

Formazione al laboratorio da docenti per docenti Training of physics laboratory held by teachers for teachers

(*) Alessandro ERCOLI

Liceo Scientifico Statale Paolo Ruffini, Viterbo, Italia

Dipartimento di Matematica e Fisica, Università degli Studi Roma Tre, Roma, Italia

Cristina TRIFOLELLI

Liceo Scientifico Statale Paolo Ruffini, Viterbo, Italia

Dipartimento di Matematica e Fisica, Università degli Studi Roma Tre, Roma, Italia

Riassunto. La pratica laboratoriale è un supporto prezioso per l'insegnamento della Fisica. Per questo abbiamo voluto condividere con i nostri colleghi quelle esperienze di laboratorio, diversificate per materiali e strumenti, che utilizziamo abitualmente nelle nostre classi, realizzando noi stessi, docenti di scuola superiore, un corso di formazione per colleghi di scuole di pari grado. Il fine del corso è stato promuovere una costruzione critica della conoscenza scientifica attraverso selezionate esperienze di laboratorio grazie alle quali è possibile acquisire un metodo rigoroso di descrizione e verifica della realtà. Ad ogni incontro una introduzione teorica dell'argomento precedeva l'attività laboratoriale per poi concludersi con una riflessione sui risultati ottenuti in termini di valenza didattica, attenzioni sperimentali ed approfondimenti teorici. Il materiale da noi condiviso con i colleghi corsisti è completo e immediatamente spendibile dai docenti nelle proprie classi.

Abstract. The physics laboratory is a valuable teaching tool and we wanted to share with our colleagues those laboratory experiences, diversified in terms of materials and tools, which we usually use in our classes. This is the reason why we have proposed a training course held by high school teachers for high school teachers. The aim of the course was to promote a critical construction of scientific knowledge through laboratory experiences to acquire a rigorous method of description and verification of reality. Each meeting was divided as follows: a theoretical introduction to the topic, the laboratory activity, a consideration on the results we obtained (didactic value, experimental attention and theoretical insights). The material we shared is complete and immediately usable by teachers in their lessons.

Introduzione

L'uso del laboratorio rappresenta un prezioso strumento nella didattica dei docenti delle scuole superiori [1] [2] ed ha anche una posizione di rilievo nelle indicazioni nazionali per i licei del MIUR. Così, dopo aver realizzato e proposto nelle nostre classi diversi esperimenti, con buoni risultati, è maturata in noi la consapevolezza che il lavoro svolto potesse essere di supporto ai nostri colleghi nella promozione/realizzazione

(*) ercoliale@alice.it

di una adeguata pratica laboratoriale. Tutto ciò ci ha portato a voler condividere il percorso fatto e realizzare un corso di formazione di laboratorio di Fisica per i docenti sia di Matematica e Fisica che di Scienze delle scuole superiori. Le motivazioni che negli anni scolastici 2017/18 e 2018/19 ci hanno poi convinto e sostenuto a realizzare questo progetto sono ben espresse da quanto scritto [3] dalla Prof.ssa Elena Pettinelli e dalla Prof.ssa Elisabetta Mattei, Dipartimento di Matematica e Fisica, Università Roma Tre: *“la corretta descrizione delle leggi di natura richiede un profondo studio dei fenomeni fisici direttamente osservabili ed una notevole abilità creativa nella costruzione delle prove sperimentali. Nella didattica della fisica, la pratica di laboratorio ha grande importanza non solo per l’apprendimento delle tecniche di misura delle grandezze fisiche, ma anche per la comprensione di come si arriva alla formulazione di una legge fisica e come se ne verifica la validità generale.”* Una delle finalità del corso proposto è stata fornire ai docenti corsi spunti, materiali e strumenti per acquisire una maggiore autonomia nella progettazione e realizzazione di esperienze da spendere nella propria didattica. Parallelamente volevamo valorizzare una cultura che privilegiasse la conoscenza dell’organizzazione ed il controllo del processo, del percorso scientifico, con le loro eventuali implicazioni, in cui l’esperimento sia pensato, organizzato, realizzato, controllato in ogni passo e riletto alla luce dei risultati ottenuti. Desideravamo promuovere una didattica basata sulla continua dialettica tra esperimento e modello scientifico, in cui il laboratorio fosse visto come luogo fisico in cui può realizzarsi una metodologia fondata sulla ricerca, accompagnata da adeguati e crescenti riferimenti teorici e in cui l’esperimento potesse esser visto quindi come “luogo” dove costruire, verificare, rileggere ed eventualmente modificare il modello che lo descrive. L’innovazione metodologica, accanto all’uso di strumenti informatici/digitali, non ha potuto comunque prescindere da una profonda conoscenza dei fenomeni studiati. Ritenevamo inoltre che condividere la nostra esperienza e ricercare un confronto con le esperienze già realizzate nei laboratori delle scuole del nostro territorio potesse portare anche ad una eventuale collaborazione nella progettazione di nuove esperienze. Il corso è stata la conclusione quasi naturale di un percorso durato diversi anni nei quali abbiamo ideato e realizzato esperimenti che coinvolgono l’utilizzo non solo di strumenti già in dotazione nel laboratorio di Fisica, ma soprattutto di materiale povero e di smartphone. Durante l’anno precedente al primo corso di formazione abbiamo trascorso almeno un’ora a settimana a provare alcuni esperimenti. Inizialmente, curiosi di esplorare le opportunità che lo smartphone poteva offrire attraverso i vari sensori, abbiamo cercato di realizzare esperienze che potessero essere di supporto alla didattica nelle nostre classi. La vasta panoramica di app a disposizione per trasformare lo smartphone in un laboratorio di fisica ci ha spinti a cercare la soluzione che di volta in volta maggiormente si dimostrava più adeguata. Lo smartphone si è rivelato così uno strumento efficace per fare esperimenti [4] anche perché di fatto è un piccolo laboratorio, ricco di strumenti, che studenti e docenti possono sempre avere con sé. Tutti gli alunni ne possiedono uno e questo, in caso anche di carenze di locali adibiti a laboratorio, può permettere di svolgere delle esperienze proprio con lo strumento forse a loro più familiare con il quale hanno molta confidenza e del quale, in questo modo, possono anche scoprirne risorse forse inaspettate

tra le quali, non ultima, la possibilità di diventare un serissimo divertimento. Nello scegliere gli esperimenti da proporre che coinvolgessero l'uso dello smartphone, abbiamo selezionato diverse app sfruttando i punti di forza di ciascuna. Nello scegliere invece le esperienze che coinvolgessero materiale da laboratorio attrezzato abbiamo deciso di utilizzare strumenti didattici risalenti anche alla seconda metà del secolo scorso e conservati nel vecchio laboratorio del nostro liceo (ad esempio l'ondoscopio, il tubo di Quincke, disco di Newton), a volte mantenendo il loro naturale impiego altre volte usandoli con finalità diverse da quelle previste. Nel nostro corso abbiamo quindi deciso di presentare esperimenti che, dopo averli già provati con successo nelle nostre classi, fossero realizzati in modi molto diversi tra loro: con e senza l'uso dello smartphone, con materiale povero e con strumenti da laboratorio attrezzato.

Il nostro corso di formazione

Il corso si è svolto in un'aula della sede centrale del liceo che, prima di questo impiego, non era destinata ad un uso particolare, ma che, anche grazie alla necessità di avere un luogo adeguato al corso stesso, è diventata a tutti gli effetti il Laboratorio di Fisica della sede principale del nostro liceo con arredi e strumenti idonei. Il corso è stato erogato in due anni in orario pomeridiano attraverso 14 incontri per un totale di 35 ore e ad esso hanno partecipato 22 docenti nell'A.S. 2017/18 e 18 docenti nell'A.S. 2018/19 provenienti da 8 scuole superiori della provincia di Viterbo. L'iscrizione al corso, presente anche sulla piattaforma S.O.F.I.A., prevedeva una quota 70€ per ogni anno e per la quale si poteva usare anche la Carta del Docente. Per nostra specifica scelta, i contenuti del corso hanno spaziato su argomenti molto diversi tra loro e hanno coperto sostanzialmente tutti gli anni di un corso di Fisica per le scuole superiori. I titoli degli incontri con i relativi esperimenti si trovano in Appendice. Gli incontri hanno avuto in genere una durata di 2,5 ore ciascuno. In totale sono stati proposti 27 esperimenti, 12 dei quali sono stati realizzati esclusivamente con l'uso dello smartphone, 5 sia con che senza smartphone, 11 senza smartphone. Per poter utilizzare lo smartphone come strumento di misura abbiamo scelto di volta in volta, tra le molte app gratuitamente disponibili in rete che permettono di utilizzare i sensori dello smartphone per fare misure, quelle che sembravano più adatte per i vari tipi di misura. In particolare abbiamo usato PHYPHOX, Physics Toolbox Sensor Suite, SPARKvue (versione base). Particolarmente utili sono state le app che hanno la possibilità di registrare, salvare ed esportare i dati in diversi formati per poterli poi analizzare con i software preferiti. Ad esempio Phypox permette il "remote control" e quindi la possibilità di controllare i risultati dell'esperimento da qualsiasi browser web utilizzando il proprio pc o notebook e di scaricare i dati direttamente sul proprio desktop. Sono stati utilizzati anche software abitualmente impiegati per l'analisi sportiva di video che forniscono una serie di strumenti per acquisire, rallentare, studiare, confrontare, annotare e misurare le prestazioni tecniche. Per 7 dei 26 esperimenti è stato utilizzato materiale da laboratorio attrezzato, per tutti gli altri materiale povero. Ciascun incontro aveva un tema specifico con la proposta di uno o più esperimenti ed era generalmente diviso in tre parti. I primi 30-45 minuti erano di norma dedicati ad una parte introduttiva,

strutturata normalmente come lezione frontale con l'uso di slide, animazioni e simulazioni e nella quale veniva esposto il quadro teorico di riferimento, a volte anche il contesto storico, la descrizione della strumentazione usata, le attenzioni sperimentali per poter considerare il modello teorico ragionevolmente valido, le procedure seguite per condurre l'esperimento e i risultati attesi. Nei successivi 60-90 minuti i corsisti venivano divisi in piccoli gruppi (non più di 4 persone per gruppo) e nella propria postazione trovavano il materiale necessario a condurre le esperienze e un pc nel quale avevano tutti i files con quanto illustrato nell'introduzione. Durante l'esecuzione dell'esperimento i corsisti provavano le procedure misurandosi con le eventuali difficoltà che gli studenti si sarebbero trovati ad affrontare al loro posto mentre noi restavamo a disposizione per supportare le loro attività. Alla fine dell'esperimento non c'era una vera e propria relazione di ogni gruppo, ma una sintesi dei vari lavori guidata da noi e nella quale ciascuno poteva aggiungere considerazioni e riflessioni, in particolare riguardo alla validità didattica delle esperienze proposte e a come ottimizzare le procedure o l'impiego di materiali. A volte, nella parte conclusiva dell'incontro, sono stati proposti approfondimenti, che affrontavano sia aspetti teoricamente delicati in riferimento agli esperimenti proposti, sia convinzioni/assunti dati a volte per scontati, anche dai docenti stessi, e che invece potevano celare significati fisici non banali. La prospettiva di questi momenti è stata essenzialmente didattica utilizzando materiale immediatamente riutilizzabile in classe, come ad esempio quesiti a risposta multipla, domande a risposta aperta, problemi numerici, presentazione di apparenti paradossi. Questa parte degli incontri è stata da noi chiamata "Spunti forse non banali". Al termine di ogni incontro ai corsisti non veniva data alcuna specifica consegna e l'esperienza finiva col termine dell'incontro. Dei 14 incontri, 4 sono stati realizzati in forma seminariale, in collaborazione con il Dipartimento di Matematica e Fisica di Roma Tre, su argomenti quali: Storia della misura della costante gravitazionale, Costante di Planck, Fisica della musica e Gomma quantistica. In 2 di questi 4 incontri, quello sulla Gomma quantistica e quello sulla Fisica della musica, sono state anche proposte sia misure dirette che efficaci evidenze di quanto veniva presentato nel seminario. Per ogni esperienza proposta abbiamo condiviso con i corsisti una cartella in un apposito drive con tutto il materiale e la sitografia di riferimento, con l'obiettivo principale di fornire tutto ciò di cui si poteva aver bisogno per fare la lezione già dal giorno successivo. Con le stesse modalità i corsisti hanno potuto condividere con il gruppo eventuali loro contributi.

La valutazione dei partecipanti

Al termine di ogni anno di corso i colleghi corsisti hanno compilato un questionario di valutazione la cui compilazione garantiva l'anonimato. Il questionario riportava 19 domande di cui 15 a risposta chiusa e 4 a risposta aperta così come riportato nel seguente [LINK](#). Nel primo anno è stato proposto in forma cartacea e, nel secondo, come modulo da compilare online. In entrambe i casi il numero dei questionari restituiti è stato circa il 70% del numero dei corsisti. Dalla loro elaborazione è emersa una generale soddisfazione per l'esperienza fatta. La maggior parte dei corsisti ha dichiarato che la motivazione della loro partecipazione al corso è stata la necessità di avere

materiale spendibile in classe. Ampia è stata la soddisfazione delle aspettative. Molto apprezzati ed esaustivi sono stati i contenuti proposti. È stata riconosciuta molto efficace la struttura data agli incontri e, per ciascuno di questi, la scansione temporale dei vari momenti. Soddisfazione è stata espressa per il tempo dedicato a domande, interventi e dibattiti. Notevole gradimento è stato espresso per la qualità della documentazione e dei materiali didattici forniti, poi messi a completa disposizione, così come ampia è stata la soddisfazione per la formazione complessivamente ricevuta. Tutti i corsisti hanno dichiarato interesse riguardo alla possibilità di frequentare in futuro un corso/seminario di argomento analogo, e/o di ulteriori approfondimenti. Alto è stato il grado di coinvolgimento sia personale sia quello percepito degli altri colleghi. Le attrezzature a disposizione sono state valutate più che buone come pure la spendibilità in ambito lavorativo delle conoscenze/competenze acquisite, aspetto questo che, secondo circa la metà dei corsisti, è stato proprio uno dei punti di forza del corso. La totalità dei corsisti avrebbe infine consigliato ai colleghi di iscriversi a questo stesso corso.

Risultati

Anche dagli esiti del questionario finale di valutazione del corso possiamo affermare che gli obiettivi prefissati sono stati pienamente raggiunti. La generale ed ampia soddisfazione dei corsisti ha confermato che era opportuno, se non necessario, un corso come quello proposto, nel quale, in ogni incontro, costante è stata la partecipazione dei colleghi così come proficuo e vivace è stato il clima di confronto e collaborazione. La necessità di avere un luogo idoneo alla realizzazione del corso ha permesso di trasformare quello che era poco più di un magazzino in ciò che oggi è il Laboratorio di Fisica del Liceo Ruffini completamente allestito, dotato di diverse strumentazioni e a disposizione permanente di tutto il dipartimento di Matematica e Fisica della nostra scuola. Inoltre questa esperienza ci ha permesso di sistematizzare e curare la procedura per realizzare moltissime esperienze che ora costituiscono un efficace supporto alla didattica della Fisica per l'intero quinquennio. Quasi tutte queste esperienze, estremamente eterogenee per mezzi e strumenti coinvolti, sono dotate ora di un protocollo che ne permette la realizzazione a qualunque docente decida di eseguirla. La cura dei dettagli di ogni esperimento ha anche portato ad un graduale arricchimento degli strumenti di laboratorio. Tutto il materiale del corso è disponibile al seguente [LINK](#) ed è liberamente fruibile e a disposizione di chiunque voglia farne uso. Saremo comunque grati se nell'uso si volesse citarne la fonte e mandare un feedback alla mail di riferimento alessandro.ercoli@posta.istruzione.it. Due degli esperimenti illustrati durante il corso sono stati pubblicati anche sulla piattaforma internazionale smartphysicslab.org e si possono trovare a questi link, [articolo 1](#) e [articolo 2](#).

Alcune riflessioni finali

Riteniamo che il nostro corso abbia rappresentato una possibile risposta all'esigenza dei docenti di ottenere una adeguata formazione laboratoriale ed ha confermato da

un lato la consapevolezza dei colleghi di aver bisogno di ulteriori strumenti per fare didattica usando il laboratorio e dall'altro testimonia forse una scarsità di proposte riconosciute come adeguate. Il corso ha voluto offrire, tra le altre cose, risorse per poter realizzare esperienze anche laddove ci fossero poche risorse e/o spazi insufficienti, realizzando la possibilità di fare della buona fisica anche con materiale povero e semplici smartphone. Il numero dei partecipanti al corso e la continuità della loro presenza hanno testimoniato che esiste la volontà di realizzare percorsi nei quali il docente si rende disponibile a mettersi in gioco cogliendo l'opportunità di farlo quando questa gli viene proposta. Il fatto che i formatori fossero colleghi dei corsisti ha facilitato l'instaurarsi di un clima di scambio proficuo in cui ciascuno ha potuto anche sentirsi libero di "non sapere" e altrettanto libero di contribuire, con la propria esperienza personale, ad integrare, approfondire, criticare e migliorare quanto proposto durante gli incontri. Serietà e passione sono state caratteristiche costanti con le quali ogni gruppo ha realizzato ogni esperimento proposto, cercando di ottenere quei risultati dichiarati nella parte introduttiva. Il perseguire risultati ragionevoli ha fatto sì che nei lavori di gruppo ci fosse una collaborazione vivace sia tra componenti dello stesso gruppo che tra componenti di gruppi diversi, cercando sia di capire perché e come potessero venire risultati inattesi sia di aggiustare il tiro magari sperimentando strade alternative. In questa fase noi eravamo continuamente chiamati per domande, chiarimenti su come realizzare concretamente l'esperimento, interpretazione di risultati "inaspettati", tentativi di rispondere alla domanda *"e se facessimo così cosa succederebbe?"* posta a volte dai colleghi. I corsisti, in particolare in questi momenti, hanno mostrato molta disponibilità a mettersi in gioco, non temendo né di fare "brutte figure" di fronte ai loro pari, né di mostrare, in alcuni casi, la non conoscenza di certi argomenti, né, in altri casi, di rendere manifesta una scarsa manualità. La messa in comune dei risultati e delle problematiche teoriche/sperimentali emerse durante la realizzazione degli esperimenti avveniva in modo non rigidamente strutturato, ma coordinato da noi che, avendo assistito i gruppi, avevamo una panoramica di ciò che era successo, delle cose rilevanti da sottolineare a beneficio di tutti e delle possibili sintesi che potevano essere fatte. Quasi sempre, in questa fase, sono emerse da un lato modalità alternative di realizzazione degli esperimenti, dall'altro ulteriori ragionevoli interpretazioni dei risultati, sia quelli che "tornavano" che, soprattutto, quelli che "non tornavano". La disposizione logistica da noi pensata per l'ampio laboratorio, nuovo di zecca, nel quale si è svolto il corso, ha permesso di realizzare, per ogni incontro, sia momenti seminariali che la realizzazione degli esperimenti proposti in piccoli gruppi, ciascuno dei quali aveva a disposizione una propria comoda postazione con tutto il materiale necessario. L'aver a disposizione sin da subito materiale spendibile in classe è stato l'aspetto più apprezzato come uno dei punti di forza del corso. Infatti tutti gli esperimenti proposti erano stati già usati con successo nelle nostre classi a garanzia della concreta realizzabilità delle procedure. L'aver curato anche la parte teorica a supporto dell'esperimento, ci ha portato, a volte, a proporre ai corsisti del materiale di approfondimento, pensato in modo da essere immediatamente spendibile in classe, chiamato "Spunti forse non banali". Questi sono nati nel momento in cui, preparando gli incontri, ci siamo imbattuti in aspetti che necessita-

vamo di ulteriori approfondimenti e di una più profonda comprensione dei principi fisici a cui facevano riferimento. Anche in questo caso notevole è stata la disponibilità dei colleghi a mettersi in gioco, cogliendo l'opportunità, in alcuni casi di mettere in discussione quanto da loro acquisito anche in anni di insegnamento, in altri di lasciarsi stupire da nuove ed inaspettate soluzioni didattiche e, comunque, obbligandoli sempre a mettersi in qualche modo dalla parte degli studenti. Un ulteriore valore aggiunto al corso sono stati gli incontri tenuti in forma essenzialmente seminariale da docenti del Dipartimento di Matematica e Fisica di Roma Tre. Tale scelta è nata sia dalla necessità di dare un respiro più ampio al nostro corso, approfittando di una decennale conoscenza personale con alcuni dei docenti, sia dall'esserci accorti che alcuni degli esperimenti proposti necessitavano di approfondimenti che noi non eravamo in grado di fornire. Gli argomenti proposti in questi incontri erano direttamente collegati, anche temporalmente, alle esperienze proposte.

Conclusioni

Negli anni scolastici 2017-2018 e 2018-2019 abbiamo realizzato presso il laboratorio di Fisica del Liceo Scientifico Paolo Ruffini di Viterbo un corso di formazione di Laboratorio di Fisica per i docenti delle scuole superiori. I risultati ottenuti in termini di interesse, partecipazioni costanti ed entusiasmo hanno confermato che un corso con queste caratteristiche possa essere una possibile risposta ad una reale esigenza di formazione. Come si deduce dall'elaborazione del questionario di valutazione finale, gli obiettivi che inizialmente ci eravamo prefissati sono stati pienamente raggiunti. Il corso è nato per condividere quanto da noi già sperimentato efficacemente nelle nostre classi e, attraverso questo, promuovere la realizzazione di una buona pratica laboratoriale, strumento efficace per acquisire un metodo scientifico di descrizione della realtà quando supportata anche da solide basi teoriche. L'essere stato, il corso, ideato e realizzato da docenti di scuola superiore e destinato a docenti di scuola di pari grado, ha facilitato sia un continuo e vivace scambio di esperienze sia una disponibilità dei corsisti a mettersi in gioco per l'intera durata del corso. Alcuni incontri, a supporto e come approfondimento delle esperienze già proposte nel corso, sono stati tenuti in forma seminariale da docenti del Dipartimento di Matematica e Fisica di Roma Tre. Molte delle esperienze sono state realizzate con materiale povero e con il frequente uso di app per smartphone e tablet e, in minor parte, con materiali tipici di un laboratorio attrezzato. L'uso dello smartphone ha permesso, tra l'altro, di coltivare una didattica laboratoriale più vicina agli studenti, ma non per questo meno rigorosa. Ogni incontro è stato generalmente strutturato con una iniziale introduzione teorica, una successiva realizzazione per piccoli gruppi degli esperimenti proposti ed una conclusiva riflessione sui risultati ottenuti in termini di valenza didattica, attenzioni sperimentali ed approfondimenti teorici. Al termine di ogni incontro il materiale utilizzato è stato immediatamente condiviso con i corsisti su un apposito drive per essere immediatamente spendibile nelle proprie classi.

Ringraziamenti

Ringraziamo il Liceo Scientifico “P. Ruffini” per aver permesso la realizzazione del corso e per aver supportato, anche economicamente, la nostra determinazione a trasformare un magazzino nel Laboratorio di Fisica della nostra Scuola. Vogliamo sinceramente ringraziare la prof.ssa Elena Pettinelli, la prof.ssa Elisabetta Mattei, il prof. Vittorio Lubicz e la dott.ssa Ilaria De Angelis, tutti appartenenti al Dipartimento di Matematica e Fisica dell’università degli studi Roma Tre, per aver creduto, supportato e scientificamente arricchito il nostro corso. Siamo infine davvero grati a tutti i nostri colleghi che hanno seguito il corso, perché insieme a loro siamo cresciuti e, sempre insieme a loro, abbiamo forse anche un po’ contribuito a migliorare la didattica scientifica nella scuola, addirittura divertendoci. Per il futuro, visti gli ottimi risultati raggiunti dal nostro lavoro, speriamo di poter replicare ancora attività di questo tipo. Esse, infatti, pur richiedendo molte energie per essere realizzate, possono aiutare a rendere più efficace la didattica della fisica proposta nelle scuole superiori, creando una rete tra i docenti e rendendoli sempre più confidenti nell’uso del laboratorio.

Appendice

A.S. 2017 – 2018

- 1) COEFFICIENTE DI ATTRITO – con e senza smartphone
Riferimento al programma di Fisica: Dinamica del punto materiale
 - Misura del coefficiente di attrito statico
 - Misura del coefficiente di attrito dinamico
- 2) OSCILLAZIONI – con e senza smartphone
Riferimento al programma di Fisica: Moto armonico
 - Calcolo dell’accelerazione di gravità dalle oscillazioni di un pendolo semplice
 - Calcolo dell’accelerazione di gravità dalle oscillazioni di una molla
- 3) LA COSTANTE GRAVITAZIONALE – I parte – senza smartphone
Riferimento al programma di Fisica: Gravitazione Universale, Dinamica dei sistemi rigidi
 SEMINARIO: Storia della misura della Costante Gravitazionale Prof.ssa Pettinelli Elena – Dipartimento di Matematica e Fisica, Università di Roma Tre
- 4) LA COSTANTE GRAVITAZIONALE – II parte – con e senza smartphone
Riferimento al programma di Fisica: Gravitazione Universale, Dinamica dei sistemi rigidi
 - Presentazione dell’apparato realizzato per la misura della Costante Gravitazionale e discussione dei risultati
 - Esperimenti storici per la didattica
 - Dinamica dei sistemi rigidi e moto parabolico
- 5) PROPAGAZIONE ONDE MECCANICHE – con e senza smartphone
Riferimento al programma di Fisica: Onde e suono

- Verifica quantitativa delle condizioni di risonanza in un una corda vincolata agli estremi
 - Evidenza delle onde stazionarie su un filo metallico circolare
 - Ondoscopio: evidenza della propagazione, interferenza e diffrazione delle onde
 - Verifica quantitativa dei nodi e degli antinodi nell'interferenza tra due onde sonore in colonna d'aria
 - chiusa agli estremi
 - aperta ad una estremità e chiusa dall'altra
 - Verifica quantitativa dei battimenti sonori
- 6) LA COSTANTE DI PLANCK – I parte - senza smartphone
Riferimento al programma di Fisica: Fisica moderna: effetto fotoelettrico, meccanica quantistica
 SEMINARIO: La costante di Planck: storia, significato ed implicazioni Prof. Lubicz Vittorio – Dipartimento di Matematica e Fisica, Università di Roma Tre
- 7) LA COSTANTE DI PLANCK – II parte - senza smartphone
Riferimento al programma di Fisica: Fisica moderna: effetto fotoelettrico, meccanica quantistica
 Calcolo della costante di Planck
 - da misure: Calcolo della costante di Planck mediante fotocorrente emessa da LED
 - da simulazioni: Calcolo della costante di Planck mediante effetto fotoelettrico e potenziale di soglia
- A.S. 2017 – 2018
- 8) INTRODUZIONE ALLA MASSA INERZIALE – senza smartphone
Riferimento al programma di Fisica: Dinamica del punto materiale
 - Evidenza ed introduzione al del significato fisico di massa inerziale <https://it.overleaf.com/project/606ef71e074f29d4ea01f3cf>
 - Verifica del principio di conservazione della quantità di moto
- 9) DIFFRAZIONE DELLA LUCE e INDICE DI RIFRAZIONE – con e senza smartphone
Riferimento al programma di Fisica: Onde e ottica geometrica
 - Evidenza e verifica della diffrazione della luce da singola fenditura
 - Evidenza e verifica diffrazione della luce da doppia fenditura (esperienza di Young)
 - Evidenza e verifica della diffrazione della luce mediante reticolo di diffrazione
 - Calcolo dell'indice di rifrazione da ricostruzione del cammino ottico
 - Spettroscopia con lo smartphone
- 10) URTI – con e senza smartphone
Riferimento al programma di Fisica: Dinamica del punto materiale
 - Verifica quantitativa del principio di conservazione della quantità di moto negli urti nei moti piani
 - Verifica quantitativa del bilancio energetico negli urti
 - Tutte le strade portano a π : calcolo di π da urti frontali

- 11) PRINCIPI DELLA DINAMICA – con smartphone
Riferimento al programma di Fisica: Cinematica e dinamica del punto materiale
- Verifica quantitativa del II principio della dinamica
 - Evidenza e misure di una forza impulsiva
 - Verifica quantitativa del principio di azione e reazione
- 12) IL SUONO: Intensità sonora ed effetto Doppler – con smartphone
Riferimento al programma di Fisica: Onde
- Misura della velocità del suono
 - Verifica quantitativa dell'effetto doppler sonoro
- 13) 13. GOMMA QUANTISTICA: EFFETTI QUANTISTICI IN FENOMENI DI INTERFERENZA (senza smartphone)
Riferimento al programma di Fisica: Onde, meccanica quantistica
 Prof. Lubicz Vittorio, Dott.ssa Ilaria De Angelis - Dipartimento di Matematica e Fisica, Università Roma Tre
- Descrizione quantistica dell'interferenza da doppia fenditura (esperienza di Young) per elettroni o fotoni.
 - Principio di sovrapposizione e principio di indeterminazione.
 - Evidenza dell'interferenza da doppia fenditura con fotoni
 - Ruolo della misura in meccanica quantistica e perdita dell'informazione: la "gomma quantistica".
 - Evidenza dell'effetto di "gomma quantistica".
- 14) LA FISICA DELLA MUSICA (senza smartphone)
Riferimento al programma di Fisica: Onde
 Proff. Pettinelli Elena e Mattei Elisabetta - Dipartimento di Matematica e Fisica, Università Roma Tre
- La fisica degli strumenti musicali e loro timbro
 - Matematica, musica, scala cromatica

Bibliografia

- [1] VICENTINI, MAYER, *Didattica della fisica (La nuova Italia, 1996)*
 [2] ARONS, *Guida all'insegnamento della fisica (Zanichelli, 1996)*
 [3] ERCOLI A., *Fisica: didattica in laboratorio (Collana i Ruffini, 2012)*
 [4] ORGANTINI G. , *Physics Experiments with Arduino and Smartphones (Springer, 2021)*