

LE MANI SULLA QED

- un gioco scientifico basato sui diagrammi di Feynman -

Progetto di divulgazione scientifica dell'Infn nell'ambito dell'anno della fisica.

Proponenti: Luciano Canton, Massimo Pietroni, Infn-Padova.

Target:

L'attività proposta può essere collocata nei seguenti ambiti:

- Iniziative di divulgazione scientifica Infn (sia locali che nazionali)
- Attività di divulgazione scientifica nelle scuole secondarie superiori
- Giornate `porte aperte' nelle Università e nei laboratori
- Laboratori didattici in musei scientifici

Descrizione:

Il progetto è la continuazione di un'attività iniziata da Massimo Pietroni nel 2001 a Padova, e sviluppata inizialmente come tesi per il Master in Comunicazione della Scienza presso la Sissa di Trieste (relatore Alessandro Pascolini).

Si tratta di un gioco scientifico basato sui diagrammi di Feynman per l'elettrodinamica quantistica (QED). E' un gioco di costruzioni, in cui i tre elementi base della QED, cioè elettroni, fotoni, e vertici di interazione, diventano oggetti reali, manipolabili. Le regole delle interazioni fra particelle elementari sono tradotte in vincoli meccanici sui tipi di incastro possibili tra gli elementi del gioco. Combinando fra loro i vari pezzi seguendo le regole di incastro, nel corso del gioco ci si familiarizza con alcuni concetti base della fisica delle particelle.

Ne citiamo alcuni:

L'indistinguibilità delle particelle identiche. Il mondo è fatto di miriadi di particelle (sia che si tratti di elettroni, atomi o molecole) che rappresentano tutte delle copie identiche e indistinguibili che godono esattamente delle stesse proprietà. Si suppone che studenti delle scuole secondarie abbiano già una certa familiarità con questo concetto, per esempio attraverso la tavola di Mendeleev, le nozioni base di chimica, termodinamica e elettrologia, per cui la ripresa di questo concetto nell'ambito delle particelle elementari costituisce una porta per loro non totalmente sconosciuta verso il mondo della QED.

L'interazione fra particelle come scambio di mediatori (le particelle virtuali). Questo concetto appare in tutti gli ambiti della fisica delle particelle, e nel linguaggio dei diagrammi di Feynman la presentazione risulta particolarmente trasparente.

La creazione e distruzione di particelle. Questo concetto viene introdotto attraverso il ragionamento sul vertice d'interazione. L'esistenza dei fenomeni di creazione e distruzione di materia e' un concetto alieno all'esperienza comune. Con i diagrammi di Feynman il concetto viene reso trasparente dall'utilizzo del vertice, il quale può essere usato sia per costruire l'interazione fra particelle, attraverso lo scambio di particelle virtuali, sia come processo per la creazione o distruzione di particelle reali.

L'esistenza delle anti-particelle e dell' anti-materia.

La parentela fra materia e anti-materia si manifesta nella lettura delle linee elettroniche secondo direzioni orientate, dando significato al verso della linea secondo la direzione di scorrimento del tempo.

Le leggi di conservazione. Con i fenomeni della produzione e dell'annichilazione delle particelle, si perde l'idea di immutabilità degli elementi particellari che costituiscono la realtà materiale. Si tende naturalmente ad attribuire carattere di immutabilità alla materia. Invece attraverso i diagrammi di Feynman scopriamo che al frammento elementare di materia (esempio l'elettrone) non riusciamo ad attribuire quel carattere di permanenza o conservazione, in quanto l'elettrone si può annichilire attraverso l'interazione con un anti-elettrone, per poi venire prodotto nuovamente attraverso una produzione di coppie. Si passa così da una visione di realismo materiale di tipo ingenuo, ad una visione in cui il carattere di immutabilità viene attribuito non all'oggetto materiale elementare, bensì ad un numero, costituito dal numero di elettroni meno il numero di anti-elettroni.

In questo modo si può presentare il principio di conservazione della carica e altri principi di conservazione in un contesto dove il numero totale delle particelle non viene più conservato.

Il gioco è stato sperimentato - con ottimi risultati - in diverse scuole superiori e in occasione di dimostrazioni pubbliche presso l'Università di Parma. L'attività tipica comincia con una breve spiegazione del contesto in cui vengono normalmente utilizzati i diagrammi di Feynman. Si mette in luce come questi siano uno strumento di lavoro dei fisici teorici per descrivere i processi fisici che vengono osservati negli esperimenti di fisica delle particelle.

Una volta illustrate le regole del gioco, si suddivide l'uditorio in gruppi di lavoro di tre-quattro persone. A ogni gruppo viene assegnato un certo numero di pezzi e un libretto-questionario, che ha il compito di stimolare l'esplorazione delle regole del gioco. Ad esempio, si chiede di realizzare nel modo più semplice un processo elementare (come elettrone-positrone -> elettrone positrone), di fare considerazioni sul numero di pezzi dei vari tipi utilizzati, sulla presenza o meno di particelle virtuali, sulla possibilità di realizzare lo stesso processo in un altro modo. Altre domande possono ad esempio richiedere la costruzione di processi impossibili (come elettrone-positrone -> elettrone elettrone) per fare scoprire `a mano' il principio della conservazione della carica elettrica. Il progetto e le attività realizzate sono descritti più in dettaglio in refs. [1,2,3].

Stato del progetto e sviluppi futuri:

Attualmente la fase di sperimentazione è conclusa e, sulla base delle esperienze fatte finora, ci proponiamo di sviluppare il progetto in tre direzioni:

- 1) passaggio dalla fase di prototipo alla produzione in quantità importanti dei set da gioco;
- 2) sviluppo dei supporti didattici e divulgativi alle attività di gioco (libretti-questionari, cd-rom, sito Web);
- 3) diffusione del gioco e formazione di insegnanti e `divulgatori' finalizzata al suo utilizzo nei rispettivi ambiti di attività.

Il primo punto prevede ***la costruzione in serie dei pezzi*** relativi ai tre tipi di oggetti che compongono il gioco. In collaborazione con gli architetti Matteo Bazzicalupo e Vittorio Turla si è cercato di sviluppare nuove soluzioni realizzative rispetto a quelle utilizzate per il prototipo, che fossero più efficaci dal punto di vista comunicativo, più gradevoli esteticamente, e più economiche. Il lavoro fatto è confluito nella tesi di laurea di Vittorio Turla al Politecnico di Milano [4]. Allo stato, esistono progetti quasi definitivi per la realizzazione degli oggetti in materiale siliconico (si veda All. 1), e si stanno definendo i dettagli sulle possibili soluzioni per la realizzazione degli incastri (meccanici o magnetici). Una volta definiti i progetti, si tratterà realizzare gli stampi metallici per la fusione dei tre tipi di pezzi (elettrone, fotone, vertice), il che rappresenta la parte

economicamente più onerosa del progetto. Stampi di buona qualità permetteranno poi di realizzare i pezzi in breve tempo e nella quantità voluta, a prezzi contenuti.

Il secondo punto prevede la **revisione dei libretti-questionari** utilizzati fino ad ora sulla base delle esperienze fatte e avvalendosi in particolare delle competenze didattiche ed epistemologiche di Luciano Canton. Ci proponiamo di produrre due tipi di supporti cartacei: un questionario da utilizzare durante le prime esperienze col gioco, e un testo di approfondimento che leghi le esperienze fatte sul campo di gioco ad aspetti più generali della fisica delle particelle. Questo materiale verrà poi presentato anche sotto forma di CD-Rom e, in un secondo momento, in un sito Web.

Il terzo punto riguarda la **diffusione di questo materiale in un ambito didattico/divulgativo**. Una attività legata ai diagrammi di Feynman si colloca naturalmente nell'ambito di una qualunque iniziativa di divulgazione promossa dall'Infn: dalle visite guidate ai laboratori e ai dipartimenti di Fisica, alle attività di laboratorio didattico associate a mostre e musei scientifici. Si intende mettere a disposizione di tutte le sezioni Infn che ne facciano richiesta i materiali prodotti e l'esperienza acquisita.

Si prevede un inserimento di questa attività nell'ambito dei corsi di fondamenti storico - epistemologici della fisica, nell'ambito delle scuole SIS del Veneto per la formazione degli insegnanti in fisica, matematica e informatica di scuola secondaria.

In appoggio a questa attività di diffusione, si potranno organizzare cicli di conferenze nelle scuole secondarie, coordinati con attività di laboratorio in classe sui diagrammi di Feynman da parte dell'insegnante accogliente.

Padova, 26 novembre, 2004

Luciano Canton , Massimo Pietroni.

Bibliografia

[1] *“Le mani sulla QED: un progetto di comunicazione scientifica con i diagrammi di Feynman”*, M. Pietroni, tesi per il conseguimento del Master in Comunicazione della Scienza – Sissa- Trieste, giugno 2001.

[2] *“Feynman diagrams as metaphors: borrowing the particle physicist’s imagery for science communication purposes”*, A. Pascolini e M. Pietroni, *Physics Education*, 37 (2002) 324.

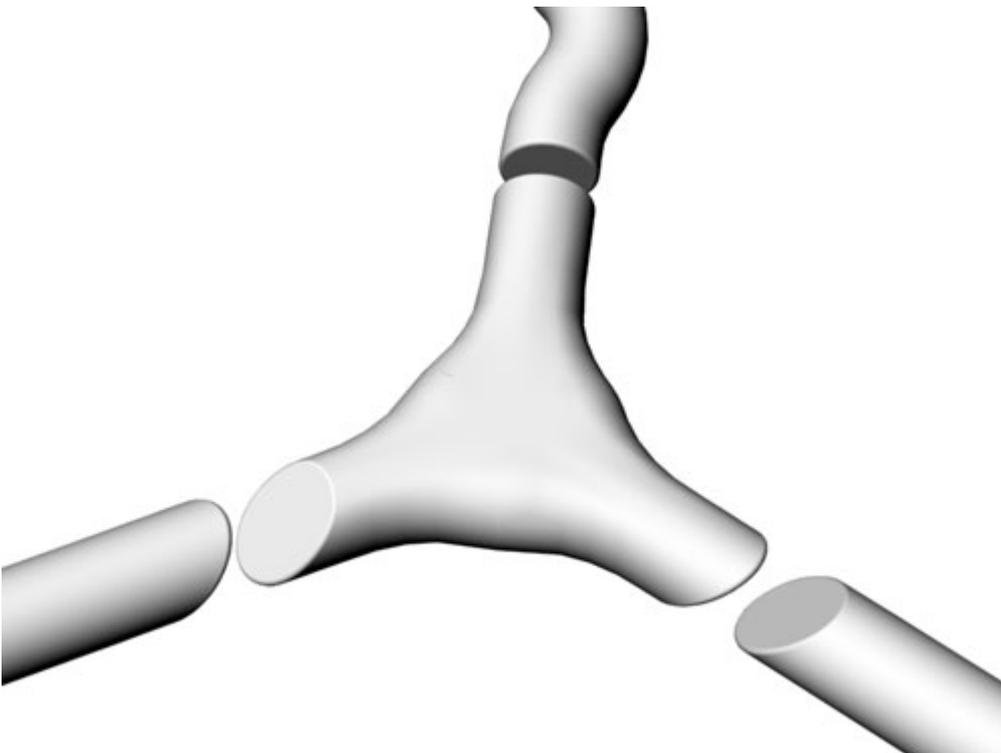
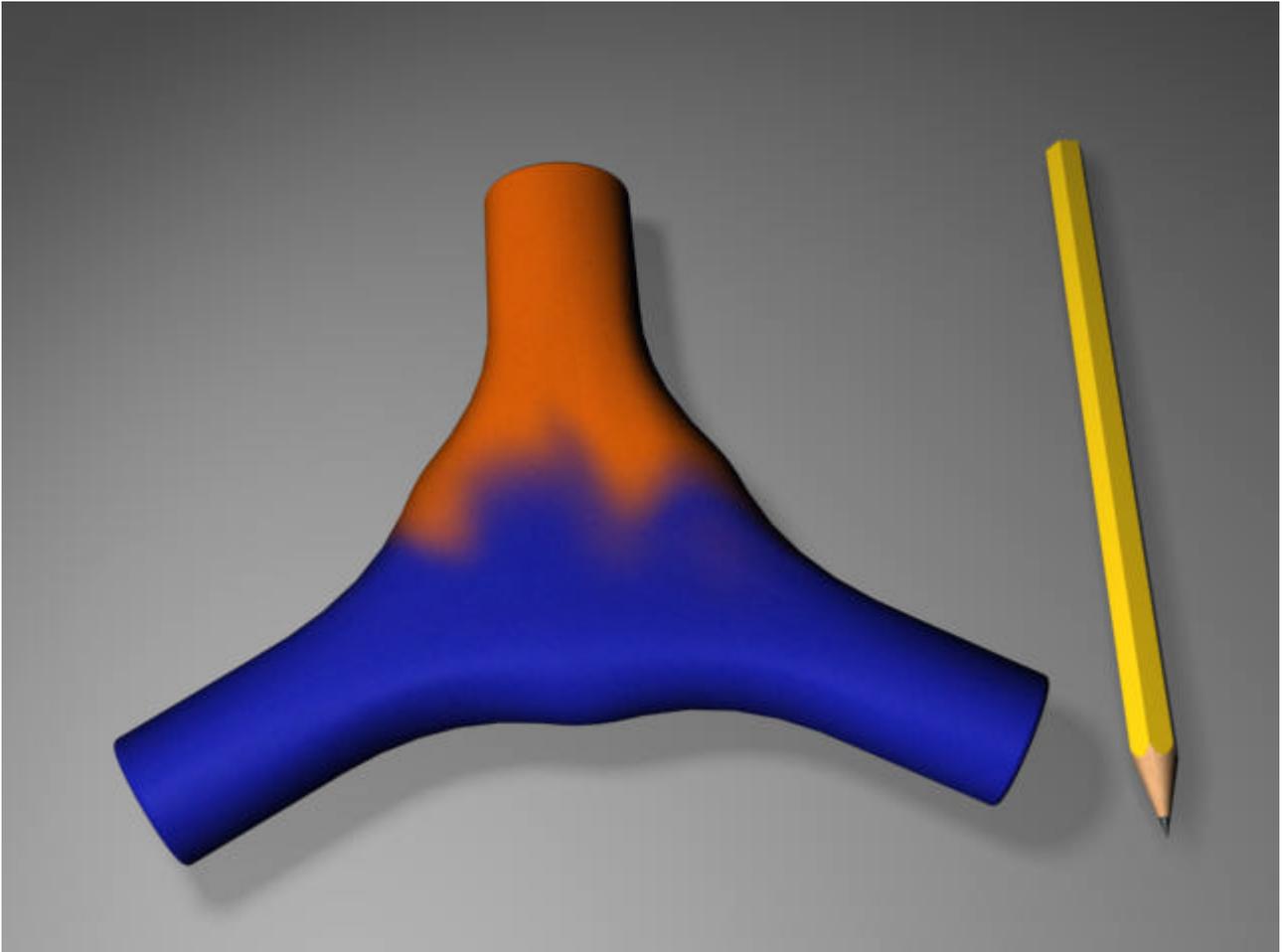
[3] *“Metafore elettrodinamiche: comunicare la fisica delle particelle usando i diagrammi di Feynman”*, M. Pietroni, *Jekyll.comm*, 1, marzo 2002.
(http://jekyll.comm.sissa.it/articoli/art01_05_eng.pdf)

[4] *“Progettare per la comunicazione”*, V. Turla, tesi di laurea in Architettura, Politecnico di Milano, a.a. 2001-2002.

Allegati

- 1) Alcune soluzioni progettuali per i pezzi del gioco (da ref. [4]).
- 2) Alcune foto scattate durante dimostrazioni in classe.

Allegato 1: Alcune soluzioni progettuali per i pezzi del gioco (da ref. [4]).



Allegato 2: Alcune foto scattate durante dimostrazioni in classe.

