

SUPSI

LAVORO DI DIPLOMA DI

GIOELE JANETT

DIPLOMA D'INSEGNAMENTO
PER LE SCUOLE DI MATURITÀ

ANNO ACCADEMICO 2018/2019

**ANALISI DELLE IDEE PRECONCETTE
NELL'INSEGNAMENTO DELLA MECCANICA**

Relatore: Prof. G. Häusermann

Docente di pratica: Prof. Dr. N. Cretton

Indice

1	Introduzione	1
1.1	Idee preconconcette	2
1.2	Correggere le idee preconconcette sbagliate	3
1.3	Obiettivi generali	3
1.4	Strategia di insegnamento	4
1.4.1	Ancoraggio-ponte-obiettivo	5
1.4.2	Discussioni aperte	6
1.4.3	Votazioni generale	7
1.4.4	Formulari d'indagine	7
2	Forze normali	9
2.1	Idee preconconcette	10
2.2	Obiettivi	10
2.3	Strategia	10
2.4	Struttura della lezione	11
2.5	Appunti sulla lezione	13
3	Forza d'attrito da superfici	15
3.1	Idee preconconcette	17
3.2	Obiettivi	17
3.3	Strategia	17
3.4	Struttura della lezione	18
3.5	Appunti sulla lezione	21
4	Terza legge di Newton in dinamica	23
4.1	Idee preconconcette	24
4.2	Obiettivi	24
4.3	Strategia	25

<i>INDICE</i>	ii
4.4 Struttura della lezione	25
4.5 Appunti sulla lezione	29
5 Risultati	31
5.1 Forza normale	31
5.2 Forza d'attrito da superfici	32
5.3 Terza legge della dinamica	33
6 Conclusioni	36
Appendici	38
A Presentazione: Forze normali	39
B Presentazione: Forza d'attrito da superfici	42
C Presentazione: Terza legge di Newton in dinamica	45

Introduzione

Indice

1.1	Idee preconconcette	2
1.2	Correggere le idee preconconcette sbagliate	3
1.3	Obiettivi generali	3
1.4	Strategia di insegnamento	4
1.4.1	Ancoraggio-ponte-obiettivo	5
1.4.2	Discussioni aperte	6
1.4.3	Votazioni generale	7
1.4.4	Formulari d'indagine	7

Nel 1990, Eric Mazur, professore di fisica e di fisica applicata, insegnava da sette anni ad Harvard. Forniva lezioni chiare e lineari, condite da impeccabili dimostrazioni, che portavano i suoi studenti a risolvere con successo problemi ad alta complessità e ricevere alti voti per il suo corso introduttivo di fisica. Poi scoprì che questo suo successo come insegnante era “una completa illusione, un castello di carte” (Macisaac, 2013).

Infatti dopo un semestre di fisica, gli studenti erano migliorati nel maneggiare equazioni e formule. Risultava però che, una volta interrogati sul vero senso dei concetti appresi, gli studenti ritornassero alle stesse idee preconconcette che avevano in precedenza, ovvero rimanevano sulle basi della logica aristotelica di migliaia di anni addietro (vedi anche Halloun & Hestenes, 1985a,b). Sapevano recitare a memoria la terza legge di Newton e applicarla con facilità a numerosi problemi. Quando però interrogati su argomenti di vita reale come la collisione tra un’auto e un camion, affermavano con sicurezza che il camion esercita una forza maggiore rispetto all’auto.

1.1 Idee preconconcette

È ingenuo pensare che un allievo che si appresta ad affrontare il liceo non abbia nessuna conoscenza in ambito della fisica. Quando giungono in prima liceo, gli studenti hanno alle spalle numerosi anni di esperienza di fisica vissuta. Infatti, ogni persona è quotidianamente confrontata con numerosi concetti di fisica (cinematica, dinamica, elettricità, ...) e ha quindi elaborato una serie di leggi empiriche (più o meno corrette) su come funzionano le cose (Camp et al., 1994).

Numerose ricerche mostrano che gli studenti si appoggiano fortemente su queste idee preconconcette (o preconconcetti). Queste idee sono spesso di aiuto nella comprensione del concetto fisico. È però noto che nel caso queste idee preconconcette siano scientificamente sbagliati, possono creare numerosi problemi nel processo di apprendimento. Inoltre possono persistere persino al confronto con le dimostrazioni del contrario. Infatti, gli studenti possono perfino applicare la versione appresa dell'insegnante, mantenendo però (più o meno consciamente) i loro preconconcetti originari (e.g., Cretton, 2005).

È importante chiarire cosa si intende in questo lavoro con l'espressione di *idea preconconcetta sbagliata*, dal momento che si vuole evitare di indurre nel lettore il pensiero che le idee preconconcette degli studenti siano insensate. Per esempio numerosi studenti ritengono che sia necessaria una forza risultante non nulla per mantenere un corpo in movimento con velocità costante. Questo concetto è in chiaro disaccordo con la prima legge di Newton. L'idea preconconcetta deriva probabilmente dalla pratica quotidiana. È infatti necessario applicare una forza per mantenere un carrello della spesa in movimento. In questo caso gli allievi tendono a non considerare la forza di attrito agente sul carrello. Questa idea preconconcetta è in accordo con la pratica quotidiana, ma entra in contrasto con un apprendimento corretto della dinamica.

Molte delle idee preconconcette sbagliate che pongono difficoltà non sono quindi né semplici errori logici dello studente, né sono nemmeno semplicemente dovute a inattenzioni o alla dimenticanza dei concetti chiave. Sono spesso idee ragionevoli basate su assunzioni in conflitto con la prospettiva dello scienziato.

1.2 Correggere le idee preconconcette sbagliate

Da qui sorge spontanea la domanda: “Qual è il modo più efficiente per insegnare la scienza tenendo conto di questi preconcetti?”. Correggere le idee preconconcette sbagliate, soprattutto quelle radicate profondamente, non è un compito scontato. Sembra che la lezione frontale, dove il docente semplicemente trasmette agli allievi la visione scientifica corretta, abbia scarsa efficacia nel modificare positivamente le idee preconconcette dell’allievo in maniera duratura (Camp et al., 1994; Cretton, 2005). Non dobbiamo illuderci dell’efficacia di un insegnamento solo perché l’allievo è in grado di dare la risposta giusta. Chiedere una giustificazione, per esempio, permette di sondare più a fondo le concezioni degli studenti.

Viennot (1978) sostiene che insistere unicamente sull’aspetto logico-formale perché esso appesantirebbe eccessivamente le lezioni. Sembra molto più efficace convincere gli studenti a modificare queste idee preconconcette sbagliate, facendo in modo che gli allievi si rendano conto personalmente delle contraddizioni interne al loro pensiero (Halloun & Hestenes, 1985a). Quando la risoluzione del problema trova la sua origine nello studente, egli avrà molta più fiducia in essa. Oltre ad essere un esercizio gratificante per lo studente, gli permette di classificare e integrare meglio il nuovo concetto.

1.3 Obiettivi generali

L’idea di questo lavoro è nata dalla lettura di uno studio di Camp et al. (1994) dedicato al tema delle idee preconconcette sbagliate nell’insegnamento della meccanica. La prima fase di questo lavoro presenta un ciclo di tre lezioni ispirate dallo studio sopracitato, che mirano ad aiutare uno studente nell’apprendimento della meccanica newtoniana in situazioni che presentano idee preconconcette persistenti. La seconda fase di questo lavoro si occupa di analizzare le idee preconconcette degli studenti e la loro evoluzione durante le lezioni.

Lo scopo di questo lavoro è di fornire tre lezioni su tre argomenti di meccanica, che possano (i) essere uno strumento per identificare le possibili idee preconconcette sbagliate in tali argomenti e (ii) migliorare la loro comprensione negli allievi e (iii) aumentare le loro competenze in maniera duratura.

Gli obiettivi nel dominio disciplinare sono di aiutare gli studenti a:

- comprendere i concetti fisici fondamentali, laddove ci sono idee preconcelte comuni in contrasto con la visione scientifica ufficiale;
- costruire, partendo da giuste intuizioni, concetti e modelli che abbiano senso;
- fare connessioni tra concetti fisici e fenomeni di vita quotidiana.

Il [Piano degli Studi Liceali \(2001, p. 149\)](#) sottolinea che l'apprendimento del singolo allievo è facilitato dal suo coinvolgimento diretto nelle attività didattiche. È quindi opportuno prevedere (anche al di fuori del laboratorio) alcune modalità di lavoro attivo, sia individuali che di gruppo, che favoriscano nell'allievo la costruzione del proprio sapere scientifico e stimolino lo sviluppo del pensiero critico. Gli obiettivi di questa lezione che si aggiungono al dominio disciplinare sono i seguenti:

- migliorare le capacità di lavorare in gruppo e argomentare sostenendo una posizione all'interno di una discussione aperta;
- sviluppare la capacità di affrontare un nuovo concetto e saperlo ricondurre ad argomenti già trattati in precedenza (collegamento con il concetto di forza e con le leggi di Newton).

1.4 Strategia di insegnamento

L'insegnante deve innanzitutto assicurarsi della correttezza della definizione delle grandezze fisiche (e.g., la forza è definita come un'interazione, e non come una proprietà dei corpi) e insistere sulla necessità di coerenza all'interno di un ragionamento o una discussione. Questo bisogno essenziale trova la sua giustificazione anche da un punto di vista epistemologico, perché come ben descritto da [Hestenes et al. \(1992\)](#):

One great strength of Newtonian mechanics is that it is a coherent conceptual system, and this can have as much impact on student learning as it did on scientists adopting the system in the first place.

Numerose pubblicazioni affermano che un insegnamento tradizionale (cioè non basato sulle idee preconcelte), anche se proveniente da insegnanti di qualità, non è in grado di convincere

in maniera duratura la maggior parte degli studenti. In seguito alla trattazione di un determinato argomento, gli studenti tendono infatti a riassumere le posizioni basate sulle idee preconcepite (Halloun & Hestenes, 1985a,b). Numerose ricerche pedagogiche sono state svolte negli ultimi anni nella speranza di correggere questa situazione. Il modello d'insegnamento adottato nel resto di questo lavoro è ispirato al modello proposto da Clement (1993) e Camp et al. (1994).

Alcune possibili tecniche da adottare durante la lezione sono riassunte in seguito.

1.4.1 Ancoraggio-ponte-obiettivo

L'allievo ha un modo di organizzare i concetti che è solitamente basato sulle sue rappresentazioni mentali, spontanee o indotte dalle preconcoscenze già in suo possesso. Spesso questo differisce molto tra un allievo e l'altro. La scelta del modello *ancoraggio-ponte-obiettivo* (Camp et al., 1994) è quindi pensata per permettere al singolo studente di affrontare in maniera strutturata i suoi preconcetti sbagliati e di costruire, partendo da giuste intuizioni, concetti e modelli che abbiano senso. Per esempio, nella lezione proposta sulla forza normale (vedi Capitolo 2) l'*ancoraggio* è dato la situazione della “mano sulla molla”, dove la maggior parte degli studenti ha un'intuizione corretta nel comprendere che la molla esercita una forza sulla mano. Le situazioni *ponte* sono date dagli esempi del “libro sulla gommapiuma” e del “libro sul piano flessibile” nei quali le deformazioni degli oggetti sono ben visibili. Il *problema obiettivo* di questa lezione è la situazione del “libro sul tavolo” dove lo studente fatica a comprendere che il tavolo esercita una forza sul libro.

L'utilizzo dell'ancoraggio permette allo studente di partire da una situazione dove spesso la sua intuizione corrisponde (o non è in contrasto) alla visione scientifica dell'argomento. L'intuizione dell'allievo viene poi sviluppata tramite esempi e analogie ponte per condurre lo studente alla comprensione profonda del problema obiettivo. Le dimostrazioni sperimentali permettono all'allievo di visualizzare concretamente l'argomento trattato. Infatti, il *Piano degli Studi Liceali* (2001) consiglia di privilegiare l'aspetto sperimentale: “Attraverso l'attività di laboratorio e l'adozione di modalità di lavoro attivo in classe l'allievo viene stimolato a distinguere tra congetture e fatti sperimentali, tra ipotesi e risultati” (p 135).

1.4.2 Discussioni aperte

Le discussioni all'interno della classe sono pensate per rendere più efficace la lezione. In questo modo, il singolo studente è chiamato a riflettere e spiegare il suo pensiero di fronte all'intera classe. In questo processo non è quindi sufficiente citare la risposta (corretta) fornita dall'insegnante. Il poco tempo a disposizione rischia di non permettere di sfruttare a fondo le potenzialità della lezione dialogata, come lo sviluppo di scambi interattivi fra pari.

Le discussioni aperte non avvengono sempre spontaneamente e vanno spesso incoraggiate. Alcuni allievi tendono a rispondere con grande impulsività con il rischio di monopolizzare la discussione. Vanno quindi coinvolti anche gli studenti con più difficoltà (timidezza, insicurezza) permettendo loro di porre domande ed esprimere i propri dubbi.

Le discussioni aperte forniscono inoltre all'insegnante ulteriore materiale sulle idee preconconcette dei singoli studenti. Durante lo svolgimento della lezione, il docente ascolta con attenzione le riflessioni e le esposizioni degli studenti durante le discussioni aperte. Inoltre il docente verifica la comprensione degli obiettivi ponendo domande e verificando che, nelle risposte, i ragionamenti proposti siano coerenti e motivati. In caso di discussioni non sufficientemente dinamiche, l'insegnante potrebbe giocare il ruolo di "avvocato del diavolo" in modo da verificare se le idee preconconcette dei singoli studenti siano ancora presenti e se altri concetti non siano ancora chiari. In questo caso il docente annota sugli appunti personali gli eventuali elementi da riprendere o approfondire.

Le discussioni aperte potrebbero dirigere la lezione su sentieri non previsti (e non prevedibili). In tali casi, l'insegnante è tenuto a valutare la singola domanda (o il singolo intervento) e decidere se (i) affrontare immediatamente l'argomento (magari rigirando la domanda in questione a tutta la classe), oppure (ii) affermare il valore della domanda, rimandandola però a un momento successivo della lezione o alla lezione successiva.

La reazione e la partecipazione degli allievi alle discussioni aperte condizionano notevolmente la velocità di trattazione degli argomenti. Per sfruttare al meglio le potenzialità della modalità dialogata, bisogna però lasciare agli allievi un sufficiente spazio di discussione e valorizzare le domande di potenziale interesse per tutta la classe. Le eventuali fasi non svolte delle lezioni possono sempre essere affrontate durante le ore successive.

1.4.3 Votazioni generale

Una modalità per raccogliere velocemente un parere generale su una discussione appena avvenuta è sicuramente una votazione che coinvolge l'intera classe. Il vantaggio di questa modalità è sicuramente il fatto che dona un feedback immediato. Una grande limitazione è dovuta al fatto che l'informazione raccolta è sicuramente incompleta e condizionata. Infatti, una gran parte degli studenti tende a votare per fiducia nei compagni. Inoltre il singolo studente non è tenuto a interrogarsi sul senso della risposta che ha dato.

1.4.4 Formulari d'indagine

Nei momenti chiave della lezione, gli allievi sono chiamati a rispondere ad alcune domande completando il formulario d'indagine 1.4.4, così da fornire le informazioni essenziali per verificare la loro comprensione dell'argomento e analizzare l'evoluzione delle loro idee preconcette sull'argomento. Assieme al parere, gli allievi sono tenuti a indicare “che senso ha questa risposta”. Questo permette al docente di distinguere tra quello che gli studenti “sanno perché ci credono veramente” e quello che “sanno perché gli è stato detto”.

La scala di senso proposta (da 1 a 4) si è dimostrata particolarmente utile (e.g., [Clement, 1993](#); [Camp et al., 1994](#)) per generare negli allievi un'attitudine aperta nelle lezioni successive. Infatti, l'utilizzo di queste schede permette allo studente di comprendere che l'insegnante non è solamente interessato alle risposte giuste, ma piuttosto al fatto che i concetti vengano realmente compresi.

Tabella 1.1: Formulario d'indagine (basato su [Camp et al., 1994](#))

Voto	Non ha senso	Ha poco senso	Ha senso	Ha molto senso
A	1	2	3	4
	Commento:			
B	1	2	3	4
	Commento:			
C	1	2	3	4
	Commento:			
D	1	2	3	4
	Commento:			
E	1	2	3	4
	Commento:			
F	1	2	3	4
	Commento:			

Forze normali

Questa lezione introduce gli studenti ad alcune considerazioni sulla natura della forza di sostegno. L'obiettivo principale è di permettere all'allievo di costruire il concetto che tutti i corpi solidi sono elastici e che, se sottoposti ad una forza, esercitano una forza a loro volta. Nei momenti chiave della lezione, gli allievi sono chiamati a rispondere ad alcune domande completando un formulario d'indagine, fornendo le informazioni essenziali per analizzare le idee preconcelte degli studenti e la loro evoluzione durante le lezioni.

Indice

2.1	Idee preconcelte	10
2.2	Obiettivi	10
2.3	Strategia	10
2.4	Struttura della lezione	11
2.5	Appunti sulla lezione	13

Questa lezione si inserisce nell'argomento "La meccanica newtoniana: il modello del punto materiale" del campo di studio della fisica dei modelli ([Piano degli Studi Liceali, 2001](#)). In particolare affronta l'argomento dei principi della dinamica (p. 134).

I prerequisiti disciplinari necessari per affrontare in maniera costruttiva la lezione sono i seguenti:

- saper analizzare un semplice sistema fisico (due corpi) nell'ambito della meccanica;
- seguire e intervenire durante le discussioni aperte (competenza presente pure negli obiettivi).

2.1 Idee preconconcette

Secondo [Camp et al. \(1994\)](#), le principali idee preconconcette che pongono difficoltà nell'insegnamento di quest'argomento sono le seguenti:

- gli oggetti rigidi non esercitano forze;
- quando due oggetti fermi sono a contatto, quello dotato di una massa maggiore esercita una forza maggiore;
- quando due oggetti fermi sono a contatto, il più rigido esercita una forza maggiore rispetto al più soffice;

2.2 Obiettivi

Questa lezione ha lo scopo di aiutare lo studente a:

- costruire il concetto che tutti i corpi solidi sono elastici e che, se sottoposti ad una forza, esercitano una forza a loro volta.
- costruirsi il modello microscopico con legami molecolari simili a molle che permetta di comprendere che i solidi sono elastici.

2.3 Strategia

La lezione è strutturata attorno al modello *ancoraggio-ponte-obiettivo* descritto nella Sezione [1.4.1](#). Il *problema obiettivo* di questa lezione è la situazione del “libro sul tavolo” mostrata nel diagramma concettuale. La domanda chiave è: “Il tavolo esercita una forza sul libro?”. L'*ancoraggio* di questa lezione è la situazione della “mano sulla molla” mostrata nel diagramma concettuale. Statisticamente la maggior parte degli studenti ha un'intuizione corretta nel comprendere che la molla esercita una forza sulla mano. Le situazioni *ponte* sono date dagli esempi del “libro sulla gommapiuma” e del “libro sul piano flessibile”.

Inoltre sono utilizzate le tecniche esposte nella Sezione [1.4](#)

2.4 Struttura della lezione

Questa lezione è ispirata dal Capitolo I di (Camp et al., 1994).

Materiali e supporti

- una libro (o un oggetto simile);
- una molla;
- un blocco di gommapiuma;
- un supporto flessibile;
- modellino di un solido con legami molecolari simili a molle;
- un laser (con supporto) e uno specchio;
- il formulario d'indagine;
- proiettore e presentazione powerpoint.

Svolgimento della lezione

1. Introduzione del formulario d'indagine, il cui utilizzo deve essere spiegato nei dettagli come descritto nella Sezione 1.4.4. È spesso utile chiarire il fatto che questi formulari non hanno un ruolo di valutazione che rientra nella nota finale.
2. Introduzione del concetto chiamato *forza*. Dopo una discussione comune, proporre alla lavagna la seguente definizione: “Una forza è l'azione di oggetto che tira o spinge un altro oggetto”. Questa definizione è unicamente un punto di partenza che verrà elaborato durante le lezioni successive. Infatti, la definizione più rigorosa non è sempre la più utile per introdurre un concetto.
3. Introduzione del problema obiettivo di questa lezione, cioè la situazione del “libro sul tavolo” mostrata nel diagramma concettuale. Rispondere al voto A del formulario d'indagine: “Il tavolo esercita una forza sul libro?”. Risposte possibili. “Sì” e “No”.

Discussione plenaria del problema. Ciò deve permettere agli studenti di esprimersi liberamente sul problema trattato.

4. Introduzione dell'ancoraggio. Il docente mostra agli allievi cosa accade premendo verso il basso una molla. Si può anche permettere agli allievi di sperimentare direttamente la forza esercitata dalla molla. Rispondere al voto B del formulario d'indagine: "La molla esercita una forza sulla mano?". Risposte possibili. "Sì" e "No". Discussione plenaria del problema e comparazione con la situazione del "libro sul tavolo". La molla può essere consegnata agli allievi in modo che ne sperimentino direttamente la forza di repulsiva durante la contrazione.
5. Introduzione del primo esempio ponte. Il docente mostra agli allievi cosa accade quando si pone il libro su un blocco di gommapiuma. Rispondere al voto C del formulario d'indagine: "La gommapiuma esercita una forza sul libro?". Risposte possibili. "Sì" e "No". Discussione plenaria del problema e comparazione con la situazione del "libro sul tavolo".
6. Introduzione del secondo esempio ponte. Il docente mostra agli allievi cosa accade quando si pone il libro su un piano flessibile. Rispondere al voto D del formulario d'indagine: "Il piano flessibile esercita una forza sul libro?". Risposte possibili. "Sì" e "No". Discussione plenaria del problema e comparazione con la situazione del "libro sul tavolo".
7. Riproposizione del problema obiettivo del "libro sul tavolo". Rispondere al voto E del formulario d'indagine: "Il tavolo esercita una forza sul libro?". Risposte possibili. "Sì" e "No".
8. Introduzione del modello microscopico di un solido con legami molecolari simili a molle. Discussione sul legame con la situazione del "libro sul tavolo".
9. Dimostrazione con laser e specchio. Un laser viene puntato su uno specchio adagiato su un tavolo. Il raggio riflesso deve essere visibile sulla parete. Il docente sale sul tavolo mostrando e spiegando che la flessione del tavolo è la causa dello spostamento del riflesso sulla parete.

10. Riproposizione del problema obiettivo del “libro sul tavolo”. Rispondere al voto F del formulario d’indagine: “Il tavolo esercita una forza sul libro?”. Risposte possibili. “Sì” e “No”. Chiarimento nella sezione commenti su quale elemento della lezione è stato decisivo nella comprensione del concetto che tutti i corpi solidi sono elastici e che, se sottoposti ad una forza, esercitano una forza a loro volta.

Durante questa lezione, è consigliato evitare di trattare il tema delle forze uguali e opposte (terza legge di Newton) che verrà trattato in seguito (vedi Sezione 4).

2.5 Appunti sulla lezione

Questa lezione è stata trattata il 6 novembre 2018 al Liceo di Lugano 2 con la classe 1J. La durata effettiva è stata di circa 70 minuti di lezione.

Nell’arco della lezione gli studenti hanno posto numerose domande interessanti. Affrontiamo alcune delle più frequenti:

- Alla domanda “Esiste un tavolo ideale che non si piega, che non flette?” è stato ragionevole rispondere che i fisici ritengono che i tavoli siano fatti di atomi e che tra questi atomi ci siano degli spazi vuoti. Per questo un tavolo perfettamente rigido non è reale.
- In seguito alla domanda “Come fa un tavolo a sapere quanto deve premere verso l’alto per sostenere un oggetto?”, è stato utile riportare la discussione al problema svolto con la molla. Gli studenti sono così portati a comprendere che più un oggetto è pesante, più il tavolo si deforma e più la forza normale è maggiore.

Durante lo svolgimento della lezione è stato particolarmente utile utilizzare varie postazioni per le diverse dimostrazioni. In questo modo, durante lo svolgimento della lezione, le varie situazioni ancoraggio-ponte-obiettivo sono rimaste visibili agli studenti, facilitando analogie e comparazioni. È stato inoltre importante mostrare frequentemente agli allievi (con le slides e/o alla lavagna) il diagramma concettuale, facilitando il confronto tra le differenti situazioni trattate.

La discussione con la classe è stata particolarmente utile per fare emergere numerose idee preconcepite sbagliate presenti tra gli allievi.

- il tavolo non subisce nessuna deformazione;
- la forza di gravità è maggiore della forza di sostegno del tavolo;
- la gomma non esercita nessuna forza poiché si deforma;
- il tavolo esercita sempre la stessa forza indipendentemente dalla massa dell'oggetto sostenuto.

Nota: il termine “normale” abbinato al concetto di forza potrebbe generare confusione in alcuni studenti, che traducono questo aggettivo con “ordinaria” invece che “perpendicolare”.

Forza d'attrito da superfici

Nel tentativo di analizzare e risolvere numerosi problemi di meccanica, gli studenti stentano nell'includere correttamente le forze d'attrito, sbagliandone frequentemente sia la direzione che l'intensità (Camp et al., 1994). Questa lezione introduce gli studenti ad alcune considerazioni sulla natura della forza di attrito tra superfici di oggetti solidi. L'obiettivo principale è di permettere all'allievo di costruire il concetto che l'attrito è una forza con relative direzione e intensità e che agisce su ognuno dei due oggetti interagenti. Nei momenti chiave della lezione, gli allievi sono chiamati a rispondere ad alcune domande completando un formulario d'indagine, fornendo le informazioni essenziali per analizzare le idee preconcelte degli studenti e la loro evoluzione durante le lezioni.

Indice

3.1	Idee preconcelte	17
3.2	Obiettivi	17
3.3	Strategia	17
3.4	Struttura della lezione	18
3.5	Appunti sulla lezione	21

Questa lezione si inserisce nell'argomento "La meccanica newtoniana: il modello del punto materiale" del campo di studio della fisica dei modelli (Piano degli Studi Liceali, 2001). In particolare affronta l'argomento dei principi della dinamica (p. 134).

I prerequisiti disciplinari necessari per affrontare in maniera costruttiva la lezione sono i seguenti:

- saper analizzare un semplice sistema fisico (due corpi) nell'ambito della meccanica;
- saper identificare e rappresentare le forze agenti su ogni corpo (attrito escluso);

- seguire e intervenire durante le discussioni aperte (competenza presente pure negli obiettivi).

Per trattare i sistemi fisici in maniera gradualmente più realistica, ci trova a dover introdurre il concetto di attrito che fin'ora è stato trascurato o considerato come trascurabile. L'attrito è infatti una forza che agisce essenzialmente ovunque e in qualsiasi momento. Senza di esso la maggior parte dei moti che conosciamo non sarebbero possibili. Ciononostante il concetto di attrito non riceve sempre una grande attenzione nell'argomento della meccanica. Spesso i docenti però si limitano a presentare modelli di attrito utili alla risoluzione di problemi, senza insegnare le cause della forza d'attrito. In particolare è spesso assunta una descrizione idealizzata di attrito: la forza di attrito agente tra due superfici indipendente dall'area di contatto, dalla velocità relativa e proporzionale alla forza normale.

Infatti una trattazione rigorosa dell'attrito risulta essere un argomento decisamente complesso (e.g., legami chimici tra materiali in contatto) e perciò ci si limita spesso a presentare semplici modelli unicamente indirizzati alla risoluzione di problemi (Reichert, 2001).

La maggior parte degli studenti ha un'idea vaga della forza d'attrito. Sanno che gioca un ruolo nel frenare oggetti in movimento, che a volte genera calore e che causa la perdita di energia utile. È però spesso assente il concetto di attrito in quanto forza. Inoltre gli studenti stentano nel riconoscere che la forza d'attrito agisce su ognuno dei due oggetti interagenti, ha un'intensità, una direzione e un verso (i.e., è una quantità vettoriale) e sottostà alla terza legge di Newton (Camp et al., 1994). La trattazione di questo argomento può inoltre aiutare ad irrobustire il concetto di forza presente nel campo di studio "Materia e movimento" (Piano degli Studi Liceali, 2001, p. 133).

Secondo Camp et al. (1994), molti docenti ritengono inoltre che considerare precocemente il caso dinamico introduca difficoltà eccessive. Per questa ragione la lezione considera unicamente situazioni statiche e, solo in seguito, si affronteranno situazioni di attrito con oggetti in movimento.

3.1 Idee preconcelte

Secondo [Camp et al. \(1994\)](#), le principali idee preconcelte che pongono difficoltà nell'insegnamento di quest'argomento sono le seguenti:

- l'attrito non è una forza, ma unicamente qualcosa che interferisce/ostacola il moto di un oggetto;
- l'attrito non agisce in una direzione e in un verso specifici;
- la forza di attrito agente su un oggetto statico è maggiore alle forze esterne applicate sull'oggetto parallelamente alla superficie.

3.2 Obiettivi

L'obiettivo minimo (e principale) di questa lezione è sicuramente quello di comprendere che l'attrito è una forza, contrastando (o evitando di generare) le idee preconcelte sbagliate elencate nella Sezione 3.1. Di conseguenza questa lezione ha lo scopo di aiutare lo studente a:

- comprendere che l'attrito è una forza (con relativi intensità, direzione e verso);
- capire che la forza d'attrito agisce su ognuno dei due oggetti interagenti.

Un altro importante obiettivo è quello di saper identificare correttamente la direzione delle forze di azione e reazione (terza legge) in alcuni semplici casi di interazione con attrito tra due oggetti.

3.3 Strategia

La lezione è strutturata attorno al modello *ancoraggio-ponte-obiettivo* descritto nella Sezione 1.4.1. Il *problema obiettivo* di questa lezione è dato dalla situazione del “trattore con rimorchio” ([Leonard, 2001](#)) mostrata nel diagramma (vedi allegato). Considerando il sistema rimorchio-terreno, la domanda chiave è: “Su quali oggetti agisce la forza di attrito? Quale è la sua direzione?”.

L'*ancoraggio* di questa lezione è data dall'esempio delle “due spazzole (o due spazzolini)”. Gli studenti spesso dubitano che la spazzola inferiore esercita una forza orizzontale sulla spazzola superiore opponendosi al moto. Come situazione ponte è quindi utile trattare il caso delle “singole setole” interagenti (Reichert, 2001), rendendo plausibile l'idea che due superfici esercitano forze orizzontali reciprocamente. È stata inoltre inclusa una dimostrazione pratica per mostrare che queste forze sottostanno alla terza legge di Newton.

Inoltre sono utilizzate le tecniche esposte nella Sezione 1.4

3.4 Struttura della lezione

Questa lezione è ispirata dal Capitolo III di (Camp et al., 1994).

Materiali e supporti

- due spazzole;
- un morsetto;
- un carrello e un carico;
- due dinamometri;
- un libro e un bastone;
- il formulario d'indagine;
- proiettore e presentazione powerpoint.

Svolgimento della lezione

1. Introduzione all'argomento della lezione e descrizione sommaria del suo svolgimento.
2. Introduzione del formulario d'indagine, il cui utilizzo deve essere spiegato nei dettagli. È utile ricordare il fatto che questi formulari non svolgono un ruolo di valutazione che rientra nella nota finale.

3. Introduzione del caso di studio (problema obiettivo): un trattore prova a trascinare un pesante blocco di cemento lungo una superficie ruvida. Nonostante il trattore stia tirando, non è in grado di muovere il blocco di cemento. Considerando il sistema rimorchio-terreno, rispondere al voto A del formulario d'indagine utilizzando il diagramma di forze: "Su quali oggetti agisce la forza di attrito? Quale è la sua direzione?". Direzioni possibili: A-H. Discussione plenaria del problema. Ciò deve permettere agli studenti di esprimersi liberamente sul problema trattato.
4. Introduzione dell'ancoraggio. Il docente mostra la dimostrazione con le due spazzole. Rispondere al voto B del formulario d'indagine utilizzando il diagramma di forze: "Quale è la direzione della forza applicata dalla spazzola posta sotto sulla spazzola posta sopra? In che direzione agisce?". Risposte possibili: A-H. Domanda per la discussione: quali sono le forze percepite da ogni singola spazzola?
5. Introduzione del primo esempio ponte. Il docente mostra agli studenti il modello con una singola "setola". Discutere il fatto che ogni singola setola può essere considerata come una molla. Domanda per la discussione: quali sono le direzioni delle forze agenti su ogni singola setola? Paragone con la situazione dei due blocchi.
6. Introduzione del secondo esempio ponte. Il docente mostra agli studenti la situazione di un oggetto ruvido che qualcuno tenta di trascinare lungo una superficie ruvida. Mostrare il diagramma dei due blocchi. Nota: la forza esercitata non muove il blocco. Prima domanda per la discussione: quali sono le forze agenti su ciascun blocco? Paragone con la dimostrazione delle due spazzole.
7. Riproposizione del problema obiettivo. Considerando il sistema rimorchio-terreno, rispondere al voto C del formulario d'indagine: "Su quali oggetti agisce la forza di attrito? Quale è la sua direzione?". Direzioni possibili: A-H.
8. Considerando il problema obiettivo, rispondere al voto D del formulario d'indagine: "Come si relaziona la forza del terreno sul blocco di cemento $F_{t,c}$ con la forza del blocco di cemento sul terreno $F_{c,t}$ ". Risposte possibili:

- $F_{t,c} < F_{c,t}$

- $F_{t,c} = F_{c,t}$
- $F_{t,c} > F_{c,t}$

9. Disporre l'esperimento con carrello (skateboard) e dinamometri come illustrato nel diagramma.

- Spiegare che l'attrito tra il carrello e il piano è trascurabile.
- Domandare agli studenti quale delle due forze di attrito tra carrello e carico è maggiore.
- Con due volontari misurare le due forze di attrito con i dinamometri. Discutere quale forza misurerà ognuno dei due studenti.
- Aumentare gradualmente le due forze e confrontare le misure (senza movimento relativo tra i due).
- Domanda per la discussione: come sono le forze agenti su carrello e carico?
- (eventualmente tracciare separatamente i diagrammi di forze del carrello e della massa).

Unicamente nel caso il tempo a disposizione fosse sufficiente si possono riassumere alcune misure in una tabella, per facilitare la comprensione della terza legge di Newton.

10. Dimostrazione del libro sul muro. Questo punto è da svolgere unicamente nel caso il tempo a disposizione fosse sufficiente. Spingere orizzontalmente con un bastone su un libro posto contro il muro (vedi diagramma). Rispondere al voto F del formulario d'indagine: "Quale è la direzione della forza d'attrito agente sul libro?". Risposte possibili: A-H. Domanda per la discussione: perché il libro non cade?

11. Riassunto dei risultati, ovvero:

- (a) l'attrito è una forza, quindi ha un'intensità, una direzione e un verso;
- (b) la forza d'attrito agisce su ognuno dei due oggetti interagenti;
- (c) la forza d'attrito sottostà alla terza legge di Newton.

12. Chiarimento nella sezione commenti su quale elemento della lezione è stato decisivo nella comprensione del concetto di attrito come forza direzionata di un oggetto su un altro. Questo punto è da svolgere unicamente nel caso il tempo a disposizione fosse sufficiente.

La struttura descritta non è da interpretare in maniera rigida. Le discussioni aperte potrebbero infatti dirigere la lezione su sentieri non previsti (e non prevedibili). Per sfruttare al meglio le potenzialità della modalità dialogata, bisogna però lasciare agli allievi un sufficiente spazio di discussione e valorizzare le domande interessanti.

3.5 Appunti sulla lezione

Questa lezione è stata trattata il 29 gennaio 2019 al Liceo di Lugano 2 con la classe 1J. La durata effettiva è stata di circa 45 minuti di lezione. La dimostrazione del libro sul muro è stata omessa per mancanza di tempo. Il collega Cretton ha svolto la stessa lezione in altre tre prime liceo.

L'introduzione ha aiutato a contestualizzare la lezione all'interno del programma, richiamando quanto fatto in precedenza tramite il contributo degli allievi. Il richiamo al concetto di forza e alle leggi di Newton (in particolare alla terza) ha permesso di introdurre in maniera naturale la forza di attrito (spesso citata, ma sempre considerata come trascurabile). L'oggetto della lezione e i punti principali del suo svolgimento sono stati esplicitamente espressi all'inizio, in modo da orientare gli allievi verso una visione globale della lezione.

Il supporto della presentazione powerpoint ha permesso a tutti gli allievi di visualizzare in ogni momento l'argomento di discussione in corso. Inoltre ha consentito sia all'insegnante che agli allievi di potersi ricollegare velocemente agli argomenti precedentemente trattati. La discussione con la classe è stata particolarmente utile per fare emergere numerose idee preconcepite sbagliate presenti tra gli allievi. Qui in seguito elenchiamo alcune delle idee emerse:

- la forza di attrito corrisponde alla forza peso, ovvero direzionata verso il basso;
- la forza di attrito non tira verso il basso, ma blocca/ancora il movimento del blocco;

- l'attrito non è una forza, ma un impedimento dovuto alla “ruvidità” tra i due corpi interagenti;
- le due forze di attrito (agenti sul blocco e sul terreno) si annullano;
- la forza d'attrito ha una direzione obliqua rispetto al terreno.

La lezione, molto orientata e strutturata ha indotto il docente a integrare, senza però affrontarli compiutamente, alcuni interessanti spunti emersi dagli allievi.

La strategia proposta ha permesso di discutere gli elementi stabiliti, sebbene i ritmi della lezione siano risultati a volte più celeri del ritmo di apprendimento degli allievi. Questi ultimi avrebbero probabilmente beneficiato di una maggiore flessibilità nell'affrontare alcuni degli aspetti critici sollevati nella discussione (ad esempio riguardo all'orientamento della forza d'attrito in una direzione obliqua).

Nota finale: sarebbe stato interessante sviluppare la lezione attorno a esperienze di laboratorio (e dati sperimentali) svolte dalla classe.

Terza legge di Newton in dinamica

La terza legge di Newton gioca un ruolo essenziale nella comprensione del concetto di forza e nella comprensione delle relazioni tra forze in sistemi a più corpi. Inoltre, questo argomento origina grandi difficoltà e incomprensioni anche limitandosi al caso statico. Se gli studenti acquisiscono una profonda comprensione della terza legge di Newton in casi dinamici, avranno molta più facilità nella comprensione (qualitativa e quantitativa) di sistemi complessi e nell'identificazione delle forze di reazione e d'attrito.

Indice

4.1	Idee preconette	24
4.2	Obiettivi	24
4.3	Strategia	25
4.4	Struttura della lezione	25
4.5	Appunti sulla lezione	29

Questa lezione si inserisce nell'argomento "La meccanica newtoniana il modello del punto materiale" del campo di studio della fisica dei modelli ([Piano degli Studi Liceali, 2001](#)). In particolare affronta l'argomento dei principi della dinamica (p. 134).

I prerequisiti disciplinari necessari per affrontare in maniera costruttiva la lezione sono i seguenti:

- saper analizzare un semplice sistema fisico (due corpi) nell'ambito della meccanica;
- saper identificare e rappresentare le forze agenti su ogni corpo;
- seguire e intervenire durante le discussioni aperte (competenza presente pure negli obiettivi).

La maggior parte degli studenti ha un'idea della terza legge di Newton limitata ai casi statici. La generalizzazione ai casi dinamici contiene una serie di idee preconcepite che pongono difficoltà alla comprensione dell'argomento. La trattazione di questo argomento può inoltre aiutare ad irrobustire il concetto di forza presente nel campo di studio "Materia e movimento" (Piano degli Studi Liceali, 2001, p. 133).

4.1 Idee preconcepite

Secondo Camp e Clement, le principali idee preconcepite che pongono difficoltà nell'insegnamento di quest'argomento sono le seguenti:

- quando due oggetti in movimento collidono, l'oggetto più veloce esercita una forza maggiore;
- quando due oggetti collidono, l'oggetto avente una massa maggiore esercita una forza maggiore;
- quando due oggetti collidono, l'oggetto più rigido esercita una forza maggiore;
- quando due oggetti collidono, l'oggetto che si deforma maggiormente esercita una forza minore;
- quando un corpo ne accelera un altro, le forze di contatto non hanno uguale intensità.

4.2 Obiettivi

Questa lezione ha lo scopo di aiutare lo studente a:

- comprendere che le forze di contatto tra due corpi (con la stessa massa) in collisione sono uguali e opposte;
- capire che le forze esercitate agli estremi di una molla (di massa trascurabile) sono uguali;
- comprendere a fondo che i due punti precedenti valgono anche in situazione dinamiche e asimmetriche.

4.3 Strategia

La seguente lezione fa affidamento su concetti e intuizioni apprese durante le lezioni precedenti. In particolare:

- modello microscopico con legami molecolari simili a molle;
- terza legge di Newton in casi statici;
- alcune esperienze con le molle.

La lezione è strutturata attorno al modello *ancoraggio-ponte-obiettivo* descritto nella Sezione 1.4.1. Il *problema obiettivo* di questa lezione è la situazione della collisione tra due corpi (automobili) con la stessa massa, ma con velocità diverse. La situazione è mostrata nel diagramma concettuale. La domanda chiave è: “Qual è la relazione tra la forza dell’auto in movimento sull’auto ferma con la forza dell’auto ferma sull’auto in movimento?”. L’*ancoraggio* di questa lezione è dato dalla “molla (di massa trascurabile) in contrazione” le cui forze esercitate agli estremi sono uguali. Le situazioni *ponte* sono date dall’esempio dei “carrelli con cannone a molla” e dalla ripresa del modello microscopico con legami molecolari simili a molle. Una dimostrazione e un eventuale esperimento sono inclusi per mostrare i concetti in maniera sperimentale e tangibile. Il secondo *problema obiettivo* di questa lezione è la situazione della collisione tra due corpi (camion e automobile) con masse e velocità diverse.

Le lezioni procedono gradualmente da concetti più intuitivi a concetti più complessi. Inoltre, l’utilizzo di analogie, di discussioni aperte, di votazioni generali è molto presente in questa lezione.

4.4 Struttura della lezione

Questa lezione è ispirata dal Capitolo IX di (Camp et al., 1994).

Materiali e supporti

- carrellini con cannone a molla;

- due molle differenti;
- modellino di un solido con legami molecolari simili a molle;
- due skateboards;
- due bilance da bagno;
- proiettore e presentazione powerpoint.

Svolgimento della lezione

1. Introduzione tema. Abbiamo già studiato le forze di contatto tra oggetti, ma limitati alle situazioni statiche. Oggi si considerano anche situazioni dinamiche (e.g., collisioni).
2. Introduzione del formulario d'indagine, il cui utilizzo deve essere spiegato nei dettagli come descritto nella Sezione 1.4.4. È utile ricordare il fatto che questi formulari non hanno un ruolo di valutazione che rientra nella nota finale.
3. Introduzione del problema obiettivo. Il docente mostra agli studenti la situazione della collisione di due automobili di uguale massa. Una è in movimento mentre l'altra è ferma. Mostrare il diagramma. Rispondere al voto A del formulario d'indagine: "Qual è la relazione tra la forza dell'automobile A sull'automobile B, $F_{A,B}$, con la forza dell'automobile B sull'automobile A, $F_{B,A}$?" Risposte possibili:

- $F_{A,B} < F_{B,A}$
- $F_{A,B} = F_{B,A}$
- $F_{A,B} > F_{B,A}$

Discussione plenaria del problema.

4. Introduzione dell'ancoraggio. Il docente mostra la dimostrazione con la molla sottesa tra le mani. Rispondere al voto B del formulario d'indagine: "Qual è la relazione tra la forza della molla sulla mano sinistra, $F_{m,s}$, con la forza della molla sulla mano destra, $F_{m,d}$?" Risposte possibili:

- $F_{m,s} < F_{m,d}$
- $F_{m,s} = F_{m,d}$
- $F_{m,s} > F_{m,d}$

5. Introduzione dell'esempio con i due carrelli e il cannone a molla. Mostrare il diagramma. Sottolineare che i carrelli hanno massa uguale. Rispondere al voto C del formulario d'indagine: "Qual è la relazione tra la forza del carrello A sul carrello B , $F_{A,B}$, con la forza del carrello B sul carrello A , $F_{B,A}$?" Risposte possibili:

- $F_{A,B} < F_{B,A}$
- $F_{A,B} = F_{B,A}$
- $F_{A,B} > F_{B,A}$

Discussione plenaria del problema. Paragone con il problema dei due carrelli (analogie e differenze).

6. Dimostrazione con i due carrelli e il cannone a molla. Discussione plenaria del problema.

7. Introduzione del primo esempio ponte. Mostrare il diagramma della molla tra le mani. Domanda per la discussione sulla compressione: quale percepisce una forza maggiore?

- la mano in movimento;
- la mano ferma;
- uguali.

Ripetere la dimostrazione. Se necessario spiegare che la molla è considerata di massa trascurabile. Questa spiegazione potrebbe però creare eccessiva confusione in alcuni allievi.

8. Introduzione del secondo esempio ponte. Mostrare il diagramma con le automobili e le molle. Rispondere al voto D del formulario d'indagine: "Quale delle due molle si comprime maggiormente?" Risposte possibili:

- la molla sull'automobile a sinistra;

- la molla sull'automobile a destra;
- entrambe le molle hanno la stessa compressione.

Discussione plenaria del problema.

9. Ripresa del modello microscopico con legami molecolari simili a molle. Mostrare il diagramma e il modellino di un solido con legami molecolari simili a molle. Paragone con il problema obiettivo e discussione plenaria.
10. Riproposizione del problema obiettivo. Mostrare il diagramma. Rispondere al voto E del formulario d'indagine: "Qual è la relazione tra la forza dell'automobile A sull'automobile B , $F_{A,B}$, con la forza dell'automobile B sull'automobile A , $F_{B,A}$?" Risposte possibili:

- $F_{A,B} < F_{B,A}$
- $F_{A,B} = F_{B,A}$
- $F_{A,B} > F_{B,A}$

Discussione plenaria del problema. Come si relaziona con la situazione ancoraggio? Come si relaziona con le situazioni ponte?

11. Eventualmente, se il materiale a disposizione e il tempo lo permettono. Dimostrazione con gli skateboards. Mostrare il diagramma e spiegare l'esperimento.
- selezionare due studenti di massa simile;
 - consegnare le bilance ai due studenti e farli sedere sugli skateboards;
 - selezionare altri due studenti;
 - posizionare i due studenti dietro agli studenti con gli skateboards per monitorare le bilance;
 - discutere quale forza misurerà ognuno dei due studenti;
 - spingere uno dei due skateboards contro l'altro;
 - raccogliere e discutere le misurazioni;

- eventualmente ripetere l'esperimento.

Discussione plenaria del problema.

12. Introduzione del secondo problema obiettivo. Mostrare il diagramma del camion in movimento e dell'automobile. Rispondere al voto F del formulario d'indagine: "Qual è la relazione tra la forza del camion sull'automobile, $F_{c,a}$, con la forza dell'automobile sul camion, $F_{a,c}$?" Risposte possibili:

- $F_{c,a} < F_{a,c}$
- $F_{c,a} = F_{a,c}$
- $F_{c,a} > F_{a,c}$

Discussione plenaria del problema.

13. Mostrare il diagramma con le molle di diversa rigidità e discutere il problema.
14. Trarre le conclusioni, riassumendo i concetti acquisiti. Chiedere quale dei passaggi gli ha permesso di comprendere maggiormente che la terza legge di Newton vale anche nei casi dinamici.
15. Ritirare i formulari d'indagine.

4.5 Appunti sulla lezione

Questa lezione è stata trattata il 19 febbraio 2019 al Liceo di Lugano 2 con la classe 1J. La durata effettiva è stata di circa 80 minuti di lezione.

Il problema di collisioni tra corpi di massa differente è stato introdotto già nelle fasi iniziali da alcuni allievi. Si è quindi optato per rimandare la questione alle fasi successive della lezione.

Potrebbe essere utile riprendere il concetto di sistema di riferimento per riportare la situazione asimmetrica delle due auto (una ferma, l'altra in movimento) ad una situazione simmetrica. Ciò risulterebbe però utile unicamente agli allievi con una sviluppata capacità di astrazione.

L'utilizzo della molla nelle situazioni dinamiche necessita una particolare attenzione. È stato infatti necessario spiegare che si tratta di una molla di massa trascurabile, ovvero non è necessaria nessuna forza per accelerarla. La discussione sull'assunzione che la molla abbia massa nulla è risultata piuttosto complicata per la maggior parte degli studenti. Tuttavia è meglio trattarla per evitare di creare idee preconcepite sbagliate negli allievi in grado di comprendere la differenza con il caso statico. Se gli studenti non sollevano questo problema, è consigliato non trattarlo esplicitamente.

La discussione con la classe è stata particolarmente utile per fare emergere numerose idee preconcepite sbagliate presenti tra gli allievi. Qui in seguito elenchiamo alcune delle idee emerse:

- quando le due auto collidono, l'auto in movimento esercita una forza maggiore;
- nella collisione l'auto in movimento e l'auto ferma esercitano forze uguali unicamente perché hanno la stessa massa;
- quando l'auto e il camion collidono, il camion esercita una forza maggiore poiché ha una massa maggiore;
- quando l'auto e il camion collidono, il camion esercita una forza maggiore poiché è più duro (rigido).

Nella discussione delle due auto che collidono con velocità diverse potrebbe essere utile riprendere (o introdurre) il concetto di sistema di riferimento inerziale, facendo capire che anche cambiando la prospettiva (e di conseguenza la velocità delle auto) non vi è nessuna differenza nella collisione.

Risultati

In questa sezione sono esposti e analizzati i dati raccolti tramite i formulari d'indagine consegnati agli allievi durante le lezioni. Il formulario d'indagine è descritto nella Sezione ed è stato compilato da ogni allievo per ogni singola lezione. Per facilitare la lettura sono state unicamente esposte le risposte degli allievi ad alcune delle domande chiave. La raccolta è inoltre limitata a una classe di prima liceo di 22 allievi (a due classi nella seconda lezione). Si è consapevoli che il valore statistico di questo campione d'indagine è ridotto, ma alcuni elementi sono comunque molto evidenti e permettono di trarre alcune conclusioni di carattere generale.

5.1 Forza normale

In questa lezione, il problema obiettivo consiste nella situazione del “libro sul tavolo”. La domanda del Voto A e del Voto F è: “Il tavolo esercita una forza sul libro?”. Le risposte possibili sono “Sì” e “No”. Assieme a questa risposta, gli allievi hanno risposto alla domanda “quanto senso ha questa risposta?” tramite la scala di senso proposta (da 1 a 4). I risultati sono riassunti nella Tabella 5.1.

Inoltre, a fine lezione, è stato chiesto loro di indicare quale elemento-chiave della lezione è stato decisivo nella comprensione del concetto che tutti i corpi solidi sono elastici e che, se sottoposti ad una forza, esercitano una forza a loro volta. I risultati sono riassunti nella Tabella 5.2 (alcuni allievi hanno indicato più di un elemento-chiave).

Analisi

La motivazione più frequente tra gli allievi che hanno votato “Sì” alla domanda posta all'inizio è che per mantenere fermo l'oggetto deve esistere una forza contraria alla forza peso. Mentre

Tabella 5.1: Forza normale

	corretto	sbagliato
Domanda Voto A	12	9
Media senso Voto A	3.0	3.0
Domanda Voto F	21	0
Media senso Voto F	3.76	-

Tabella 5.2: Elemento-chiave

<i>Elemento</i>	<i>Voti</i>
Molla	11
Gommapiuma	1
Tavola flessibile	5
Laser	10

gli allievi hanno votato “No” hanno indicato il tavolo come un semplice ostacolo al movimento. Da notare il netto aumento della media senso tra la domanda posta all’inizio e quella posta alla fine. L’esempio della molla e quello del laser sembrano essere stati i più decisivi. L’esempio della molla è stato apprezzato per la sua corrispondenza con l’intuizione degli allievi, dimostrando come l’ancoraggio sia efficace. L’esempio del laser è stato particolarmente utile per chiarire che tutti i corpi solidi sono elastici.

5.2 Forza d’attrito da superfici

Il problema obiettivo di questa lezione è dato dalla situazione del “trattore con rimorchio”. Considerando il sistema rimorchio-terreno, la domanda del Voto A e del Voto C è: “Su quali oggetti agisce la forza di attrito? Quale è la sua direzione?”. Le direzioni possibili da indicare sono contrassegnate dalle lettere A-H. La domanda del Voto D è: “Come si relaziona la forza del terreno sul blocco di cemento $F_{t,c}$ con la forza del blocco di cemento sul terreno $F_{c,t}$?”. Risposte possibili:

- $F_{t,c} < F_{c,t}$

- $F_{t,c} = F_{c,t}$
- $F_{t,c} > F_{c,t}$

Come nella lezione precedente, assieme alla risposta gli allievi hanno risposto alla domanda “quanto senso ha questa risposta?” tramite la scala di senso proposta (da 1 a 4). I risultati sono riassunti nella Tabella 5.3.

Analisi

Rispondendo al Voto A, la maggioranza degli allievi non ha indicato la presenza della forza di attrito agente sul terreno. Per quanto riguarda la direzione della forza d’attrito, poco più della metà degli allievi ha risposto correttamente. È interessante notare come la principale direzione sbagliata indicata fosse quella verso il basso (corrispondente alla forza peso).

Il Voto C dimostra che percorso della lezione ha permesso ad alcuni allievi di riconoscere la validità del terzo principio nell’interazione di attrito radente tra due corpi, ovvero che anche il blocco esercita una forza d’attrito sul terreno. Il cambiamento non è stato però così rilevante. Per quanto riguarda la direzione della forza d’attrito, quasi la totalità degli allievi ha risposto correttamente.

Il voto D indica che, una volta individuate le due forze d’attrito agenti, la maggioranza degli allievi non ha avuto alcun problema a indicare che esse avessero la stessa intensità.

5.3 Terza legge della dinamica

Il problema obiettivo di questa lezione è la situazione della collisione tra due corpi (automobili) con la stessa massa, ma con velocità diverse. La situazione è mostrata nel diagramma concettuale. La domanda del Voto A e del Voto E è: “Qual è la relazione tra la forza dell’automobile A sull’automobile B , $F_{A,B}$, con la forza dell’automobile B sull’automobile A , $F_{B,A}$?” Risposte possibili:

- $F_{A,B} < F_{B,A}$
- $F_{A,B} = F_{B,A}$

Tabella 5.3: Forza d'attrito

	corretto	sbagliato
Domanda Voto A	31	4
Domanda Voto A (direzione)	21	14
Media senso Voto A	2.87	3.00
Domanda Voto C	23	12
Domanda Voto C (direzione)	31	4
Media senso Voto C	3.13	3.33
Domanda Voto D	32	3
Media senso Voto D	3.50	2.33

- $F_{A,B} > F_{B,A}$

L'ancoraggio di questa lezione è dato dalla “molla (di massa trascurabile) in contrazione” le cui forze esercitate agli estremi sono uguali. La domanda del Voto B è: “Qual è la relazione tra la forza della molla sulla mano sinistra, $F_{m,s}$, con la forza della molla sulla mano destra, $F_{m,d}$?” Risposte possibili:

- $F_{m,s} < F_{m,d}$
- $F_{m,s} = F_{m,d}$
- $F_{m,s} > F_{m,d}$

Il secondo problema obiettivo è la situazione della collisione tra un camion in movimento e un'automobile. La domanda del Voto F è: “Qual è la relazione tra la forza del camion sull'automobile, $F_{c,a}$, con la forza dell'automobile sul camion, $F_{a,c}$?” Risposte possibili:

- $F_{c,a} < F_{a,c}$
- $F_{c,a} = F_{a,c}$
- $F_{c,a} > F_{a,c}$

Tabella 5.4: Terza legge in casi dinamici

	corretto	sbagliato
Domanda Voto A	9	9
Media senso Voto A	2.78	2.11
Domanda Voto B	15	3
Media senso Voto B	2.87	3.27
Domanda Voto E	18	-
Media senso Voto E	3.39	-
Domanda Voto F	5	13
Media senso Voto F	3.40	2.62

Come nella lezione precedente, assieme alla risposta gli allievi hanno risposto alla domanda “quanto senso ha questa risposta?” tramite la scala di senso proposta (da 1 a 4). I risultati sono riassunti nella Tabella 5.4.

Analisi

Rispondendo al Voto A, solamente la metà degli allievi ha individuato nelle due forze agenti tra le auto una coppia azione-reazione. È interessante notare l'altra metà degli allievi ha indicato la risposta sbagliata $F_{A,B} > F_{B,A}$. Il Voto B dimostra come l'ancoraggio sia efficace e basato su una giusta intuizione degli allievi.

Il Voto E dimostra che percorso della lezione ha permesso agli allievi di riconoscere la validità del terzo principio nell'interazione tra due corpi in movimento. L'applicazione del terzo principio è Una volta individuate le due forze d'attrito agenti, la maggioranza degli allievi non ha avuto alcun problema a indicare che esse avessero la stessa intensità.

Il Voto F dimostra che gli allievi stentano però ad applicare il terzo principio in situazioni dove la collisione avviene tra due corpi di massa diversa. La maggioranza degli allievi ritiene infatti che quando due oggetti collidono, l'oggetto avente una massa maggiore esercita una forza maggiore.

Conclusioni

Questo lavoro di ricerca studia un metodo d'insegnamento della fisica che vuole aiutare gli studenti nell'apprendimento della fisica in situazioni che presentano idee preconconcette persistenti. Lo scopo di questo lavoro è di costruire e raffinare delle lezioni che tengano conto dei preconconcetti più comuni. Le tre lezioni presentate sono ispirate dal modello d'insegnamento adottato proposto da [Camp et al. \(1994\)](#). Queste tre lezioni mirano migliorare la comprensione degli allievi in alcuni argomenti di meccanica di prima liceo, in particolare: la forza normale, la forza di attrito e la terza legge di Newton (azione-reazione) in casi dinamici. L'obiettivo ultimo è di ridurre le idee preconconcette sbagliate, e di aumentare le loro competenze in fisica di maniera duratura.

L'insegnamento proposto in queste lezioni ha inoltre incluso lo sviluppo di diverse capacità, tra le quali: fare analogie, affrontare discussioni e dibattiti, applicare metodi operativi coerenti e strutturati, riconoscere e analizzare situazioni sempre più complesse. In questo contesto, l'approfondimento della comprensione degli allievi è stato inteso come l'aiuto e l'accompagnamento verso la costruzione di concetti corretti. Ciò è paragonabile alla creazione di una densa rete di conoscenze. Più questa rete è densa e variata, più essa diventa stabile e resistente all'erosione del tempo. In quest'ottica, l'allievo deve essere portato a scoprire in prima persona dove e quando questa rete è troppo fragile e incapace di risolvere correttamente un problema. Ci si è accorti che occorre ripassare numerose volte sugli stessi concetti da prospettive diverse (e.g., la terza legge di Newton) per riuscire a costruire una rete solida ed efficiente. In questo maniera si può sperare in un cambiamento durevole dei preconconcetti sbagliati persistenti.

Nei momenti chiave delle lezioni, gli allievi hanno risposto, esplicitando le loro opinioni, ad alcune domande completando un formulario d'indagine. Questi formulari hanno permesso di identificare le idee preconconcette sbagliate più comuni e persistenti. Hanno inoltre aiutato a

comprendere quali elementi particolari delle lezioni hanno aiutato maggiormente a scardinare le idee preconconcette sbagliate, permettendo di assimilare in maniera convincente la visione scientifica corretta.

L'analisi dei formulari d'indagine ha dato un esito soddisfacente: infatti la maggioranza degli allievi è passata al concetto scientifico corretto entro la fine della lezione. Lo spazio all'interno dei formulari dedicato ai commenti personali degli allievi si è dimostrato particolarmente utile per far emergere dubbi e idee preconconcette sbagliate degli allievi. L'utilità di questi formulari d'indagine non si limita però al mero valore statistico. Con il loro utilizzo l'insegnante può infatti rilevare numerosi aspetti relativi all'apprendimento del singolo allievo e può avere una prospettiva generale su un'intera classe.

È importante sottolineare che la modalità d'insegnamento proposta in questo lavoro non è da applicare indiscriminatamente a tutti gli argomenti e tutte le ore di lezione. Le lezioni proposte sono infatti particolarmente impegnative per gli allievi e si svolgono ad un ritmo elevato. Si consiglia quindi di integrare questa modalità di lezione ad altre modalità didattiche (e.g., esercitazioni in classe su problemi).

Un limite di queste lezioni sul quale riflettere è dato dall'assenza di materiale sul quale gli allievi possano lavorare in seguito alla lezione proposta. Le lezioni proposte sono particolarmente dense e impegnative e gli allievi stentano nel prendere appunti. Sarebbe infatti interessante ideare dei brevi riassunti dei temi trattati e degli esercizi da consegnare agli allievi per poter svolgere del lavoro personale sull'argomento.

Un altro importante limite è dato dal fatto che la raccolta è limitata a una classe di primo liceo (a due classi nella seconda lezione). Si è consapevoli che il valore statistico di questo campione d'indagine è particolarmente ridotto. Sarebbe sicuramente interessante riproporre le lezioni presentate in questo lavoro su un maggior numero di classi, con una maggiore varietà di docenti e in diverse situazioni di curriculum scolastico.



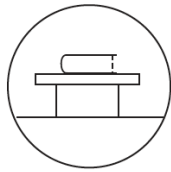
Questa pubblicazione, *Analisi delle idee preconconcette nell'insegnamento della meccanica*, scritta da Gioele Janett, è rilasciata sotto Creative Commons Attribuzione – Non commerciale 3.0 Unported License.

Appendici

Presentazione: Forze normali

In questa Appendice è esposta la presentazione powerpoint pensata per accompagnare la lezione sulle forze normali esposta nel [Capitolo 2](#).

Il tavolo esercita una forza sul libro?



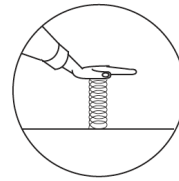
Sì

No

1

Classe I - Forze

La molla esercita una forza sulla mano?



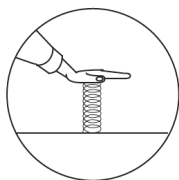
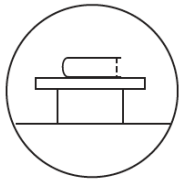
Sì

No

2

Classe I - Forze

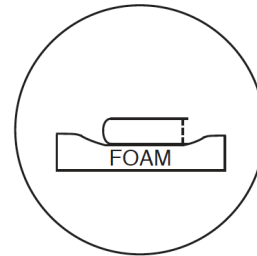
Che cosa hanno in comune le due situazioni?
In cosa differiscono?



3

Classe I - Forze

La gommapiuma esercita una forza sul libro?



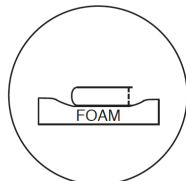
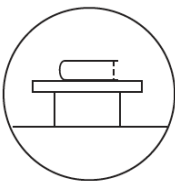
Sì

No

4

Classe I - Forze

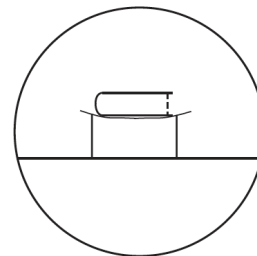
È la stessa situazione o c'è differenza?



5

Classe I - Forze

La tavola flessibile esercita una forza sul libro?



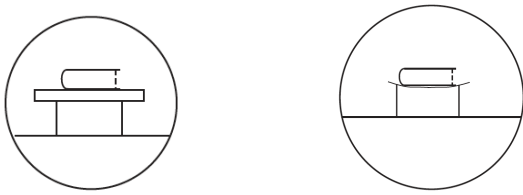
Sì

No

6

Classe I - Forze

È la stessa situazione o c'è differenza?

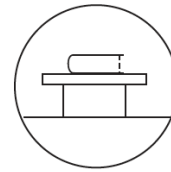


Cosa succede se aumento lo spessore della tavola flessibile?

7

Classe I - Forze

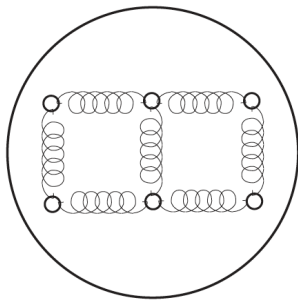
Il tavolo esercita una forza sul libro?



Sì

No

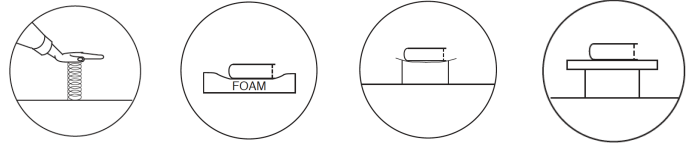
8



Questo modello può spiegare la forza che il tavolo esercita sul libro?

10

Classe I - Forze

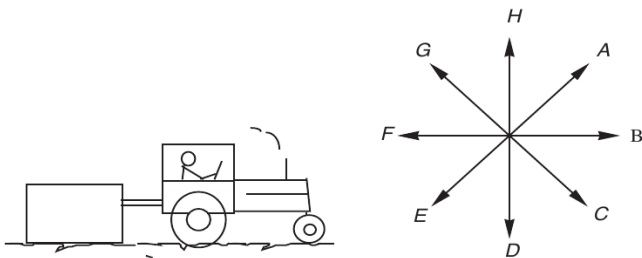


Presentazione: Forza d'attrito da superfici

In questa Appendice è esposta la presentazione powerpoint pensata per accompagnare la lezione sulla forza d'attrito da superfici esposta nel [Capitolo 3](#).

Considera unicamente il blocco e il terreno.

Voto A: su chi agisce la forza d'attrito?
Qual è la sua direzione?

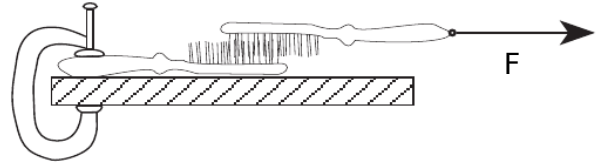


Risposte possibili: A-H

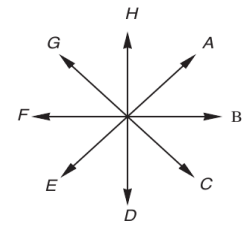
1

Classe I - Forze

Voto B: qual è la direzione della forza applicata dalla spazzola sotto su quella posta sopra?



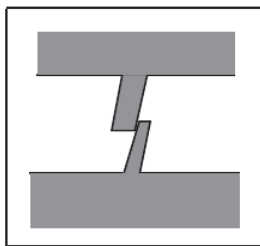
Risposte possibili: A-H



2

Classe I - Forze

Discussione:
quali sono le direzioni delle forze agenti su ogni singola setola?

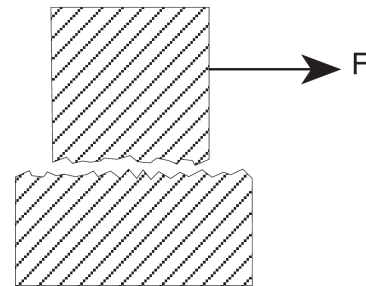


2

Classe I - Forze

Nota: la forza esercitata non muove il blocco.

Discussione:
quali sono le forze agenti su ciascun blocco?

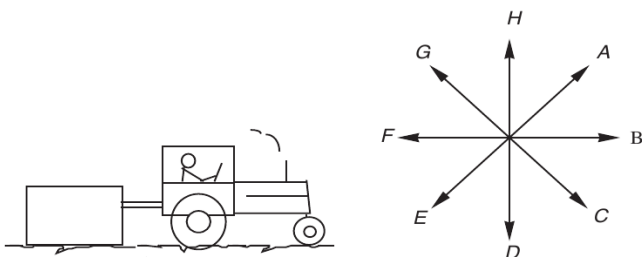


4

Classe I - Forze

Considera il sistema blocco-terreno.

Voto C : su chi agisce la forza d'attrito?
Qual è la sua direzione?

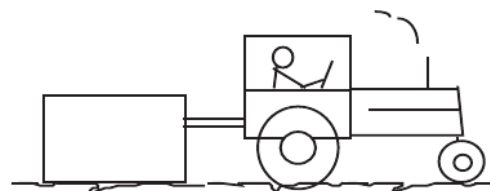


Risposte possibili: A-H

1

Classe I - Forze

Voto D: indica la relazione tra la forza del terreno sul blocco di cemento $F_{t,c}$ e la forza del blocco di cemento sul terreno $F_{c,t}$?



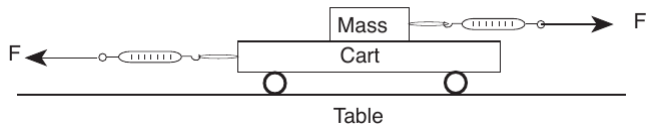
Risposte possibili:

- $F_{t,c} < F_{c,t}$
- $F_{t,c} = F_{c,t}$
- $F_{t,c} > F_{c,t}$

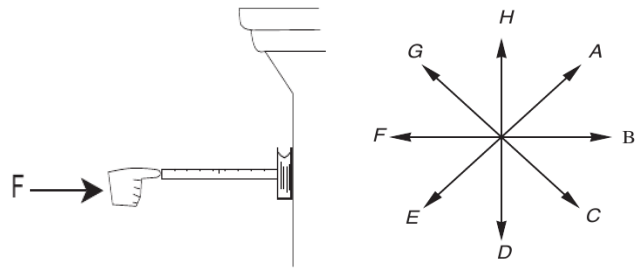
1

Classe I - Forze

Discussione:
come sono le forze agenti su carrello (Cart)
e carico (Mass)?



Voto E: qual è la direzione della forza d'attrito agente sul libro?

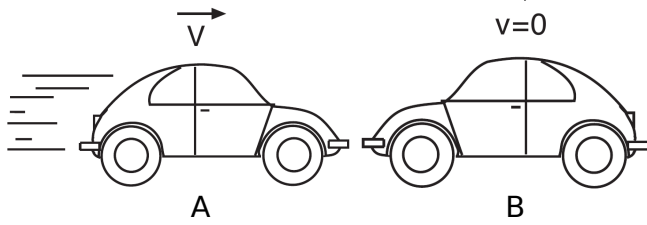


Risposte possibili: A-H

Presentazione: Terza legge di Newton in dinamica

In questa Appendice è esposta la presentazione powerpoint pensata per accompagnare la lezione sulla terza legge di Newton in dinamica esposta nel [Capitolo 4](#).

Voto A: qual è la relazione tra la forza dell'auto A sull'auto B ($F_{A,B}$) con la forza dell'auto B sull'auto A ($F_{B,A}$)?



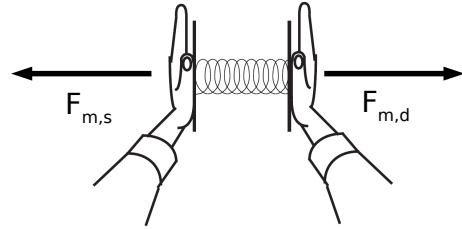
Risposte possibili:

- $F_{A,B} < F_{B,A}$
- $F_{A,B} = F_{B,A}$
- $F_{A,B} > F_{B,A}$

1

Classe I - Forze

Voto B: qual è la relazione tra la forza della molla sulla mano sinistra ($F_{m,s}$) con la forza della molla sulla mano destra ($F_{m,d}$)?



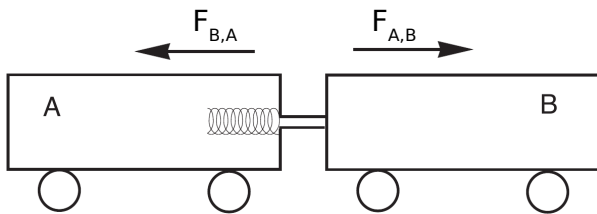
Risposte possibili:

- $F_{m,s} < F_{m,d}$
- $F_{m,s} = F_{m,d}$
- $F_{m,s} > F_{m,d}$

1

Classe I - Forze

Voto C: qual è la relazione tra la forza del carrello A sul carrello B ($F_{A,B}$) con la forza del carrello B sul carrello A ($F_{B,A}$)?



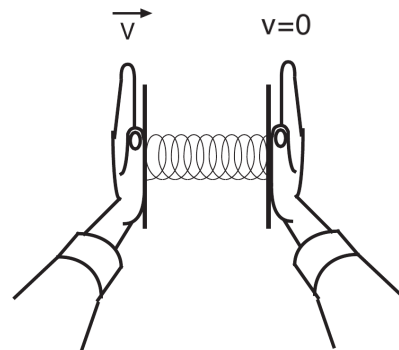
Risposte possibili:

- $F_{A,B} < F_{B,A}$
- $F_{A,B} = F_{B,A}$
- $F_{A,B} > F_{B,A}$

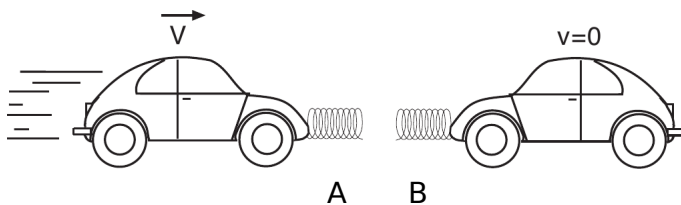
1

Classe I - Forze

Discussione: quale mano percepisce una forza maggiore?



Voto D: Quale delle due molle si comprime maggiormente?

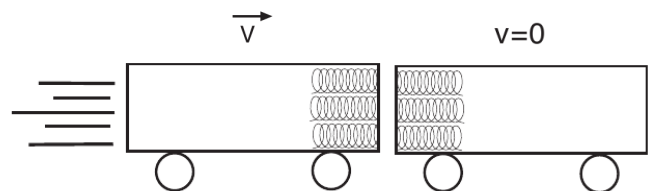


Risposte possibili:

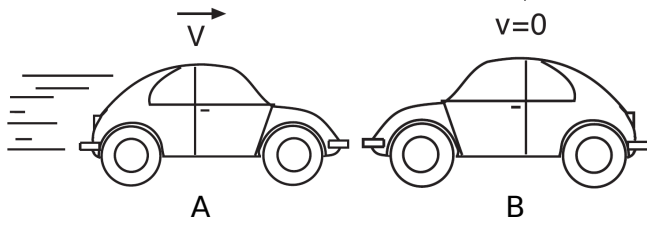
- molla A
- molla B
- uguali

1

Classe I - Forze



Voto E: qual è la relazione tra la forza dell'auto A sull'auto B ($F_{A,B}$) con la forza dell'auto B sull'auto A ($F_{B,A}$)?



Risposte possibili:

$$F_{A,B} < F_{B,A}$$

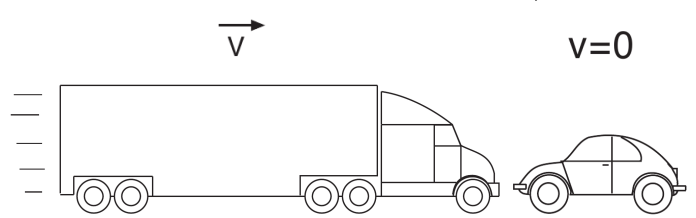
$$F_{A,B} = F_{B,A}$$

$$F_{A,B} > F_{B,A}$$

1

Classe I - Forze

Voto F: qual è la relazione tra la forza del camion sull'auto ($F_{c,a}$) con la forza dell'auto sul camion ($F_{a,c}$)?

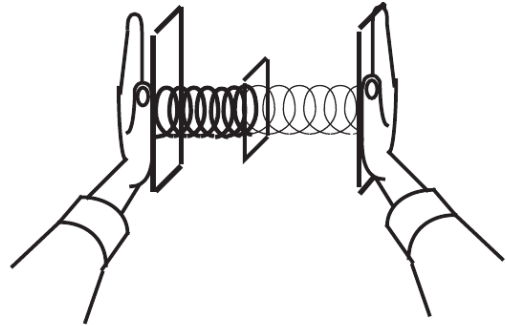
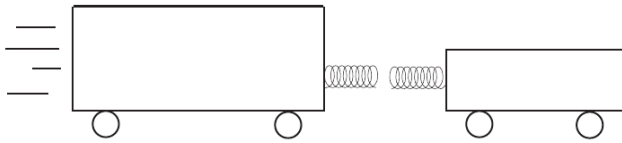


Risposte possibili:

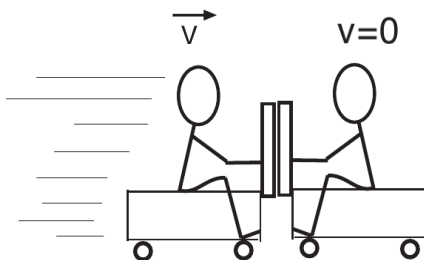
$$F_{c,a} < F_{a,c}$$

$$F_{c,a} = F_{a,c}$$

$$F_{c,a} > F_{a,c}$$

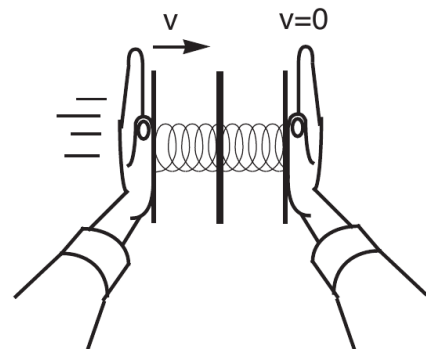


Esperimento



Discussione:

Quale delle due molle si comprime maggiormente?



Bibliografia

- Camp, C., Clement, J., & Brown, D., 1994, "Preconceptions in mechanics: lessons dealing with students' conceptual difficulties" (Kendall/Hunt Publishing Company)
- Clement, J., 1993, *Using bridging analogies and anchoring intuitions to deal with students' preconceptions in physics*, *Journal of Research in Science Teaching*, **30**, 1241 [<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/tea.3660301007>]
- Cretton, N., 2005, lavoro di diploma, Alta Scuola Pedagogica di Locarno, 6600 Locarno, Svizzera
- Halloun, I. A. & Hestenes, D., 1985a, *Common sense concepts about motion*, *American Journal of Physics*, **53**, 1056 [<https://doi.org/10.1119/1.14031>]
- Halloun, I. A. & Hestenes, D., 1985b, *The initial knowledge state of college physics students*, *American Journal of Physics*, **53**, 1043
- Hestenes, D., Wells, M., & Swackhamer, G., 1992, *Force concept inventory*, *The Physics Teacher*, **30**, 141 [<https://doi.org/10.1119/1.2343497>]
- Leonard, W. J., 2001, *Dragging a Box: The representation of constraints and the constraint of representations*, *The Physics Teacher*, **39**, 412 [<https://doi.org/10.1119/1.1416311>]
- Macisaac, D., 2013, *Twilight of the Lecture (featuring videos from Eric Mazur's physics students) by Craig Lambert*, harvardmagazine.com/2012/03/twilight-of-the-lecture, *The Physics Teacher*, **51**, 254
- Piano degli Studi Liceali, 2001, "Dipartimento dell'istruzione e della Cultura" (Repubblica e Cantone Ticino)
- Reichert, J. F., 2001, *How did friction get so "smart"?*, *The Physics Teacher*, **39**, 29 [<https://doi.org/10.1119/1.1343426>]
- Viennot, L., 1978, *Le raisonnement spontané en dynamique élémentaire*, *Revue française de pédagogie*, **45**, 16