica, traiamone un'indicazione generale: la sistematicità e l'organicità delle scienze, attraverso il cui insegnamento educiamo le persone dalle età più tenere, sono parte irrinunciabile della nostra cultura; ma per gli allievi stessi costituiscono un traguardo molto remoto che solo in molti anni e con grande gradualità potranno cominciare ad intravedere. E anche questo è un insegnamento di fondamentale importanza, soprattutto oggi.

13. Per concludere: l'educazione scientifica e la cultura come impegno

Lo scopo generale si capisce. Si tratta di fornire una base scientifica, rigorosa, razionale, per problemi di vita quotidiana, presenti in aula, nella casa, nei luoghi di svago, nei luoghi di gioco, nel cibo, a proposito delle merendine, delle bevande, del dispendio energetico, dello sport, delle attività ricreative, di quanto fa bene per la crescita e di quante stupidaggini si propalano in proposito, specialmente per ragioni commerciali o per ragioni ideologiche.

Una base razionale scientifica per parlare di materie prime, magari cominciando proprio dalla raccolta differenziata come viene concepita nei paesi civili (raccolta di materia prima), dal riciclaggio, dai problemi dell'acqua e in particolare dell'acqua potabile che potrebbe non essere spreca per gran parte degli usi che attualmente non vengono neppure sfiorati dalla discussione, discorsi sulle fonti di energia, con tanto di discussione sul taglio agli sprechi, discorsi che ci porterebbero molto ma molto lontano.

L'importante è che la finiamo di affrontare questi ed altri problemi tipicamente scientifici e tipicamente tecnici (che non è la stessa cosa) a base di chiacchiere, retorica, moralismi, centoni di precettistica mai ragionata e mai spiegata, spesso perché non spiegabile e non ragionevole.

In questo senso la cultura scientifica per chi insegna ed educa è un impegno civile e sociale: non dimentichiamocelo mai.

Opere di riferimento

Tutte di pubblico dominio in rete

- Dewey J.: *Democracy and education: an introduction to the philosophy of education*. The Macmillan Company, New York 1916.
- Dewey J.: *Logic: The Theory of Inquiry*. Henry Holt and Company, New York, NY 1938.
- Einstein A.: *Über die spezielle und allgemeine Relativitätstheorie (gemeinverständlich)*. F. Vieweg, Braunschweig 1916 impressum 1920.
- Einstein A.: *Mein Weltbild*, Herausgegeben von Carl Seelig, Ullstein, Frankfurt 1934
- Galilei G.: *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo, tolemaico e copernicano*. Firenze 1632.
- Galilei G.: *Discorsi re dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze attenenti alla meccanica e i movimenti locali*. Leiden 1638.
- James W.: *The principles of Psychology* 2 vols., Henry Holt and Co., New York 1890.
- Lavoisier A. L. de: *Nomenclature chimique*. A Paris, chez Cuchet, 1789.
- Lavoisier A. L. de: *Traité élémentaire de chimie. 1*. A Paris, chez Cuchet, 1789.
- Lavoisier A. L. de: *Traité élémentaire de chimie. 2*. A Paris, chez Cuchet, 1789.
- Peirce C. S.: *Collected Papers* 8 vols. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts 1931-35, 1958.
- Polya G.: *How to solve it – A new aspect of mathematical method*. Doubleday and Co. Inc., Garden City, New York 1945.
- Popper K. R.: *Logik der Forschung - Zur Erkenntnistheorie der modernen Naturwissenschaft*. Springer-Verlag, Wien (impressum 1935, tatsächlich 1934).
- Popper K. R.: *Unended Quest: An Intellectual Autobiography*. Routledge, London and New York 1976.
- Popper K. R.: *Alles Leben ist Problemlösen: Über Erkenntnis, Geschichte und Politik*. Piper, München 1994.
- Simon Stevin: *Oeuvres mathématiques*. Bonaventura et Elzevier, Leyde 1634.