

Progettazione e analisi di una prova di valutazione di fisica

Contestualizzazione della prova di valutazione

La prova che verrà analizzata nel seguito è stata proposta il 22/04/2013 ad una classe Seconda (vecchio ordinamento) di un Liceo Classico, al termine di un'unità didattica dedicata al ripasso delle forze fondamentali e all'introduzione delle forze d'attrito e della loro relazione con esse. In questa classe PM ha svolto attività di tirocinio all'interno del TFA 2012-2013.

Prerogative del Liceo Classico, Secondo anno

Il lavoro fatto rientra nei programmi ministeriali del secondo anno, laddove si dice: "Si introdurranno gli alunni agli esperimenti e alle riflessioni fondamentali della meccanica". Inoltre, i riferimenti alle interazioni fondamentali e al modello atomico della materia hanno lo scopo di inquadrare la dinamica tutta in un quadro più moderno e di più ampio respiro, col vantaggio anche di anticipare i contenuti del programma ministeriale per quel che riguarda l'anno successivo, in cui "si tratterà [...] delle teorie più moderne sulla costituzione della materia". Ciò, in sintonia col corso di studi in oggetto, offre anche la possibilità di fornire riferimenti storico-culturali più completi e dettagliati per quanto riguarda la storia del pensiero umano, almeno per quei suoi sviluppi che concernono le discipline scientifiche, che saranno auspicabilmente integrati con quelli delle scienze umane.

Destinatari

I destinatari della prova sono allievi della classe Seconda del Liceo Classico. La classe è composta da 20 studenti di cui 12 femmine e 8 maschi (il giorno della prova erano presenti in 13, gli altri devono recuperarla). Nella classe non sono presenti né allievi portatori di handicap né DSA. La classe è abbastanza omogenea e di livello medio-alto. In particolare non vi erano voti insufficienti nella valutazione relativa al quadrimestre precedente. Va comunque notato che la tipologia delle verifiche finora adottate in fisica è stata a risposta chiusa o saggio breve. L'insegnante della classe non ha sinora somministrato nelle prove di verifica esercizi da risolvere autonomamente in modo completo dallo studente. Ci siamo comunque trovati concordi sull'utilità per i discenti di cimentarsi con prove semistrutturate che richiedano lo svolgimento completo di alcuni esercizi. È stata pertanto adottata questa modalità di prova.

Tema affrontato

Forze d'attrito e loro relazione con le interazioni fondamentali

Una delle caratteristiche distintive della fisica è quella di descrivere il mondo, sia a livello macroscopico che microscopico, in termini di concetti che si prestano a una traduzione in termini quantitativi. La dinamica, e il relativo concetto di forza, stanno alla base di una

simile descrizione. Da ciò deriva l'importanza delle interazioni fondamentali, quattro tipi di forze a cui tutta la varietà dei fenomeni intorno a noi possono venire ridotti.

In questa unità didattica, riducendo le usuali interazioni di contatto e le forze di attrito a una delle quattro interazioni fondamentali (quella elettromagnetica), si vuole familiarizzare il discente con questo approccio alla descrizione della realtà. A questo scopo viene anche dato qualche cenno alla struttura atomica della materia.

Viene così fornito un esempio del processo di modellizzazione del reale tipico delle discipline scientifiche, mettendone in evidenza limiti e potenzialità.

Contenuti

- Forze fondamentali, cariche in gioco e intervalli di interazione
- Atomo di Bohr, generalità e definizione delle scale principali
- Forza d'attrito come forza elettrica
- Attrito statico e dinamico
- Piano inclinato
- Scomposizione vettoriale delle forze

Prerequisiti

- Definizione di forze e principi della dinamica
- Bilancio di forze
- Elementi base di calcolo vettoriale
- Notazione scientifica e sua manipolazione
- Elementi base di goniometria (circonferenza goniometrica, significato di seno e coseno, valori di seno e coseno di angoli particolari)

Obiettivi generali:

In questa unità didattica, il discente toccherà con mano che il ridurre fenomeni di cui fa esperienza quotidianamente a spiegazioni tecnico-scientifiche nulla toglie al loro significato emotivo-psicologico soggettivamente vissuto. Vedrà così come di fatto la prospettiva scientifica arricchisca la conoscenza e possa rivelarsi in certi casi utile ed efficace, ma senza per questo avere la pretesa di diventare egemone.

Per fare un esempio di come questo avvenga in quest'unità didattica, si noterà come lo scoprire che un urto (o, più in generale, ogni tipo di contatto) non sia che un'interazione elettrica tra "nubi di elettroni", di cui si può quindi dare una descrizione quantitativa sufficientemente precisa, non intacca minimamente la dolorosità o piacevolezza dell'esperienza soggettivamente esperita, né le sue eventuali ripercussioni fisiologiche o emotive.

Questo è perfettamente in linea con l'approccio che stiamo seguendo, ossia quello di inserire lo studente nell'ottica di un'epistemologia complessa (à la Morin), dove i diversi saperi sono sì separati, ma dove l'unità della conoscenza è sempre recuperata nel processo di integrazione tra questi.

Si auspica quindi che le eventuali resistenze, consce o meno che siano, ad aprirsi alla lettura logico-matematica-scientifica del mondo vengano così ridotte. Questo è il primo

| | | |
|---------------|--------------|--|
| TFA 2012-2013 | Classe: A049 | Tirocinanti: P. Merlatti, L. Sommovigo |
|---------------|--------------|--|

passo per stimolare la curiosità scientifica e l'autonomia del discente, non in modo completamente arbitrario, bensì promuovendo il loro inserimento in un contesto, quello di teorie scientifiche validate, che rende possibile il loro stesso esercizio.

Al di là di problemi con complicazioni tecniche, che a questo livello risulterebbero sterili e rischierebbero di avere effetti negativi sul rapporto ancora precario del discente con le materie scientifiche, si cercherà qui di lavorare sull'abilità di applicare una modellizzazione fisica in situazioni concrete.

Gli **obiettivi trasversali** coinvolti in questo processo sono i seguenti:

- saper applicare ragionamenti analitico-deduttivi
- saper problematizzare una situazione
- saper valutare le proprie risposte sia in termini qualitativi che quantitativi
- modellizzare fenomeni del mondo reale in modo scientificamente significativo

Più specificatamente, si vuole che il discente acquisisca le seguenti **abilità e conoscenze**:

A) Conoscere le interazioni fondamentali.

B) Modellizzare la forza di attrito tramite esse.

C) Risolvere problemi sulla forza di attrito.

Per ottenere ciò gli obiettivi prefissati sono stati i seguenti:

-- **Obiettivi minimi:**

- 1) (A) saper descrivere le forze fondamentali, fornendo degli esempi e distinguendo tra forze rilevanti nel mondo macroscopico e nel mondo microscopico;
- 2) (A) determinare l'ordine di grandezza delle scale coinvolte in un problema e calcolarne il rapporto con le scale delle interazioni fondamentali;
- 3) (A) riconoscere la natura delle forze in gioco in situazioni reali;
- 4) (C) modellizzare schematicamente problemi di attrito statico e dinamico;
- 5) (B) saper descrivere l'attrito come forza elettrica.

-- **Obiettivi standard:**

- 1) (C) scomporre vettorialmente le forze nelle direzioni significative in problemi concreti (piano inclinato);
- 2) (C) risolvere problemi di dinamica dove entra in gioco la forza d'attrito;
- 3) (A) saper effettuare trasformazioni di scala che facilitino la comprensione dei rapporti tra le scale atomiche;
- 4) (C) saper distinguere negli esercizi proposti la forza di attrito statico massima dal suo valore effettivo.

-- **Obiettivi d'eccellenza:**

| | | |
|---------------|--------------|--|
| TFA 2012-2013 | Classe: A049 | Tirocinanti: P. Merlatti, L. Sommovigo |
|---------------|--------------|--|

- 1) (C) calcolare condizioni di equilibrio dinamico in problemi bidimensionali concernenti attrito e forza gravitazionale;
- 2) (C) saper risolvere problemi che richiedono considerazioni di goniometria non elementari;
- 3) (B) mostrare in modo argomentativo, avvalendosi di strumenti matematici, la consistenza del modello fisico che spiega l'origine della forza d'attrito in termini fondamentali.

Modalità di lavoro

Il tempo totale dedicato all'attività è di 6 ore. I contenuti sono stati sviluppati nell'arco di 4 ore. Delle ulteriori 2 ore, una è stata dedicata alla valutazione sommativa di fine unità didattica e l'altra alla correzione e alla restituzione delle prove di verifica valutate.

Tempi

Nell'ambito di questa unità didattica si sono affrontati i seguenti argomenti, così suddivisi per lezione:

Prima lezione:

- forze fondamentali e loro intervallo di interazione;
- cenni alla struttura dell'atomo (definizione delle scale atomiche, quali raggio del protone, raggio dell'elettrone e raggio della prima orbita di Bohr).

Seconda lezione:

- legame tra forza di attrito e forza elettrica;
- attrito statico e dinamico;
- modellizzazione di casi reali.

Terza lezione:

- ripasso della circonferenza goniometrica;
- problemi svolti dall'insegnante in modo dialogico e partecipato.

Quarta lezione:

- correzione degli esercizi e svolgimento di nuovi problemi alla lavagna da parte degli allievi stessi con l'assistenza "esterna" dell'insegnante

Quinta lezione:

- verifica

Sesta lezione:

- consegna e correzione verifica

Modalità di svolgimento delle lezioni

- Lezione frontale dialogata e partecipata
- Esercitazioni. Gli esercizi assegnati come lavoro a casa sono stati corretti in classe per la quasi totalità, seguendo il metodo della correzione alla lavagna da parte degli allievi stessi con l'assistenza "esterna" dell'insegnante. Tale momento è stato considerato molto importante al fine di suscitare domande e chiarire i relativi dubbi.

| | | |
|---------------|--------------|--|
| TFA 2012-2013 | Classe: A049 | Tirocinanti: P. Merlatti, L. Sommovigo |
|---------------|--------------|--|

Strumenti e materiali di lavoro

- Lavagna
- Libro di testo in adozione: Amaldi, "Corso di Fisica", vol. 1.
- Libro di testo di supporto per la preparazione delle lezioni: Robutti - Violino, "La Fisica e i Suoi Modelli", vol. 1.

Costruzione della prova di valutazione

Tipologia e struttura della prova.

La prova in questione è una verifica sommativa di fine unità didattica. L'obiettivo è quindi di controllo dell'avvenuto apprendimento degli obiettivi didattici.

La prova si compone di sei esercizi vertenti sui contenuti trattati nell'ambito dell'unità didattica, scelti in relazione all'importanza formativa degli stessi. Oltre a ciò, gli esercizi si propongono di verificare il raggiungimento di obiettivi trasversali ai vari argomenti, così che in questo caso sarebbe risultata troppo rigida una proporzionalità diretta tra tempo dedicato ad ogni argomento e numero di item direttamente legati ad esso.

In ciascun esercizio è accuratamente predisposto uno stimolo in funzione del tipo di prestazione che si intende sollecitare. Lo studente, facendo ricorso alle sue abilità, conoscenze e competenze cercherà di organizzare una propria procedura per produrre la prestazione richiesta. La struttura della prova è stata progettata predisponendo una varietà e tipologia di item sufficiente a consentire la verifica del conseguimento degli obiettivi descritti su diversi livelli.

Obiettivi della tassonomia di Anderson & Krathwohl

| Esercizio | Ricordare Rievocare | Comprendere Interpretare | Applicare Eseguire | Analizzare Organizzare | Valutare | Creare Generare |
|-----------|------------------------|-----------------------------|-----------------------|---------------------------|----------|--------------------|
| 1 | x | x | | x | x | x |
| 2 | x | x | | | x | |
| 3 | x | x | | x | x | |
| 4 | x | x | x | | | |
| 5 | x | x | x | x | | |
| 6 | x | x | x | x | | x |

Accorgimenti da adottare per la somministrazione della prova

La prova è pensata per essere svolta in 50 minuti e quindi è stato possibile somministrarla alla classe in un giorno in cui da orario fosse prevista una sola ora di lezione.

Prima della consegna delle prove, l'insegnante invita gli studenti a mettere sul banco solo il materiale necessario per lo svolgimento della prova stessa: penna, righello, fogli protocollo e calcolatrice (è consentito l'uso di una calcolatrice scientifica purché non programmabile, è vietato l'uso del cellulare). Non è consentito consultare durante lo svolgimento della prova libri, appunti, quaderni e formulari che l'insegnante invita pertanto a riporre negli zaini e ad allontanare questi ultimi dai banchi, portandoli vicino alla cattedra. Viene mantenuta la stessa disposizione dei banchi prevista durante le lezioni. Dopo queste operazioni preliminari l'insegnante distribuisce la prova. Successivamente il docente invita gli studenti a leggere attentamente il testo dei vari esercizi, al fine di evitare errori dovuti alla mancata comprensione delle richieste, raccomandando di non rispondere

in modo frettoloso. Comunica agli studenti il tempo a loro disposizione per lo svolgimento della prova e raccomanda il silenzio per non nuocere alla concentrazione dei compagni e per consentire un sereno svolgimento della prova. Solamente nei primi dieci minuti della prova l'insegnante può intervenire per fornire eventuali chiarimenti sul testo degli esercizi. Non si richiede agli studenti una "bella copia" ma si richiede loro di essere ordinati e di scrivere in modo leggibile.

Testo della verifica

Esercizio 1. Dopo aver elencato e descritto brevemente le interazioni fondamentali, spiegare se e come è possibile ricondurre l'interazione "di contatto" e la forza di attrito alla forza elettrica.

Esercizio 2. Se il protone di un atomo di idrogeno viene rappresentato come un puntino di raggio $r=1\text{mm}$, a che distanza da esso deve venire raffigurato l'elettrone sulla prima orbita di Bohr affinché la rappresentazione sia in scala?

Esercizio 3. Un portacenere molto pesante è appoggiato su una scrivania. Quali forze agiscono su di esso? Specificarne la natura in termini di interazioni fondamentali. Su di esso viene poi applicata, parallelamente alla scrivania, la forza di 1N e il portacenere continua a rimanere fermo. Quanto vale in questo caso la forza d'attrito tra portacenere e scrivania?

Esercizio 4. Un mobiletto di ottone del peso di 120N si incomincia a muovere quando la forza applicata, parallelamente alla superficie d'appoggio, che è di cemento, raggiunge il valore di 90N . Calcolare il coefficiente d'attrito statico μ_s ottone su cemento.

Esercizio 5. Una macchina di massa $m=900\text{Kg}$ viene condotta "in folle" (il motore non eroga energia per la locomozione) su una strada asfaltata di montagna che è inclinata di 30° rispetto all'orizzontale. Sapendo che, una volta raggiunta la velocità di 110Km/h , la macchina prosegue il moto con velocità costante, calcolare il coefficiente di attrito dinamico tra la macchina e l'asfalto.

Esercizio 6. Un bicchiere di vetro è in equilibrio su un vassoio d'argento. Sapendo che il coefficiente d'attrito statico $\mu_s=1$, determinare l'angolo massimo a cui si può inclinare il vassoio senza che il bicchiere incominci a scivolare.

Criteri di valutazione e regole di assegnazione dei punteggi

Ogni singolo esercizio è composto da item distinti ciascuno dei quali permette di rilevare il raggiungimento di uno degli obiettivi di apprendimento classificati nella tabella 1 secondo la tassonomia di Anderson & Krathwohl.

Tabella 1 (obiettivi e indicatori):

| Esercizio | Obiettivo di apprendimento | Classificazione | Indicatori/Descrittori |
|-----------|--|--|--|
| 1 | Obiettivi minimi: 1 e 5 Obiettivi d'eccellenza: 3 | Ricordare – Rievocare Comprendere – Interpretare, Spiegare Analizzare – Organizzare Valutare – Controllare Creare – Generare | Sa descrivere le forze fondamentali, fornendo degli esempi e distinguendo tra forze rilevanti nel mondo macroscopico e nel mondo microscopico Sa descrivere l'attrito come forza elettrica È in grado di mostrare in modo argomentativo, avvalendosi di strumenti matematici, la consistenza del modello fisico che spiega l'origine della forza d'attrito in termini fondamentali |
| 2 | Obiettivi minimi: 2 Obiettivi standard: 3 | Ricordare – Rievocare Comprendere – Interpretare, Spiegare Valutare – Controllare | Sa determinare l'ordine di grandezza delle scale coinvolte in un problema e calcolarne il rapporto con le scale delle interazioni fondamentali Sa effettuare trasformazioni di scala che facilitino la comprensione dei rapporti tra le scale atomiche |
| 3 | Obiettivi minimi: 3 e 4 Obiettivi standard: 4 | Ricordare – Riconoscere Comprendere – Spiegare Analizzare – Differenziare Valutare – Controllare | Sa riconoscere la natura delle forze in gioco in situazioni reali. Sa modellizzare schematicamente problemi di attrito statico e dinamico Sa distinguere la forza di attrito statico massima dal suo valore effettivo. |
| 4 | Obiettivi minimi: 4 | Ricordare – Rievocare | Sa modellizzare schematicamente problemi di attrito statico e dinamico |

| | | | |
|---|---------------------------|---|--|
| | Obiettivi standard: 2 | Comprendere – Classificare, Spiegare | Sa risolvere problemi di dinamica dove entra in gioco la forza d'attrito |
| | | Applicare – Eseguire | |
| 5 | Obiettivi minimi: 4 | Ricordare – Riconoscere | Sa modellizzare schematicamente problemi di attrito statico e dinamico |
| | Obiettivi standard: 1 e 2 | Comprendere – Spiegare | Sa scomporre vettorialmente le forze nelle direzioni significative in problemi con piano inclinato |
| | Obiettivi d'eccellenza: 1 | Applicare – Eseguire | Sa risolvere problemi di dinamica dove entra in gioco la forza d'attrito |
| | | Analizzare – Differenziare, Organizzare | Sa calcolare condizioni di equilibrio dinamico in problemi bidimensionali concernenti attrito e forza gravitazionale |
| 6 | Obiettivi minimi: 4 | Ricordare – Riconoscere | Sa modellizzare schematicamente problemi di attrito statico e dinamico |
| | Obiettivi standard: 1 e 2 | Comprendere – Inferire, Spiegare | Sa scomporre vettorialmente le forze nelle direzioni significative in problemi con piano inclinato |
| | Obiettivi d'eccellenza: 2 | Applicare – Eseguire | Sa risolvere problemi di dinamica dove entra in gioco la forza d'attrito |
| | | Analizzare – Organizzare | Sa risolvere problemi che richiedono considerazioni di goniometria non elementari |
| | | Creare – Generare | |

Per quanto riguarda i punteggi, la tabella seguente rappresenta le regole di assegnazione dei punteggi in caso di risposta corretta.

Tabella 2 (criteri di assegnazione):

| | Es. 1 | | | Es. 2 | | Es. 3 | | | Es. 4 | | Es. 5 | | | | Es. 6 | | | |
|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | Item 1 | Item 2 | Item 3 | Item 4 | Item 5 | Item 6 | Item 7 | Item 8 | Item 9 | Item 10 | Item 11 | Item 12 | Item 13 | Item 14 | Item 15 | Item 16 | Item 17 | Item 18 |
| obiettivo | 1 | 5 | 3 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 2 | 4 | 1 | 2 | 1 | 4 | 1 | 2 | 2 |
| livello | min | min | ec | min | st | min | min | st | min | st | min | st | st | ec | min | st | st | ec |
| punteggio | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,5 | 0,5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,5 | 0,5 | 1 | 1 | 0,5 | 0,5 | 1 |
| max | 3 | | | 2 | | 2 | | | 2 | | 3 | | | | 3 | | | |

Esplicitazione delle regole adottate per il passaggio dai punteggi nella prova ai voti finali

Ad ogni item è associato un punteggio (1 o 0,5) che ne indica il conseguimento. Il punteggio massimo conseguibile è 15. Fissato il voto minimo a 2,5, aggiungendo ad esso metà del punteggio conseguito si ottiene il voto finale (voto massimo 10).

Tabella 3 (corrispondenza voti obiettivi raggiunti):

| voto | |
|------|--|
| 3 | Foglio bianco |
| 4 | Incapacità di lettura dinamica del mondo fenomenico |
| 5 | Lettura dinamica del mondo fenomenico buona qualitativamente ma non quantitativamente |
| 6 | Imprecisioni formali ed errori matematici nello svolgimento degli esercizi (obiettivi minimi comunque raggiunti) |
| 7 | Obiettivi standard parzialmente raggiunti |
| 8 | Obiettivi standard pienamente raggiunti |
| 9 | Ha raggiunto pienamente gli obiettivi |
| 10 | Obiettivi raggiunti e presenza di spunti originali e creativi |

Al completo raggiungimento degli obiettivi minimi corrisponde il 6, al completo raggiungimento degli obiettivi standard corrisponde 8,5 mentre al completo raggiungimento degli obiettivi d'eccellenza corrisponde il 10.

Ovviamente il caso del 6 e dei voti intermedi può corrispondere ad alcuni obiettivi standard pienamente raggiunti pur non avendo conseguito la totalità degli obiettivi minimi.

Resoconto della somministrazione della prova

La prova è stata somministrata agli studenti quasi immediatamente dopo il suono della campanella (quarta ora). Sette di loro erano assenti, così che la dovranno recuperare a breve. I primi tre item hanno richiesto chiarimenti da parte dell'insegnante. I discenti hanno poi lavorato autonomamente, alcuni consegnando qualche minuto prima del termine. Solo due di essi hanno richiesto ulteriore tempo per terminare l'elaborato, ma non è stato loro concesso. Il clima di lavoro era calmo e sereno.

Analisi critica dei risultati

I dati ottenuti dall'analisi della prova di valutazione in oggetto sono stati analizzati usando un software di tipo foglio di calcolo per estrarre informazioni sia sui più significativi parametri statistici relativi ai risultati (e quindi alla prova nel suo complesso) sia su una serie di indici relativi agli item: indicazioni preziose per valutare l'efficacia della prova e i suoi eventuali punti deboli. La matrice dei punteggi è la seguente:

| Item studenti | Es. 1 | | | Es. 2 | | Es. 3 | | | Es. 4 | | Es. 5 | | | | Es. 6 | | | | totali | voto |
|------------------|-------|---|---|-------|---|-------|-----|---|-------|----|-------|-----|-----|----|-------|-----|-----|----|-------------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | | |
| s1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0,5 | 0,5 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0,5 | 0 | 0 | 1 | 0,5 | 0 | 0 | 9 | 7 |
| s2 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0,5 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0,5 | 0 | 0 | 1 | 0,5 | 0,5 | 1 | 8 | 6,5 |
| s3 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0,5 | 0,5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,5 | 0,5 | 1 | 1 | 0,5 | 0,5 | 1 | 13 | 9 |
| s4 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0,5 | 0,5 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0,5 | 0,5 | 1 | 1 | 0,5 | 0,5 | 1 | 12 | 8,5 |
| s5 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0,5 | 0,5 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0,5 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7,5 | 6,25 |
| s6 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0,5 | 0,5 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0,5 | 0,5 | 1 | 0 | 0 | 0,5 | 0 | 8,5 | 6,75 |
| s7 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,5 | 0,5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,5 | 0 | 0 | 1 | 0,5 | 0,5 | 1 | 9,5 | 7,25 |
| s8 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,5 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0,5 | 0,5 | 1 | 1 | 0,5 | 0,5 | 0 | 7,5 | 6,25 |
| s9 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0,5 | 0,5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,5 | 0,5 | 1 | 0 | 0,5 | 0,5 | 1 | 12 | 8,5 |
| s10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0,5 | 0 | 0 | 2,5 | 3,75 |
| s11 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0,5 | 0,5 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0,5 | 0,5 | 1 | 1 | 0,5 | 0,5 | 1 | 13 | 9 |
| s12 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0,5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0,5 | 0,5 | 1 | 1 | 0,5 | 0,5 | 1 | 10,5 | 7,75 |
| s13 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0,5 | 0,5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,5 | 0,5 | 1 | 1 | 0,5 | 0,5 | 1 | 12 | 8,5 |

totale 13

Come già commentato in precedenza, sono stati proposti ai 13 studenti 6 esercizi, ognuno dei quali coinvolge il conseguimento di diversi obiettivi. Nella tabella sopra riportata, in rosso è stato evidenziato il terzo di studenti che ha ottenuto i peggiori voti, mentre in blu il terzo che ha ottenuto i migliori voti complessivi. Questa suddivisione è importante per calcolare l'indice di selettività degli item.

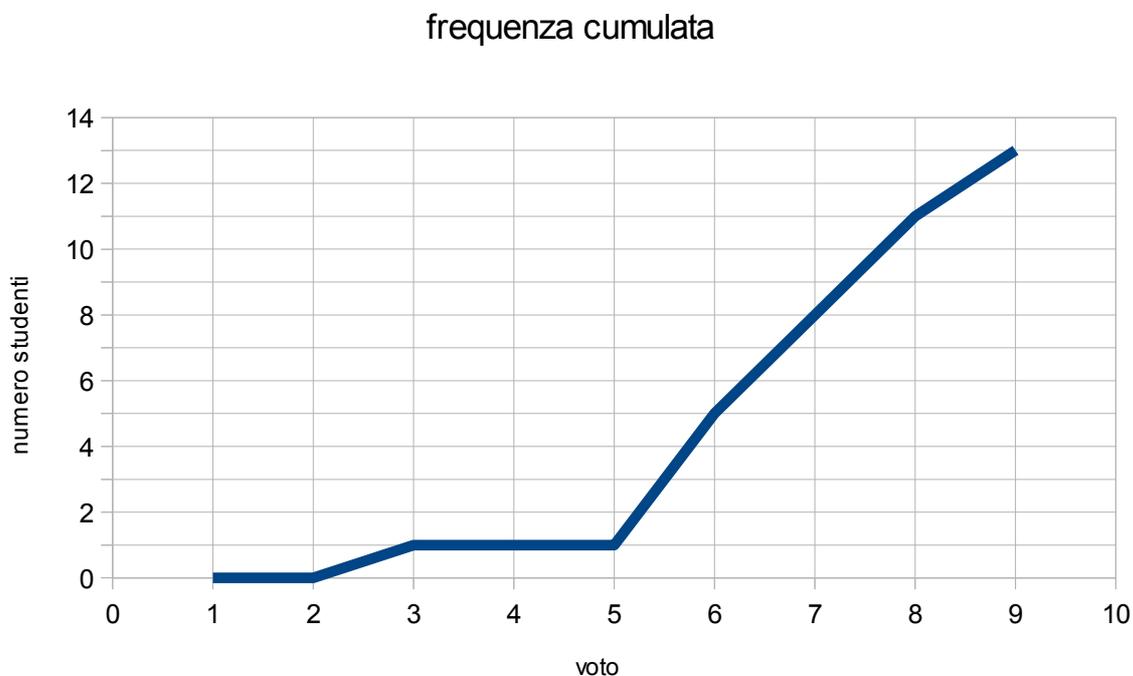
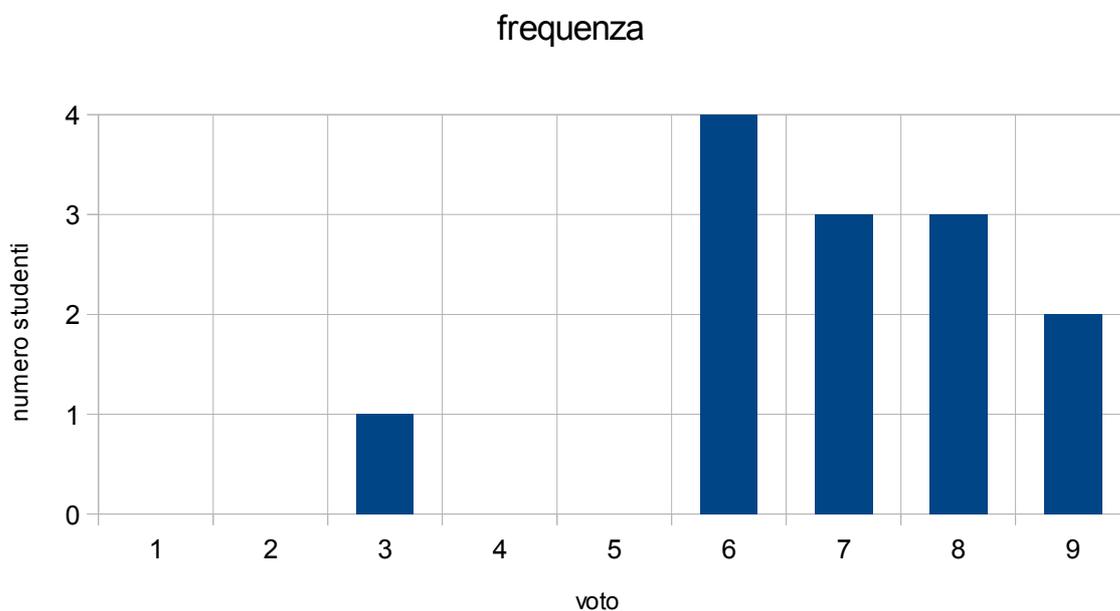
Analisi complessiva

Distribuzione di frequenza

Il primo parametro interessante per esaminare criticamente la prova è la distribuzione della frequenza dei voti (sia semplice sia cumulata). Nella tabella che segue sono riportati tutti i voti e la loro frequenza semplice e cumulata.

| voto | frequenza | frequenza cumulata |
|------|-----------|--------------------|
| 3,75 | 1 | 1 |
| 4 | 0 | 1 |
| 4,25 | 0 | 1 |
| 4,5 | 0 | 1 |
| 4,75 | 0 | 1 |
| 5 | 0 | 1 |
| 5,25 | 0 | 1 |
| 5,5 | 0 | 1 |
| 5,75 | 0 | 1 |
| 6 | 0 | 1 |
| 6,25 | 2 | 3 |
| 6,5 | 1 | 4 |
| 6,75 | 1 | 5 |
| 7 | 1 | 6 |
| 7,25 | 1 | 7 |
| 7,5 | 0 | 7 |
| 7,75 | 1 | 8 |
| 8 | 0 | 8 |
| 8,25 | 0 | 8 |
| 8,5 | 3 | 11 |
| 8,75 | 0 | 11 |
| 9 | 2 | 13 |

Invece, nei grafici successivi, si riportano gli andamenti delle due frequenze; per facilità di lettura si è preferito raccogliere i voti in categorie di larghezza unitaria (ad esempio il voto 6/7 è da ricercarsi nella categoria "6"):



L'analisi in frequenza rivela come, nel suo complesso, il risultato della prova sia in linea con l'andamento della classe: una sola insufficienza grave e un buon numero di studenti con risultati decisamente positivi.

Analisi degli Item

Si vuole ora dare un'analisi quantitativa della qualità degli item proposti. Per fare ciò ci si concentra sulle colonne della matrice dei punteggi per determinare una serie di parametri descrittivi che permettano di verificare quali item abbiano consentito di discriminare fra studenti che possiedono le conoscenze e abilità che si è cercato di sondare e studenti che ne sono invece carenti. Sono questi indicatori fondamentali per capire dove si possa migliorare la prova di valutazione.

Indici di tendenza centrale e indice di dispersione

Gli indici di tendenza centrale di una distribuzione sintetizzano in un unico valore il complesso delle prestazioni. Nella fattispecie sono stati calcolati la moda (sottoinsieme con maggiore frequenza), la mediana (il voto che divide in due parti equivalenti l'insieme degli studenti) e la media aritmetica. Con il termine indice di dispersione invece si indica un valore che rappresenti quanto la distribuzione sia allargata, ovvero quanta "varietà" ci sia nei voti. Esistono diversi indici di dispersione, tra cui le differenze interquartiliche e gli scarti quadratici medi. Nel nostro caso, tuttavia, poiché gli item in considerazione presentano solo due modalità di risposta, la dispersione non è molto significativa. Riportiamo per conoscenza tuttavia il valore dello scarto quadratico medio.

| | Es. 1 | | | Es. 2 | | Es. 3 | | Es. 4 | | Es. 5 | | | | Es. 6 | | | | |
|---------|-------|------|---|-------|------|-------|------|-------|------|-------|----|------|------|-------|------|------|------|------|
| Item | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| minimo | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| massimo | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0,5 | 0,5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,5 | 0,5 | 1 | 1 | 0,5 | 0,5 | 1 |
| media | 0,85 | 0,69 | 0 | 0,62 | 0,38 | 0,46 | 0,35 | 0,46 | 0,69 | 0,46 | 1 | 0,46 | 0,31 | 0,69 | 0,77 | 0,42 | 0,38 | 0,62 |
| moda | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0,5 | 0,5 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0,5 | 0,5 | 1 | 1 | 0,5 | 0,5 | 1 |
| mediana | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0,5 | 0,5 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0,5 | 0,5 | 1 | 1 | 0,5 | 0,5 | 1 |
| scarto | 0,36 | 0,46 | 0 | 0,49 | 0,49 | 0,13 | 0,23 | 0,50 | 0,46 | 0,50 | 0 | 0,13 | 0,24 | 0,46 | 0,42 | 0,18 | 0,21 | 0,49 |

Già ad una primissima analisi si nota come gli item 3 e 11 siano inutili ad una discriminazione, infatti il primo è stato sbagliato da tutti gli studenti (troppo difficile) mentre il secondo ha ottenuto solo risposte corrette (troppo facile).

La moda inoltre sottolinea come la maggioranza degli studenti abbia dato risposte corrette agli Item 1, 2, 4, 6, 7, 9, 12, 13, 14, 15, 16, 17 e 18 mentre solo gli item 5, 8 e 10 hanno creato delle difficoltà.

Più interessante invece l'analisi per esercizio piuttosto che per singolo item. In questo caso infatti esistono diverse modalità che permettono il raggiungimento del medesimo punteggio e corrispondentemente il punteggio totale può essere ragionevolmente vario. Nella seguente tabella la stessa analisi monovariata è stata applicata agli esercizi nel loro complesso piuttosto che ai singoli item.

| | Es. 1 | Es. 2 | Es. 3 | Es. 4 | Es. 5 | Es. 6 |
|----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| massimo | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 |
| minimo | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| media | 1,54 | 1 | 1,27 | 1,15 | 2,46 | 2,19 |
| moda | 2 | 0 | 2 | 2 | 3 | 3 |
| mediana | 2 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 |
| primo quartile | 1 | 0 | 0,5 | 0 | 1,5 | 1,5 |
| terzo quartile | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 |
| differenza interquartilica | 1 | 2 | 1,5 | 2 | 1,5 | 1,5 |
| scarto | 0,63 | 0,88 | 0,72 | 0,86 | 0,75 | 1,01 |

Nuovamente, le misure di dispersione non sono particolarmente rilevanti, a causa delle piccole variazioni di punteggio possibili. La moda dice come soltanto l'esercizio 2 abbia creato delle vere difficoltà agli studenti, che in maggioranza non sono riusciti ad affrontarlo.

Indice di difficoltà

L'indice di difficoltà di un item (ID) è dato dal rapporto di risposte corrette ad un determinato item rispetto al punteggio massimo totale; se tutti gli studenti avessero risposto correttamente si avrebbe $ID=1$, (nel qual caso l'item è da considerarsi troppo facile), mentre se tutti gli studenti avessero risposto in modo errato si avrebbe $ID=0$ (item troppo difficile). Chiaramente item che hanno ID molto vicino ad uno degli estremi sono di poca utilità, in quanto non permettono di discriminare fra studenti preparati o meno.

D'altra parte, avere qualche item estremamente facile può permettere di discriminare fra studenti poco preparati e studenti completamente impreparati e, viceversa, avere qualche item particolarmente difficile aiuta a discriminare fra studenti con ottima preparazione.

Come si vede dalla tabella successiva, l'indice di difficoltà è molto alto negli item 1, 6, 11, 12, 15, 16 e 17 che pertanto non hanno presentato difficoltà particolari agli studenti (caso limite per quanto riguarda l'item 11, che ha visto la totalità di risposte corrette), medio per gli item 2, 4, 7, 9, 13, 14 e 18 e basso (meno della metà degli studenti ha dato risposte corrette) solo per gli item 3 (nessuna risposta corretta), 5, 8 e 10.

Il potere discriminante

Il potere discriminante (PD) permette di evidenziare, da un punto di vista statistico, la capacità di un item di selezionare gli studenti che hanno raggiunto l'obiettivo che si sta sondando da quelli che invece non l'hanno ancora raggiunto. Consiste nel rapporto fra il numero di risposte corrette date all'item per il numero di risposte sbagliate (nella tabella E e S rispettivamente) e il quadrato della metà del numero di studenti.

Dalla definizione si evince chiaramente che $PD=0$ quando tutti gli studenti hanno risposto in modo corretto (o, viceversa, sbagliato) e $PD=1$ quando esattamente metà degli studenti ha risposto correttamente.

Nella prova in oggetto il potere discriminante è abbastanza buono per tutti gli item, con l'eccezione di 3, 6, 11 e 12.

L'indice di selettività

L'indice di selettività di un item (IS) è dato dalla differenza tra il numero N_m di risposte esatte date all'item da parte degli allievi con i risultati migliori nell'intera prova (per convenzione si prende il terzo del totale degli allievi che ha ottenuto il punteggio più alto), ed il numero N_p di risposte esatte all'item dato dagli allievi che hanno ottenuto i risultati peggiori, rapportata ad un terzo del numero totale N degli allievi.

IS varia tra -1 e 1; $IS=-1$ quando tutti gli studenti che hanno svolto bene la prova hanno sbagliato a rispondere a quell'item e viceversa gli studenti che hanno ottenuto i risultati peggiori. Si parla in questo caso di "selettività rovesciata": probabilmente l'item non è coerente con i restanti item della prova. $IS=0$ se il numero di risposte esatte dato dal terzo migliore è pari al numero di risposte esatte date dal terzo peggiore: l'item non è selettivo. Infine $IS=1$ se l'item è coerente col resto della prova: gli studenti che hanno ottenuto buoni risultati hanno anche risposto correttamente all'item e viceversa per gli studenti coi risultati peggiori.

L'indice di selettività nella prova in oggetto ha presentato un problema: gli studenti presenti erano 13, per cui un terzo degli studenti corrispondeva a 4,33. La divisione in tre fasce è stata quindi fatta considerando i migliori risultati (2 sole modalità per un totale di 5 studenti) e i peggiori (3 modalità per un totale di 4 studenti) e normalizzando a 4,33 in entrambi i casi al fine di avere risultati compresi tra -1 e 1. Numericamente:

$$N_m(\text{corretto}) = \frac{13}{15} N_m \quad N_p(\text{corretto}) = \frac{13}{12} N_p$$

Dalla tabella si vede come gli item non abbiano mai una selettività rovesciata; d'altra parte gli item 3, 6, 11, 12, 15 e 16 hanno una selettività molto bassa e quindi non discriminano fra studenti preparati o meno. Al contrario sono buoni gli item 10 e 18.

L'indice di affidabilità

L'indice di affidabilità di un item (IA) è dato dal prodotto di ID e IS, rappresenta quanto un item sia utile in una prova, nel senso di essere sufficientemente facile da poter essere affrontato dalla maggioranza degli studenti e, contemporaneamente, sufficientemente difficile da poter fare selezione fra essi. IA può variare tra -1 e 1, dove il segno viene determinato da IS; un item è tanto più affidabile quanto più IA è prossimo a 1.

Anche IA è stato calcolato in due modi come IS, e la tabella evidenzia come, con l'eccezione degli item 4, 9, 10, 14 e 18 gli item non siano particolarmente affidabili.

| Item | Es. 1 | | | Es. 2 | | Es. 3 | | | Es. 4 | | Es. 5 | | | | Es. 6 | | | |
|----------------------|-------|------|----|-------|------|-------|------|------|-------|------|-------|------|------|------|-------|------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| ID | 0,85 | 0,69 | 0 | 0,62 | 0,38 | 0,92 | 0,69 | 0,46 | 0,69 | 0,46 | 1,00 | 0,92 | 0,62 | 0,69 | 0,77 | 0,85 | 0,77 | 0,62 |
| E | 11 | 9 | 0 | 8 | 5 | 12 | 9 | 6 | 9 | 6 | 13 | 12 | 8 | 9 | 10 | 11 | 10 | 8 |
| S | 2 | 4 | 13 | 5 | 8 | 1 | 4 | 7 | 4 | 7 | 0 | 1 | 5 | 4 | 3 | 2 | 3 | 5 |
| PD | 0,52 | 0,85 | 0 | 0,95 | 0,95 | 0,28 | 0,85 | 0,99 | 0,85 | 0,99 | 0 | 0,28 | 0,95 | 0,85 | 0,71 | 0,52 | 0,71 | 0,95 |
| N_m (5studenti) | 5 | 4 | 0 | 4 | 2 | 2,5 | 2,5 | 3 | 5 | 5 | 5 | 2,5 | 2,5 | 5 | 4 | 2,5 | 2,5 | 5 |
| N_p (4 studenti) | 3 | 2 | 0 | 1 | 0 | 1,5 | 0,5 | 1 | 2 | 0 | 4 | 1,5 | 0,5 | 2 | 3 | 1,5 | 1 | 1 |
| IS | 0,46 | 0,46 | 0 | 0,69 | 0,46 | 0,23 | 0,46 | 0,46 | 0,69 | 1,15 | 0,23 | 0,23 | 0,46 | 0,69 | 0,23 | 0,23 | 0,35 | 0,92 |
| N_m (corretto) | 4,33 | 3,47 | 0 | 3,47 | 1,73 | 2,17 | 2,17 | 2,6 | 4,33 | 4,33 | 4,33 | 2,17 | 2,17 | 4,33 | 3,47 | 2,17 | 2,17 | 4,33 |
| N_p (corretto) | 3,25 | 2,17 | 0 | 1,08 | 0 | 1,63 | 0,54 | 1,08 | 2,17 | 0 | 4,33 | 1,63 | 0,54 | 2,17 | 3,25 | 1,63 | 1,08 | 1,08 |
| IS (corretto) | 0,25 | 0,3 | 0 | 0,55 | 0,4 | 0,13 | 0,38 | 0,35 | 0,5 | 1 | 0,00 | 0,13 | 0,38 | 0,5 | 0,05 | 0,13 | 0,25 | 0,75 |
| IA | 0,39 | 0,32 | 0 | 0,43 | 0,18 | 0,21 | 0,32 | 0,21 | 0,48 | 0,53 | 0,23 | 0,21 | 0,28 | 0,48 | 0,18 | 0,20 | 0,27 | 0,57 |
| IA (corretto) | 0,21 | 0,21 | 0 | 0,34 | 0,15 | 0,12 | 0,26 | 0,16 | 0,35 | 0,46 | 0 | 0,12 | 0,23 | 0,35 | 0,04 | 0,11 | 0,19 | 0,46 |

Correlazione fra gli item

Come ultimo punto, con l'aiuto di JsStat, programma per l'analisi quantitativa dei dati liberamente utilizzabile dal sito <http://www.edurete.org/jsstat/jsstat.htm> si è analizzata la correlazione fra gli item che si proponevano di verificare il raggiungimento dello stesso obiettivo. Facendo riferimento alla tabella degli obiettivi, le correlazioni sono le seguenti:

| Obiettivo 4 min | I7 | I9 | I11 | I15 |
|-----------------|----|------|------|-------|
| I7 | 1 | 0,28 | N.C. | -0,37 |
| I9 | | 1 | N.C. | 0,03 |
| I11 | | | 1 | N.C. |
| I15 | | | | 1 |

| Obiettivo 2 st | I10 | I13 | I17 |
|----------------|-----|------|------|
| I10 | 1 | 0,41 | 0,51 |
| I13 | | 1 | 0,69 |
| I17 | | | 1 |

| Obiettivo 1 st | I12 | I16 |
|----------------|-----|------|
| I12 | 1 | 0,23 |
| I16 | | 1 |

Come evidenziato dalle tabelle sopra riportate le correlazioni non sono sempre evidenti: l'item 15 per l'obiettivo minimo 4 probabilmente è stato mal posto, e anche gli item 12 e 16 hanno correlazione negativa.

Conclusioni relative all'analisi degli item

Dall'analisi quantitativa degli item si ottengono spunti interessanti: anche a causa della poca conoscenza della classe, frequentata solo nell'ambito del tirocinio attivo, la prova è stata mal calibrata: una buona prova dovrebbe avere qualche item particolarmente facile, per discriminare "in basso" e qualche item molto difficile per discriminare "in alto". In realtà nella prova in oggetto molti item sono risultati particolarmente semplici. Inoltre anche gli item costruiti per rilevare lo stesso tipo di abilità si sono rilevati, in alcuni casi, poco correlati fra loro. Questo rileva probabilmente il possesso dell'abilità da verificare, ma carenze di particolari conoscenze diverse da alunno ad alunno.

Indicazioni per il recupero degli allievi insufficienti

Come indicato dalla matrice dei voti, solo uno studente ha riportato un'insufficienza, tra l'altro grave. Lo studente in realtà presenta una situazione complessa per cui il livello di partecipazione e di attenzione a scuola, specialmente nelle ore di matematica e fisica, sono specialmente modesti, ed accompagnati da un impegno a casa praticamente nullo. L'azione di recupero individuale per lo studente in questione dovrebbe partire da un'indagine seria sulla natura delle sue carenze (motivazionali, metodologiche, psicologiche, cognitive, o altro ancora), per poi poter agire di conseguenza. Un altro obiettivo in questo frangente è di rinforzare le conoscenze e abilità degli studenti che hanno ottenuto la sufficienza e cercare di approfondirle in modo tale da poter valutare, in una successiva interrogazione, il loro raggiungimento. Si dovrebbe quindi cercare di far leva sul livello alto della classe per coinvolgere l'allievo insufficiente, e al tempo stesso innalzarlo ulteriormente. A tale scopo sarebbero ad esempio opportuni inviti ad

approfondimenti e ricerche di gruppo da presentare poi alla classe, inserendo l'allievo debole in gruppi che possano stimolarlo e coinvolgerlo.

Autoriflessione sull'esperienza compiuta

La preparazione di una prova sommativa ha richiesto un lavoro di preparazione intenso che, a causa dei tempi e delle modalità ristrette, non è andato a fine come ci si aspettava. Comunque l'esperienza è da considerarsi positiva nel senso che ha permesso di verificare come il lavoro svolto in classe sia stato utile agli studenti e, d'altra parte, ha permesso di meditare sulle varie scelte operate sia in ambito didattico sia in ambito valutativo.

Nel complesso si può notare come i prerequisiti richiesti fossero corretti, e così anche i tempi e l'articolazione dell'unità didattica; tutti gli obiettivi proposti sono stati raggiunti, con l'eccezione dell'obiettivo relativo all'item 3, che probabilmente richiedeva un livello di raffinatezza di comprensione della fisica in generale, unito a rigore espositivo, che gli studenti ancora non possiedono. Ciò, considerando anche l'alto rendimento avuto, indica che si potrebbe lavorare in seguito per conseguirlo.

Nel complesso è risultato che la prova proposta era troppo semplice per la classe, che è comunque di livello medio-alto (ricordiamo che non vi erano insufficienze nel primo quadrimestre). Sarebbe stato utile provare a introdurre altri concetti prima dello svolgimento della prova, per avere più materiale da esaminare e possibilità differenti nel proporre esercizi. Di certo gli studenti sono stati facilitati dalla limitatezza dei contenuti su cui si svolgeva la prova. Hanno comunque dimostrato di essersi impossessati in modo più che soddisfacente delle abilità inerenti all'unità didattica. Questo riflette d'altronde il buon clima d'apprendimento creatosi nella classe durante le lezioni. La presenza di due insegnanti, anche se solo uno di loro (il tirocinante) fosse operativamente attivo, ha di certo contribuito a ciò. Va anche notato che gli esercizi proposti erano relativamente simili a quelli proposti in classe, pur se in contesti diversi. Questa scelta, come già detto, è stata motivata dal fatto che i discenti non erano abituati ad affrontare prove scritte di questo tipo e il tirocinante ha evidentemente sopravvalutato la difficoltà che questo poteva rappresentare. In considerazione di ciò, vista anche l'effettiva assenza di item con alto potere discriminante, sarebbe stato meglio introdurre un esercizio radicalmente diverso rispetto a quelli affrontati in classe e che richiedesse l'uso di matematica più elaborata e la mobilitazione di altre risorse da integrare con quelle sviluppate durante lo svolgimento dell'unità didattica. Si avrebbe così avuto la possibilità di testare ulteriori processi cognitivi (ad esempio creare, pianificare e produrre) e la competenza dei discenti a un livello più approfondito.

Infine notiamo che l'analisi della prova qui svolta è stata decisamente utile in quanto ha permesso di evidenziare i pregi e i limiti del lavoro fatto e di indicare future direzioni di lavoro in un modo decisamente più preciso ed efficace rispetto alle considerazioni che già erano state fatte dopo la correzione.