

L'APPROCCIO STORICO NEGLI IPERTESTI SULL'EFFETTO FOTOELETTRICO

AUGUSTO GARUCCIO E ANGELA LAURORA

Università di Bari

1. Introduzione

Nel 1905 il giovane Albert Einstein pubblicò, a distanza di pochi mesi, tre lavori che costituiscono delle pietre miliari per la storia della Fisica. Uno di questi articoli, intitolato *Su un punto di vista euristico riguardo all'emissione e trasformazione della luce* e pubblicato sugli *Annalen der Physik*, è comunemente e impropriamente conosciuto come la spiegazione dell'effetto fotoelettrico; questa interpretazione, se riduttiva rispetto alla portata e al significato dell'articolo, contiene un importante elemento di verità, in quanto l'introduzione da parte di Einstein di una visione «corpuscolare» del campo elettromagnetico aprì, non senza contrasti nella comunità dei fisici, la strada verso la costruzione di una nuova meccanica dei fenomeni microscopici.

Si è quindi consolidato, anche nella didattica della fisica quantistica, un approccio storico che parte dal lavoro di Planck del 1900 sulla radiazione di corpo nero, prosegue con il lavoro del 1905 di Einstein sull'effetto fotoelettrico, per poi arrivare alla quantizzazione atomica di Bohr-Sommerfeld e infine alla nascita della meccanica quantistica.

In questo quadro generale le risorse multimediali possono costituire un valido e utile ausilio per i temi introduttivi alla fisica moderna. La presenza di testi, immagini, suoni, video e simulazioni nei prodotti multimediali, può essere, infatti, veramente al servizio di strategie didattiche efficaci se le varie caratteristiche di comunicazione sono usate opportunamente e non in modo fine a se stesso e poco efficace.

In particolare, poi, l'uso della rete Internet apre nuove possibilità. Si pensi alla facile accessibilità ai materiali didattici messi a disposizione dalle varie istituzioni educative e alla possibilità per lo studente di imparare a costruire personalmente la conoscenza e di cercare e trovare l'informazione non solo adatta alle sue esigenze formative ma anche autorevole dal punto di vista del contenuto; nonché all'utilizzo delle varie forme di comunicazione interpersonale (posta elettronica, mailing list o liste di indirizzi, forum, chat...) che possono aiutare a capire quanto sia importante interagire con gli altri per conoscere e apprendere.

Se l'uso delle risorse in rete è ormai una modalità acquisita per migliorare la didattica, diventa quindi importante saper reperire le risorse e valutarne l'adeguatezza e l'efficacia e anche la loro correttezza.

A questo scopo è stata eseguita una ricerca sui prodotti multimediali esistenti sull'effetto fotoelettrico, per valutarne l'efficacia riguardo la comprensione di un

argomento della fisica quantistica che, storicamente, è considerato fondamentale per introdurre i primi concetti.

Nella nostra indagine sono stati presi in considerazione otto prodotti multimediali: tre *Computer Based Tutorial* (CBT) e cinque pagine Web contenenti applet Java che simulano l'effetto fotoelettrico. Con il termine CBT sono comunemente indicati i tutorial distribuiti su supporti tipo floppy e CD-ROM, che presentano una esposizione guidata dell'argomento da introdurre e che hanno conosciuto una notevole diffusione prima dell'avvento delle risorse su Internet.

In generale, l'analisi e la valutazione dei prodotti multimediali è stata effettuata fissando cinque parametri di giudizio critico e precisamente il contenuto, l'aspetto storico, l'aspetto didattico, l'uso delle tecnologie informatiche didattiche e il tempo di utilizzo del prodotto. Particolare attenzione è stata prestata ai materiali in rete, pertanto i precedenti parametri sono stati integrati con alcune metodologie di valutazione tipiche dei siti Web.

2. Analisi dei CBT per l'effetto fotoelettrico

In questo paragrafo dopo aver esposto i parametri scelti per la valutazione dei CBT, verrà fornita una breve descrizione di ciascuno di essi evidenziandone il tipo, l'autore, l'obbiettivo e i destinatari e presentando l'eventuale progetto didattico su cui ciascun tutorial si basa. Si concluderà con una valutazione e con una sintesi dei risultati presentata in Tabella 1.

2.a *Parametri di valutazione critica*

Sebbene per l'analisi dei CBT esistano specifici criteri di valutazione [5], si è ritenuto sufficiente definire cinque parametri di giudizio critico essenziali per la valutazione del materiale. D'altra parte la scelta di questi parametri scaturisce dalle caratteristiche richieste alle risorse didattiche esistenti sull'argomento e individuate nella fase iniziale della ricerca.

I parametri di valutazione critica scelti sono stati i seguenti:

1) Un parametro relativo al **contenuto**, per valutare la correttezza con cui è stato proposto e sviluppato l'argomento in questione.

2) Un parametro relativo all'**aspetto storico**, e in particolare alla sua interazione con quello relativo al contenuto e ai metodi didattici. La scelta di questo parametro è nata dalla convinzione che un inquadramento e un approfondimento storico dell'effetto fotoelettrico possa essere utile per una migliore comprensione dei concetti fisici introdotti.

3) Un parametro relativo all'**aspetto didattico**, necessario per evidenziare o meno l'efficacia didattica del modo con cui è stato presentato l'argomento ai fini della sua comprensione.

4) Strettamente collegato al precedente, c'è un parametro legato all'**uso delle tecnologie informatiche didattiche** (uso T.I.D.) [6], che tiene conto dei seguenti aspetti:

- l'uso di testo, grafica, animazioni, foto, audio, questionari di autovalutazione e test finali
- il *valore ipertestuale*, cioè la maggiore o minore possibilità di muoversi all'interno del prodotto in modalità non sequenziale
- lo *stile*, ossia il risultato finale o «impatto» che il prodotto ha sull'utente
- la *fruibilità*, cioè la piattaforma tecnologica per la quale si è realizzato il prodotto e lo standard di avanzamento tecnologico che si è previsto nel proprio utente tipo.

5) Un parametro relativo al **tempo di utilizzo** del prodotto, parametro importante ai fini di una eventuale utilizzazione didattica del CBT.

2.b I CBT per l'effetto fotoelettrico

Prima di passare alla valutazione dei tutorial, presentiamo brevemente ciascun CBT e il progetto didattico che ha guidato gli autori.

Effetto fotoelettrico [1] è un software disponibile su floppy disk sviluppato nel 1987 da N. Bergomi, E. Franciolini e G. Vegni dell'Università di Milano. Esso rientrava nel Progetto Strategico del CNR *Tecnologie e Innovazioni Didattiche* ed è relativo all'applicazione del computer nella didattica della fisica. L'obiettivo del programma è lo studio dell'effetto fotoelettrico, ed è destinato agli studenti della scuola secondaria superiore e dei primi anni di corsi universitari di facoltà scientifiche. Con il programma viene allegato un manuale d'uso per lo studente e per l'insegnante. Per funzionare il programma richiede l'ambiente MS-DOS.

Photoelectric Tutor [2] è un software distribuito su floppy disk per Windows 3.1, MS-DOS e Macintosh. Progettato nel 1998 da Graham Oberem e Richard N. Steinberg del Gruppo di Didattica della Fisica dell'Università di Washington, il programma è un tutorial interattivo per aiutare a comprendere l'effetto fotoelettrico, ed è destinato agli studenti dei primi anni di corsi universitari di fisica. Il tutorial viene fornito con un manuale d'uso per gli studenti e gli insegnanti. Il tutorial è stato sviluppato dal *Physics Education Group* (PEG) dell'Università di Washington a Seattle per aiutare gli studenti a comprendere l'effetto fotoelettrico. Il PEG porta avanti un programma coordinato [4] di ricerca, di sviluppo di curriculum e di didattica, è diretto dalla prof.ssa Lilian McDermott e sostenuto dai fondi della *National Science Foundation*.

Understanding the Unobservable. *A Reconstruction of First Year Quantum Physics* [3] è un corso multimediale interattivo distribuito su CD-ROM per Windows 3.1 e Macintosh. Sviluppato da A. Cheetham, J. Rayner e S. Bennett dell'Università di Canberra, il prodotto presenta una introduzione della fisica quantistica a studenti di Fisica e di Ingegneria elettronica. L'analisi e la valutazione ha riguardato solo il modulo «Photons and Quantisation». Il corso è stato sviluppato grazie ai fondi del *Committee for the Advancement of University Teaching* (CAUT). Come viene evidenziato dagli stessi responsabili del progetto, la produzione di un corso del genere ha richiesto un tempo necessario a favorire la sinergia delle abilità di docenti universi-

tari, progettisti didattici e grafici, e programmatori; nonché a recepire e far propri i consigli sulla pedagogia e sulle tecniche didattiche forniti da una azienda professionale di Canberra, *The Learning Curve*, specializzata nel campo dell'apprendimento basato all'interno di un ambiente multimediale interattivo al computer.

2.c *La valutazione dei CBT*

Questa sezione contiene la valutazione degli aspetti scelti (contenutistico, didattico, storico, relativo all'uso delle tecnologie informatiche e al tempo di utilizzo del prodotto) presenti in ciascun tutorial.

Contenuto. Nel tutorial *Effetto fotoelettrico* la presentazione dei contenuti risulta completa nel definire sperimentalmente l'effetto fotoelettrico, nel derivare le relazioni tra le grandezze fisiche in gioco nel fenomeno e nell'introdurre i principali concetti. Inoltre molta cura è stata posta nella descrizione della strumentazione usata negli esperimenti, cercando per quanto possibile di riprodurre nella simulazione ciò che si osserva in laboratorio e nella realtà. I contenuti proposti, quindi, risultano efficaci per introdurre la fenomenologia e i primi concetti riguardo l'interazione della radiazione elettromagnetica con la materia, sebbene il concetto di fotone con le sue proprietà non venga introdotto nel programma.

Secondo lo stesso progetto di *Photoelectric Tutor* da parte degli autori, il programma non ha come obiettivo l'introduzione della fenomenologia e dell'interpretazione del fenomeno, in quanto assume che lo studente abbia familiarità con questi contenuti; infatti, alcuni di essi vengono richiamati durante il dialogo tra lo studente e il computer in base al tipo di grafico (relativo alla relazione tra corrente e differenza di potenziale) disegnato dallo stesso studente. Tuttavia, all'interno del programma, lo studente può scoprire la relazione tra il potenziale d'arresto e la frequenza della luce incidente, ottenere una stima del valore del rapporto h/e e della funzione lavoro di ciascun metallo. Inoltre si assume che anche il concetto di fotone e il modello che interpreta l'interazione tra la radiazione e la materia siano stati introdotti precedentemente l'uso del programma, e che il tutorial possa aiutare a comprendere meglio tali idee, anche con l'aiuto di esercizi supplementari oppure della discussione in classe o in piccoli gruppi.

Nel tutorial *Understanding the Unobservable*, il modulo considerato sviluppa principalmente i contenuti relativi alla fenomenologia dell'effetto fotoelettrico e l'interpretazione di questa in base alla teoria dei quanti, di cui vengono introdotti i concetti sufficienti a risolvere le contraddizioni con la teoria ondulatoria classica. L'accento posto sulle osservazioni sperimentali si dimostra interessante in quanto viene evidenziato come i concetti introdotti poggiano su dei fenomeni osservati. L'uso delle equazioni e delle formule matematiche è limitato al necessario. L'applicazione dei concetti quantistici alla teoria dei metalli rispecchia la volontà di dare motivazione allo studio della fisica quantistica, il quale potrebbe sembrare inutile soprattutto agli studenti di ingegneria. L'accenno ad alcune applicazioni tecnologiche, che si basano sulla fotocellula, è una conseguenza necessaria dell'aver descritto e utilizzato il fototubo come dispositivo fondamentale per la presentazione degli

esperimenti; anche per la presentazione del fotomoltiplicatore, la scelta della simulazione del suo funzionamento piuttosto che una descrizione più approfondita dello strumento risulta più significativa per la sua comprensione e in linea con l'intero modulo.

Aspetto didattico. L'approccio scelto dal tutorial *Effetto fotoelettrico* si basa sull'osservazione degli esperimenti che mettono in evidenza le caratteristiche del fenomeno, ma include anche la «costruzione» graduale delle leggi e dei concetti dell'effetto fotoelettrico utilizzando brevi testi sulle schermate, schemi logici e domande per stimolare criticamente la riflessione degli studenti. L'esecuzione delle misure, la raccolta di dati e la costruzione di tabelle e grafici possono risultare efficaci per il coinvolgimento degli studenti, riuscendo anche a recuperare mezzi didattici (la costruzione con carta e matita di tabelle e di grafici su carta millimetrata, la discussione e il confronto tra studenti) che non perdono la loro efficacia accanto a quelli più moderni; infine i quesiti, espressi in modo semplice ed essenziale, possono verificare la comprensione dei risultati e i dei concetti fondamentali da parte degli studenti. Sebbene la simulazione risenta del linguaggio BASIC in cui è stato scritto il programma e il design dell'ambiente MS-DOS, il metodo didattico utilizzato presenta aspetti interessanti ed efficaci per la presentazione dei contenuti.

Come già viene evidenziato dagli autori, *Photoelectric Tutor* è adatto per verificare la comprensione delle relazioni tra le grandezze fisiche introdotte nell'effetto fotoelettrico, piuttosto che per introdurre il fenomeno e i relativi concetti. Infatti, la scelta di impostare il programma sul disegno del grafico della corrente in funzione della differenza di potenziale e sulla sua discussione tra studente e computer conferma la caratteristica del programma di permettere allo studente di accorgersi se ha effettivamente compreso l'interpretazione del fenomeno e di evidenziare eventuali preconcetti sull'argomento.

Nel tutorial *Understanding the Unobservable*, dal punto di vista didattico è interessante che il modulo proceda per piccoli step, presentando le osservazioni sperimentali e i concetti in modo graduale e ripetendo i punti fondamentali. Le stesse caratteristiche fenomenologiche dell'effetto, visualizzate nelle varie simulazioni, vengono presentate allo studente una alla volta, evidenziando per ciascuna il risultato sperimentale, la contraddizione con la teoria classica e l'interpretazione con i fotoni. Le diverse attività interattive possono impegnare lo studente in modo attivo e verificare la sua comprensione soprattutto attraverso i test e gli esercizi di calcolo; talvolta, proprio mediante un'attività interattiva viene fornita una spiegazione o viene introdotto un concetto, quasi volendo guidare lo studente a costruire personalmente le risposte corrette anche attraverso le proprie errate convinzioni. Infine le animazioni, che simpaticamente utilizzano alcune metafore, possono conferire una nota di gradevolezza all'intento didattico di sottolineare il significato di alcuni contenuti.

Aspetto storico. Nel tutorial *Understanding the Unobservable*, i brevi cenni sulla teoria classica della luce possono richiamare osservazioni e concetti appartenenti al curriculum dello studente. Le brevissime notizie biografiche su Einstein e Fermi e le stesse foto associate al testo costituiscono più uno stimolo ad approfondire la

conoscenza della vita dei due scienziati, che un elemento di approfondimento dei contenuti e creano un ambiente gradevole e funzionale alla prosecuzione della visione del modulo.

Gli altri due tutorial non contengono alcun elemento di inquadramento storico.

Questo risultato ha permesso di concludere che l'aspetto storico non viene generalmente considerato né per inquadrare correttamente l'argomento all'interno dello sviluppo della fisica, né per introdurre i primi concetti di fisica quantistica.

Uso delle Tecnologie Informatiche Didattiche. Nel tutorial *Effetto fotoelettrico* l'assenza del colore, la bassissima risoluzione, l'uso esclusivo della tastiera, la scarsissima memoria RAM indicano le limitatissime risorse offerte dai PC dell'epoca in cui il programma è stato prodotto, nonostante le quali la rappresentazione grafica è da considerarsi di ottimo livello. Riguardo le parti interattive del programma, sono emersi alcuni piccoli problemi nei casi in cui non vi è corrispondenza con i tasti che bisogna premere in risposta ad alcune situazioni, e che possono creare disorientamento nell'utente. Così come la sovrapposizione di alcuni messaggi a quelli precedenti può sottrarre indicazioni utili alla comprensione di quanto utilizzato. La possibilità di muoversi all'interno del prodotto è ridotta alla scelta del singolo capitolo e alla successione delle singole schermate, e avviene mediante la digitazione dei comandi indicati della tastiera. Pertanto le tecnologie informatiche con cui è stato prodotto il programma possono compromettere il suo utilizzo da parte dell'utente. Possiamo osservare come il CBT sia stato realizzato per una piattaforma software ormai obsoleta. Segnaliamo, infine, che il programma è stato sviluppato specificamente per il sistema MS-DOS e pertanto ne andrebbe valutata la completa funzionalità in altri ambienti che rendono disponibile tale modalità in emulazione.

Le pagine di *Photoelectric Tutor* risultano progettate secondo una grafica semplice e gradevole; vengono utilizzati brevi testi, disegni schematici e opportuni colori per evidenziare alcune parole. Le parti interattive risultano semplici mediante l'utilizzo di pulsanti, di cursori e di caselle per la selezione. La funzione «drag and drop» del mouse, scelta per poter disegnare i grafici, potrebbe creare delle difficoltà per qualche utente, sebbene sia stata prevista una possibilità alternativa mediante i click con il mouse. Risulta interessante l'uso dell'area di testo dove seguire il dialogo tra studente e computer; la scelta di utilizzare la lingua inglese elementare può permettere anche agli utenti di lingua diversa di seguire le domande e le affermazioni fatte dal programma. La possibilità di muoversi all'interno del programma è resa agevole dalla possibilità di «sfogliare» avanti e indietro le schermate e dalla presenza in ciascuna di esse di pulsanti che permettono in ogni momento di tornare all'indice del programma o di uscire da esso. Osserviamo che la versione provata è stata sviluppata per una piattaforma software ormai superata (Windows 3.1). Tuttavia il programma ha funzionato correttamente anche con versioni successive (Windows 98 e Windows NT 4.0 WS). Si valuta positivamente la disponibilità di versioni per tre differenti sistemi operativi, che ne può aumentare significativamente la fruibilità.

Nel tutorial *Understanding the Unobservable*, il modulo è caratterizzato da un uso appropriato di testi brevi, di disegni schematici, di colori per il testo che conferiscono uno stile gradevole e aiutano a realizzare le caratteristiche evidenziate riguardo

il *Contenuto* e l'*Aspetto didattico*. Le simulazioni presenti risultano semplici nel loro utilizzo ed essenziali nel visualizzare il fenomeno in questione. Anche gli esercizi di calcolo e i test a risposta multipla utilizzano dei procedimenti semplici, che non richiedono una procedura particolare per essere eseguiti. Riguardo la possibilità di muoversi all'interno del prodotto, la presenza in ciascuna schermata di una barra degli strumenti permette di scegliere agevolmente le varie funzionalità offerte dall'intero corso e descritte precedentemente, sebbene come evidenziato dagli stessi autori il modulo presenta una struttura «guidata» nell'esposizione dei contenuti, che talvolta potrebbe risultare rigida; inoltre l'uso dei pulsanti è efficace per raggiungere informazioni complementari che sarebbe inopportuno porre nelle schermate principali. Possiamo osservare come il CBT sia stato realizzato per una piattaforma software ormai superata (Windows 3.1). Inoltre il prodotto fa uso di plugin previsti per versioni ormai superate, con la conseguenza di un funzionamento non ottimale. Infatti, si segnala che l'uso del modulo su di un PC con sistema operativo Windows NT 4.0 WS ha mostrato di non funzionare sempre correttamente. Infine si valuta positivamente la disponibilità di versioni per i due sistemi operativi più diffusi.

Tab. 1 Valutazione dei CBT secondo i parametri di giudizio scelti

CBT	Contenuto	Aspetto didattico	Aspetto storico	Uso T.I.D.	Tempo di utilizzo
Effetto Fotoelettrico	buono	buono	non applicabile	sufficiente	120 min
Photoelectric Tutor	soddisfacente	soddisfacente	non applicabile	buono	45 min
Understanding the Unobservable	soddisfacente	soddisfacente	sufficiente	buono	180 min

3. Analisi delle risorse Internet per l'effetto fotoelettrico

In questo paragrafo verrà esposto brevemente il metodo di valutazione scelto per le risorse Internet e quindi si passerà a presentare ciascuna pagina Web evidenziandone l'autore, la struttura educativa a cui si riferisce e l'eventuale inserimento in una progettazione didattica più ampia. Una valutazione delle pagine Web e una sintesi dei giudizi riassunta in Tabella 3 concluderanno l'analisi.

3.a Criteri di valutazione dei siti Web

L'enorme quantità di informazioni contenuta in Internet e la possibilità di pubblicare documenti e accedere a essi non è di per sé una indicazione della loro affi-

dabilità. È necessario quindi che sia insegnanti che studenti sappiano valutare criticamente una pagina Web e un intero sito per autenticità, autorevolezza e usabilità, per cui ci si è riferiti ad alcune risorse Web sui criteri di valutazione dei siti Web in generale [7] e in particolare delle risorse Web scientifiche a contenuto didattico [8].

Per l'analisi delle pagine Web i parametri di valutazione critica, precedentemente esposti, sono stati integrati con tali metodologie ottenendo otto linee guida. Per ciascuna linea guida sono stati individuati dei criteri corrispondenti il cui significato è stato specificato in un glossario. Le linee guida e i criteri sono riportati nella Tabella 2.

Al fine di facilitare la valutazione delle pagine Web, per ciascun criterio sono stati individuati uno o più sotto-indicatori. I risultati sono stati riassunti nella Tabella 3.

Tab. 2 Linee guida e criteri per la valutazione delle pagine Web.

Linea guida	Criteri
Contenuto	autorevolezza precisione aggiornamento adeguatezza
Aspetto didattico	efficacia interattività
Aspetto storico	livello di approfondimento interazione con il contenuto interazione con la didattica
Navigazione	valore ipertestuale ricerca
Design	aspetto visivo aspetto tematico chiarezza
Funzionamento	acquisizione della pagina connettività
Multimedia	numero scopo comunicazione in tempo reale
Tempo di utilizzo del prodotto	

3.b *Presentazione delle pagine Web per l'effetto fotoelettrico*

Verrà presentata, ora, brevemente ciascuna pagina Web evidenziando l'eventuale progettazione didattica nella quale risulta inserita.

Photoelectric Effect a cura della Brigham Young University (USA) [<http://physics.berea.edu/%7Eking/Teaching/ModPhys/QM/Photoelectric/Photoelectric.html>].

La pagina Web presenta un'applet sviluppata da Phillip Warner, studente universitario presso la Brigham Young University del corso di Fisica e Astronomia del Prof. Dorian M. Hatch, il quale è interessato a includere nei programmi di studio quei metodi che possano rendere i corsi del Dipartimento più significativi, interessanti e produttivi per gli studenti. L'applet viene utilizzata all'interno di un corso di fisica moderna su Web [<http://physics.berea.edu/%7Eking/Teaching/ModPhys/>] a cura del Dr. Kingshuk Majumdar presso la stessa Università.

PhotoElectric Effect a cura dell'Illinois Urbana-Champaign University (USA) [<http://www.students.uiuc.edu/%7Evershini/ShowPhoto.html>].

La pagina comprende un'applet sviluppata da Michael Vershinin, studente universitario dell'Illinois Urbana-Champaign University, il cui server ospita le home page degli utenti della UIUC Student Cluster. La pagina Web che contiene l'applet non risulta inserita in alcun corso o ipertesto di fisica su Web.

El efecto fotoelectrico a cura dell'Università dei Paesi Baschi (ES) [<http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/cuantica/fotoelectrico/fotoelectrico.htm>].

L'applet presentata in questa pagina è stata sviluppata nell'ambito di un corso interattivo di fisica su Web [<http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/>] a cura del prof. Angel Franco García del Dipartimento di Fisica Applicata, Scuola Universitaria di Ingegneria Tecnica Industriale di Eibar, dell'Università dei Paesi Baschi (Campus di Guipúzcoa). Il corso utilizza il linguaggio Java per la creazione di applet.

Photo Effect a cura della Michigan State University (USA) [<http://lectureonline.cl.msu.edu/%7Emmp/kap28/PhotoEffect/photo.htm>].

La pagina presenta un'applet sviluppata a cura della Division of Science e del Mathematics Education Laboratory for Instructional Technology in Education alla Michigan State University. Non fa riferimento ad alcuna struttura ipertestuale, ma risulta inserita in una raccolta di applet, a loro volta inserite in un progetto di prodotti multimediali per la fisica [<http://lectureonline.cl.msu.edu/~mmp/applist/applets.htm>].

The Photoelectric Effect a cura di Walter Fendt, professore presso il Paul-Klee-Gymnasium a Gersthofen (D) [<http://home.a-city.de/walter.fendt/physengl/photoeffect.htm>].

L'applet contenuta in questa pagina non è inserita in alcuna struttura ipertestuale, ma fa riferimento a una pagina di raccolta di applet sviluppate dallo stesso autore [<http://home.a-city.de/walter.fendt/physengl/phe10.htm>].

Come si può notare solo due pagine Web risultano inserite in un corso di fisica interattivo su Web, mentre le altre pagine si riferiscono a esercitazioni di programmazione Java e a una raccolta di applet. Questo indica che non sempre le risorse didattiche disponibili in rete, anche nella modalità di pagine comprendenti applet, fanno riferimento a una progettazione didattica.

3.c *La valutazione delle pagine Web sull'effetto fotoelettrico*

L'analisi viene conclusa esaminando come i criteri di valutazione scelti siano stati verificati da ciascuna risorsa Internet.

Contenuto

Autorevolezza. I risultati indicano come questo criterio non è stato sempre rispettato, a causa della mancanza delle relative informazioni nella pagina, oppure per l'impossibilità di risalire a esse attraverso i link. Ad esempio, la pagina *Photo Effect* della Michigan State University ha ottenuto un giudizio insufficiente in quanto non compare alcuna indicazione né dell'autore del documento né di alcuna istituzione a cui fare riferimento, sebbene dall'URL si può derivare come essa sia ospitata dal server della suddetta Università. Questo risultato è indicativo dell'utilità di rispettare alcune regole per la realizzazione delle pagine Web, al fine di evitare situazioni come la precedente.

Precisione. Solo la pagina *El efecto fotoelectrico* a cura dell'Università dei Paesi Baschi ha incluso l'applet in una presentazione adeguata dell'argomento. Le altre pagine Web esaminate non contenevano informazioni precise e complete sull'argomento, o comunque link che avrebbero consentito di raggiungere tali informazioni; esse avevano come obiettivo fondamentale la sola presentazione dell'applet.

Aggiornamento. Solo per tre pagine il giudizio può ritenersi positivo, mentre le altre hanno presentato le informazioni in modo solo sufficiente.

Adeguatezza. In questo caso abbiamo assegnato in generale un valore sufficiente, in quanto le pagine sono risultate poco utili allo scopo della ricerca che ci eravamo prefissi (ricerca di ipertesti con applet Java). Nuovamente solo la pagina *El efecto fotoelectrico* ha infatti ottenuto un giudizio buono per la presenza di una struttura ipertestuale, in cui essa è inserita e attraverso cui è possibile accedere a una bibliografia delle fonti a stampa.

Aspetto didattico

Efficacia. In questo caso la valutazione è stata limitata all'efficacia della presentazione di alcuni concetti attraverso la simulazione con l'applet, mancando nelle pagine altri elementi o link che possano aiutare nella comprensione del contenuto; abbiamo quindi ritenuto di assegnare in generale un giudizio soddisfacente in quanto l'applet può comunque aiutare nella comprensione di alcuni concetti. *El efecto fotoelectrico* dell'Università dei Paesi Baschi ha ottenuto un giudizio buono in quanto la simulazione si integra con gli altri elementi testuali, grafici, ecc.

Interattività. Possiamo dire che le pagine hanno mostrato un grado di interattività diversa. Quelle che consentono solo l'utilizzo dell'applet hanno ottenuto un giudizio sufficiente, mentre per quelle che prevedono anche la possibilità di inviare e-mail all'autore abbiamo ritenuto assegnare un giudizio soddisfacente.

El efecto fotoelectrico ha ottenuto un giudizio buono poiché consente anche di interagire con una struttura ipertestuale attraverso i link. Nessuna pagina presenta quiz online o altro tipo di valutazione.

Aspetto storico

Nessuna delle pagine considerate contiene adeguati elementi di inquadramento storico. Solo due pagine contengono brevissimi cenni i quali, però, risultano insufficienti per interagire significativamente con il contenuto e con l'aspetto didattico.

Navigazione

Valore ipertestuale. In generale non è stato possibile applicare questo criterio e comunque i risultati non sono stati positivi. La pagina *Photoelectric Effect* a cura della Brigham Young University non presenta alcun link che consente di navigare e accedere ad altre pagine: il valore ipertestuale, cioè la minore o maggiore possibilità di «muoversi», risulta quindi non valutabile, sebbene la pagina è inserita in un corso di fisica su Web (questa informazione è stata ottenuta mediante la scomposizione dell'URL). In conclusione la pagina esaminata è stata semplicemente «incollata» al corso ma non integrata in modo significativo. Per gli stessi motivi, non è stato possibile valutare la navigazione della pagina *Photo Effect* della Michigan State University. Abbiamo dato un giudizio insufficiente, invece, per quelle che presentano esclusivamente link a pagine di informazioni (programma sorgente Java, raccolta di applet). L'unica pagina che ha ottenuto un giudizio buono è stata la pagina *El efecto fotoelectrico*, in quanto è fornita di una propria struttura di navigazione e di link, che permettono di comprendere dove si colloca la pagina in esame e di accedere ad altre pagine a essa collegate.

Ricerca. Nessuna delle pagine esaminate presenta un motore di ricerca locale.

Design

Aspetto visivo. In generale per tutte le pagine la valutazione è stata positiva, tranne che per la pagina *PhotoElectric Effect* a cura dell'Illinois Urbana-Champaign University che ha ottenuto un giudizio sufficiente. Le pagine, quindi, si presentano gradevoli nella loro impostazione e nessuna contiene elementi che possono distrarre dagli obiettivi che esse si propongono.

Aspetto tematico. In generale la valutazione è stata positiva; solo la pagina *PhotoElectric Effect* ha ottenuto ancora un giudizio sufficiente. Pertanto, possiamo dire che in generale lo stile scelto per le pagine esaminate si integra bene con le tematiche presentate.

Chiarezza. Abbiamo ottenuto in generale una valutazione positiva, tranne nuovamente per la pagina *PhotoElectric Effect*. Infatti, sebbene le pagine non utilizzano

tutti gli elementi che possono favorire la presentazione del contenuto, tuttavia abbiamo riscontrato l'utilizzo di alcuni importanti elementi comuni: lo spazio vuoto tra le porzioni di testo, l'uso di un colore per evidenziare il testo, il titolo della pagina scelto in modo efficace, la dimensione del testo sufficientemente grande, un efficace contrasto tra colore di sfondo e del testo, ecc.

Funzionamento

Acquisizione pagina e Connettività. Tutte le pagine hanno ottenuto una valutazione ottima, in quanto il tempo di caricamento è stato ragionevole e sono risultate facilmente accessibili.

Multimedia

Numero. Tutte le pagine contengono una sola applet sull'argomento, tranne la pagina *El efecto fotoelectrico* dell'Università dei Paesi Baschi che ne contiene due.

Scopo. Lo scopo dell'applet viene quasi sempre raggiunto ottenendo un giudizio soddisfacente. Nel caso della pagina *El efecto fotoelectrico* il giudizio è stato migliore, poiché la seconda applet è stata realizzata in maniera complementare alla prima, con l'obiettivo di rendere più completa l'esperienza in ordine alla rappresentazione grafica dei dati della simulazione. La valutazione sostanzialmente positiva per tutte le pagine esaminate indica, quindi, che la simulazione con le applet Java è stata utilizzata in maniera appropriata.

Comunicazione in tempo reale. Nessuna delle pagine esaminate prevede modalità di comunicazione in tempo reale.

4. Conclusione

In generale i prodotti multimediali considerati, sia CBT sia pagine Web, presentano una buona qualità dal punto di vista della correttezza dei contenuti e dell'uso delle tecnologie informatiche, seppure con le differenze evidenziate. Tenendo conto che essi provengono da realtà educative quali università e istituzioni scolastiche, si può concludere che tale provenienza è garanzia in generale dell'adeguatezza e dell'efficacia delle risorse multimediali. D'altra parte può essere utile prendere in considerazione materiali multimediali su altri argomenti introduttivi della fisica quantistica.

Il giudizio sulle risorse analizzate è complessivamente positivo sulla base di due considerazioni fondamentali.

La prima è che dietro la progettazione dei materiali multimediali da parte delle università e delle istituzioni scolastiche c'è sempre la piena consapevolezza di dover utilizzare strategie didattiche efficaci. I responsabili delle realtà educative sanno bene, infatti, come già nell'insegnamento in presenza ciascun studente ha un proprio modo personale di apprendere e di costruire la conoscenza, e quanto sia

Tab. 3 Risultati della valutazione delle pagine Web in base alle linee guida e ai criteri corrispondenti scelti.

	Contenuto		Aspetto Didattico		Aspetto Storico		Navigazione		Design		Funzionamento		Multimedia		Tempo				
	autorevolezza	precisione	aggiornamento	adeguatezza	efficacia	interattività	livello di approfondimento	interazione contenuto	valore ipertestuale	ricerca	aspetto visivo	aspetto tematico	chiarezza	acquisizione pagina	connettività	numero	scopo multimedia	comunicazione in tempo reale	tempo di utilizzo
Photoelectric Effect	**	**	**	**	***	**	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	***	***	***	*****	*****	1	***	*	20 min
PhotoElectric Effect	***	***	***	**	***	***	n.a.	n.a.	*	*	**	**	**	*****	*****	1	***	*	30 min
El efecto fotoelectrico	****	****	****	****	****	****	*	*	****	*	****	****	****	*****	*****	2	****	*	45 min
Photo Effect	*	**	**	**	***	**	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	***	***	***	*****	*****	1	***	*	30 min
The Photoelectric Effect	***	***	****	**	***	***	*	*	*	*	***	***	***	*****	*****	1	***	*	20 min

Legenda: ***** ottimo; **** buono; *** soddisfacente; ** sufficiente; * insufficiente; n.a. non applicabile.

importante l'esperienza e l'attività nel processo di apprendimento. Inoltre il docente non è più il solo punto di riferimento del sapere ma è chiamato a coordinare e supervisionare il percorso di apprendimento, ben conscio che anche la valutazione dell'efficacia didattica non è un'attività separata ma integrata con il processo di acquisizione delle conoscenze. Infine gli insegnanti hanno ben chiaro quanto sia importante l'interazione tra studenti e docente e tra gli stessi studenti per conoscere e apprendere. Le possibilità offerte dalle tecnologie informatiche e in particolare dall'uso di Internet possono fornire un valido aiuto per riuscire a mettere in pratica tali strategie didattiche.

La seconda è che nelle realtà educative si è consapevoli della necessità di nuove modalità di presentazione dei contenuti e che per la realizzazione dei prodotti multimediali non è sufficiente trasferire i modelli tradizionali di comunicazione della conoscenza, basati prevalentemente sul testo. Esistono ormai metodologie ben definite di presentazione dei contenuti su Web e l'adattamento di tali metodologie al problema specifico è fondamentale per presentare i contenuti utilizzando quei modelli di comunicazione che si sono dimostrati efficaci [9].

D'altra parte l'analisi e la valutazione dei prodotti multimediali esistenti sull'effetto fotoelettrico, nonché l'acquisizione dei criteri di valutazione dei siti Web, ha permesso di evidenziare alcune caratteristiche non sufficientemente sviluppate, o addirittura assenti, nel materiale considerato.

In particolare l'aspetto storico è quello che risulta fortemente sacrificato in quasi tutti i prodotti multimediali analizzati e questo risultato può apparire in contraddizione – e in un certo senso lo è – con quanto detto all'inizio di questo lavoro sull'approccio storico comunemente utilizzato nella didattica della meccanica quantistica. Il nucleo essenziale della questione è che, purtroppo, l'approccio storico non è ancora considerato come fondamentale nella presentazione e nella didattica della fisica e si fa ricorso a esso solo quando non vi sono altre metodologie per la presentazione di difficili concetti; così, quando gli autori hanno a disposizione modelli di comunicazione multimediale e interattiva, tralasciano facilmente l'approccio storico.

È in questo contesto che si è inserita la progettazione e la realizzazione, da parte del nostro gruppo di ricerca, di un nuovo ipertesto in rete sull'effetto fotoelettrico [<http://www.ba.infn.it/~garuccio/didattica/fotoelettrico/homepage.htm>] che, partendo dallo studio delle difficoltà nella comprensione dell'effetto fotoelettrico da parte degli studenti e avvalendosi dell'interazione con la rete Internet e di alcune simulazioni realizzate con applet Java, intende essere una proposta di equilibrio tra correttezza storica, efficacia didattica e utilizzo delle tecnologie informatiche. Le prime verifiche di tale ipertesto nella didattica dei corsi di formazione degli insegnanti sembrano confermare le nostre aspettative.

Bibliografia

- [1] Un riferimento al tutorial si trova all'URL:
http://pctidifi.mi.infn.it/Didattica/PUB3_RD.html
- [2] Uno degli indirizzi Web di riferimento del software è:
<http://www.physics.umd.edu/perg/qm/qmcourse/NewModel/qmtuts.htm>

- [3] Un riferimento al corso multimediale è all'indirizzo:
<http://science.uniserve.edu.au/Kards/products/undeunob.html>
- [4] DEPARTMENT OF PHYSICS, UNIVERSITY OF WASHINGTON STATE (Seattle), *Physics Education Group (PEG)*,
<http://www.phys.washington.edu/groups/peg/peginfo.html>
- [5] W. CRAWFORD, *CD-ROM/DVD-ROM Criteria and Scoring*
<http://home.att.net/~walt.crawford/cdrom.htm>
- [6] L. TOSELLI, *Il progettista multimediale*, Bollati Boringhieri, Torino, (1998)
- [7] C. CAYWOOD, *Library Selection Criteria for WWW Resources*
<http://www.roanoke.infi.net/~carolyn/criteria.html>
 BIBLIOTECA DELL'UNIVERSITÀ DEL MAINE DEL SUD (a cura di), *Checklist for Evaluating Web Resources*
<http://library.usm.maine.edu/guides/webeval.html>
 K. SCHROCK, «The ABC's of Web Site Evaluation», *Classroom Connect*, n. 1/99
<http://school.discovery.com/schrockguide/pdf/weval.pdf>
 «Comparing & Evaluating Web Information Sources», *NOW ON – THE EDUCATIONAL TECHNOLOGY JOURNAL*, Vol. 6, No 9, June, 1997
<http://www.fno.org/jun97/eval.html>
- [8] DEPARTMENT OF MATHEMATICS, SCIENCE AND TECHNOLOGY EDUCATION (a cura di), *Evaluating Science WWW Resources*
<http://www.ncsu.edu/imse/3/evalweb.htm>
- [9] J. NIELSEN, *Web usability*, Apogeo, Milano, (2000)
 J. NIELSEN, *Alertbox*
<http://www.useit.com/alertbox>