

Chiara Paolizzi

Scuola Media Vicentini, Chieti

II H a.s. 2005/06

... e tutto giù per terra!

Una caduta storica

Rapporto di ricerca

«... “e però per intelligenza mia e di altri simili a me, parmi che sarebbe stato opportuno in questo luogo arrear qualche esperienza...”

“Voi, da vero scienziato, fate una ben ragionevol domanda; e così si costuma e conviene nelle scienze le quali alle conclusioni naturali applicano le dimostrazioni matematiche ... li quali con sensate esperienze confermano i principii loro...”»

GALILEO GALILEI *Discorsi intorno a due nuove scienze*

INDICE

IL PROBLEMA AFFRONTATO E IL SUO CONTESTO	2
Il problema affrontato	
Contesto scolastico	
Ambito metodologico di riferimento	
OBIETTIVI	10
Profilo Educativo Culturale e Professionale	
Obiettivi Generali del Processo Formativo	
Obiettivi Formativi Personalizzati	
Obiettivi specifici di apprendimento	
Competenze di uscita	
IL PIANO DI SVOLGIMENTO	12
Diario di lavoro	
Materiali di lavoro	
GLI ASPETTI INNOVATIVI	25
I PRODOTTI DELLA RICERCA	25
VALUTAZIONE DEGLI ESITI	26
Strumenti di valutazione	
Esiti della valutazione e raggiungimento degli obiettivi	
COLLABORAZIONI	30
BIBLIOGRAFIA	30

IL PROBLEMA AFFRONTATO E IL SUO CONTESTO

Il problema affrontato

Il lavoro presentato è una porzione di un'unità di apprendimento più vasta, dal titolo "Un mondo ben proporzionato", che comprende anche la proporzionalità. In questa UdA ho voluto trattare la proporzionalità come strumento utile per la descrizione di fenomeni fisici, in particolare lo studio della caduta dei gravi.

L'impostazione del lavoro, è fortemente sperimentale, ed ha un preciso ed importante taglio storico. Mi è sembrato interessante, formativo ed entusiasmante affrontare lo studio di tale fenomeno seguendo la trattazione che ne fa lo stesso Galileo nei *Discorsi intorno a due nuove scienze* e, soprattutto, mettendo a confronto le ipotesi esposte da Galileo nel suo libro, con quelle elaborate dagli alunni. Siamo infatti partiti da un'esperienza personale "una discesa in bicicletta" per fare ipotesi su cosa accade durante questa discesa. L'analisi delle supposizioni di tutti gli alunni ha portato ad evidenziare diverse delle ipotesi esposte da Galileo nei suoi *Discorsi*, abbiamo così potuto constatare che i concetti di senso comune degli alunni, coincidevano con quelli degli scienziati dell'antichità. Come se il percorso conoscitivo individuale corrisponda a quello storico. Abbiamo indagato la veridicità di tali ipotesi tramite le riposte che ad esse ha dato Galileo.

Abbiamo preso, una a una, le ipotesi che erano emerse nella nostra discussione e ne abbiamo trovata la corrispondente nel testo di Galileo studiando la relativa confutazione, traducendo il suo linguaggio in quello attuale della proporzionalità, eseguendo gli esperimenti da lui descritti e discutendo le sue spiegazioni. Arrivati, infine, all'ultima ipotesi (velocità direttamente proporzionale al tempo), con l'aiuto di alcuni genitori abbiamo ricostruito il piano inclinato, l'orologio ad acqua e il pendolo ed abbiamo eseguito l'esperimento della discesa lungo il piano inclinato. Abbiamo effettuato le misure con un cronometro ed abbiamo elaborato i dati arrivando alla proporzionalità tra spazio e quadrato del tempo, e da qui a quella tra velocità e tempo.

Il lavoro finale è diviso in sei parti, ciascuna organizzata in modo da partire da un'idea degli alunni, ritrovarla nei testi di Galileo che vengono discussi, compresi e tradotti in linguaggio moderno, eseguire gli esperimenti da lui proposti o analizzare i suoi ragionamenti per assurdo.

1. Studio del moto rettilineo uniforme.
2. Analisi della caduta dei gravi: non è un moto uniforme, ma accelerato. Prima ipotesi sulla caduta: la velocità aumenta solo nei primi istanti ma poi resta costante per tutto il resto della caduta. Confutazione dell'ipotesi con un esperimento.
3. Seconda ipotesi sulla caduta: la velocità è direttamente proporzionale allo spazio. Confutazione dell'ipotesi con un ragionamento per assurdo.
4. Terza ipotesi: la velocità è direttamente proporzionale al peso del grave. Confutazione dell'ipotesi in tre modi: con un esperimento raccontato da Galileo, con un ragionamento per assurdo (sempre di Galileo) e con un esperimento fatto da noi¹.
5. Quarta ipotesi: la velocità è inversamente proporzionale alla densità del mezzo in cui avviene la caduta. Confutazione attraverso un ragionamento.
6. Quinta ipotesi: la velocità è direttamente proporzionale al tempo. Verifica dell'ipotesi mediante l'esperimento di discesa di una pallina lungo un piano inclinato.

1.

Il lavoro ha preso l'avvio da una battuta che ho fatto ad un alunno fingendomi arrabbiata: "Luca non stai mai fermo, ma sai cosa significa stare fermi?". Tale battuta ha aperto una discussione in cui poco alla volta, sono emersi tanti concetti e miscocetti sullo stare fermi, sul muoversi, sulla velocità; era necessario fare ordine tra tutte quelle idee, e noi non eravamo certo i primi a desiderare tale or-

¹ Che io vidi eseguire dalla mia insegnante di scienze alla Scuola Media, la prof.ssa Renata Succi di Rimini.

dine. Tanti ci avevano provato, e uno scienziato in particolare, in un libro importante aveva raccolto le idee dei suoi predecessori, commentandole correggendole e arrivando a delle sue conclusioni importantissime. Sapete chi era? Era Galileo, di cui già altre volte avevamo parlato. Vi andrebbe di sentire e sperimentare quello che scrisse? Cominciamo allora, dalle parole di Galileo che individuano l'oggetto di studio (il moto) e definiscono il moto equabile.

«Circa il moto equabile ci occorre una sola definizione, che formulo così: moto eguale o uniforme intendo quello in cui gli spazi percorsi da un mobile in tempi uguali, risultano tra loro uguali»²

Analizziamo i primi tre assiomi e li discutiamo.

«ASSIOMA 1 in uno stesso moto equabile, lo spazio percorso in un tempo più lungo è maggiore dello spazio percorso in un tempo più breve.

ASSIOMA 2 in uno stesso moto equabile, il tempo in cui è percorso uno spazio maggiore è più lungo del tempo impiegato a percorrere uno spazio minore.

ASSIOMA 3 lo spazio, percorso in un dato tempo a velocità maggiore, è maggiore di quello percorso, nello stesso tempo, a velocità minore.»³

Ci chiediamo poi, come possiamo descrivere il moto equabile in un linguaggio moderno? Dalla definizione di Galileo ricaviamo una tabella di valori di spazi percorsi e tempi impiegati. Costruiamo il grafico relativo e otteniamo una retta, la formalizzazione è allora, quella della proporzionalità diretta tra spazio e tempo e possiamo definire la velocità come rapporto (costante) tra spazio e tempo.

2.

Discutiamo di cosa succede quando facciamo una discesa in bici⁴ ed elenchiamo sul quaderno tutte le nostre ipotesi; Galileo dice che una tale discesa assomiglia molto a cadere in verticale (e questo lo racconterò dopo). Ma la caduta degli oggetti è un moto equabile? Comprendiamo che non è così in quanto è evidente che la velocità non resta costante perché si parte da velocità zero e si finisce con velocità diversa da zero. Si tratta allora di capire come varia e da cosa dipende la variazione di velocità.

Prima di cominciare l'indagine, però, capiamo bene quali sono gli obiettivi che si pone Galileo in questa indagine:

«Non mi par tempo opportuno d'entrar al presente nell'investigazione della causa dell'accelerazione del moto naturale, intorno alla quale da varii filosofi varie sentenze sono state prodotte, le quali fantasie con altre appresso, converrebbe andare esaminando e con poco guadagno risolvendo. Per ora basta al nostro Autore che noi intendiamo che egli ci vuole investigare e dimostrare alcune passioni di un moto accelerato (qualunque sia la causa della sua accelerazione)»⁵

Quindi a Galileo non interessa capire perché gli oggetti cadono, ma COME cadono⁶.

Una delle ipotesi degli alunni era che la velocità fosse sempre uguale. Questa è anche la prima ipotesi che espone Galileo: la velocità aumenta solo nei primissimi istanti per poi rimanere costante per il resto della caduta. Galileo confuta questa ipotesi con un semplice esperimento che abbiamo realizzato anche noi utilizzando una sfera di acciaio e una bacinella piena di sabbia bagnata:

² Galileo Galilei, *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze attenenti alla meccanica e i movimenti locali*, Classici della Scienza, UTET, terza edizione 1996, ristampa 1999, pag. 724

³ Galileo Galilei, *op. cit.*, pag. 724.

⁴ A Chieti poche persone vanno in bici e non tutti gli alunni ne hanno esperienza. Per cui le ipotesi emerse sono alcune, frutto di esperienza, altre di ragionamenti, di istinto, di senso comune, di confronto con situazioni che assomigliano, come far scendere una macchinina giocattolo da una discesa.

⁵ Galileo Galilei, *op. cit.*, pag. 734.

⁶ E questa riflessione è una anticipazione della distinzione tra cinematica e dinamica che analizzeranno molto meglio alle superiori.

«Posate un grave sopra una materia cedente, lasciandovelo sin che preme quanto egli può con la sua semplice gravità: è manifesto che, alzandolo un braccio o due, lasciandolo poi cadere sopra la medesima materia, farà con la percossa nuova pressione, e maggiore che la fatta prima co'l solo peso; e l'effetto sarà cagionato dal mobile cadente congiunto con la velocità guadagnata nella caduta, il quale effetto sarà più e più grande, secondo che da maggior altezza verrà la percossa, cioè secondo che la velocità del percuziente sarà maggiore.

Quanta dunque sia la velocità di un grave cadente, lo potremo noi senza errore congetturare dalla qualità e quantità della percossa...»⁷

Quindi concludiamo che la velocità aumenta continuamente durante la caduta.

3.

Se cadendo da più in alto si giunge a terra più veloce, significa che più è lo spazio più è la velocità, che era un'altra delle ipotesi emerse nella discussione sulla discesa in bici. Galileo presenta anche questa ipotesi per cui la velocità è direttamente proporzionale allo spazio, e la confuta da un ragionamento per assurdo.

«E pur è tanto falsa e impossibile, quanto che il moto si faccia in un istante: ed eccovene chiarissima dimostrazione. Quando le velocità hanno la medesima proporzione che gli spazi passati o da passarsi, tali spazii vengon passati in tempi uguali; se dunque le velocità con le quali il cadente passò lo spazio di quattro braccia, furon doppie delle velocità con le quali passò le prime due braccia, adunque i tempi di tali passaggi sono uguali...»⁸

Noi abbiamo schematizzato nel modo seguente.

$$S_1 = 2 \text{ braccia}$$

$$V_1 = v$$

Secondo l'ipotesi se lo spazio raddoppia anche la velocità a terra sarà doppia:

$$S_2 = 4 \text{ braccia}$$

$$V_2 = 2 \cdot v$$

Calcoliamo il tempo della prima caduta

$$t_1 = \frac{S_1}{V_1} = \frac{2}{v}$$

e ora calcoliamo il tempo della seconda caduta

$$t_2 = \frac{S_2}{V_2} = \frac{4}{2 \cdot v} = \frac{2}{v}$$

Quindi per cadere da 2 braccia dovrebbe impiegare lo stesso tempo necessario a cadere da 4 braccia, ma questo è assurdo.

«ma passare il medesimo mobile le quattro braccia e le due nell'istesso tempo, non può aver luogo fuor che nel moto istantaneo: ma noi veggiamo che il grave cadente fa suo moto in tempo, ed in minore passa le due braccia che le quattro; adunque è falso che la velocità sua cresca come lo spazio.»⁹

⁷ Galileo Galilei, *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze attenenti alla meccanica e i movimenti locali*, Classici della Scienza, UTET, terza edizione 1996, ristampa 1999, pag. 730.

⁸ Galileo Galilei, *op. cit.*, pag. 735.

⁹ Galileo Galilei, *op. cit.*, pag. 735.

4.

Si era parecchio discusso se essere magri o grassi influisca sulla discesa; facendo scendere due macchinine di grande differenza di peso (o altre coppie di oggetti) lungo la stessa discesa, abbiamo osservato che arrivava prima la più pesante. Anche Aristotele aveva fatto questa ipotesi, che la velocità sia direttamente proporzionale al peso del grave. Galileo la espone e poi inizia la sua confutazione citando un esperimento compiuto da lui a Pisa che mostra la non veridicità dell'ipotesi: con due palle, la grande di artiglieria e la piccola di moschetto era salito sulla Torre. Quella di moschetto pesa mezza libra invece quella di cannone pesa 100 libbre cioè 200 volte di più! Se pesa 200 volte di più dovrebbe arrivare 200 volte prima... e invece non accade! Arriva prima, ma solo di un palmo! E quindi l'ipotesi di Aristotele non è corretta.

L'ipotesi viene confutata, però, anche con un ragionamento:

«Ma, senz'altre esperienze, con breve e concludente dimostrazione possiamo chiaramente provare, non esser vero che il mobile più grave si muova più velocemente d'un altro men grave. Quando noi avessimo due mobili, le naturali velocità dei quali fossero ineguali, è manifesto che se noi congiungessimo il più tardo col più veloce, questo dal tardo sarebbe in parte ritardato, ed il tardo in parte velocitato dall'altro più veloce. Ma se questo è, ed è insieme vero che una pietra grande si muova, per esempio, con otto gradi di velocità, ed una minore con quattro, congiungendole il loro composto si muoverà con velocità minore di otto, per esempio sei. Ma le due pietre congiunte insieme fanno una pietra maggiore che della prima e quindi secondo la vostra ipotesi dovrebbero muoversi con velocità maggiore di otto, invece... »¹⁰

Infine, per rispondere all'ultima obiezione di Simplicio:

«Il vostro discorso procede benissimo veramente: tuttavia mi par duro a credere che una lagrima di piombo si abbia a muovere così veloce come una palla di artiglieria»¹¹

facciamo i seguenti esperimenti.

- a) Lasciamo cadere un foglio di carta aperto e poi accartocciato; è evidente che accartocciato cade molto più veloce, ma è anche evidente che il suo peso non è cambiato, quindi abbiamo già una confutazione dell'ipotesi: non è importante il peso, ma la forma.
- b) Ritagliamo un dischetto di carta delle dimensioni di una moneta e facciamo cadere uno a fianco all'altra carta e moneta. La moneta arriva molto prima della carta. Appoggiamo (NON INCOLLIAMO) ora la carta sulla moneta e ripetiamo la caduta, se la carta è ben posizionata, essa arriva esattamente insieme alla moneta! È successo che la moneta ha 'tagliato' l'aria alla carta: se non ci fosse l'aria, allora, tutti gli oggetti cadrebbero insieme.

5.

Nella nostra discussione erano emerse anche considerazioni sulle caratteristiche tecniche della bicicletta. Abbiamo concordato che se consideriamo semplicemente la caduta dei gravi possiamo eliminare questo tipo di problematiche. Galileo presenta anche una quarta ipotesi, a cui noi non avevamo pensato: che la velocità sia inversamente proporzionale alla densità del mezzo in cui il grave cade.

«Nell'altra posizione Aristotele piglia che le velocità del medesimo mobile in diversi mezzi ritengano tra loro la proporzione contraria di quella che hanno le grossezze di essi mezzi; talmente che posto che la crassie dell'acqua fusse dieci volte maggiore di quella dell'aria, vuole che la velocità nell'aria sia dieci volte più che la velocità nell'acqua.»¹²

Il problema che rileva Galileo a questo riguardo è che tale considerazione vale solo per alcuni materiali e non è generalizzabile a tutti.

¹⁰ Galileo Galilei, *op. cit.*, pag. 634.

¹¹ Galileo Galilei, *op. cit.*, pag. 636.

¹² Galileo Galilei, *op. cit.*, pag. 633.

«Questo è falso e mi meraviglio che per voi stesso non penetriate la fallacia, e che non vi accorgiate che quando fusse vero che l'istesso mobile in mezzi di differente sottilità e rarità... si movesse con velocità nell'aria maggiore che nell'acqua, ne seguirebbe che ogni mobile che scendesse per aria scenderebbe anco nell'acqua... l'ipotesi è tanto falsa quanto che moltissimi scendono nell'aria, che nell'acqua non pur non discendono, ma sormontano all'insù»¹³

6.

Eccoci, infine, alla quinta ipotesi, che sembra un po' strana: la velocità è direttamente proporzionale al tempo.

«Per ora basta al nostro Autore che noi intendiamo che egli ci vuole investigare e dimostrare alcune passioni di un moto accelerato (qualunque sia la causa della sua accelerazione) talmente, che i momenti della sua velocità vadano accrescendosi, dopo la sua partita dalla quiete, con quella semplicissima proporzione con la quale cresce la continuazione del tempo, che è quanto dire che in tempi uguali si faccian eguali additamenti di velocità»¹⁴

Per verificare questa ipotesi è necessario fare un esperimento, si tratterebbe di misurare tempo e velocità. Ci sono però due difficoltà tecniche. La prima è che Galileo non ha uno strumento per misurare la velocità. La seconda è che il tempo di caduta (verticale) è molto corto e l'orologio che ha Galileo non è sufficientemente preciso per misurarlo. Per risolvere la prima difficoltà si decide di misurare lo spazio e determinare la velocità come S/t , facendo attenzione al fatto che poiché il moto non è equabile la velocità che otterremo sarà la velocità media. Per risolvere il secondo problema dovremmo trovare il modo di rallentare la caduta.

Galileo trova la seguente risposta:

«Assumo che i gradi di velocità, acquistati da un medesimo mobile su piani diversamente inclinati, siano eguali allorché sono eguali le elevazioni di quei piani medesimi»¹⁵

Che gli consente di sostituire la caduta verticale in una lungo un piano inclinato di pari altezza, la velocità a terra sarà la stessa, ma la caduta lungo il piano è più lunga e quindi misurabile dal suo orologio.

Per mostrare (approssimativamente) che l'assunto è vero, Galileo illustra l'esperimento del pendolo con un 'intoppo':

«Figuratevi questo foglio essere una parete eretta all'orizzonte, e da un chiodo fitto in essa pendere una palla di piombo di un'oncia o due sospesa da sottil filo. Nella parete segnate una linea orizzontale. Trasferendo il filo con la palla all'altezza della linea, lasciate essa palla in libertà, la quale sormonterà fino quasi alla segnata parallela, toglitela precisamente arrivarvi dall'impedimento dell'aria e del filo... dal che possiamo veracemente concludere che l'impeto acquistato dalla palla, nello scendere, fu tanto, che bastò a risospingersi alla medesima altezza. Fatta e più volte reiterata questa esperienza voglio che ficchiamo nella parete, rasente al perpendicolo, un chiodo che sporga in fuori di cinque dita, e questo acciò che il filo tornando, come prima a riportar la palla [alla parallela e lasciandola libera] intoppando il filo nel chiodo sia costretta a camminare per un'altra circonferenza...»¹⁶

Ora Signori voi vedrete con gusto che la palla arriva sempre alla stessa altezza!

A questo punto siamo pronti per eseguire l'esperimento, per il quale abbiamo utilizzato un piano inclinato di legno di circa 3 m costruito secondo la descrizione di Galileo, misurando i tempi di discesa lungo esso con un cronometro. Abbiamo costruito il grafico $s-t$ che mostra una curva (parabola) e

¹³ Galileo Galilei, *op. cit.*, pag. 637.

¹⁴ Galileo Galilei, *op. cit.*, pag. 734.

¹⁵ Galileo Galilei, *op. cit.*, pag. 737.

¹⁶ Galileo Galilei, *op. cit.*, pag. 738.

abbiamo costruito il grafico $s-t^2$ che invece è una retta. Di conseguenza la proporzionalità tra s e t^2 è diretta cioè

$$S = k \cdot t^2$$

Nel calcolare poi la velocità media si ottiene

$$V = \frac{S}{t} = \frac{k \cdot t^2}{t} = k \cdot t$$

Che è esattamente l'ipotesi formulata di velocità direttamente proporzionale al tempo.

Una volta ultimato il lavoro didattico in classe, ho scritto il copione e ho indicato i gruppi di lavoro che si sarebbero dovuti formare per la rappresentazione teatrale:

- un gruppo per il moto equabile,
- un gruppo per la prima ipotesi
- un gruppo per la seconda e la quarta ipotesi
- un gruppo per la terza ipotesi
- un gruppo per la quinta ipotesi
- un narratore
- Simplicio
- un alunno che scrive alla lavagna le ipotesi

I ragazzi si sono divisi da soli (con qualche suggerimento) e abbiamo iniziato le prove che si sono tenute sempre di pomeriggio: sei prove a gruppi separati e tre prove generali.

Contesto scolastico

La classe II H è una classe molto particolare. È costituita da 22 alunni, tra loro c'è F. un ragazzo diversamente abile con gravi problemi psicologici e comportamentali, un'altra ragazza G. diversamente abile con forti difficoltà di apprendimento ma assolutamente normale per tutti gli altri aspetti; dei rimanenti alunni, almeno nove si trovano in una situazione didattica molto incerta. Già dallo scorso anno sono arrivati in I media con grandi carenze nelle conoscenze di base, sono ragazzi che non vivono situazioni familiari stimolanti dal punto di vista culturale ed alcuni di questi risultano quasi abbandonati a se stessi dal punto di vista del lavoro scolastico; i maschi, specialmente, sono molto piccoli fisicamente ed estremamente immaturi. Per diversi motivi nessuno di loro è stato fermato lo scorso anno, e quest'anno per tutti si sono riproposte le stesse difficoltà. Naturalmente la loro presenza influenza il lavoro di tutta la classe in quanto, compresi i due diversamente abili si tratta di undici alunni, su ventidue, che necessitano di ritmi di lavoro estremamente più lenti della norma e non riescono ad affrontare tutte le problematiche usualmente proposte.

Ne risulta una situazione in cui gli alunni più capaci di lavorare e con maggiori capacità di comprensione sono spesso messi in secondo piano nel tentativo di recuperare le carenze degli altri; i bravi stessi, spesso, non sono del tutto capaci a lavorare da soli e non si può contare sulla loro completa serietà e affidabilità.

Pochi sono capaci di concentrarsi ed essere autonomi, pochi hanno una buona maturità e responsabilità.

Spesso manca il tempo di approfondire alcuni aspetti e di occuparsi di quelli più difficili. Temo che a volte, anche a scuola manchino a questa classe dei buoni stimoli culturali.

A fronte di tutte queste difficoltà ed aspetti negativi, è importante rilevare che quasi tutti (eccetto forse solo una persona) sono ragazzi semplici che si lasciano entusiasmare. Ed è proprio su questo aspetto che ho voluto cominciare il mio lavoro, l'intento era quello di affrontare lo studio di una questione fondante in modo diverso, entusiasmante ma anche molto formativo per tentare di catturare tutti, di rendere tutti partecipi, di dare a tutti gli strumenti per capire, e per essere parte attiva del-

la classe. Volevo tentare in tutti i modi di renderli protagonisti di un lavoro importante costruito in gran parte da loro.

L'importanza risiede principalmente nella richiesta di formulazione di ipotesi, nel confronto tra le nostre ipotesi e quelle degli scienziati dell'antichità, nell'utilizzo dei testi originali di Galileo, nella sperimentazione in prima persona del metodo scientifico, nello studio della proporzionalità come strumento matematico che viene utilizzato nella lettura dei dati sperimentali, nella realizzazione di uno spettacolo in cui ciascuno ha una parte.

Occorre rilevare che il lavoro in oggetto era stato preceduto da quattro settimane in cui avevamo studiato, in matematica, le proporzioni e la proporzionalità, con un approccio un po' diverso da quello usuale. Mi interessa molto che gli alunni sappiano cosa vuol dire una proporzione, la sappiano risolvere utilizzando la proprietà fondamentale, sappiano riconoscere quando due grandezze sono direttamente o inversamente proporzionali e sappiano riconoscere che per le prime è costante il rapporto mentre per le seconde il prodotto e, infine, se rappresentate in un grafico le prime producono una retta le seconde una iperbole. Da qui discende il metodo di soluzione dei problemi del tre semplice: riconoscimento della proporzionalità, conseguente costanza di rapporti o di prodotti, conseguente scrittura di una proporzione o di una uguaglianza di prodotti, determinazione dell'incognita presente nell'uguaglianza scritta. Inoltre avevamo partecipato al programma di prestito della Texas Instruments e avevamo utilizzato le TI 84 per disegnare le rette di cui trovavamo l'equazione. Non solo, abbiamo infatti osservato che se graficavamo $y = K x^2$ invece che $y = K x$ non si disegnava una retta ma una curva (a cui ho dato il nome di parabola).

Per quanto riguarda conoscenze e abilità, al momento di iniziare la parte di scienze della presente UdA abbiamo già acquisito:

Conoscenze

Concetto di rapporto
Definizione di proporzione
La proprietà fondamentale delle proporzioni
Proporzioni con un termine incognito
Proporzioni continue Proporzionalità diretta e costanza di rapporti
Proporzionalità inversa e costanza di prodotti
Retta, iperbole, parabola

Abilità

Riconoscere proporzioni vere e false eseguendo le divisioni oppure verificando la proprietà fondamentale
Calcolare il termine incognito di una proporzione
Risolvere problemi del tre semplice
Riconoscere dal grafico se due grandezze sono direttamente o inversamente proporzionali
Costruire il grafico della proporzionalità tra due grandezze
Trovare la relazione matematica della proporzionalità

Ambito metodologico di riferimento

Nella progettazione di questo lavoro, che nasce dalla conoscenza degli alunni della classe e da quelle che io ritenevo fossero delle necessità per il nostro/loro apprendere e crescere, mi sono basata su alcune considerazioni didattiche in cui credo fermamente.

La prima è di tipo disciplinare: da un lato, ritengo la proporzionalità e le relazioni tra grandezze, un nucleo fondante della matematica di II media; dall'altro credo che la trattazione sperimentale adottata per lo studio della caduta dei gravi consente di utilizzare in modo completo il metodo scientifico.

La seconda considerazione è di tipo metodologico: se questo argomento costituisce un nucleo fondante, allora merita di essere trattato attuando tutte le strategie possibili per raggiungere un vero apprendimento.

In questo senso, ambiente privilegiato ritengo sia quello in cui gli alunni sono messi in primo piano nella scoperta delle relazioni, divenendo gli attori principali del loro processo di apprendimento. Apprendere per scoperta è un metodo dispendioso, richiede tempo per osservare, analizzare, confrontarsi, esplicitare idee, condividere ipotesi, conclusioni, linguaggi e formalizzazioni; è evidente che non è possibile affrontare tutti gli argomenti in questo modo, per questo, seguendo Bruner, ho scelto di utilizzarlo per questo argomento, proprio in virtù della sua importanza fondante. Nel fare questa scelta, mi sono anche discostata dal modo usuale utilizzato nei libri di testo per trattare le proporzioni, la proporzionalità tra grandezze e i problemi del tre semplice.

Ogni volta che ho potuto, ho preso le mosse dall'esperienza degli alunni per dare senso e motivazione alle analisi proposte (Dewey); così per la matematica sono partita dal confronto tra prestazioni rispetto ai risultati di un gioco, mentre per scienze dall'osservazione delle modalità di caduta di diversi oggetti di uso comune, e dalle esperienze dirette di discese in bici.

Particolare attenzione ho posto al linguaggio; in matematica per aderire il più possibile ai diversi stili di apprendimento, sono partita dal linguaggio prassico costruendo, e facendo manipolare, modellini nei quali sono in gioco grandezze direttamente e inversamente proporzionali, utilizzando, poi, istogrammi e analizzando attentamente gli andamenti di retta e iperbole, ho fatto leva su quello iconico, per arrivare, infine, al linguaggio simbolico, punto di massima formalizzazione. Successivamente in scienze, sono partita dall'esperienza diretta degli alunni esposta con il loro linguaggio, l'ho elaborata traducendola nel linguaggio matematico della proporzionalità (facendo molta attenzione alle parole *costante*, *variabile*, *in funzione di*), l'ho confrontata con un altro linguaggio antico, quello di Galileo, ho affrontato verifiche sperimentali e analisi dati che utilizzarono di nuovo il linguaggio matematico iconico (parabole e rette).

L'analisi delle ipotesi di soluzione, delle rispettive verifiche e dei conseguenti risultati, attraverso una negoziazione di significati che produce la formulazione definitiva, scientificamente corretta e condivisa, è un processo collettivo (Vygotskij). L'aspetto individuale dell'interiorizzazione dei concetti, avviene attraverso la verbalizzazione di ciò che si è fatto e si fa (Piaget), e per mezzo dell'analisi individuale di problemi che pongono situazioni nuove mettendo in gioco, quindi, le competenze acquisite. In effetti i lavori per casa, di tipo individuale, sono di due tipologie: o esercizi di consolidamento di conoscenze e abilità, o problemi che propongono situazioni nuove, che verranno poi, rianalizzate in classe nell'incontro successivo. In questo modo si crea continuità tra lavoro scolastico e individuale e si stimola la riflessione e la scoperta individuale.

OBIETTIVI

Profilo Educativo Culturale e Professionale

Identità e autonomia: porsi in modo critico di fronte a informazioni e osservazioni e qualificarle, decifrarle, riconoscerle, ordinarle.

Convivenza civile: dare e chiedere riconoscimento ai risultati concreti e apprezzabili del proprio lavoro; essere cooperativi nei gruppi di lavoro; controllare gli impulsi alla contrapposizione; comprendere, valorizzare e coltivare i propri e altrui talenti.

Strumenti culturali: adoperare il linguaggio e i simboli della matematica per indagare con metodo le cause di fenomeni problematici, per spiegarli e rappresentarli; osservare la realtà per riconoscerne relazioni tra oggetti o grandezze, regolarità, differenze, invarianze o modificazioni nel tempo e nello spazio; rappresentare la complessità dei fenomeni in molteplici modi, disegno, descrizione orale e scritta, simboli, tabelle, diagrammi grafici e semplici simulazioni; individuare grandezze significative ed effettuare misurazioni usando correttamente strumenti opportuni; utilizzare gli strumenti informatici per ottenere informazioni, elaborare grafici e tabelle comparative; orientarsi nello spazio e nel tempo operando confronti.

Obiettivi Generali del Processo Formativo

Scuola dell'educazione integrale della persona: adoperare sapere e saper fare, come occasioni per sviluppare la personalità degli allievi e consentire loro di agire in modo maturo e responsabile. Rendere sicuri di sé. Dare la possibilità anche a chi normalmente non raggiunge successi scolastici di cimentarsi in un diverso modo di fare scuola che possa per una volta renderlo protagonista di successo. Rendere i ragazzi protagonisti

Scuola della motivazione e del significato: radicare conoscenze e abilità sulle capacità di ciascuno; motivare l'avvio di una ricerca e attribuire significato ai risultati ottenuti.

Scuola della prevenzione dei disagi e recupero degli svantaggi: essere disponibili all'ascolto e al dialogo, condividere esperienze, problemi e scelte, recuperare gli svantaggi culturali con interventi mirati. Fornire stimoli culturali (integrare strettamente in una UdA aspetti disciplinari matematici e fisici, arricchiti da riferimenti storici ed elaborati anche attraverso l'uso di strumenti informatici).

Obiettivi Formativi Personalizzati

Apprendere il

Fare congetture e ipotesi riguardo la realtà.

Elaborare conoscenze attraverso l'uso di linguaggi diversi.

Collocare nello spazio e nel tempo gli eventi (per abituare a inquadrare i fenomeni nel loro contesto completo).

Riconoscere la matematica e la fisica nella vita reale.

Lavorare in gruppo (dove ciascuno ha compiti precisi necessari per la riuscita del tutto).

Essere responsabili.

Utilizzare un metodo di lavoro autonomo ed essere indipendenti.

Comunicare a tutti le proprie opinioni.

Obiettivi specifici di apprendimento

Conoscenze

Moto rettilineo uniforme
Moto accelerato
Galileo vita e opere importanti
Ipotesi relative alla caduta dei gravi
Proporzionalità tra velocità e tempo nel mo-
to di caduta dei gravi

Abilità

Saper risolvere problemi che riguardano il
moto rettilineo uniforme
Saper progettare esperimenti per verificare
ipotesi
Saper costruire o reperire i materiali necessa-
ri
Saper interpretare i risultati di un esperimento
Saper utilizzare un linguaggio corretto

Competenze di uscita

L'alunno è in grado di

Osservare la realtà, analizzarla, individuare grandezze variabili e costanti, progettare ed eseguire verifiche, trarre conclusioni.

Comprendere i vari linguaggi e utilizzarli.

Collaborare all'interno di un gruppo per realizzare attività comuni.

IL PIANO DI SVOLGIMENTO

Diario di lavoro

tempi	attività	testi originali ¹⁷ drammatizzazioni mezzi	metodi spazi articolaz. gruppo classe	Osservaz.	attività per casa
1/03 1h	Colgo un movimento di troppo di Luca (alunno brillante e vivace) per lanciare lo stimolo: “Luca non stai mai fermo, ma sai cosa significa?” Discutiamo sul significato di movimento e quiete; scriviamo sul quaderno le idee emerse; concludiamo che c’è bisogno di ordinarle. C’è stato chi lo ha già fatto: Galileo		In classe, il gruppo classe lavora insieme con una discussione collettiva, concludiamo con l’elenco sul quaderno di tutte le idee emerse.		Tentate di scoprire cosa ha detto o fatto Galileo sul Moto
2/03 1,5 h	Presentazione di Galileo, la sua vita e le sue opere più importanti. Inizia la lettura dei <i>Discorsi</i> , dalla definizione che fa Galileo del problema: il moto, problema antichissimo Galileo presenta la struttura della giornata terza: si comincia con la definizione di moto equabile. I primi 3 assiomi: analisi del linguaggio di Galileo e realizzazione in classe di “passeggiate sperimentali” per capire bene il significato di tre assiomi.	Musiche del 1600, foto di Pisa, di Padova, della Luna, dei satelliti di Giove come li disegnò Galileo, dei frontespizi del Sidereus, dei Dialoghi, dei Discorsi Galileo <i>Discorsi</i> , giornata terza «Diamo avvio... recessi» 1638 voce fuoricampo Galileo <i>Discorsi</i> , giornata terza «Dividiamo... assioma 3» Galileo 3 esp: passeggiate scientifiche	La presentazione è un racconto ‘animato’ da un sottofondo di musica e da una presentazione di Power Point. Ci troviamo nel laboratorio di scienze ma l’ambientazione è ovattata con luci spente e candele vicine al leggio dove stanno i <i>Discorsi</i> . La lettura dei testi di Galileo la faccio io ma la traduzione in un linguaggio condiviso è frutto di discussione e confronto. Tutti attaccano sul proprio quaderno la fotocopia del testo di Galileo e sotto dopo averne condiviso il significato, decidiamo di scriverne la traduzione in un linguaggio moderno.	Il racconto della vita di Galileo ha appassionato diversi alunni, e molto utili si sono mostrate le passeggiate che riproducevano le situazioni degli assiomi.	Individua i momenti importanti della vita di Galileo. Cerca sul libro come si chiama oggi il moto equabile Cerca di capire come si può definire il moto equabile nel linguaggio della nostra matematica.

¹⁷ Tutti i testi di Galileo sono tratti da *Opere di Galileo Galilei*, a cura di Franz Brunetti, UTET, Torino, terza edizione 1996, ristampata nel 1999, per una loro completa lettura ed esatta indicazione bibliografica si veda il paragrafo “Il problema affrontato”, precedente e il testo del copione (allegato al presente lavoro) dello spettacolo che ripropone tutti i ragionamenti fatti in classe.

II H, 2005/06 Scuola Media Vicentini, Chieti
... e tutto giù per terra! Una caduta storica

tempi	attività	testi originali drammatizzazioni mezzi	metodi spazi articolaz. gruppo classe	Osservaz.	attività per casa
3/03 1,5 h	<p>Problema: cosa serve per descrivere un moto? Sintesi: per descrivere un moto ci servono spazio e tempo.</p> <p>Problema: come si può descrivere il moto equabile con la matematica attuale? Se per esempio un cavallo in un secondo percorre sempre 3 metri, vuol dire che in 2 s percorrà 6 m e in 4s 12 m e in 5s 15m. Facciamo il grafico di questo moto. È una retta, quindi la proporzionalità Tra s e t è diretta. Quindi s/t è costante: questa costante è la VELOCITÀ Sintesi: con la matematica attuale possiamo dire che un moto equabile è quello in cui lo spazio è direttamente proporzionale al tempo trascorso. Oppure possiamo anche dire che è quel moto che avviene con velocità costante.</p>	<p>Excel Rappresentazione dei punti del moto in una tabella e in un grafico cartesiano. Determinazione della retta interpolatrice. Determinazione dei rapporti costanti.</p>	<p>Ci troviamo in classe il portatile è collegato al proiettore in modo che gli alunni vedono il file che sto scrivendo e mano a mano loro eseguono lo stesso lavoro sul quaderno.</p> <p>Problemi posti dall'insegnante e problem solving. Il caso dello spazio percorso dal cavallo è stato proposto da me, ma l'analisi del grafico, dei rapporti e della proporzionalità è fatta dagli alunni, ed è lo stesso lavoro che abbiamo eseguito in matematica fino a pochi giorni prima quando abbiamo studiato la proporzionalità.</p>	<p>La situazione "spazio percorso da un cavallo", ha causato qualche presa in giro ad un'alunna che si chiama M. Cavallo, per cui nel copione l'ho sostituita con "con il mio scuter faccio 40 Km in un'ora, quindi se guido senza fermarmi per due ore ne faccio 80, se guido per 4 ore ne faccio 160, e se guido per 5 ore di fila ne faccio 200!"</p>	<p>A1¹⁸ A2 Cerca sul libro di testo la trattazione del moto equabile e confrontala con la nostra.</p>

¹⁸ Con la lettera A ho indicato alcuni materiali di lavoro che ho prodotto, in fondo al diario di lavoro si trova il loro elenco.

II H, 2005/06 Scuola Media Vicentini, Chieti
... e tutto giù per terra! Una caduta storica

tempi	attività	testi originali drammatizzazioni mezzi	metodi spazi articolaz. gruppo classe	Osservaz.	attività per casa
8/03 1 h	<p>Correzione degli esercizi del tipo A1 e consolidamento dell'apprendimento relativo (moto rettilineo uniforme).</p> <p>Analisi delle risposte ai problemi A2. scrittura sul quaderno di tutte le risposte e ipotesi emerse.</p> <p>Sintesi: esistono anche moti non uniformi, cioè in cui la velocità non è costante; vengono detti accelerati.</p> <p>Abbiamo un problema successivo da affrontare: cosa possiamo dire di questi moti accelerati?</p> <p>Scendere lungo una discesa assomiglia ad altre discese? Qual è la discesa più naturale?</p>		<p>In classe gli alunni lavorano insieme. Prima parte di lezione frontale e correzione degli esercizi (A1) alla lavagna. Faccio diverse domande per saggiare il livello di comprensione e riflessione, si tratta di verifiche orali.</p> <p>La seconda parte della lezione, (discussione risposte ai problemi A2), ha carattere di indagine e discussione collettiva e guidata sulla questione dei moti non equabili.</p>	<p>I due problemi A2 assegnati hanno fatto riflettere su moti reali, per la fenomenologia e per il linguaggio usato per descriverli: compare la parola <i>accelerazione</i>.</p> <p>Molte delle ipotesi emerse, sono descritte anche da Galileo.</p> <p>Le ipotesi emerse dagli alunni sono:</p> <ul style="list-style-type: none"> - si va più veloci se è più lunga la discesa; - si va più veloci a seconda della bici; - se è poco ripida si va sempre uguale eccetto che all'inizio; - si va più veloci se si è più magri; - si va più veloci se si è più grassi. <p>Per risolvere il problema magro o grasso, decidiamo di fare scendere due oggetti uno leggero e uno pesante, (per esempio due macchinine) per la stessa discesa.</p>	<p>Ripassare il percorso fatto fin qui.</p> <p>Eseguire l'esperimento di discesa di due oggetti di pesi molto diversi lungo la stessa discesa, per rispondere alla questione se scendono più veloci gli oggetti pesanti o leggeri.</p>

II H, 2005/06 Scuola Media Vicentini, Chieti
... e tutto giù per terra! Una caduta storica

tempi	attività	testi originali drammatizzazioni mezzi	metodi spazi articolaz. gruppo classe	Osservaz.	attività per casa
9/03 1.5 h	<p>Analisi dei risultati degli esperimenti eseguiti per casa, e conclusione che arrivano prima, al fondo della discesa, quelli più pesanti. quindi l'ipotesi che i più magri scendono più veloci non va bene.</p> <p>Torniamo alla domanda con cui avevamo concluso ieri. Secondo Galileo la discesa più naturale, è quella degli oggetti che cadono. È vero che si tratta di un moto accelerato in quanto al principio sono fermi cioè hanno $v=0$ poi si muovono e quindi la loro velocità (almeno all'inizio) varia.</p> <p>Si tratta allora di studiare come cadono. A Galileo, non interessa però la causa di questa accelerazione ma solo capire in che modo essa avviene. Esiste una legge precisa che segue la natura?</p> <p>Problema: Cosa succede alla velocità con cui cade un corpo, quando esso cade?</p> <p>Riprendiamo una delle ipotesi emerse nella nostra discussione sulla discesa. Galileo cita un'ipotesi quasi uguale. I Ipotesi: la velocità aumenta nei primissimi istanti e poi non varia più. Facciamo l'esp suggerito da Galileo: caduta di una sfera sulla sabbia. Supponiamo che più la sfera è veloce più affonda; poiché osserviamo che il buco è più profondo più cade dall'alto concludiamo che la velocità aumenta e quindi l'ipotesi è sbagliata e la velocità aumenta sempre durante la caduta</p>	<p>Galileo <i>Discorsi, giornata terza</i> «Le propr... accelerato... Infine a studiare... proporzione?» Galileo</p> <p>Galileo <i>Discorsi, giornata terza</i> «Non mi par tempo... qualunque sia la causa della sua accelerazione» voce fuoricampo</p> <p>Galileo <i>Discorsi, giornata terza</i> «Voi dite... percossa » Galileo</p> <p>esp: caduta sulla sabbia</p>	<p>Nel laboratorio di scienze, la classe lavora insieme.</p> <p>Analisi collettiva dei risultati degli esperimenti fatti a casa e elaborazione collettiva della risposta.</p> <p>Leggo il primo brano di Galileo in cui enuncia il suo programma: analizzare ora il moto accelerato di caduta dei gravi.</p> <p>Distribuisco poi il secondo brano nel quale Galileo traccia una distinzione tra problema cinematico e problema dinamico.</p> <p>Distribuisco, infine, il terzo brano, nel quale è esposta la prima ipotesi. Discussione collettiva e condivisione del significato di ogni brano. Il significato condiviso viene scritto, ogni volta, sul quaderno di fianco al testo originale</p>		<p>Consegnato il brano che analizzeremo domani in classe: quale ipotesi ti sembra che Galileo esponga in questo brano? Riconosci in essa una delle ipotesi che avevamo elaborato anche noi?</p>

II H, 2005/06 Scuola Media Vicentini, Chieti
... e tutto giù per terra! Una caduta storica

tempi	attività	testi originali drammatizzazioni mezzi	metodi spazi articolaz. gruppo classe	Osservaz.	attività per casa
10/03 2,5 h	<p>Verifiche orali e ripasso: il moto, il moto equabile, il moto accelerato, la prima ipotesi e la sua confutazione, le parole strane e simpatiche che utilizza Galileo.</p> <p>Analisi delle considerazioni fatte a casa circa la II ipotesi e sua sintesi. Riconosciamo che anche noi avevamo questa ipotesi: si va più veloci se è più lunga la discesa.</p> <p>II ipotesi: la velocità è direttamente proporzionale allo spazio percorso dal grave. A questa ipotesi Galileo risponde con un ragionamento teorico che dimostra che essa non può essere vera, perché se lo fosse porterebbe ad un assurdo. Quindi la seconda ipotesi è errata.</p> <p>Ci resta un'altra ipotesi da discutere, quella dei gravi più veloci.</p> <p>III ipotesi: la velocità è direttamente proporzionale al peso del grave. Galileo espone anche questa ipotesi, e risponde all'inizio raccontando un esperimento fatto a Pisa.</p> <p>Poi Galileo risponde anche con un ragionamento.</p> <p>Sembra tutto giusto ma Simplicio torna alla realtà. Il problema è l'attrito. Esp: caduta di una moneta e di un cerchietto di carta.</p> <p>Dopo tutti questi esperimenti e ragionamenti possiamo concludere chiaramente che anche la terza ipotesi è errata</p>	<p>Galileo <i>Discorsi, giornata terza</i>, pag. 735 «Veramente io sarei del numero de i conceditori... controversia» Simplicio «E pur son tanto false... come lo spazio» Galileo</p> <p>Galileo <i>Discorsi, giornata prima</i>, pag. 634 «Ma io che n'ho fatto la prova... braccia» Galileo</p> <p>«Ma senz'altre esperienze, con breve e concludente dimostrazione» Galileo</p> <p>«il vostro discorso... artiglieria» Simplicio esp: caduta di moneta e cerchietto di carta</p>	<p>In classe, verifica orale con domande agli alunni singoli.</p> <p>In classe, il gruppo classe lavora insieme. Discussione collettiva per analizzare le risposte date a casa circa il significato della seconda ipotesi, e definizione di quello accreditato.</p> <p>Lezione frontale relativamente alla spiegazione del ragionamento di Galileo per confutare la II ipotesi.</p> <p>Distribuzione dei brani relativi alla III ipotesi. Discussione collettiva dei suoi significati.</p> <p>Scoperta guidata della risposta alla domanda finale di Simplicio suffragata dagli esperimenti. Conclusione finale che il problema è l'attrito.</p>	<p>La confutazione della II ipotesi è la più difficile in quanto si tratta di una dimostrazione teorica.</p> <p>La comprensione della confutazione della III ipotesi, invece, è risultata buona. In effetti ha carattere sperimentale e strettamente legata all'esperienza di tutti. Inizialmente io avevo fatto cadere un foglio di carta e una moneta, un alunno¹⁹ mi ha fermato dicendo che se la carta è appallottolata cade più veloce e poiché il peso è lo stesso l'ipotesi è falsa. Tale esperimento, che non avevo progettato, è stato inserito nel lavoro, nel quaderno e anche nello spettacolo.</p>	<p>Ricostruisci a casa tutti gli esperimenti fatti a scuola per dimostrare che in assenza di attrito tutti i corpi cadrebbero con la stessa velocità e non importa il loro peso. Mostra questi esperimenti ai tuoi genitori e discutine con loro.</p>

¹⁹ È Jacopo uno di quelli con i peggiori risultati scolastici, che non è stato ammesso alla classe III, avendo pochissime sufficienze (forse solo matematica, scienze, ed. fisica).

II H, 2005/06 Scuola Media Vicentini, Chieti
... e tutto giù per terra! Una caduta storica

tempi	attività	testi originali drammatizzazioni mezzi	metodi spazi articolaz. gruppo classe	Osservaz.	attività per casa
15/03 1 h	<p>Analisi degli esperimenti fatti a casa come compito.</p> <p>Noi avevamo elaborato anche l'ipotesi che la discesa dipendesse dalla bici, ma essa non è significativa per la caduta dei gravi e la possiamo tralasciare.</p> <p>IV ipotesi: Galileo presenta una IV ipotesi, la velocità è inversamente proporzionale alla densità del mezzo.</p> <p>La risposta di Galileo fa riferimento a quello che accade nell'acqua ai corpi che galleggiano; cioè Galileo nega l'ipotesi in quanto essa non ha validità generale ma solo particolare.</p> <p>Quindi anche la quarta ipotesi è errata.</p>	<p>Galileo <i>Discorsi, giornata prima</i> «Nell'altra posizione piglia... la velocità nell'acqua» Simplicio citando Aristotele</p> <p>Galileo <i>Discorsi, giornata prima</i>, Questa ipotesi è falsa «e mi meraviglio... all'in su» Galileo</p>	<p>In laboratorio di scienze, il gruppo classe lavora insieme.</p> <p>Distribuzione del brano relativo alla IV ipotesi, lettura, discussione collettiva e condivisione del significato dell'ipotesi e della confutazione di Galileo.</p>	<p>La confutazione di questa ipotesi è stata molto interessante per comprendere che più una teoria ha validità generale, più essa è significativa.</p>	<p>Assegnate delle domande scritte che servono per ripasso e ripensamento complessivo; serviranno anche come scaletta per lo spettacolo.</p>
16/03 1,5 h	<p>Correzione delle domande per casa e verifica orale.</p> <p>Siamo all'ultima ipotesi di Galileo.</p> <p>V ipotesi: la velocità è direttamente proporzionale al tempo.</p> <p>Per verificare questo occorre fare un esperimento che misuri velocità e tempo di caduta. Tale esperimento ha però notevoli difficoltà sia nella misura di velocità (qual è lo strumento di misura?) sia in quella di tempo (è troppo breve).</p> <p>Per risolvere il primo problema <u>misuriamo lo spazio</u> percorso, che è legato alla velocità infatti $v=s/t$ quindi potremo dopo determinare le velocità.</p> <p>Per risolvere il secondo dobbiamo trovare il modo di <u>rallentare la caduta</u>: il piano inclinato.</p>	<p>Galileo <i>Discorsi, giornata terza</i> «Per ora basta al nostro Autore... eguali additamenti di velocità» voce fuoricampo</p> <p>Galileo <i>Discorsi, giornata terza</i> «e però per... dimostrate» Simplicio</p> <p>Galileo <i>Discorsi, giornata terza</i> «Assumo che... medesimi» Galileo</p>	<p>In laboratorio di scienze, il gruppo classe lavora insieme. La verifica orale è individuale.</p> <p>Distribuiti i brani relativi al contenuto della V ipotesi e alla richiesta di Semplicio di una dimostrazione sperimentale.</p> <p>Discussione collettiva sul significato dei testi e traduzione della V ipotesi in termini di proporzionalità diretta tra velocità e tempo.</p> <p>Problem solving: come fare un esperimento che la dimostri?</p> <p>Considerazioni sul tipo di strumenti di cui poteva disporre Galileo e confronto tra alcune soluzioni trovate dagli alunni con quelle trovate da Galileo.</p>	<p>Noi misureremo lo spazio e il tempo. Il grafico sarà una parabola secondo la legge oraria $S = \frac{1}{2} a t^2$ ma quando determineremo la v come S/t allora, poiché il moto in oggetto non è equabile, determineremo la velocità media e non la velocità al momento dell'impatto al suolo.</p>	<p>Ripensare alla V ipotesi, il problema della sua dimostrazione sperimentale e quali grandezze si è deciso misurare.</p>

II H, 2005/06 Scuola Media Vicentini, Chieti
... e tutto giù per terra! Una caduta storica

tempi	Attività	testi originali drammatizzazioni mezzi	metodi spazi articolaz. gruppo classe	Osservaz.	attività per casa
17/03 2,5 h	<p>È vero l'assunto che fa Galileo: la caduta in fondo a vari piani inclinati è la stessa se è la stessa la loro altezza? si basa sull'esperienza.</p> <p>Esp: pendoli con un chiodo che si può mettere e togliere e quindi modifica metà traiettoria del pendolo.</p> <p>A questo punto siamo pronti per riproporre il famoso esperimento di Galileo di discesa lungo un piano inclinato dove misureremo spazio e tempo come abbiamo deciso.</p> <p>Esp: la discesa lungo un piano inclinato</p> <p>Impostazione del grafico s/t</p>	<p>Galileo <i>Discorsi, giornata terza</i> «voglio con una esperienza... » Galileo esp: i pendoli</p> <p>Galileo <i>Discorsi, giornata terza</i> «in un regolo... scorrelo... quanto poi alla misura del tempo... momento» Galileo «si lasciava scorrere... la palla» Galileo</p>	<p>In laboratorio di scienze. Lezione frontale per l'esecuzione dell'esperimento del pendolo e discussione collettiva per la comprensione del suo significato.</p> <p>Lettura della bellissima descrizione del piano e del modo usato da Galileo per misurare il tempo.</p> <p>Si trova un alunno che lancia la sfera e uno con il cronometro che esegue le misure, nel frattempo tutti le annotano sul quaderno.</p>	<p>Il pendolo è stato costruito da un alunno. Avevamo discusso in classe di come dovesse funzionare e io dicevo "ci deve essere un chiodo in alto e poi un chiodo in basso" ; proprio l'alunno che lo ha costruito²⁰ mi ha fatto notare che il secondo doveva essere una vite in modo da potersi togliere.</p> <p>Il piano inclinato è lungo circa tre metri.</p>	<p>Terminare il grafico s/t e commentare la curva che unisce i valori sperimentali</p>
22/03 1 h	<p>Correzione grafici s/t e loro realizzazione per chi non lo aveva fatto a casa.</p> <p>Analisi del grafico ottenuto: non si ottiene una retta, ma una curva che abbiamo già scoperto usando la TI 84. Ci ricordiamo la sua equazione? $y=2 \cdot x^2$ e in generale $y=\text{cost} \cdot x^2$</p> <p>Inoltre vediamo che lo spazio aumenta di più del tempo. Per ottenere una retta dovremmo avere una grandezza che aumenta di più di t potremmo provare proprio con t^2 in analogia a x^2</p> <p>Realizzazione del grafico di s/t^2</p>		<p>In classe ogni alunno lavora individualmente o a coppia, mentre io passo di banco in banco.</p> <p>Discussione comune del grafico.</p>	<p>Pochi alunni hanno realizzato il grafico a casa per le difficoltà di scelta della scala.</p> <p>Il passaggio dal grafico s/t a quello s/t^2 è un nodo non sciolto, non è stato compreso da tutti, ma importante è stato il lavoro fatto con le TI84 per cui conosciamo i grafici di parabole e la loro equazione.</p>	<p>Determinare il significato del secondo grafico in cui si ottiene una retta</p>

²⁰ È Dario, anche in questo caso un alunno con scarsi risultati in molte discipline. Questi casi, in quanto mi fanno ritenere che la partecipazione attiva e entusiasta e di qualità degli alunni dipenda da molti fattori, anche legati alla proposta fatta dall'insegnante; si tratta non di un processo di apprendimento, ma di insegnamento-apprendimento.

II H, 2005/06 Scuola Media Vicentini, Chieti
... e tutto giù per terra! Una caduta storica

tempi	attività	testi originali drammatizzazioni mezzi	metodi spazi articolaz. gruppo classe	Osservaz.	attività per casa
23/03 1,5 h	<p>Analisi delle risposte date a casa. Il grafico è una retta quindi S è direttamente proporzionale a t^2. cioè $S = k \cdot t^2$ ma se $V = \frac{S}{t}$ allora $V = \frac{k \cdot t^2}{t} = \frac{k \cdot t \cdot t}{t} = \frac{k \cdot t}{1} = k \cdot t$ Quindi la quinta ipotesi è CORRETTA</p>		<p>In classe, il gruppo classe lavora insieme con una discussione comune e condivisione dei significati. Il passaggio dalla relazione tra S e t e quella tra V e t viene fatto in una lezione frontale nella quale ogni passaggio mi viene dettato dagli alunni come risposta alle mie domande.</p>	<p>Questa parte è molto importante perché utilizza la teoria sulla proporzionalità studiata. Inoltre consente di confrontare equazioni in y, x ed in s, t quindi strumenti matematici e significato fisico.</p>	<p>Domande scritte per ripensare tutto quanto fatto. Trova sul libro il grafico s/t relativo a un moto simile al nostro.</p>
24/03 1 h	<p>Divisione delle scene dello spettacolo (moto equabile, ciascuna delle 5 ipotesi), divisione degli alunni in altrettanti gruppi. Divisione dei ruoli in ciascun gruppo.</p>			<p>La divisione in gruppi è fatta quasi completamente dagli alunni. Mi avevano chiesto di farla io, ma ho insistito affinché la facessero da soli.</p>	<p>Studiare la propria parte e quella degli attori del proprio gruppo.</p>
31/03 2,5 h	<p>Ripasso di tutto il lavoro in preparazione della verifica. Consegna a ogni alunno del copione e del calendario delle prove che cominceranno il 12 aprile e finiranno il 28 aprile.</p>		<p>In classe, il gruppo classe lavora insieme: assegno domande a cui ciascuno risponde individualmente e poi collettivamente si controlla la risposta.</p>		<p>Ripassare le domande a cui abbiamo risposto in classe.</p>
7/04 2,5 h	<p>Verifica scritta</p>		<p>Prova individuale A3</p>	<p>Mi interessava che tutti sapessero che moto è il moto con v costante dove $v=s/t$, sapessero quali sono le 5 ipotesi e perché le prime sono false e l'ultima è vera. Argomentassero con proprietà le dimostrazioni dell'ipotesi del proprio gruppo allo spettacolo. Tale verifica era pensata anche come strumento di differenziazione tra gli alunni; erano infatti possibili interessanti riflessioni matematiche che hanno fatto gli alunni più padroni di tutti i procedimenti matematici e fisici.</p>	

II H, 2005/06 Scuola Media Vicentini, Chieti
... e tutto giù per terra! Una caduta storica

tempi	attività	testi originali drammatizzazioni mezzi	metodi spazi articolaz. gruppo classe	Osservazioni
Dal 12 al 28 aprile	In vari pomeriggi prove per lo spettacolo. Modifiche del copione proposte dagli alunni secondo la propria sensibilità. Il 27 e il 28 oltre alle prove abbiamo fatto un po' di vero laboratorio teatrale.		Aula magna con scenografia inventata da noi	Il laboratorio teatrale è stato breve in quanto l'ha gestito mio padre Paolo, che da tanti anni fa teatro con gli studenti, che non abita nella mia città; è stato molto interessante e credo molto formativo individualmente e produttivo per la coesione del gruppo classe
29/04	Spettacolo Sono state fatte due repliche nella mattinata, la prima per i genitori, amici, personalità e due classi I della scuola; la seconda per altre quattro classi della scuola.		Lo spettacolo si è svolto nell'aula magna allestita a teatro grazie anche all'apporto di teli neri e fari che ha portato mio padre dal suo laboratorio teatrale di Rimini.	È stata una grande prova per gli alunni, il clima era emozionante e di grande attesa; la seconda replica ha visto gli alunni meno concentrati, ma era naturale, sia perché avevano appena fatto la prima, sia per il tipo di pubblico presente (alunni delle classi III)
22/05	Questionario di valutazione di tutto il lavoro "...e tutto giù per terra!"		Lavoro individuale A5	Tale questionario è stato consegnato quasi un mese dopo lo spettacolo in quanto volevo aspettare l'esito del concorso "Anch'io scienziato" bandito dai Laboratori Nazionali del Gran Sasso a cui abbiamo partecipato. L'esito si è conosciuto il 21 maggio e ci ha visti II classificati. ²¹

²¹ La prima classificata è stata la mia III con uno studio sperimentale dell'elettromagnetismo; questo lavoro a mio parere è ugualmente valido dal punto di vista scientifico, ma molto meno da quello formativo, infatti l'impegno e la fatica richiesta agli alunni sono stati molto inferiori, inoltre il prodotto finale è costituito da una serie di cartelloni e non da uno spettacolo che evidentemente è un lavoro molto più impegnativo. Se avessi dovuto valutare io i due lavori delle mie classi, conoscendo, inoltre gli alunni relativi, avrei certamente premiato maggiormente questo lavoro sulla caduta dei gravi piuttosto che quello sull'elettromagnetismo della III.

Materiali di lavoro

A1: Problemi di consolidamento sul moto, sul moto rettilineo uniforme

Un treno che viaggia di moto equabile in un certo tempo percorre 100 km, quanti km percorre nel doppio del tempo?

Una auto viaggia con moto equabile e la sua velocità dopo un'ora è di 80 km/h, quale sarà la sua velocità dopo tre ore?

Qual è la velocità di un corpo che in due ore percorre 150 km e si muove di moto equabile?

Se un corpo si muove di moto equabile e viaggia alla velocità di 4 km/h, quanto spazio percorre in tre ore e mezza?

A2: problemi di stimolo sul moto non uniforme. Si tratta di problemi che affrontano un tipo di moto non ancora studiato e per questo sono di qualità più elevata e mettono in gioco le competenze degli alunni e non solo le loro conoscenze.

Quanto tu vai in macchina il moto che fa l'auto come è? Descrivilo attentamente.

Ricorda qualche volta che hai fatto una discesa con la bici, come ti ricordi sia stato il tuo moto?

A3: prova assegnata come verifica scritta finale.

VERIFICA DI SCIENZE

La legge di caduta dei gravi secondo il *Discorso intorno a due nuove scienze* di Galileo.

- 1) Galileo definisce il moto equabile così:
«Circa il moto equabile ci occorre una sola definizione, che formulo così: moto eguale o uniforme intendendo quello in cui gli spazi percorsi da un mobile in tempi uguali, comunque presi, risultano tra loro uguali».
Cosa sai dire tu di questo moto da un punto di vista moderno?
- 2) La caduta dei gravi costituisce un moto equabile? Perché?
- 3) La prima ipotesi sul moto di caduta dei gravi è che la velocità aumenta all'inizio della caduta e poi resta costante fino a terra. È vera o falsa? Perché?
- 4) La seconda ipotesi è che il grave discendendo acquista velocità in ragione dello spazio, cioè se cade da altezza doppia la velocità a terra è doppia. È vera o falsa? Perché?
- 5) La terza ipotesi, che era quella che fu sostenuta da Aristotele, è che la velocità dipende dal peso e se il peso è doppio anche la velocità è doppia. È vera o falsa? Perché?
- 6) La quarta ipotesi, sempre sostenuta già anticamente da Aristotele, è «che le velocità del medesimo mobile in diversi mezzi ritengano tra loro la proporzione contraria di quella che hanno le grossezze di essi mezzi; talmente che posto che la crassie dell'acqua fusse dieci volte maggiore di quella dell'aria, vuole che la velocità nell'aria sia dieci volte più che la velocità nell'acqua». È vera o falsa? Perché?
- 7) La quinta ipotesi, quella sostenuta da Galileo è che «la sua velocità vada accrescendosi, dopo la partita dalla quiete, con quella semplicissima proporzione con la quale cresce la continuazione del tempo, che è quanto dire che in tempi uguali si facciano eguali additamenti di velocità».
Qual è la formulazione moderna di questa ipotesi?
L'ipotesi è vera o falsa? Perché?

A4: Risultati della prova scritta

(NS=non sufficiente, S=sufficiente, B=buono, D=distinto, O=ottimo)

Ho indicato le iniziali dei cognomi dei nove alunni con maggiori difficoltà e dell'alunna diversabile a fianco delle valutazioni da loro riportate (l'altro alunno diversamente abile non ha eseguito questa prova)

NS: 6 (R., G., P., I., C., A.)

S: 2 (G., M.)

B: 3 (tra cui P.)

B/D: 4 (tra cui B.)

D/O: 4

O: 2

A5: Domande poste nella valutazione degli alunni del lavoro

1. Come ti è parsa la lettura dei testi originali di Galileo?
2. Ti è sembrato facile eseguire e comprendere il significato degli esperimenti?
3. Hai capito le ipotesi formulate circa il moto di caduta dei gravi?
4. Ti è piaciuto il breve laboratorio teatrale?
5. Cosa cambieresti di tutto questo lungo lavoro?
6. A cosa avresti dedicato più tempo?
7. Cosa è stato più difficile?
8. Sei soddisfatto di te?
9. Pensi che la professoressa sia contenta?
10. Lo rifaresti (tutto o in parte)?
11. Cosa pensi delle scienze?

A6: Risposte al questionario.

1. Mi è piaciuta ma ha richiesto concentrazione e un po' di fatica per capire le parole strane usate da Galileo. È stato bello mettere a confronto due modi diversi di parlare. È stato molto interessante leggere proprio quello che ha scritto Galileo.

È stata un'idea originale e nuova perché ricavare informazioni da testo originali di Galileo non è una cosa che si fa tutti i giorni. Non è stato noioso anzi è stato divertente.

2. Gli esperimenti sono stati belli, divertenti e molto comprensibili. Gli esperimenti sono stati un po' difficili ma anche divertenti. L'ultimo esperimento è stato difficile. Gli esperimenti mi sono piaciuti moltissimo. Sono stati un po' difficili ma belli perché uguali a quelli di Galileo. Per il linguaggio erano un po' difficili, probabilmente senza la spiegazione della prof. non sarei riuscita a capirli; grazie agli strumenti costruiti siamo riusciti, almeno io, ad immedesimarci nel tempo in cui è vissuto Galileo. Gli esperimenti erano molto divertenti, per niente difficili, poi nello spettacolo, il padre della professoressa li ha fatti molto più giocosi. È stato facilissimo.

3. Le ipotesi erano facili da capire però il bello è stato dimostrarle; all'inizio quasi nessuno aveva fatto l'ipotesi giusta però grazie al metodo sperimentale ho capito che nessuna cosa è certa fino a quando non la riesci a dimostrare. Anche le ipotesi non sono state difficili da comprendere perché correlate di esperimenti. Sono state un po' difficili. Le ipotesi, dopo averle lette più volte, mi sono sembrate più facili da comprendere. Le ipotesi erano facili. Per niente incomprensibili ma un po'

difficili praticamente. Le ipotesi sono fatte bene. La loro comprensione è stata lunga ma mi è piaciuta. Mi sono piaciute perché sono state molto interessanti. Dare un risultato alle ipotesi mi è piaciuto molto anche perché è bello smentirle con esperimenti e ragionamenti.

4. Il laboratorio è durato forse troppo poco, con un po' più di prove sarebbe uscito meglio; all'inizio mi vergognavo parecchio, anche perché pensavo che le recite erano cose da bambini piccoli; con l'aiuto però del padre della prof ho vinto la vergogna e ho capito che non era una cosa da piccoli se fatta con impegno e volontà. È stato bellissimo. Impegnativo. Molto divertente. Lo vorrei rifare un'altra volta. È stato molto coinvolgente. È stata la cosa più bella perché mi piace recitare e non mi sono vergognata per nulla.

5. Secondo me si deve cercare di far capire agli alunni perché le ipotesi erano sbagliate e solo dopo dire il ragionamento di Galileo. Di tutto il lavoro non cambierei nulla. Nello spettacolo ci si deve esercitare di più a leggere i testi originali, alcune persone leggevano in modo poco comprensibile. Nello spettacolo cambierei i colori dei vestiti, perché nero era anche lo sfondo. Farei più prove. Farei più esperimenti moderni. Vorrei più tempo. Il padre della professoressa doveva venire dall'inizio.

6. Avrei dedicato più tempo gli esercizi per parlare bene ed essere disinvolti. Avrei desiderato fare più prove. Io avrei dedicato un po' più di tempo a tutto. Avrei dedicato più tempo alla spiegazione in classe e al laboratorio teatrale. Agli esperimenti. Nello spettacolo avrei dedicato più tempo al finale. Al laboratorio teatrale.

7. Le cose più difficili sono state capire i testi e superare la vergogna. Nulla. Recitare senza sbagliare²². Interpretare la parte come si deve²³. Recitare. Parlare in pubblico; fin da piccola mi vergognavo, ma grazie a Paolo ora non più. Essere seri e recitare bene. Per me è stato difficile entrare nelle battute; avrei infatti dedicato più tempo alle mie battute perché così le potevo dire più lentamente.²⁴

8. Sono abbastanza soddisfatta di me, solo avrei voluto non sbagliarmi nello spettacolo (ero agitata) e vincere di più la timidezza. Sì abbastanza. Sì. Non molto. No perché non ho avuto la possibilità di andarci perché ero malata²⁵. Sono molto soddisfatto di me perché ho interpretato bene la parte, sono riuscito a stare (secondo me) molto attento in classe e sono riuscito a comprendere bene tutti gli esperimenti. Io non sono soddisfatta di me perché nella mia parte dovevo essere più sciolta nella camminata e non essere rigida. Sì molto perché alla fine dello spettacolo una amica della prof. mi

²² Chi dice questo è Jacopo, che, nella III ipotesi, esegue l'esperimento della caduta della carta, della carta appallottolata (variante da lui introdotta) e della moneta. Alla fine dello spettacolo un collega mi ha chiesto, in riferimento a lui, "Come hai fatto a far parlare P.?". Nella prima prova avevo dedicato molto tempo alla sua parte perché Jacopo aveva bene in testa il significato dei suoi esperimenti ma faceva una grande fatica a raccontarli. Il giorno dopo a scuola mi sono raccomandata di ripassarsela a casa e lui mi ha risposto tutto contento "Non si preoccupi... me la sono anche sognata sta notte!".

²³ È Alessandro, l'alunno che impersona Simplicio. Alessandro che non raggiunge la sufficienza in molte discipline, in matematica e in scienze ha lavorato molto e in particolare in questo lavoro ha veramente dato il meglio di sé.

²⁴ È Assunta a parlare, l'alunna che nella III ipotesi racconta l'esperimento fatto da Galileo quando dalla torre di Pisa lanciò una palla di cannone e d una di moschetto. Assunta è una ragazza con grandi difficoltà di comprensione, è ripetente e ha fatto una grandissima fatica ad imparare il filo logico della sua parte e ad esporlo. Alla fine è riuscita bene solo che, per la paura, ha parlato molto velocemente. Mi sembra molto importante che lei stessa se ne sia accorta e abbia rilevato questo come aspetto da migliorare.

²⁵ Questa è Majla, una dei tre assenti allo spettacolo. Majla anche lei ha una storia scolastica piena di insuccessi, in più è una ragazza molto grande fisicamente e molto grossa, tutti aspetti che l'hanno resa estremamente insicura e timida, credo che lei si sia ammalata proprio il giorno dello spettacolo per la paura che aveva di esporsi al pubblico.

ha fatto i complimenti. Non molto perché quando parlavo sembravo una statua e si vedeva che non ero a mio agio; però sono soddisfatta per come ho lavorato per la preparazione. Sì perché sono riuscito a venire e a impegnarmi. Sono soddisfatto di me per il lavoro che sono riuscito a fare e penso di essere stato anche bravo perché non era un lavoro facile.

9. La prof. secondo me è contenta, o dovrebbe esserlo perché il lavoro che abbiamo fatto è stato molto bello anche se al concorso siamo arrivati secondi. Credo di sì perché abbiamo lavorato tutti con il massimo impegno. Penso che la professoressa sia contenta perché è una cosa che ha avuto spunto da lei ma poi le è piaciuto anche per la collaborazione degli alunni²⁶. Sì perché credo che concludere un lavoro così impegnativo e arrivare 2° classificati sia una grandissima soddisfazione. Sì perché ha vinto il 1° e il 2° premio ed era quello che voleva lei. Molto. Io penso che la prof. sia contenta dal suo viso, perché ha sempre il sorriso sulle labbra, poi anche perché lei ci ha detto che abbiamo realizzato un suo sogno. Sì è molto contenta perché era la prima volta, e siamo arrivati 2° e le è venuta la voglia di rifarlo. Sì perché siamo stati bravi e abbiamo fatto il nostro dovere. Secondo me sì, più che altro soddisfatta, perché siamo riusciti ad accontentarla come una mamma che ha la soddisfazione di avere un figlio che viene promosso.

10. Rifarei tutto solo aggiungendo più esperimenti. Spero che anche l'anno prossimo faremo qualcosa del genere. Rifarei tutto da capo. Sì, lo rifarei tutto dall'inizio alla fine e non toglierei niente solo la paura di sbagliare. Lo rifarei tutto ma ognuno di noi dovrebbe avere più parti. Lo rifarei solo se cambiassi parte. Lo rifarei tutto per troppo che mi è piaciuto e voglio sempre battere la mia performance. No²⁷.

11. È una materia interessante perché ogni ipotesi ha la sua dimostrazione. Se devo dire la verità mi piace più la matematica, però quando vanno insieme come in questo caso, non mi dispiacciono; è bello sapere che un tempo si facevano delle domande su quello che accadeva e trovavano anche risposte valide. È la materia più bella della scuola. È una materia bellissima. È una materia affascinante e suggestiva. È una materia difficile ma molto interessante. Io penso che le scienze siano molto interessanti e belle da scoprire soprattutto quando sono spiegate in una maniera così coinvolgente.. è una materia bellissima e questo è uno dei lavori che ho capito di più e se ogni lavoro fosse così la scienza la so come "l'Ave Maria o il Padre Nostro". Penso che la scienza sia molto bella e divertente perché impari tanti esperimenti che dopo puoi fare anche tu ed è per questo che è ancora più divertente.

²⁶ Brava Giorgia che dolcemente osserva un po' di mio narcisismo... chissà se è questo quello che lei pensava. Giorgia è una ragazzina molto studiosa ma che ha grandi difficoltà di comprensione, è tra i più deboli della classe.

²⁷ Solo Roberta ha scritto che non lo rifarebbe. Le ho chiesto perché e mi ha spiegato che vorrebbe fare una cosa diversa non lo spesso spettacolo. Lei ha risposto al questionario da sola perché il giorno in cui lo abbiamo fatto in classe era assente, era un giorno in cui avevo riportato delle verifiche e lei non era andata bene come di solito, inoltre non avevo avuto modo di spiegarle il questionario come avevo fatto con gli altri, forse questo ha in parte influenzato la sua risposta negativa. Roberta è una ragazza molto brava che ha lavorato sempre con attenzione.

GLI ASPETTI INNOVATIVI

Credo che l'intero metodo di trattazione dell'argomento sia innovativo. A partire dal tempo che vi ho dedicato che è molto maggiore di quello che mediamente vi si dedica. Questo è naturalmente conseguenza dell'approccio sperimentale, storico e relazionale che ho scelto.

Innovativo è lo studio dei testi originali di Galileo.

Gli esperimenti non sono certi inediti, ma è originale il loro inserimento all'interno del progetto di lavoro.

Direi che è nuovo anche il tentativo di ricostruire gli strumenti di Galileo, con l'obiettivo di far rivivere un poco la sua epoca.

Anche la scelta di realizzare uno spettacolo non è certo una cosa nuova nella scuola, ma non ho mai visto, nella scuola media, uno spettacolo di fisica fatto da un'insegnante di scienze.

Rispetto a questa classe, inoltre, credo che sia stato decisamente nuovo aver reso questi alunni protagonisti di un grande lavoro che li ha fatti ammirare dagli alunni delle altre classi.

Dal punto di vista disciplinare ritengo interessante, formativo e non usuale (anche se forse è quello che si dovrebbe fare il più spesso possibile) integrare strettamente in una Unità di Apprendimento aspetti matematici e fisici, fondati sugli aspetti sperimentali, elaborati anche attraverso l'uso di strumenti informatici e arricchiti da riferimenti storici e linguistici.

I PRODOTTI DELLA RICERCA

Innanzitutto voglio rilevare i risultati disciplinari puri e cioè ciò che gli alunni hanno appreso: dal punto di vista del contenuto della legge di caduta dei gravi; da quello metodologico su come si esegue una ricerca scientifica; da quello storico su come si esprimeva Galileo e cosa pensavano gli antichi sulla caduta dei gravi; da quello formativo, come si deve lavorare in gruppo e individualmente per realizzare un lavoro importante; da quello della identità personale, quando ci si impegna si ottengono ottimi risultati, si è soddisfatti di sé e gli insegnanti (in generale gli altri) sono contenti di noi.

Ma il prodotto più importante è certamente lo spettacolo che abbiamo realizzato. Di esso allego il copione e un DVD con le riprese della seconda o della prima replica.

Infine, un altro prodotto ritengo sia la partecipazione dello spettacolo al concorso "Anch'io scienziato" bandito per le scuole d'Abruzzo, dai Laboratori Nazionali del Gran Sasso, in cui siamo arrivati secondi per la categoria della scuola media.

VALUTAZIONE DEGLI ESITI

Strumenti di valutazione

Ho considerato strumenti di valutazione i seguenti.

Le verifiche in itinere di tipo orale e scritto (esercizi sul moto equabile).

La sintesi scritta sulla vita e le opere di Galileo.

La verifica scritta proposta alla conclusione dell'attività didattica. Si tratta di una verifica che ripercorre l'intero percorso. Ho assegnato tale verifica dopo avere assegnato le parti dello spettacolo perché l'idea che avevo era che ogni alunno dovesse avere un quadro del percorso intero e conoscesse in modo approfondito la parte relativa alla propria parte nello spettacolo.

La presenza alle prove dello spettacolo pomeridiane, calendarizzate con circa un mese di anticipo.

La presenza allo spettacolo.

L'esecuzione dello spettacolo (che non era affatto facile).

Il questionario di valutazione degli alunni.

La visione della registrazione dello spettacolo.

Esiti della valutazione e raggiungimento degli obiettivi

Ho valutato il raggiungimento degli obiettivi specifici di apprendimento tramite le prove orali effettuate in itinere lungo tutto il percorso e con le verifiche scritte.

Osservo innanzitutto che gli esiti delle verifiche orali sono stati (e lo sono quasi sempre) più positivi di quelli delle prove scritte in quanto nelle prime l'alunno dispone sempre del mio aiuto con il quale

OBIETTIVI SPECIFICI DI APPRENDIMENTO	
<i>Conoscenze</i>	<i>Abilità</i>
Moto rettilineo uniforme	Saper risolvere problemi che riguardano il moto rettilineo uniforme
Moto accelerato	Saper progettare esperimenti per verificare ipotesi
Galileo vita e opere importanti	Saper costruire o reperire i materiali necessari
Ipotesi relative alla caduta dei gravi	Saper interpretare i risultati di un esperimento
Proporzionalità tra velocità e tempo nel moto di caduta dei gravi	Saper utilizzare un linguaggio corretto

tento di far emergere tutti gli aspetti possibili di comprensione e acquisizione di conoscenze, di capacità logiche di analisi e formulazione di ipotesi anche nascosti da mancanza di studio, da difficoltà di comunicazione, timidezza e paura di sbagliare, mentre nelle seconde è solo. Probabilmente però, sono le prove svolte senza aiuto quelle in cui si può osservare l'effettivo grado di apprendimento raggiunto, per cui consideriamo gli esiti della prova scritta del 7 aprile che ho riportato sopra.

Mi interessavano soprattutto due cose: far recuperare conoscenze e abilità a chi non raggiunge risultati positivi; fornire stimoli culturali importanti e significativi a chi normalmente raggiunge risultati buoni. Per valutare il primo aspetto ho riportato, insieme alle valutazioni, le iniziali dei nove alunni con difficoltà e di G. la ragazza diversabile. F. il secondo alunno diversabile, si trova in una situazione molto più grave e non ha affrontato questa prova. G. ha raggiunto, rispetto ai suoi obiettivi che sono ridotti rispetto a quelli degli altri, risultati sufficienti, e ne sono rimasta soddisfatta specialmente perché l'ho vista coinvolta molto di più che nelle altre attività didattiche in cui tende sempre a nascondersi e non partecipare. Degli altri nove i risultati sono meno buoni di quello che mi sarei aspettata dal punto di vista del raggiungimento della sufficienza (solo tre persone). Credo che questo derivi, per due persone, dallo scarso impegno impiegato nel seguire il percorso e specialmente nella fase di studio personale domestico che consente di consolidare le intuizioni anche buone

che si hanno in classe. Di questi due alunni uno è stato però molto partecipe a scuola anche se assente nel lavoro domestico, l'altra è stata molto superficiale e irresponsabile, ha fatto molte assenze senza mai recuperare le lezioni perdute, è mancata a molte prove e non è venuta a scuola il giorno dello spettacolo perché doveva andare dalla parrucchiera (SIC!). Per gli altri quattro (nonostante l'impegno che quasi tutti hanno posto) l'insuccesso alla prova scritta nasce da profonde difficoltà logiche e di comprensione dei processi causa-effetto; in effetti questa non è una verifica in cui uno studio poco consapevole possa portare a successo. Sempre del gruppo dei nove, devo però rilevare che sono stati inaspettati i risultati di due alunni che hanno raggiunto risultati decisamente buoni e superiori all'usuale. Rispetto a loro, credo questo lavoro sia stato veramente positivo e abbia raggiunto lo scopo per cui l'avevo progettato. I due alunni hanno recuperato pienamente conoscenze ed abilità hanno partecipato attivamente a tutto il lavoro sia quello scolastico, sia quello domestico, sia quello operativo (uno di loro ha costruito il pendolo) e sia pomeridiano per la preparazione dello spettacolo. Infine sono stati molto contenti e soddisfatti di sé loro e i loro genitori.

Per quanto riguarda il secondo gruppo di alunni, ritengo che il lavoro sia stato positivo in quanto ha stimolato la loro curiosità, il loro entusiasmo e il loro spirito di iniziativa. Per molti i risultati sono stati molto soddisfacenti e sono frutto di approfondimenti personali su Galileo e, in particolare, di una buona padronanza della proporzionalità. Mi sembra che per loro, questo lavoro sia stato veramente un ottimo strumento di apprendimento completo e significativo di matematica e scienze.

Le competenze di uscita vengono valutate sul lungo periodo e nell'osservare come gli alunni reagiscono di fronte a problematiche nuove dal punto di vista cognitivo, relazionale e comunicativo. Ne ho trovato riscontro quando, successivamente ho proposto lo studio del galleggiamento con un'altra unità di apprendimento di approccio prettamente sperimentale²⁸.

In quell'occasione, posti di fronte al problema: perché alcuni oggetti galleggiano e altri no? Quasi tutti gli alunni hanno reagito in modo brillante, ipotizzando risposte ed esperimenti, discutendo, lavorando in gruppi nelle parti operative di misura, elaborando i dati (ancora una volta

una proporzionalità diretta e quindi strettissima relazione tra contenuto matematico e significato fisico), traendo conclusioni. Infine, nella verifica finale ho loro mostrato un portachiavi fatto da un cuoricino trasparente che contiene due liquidi di cui uno galleggia sull'altro ed un cuoricino che sta in mezzo ai due liquidi, ebbene, quasi tutti hanno saputo fare ipotesi sui pesi specifici dei tre corpi presenti e molti ne hanno determinato un corretto confronto.

Anche lo scorso anno avevo proposto lo stesso lavoro sperimentale sul galleggiamento, ma subito dopo la proporzionalità senza avere affrontato il moto. Anche allora gli alunni avevano risposto molto positivamente, ma quest'anno è stato evidentissimo il fatto che fossero più allenati ad un tipo di studio scientifico sperimentale, sapevano da soli che si trattava di fare ipotesi e di trovar il modo di verificarle, e che probabilmente ce ne sarebbero servite diverse prima di arrivare a quella giusta,

COMPETENZE DI USCITA

L'alunno è in grado di:

- Osservare la realtà, analizzarla, individuare grandezze variabili e costanti, progettare ed eseguire verifiche, trarre conclusioni;
- Comprendere i vari linguaggi e utilizzarli;
- Collaborare all'interno di un gruppo per realizzare attività comuni

²⁸ Si tratta di un lavoro bellissimo che ho tratto da un articolo di Rosa Malpeli Cavazzini, *Lavorare sul galleggiamento*, pubblicato su *La fisica nella scuola*, Quaderno 6, luglio-settembre 1996.

che un grafico che riporta misure sperimentali può portare a grandi risultati e importanti conseguenze.

Tutto ciò mi fa pensare che questo lavoro sia in effetti uno strumento di acquisizione delle competenze.

Gli Obiettivi Formativi Personalizzati si valutano attraverso l'osservazione del metodo di lavoro degli alunni, attraverso i risultati delle prove scritte e, in questo caso, anche attraverso la partecipazione alle attività pomeridiane, il questionario di valutazione (in cui gli alunni hanno mostrato di saper individuare aspetti positivi e anche autocritica, talvolta anche troppo critica!), la visione delle riprese dello spettacolo (gli alunni si sono osservati e da soli hanno individuato gli aspetti della loro prestazione da migliorare).

La struttura stessa del lavoro di indagine proposto mira a far raggiungere il primo obiettivo formativo, ma un accertamento nasce dal modo con cui gli alunni hanno affrontato questo studio, il successivo e i prossimi. Un obiettivo formativo ha natura non strettamente disciplinare, quindi è osservabile in quasi tutti i contesti di vita degli alunni.

Per quanto riguarda il mio lavoro in classe la grande interazione con e tra gli alunni mostra un certo grado di raggiungimento di questo obiettivo (specialmente per alcuni), e la trattazione strettamente intrecciata tra fisica e matematica certamente ha fatto raggiungere il secondo e il quarto (anche qui con le naturali differenze individuali).

Tutta la parte di realizzazione delle misure e dello spettacolo contribuisce al raggiungimento degli ultimi quattro obiettivi formativi; e credo che in grande parte ci siamo riusciti. Certamente più che con qualsiasi altra attività fatta fin'ora.

La realizzazione dello spettacolo riveste un'importanza particolare anche per il raggiungimento del secondo obiettivo, in quanto in quel momento, e nella sua preparazione, si rivive l'esperienza fatta con l'interezza della persona; il gesto, la recitazione richiedono impegno e riflessioni aggiuntive che possono portare ad una comprensione più profonda. Questo è dimostrato dalle variazioni di testo proposte dagli alunni per seguire meglio il loro filo del ragionamento, e dalle correzioni da apportare evidenziate dagli alunni mentre rivedevamo la registrazione o dall'osservazione dei compagni recitare.

Un discorso a parte va fatto per F.; per lui non mi interessava raggiungere obiettivi specifici di apprendimento, ma riuscire a coinvolgerlo nel lavoro con gli altri, a farlo parlare, a farlo stare calmo e fargli riconoscere i suoi compiti ed i momenti in cui stare in silenzio, in cui parlare, in cui stare fermo e in cui muoversi. F. aveva una battuta, come tutti gli altri, nella scena iniziale dello spettacolo, il girotondo, inoltre faceva parte del gruppo della V ipotesi ed aveva dei compiti operativi nell'esecuzione dell'esperimento di caduta lungo il piano. Era riuscito ad imparare bene tutte le sue parti, anche grazie al prezioso aiuto dei suoi compagni che lo hanno sempre guidato e coinvolto. Di questo siamo stati molto

OBIETTIVI FORMATIVI PERSONALIZZATI <i>Apprendere il</i>
<ul style="list-style-type: none">• Fare congetture e ipotesi riguardo la realtà.• Elaborare conoscenze attraverso l'uso di linguaggi diversi.• Collocare nello spazio e nel tempo gli eventi (per abituare a inquadrare i fenomeni nel loro contesto completo).• Riconoscere la matematica e la fisica nella vita reale.• Lavorare in gruppo (dove ciascuno ha compiti precisi necessari per la riuscita del tutto).• Essere responsabili.• Utilizzare un metodo di lavoro autonomo ed essere indipendenti.• Comunicare a tutti le proprie opinioni

contenti, è stato un peccato, credo, che non abbia partecipato allo spettacolo. Talvolta i genitori hanno paura che lui disturbi; in effetti quando si agita molto è ingestibile, ma penso che se fosse accaduto l'insegnante di sostegno lo avrebbe portato un po' in giro per farlo calmare, e se non si fosse agitato... e se fosse stato capace di rispettare il silenzio e l'immobilità, e le battute e i moventi giusti... che successo meraviglioso avremmo avuto tutti quanti!

Credo che dal punto di vista del raggiungimento degli Obiettivi Specifici di Apprendimento, nonostante alcuni successi, l'esperienza vada modificata in modo da riuscire a raggiungere valutazioni, e cioè apprendimenti, più positivi. Forse si tratta di un lavoro troppo lungo, difficile da tenere all'interno di un unico percorso logico per gli alunni con maggiori difficoltà. Forse la parte relativa alla V ipotesi va semplificata togliendo l'esperienza del pendolo e passando direttamente dalla caduta in verticale a quella lungo un piano inclinato. Forse si può pensare di presentare alcuni passaggi del discorso (dimostrazione per assurdo della II ipotesi, esperimento del pendolo per dimostrare l'equivalenza tra cadute verticali e inclinate) solo agli alunni con meno difficoltà, in modo da alleggerire il percorso agli altri. Altro nodo importante, e difficile, è il passaggio dal grafico S/t al grafico S/t^2 ; a questo punto, che naturalmente non si può eliminare, occorre dedicare più tempo, magari con il riutilizzo delle calcolatrici. Inoltre si potrebbe eseguire la discesa lungo il piano inclinato facendo le misure con una sonda di posizione. In effetti noi, al momento dell'esecuzione del lavoro non disponevamo di questo dispositivo, ma al concorso "Anch'io scienziato" abbiamo vinto proprio un CBR e un'altra TI84; eseguire la misura in questo modo, sarà quello che tenterò di fare il prossimo anno. Mi piacerebbe ricevere da voi, molti preziosi consigli e osservazioni.

Dal punto di vista, invece, del raggiungimento delle Competenze e degli Obiettivi Formativi Personalizzati, penso che questo lavoro sia valido, e abbia aiutato tutti gli alunni verso il loro raggiungimento, anche se naturalmente, ciascuno nel suo percorso personale è arrivato ad un livello diverso.

COLLABORAZIONI

L'insegnante di sostegno mi ha aiutato a gestire le prove del gruppo in cui c'era il ragazzo diversabile, era inoltre pronta ad intervenire durante lo spettacolo se per caso l'alunno si fosse agitato, ma quella mattina lui non era presente.

Le altre collaborazioni che ho avuto sono state quelle dei genitori. Il babbo di un alunno di III ci ha costruito l'orologio ad acqua, Dario e suo padre hanno costruito il pendolo con l'intoppo, il nonno di Dalila ci ha prestato la bilancia, i genitori di Francesca ci hanno prestato la sfera di artiglieria, i genitori di Andrea ci hanno prestato il 'mobile' che è un loro comodino per lo spettacolo.

Infine, preziosa è stata la collaborazione di mio babbo che è un insegnante di diritto in pensione, che ama gli studenti, il teatro ed è un abile artigiano. Durante le vacanze di Natale lo avevo coinvolto nella ricostruzione del piano di Galileo, poi quanto a febbraio gli ho accennato che avrei desiderato realizzare uno spettacolo del lavoro lui si è reso disponibile a venirci ad aiutare. A Rimini, la mia città di nascita, con alcuni colleghi e studenti ha fondato, una ventina d'anni fa, un laboratorio teatrale e da allora lavora con i ragazzi a scuola (anche se di norma delle superiori). Il suo apporto teatrale è stato importante per la riuscita estetica ma specialmente per il coinvolgimento degli alunni.

Sono molto contenta di queste collaborazioni perché credo che il coinvolgimento dei genitori per la realizzazione delle attività scolastiche sia molto importante per una riuscita ottimale del processo formativo di ciascun alunno. Forse i genitori stessi, se si rendono conto di essere importanti, sono invogliati a partecipare più attivamente.

BIBLIOGRAFIA

Galileo Galilei, *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze attenenti alla meccanica e i movimenti locali*, Classici della Scienza, UTET, terza edizione 1996, ristampa 1999.

M. de Paoli, *La teoria del moto: i principi della meccanica dall'aristotelismo alla fisica classica I*, *GIORNALE DI FISICA*, volume 44, aprile-giugno 2003.

M. de Paoli, *La teoria del moto: i principi della meccanica dall'aristotelismo alla fisica classica II*, *GIORNALE DI FISICA*, volume 44, luglio-settembre 2003.

James Reston, *Galileo. La biografia*, PIEMME, 2005.

Annibale Fantoli, *Il caso Galileo. Dalla condanna alla riabilitazione*, BUR, 2003.

Ugo Dotti, *Galilei*, Accademia Sansoni Editori, Milano, 1971.