

# Scienza ludica: impariamo l'ottica con il LEGO

MIUR DD 564/ Ric / 21 marzo 2006 (GU 73 del 28 marzo 2006)

## RELAZIONE SCIENTIFICA FINALE

### Premessa

La realizzazione di un esperimento di ottica richiede l'utilizzo di lenti, specchi, prismi, filtri, sorgenti luminose, rivelatori ecc., ognuno dei quali deve essere accuratamente posizionato. Per fare questo si impiegano un gran numero e varietà di montaggi meccanici che risultano spesso di difficile reperibilità e che finiscono per rappresentare il costo maggiore dell'esperimento. La nostra idea è stata quella di utilizzare il LEGO per svolgere questo compito.

Nell'Agosto del 1997 a Delft, in Olanda, fu presentato al "Fifth International Topical Meeting on Education and Training in Optics" il lavoro Play Optics with LEGO. Da subito suscitò un grande interesse, tale da ricevere l'attenzione della stampa specialistica e non. La rivista Opto & Laser Europe ci dedicò un articolo e la copertina del numero di Ottobre. Su The Daily Telegraph del 30 Settembre '97, nella rubrica connected, uscì un articolo sul nostro lavoro. Poi fu la volta del The Guardian nella rubrica online Technology.

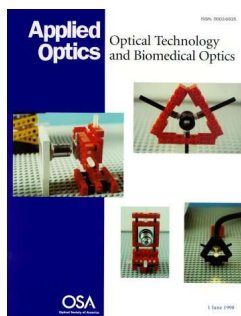
Applied Optics ed il Giornale di Fisica ci dedicarono entrambi la copertina. Laser Focus World parlò di noi nel numero di Settembre 1998. Photonics Spectra in quello di Ottobre 1998.

Da allora, se liberi da impegni di ricerca più pressanti, abbiamo continuato a realizzare con alterne vicende, vari esperimenti e configurazioni ottiche. Abbiamo partecipato a congressi ed eventi culturali quali le prime due edizioni del Festival della scienza (Genova 23/10/ - 3/11/ 2003 e 28/10/- 8/11/ 2004).

Sempre la rivista Opto & Laser Europe nel Novembre 2002 in occasione dei suoi dieci anni di attività ci ricordò nuovamente in copertina come una delle cose pubblicate più significative.



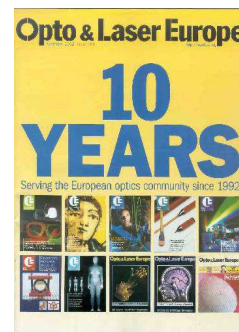
Rif. 4



Rif. 2



Rif. 3



Rif. 11



Rif. 5

### Attività prevista

L'attività consisterà nella realizzazione di un sito internet: registrazione di un dominio e predisposizione hosting; definizione struttura e progettazione grafica; realizzazione tecnica delle sezioni statiche e dinamiche; inserimento dei contenuti generali.

Si passerà quindi alla scelta e realizzazione degli esperimenti (circa 10): ricerca di mercato per l'individuazione di componenti ottici, di plastica, a basso costo; progettazione e realizzazione di alcuni prototipi di interfaccia ottiche-LEGO e valutazione della miglior configurazione; progettazione e realizzazione degli esperimenti proponendo più montaggi alternativi in modo da consentire al maggior numero di utenti la realizzazione dell'esperimento con i componenti LEGO già in loro possesso, o addirittura, anche in mancanza di LEGO; documentazione dell'esperimento e suo inserimento nel sito.

Realizzazione di 10 - 15 esemplari di un prototipo di kit di elementi ottici. Questa si articolerà nelle seguenti fasi: progettazione grafica ed editoriale; fabbricazione delle interfacce ottiche-LEGO necessarie; acquisto del materiale ottico ed eventuale modifica e/o lavorazione; documentazione manualistica.

Infine seguirà una fase di sperimentazione che consisterà in: pubblicizzazione dell'iniziativa; distribuzione dei kit alle strutture coinvolte per valutarlo sia da un punto di vista didattico che tecnico in vista di una eventuale futura produzione; eventuale distribuzione del kit ad altre istituzioni che ne facciano richiesta; raccolta delle valutazioni e proposte di modifica e/o integrazione.

Possibili sviluppi futuri dell'iniziativa saranno: l'eventuale modifica e/o integrazione con nuovi esperimenti del kit e del sito in base alle proposte raccolte nella fase di sperimentazione; produzione e distribuzione del kit nel caso si individuino ditte e sponsor disponibili.

### Risultati attesi

Sito internet dedicato alla diffusione della cultura ottica con le seguenti caratteristiche e così strutturato: Il sito sarà indirizzato in primo luogo a studenti delle scuole di ogni ordine e grado ma, più in generale, sarà interessante per tutti gli appassionati di scienza e giochi scientifici.

Sarà edito in Italiano e Inglese in modo da essere fruibile a livello internazionale.

Verranno inizialmente proposti circa 10 esperimenti per dimostrare le interessanti proprietà della luce e dell'ottica. Gli esperimenti richiederanno l'utilizzo del kit (di seguito descritto) oppure di elementi ottici equivalenti che l'utente potrà procurarsi per proprio conto. Per questo, il sito fornirà un gran numero di utili informazioni e link.

Il sito sarà strutturato in modo dinamico cioè tale da permettere agli utilizzatori di contribuire attivamente al suo sviluppo con la loro creatività, proponendo nuovi esperimenti e modifiche come avviene sempre più spesso (per es. l'enciclopedia online Wikipedia; <http://wikipedia.org>).

Prototipo di kit di Ottica realizzato in 10-15 esemplari da distribuire ad enti ed istituzioni interessati a contribuire all'iniziativa, per la sua valutazione e divulgazione. Il kit consentirà la realizzazione di circa 10 esperimenti e conterrà:

Un certo numero di elementi ottici in materiale plastico e di basso costo quali ad esempio: lenti sferiche e cilindriche, specchi, prismi, fibre ottiche, filtri polarizzatori, lamine birifrangenti, filtri colorati, reticoli di diffrazione, lenti di Fresnel ecc..

Elementi meccanici utili per interfacciare le suddette ottiche con il LEGO. Questi elementi di

interfaccia verranno progettati in modo tale da permettere in utile impiego anche per chi non utilizzerà il LEGO come materiale di supporto.

Documentazione degli esperimenti (schede didattiche ed istruzioni di montaggio) in modo tale che anche chi non abbia accesso ad internet sia in grado di utilizzare il kit.

### Soggetti interessati all'iniziativa

**CIDI** Il Centro di Iniziativa Democratica degli Insegnanti (<http://www.cidi.it>)

**EOS** The European Optical Society (<http://www.europeanopticalsociety.org>)

**SIOF** L'Associazione (Società Italiana di Ottica e Fotonica; <http://siof.ifac.cnr.it>)

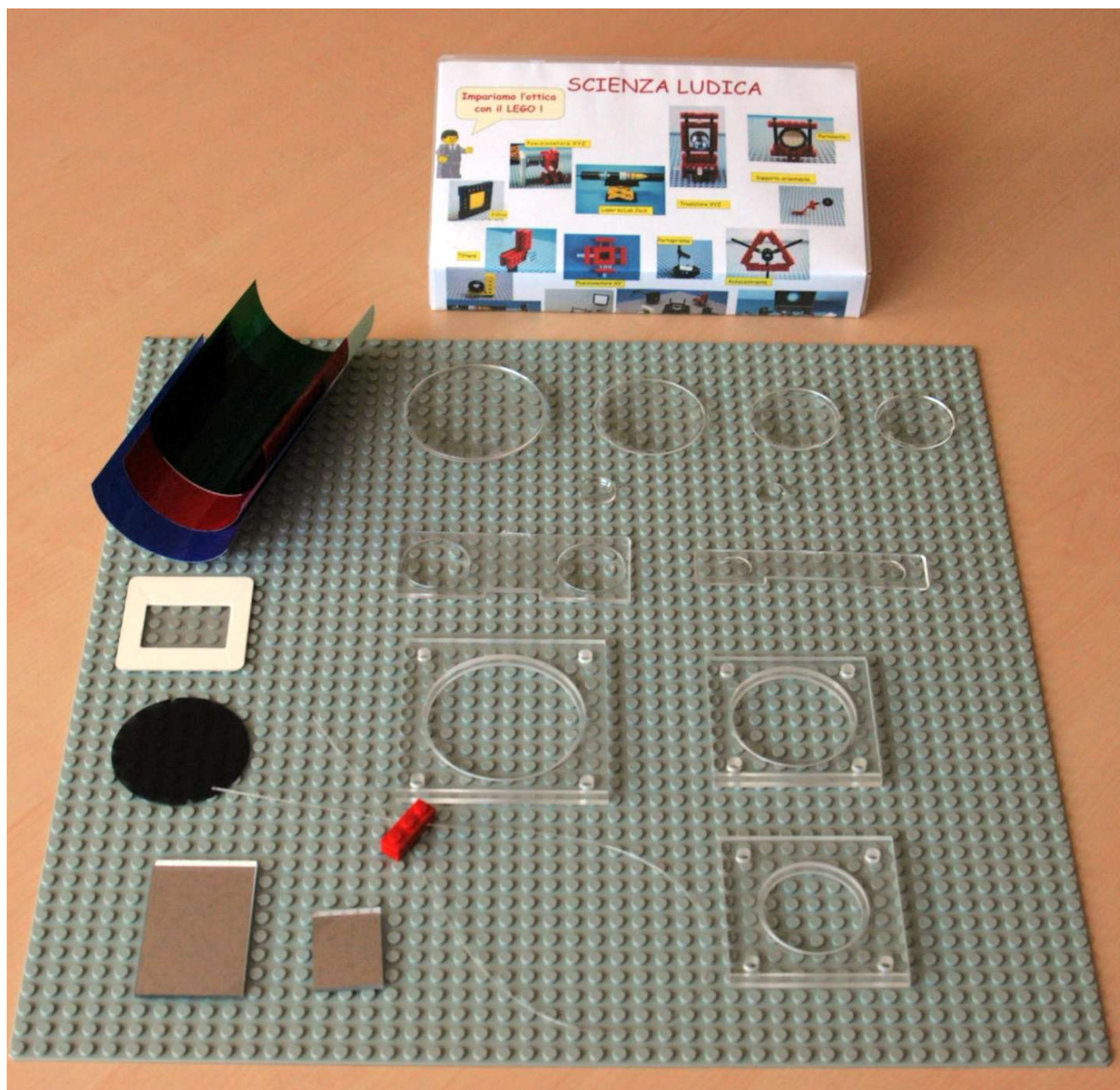
**CEEEO** Tufts University's Center for Engineering Educational Outreach (<http://www.ceeo.tufts.edu>)

### Riferimenti

1. F. Quercioli, A. Mannoni, B. Tiribilli, and S. Acciai, *Play Optics with LEGO*, Proc. SPIE **3190**, 233-242 (1997). (<http://siof.ifac.cnr.it/rivista.html>)
2. F. Quercioli, A. Mannoni, B. Tiribilli, and S. Acciai, *Optomechanics with LEGO*, *Appl. Opt.*, **37**, 3408-3416 (1998).
3. F. Quercioli, A. Mannoni, B. Tiribilli, e S. Acciai, *Il LEGO<sup>TM</sup> nel laboratorio di ottica*, *Giornale di Fisica*, 39, 67-82, 1998.
4. J. Bell, *Toy box supplies parts for teacher's light table*, *Opto & Laser Europe* **44**, 32-34 (1997).
5. Aisling Irwin, "Optic scientists take a shine to Legoland" *The Daily Telegraph*. "Connected", 859, 30 September 1997.
6. Michael Brooks, "Jobs for the toys", *The Guardian Online - Technology*, 3 December 1997.
7. Y. Carts-Powell, *LEGO blocks prop up optics*, *Laser Focus World*, 34, n° 9, 24-28, 1998.
8. "Lego goes to school" *Phys. Educ.* Vol. 33 No 1 (January 1998).
9. *Opto & Laser Europe Millennium Issue 2000 Highlights* **69**, 58 (1999).
10. S. Acciai, A. Bartoli, F. Quercioli, B. Tiribilli, M. Vassalli, "Play Optics with LEGO" INFMeeting 2001 - ROMA, 18-22 GIUGNO 2001. Abstracts p.91.
11. 1992-2002: a tribute to a decade of OLE *Opto & Laser Europe* **100**, 24-33 (2002).
12. Exhibit: "Ottica Ludica: impariamo l'ottica con il Lego" Festival della scienza, Genova 23/10 - 3/11 2003 e 28/10 - 8/11 2004.

## Consuntivo dei risultati ottenuti

### Il kit



Elenco del materiale contenuto nel prototipo di KIT:

(E' da precisare che non tutto il materiale proposto è stato utilizzato in questa prima serie di esperienze)

- Lenti ed altro materiale ottico in metacrilato di produzione NAVIR:

Art. LT001      Lente 35 mm.      +5,50 diottrie



Art.	LT002	Lente 40 mm.	+5,25	diottrie
Art.	LT003	Lente 50 mm.	+3,75	diottrie
Art.	LT004	Lente 60 mm	+3,50	diottrie
Art.	LT005	Lente NEGATIVA	-12	diottrie
Art.	LT006	Lente 13 mm.	+34	diottrie
Art.	LT007	Piastrina Lente Oculari	-24	diottrie
Art.	LT008	Piastrina Lenti Obiettivi	+12	diottrie
Art.	MS089	Specchio mm 58x38		
Art.	MS092	Specchio mm 33x24		

- Altro materiale:

reticolo di diffrazione 5x5 mm

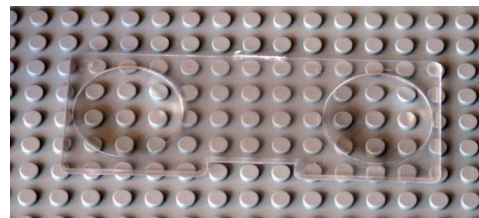
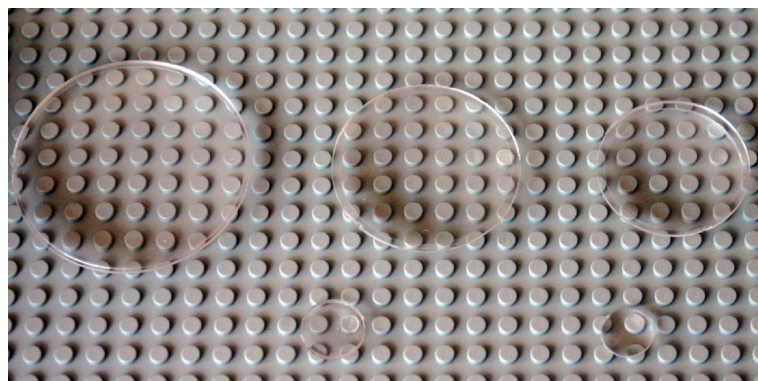
filtri rosso, verde, blu 10x10 mm

polarizzatore

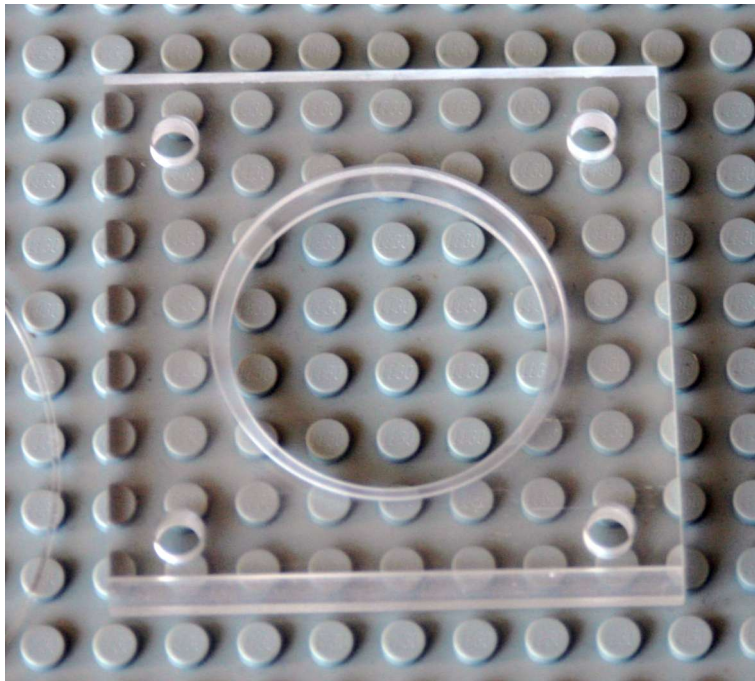
fibra ottica

- interfacce ottiche-LEGO

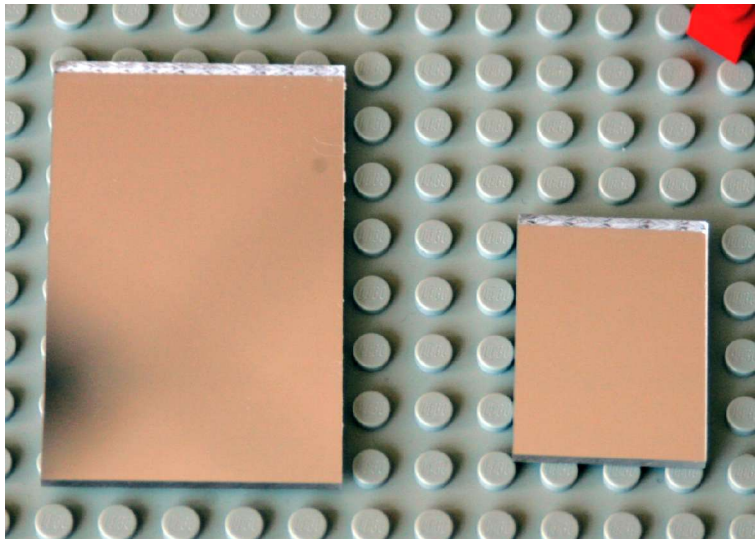
Nel preventivo dell'attività era previsto di inserire nel kit anche i supporti di interfaccia ottiche-LEGO, progettati e realizzati tramite lavorazione meccanica di una lastra di plexiglas. A causa del costo elevato di questo tipo di lavorazione, si è deciso di non inserirli nel kit. In alternativa, sarà possibile scaricare dal sito il disegno delle interfacce e le relative istruzioni per la loro realizzazione.



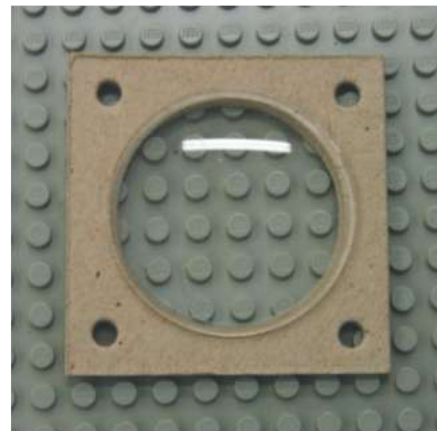
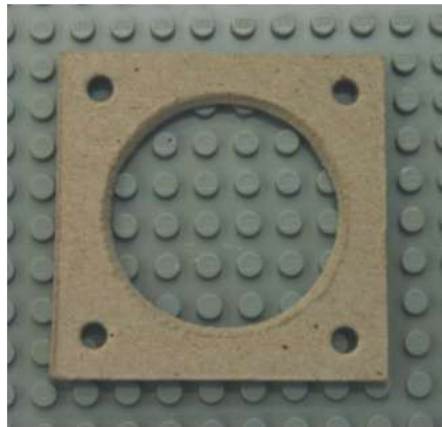
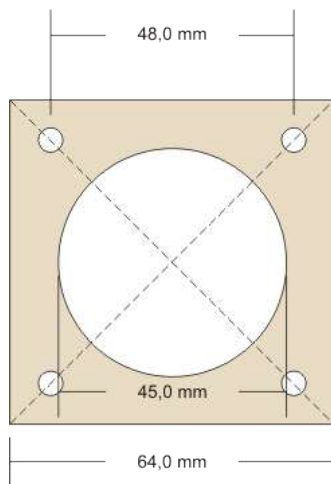
dettaglio delle lenti



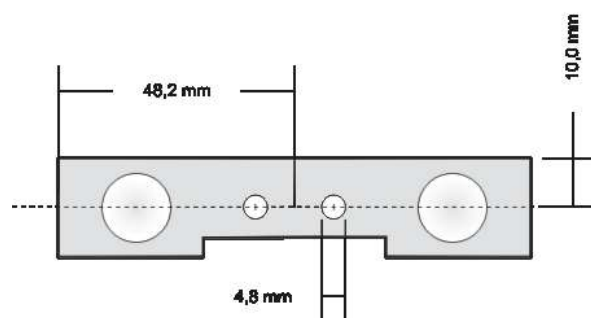
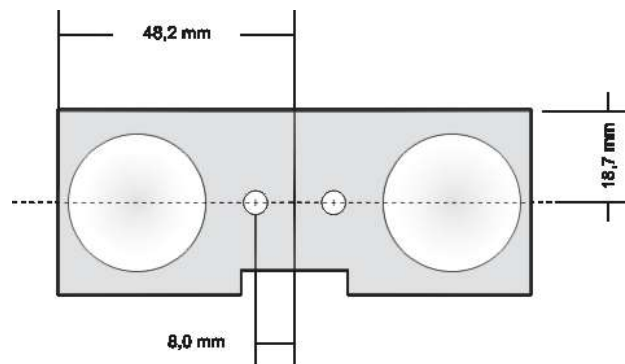
dettaglio di un supporto di interfaccia ottiche-LEGO  
realizzato tramite lavorazione meccanica di una lastra di  
plexiglas



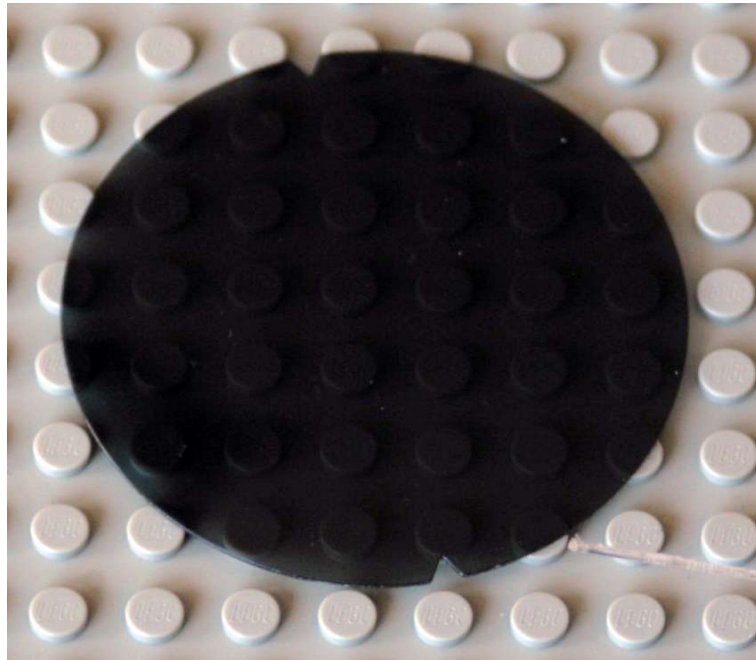
dettaglio degli specchi



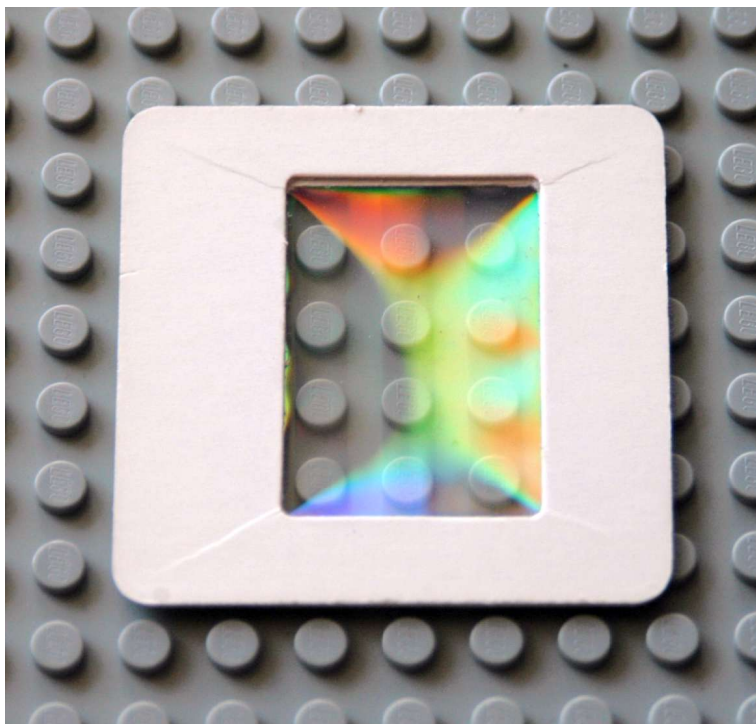
esempio di disegno di un supporto di interfaccia ottica-LEGO e relativa realizzazione in cartone



schema di foratura per la Piastrina Lenti Oculari

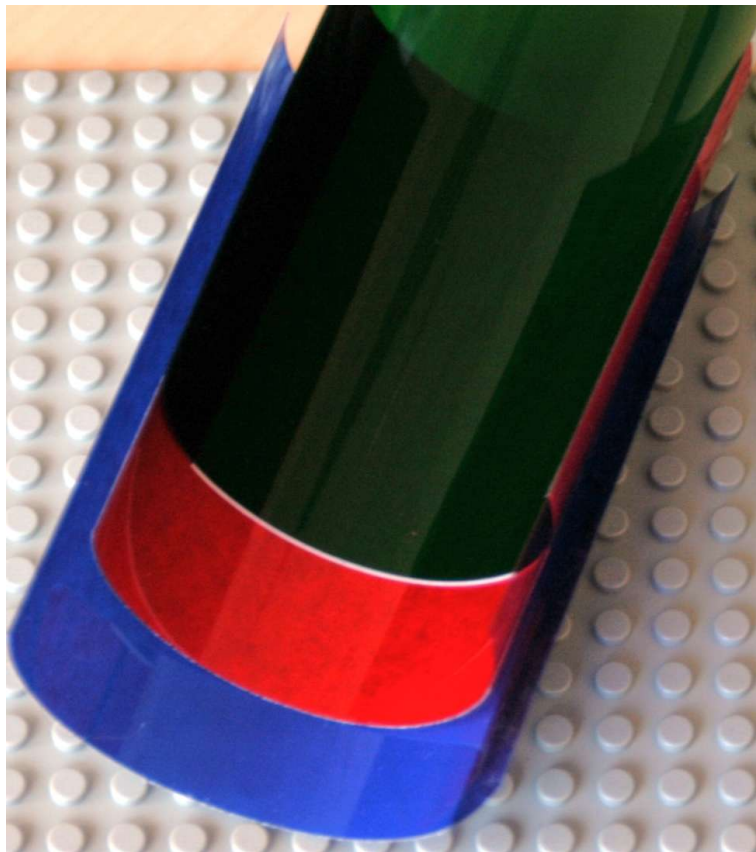


dettaglio del polarizzatore

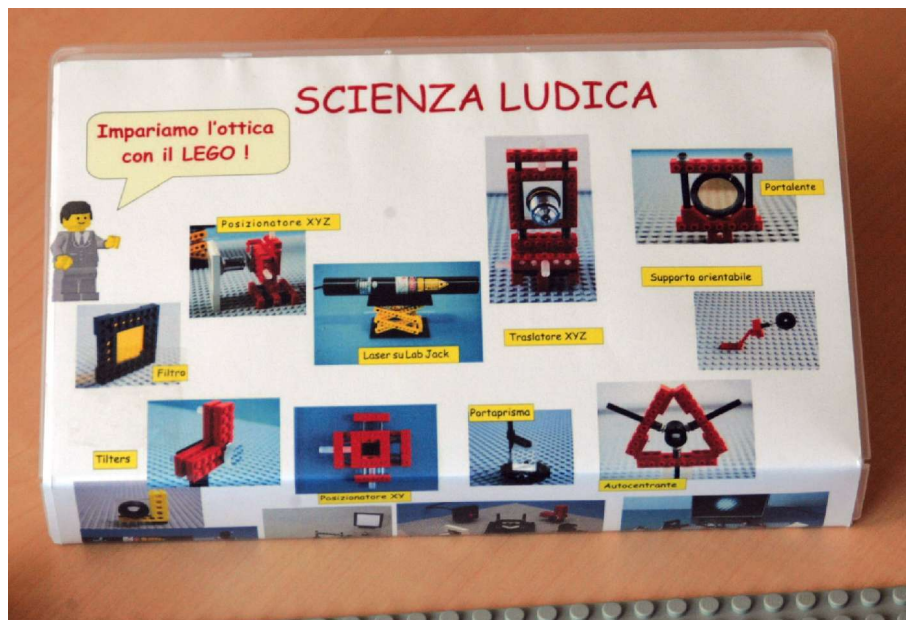


dettaglio del reticolo di diffrazione





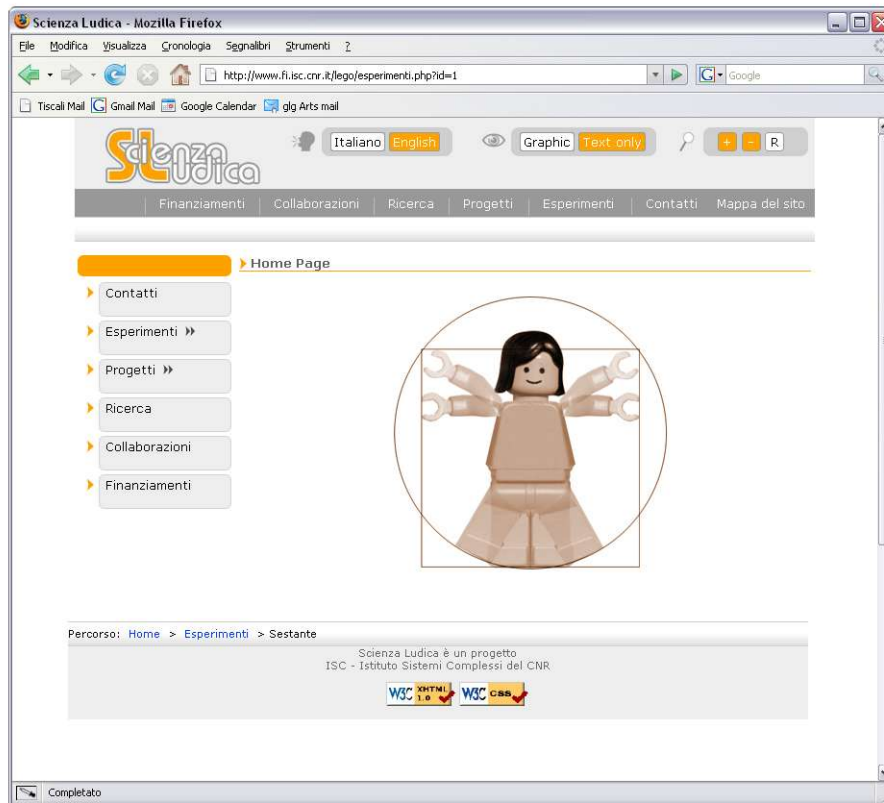
dettaglio dei filtri di colore



dettaglio del contenitore

## Il Sito

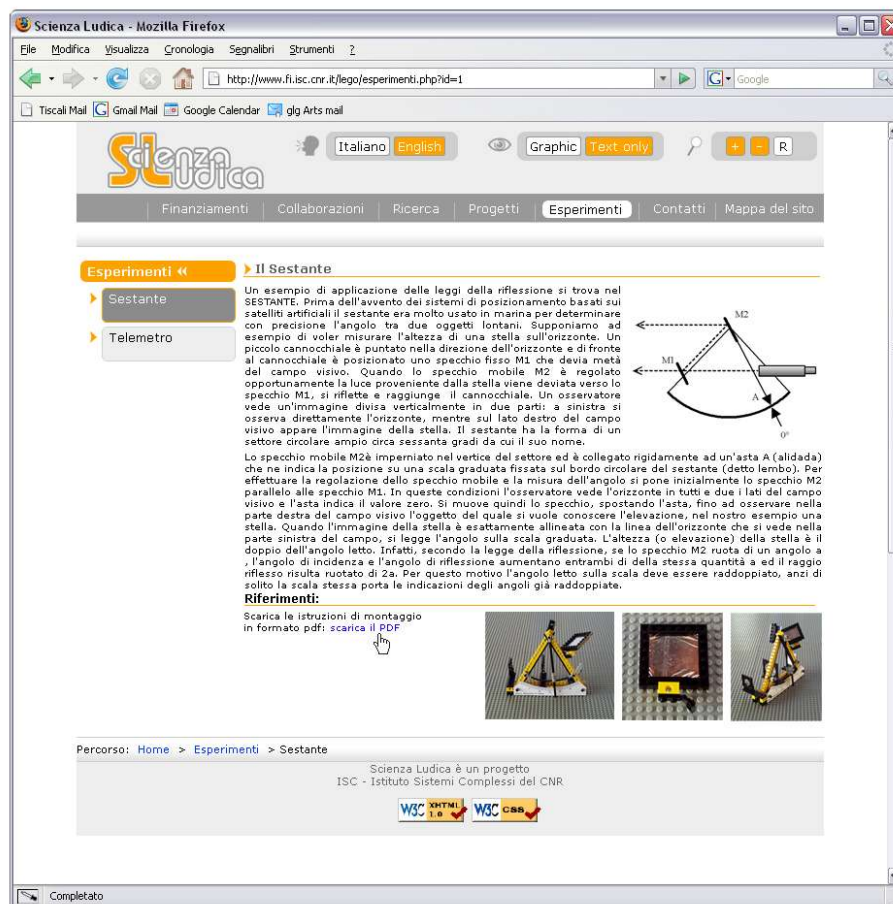
- Descrizione degli obiettivi: La realizzazione del sito web “**Scienza Ludica**” ha lo scopo di diffondere il materiale tecnico-scientifico prodotto dai ricercatori dell'Istituto dei Sistemi Complessi del CNR di Firenze. Per la realizzazione del sito sono state adottate le tecnologie più recenti, come previsto dalla legge. Le scelte grafiche adottate, colori e impaginazione del testo, sono state fatte nel rispetto delle linee guida contenute nel “Manuale per l'Usabilità e l'Accessibilità dei siti Web pubblici”.



- Descrizione dei contenuti del sito
  - **finanziamenti**: questa sezione contiene i riferimenti ai finanziamenti interni al CNR ed esterni che hanno permesso lo sviluppo dell'iniziativa “**Scienza Ludica**”.
  - **esperimenti**: questa sezione contiene i materiali di più immediato accesso. Le schede presenti nel sito contengono il dettaglio sia degli aspetti scientifici, sia dei passaggi costruttivi in maniera che un utente, anche da solo a casa, possa procedere a ripetere l'esperimento comprendendone la valenza. All'interno di ogni scheda è presente un pulsante per il download del materiale; i documenti scaricabili sono stati esportati in formato PDF.
  - **progetti**: la sezione progetti riguarda la descrizione di progetti di esperimento o attività scientifica sviluppati con il LEGO di respiro più ampio rispetto ai precedenti, meno guidati per il lettore e quindi rivolti, oltre che ai naviganti, soprattutto ad insegnanti di scuole medie-superiori che volessero adattare l'attività alle loro specifiche esigenze. Anche in questo caso materiali descrittivi e componenti software di ausilio a ciò sono scaricabili dal sito
  - **ricerca**: l'attività didattica e divulgativa è affiancata anche da ricerca scientifica di livello universitario basata sulla piattaforma **LEGO-MINDSTORMS**; questa sezione contiene risultati e riferimenti.
  - **Collaborazioni**: elenco di tutte le strutture, universitarie e didattiche, in con le quali viene portata avanti l'attività di “Scienza Ludica”.

- Dettaglio tecnico

- **accessibilità:** il sito web “*Scienza Ludica*” è stato realizzato tenendo conto delle linee guida contenute nel “Manuale per l'Usabilità e l'Accessibilità dei siti Web pubblici”, secondo quanto disposto dalla Legge n. 4 del 9 gennaio 2004 (Legge Stanca). Il sito è stato sviluppato in XHTML 1.0 Transitional con l'uso dei fogli di stile CSS2, il codice generato è stato sottoposto a verifica tecnica e validato con l'ausilio degli strumenti on-line presenti sugli appositi siti di riferimento. La struttura delle pagine è stata creata nel rispetto dei criteri di accessibilità e usabilità e può essere navigabile anche da utenti che fanno uso di tecnologie di ausilio. Inoltre sono stati messi a disposizione alcune funzionalità per l'ingrandimento dei caratteri o il cambio di layout a seconda delle esigenze dell'utente. Al fine di orientare l'utente durante la navigazione è stata creata una pagina che illustra la mappa del sito, la struttura ad albero permette velocemente di collegarsi alla pagina desiderata.
- **programmazione:** il sito web è stato dotato di un pannello di controllo per la gestione e l'aggiornamento dei contenuti. Questa sezione è stata sviluppata utilizzando il linguaggio di programmazione lato server PHP (versione 5) e sfruttando il database server MySQL (versione 5). Il sistema è dotato di una sezione di amministrazione, accessibile tramite autenticazione, che permette di gestire dinamicamente i contenuti tramite interfaccia web.





## Gli esperimenti

Questa serie di esperimenti ha come tema conduttore l'“immagine”, dalla sua formazione, alla rivelazione, alla trasmissione ed infine alla visualizzazione.

La formazione di immagini virtuali

- lente d'ingrandimento
- binocolo

La formazione di immagini reali

- meccanismo di messa a fuoco automatico per mezzo del metodo della cinghia senza fine.
- l'immagine nello spazio tridimensionale

L'acquisizione, trasmissione e visualizzazione dell'immagine

- la televisione meccanica di John Logie Baird

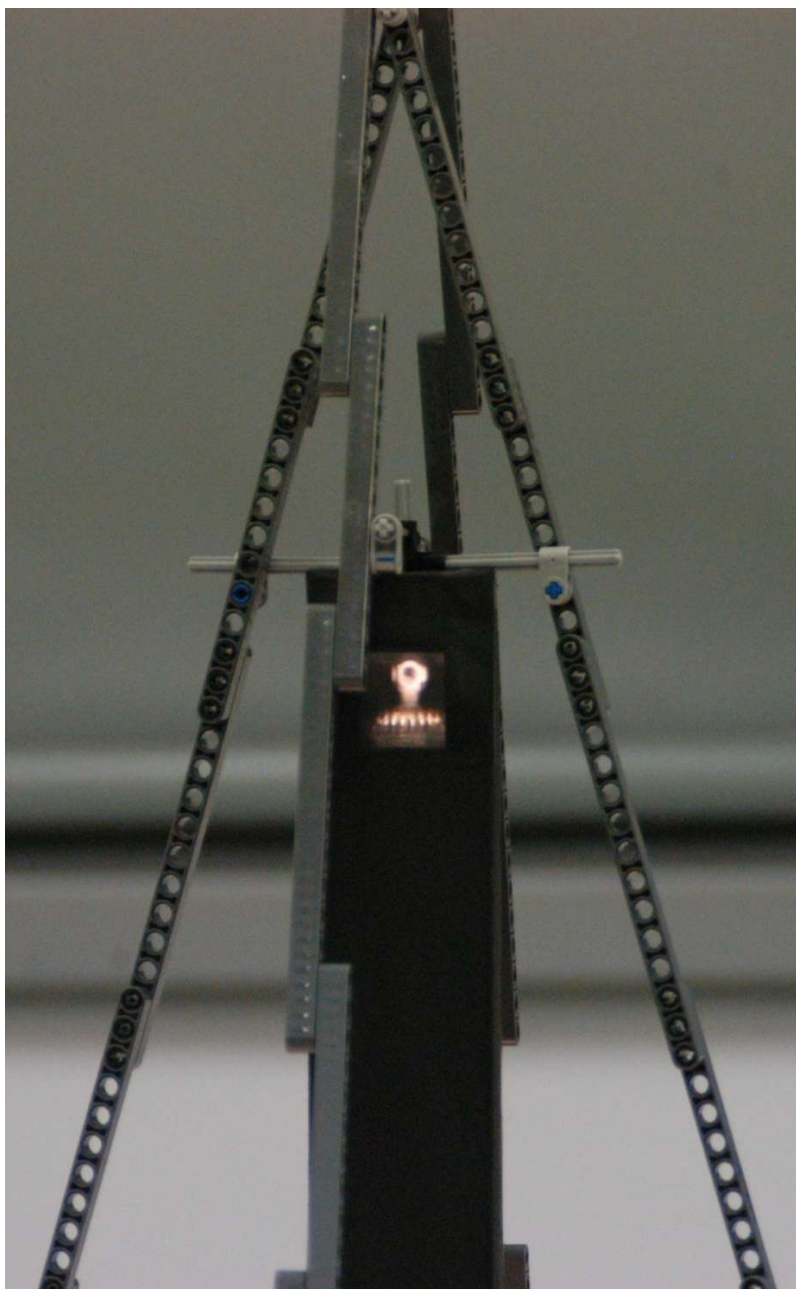
La visualizzazione tridimensionale

- l'acquisizione di immagini stereoscopiche
- la visione stereoscopica 1: gli anaglifi
- la visione stereoscopica 2 (e oltre): l'uso di filtri polarizzatori
- un vero display tridimensionale



il laboratorio per la preparazione degli esperimenti





particolare del display tridimensionale

## Altre attività di divulgazione dell'iniziativa

A sottolineare il carattere internazionale dell'iniziativa, va detto che l'attività è condotta, fin dall'inizio, in collaborazione con il Prof. Chris Rogers direttore del Center for Engineering Educational Outreach (CEEEO) della Tufts University che da diversi anni sta lavorando con la LEGO per l'utilizzo di questo



ISTITUTO DEI SISTEMI COMPLESSI (ISC) - Sezione Territorialmente Distinta di Firenze - <http://www.fi.isc.cnr.it> - [adminfi@isc.cnr.it](mailto:adminfi@isc.cnr.it)



### AVVISO DI SEMINARIO

Martedì 3 Aprile 2007 ore 11:30  
AREA CNR, Via Madonna del piano, 10  
Sesto Fiorentino (Fi)  
Edificio F - AULA CONFERENZE

#### **Prof. Chris Rogers**

Department of Mechanical Engineering  
Tufts University  
Medford, MA  
USA

### **Teaching Math, Science, and Engineering Through Robotics**

A group of us at Tufts' Center for Engineering Education Outreach have spent the last 20 years working with teachers, schools, industry, and government to make engineering an integral part of every child's education. The desire to build is part of every childhood and can be used as a powerful motivator to teach math, science, and even literacy skills.

The results of our work have led to the technology/engineering standard in K-12 education in Massachusetts as well as engineering programs in schools around the world. In this particular talk I am going to present the work we do with LEGO in developing ROBOLAB; an educational toolkit developed at Tufts with the support of National Instruments and LEGO.

We begin with children learning to build sturdy structures in kindergarten, fractions and decimal numbers in the 1st grade, graphing and modeling in 3rd grade, and end with college students learning robotics, electronics, and controls. I will spend the bulk of the talk showing how parents, teachers, and engineering undergraduates work together to show children the importance of learning math and science. In reality, I will spend most of the time showing neat inventions of students from kindergarten to college.

Referente: Franco Quercioli

ISC Sezione TD di Firenze - Area della Ricerca CNR  
Via Madonna del Piano, 10 - 50019 Sesto Fiorentino (FI) - Tel. +39 055 522 6632 - Fax +39 055 522 6683  
Codice Fiscale 80054330586 - Partita IVA - IT. 02118311006

mezzo nell'insegnamento della matematica, delle scienze, e dell'ingegneria, in particolare della robotica. Il Prof. Rogers ha fornito, a suo tempo, materiale e software ed è inoltre venuto ad incontrarci anche per discutere possibili sviluppi futuri dell'attività. Nell'occasione ha tenuto un seminario a cui hanno partecipato un gran numero di persone da tutta Italia.