**Tecniche avanzate di analisi dati per la scuola superiore**

**Advanced techniques in data analysis for High School**

*Autori: Michela OCCHETTO1 e Matteo PISANO2*

1 Liceo Classico, Scientifico e Linguistico “San Giuseppe Calasanzio” di Cercare (\*)

2 Laboratório de Instrumentação e Física experimental de Partículas , Lisboa, PT (\*\*)

**Riassunto**

Secondo il quadro di riferimento del Ministero dell’Istruzione per il Liceo Scientifico (Ref. [1]) sarebbe necessario, durante le ore di fisica, dare spazio anche alla parte laboratoriale, attività che consente il consolidamento della teoria mediante la sua applicazione sperimentale. Sfortunatamente, spesso, queste attività sono limitate se non del tutto assenti dai percorsi scolastici sia a causa di carenze strumentali sia per l’inadeguatezza di alcuni insegnanti a ricoprire questo ruolo. La nostra proposta vuole essere di appoggio ai docenti di fisica fornendo sia gli strumenti teorici per condurre una analisi dati di alto livello sia esempi di attività sperimentali inusuali da proporre agli studenti. Si darà ampio spazio all’approccio che riteniamo più idoneo da adottare in questo contesto. Le attività proposte sono state testate per tre anni su un numero di circa cento alunni ottenendo ottimi risultati. Quindi riteniamo che questo lavoro sia di utilità anche per altri docenti.

**Summary**

Referring to the reference document for high school provided by the Italian Minister of Research and Education (Ref. [1]), it is necessary, during the curricular course of physics, providing hands on training sessions in the school laboratory. These activities should strengthen the theoretical skills of the students. Unfortunately, the absence of instrumentation in the laboratories does not allow to provide these activities. The aim of our proposal is to help physics teacher to develop their skills in advanced statistics and to give them examples of new and interesting activities. We will also suggest how to interact with students during the hands-on training session. The proposed activity has been tested for three years on about one hundred students, obtaining great results. For this reason, we reckon that this work may help many other teachers.

(\*) e-mail di riferimento: michelaocchetto15@gmail.com

(\*\*) e-mail di riferimento: [matteo.pisano@cern.ch](mailto:matteo.pisano@cern.ch)

## **1. Introduzione.**

## Secondo il quadro di riferimento del Ministero dell’Istruzione per il Liceo Scientifico (Ref. [1]) sarebbe necessario, durante le ore curricolari di fisica, dare ampio spazio anche alla parte laboratoriale, attività che consente allo studente di consolidare le proprie conoscenze teoriche mediante la loro applicazione sperimentale. Sfortunatamente, spesso gli argomenti teorici da trattarsi durante le lezioni sono così numerosi da rendere necessario limitare al minimo la fruizione del laboratorio. A ciò si aggiunge la non sempre presenza di spazi adeguatamente attrezzati per garantire lo svolgimento di questa attività all’interno delle scuole e di tecnici preparati e volenterosi in grado di aiutare il docente sia nella preparazione, che durante le attività sperimentali. Molte volte, infine, gli stessi docenti non si sentono pronti ad affrontare le attività sperimentali con i propri alunni forse perché hanno una formazione più matematica o perché ritengono l’attività laboratoriale lontana dalla loro abitudine didattica. Il progetto presentato in questo articolo è stato proposto a studenti di seconda scientifico e vuole essere un compendio alle attività di lezione curricolare, avente lo scopo da una parte di fornire conoscenze di statistica più avanzate e dall’altra di permettere allo studente di mettersi in gioco nello svolgimento di esperienze più complesse e normalmente non proposte in ambito liceale. Lo abbiamo proposto come attività laboratoriale in questo corso di formazione per insegnanti perché riteniamo che partecipare ad un corso di questo tipo o organizzarlo per i propri studenti, possa migliorare le conoscenze e contribuire allo sviluppo professionale dei docenti di Fisica.

## Di seguito forniremo materiale teorico su cui ripassare o approfondire concetti di statistica e di teoria degli errori, alcune semplici nozioni del software ROOT per l’analisi dei dati sperimentali, alcune idee per attività sperimentali ed esempi di relazioni prodotte dai nostri studenti.

Il progetto si articola su un totale di venti ore: sei di queste sono dedicate alla trattazione di argomenti teorici e quattordici sono destinate all’attività laboratoriale e alla stesura delle rispettive relazioni. Quanto al programma di teoria, si riprende la trattazione dell’incertezza di tipo massimo e si approfondisce la trattazione dell’incertezza di tipo statistico (Ref. [2]). Si introducono i concetti di ripetibilità e compatibilità della misura (Ref. [2]). Si dedica, inoltre, ampio spazio ad una parte di programmazione, nella quale si insegna a utilizzare un software di analisi dati avanzato (ROOT, Ref. [3]) al fine di disegnare grafici e di applicare tecniche di regressione sugli stessi (fit funzionale). Al termine del corso, gli studenti saranno in grado di realizzare una presa dati professionale, di interpretare criticamente i risultati ottenuti e di determinare quale andamento funzionale soddisfano i dati acquisiti. Ciascuna esperienza deve essere corredata da una relazione scritta seguendo linee guida ben delineate in classe. Saper presentare il lavoro svolto, infatti, è uno dei punti chiave della ricerca moderna.

Questo paper, pertanto, sarà diviso in due parti. Nella sezione 2 si tratteranno le metodologie con le quali è opportuno appoggiare l’insegnante al fine di tenere un corso di alto livello. Nella sezione 3 si tratterà invece l’approccio che consente di massimizzare il profitto degli studenti.

**2. Appoggio all’insegnante.**

Spesso si riscontra nel corpo docenti delle scuole superiori una forte differenza nel modo di approcciarsi alle attività laboratoriali a seconda della formazione universitaria dell’insegnante. Se i docenti laureati in fisica tendono ad avere più dimestichezza sia con l’ambiente del laboratorio, sia con le tecniche statistiche per la trattazione dei dati, gli insegnanti laureati in matematica, purtroppo, non dispongono della stessa propedeuticità. Questo in quanto il sistema universitario italiano non prevede ad oggi corsi di laboratorio per i laureandi in matematica e spesso gli esami di statistica sono molto limitati (a seconda dell’ateneo). Per questa ragione, si rende necessario fornire compendi teorici agli insegnanti da una parte per rinfrescare le proprie competenze nell’analisi dati e dall’altra per vedere come applicare quest’ultime alla realtà del laboratorio.

Come riferimento bibliografico, citiamo la fonte [4]. Al suo interno è presente un riassunto dettagliato di tutte le tecniche statistiche necessarie per affrontare la presa dati in laboratorio e sono presenti numerosi esercizi ed esempi. E’ inoltre presente una ampia parte di programmazione nella quale si introduce il docente a ROOT [3]. Trattasi di un programma di analisi dati fatto da fisici per fisici utilizzato nell’ambito della fisica delle alte energie (è il programma attualmente utilizzato per le analisi dati condotte a LHC, CERN). E’ un programma completamente open source, basato sul linguaggio di programmazione C++. E’ estremamente duttile e, nel caso in esame, viene proposto per realizzare grafici e eseguire regressioni statistiche sugli stessi. Numerosi esempi e immagini sono allegati al file.

Riteniamo che il docente interessato all’argomento possa trovare tutte le informazioni utili all’interno del file indicato in referenza [4]. Le spiegazioni sono estremamente dettagliate e il docente non dovrebbe avere problemi nel comprendere il target che vuole avere il corso. Nella nostra esperienza, tutti i docenti a cui abbiamo fornito tale materiale si sono detti soddisfatti. Ciò premesso, le referenze [2] e [3] trattano i medesimi argomenti più nel dettaglio e possono essere usati come compendio nel caso di incomprensioni.

Ciò premesso, riteniamo che possano comunque permanere alcuni dubbi sulla parte di informatica (applicata a ROOT). Trattasi infatti di un software non del tutto user-friendly e, più in generale, la parte di programmazione non risulta sempre di facile comprensione ai principianti. In ogni caso, noi abbiamo sempre offerto la possibilità di fare tutorial sull’ultima parte. Una lezione di due ore è più che sufficiente per fugare ogni dubbio. Ricordiamo inoltre che un qualunque fisico delle particelle formato è in grado di utilizzare con padronanza il software fornito. Per questo, si invita sempre i docenti a rivolgersi alle università convenzionate con l’istituto di appartenenza, le quali sapranno indirizzare il docente a esperti del settore che sono sempre estremamente disponibili. Teniamo comunque a precisare che una lettura del materiale fornito è più che sufficiente.

Rimane a questo punto da discutere come fornire l’appoggio nella fase laboratoriale. Si vuole precisare che, siccome la attività è rivolta solo a studenti interessati, non dovrebbero sussistere problematiche legate al rispetto della buona condotta in laboratorio. Si è piuttosto interessati a trasmettere all’insegnante il “senso fisico” necessario a ideare esperienze di laboratorio fattibili con i mezzi a disposizione.

A tal proposito si vogliono sottolineare alcuni aspetti:

• La fisica ci circonda: qualunque fenomeno o accadimento della vita quotidiana è determinato dalle leggi della fisica. Qualunque apparato è dunque idoneo per svolgere un esperimento, basta saperlo guardare con il giusto occhio.

• E’ necessario proporre la misura di quantità “accessibili”: sebbene il risultato finale non sia lo scopo dell’esperienza di laboratorio, è sicuramente più gratificante per lo studente ottenere un risultato in linea con gli altri colleghi o con la teoria. A tal fine, misure di estrema precisione (coefficiente di attrito volvente, modulo di Young di una corda…) sono da evitare;

• Senza pregiudizio del punto precedente, è opportuno mostrare che, grazie alle tecniche di analisi statistica avanzate mostrate all’interno del corso, è possibile ottenere misure che con le tecniche “scolastiche” non si potrebbero osservare. In particolare, è opportuno mostrare come l’utilizzo di tecniche informatiche (ROOT) permetta di estrarre molta più informazione di quanto si può fare diversamente.

Come appare chiaro nella lettura dei punti precedenti, scrivere una traccia di laboratorio è un delicato equilibrio tra saper proporre misure non troppo di fino, ma al contempo che si spingano oltre alla normale pratica laboratoriale scolastica. A tal fine, nella nostra esperienza, abbiamo trovato utile dividere le esperienze in due parti:

• Una prima parte in cui si propone di applicare le tecniche statistiche ad una misura estremamente banale, come quelle proposte in classe, e osservare il miglioramento della qualità della misura (minor errore relativo);

• Una seconda parte in cui si propone l’estrazione di una quantità più avanzata.

A titolo di esempio proponiamo un paio di tracce elaborate nel corso degli anni: studio delle oscillazioni di un pendolo semplice [5] e misura della costante elastica di una molla ideale [6].

Nel primo caso di propone prima di verificare sperimentalmente la celebre legge delle piccole oscillazioni e successivamente si chiede di determinare il primo termine correttivo al periodo dovuto alle grandi oscillazioni.

Nella seconda esperienza si propone prima una misura classica della costante elastica della molla e successivamente la determinazione di eventuali deviazioni dalla legge. A titolo di esempio, si citano i seguenti elaborati prodotti dagli alunni in autonomia [7], [8].

**3. Approccio didattico.**

L’aspetto più rilevante da mettere in luce durante questi corsi è che la scienza è basata sulla discussione. L’insegnante non si deve porre come una figura onnisciente, ma deve ragionare con gli alunni. Anche nelle realtà sperimentali più semplicistiche, infatti, sussistono dettagli sui quali ognuno di noi non ha mai ragionato o, semplicemente, sui quali non sussiste una banale risposta.

Il corso risulta riuscito se si sviluppa un dialogo tra gli alunni, in cui il docente non è semplicemente chi ascolta le domande e fornisce delle risposte, bensì ha un ruolo di guida che si divide in due parti:

• Durante le lezioni teoriche spiega agli alunni la base che tutti devono conoscere per poter svolgere le attività sperimentali;

• Durante la attività sperimentale non si danno risposte, ma si ragiona con gli alunni per trovare insieme le risposte.

La vera attività sperimentale si ha infatti quando le domande poste dagli alunni non hanno una risposta immediata del docente (perché magari neanche lui ci ha mai riflettuto) bensì quando il docente in risposta alla domanda sa suggerire una pratica sperimentale per soddisfare quanto richiesto. Questo, dopotutto, è il punto cardine del metodo scientifico: saper porre domande alla natura per ottenere delle risposte.

A titolo di esempio, se nella traccia [6] viene richiesto se cambiare la massa sospesa al pendolo inficia la misura, un’ottima risposta sarà invitare l’alunno a ripetere l’esperimento con varie masse.

In ultimo, risulta di fondamentale importanza richiedere la stesura di una relazione. Questo è un momento doloroso sia per l’alunno sia per il docente (dal momento che poi implica una correzione), ma è l’unico modo che permette agli studenti di verificare l’effettiva comprensione della materia: il corpo proposto, infatti, è estremamente tecnico. Presuppone il saper maneggiare vari strumenti statistici e di avere manualità con strumenti informatici. Non è possibile per l’alunno stesso mettere in pratica tali concetti se non si misura con la stesura di uno scritto. Ricordiamo, inoltre, che nel mondo della scienza saper comunicare in modo chiaro, preciso e scorrevole i risultati è di primaria importanza. A tal riguardo, risulta fondamentale un’approfondita correzione da parte del docente, in modo che lo studente impari anche dai propri errori.

**4. Conclusioni.**

In conclusione, possiamo affermare che i risultati che abbiamo ottenuto nei tre anni scolastici in cui abbiamo proposto tale attività laboratoriale agli alunni di seconda e terza Liceo Scientifico sono stati molto soddisfacenti. Gli studenti, infatti, hanno mostrato grande entusiasmo e impegno durante le ore di presa dati in laboratorio, hanno acquisito le tecniche informatiche necessarie per l’analisi dei dati sperimentali e sono stati in grado di realizzare relazioni scritte quasi professionali. Riteniamo, quindi, che la nostra esperienza svolta con gli studenti, possa essere utile anche come corso di formazione per docenti o come attività da proporre, anche, in altre scuole superiori.

**Bibliografia**

[1] Ministero dell’Istruzione, dell’Università e della Ricerca, Dipartimento per il sistema educativo di istruzione e formazione, Direzione Generale per gli ordinamenti scolastici e la valutazione del sistema nazionale di istruzione, “Quadro di riferimento per la redazione e lo svolgimento della II prova di Fisica dell’esame di Stato per i Licei Scientifici” (2017).

[2] J. K. Taylor atque C. Cihon, “Statistical Techniques for Data Analysis”, *Chapman & Hall/CRC* **ISBN-13: 978-1584883852** (2004)

[3] Rene Brun, Fons Rademakers et al., “ROOT Data Analysis Framework - User Guide”, (2007)

(https://root.cern.ch/root/htmldoc/guides/users-guide/ROOTUsersGuide.html)

[4] Matteo Pisano, “Introduzione all’analisi dati e alle tecniche per il fit di grafici con error boxes”, link https://www.dropbox.com/sh/0s8reqalthss9xa/ AAAKvluMt7pwQmEimaTY8YYGa?dl=0 , file “Analisi dati” (2017)

[5] Matteo Pisano, “Studio delle oscillazioni di un pendolo semplice”, link https://www.dropbox.com/sh/0s8reqalthss9xa/AAAKvluMt7pwQmEimaTY8YYGa?dl=0 , file “pendolo\_semplice” (2018)

[6] Matteo Pisano, “Misura della costante elastica di una molla ideale”, link https://www.dropbox.com/sh/0s8reqalthss9xa/AAAKvluMt7pwQmEimaTY8YYGa?dl=0 , file “molla” (2018)

[7] Letizia Malaspina et al., “Studio delle oscillazioni di un pendolo semplice”, 2018, link https://www.dropbox.com/sh/0s8reqalthss9xa/AAAKvluMt7pwQmEimaTY8YYGa?dl=0 , file “Relazione\_Pendolo” (2018)

[8] Letizia Malaspina et al., “Misura della costante elastica di una molla ideale”, link https://www.dropbox.com/sh/0s8reqalthss9xa/AAAKvluMt7pwQmEimaTY8YYGa?dl=0 , file “relazione\_molla\_ideale” (2018)