

# Bagliori nel vuoto. Un percorso interattivo attraverso la storia dell'elettricità e della pneumatica dal Seicento al Novecento

Giulio Peruzzi

Dipartimento di Fisica e Facoltà di Ingegneria, Università degli Studi di Padova, via Jappelli, 1. I-35121 Padova.  
E-mail: giulio.peruzzi@unipd.it

Sofia Talas

Museo di Storia della Fisica, Università degli Studi di Padova, via Marzolo, 8. I-35121 Padova. E-mail: sofia.talas@unipd.it

## RIASSUNTO

Si illustrano nel presente articolo gli aspetti salienti della mostra "Bagliori nel vuoto", curata da Giulio Peruzzi e Sofia Talas e aperta a Padova da febbraio a dicembre 2004. La mostra si proponeva di illustrare lo sviluppo dal Seicento ai giorni nostri dei vari settori della scienza e della tecnica coinvolti nello studio delle scariche elettriche in atmosfera rarefatta, i "bagliori nel vuoto", fenomeni non solo spettacolari ma che portarono alle grandi scoperte di fine Ottocento, raggi X, elettrone e radioattività, dalle quali prenderà le mosse la ricerca fisica del XX secolo.

Il percorso espositivo, illustrato dai prestigiosi strumenti antichi del Museo di Storia della Fisica dell'Università di Padova, era anche arricchito da filmati, simulazioni multimediali, esperimenti interattivi e ricostruzioni funzionanti di apparecchiature storiche che il pubblico poteva manipolare o vedere in funzione.

Oltre a sottolineare il carattere interdisciplinare delle ricerche sui "bagliori nel vuoto", la mostra metteva in luce uno dei tratti tuttora connotativi della scienza moderna, ossia la saldatura che venne a istituirsi nel Seicento tra la costruzione di strumenti e l'emergere di fondamentali questioni teoriche. L'itinerario espositivo intendeva inoltre dare della scienza l'immagine di un processo vivo e affascinante sempre in corso, ricco di personaggi, avvenimenti e idee, non riducibile a una serie di consolidati successi.

La storia delle ricerche sui "bagliori nel vuoto" mostrava infine - ed è particolarmente importante sottolinearlo oggi - l'importanza della ricerca libera non finalizzata ad applicazioni: gli studi sui "bagliori nel vuoto", nati dalla curiosità per un fenomeno spettacolare e misterioso, portarono infatti due secoli dopo alle grandi rivoluzioni della fisica del XX secolo ricche di importanti applicazioni tecnologiche, dall'illuminazione elettrica alla televisione, dalla rivoluzione elettronica fino alla diagnostica medica.

Parole chiave:

storia della fisica, storia della strumentazione scientifica, divulgazione scientifica, mostra.

## ABSTRACT

*Glows in the vacuum. An interactive itinerary through electricity and pneumatics from the Seventeenth to the Twentieth Century.*

*The present paper outlines the main characteristics of the exhibition "Glows in the Vacuum", held in Padova from February to December 2004. The exhibition, organised by Giulio Peruzzi and Sofia Talas, focused on the fact that, since the seventeenth century, electricity and pneumatics have been connected by a particular link, a field of research where these two branches of physics joined and gave extraordinary results. This "link" is the study of electrical discharges in rarefied gases, which produce beautifully coloured glows, "glows in the vacuum". The analysis of these spectacular glows led to the great discoveries of the late nineteenth century, X-rays, radioactivity and the electron, which marked the birth of modern physics.*

*Along with original historical instruments from the prestigious collection of the Museum of the History of Physics of Padua University, the exhibition presented films, multimedia laboratories, interactive experiments and copies of historical apparatus that the public could handle and see in use.*

*It is worth mentioning a few distinguishing details of the exhibition. The itinerary not only underlined the role of interdisciplinarity in the development of scientific knowledge, but it also pointed out the connection which was established in the seventeenth century between the making of instruments and the raising of fundamental theoretical questions. Moreover, the exhibition intended to present science not simply as a successful one-way story, but as an ongoing and fascinating process, rich in actors, events and ideas.*

*Finally, the research on the "Glows in the Vacuum" showed - and it is particularly important to point it out nowadays - the fundamental role of free research, i.e. not directed towards applications: studies on the "glows", at first only a curiosity driven by the spectacular and mysterious effects observed, led to twentieth century physics revolutions with their important technological applications, from electrical light to television, from the birth of electronics to medical diagnosis.*

Key words:

history of physics, history of scientific instruments, science popularization, exhibition.

## INTRODUZIONE

Il nucleo originario del Museo di Storia della Fisica dell'Università di Padova è costituito dalla collezione di strumenti scientifici di Giovanni Poleni (Salandin & Talas, 2000a, 2000b). Questi, nel 1739, fu il primo docente di fisica sperimentale (disciplina allora denominata "filosofia sperimentale") dell'Ateneo patavino, e creò la sua raccolta di strumenti scientifici a fini didattici e di ricerca istituendo, nel 1740, il Teatro di filosofia sperimentale, primo laboratorio di fisica in un'Università italiana. I successori di Poleni sulla cattedra di fisica sperimentale arricchirono progressivamente la raccolta di strumenti, lasciandoci una documentazione unica di storia della didattica e della ricerca in fisica aggiornata fino ai giorni nostri (Salandin, 1995, 1996).

Purtroppo i locali dove oggi si trova il Museo sono insufficienti e la maggior parte degli strumenti non possono essere resi fruibili al visitatore. Le esposizioni temporanee diventano quindi anche un'occasione per mostrare al pubblico questo ricco patrimonio e sensibilizzare i rappresentanti delle istituzioni preposte alla sua tutela e valorizzazione al fine di una sua dignitosa collocazione e una sua più idonea fruizione.

## LA MOSTRA

La mostra "Bagliori nel vuoto", curata da Giulio Peruzzi e Sofia Talas e aperta a Padova da febbraio a dicembre 2004, intendeva prefigurare quello che potrebbe essere un museo di storia della fisica "innovativo" dove si illustrino itinerari tematici fortemente caratterizzati, armonizzando l'esposizione di strumenti originali di grande suggestione con un ampio uso di diversi ausili didattici. Nella mostra si trovavano infatti, accanto a 140 oggetti antichi, numerose simulazioni multimediali e vari filmati, e più di 30 dimostrazioni di esperimenti effettuabili dal visitatore.

La Mostra proponeva un tema molto preciso: l'idea era di seguire dal Seicento a oggi gli sviluppi dello studio delle scariche elettriche in gas rarefatti, fenomeni caratterizzati da straordinarie luminescenze di vari colori, i cosiddetti "bagliori nel vuoto" (Peruzzi et al., 2004 e sito web). Grazie ai progressi teorici e tecnologici, l'analisi di questi spettacolari fenomeni portò alle grandi scoperte di fine secolo: i raggi X, l'elettrone, la radioattività. Si apriva così la strada alla fisica moderna, con i suoi numerosi influssi sui vari campi del sapere e con le sue straordinarie applicazioni tecnologiche. L'illuminazione al neon, la televisione, i computer e varie tecniche fondamentali di diagnosi medica sono solo alcuni esempi delle applicazioni dei "bagliori nel vuoto".

Le cinque sezioni in cui si articolava l'itinerario espositivo erano organizzate per illustrare gli sviluppi paralleli della pneumatica e dell'elettricità. L'ordinamento era prima di tutto cronologico, dal Seicento a

oggi, ma la giustapposizione delle sezioni - la prima e la terza riguardavano la pneumatica e la seconda e la quarta la scienza elettrica - era pensata con l'intento di evidenziare le interazioni, prima marginali e poi sempre più significative, tra i due filoni di ricerca. Queste interazioni costituivano il tema esplicito della quinta sezione, dove si tiravano le fila dell'itinerario espositivo analizzando gli sviluppi delle ricerche sui "bagliori nel vuoto" dalle loro origini fino alle loro rivoluzionarie conseguenze nel XX secolo. Precisiamo che l'aver messo in luce i connotati interdisciplinari che caratterizzano le ricerche sui "bagliori nel vuoto" è stato sicuramente un aspetto della mostra molto apprezzato sia dal pubblico generico sia dagli specialisti. Il visitatore ha così potuto "toccare con mano" che anche nei secoli XIX e XX, tradizionalmente contrassegnati dalla nascita e dallo sviluppo di settori disciplinari specialistici, importanti risultati sperimentali e teorici sono venuti dalla proficua interazione di competenze diverse: un messaggio importante sia per il pubblico generico sia per gli studiosi.

Punto di partenza della mostra era l'*horror vacui*, ossia la credenza che la natura avesse "orrore" del vuoto e cercasse di "evitarlo" a ogni costo. Diversi fenomeni naturali, quali l'ascesa dell'acqua nei sifoni o per mezzo delle pompe, venivano interpretati proprio in questo senso. Con l'inizio del Seicento, l'osservazione di altri fenomeni portò però a nuove riflessioni, in particolare nella cerchia di Galileo Galilei. Perché ad esempio le pompe non riuscivano a innalzare l'acqua oltre un'altezza di una decina di metri? Si giunse allora a due importanti esperimenti, uno realizzato intorno al 1642 da Gasparo Berti e l'altro, famosissimo, proposto nel 1644 da Evangelista Torricelli. Il vuoto e l'azione della pressione atmosferica vennero messi in evidenza, e altri esperimenti ne dettero poco dopo un'ulteriore conferma. Proprio la lettera con la quale Evangelista Torricelli comunica nel giugno del 1644 a Michelangelo Ricci la sua scoperta ci offre lo spunto per sottolineare un altro dei principali aspetti dell'esposizione. In quella celebre lettera Torricelli spiega che la sua "esperienza filosofica" mira non solo a "far il vacuo" ma anche a "far uno strumento" per misurare la pressione dell'aria. Torricelli propone così un esempio quanto mai emblematico della saldatura che venne a istituirsi nel Seicento tra la costruzione di macchine e strumenti e l'emergere di fondamentali questioni teoriche. Questa saldatura è da allora uno dei tratti connotativi della scienza moderna.

Fondamentale per gli ulteriori sviluppi della pneumatica fu poi l'invenzione nel 1654 della prima macchina pneumatica, o pompa da vuoto, opera di Otto von Guericke. Perfezionata nel giro di poco tempo da personaggi come Boyle, Hooke, e Huyghens, la pompa permise di svolgere importanti esperimenti sulle proprietà dell'aria e del vuoto. Anche per la spettacolarità delle dimostrazioni, che si moltiplicarono in quegli anni, la pompa pneumatica acquistò rapidamente una



Fig. 1. "Bagliori nel vuoto", Padova (febb.-dic. 2004). La prima sezione della mostra, dedicata alla nascita della pneumatica. Si vedono a destra diverse pompe da vuoto settecentesche e, in primo piano, una pompa pneumatica a due cilindri di Hauksbee risalente ai primi anni del Settecento.

grande popolarità, diventando uno dei simboli della nuova filosofia sperimentale e trasformandosi, a partire dagli anni 1670, da delicato strumento specialistico in un diffuso strumento di dimostrazione. Vennero perciò proposte in quel periodo e fino a metà Settecento pompe sempre più veloci e maneggevoli (fig. 1). Con l'inizio del XIX secolo però, la necessità di pompe pneumatiche più efficaci allo scopo di ottenere gradi di vuoto più spinto si fece sentire sempre più fortemente in vari settori della ricerca. Era questo il tema della terza sezione dell'itinerario espositivo. L'introduzione di alcune innovazioni tecniche costituì un significativo progresso, ma furono soprattutto i modelli completamente nuovi introdotti nella seconda parte dell'Ottocento a rivoluzionare la fisica del vuoto. In particolare, le pompe pneumatiche a mercurio, in cui il vuoto era ottenuto reiterando l'esperimento originale di Torricelli, vennero introdotte da Johann H. W. Geissler negli anni 1850 e svolsero un ruolo decisivo nello studio delle scariche elettriche nei gas rarefatti. Sempre più perfezionate, permisero alla fine del secolo di ottenere un grado di vuoto inferiore a 0,001 mm di mercurio, almeno 1000 volte più spinto rispetto al vuoto ottenuto nei primi anni del secolo.

Ma come si stava sviluppando nel frattempo la scienza elettrica? Era questo l'argomento della seconda sezione della mostra. Si sapeva fino dall'antichità che l'ambra, strofinata, attirava oggetti leggeri ma "l'effetto ambra" venne sempre associato all'attrazione magnetica. Con l'inizio del Seicento, in particolare a partire dal De Magnete di William Gilbert, vennero stabilite delle differenze fra i due fenomeni e si mostrò che altri corpi strofinati diventavano attrattivi. L'elettricità, nome ricavato dal termine greco *elektron* per ambra, diventò in quegli anni un ramo a sé stante della scienza. Progressi significativi si riscontrarono poi all'inizio del Settecento con i lavori di Francis Hauksbee, e negli anni 1730 con i contributi di Stephen Gray e Charles François de Cisternay Dufay. Si mostrò ad esempio che l'elettricità ottenuta per strofinio poteva essere "comunicata" ad altri corpi, anche ai metalli. Si scoprì la repulsione elettrica e l'esistenza di "due elettricità", vitrea e resinosa. Si evidenziò la scintilla elettrica e lo shock provocato sull'uomo. L'interesse per l'elettricità rimaneva comunque limitato, ma due avvenimenti dovevano ribaltare la situazione negli anni 1740: l'invenzione della bottiglia di Leida, che portò alla nascita dell'elettrostatica moder-

na, e la proposta, in seguito alle recenti scoperte degli anni 1730, di utilizzare dei generatori elettrostatici corredati da un "collettore" metallico, che permetteva di raccogliere la carica e utilizzarla efficacemente per gli esperimenti. Rese molto efficaci e potenti, le macchine elettrostatiche a strofinio divennero estremamente popolari. Ne vennero proposti svariati modelli, sempre più maneggevoli e potenti, a globo, a cilindro o a disco. Le mani, utilizzate per lo strofinio, vennero sostituite da cuscini. Il successo fu clamoroso. Non solo si poterono ripetere facilmente le esperienze classiche, ma ne vennero proposte molte altre assai spettacolari. L'elettricità diventò allora "più popolare della quadriglia".

Una grande svolta nella storia dell'elettricità doveva poi avvenire, com'è ben noto, con l'inizio del XIX secolo. Mentre svolgeva esperimenti di elettrostatica su zampe di rana, Luigi Galvani negli anni 1790 evidenziò l'esistenza di un'elettricità apparentemente di origine animale. Sulla scia di questa scoperta, Alessandro Volta nel 1800 mise a punto la pila elettrica, strumento che forniva per la prima volta una corrente continua. Lo studio del funzionamento della pila ne evidenziò la natura chimica, dando avvio all'elettrochimica.

L'uso della pila condusse in pochi anni a scoperte clamorose, dalle quali prendeva avvio la quarta sezione della mostra (fig. 2). Tra le più importanti, quella di

Hans C. Oersted che nel 1820 mostrò che un filo percorso da una corrente agiva sull'ago di una bussola creando intorno a sé un campo magnetico: veniva così stabilita per la prima volta l'esistenza di interazioni fra elettricità e magnetismo. Vennero quindi accuratamente studiate le interazioni fra correnti elettriche e magneti, in particolare da André Marie Ampère, e nel 1821 Michael Faraday mostrò che era possibile ottenere un moto meccanico a partire dall'elettricità, aprendo così la strada alla costruzione di motori elettrici. Lo stesso Faraday nel 1831 mostrò che una variazione di flusso magnetico attraverso un circuito generava una corrente elettrica. Questo fenomeno, detto "induzione elettromagnetica", offriva una possibilità del tutto nuova di produrre elettricità: vennero proposti dei generatori detti "magnetoelettrici" - poi perfezionati in generatori "dinamoelettrici" o "dinamo" - e vennero ideati i rocchetti d'induzione. Si ottennero così generatori di straordinaria potenza che portarono all'avvento negli anni 1870 dell'elettricità industriale. Di particolare interesse per l'itinerario espositivo è la bobina d'induzione che, notevolmente perfezionata negli anni 1850 dal costruttore di strumenti scientifici Heinrich D. Ruhmkorff, diventò uno dei principali strumenti dei laboratori ottocenteschi. Fu utilizzata per molteplici esperimenti tra cui l'alimentazione dei tubi di Geissler e svolse alla fine del XIX secolo un ruolo cruciale nella produzione di raggi X.



Fig. 2. "Bagliori nel vuoto", Padova (febb.-dic. 2004). La terza e la quarta sezione della mostra. Al centro i nuovi modelli di pompe da vuoto introdotti nel corso del XIX secolo e, lungo il bordo esterno della sala, gli strumenti ottocenteschi relativi alle ricerche sull'elettromagnetismo.

Vale infine la pena di ricordare che, nel cuore del XIX secolo, quando l'elettricità statica era ormai soprattutto materia di didattica, si assistette al prepotente ritorno dei generatori elettrostatici a induzione, che divennero nella seconda parte del secolo i concorrenti diretti dei generatori basati sull'induzione elettromagnetica e che vennero largamente utilizzati per la produzione di alte tensioni, risultando anche loro preziosi, tra l'altro, per la produzione di raggi catodici e di raggi X.

Precisiamo che erano presentati in mostra anche strumenti che non ebbero grande impatto a lungo termine, come ad esempio il generatore elettrostatico a getto di vapore ideato da William George Armstrong negli anni 1840. Sebbene fosse uno dei più potenti generatori di quel periodo, presentato e descritto in molti testi dell'epoca, fu in realtà assai poco usato perché durante il funzionamento, oltre ad essere rumorosissimo, creava così tanta umidità da rendere bagnata ogni cosa posta nelle vicinanze. E' ovviamente importante mettere in luce anche strumenti di questo tipo in modo da presentare la scienza per quello che realmente è: un processo sempre in corso, vivo e affascinante, ricco di personaggi, avvenimenti idee, non riducibile a una serie di successi consolidati.

Come abbiamo detto, il percorso della mostra, snodandosi attraverso i secoli, era illustrato dai prestigiosi strumenti antichi del Museo di Storia della Fisica, ma venivano anche proposti al pubblico esperimenti interattivi. Con tali postazioni, non si intendeva "insegnare" la fisica colmando le lacune nelle conoscenze scientifiche del pubblico, ma si voleva permettere al pubblico di "rivivere dal vivo" alcuni esperimenti classici del passato, come la cosiddetta "danza della grandine" o l'esperienza delle vesciche che si rigonfiano nel vuoto, effettuata per la prima volta da Gilles Personne de Roberval e quindi dall'Accademia del Cimento a metà Seicento.

In quanto ai filmati proiettati lungo l'itinerario espositivo, essi mostravano diversi degli strumenti antichi in funzione e illustravano vari esperimenti storici. Ad esempio un film gentilmente concesso dalla Otto Von Guericke Gesellschaft di Magdeburgo, girato in costumi d'epoca e nei luoghi originari, riproponeva il famoso esperimento realizzato da Otto von Guericke nel 1654, quando otto coppie di cavalli tentarono di separare due emisferi metallici - detti poi di Magdeburgo - all'interno dei quali era stata rarefatta l'aria.

Numerose simulazioni multimediali, preparate in occasione della mostra, arricchivano il percorso e offrivano al pubblico la possibilità di approfondire le proprie conoscenze a seconda del livello di preparazione e degli interessi di ciascuno. Alcune simulazioni illustravano esperimenti del passato, come l'esperimento di Berti e quello di Torricelli, altre spiegavano il funzionamento di alcuni strumenti, quali le pompe da vuoto o i generatori elettrostatici, altre ancora approfondivano concetti di fisica indispensabili per

capire i fenomeni descritti o osservati. La fluorescenza del vetro dei tubi a vuoto, la produzione di raggi X e gli stessi "bagliori nel vuoto" erano, ad esempio, spiegati a livello atomico.

Infine, l'ultima sezione della mostra era dedicata alla storia delle ricerche sulle scariche elettriche nei gas rarefatti. Essa si apriva con la scoperta fatta nel 1676 da Jean Picard, che spostando uno dei barometri dell'Osservatorio di Parigi vide un curioso bagliore sopra la colonna di mercurio. Il fenomeno, noto in seguito come "fosforo mercuriale", rimase pressoché sconosciuto fino agli inizi del Settecento, e fu solo negli anni 1740 che si arrivò a identificare questi bagliori come fenomeni elettrici in gas rarefatti.

Le ricerche sull'argomento non fecero poi particolari progressi fino alla fine degli anni 1830, quando vennero riprese da Michael Faraday che studiò l'andamento dei bagliori in gas diversi e a pressioni decrescenti, individuandone nuovi caratteri.

Da fenomeni soprattutto spettacolari, i "bagliori nel vuoto" divennero la base di uno dei settori di punta della ricerca fisica nella seconda metà del XIX secolo, quando i progressi tecnologici consentirono di raggiungere sia voltaggi sempre più alti sia gradi di vuoto sempre più spinto. Nel 1857, Geissler utilizzò congiuntamente questi nuovi risultati della tecnologia elettrica e pneumatica per mettere in funzione i cosiddetti "tubi di Geissler", piccoli tubi di vetro muniti di due elettrodi e contenenti gas rarefatti: fu la svolta nelle ricerche sui "bagliori nel vuoto". Con tubi di questo tipo, Julius Plücker e Johann Wilhelm Hittorf, tra il 1858 e il 1869, individuarono particolari componenti dei bagliori che Eugen Goldstein chiamò nel 1876 "raggi catodici".

Negli stessi anni iniziò la discussione sulla natura di questi "raggi": corpuscoli o onde elettromagnetiche? La controversia divise la comunità scientifica fino al 1897, quando con la scoperta dell'elettrone si ebbe la definitiva conferma dell'interpretazione dei raggi catodici come flussi di elettroni.

Nel frattempo, sempre le ricerche sui tubi a vuoto avevano portato nel 1895 alla scoperta dei raggi X, che stimola la scoperta della radioattività nel 1896. Era stato inoltre evidenziato un altro tipo di raggi, i "raggi canale", che si muovevano nei tubi nel verso opposto a quello dei raggi catodici; è l'inizio delle ricerche che avrebbero portato a comprendere la natura della carica positiva, culminate nel 1919 con la scoperta di Rutherford del protone. Le scoperte del 1895, 1896 e 1897 furono senza ombra di dubbio la base degli sviluppi della fisica del XX secolo.

Precisiamo che in una sala della mostra, completamente oscurata, si potevano osservare i famosi "bagliori" così come li vedevano gli scienziati del passato. Tubi di Geissler e tubi di Crookes, alcuni originali e altri moderni, erano infatti messi in funzione - con tutte le precauzioni del caso ovviamente - e si potevano esaminare i vari effetti delle scariche elettriche nei gas,

dalle *striae* alle zone scure, dalla fluorescenza del vetro agli effetti calorici e meccanici.

Lo studio delle scariche elettriche nei gas rarefatti culminò, come abbiamo visto, con la nascita di interi nuovi settori della fisica moderna, e diede inoltre origine a importanti sviluppi tecnologici di grande impatto sulla nostra vita quotidiana. L'itinerario della mostra si concludeva quindi con una breve sezione che delineava le ricerche e i risultati più recenti della fisica delle particelle e le applicazioni tecnologiche delle ricerche sui "bagliori".

I tubi di Geissler, innanzitutto, con i loro spettacolari bagliori di colore diverso a seconda dei gas contenuti, sono i diretti antenati degli attuali tubi al neon. Il particolare tubo a raggi catodici inventato da Karl Ferdinand Braun nel 1897 costituì l'elemento di base non solo dell'oscilloscopio, fondamentale e versatile strumento di laboratorio, ma anche del radar e della televisione. Il diodo infine, o "valvola di Fleming", ideato nel 1904 da John Ambrose Fleming, era una variante di tubo a vuoto costituita da un bulbo di vetro contenente gas rarefatto, da una placca metallica e da un filamento che, attraversato da una corrente, liberava elettroni. I diodi svolsero un ruolo fondamentale per la rivelazione delle onde radio e per il raddrizzamento di correnti alternate. Il successivo perfezionamento dei diodi con l'aggiunta di un terzo elettrodo fu opera di Lee De Forest nel 1906 e i nuovi dispositivi, i cosiddetti "triodi", segnano l'avvio della rivoluzione elettronica con applicazioni che vanno dalla radio ai computer.

Vale la pena notare, tanto più oggi, che la mostra documentava chiaramente come non abbia senso distinguere tra ricerca pura e ricerca applicata: la ricerca è una e scaturisce nella stragrande maggioranza dei casi dalla curiosità. I bagliori nel vuoto furono indagati all'inizio del Settecento e per quasi due secoli non perché si pensasse a loro applicazioni, ma perché si voleva comprendere le leggi che regolavano quei fenomeni. Esistono invece le applicazioni della ricerca: solo dopo due secoli di ricerche "curiose" sui bagliori nel vuoto nascono le grandi rivoluzioni della fisica del XX secolo.

## BIBLIOGRAFIA

Peruzzi G., Talas S., 2004. *Bagliori nel vuoto - Dall'uovo elettrico ai raggi X: un percorso tra elettricità e pneumatica dal Seicento a oggi*, Canova Editore, Treviso.

Salandin G.A., 1995. *Duecento anni di elettricità. Museo di Storia della Fisica, Università di Padova, Padova.*

Salandin G.A., 1996. *Duecento anni di fisica a Padova. Museo di Storia della Fisica, Università di Padova, Padova.*

Salandin G.A., Talas S., 2000a. "Giovanni Poleni". In: *La curiosità e l'ingegno, Centro Interdipartimentale di Servizi Musei Scientifici, Padova*, pp. 84-91.

Salandin G.A., Talas S., 2000b. "Strumenti scientifici, dalla raccolta di Vallisneri al Teatro di Filosofia Sperimentale di Poleni". In: *La curiosità e l'ingegno, Centro Interdipartimentale di Servizi Musei Scientifici, Padova*, pp. 222-43.

**Sito Web della mostra (accessed 15.II.2006):**

<http://bagliorinelvuoto.scienze.unipd.it/>