

Notizie

Giornate di formazione per docenti di scuola secondaria di secondo grado “Dalla luce alla struttura della materia” (Udine, Università degli Studi, 15 ottobre 2015)

A completamento di quanto già pubblicato in *QuaderniCIRD* n. 11 (2015) circa l'attività di formazione per l'area Matematica, presentiamo ora il resoconto di quanto svolto nell'occasione per le aree Chimica e Fisica. A queste era dedicata, in particolare, la prima giornata dei lavori, intitolata *Dalla luce alla struttura della materia*.

Durante la mattinata sono stati proposti due contributi di Fisica e tutta l'attività (seminario e laboratorio) di Chimica. Nel pomeriggio si sono svolti, invece, diversi laboratori di Fisica in parallelo, per gruppi di insegnanti. Alcuni di questi prevedevano sia attività in laboratorio “tradizionale” che in laboratorio informatico. Riportiamo di seguito un sunto dei contenuti per le due aree. Il programma completo è riportato alla fine di questo contributo.

1. FISICA

All'area Fisica hanno contribuito docenti e ricercatori provenienti sia dall'Università di Udine (UniUD) che dall'Università di Trieste (UniTS).

Da molto tempo è in atto tra i due Atenei una fruttuosa collaborazione che si declina non solo nell'attività di formazione degli insegnanti ma anche in quella rivolta agli studenti delle Scuole secondarie di secondo grado, in particolare nelle Scuole Estive di Fisica moderna. Anche in questa occasione le diverse esperienze e competenze si sono complementate a vicenda. Per semplicità, esponiamo prima l'attività proposta da UniUD e poi da UniTS.

La presentazione della prof. Marisa Michelini ha fornito un rassegna di ricerca sui diversi modi in cui la fisica moderna può entrare nei curricoli scolastici^{1,2,3}, focalizzando sulle proposte basate su alcuni studi sviluppati dall'Unità di Ricerca in Didattica della Fisica dell'Università di Udine (URDF)⁴. Particolare attenzione è stata dedicata alle attività laboratoriali del pomeriggio che hanno caratterizzato e qualificato la giornata e in cui gli insegnanti partecipanti al seminario formativo hanno potuto esplorare personalmente alcune delle proposte presentate.

La rassegna di ricerca presentata ha evidenziato che, per quanto la fisica del secolo scorso sia ormai inclusa in tutti i curricula nazionali e i libri di testo delle scuole secondarie europee, vi sono tuttora dimensioni su cui vi è un'ampia discussione in letteratura:

- *Obiettivi* (Per la cultura del cittadino? Per la divulgazione? Per l'orientamento?).
- *Motivazioni*.
- *Contenuti* (Trattazione degli aspetti fondamentali, piuttosto che di quelli tecnologici, piuttosto che delle applicazioni in diversi ambiti?).
- *Studenti a cui proporla* (A tutti? Solo ai licei scientifici? Solo ai più bravi?).
- *Strumenti*.
- *Metodi* (Narrazione dei principali risultati? Argomentazione di problemi cruciali?)
- *Tipologia della proposta* (Proposta integrata o parte complementare nel curriculum?)^{1,2}.

In diversi progetti internazionali di ricerca, l'URDF ha sviluppato varie proposte:

- La fisica moderna nelle analisi di ricerca in scienza dei materiali: la resistività e l'effetto Hall per le proprietà di trasporto elettriche, Spettroscopia

¹ HAKE R.R., *Is it finally time to implement curriculums?* «AAPT Announcer» 30(4) (2000), p. 103.

² OSTERMANN F., MOREIRA M. A., ..., «Revista de Enseñanza de las Ciencias», 3 (2), 18 (2000), pp. 391-404.

³ MICHELINI M., *Building bridges between common sense ideas and a physics description of phenomena*, in L. MENABUE, G. SANTORO (eds.), *New Trends in STE*, Bologna, CLUEB, 2010, pp. 257-274.

⁴ MICHELINI M., SANTI L., STEFANEL A., *Teaching modern physics in secondary school, proceedings of FFP14*, Marseille, 2015, in corso di stampa.

Rutherford Backscattering per la caratterizzazione strutturale di materiali, la Time Resolved Reflectivity per analizzare la crescita epitassiale di substrati.

- Esperimenti cruciali su fenomeni che hanno costituito problema interpretativo per la fisica classica.
- Contesti fenomenologici di transizione tra fisica classica e quantistica.
- Approccio esplorativo ai fenomeni di superconduttività (attraverso un percorso coerente).
- Discussione di concetti fondamentali/trasversali sia in fisica classica, sia in fisica moderna, come quelli di stato, misura, sezione d'urto, energia/massa.
- Formazione al pensiero teoretico, con la proposta di un percorso coerente alla costruzione dei concetti fondanti della meccanica quantistica, con approccio alla Dirac (si veda in proposito: <<http://www.fisica.uniud.it/URDF>>).

Nei laboratori pomeridiani, a cura dell'URDF, queste tipologie di proposte sono state esemplificate in laboratori sperimentali e didattici su:

- il contesto dell'*ottica fisica*, affrontato come percorso concettuale a partire dalla esplorazione sperimentale della diffrazione e della polarizzazione della luce con sensori on-line nella costruzione delle leggi fenomenologiche che la descrivono, la sua interpretazione attraverso modelli basati su principi primi a partire da un'ipotesi ondulatoria sulla natura della luce, la sua interpretazione quantistica basata su un modello vettoriale della polarizzazione dei fotoni;
- la *misura della velocità della luce* effettuata con un apparato innovativo, contestualizzata nella rivisitazione del superamento dei limiti tecnologici che hanno apportato i diversi metodi con cui nella storia è stata effettuata la misura di questa costante fondamentale della fisica;
- *l'esperimento di Frank e Hertz e la misura di e/m* , come contributo sugli esperimenti cruciali che hanno portato alla nascita della fisica moderna;
- le *misure di resistività in funzione della temperatura* per metalli, semiconduttori e superconduttori e misura del coefficiente di Hall, proposte come esempio di

- tecniche di caratterizzazione dei materiali con misure di proprietà elettriche di trasporto, quale contesto per il raccordo tra fenomenologia e modelli microscopici, come esperimenti integrati nel percorso sulla superconduttività;
- la proposta didattica sulla *Rutherford Backscattering Spectrometry* (RBS), in cui gli studenti discutono il principio della misura, introducendo concetti come la sezione d'urto, il potere di frenamento, il fattore cinematico e utilizzandoli poi in attività di problem solving nell'analisi di veri spettri RBS di laboratorio;
 - il percorso sulla *superconduttività*, in cui l'analisi esplorativa e sperimentale delle proprietà magnetiche ed elettriche dei materiali superconduttori porta progressivamente gli studenti a sviluppare un modello elettromagnetico in grado di render conto della fenomenologia, motivando all'analisi del modello quantistico basato sulla teoria BCS in grado di interpretare la transizione di fase superconduttiva;
 - la proposta didattica sulla *Meccanica quantistica*, in cui gli studenti esplorano contesti come quello della polarizzazione dei fotoni o dello spin degli elettroni per costruire i fondamenti concettuali della teoria quantistica, esplorano il peculiare comportamento dei sistemi quantistici, hanno esperienza del ruolo concettuale del formalismo quantistico, seppure nel contesto semplice dei sistemi a due stati.

Per l'Università di Trieste hanno contribuito il dott. Daniele Fausti, ricercatore, e i professori Maria Peressi e Giorgio Pastore, tutti esperti nella Fisica della Materia, con competenze sperimentali il primo, e teorico/computazionali gli altri.

Il dott. Fausti ha svolto una presentazione sulla *natura duplice della radiazione*, onda e particella. Il contributo è iniziato con la revisione di alcuni concetti fondanti dell'elettrodinamica e la discussione di esperimenti fondanti dell'elettrodinamica classica (diffrazione ed interferenza) attraverso il formalismo di Maxwell, per arrivare a introdurre il concetto di *fotone* come *quanto di eccitazione* del campo elettromagnetico. Il colloquio è terminato con una discussione di esperimenti ideali di

interferometria con singoli fotoni e dei comportamenti “apparentemente paradossali” che ne possono derivare.

Il Laboratorio di simulazione numerica del pomeriggio, proposto da Maria Peressi e Giorgio Pastore, era invece centrato sulla *simulazione di esperienze di diffrazione e sulle distribuzioni di probabilità*. Il motivo pedagogico della scelta era fondato sul fatto che la meccanica quantistica assegna al punto di vista probabilistico un ruolo centrale. Normalmente, nell'affrontare la meccanica quantistica, si pensa subito ad altre difficoltà matematiche (operatori, spazi di Hilbert, equazioni a derivate parziali, trasformate di Fourier, ...). Tuttavia le maggiori difficoltà sono quelle concettuali relative all'interpretazione e alla descrizione probabilistica della realtà.

A partire da tale preoccupazione, Peressi e Pastore hanno suggerito alcuni spunti per insegnare agli studenti cos'è una *distribuzione di probabilità* in generale e come utilizzarla, attraverso un'attività di laboratorio numerico che permetta di toccare con mano concetti che rischiano di rimanere altrimenti astratti. Non si aveva la pretesa di arrivare a una soluzione numerica dell'*equazione di Schrödinger*, quanto piuttosto di costruire numericamente e visualizzare *funzioni d'onda* e *orbitali* dei quali fosse nota l'espressione analitica.

Gli strumenti utilizzati sono stati i *numeri pseudocasuali* generati dal computer e un semplice algoritmo (“accettazione-rifiuto”) per generare una o più variabili casuali, i cui valori seguano una distribuzione di probabilità assegnata. Si è così arrivati, punto per punto, alla costruzione della figura di interferenza nell'esperimento della doppia fenditura.

Per l'esperimento originale, si veda: MERLI P. G., MISSIROLI G. F., POZZI G., *On the statistical aspect of electron interference phenomena*, «Am. J. Phys.», 44 (1976), pp. 306-307, e i filmati didatticamente molto interessanti proposti dai seguenti siti web:

<<https://www.bo.imm.cnr.it/users/lulli/downintel/index.html>>;

<<http://www.hitachi.com/rd/portal/highlight/quantum/movie/index.html>>.

In modo analogo, si sono costruiti semplici orbitali dell'atomo di idrogeno e molecole. Anche in questo caso si trova materiale interessante in rete:

- per l'atomo di idrogeno: <http://www.falstad.com/qmatom/>;
- per lo ione molecolare H_2^+ : <http://www.falstad.com/qmmo/>;
- da rappresentazioni mediante nuvole di punti a altre rappresentazioni di densità e orbitali:
<http://winter.group.shef.ac.uk/orbitron/AOs/1s/e-density-dots.html>.

Dal dialogo che si è instaurato nello svolgimento del laboratorio, è emersa la raccomandazione di evitare un uso acritico e “a scatola chiusa” di applet e programmi troppo sofisticati, il cui prodotto per gli studenti può risultare misterioso, se non a volte fuorviante.

2. CHIMICA

Nella seconda parte della mattina, il prof. Roberto Rizzo ha illustrato alcuni aspetti della *chimica dei polimeri e dei materiali polimerici*.

Cenni di questi argomenti potrebbero entrare nella didattica della chimica, anche in considerazione del fatto che i materiali polimerici costituiscono una parte importante dell'industria chimica e che manufatti a base di polimeri sono oggetti comunissimi in tutto il mondo e in tutti gli ambienti.

In particolare, il relatore si è soffermato sul funzionamento dei *materiali elastomerici* che hanno notevolissime applicazioni come gomme in una miriade di oggetti che hanno la proprietà di resistere eccellentemente alle deformazioni.

A conclusione dell'intervento, il docente ha proposto un semplice esperimento a base di colla vinavil, borace e acqua, col quale costruire una pallina elastomerica che ha le proprietà di essere elastica se sottoposta a sollecitazioni intense e, al contrario, fluire in modo viscoso se sottoposta a sollecitazioni minori come la forza di gravità.

PROGRAMMA DEI LAVORI

DALLA LUCE ALLA STRUTTURA DELLA MATERIA

Giornata dedicata alla chimica e alla fisica

Udine, 15 ottobre 2015

8:30 Registrazione e accoglienza.

9:00 Saluti e introduzione.

9:30 Marisa Michelini, *La Fisica moderna nella scuola: proposte didattiche.*

10:30 Daniele Fausti, *Fotoni, spettroscopie ottiche, ottica quantistica.*

11:30 Pausa

11:45 Roberto Rizzo, *Polimeri e materiali polimerici.*

12:45 Roberto Rizzo, *Esperimento “la pallina elastomerica”.*

13:15 Pausa

14:15 Laboratori in parallelo, I turno.

A) Maria Peressi e Giorgio Pastore, *Laboratorio di simulazione numerica: diffrazione e distribuzioni di probabilità.*

B1) Alberto Stefanel, *Diffrazione ottica con sensori on-line.*

B2) Giacomo Zuccarini, *Legge di Malus.*

B3) Lorenzo Santi, *Misura della velocità della luce.*

B4) Ilario Boscolo e Lorenzo Marcolini, *Esperimento di Frank ed Hertz e misura di e/m .*

B5) Mario Gervasio, *Misure di resistività in funzione della temperatura per metalli, semiconduttori e superconduttori e misura del coefficiente di Hall a temperatura ambiente.*

16:15 Pausa

16:30 Laboratori in parallelo, II turno.

A) Maria Peressi e Giorgio Pastore, *Laboratorio di simulazione numerica: diffrazione e distribuzioni di probabilità.*

B6) Alessandra Mossenta, *Percorso didattico sull'RBS.*

B7) Alberto Stefanel, *Percorso di superconduttività*.

B8) Marisa Michelini e Giacomo Zuccheri, *Percorso di Meccanica quantistica*.

18:30 Conclusione e consegna degli attestati di presenza.

COMITATO SCIENTIFICO

Marisa Michelini, Maria Peressi, Roberto Rizzo, Rossana Vermiglio, Luciana Zuccheri.

COMITATO ORGANIZZATORE

Università di Trieste: Giorgio Pastore, Maria Peressi, Roberto Rizzo, Michele Stoppa, Luciana Zuccheri, Verena Zudini.

Università di Udine: Agostino Dovier, Marisa Michelini, Lorenzo Santi, Alberto Stefanel, Rossana Vermiglio.

Ufficio Scolastico Regionale: Valentina Feletti.

ENTI COLLABORATORI

CIRD dell'Università di Trieste.

CIRD dell'Università di Udine.

MARIA PERESSI

Dipartimento di Fisica, Università di Trieste

MARISA MICHELINI

Dipartimento di Scienze Matematiche, Informatiche e Fisiche, Università di Udine

ROBERTO RIZZO

Dipartimento di Scienze della Vita, Università di Trieste

ALBERTO STEFANEL

Dipartimento di Scienze Matematiche, Informatiche e Fisiche, Università di Udine

GIORGIO PASTORE

Dipartimento di Fisica, Università di Trieste