

PERCORSI DI FISICA SU INTERNET

a cura di
Franco Nuzzi

live from CERN

Antimatter : Mirror of the Universe

Discover what antimatter is, where it is made, and how it is already part of our lives.

- Live Webcasts**
Watch our live webcasts and the archive
- Antimatter Academy**
Everything you want to know about antimatter
- The History of Antimatter**
From the first revolutionary idea to the present days
- The Antimatter Factory**
CERN's experiments with atoms of antimatter
- Everyday Antimatter**
Antimatter all around you, in fact and fiction
- Kid's Corner**
Antimatter for our

<http://livefromcern.web.cern.ch/livefromcern/antimatter/academy/AM-travel00.html>



Impaginato e stampato da
I.R.R.E. Emilia Romagna.
Tutti i diritti sono riservati.
Nessuna parte della presente pubblicazione
può essere riprodotta,
in qualsiasi forma o mezzo
(inclusa la registrazione o la fotocopia)
per alcun uso.
I contenuti di questo volume
possono essere utilizzati
citando espressamente la fonte.

© Gennaio 2002

Copertina a cura di Luciano Nucci Asterisco s.n.c.

Presentazione

Nei secoli passati l'uomo, per intendere la natura ed i suoi segreti ha dovuto districarsi nella "foresta di messaggi" che la natura stessa gli poneva di fronte agli occhi, per essere decodificata.

Da questo lavoro, profondo ed intenso, sono nate le diverse discipline, *strumenti* creati dall'umanità per meglio comprendere la realtà circostante.

Oggi, nel pieno dell'esplosione della società dell'informazione, l'uomo contemporaneo, grazie ad Internet, deve attraversare "foreste di dati", entro cui rischia talvolta di smarrirsi come in un intricato, se pur suggestivo, labirinto.

Il problema risiede principalmente nel fatto che spesso i dati presenti in rete, non sono in realtà informazioni utili. Un dato diventa informazione utile solo quando risponde velocemente e concretamente ad una domanda, ad una esigenza.

Questa piccola collezione di guide in Internet vuole essere un sussidio per i docenti che operano nella quotidianità delle aule scolastiche, per ricercare più velocemente utili informazioni per il loro lavoro.

Sono anche talvolta suggeriti itinerari o attività che si possono concretamente condurre con i ragazzi; itinerari ed attività che hanno, come minimo, il pregio di essere stati scoperti e validati in classe da colleghi della stessa area disciplinare: una base di partenza per poi procedere in varie direzioni.

Solo così, pensiamo, si potranno costruire preziose collezioni di *esperienze didattiche* efficaci.

La realizzazione dei presenti volumetti, dedicati rispettivamente a *inglese e musica* per la fascia dell'obbligo, a *fisica, latino, greco, storia* per la fascia delle superiori, è stata resa possibile grazie ai finanziamenti del Fondo Sociale Europeo (progetto SCUOLA NET, n° 647, approvato con delibera n° 1417 del 31/07/2001); le guide saranno collocate in rete e saranno scaricabili in formato PDF da qualunque utente remoto del territorio nazionale (Siti di riferimento:

<http://scuolanet.scuolan.it>; <http://kidslink.bo.cnr.it/fardicono>)

Speriamo che in futuro l'iniziativa possa estendersi ad altre discipline, sia della scuola primaria, che della scuola secondaria.

Bologna 10 febbraio 2002

Anna Maria Arpinati
IRRE – Emilia Romagna

Indice

1.	Introduzione alla rete	1
1.1	Un po' di storia.....	1
1.2	Internet.....	1
1.3	Le risorse di rete	3
1.4	Il world Wide Web WWW	5
1.5	La navigazione	6
1.6	I motori di ricerca.....	8
1.7	Lo scaricamento dei siti	9
1.8	Fidarsi è bene ma...:gli antivirus.....	9
1.9	Se la lingua è un problema.....	10
1.10	Uno sguardo ad Office 2000 prima di cominciare.....	10
2.	Siti di fisica di carattere generale	13
2.1	Un esperimento multimediale dal Cern.....	21
2.2	Attività museali e storia della fisica.....	23
3.	Un esempio di percorso virtuale	29
3.1	Qualche riflessione epistemologica.....	36
3.2	Il moto relativo:una scheda di lavoro.....	38
4.	La fisica per tutti	45
5.	Percorsi di fisica generale	57
5.1	Il moto.....	58
5.2	La relatività.....	58
5.3	Dinamica del punto materiale.....	59
5.4	Lavoro ed Energia.....	61
5.5	Dinamica dei sistemi di particelle.....	63
5.6	Dinamica del corpo rigido.....	65
5.7	La gravitazione	66
5.8	Statica e dinamica dei fluidi.....	68

5.9	Meccanica statistica e Termodinamica.....	71
5.10	Oscillazioni e Onde.....	79
5.11	Elettromagnetismo e struttura della materia.....	84
	5.11.a Ottica geometrica e ottica fisica.....	92
5.12	Luce Virtuale	96
5.13	Le Particelle Elementari.....	97
6.	Riepilogo generale degli indirizzi Internet.....	103

1. Introduzione alla rete

1.1 Un po' di storia

Sono ormai trascorsi quarant'anni da quando l'Advanced Research Project Agency, del Dipartimento Americano della Difesa, commissionò la realizzazione di un sistema informatizzato fra computer, in grado di funzionare anche in caso di guerra nucleare.

In seguito venne messo a punto un sistema di inoltro di messaggi basato sulla tecnologia a commutazione di pacchetto: è il *Transfer Control Protocol* (TCP) che parcellizza i dati in partenza secondo un proprio numero ed indirizzo ricomponendoli una volta giunti a destinazione. (fig. 1)

Negli anni settanta presso l'Università della California a Los Angeles nasce *ARPAnet*, la prima rete fra computer che collega quattro università degli USA. Da questo momento in poi un numero crescente di centri di ricerca si connette in rete, per cui è necessario definire un linguaggio comune per lo scambio di informazioni: nasce il *Transfer Control Protocol/Internet Protocol* (TCP/IP) che diventerà la lingua ufficiale di Internet.

Nel 1982 il protocollo TCP/IP viene svincolato dal segreto militare e reso di dominio pubblico; fanno la loro comparsa i primi fornitori di accesso alla rete o *Internet Service Provider* (ISP). Infine, lo sviluppo crescente di un'utenza non specialistica e dalle esigenze più disparate stimola lo sviluppo di interfacce grafiche finalizzate ad un più fruibile scambio di informazioni: nel 1992 Tim Berners Lee sviluppa il *World Wide Web* e di lì a poco fanno la loro comparsa i *browser*: applicazioni dedicate alla consultazione dei documenti in rete. Nel 1995 inizia la fase commerciale della rete, oggi nel pieno della sua evoluzione.

1.2 Internet

Il complesso sistema di collegamenti, che dà origine alla rete Internet, è costituito, nella sua struttura principale, da una serie di computer principali o nodi di interscambio, connessi 24

ore su 24 da linee dedicate ad alta velocità. A questi accedono i cosiddetti *server* di Rete o *host* che, ospitando informazioni e servizi, provvedono a immettere l'utenza nel flusso informativo mondiale attraverso le usuali linee telefoniche; oppure, da qualche anno, tramite le più rapide fibre ottiche e trasmissioni satellitari.

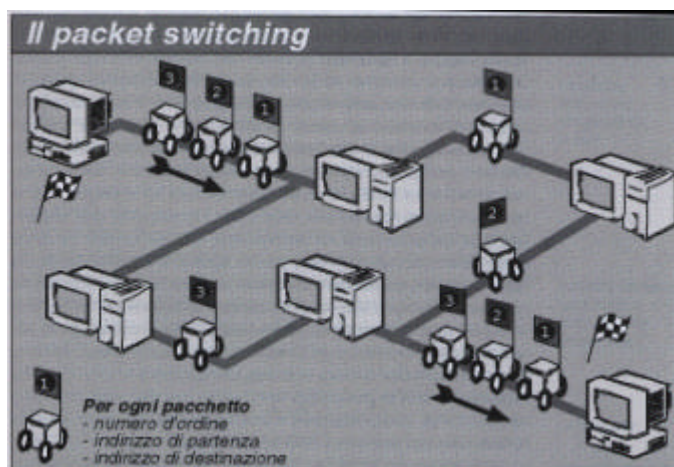


Figura 1

Per entrare a far parte di Internet e comunicare liberamente con un qualunque altro computer connesso alla rete, sono necessari un personal computer, una normale linea telefonica e un dispositivo chiamato *modem* che consente di trasmettere e ricevere le informazioni sulle linee telefoniche (fig. 2). Fino a qualche anno fa occorreva anche stipulare un abbonamento con il fornitore di accesso o *Provider*, cosa che contribuiva ad aumentare le spese rese già cospicue dal canone telefonico. Fortunatamente il crescente svilupparsi del *Web* ha favorito la nascita di gruppi commerciali che oggi hanno reso gratuito l'accesso, immettendo però in rete numerose forme pubblicitarie.

Per raggiungere un computer *host* e accedere alle risorse ivi contenute, è necessario conoscerne l'indirizzo elettronico, che scriveremo nell'apposita casella predisposta dal programma *browser* utilizzato.

Il cosiddetto **IP ADDRESS** è costituito da una serie di numeri, separati da punti che specificano l'identificativo della

rete nazionale, della sottorete primaria ed eventualmente secondaria, e il numero identificativo del computer locale.

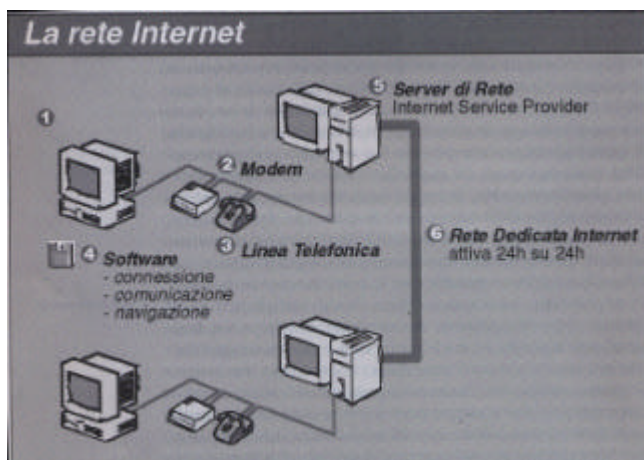


Figura 2

Una codifica più semplice per l'utenza è fornita dai cosiddetti domini (**DNS ADDRESS**) che sono più facili da ricordare perché composti da lettere e non da numeri (tabella 1). Il nome degli *host* (*hostname*) va decodificato da destra a sinistra: la parte destra riguarda il tipo di organizzazione (se si hanno tre lettere) oppure la localizzazione geografica (due lettere), al centro si legge il nome della società mentre a destra della zona possono essere indicate una o più *directory* ospitanti una determinata risorsa. (fig. 3)

1.3 Le Risorse di Rete

Il primo e più conosciuto esempio di utilizzo della rete (*network*) è la posta elettronica o **e-mail**, che dà la possibilità di spedire in tempo reale documenti e materiale audiovideo con file allegati ai messaggi (*attachment*). In questo ambito una notevole opportunità è fornita dalle cosiddette **Mailing list** e dai **Newsgroup**. Le *mailing list* consistono in scambi di posta elettronica su argomenti specifici: chiunque abbia interesse a comunicare con altri su di un determinato argomento, non deve far altro che iscriversi ad una mailing list. Tutti i messaggi spediti da un iscritto sono ricevuti da tutti gli altri iscritti.

Anche i *newsgroup* sono dei gruppi di discussione sui più svariati argomenti, ma, a differenza delle mailing list, sono accessibili direttamente dalla rete e non attraverso la posta elettronica. Per partecipare attivamente ad un *newsgroup* è necessario iscriversi. L'insieme dei *newsgroup* è in realtà una rete a sé stante nota come **Usenet**. Qui viene predisposta una sorta di bacheca elettronica dove è possibile esporre i propri messaggi o attingere quelli degli altri iscritti. Per accedere a questo servizio è necessario utilizzare un software apposito, ad esempio "FreeAgent".

Un altro spazio di discussione molto frequentato è l'**Internet Relay Chat (IRC)**, simile a una stazione radiofonica attiva 24 ore su 24, dove è possibile interagire in diretta con altri interlocutori, digitando sul proprio computer il messaggio.

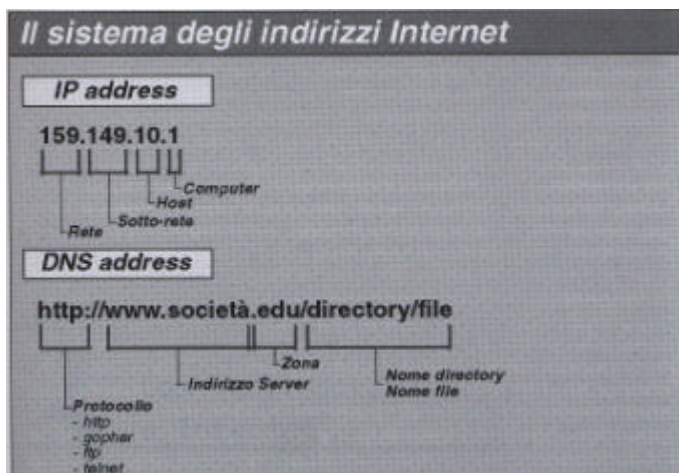


Figura 3

Un altro servizio è **Telnet** che, tramite Internet, consente di effettuare l'accesso (*login*) ad un computer remoto per consultare archivi o grandi banche dati altrimenti non reperibili. Anche per questo servizio occorre un software apposito, ad esempio il "Telnet" integrato nel programma Windows.

Di recente acquisizione sono i servizi di **Internet Phone** e **Internet Video Conferencing** per effettuare telefonate e videoconferenze in Rete. Il messaggio, acquisito con telecamera e microfono, formato da file sonoro e/o immagine, viene

trasmesso e ricevuto in tempo reale con un apposito software: il vantaggio è che il tutto avviene al costo di una telefonata locale.

Ma il vero tesoro di Internet è costituito dalle migliaia di programmi scaricabili direttamente dal **Web**, molti dei quali consentono un più funzionale accesso e utilizzo delle risorse stesse. Attraverso l'operazione di copia dei file, detta *download*, è possibile lavorare con i programmi *freeware*, messi a disposizione gratuitamente dall'autore e quelli *shareware*, disponibili pagando all'autore una modica ricompensa.

Generalmente con un *modem* dalla velocità di 28000 bps (byte per secondo) e una linea telefonica convenzionale, sono necessari circa 5 minuti per trasferire 1 MB (megabyte) di informazioni. Quando un file richiede un tempo di scaricamento superiore, di solito conviene comprimerlo usando un apposito software (Winzip). Si parla in tal caso di file *zippato*; oppure di file *unzippato* quando, decomprimendolo, lo si riporta all'estensione di partenza.

Un altro modo di ottimizzare i tempi di connessione consiste nell'utilizzare una fascia oraria poco congestionata e verificare se il gruppo di file in uso non sia presente in altri computer *host* più vicini al nostro. Ci si collega in questo caso ai cosiddetti **mirror site**: veri e propri nodi gemelli sparsi nel mondo per alleggerire il carico di lavoro dell'*host* originario.

1.4 Il World Wide Web

Il *World Wide Web* (**www**), l'interfaccia grafica ideata nel 1992 da Tim Berners-Lee, è il vero distintivo di Internet. Ma, per poterne sfruttare in pieno i contenuti e le potenzialità multimediali, è necessario avere a disposizione un particolare software (*browser* o sfogliatore) che consente la “navigazione”, cioè la ricerca e la riproduzione video delle pagine Web.

Esistono tipi diversi di *browser*, i più conosciuti sono sicuramente “Internet Explorer” e “Netscape Navigator”. Essi possono essere scaricati direttamente dalla Rete ai siti di pertinenza oppure si trovano sui CD allegati alla maggior parte delle riviste specializzate.

Dopo aver effettuato la connessione tramite un fornitore di rete (tim, libero, tiscali,...), per accedere al *Web* occorre digitare l'indirizzo del cosiddetto “sito” dove risiedono le risorse e i

collegamenti (**link**). Il sistema standardizzato per la gestione degli indirizzi prevede la compilazione della cosiddetta **URL** (*Uniform Resource Locator*) che risulta divisa in tre parti:
protocollo://www.nomehost/directory/file

La prima parola (protocollo) indica il tipo di gestione della risorsa che nella Rete è l'**http** (*hypertext transfer protocol*); la seconda (*nomehost*) il contenitore della stessa ovvero il computer *host*; la terza la *directory* e il file specifico.

Data l'enorme quantità dei siti e quindi degli indirizzi disponibili sul Web, i *provider* consentono alcuni collegamenti preferenziali verso particolari *server* dove è possibile utilizzare specifici software di ricerca delle risorse: i cosiddetti “motori di ricerca”. Una volta individuato un indirizzo utile, è bene registrarlo in una apposita cartella detta *bookmark* o segnalibro, che l'utente può organizzare per categorie di interesse.

Tutti i documenti in rete sono di tipo ipertestuale: è possibile cioè leggere il testo in modo non sequenziale passando da un punto all'altro dello stesso testo o andando ad un altro “cliccando” con il *mouse* sui simboli o le parole chiave evidenziate. Il linguaggio ipertestuale con cui sono realizzate le pagine *Web*, è l'**HTML** (*Hyper Text Markup Language*), che richiede una certa abilità di programmazione. Oggi però sono in commercio numerosi software che consentono una realizzazione abbastanza semplice di pagine *Web* senza passare attraverso l'uso specifico dell'HTML.

1.5 La Navigazione

Per accedere alle pagine *Web* si utilizzano i cosiddetti Navigatori, programmi ad interfaccia grafica detti anche *browser* o sfogliatori.

I *browser* più diffusi sono “Netscape Navigator” ed “Internet Explorer”. Per poter utilizzare la rete nel pieno delle sue potenzialità multimediali (con video, suoni, animazioni interattive o altro), occorre però accertarsi della presenza di particolari programmi detti *plug-in* o di specifici software di utilità.

I *plug-in*, inventati per Netscape, possono essere utilizzati anche per Internet-Explorer, che però ne ha anche di suoi chiamati ActiveX Controls. Per individuare di che tipo di documento multimediale si tratta, basta esaminare il suffisso

che accompagna il nome specifico del file: .wav, .aiff, .mid sono file sonori; .mpg .mpeg, mpe, .mov sono filmati; .gif, .jpeg o .jpg sono immagini (tab. 1).

TABELLA 1. PRINCIPALI PLUG-IN				
AUDIO/VIDEO		Suffisso		
AIFF Audio	Audio/x-midi	.aif		
Audio/wav		.wav		
Audio/aiff		.aiff		
Audio/midi		.mid		
MPEG Audio		.mpeg,	.mpg	
Video/x-mpeg		.mpeg	.mpg	
MPEG Video		.mpeg	.mpg	.mpe
Quicktime Video		.mov		.mov

Tabella 2. Principali Motori di Ricerca	
AltaVista	http://www.altavista.com
Yahoo!	http://www.yahoo.com
Excite	http://excite.com
Virgilio	http://virgilio.it
HotBot	http://hotbot.com
Galaxy	http://www.einet.net/galaxy.html
Infoseek	http://www.infoseek.com
Web Crawler	http://www.webcrawler.com
Lycos	http://lycos.com

Nello studio delle materie scientifiche le applicazioni multimediali di maggior interesse sono i cosiddetti *applet*, attraverso i quali è possibile condurre esperimenti *on-line* di tipo virtuale di notevole impatto didattico.

La maggioranza di questi sono realizzati con **Java**, ambiente nel quale prevale un particolare tipo di programmazione detta “ad oggetti” (*object-oriented*).

Per quanto riguarda invece i software di “utilità” ricordiamo i seguenti:

Per compattare o decompattare file, **Winzip** (Windows):
<http://www.winzip.com>

Stuffit Expander e DropStuff (Windows e MacIntosh):
<http://aladdinsys.com>

Per scrivere o leggere i documenti elettronici in formato PDF, **Acrobat Reader** (Windows e MacIntosh):
<http://www.adobe.com>

Per riprodurre suoni, filmati e immagini anche di realtà virtuale **Quick Time, Quick Time VR**, (Windows e MacIntosh):
<http://www.quicktime.apple.com>

Per utilizzare appieno il multimediale (video-audio-applet), **Shockwave** (Windows e MacIntosh):
<http://www.macromedia.com/shockwave>

1.6 I Motori di Ricerca

Come abbiamo già detto, la ricerca di documenti specifici può risultare alquanto lunga e complessa soprattutto quando non conosciamo gli opportuni indirizzi di riferimento. Per questo motivo sono stati approntati siti con particolari programmi detti “motori di ricerca”: si tratta di computer *host* dedicati alla catalogazione/archiviazione continua delle risorse di rete organizzate per categoria: divertimento, cultura generale, scienze, acquisti e quant'altro (tab. 2).

La pagina d'ingresso (*home page*) del sito di ricerca riporta uno spazio per introdurre parole inerenti l'argomento cercato in forma semplice o complessa. Quando si esegue una ricerca di tipo elementare, tramite parole di riferimento, occorre fare molta attenzione: una eccessiva genericità sortirà lo spiacevole effetto di un eccessivo numero di documenti reperiti.

1. Insieme di parole che debbano essere ricercate come tali, vanno comprese fra virgolette;
2. l'uso di operatori logici (and, or, not) o di simboli matematici (+, -) consente di ricercare due o più parole nello stesso documento, non necessariamente nello stesso ordine, oppure di escludere parti che non interessano.

In ogni caso solo attraverso la visita delle pagine selezionate dal *motore*, sarà possibile rendersi conto se i documenti in elenco sono davvero utili ai nostri fini oppure no: pertanto spesso sarà opportuno avviare opzioni di "ricerca avanzata", secondo le maschere proposte dal motore di ricerca.

1.7 Lo scaricamento dei siti

La ricchezza e la varietà dei siti che visiteremo è spesso inversamente proporzionale al tempo necessario per esplorarli. E il tempo come ben sappiamo è denaro. Anche in questo caso la stessa rete ci viene in soccorso: esistono infatti dei software che consentono di scaricare interi siti, il cui contenuto sarà visionato successivamente in tutta tranquillità *off-line* cioè senza essere telefonicamente collegati. Uno di tali software è **Teleport** di cui è possibile fare *download* all'indirizzo <http://www.tenmax.com>

Una volta scaricato e installato il suo uso è alquanto semplice e immediato e consentirà di creare una copia consultabile di un sito *Web* in esame, sul proprio disco rigido. E' anche possibile fare una selezione di ciò che si vuole salvare: solo testo, testo e grafica, testo grafica e suoni e così via. "Teleport" consente anche di interrompere momentaneamente o definitivamente l'operazione di scaricamento qualora lo desiderassimo.

1.8 Fidarsi è bene ma...: gli Antivirus

Navigare nel *Web* induce, presto o tardi, a registrare documenti, scaricare siti e vari programmi di utilità: anche se i siti che esploreremo sono gestiti da istituzioni serie e organizzazioni di ricerca, i sabotatori informatici possono sempre essere in agguato. È buona norma allora proteggere il proprio computer e quindi le nostre ore di lavoro, con un "antivirus" aggiornato. I cosiddetti "virus" non sono altro che programmi che a nostra insaputa si inseriscono nei nostri file, spesso vengono spediti come allegati nella posta elettronica o sono residenti in altri programmi prelevabili da Internet. Gli "antivirus" sono, per così dire, i corrispondenti antidoti di cui è bene munirsi per evitare che il nostro sistema informatico subisca danni a volte irreparabili. Riportiamo un paio di indirizzi delle case produttrici di antivirus più accreditate: **McAfee**: <http://www.mcafee.com>, **Norton**: <http://www.norton.com>.

Una volta installato un "antivirus", sarà però buona norma provvedere ogni mese al suo aggiornamento, perché anche i "virus" informatici sono soggetti a continue evoluzioni e ... mutazioni "genetiche".

1.9 Se la lingua è un problema

Da quanto detto fino ad ora, sarà risultato ben chiaro che la lingua ufficiale della rete è l'inglese. Anche se esistono numerosi traduttori automatici, questi non sono del tutto esenti da errori, a volte pure di un certo rilievo: pertanto è meglio usare un buon dizionario. In rete è disponibile **Babylon**, un programma che consente di determinare il significato di parole (dall'inglese o da altre lingue) o espressioni idiomatiche di vario tipo trovate in rete o in altre applicazioni Windows: <http://babylon.com>

1.10 Uno sguardo a Office 2000 prima di cominciare

Prima di cominciare la presentazione dei siti di interesse per la didattica, riteniamo opportuno dare un breve cenno dei principali strumenti multimediali del pacchetto "Office 2000" della Microsoft per Windows. Tramite queste non sarà difficile costruire delle pagine *Web* personali, per utilizzare quindi Internet non solo come fruitori, ma anche come attivi sviluppatori di risorse.

Word, uno dei programmi di videoscrittura più usati al mondo, consente un uso davvero organizzato e intelligente non solo del testo, ma anche di immagini, file audio e video, integrandosi con altri software del pacchetto. Consente tra l'altro la realizzazione di documenti multimediali, semplici ma d'effetto. Inoltre è anche possibile salvare quanto creato in formato HTML per inserire il documento nel *Web*.

Di maggiore effetto e incisività risulta l'applicazione **PowerPoint**: con essa è possibile strutturare e preparare una vera e propria presentazione multimediale costituita da una serie di "diapositive" dando al testo una maggiore dinamicità, ad esempio con entrate ad effetto dall'alto, dal basso, in diagonale o altro che possa calamitare l'attenzione degli spettatori.

Inoltre è possibile predisporre una serie di "bottoni azione" per realizzare i "salti sintattici" caratteristici di un documento multimediale. L'ampia disponibilità di modelli precostituiti, ove inserire il testo e le immagini, fa poi di questo pacchetto uno strumento dall'uso semplice e divertente per tutti.

Tuttavia, se vogliamo che le nostre pagine *Web* acquistino davvero professionalità la soluzione finale è data da **FrontPage**, sempre del pacchetto Office 2000. Anche qui è possibile scegliere delle “Creazioni” guidate attraverso le quali costruire il vostro sito *Web* con un certo numero di pagine riguardanti magari il vostro lavoro e l'attività didattica. In questo caso la pagina presenta già un tema con uno sfondo, il tipo e la forma dei pulsanti della navigazione. Una volta predisposti i testi e le immagini con i relativi *link* è possibile avere un'anteprima della pubblicazione sul *Web* per avere un'idea precisa di ciò che si vedrà in rete ed effettuare le correzioni di rito. La possibilità di costruire facilmente una o più pagine *Web*, senza conoscere un linguaggio specifico di programmazione, come l'HTML, è una notevole opportunità per comunicare le nostre ricerche didattiche e per stimolare i ragazzi a diventare soggetti attivi nel mondo che cambia.

2. Siti di Fisica di Carattere generale

Il dipartimento di fisica sperimentale dell'università di Torino ha raccolto e organizzato numerosissime informazioni riguardanti la didattica della fisica, sotto forma di risorse disponibili nel *Web*. La guida completa con una griglia di analisi e classificazione si trova all'*url*: <http://www.iapht.unito.it/tidf/sommario.html> di cui mostriamo la pagina principale in figura 1.

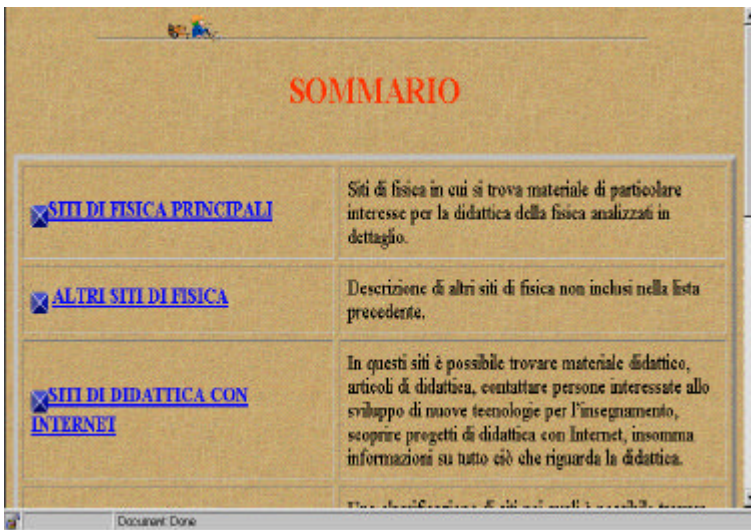


Figura 1

Si tratta sicuramente di un buon punto di partenza per cominciare ad orientarsi nei siti rendendosi conto di ciò che la rete mette a disposizione per quel che riguarda la didattica e l'aggiornamento dei docenti, con l'uso di *applet* e altri strumenti multimediali.

Numerose simulazioni interattive provenienti da tutto il mondo, sono state tradotte in italiano a cura del dott. Carlo Sansotta, del dipartimento di Fisica Medica dell'università di Messina e organizzate nelle pagine dell'IFMSA Weblab: http://ww2.unime.it/dipart/i_fismed/wbt/index.html (fig.2) a costituire un vero e proprio laboratorio virtuale di fisica. Le *applet*, divise per argomenti, sono organizzate in

sessioni di apprendimento nelle quali, dopo una breve introduzione esplicativa dell'argomento da indagare, viene data la possibilità di condurre un esperimento anche attraverso una serie di domande che ne specificano il percorso.



Figura 2

In figura 3, è riportata un'immagine che si riferisce alla simulazione *pendolo semplice*, realizzato con una sferetta legata da un filo ad un punto di sospensione. Cliccando su *via*, nella barra a destra, si dà inizio al moto della pallina e in contemporanea alla visualizzazione di un grafico che fornisce il diagramma orario del moto armonico. Sempre tramite l'uso della barra è possibile modificare alcuni parametri, quali la lunghezza del filo, la massa del grave e l'ampiezza cioè l'angolo che il filo forma con la verticale.¹ In basso è possibile invece selezionare la grandezza fisica di cui si vuole indagare l'andamento. Come si vede si tratta di una *applet* di uso immediato che può servire sia per visualizzare semplicemente il fenomeno che per analizzarne alcuni aspetti più specifici.

Si noti infine come sia consentito di fermare momentaneamente il processo (cliccando su pausa/sospendi)

¹ L'angolo non deve superare i 5 gradi se si vogliono studiare gli isocronismi

per memorizzare alcuni dati da esaminare ed elaborare successivamente.

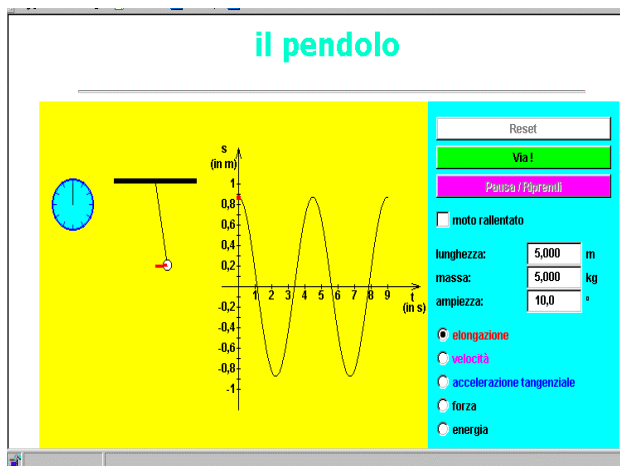


Figura 3

Dal portale del Virtual Laboratory dell'*Internet Pilot to Physics*, rintracciabile all'*url* <http://physicsweb.org/TIPTOP/VLAB> (fig.4), è possibile accedere a numerosi centri ed istituti con numerosi *link*, informazioni e notizie riguardanti il mondo della ricerca.



Figura 4

Di sicura utilità è la disponibilità, in questo sito, di un catalogo generale delle simulazioni sotto forma di *applet* Java o di altre risorse presenti *online*, quali ipertesti e animazioni di notevole interesse didattico. Ad esempio nella sezione *Scientific Investigation* è possibile indagare in che modo, molte situazioni concrete della vita quotidiana, siano collegate a fatti e fenomeni che le scienze fisiche hanno studiato e preso in esame.

Altre *applet*, ordinate per argomenti, sono rintracciabili all'indirizzo web: <http://home.a-city.de/walter.fendt/>, dal quale ci si può dirigere a istituzioni scolastiche, università, librerie ed altri siti attrezzati con sessioni interattive didatticamente valide: <http://home.t-online.de/home/wfendt/linkphys.htm>



Figura 5

Le simulazioni sono state tradotte in varie lingue, fra cui l'italiano, e zippate in un file scaricabile sul proprio personal computer attraverso un opportuno browser.

Per chi voglia invece dedicarsi alla costruzione di esperimenti veri e propri consigliamo il collegamento a l'*Exploratorium* di S. Francisco reperibile alla pagina web: <http://www.exploratorium.edu/snacks/snacksbysubject.html> (fig.5). Qui ci aspetta un piccolo paradiso della fisica, denso di numerose e dettagliate indicazioni per la realizzazione di esperimenti concreti, di semplice realizzazione e a basso costo, riguardanti fatti e problematiche in stretto contatto con la vita di tutti i giorni. Si può accedere anche a una lista di discussione

per mettere a confronto le esperienze o eventuali questioni ad esse collegate.

In figura 6 è riportata una *applet* riguardante un esperimento di percezione visiva. Portando il mouse sulla figura e muovendolo opportunamente è possibile sistemare i due cerchi gialli fino a che i nostri occhi non li giudichino della stessa dimensione. Successivamente si controlla se e in che misura siamo stati influenzati dall'effetto dovuto all'illusione ottica.

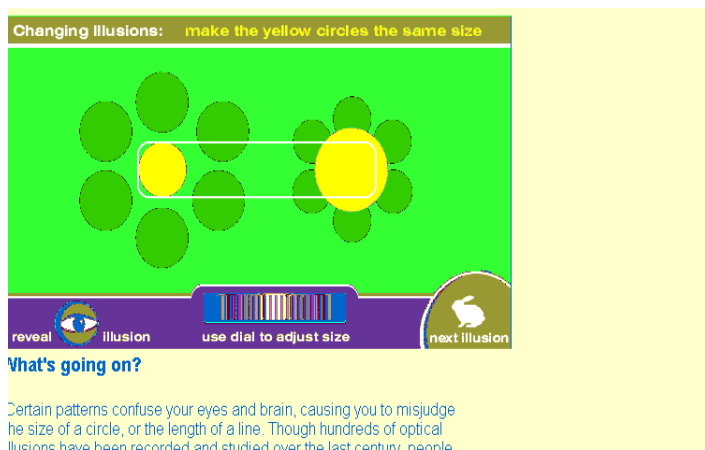


Figura 6

Anche nel sito curato da Eric Weisstein con l'aiuto delle comunità di internet, è possibile rintracciare materiale (in continuo aggiornamento) di vario tipo inerente la matematica, la fisica e l'astronomia con biografie scientifiche, libri e altre risorse utili per ricerche o studi di approfondimento in argomenti o topiche di interesse scientifico o di carattere più didattico: <http://www.treasure-troves.com/physics>

La collezione del tesoro di fisica (Treasure Trove) è sede di numerosi contatti e collegamenti a siti di interesse scientifico sparsi in tutto il mondo ed ha al suo interno alcune pagine dedicate alle domande più frequenti (*faq*) poste dai navigatori al *webmaster*. Le pagine sono ben sviluppate anche se spesso gli argomenti hanno una trattazione matematica di non semplice accesso per gli studenti dei nostri licei.

L'apprendimento *online* è oggetto di studio da parte di università e istituzioni, con ricerche attraverso tesi di laurea

pubblicate in rete. Si consulti ad esempio: *Applicazione Didattica Realizzata Utilizzando Tecniche Multimediali in WWW* della dott.ssa Maria Cecilia Coperchio dell'Università di Bologna, oppure: *Costruzione di applet java come possibile mezzo per il superamento di alcuni preconcetti in ottica geometrica* della dott.ssa Maria Mennea dell'università di Bari: <http://www.ba.infn.it/~evangel/Tesi.html>

Un altro sito organizzato dal dipartimento di fisica dell'Università di Bologna è ISHTAR (Innovative Software for Higher Telematics Applications Research) all'indirizzo <http://ishtar.df.unibo.it/index.html> e comprende una serie di servizi sotto forma di corsi, lezioni online e strumenti per la didattica della fisica in rete. Gli argomenti disponibili riguardano i fenomeni della diffusione, un corso in probabilità e statistica ed uno in meccanica dei fluidi.

Una mappa completa e ragionata di numerosissimi siti e indirizzi utili per la didattica è reperibile anche a: <http://www.ba.infn.it/www/didattica.html>, sito sviluppato dal dott. G. Zito del gruppo INFN dell'università di Bari.

Di notevole interesse anche il progetto *LibLab* (libro e laboratorio) che propone l'uso della rete Internet e delle tecnologie multimediali nella didattica della fisica. Esso è stato sviluppato nella tesi di laurea di Andrea Mameli, ed è a cura del CRS4 (Centro Ricerche Studi Superiori e Sviluppo Sardegna), reperibile all'url: <http://www.crs4.it/~mameli/JAVA/LibLab.html>

La SISSA (Scuola Internazionale Superiore di Studi Avanzati - Trieste) ha realizzato, nell'ambito del progetto In/Formazione permanente del piano Babbage per il rinnovamento della comunicazione scientifica, *Ulisse* (<http://Ulisse.Sissa.it>) un sito italiano innovativo dedicato appunto alla divulgazione scientifica attraverso Internet. Il suo scopo principale è quello di aprire un canale di comunicazione tra il pubblico e gli scienziati, contribuendo così a superare il divario che separa il mondo della ricerca e la società civile.

Ulisse, nato nel settembre del 2000, sarà pronto nella primavera del 2002. Tuttavia fin da ora è possibile usufruire di alcuni servizi e consultare interessanti sezioni di lavoro:

Chiedi a Ulisse, per avere risposte a quesiti scientifici di ogni genere, *Andar per siti*, per raccogliere le recensioni dei migliori siti scientifici e itinerari attraverso la rete; *Esperimenti, giochi, simulazioni*, alla scoperta dei cosiddetti

laboratori virtuali per realizzare esperimenti e valutare la propria preparazione; *La biblioteca dei 500*, una vera e propria biblioteca elettronica che si affianca a *Recensioni, manuali, glossari* in cui è possibile reperire altro interessante materiale di studio; *Scienza 7*, un settimanale di notizie dedicate a vari argomenti di ricerca scientifica, etica, politica e sociologica della scienza e infine *InterScienza*, un servizio riservato allo scambio di informazione tra ricercatori di diverse discipline. Tutti i materiali pubblicati sul sito saranno selezionati in base ad un sistema di *peer review* e archiviati in un database per essere accessibili a tutti gli interessati attraverso un efficiente motore di ricerca.

Ulisse si avvale della collaborazione del CIRD (Centro Interdipartimentale di Ricerca Didattica) dell'Università di Trieste, dell'AIF (Associazione per l'Insegnamento della Fisica) della Società di Chimica Italiana - Divisione didattica, del Master in Comunicazione della Scienza di Trieste, ed è finanziato dal Ministero dell'Istruzione e dell'Università e della Ricerca.

Sempre per quanto concerne i progetti dedicati allo sviluppo dell'apprendimento della fisica, può essere utile dare un'occhiata a cosa succede oltreoceano, negli Usa, dove queste metodologie sono affermate già da anni.

WebPhysics, <http://webphysics.davidson.edu/> è un programma per lo studio della fisica con Internet sviluppato da Wolfgang Christian e Gregor Novak del Davidson College USA, nel lontano (rispetto ai tempi del web) 1995. Si possono sperimentare alcune simulazioni in linguaggio Java o Javascript con lo sviluppo di esercizi e consultare il materiale prodotto dagli stessi studenti. Per la visione dei documenti del corso (che spesso sono in aggiornamento) viene consigliato l'utilizzo delle ultime versioni dei browser Internet Explorer o Netscape Navigator.

Per quanto concerne l'editoria, di notevole impatto didattico sono i libri che integrano il proprio testo con CD-Rom o altro materiale ipertestuale anche consultabile in rete, con l'attivazione di simulazioni e problemi di vario genere. In Italia ricordiamo la collana di testi di fisica *Amaldi*, curata dalla casa editrice Zanichelli, corredata da tre Cd-Rom interattivi sui temi della meccanica, della termodinamica e dell'elettromagnetismo. Un altro valido esempio è il *Contemporary College Physics* <http://www.mhhe.com/physsci/physical/jones/> pubblicato dalla casa

editrice McGraw-Hill, sviluppato appunto per favorire l'apprendimento *online* con l'uso di *applet* ed esercitazioni.

Anche dalla pagina Web della *Casco Associates* è disponibile un corso di meccanica online di cui è possibile visionare qualche esempio facendo *download* all'indirizzo: <http://www.mcasco.com/p1outln.html>

Concludiamo con l'indirizzo di un sito dove è possibile unire l'utile al dilettevole, lo studio al divertimento:

<http://www.physlink.com/fun.cfm>, in figura 7.

Physilink si distingue per la raccolta di tutto quello che in fisica “può fare spettacolo”, con cartoni animati, barzellette, amenità e curiosità varie, che hanno come sfondo comune il mondo della scienza o della ricerca.

Tantissimi link sono disponibili a <http://dir.yahoo.com/Science/physics>, la pagina del motore di ricerca Yahoo dedicata al mondo della fisica, anche se, a dire il vero, non è sempre facile orientarsi in un mare sconfinato di dati e informazioni.

Physics Fun: Cartoons, Jokes and more : home

PhysLink
PHYSICS & ASTRONOMY
online education and reference

Shop Here! Home Audio Home Theater New Release Videos Pokemon Audio Books

amazon.com

PhysLINK.com: Thursday, December 28, 2000

Search: Find -- Quick Reference --

Physics Cartoons & Jokes

- [A collection of physics / science jokes](#)
- [Cartoons by Mark Paris](#)
author of the Off The Mark
- [Cartoons by John McPherson](#)
author of the Close to Home
- [Cartoons by Jerry Van Amerongen](#)
author of the Neighborhood
- Special: [The Lost Photograph Everybody is Talking About](#)

Physics Fun on the Web

- [AIP Science Report Radio](#)
- [AIP Inside Science TV Program](#)
- [Physics Humor Links](#)

navigation

- [home](#)
- [search](#)
- [site map](#)

features

- [reference](#)
- [ask experts](#)
- [software](#)
- [astronomy](#)
- [history](#)
- [new theories](#)
- [grad advisor](#)
- [images](#)
- [ys award](#)

"Study and, in general the pursuit of truth and beauty is a sphere of activity in which we are permitted to remain children all of our lives."

Figura 7

2.1 Un Esperimento Multimediale dal Cern

L'opportunità di collegarsi in video-conferenza con importanti istituzioni e centri di ricerca per assistere a lezioni ed esperimenti dal vivo è una delle nuove possibilità offerte da Internet al mondo della scuola e delle agenzie formative in generale. Il 21 novembre 2000 presso la facoltà di Ingegneria dell'università di Bari si è tenuto un interessante esperimento multimediale che ha visto la partecipazione di numerose scuole: in collegamento con il *Cern*, il Centro Europeo di Ricerche Nucleari di Ginevra, è stato possibile assistere ad una sessione interattiva riguardante il concetto di antimateria. Alla fine della sessione, è stata data la possibilità ad alcuni studenti di intervenire ponendo quesiti in riferimento a quanto visto o in merito a dubbi o curiosità relative all'argomento.

Per assistere ad una videoconferenza occorre scaricare dalla rete l'apposito software "realaudio", all'indirizzo <http://www.realaudio.com>, che consente la trasmissione e la visione di filmati in tempo reale, dopo aver effettuato la connessione con il sito di riferimento che, nel nostro caso, è all'*url*: <http://livefromcern.web.cern.ch/livefromcern/antimatter> (fig. 8)



Figura 8

Dalla *home page* si accede a tutta una serie di notizie e informazioni riguardanti la nascita e l'evoluzione del concetto di antimateria, proposte in modo piano e didatticamente

accattivanti. Dalla sezione *The History of Antimatter* si apprende come nel 1928 il fisico P.A.M. Dirac estendendo alla nuova meccanica dei quanti la teoria della relatività, scoprì un'equazione che prediceva particelle con stati di energia negativi: nasceva pertanto un concetto nuovo e, per molti punti di vista, sconvolgente, quello di antimateria.

Dal 1930, con la scoperta del positrone, l'antiparticella dell'elettrone, la teoria di Dirac veniva sperimentalmente confermata, inaugurando così una nuova epoca di indagini nella fisica atomica, tuttora fonte di ricerche e speculazioni teoriche.

Fino a pochi anni fa, la formazione di antimateria era subordinata alla produzione di enormi quantità di energia da parte di opportune macchine acceleratrici di particelle. Le attuali tecnologie consentono ora la creazione di antiprotoni di minore energia, necessari per la sintesi di atomi di *antiidrogeno*. Il principio fondamentale è l'equivalenza fra massa ed energia dettato dalla nota equazione di Einstein: $E=mc^2$, dove c è la velocità della luce nel vuoto pari a 300000 Km al secondo. Perciò se una particella viene accelerata e portata ad una velocità prossima a c , la straordinaria quantità di energia liberata in una collisione, si trasformerà nel suo equivalente di materia. Se immaginiamo di forgiare una moneta da uno stampo di metallo, da un lato avremo la produzione del conio ma dall'altro, sullo stampo, sarà presente un buco che potremmo chiamare *antimoneta*.

Ciò è proprio quanto avviene negli esperimenti dove l'energia si trasforma sempre in una coppia costituita dalla particella e della sua immagine speculare chiamata appunto antiparticella.

Il problema fondamentale connesso alla produzione di antimateria è che quest'ultima in presenza della materia tende naturalmente a ritrasformarsi in energia: questo è il motivo per cui è tanto difficile osservarla e quindi predisporre il relativo apparato sperimentale.

La sezione si conclude con l'illustrazione delle ricadute di queste ricerche nella vita di ogni giorno quali ad esempio i moderni dispositivi usati nella diagnostica medica, noti col nome di TEP la tomografia per emissione di positroni.

Il sito possiede un archivio di immagini relative agli esperimenti precedentemente effettuati online ed anche alcuni

disegni che illustrano come è visto il mondo dell'antimateria da alcuni bambini, sollecitati a descrivere con schizzi e rappresentazioni grafiche il fantastico mondo delle particelle.

2.2 Attività Museali e Storia della Fisica

La rete consente visite virtuali a musei e parchi tecnologici dove è possibile confrontarsi con i testi, gli strumenti e le metodologie del passato.

Attraverso il portale del Museo Nazionale della Scienza e della Tecnica Leonardo da Vinci di Milano, <http://www.museoscienza.org/museovr/Default.htm>, è possibile accedere ai più importanti musei italiani e stranieri. Di notevole interesse è la sezione *Leonardo Virtuale*, una vera e propria "sezione digitale" del Museo in 3D dedicata alle macchine di Leonardo (fig.9).

Scaricando l'apposito *plug-in* è possibile girare per le stanze e i chiostri, azionare le macchine leonardesche, vedere gli altri visitatori, seguire i loro movimenti e chiacchierare con loro oppure unirsi ad un gruppo e seguire la guida (prossimamente ci saranno delle "visite guidate virtuali").

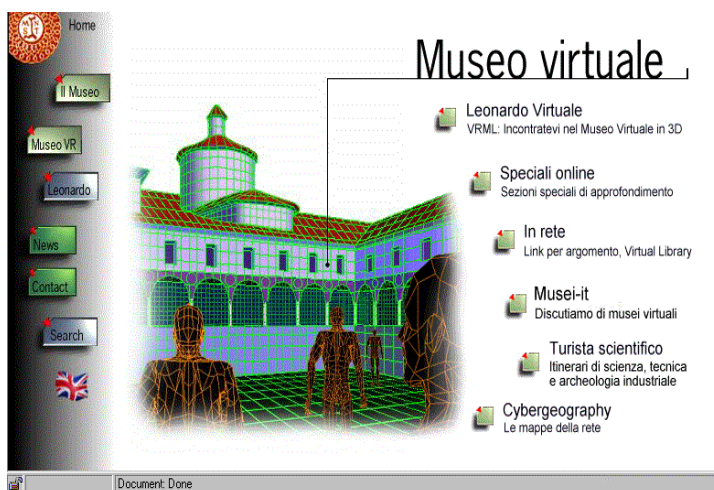


Figura 9

Leonardo Virtuale è stato realizzato congiuntamente dal Museo della Scienza e dal Politecnico di Milano, che ha realizzato l'innovativa infrastruttura tecnologica attraverso il cosiddetto *sistema Webtalk*.

Presso il Museo di Storia della Scienza di Firenze, alla pagina web: <http://www.imss.firenze.it/indice.html>, si possono consultare alcune opere di G. Galilei con visite virtuali a sale di notevole interesse storico e scientifico. In figura 10, a sinistra, è visibile un angolo dello studio di Galileo Galilei mentre a destra è riportata una pagina del *Sidereus Nuncius* dedicata alla scoperta dei satelliti di Giove (medicei) ottenuta grazie all'invenzione del telescopio. Dallo stesso sito è possibile accedere a *Mille Anni di Scienza in Italia* un'iniziativa espositiva "a rete" articolata sull'intero territorio nazionale, promossa dal Ministero dell'Università e della Ricerca Scientifica e Tecnologica in occasione della XI Settimana della Cultura Scientifica. La formula della mostra "a rete" è stata adottata per valorizzare le molteplici potenzialità di diffusione della cultura scientifica e tecnologica presenti nel nostro Paese e per stimolarne l'integrazione in un organico Sistema Nazionale di Musei e Centri scientifici o storico scientifici, capace di rispondere su base permanente alla sempre più forte domanda di cultura scientifica.

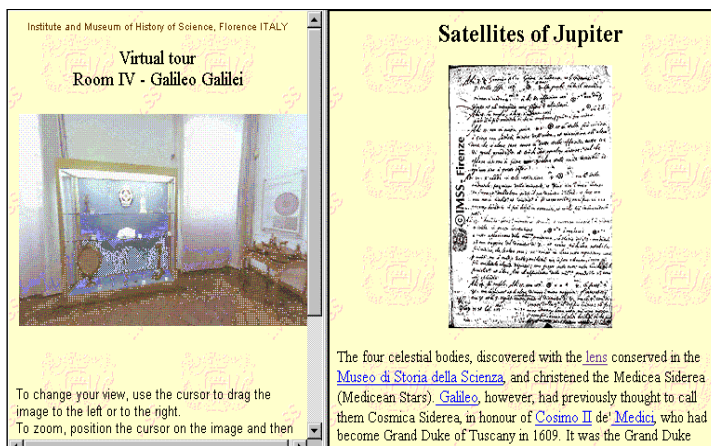


Figura 10

Mille Anni di Scienza in Italia si configura con la simultanea e coordinata programmazione di tredici mostre, su aspetti fondamentali della storia della scienza e della tecnica italiana in dodici città diverse e, contestualmente, di una mostra centrale a Roma presso la sede del MURST.

Un parco tecnologico di sicuro richiamo scientifico e culturale è la "città della scienza" di Napoli, <http://www.cittadellascienza.it>, dove è possibile tra l'altro seguire numerose esperienze scientifiche collegandole all'evoluzione storica dei concetti e agli strumenti di laboratorio del secolo scorso. Il sito di questo museo propone anche un itinerario virtuale tra mediateca, officina dei piccoli, laboratorio di musica e di storia.

Il Laboratorio dell'Immaginario Scientifico (LIS) di Trieste, reperibile all'indirizzo <http://ImmaginarioScientifico.it>, ha organizzato le sue principali attività in cinque sezioni. Le spettacolari immagini di *elis*, l'Edicola del Laboratorio dell'Immaginario Scientifico, fanno strada alle attività interattive di "area", dove gli *exhibit* permettono di indagare e scoprire numerosi fenomeni scientifici. La sezione *AltroMuseo* presenta musei e istituzioni dell'area mitteleuropea che collaborano con il LIS; *dedalo* introduce alla scienza attraverso reti telematiche, cd-rom e multimedia; *aladino* racchiude le attività di scienza sperimentale, con dimostrazioni tematiche, attività didattiche e visite al planetario per esplorare la volta celeste.

In Europa uno dei musei tecnologici sicuramente meglio attrezzati, anche dal punto di vista delle applicazioni multimediali esplorabili *online*, è il *Deutsches Museum* di Monaco di Baviera in Germania www.deutsches-museum.de

Per il visitatore telematico segnaliamo, fra le innumerevoli attività, la visione di alcuni brevi filmati riguardanti il funzionamento di macchine e strumenti d'epoca e moderni, per i quali è necessario fornirsi di un apposito software (*Quick Time*) scaricabile direttamente dal sito.

Dal portale dell' American Institute of Physics (AIP) è possibile accedere a numerosissimi siti di notevole interesse storico con *exhibit* e collegamenti inerenti le più importanti scoperte e invenzioni del secolo scorso, con la possibilità di ricognizione ad archivi e documenti: <http://www.aip.org/history/web-link.htm> (fig. 11). Fra i *link* più significativi ce ne sono due

dedicati alla scoperta della *Radioattività naturale*, dagli albori, ai tempi del fisico francese Henri Becquerel, fino all'avvento della moderna era nucleare. Notevole spazio è naturalmente dedicato alla figura del grande fisico Albert Einstein che, con la nota teoria della relatività (speciale e generale), aprì nuove frontiere e prospettive all'indagine del mondo fisico.

Argomento invece sicuramente più vicino a noi è quello relativo alla *Caduta della Parità*. Sono infatti del 1956 gli esperimenti che dimostrarono come sbagliato l'assunto che le leggi fisiche dovessero essere invarianti rispetto a certe simmetrie fondamentali.

Numerose sono le biografie riferite agli scienziati che parteciparono alla costruzione della nuova fisica dei quanti: fra questi Heisenberg uno dei padri fondatori della meccanica quantistica secondo l'approccio delle matrici e scopritore del celebre principio di indeterminazione, secondo il quale non è possibile conoscere con precisione infinita coppie di grandezze fisiche coniugate quali posizione e velocità o energia e tempo.

Tali limiti sono insiti nella struttura stessa della materia, e non sono eliminabili, come accade invece per gli errori sperimentali, con miglioramenti degli apparati e delle tecniche di misura.



Figura 11

Nel novecento diviene sempre più fitto e denso di conseguenze l'intreccio fra scienza storia e politica: una sessione è dedicata alla nascita e allo sviluppo del progetto “Manhattan” relativo alla costruzione della prima bomba atomica: la biografia di uno dei suoi maggiori esponenti, Oppenheimer, risulta ricca di approfondimenti storico-sociali.

Anche la biografia di A. Sakharov, caposcuola della scuola russa di fisica nucleare, introduce al tema dei rapporti fra scienza e politica, visti in questo caso nell'ambito della lotta per i diritti civili nell'ex Unione Sovietica.

Dal Sito dell'American Physical Society è possibile scorrere anno per anno le principali invenzioni e scoperte degli ultimi 100 anni di fisica dal 1900 al 2000 <http://timeline.aps.org/APS/index.html>

Ad esempio posizionandosi sugli anni 1938-39 (fig.12), si può selezionare la scoperta della fissione nucleare, ottenuta per la prima volta dai chimici tedeschi Otto Hahn e Fritz Strassmann, bombardando l'uranio con dei neutroni. Questo fondamentale processo fisico fu però successivamente spiegato e interpretato dalla fisica austriaca Lise Meitner e da suo nipote Otto Frisch.



Figura 12

3. Un Esempio di Percorso basato sul Laboratorio Virtuale

I principali vantaggi offerti da un percorso didattico basato sulle tecnologie multimediali, sono quelli di favorire e incoraggiare indagini e ricerche con attività di *problem-solving*, da effettuare nella prima fase di studio o come integrazione e completamento di un lavoro già avviato. In questo lavoro particolare attenzione è data al laboratorio virtuale realizzato con le *applet*, al fine appunto di avviare i ragazzi all'esplorazione o al "riesame" di fatti e concetti nell'ambito di determinate tematiche o situazioni nodali.

L'attività in rete potrà anche consentire, come già evidenziato nel capitolo precedente, la visita a musei virtuali attraverso i quali rendere più immediate e avvincenti alcune contestualizzazioni storiche ed eventuali collegamenti interdisciplinari. Le attività virtuali potranno integrarsi con quelle svolte nel laboratorio di informatica attraverso l'uso di CD-Rom o altro materiale (vedi ad esempio *Fisica Interattiva* della Zanichelli) con verifiche, esercizi e test a risposta multipla: http://www.zanichelli.it/f_scuola.html

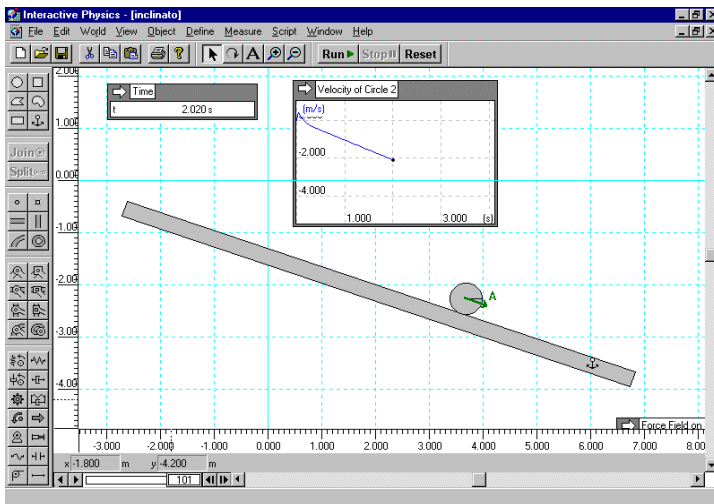


Figura 1

Altri esercizi possono essere condotti con particolari pacchetti particolarmente adatti alla progettazione e costruzione di micromondi virtuali (ad esempio molle, corde, pendoli, piani inclinati e altro) per l'attivazione di simulazioni con misure ed esperimenti, (in figura 1 è riportata un'immagine ottenuta con il software "*Interactive Physics*" della Knowledge Revolution Inc.: www.Krev.com).

Come esempio di percorso multimediale che utilizzi le potenzialità della rete, consideriamo ora alcuni classici argomenti di cinematica che, come sappiamo, costituisce in genere l'avvio del programma di fisica in una classe liceale o di un istituto tecnico. Le grandezze fisiche in gioco, quali posizione, velocità e accelerazione, sono rappresentate da vettori, che possono essere introdotti anche attraverso alcune tematiche inerenti l'equilibrio dei corpi materiali. Una simulazione riguardante lo studio della scomposizione delle forze con la regola del parallelogramma, riportata in figura 2, è rintracciabile al sito:

<http://home.a-city.de/walter.fendt/phe/equilibrium.htm>

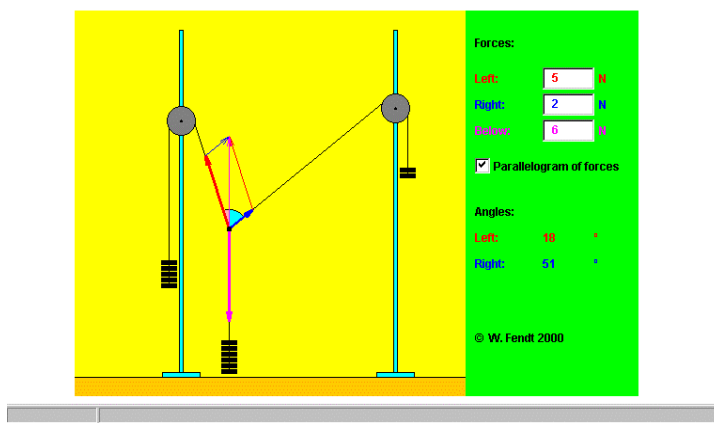


Figura 2

Quasi tutte le *applet* e le simulazioni qui prese in esame sono accompagnate da una breve presentazione che, oltre a spiegare l'uso dell'applicazione stessa, mette in luce i prerequisiti necessari per una corretta interpretazione degli esperimenti. E' importante che l'insegnante faccia riferimento a queste introduzioni per approntare la scheda di lavoro che

accompagnerà l'attività per monitorare le conoscenze acquisite e dei progressi effettuati dagli studenti.

Uno dei concetti chiave non solo per l'analisi del moto, ma per tutta la fisica in genere, è quello di sistema di riferimento attraverso il quale discutere e approfondire i principi di relatività da Galilei ad Einstein. A tal fine si considerino le *applet* sviluppate da Ku Hwang dell'Università di Taiwan, di cui forniamo, a fine capitolo, un esempio di scheda di lavoro con attività investigative (fig.3):

<http://www.phy.ntnu.edu.tw/java/relativeVelocity/relativeVelocity.html>

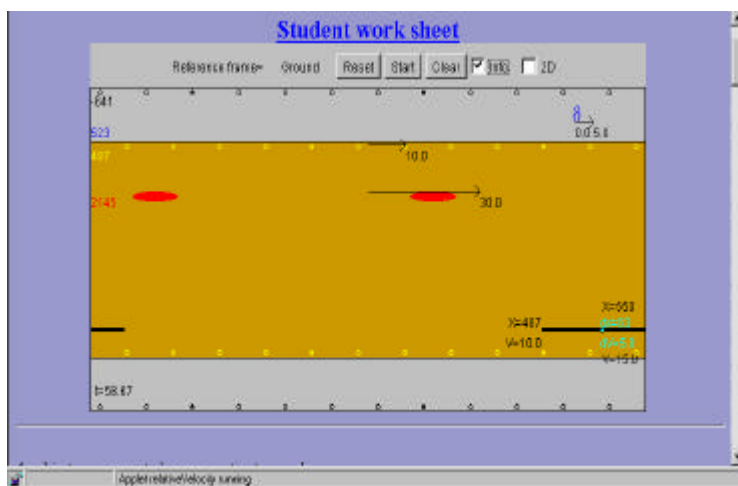


Figura 3

Partendo poi dai due postulati di relatività speciale, è possibile introdurre e sviluppare un concetto di fondamentale importanza, quale quello di spazio-tempo:

<http://www.phy.ntnu.edu.tw/java/relativity/relativity.html>

Un corso completo sulla teoria della relatività ristretta e generale è reperibile alla pagina *web* <http://suhep.phy.syr.edu/courses/modules/LIGHTCONE> (fig.4) e richiede *plug-in* di tipo *VRML* (*Virtual Reality Model Language*) particolarmente efficace per visualizzare oggetti tridimensionali. Nel progetto “Cono di Luce”, sviluppato presso il dipartimento di fisica dell'università di Syracuse negli Usa, l'idea fondamentale è quella di illustrare, anche con l'uso di animazioni, l'evoluzione del concetto di *spazio-tempo*, dalla fisica aristotelica a quella galileiana e Newtoniana per giungere infine a quella einsteiniana. Il “cono di luce” è un modello matematico

che codifica la struttura causale del mondo fisico in cui ogni evento, specificato da quattro coordinate, tre spaziali ed una temporale, viene rappresentato entro un doppio cono le cui generatrici corrispondono alla propagazione dei raggi luminosi¹. L'evoluzione di un dato fenomeno pertanto, corrisponde ad un insieme di punti formanti una linea di universo che attraversa questo doppio cono. Con questa rappresentazione pertanto, è possibile distinguere un evento passato (visualizzabile nella falda inferiore) da un evento futuro (nella falda superiore).



Figura 4

Passando alla dinamica, nell'introdurre lo studio del moto uniformemente accelerato, è bene dapprima prendere in esame il caso unidimensionale:

<http://home.a-city.de/walter.fendt/phe/acceleration.htm>

Allo stesso sito sono disponibili numerose esperienze per introdurre e discutere il principio di inerzia e giungere quindi alla formulazione della seconda legge della dinamica:

<http://home.a-city.de/walter.fendt/phe/n2law.htm> (fig.5)

Successivamente una sua immediata applicazione potrà consistere nell'analizzare il moto di un punto materiale sul piano inclinato, reperibile all'*url*:

¹ Si tratta del noto cronotopo ideato dal matematico Minkowsky.

http://www.explorescience.com/activities/Activity_page.cfm?ActivityID=18

In figura 5, l'icona relativa alla simulazione, mostra (in alto a sinistra) una rotaia su cui è appoggiato un carrello di massa M , trainato da un altro corpo di massa m , che scende per azione della forza peso. Il grafico al centro evidenzia il diagramma orario del corpo di massa M che, per un moto di questo tipo, corrisponde a una parabola passante per l'origine e di equazione $s = k t^2$ dove k è una costante da determinare². Agendo con il mouse nella barra a destra, è possibile modificare i valori di M ed m così come introdurre il coefficiente di attrito dinamico μ . In questa *applet* è notevole la possibilità di registrazione (tasto record/data) dei dati sperimentali (spazio,tempo) al fine di una successiva rielaborazione degli stessi, magari con l'uso di un foglio elettronico.

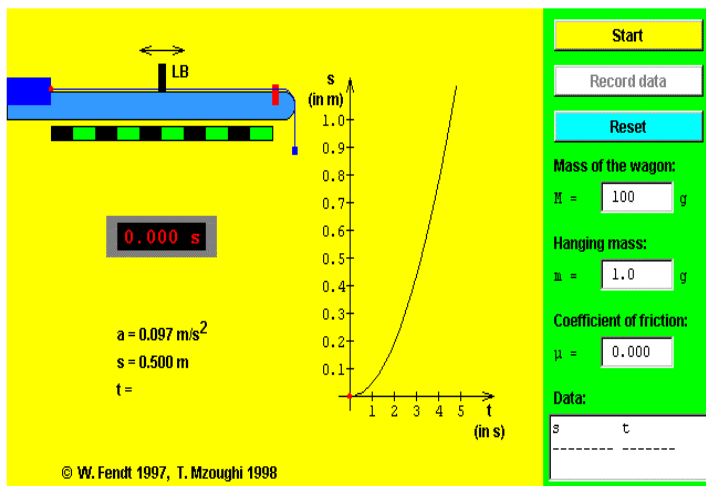


Figura 5

Un altro esempio di moto unidimensionale che avviene ad accelerazione costante è la caduta di un pallone sotto l'azione della forza di gravità (fig.6):

http://www.explorescience.com/activities/Activity_page.cfm?ActivityID=27

In questa come in altre esperienze sviluppate al sito *explorescience*, il *plug-in* di *shockwave*, consente un elevato

² Il valore di k è $(1/2)a$ se il moto è uniformemente accelerato.

grado di interattività. In effetti, l'utilizzo di questa *applet*, consente la predisposizione di numerosi parametri quali la densità dell'aria, l'intensità del vento, il raggio della sferetta ed il suo possibile rimbalzo.

E' bene, a mio avviso, partire dal caso più semplice (senza mettere ad esempio in gioco il vento o la densità del mezzo con gli attriti), per arrivare con gradualità all'esame di situazioni fisiche più complesse, anche dal punto di vista della loro descrizione matematica.

In seguito si può prendere in esame il moto circolare uniforme per indagare, in questo ambito, le esperienze sul moto armonico, di cui troviamo qualche esempio a http://www.explorescience.com/activities/Activity_page.cfm?ActivityID=22, oppure: http://ww2.unime.it/dipart/i_fismed/wbt/ita/pendolo/pendolo_ita.htm la cui *applet* è stata descritta nel capitolo precedente.

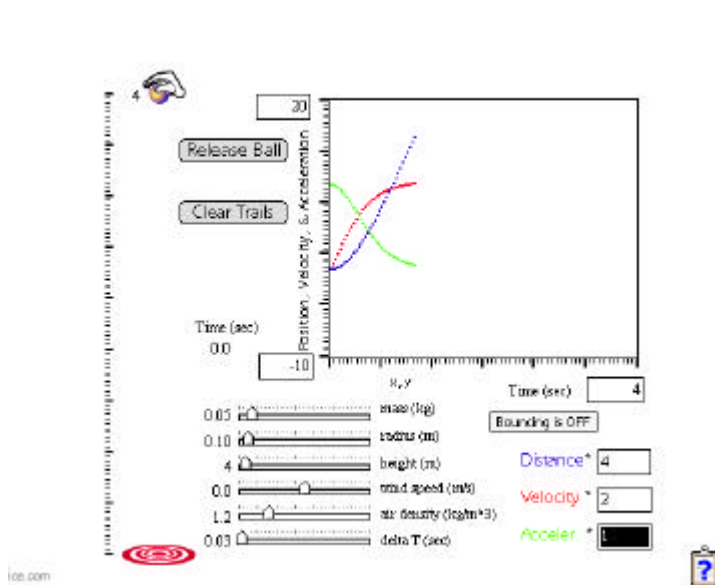


Figura 6

L'esperienza del pendolo può servire da *link* concettuale per introdurre, al termine del modulo, qualche esempio riguardante la dinamica dei fenomeni non lineari nell'ambito delle teorie del cosiddetto "caos deterministico". In tal senso un collegamento ben strutturato, per la presentazione e lo sviluppo sistematico e approfondito di questi temi, è rintracciabile

alle seguenti pagine web: <http://monet.physik.unibas.ch/~elmer/pendulum/index.html>, sviluppate dal dipartimento di fisica dell'università di Basilea. Tutte le *applet* Java presenti in questo laboratorio multimediale, sono organizzate come in figura 7: nella parte centrale è situata l'area preposta alle animazioni (in questo esempio un pendolo che può obbedire a delle oscillazioni forzate); nella zona a sinistra l'area dedicata all'impostazione dei parametri (ampiezza e frequenza della forza esterna) e infine, a destra, la zona delle misure effettuate tramite un cronometro ed un oscilloscopio, utile per lo studio di certe proprietà del sistema, come il cosiddetto diagramma di fase nel piano posizione-velocità. Dalla discussione e dal confronto delle esperienze può nascere la necessità di un "assistente in linea" che possa rispondere a domande e chiarimenti di vario genere. E' possibile allora rivolgersi al sito <http://www.Physlink.com/Education/AskExperts/Index.cfm> con il vivo consiglio però di non prendere acriticamente in esame le risposte fornite, ma di metterle sempre al vaglio dello studio e delle conoscenze raggiunte dai ragazzi.

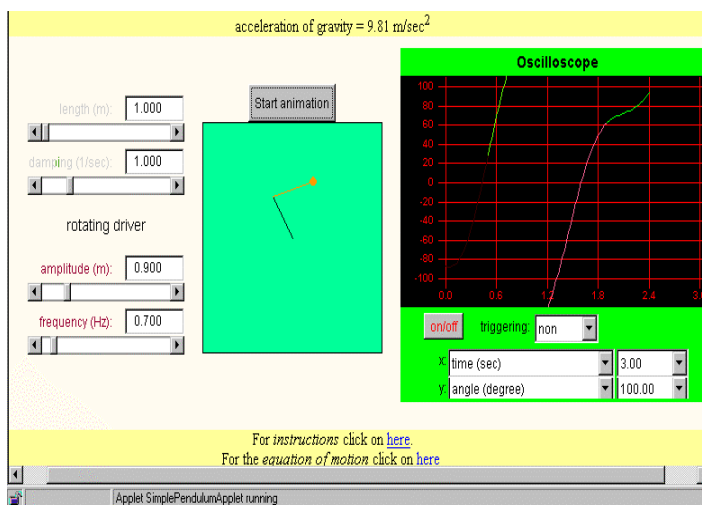


Figura 7

3.1 Qualche riflessione epistemologica

Numerosi sono ormai gli interventi pro e contro la cosiddetta teledidattica (vedi ad esempio l'articolo presente il n°12 della rivista elettronica *Telemà* <http://www.fub.it/telema/TELEMA12/Telema12.html>) nei quali si analizzano le implicazioni pedagogiche e culturali relative all'introduzione e alla sperimentazione delle tecnologie multimediali nei nuovi curricula. Quasi tutti concordano nell'affermare che siamo oggi di fronte a un sensibile mutamento di paradigma che vedrà sempre più il docente nel ruolo di mediatore e coordinatore dell'apprendimento dei ragazzi, nell'ambito della costruzione di un sapere reso più attivo e personalizzato dall'uso intelligente delle nuove tecnologie.

Indubbiamente siamo di fronte ad un tale elemento di novità che è facile lasciarsi prendere, soprattutto da chi è esterno al mondo della scuola, da posizioni trionfalistiche e di quasi completo rigetto del modo di fare scuola fin qui maturato. D'altra parte l'esperienza mi porta ad affermare che non è affatto semplice cambiare la prospettiva di quanti dovrebbero farsi carico dell'inserimento delle nuove tecniche, con tutto quello che ne consegue: l'autoaggiornamento, la rivisitazione dei programmi, l'organizzazione delle verifiche e quant'altro.

In questo quadro allora il pericolo è che o non si faccia praticamente niente per migliorare la qualità o, quel poco, lo si faccia abbastanza male per convincere la maggioranza a non attuare le spinte innovative di cui però ormai quasi tutti sentiamo l'urgenza e la necessità.

Occorre allora, a mio avviso, inserire gradualmente gli elementi di novità cercando di far cogliere bene il senso e la qualità delle tecnologie, rendendole pertanto plausibili soprattutto agli occhi dei ragazzi e facendo cogliere l'effettiva utilità delle stesse nell'esame dei casi dove l'approccio tradizionale risulta inadeguato nella spiegazione delle problematiche prese in esame. Nella progettazione e nelle simulazioni potranno altresì svilupparsi alcuni casi limite, non altrimenti realizzabili con un esperimento concreto, al fine di favorire la speculazione concettuale rispetto ad ambienti lontani dal proprio patrimonio esperienziale: ad esempio, lo studio del moto dei corpi, può essere effettuato nel campo

gravitazionale lunare o di un diverso pianeta, variando con continuità il valore dell'accelerazione di gravità g .

Tuttavia, accanto a queste annotazioni sostanzialmente positive, ci chiediamo in che modo e in quale misura l'attività del laboratorio virtuale possa sostituirsi all'esperimento reale, laddove in quest'ultimo assume importanza formativa il confronto dello studente con lo strumento di misura e con la valutazione dell'errore. La mia personale risposta è che le due attività vanno collocate su livelli di apprendimento complementari e pertanto devono integrarsi in uno scambio reciproco di fatti e metodi sul piano della progettazione e della sperimentazione e su quello dell'indagine euristica e della sua valutazione critica nell'ambito della scoperta e/o della verifica di leggi.

Infine, il maggiore coinvolgimento generalmente innescato dalle attività *multimediali*, aiutando a liberare l'apprendimento verso una maggiore consapevolezza del proprio agire in funzione degli oggetti conoscitivi, può contribuire al recupero e alla valorizzazione di una dimensione ludica altrimenti destinata a rimanere sommersa o inespressa.

Sono sostanzialmente d'accordo nell'affermare che: *"se il gioco è l'attività principe per imparare, cioè permette al nostro corpo di impadronirsi di nuove capacità, quando si tratta di capacità così complesse come la matematica e la fisica, allora il computer è il materiale di gioco ideale. Così come ora un computer ci può insegnare a giocare a scacchi, esso ci può insegnare a far matematica e fisica"*.

G. Zito <http://www.ba.infn.it/~zito/giochi.html>

3.2 IL MOTO RELATIVO: una scheda di Lavoro

Nome _____ Cognome _____

Il Moto relativo: Uno sguardo ai "Sistemi di Riferimento"

<http://www.phy.ntnu.edu.tw/java/relativeVelocity/relativeVelocity.html>

http://ww2.unime.it/dipart/i_fismed/wbt/mirror/ntnujava/indexPopup.html

Note generali relative alla simulazione:

Se premi il tasto destro del mouse l'animazione viene sospesa. Se premi il tasto sinistro l'animazione ripartirà appena il pulsante è rilasciato.

Se premi il tasto destro devi cliccare di nuovo per far ripartire l'animazione.

Introduzione

Questa *applet* Java (fig. 3) consente di osservare e valutare il moto di alcuni corpi in differenti sistemi di riferimento. Immagina un fiume nel centro dello schermo (i punti gialli si muovono con l'acqua indicata in verde) ed una barca rossa in moto rispetto alla riva. Una persona (in blu) cammina sul bordo di un fiume e può all'occorrenza attraversarlo a nuoto. Si può facilmente cambiare il sistema di riferimento muovendo il mouse nelle differenti regioni dello schermo: ad esempio muovendolo all'interno del fiume, si diventa un osservatore solidale con l'acqua. Se invece si sposta il mouse in prossimità della barca, si è in quiete rispetto ad essa e sono gli altri corpi a muoversi. L'oggetto che rappresenta il sistema di riferimento è fermo e ha una velocità di 0.0 m/s.

Riferimento	Suolo	Persona	Fiume	Barca
Colore	Grigio	Blu	Verde scuro	Rosso

Ad ogni corpo è associato un vettore velocità che pertanto non resterà sempre dello stesso colore. Completa la tabella sotto:

Riferimento	Suolo	Persona	Fiume	Barca
Colore del vettore	Nero			

Per visualizzare i vettori clicca su Info all'estremità superiore della *applet*.

◆ **Come cambiare i vettori velocità.**

Premi il tasto destro per sospendere l'animazione. Ora clicca sulla freccia del vettore e spostala da sinistra a destra. Questa procedura può essere usata per il suolo, il fiume, l'uomo o per la barca, al fine di cambiare la loro velocità.

✓ **Fase 1**

Con il cursore del mouse sul suolo clicca il tasto destro per fermare l'animazione. Metti la freccia cursore del mouse sulla barca e sposta il mouse in modo che il vettore velocità barca sia in modulo di 0.0 m/sec (valori negativi indicano che il verso è opposto). Clicca il tasto destro per riattivare l'animazione. Determina la velocità relativa della barca quando il cursore del mouse è sul fiume poi sul suolo, sulla barca e sull'uomo. Registra questi dati nella tabella.

Riferimento	Suolo	Persona	Fiume	Barca
Velocità relativa	m/s	m/s	m/s	0.0 m/s

✓ **Fase 2**

Metti la freccia del mouse sul suolo e clicca sul tasto destro. Determina la velocità relativa dell'uomo, del fiume e della barca, rispetto al suolo e registra i valori nella tabella dati che segue.

Riferimento	Suolo	Persona	Fiume	Barca
Velocità relativa	0.0 m/s	m/s	m/s	m/s

✓ Fase 3

Riferimento	Suolo	Persona	Fiume	Barca
Velocità Relativa	m/s	m/s	0.0 m/s	m/s

◆ **Analisi generale:**

La velocità della barca è la stessa in ogni sistema di riferimento. E' vero o è falso?

In quale sistema/i di riferimento la velocità della barca è costante?

In quale sistema/i la barca si sta muovendo con velocità negativa?

In quale/i con velocità positiva?

Che cosa determina la velocità di un oggetto (in modulo direzione e verso)?

◆ **Analisi dei dati:**

Indica con V_F^S la velocità del fiume rispetto al suolo, con V_B^F la velocità della barca rispetto al fiume e con V_B^S quella della barca rispetto al suolo. Dall'esame delle tabelle qual è la relazione matematica che collega V_F^S , V_B^F e V_B^S ?

Esiste una relazione simile prendendo ora in esame l'uomo il fiume e il suolo? Quale?

Sai ricavare altre relazioni di questo tipo?

◆ Studio di un moto piano

Prima di cominciare occorre predisporre la pagina *web*: clicca su Reset e poi su Info alla sommità della *applet*. Osserva che vi sono due numeri vicino alla persona (0.0 e 5.0). Questi rappresentano le due componenti della velocità (verticale e orizzontale) della persona nel sistema di riferimento prescelto. Sul suolo la velocità verticale predefinita è 0.0 m/s mentre quella orizzontale è 5.0 m/s. (Valori positivi indicano che l'uomo si sposta a destra o verso il basso sullo schermo, negativi in caso contrario). Quando l'animazione è sospesa:

Clicca in prossimità del lato sinistro della persona e sposta il mouse in su o giù: in questo modo stai cambiando la velocità verticale. Imposta il moto verticale a +10 m/s e quello orizzontale a 0.0 m/s. Posiziona la freccia del mouse sul suolo e clicca con il tasto destro per far ripartire l'animazione.

✓ La persona si muoverà verso il fiume, quindi nuota in esso e poi ritorna sul suolo. Il moto si ripete.

✓ Registra le componenti orizzontale e verticale della velocità dell'uomo misurate rispetto al suolo, rispetto al fiume e rispetto alla barca.

Riferimento solidale col	Suolo	Fiume	Barca
Velocità orizzontale uomo misurata rispetto al suolo	m/s	m/s	m/s
Velocità verticale uomo misurata rispetto al suolo	m/s	m/s	m/s
Velocità orizzontale uomo misurata rispetto al fiume	m/s	m/s	m/s
Velocità verticale uomo misurata rispetto al fiume	m/s	m/s	m/s
Velocità orizzontale uomo misurata rispetto alla barca	m/s	m/s	m/s
Velocità verticale uomo misurata rispetto alla barca	m/s	m/s	m/s

In quale sistema l'uomo ha solo la componente verticale della velocità?

Perché in esso la velocità orizzontale è 0.0 m/s?

In quale sistema l'uomo ha sia una velocità orizzontale che verticale?

In quale sistema la sua velocità orizzontale è negativa?

Perché è negativa? _____

Moto relativo bidimensionale – Lancio di un Proiettile

Al fine di illustrare un moto relativo bidimensionale occorre selezionare 2D e reimpostare la pagina *web*.

Parte A

Clicca il tasto destro del mouse per sospendere l'animazione e poi 2D. Metti il cursore sul suolo e clicca il tasto destro per far ripartire l'animazione. Una palla sarà lanciata verso l'alto dalla chiatta che si muove sul fiume. Ora il tuo sistema di riferimento è il suolo e la traiettoria della palla (blu) è mostrata rispetto a tale sistema di riferimento.

Descrivi la traiettoria della palla vista sullo schermo:

Dove atterra la palla?

Che tipo di traiettoria descrive la palla?

Qual è la velocità della chiatta?

Che cosa osservi e cosa concludi sulla velocità orizzontale della palla?

Parte B.

Reimposta la pagina *web*.

Clicca il tasto destro del mouse per sospendere l'animazione e poi clicca su 2D. Metti il cursore sul fiume e clicca col tasto destro per far ripartire l'animazione. Ora il tuo sistema di riferimento è il fiume. La traiettoria della palla (blu) ti sarà mostrata rispetto a quest'ultimo sistema di riferimento. Descrivi la traiettoria della palla:

Dove cadrà la palla?

Che tipo di traiettoria descrive la palla? Perché?

Qual è la velocità della chiatta?

Che cosa osservi ora e concludi sulla velocità orizzontale della palla?

Parte C.

Reimposta la pagina *web*.

Clicca il tasto destro per sospendere l'animazione e clicca su 2D. Metti il cursore sulla chiatta (indicata da un segmento orizzontale) e poi clicca il tasto destro. La palla è lanciata verso l'alto dalla chiatta che si muove sul fiume. La traiettoria della palla (blu) è mostrata rispetto al sistema di riferimento del suolo.

Che cosa osservi di nuovo in merito alla traiettoria della palla?

Dove cadrà la palla?

Come giustifichi ora la traiettoria descritta dalla palla?

Che cosa osservi in merito alla velocità della chiatta?

Che cosa osservi e concludi in merito alla velocità orizzontale della palla?

Riassumi ora le principali idee che hai imparato in questa esperienza virtuale riguardante la descrizione del moto rispetto a uno o più sistemi di riferimento.

4. La Fisica per *tutti*

Un problema di notevole importanza, che l'istruzione primaria e secondaria italiana dovrà presto risolvere, riguarda senza dubbio la stentata integrazione fra il mondo del lavoro e quello della scuola, con l'assenza di serie attività di progettazione, sperimentazione e promozione da parte dei principali centri di ricerca e università. Invero mai come oggi, l'avvento dei nuova media e delle tecnologie nel Web, consente un agevole trasferimento di risorse, mezzi e conoscenze, dalla ricerca alle istituzioni preposte alla formazione dei giovani, favorendo così l'interazione fra due mondi apparentemente separati.

Soprattutto nei paesi dell'area anglosassone si osserva un crescente moltiplicarsi di iniziative online, attraverso la costruzione di pagine, nei siti di università ed enti di ricerca, che affrontano e sviluppano, in modo spesso accattivante, argomenti e tematiche relativi ad applicazioni scientifiche di rilievo. Si tratta di un modo intelligente per coinvolgere i ragazzi e a volte anche i genitori, nello studio attivo di fatti che sono ormai entrati a far parte della vita di tutti e che rischiano, qualora non compresi, di essere usati e gestiti male.

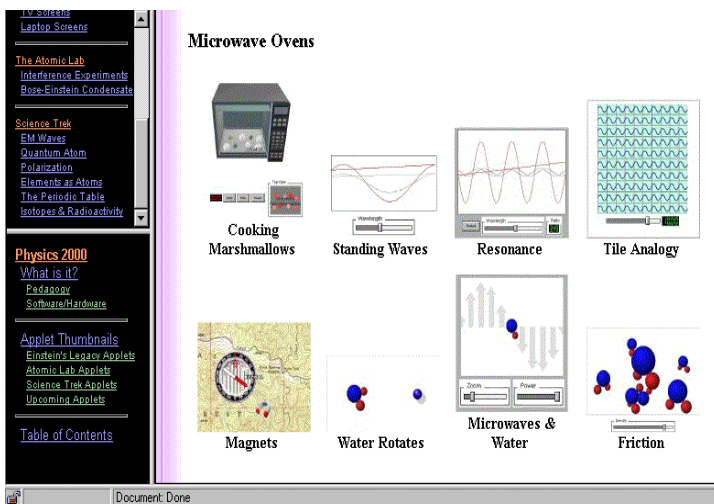


Figura 1

Il progetto Physics 2000, ad esempio, è stato sviluppato all'università del Colorado (<http://www.Colorado.EDU/physics/000/ndex.pl>): gli obiettivi didattici degli autori sono stati appunto quelli di rendere la fisica più accessibile agli studenti e al vasto pubblico, anche per migliorarne l'immagine non sempre positiva.

Le pagine *web*, come quella in figura 1, di immediata lettura per tutte le età, enfatizzano le tecniche multimediali con numerose immagini, simulazioni e sessioni di studio, su topiche non convenzionali con un particolare riguardo ai collegamenti fra la moderna tecnologia e la ricerca di base.

La strategia è quella dunque di far riferimento al mondo concreto con esempi tratti dalla comune esperienza: dall'uso del forno a microonde ai raggi X, dalla formazione delle immagini digitali al laser, con esempi costruiti in modo tale da risalire alla comprensione dei principi fisici e alla teoria retrostanti. Il linguaggio usato è semplice e accattivante e richiama a volte lo stile dei fumetti con vignette e dialoghi fra vari personaggi.

Ad esempio nella sessione di studio relativa alla tecnologia degli schermi Tv, si parte dal concetto di *pixel* per esaminare poi il procedimento di scansione dell'immagine attraverso i fasci elettronici e concludere con la composizione e la formazione delle odierne immagini a colori.

Per quanto detto e visto, la tipologia di questi percorsi si adatta in particolare modo alla didattica delle scuole medie inferiori ma potrebbe riguardare anche un qualunque corso di fisica di base che consideri una formalizzazione e un apparato matematico abbastanza semplice. Resta il problema della lingua ma, a questo proposito, occorre sottolineare che si ha a che fare con un inglese dalla struttura sintattica elementare e con un lessico non particolarmente lontano da quello conosciuto da uno studente delle nostre scuole.

La NASA, l'ente spaziale americano, ha patrocinato numerosi progetti per avvicinare il mondo dei giovani alla grande ricerca.

Al sito <http://www.lerc.nasa.gov/WWW/K-12/airplane/bga.html>, è reperibile un corso che, partendo da oggetti e situazioni concrete, ci addentra nella fisica del volo e dell'aerodinamica in generale, con l'utilizzo di numerose interazioni multimediali guidate, molte delle quali scaricabili in formato *zip*.

Gli argomenti di fisica correlati sono davvero tanti e tutti interessanti: dall'equazione fondamentale della dinamica, nel moto di un oggetto in un mezzo senza attriti, allo studio degli effetti dovuti all'aerodinamica, nel moto di un corpo soggetto alla resistenza dell'aria, dall'analisi delle forze che agiscono su un aliante a quelle a cui invece è soggetto un vero aeroplano.

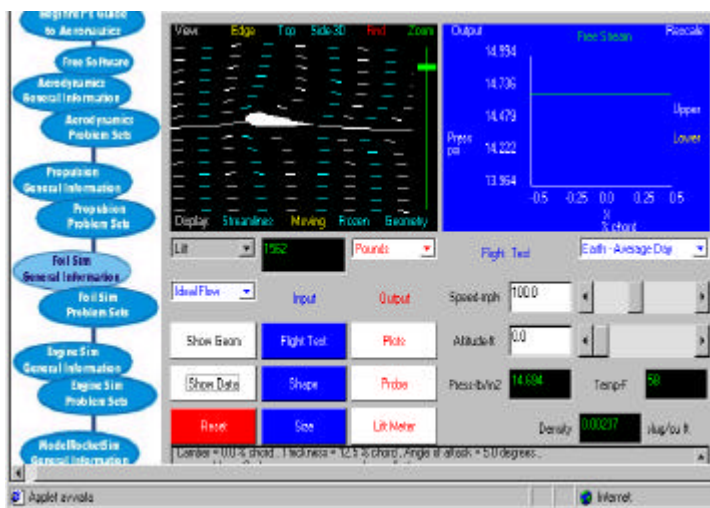


Figura 2

Inoltre, poiché l'aerodinamica riguarda il moto di un oggetto in un dato mezzo resistente (ad esempio l'aria) che produce delle reazioni rispetto ad esso, numerose pagine sono dedicate alle proprietà dei gas e alla variazione di queste nell'atmosfera. Questo sito è stato sviluppato nell'ambito del progetto *LTP (Learning Technologies Project)* che favorisce appunto l'apprendimento in rete delle tecnologie (<http://www.grc.nasa.gov/WWW/K-12>) e intende fornire e promuovere le conoscenze di fondo riguardanti il mondo dell'aerodinamica, per gli insegnanti di matematica e scienze delle scuole secondarie americane al livello K-12. Il software di supporto *FoilSim I*, di cui è riportata una simulazione in figura 2, è un programma interattivo che permette agli studenti di disegnare e testare particolari figure aerodinamiche e profili alari, al proprio personal computer. E' data anche la possibilità di partecipare a sessioni di lavoro in video-conferenza inerenti al progetto *LTP* dedicate agli insegnanti e agli studenti:

<http://www.grc.nasa.gov/WWW/K-12/CoE/Coemain.html>

Mentre la prima versione di questo pacchetto (*FoilSim I*) può essere tranquillamente scaricata per essere visionata *offline*, la seconda, *FoilSim II*, è invece disponibile sotto forma di *applet* Java che possono essere eseguite sul proprio PC. Ad esempio con questo software è possibile investigare in che modo un lanciatore di baseball possa imprimere una particolare traiettoria alla palla, impostando la selezione dei fattori che influenzano le forze aerodinamiche su di essa. D'altra parte queste sono le stesse che generano le spinte ascensionali sulle ali dei normali aeroplani di linea.

Un corso completo riguardante invece lo studio delle proprietà magnetiche del nostro pianeta è rintracciabile all'indirizzo *web* <http://www.phy6.org.Education/Intro.html>

Le pagine di questo sito (fig.3) contengono numerose risorse testuali e *link* sui fenomeni concernenti il geomagnetismo anche dal punto di vista dell'evoluzione storica dei concetti inerenti le proprietà magnetiche della materia.

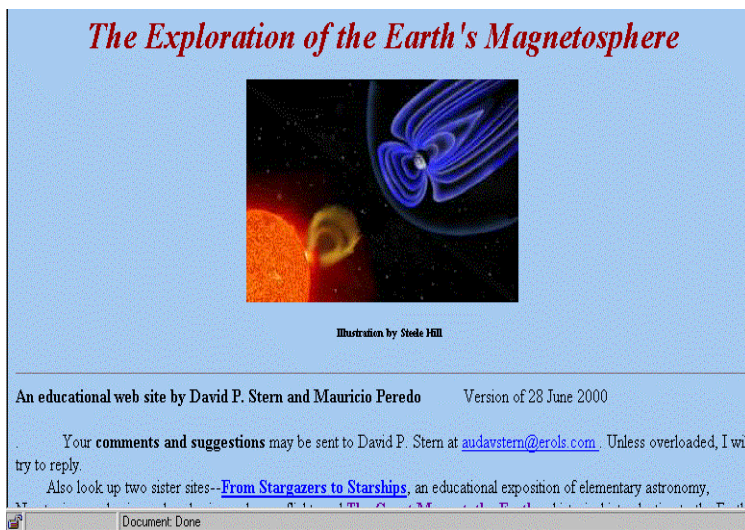


Figura 3

Se c'è un'attività che può richiamare l'attenzione e la curiosità di molti ragazzi e ragazze quella è sicuramente lo sport: un altro progetto della Nasa è stato quello per l'appunto di collegare fra loro la scienza e lo sport in uno studio interattivo tramite Internet, <http://Wigs.Avkids.com/Tennis> (fig. 4) con

le finalità di studiare e comprendere, anche qui, alcuni aspetti fondamentali dell'aerodinamica e della fisica in genere.

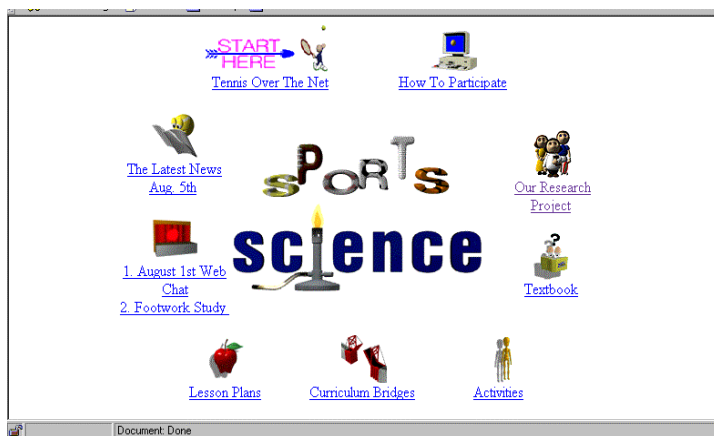


Figura 4

In particolare è stato preso come riferimento il tennis per analizzare, grazie anche all'esame di gare disputate da giocatori professionisti, la dinamica del movimento della palla: la sua velocità, la sua rotazione, i colpi e gli effetti ad essa impressi dai tennisti.

Il progetto prevede l'utilizzo di metodi e tecnologie quali l'uso di sofisticate telecamere digitali che consentiranno di visualizzare e studiare il moto della pallina da un nuovo punto di vista. Sarà possibile inoltre per gli studenti di ogni ordine e grado e per gli insegnanti, interagire con gli ingegneri ed i ricercatori ponendo loro questioni e suggerendo esperimenti al fine di condividere i risultati delle attività. Il *Web* verrà impiegato per divulgare gli esiti delle esperienze attraverso videoconferenze e conversazioni con i team di lavoro. Il piano delle lezioni prevede l'utilizzo di laboratori virtuali con animazioni e proiezioni di brevi filmati relativi agli esperimenti e alle modellizzazioni dei fenomeni fisici presi in esame.

Uno dei principali punti di forza di questo progetto è far vedere come sia possibile utilizzare la rete per creare opportunità di proficua collaborazione fra mondi apparentemente separati e distanti come la ricerca scientifica, lo sport e la scuola.

Nel mondo in cui viviamo, non v'è dubbio che le immagini ed i suoni entrino a far parte in misura considerevole e in modo

talvolta anche invadente, costituendo il substrato delle nostre azioni e del nostro pensiero.

Alla fisica e alla percezione del suono sono dedicate le pagine del sito Soundry raggiungibile all'indirizzo <http://library.thinkquest.org/19537/Main.html>

Si parte innanzitutto dallo studio dell'anatomia e della fisiologia dell'orecchio umano osservando come questo riesca a catturare e a interpretare i suoni, inserendoli e contestualizzandoli in una determinata scena o panorama uditivo. Successivamente (ma l'ordine degli argomenti nelle opere multimediali è apparente) vengono indagate le proprietà fisiche delle onde sonore, quali la frequenza, l'intensità, l'ampiezza, la velocità e la caratterizzazione nei vari mezzi, attraverso i fenomeni della rifrazione e dell'interferenza costruttiva o distruttiva con i battimenti. Ad esempio si scopre che il livello di un suono è misurato in decibel (db) secondo una scala logaritmica che tiene conto proprio della sensibilità con cui l'orecchio umano percepisce i suoni.¹

La soglia di ascolto è posta a 0 db mentre quella del dolore si trova a 120 db così che la nostra vita sonora è collocata all'interno di questo intervallo (vedi tabella 1).

Ma per ben caratterizzare il suono rispetto alla nostra percezione uditiva occorre tenere conto della frequenza. In figura 5 è riportata, per una stessa altezza², la variazione dell'intensità in funzione della frequenza.

La prima curva, in basso, evidenzia la soglia di ascolto: si va da 1 kHz, cui corrispondono 0 db, fino a 60 Hz dove il livello dei decibel passa a 50. Solo una percentuale assai bassa di persone (circa l'un per cento) può ascoltare suoni così bassi, pertanto questa curva funziona bene per coloro che hanno un apparato uditivo più che buono.

La successiva (al centro del grafico) rappresenta il cosiddetto orecchio medio, cioè la maggioranza delle persone, infine quella superiore corrisponde alla soglia del dolore e risulta, tranne in un punto a 4 KHz, abbastanza piatta. Dal fatto che tutte e tre

¹ Il livello di sensazione per un suono di intensità J è pari a $10\log_{10}(J/J_1)$ essendo J_1 la intensità di soglia per suoni di quella frequenza.

² L'altezza è quel carattere soggettivo che fissa la posizione di un suono in una scala. Essa può essere espressa come la frequenza del suono sinusoidale che è giudicato dall'orecchio medio.

le curve evidenzino un minimo intorno a 4KHz si comprende come l'orecchio umano sia particolarmente sensibile a questa frequenza.

Source	Decibels	Description
	0	Hearing Threshold
Normal Breathing	10	Barely Audible
Rustling Leaves	20	
Soft Whisper	30	Very Quiet
Library	40	
Quiet Office	50	Quiet
Conversation	60	
Busy Traffic	70	
Average Factory	80	
Niagara Falls	90	Constant Exposure
Train	100	Endangers Hearing
Construction Noise	110	
Rock Concert	120	Pain Threshold
Machine Gun	130	
Jet Takeoff	150	
Rocket Engine	180	

Tab.1

Una sessione di lavoro è dedicata alle applicazioni della scienza del suono nella vita di tutti i giorni, mentre un'altra ripercorre l'evoluzione storica dello studio del suono e delle sue applicazioni, dall'acustica degli strumenti classici fino alle moderne tecniche digitali.

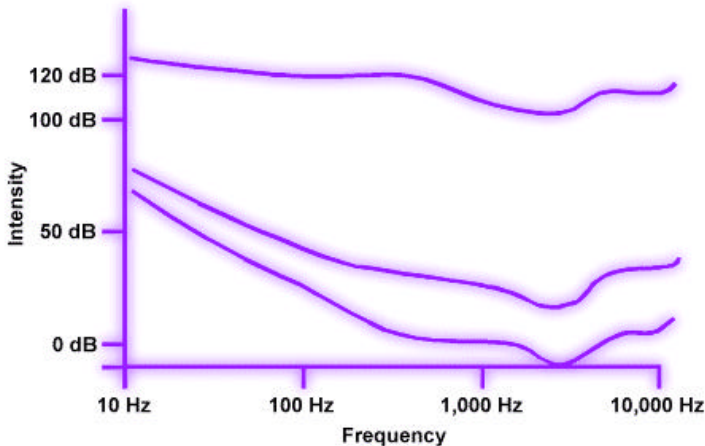


Figura 5

Nella sezione dedicata al laboratorio virtuale è possibile interagire con numerose simulazioni attraverso le quali esplorare, riprodurre e mettere alla prova i concetti precedentemente esaminati, con l'ascolto di forme d'onda ed effetti sonori connessi ad interferenze e battimenti, sintesi di armoniche con la costruzione di suggestivi paesaggi sonori.

Il progetto *Micromondi (MicroWorlds)* prevede la collaborazione fra il mondo della ricerca avanzata (Laboratori di Berkeley) e quello dello scuola attraverso moduli di studio e di lavoro sviluppati in rete per introdurre i ragazzi al mondo e alle tecnologie dei nuovi materiali.

Al sito http://www.lbl.gov/MicroWorlds/module_index.html è possibile esplorare le caratteristiche fisiche che possono rendere una certa sostanza duttile o dura, isolante o di elevata conducibilità elettrica o quant'altro, in funzione degli usi e delle applicazioni che desideriamo farne. Un altro modulo riguarda l'utilizzo dei polimeri nella creazione di molti materiali di nuova concezione che offrono una eccezionale resistenza alle deformazioni e alle lacerazioni. Ad esempio il Kevlar viene utilizzato nelle tute antiproiettile in dotazione ai militari e alla polizia o nelle vele dei windsurf, per resistere a particolari e assai intense sollecitazioni da parte dei venti e delle correnti d'aria.

L'ultima sessione è gestita in collaborazione con il centro di ricerca *ALS (Advanced Light Source)* ed è rivolta allo studio dell'impatto ambientale di particolari sostanze inquinanti, attraverso l'uso di moderne tecnologie spettroscopiche che usano la luce di sincrotrone, costituita da fasci di radiazione particolarmente compatta ed intensa prodotta ai laboratori di Berkeley.

Un fisico ricercatore del California Institute of Tecnology, Kenneth G. Libbrecht, è l'autore e lo sviluppatore di un bellissimo sito dedicato allo studio dei fiocchi e dei cristalli di neve <http://www.its.caltech.edu/~atomic/snowcrystals>, con numerose immagini e fotografie che invitano ad esplorare e a comprendere l'inconsueto mondo dei cristalli, denso di strutture affascinanti e complesse in cui la simmetria gioca un ruolo fondamentale. (fig. 6)

Che cosa è all'origine di tali forme? In che modo avviene la formazione dei cristalli? Perché l'acqua in fase di congelamento esibisce questo strano comportamento?

Per rispondere a queste e a tante altre domande occorre indagare la fisica che governa l'accrescimento dei cristalli che copre un intervallo alquanto ampio di conoscenze, dallo studio della struttura intrinseca del ghiaccio fino alla complessa fenomenica che va sotto il nome di instabilità strutturale.

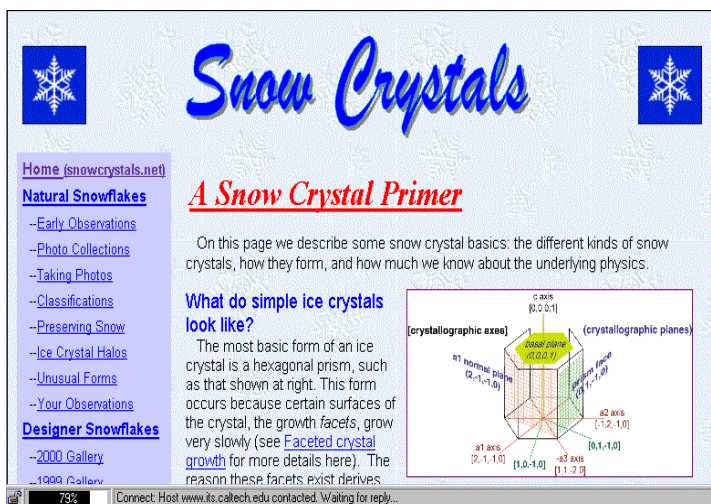


Figura 6

La formazione dei cristalli di neve riguarda una eccezionale varietà di forme correlate alla insolita struttura superficiale del ghiaccio, ancora non del tutto compresa dagli scienziati.

In prossimità del punto di fusione il ghiaccio subisce una transizione superficiale, che si traduce nella creazione di uno strato di tipo liquido responsabile delle insolite proprietà del ghiaccio e del suo comportamento, anche in relazione alla formazione e all'accrescimento dei suoi cristalli.

Questi ultimi sono studiati anche attraverso l'uso di campi elettrici che influenzano il modo in cui le molecole di acqua diffondono attraverso l'aria in prossimità della superficie del ghiaccio. Infatti le molecole di acqua possiedono un momento di dipolo elettrico intrinseco per cui appropriati campi elettrici esterni riescono a influenzare e a polarizzare le molecole ridistribuendo la forma del cristallo.

La fisica dei cristalli di neve trova altre affinità e analogie strutturali in alcune tematiche relative ai sistemi complessi e alla dinamica dei fenomeni non lineari. Le regole che governano questi fenomeni non sono del tutto chiare per cui lo studio di questi processi costituisce anche una notevole sfida intellettuale.

L'impellente bisogno di nuove fonti di energia alternative pulite e rinnovabili costituisce un grosso problema cui deve fare fronte la nostra civiltà. A questo proposito da anni si sperimentano con alterno successo una serie di processi per la produzione di energia che trae origine dalla fusione nucleare. In questo ambito le maggiori problematiche per la produzione di energia a livello industriale, sono connesse con il cosiddetto confinamento del plasma il cui controllo risulta fondamentale per la costruzione delle centrali. La fisica del plasma pertanto, costituisce uno sfondo interessante, attraverso il quale fare indagare le proprietà del quarto stato della materia, quello cioè di un particolare gas comprendente un numero eccezionale di particelle elettriche in moto e non interagenti.

In quest'ambito si inserisce proprio il progetto IPPEX (Internet Plasma Physics Education Experience) all'indirizzo <http://ippex.pppl.gov/ippex>, costituito da quattro moduli di riferimento: elettricità e magnetismo, materia, energia e fusione, attraverso i quali sviluppare e approfondire online in modo semplice ed essenziale i principi fisici riguardanti la moderna produzione di energia da fusione nucleare.

Il sito risulta ben organizzato e introduce gli argomenti in modo piano, con immagini accattivanti e con l'ausilio di *applet* Java di notevole immediatezza, con test e verifiche posti a conclusione delle sessioni. Il laboratorio prevede anche una fase di analisi dei dati da esperimenti passati e recenti in modo da avvicinare concretamente i ragazzi al mondo della ricerca ed alle principali questioni connesse con la produzione di questo tipo di energia. In figura 7 è riportata l'immagine relativa alla simulazione *Virtual Tokamak* con la quale si apprendono i principi relativi al confinamento magnetico del plasma in un reattore a fusione nucleare. La simulazione, il cui principale intento è di mostrare la difficoltà di tale confinamento, visualizza una sezione trasversale del reattore (*tokamak*) dentro il quale è inserito il plasma al cui controllo sono preposti dei magneti che possono essere spenti o accessi con un clic del mouse. La forza repulsiva esercitata dai essi sul gas deve essere tale da evitare che questo possa colpire le pareti dello stesso reattore disintegrandolo. L'animazione in questo caso consente anche di misurare la propria abilità nell'evitare l'autodistruzione, attribuendo un punteggio (*score*) alle operazioni effettuate.

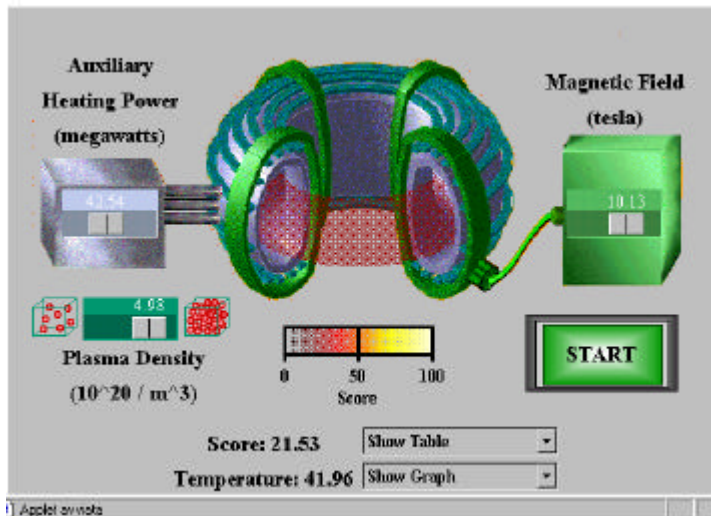


Figura 7

5. Percorsi di Fisica Generale

A completamento dei capitoli precedenti, si ritiene opportuno fornire altre utili indicazioni a siti di interesse al fine di realizzare dei veri e propri percorsi interattivi di fisica, per studenti di scuole medie inferiori, superiori o di università. E' importante a tal fine poter caratterizzare gli strumenti a disposizione in modo da definire gli itinerari didattici in relazione alla programmazione e quindi in base alle finalità cognitive e formative che si intendono perseguire. Dall'analisi di numerosi siti è possibile ricavare una classificazione delle *applet*, così orientata:

- ✓ visualizzazioni di fenomeni a scopo introduttivo e/o di presentazione: il livello di interattività non è elevato e in genere non sono richiesti particolari prerequisiti. In queste simulazioni si possono generalmente variare uno o due parametri ed effettuare semplici verifiche qualitative di fenomeni e leggi;
- ✓ attività e indagini con misure, grafici e modelli. In queste sessioni d'apprendimento sono a volte necessarie alcune premesse teoriche di tipo matematico funzionali ad esercitazioni con un maggiore livello di interattività.
- ✓ studio di fenomeni attraverso giochi con simulazioni in contesti differenti.

L'attività in rete consentirà, successivamente o in contemporanea, l'approfondimento degli argomenti anche attraverso la visita a musei virtuali, a siti di interesse storico o alla ricerca di altro materiale didattico disponibile *freeware* o *shareware*.

Il percorso è stato suddiviso in 12 moduli orientati alla presentazione, allo sviluppo e all'approfondimento di tematiche di fisica di base con la possibilità di verifiche ed esercitazioni. I moduli non sono completamente indipendenti e consentono il riesame di fatti e situazioni sperimentali precedentemente considerati. Prima di avviare uno studio di tipo interattivo è importante, a mio avviso, inquadrare con una breve presentazione il tema, mettendo in luce i fatti e i concetti fondamentali che si vogliono indagare. L'esperienza fino ad ora sviluppata in classe si è concentrata sulla selezione,

catalogazione e controllo delle simulazioni di fenomeni concernenti principalmente la meccanica, la termodinamica e l'elettromagnetismo.

In qualche caso, per uno stesso argomento, sono disponibili più pagine *web* di riferimento, al fine di consentire non solo una più ampia scelta da parte del lettore, ma anche un differente inquadramento sperimentale del fenomeno in esame.

Per alcuni moduli viene fornita una breve scheda di lavoro in corrispondenza di una o più simulazioni ritenute significative.

5.1 Il moto

Non ci soffermeremo particolarmente sulla cinematica e sulla dinamica del punto materiale avendole in parte trattate nel capitolo 3. Dopo aver sviluppato il problema del moto attraverso i concetti fondamentali di punto materiale, sistema di riferimento, posizione, velocità e accelerazione, si possono esaminare altri esempi riguardanti la caduta dei corpi sotto l'azione della forza di gravità:

http://www.explorescience.com/activities/Activity_page.cfm?ActivityID=27

il moto piano di un proiettile:

http://www.explorescience.com/activities/Activity_page.cfm?ActivityID=32

il moto circolare uniforme

<http://www.mcasco.com/p1acf.html>

con lo studio dell'accelerazione centripeta:

<http://plabpc.csustan.edu/general/tutorials/CircularMotion/CentripetalAcceleration.htm>,

ed esperimenti riguardanti il moto armonico:

http://www.explorescience.com/activities/Activity_page.cfm?ActivityID=22

5.2 La Relatività

Lo studio del moto relativo e dei principi di relatività presenta spesso delle difficoltà concettuali di non semplice e immediata soluzione didattica. Le simulazioni prese qui in

esame possono costituire un discreto contributo alla comprensione del principio di relatività galileiano:

<http://www.phy.ntnu.edu.tw/java/relativeVelocity/relativeVelocity.html>
ed alla visualizzazione di concetti riguardanti la teoria della relatività speciale attraverso la verifica di fatti e l'esplorazione di modelli.

Alcune *applet*, riguardanti le note trasformazioni di Lorentz, l'invarianza della velocità della luce e dell'intervallo spazio-temporale sono reperibili all'*url*: <http://suhep.phy.syr.edu/courses/modules/LIGHTCONE/java/TwinParadox.html>,
<http://www.phy.ntnu.edu.tw/java/relativity/relativity.html>

Esempi riguardanti la contrazione delle lunghezze e la dilatazione dei tempi: <http://home.a-city.de/walter.fendt/phe/timedilation.htm>

Una semplice visualizzazione del concetto di curvatura dello spazio-tempo generata dalla materia si trova a:
<http://hpbabar.ba.infn.it/teach/space1.html>

5.3 Dinamica del punto materiale

La prima parte del modulo è incentrata sulla verifica della seconda legge della dinamica attraverso lo studio del moto di un carrello su una rotaia o su un piano inclinato. La seconda parte sul concetto di quantità di moto con la riformulazione della seconda legge. Particolarmente importante risulta il concetto di interazione fra corpi attraverso il quale introdurre i principi di conservazione della quantità di moto e dell'energia meccanica.

Alcune simulazioni di sicuro interesse possono riguardare lo studio dell'inerzia di un corpo con la scoperta o la verifica della proporzionalità tra forza e accelerazione: <http://webphysics.ph.msstate.edu/jc/library/4-7a/index.html>

Altri esempi sono collegati con lo studio del piano inclinato con o senza attrito:
http://www.explorescience.com/activities/Activity_page.cfm?ActivityID=18

Volendo discutere le forze applicate, si può introdurre la leva ed il concetto di momento torcente (fig.1), la cui simulazione è reperibile all'indirizzo:
http://www.explorescience.com/activities/Activity_page.cfm?ActivityID=21

Per quanto riguarda il principio di conservazione della quantità di moto, di notevole rilevanza sono in questo ambito i sistemi a massa variabile, quali ad esempio il moto di un razzo, trattato in modo esauriente alla pagina *web*:

<http://www.sc.edu/es/sbweb/fisica/dinamica/cohete1/cohete1.htm>

Per quanto invece concerne lo studio delle interazioni e degli urti attraverso i teoremi di conservazione, si consideri la simulazione proposta al seguente *url*:

<http://jersey.uoregon.edu/vlab/PotentialEnergy/index.html>

oppure (urto centrale elastico)

<http://jersey.uoregon.edu/vlab/Momentum/index.html>

e ancora (urto centrale elastico ed anelastico) agli indirizzi:

http://www.explorescience.com/activities/Activity_page.cfm?ActivityID=20

<http://www.phy.ntnu.edu.tw/java/collision2D/collision2D.html>

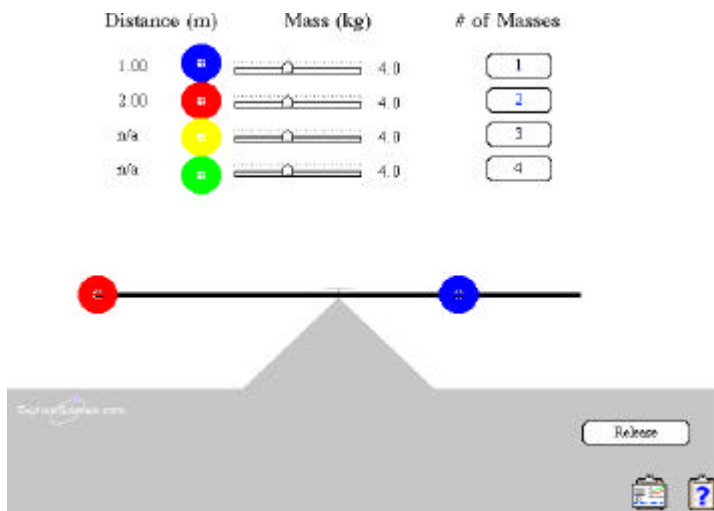


Figura 1

5.4 Lavoro ed Energia

Le simulazioni sono intese a rafforzare il concetto di conservazione dell'energia meccanica in un sistema isolato. Se la dinamica mette meglio in evidenza l'aspetto previsionale delle leggi del moto, con la stretta dipendenza dal tempo delle grandezze cinematiche, i principi di conservazione risultano invece fondamentali per introdurre l'idea di invariante, ovvero di grandezza fisica che, sotto opportune condizioni, rimane immutata rispetto ad una certa trasformazione. La prima simulazione riguarda il concetto di lavoro e di energia cinetica <http://jersey.uoregon.edu/vlab/KineticEnergy/index.html>

La seconda, rappresentata in figura 2, è legata alla trasformazione dell'energia potenziale gravitazionale in energia cinetica, attraverso la caduta libera di una pallina da un'altezza h . Quando l'oggetto tocca il suolo, a seconda dell'urto, tutta o una parte dell'energia potenziale iniziale, pari a mgh , può trasformarsi in energia cinetica $(1/2) m v^2$.

In questa *applet* (<http://jersey.uoregon.edu/vlab/PotentialEnergy/index.html>) è possibile lanciare una pallina selezionando, masse diverse e altezze diverse. Inoltre si può esaminare la percentuale di energia che, in base al materiale di cui è costituito l'oggetto, risulta assorbita dal suolo nell'urto. Pertanto i parametri di controllo sono l'energia totale E , la massa m , la percentuale di energia assorbita dal suolo ad ogni rimbalzo (EAS) e l'altezza h di caduta, che si può misurare cliccando e spostando il mouse, dalla superficie del piano fino al punto del suo rilascio. È possibile infine leggere la velocità di impatto ad ogni rimbalzo della palla e contarne il numero anche aiutandosi col suono ascoltato. La funzionalità dei tasti è la seguente:

Start = lancio della palla, dopo aver fissato l'energia, la massa e il parametro EAS ;

Step = lancio della sferetta e suo rimbalzo alla massima altezza con successiva interruzione del moto;

Reset = azzeramento dell'esperimento e disposizione dei valori iniziali;

Pause = messa in pausa dell'animazione in un punto della traiettoria.

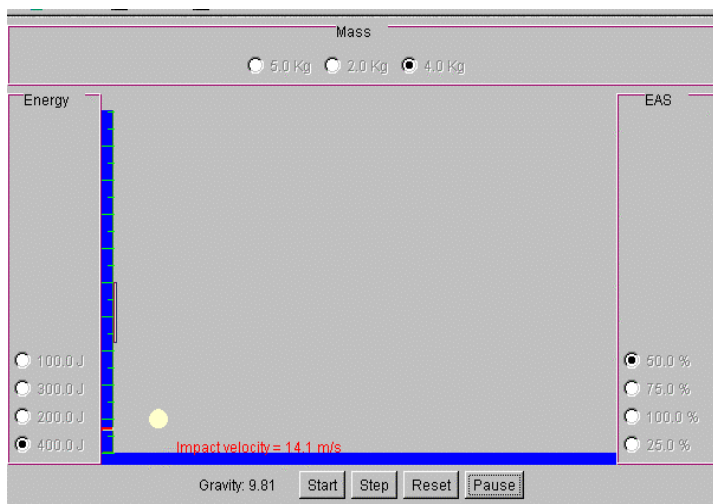


Figura 2

Prima di avviare la procedura sperimentale occorre scegliere i valori iniziali. Ad esempio si può selezionare una massa di 5 KG, un'energia totale di 200 J e un parametro di elasticità del 50%.

Inoltre può essere opportuno ricavare dalla teoria, partendo dai dati preselezionati, il valore dell'altezza iniziale da cui cade la pallina, dell'altezza a cui risalirà la stessa dopo il primo rimbalzo e della velocità d'impatto nel primo rimbalzo.

Esecuzione dell'esperienza:

- a) Attiva il tasto *step* e verifica le tue risposte ai tre quesiti precedenti.
- b) Usa *reset* e disponi il parametro EAS al valore 100%. Che cosa ti aspetti che ora accada?
- c) Usa *reset* e seleziona ora EAS = 25%. Quale sarà ora l'altezza di risalita dopo il primo rimbalzo?
- d) Usa ancora *reset* e disponi ora il valore dell'energia a 400 J per rispondere nuovamente alle domande 1,2,3 di cui sopra.
- e) Usa *reset* e cambia il valore della massa a 2 kg. Di quanto maggiore sarà la risalita della pallina? Rispetto all'esempio precedente la palla toccherà il suolo con una differente velocità? Giustifica le tue risposte.
- f) Quale combinazione dei parametri consentirà alla palla di rimbalzare il maggior numero di volte?

- g) Quale combinazione dei parametri causerà la minima altezza di rimbalzo e quale la massima?
- h) Quale combinazione dei parametri occorre selezionare per avere al terzo rimbalzo una velocità di 6 m/sec?

Le altre simulazioni, riportate qui di seguito, riguardano alcuni semplici esempi e visualizzazioni dei diagrammi dell'energia potenziale, ai seguenti indirizzi *web*:

<http://www.mcasco.com/p1apso.html>,

<http://www.mcasco.com/p1awos.html>

<http://www.mcasco.com/p1acsw.html>,

oppure studiano le relazioni esistenti tra le forze conservative e la conservazione dell'energia meccanica all'*url*:

<http://www.mcasco.com/p1a1dsem.html>

Infine lo studio della conservazione dell'energia in un moto rototraslatorio è reperibile a:

<http://webphysics.ph.msstate.edu/jc/library/9-10/index.html>

5.5 Dinamica dei sistemi di particelle

L'analisi e lo studio del moto e delle interazioni dei sistemi di punti materiali risulta semplificato se effettuato rispetto al centro di massa del sistema. Un altro parametro assai importante per la descrizione delle interazioni in gioco nei processi di urto, è la cosiddetta sezione d'urto, definita come l'area di un particolare cerchio che ha il centro nella posizione della particella urtata. Con tale parametro, si parla di urto, o più in generale di interazione, se la direzione della particella incidente, passa per esso.

Una simulazione di sicuro impatto didattico utile per la comprensione del concetto di centro di massa di un sistema di oggetti, è reperibile all'indirizzo:

[http://www.explorescience.com/activities/Activity_page.cfm?ActivityI](http://www.explorescience.com/activities/Activity_page.cfm?ActivityID=33)

[D=33](http://www.explorescience.com/activities/Activity_page.cfm?ActivityID=33),

mentre un'applicazione del centro di massa nel moto di un sistema di punti si trova presso:

http://scsx01.sc.ehu.es/sbweb/fisica/dinamica/con_mlineal/m_lineal/mlineal.htm#Mom

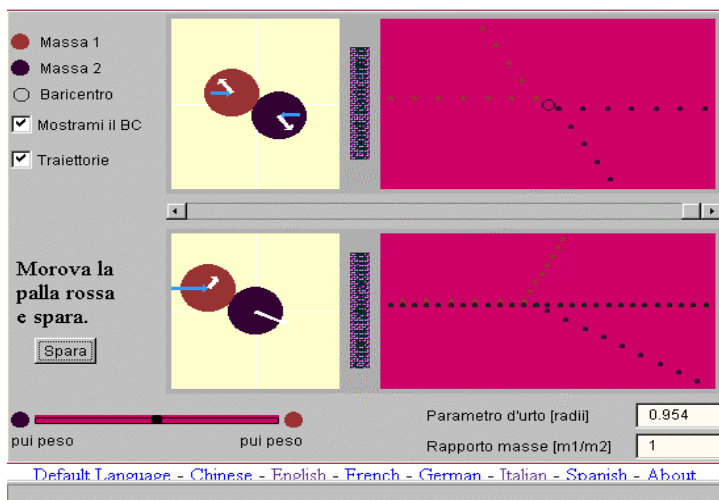


Figura 3

In figura 3 è riportata l'*applet* relativa allo studio di un urto elastico in due dimensioni:

http://www.phys.virginia.edu/classes/109N/more_stuff/Applets/Collision/enapplet.html

In questa semplice simulazione è possibile osservare e studiare l'urto bidimensionale di due sferette, sia rispetto alle coordinate del baricentro del sistema, che rispetto al sistema di riferimento collegato al laboratorio. I parametri dell'esperienza, che l'utente può regolare dall'esterno, sono la sezione d'urto e il rapporto delle due masse.

Come già detto, nell'esame delle interazioni fra particelle, notevoli vantaggi comporta l'introduzione della sezione d'urto. Un notevole esempio di applicazione di tale concetto, si ebbe nel celebre esperimento condotto nel 1910 da Geiger e Marsden, che portò alla sostituzione del modello atomico di Thompson con quello di Rutherford. La simulazione, realizzata al solito con una *applet*, è al seguente indirizzo: <http://scsx01.sc.edu/es/sbweb/fisica/cuantica/rutherford/rutherford.html>, riportata in figura 4.

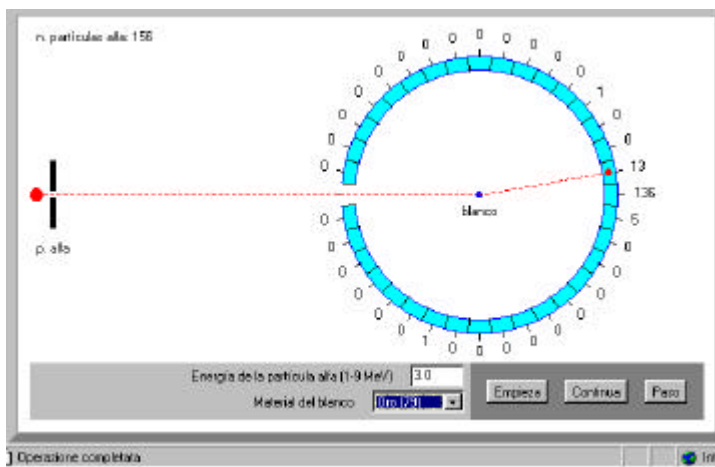


Figura 4

Un fascetto di particelle α provenienti da una sostanza radioattiva viene lanciato contro una sottile lastra di lamina d'oro o di altro materiale, selezionabile direttamente nella simulazione, e risultano deviate in seguito all'urto. Studiandone la distribuzione in funzione dell'angolo di deviazione δ , l'esperienza mostra che una percentuale, se pure esigua, di particelle viene deviata all'indietro di un angolo $\delta > \pi/2$, in netto contrasto col modello atomico prospettato da Thompson. Rutherford interpretò questo fatto e, per spiegare le evidenze sperimentali, arguì che le cariche positive dell'atomo dovessero essere distribuite al centro cioè nel nucleo, mentre le cariche elettriche erano da considerarsi all'esterno. La probabilità di osservare una deviazione $\delta > \pi/2$ è esprimibile proprio attraverso una sezione d'urto: di qui l'importanza di questo parametro in tutti i processi di urto in cui le particelle atomiche sono coinvolte.

5.6 Dinamica del corpo rigido

I corpi rigidi sono particolari sistemi di punti materiali caratterizzati dal fatto che le distanze reciproche fra due punti qualsiasi del sistema, non variano nel tempo, qualunque siano le condizioni in cui il corpo venga a trovarsi. Naturalmente questa situazione è puramente teorica, ma è un'ipotesi di

lavoro che serve per semplificare la trattazione di molti casi concreti, quando le deformazioni possono considerarsi trascurabili o sono effettivamente nulle.

Statica del corpo rigido:

<http://www.phy.ntnu.edu.tw/java/block/block.html>

Nel moto rotatorio di un corpo rigido di estrema importanza risulta il concetto di momento d'inerzia calcolato rispetto a un asse di rotazione:

http://www.explorescience.com/activities/Activity_page.cfm?ActivityID=28

Esempi di dinamica rotazionale del corpo rigido con rotolamento sopra un piano scabro o liscio, sono invece reperibili al seguente indirizzo *web*:

http://www.phy.ntnu.edu.tw/java/wheelAxle/torque_e.html,

oppure all'*url*:

<http://www.phy.ntnu.edu.tw/java/FreeRolling/FreeRolling.html>

5.7 La Gravitazione

Di particolare impatto risulta la realizzazione di sistemi a due o più corpi con la possibilità di selezionare diversi tipi di interazioni gravitazionali. Ciò consente di studiare qualitativamente la stabilità dei sistemi e la loro transizione dall'ordine al caos. Un esempio di moto in un campo di forze centrali è rintracciabile alla pagina: <http://arachnoid.com/gravitation>, mostrato in figura 5.

In questa divertente simulazione è possibile definire e osservare il moto di un sistema costituito da un certo numero di corpi soggetti a interazioni di tipo gravitazionale. E' possibile scegliere da un apposito menù, alcuni possibili scenari: sistema con un solo corpo orbitante, sistema solare semplice, sistema a tre corpi mutuamente interagenti, sistema caotico ed altri.

In questa *applet*, il modo più semplice per cambiare il comportamento orbitale di un oggetto consiste nello spostare col mouse il corpo in una nuova posizione.

Un'altra opzione del programma permette di visionare i dati del sistema (fig. 6), quali il tempo, la posizione e le velocità dei corpi, scomposte nelle loro componenti del piano xy.

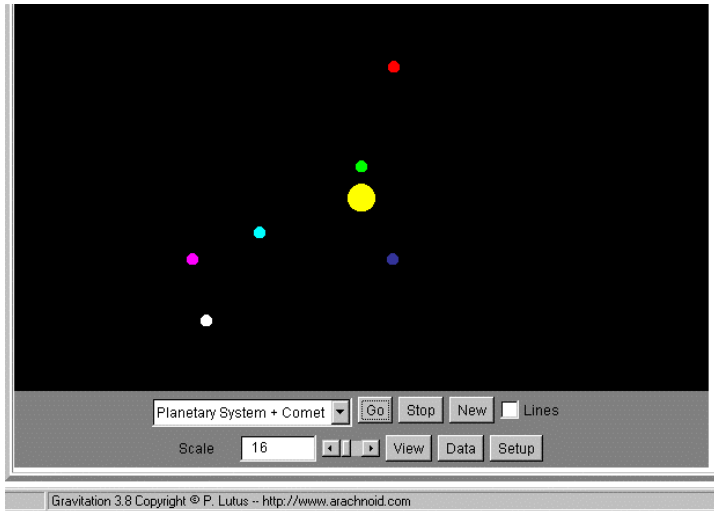


Figura 5

Altri parametri della simulazione consentono di variare la densità dei pianeti, oppure la dimensione con cui le sferette appaiono sullo schermo o la stessa velocità di esecuzione del programma. La funzione "Merge on Collision" permette di trattare la collisione fra due corpi: quando questo parametro è attivo, due astri si aggregano in un unico corpo la cui massa e il cui momento dipenderanno da quelli dei due pianeti di partenza. L'opzione di scala consente infine di ingrandire la finestra di osservazione dei fenomeni.

Fra gli scenari di interesse segnaliamo il noto problema dei tre corpi, *three mutual orbit*, in cui tre corpi mutuamente interagenti, posizionati all'inizio sui vertici di un triangolo equilatero, possono evolvere in un sistema instabile che può portare i pianeti ad una catastrofica collisione. In questi casi il sistema è governato da un insieme di equazioni differenziabili che non ha, in genere, una soluzione esplicita e pertanto, per caratterizzare le orbite, occorre integrare e risolvere il sistema con metodi classici dell'analisi numerica.

A questo proposito occorre quindi sottolineare come, le sensibilità alle condizioni iniziali mostrate dal sistema dei corpi interagenti, siano alle volte imputabili proprio al tipo di approssimazione numerica usata.

Altre semplici visualizzazioni riguardanti le tre leggi di Keplero, sono reperibili a:

<http://scsx01.sc.ehu.es/sbweb/fisica/celeste/kepler/kepler.htm#segunda>

Color	x	y	vx	vy	Radius	Fluid	Alive
Yellow	0.0	0.0	0.0	0.0	182.0	<input checked="" type="checkbox"/> Yes	<input checked="" type="checkbox"/> Yes
Green	-444.02	166.05	-13.69	74.29	8.0	<input type="checkbox"/> Yes	<input checked="" type="checkbox"/> Yes
Blue	-947.91	284.16	-12.43	39.71	8.0	<input type="checkbox"/> Yes	<input checked="" type="checkbox"/> Yes
Cyan	-1318.13	-725.90	22.15	-36.53	8.0	<input type="checkbox"/> Yes	<input checked="" type="checkbox"/> Yes
Red	1500.82	-1006.46	26.53	23.53	8.0	<input type="checkbox"/> Yes	<input checked="" type="checkbox"/> Yes
Magenta	-2494.22	-1138.0	2.00	-32.04	8.0	<input type="checkbox"/> Yes	<input checked="" type="checkbox"/> Yes
Orange	-786.74	2837.30	-30.13	4.62	8.0	<input type="checkbox"/> Yes	<input checked="" type="checkbox"/> Yes
White	-3075.09	1736.46	-26.22	-1.46	8.0	<input type="checkbox"/> Yes	<input checked="" type="checkbox"/> Yes

Planetary System = Comet Go Stop New Lines
 Scale 15 View Data Setup
 Copyright © P. Latus - <http://www.aschmid.com> Internet

Figura 6

5.8 Statica e Dinamica dei Fluidi

Le grandezze di maggiore interesse che descrivono le proprietà di un fluido sono la densità, la pressione e, qualora si vogliano tenere in considerazioni le forze tangenziali fra gli strati in moto relativo con la conseguente dissipazione di energia, il coefficiente di viscosità.

In genere si prendono in esame le proprietà dei fluidi detti ideali caratterizzati da incompressibilità con assenza di viscosità, aventi quindi densità costante e indipendente dalla sollecitazione.

Uno dei fenomeni più noti e forse più studiati va sotto il nome di spinta di Archimede: un corpo immerso in un fluido ed in equilibrio, è soggetto ad una forza diretta verticalmente verso l'alto (spinta) di intensità pari al peso della massa fluida spostata, applicata al baricentro della massa fluida.

Un esempio riguardante la spinta di Archimede è reperibile all'indirizzo:<http://home.acity.de/walter.fendt/physengl/buoyforce.htm>

L'*applet* in figura 7 consente un semplice esperimento riguardante la spinta idrostatica: cliccando e spostando il mouse è possibile immergere in un liquido un corpo solido, sospeso ad una molla che funge da dinamometro. Pertanto la forza misurata da quest'ultimo è pari alla differenza fra il peso del corpo e la spinta del liquido, e pertanto risulta ridotta.

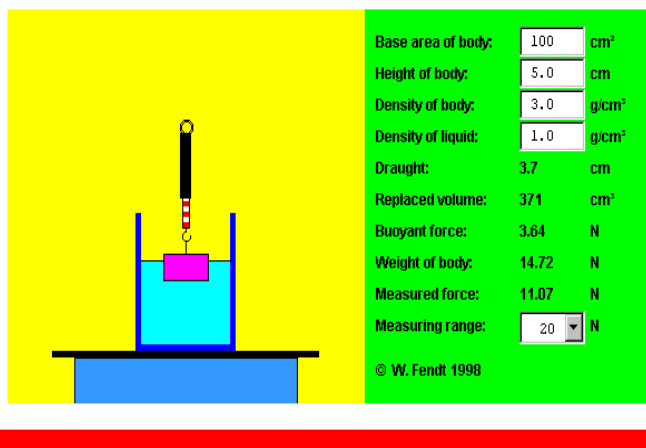


Figura 7

I parametri di controllo di questa simulazione sono l'area e l'altezza del corpo e le densità dello stesso e del liquido. Utilizzando il principio di Archimede, si può ricavare la densità di corpi solidi di forma non semplice attraverso la realizzazione della nota bilancia idrostatica.

Un'esperienza parallela a quella precedente e riguardante lo studio del galleggiamento dei corpi è mostrata nell'*applet* in figura 8. In essa è possibile prelevare alcuni oggetti da un contenitore per immergerli in un liquido di cui si può variare la densità. Sul lato destro dell'immagine si trovano una bilancia e un cilindro graduato attraverso il quale si provvede alla misura del volume degli oggetti, per immersione osservando la quantità di liquido spostato.

Riportiamo una scheda di lavoro inerente la simulazione in esame che, per la sua immediatezza e semplicità si presta bene ad essere utilizzata in una classe delle scuole medie inferiori. L'indirizzo è rintracciabile alla seguente pagina *web*:
http://www.explorescience.com/activities/Activity_page.cfm?ActivityID=29

La Spinta di Archimede: studio del galleggiamento

1. utilizza la bilancia (*scale*) per misurare la massa degli oggetti
2. il cilindro graduato per misurare il volume
3. inserisci i valori letti nelle parentesi con le appropriate unità di misura
4. Classifica gli oggetti in base alla densità calcolata

Tipologia	Massa	Volume	Densità	Ordine
Quadrato blu				
Triangolo blu				
Quadrato rosso				
Ovale rosso				
Quadrato rosa				
Ovale porpora				
Triangolo verde				
Triangolo grigio				
Rettangolo marrone				
Rettangolo rossonero				

Usa ora la barra orizzontale in basso a sinistra per variare la densità del fluido nel contenitore e determina se gli oggetti affondano o galleggiano.

Tipologia	Densità 1g/ml Affonda sì/no	Densità 2g/ml Affonda sì/no	Densità 5g/ml Affonda sì/no
Quadrato blu			
Triangolo blu			
Quadrato rosso			
Ovale rosso			
Quadrato rosa			
Ovale porpora			
Triangolo verde			
Triangolo grigio			
Rettangolo marrone			
Rettangolo rossonero			

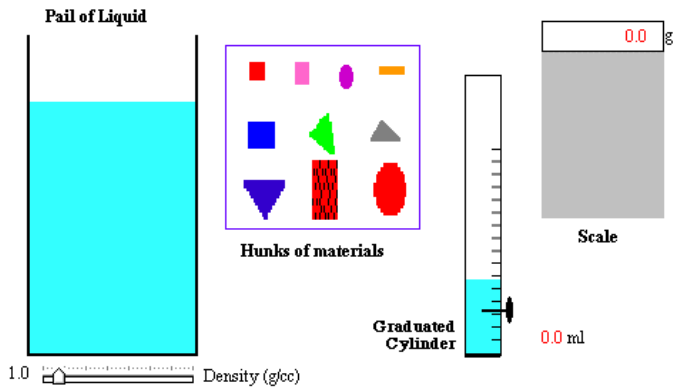


Figura 8

Sintetizza qui i risultati ottenuti:

1. Dall'analisi dei tuoi dati osservi una dipendenza del volume dell'oggetto dalla sua capacità di galleggiare? Spiega.
2. Dall'analisi dei tuoi dati osservi una dipendenza della massa dell'oggetto dalla sua capacità di galleggiare? Spiega
3. Dall'analisi dei tuoi dati osservi una dipendenza della densità dell'oggetto dalla sua capacità di galleggiare? Spiega
4. Come interpreti i tuoi risultati sperimentali alla luce del principio di Archimede?

Per altre simulazioni riguardanti la pressione idrostatica nei fluidi si può consultare l'*url*:

<http://home.a-city.de/walter.fendt/physengl/hydrostpr.htm>

Infine l'influenza delle forze di attrito nei fluidi si esplicita nel moto di una sferetta in un fluido viscoso:

<http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/dinamica/stokes/stokes.html>

5.9 Meccanica Statistica e Termodinamica

L'individuazione degli stati di un sistema attraverso le grandezze macroscopiche che li descrivono, ha assunto un ruolo sempre più decisivo nell'odierno panorama della fisica. Le *applet* sviluppate in questi siti, oltre a rendere vivaci e

stimolanti le usuali ma fondamentali esperienze sui gas perfetti e reali, e in generale sulle trasformazioni termodinamiche, consentono anche di sviluppare e approfondire i concetti statistici ad esse collegati.

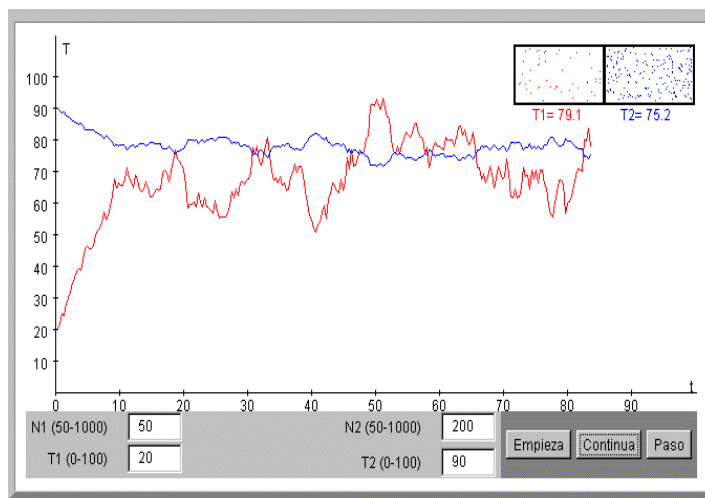


Figura 9

L'applet relativa all'argomento temperatura ed equilibrio termico, è riportata all'url: <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/transporte/simConduccion/simConduccion.htm> (fig. 9).

L'equilibrio termico è un processo complesso che consiste nel progressivo raggiungimento, da parte di due o più corpi aventi differente temperatura e posti a contatto, di una comune temperatura detta appunto di equilibrio. In generale possiamo modellizzare la situazione pensando il primo sistema come composto da N_1 particelle a temperatura T_1 ed il secondo da N_2 particelle a temperatura T_2 : la temperatura di equilibrio T_E allora è data dalla media pesata $(N_1 T_1 + N_2 T_2)/(N_1 + N_2)$. E' chiaro che per $N_1=N_2$ la temperatura di equilibrio è eguale alla media delle due temperature, cosa che è in accordo col fatto che la temperatura esprime un concetto statistico legato al moto medio di agitazione delle particelle costituenti il sistema. La simulazione mette bene in evidenza il carattere dinamico dell'equilibrio termico, visualizzando le fluttuazioni di temperatura in funzione del tempo, descrivendo quindi l'evoluzione di tutto il sistema verso un unico stato finale.

Attività connessa con la simulazione

- 1) Introdurre il numero di particelle N_1 nel primo recipiente a temperatura T_1
- 2) Introdurre il numero di particelle N_2 nel secondo recipiente a temperatura T_2 .
- 3) Premere il pulsante *Empieza*¹ per attivare il processo di scambio termico.
- 4) Osservare l'andamento della temperatura del sistema in funzione del tempo.
- 5) Volendo fermare momentaneamente il processo premere pausa oppure eseguirlo attivando l'opzione passo-passo.

Questioni:

1. Descrivere l'evoluzione del sistema e lo stato di equilibrio dei due recipienti posti in contatto termico.
2. Calcolare la temperatura di equilibrio e completare la tabella seguente
3. Osservare e discutere le fluttuazioni intorno allo stato di equilibrio sia nel caso in cui i sistemi sono costituiti da un numero elevato di particelle che da un numero piccolo.

N_1	T_1	N_2	T_2	$T_{\text{Equilibrio}}$
500	90	500	20	
40	90	20	20	
400	90	200	20	

Ai seguenti indirizzi è possibile invece indagare le leggi sui gas perfetti:

<http://plabpc.csustan.edu/general/tutorials/temperature/CharlesLaw/CharlesLaw.htm>,

<http://www.phy.ntnu.edu.tw/java/idealGas/idealGas.html>

<http://jersey.uoregon.edu/vlab/Piston/index.html>

¹ La simulazione è in lingua spagnola

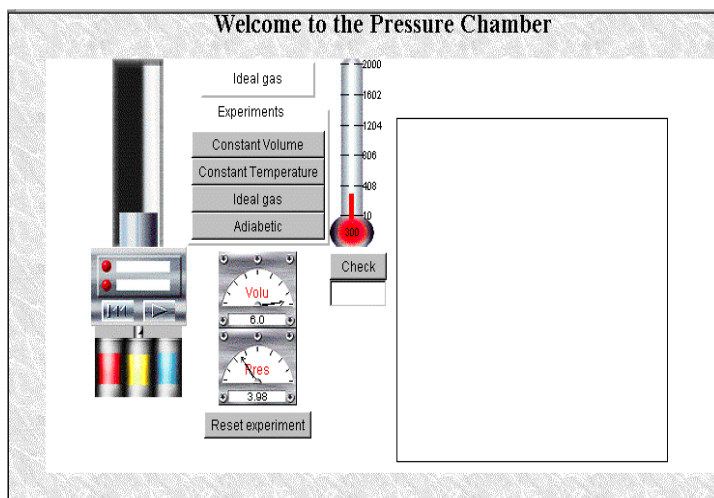


Figura 10

La figura 10 si riferisce ad una simulazione per lo studio delle leggi dei gas attraverso una serie di esperimenti in cui è possibile controllare interattivamente l'azione di un pistone esercitante una certa pressione sul gas inserito nel contenitore. Il gas è definito da quattro variabili di stato: temperatura, volume o densità, pressione e peso molecolare. La simulazione consente di studiare i cambiamenti di stato del gas attraverso la costruzione di grafici che mettono in relazione le sue variabili di stato. Ciò dovrebbe condurre lo studente alla determinazione delle leggi generali dei gas perfetti: Boyle e Gay-Lussac.

Nel terzo esperimento si possono poi selezionare anche tre differenti tipi di gas: cliccando opportunamente su una delle freccette - rossa, blu o gialla - viene predisposto dal programma un diverso peso molecolare. Inoltre è importante non superare mai le 10 atmosfere, pena l'esplosione del sistema!

Nella prima procedura sperimentale si mantiene costante il volume e si cambiano la pressione e la temperatura. Ad esempio si provi a posizionare sul termometro, il mouse, spostandolo in modo che la temperatura salga fino a 400 gradi. Quindi si rilasci il mouse e si ripeta l'operazione precedente abbassando la temperatura a 300 gradi.

Nel riquadro a destra, che rappresenta il piano T-P, vengono tracciati pertanto due punti con le coordinate temperatura pressione precedentemente considerate. Ripetendo per più

punti tale operazione, si può visualizzare la relazione intercorrente fra la temperatura T e la pressione P del gas a volume costante. A questo punto ci si può chiedere la relazione matematica che il grafico sembra suggerire e verificare la correttezza della risposta attraverso interpolazioni o estrapolazioni sul grafico.

Nella seconda simulazione invece, mantenendo costante la temperatura si possono ricavare le cosiddette curve isoterme del gas. In questo caso occorre selezionare il tasto contrassegnato con l'etichetta temperatura costante e variare opportunamente la pressione pigiando il bottone a destra nel pannello di controllo che si trova sotto il pistone. Ad ogni clic corrisponde un cambiamento della pressione del gas visualizzata dall'innalzamento o dall'abbassamento del pistone. In analogia con l'esperienza precedente vengono riportati nel grafico a destra i valori pressione-volume nel piano di Clayperon attraverso i quali si può dedurre la nota relazione di Boyle. Il terzo esperimento completa lo studio delle leggi dei gas ideali consentendo lo studio della dipendenza della temperatura dal volume. Si osservi come la temperatura di partenza sia la stessa per ciascun gas, ma poiché il cilindro resiste solo fino a un massimo di 10 atmosfere, occorre determinare, per ciascun gas, la massima temperatura raggiungibile senza che il cilindro si rompa.

La legge di distribuzione delle velocità delle molecole di un gas all'equilibrio termico può essere considerata come il punto di partenza della meccanica statistica, attraverso la quale ricondurre, con opportuni modelli, le grandezze termodinamiche macroscopiche alla dinamica delle particelle, considerate come un insieme statistico. Fu questo il grande merito di Maxwell (1859) e successivamente di Boltzmann (1872) che gettarono le fondamenta di una disciplina foriera di numerose spiegazioni e interpretazioni in ambito termodinamico e non, per quei sistemi costituiti da un numero elevato di particelle.

teoria cinetica dei gas

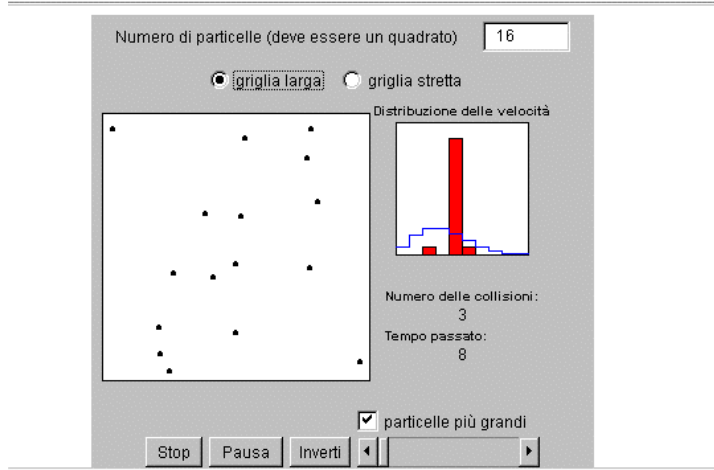


Figura 11

Questa simulazione, eseguibile presso l'IFMSA di Messina, all'indirizzo *web*:

http://ww2.unime.it/dipart/i_fismed/wbt/ita/KineticTheory/kinetictheory_ita.htm, permette di visualizzare l'approccio all'equilibrio e la non reversibilità per un gas pesante perfetto, modellizzabile cioè con un certo numero di sfere rigide che interagiscono attraverso urti di tipo elastico (fig.11).

Per poter eseguire l'*applet* occorre inserire il numero delle particelle che, per motivi interni al programma, deve essere un quadrato perfetto. Dopo aver dato il via, mentre nel riquadro a sinistra viene visualizzato il moto caotico delle particelle, la cui dimensione può essere raddoppiata, nella finestrina a destra, invece, viene determinata la distribuzione delle velocità. La linea blu rappresenta il risultato teorico per un gas ideale in condizioni di equilibrio.²

² La cosiddetta distribuzione bidimensionale di Maxwell-Boltzmann

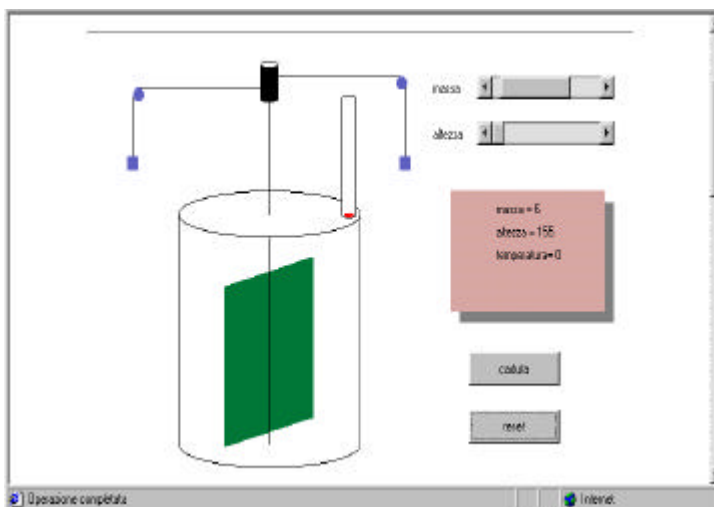


Figura 12

Un aspetto interessante di questa simulazione consiste nel poter invertire, da programma, tutto il processo rendendolo pertanto reversibile: cliccando infatti su *inverti*, le molecole invertono la loro velocità ritornando quindi nella configurazione di partenza, fatto questo che nella realtà risulta altamente improbabile, e che sancisce quindi l'irreversibilità del fenomeno stesso. La sessione è corredata anche da alcuni quesiti a risposta aperta.

- ◆ È corretto affermare che la reversibilità del sistema dipende dal numero di collisioni per particella? Perché?
- ◆ Si può dire che l'irreversibilità del sistema sia un indicatore del *caos* del sistema stesso? Perché?
- ◆ Provate a variare da un minimo ad un massimo ragionevole, il numero di particelle. Esiste una soglia nel numero di particelle o nel numero di interazioni (urti) al di sotto del quale la reversibilità è sempre garantita? Riuscite a spiegarne il motivo?

Un ulteriore esempio sulla distribuzione delle velocità molecolari, si trova al sito: <http://jersey.uoregon.edu/vlab/Balloon>

Volendo invece introdurre lo studio di alcune trasformazioni termodinamiche, isobare, isocore e isoterme, si consideri l'*url*: <http://home.a-city.de/walter.fendt/physengl/gaslaw.htm>

La fig.12 si riferisce invece al noto esperimento di Joule per ricavare l'equivalente meccanico della caloria, rintracciabile alla pagina dell'*IFMSA Web Lab*:

http://ww2.unime.it/dipart/i_fismed/wbt/ita/kim/joule/joule2_ita.htm

Per quanto concerne invece lo studio dei cicli termodinamici, nella simulazione reperibile all'indirizzo:

<http://www.phy.ntnu.edu.tw/java/carnot/carnot.html>,

viene visualizzato, nel piano di Clayperon, un gas sottoposto a un ciclo di Carnot costituito da due trasformazioni isoterme e due adiabatiche. E' possibile scegliere i punti iniziali del ciclo e calcolare il rendimento della macchina. (fig.13)

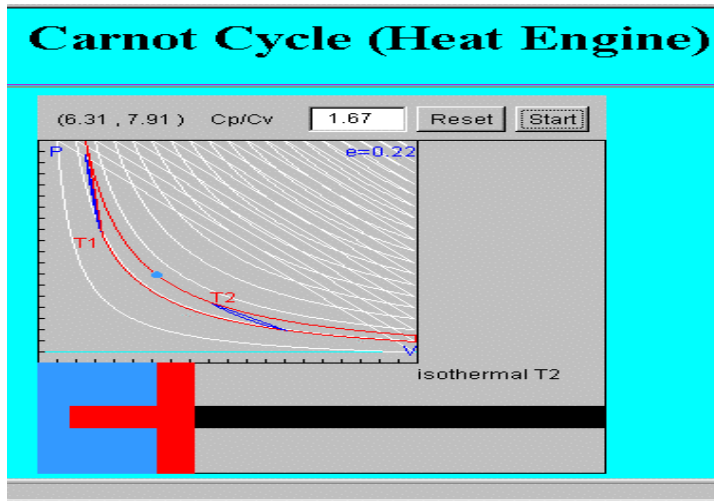


Figura 13

Una semplice visualizzazione dell'interazione di una particella di dimensioni relativamente grandi (ad esempio un granello di polvere) con tantissime altre più piccole (quali ad esempio le molecole di un gas), è reperibile alla seguente pagina *web*:

http://www.phys.virginia.edu/classes/109N/more_stuff/Applets/brownian/enbrownian.html

Si tratta di un importante fenomeno, noto come moto browniano, dal nome del suo scopritore Robert Brown, e risultò una delle prime prove sperimentali dell'esistenza delle molecole e degli atomi. La sua spiegazione e corretta interpretazione, in termini di libero cammino medio delle molecole, fu merito del giovane Albert Einstein.

5.10 Oscillazioni e onde

Lo studio dei fenomeni oscillatori è forse uno dei più gettonati da parte dei numerosi siti, istituzioni e università che si dedicano alla costruzione sul *Web* delle simulazioni. In effetti le *applet* si prestano bene allo studio delle propagazioni ondulatorie non solo da un punto di vista grafico ma anche, nel caso delle onde acustiche, da uno specificatamente sonoro, dal momento che la tecnologia consente proprio l'ascolto di particolari forme d'onde.

Di particolare interesse, gli esperimenti dedicati al principio di sovrapposizione, alla scomposizione dei fenomeni periodici e allo studio interattivo del teorema di Fourier. Per introdurre i fenomeni ondulatori si può ripartire dall'analisi di alcuni moti armonici come nel caso del pendolo semplice e delle oscillazioni in una molla con l'esame della legge di Hooke, entrambi reperibili alle pagine *web*:

<http://www.phy.ntnu.edu.tw/java/Pendulum/Pendulum.html>,

<http://www.phy.ntnu.edu.tw/java/springWave/springWave.html>

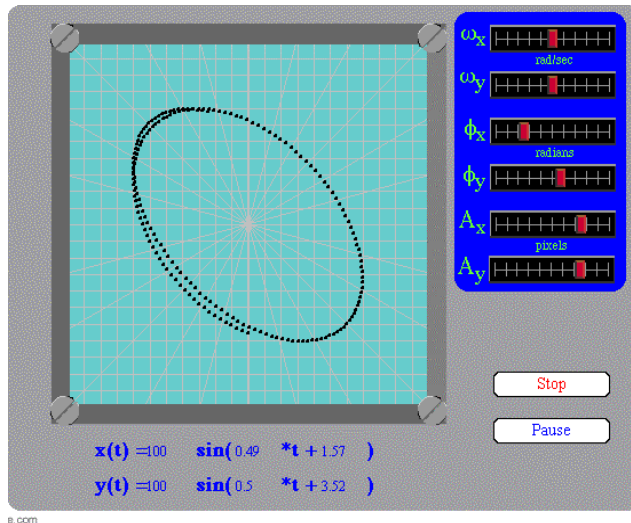


Figura 14

Una delle idee fondamentali nello studio dei fenomeni ondulatori risiede nell'uso del principio di sovrapposizione che, nei moti armonici, può realizzare le affascinanti figure di Lissajous, di cui riportiamo un esempio in figura 14, tratta dal sito:

http://www.explorescience.com/activities/Activity_page.cfm?ActivityID=48

Variando opportunamente i parametri di controllo (ampiezze delle onde, frequenze, differenza di fase) è possibile generare numerose curve che rappresentano la visualizzazione grafica della sovrapposizione di due moti oscillatori armonici fra loro perpendicolari. Le equazioni dei moti $x = A \cos \omega_1 t$ e $y = B \cos(\omega_2 t + d)$ individuano nel piano le coordinate di un punto $P(x,y)$. Scegliendo opportunamente i rapporti fra le frequenze (ad es. $\omega_1/\omega_2 = 1/1$) e la differenza di fase (ad es.: $d = \pi/4$) ed eliminando il parametro temporale t , si può ricavare l'equazione cartesiana del luogo geometrico che, nell'esempio fornito corrisponde ad una ellisse.

Altri casi riguardanti lo studio di oscillazioni libere, smorzate o forzate con fenomeni di risonanza sono rintracciabili alle seguenti pagine *web*:

<http://scsx01.sc.ehu.es/sbweb/fisica/oscilaciones/libres/libres.htm>

oppure

<http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/oscilaciones/perturbacion/propagacion.html>,

http://www.explorescience.com/activities/Activity_page.cfm?ActivityID=24

La figura 15, all'*url* <http://home.a-city.de/walter.fendt/physengl/resonance.htm>, si riferisce appunto allo studio del fenomeno noto come risonanza che trova numerosi riscontri non solo in meccanica e in acustica, ma anche in analoghi processi che coinvolgono circuiti elettrici o sistemi atomici.

Il sistema è costituito da un pendolo a molla, libero di oscillare verso il basso, ma sottoposto, nella sua estremità superiore, ad ulteriori sollecitazioni di tipo armonico, dette forzate, la cui frequenza ω è solitamente diversa da quella propria del sistema ω_0 . Premendo il tasto *reset* vengono attribuiti al pendolo i parametri iniziali che ne condizionano il moto: la costante k della molla, la massa m , la costante di smorzamento - che rappresenta gli attriti del mezzo - e la frequenza angolare ω della forza esterna.

E' possibile indagare tre differenti tipi di comportamento:

- 1) l'andamento delle elongazioni dell'eccitatore e del risonatore in funzione del tempo;
- 2) l'ampiezza dell'oscillazione del risonatore in funzione della frequenza ω della forza esterna;

- 3) il grafico della differenza di fase fra il risonatore e l'eccitatore, in funzione di ω .

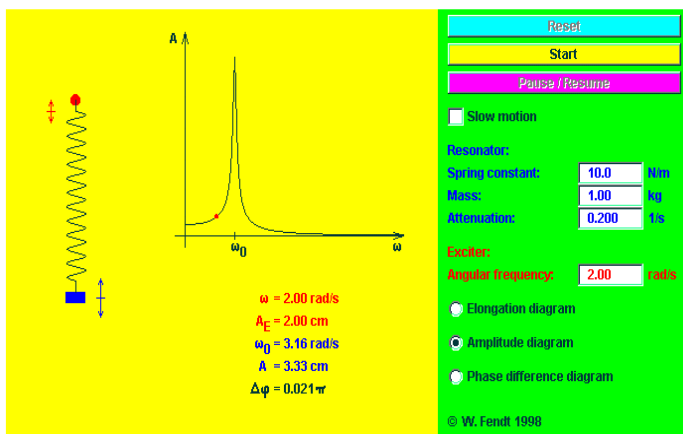


Figura 15

Se la frequenza dell'eccitatore è molto piccola (l'estremità superiore del dispositivo si muoverà molto lentamente) il pendolo oscillerà praticamente sincrono con la forza esterna e quasi con la sua stessa ampiezza. In questo caso nel grafico corrispondente si osserva che la differenza di fase è quasi zero.

Se invece la frequenza dell'eccitatore si accorda con la frequenza caratteristica del pendolo, le oscillazioni di quest'ultimo tenderanno ad aumentare sempre più e si verifica quella che si chiama appunto risonanza. In questo caso si può osservare che le oscillazioni del risonatore hanno un ritardo di circa un quarto rispetto all'eccitatore esterno. Se poi la frequenza ω è molto elevata, il risonatore oscillerà solo con un ampiezza molto piccola e praticamente in opposizione di fase. Quando infine la costante che rappresenta il mezzo è molto piccola, acquistano rilevanza gli *stati transitori* e pertanto occorre aspettare del tempo per osservare i comportamenti del sistema.

La matematica che governa questa simulazione è alquanto complicata e mette in gioco una non semplice equazione differenziale del secondo ordine, che praticamente traduce la seconda legge della dinamica applicata al sistema:

$$m \frac{d^2x}{dt^2} + b \frac{dx}{dt} + kx = F \cos \omega t$$

Il primo termine individua l'accelerazione del sistema, il secondo le forze di attrito dissipative, supposte proporzionali alla velocità, il terzo le forze elastiche e il quarto, a destra del segno uguale, la forza esterna di tipo sinusoidale, dell'eccitatore.

La soluzione di questa equazione è affidata ad un corso di analisi, ma per chi ne ha già qualche dimestichezza, suggeriamo di esaminarne i risultati, sempre online, all'indirizzo: <http://home.a-city.de/walter.fendt/physengl/resmathengl.htm>

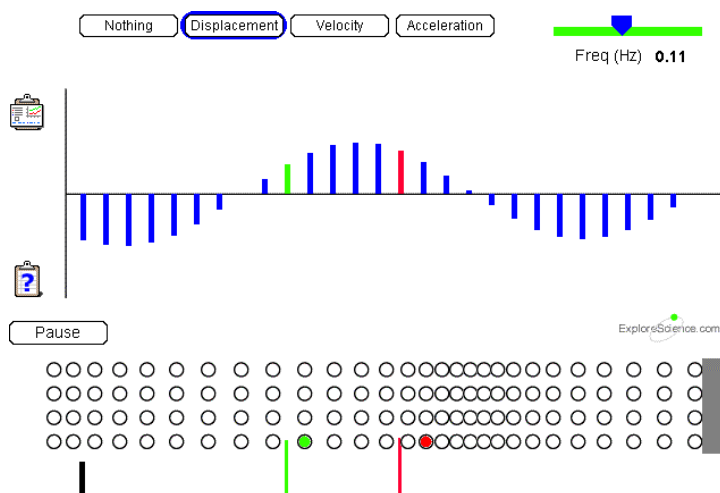


Figura 16

All'url http://www.explorescience.com/activities/Activity_page.cfm?ActivityID=50 (fig.16) è mostrata una simulazione relativa ad una perturbazione stazionaria quale ad esempio un'onda sonora vincolata a propagarsi tra due pareti. Le palline rappresentano le molecole dell'aria in libera oscillazione, mentre le due aste colorate verticali sono due punti di riferimento per l'osservazione del moto di oscillazione delle sferette in quelle vicinanze. E' possibile regolare da programma la frequenza così come ottenere la visualizzazione dei grafici che danno l'ampiezza della perturbazione in funzione del tempo oppure la sua velocità o l'accelerazione: come si vede, si tratta in entrambi i casi di una sinusoida che caratterizza il moto periodico.

Altre semplici visualizzazioni ed esempi relativi allo studio delle onde stazionarie, longitudinali e trasversali sono reperibili nelle seguenti pagine *web*: <http://home.a-city.de/walter.fendt/physengl/stlwaves.htm>

L'illustrazione del principio di sovrapposizione e di alcuni fenomeni di interferenza, sono anche disponibili ai seguenti indirizzi:

<http://www.phy.ntnu.edu.tw/java/waveSuperposition/waveSuperposition.html>

<http://www.phy.ntnu.edu.tw/java/waveInterference/waveInterference.html>

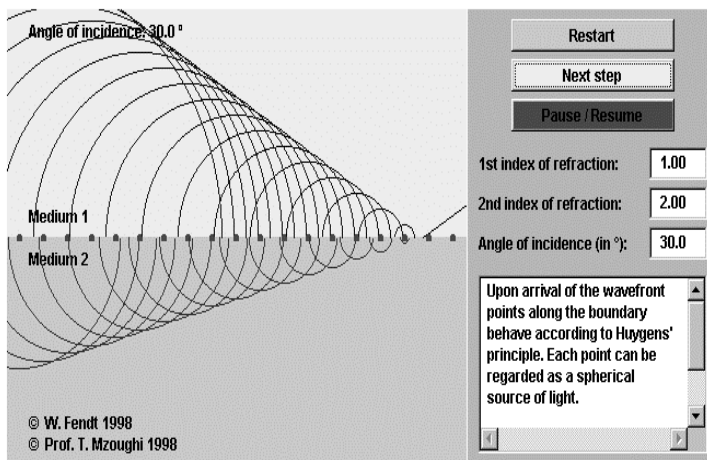


Figura 17

La figura 17, <http://home.a-city.de/walter.fendt/physengl/huygensengl.htm>, riporta la simulazione relativa alla propagazione di un'onda piana che passa da un mezzo ad un altro di diverso indice di rifrazione. Il cambiamento di direzione dell'onda rifratta e riflessa è un esempio di applicazione del principio di Huygens, attraverso il quale è possibile ricostruire i due fronti d'onda. Sulla superficie di separazione dei due mezzi si considerano una serie di punti che, perturbati dall'onda incidente, iniziano ad oscillare in fase con essa diventando a loro volta sorgenti di onde concentriche il cui involuppo determina il fronte dell'onda rifratta e di quella riflessa. Con questa *applet* è possibile scoprire o verificare la legge di Snell.

Altri esempi riguardanti l'applicazione del principio di Huygens nel caso delle interazioni di onde con un mezzo sono disponibili in rete alla pagina:

<http://www.phy.ntnu.edu.tw/java/propagation/propagation.html>,

oppure

http://www.explorescience.com/activities/Activity_page.cfm?ActivityID=47

Lo studio dell'interferenza alla Young con il classico esperimento della doppia fenditura trova nel web numerosi riferimenti come, ad esempio, al seguente indirizzo: <http://www.phy.ntnu.edu.tw/java/doubleSlit/doubleSlit.htm>

Infine un'analisi approfondita concernente la scomposizione di un moto periodico attraverso il celebre teorema di Fourier, è disponibile all'*url*:

<http://scsx01.sc.ehu.es/sbweb/fisica/ondas/fourier/Fourier.html>

5.11- Elettromagnetismo e Struttura della materia

Di sicuro impatto didattico sono le visualizzazioni del concetto di campo elettrico, magnetico e potenziale elettrico. In questi esempi le simulazioni possono costituire un ausilio ed un completamento della didattica tradizionale consentendo l'esame e l'esplorazione dei fenomeni con immagini, grafici e interazioni basate su modelli visivi di rappresentazione.

Uno studio preliminare delle forze elettromagnetiche e delle problematiche connesse con i concetti di carica, campo elettrico e magnetico è rintracciabile al sito <http://ippex.pppl.gov/Interactive/matter.html>, bene organizzato e strutturato dal punto di vista della chiarezza espositiva, degli esempi tratti dal mondo reale e dalla icasticità delle immagini e delle animazioni.

Le figure 18 e 19 si riferiscono alla simulazione tratta dal laboratorio virtuale dell'*IFMSA*: http://ww2.unime.it/dipart/i_fismed/wbt/ita/proyecti/proyecti_ita.htm

Con essa è possibile visualizzare i concetti di campo e potenziale elettrici per cariche puntiformi e quindi studiare gli effetti della legge di Coulomb.

Il pannello di comando è diviso in tre sezioni: in quella di sinistra con le opzioni *Muovi*, *Aggiungi*, *Cancella* è possibile spostare col mouse una carica o aggiungerne di nuove (fino a un massimo di 10) o eliminare quelle che non servono ai fini dell'esperienza. Invece con l'opzione *Quantità di carica* si stabilisce la quantità di carica della particella che, a seconda del segno, verrà rappresentata con un colore diverso.

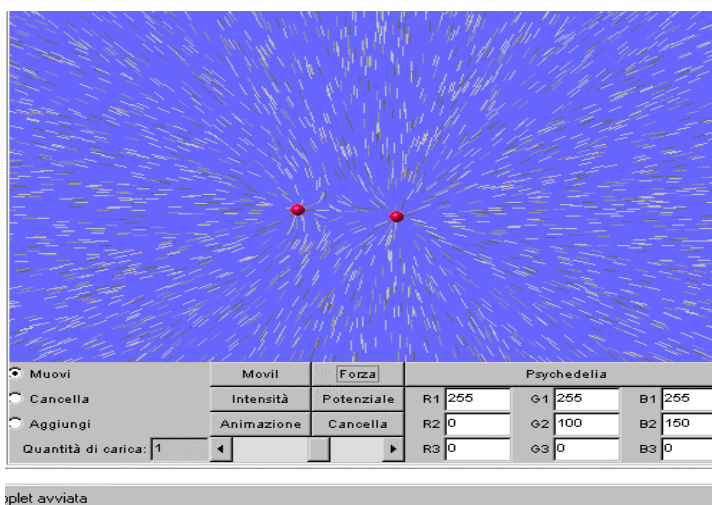


Figura 18

Nella sezione centrale, l'opzione *Movil* consente di mettere in movimento casuale una o più cariche, *Forza* invece traccia le linee di forza dovute alle cariche sorgenti, mentre attivando il comando *Intensità* viene calcolato il valore del campo elettrico in tutti i punti e gli viene assegnato un colore tra il blu (valore più basso) ed il rosso (valore più alto). Il moto delle cariche consente una caratterizzazione dinamica del campo nel senso che è possibile vedere bene l'effetto di questo sulle traiettorie. Con l'opzione *potenziale* vengono altresì visualizzate le linee isopotenziali (nere) sovrapposte all'intensità del campo elettrico, dovuto alle cariche presenti. Infine con *animazione*, dopo aver calcolato il potenziale, l'effetto che si ottiene è la variazione ciclica dei colori.

Il pulsante *Cancella* ha effetti diversi a seconda di quando viene premuto: se è in corso un'animazione, questa viene fermata; se è stato tracciato il potenziale oppure l'intensità,

questo viene cancellato; se sul piano sono rappresentate solo cariche (ferme od in movimento) queste vengono cancellate. Nella sezione di destra con la funzione *Psychedelia* è possibile definire diversi colori di animazione rispetto a quelli preimpostati.

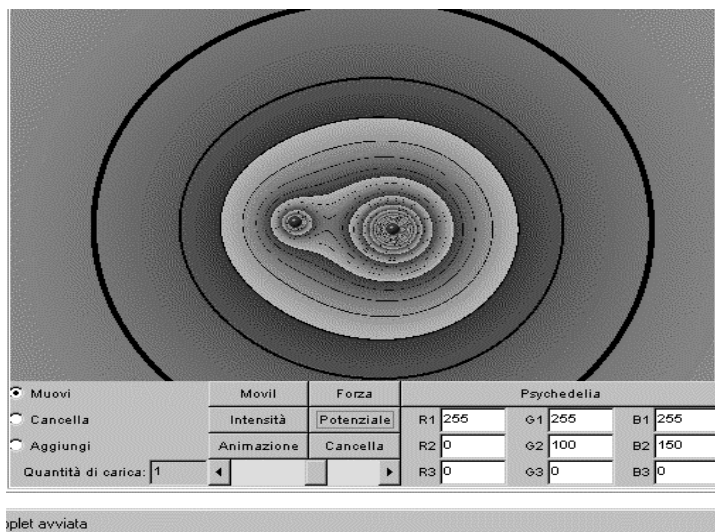


Figura 19

Un'osservazione di rilievo, dovuta all'autore dell'*applet*, in merito al suo funzionamento, è la seguente: per calcolare le forze tra le cariche o il potenziale, si utilizza la legge Coulombiana che, come sappiamo, risulta corretta solo per cariche statiche. Con le cariche in moto occorrerebbe usare la forza di Lorentz che tiene conto del contributo dovuto al campo magnetico, che accompagna sempre una carica in movimento. D'altra parte, essendo il magnetismo un effetto relativistico, se la velocità è bassa (come quella attivata in questa simulazione) l'errore che si commette è molto piccolo e quindi il contributo del campo magnetico può essere trascurato. Ai fini della visualizzazione dei fenomeni, quindi, non c'è differenza tra un'*applet* ben fatta (in senso fisico) e quest'*applet*.

Una bella simulazione riguardante il moto di particelle cariche in un campo di forze coulombiano è reperibile alla seguente indirizzo:

http://www.explorescience.com/activities/Activity_page.cfm?ActivityID=35

Generalmente dopo l'introduzione dei concetti di campo e potenziale elettrico si passa all'esame della conduzione della corrente elettrica che, in un metallo, dà luogo alle leggi di Ohm:

http://ww2.unime.it/dipart/i_fismed/wbt/ita/kim/resistenze/serie_ita.htm
<http://home.a-city.de/walter.fendt/physengl/ohmslaw.htm>

Il concetto di capacità elettrica trova un riscontro immediato nello studio dei processi di carica e scarica di un condensatore, ai quali fa riferimento la seguente simulazione:

<http://www.phy.ntnu.edu.tw/java/rc/rc.html>

Un altro esperimento di rilievo riguarda il cosiddetto effetto Joule della corrente:

http://ww2.unime.it/dipart/i_fismed/wbt/ita/kim/joule/heat_ita.htm

Altre interessanti simulazioni concernenti i principi fisici dei generatori di corrente, la corrente indotta, il funzionamento del motore elettrico e lo studio dei circuiti in corrente alternata, sono rintracciabili ai seguenti indirizzi:

<http://home.a-city.de/walter.fendt/physengl/generatorengl.htm>

http://ww2.unime.it/dipart/i_fismed/wbt/ita/indcur/indcur_ita.htm

<http://home.a-city.de/walter.fendt/physengl/electricmotor.htm>

<http://home.a-city.de/walter.fendt/physengl/osccirc.htm>

<http://home.a-city.de/walter.fendt/physengl/accircuit.htm>

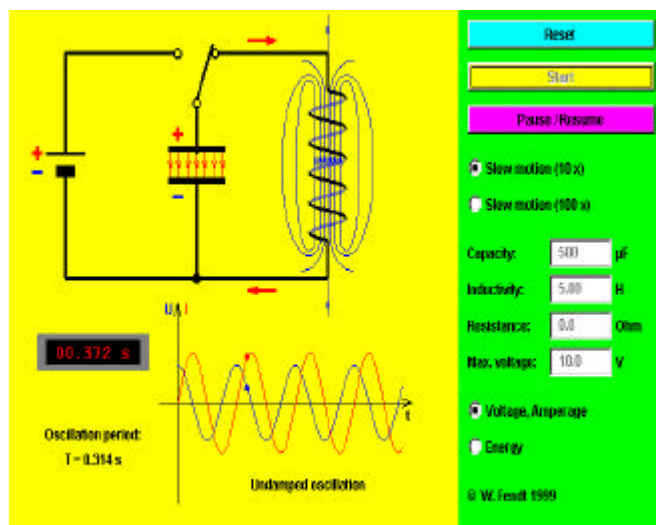


Figura 20

La simulazione in figura 20 si riferisce ad un circuito elettrico oscillante LC costituito da un condensatore C ed un'induttanza L. Per attivare l'applet occorre premere prima il tasto *reset* in modo da caricare il condensatore, la piastra

superiore positivamente e quella inferiore negativamente. Cliccando sul bottone start, viene prodotta nel circuito l'oscillazione della corrente elettrica che, con il tasto pause/resume, può essere momentaneamente interrotta e ripristinata. L'animazione può essere vista a velocità normale o rallentata di un fattore 10 o 100. E' possibile variare i valori della capacità - in un intervallo 100-1000 microFarad - l'induttanza - da 1 a 10 Henry - e la resistenza interna del circuito da 0 a 1000 Ohm, così come la differenza di potenziale della batteria.

L'animazione consente di osservare, attraverso un grafico, il flusso del campo elettrico nel condensatore (linee in rosso) e del campo magnetico nell'induttanza (linee in blu), così come l'intensità dei campi, attraverso la densità delle corrispondenti linee di forza. Inoltre due frecce, evidenziano il verso alternato di percorrenza della corrente nel circuito.

In basso a sinistra un orologio digitale fornisce il periodo dell'oscillazione da cui è possibile ricavare il valore della frequenza ω che, per la teoria, deve verificare la relazione $\omega^2 = 1/LC$ dove L è l'induttanza e C la capacità del condensatore.

In basso a destra un altro tasto consente di esaminare l'andamento nel tempo della corrente e della tensione alternate o di diagrammare il variare dell'energia dei campi constatandone l'effettiva conservazione.

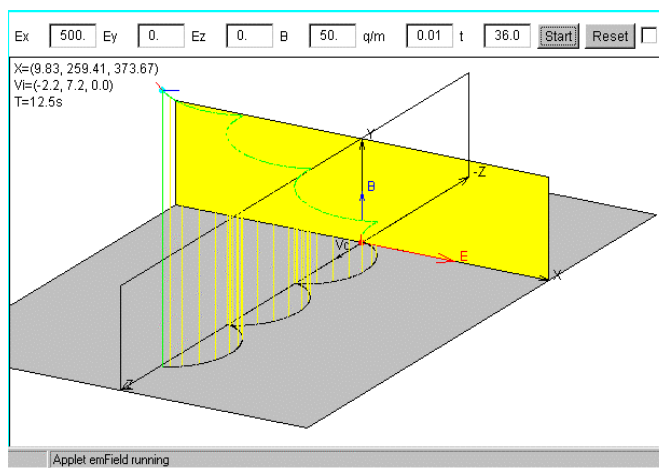


Figura 21

In figura 21, all'*url*:
<http://www.phy.ntnu.edu.tw/java/emField/emField.html>,

è riportata una simulazione riguardante la forza agente su una particella carica che si muove con una certa velocità in un campo magnetico uniforme, nota come forza di Lorentz, alla base di numerosi e interessanti fenomeni.

In questa *applet* la carica parte dall'origine di un sistema di assi cartesiani XYZ, dove lungo y agisce il campo magnetico B (vettore blu). Si può anche variare col mouse in direzione e ampiezza il campo elettrico E (vettore rosso). Il vettore nero sul piano X-Z rappresenta la velocità di deriva Vd. Nella parte superiore dell'applet ci sono delle caselle con dei numeri che possono essere modificati dall'utente per impostare nuovi valori di E e di B oppure per variare il rapporto carica massa q/m. E' possibile predisporre il sistema di coordinate effettuando su di esso una traslazione (cliccando e spostando l'origine) o una rotazione, oppure selezionare la velocità iniziale della particella.

Durante l'animazione si può osservare la traiettoria descritta nello spazio dalla particella, in verde, mentre la curva in nero fornisce la proiezione sul piano X-Z. Cliccando poi sulla casella in alto a destra si possono poi salvare tutte le tracce delle traiettorie al fine di esaminare le stesse da varie angolazioni.

La legge fisica sottostante tale fenomeno, nota come forza di Lorentz, si può esprimere come segue: $F = ma = q(E + V \times B)$ dove il simbolo \times indica il prodotto vettoriale dei vettori E e B. Nel caso più semplice in cui $E=0$, la forza sulla particella F è perpendicolare sia alla velocità V che al campo B. Se in più la velocità V è perpendicolare a B, la carica allora si muoverà su un'orbita circolare con un raggio ricavabile dall'equazione³ $R = mV/qB$. Pertanto all'aumentare del campo B il raggio decresce per cui, in un campo non uniforme, la traiettoria diventa una spirale.

Un'altra utile relazione fornisce la velocità angolare $\omega = qB/m$. Che cosa succede se una particella carica si muove inizialmente in una direzione che non è perpendicolare al campo magnetico B? Per osservare che cosa accade si osservi la figura 22.

³ Infatti risulta in questo caso $ma = qvB$ e poiché nel moto circolare $a = v^2/R$ si ha $p = mV = qBR$

La traiettoria è in questo caso un'elica come risulta anche dalla proiezione di tale curva sul piano X-Z dove si ottiene una circonferenza di raggio R costante.

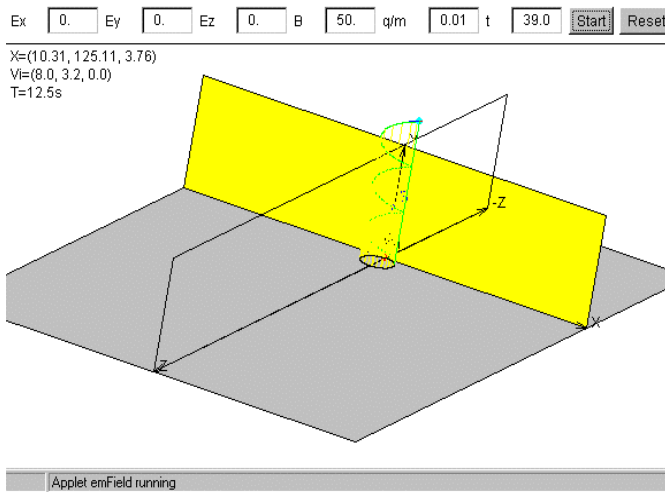


Figura 22

Infatti possiamo scomporre il vettore V nella direzione parallela a B e in quella ad esso perpendicolare: il moto risultante quindi si scompone in uno rettilineo uniforme parallelo a B e in uno circolare attorno al campo. Il modo di avvitamento dell'elica (destrorso o sinistrorso) ci informa inoltre sul tipo di carica elettrica negativa o positiva. E' proprio l'applicazione di questa legge che consentì la scoperta nel 1932 del positrone nei raggi cosmici.

Anche le fasce di radiazione di Van Allen, scoperte nel 1958 dai primi satelliti artificiali, costituiscono un altro esempio di particelle cariche, protoni ed elettroni, che interagendo col campo magnetico della Terra, restano in esso intrappolate in fasce comprese fra gli 800Km e i 4000Km al di sopra della superficie terrestre.

Un'altra visualizzazione del moto di una carica elettrica in un campo magnetico è all'url:

<http://www3.adnc.com/~topquark/fun/JAVA/electmag/electmag.html>

Un esempio invece di propagazione di un'onda elettromagnetica si trova all'indirizzo:

<http://www.phy.ntnu.edu.tw/java/emWave/emWave.html>

Di notevole importanza storica e ricca di applicazioni risulta l'interazione della radiazione elettromagnetica con gli elettroni

di un metallo, nota come effetto fotoelettrico <http://webphysics.ph.msstate.edu/jc/library/27-4/index.html>

Lo studio e l'interpretazione di questo fenomeno è più direttamente collegato con la fisica quantistica: tuttavia può essere utile parlarne dopo aver trattato le onde elettromagnetiche per mettere in rilievo l'aspetto corpuscolare associato ai quanti di energia o fotoni. L'effetto fotoelettrico consiste nell'emissione di elettroni da parte di un metallo quando su di esso viene inviata luce di particolare frequenza. Inoltre per liberare l'elettrone dal metallo occorre che l'energia del fotone incidente sia maggiore o uguale del cosiddetto lavoro di estrazione cioè dell'energia che lo tiene legato. Se pensiamo alla radiazione incidente costituita da quanti o pacchetti discreti con energia multipla di hw dove h è la costante di Planck e w è la frequenza della radiazione, l'energia E di emissione è data dalla relazione $E = hW - \phi$, dove ϕ indica il lavoro di estrazione che può variare da metallo a metallo. Se si indica con ϕ_0 la minima energia richiesta, la massima energia di emissione sarà allora $E_{\max} = hw - \phi_0$.

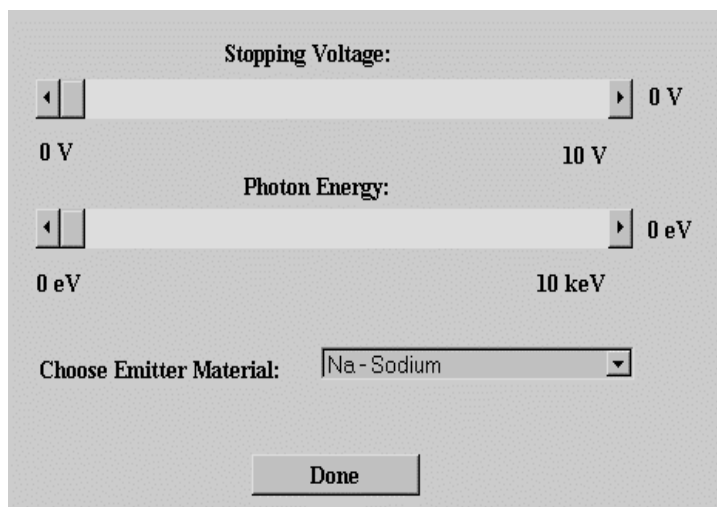


Figura 23

Le *applet* nelle figure 23 e 24 forniscono un'idea dello schema sperimentale, costituito da un tubo a vuoto con una placca metallica (che si può selezionare da programma) sulla quale si fa incidere un fascio di luce monocromatica. E' possibile regolare l'energia del fotone incidente e il cosiddetto potenziale d'arresto (fig.23) espresso da un campo elettrico

contrario al moto dell'elettrone. Per un particolare potenziale V_0 la corrente dei fotoelettroni, indicata dal galvanometro G, subisce un repentino abbassamento il che significa che nessun elettrone raggiunge l'estremità di destra.

In corrispondenza si ha $E_{\max} = eV_0$ da cui $eV_0 = h\nu - \phi_0$, dove e è la carica dell'elettrone. Cambiando l'energia dei fotoni incidenti si ottengono nuove coppie di valori (V_0 ; w) che devono disporsi lungo una retta. Il coefficiente angolare di questa è h/e da cui è possibile ricavare, noto il valore di $e = -1,6 \cdot 10^{-19}C$, la costante di Planck h .

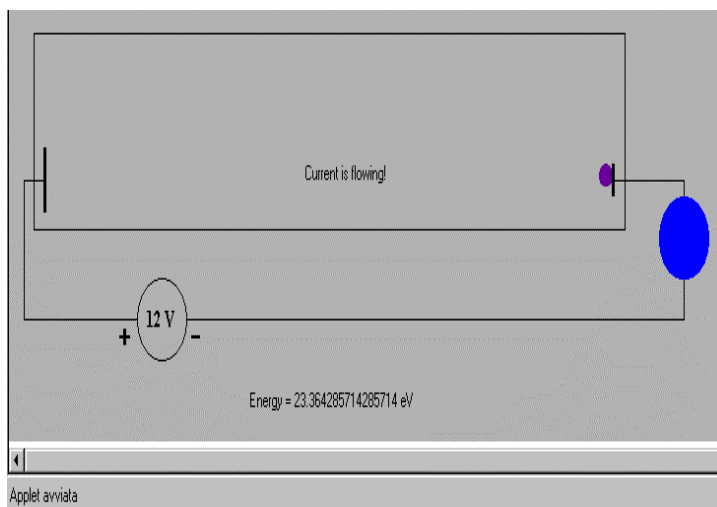


Figura 24

Nella simulazione, l'energia del fotone incidente (7 eV) è sufficiente a scalzare un elettrone dal metallo selezionato (4.08 eV il lavoro di estrazione) ma è ancora bassa per consentire all'elettrone di raggiungere il collettore (erano richiesti 4 eV). Pertanto nessuna corrente, in questo caso, è rilevata dal galvanometro G.

5.11.a Ottica geometrica e ottica fisica

Può essere proficuo, a questo punto, esaminare i vantaggi del modello geometrico nella descrizione della propagazione rettilinea della luce. A tale proposito risulta interessante

osservare il funzionamento della camera oscura, reperibile all'*url*: <http://www.phy.ntnu.edu.tw/java/pinHole/pinhole.html>

Nella simulazione seguente è invece possibile verificare che l'intensità luminosa è inversamente proporzionale al quadrato della distanza dalla sorgente:

<http://jersey.uoregon.edu/vlab/InverseSquare/index.html>

Nell'*applet* in figura 25, la sorgente di luce è rappresentata da un cerchio bianco luminoso posto su sfondo nero mentre l'osservatore è caratterizzato da un triangolino blu che si può spostare col mouse per posizionarlo a varie distanze dalla sorgente. Nel riquadro a sinistra, in alto, si leggono anche dei numeri che forniscono il valore dell'intensità luminosa, in basso a sinistra è data la distanza dalla sorgente, mentre in basso a destra, il flusso della radiazione ovvero quanto di essa passa attraverso una superficie unitaria.

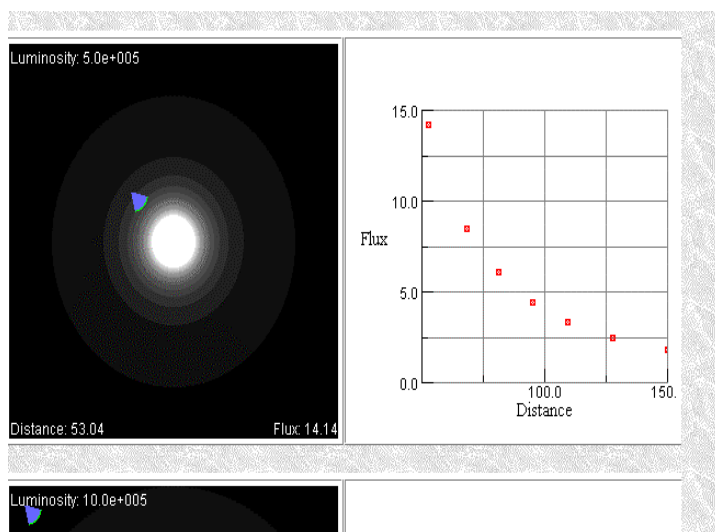


Figura 25

Non appena si sposta il triangolino verso la sorgente (facendo però attenzione a non avvicinarlo troppo) vengono registrati a destra nel grafico i punti corrispondenti alle coppie distanza-flusso (d , Φ), per un valore prefissato dell'intensità luminosa. Pertanto è possibile visualizzare l'andamento del flusso in funzione della distanza che, come si vede, corrisponde ad un ramo di iperbole. Ripetendo l'esperimento per valori diversi dell'intensità della sorgente, si può concludere che

l'irradiamento di una superficie diminuisce con l'inverso del quadrato della distanza.

Un esperimento sulla dispersione della luce, con l'uso di un prisma, è reperibile a: http://www.explorescience.com/activities/Activity_page.cfm?ActivityID=51

In questa simulazione (figg.26, 27) è possibile verificare la separazione della luce bianca nei colori fondamentali, ad opera di un prisma. Come si vede in figura si possono approntare alcune esperienze riguardanti la legge di rifrazione. Anzitutto si può osservare che i colori non vengono tutti deviati alla stessa maniera cioè con lo stesso angolo emergente, mentre l'angolo di incidenza della luce bianca è unico.

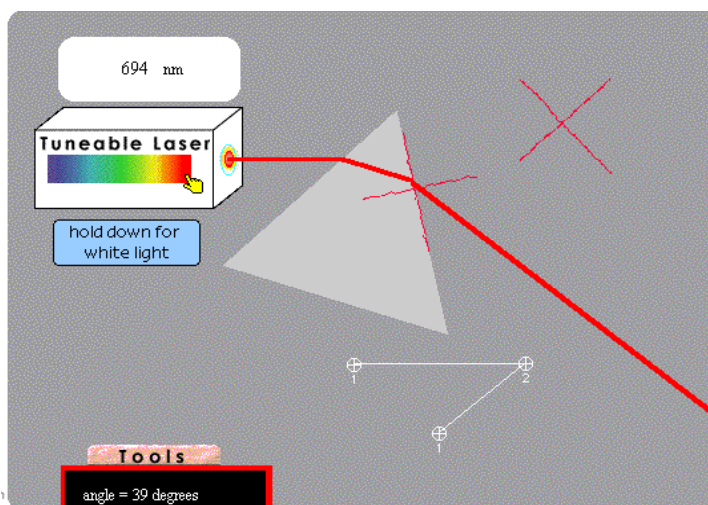


Figura 26

Precisamente l'angolo di rifrazione diminuisce dal rosso al violetto il che sta a significare che l'indice di rifrazione dipende, oltre che dalla natura dei due mezzi interessati, anche dalla lunghezza d'onda o dalla frequenza della luce incidente, secondo la legge di Snell: $\sin i / \sin r = n(\lambda)$ dove n sta ad indicare l'indice di rifrazione del mezzo, che dipende dalla lunghezza d'onda λ . Per effettuare tale verifica sono disponibili nella simulazione alcuni strumenti manovrabili col mouse: due crocette che vanno posizionate sulle superfici del prisma virtuale per misurare, rispetto alle normali, gli angoli di incidenza e di rifrazione; un goniometro, caratterizzato da tre asticelle numerate agli estremi 1-2-3 che, sovrapposte agli angoli individuati dalle crocette, consentono di ottenere la

misura dell'ampiezza degli angoli nel riquadro in basso a sinistra. Nella figura 26 è riportato un menù di aiuto che fornisce alcuni chiarimenti sull'esperienza.

Vogliamo infine osservare che a differenza dell'esperienza reale, è possibile qui misurare l'indice di rifrazione del prisma n , a partire dalla misura dell'angolo di incidenza del raggio sulla prima faccia e dell'angolo di rifrazione sempre sulla prima faccia, la cui determinazione con un prisma reale è praticamente impossibile. Per un prisma reale si considera l'angolo cosiddetto di emergenza ϵ del raggio uscente dalla seconda faccia e l'angolo di deviazione δ del secondo fascio rispetto al primo. La geometria della figura fornisce infatti l'utile relazione $\delta = i + \epsilon - a$ - a dove a è l'apertura del prisma.

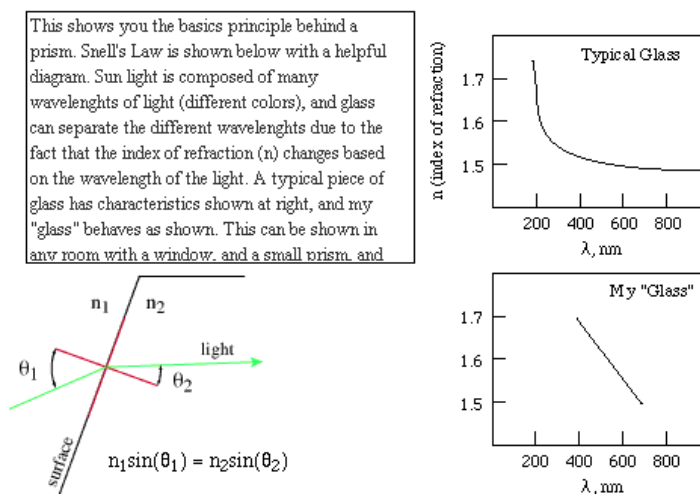


Figura 27

Alcune simulazioni sullo studio delle leggi relative alle lenti sottili si trovano a:

http://www.explorescience.com/activities/Activity_page.cfm?ActivityID=52

http://www.phy.ntnu.edu.tw/java/Lens/lens_e.html

Altri esperimenti riguardanti l'utilizzo del principio di Fermat nel ricavare la legge di Snell della rifrazione, sono reperibili *online* ai seguenti indirizzi:

<http://www.phy.ntnu.edu.tw/java/refraction/refraction.html>

http://www.explorescience.com/activities/Activity_page.cfm?ActivityID=53

5.12 Luce virtuale

La SISSA in collaborazione con Pianeta Scuola di Edumond editori associati, ha allestito **Luce Virtuale**, una proposta didattica di laboratorio interattivo di fisica, la cui home page è all'indirizzo <http://lucevirtuale.net> (fig. 28).

Si tratta indubbiamente di una iniziativa assai degna di nota e significativa nel panorama dell'editoria elettronica italiana, non solo perché dedicata ad un argomento di grande rilevanza e attualità scientifica e pratica, ma anche per l'elevata qualità stessa del sito, la sua ottima organizzazione ipertestuale con la possibilità di scandire l'ampia tematica della luce attraverso numerosi esperimenti, letture e approfondimenti, da condividere anche in un forum di discussione.



Figura 28

I principali filoni d'indagine sono così suddivisi: la luce nella fisica classica, la luce nella meccanica quantistica e gli esperimenti con i fotoni. Pertanto mentre nel primolo studio si focalizza sulle onde elettromagnetiche e sulle loro proprietà nell'ambito della teoria classica di Maxwell, nel secondo viene meglio messo in evidenza il dualismo onda-particella analizzato dalla più recente teoria quantistica. Nell'ultima sessione, a riprova che il dibattito sulla natura della luce è ancora aperto, vengono presentati alcuni moderni esperimenti di interferenza con i fotoni, attraverso i quali sembra emergere un modello quantistico della luce di tipo corpuscolare: sarebbe

solo a livello macroscopico che i fotoni, nel loro insieme, simulerebbero il comportamento di un'onda.

Ogni modulo è corredato da numerose animazioni opportunamente selezionate dai numerosi siti di fisica diffusi nel *Web*, tutte accompagnate da una breve scheda di presentazione. L'elevato livello di interattività e di sperimentazione delle applet, ottenuto il più delle volte con la tecnologia Shockwave, consente da parte dell'utente una immediata applicazione dei concetti precedentemente studiati cui si aggiungerà, quando il sito sarà ultimato, la possibilità di svolgere una personale autovalutazione usando apposite pagine di test ed esercizi.

Come già detto, il sito rappresenta una novità degna di nota per la didattica della fisica e delle scienze in Italia, meritando grande attenzione da parte di tutti coloro che operano nel mondo della scuola e della divulgazione scientifica: risulta difatti assai variegata la possibilità di ritagliare percorsi formativi di diverso livello concettuale, attraverso ricerche, collegamenti e sperimentazioni, da affiancare all'usuale utilizzo del libro di testo e del laboratorio reale.

5.13 Le Particelle elementari

Un corso completo di fisica moderna di base rivolto allo studio del mondo delle particelle elementari e alla principale chiave d'interpretazione dello stesso, il cosiddetto modello standard, è reperibile alla seguente pagina web: <http://particleadventure.org>, *l'Avventura delle Particelle*, progetto sviluppato da rinomati centri e istituzioni di Ricerca quali il FermiLab e il Cern di Ginevra. Il sito, nel presentare il Modello Standard delle particelle e delle forze fondamentali, evidenzia tre importanti punti di vista della fisica: la teoria, le conferme sperimentali e i relativi problemi aperti e ancora insoluti.

Come si può vedere dall'esame della mappa del sito (figg. 29, 30), sono possibili tre diversi percorsi tematici: il primo, più teorico, prende in esame lo studio delle particelle dal punto di vista delle interazioni fondamentali che le governano: elettromagnetica, elettrodebole, nucleare e gravitazionale, anche se per quest'ultima esistono ancora delle difficoltà sperimentali a farla rientrare in un quadro interpretativo unitario. Il secondo

invece presenta un excursus attraverso i principali fatti ed esperimenti che hanno portato alla costituzione del modello Standard, il terzo infine imposta il discorso da un punto di vista più specificatamente storico e, partendo dalla nascita della meccanica quantistica, introduce il lettore alla scoperta delle leggi che controllano il mondo della materia e dei principali problemi irrisolti, da inquadrare ancora in un esauriente schema interpretativo. L'ipertesto comprende un glossario con numerosi voci e termini che lo studente può consultare in caso di necessità durante la navigazione, così come un elenco esplicativo delle principali unità di misura adottate nelle spiegazioni.

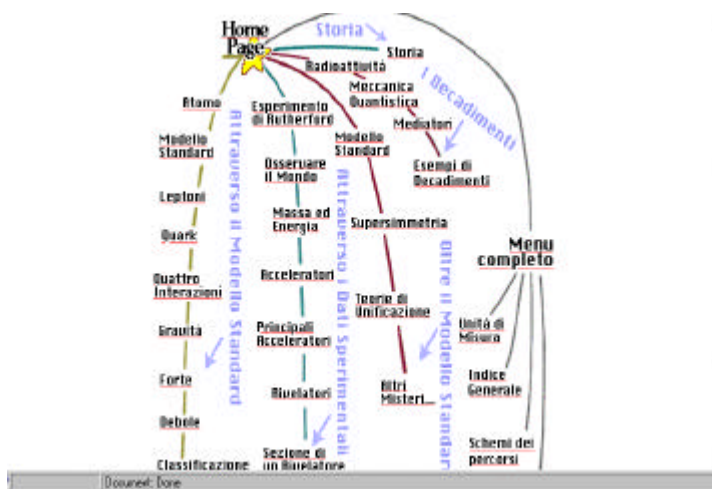


Figura 29

Esiste inoltre la possibilità di orientare il proprio percorso, qualora ci si disperda, e fare il punto della situazione durante la navigazione in rete. Sono anche presenti numerosi test e domande presentate in un linguaggio semplice e colloquiale per saggiare il livello delle conoscenze raggiunte.

Questo sito rappresenta un'utile e interessante risorsa che ha il pregio di una presentazione coinvolgente e accattivante, con disegni, tavole e grafici ben fatti, accattivanti e di sicuro impatto didattico, adatti a consentire all'insegnante la costruzione di opportuni percorsi per i propri studenti.

Sul piano della divulgazione il progetto costituisce un esempio di chiarezza ed allo stesso tempo di profondità

esplicativa su argomenti non del tutto semplici e immediati. Tuttavia l'assenza di esperimenti virtuali fa diminuire, a mio avviso, quella possibilità di interagire direttamente con gli oggetti conoscitivi che caratterizza e contraddistingue la consultazione online, rispetto alla consueta fruizione libreria.

Da un punto di vista più specificatamente interattivo e sperimentale, una possibile integrazione degli argomenti precedentemente illustrati, è consentita collegandosi al sito <http://www.onscreen-sci.com/>

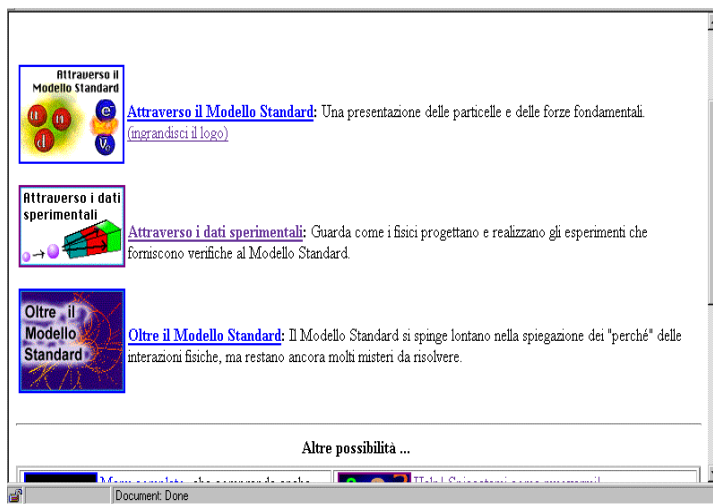


Figura 30

Con il programma *OnScreen Particle Physics* è possibile infatti simulare il funzionamento di una camera a bolle, apparecchio col quale vengono rilevate le particelle elementari utilizzate nello studio delle proprietà della materia.

Questo software, sviluppato nell'ambito del progetto InSight dal centro Harvard-Smithsonian per l'astrofisica, è principalmente dedicato a tutti gli insegnanti che vogliono introdurre nelle loro classi lo studio della fisica moderna e soprattutto intendono far vedere concretamente come procede la ricerca di base sulle particelle elementari. Le simulazioni presentano questa branca della fisica con una serie di attività accessibili a studenti di ogni livello e senza l'uso di una matematica particolarmente avanzata.

Il nucleo del programma risiede nel dispositivo di rilevazione delle particelle, che appare sullo schermo del

computer come una scatola tridimensionale. In essa l'utente può selezionare gli eventi connessi con il decadimento delle particelle, generato in modo *random* come nei veri esperimenti e visualizzato, nella camera di rivelazione, con la traccia che le particelle cariche lasciano a causa della loro interazione con un campo magnetico.

Per distinguere fra loro le particelle, la traccia di queste è presentata con colori diversi, inoltre l'utente può ruotare la camera di rivelazione per esaminare ciò che accade da prospettive diverse, attivando se necessario un *replay* degli eventi: in tal modo si ottiene una efficace rappresentazione degli esperimenti sia rispetto allo spazio che al tempo.

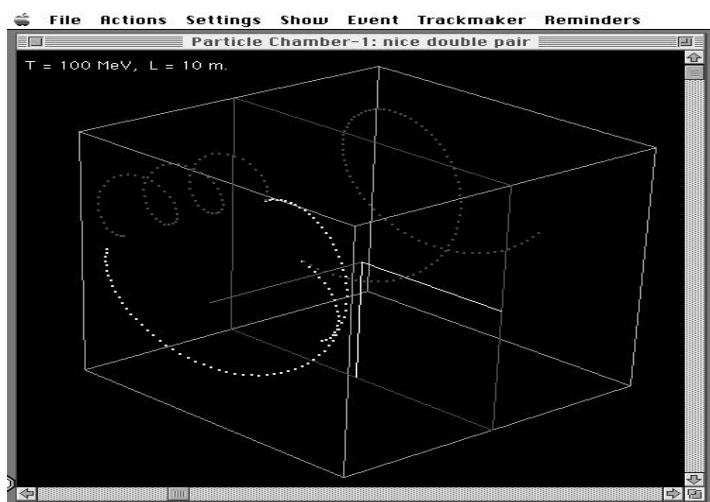


Figura 31

L'utente può gestire numerosi parametri di controllo quali l'energia della particella che deve essere iniettata nel dispositivo, la dimensione di questo, l'intensità del campo magnetico. Altri strumenti consentono una sorta di registrazione elettronica delle misure, in analogia con il lavoro svolto realmente dai fisici, al fine di eseguire le simulazioni riguardanti l'identificazione e la rivelazione della massa e del tempo di vita medio delle particelle.

Il programma cerca naturalmente di sviluppare e incentivare la curiosità e l'intuizione degli studenti anche attraverso situazioni di gioco come ad esempio la simulazione

del moto di una particella carica in un campo magnetico con l'uso di uno speciale dispositivo chiamato *Trackmaker*.

Gli eventi ritenuti interessanti possono essere salvati su disco per essere in seguito stampati e analizzati, fatto questo che consente tra l'altro ai docenti di comprendere il livello delle conoscenze raggiunte dagli allievi.

In figura 31 è mostrato l'evento relativo alla rilevazione di un pione neutro non direttamente rilevabile. Il pione però decade in due fotoni la cui successiva annichilazione produce una coppia elettrone-positrone, particelle queste ultime che, essendo cariche possono essere rilevate nella camera a nebbia. In questa il campo magnetico genera una forza che fa curvare le due particelle: l'elettrone in senso orario (mostrato in rosso) e la sua antiparticella (indicata in giallo) in senso antiorario.

Con un particolare dispositivo si può proiettare un evento nel piano perpendicolare al campo magnetico: ad esempio un pione che entra da sinistra e decade in un muone e in un elettrone. Dal calcolo dell'energia e del momento della quantità di moto caratteristici di questo processo, si deduce che devono esserci anche dei neutrini. Un nastro di misura interattivo consente allora di ricavare la traccia del muone: infatti dalla conoscenza del raggio di curvatura si può risalire, attraverso una semplice relazione matematica rintracciabile in un apposita finestra-memo, al momento della quantità di moto della particella in esame e quindi alla sua identificazione.

6. Riepilogo generale degli indirizzi Internet

Cerchiamo Informazioni su:	Le informazioni vengono fornite da:	nel Sito:
Applet di fisica generale	Dipartimento Ingegneria Università dei Paesi Baschi	http://scsx01.sc.ehu.es/sbw/b/fisica/default.htm
Applet di fisica generale	Webphysics	http://webphysics.ph.msstate.edu/jc/library/4-7a/index.html
Applet di fisica generale	Dipartimento Fisica Università dell'Oregon – USA	http://jersey.uoregon.edu/vlab/Momentum/index.html
Applet di fisica generale	SoftwareHouse Casco Associates	http://www.mcasco.com/pla1dsem.html
Applet di fisica generale	Dipartimento Fisica Università Virginia	http://www.phys.virginia.edu/classes/109N/more_stuff/Applets
Applet: moto in un campo gravitazionale	Sito web Aracnoid	Http://arachnoid.com/gravitation
Applet di fisica generale	ADN Applicazioni Web S. Diego California	http://www3.adnc.com/~topquark/fun/JAVA/electmag/electmag.html
Applet di fisica generale	Explorescience	http://www.explorescience.com
Applet di fisica generale	Ku Hwang Dipartimento Fisica Università di Taiwan	http://www.phy.ntnu.edu.tw/~hwang

Applet di fisica generale	Sito curato da Walter Fendt	http://home.a-city.de/walter.fendt/
Apprendimento tecnologie	Progetto Physics 2000 Università del Colorado	http://www.Colorado.EDU/physics/2000/index.pl
Apprendimento tecnologie Fisica del volo e aerodinamica	NASA - USA -	http://www.lerc.nasa.gov/WWW/K-12/airplane/bga.html
Apprendimento tecnologie	NASA - USA -	http://www.grc.nasa.gov/WWW/K-12)
Apprendimento tecnologie Geomagnetismo	NASA - USA -	http://www.phy6.org/Education/Intro.html
Apprendimento tecnologie Fisica e Sport	NASA - USA -	http://wings.avkids.com/tennis
Apprendimento tecnologie Suono e percezione	ThinkQuest	http://library.thinkquest.org/19537/Main.html
Apprendimento tecnologie Fisica dei materiali	Laboratori Università di Berkley	http://www.lbl.gov/MicroWorlds/module_index.html
Attività museali Storia della fisica	Museo Nazionale Scienza e Tecnica Leonardo da Vinci - Milano	http://www.museoscienza.org/museovr/Default.htm
Attività museali Storia della fisica	Museo Storia della Scienza Firenze	http://www.imss.firenze.it
Attività museali Storia della fisica	Città della Scienza - Napoli	http://www.cittadellascienza.it
Attività museali Storia della fisica	Deutsches Museum Monaco di Baviera	www.deutsches-museum.de

Attività didattiche Multimediali	Casa editrice MC Graw- Hill	<a href="http://www.mhhe.com/phys
sci/physical/jones/">http://www.mhhe.com/phys sci/physical/jones/
Attività didattiche Multimediali	Casa Editrice Zanichelli - Bologna	http://zanichelli.it
Attività Multimediali	Laboratorio Immaginario Scientifico di Trieste	<a href="http://www.immaginario.
scientifico.it">http://www.immaginario. scientifico.it
Didattica della fisica	Sito curato da Walter Fendt	<a href="http://home.t-
online.de/home/wfendt/link
phys.htm">http://home.t- online.de/home/wfendt/link phys.htm
Didattica fisica online	Progetto Webphysics: Davidson College Usa	<a href="http://webphysics.davidson
.edu/applets">http://webphysics.davidson .edu/applets
Didattica fisica online	Dipartimento di Fisica Università di Bari	<a href="http://www.ba.infn.it/www/
didattica.html">http://www.ba.infn.it/www/ didattica.html
Divulgazione Scientifica	Progetto Ulisse SISSA - Trieste	http://Ulisse.sissa.it
Domande e questioni di fisica generale	Physlink	<a href="http://www.physlink.com/
Education/AskExperts/Ind
ex.cfm">http://www.physlink.com/ Education/AskExperts/Ind ex.cfm
Fisica dei cristalli	Università Caltech USA	<a href="Http://www.its.caltech.edu
~atomic/snowcrystals">Http://www.its.caltech.edu ~atomic/snowcrystals
Fisica dello stato solido e del Plasma	Progetto IPPEX Internet Plasma Physics Experience	<a href="http://ippex.pppl.gov/intera
ctive/">http://ippex.pppl.gov/intera ctive/
Fisica delle particelle elementari	<i>The Particle adventure</i> L'avventura delle Particelle	<a href="http://particleadventure.
org">http://particleadventure. org
Fisica delle particelle elementari	Istituto Nazionale Fisica Nucleare	<a href="http://wwwps.lnf.infn.it/pa
rticle/paitaliano/preview.ht
ml">http://wwwps.lnf.infn.it/pa rticle/paitaliano/preview.ht ml

Laboratorio moti oscillatori e dinamica non Lineare	Dipartimento Fisica Università di Basilea	http://monet.physik.unibas.ch/~elmer/pendulum/index.html
Laboratorio virtuale	IFMSA Weblab Dipartimento Fisica medica Università di Messina	http://ww2.unime.it/diparti/i_fismed/wbt/index.html
Laboratorio virtuale	Internet Pilot to Physics	http://physicsweb.org/TIPTOP/VLAB
Modulo sulla Relatività Speciale	<i>Il Cono di Luce</i> Università Syracuse Usa	http://suhep.phy.syr.edu/courses/modules/LIGHTCONE
Progettazione di Esperimenti	Exploratorium di S. Francisco	http://www.exploratorium.edu/snacks/snacksbysubject.html
Progetto LibLab Fisica e multimedialità	Centro Ricerche Studi Superiori e Sviluppo Sardegna CRS4	http://www.crs4.it/~mamelia/JAVA/LibLabE.html
Questioni generali didattica multimediale	Rivista elettronica Telemà	http://www.fub.it/telema/TELEMA12/Telema12.html
Risorse generali per la didattica della fisica	Dipartimento fisica sperimentale Università di Torino	http://www.unito.it/unito/dipart/dfs/tidf/sommario.html
Risorse generali fisica	Sito curato da E. Weisstein	http://www.treasuretroves.com/physics
Risorse generali Scientifiche online	Motore di ricerca Yahoo	http://dir.yahoo.com/Scienze/physics
Risorse didattiche: Fisica e antimateria	CERN: Centro Europeo Ricerche Nucleari	http://livefromcern.web.cern.ch/livefromcern/antimatter
Scienza divertente Risorse didattiche	Physlink	http://www.physlink.com/fun.cfm

Software per lo studio e la rilevazione delle particelle elementari	<i>Progetto Insight</i> Centro Harvard-Smithsonian per l'astrofisica	http://www.onscreen-sci.com/
Software per videoconferenze online	RealAudio.com	http://www.realaudio.com
Software per simulazioni	Knowledge Revolution Inc. Usa	www.Krev.com
Storia della fisica	American Institute of Physics	http://www.aip.org/history/web-link.htm
Storia della fisica	America Physical Society	http://timeline.aps.org/APS_index.html
Tesi sulle didattiche multimediali	Dott. Maria Mennea Dipartimento fisica Bari	http://www.ba.infn.it/~evangel/Tesi.html
Tesi sulle didattiche multimediali	Dott. Maria Cecilia Coperchio Dipartimento fisica Bologna	http://axdel1.bo.infn.it/pub/thesis_cecilia/tesi.html

