

COOPERATIVE LEARNING E PEER EDUCATION NELLA COMPRESIONE DEI PRINCIPI DELLA DINAMICA

Roberto Borgognone, Daniela Marocchi, Marina Serio, Marta Rinaudo
Liceo Valdese di Torre Pellice, Università degli Studi di Torino

roberto.borgognone@gmail.com

Abstract

Peer education e *cooperative learning* sono due metodologie didattiche che dagli anni '60 e '70 rispettivamente stanno guadagnando spazio a fianco della didattica tradizionale. Questo percorso indaga sull'efficacia del loro utilizzo per spiegare i principi della dinamica. Il lavoro è stato svolto tra febbraio e maggio all'interno di un percorso di PCTO (Percorsi per le Competenze Trasversali e l'Orientamento) con 4 studenti tutor di una classe IV Scientifico.

Agli studenti è stato proposto di lavorare sui principi della dinamica.

Dopo un primo periodo di ripasso e approfondimento in *cooperative learning* e supportati dall'insegnante, gli studenti tutor hanno iniziato a strutturare un percorso didattico teorico e laboratoriale della durata di 8 ore i cui destinatari erano 18 studenti di una classe prima. I tutor hanno preparato un questionario da somministrare prima delle lezioni per valutare le conoscenze pregresse necessarie e un test, tratto dal Force Concept Inventory, fatto prima e dopo le lezioni e l'attività, per stimare l'esito delle lezioni; sono stati inoltre preparati da loro tutti i materiali per le lezioni. Il percorso è stato suddiviso in 2 ore di lezioni frontali, 4 di attività laboratoriale e 2 ore dedicate all'analisi dei dati e alla discussione conclusiva. Tutte le decisioni inerenti il percorso sono state prese dai tutor in autonomia, che si sono inoltre suddivisi argomenti e compiti. I test pre e post attività consistevano di 15 domande. Il confronto dei risultati evidenzia un leggero miglioramento medio, quantificabile in 2 risposte corrette in più nel post test. Per 2 studenti il miglioramento è stato invece quantitativamente migliore con 6-8 risposte corrette in più rispetto al pre test.

Sebbene i risultati di apprendimento non siano stati analizzati quantitativamente, i feedback sul percorso svolto da parte degli studenti tutor sono stati molto positivi, arrivando a suggerire di svolgere percorsi analoghi per altri argomenti e per altre materie.

Parole chiave

Cooperative learning, peer education, dinamica, laboratorio.

STRUTTURA DELL'ATTIVITÀ E PROTAGONISTI

L'attività è stata svolta su più livelli. I destinatari finali erano 18 studenti (da ora in poi solo "studenti") di una classe prima articolata in 3 indirizzi: Classico, Linguistico e Scientifico, nella quale nessuno studente aveva affrontato l'argomento proposto. Per loro l'obiettivo principale era sperimentare l'effetto di lezioni con una modalità didattica differente da quella standard, tenute da studenti tutor poco più grandi.

Gli studenti tutor (da ora in poi solo "tutor") erano 4 ragazzi di una classe IV Scientifico. All'interno di un percorso di PCTO, in convenzione con l'Università degli Studi di Torino e della durata di 50 ore, avevano come obiettivo di ripassare e approfondire in *cooperative learning* i principi della dinamica, per poi progettare e strutturare un'unità didattica a riguardo e svolgere le lezioni in *peer education* con una classe di studenti più piccoli. Tutta l'attività era coordinata dall'insegnante di Fisica, che svolgeva una tesi magistrale in Didattica della Fisica. L'obiettivo della tesi era osservare i tutor e gli studenti in tutte le fasi dell'attività, analizzando le differenze tra le lezioni curricolari standard e questa modalità. Il suo ruolo era dunque solo propositivo, senza indicazioni e suggerimenti ai tutor sulle scelte effettuate nella progettazione e senza interventi durante le lezioni con gli studenti.

In questo testo verrà descritto principalmente il percorso didattico progettato dai tutor.

OBIETTIVI

Per i tutor:

- saper enucleare i concetti fondamentali di un argomento;
- essere in grado di lavorare con gli altri in maniera costruttiva, sia in modalità collaborativa sia in gruppo;
- saper prendere iniziative e accettare la responsabilità;
- saper comunicare e negoziare efficacemente con gli altri;
- acquisire capacità di pensiero critico;
- sviluppare abilità integrate nella soluzione dei problemi;
- scegliere modalità efficaci di spiegazione e verifica laboratoriale.

Per gli studenti:

- sperimentare una modalità diversa di apprendimento;
- relazionarsi in maniera costruttiva a scuola con figure meno autoritarie;
- lavorare efficacemente da soli e in gruppo.

SCELTA DELL'ARGOMENTO

L'argomento di Fisica scelto come tema del percorso didattico, dopo una discussione con gli studenti tutori, è stato i principi della dinamica. Le motivazioni possono essere riassunte così:

- argomento centrale nella fisica, che viene svolto all'inizio del percorso della scuola secondaria di secondo grado e non prevede moltissime conoscenze pregresse;
- viene ripreso più volte nel corso degli studi della secondaria superiore, poiché i principi della dinamica si applicano a molteplici situazioni fisiche;
- per gli studenti di quarta, occasione di ripasso e approfondimento;
- argomento sfidante, ma non eccessivamente complicato;
- argomento non ancora svolto dagli studenti più piccoli.

STRUTTURA DELL'ATTIVITÀ

Ripasso dei principi della dinamica

Per svolgere un approfondito ripasso dell'argomento i tutor hanno lavorato in gruppo a scuola e individualmente a casa. Hanno usato il loro libro di testo e i loro appunti con l'aiuto del loro insegnante. Per valutare la loro preparazione, prima e dopo, è stato usato il Force Concept Inventory (FCI). In particolare, prima di conoscere le risposte corrette, il gruppo si è confrontato sulle risposte fornite dai singoli ed è stata stilata un'ulteriore serie di risposte condivisa, in modo da confrontarsi e correggersi reciprocamente e valutare la conoscenza complessiva del gruppo.

Cadere nei "tranelli" del test, oltre a correggere le proprie lacune e misconcezioni, ha dato un'idea iniziale di quali potessero essere i punti su cui concentrarsi nella pianificazione delle lezioni.

Definizione e strutturazione del percorso

Il docente ha stabilito che la durata del percorso didattico, comprensiva di lezioni e attività laboratoriali, consisteva di 8 ore, cui aggiungere il tempo dedicato alla somministrazione del test. A questo punto, utilizzando le 5W del giornalismo anglosassone (Who, What, Where, When, Why) è cominciato il lavoro di progettazione e strutturazione.

Per ragioni di completezza e coerenza degli argomenti hanno deciso di parlare di tutti e tre i principi, esponendoli prima tutti e tre teoricamente e successivamente utilizzando degli esperimenti pratici e dimostrativi.

Hanno suddiviso i compiti fra loro, in base a preferenze e capacità.

Durante la progettazione si sono interrogati sul fatto che gli studenti più piccoli comprendessero in modo corretto concetti come velocità, accelerazione, traiettoria, ecc... e hanno stilato un questionario

DI.FI.MA. 2023: Insegnamento e apprendimento della Matematica e della Fisica nel periodo post pandemia

- attinenza con gli argomenti svolti;
- eliminazione delle domande che prevedevano concetti troppo avanzati quali energia o

quantità di moto.

Le domande scelte sono state, con riferimento al test FCI originale, le numero: 1, 2, 3, 4, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 17, 18, 19, 26, 27.

È stato deciso che il test sarebbe stato svolto prima e dopo le 8 ore di attività, mantenendo le stesse domande per poter più facilmente stimare l'eventuale miglioramento.

Attività laboratoriale

La seconda lezione, della durata di 4 ore, si è svolta in 3 luoghi: il laboratorio di fisica e chimica, un'aula adibita appositamente e la palestra. Gli studenti sono stati divisi in 4 gruppi per osservare 4 esperimenti a rotazione, coordinati ognuno da un tutor.

I 4 esperimenti svolti a rotazione sono stati:

- misura statica di forze e forza peso
- tubo circolare
- skateboard 1: principio di inerzia
- skateboard 2: terzo principio

Nel primo esperimento è stato mostrato e spiegato il funzionamento di un dinamometro, per rendere evidente il legame tra massa e forza peso e parlare di forza di gravità.

Nel secondo esperimento è stato utilizzato un tubo di gomma piegato in forma circolare. L'esperimento era puramente dimostrativo. Un capo del tubo veniva sollevato di qualche decina di centimetri mentre l'altro capo rimaneva appoggiato al banco di lavoro. All'estremità superiore veniva inserita una sfera di metallo. In riferimento al principio di inerzia, si mostrava come la pallina, una volta uscita dall'altra estremità, proseguiva sul banco di lavoro in moto rettilineo. Si spiegava quindi che non continuava il moto curvilineo precedente che era dovuto alle forze presenti all'interno del tubo.

Nel terzo esperimento un oggetto (un rotolo di scotch) veniva appoggiato su uno skateboard che veniva lanciato a velocità abbastanza alta contro un ostacolo. Si osservava che l'oggetto, non vincolato allo skateboard, proseguiva nel moto.

Nel quarto esperimento due persone salivano su altrettanti skateboard. Spingendosi reciprocamente si notava come la persona di massa minore veniva maggiormente accelerata, poiché le forze sono uguali e contrarie.

Nell'ultima lezione i dati raccolti nel quarto esperimento sono stati analizzati in piccoli gruppi di 3-4 persone. Per valutare i risultati è stato utilizzato il software Tracker.

Test di verifica post (FCI) e questionario di feedback

Nella settimana immediatamente successiva alla fine delle lezioni è stato somministrato il test del FCI ridotto per valutare l'apprendimento.

Inoltre sono state preparate delle domande per un test anonimo di feedback per una valutazione dei tutor e dell'esperienza fatta da parte degli studenti.

Alcuni aumenti percentuali sono molto elevati, ma il numero delle risposte corrette nel pre-test era spesso molto esiguo. Solo in pochi casi il miglioramento è stato di 4, 6 e perfino 8 risposte.

Per quanto riguarda le domande, le uniche che hanno avuto un incremento significativo sono state la 4 e la 8 (con 5 e 7 risposte corrette in più rispettivamente) che presentavano situazioni analoghe a quella del secondo esperimento con il tubo e la pallina. Osservare direttamente il fenomeno ha aiutato a capire correttamente la situazione rappresentata. È stato invece difficile per i tutor trasmettere correttamente l'azione della forza di gravità: nella risposta 11 ci sono state 4 risposte corrette in meno, (unica domanda con una diminuzione).

Tabella 1. Risposte corrette (C) e sbagliate (S) nel pre-test e nel post-test dell'FCI. Nelle ultime due colonne la variazione assoluta e percentuale di risposte.

Studente	Pre-test		Post-test		Δ
	C	S	C	S	
1	4	11	4	11	0
2	4	11	3	12	-1
3	6	9	7	8	1
4	6	9	10	5	4
5	5	10	6	9	1
6	3	12	5	10	2
7	6	9	6	9	0
8	2	13	10	5	8
9	2	13	3	12	1
10	8	7	9	6	1
11	0	15	4	11	4
12	4	11	3	12	-1
13	1	14	2	13	1
14	4	11	4	11	0
15	2	13	3	12	1
16	5	11	5	10	0
17	3	12	6	9	3
18	3	12	9	6	6

Il questionario di feedback sull'esperienza didattica sottoposto agli studenti più piccoli era suddiviso in due parti:

- la prima riguardava i tutor con una valutazione relativa rispetto a coinvolgimento, chiarezza, competenza, completezza, disponibilità. Per ogni indicatore lo studente poteva mettere il tutor al primo, al secondo, al terzo o al quarto posto.
- la seconda era la possibilità di scrivere un breve testo libero di commento riguardo ad interesse, comprensione, gradimento con eventuali suggerimenti.

Tabella 2. Risposte al feedback sui tutor: AD, FB, GT, MO. In ogni colonna quanti studenti hanno attribuito primo, secondo terzo o quarto posto ad ognuno dei tutor.

	Coinvolgimento				Chiarezza				Competenza				Completezza				Disponibilità			
	AD	FB	GT	MO	AD	FB	GT	MO	AD	FB	GT	MO	AD	FB	GT	MO	AD	FB	GT	MO
Primo	12	3	2	0	3	3	12	2	1	1	13	2	7	7	7	2	14	2	5	2
Secondo	4	6	4	3	8	5	1	2	8	8	4	1	3	3	8	1	3	9	2	2
Terzo	1	7	5	4	4	8	3	2	6	5	0	4	6	4	1	4	0	3	6	6
Quarto	0	1	6	10	2	1	1	11	2	3	0	10	1	3	1	10	0	3	4	7

Di seguito sono riportati, a titolo di esempio, i testi di alcuni dei commenti degli studenti più piccoli.

- *Mi sono sentito più interessato ma ho trovato che era meno chiaro quello che spiegavano loro.*

DI.FI.MA. 2023: Insegnamento e apprendimento della Matematica e della Fisica nel periodo post pandemia

- *È stato sia più facile, perché alcuni di loro sono in grado di coinvolgerti e farti sentire a tuo agio, ma è stato più difficile perché non sempre c'è magari quella "confidenza" che invece è presente con il professore e poi ovviamente, com'è giusto che sia, i ragazzi non hanno esperienza.*
- *Mi sentivo più sicura perché anche loro sono sul mio stesso piano e possono capire meglio il "disagio" dell'essere studenti*
- *Secondo me un minimo cambia la situazione, proprio perché dei "compagni" hanno un'autorità e una presenza diversa da quella dei professori, però comunque sono riuscita a prendere con serietà quello che spiegavano e quello che ci dicevano di fare, nonostante fossero meno autoritari*

FEEDBACK DEI TUTOR

A differenza dei più piccoli, i feedback dei tutor è stato richiesto mediante la redazione di un testo dopo aver ricevuto degli spunti di riflessione.

I punti seguenti riassumono quanto da loro riportato:

- Il lavoro è stato più impegnativo di quanto preventivato. Preparare lezioni ed ancora più laboratori richiede molto tempo.
- Per spiegare agli altri in modo chiaro è necessario aver capito e selezionare opportunamente i concetti da presentare in ogni lezione.
- E' difficile rendere partecipativi gli studenti durante una lezione frontale.
- Inizialmente è stato difficile diventare consapevoli di dover portare avanti il progetto in prima persona.
- Sono stati utili i feedback degli studenti.

CONCLUSIONI E CONSIDERAZIONI

Feedback e commenti dei tutor

Il feedback chiesto ai tutor ha evidenziato principalmente tre cose: il grande interesse verso un'attività completamente nuova, ovvero mettersi nei panni di chi deve sapere e spiegare a chi non sa nulla; la difficoltà nel preparare e strutturare l'argomento, che ha aumentato la stima verso gli insegnanti che lo fanno regolarmente apparentemente senza sforzo; il piacere e la sorpresa di scoprire che i più piccoli erano attenti, partecipi, interessati, ponendo anche domande.

Il test di feedback anonimo ha permesso loro di ricevere giudizi e impressioni dai più piccoli riuscendo così, insieme all'insegnante, ad autovalutarsi riconoscendo punti di forza e criticità di ognuno e delle scelte fatte nella preparazione del percorso.

In un momento di condivisione i ragazzi hanno espresso unanimemente l'opinione che sia un'esperienza da consigliare ad altri, non solo in fisica ma anche in altre materie.

Commento finale: vantaggi, svantaggi

Un progetto PCTO di questo tipo presenta 3 vantaggi per i tutor:

- miglioramento dell'efficacia "relazionale", in quanto sono costretti a comunicare, mediare posizioni, capire se il discente ascolta e partecipa, gestire domande e obiezioni, ecc...
- aumento della consapevolezza, poiché strutturare in modo autonomo, dall'inizio alla fine, un percorso didattico prevede prendere coscienza dei punti deboli e di forza propri e degli altri, nonché valutare correttamente la propria preparazione, competenza ed efficacia;
- sviluppo della capacità di lavorare in team, cosa peraltro molto richiesta al di fuori dell'ambito scolastico.

Per contro, ci sono anche 3 svantaggi, principalmente da un punto di vista didattico:

- strutturare lavori di questo tipo richiede inevitabilmente tempi più lunghi ai docenti, per la preparazione e per lo svolgimento delle lezioni stesse;

- la selezione degli argomenti, la scelta dei tempi, il livello di approfondimento necessario da parte degli studenti manca dell'esperienza necessaria;
- la conoscenza dell'argomento è meno approfondita e consolidata, soprattutto per i punti chiave e le misconcezioni possibili, per cui l'efficacia risulta diminuita;

Suggerimenti

Alcune criticità riscontrate in questo progetto derivano direttamente dalla "stratificazione" intrinseca del progetto stesso: la necessità data dal percorso di tesi di monitorare l'atteggiamento e le scelte dei tutor ha di fatto eliminato completamente suggerimenti, idee, proposte e correzioni da parte dell'insegnante. Questo ha lasciato i tutor un po' a se stessi ed hanno sopravvalutato quanto potevano svolgere nelle 8 ore a loro disposizione. Si sono inoltre concentrati molto sul loro compito e meno sull'interazione con gli studenti.

Se si volesse ripetere l'esperienza è quindi importante:

- aiutarli a definire bene i tempi e la quantità argomenti da spiegare;
- indicare chiaramente quali sono i punti fondamentali che non si possono tralasciare;
- mostrare delle strategie per mantenere l'uditorio attento e partecipe;
- insistere sulla correttezza del linguaggio e dei termini appropriati;
- riprendere e ripetere i concetti per aiutare a seguire percorsi e collegamenti.

1. Due sfere di metallo hanno la stessa dimensione, ma una pesa il doppio dell'altra. Le sfere sono lasciate cadere dalla cima di un edificio allo stesso istante di tempo. Il tempo necessario alle sfere per raggiungere il terreno sottostante sarà:

- circa metà per la sfera più pesante
- circa metà per la sfera più leggera
- circa lo stesso tempo per entrambe
- decisamente inferiore per la sfera più pesante, ma non necessariamente la metà
- decisamente inferiore per la sfera più leggera, ma non necessariamente la metà

2. Immagina una collisione frontale tra un grande camion e una piccola auto. Durante la collisione:

- il camion esercita una maggiore quantità di forza sull'auto rispetto a quanta la macchina ne esercita sul camion
- la macchina esercita una maggiore quantità di forza sul camion rispetto a quanta il camion ne esercita sulla macchina
- nessuno esercita una forza sull'altro, la macchina rimane schiacciata semplicemente perché si trova sul percorso del camion
- il camion esercita una forza sulla macchina, ma la macchina non esercita forza sul camion
- il camion esercita sulla macchina la stessa quantità di forza che la macchina esercita sul camion

3. Due sfere di acciaio, una delle quali pesa il doppio dell'altra, rotolano su un tavolo orizzontale con la stessa velocità e cadono oltre il bordo. In questa situazione:

- entrambe le sfere cadono sul pavimento approssimativamente alla stessa distanza orizzontale dalla base del tavolo
- la sfera più pesante cade a circa la metà della distanza orizzontale dalla base del tavolo rispetto alla più leggera
- la sfera più leggera cade a circa la metà della distanza orizzontale dalla base del tavolo rispetto alla più pesante
- la sfera più pesante colpisce molto più vicino alla base del tavolo rispetto alla più leggera, ma non necessariamente a metà della distanza orizzontale
- la sfera più leggera colpisce molto più vicino alla base del tavolo rispetto alla più pesante, ma non necessariamente a metà della distanza orizzontale

4. Una sfera pesante è attaccata a un filo e ruota in un percorso circolare in un piano orizzontale come illustrato nel diagramma a destra. Al punto indicato nel diagramma il filo improvvisamente si rompe. Se questi eventi sono osservati dall'alto, indicare il percorso della sfera dopo che il filo si è rotto.

-
-
-
-
-

5. Lungo quale dei percorsi sottostanti si muoverà il disco da hockey dopo aver ricevuto il "calcio"?

-
-
-
-
-

6. Lungo il percorso senza attrito che hai scelto, come varia la velocità del disco dopo aver ricevuto il "calcio"?

- non cambia
- crece continuamente
- decrece continuamente
- crece per un po' e dopo decrece
- costante per un po' e dopo decrece

7. Le forze principali che agiscono sul disco, dopo il "calcio", lungo il percorso che hai scelto sono:

- la forza verso il basso dovuta alla gravità e l'effetto della pressione dell'aria
- la forza di gravità verso il basso e la quantità di moto orizzontale nella direzione del moto
- la forza di gravità verso il basso, la forza verso l'alto esercitata dalla superficie e una forza orizzontale agente sul disco nella direzione del moto
- la forza di gravità verso il basso e la forza verso l'alto esercitata dalla superficie
- la gravità non esercita una forza sul disco, cade per l'intrinseca tendenza degli oggetti a ritornare al loro posto

8. Il diagramma raffigura un canale semicircolare che è stato fissato, in un piano orizzontale, a un piano d'appoggio. Una sfera entra nel canale dal punto 1 ed esce dal punto 2. Quale dei percorsi rappresentati si avvicina maggiormente al percorso della sfera quando esce dal canale dal punto 2 e rotola lungo il piano d'appoggio.

-
-
-
-
-

Usa la frase e il diagramma sottostanti per rispondere alle prossime 4 domande.


Il diagramma raffigura un disco da hockey che scivola, con velocità costante, dal punto "a" al punto "b" lungo una superficie orizzontale senza attrito. Quando il disco raggiunge il punto "b" riceve un "calcio" orizzontale nella direzione della freccia più grande.

Due studenti, studente "A" che ha massa di 95 kg e uno studente "B" che ha una massa di 77 kg, siedono su identiche sedie da ufficio uno di fronte all'altro. Lo studente A mette i piedi nudi sulle ginocchia dello studente B come mostrato sotto. Lo studente A quindi improvvisamente spinge in fuori con i piedi facendo muovere entrambe le sedie.

Figura 2. Domande del test Force Concept Inventory ridotto (15 domande).

9. In questa situazione:

- A) nessuno degli studenti esercita una forza sull'altro
- B) lo studente A esercita una forza su B ma B non esercita nessuna forza su A
- C) entrambi gli studenti esercitano una forza sull'altro, ma B esercita la forza piú grande
- D) entrambi gli studenti esercitano una forza sull'altro, ma A esercita la forza piú grande
- E) entrambi gli studenti esercitano la stessa quantitá di forza sull'altro



10. Un libro é fermo su una scrivania. Quali delle seguenti forze agisce sul libro

1. una forza verso il basso dovuta alla gravitá
2. la forza verso l'alto dalla scrivania
3. una forza netta verso il basso dovuta alla pressione dell'aria
4. una forza netta verso l'alto dovuta alla pressione dell'aria

- A) solo 1
- B) 1 e 2
- C) 1,2 e 3
- D) 1,2 e 4
- E) nessuna delle precedenti: finché il libro é fermo non ci sono forze che agiscono su di esso

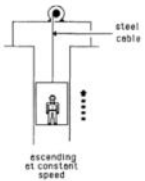
11. Una pietra cade dal tetto di un edificio a un piano fino a terra.

- A) raggiunge la sua velocitá massima poco dopo la partenza e dopodiché cade a velocitá costante
- B) accelera mentre cade principalmente perché piú si avvicina alla terra, maggiore é l'attrazione gravitazionale
- C) accelera a causa della forza gravitazionale costante che agisce su di essa
- D) cade per l'intrinseca tendenza di tutti gli oggetti a cadere verso il suolo
- E) cade a causa di una combinazione tra la forza di gravitá e la pressione dell'aria che la spingono verso il basso

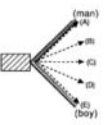
Mentre si risponde alle seguenti domande assumere che qualsiasi forza di attrito dovuta alla resistenza dell'aria sia cosí piccola da poter essere ignorata.

12. Un ascensore, come illustrato, é sollevato da un cavo d'acciaio. Quando l'ascensore si muove verso l'alto a **velocitá costante**:

- A) la forza verso l'alto sull'ascensore da parte del cavo é maggiore della forza di gravitá verso il basso
- B) la forza verso l'alto sull'ascensore da parte del cavo é uguale alla forza di gravitá verso il basso
- C) la forza verso l'alto sull'ascensore da parte del cavo é minore rispetto alla forza di gravitá verso il basso
- D) va verso l'alto perché il cavo viene accorciato, non a causa della forza esercitata sull'ascensore dal cavo
- E) la forza verso l'alto sull'ascensore da parte del cavo é maggiore della forza verso il basso dovuta all'effetto combinato della forza dell'aria e della forza di gravitá




13. Due persone, un grosso e forte uomo e un ragazzo, stanno tirando piú forte che possono due corde attaccate a un peso come illustrato nel diagramma a fianco. Quale dei percorsi indicati (A-E) corrisponde maggiormente al percorso del peso mentre viene tirato?



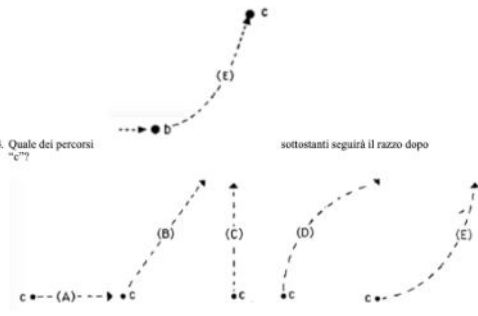
Mentre si risponde alle successive 2 domande, fare riferimento alla seguente dichiarazione e al successivo diagramma.

Un razzo, mentre va alla deriva lateralmente nello spazio esterno dalla posizione "a" alla posizione "b", non é soggetto ad alcuna forza esterna. Al punto "b" il motore del razzo incomincia a produrre una spinta costante ad angolo retto rispetto alla linea "ab".



Il motore si spegne di nuovo quando il razzo raggiunge un certo punto "c" dopo aver compiuto il tragitto sottostante.

14. Quale dei percorsi "c" seguirá il razzo dopo



15. Dopo "c" la velocitá del razzo é:

- A) costante
- B) continuamente crescente
- C) continuamente decrescente
- D) crescente per un poco e costante successivamente
- E) costante per un poco e decrescente successivamente

Figura 2. Domande del test Force Concept Inventory ridotto (15 domande).

BIBLIOGRAFIA

Hestenes, D., Wells, M., Swackhamer, G. (1992). Force Concept Inventory. *The Physics Teacher*, 30, 141–155.