

ALMA MATER STUDIORUM · UNIVERSITÀ DI
BOLOGNA

FACOLTÀ DI SCIENZE MATEMATICHE, FISICHE E NATURALI
Corso di Laurea in Matematica

**Il laboratorio di Fisica come
strumento di crescita
concettuale e culturale-
Un'esperienza nella scuola secondaria
di Dawdi (Tanzania)**

Tesi di Laurea in Didattica della Fisica

Relatore:
Chiar.ma Prof.ssa
Barbara Pecori

Presentata da:
Michele Canducci

‡ Sessione II
Anno Accademico 2009/2010

Ai miei amici matematici.

A tutta l'A.K.A.P.

L'educazione è l'arma più potente che può cambiare il mondo.

(Nelson Mandela)

Indice

Introduzione	iii
1 Il ruolo del laboratorio di fisica	1
1.1 Il laboratorio e la ricerca in fisica	1
1.2 Il laboratorio e la didattica della fisica	2
1.3 L'educazione scientifica nei Paesi in Via di Sviluppo	5
1.3.1 I problemi dell'educazione scientifica	6
1.3.2 Una prospettiva low-cost	8
1.4 Contestualizzazione dei risultati di ricerca	9
2 Un laboratorio per il progetto Tanzania 2010	11
2.1 Gli obiettivi dell'associazione	11
2.2 Criteri di scelta del tipo di laboratorio	12
2.2.1 Le macchine di Galileiana	13
2.2.2 Aspetti tecnici del progetto	14
2.2.3 Aspetti curriculari del progetto	14
2.3 Le tre macchine del laboratorio	15
2.3.1 Studio degli effetti dell'inclinazione sulla gittata di un proiettile	15
2.3.2 Studio della relazione tra forza e accelerazione lungo un piano ad inclinazione variabile	20

2.3.3	Esperimento di Galileo sul moto in assenza di forze non equilibrate	24
3	Il progetto e la sua realizzazione	27
3.1	Il progetto	27
3.1.1	Obiettivi	27
3.1.2	Organizzazione del laboratorio	28
3.1.3	Percorso didattico	30
3.2	La realizzazione	33
3.2.1	Operazioni preliminari	33
3.2.2	Il percorso realizzato	34
4	Conclusioni	43
4.1	Risultati	43
4.2	Prospettive future	47
	Bibliografia	51

Introduzione

Questo lavoro di tesi descrive l'elaborazione e la realizzazione di un progetto di didattica della Fisica in una scuola secondaria della regione di Arusha in Tanzania.

Il lavoro è anzitutto il frutto della mia attività nell'ambito dell'associazione Karibuni Assistenza alle Popolazioni (A.K.A.P.) di cui faccio parte, che si propone di contribuire allo sviluppo culturale e sociale di alcune realtà di Paesi in Via di Sviluppo (Tanzania e Etiopia).

In questo ambito è stato lanciato un progetto triennale di cooperazione con la scuola secondaria di Dawdi, finalizzato alla realizzazione di un laboratorio didattico per l'insegnamento della Fisica (e in prospettiva anche della Matematica).

Credo che sia importante per uno studente di oggi cercare di applicare sin dai primi anni di università quanto si studia ad altri campi di suo interesse. Questo è, a mio parere, un percorso importante per diventare persone coscienti delle capacità acquisite nel corso degli studi, delle possibilità di utilizzarle in ambito lavorativo e/o accademico, nonché, più in generale, per verificare la bontà delle scelte effettuate in ambito universitario. Credo si tratti di un percorso fondamentale se si vuole contribuire a creare innovazione e ricerca. Gli studi scientifici effettuati in questo triennio e l'interesse per tematiche legate al sociale, mi hanno permesso di ideare, insieme con i membri dell'A.K.A.P. e con la collaborazione della docente del corso di Didattica della Fisica, un progetto di laboratori per l'insegnamento della Fisica che potesse rappresentare, dal mio punto di vista di studente, un approfondimento di

temi affrontati nel corso di Didattica della Fisica e un'opportunità di applicazione concreta degli studi effettuati e, dal punto di vista dell'associazione di cui faccio parte, uno strumento efficace per promuovere la collaborazione fra Italia e Tanzania.

Questa collaborazione, che per sua natura aspira ad essere costruttiva e non invasiva, si propone lo scopo di partecipare ad un rinnovamento dell'insegnamento scientifico nella scuola secondaria in Tanzania, che, a causa di fattori culturali legati all'eredità culturale dell'era coloniale e alla poca disponibilità di fondi per l'istruzione, procede ancora secondo modalità estremamente tradizionali, basate esclusivamente su lezioni frontali, senza il coinvolgimento attivo degli alunni né l'utilizzo di laboratori. A tale scopo si è cercato di realizzare un laboratorio che potesse essere al contempo economico ed incisivo, sia per far comprendere al corpo docente della scuola che è possibile effettuare un percorso di studio della Fisica tanto teorico quanto pratico pur non disponendo di attrezzature moderne e di un laboratorio attrezzato, sia per offrire agli studenti della scuola la possibilità di vivere un'esperienza di laboratorio e un'occasione per analizzare il rapporto tra la fisica studiata sui libri e la fisica sperimentale.

La prospettiva di laboratori low-cost efficaci dal punto di vista dell'apprendimento si è concretizzata grazie all'utilizzazione delle macchine di "Galileiana", un laboratorio ideato dal professor A.Martini di Bologna, costituito interamente di macchine costruite prevalentemente in legno.

Si è pensato ad un laboratorio rivolto ad una classe che avesse già affrontato nel proprio percorso la cinematica e la dinamica e si sono individuate tre macchine che potessero far analizzare fenomeni interpretabili con le conoscenze già possedute dai ragazzi.

Questo lavoro di tesi, dopo una premessa di riflessioni sul ruolo del laboratorio di fisica nella didattica, descrive sia le scelte che hanno caratterizzato la fase di progettazione attuata in Italia, sia la fase del progetto svolta in Tanzania nella quale, grazie alla disponibilità e alla collaborazione del corpo docenti e degli alunni, le macchine sono state costruite e i laboratori sono

stati realizzati con successo.

Si prevede quindi che il lavoro svolto quest'anno possa rappresentare il punto di partenza per lo sviluppo di attività future sia nel campo della didattica della Fisica sia in quello della Didattica della Matematica.

Capitolo 1

Il ruolo del laboratorio di fisica

1.1 Il laboratorio e la ricerca in fisica

Nello sviluppo della scienza sperimentale, in particolare della fisica, gioca un ruolo fondamentale la realizzazione di esperimenti che prevedono la progettazione e la realizzazione di apparati sperimentali e la raccolta e analisi di dati, al fine di verificare, falsificare o produrre teorie e modelli di interpretazione fisica della realtà. La scienza fisica è una costruzione dell'intelletto umano, che procede tanto per sviluppo continuo quanto per salti concettuali e logici, nella quale i cambiamenti nei modelli interpretativi sono dettati dall'intuizione e dall'intelligenza dell'uomo. Tuttavia sarebbe errato ridurre tutta la costruzione di conoscenza fisica ad una mera speculazione teorica. Ogni teoria ha bisogno di essere messa a confronto con la realtà dei fenomeni. Se si vuole fare fisica, il ruolo dell'esperimento è fondamentale: l'esperimento infatti, se progettato adeguatamente, è in grado di dar ragione o torto ad un'interpretazione teorica di fatti sperimentali.

“Le teorie fisiche tentano di costruire una rappresentazione della realtà e di determinarne i legami con il vasto mondo delle impressioni sensibili. Pertanto le nostre costruzioni mentali si giustificano soltanto se le teorie costituiscono realmente questo tipo di legame e secondo come lo costituiscono.”¹

¹A. Einstein, L. Infeld-*L'evoluzione della fisica*, Boringhieri, Torino, 1938

1.2 Il laboratorio e la didattica della fisica

Nell'ambito dell'insegnamento della fisica, il laboratorio non svolge tanto la funzione di scoperta o verifica, quanto quella di favorire la comprensione dei concetti e delle leggi fisiche e di fornire agli studenti una immagine adeguata dell'indagine in fisica. A partire dagli anni '70, si è sviluppata una didattica della fisica fondata su un'ipotesi costruttivista, cioè sull'idea che “la conoscenza individuale, così come la conoscenza accreditata, sia un sapere che si costruisce attraverso una continua ri-strutturazione e strutturazione di concetti e reti di concetti” e che il “processo di insegnamento/apprendimento sia un processo continuo di cambiamento concettuale nel corso del quale, a partire dalla conoscenza di senso comune, si sviluppano modi di guardare, di vedere, di fare, di comunicare sempre più vicini a quelli che caratterizzano la conoscenza scientifica”².

E' in quest'ottica che il laboratorio acquista un ruolo prezioso per lo studente: esso permette di sperimentare un percorso di indagine, di avviare una riflessione personale, di costruirsi modelli fisici e una propria immagine della fisica in un processo di continua ristrutturazione delle proprie conoscenze. Ma come dev'essere impostato il laboratorio per stimolare lo studente ad una riflessione profonda? In che modo deve porsi l'insegnante per raggiungere questo obiettivo?

Queste domande, alle quali non esistono risposte univoche e scontate, si possono affrontare partendo da una preliminare discussione su cosa sia il laboratorio, nelle sue accezioni passate e moderne, e quali siano le sue componenti fondamentali.

Partiamo con una distinzione tanto evidente quanto spesso sottovalutata: fare esperienza è differente dal fare esperimenti. Mentre si fanno infatti esperienze anche non volute, a carattere spontaneo, del mondo naturale, l'approccio è invece completamente diverso quando si vuole condurre un esperimento. Nel fare un esperimento è insita la consapevolezza del dover preordinare, pro-

²N.Grimellini Tomasini, G.Segrè(a cura di)-*Conoscenze scientifiche: le rappresentazioni mentali degli studenti*, La Nuova Italia,Scandicci(Firenze), 1991

gettare attraverso un'attività preliminare di studio e approccio al problema: tale attività è necessaria affinché si possano ottenere informazioni significative dall'esperimento stesso. Il fare esperimenti è dunque un'attività progettata, "artificiale"; già nell'idea stessa di fare un esperimento c'è la consapevolezza della necessità di predisporre strumenti di misurazione e apparati sperimentali.

La distinzione tra esperienza ed esperimento è documentata dalla storia della fisica: se da un lato infatti la fisica greca è madre del fare esperienza, del rapporto diretto fra osservazione del mondo naturale e indagine scientifica, da Galileo in poi è il fare esperimenti che segna la linea di demarcazione fra progresso scientifico e non. Si tratta di progettare per capire, è un'indagine ragionata, preparata, atta a ricostruire modelli per interpretare il mondo naturale e in questo senso potremmo suggerire che non è la scienza a nascere con Galileo e Bacone ma è la scienza del laboratorio³.

Questo fare esperimenti è un'operazione articolata e complessa che non si presta ad essere sintetizzata in una "ricetta", tuttavia vi possiamo riconoscere una serie di ingredienti fondamentali così schematizzabili:

- Individuazione del problema a cui trovare riscontro sperimentale.
- Progettazione dell'esperimento, che può essere in via preliminare grezzo, in modo da comprendere le dinamiche e le difficoltà di costruzione, di analisi e di misurazione.
- Realizzazione dell'esperimento e raccolta dei dati sperimentali.
- Analisi dei dati e interpretazione fisica.

Questi 4 punti, flessibili e passibili di infinite modifiche e sfumature, sono indispensabili alla buona conduzione di un esperimento fisico e sono caratterizzati dalla necessità, da parte del ricercatore, di essere il più possibile creativo e di saper trovare soluzioni tecniche soddisfacenti ai problemi di

³Cutroni M. e Vicentini M.-Il ruolo del laboratorio nella fisica e nel suo insegnamento/apprendimento, in M.Vicentini e M.Mayer, *Didattica della Fisica*, Loescher, 1996

costruzione.

Dal punto di vista dell'insegnamento/apprendimento della fisica, le questioni da affrontare sul ruolo del laboratorio sono, alla luce di quanto detto fin'ora, sostanzialmente di due tipi: uno riguarda la riflessione epistemologica sul senso del laboratorio nella costruzione di conoscenza fisica (rapporto tra teoria e realtà); l'altro riguarda le caratteristiche che il laboratorio didattico deve avere per favorire l'apprendimento di concetti e principi di fisica. Le domande, in definitiva, da porsi se si vuole aprire una discussione sulla valenza didattica del laboratorio sono due:

1. Che ruolo può assumere il laboratorio nella comprensione da parte dello studente del rapporto tra teoria e mondo dei fenomeni, tra formalizzazione matematica e caratteristiche dell'esperimento?
2. Che ruolo può svolgere l'attività di laboratorio nel promuovere un apprendimento concettuale della fisica?

Per far comprendere quanto la fisica sia legata alla elaborazione teorica ed allo stesso tempo alla realtà dei fenomeni, il laboratorio può essere senz'altro una palestra insostituibile. Ad esempio, in una fase interpretativa dei risultati, cioè quando si vuole formalizzare attraverso il linguaggio matematico le conclusioni dell'esperimento, si potrebbe cercare di valorizzare la stretta connessione che c'è fra la realtà che ci si propone di indagare e la teoria formale mettendo in relazione i passaggi logico/matematici con le caratteristiche dell'esperimento e delle attrezzature sperimentali utilizzate per indagare il fenomeno dall'altro.

Nella fase di raccolta dati e comparazione con i risultati attesi, bisogna considerare un altro aspetto di grande importanza e valenza didattica. Spesso infatti lo studente tende ad identificare l'obiettivo di questa fase con l'acquisizione di risultati "corretti". E' invece molto importante ribadire che durante la fase di raccolta dati non ci si dovrà preoccupare della loro correttezza in relazione alle previsioni formulate su base teorica, ma piuttosto cercare di trarre vantaggio dalle opportunità offerte dai dati "sbagliati": è su questi

infatti che si potrà aprire una discussione su come applicare correttamente le regole del gioco sperimentale per andare alla ricerca dei motivi della discrepanza⁴.

“Se faccio capisco”. Questo è il motto alla base del progetto Nuffield⁵ dal quale può essere interessante far partire alcune riflessioni sul ruolo del laboratorio nell’apprendimento dei concetti fisici.

In primo luogo dobbiamo precisare che non bisogna intendere il fare semplicemente come attività manuale, evitando di ridurre l’attività scientifica alla mera applicazione di una tecnica. Fare, operare in fisica significa infatti agire con la mente tenendo ben presente l’importanza di un referente empirico. E’ in questa accezione che assume importanza sia il realizzare concretamente esperimenti, ma anche e semplicemente l’osservare i fenomeni, così da mettere in relazione l’osservazione effettuata con le proprie conoscenze teoriche, confrontando le previsioni con i dati raccolti e, se necessario, modificando le proprie conoscenze concettuali in funzione dei dati sperimentali osservati.

E’ infine importante aggiungere che quanto più l’esperimento sarà accattivante, divertente e ricco di particolarità, tanto più sarà facile coinvolgere gli alunni in ragionamenti di tipo epistemologico e concettuale.

1.3 L’educazione scientifica nei Paesi in Via di Sviluppo

L’importanza della scienza e della tecnologia come mezzo di miglioramento della qualità di vita nei Paesi in Via di Sviluppo è riconosciuta a livello mondiale. Lo sviluppo di una cultura scientifica è di fondamentale importanza per la creazione di nuove opportunità di incremento della produzione

⁴Vicentini M. e Mayer M.- *Didattica della Fisica*, La nuova Italia editrice, Firenze, 1996.

⁵Progetto Nuffield - *Se faccio capisco*, Zanichelli 1971

nazionale, di miglioramento delle condizioni di salute della popolazione e della possibilità di accesso all'informazione e alla comunicazione globale.

1.3.1 I problemi dell'educazione scientifica

“In many developing countries, new, educated middle classes have appeared as a result of scientific instruction⁶”. L'autore della citazione sottolinea l'importanza di un'educazione e una scuola che valorizzi lo studio della scienza come mezzo di elevazione sociale, culturale ed economica.

Partendo da questo presupposto, sarebbe auspicabile un continuo innalzamento della qualità dell'educazione scientifica scolastica, soprattutto nei Paesi in Via di Sviluppo.

Purtroppo, questo generalmente non accade: la maggior parte di questi Paesi continua ad aggrapparsi ad un sistema educativo sopravvissuto all'era coloniale e mal adattato alle necessità del mondo di oggi in continua evoluzione. La maggiore debolezza di questo sistema è l'essere condizionato essenzialmente dalla necessità di passare gli esami sulla base di nozioni imparate a memoria piuttosto che dall'interesse ad acquisire abilità.

Ovviamente si potrebbe obiettare che anche nei paesi industrializzati l'educazione scientifica è ben lungi dalla perfezione. Tuttavia questo difetto risulta meno grave perché il mondo industrializzato gode del vantaggio storico di poter contare su una interazione positiva tra sviluppo tecnologico-scientifico e progresso economico che, attraverso l'istituzione di centri di eccellenza, annulla almeno in parte gli effetti di una scadente educazione scientifica della popolazione in generale.

Questa situazione di svantaggio può tuttavia essere affrontata e superata concentrandosi preliminarmente sulla questione chiave: come passare progressivamente dal presente sistema “guidato dall'esame” al sistema “guidato

⁶Thulstrup Erik W.-School Laboratories in Developing countries: are they Worth the Effort and Expense?, in Sylvia A. Ware (a cura di)- *Science and environment education views from developing countries*, World Bank, Human development Network, Secondary Education series, Washington, 1999.

dallo sviluppo delle abilità”?

“Qualsiasi sistema educativo volto allo sviluppo delle abilità deve essere basato su un approccio in cui prevalga il lato pratico”⁷. Così si esprime K.V.Shane in un articolo sull’educazione scientifica e tecnologica nei Paesi in Via di Sviluppo.

Purtroppo questa idea di educazione scientifica è poco sviluppata a causa, da un lato, del continuo aumento del costo di attrezzature, dall’altro della mancanza di programmi di formazione adatti per gli insegnanti; questo porta ad un utilizzo minimo se non nullo del laboratorio e di metodi didattici basati su attività pratiche, che impedisce l’apprendimento di abilità manuali e concettuali e produce persone mal preparate per la ricerca, l’insegnamento e l’industria.

Quale può essere la soluzione? Sicuramente un miglioramento rapido dell’elettronica e uno sviluppo delle linee di comunicazione informatiche possono essere vie da seguire e perseguire, tuttavia raramente si può risolvere un problema solo con la tecnologia.

Se il sistema educativo nel mondo in via di sviluppo deve evolvere progressivamente verso un sistema basato sulla comprensione e lo sviluppo delle abilità, deve essere realizzato un efficiente collegamento tra innovazione, formazione dell’insegnante e cambiamenti del curriculum scolastico.

La combinazione di produzione di strumentazione affidabile ed economica e di un programma di formazione dell’insegnante indirizzata alla pratica della scienza potrebbe dar inizio al processo di cambiamento progressivo dei curricula ministeriali (rimasti praticamente inalterati per molti decenni).

Purtroppo l’avvio di questo processo non è nè facile nè immediato: non si possono effettuare cambiamenti dei curricula che promuovano l’attività di laboratorio in questi Paesi se non si produce su larga scala e a basso costo strumentazione finalizzata all’insegnamento. Questo e’ un vero dilemma perché

⁷Sane Krhisna V.-Science and technology education in developing countries:low cost, locally made instrumentation, in Sylvia A. Ware (a cura di)- *Science and environment education views from developing countries*, World Bank, Human development Network, Secondary Education series, Washington, 1999

i cambiamenti di curriculum richiedono disponibilità di strumenti a basso costo ma, allo stesso tempo, non vi è convenienza commerciale a produrre questi articoli se non esistono curricula che si basino già sul loro utilizzo. Inoltre, poichè il costo della produzione diminuisce solo quando gli articoli sono richiesti su larga scala, il cambiamento può avvenire solo in poche istituzioni progressive che dispongono delle necessarie risorse finanziarie.

1.3.2 Una prospettiva low-cost

Una buona educazione scientifica richiede lo sviluppo di abilità manuali che mettano gli studenti in grado non solo di “sapere” la scienza, ma anche di “saperla fare”.

Nel contesto di un Paese in via di sviluppo, ove la mancanza di infrastrutture e finanziamenti preclude la possibilità delle scuole di dotarsi di laboratori con strumentazione adeguata, spesso la parte sperimentale dello studio della scienza non viene affrontata, nonostante se ne comprenda l'utilità e l'importanza.

Se da un lato risulta infatti evidente come l'attività pratica sia in grado di sviluppare una più ampia consapevolezza e comprensione di fenomeni naturali e riduca la “paura della tecnologia” motivando gli studenti a proseguire una carriera scientifica, d'altra parte non è ancora passata l'idea che i laboratori e le attività pratiche possano essere allo stesso tempo efficaci e low-cost. Molti dei problemi nell'attuazione di laboratori sembrano dipendere dal costo di acquisto dei macchinari ed alla loro manutenzione. Esiste però una possibilità di aggirare il problema economico attraverso l'uso di materiale prodotto localmente, che quindi risulterebbe disponibile e a poco costo. Questa soluzione presenta inoltre il vantaggio che gli studenti si troverebbero a lavorare con materiali a loro familiari e si ridurrebbe la paura di rompere le attrezzature; un tale approccio risulterebbe anche “amico dell'ambiente”. Non va dimenticato infine che la produzione locale potrebbe contribuire a offrire importanti opportunità di reddito a livello locale, dove sono più necessarie.

1.4 Contestualizzazione dei risultati di ricerca

Cercando di contestualizzare i risultati della ricerca in didattica della fisica all'interno del progetto Laboratori di fisica Tanzania 2010, argomento di questa tesi, ci si è trovati di fronte al problema di valutare quanto potesse essere effettivamente applicabile una impostazione didattica improntata ad un modello di istruzione europeo, o comunque occidentale.

La mancanza di strutture adeguate, la totale assenza di programmi specifici di laboratorio e la conseguente predominanza dello studio teorico della fisica, che caratterizzano l'insegnamento della fisica nella scuola in cui si realizzerà il progetto, sono state uno stimolo alla ricerca di metodi e strategie didattiche finalizzate da un lato al controllo in un contesto diverso di ipotesi formulate nell'ambito della comunità di didattica della fisica, dall'altro all'individuazione di un approccio che potesse risultare motivante ed efficace proprio per studenti che non avessero mai partecipato ad attività di laboratorio.

Abbiamo così individuato le seguenti esigenze prioritarie alle quali il progetto di laboratorio avrebbe potuto cercare di dare risposta:

- stimolare la motivazione e l'interesse degli studenti per lo studio e l'indagine fisica;
- stimolare la partecipazione attiva ed il coinvolgimento dello studente all'esperimento;
- favorire il contatto diretto con il fenomeno da analizzare;
- privilegiare la semplicità degli esperimenti e della relativa formalizzazione matematica;
- assumere una prospettiva low-cost: realizzazione di un laboratorio con materiali locali e di facile reperibilità;

Queste indicazioni, intrecciate con gli obiettivi dell'associazione A.K.A.P., nell'ambito della quale viene finanziato il progetto, ci hanno permesso di

individuare i criteri di scelta delle attività da proporre (cap.2) e di formulare il progetto di attuazione del laboratorio.

Capitolo 2

Un laboratorio per il progetto Tanzania 2010

2.1 Gli obiettivi dell'associazione

Il progetto di didattica della fisica oggetto di questo lavoro di tesi è stato ideato e realizzato nell'ambito delle attività dell'associazione Kari-buni Assistenza alle Popolazioni (A.K.A.P.). L'associazione nasce a Rimini nel 2006 e opera sia in Italia, sul territorio di Rimini e Santarcangelo di Romagna, sia all'estero a sostegno di progetti di cooperazione e solidarietà internazionale in Tanzania ed Etiopia. L'organizzazione, composta da circa trenta giovani di età compresa fra i 18 e 23 anni, si è formata a seguito di un progetto di volontariato in Tanzania intrapreso dal liceo classico Giulio Cesare e dal liceo scientifico Albert Einstein di Rimini in collaborazione con la Protezione Civile della Provincia di Rimini. Il progetto "Laboratori di fisica, Tanzania 2010" nasce all'interno del più ampio progetto di cooperazione internazionale dell'A.K.A.P., che risponde all'esigenza ed alla volontà dei membri dell'associazione di costituirsi parte attiva, creativa e propositiva nell'affrontare problematiche tipiche dei Paesi in via di sviluppo.

A partire dalla consapevolezza che sia cruciale promuovere l'educazione sco-

lastica in contesti rurali e poveri, come mezzo e possibilità di evoluzione sociale e culturale, l'associazione si propone di progettare e realizzare interventi a carattere didattico indirizzati ad una scuola secondaria superiore.

La scelta di attuare laboratori di fisica è stata dettata da una indagine sulle metodologie didattiche per l'insegnamento della fisica applicate dai docenti della scuola nella quale sarebbe stato svolto il progetto. I risultati hanno messo in evidenza che:

- non sono mai state svolte attività di laboratorio di alcun tipo, atte a far comprendere agli studenti le caratteristiche della fisica dal punto di vista del rapporto fra teoria e esperienza;
- la didattica della fisica procede esclusivamente per lezioni frontali, senza esperienze in aula né occasioni di discussione/interazione fra studente e docente;
- i programmi ministeriali di fisica sono quantomeno poco chiari, e sembra mancare un approccio logico e sistematico ai temi della didattica;
- non sono presenti nel luogo strutture, aule attrezzate, strumenti di misurazione adeguati.

2.2 Criteri di scelta del tipo di laboratorio

Alla luce di queste informazioni ci si è orientati verso la progettazione di un laboratorio che colmasse le lacune evidenziate, mirando al contempo a sollecitare l'interesse degli alunni e a sottolineare un corretto rapporto tra teoria e pratica nell'apprendimento della fisica.

Si è pensato quindi che l'interesse e il coinvolgimento degli alunni potesse essere stimolato più efficacemente proponendo un laboratorio nel quale gli alunni potessero avere un ruolo costruttivo e non semplicemente esecutivo. Nella progettazione delle attività è poi stata curata particolarmente l'articolazione tra attività pratica e lezioni teoriche, cercando di mettere in evidenza

l'importanza di entrambe le componenti e l'intreccio tra di esse che caratterizza la costruzione di conoscenza in fisica.

La presenza vicino alla scuola di una falegnameria ha suggerito la possibilità di far costruire, almeno in parte, l'attrezzatura da utilizzare in laboratorio dagli alunni stessi, utilizzando materiali il più possibile reperibili in loco. Per quanto riguarda i contenuti da affrontare si è pensato che certamente la meccanica potesse essere un argomento adatto per dare concretezza all'approccio scelto.

2.2.1 Le macchine di Galileiana

Si trattava dunque, per noi, di reperire suggerimenti per la realizzazione di esperimenti che presentassero le caratteristiche evidenziate.

Da un colloquio con la professoressa Pecori, docente di Didattica della Fisica, è emerso che esisteva una proposta di laboratorio che poteva soddisfare le esigenze del progetto. Si tratta della proposta formulata e realizzata dal professor Alberto Martini e da lui battezzata "Galileiana": una serie di macchine ideate secondo uno "stile galileiano", realizzate dall'autore stesso prevalentemente in legno, progettate per mostrare fenomeni di meccanica e per facilitarne l'interpretazione da parte degli studenti¹.

Queste macchine hanno la caratteristica di prestarsi ad una utilizzazione didattica a diversi livelli: da una semplice osservazione del fenomeno ad una prima indagine di tipo fenomenologico fino ad una trattazione fisica esauriente. Questa caratteristica rendeva le macchine particolarmente interessanti per il progetto in quanto avrebbe permesso di adattare il livello di trattazione alle caratteristiche degli allievi che non potevano essere valutate del tutto a priori.

Inoltre il fatto che fossero realizzabili in modo amatoriale, utilizzando materiali reperibili, nella maggioranza dei casi, anche presso la scuola in Tanzania era ovviamente una ulteriore caratteristica a favore della scelta di queste attrezzature e dei relativi esperimenti come base sperimentale per il progetto.

¹<http://www.galileiana.it>

2.2.2 Aspetti tecnici del progetto

Per controllare la fattibilità del laboratorio dal punto di vista tecnico è stato contattato il professor Martini che ci ha mostrato le macchine “dal vivo” e ha discusso con noi i possibili problemi di realizzazione dei diversi apparati. Questa operazione ha permesso di restringere la rosa dei possibili esperimenti da proporre e di evidenziare alcuni problemi tecnici nella realizzazione delle macchine: si trattava soprattutto di controllare la reperibilità dei materiali ed, eventualmente, di individuare soluzioni alternative a quelle attuate nelle macchine già realizzate, di selezionare le macchine di più facile costruzione e possibilmente smontabili e rimontabili con facilità.

E' risultato evidente che sarebbe stato necessario realizzare prima della partenza un prototipo per ogni macchina che si intendeva riprodurre in Tanzania, così da controllarne la fattibilità e il funzionamento.

2.2.3 Aspetti curriculari del progetto

La scelta finale degli argomenti da trattare e degli esperimenti da proporre non poteva però prescindere da considerazioni didattiche più generali. E' stato quindi necessario informarsi sul Curriculum didattico svolto dagli alunni durante l'anno, al fine di individuare gli argomenti e le classi nelle quali intervenire. E' stato inoltre effettuato uno studio delle macchine dal punto di vista dei diversi possibili “livelli di comprensione” raggiungibili tramite il loro utilizzo e delle potenzialità insite in esse al fine di stimolare la creatività degli alunni, la capacità di risoluzione di problemi e di sviluppo di soluzioni alternative.

Sulla base dello studio preliminare effettuato, sono stati quindi scelti tre esperimenti da realizzare con una classe paragonabile ad una seconda superiore che studia fisica da 3 anni.

Si presuppone che la classe con la quale si andrà a lavorare abbia già affrontato nel proprio percorso di studio della fisica argomenti di cinematica e dinamica. Tale prerequisite è di fondamentale importanza per poter impostare

il lavoro dei laboratori in modo che esso sia finalizzato non solo ad uno studio dei principi che verranno considerati, ma anche e soprattutto allo sviluppo di una visione arricchita e più completa di questi ultimi grazie all'approccio basato sull'intreccio fra teoria e realtà concreta. Sono stati quindi scelti i seguenti argomenti di meccanica classica:

1. Studio cinematico del moto di un proiettile
2. I principi della dinamica
3. II principio della dinamica

Nel seguito saranno illustrate le 3 macchine realizzate ed utilizzate per trattare, nel modo che abbiamo ritenuto adatto al contesto, i tre argomenti.

2.3 Le tre macchine del laboratorio

2.3.1 Studio degli effetti dell'inclinazione sulla gittata

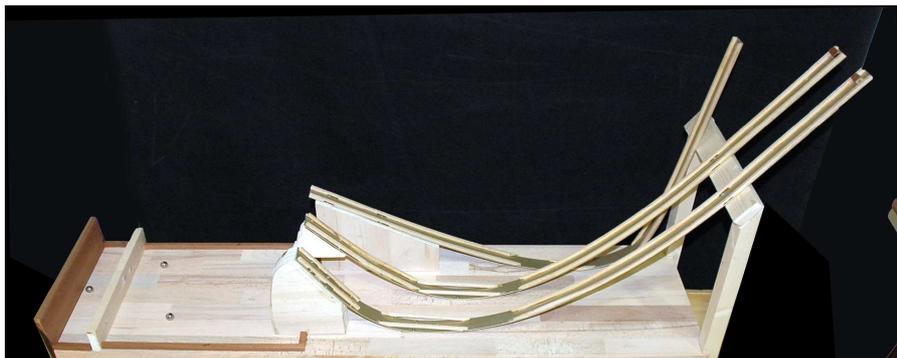


Figura 2.1: Macchina per lo studio della gittata

Su tre corsie che partono dalla stessa altezza ed arrivano alla stessa altezza (più bassa di quella di partenza) sulla stessa linea, corrono tre palline che vengono in tal modo lanciate come proiettili aventi la stessa velocità di lancio². Il primo trampolino forma con l'orizzonte un angolo di 30°, il secondo di 45° ed il terzo di 55°.

Si verifica che solo il proiettile lanciato a 45° può superare l'ostacolo posto sul piano orizzontale, mentre gli altri due si fermano sempre prima. Questo dimostra che la gittata massima, a parità di intensità della velocità di lancio, si ha per l'angolo di 45°.

A livello di scuola secondaria superiore questo esperimento può essere utilizzato per introdurre lo studio del moto di un proiettile e controllare la previsione teorica che la gittata massima si ha per un angolo di lancio di 45°. Qui di seguito la dimostrazione matematica che porta a questa previsione.

²Il modulo della velocità dipende infatti solo dall'altezza di partenza del corpo. Dal principio di conservazione dell'energia meccanica, tenendo conto del fatto che è presente, oltre al moto traslatorio della pallina, un moto rotatorio, si ha:

$$Mgh = \frac{Mv_{finale}^2}{2} + \frac{1}{2}M\omega^2 = \frac{Mv_{finale}^2}{2} + \frac{1}{2} \cdot \frac{2}{5}MR^2 \frac{v_{finale}^2}{R^2} = \frac{Mv_{finale}^2}{2} \left(1 + \frac{2}{5}\right)$$

da cui si ricava $v_{finale} = \sqrt{\frac{10}{7}gh}$, con g accelerazione gravitazionale e h altezza di partenza del piano inclinato.

Dimostrazione. E' necessaria una breve premessa sulle equazioni del moto parabolico di un proiettile soggetto soltanto alla forza di gravità (figura2.2).

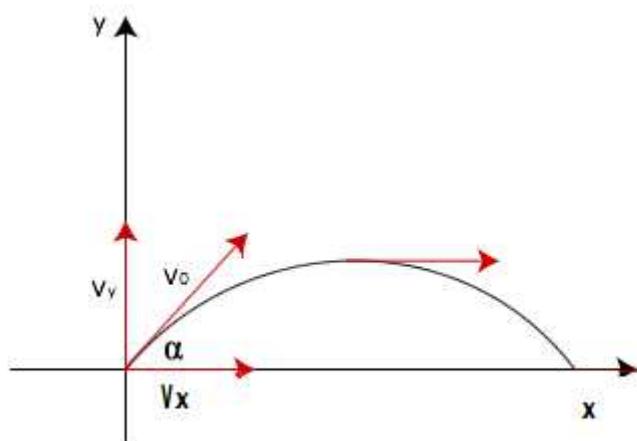


Figura 2.2: Rappresentazione del moto del proiettile nel piano Xy

Il moto è scomponibile nelle due proiezioni x e y , dunque sarà esprimibile tramite la combinazione di due moti diversi:

- un moto uniformemente accelerato dovuto alla forza peso agente nella direzione delle ordinate;
- un moto rettilineo uniforme nella direzione delle ascisse, in quanto in tale direzione non agisce alcuna forza.

La traiettoria del proiettile è dunque il risultato della composizione di questi due moti che in condizioni in cui l'attrito con l'aria sia trascurabile possono essere considerati indipendenti l'uno dall'altro:

$$\begin{cases} x(t) = x_0 + v_o^{(x)}t \\ y(t) = y_0 + v_o^{(y)}t - \frac{1}{2}gt^2 \end{cases}$$

Ricaviamo ora la traiettoria del proiettile, esplicitando la t dalla prima equazione,

$$t = \frac{x - x_0}{v_0^{(x)}}$$

andando poi a sostituire nella seconda, ricavando la $y(x)$:

$$y(x) = y_0 + v_0^{(y)} \left(\frac{x - x_0}{v_0^{(x)}} \right) - \frac{1}{2} g \left(\frac{x - x_0}{v_0^{(x)}} \right)^2$$

$$y(x) = y_0 + \frac{v_0^{(y)} x}{v_0^{(x)}} - \frac{v_0^{(y)} x_0}{v_0^{(x)}} - \frac{1}{2} g \left(\frac{x^2 - 2xx_0 + x_0^2}{(v_0^{(x)})^2} \right)$$

$$y(x) = y_0 + \frac{v_0^{(y)} x}{v_0^{(x)}} - \frac{v_0^{(y)} x_0}{v_0^{(x)}} - \frac{1}{2} \frac{gx^2}{(v_0^{(x)})^2} + \frac{gx_0}{(v_0^{(x)})^2} - \frac{1}{2} \frac{gx_0^2}{(v_0^{(x)})^2}$$

$$y(x) = y_0 - \frac{v_0^{(y)} x_0}{v_0^{(x)}} - \frac{1}{2} \frac{gx_0^2}{(v_0^{(x)})^2} + x \left(\frac{v_0^{(y)}}{v_0^{(x)}} + \frac{gx_0}{(v_0^{(x)})^2} \right) - \frac{1}{2} \frac{gx^2}{(v_0^{(x)})^2}$$

Si può notare come la traiettoria prevista per il proiettile sia dunque una parabola, rivolta verso il basso a causa della presenza coefficiente negativo che moltiplica il termine di secondo grado della x .

Facendo coincidere la posizione iniziale con l'origine degli assi cartesiani, l'equazione della traiettoria del proiettile diventa:

$$y(x) = -\frac{1}{2} \frac{g}{(v_0^{(x)})^2} x^2 + \frac{v_0^y}{v_0^x} x$$

Ora, volendo andare a cercare le intersezioni di tale moto con l'asse delle x , al fine di ottenere indicazioni utili sulla gittata in funzione dell'angolo α con cui viene lanciato il proiettile, si procederà a porre la $y(x) = 0$, per cercare i punti ove il proiettile cade a terra.

Si ha dunque:

$$\frac{x}{v_0^{(x)}} \left(-\frac{1}{2} g \frac{x}{v_0^{(x)}} + v_0^{(y)} \right) = 0$$

Ora, poichè la soluzione $x = 0$ non interessa ai fini della dimostrazione, ci preoccuperemo soltanto del termine fra parentesi, per cui la soluzione nella variabile x si avrà per

$$\frac{1}{2}g \frac{x}{v_0^{(x)}} = v_0^{(y)} \Leftrightarrow$$

$$x = \frac{2v_0^{(x)}v_0^{(y)}}{g}$$

Ora, considerando che

$$\begin{cases} v_0^{(x)} = v_0 \cos \alpha \\ v_0^{(y)} = v_0 \sin \alpha \end{cases}$$

Si ottiene

$$x = \frac{2v_0^2 \cos \alpha \sin \alpha}{g}$$

Questa equazione si può scrivere utilizzando la formula di duplicazione della funzione seno:

$$x = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$$

Ora, poichè v_0 e g sono costanti, il valore massimo della x si avrà quando

$$\sin 2\alpha = 1 \Leftrightarrow \alpha = \frac{\pi}{4}$$

Cioè quando l'angolo di lancio è di 45° .

□

2.3.2 Studio della relazione tra forza e accelerazione lungo un piano ad inclinazione variabile



Figura 2.3: Foto della macchina per lo studio della relazione tra forza ed accelerazione

A livello di scuola secondaria superiore, questa macchina può essere utilizzata per verificare la diretta proporzionalità tra forza applicata ad un corpo e l'accelerazione impressa allo stesso. La macchina prototipo schematizzata in figura 2.4³ consiste di tre rotaie di lunghezza uguale come in figura. Esse sono inclinate in modo che i cateti h opposti all'angolo α stiano fra loro nella relazione di proporzionalità: $h_b = 2h_a$ e $h_c = 3h_a$.

³Martini A. - In fabula scientia ,illustrazione di Martini S.

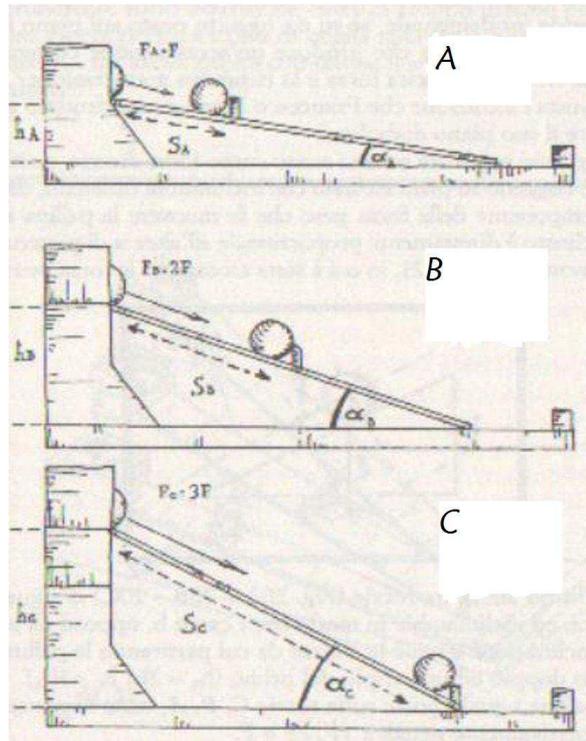


Figura 2.4: Schema della macchina nelle sue tre parti

Tre palline uguali, poste sulle rotaie C, B, A, vengono lasciate libere di procedere contemporaneamente nel loro moto sul piano inclinato. Sulle tre rotaie sono posizionati degli ostacoli così che il percorso della pallina sul piano C sia tre volte quello fatto sul piano A e due volte quello fatto sul piano B. Così: $S_c = 3S_a$ e $S_b = 2S_a$.

Le tre palline sulle rotaie A, B, C sono soggette a forze di modulo rispettivamente di F_a , $2F_a$, $3F_a$, infatti

Dimostrazione. F_a , che per comodità chiameremo F non è nient'altro che la proiezione della forza peso (F_p) che agisce sulla pallina nella direzione di inclinazione della rotaia. Essa è esprimibile come $F = F_p \sin \alpha_a$.

Ora, poichè $\sin \alpha_a = \frac{h_a}{3S_a} = k$, si ha che $F = F_p k$.

Analogamente per F_b e F_c , si troverà:

•

$$F_b = F_p \sin \alpha_b$$

con

$$\sin \alpha_b = \frac{h_b}{3S_a} = 2 \frac{h_a}{3S_a} = 2k$$

da cui

$$F_b = F_p 2k = 2F$$

•

$$F_c = F_p \sin \alpha_c$$

con

$$\sin \alpha_c = \frac{h_c}{3S_a} = 3 \frac{h_a}{3S_a} = 3k$$

da cui

$$F_c = F_p 3k = 3F$$

□

Sperimentalmente si osserva che, lasciando andare contemporaneamente due palline su due rotaie qualsiasi, esse raggiungono i rispettivi ostacoli nello stesso istante (i due colpi sono contemporanei). Riassumendo in formule:

$$t_a = t_b = t_c = t$$

Questo fatto sperimentale ci permette di concludere che la forza applicata ad un corpo è direttamente proporzionale all'accelerazione che gli viene impressa. Infatti:

Dimostrazione. Dall'equazione oraria del moto accelerato sappiamo che

$$a = \frac{2S}{t^2}$$

quindi

$$\begin{cases} a_a = \frac{2S_a}{t^2} = a \\ a_b = \frac{2S_b}{t^2} = 2 \frac{2S_a}{t^2} \Rightarrow a_b = 2a \\ a_c = \frac{2S_c}{t^2} = 3 \frac{2S_a}{t^2} \Rightarrow a_c = 3a \end{cases}$$

Fra le tre accelerazioni vi è quindi lo stesso rapporto di proporzionalità che c'è fra le tre forze agenti sulle palline. Questo risultato ci permette di concludere che al raddoppiare, triplicare della forza, raddoppia, triplica anche l'accelerazione. Equivalentemente si può dire che il rapporto tra forza applicata e accelerazione impressa rimane costante. Infatti:

$$\begin{cases} \frac{F_a}{a_a} = \frac{F}{a} \\ \frac{F_b}{a_b} = \frac{2F}{2a} = \frac{F}{a} \\ \frac{F_c}{a_c} = \frac{3F}{3a} = \frac{F}{a} \end{cases}$$

In tal modo si è verificato che nel moto di un corpo soggetto ad una forza, tale forza è direttamente proporzionale all'accelerazione applicata.⁴

$$\frac{F}{a} = k$$

□

⁴Questo solo esperimento non permette di giungere ad una formulazione del II principio della dinamica. A tale scopo sarebbe necessario infatti realizzare esperimenti con corpi di massa diversa e confrontare le accelerazioni a parità di forza. Inoltre bisogna tener conto del fatto che è presente, oltre al moto traslatorio della pallina, un moto rotatorio che rende l'accelerazione minore di quella che il corpo avrebbe se si muovesse solo di moto traslatorio.

2.3.3 Esperimento di Galileo sul moto in assenza di forze non equilibrate

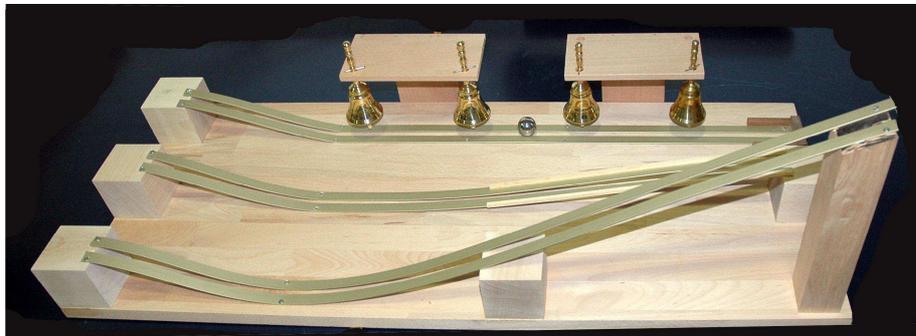


Figura 2.5: La conca di Galileo

Con questa macchina si osserva il moto di una pallina su tre percorsi diversi (cfr. figura 2.5). La parte destra è orizzontale in un caso e in salita negli altri due casi, con inclinazione diversa. Lungo la corsia la cui parte destra è posta in orizzontale, sono posizionati quattro campanelli, posti ad uguali distanze l'uno dall'altro sul piano orizzontale. A livello di scuola secondaria superiore, questo esperimento può essere utilizzato per intuire il primo principio della dinamica, nella sua formulazione galileiana, mediante il ragionamento formulato da Galileo a proposito del moto di una pallina in una conca. Infatti:

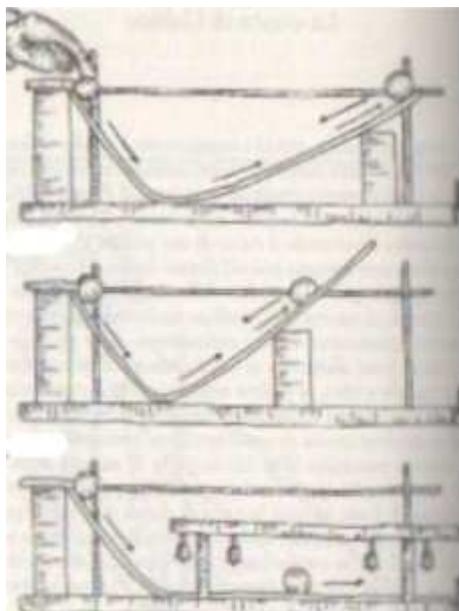


Figura 2.6: schema di funzionamento

Dimostrazione. Osservando il disegno che riporta schematicamente le tre parti della macchina⁵, possiamo effettuare alcune considerazioni. Ad esempio, nei due casi in cui la pallina risale la corsia inclinata, la pallina arriva praticamente all'altezza da cui è partita, pur essendo diversa l'inclinazione della seconda parte della guida. Questo ci può suggerire che, in assenza di attrito⁶, l'altezza di arrivo della pallina dipenda solamente dall'altezza di partenza, e che, quindi, tali altezze debbano essere in una relazione di uguaglianza tra di loro. Si raggiungono conclusioni relative al primo principio della dinamica ragionando sulla domanda: cosa succederebbe se pensassimo di porre la seconda parte della rotaia in orizzontale, come nell'ultima macchina in figura? Stando a quanto osservato, la pallina dovrebbe raggiungere l'altezza di partenza, ma in questo caso, essa non verrà mai raggiunta. Dunque la pallina non si fermerà mai. Arrivati a questo punto, le ipotesi che possiamo formulare

⁵Martini A. - In fabula scientia, illustrazione di Martini S.

⁶Galileo ragionava spesso in termini di assenza d'attrito, poichè si rendeva conto di come cambiasse il comportamento nel moto degli oggetti via via che se ne riduceva l'interazione con l'aria e col terreno.

sulle caratteristiche della velocità della pallina sulla rotaia orizzontale sono tre:

1. la velocità diminuisce
2. la velocità aumenta
3. la velocità rimane costante

Operando da un punto di vista strettamente logico, si può concludere che la velocità resterà costante mediante il ragionamento effettuato dallo stesso Galileo: studiando il movimento di oggetti su un piano inclinato, e notando che in discesa è sempre presente una causa di accelerazione, mentre in salita vi è sempre decelerazione, si può dedurre che quando non vi è nè salita nè discesa non vi deve essere nè accelerazione nè decelerazione. Dunque il moto lungo un piano orizzontale deve essere uniforme.

Si può controllare sperimentalmente la terza ipotesi grazie all'inserimento della coppia di campanelli sopra la corsia che termina in orizzontale. Lasciando andare la pallina si verifica infatti che l'intervallo di tempo tra i suoni dei primi due campanelli, al passaggio della pallina, è uguale a quello dei secondi due. Poichè le distanze percorse tra un campanello e l'altro sono anch'esse uguali, questo indica che la velocità della pallina rimane costante, in quanto

$$v_{tratto1} = \frac{\Delta S_1}{\Delta T_1} = \frac{\Delta S_2}{\Delta T_2} = v_{tratto2}$$

Si può dunque concludere che, in condizioni ideali, la pallina continuerà a muoversi di moto rettilineo uniforme.

Se ora confrontiamo le ultime parti dei tre percorsi dal punto di vista delle forze in gioco possiamo osservare che nei primi due la pallina è sottoposta ad una forza pari alla componente della forza di gravità parallela al piano mentre nel terzo caso la forza di gravità è totalmente equilibrata dalla reazione vincolare del piano. Possiamo così giungere alla formulazione del I principio nella forma espressa da Galileo:

In assenza di forze non equilibrate un oggetto si muove di moto rettilineo uniforme. □

Capitolo 3

Il progetto e la sua realizzazione

3.1 Il progetto

Considerati gli aspetti problematici dell'attuazione del laboratorio e individuato il metodo di approccio didattico ritenuto ad un'analisi preliminare idoneo alla realizzazione di attività di laboratori in quel particolare contesto didattico/scolastico¹, sono stati delineati gli obiettivi da perseguire durante la realizzazione del progetto ed il percorso didattico da realizzare con gli studenti.

3.1.1 Obiettivi

Obiettivi legati agli scopi dell'associazione

- Sensibilizzare insegnanti, studenti e popolazione circa l'importanza del dialogo interculturale come confronto costruttivo e non impari.
- Promuovere una più ampia consapevolezza nella popolazione locale di Guandummehy, distretto di Arusha (Tanzania), dell'importanza e delle opportunità dell'istruzione ed educazione scolastica;
- Far conoscere il lavoro dell'associazione in Italia e Africa, valorizzando il progetto di cooperazione internazionale promosso dall'associazione.

¹vedi il paragrafo 2.2

- Cercare di creare collegamenti fra i dipartimenti di fisica e di matematica di Bologna e la scuola di Dawdi, nell'eventuale possibilità di continuare una collaborazione tra le due realtà.

Obiettivi didattici

- Costruire un modello di comprensione della fisica basato sull'esperienza sensibile, il gioco, il coinvolgimento attivo nella costruzione di conoscenza, l'interazione fra studenti e insegnanti.
- Stimolare nello studente della scuola secondaria di Dawdi l'interesse per la fisica, proponendo laboratori attivi in cui dovrà collaborare alla costruzione di macchine per lo studio di leggi della meccanica classica.
- Stimolare la fantasia e la creatività degli alunni.
- Stimolare la capacità di risoluzione dei problemi e di sviluppo di alternative.
- Rendere gli insegnanti della scuola di Dawdi partecipi del lavoro previsto dai laboratori al fine di stimolare nel personale docente l'interesse per un modello di insegnamento basato su metodi d'apprendimento che coinvolgano direttamente gli alunni, così da favorire il proseguimento nell'anno scolastico dell'esperienza a cui avranno partecipato.
- Sensibilizzare insegnanti e studenti all'importanza della ricchezza della varietà dei metodi didattici, alle tematiche dell'educazione/istruzione, apprendimento/interazione, al confronto fra la fisica studiata in un buon rapporto libro di testo/esperienza diretta dei fenomeni.

3.1.2 Organizzazione del laboratorio

Una volta terminata la parte preliminare del progetto in Italia (prova di costruzione delle macchine, verifica della disponibilità della scuola alla collaborazione negli aspetti didattici e logistici), si è proceduto all'organizzazione

delle attività didattiche da attuare in Tanzania secondo un percorso didattico che tenesse il più possibile conto delle variabili dovute al contesto.

Inizialmente si era pensato che fosse opportuno trasportare una macchina dall'Italia, al fine di esemplificare agli alunni il lavoro che si sarebbe dovuto poi svolgere nelle ore di laboratorio. Questa ipotesi però non è stata attuata a causa di problemi tecnici legati al trasporto.

Viste le difficoltà superabili ma comunque presenti nella comunicazione con il luogo ove si trova la scuola, si è ritenuto opportuno che alcuni volontari si recassero in loco una settimana prima dell'effettivo inizio dell'intervento didattico, al fine di prendere i necessari contatti per l'avvio del progetto.

Durante tale settimana si prevedeva di prendere accordi con il laboratorio di falegnameria per reperire il materiale necessario alla costruzione delle macchine e stabilire contatti con la scuola, con il preside e tutti gli insegnanti per spiegare loro l'idea del laboratorio nei suoi aspetti didattici e tecnici. Consultandosi con la dirigenza scolastica si sarebbe proceduto poi alla scelta della classe con cui lavorare ed alla pianificazione delle giornate di laboratorio e degli orari di lezione.

Una volta preso contatto con la classe, si prevedeva di introdurre gli alunni all'idea dei laboratori esponendo loro le attività da svolgere. Tali attività avrebbero riguardato sia la costruzione e l'assemblaggio delle macchine, sia un'analisi dei dati sperimentali volta a controllare le previsioni teoriche. Si prevedeva di dividere la classe in due gruppi per lavorare separatamente su due macchine diverse, questo per permettere una gestione più agevole del numero elevato di alunni presenti in una classe (circa 70). Una volta costruite le due macchine era previsto uno scambio di esperienze tra i due gruppi. La terza macchina relativa al I principio sarebbe stata presentata agli alunni nel caso in cui il tempo a disposizione fosse stato sufficiente.

Era infine prevista nella giornata finale una festa/esibizione conclusiva dei laboratori, aperta a tutta la scuola e la popolazione del villaggio.

Considerato il fatto che l'insegnamento nelle scuole secondarie superiori della Tanzania è svolto in lingua inglese, si è ritenuto opportuno utilizzare l'inglese

come lingua veicolare tra italiano e kiswahili.

3.1.3 Percorso didattico

In fase di progettazione è stato elaborato il seguente percorso didattico che prevede 8 fasi di lavoro. Come vedremo nel paragrafo successivo, nella realizzazione è stato necessario apportare alcune modifiche marginali al percorso previsto, che però è stato rispettato nelle sue componenti essenziali.

Fase1: presentazione del laboratorio

Questa fase ha lo scopo di presentare il progetto dei laboratori al corpo docente, al preside della scuola ed agli alunni, cercando di puntare l'attenzione di questi ultimi sul fatto che non si tratta di laboratori come quelli di chimica o biologia (che sono i soli che gli alunni conoscono), che non saranno quindi utilizzati microscopi o provette, ma che si tratterà di misurare e discutere insieme cercando di capire e vedere concretamente come alcuni principi o leggi fisiche sono in grado di interpretare la realtà.

Fase2: ripresa dei concetti di forza e gittata e previsioni sul funzionamento delle prime due macchine

In questa fase si prevede di verificare i prerequisiti necessari allo svolgimento del percorso. Si discuterà con gli alunni sui concetti di forza applicata ad un corpo e gittata di un proiettile, facendo uso della lavagna e fornendo esempi concreti: lancio dei gessi per confrontare l'angolo di gittata, spinte e applicazione di forze ad oggetti presenti in classe. Si chiederà loro di fare previsioni sull'angolo che permette ad un gesso lanciato di "andare più lontano", a parità di forza applicata. Si giungerà alla formulazione del II principio ($F = ma$) al fine di introdurli all'esperimento di cui al paragrafo 2.3.2.

Fase3: messa a punto delle due macchine e realizzazione degli esperimenti

In questa fase è prevista la costruzione delle prime due macchine di cui ai paragrafi 2.3.1 e 2.3.2. Si procederà poi al controllo delle previsioni fatte dagli alunni mediante l'osservazione dei fenomeni e la raccolta di dati sperimentali.

Le macchine potranno, a seconda che il contesto scolastico lo permetta o meno, essere completamente costruite oppure semplicemente completate nell'assemblaggio dagli alunni.

Fase4: formalizzazione delle relazioni matematiche che permettono di interpretare teoricamente le osservazioni sperimentali

In questa fase si procederà alle dimostrazioni matematiche relative agli esperimenti osservati. Si cercherà di riportare ogni aspetto della dimostrazione al fenomeno preso in considerazione, giustificando i passaggi matematici con riferimenti espliciti alle osservazioni effettuate sulle macchine, al fine di sottolineare il rapporto fra analisi formale/teorica e indagine sperimentale di un fenomeno.

Fase5: scambio di esperienze fra i due gruppi

Al fine di far condividere a tutta la classe il lavoro dei due gruppi, stimolando così un metodo di apprendimento basato sull'interazione e la discussione, è prevista in questa fase uno "scambio di esperienze", proponendo agli alunni che hanno lavorato su una macchina di presentarla all'altro gruppo di alunni, e viceversa. Questa fase ha come ulteriore scopo quello di verificare la comprensione degli esperimenti da parte degli studenti sia per quanto riguarda l'analisi dei dati sperimentali sia per quanto riguarda le dimostrazioni matematiche.

Fase6 (opzionale): presentazione della “conca di Galileo” e ragionamento guidato per arrivare ad una prima formulazione del I principio

Questa fase ha lo scopo di sottolineare gli aspetti del ragionamento speculativo caratteristico della fisica. L'esperimento ha infatti un significato differente rispetto ai due precedenti, molto più legati all'osservazione finalizzata alla raccolta del dato sperimentale da interpretare alla luce di una teoria nota. Qui invece, dopo aver osservato il fenomeno, è predominante l'aspetto speculativo del ragionamento che si prefigge di superare l'osservazione sperimentale per arrivare a conclusioni di natura teorica.

Fase 7: riepilogo del lavoro svolto, organizzazione della giornata conclusiva

In questa fase ci si propone di capire quanto gli studenti che hanno partecipato al laboratorio abbiano effettivamente compreso il lavoro svolto, in relazione agli obiettivi prefissati.

Verranno riepilogate le esperienze vissute e si procederà all'organizzazione della giornata conclusiva. Verrà inoltre proposto loro un questionario con domande sul livello di gradimento del laboratorio.

Fase8: esposizione delle macchine e verifica del lavoro svolto

Al fine di controllare il livello di comprensione concettuale degli alunni, ma anche e soprattutto per rendere partecipi di questa esperienza tutte le classi che non hanno potuto prendere parte attiva ai laboratori, si prevede di organizzare in questa fase una esposizione delle macchine realizzate insieme agli alunni, durante la quale essi dovranno essere in grado di spiegare al resto della scuola, alunni ed insegnanti, e in generale a qualsiasi persona del villaggio interessata, le macchine, il loro funzionamento e come possono essere interpretati i fenomeni che si osservano.

3.2 La realizzazione

3.2.1 Operazioni preliminari

Una volta giunti al villaggio di Guandummehy, ove è situata la scuola secondaria di Dawdi, si è incominciato a prendere contatto con la realtà locale, discutendo con insegnanti e persone italiane del luogo che hanno ospitato i volontari. Abbiamo potuto constatare che il piccolo laboratorio di falegnameria all'interno del villaggio era effettivamente dotato di strumenti e legno sufficiente alla realizzazione tecnica del laboratorio, ma è parso tuttavia improbabile riuscire a costruire le macchine all'interno dell'edificio scolastico, o comunque in un luogo accessibile ad una classe intera, in quanto il laboratorio di falegnameria era situato all'esterno della scuola ed era di dimensioni troppo piccole per ospitare gli studenti nella fase di costruzione.

Gli insegnanti e il preside della scuola si sono mostrati molto interessati al progetto dei laboratori, non nascondendo il fatto che si sarebbe trattato di esperienze del tutto nuove per gli studenti. Pertanto si è ritenuto opportuno discutere con gli insegnanti alcuni dubbi riguardanti la riuscita del progetto e la risposta che avrebbero dato gli alunni alla proposta dei laboratori. E' risultato che gli studenti probabilmente avrebbero mostrato diverse difficoltà nel mettere in relazione la teoria fisica con un approccio più prettamente pratico. Ciò nonostante, gli insegnanti hanno ribadito la completa disponibilità alla collaborazione, ritenendo valida l'idea di laboratori, così come era stata loro presentata.

Si è individuata insieme al preside la classe con cui lavorare, in base al criterio dei prerequisiti richiesti. Si è deciso quindi che il laboratorio si sarebbe svolto in 6 lezioni da 1.30h l'una per un totale di 9 ore di lavoro effettivo. Le giornate sono state distribuite nell'arco di due settimane.

3.2.2 Il percorso realizzato

Quello che segue è il programma effettivamente realizzato durante le due settimane di lavoro con la classe. Esso è il frutto di conferme del percorso di partenza e di ripensamenti avvenuti alla luce di problematiche emerse in classe, durante le lezioni. La tabella 3.1 illustra i tempi di attuazione delle fasi didattiche nei giorni di laboratorio fissati.

FASI	GIORNI	ORE
Fase 1	Venerdì 16 luglio	30 min
Fase 2	Venerdì 16 luglio	1 h
Fase 3	Lunedì 19 luglio	1 h e 30 min
Fase 4	Mercoledì 21 luglio	1 h
Fase 5	Mercoledì 21 luglio	30 min
Fase 6	Venerdì 23 luglio	1 h e 30 min
Fase 7	Lunedì 26 luglio	1 h
Fase 8	Mercoledì 28 luglio	2h

Tabella 3.1: Tempi di attuazione delle fasi del progetto

Venerdì 16 luglio 11.10-12.40: La classe è attualmente composta da 54 ragazzi e ragazze². Si è lavorato a classe unita per cercare di fornire un'idea di insieme dei laboratori. Sono presenti il docente di fisica ed il preside.

E' emerso che gli alunni non conoscevano il termine gittata(ing.range), è stato quindi ripreso il concetto di forza applicata ad un corpo ed è stata data la definizione di gittata di un proiettile.

²Il numero degli alunni oscillerà durante il laboratorio a causa di fattori esterni alla scuola legati al contesto socio-culturale del luogo.



Figura 3.1: Presentazione dei laboratori e verifica dei prerequisiti

Si è proceduto facendo fare agli alunni una previsione per altezza di mano, ponendo la domanda: “quale inclinazione mi fornirà, a parità di forza applicata, la massima gittata di un gesso lanciato?” La scelta era fra le 3 alternative presenti nell’esperimento: 30° , 45° , 60° . La maggioranza netta (39 studenti e lo stesso professore di fisica) ha scelto l’opzione 30° . Si è detto loro che l’esperienza avrebbe mostrato che la loro risposta non era corretta. Successivamente è stato introdotto il concetto di proporzionalità tra forza e accelerazione nel modo in cui lo si sarebbe poi applicato nell’esperimento corrispondente.

Considerata la scarsa partecipazione degli alunni, a causa di difficoltà di comunicazione, timidezza e soggezione, e vista la completa mancanza di pratica manuale e la mancanza di abitudine ad immaginare concretamente un esperimento fisico, è sembrata una forzatura sostanzialmente inopportuna l’idea di far costruire loro le macchine. Si è optato quindi per una costruzione pressoché integrale delle macchine da parte dei due volontari, in sede separata dalla classe.

Ciò si discosta dall’idea iniziale del progetto, secondo il quale gli alunni avrebbero dovuto contribuire in modo significativo al lavoro di costruzione

delle macchine, ma si auspica che sia possibile utilizzare questa idea in futuro, proprio sulla base di questa prima esperienza che gli alunni si accingono a fare.

Lunedì 19 luglio 11.10-12.40: È presente l'insegnante di fisica della classe, che è stata divisa in due gruppi separati. Ciascun gruppo lavora su un esperimento.

Le macchine semi-costruite sono state completate con successo dagli studenti dei due gruppi in un tempo relativamente breve, ma la partecipazione attiva degli alunni alla costruzione avrebbe potuto essere maggiore. L'elevato numero degli studenti, e il poco lavoro da svolgere per completare le macchine ha precluso questa possibilità.



Figura 3.2: Costruzione delle prime due macchine

Il funzionamento delle macchine è stato osservato con interesse. L'impressione però è che in questa fase sia stato poco compreso il rapporto tra questo funzionamento e la teoria fisica che vi sta dietro.

Si è verificato, nel caso dell'esperimento sulla gittata di un proiettile, che l'inclinazione che fornisce la gittata massima è quella relativa all'angolo di 45° .

Volutamente, a questo punto, è stata svolta un'introduzione alla spiegazione teorica ed alla dimostrazione matematica, proponendo agli studenti di pensare al rapporto fra la teoria e l'esperimento prima della successiva lezione.

E' risultato evidente che gli alunni erano abituati esclusivamente a lezioni frontali tradizionali, dunque è stato difficile riuscire a coinvolgerli in una discussione. Il laboratorio pare aver senso nell'impostazione e nella struttura data, anche se è difficile rendersi conto di quanto effettivamente gli alunni apprendano durante le lezioni, a causa della timidezza e della poca partecipazione. Non avendo mai affrontato un problema dal punto di vista sperimentale, hanno faticato a seguire i ragionamenti proposti.

Si è deciso di lasciare uno spazio di discussione fra di loro di 15 minuti a lezione, per permettere un confronto senza l'interferenza della figura del volontario/insegnante, ancora vissuta con troppo timore.

Mercoledì 21 luglio 11.10-12.40: E' presente l'insegnante di fisica. La classe è ancora divisa in due gruppi e disposta in classi diverse per lavorare separatamente sui due esperimenti proposti. Dopo aver riepilogato la lezione precedente, si è proceduto alle dimostrazioni matematiche, rapportate sempre a misurazioni effettuate sulle macchine presenti in classe. Tale processo si è ripetuto più volte in seguito a richieste di chiarimento da parte degli alunni. Si sono riscontrate difficoltà di comprensione in alcuni passaggi matematici dovute alla carenza di nozioni trigonometriche. L'aiuto ed il sostegno dell'insegnante di fisica è stato in questo senso prezioso. Sono stati lasciati 15 minuti di libera discussione fra gli studenti prima di procedere allo scambio delle esperienze.



Figura 3.3: Dimostrazioni matematiche relative agli esperimenti

Ciascun gruppo ha afferrato l'idea di fondo delle macchine proposte, ed i concetti fisici e le macchine sono state ben comprese da una buona parte di ciascun gruppo. Si è cercato di stabilire un rapporto paritario di discussione con gli studenti, per attuare una collaborazione più aperta e proficua. Ciò nonostante vi è ancora scarsa partecipazione al dibattito. Singoli studenti spiccano sul gruppo per capacità di astrazione e comprensione e disponibilità alla discussione. L'idea dello scambio di esperienze, valida teoricamente, si è rivelata di ardua attuazione: la presenza di tutti gli alunni contemporaneamente in classe ha ostacolato la visione dell'esperimento e la partecipazione di ciascuno.



Figura 3.4: Scambio delle esperienze

Venerdì 23 luglio 11.10-12.40: La lezione riguarda la terza macchina (conca di Galileo), costruita e assemblata interamente dai due insegnanti/volontari. La classe è unita, sono presenti circa 70 studenti. Il docente di fisica è presente.

Dopo aver presentato le 3 parti della macchina si è proceduto mettendo in evidenza le caratteristiche di costruzione. Dopo aver parlato e discusso a lungo sul ragionamento necessario per interpretare il fenomeno che si osservava, si è giunti alla formulazione del I principio della dinamica nella sua formulazione galileiana. Non è stato possibile effettuare la verifica diretta del fatto che la velocità rimanesse costante, ma è stato proposto loro di pensare a come poter verificare tale previsione con l'ausilio di campanellini.

Sono stati lasciati 15 minuti di libera discussione fra gli studenti. Le spiegazioni sono state ripetute in seguito a richieste di chiarimenti da parte degli alunni.

Lunedì 26 luglio 11.10-12.40: Il docente di fisica non è presente. Non vi sono state domande nè richieste di chiarimenti da parte degli alunni riguardo agli esperimenti effettuati, dunque si è proceduto all'organizzazione della giornata conclusiva, nella quale alcuni studenti della classe

saranno divisi in 3 gruppi, uno per ogni esperimento, e in postazioni diverse dovranno spiegare agli altri alunni della scuola il lavoro svolto, l'esperienza vissuta e il funzionamento delle macchine. Ogni gruppo è composto da 4 alunni, di cui uno funge da responsabile. Dopo aver provato senza successo ad intavolare una discussione sulla valutazione del lavoro svolto, si è proposto loro un questionario con 4 domande mirate a raccogliere informazioni sul livello di gradimento del laboratorio, chiedendo di rispondere entro il mercoledì successivo.

Le 4 domande proposte sono le seguenti:

1. Ti sono piaciuti i laboratori? Perché?
2. Pensi siano stati utili? Perché?
3. Quali sono state le cose più difficili?
4. Cosa cambieresti o cosa avresti fatto in modo diverso?

Mercoledì 28 luglio 11.00- 14.00: Alla giornata conclusiva sono presenti il preside ed il consiglio scolastico, tutti gli alunni della scuola. Le macchine sono state collocate nel giardino scolastico distanziandole una dall'altra e, dopo aver inaugurato la giornata con un'illustrazione degli scopi del lavoro da parte dei volontari, tutti gli alunni della scuola sono stati liberi di visitare le postazioni ove era già presente il gruppo di studenti addetto alla presentazione. Ogni gruppo si è comportato egregiamente, spiegando il funzionamento delle macchine e le applicazioni alla corrispondente teoria fisica.



Figura 3.5: Presentazione ed esibizione delle tre macchine

Tutta la scuola ha reagito molto positivamente all'idea dell'esibizione: dagli alunni agli insegnanti, tutti hanno sostato nelle varie postazioni, ascoltando dai vari gruppi il racconto delle esperienze di laboratorio vissute.

La giornata è stata sintomatica della nostra difficoltà nell'interpretare il comportamento degli alunni durante le lezioni. Il fatto che i gruppi di presentazione abbiano lavorato bene e spiegato in inglese e lingua madre il funzionamento delle macchine ha rappresentato una verifica di come tali alunni avessero appreso i concetti e gli aspetti fondamentali dei laboratori/esperimenti proposti. La poca partecipazione al dibattito ed alla discussione doveva essere interpretata non tanto come una mancata comprensione dei fenomeni e dei ragionamenti effettuati, quanto come una mancanza di abitudine, nella prassi scolastica, ad un metodo didattico che valorizzi il confronto e l'interazione.

Dopo l'esibizione, ci sono stati momenti di conclusione e ringraziamenti ufficiali in cui preside e membri del consiglio scolastico hanno espresso il loro apprezzamento per il lavoro svolto.

Capitolo 4

Conclusioni

4.1 Risultati

Non si può dire che sia stata effettuata una vera e propria valutazione dei risultati del progetto, né dal punto di vista del livello di apprendimento degli argomenti affrontati, né da quello dell'immagine della fisica che il laboratorio potrebbe avere arricchito e modificato. La scarsità di informazioni possedute a priori sia sulle classi sia sull'insegnamento effettivamente svolto nella scuola, nonché l'incertezza sui rapporti personali che sarebbe stato possibile stabilire con i docenti e gli studenti, non hanno consentito di pianificare una vera e propria operazione di valutazione mediante la raccolta di dati tramite prove oggettive (ad esempio prove scritte o test di comprensione dei concetti, questionari relativi all'idea di fisica posseduta dagli studenti prima e dopo l'attività di laboratorio, interviste con docenti e studenti). I volontari hanno tuttavia cercato di registrare con regolarità mediante appunti scritti tutte le informazioni che ritenevano utili per poter alla fine tirare un bilancio dell'attività svolta. Nella prima fase di un progetto come quello descritto in questo lavoro di tesi questa forma di valutazione, sia pure non strutturata e certamente soggettiva, ha il pregio di fornire un quadro ricco e non troppo selezionato di informazioni e risulta spesso più attendibile e più costruttiva di una valutazione oggettiva strutturata, proprio perché non ha la pretesa

di imporre criteri di valutazione decisi a priori, che potrebbero risultare inadeguati al contesto e avere come conseguenza l'esclusione a priori di aspetti e informazioni assolutamente fondamentali per interpretare correttamente i risultati del progetto ¹.

Le considerazioni riportate in questo capitolo sono dunque basate prevalentemente su dati raccolti in modo informale, tramite appunti registrati durante lo sviluppo del lavoro e contatti con gli insegnanti e il preside della scuola. Per quanto riguarda gli obiettivi legati agli scopi dell'associazione, si può affermare che il progetto si sia dimostrato effettivamente un buon punto di partenza di un dialogo interculturale tra Italia e Tanzania: tutto l'apparato scolastico ha ben accolto l'idea dei laboratori, valorizzando in più occasioni ed in presenza degli studenti gli aspetti legati alla conoscenza dell'altro, alla ricchezza ed al valore della collaborazione, dell'opportunità di vivere un'esperienza di scambio culturale ed educativo.

L'associazione è stata presentata in più occasioni alla scuola, che si è mostrata disponibile a farne conoscere il lavoro e gli scopi in tutte le classi. Questo ha reso più facile il compito dei volontari nell'approccio e nel confronto con gli studenti, che quindi già conoscevano l'A.K.A.P.

La popolazione del villaggio, invece, non è stata presente alla giornata conclusiva e non è stata resa partecipe del progetto durante il periodo di realizzazione del laboratorio. Questo obiettivo si è rivelato infatti di difficile attuazione a causa della mancanza di mezzi di comunicazione efficienti attraverso i quali si potessero raggiungere le famiglie degli alunni. Si tratta certamente di un obiettivo importante sul quale si dovrà concentrare maggiormente il lavoro dei prossimi anni.

Grazie alla sincera volontà di collaborare e cooperare della scuola, anche per quanto riguarda gli obiettivi didattici, il progetto ha dato risultati positivi, rappresentando un importante punto di partenza per il miglioramento dell'insegnamento/apprendimento della fisica e costituendo di fatto la verifica della concreta possibilità di realizzazione del tipo di laboratorio auspicato.

¹Lichtner M. - *La qualità delle azioni formative*, Franco angeli, 1999

Considerato il fatto che le difficoltà tecnico/organizzative sarebbero potute risultare insormontabili, i risultati ottenuti possono essere considerati assolutamente incoraggianti: la classe con la quale si è lavorato ha ben compreso gli aspetti didattici del progetto, interessandosi ad un aspetto della fisica, quello sperimentale, a cui non si era mai avvicinata.

Inoltre, se da una lato risulta evidente come l'abitudine alla lezione frontale abbia condizionato negativamente la partecipazione alla discussione ed alla messa in gioco delle proprie conoscenze, limitando le possibilità di un confronto ed un'analisi interpretativa variegata e multiforme, è tuttavia innegabile che gli studenti si sono prestati, durante l'esibizione finale, ad una messa in gioco delle proprie conoscenze e del proprio livello di comprensione degli argomenti trattati, dovendo affrontare, nella spiegazione degli esperimenti, un pubblico composto sia da coetanei che da adulti.

L'interesse degli insegnanti per i laboratori proposti, la curiosità nel vedere e ascoltare le spiegazioni delle macchine durante l'esibizione finale, l'aiuto nella gestione del laboratorio e la partecipazione attiva del docente di fisica nelle ore di lezione con la classe ci permette di concludere che gli obiettivi riguardanti la sensibilizzazione degli insegnanti alla consapevolezza dell'importanza di utilizzare una varietà dei metodi didattici, della ricerca di un costante rapporto tra libro di testo e esperienza diretta, del coinvolgimento degli alunni nella risoluzione di problemi, sono stati raggiunti ad un livello del tutto soddisfacente, tenuto conto della brevità del periodo di interazione con i docenti della scuola. I risultati ottenuti finora fanno ben sperare che il laboratorio possa avere qualche influenza anche sull'insegnamento attuato dai professori durante l'anno scolastico e che l'esperienza vissuta possa rappresentare una base di partenza e stimolo per ulteriori sviluppi futuri.

Come già riportato nel paragrafo 3.2.2, la partecipazione degli alunni alla costruzione delle macchine avrebbe dovuto, secondo il progetto iniziale, essere maggiore. Da questo punto di vista, ora che si conoscono le difficoltà e le potenzialità reali di questo aspetto del progetto, sarà necessario rivederne l'impostazione per cercare da un lato di migliorare l'organizzazione del lavoro

così da favorire il coinvolgimento degli allievi, e dall'altro di individuare altre forme di partecipazione attiva alla realizzazione del laboratorio, oltre a quelle strettamente legate alla costruzione delle macchine.

Infine il questionario di gradimento proposto agli alunni², pur avendo coinvolto un numero statisticamente basso di alunni e non essendo attendibile come valutazione del lavoro (era scontato che i giudizi sarebbero stati positivi!), ha comunque fornito informazioni sul significato attribuito dagli studenti all'attività proposta. Riportiamo di seguito alcune risposte alle domande³:

1. Ti sono piaciuti i laboratori? Perché?

- Ci sono piaciuti i laboratori perché sviluppano la capacità di comprendere meglio.
- Ci sono piaciuti perché abbiamo visto concretamente dei principi fisici.
- Ci sono piaciuti perché abbiamo studiato differenti argomenti di fisica dal punto di vista teorico e pratico.
- Ci sono piaciuti perché sono educativi, interessanti e divertenti, e perché aiutano a fornire risposte su questioni fondamentali.

2. Pensi siano stati utili? Perché?

- Sono stati utili perché ci hanno fornito delle tecniche per realizzare esperimenti.
- Sono stati utili perché abbiamo studiato la fisica in modo pratico.
- Sono stati utili perché abbiamo visto come lavorano alcuni tipi di macchine utili a fare esperimenti.

3. Quali sono state le cose più difficili?

²Era stato chiesto agli studenti di rispondervi individualmente, ma a causa di un'incomprensione essi vi hanno risposto dividendosi in quattro gruppi.

³In alcuni casi le risposte erano molto simili e ne è stata riportata una sola.

- All’inizio è stato tutto difficile, col passare dei giorni però abbiamo capito, grazie alle spiegazioni ripetute.
- Il lavoro sulla gittata è stato il più difficile perchè non l’avevamo affrontata nei libri di testo.
- La cosa più difficile è stata capire come utilizzare le macchine presentate nei laboratori.

4. Cosa cambieresti o cosa avresti fatto in modo diverso?

- Niente, saremmo capaci di insegnare ai nostri colleghi come funzionano le macchine.

In conclusione ci sembra di poter affermare che il progetto “Laboratori di Fisica, Tanzania 2010” si sia concluso con successo. Evidenti tuttavia sono i margini di possibile miglioramento per quel che riguarda il coinvolgimento della popolazione alle attività di laboratorio, la gestione logistica e organizzativa della classe con cui si lavora e le modalità di attuazione della proposta didattica. In questo senso sarà necessario in futuro un lavoro di preparazione, antecedente al viaggio, ancor più approfondito e finalizzato ad individuare come superare alcune delle difficoltà incontrate sfruttando al meglio le potenzialità di lavoro verificate quest’anno.

4.2 Prospettive future

Considerata la buona riuscita del progetto, ci proponiamo dunque di continuare nel prossimo anno l’esperienza di laboratori in Tanzania, in accordo con il progetto A.K.A.P. che prevede una durata triennale del progetto. Si prevede una ripetizione dei laboratori di fisica, con un adeguamento del progetto sulla base dei risultati del primo anno.

Si pensa inoltre di inserire un progetto di laboratori di matematica che andrebbe strutturato ed organizzato come è stato fatto lo scorso anno per il progetto di fisica.

Nella preparazione dei progetti del 2011 si cercherà di valorizzare il lavoro dei laboratori in tutto il villaggio, grazie all'aiuto e la collaborazione della scuola nell'organizzazione di una giornata finale aperta a tutta la popolazione.

Per quanto riguarda il progetto di fisica, si cercherà inoltre di individuare un percorso che preveda la costruzione di macchine ancora più semplici, in modo da poter coinvolgere maggiormente gli alunni nelle fasi di costruzione. In questo senso, si può pensare di lavorare in tre gruppi separati, per permettere una gestione migliore dell'elevato numero di alunni.

Per quanto riguarda il progetto di laboratori matematici, l'idea, da sviluppare e verificare nella sua effettiva possibilità di realizzazione, è quella di pensare ad un percorso che abbia alcune analogie concettuali e strutturali con il progetto di fisica: affrontare, partendo da un punto di vista pratico e visivo, argomenti matematici tipici delle scuole secondarie, al fine di attuare un percorso che riesca a mettere in relazione gli aspetti astratti e formali della matematica con la realtà.

Si programmerà una valutazione del progetto che preveda la raccolta di informazioni anche a livello individuale sia sul livello di comprensione raggiunto sia sull'immagine di scienza sviluppata dagli alunni.

Si prevede di mantenere un collegamento con l'università di Bologna principalmente mediante due canali:

- la presentazione del progetto dei laboratori al Consiglio di Facoltà di Scienze MM.FF.NN. ed ai dipartimenti interessati;
- l'inserimento, all'interno di corsi di Didattica della Matematica e della Fisica, di una presentazione e discussione degli obiettivi e dei risultati dei due progetti.

Relativamente al primo punto, lo scopo è di sensibilizzare un numero maggiore di docenti della Facoltà di Scienze MM.FF.NN. ad un progetto internazionale, valorizzandone gli aspetti interculturali e di ricerca in didattica, al fine di promuovere una collaborazione tra Università di Bologna, A.K.A.P. e scuola in Tanzania.

Per quanto riguarda il secondo punto invece, si prenderà contatto con docenti di didattica della matematica e della fisica, si presenterà loro il progetto svolto e si proporrà di inserire nei rispettivi corsi una parte relativa ai laboratori da effettuare del progetto, attuando anche in questo caso una collaborazione che permetta di sensibilizzare gli studenti universitari agli obiettivi del progetto realizzato, e di valorizzare il contributo della ricerca in didattica della matematica e della fisica nella progettazione e realizzazione del percorso didattico.

Bibliografia

- [1] AAPT - Obiettivi del laboratorio di fisica, 1997.
- [2] Amaldi U. - *La fisica per i licei scientifici* vol.1, Zanichelli, Bologna 2001.
- [3] Casadio C. - La realtà dei fatti e la forma della fisica: serve un ponte?, *La Fisica nella Scuola*, Quaderno 6, AIF, Cagliari, 1996.
- [4] Cutroni M. e Vicentini M.-Il ruolo del laboratorio nella fisica e nel suo insegnamento/ apprendimento, in M.Vicentini e M.Mayer, *Didattica della Fisica*, Loescher, 1996
- [5] diSessa A. A.- A history of conceptual change research: threads and fault lines. In. K. Sawyer (Ed.), *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences* MA: Cambridge University Press, 2006.
- [6] Einstein A., Infeld L.-*L'evoluzione della fisica*, Boringhieri, Torino, 1938
- [7] Grimellini Tomasini N., Segrè G.(a cura di)-*Conoscenze scientifiche: le rappresentazioni mentali degli studenti*, La Nuova Italia,Scandicci(Firenze), 1991
- [8] Hammer D.-Le risorse degli studenti per apprendere la fisica di base, *La Fisica nella Scuola*, anno XXXVI - n.1, gennaio-marzo 2003.
- [9] Lichtner M. - *La qualità delle azioni formative*, Franco angeli, 1999
- [10] Martini A. - *In fabula scientia*, Pendragon, Bologna, 2007.

- [11] Mc Dermott L.- Ricerche sulla comprensione dei concetti di meccanica, *La Fisica nella Scuola*, anno XIX - n.2, aprile-giugno 1986.
- [12] Mellado V. Carracedo D.-Contribuciones de la Filosofía de la Ciencia a la Didáctica de las Ciencias, *Enseñanza de las Ciencias*, vol.11, 1993.
- [13] Nuffield Project- *Se faccio capisco*, Zanichelli 1971
- [14] PSSC - *Fisica* , Vol.B, Zanichelli, Bologna 1981.
- [15] Sane Krhisna V.-Science and technology education in developing countries:low cost, locally made instrumentation, in Sylvia A. Ware (a cura di)- *Science and environment education views from developing countries*, World Bank, Human development Network, Secondary Education series, Washington, 1999
- [16] Thulstrup Erik W.-School Laboratories in Developing countries: are they Worth the Effort and Espense?, in Sylvia A. Ware (a cura di)- *Science and environment education views from developing countries*, World Bank, Human development Network, Secondary Education series, Washington, 1999.
- [17] Vicentini M. e Mayer M.- *Didattica della Fisica*, La nuova Italia editrice, Firenze, 1996.
- [18] Viennot L.- Spontaneous reasoning in elementary Dynamics, *European Journal of Science Education*, Vol 1, No.2, 205-221, 1979
- [19] Zanarini G. - Immagini del sapere e conoscenza scientifica, *La Fisica nella scuola*, anno XXV-n.4, ottobre-dicembre 1992

Ringraziamenti

Sono molti gli amici che mi sono stati vicino nello studio universitario di questi tre anni. In numero pressoché uguale sono le persone che mi hanno aiutato a renderlo più piacevole, a dargli un respiro più ampio e non ristretto al solo ambito accademico. Nel ringraziarli tutti indistintamente, rimane tuttavia indispensabile nominare le persone che mi sono state più vicino nell'ambito di questo progetto di tesi.

In primo luogo la docente Barbara Pecori, che ha contribuito enormemente alla parte organizzativa/didattica del laboratorio, seguendo durante l'anno gli sviluppi e sopportando le mie lacune nella scrittura della tesi. A lei la mia stima profonda e l'augurio di poter lavorare ancora assieme.

Ad Alberto Martini, professore di fisica nella scuola secondaria, ideatore delle macchine utilizzate, va il mio sincero ringraziamento per aver dato la possibilità concreta di realizzare questo progetto e la promessa di portare le sue macchine ovunque sia possibile.

Ringrazio tutti i miei compagni di viaggio:

Francesco, co-realizzatore del laboratorio, amico e indispensabile spalla;

Caterina, per la sua voglia e capacità di realizzare qualsiasi cosa le venga in mente, le discussioni e i confronti sul progetto, per la sua amicizia sincera;

Edoardo, per essere stato amico e sostegno in questi anni, per aver creduto nell'A.K.A.P., per l'ottimismo profondamente radicato in lui;

Beatrice, per la sua allegria sincera, la fantasia, la sua voce;

Giulia, per la sua affettuosa prepotenza, per essere una persona disponibile al confronto, senza pregiudizi;

Sara, per la sua capacità di lavoro e la sua fantasia, per aver reso infinitamente più divertenti le settimane passate insieme;

Un grazie speciale va alla missione di Suore di S.Onofrio di Guandummehy, a Suor Annarosa, Suor Bizuness, Suor Ayalec, Suor Meseret, che ci hanno ospitato e trattato come figli.

Ringrazio la scuola di Dawdi, il preside, il docente di fisica e tutta la classe che ha lavorato ai laboratori.

Senza l'A.K.A.P. questo progetto non sarebbe stato realizzato. Ringrazio di cuore tutti i membri di questa piccola associazione con grandi sogni.

Ringrazio tutta la mia famiglia, i miei fratelli, i miei nonni, i miei zii e cugini.

Ai miei genitori, che hanno sempre creduto in quello che facevo e nei miei interessi, va tutto l'affetto e la stima, oltre al ringraziamento speciale per aver reso la mia vita ricca di musica.

Michele Canducci