

La didattica della misura dall'epistemologia al pensiero computazionale

The teaching of measurement from epistemology to computational thinking

Andrea Piccione^a

^a *IPIA G. Piana, Torino, info@andreapiccione.it*

Abstract

In questo lavoro sono stati scelti la misura e le grandezze fisiche come nucleo fondante intorno ai quali sviluppare una attività didattica inclusiva e al tempo stesso esigente dal punto cognitivo, perché basata sulla ricerca epistemologica contemporanea e sul rigore degli standard internazionali. Tale impostazione, unitamente al supporto di metodologie provenienti dalla programmazione informatica, ha consentito lo sviluppo di un percorso che presenta sia un'ampia accessibilità da parte degli studenti, sia una corretta definizione del concetto di misura. Attraverso questo ripensamento dei contenuti, le risorse proposte possono diventare strumenti per elevare il livello dell'offerta didattica e valorizzare le eccellenze, anche attraverso la promozione del pensiero computazionale.

Parole chiave: misura; pensiero computazionale; inclusione; fisica.

Abstract

In this work the concept of measurement and the physical quantities were chosen to develop an inclusive didactical practice, which is based on the contemporary epistemological research and the rigor of international standards, and therefore cognitively demanding. This approach, together with the support of methods coming from the computer programming, supported the creation of a path that is widely accessible by students, as well as a correct definition of measurement. Through an appropriate didactical transposition the tools here described can be useful to raise the level of the educational practices in the classroom, e.g. to promote computational thinking.

Keywords: measurement; computational thinking; inclusion; physics.

1. Contesto di riferimento

La proposta didattica presentata in questo lavoro è stata progettata e sperimentata nel biennio degli istituti professionali; in tale contesto sono particolarmente evidenti alcune problematiche legate alla presenza di:

- studenti in obbligo scolastico, ma con un forte disaccoppiamento tra aspettative e piani di studio, a causa della significativa riduzione delle ore di laboratorio (D.P.R. n. 87/2010);
- studenti provenienti da situazioni di disagio socio-economico e frequenti situazioni a rischio dispersione con scarso coinvolgimento nelle attività scolastiche;
- elevato numero di studenti con Bisogni Educativi Speciali (BES) (C.M. n. 8/2013) (Piccione, 2015).

Quando sono presenti situazioni di questo tipo, risulta efficace adottare un approccio inclusivo, che stimoli non solo il coinvolgimento di tutti gli studenti e il loro successo formativo, ma che proponga i contenuti con attenzione al rigore scientifico ed epistemologico. In questa proposta didattica tale approccio si realizza attraverso una attenta gestione del carico cognitivo e un approccio sintetico (Piccione, 2014).

In ogni attività di apprendimento la nostra mente ha dei limiti nella gestione delle informazioni e delle conoscenze in arrivo, e tali limiti possono essere ridotti, ad esempio, attraverso l'uso di un linguaggio semplice (lessico ad alta frequenza, struttura della frase lineare, limitato uso di connettivi), ma anche di contenuti inseriti in uno schema di riferimento caratterizzato da strutture ricorrenti. Questa proposta didattica definisce il modello di riferimento come una struttura all'interno della quale ogni nuovo concetto è presentato attraverso una definizione, mentre le informazioni aggiuntive sono proposte attraverso osservazioni. In alcuni casi le frasi utilizzate durante le attività sono costruite ripetendo quasi le stesse parole per focalizzare l'attenzione sulle uniche variazioni. La scelta di usare un linguaggio semplice non implica tuttavia una banalizzazione dei concetti, ma anzi aiuta a sviluppare un approccio rigoroso, come quello adottato ad esempio nella definizione degli standard della misura (BIPM, IFCC, IUPAC & ISO, 2012) come si mostrerà nella prossima sezione.

L'approccio sintetico nell'insegnamento della letto-scrittura prevede che solo dopo l'acquisizione del valore fonetico di tutte le lettere e combinazioni di lettere, si acceda alla comprensione di parole, costituenti di frasi e frasi (Arpinati, Posar & Tasso, 2013); l'insegnante produce una sequenza di situazioni didattiche in cui, cominciando dai segni più facili, in un crescendo di difficoltà si arriva al processo riproduttivo e produttivo dell'intero sistema grafico della propria lingua. Nel caso della fisica, in un primo tempo si acquisisce familiarità con semplici elementi del modello di riferimento per l'interpretazione della realtà, poi, solo dopo che questi elementi fondamentali sono stati assimilati, si procede con l'attribuzione di significato agli elementi del modello presentato e all'analisi di sistemi sempre più complessi.

In questo lavoro si adotta tale impostazione per proporre un percorso didattico che parte da una definizione di misura correttamente fondata, per sviluppare un approccio algoritmico e computazionale per la descrizione del mondo fisico. Nella prima parte vengono presentati i riferimenti epistemologici sottesi all'impostazione didattica proposta, che possono anche essere utilizzati come risorsa per l'approfondimento e la valorizzazione delle eccellenze sul tema della misura. Seguono una breve descrizione delle metodologie visuali per la rappresentazione dei concetti e delle loro relazioni con riferimento alla letteratura

informatica. Quindi, sono proposte le implementazioni di tali idee nella pratica di classe attraverso alcuni esempi di esercizi.

2. Epistemologia e didattica della misura

La scelta di usare la misura come filo conduttore di un corso di fisica è in un certo senso naturale, perché è trasversale ai diversi argomenti trattati. Individuare nella misura un nucleo fondante per un corso di fisica è anche significativo perché:

- promuove lo sviluppo di competenze come acquisire e interpretare l'informazione (cittadinanza e costituzione), analizzare dati e interpretarli sviluppando deduzioni e ragionamenti (asse matematico) e osservare, descrivere ed analizzare fenomeni (asse scientifico-tecnologico); D.M. n. 139/2007: attraverso una analisi critica del processo di misura gli studenti imparano che i dati non sono dati, ma vanno presi e interpretati;
- presenta la possibilità di discutere l'uso di modelli e delle assunzioni che sono alla base di una misura, come, ad esempio, la differenza tra misura diretta e indiretta o la discrezionalità nella scelta delle procedure che semplifichino il più possibile le leggi fisiche; in questo senso può essere interessante discutere l'analisi delle procedure dettagliate per ottenere le unità di misura di riferimento al Bureau International des Poids et Mesures (<http://www.bipm.org/en/publications/mises-en-pratique/>), come, ad esempio, le prescrizioni per la pulizia del kilogrammo standard (Girard, 1994);
- consente l'approfondimento sugli strumenti di misura e le loro caratteristiche; tra queste nella proposta che segue ne sono state scelte solo due, la risoluzione e la portata. Focalizzare l'attenzione sugli strumenti di misura è anche interessante perché fornisce un facile contatto con le applicazioni tecnologiche; in particolare, gli smartphone in possesso degli studenti hanno a disposizione sensori che consentono di realizzare diverse tipologie di misure (Pezzi, 2015).

<u>Definizione</u>	IL MODELLO DI RIFERIMENTO
Misurare significa assegnare un numero a <i>qualcosa</i>	
<u>Osservazioni</u> <ul style="list-style-type: none"> • Anche la posizione in un elenco, un numero di maglia o di telefono assegnano un numero a qualcosa/qualcuno, ma non sono una misura • Per fare una misura ci serve un riferimento (o un campione) 	
<u>Definizione</u> La misura è il risultato di un confronto tra <i>qualcosa</i> e un riferimento.	
<u>Definizione</u> L'unità di misura è il campione o riferimento che si sceglie per fare una misura.	
<u>Osservazione</u> <ul style="list-style-type: none"> • Il riferimento deve essere il più possibile uguale per tutti 	

Figura 1. Esempio di definizioni e osservazioni sulla misura nelle dispense fornite agli allievi.

Nella trasposizione didattica (Figura 1) è possibile utilizzare definizioni che siano espresse in un linguaggio semplice, ma al tempo stesso che siano corrette dal punto di vista

epistemologico: proporre la misura come processo di assegnazione non solo consente di seguire in tutto il corso di fisica una impostazione rigorosa, ma apre anche alla possibilità di ripercorrere l'evoluzione storica della definizione stessa di misura (Mari, 2003). Definire "risoluzione", e non "sensibilità" come avviene in molti manuali scolastici, la più piccola variazione che uno strumento riesce a misurare (Figura 2) avvicina gli allievi a quanto è scritto nel Vocabolario Internazionale di Metrologia (BIPM et al., 2012). Attraverso le osservazioni vengono poi proposte alcune informazioni per meglio comprendere il significato delle definizioni, e possibili spunti per la discussione in classe; nell'esempio presentato in Figura 2 le osservazioni hanno anche la funzione di fornire una semplice procedura algoritmica per la stima delle caratteristiche di uno strumento di misura.

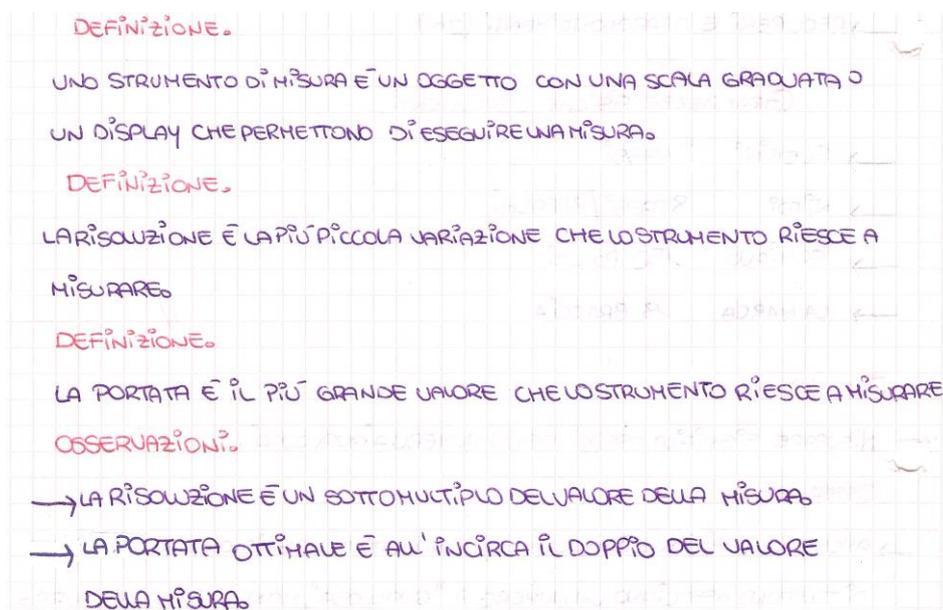


Figura 2. Esempio di definizioni e osservazioni sugli strumenti di misura e le loro caratteristiche in un quaderno di una allieva con DSA.

Dopo aver definito la misura, le unità di misura e gli strumenti di misura, le grandezze fisiche vengono introdotte attraverso una definizione operativa. Questa tipologia di definizione individua un protocollo di misura, cioè specifica in modo estremamente dettagliato la sequenza di operazioni necessarie per misurare la grandezza desiderata. Le definizioni operative sono state storicamente al centro di un intenso e vivace dibattito epistemologico (Bridgman, 1965; Carnap, Gardner & Mangione, 1971), che può essere utilizzato negli approfondimenti per valorizzare e stimolare gli allievi con maggiore interesse. Inoltre, sebbene sia complicato individuare una netta linea di demarcazione tra una misura diretta pura e una che prevede qualche fase di elaborazione dei dati, questo approccio permette di garantire uno standard, e pertanto può essere assunto come il punto di partenza per la costruzione di un modello teorico rigoroso (Dalla Chiara & di Francia, 1981).

Nella pratica di classe la definizione è stata proposta in maniera semplificata focalizzando l'attenzione su strumento e unità di misura; questo approccio fornisce una struttura di riferimento comune per la definizione di tutte le grandezze (Figura 3), che una volta acquisita permette di far concentrare gli allievi sugli aspetti rilevanti della definizione.

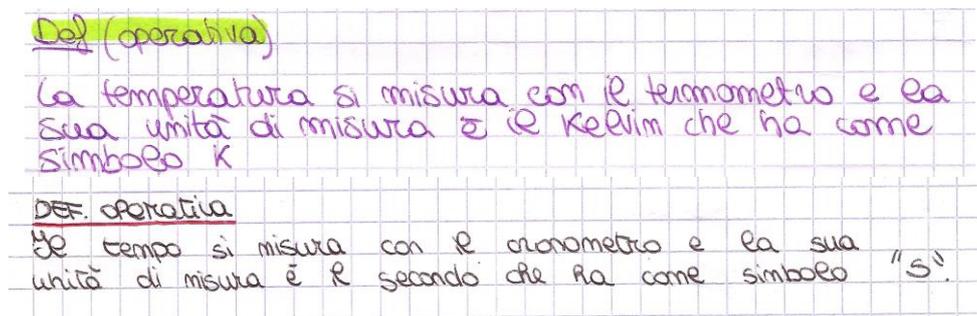


Figura 3. Esempi della definizione operativa di alcune grandezze.

3. Diagrammi di misura

A questo punto del percorso è importante presentare strumenti didattici che consentano agli studenti di familiarizzare con il processo di misura, anche in assenza di un laboratorio. Nella implementazione di tali strumenti didattici si è scelto di concentrare l'attenzione su procedure che permettessero lo sviluppo di automatismi per l'esecuzione di quelle operazioni elementari che caratterizzano la misura, con lo scopo da una parte di ottimizzare la gestione del carico cognitivo e dall'altra di abituare gli studenti a scomporre azioni complesse in azioni elementari, e porre le basi per stimolare un approccio computazionale nella analisi dei fenomeni. Inoltre, sono state utilizzate rappresentazioni grafiche con l'obiettivo di ottenere una risorsa fruibile da tutti gli studenti; infatti, le rappresentazioni grafiche sono versatili perché consentono di visualizzare facilmente i flussi di conoscenza e mettere in evidenza i significati dei concetti e le loro connessioni (Trentin, 2015).

Per realizzare questi strumenti didattici sono stati presi come riferimento i diagrammi di flusso, che sono rappresentazioni grafiche di operazioni da svolgere per realizzare la trasformazione dai dati iniziali ai risultati finali. Tali diagrammi servono a rappresentare un algoritmo prima di implementarlo in un linguaggio di programmazione. Ogni istruzione dell'algoritmo viene rappresentata all'interno di un elemento/blocco base, la cui forma grafica è legata al tipo di istruzione; ogni elemento è collegato ad altri tramite linee di flusso con frecce, che indicano il susseguirsi delle azioni elementari. Gli elementi di base sono input/output, elaborazione e controllo (Figura 4).

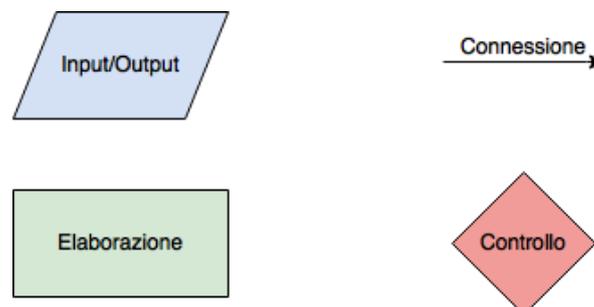


Figura 4. Elementi base di un diagramma di flusso¹.

¹ I diagrammi di questo lavoro sono stati realizzati con l'applicazione gratuita Draw.io.

In questo lavoro si propone di utilizzare un diagramma di misura, come strumento flessibile e accessibile per rappresentare schematicamente i concetti e le operazioni fondamentali, che intervengono nel processo di misura. Tale strumento vuole essere un riassunto delle risposte alla domanda “come posso fare perché un computer esegua questa misura?”, dove il computer potrebbe essere una macchina, una persona o una combinazione di questi (Wing, 2008). Per questa ragione nel diagramma di misura ogni elemento viene associato a domande chiave (Figura 5), che ne facilitano il completamento: nella parte sinistra del diagramma vengono evidenziati gli elementi significativi di quello che vogliamo misurare, in quella destra le informazioni relative allo strumento di misura, e attraverso una procedura di confronto si assegna un numero, che consente una descrizione di quello che vogliamo misurare. Il diagramma di misura individua un livello base per la misura diretta di una grandezza, ma si presta a essere una utile interfaccia per numerosi approfondimenti a diversi livelli, che possono, ad esempio, essere una serie di raffinamenti successivi nello specificare tutte le informazioni relative al processo di misura diretta, oppure l’analisi di misure più strutturate e complesse. In questo senso, tale strumento didattico garantisce l’inclusione non solo per chi ha difficoltà di apprendimento, ma anche per le eccellenze.

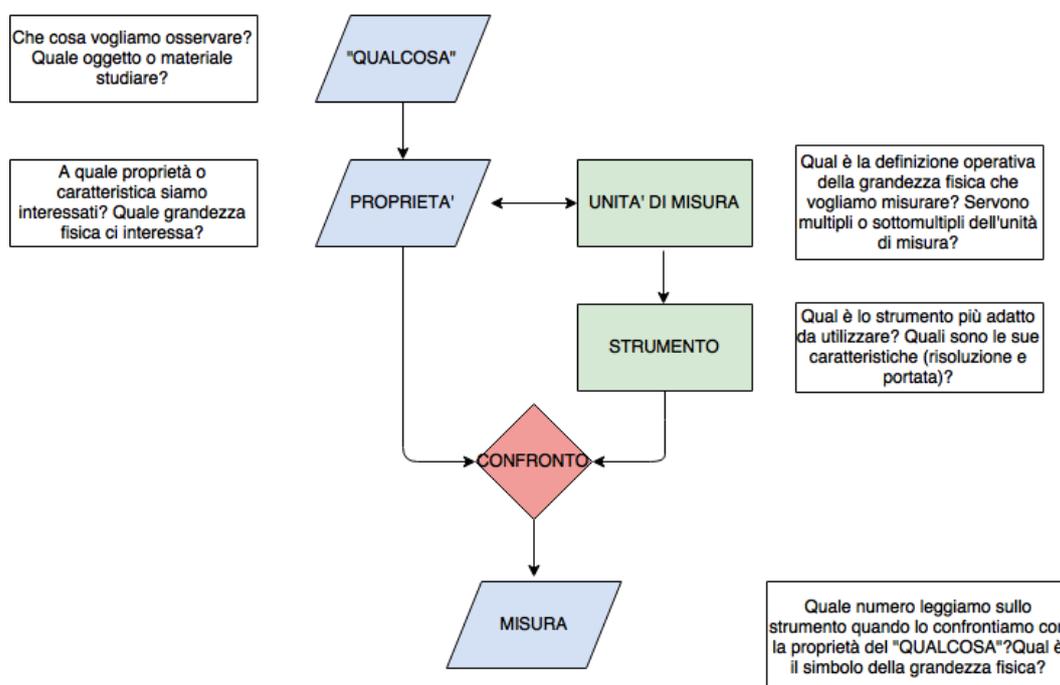


Figura 5. Diagramma di misura con domande guida.

4. Esempi di applicazione

4.1. Livello base

Obiettivi: associare le grandezze fisiche a oggetti o fenomeni della realtà, individuare la relazione della grandezza fisica con l’unità e lo strumento di misura.

L’esercizio propone una attività di completamento, dove la soluzione si può trovare applicando una abilità di tipo algoritmico/visuale. Tutti gli studenti riescono a svolgere questa tipologia di esercizi, anche in casi di BES (Figura 6).

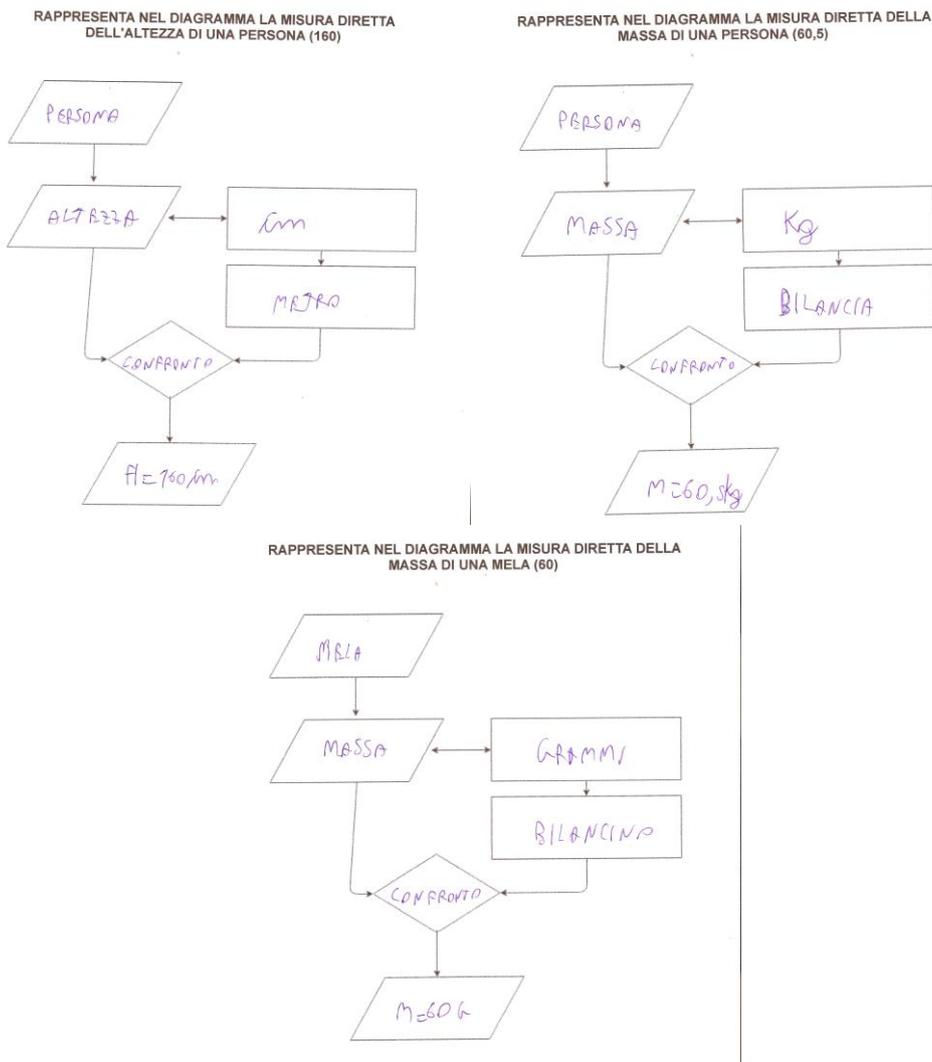


Figura 6. Esercizio svolto da uno studente di classe prima nel caso di tre diverse grandezze fisiche.

4.2. Livello intermedio

Obiettivi: valutare criticamente la scelta dello strumento migliore, anche in relazione alle caratteristiche di risoluzione e portata, valutare il numero di cifre significative di una misura.

Dato il risultato di una misura si chiede, oltre a quanto già previsto per il livello precedente, di stimare l'unità di misura e lo strumento appropriati in relazione alla caratteristica misurata, e la possibile risoluzione sulla base delle cifre significative (Figura 7). Questa tipologia di esercizi, sebbene apparentemente semplice, implica un impegno significativo da parte degli studenti: infatti la valutazione della correttezza dello svolgimento da parte dell'insegnante dovrebbe essere molto rigorosa. Ad esempio, nell'esercizio sulla misura dell'altezza del mobile in Figura 7, la valutazione è solo del 75% di correttezza, dal momento che non è stata indicata l'unità di misura nel risultato finale.

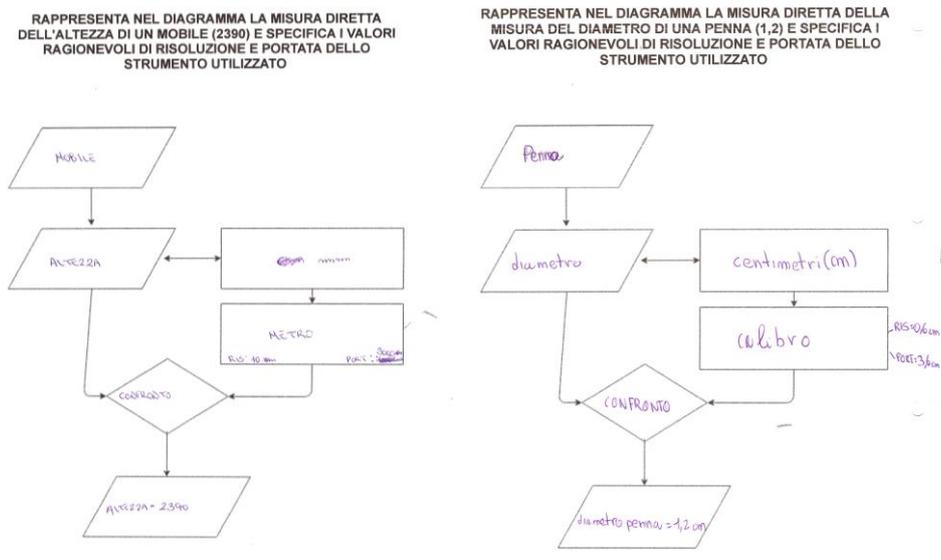


Figura 7. Esercizi svolti da allievi di classe prima con valutazione sufficiente.

4.3. Livello avanzato

Obiettivi: creare sequenze elementari per l'interpretazione di sistemi complessi, individuare nelle tecnologie di uso quotidiano le sequenze di operazioni proposte.

MISURA INDIRECTA DEL VOLUME DI UN ASTUCCIO (2,0; 6,0; 16,0)

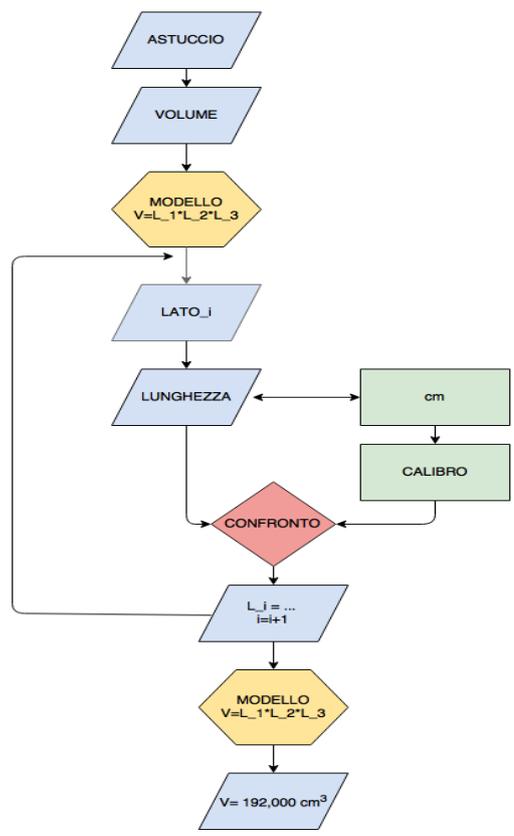


Figura 8. Diagramma di una misura indiretta di volume.

Considerando indiretta la misura di una grandezza che viene calcolata a partire dalle misure dirette di altre grandezze, la sua rappresentazione attraverso un diagramma permette di visualizzare i diversi passaggi necessari per effettuare tale operazione. In Figura 8 e 9 sono presentati due esempi che si possono discutere con gli allievi per mostrare come il diagramma di misura diretta possa rappresentare una struttura riutilizzabile nei diversi passaggi necessari alle misure indirette di volume e densità. Esistono ulteriori livelli di implementazione a seconda del grado e del tipo di approfondimento da proporre: tra questi si possono, ad esempio, individuare l'uso di veri diagrammi di flusso per l'introduzione di semplici algoritmi, la traduzione di un diagramma di misura in una classe di un linguaggio *object oriented*, la ricerca di somiglianze e differenze tra quanto analizzato e una vera classe come, ad esempio, Sensor di Android, lo sviluppo di una app didattica che utilizzi i diversi sensori di uno smartphone con App Inventor.

MISURA INDIRECTA DELLA DENSITA' DELLA GLICERINA (1,25)

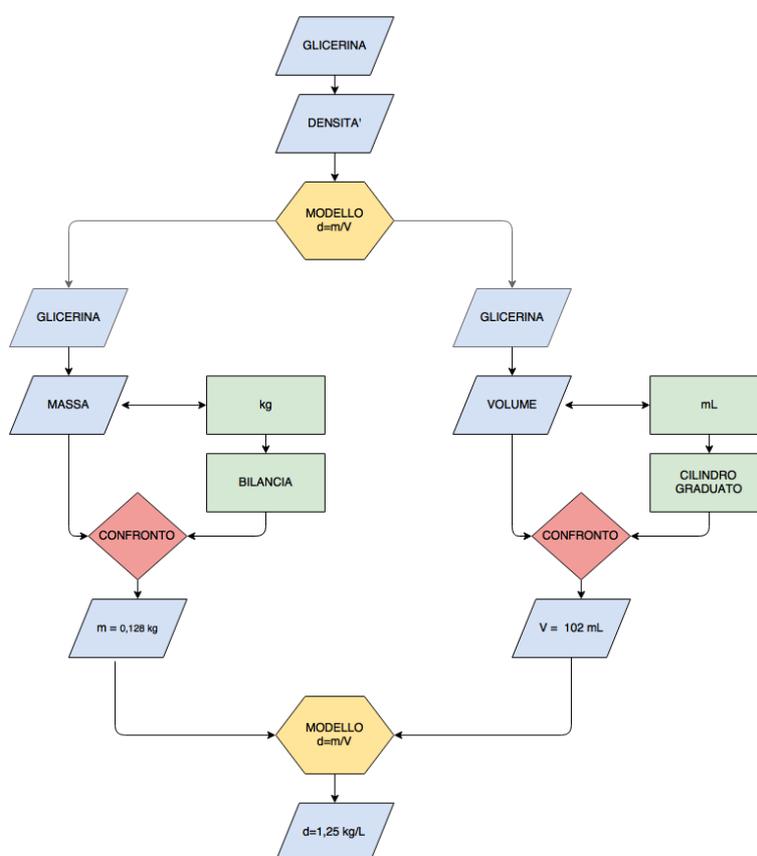


Figura 9. Diagramma della misura indiretta della densità.

5. Conclusioni

In questo lavoro è stata presentata una implementazione di metodi per la didattica inclusiva all'insegnamento della misura nella scuola secondaria di secondo grado. Il risultato è un percorso versatile, perché si presta a diversi livelli di approfondimento; infatti, tale approccio utilizza un linguaggio al tempo stesso semplice e rigoroso, e permette a tutti gli allievi, indipendentemente dalle loro difficoltà, di confrontarsi con gli standard

internazionali e di sperimentare un approccio algoritmico. Gli esercizi proposti durante le prove di verifica sono simili agli esempi mostrati e riescono a essere svolti in modo soddisfacente da tutti gli allievi. Le valutazioni conseguite sono analoghe alla precedente analisi (Piccione, 2014) e saranno oggetto di ulteriori pubblicazioni.

Bibliografia

- Arpinati, A.M., Posar, A., & Tasso, D. (2012). *Educazione speciale 2*. Bologna: Associazione élève ONLUS.
- BIPM. Bureau International des Poids et Mesures <http://www.bipm.org/en/publications/mises-en-pratique/> (ver. 15.04.2016).
- BIPM, I., IFCC, I., IUPAC, I., & ISO, O. (2012). *The international vocabulary of metrology – basic and general concepts and associated terms* (3rd ed.). JCGM.
- Bridgman, P.W. (1965). *La natura della teoria fisica*. Firenze: La Nuova Italia.
- Carnap, R., Gardner, M., & Mangione, C. (1971). *I fondamenti filosofici della fisica: introduzione alla filosofia della scienza*. Milano: Il saggiatore.
- Dalla Chiara, M.L., & di Francia, G.T. (1981). *Le teorie fisiche: un'analisi formale*. Torino: Bollati Boringhieri.
- Decreto del Presidente della Repubblica 15 marzo 2010, n. 87. *Schema di regolamento recante norme concernenti il riordino degli istituti professionali ai sensi dell'articolo 64, comma 4, del decreto legge 25 giugno 2008, n. 112, convertito dalla legge 6 agosto 2008, n. 133*.
- Draw.io. <https://www.draw.io/> (ver. 15.04.2016).
- Girard, G. (1994). The third periodic verification of national prototypes of the kilogram (1988-1992). *Metrologia*, 31(4), 317.
- Mari, L. (2003). Epistemology of measurement. *Measurement*, 34(1), 17–30.
- Mit App Inventor. <http://appinventor.mit.edu/explore/> (ver. 15.04.2016).
- MIUR. Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca (2007). Decreto Ministeriale 22 agosto 2007, n. 139. *Regolamento recante norme in materia di adempimento dell'obbligo di istruzione*.
- MIUR. Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca (2013). Circolare Ministeriale 6 marzo 2013, n. 8. *Direttiva Ministeriale 27 dicembre 2012 "Strumenti d'intervento per alunni con bisogni educativi speciali e organizzazione territoriale per l'inclusione scolastica". Indicazioni operative*.
- Pezzi, G. (2015). Fisica con gli smartphone. *VI Convegno Nazionale di Didattica della Fisica e della Matematica DI.FI.MA. 2013*, 133–138. Milano: Ledizioni.
- Piccione, A. (2014). Un approccio inclusivo allo studio del movimento in fisica. *Form@re-Open Journal per la Formazione in Rete*, 14(4), 118–128. <http://dx.doi.org/10.13128/formare-15802> (ver. 15.04.2016).
- Piccione, A. (2015). Le grandezze fisiche con sms e telefoni cellulari. *VI Convegno Nazionale di Didattica della Fisica e della Matematica DI.FI.MA. 2013*, 383–392. Milano: Ledizioni.

Sensor di Android.

http://developer.android.com/guide/topics/sensors/sensors_overview.html (ver. 15.04.2016).

Trentin, G. (2015). Mappe concettuali, flussi di conoscenza e sviluppo professionale continuo. *Form@re-Open Journal per la Formazione in Rete*, 15(2), 4–18. <http://dx.doi.org/10.13128/formare-16990> (ver. 15.04.2016).

Wing, J.M. (2008). Computational thinking and thinking about computing. *Philosophical transactions of the royal society of London A: mathematical, physical and engineering sciences*, 366(1881), 3717–3725.