

Quando si può parlare di scoperta scientifica o tecnica? Il “caso” di Chester Carlson, Pál Selényi e Augusto Righi

Giorgio Dragoni - Università di Bologna - dragoni@bo.infn.it

Ivana Stojanovic - Università di Bologna - stojanovic_ivana@hotmail.com

Paolo Cinti - Università di Bologna - paolo.cinti@unibo.it

Abstract: The complex theme of the determination of the exact date or the original author of a discovery will be discussed as a preliminary part of this contribution. The main part will be devoted to the unusual case of the first production of the photostatic system for the recording of images. It is common to attribute to Chester Carlson the realization of this system (1938) and the first image produced: “10.-22.-38 ASTORIA”. Just few historians (most of them Hungarians) talk about Pál Selényi as a forerunner of Carlson in this photostatic technique. It could be interesting, since almost completely unknown, to learn that it was Augusto Righi that, as early as in 1881-1882, had developed an effective even though elementary, electrostatic system and obtained similar results. Several images will be shown produced by Righi with his “electric shadows” system.

Keywords: Augusto Righi, Chester Carlson, Pál Selényi, Photostatic system for the recording of images, Discovery.

1. Quando si può parlare di scoperta scientifica o tecnica? Il Metodo storico e la creatività scientifica

1.1. I processi mentali “produttivi”: scuole di pensiero e interpretazioni psicologiche verso una scoperta scientifica o tecnica

Le problematiche sicuramente complesse delle manifestazioni di un processo mentale “produttivo” – in cui si raggiunge un qualche risultato nuovo od originale, o un perfezionamento di quanto già acquisito – sono state da tempo indagate con una vasta pluralità di interpretazioni e impostazioni teoriche. Una trattazione specifica dei numerosi punti di vista richiederebbe uno spazio a disposizione troppo ampio. Per brevità, ricordiamo che una vasta rassegna di questo quadro interpretativo è riportata in un nostro lavoro (G.D.) di qualche anno fa dal titolo *Creatività tra scienza e tecnica* (Dragoni 1997).

In esso si riferisce delle prime impostazioni ottocentesche, di quelle freudiane dei primi due decenni del Novecento, di quelle formulate negli anni Trenta dai teorici della *Gestalt Theorie*, e delle critiche a questa interpretazione formulate nell’opera di Claparède, sino ai lavori di Mac Kinnon, Torrance, Gough e Woodworth.

1.2. Un problema storiografico

Per affrontare lo studio di un *case study*, bisognerà saper procedere con metodo, con sistematicità, e in profondità. Prima si recupereranno informazioni specifiche e sempre più dettagliate del lavoro concreto dei tecnici e scienziati. Poi si potrà costruire una più approfondita rete di relazioni tra i vari personaggi indagati. Si potranno trovare ulteriori elementi di trasmissione del pensiero tra uno scienziato e un altro. Poi, se i dati che man mano verranno alla luce lo consentiranno, si capirà meglio quello che fu la collaborazione tra alcuni di essi. Poi, ancora, si potrà conoscere meglio il ruolo di ogni singolo personaggio. Infine, in certi casi, si potrà arrivare a vedere o a intravedere la scintilla che ha illuminato il terreno verso una grande scoperta. Quale miglior risultato, per i nostri sforzi?

1.3. L'attribuzione di una scoperta tra anticipazione, priorità, ricerca e mito

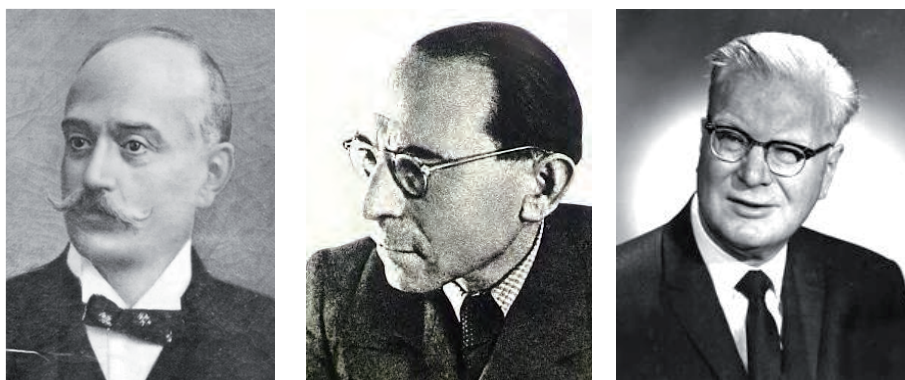
La documentazione storiografica dell'attribuzione di una scoperta tra anticipazione, priorità, ricerca e mito è estremamente vasto (si veda per es. Bergia *et al.* 1999), e complesso, così come è stato lucidamente presentato da Helge Kragh in una sua pubblicazione, *Introduzione alla storiografia della scienza* (Kragh 1990). In questo volume si analizzano in particolare le “trappole” psicologiche in cui spesso cade, coscientemente o no, lo studioso, lo storico che analizza gli avvenimenti che conducano ad una scoperta scientifica. I capitoli del libro sull'*Obiettività nella storia, La storia ipotetica, Ideologia e miti*, ed altri del libro citato di Kragh sono illuminanti a questo proposito.

2. Il “caso” dell'invenzione delle copie fotostatiche

2.1. Come descrivere e dare testimonianza di una scoperta scientifica? Le due scelte principali

Vista la complessità del problema storiografico (come descrivere una scoperta scientifica) esistono, naturalmente, due scelte principali nel presentare gli avvenimenti che portano ad una scoperta scientifica, lo storico si trova quasi sempre di fronte, infatti, ad un bivio. I) *Accettare* per convinzione, ma anche, a volte, per comodità, per brevità, per un diffuso consenso la storia dei “vincitori” e rappresentare un avvenimento secondo la consolidata versione tradizionale, cioè quella che si è imposta storiograficamente, quella che più spesso è stata e viene ripetuta, quella che, inevitabilmente, con il tempo si trasformerà nella “verità”, oppure II) *Accertare* meticolosamente i dati e le informazioni disponibili – incluse, ovviamente quelle tradizionali, che spesso hanno un profondo contenuto di verità, che non va trascurato per mode anticonformiste di maniera – per vedere se, quanto tradizionalmente riportato, è esaustivo e veramente accettabile.

Nel *confronto/scontro* tra queste due impostazioni storiografiche si gioca la credibilità del nostro lavoro di storici della fisica e, in generale, di storici della scienza.



Figg. 1-2-3. I protagonisti della vicenda:
Augusto Righi, Pál Selényi, Chester Carlson (da sinistra a destra)

Ad esemplificazione delle difficoltà insite in queste disamine parleremo di un oramai lontano, e pochissimo conosciuto, “caso storico”, quello che ebbe come protagonisti inconsapevoli Augusto Righi, Pál Selényi e Chester Carlson, il caso cioè della realizzazione delle prime copie fotostatiche.

2.2. I protagonisti del “case study”: Chester Carlson, Pál Selényi e Augusto Righi

Forniamo ora brevemente alcune informazioni biografiche sui protagonisti della vicenda di nostro interesse.

In primo luogo parliamo dello scienziato e inventore americano. Chester Floyd Carlson (Seattle, 8 febbraio 1906-New York, 19 settembre 1968) è stato un fisico, avvocato dell’Ufficio Brevetti di New York, ed inventore statunitense. A lui è dovuta tradizionalmente l’invenzione della tecnica elettrofotografica, meglio conosciuta come *xerografia*, su cui si basano gran parte delle moderne fotocopiatrici del Novecento. Con notevole caparbietà Carlson riuscì a superare le difficoltà tecniche – e l’indifferenza delle aziende che avrebbero potuto e dovuto commercializzare la sua invenzione – riuscendo infine a portare sul mercato il suo sistema, rivoluzionando, così, la possibilità di duplicare scritti e documenti e, tra l’altro, il concetto stesso di diritto d’autore. Un successo commerciale enorme arrise alla sua idea.

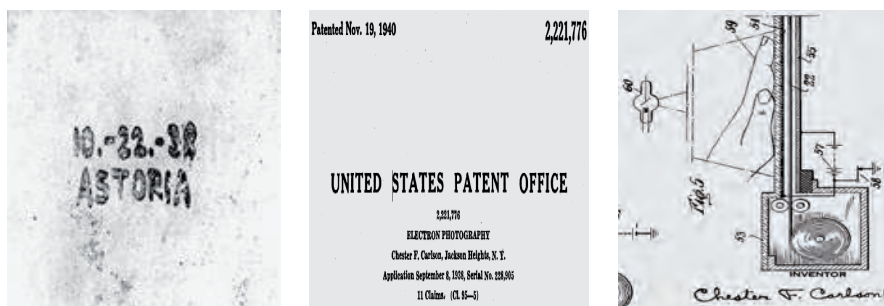
In secondo luogo Pál Selényi (Adony, 17 novembre 1884-Budapest, 21 marzo 1954) uno dei ricercatori più versatili della fisica sperimentale ungherese, studiò fisica e matematica all’Università di Budapest per la quale collaborò. I suoi notevoli interessi tecnologici lo portarono a lavorare a lungo per i Laboratori della Società “Tungfram”. Fin dai primi lavori si impegnò nello studio della natura della luce e delle sue applicazioni, tra cui i suoi primi esemplari di riproduzione elettrostatica di immagini (1934). Ha pubblicato più di cento articoli nel campo dell’ottica, tecnologia del vuoto, fotometria e elettrografia. Quest’ultima invenzione – richiesta di brevetto in Ungheria

fin dal 22 marzo 1934 e brevettata negli Stati Uniti dal 10 gennaio 1939 – era stata condensata in un articolo spedito ad una rivista internazionale nei primi di maggio del 1938 dal titolo: “On the Electrographic Recording of Fast Electrical Phenomena” (Selényi 1938, ricevuta dalla rivista il 10 maggio 1938). In cui descrive una macchina per la registrazione elettrostatica per fenomeni elettrici rapidamente variabili, fornendo numerose indicazioni tecnico-scientifiche. Questo articolo fornì le basi della *xerografia* di Carlson, come lo stesso inventore americano dichiarò (Owen 2004a, p. 86).

In terzo luogo offriamo qualche informazione sullo scienziato italiano. Augusto Righi (Bologna, 27 agosto 1850-Bologna, 8 giugno 1920) matematico, ingegnere, è stato uno dei più famosi fisici italiani ed europei dell'Ottocento, abile fotografo tecnico-scientifico, ma anche di ambiente (Dragoni 2013). In questa nostra ricerca questa sua competenza giocò un ruolo particolarmente importante, in quanto fin dal 12 maggio 1881 (quando lesse la Memoria all'Accademia delle Scienze dell'Istituto di Bologna) Righi era stato in grado, per il suo primo articolo sulle «ombre elettriche», di realizzare immagini elettrostatiche permanenti di oggetti campione (Righi 1882). Fu uno dei padri delle teorie elettroniche e ioniche della struttura della materia e può essere considerato uno dei fisici che ha maggiormente contribuito – attraverso tutto l'insieme delle sue sperimentazioni e dei suoi studi anche teorici – alla nascita della fisica atomica e subatomica e alla conferma definitiva della teoria elettromagnetica della luce di Maxwell. Fu tra i fondatori della Società Italiana di Fisica (1897) e riuscì a realizzare la costruzione del nuovo Istituto di Fisica di Bologna (1907).

2.3. Una data fondamentale per la nostra ricerca: il 22 Ottobre 1938

Una tradizione usualmente accettata sostiene che la prima fotocopia fu realizzata nel 1938 da Chester Carlson che, usando una lastra di zinco ricoperta di zolfo, produsse una copia della scritta «10.-22.-38 ASTORIA», cioè sabato 22 ottobre 1938 ad Astoria.¹



Figg. 4-5-6. A sinistra, la prima copia fotostatica ufficialmente riconosciuta riportava la scritta «10.-22.-38 ASTORIA» (22 ottobre 1938); al centro, il frontespizio del primo brevetto presentato in data 8 settembre 1938; a destra, il sistema presentato nella richiesta del brevetto

¹ Cittadina del grande quartiere Queens di New York.

La scritta originale era stata posta su un vetrino di microscopio collocato sopra lo strato di zolfo e sottoposto ad una intensa sorgente di luce. Dopo avere rimosso il vetrino, un'immagine uguale all'originale della scritta rimase incisa sulla lastra. Questa!

2.4. L'ufficialità storiografica: le parole di Carlson

Un lungo percorso di perfezionamenti tecnici e scientifici portò Carlson all'invenzione del suo processo.² Ecco come lo stesso Carlson descrive l'invenzione:

I went to the lab that day and Otto³ had a freshly-prepared sulfur coating on a zinc plate. We tried to see what we could do toward making a visible image. Otto took a glass microscope slide and printed on it in India ink the notation "10.-22.-38 ASTORIA". We pulled down the shade to make the room as dark as possible, then he rubbed the sulfur surface vigorously with a handkerchief to apply an electrostatic charge, laid the slide on the surface and placed the combination under a bright incandescent lamp for a few seconds. The slide was then removed and lycopodium powder was sprinkled on the sulfur surface. By gently blowing on the surface, all the loose powder was removed and there was left on the surface a near-perfect duplicate in powder of the notation which had been printed on the glass slide.⁴

2.5. Dall'invenzione alla commercializzazione

Tra il 1939 e il 1944 Carlson contattò molte aziende americane tra cui l'IBM e la "General Electric", ma queste Società non ritennero che esistesse un sufficiente mercato per questo tipo di riproduzioni elettrostatiche, essendo allora in uso la carta carbone copiativa ed altri sistemi di duplicazione.

Solo nel 1944 il "Battelle Memorial Institute", un'organizzazione non-profit di Columbus nell'Ohio, sostenne finanziariamente e tecnicamente Carlson nel perfezionamento del nuovo processo. Nei successivi cinque anni l'Istituto condusse esperimenti per migliorare la tecnica elettrofotografica. Nel 1947 la "Haloid", una piccola azienda di New York specializzata nella produzione e vendita di carta fotografica, contattò il "Battelle Institute" per ottenere la licenza per lo sviluppo e il commercio di macchine copiatrici basate sulla nuova tecnologia. La "Haloid" cambiò il nome del processo *electrophotography* (elettrofotografia) in *xerografia* (dal greco "scrittura a secco") per sottolineare la comodità rispetto ai sistemi precedenti ad umido o a liquido, decise poi di chiamare le nuove macchine copiatrici "Xerox" e nel 1949 introdusse la prima macchina fotocopiatrice. Un successo commerciale ed economico enorme arrivò a questa tecnologia dopo l'introduzione nel 1959 della "Xerox 914", progettata da Di Majo, la prima efficiente e veloce macchina fotostatica della storia.

² New York Public Library, Manuscripts and Archives, *Chester F. Carlson, Personal Papers e Unpublished Memoirs*.

³ Otto Korney, un fisico austriaco disoccupato, assunto come collaboratore da Carlson.

⁴ Ripreso da Dinsdale (1963), *passim*.

L'intera vicenda può, forse, essere paragonabile solo al grande successo raggiunto dalla telegrafia senza fili e dalle radiocomunicazioni. Siamo quindi d'accordo con David Owen quando nel 2004 scrive su Carlson per lo «Smithsonian Magazine»: «his invention is the biggest thing in printing since Gutenberg» (Owen 2004b).

2.6. Il principio fisico

Successivi miglioramenti nella tecnologia elettrofotografica portarono progressivamente all'attuale sistema, basato su un cilindro fotosensibile⁵ su cui viene creata un'immagine elettrostatica ad alto contrasto, sviluppata e trasferita su carta per mezzo di una polvere di materiali opportuni, cioè resine acriliche, polvere di carbone, grafite, ecc. chiamata *toner*, successivamente riscaldata e fusa sulle fibre del foglio.

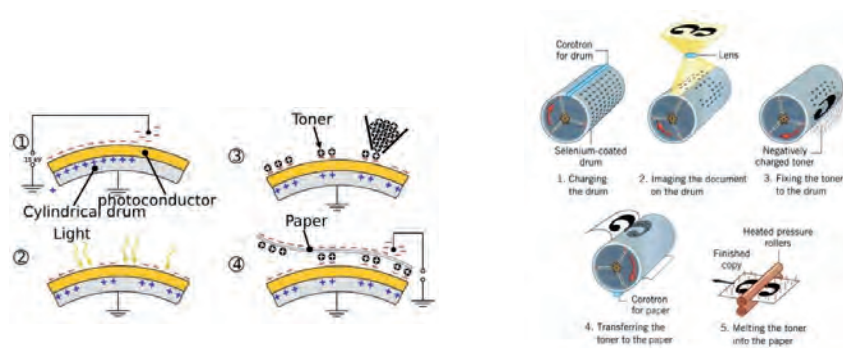
L'intero processo si basa su 5 stadi: un tamburo cilindrico di alluminio rivestito del fotoconduttore riceve una carica elettrostatica uniforme (600-700 V).

Quando la luce illumina lo scritto o l'immagine originale, una sua riproduzione viene proiettata sul tamburo, neutralizzando così la carica superficiale in corrispondenza delle zone bianche dell'immagine.

La distribuzione della quantità di carica, rimasta sul tamburo, costituisce quindi un modello elettrostatico dell'immagine che si vuole riprodurre, cioè delle zone nere, cioè non illuminate in trasparenza.

Sul tamburo viene quindi spruzzato il *toner* portante una carica opposta a quella del tamburo. La polvere aderisce alle zone che hanno mantenuto la loro carica elettrica (non illuminate).

La trama del *toner* viene trasferita sulla carta dove viene fusa termicamente per il fissaggio definitivo.



Figg. 7-8. A sinistra, il principio fisico; a destra, processo “Xerox”: caricamento del tamburo ed esposizione dell'immagine

⁵ Fotoconduttività, proprietà di certe sostanze (fotosensibili) di condurre la corrente elettrica solo quando vengono illuminate, mentre al buio si comportano da isolanti.

3. Dal “Mito” alla ricerca storica: gli antecedenti

3.1. Gli antecedenti

Per comprendere un po' meglio l'origine storica di questi procedimenti è necessario ricordare che la tecnologia descritta aveva avuto parecchi antecedenti, seppure con finalità diverse (perlopiù con obiettivi legati all'indagine sulla struttura atomica della materia) e che il fenomeno delle «ombre elettriche» era già noto nei tubi a scarica, a *bassa pressione*, tramite l'opera di W. Crookes, E. Goldstein, W. Holtz, G.H. Wiedemann *et al.*, da cui derivarono fondamentali scoperte in fisica atomica: raggi catodici, raggi canale, ecc. Augusto Righi riuscì ad ottenere analoghi effetti alla *pressione ordinaria* in ambiente di laboratorio tramite un apposito dispositivo sperimentale.

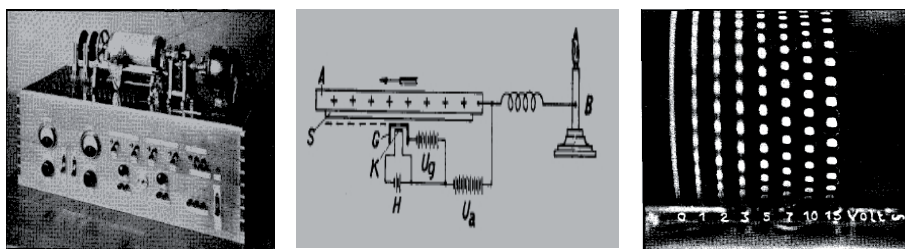
Il ruolo di Righi è, comunque, ignorato anche nel volume che più di ogni altro ci sembra abbia affrontato in maniera approfondita questa tematica, quello di David Owen (2004a). In ogni caso, questo libro introduce nel contesto della propria ricostruzione storica una sostanziale novità: quella del ruolo giocato nella vicenda della tecnologia dell'elaborazione fotostatica delle immagini dallo studioso ungherese Pál Selényi.

3.2. Le ricerche di Pál Selényi

A testimonianza di quanto scritto da Selényi (1969) riportiamo ora alcuni brani contenuti nel già citato “On the Electrographic Recording of Fast Electrical Phenomena”, in cui lo scienziato ungherese fornisce dettagliate e specifiche informazioni sui suoi sistemi per riprodurre e fissare immagini di fenomeni fisici, come documentato dalle citazioni ed immagini seguenti.

[...] Some years ago I invented an entirely new method of recording which comprises the conservation of electrical signals in form of an *invisible electrical picture* on the surface of an insulating sheet by means of the *electrostatic charges* transported in vacuum by the cathode rays or by those of an ion beam moving in the free atmospheric air and developing the latent image by dusting over with a fine, electrically charged powder, such as minium, talcum, lycopodium powder, etc. Whilst the first and more complicated method – utilizing the cathode or Lenard rays – has not been developed beyond the experimental stage, the second more simple method has reached in a short time a high standard, and I succeeded already in 1935 in applying this method to picture and facsimile telegraphy. [Nel testo originale e riportata la seguente nota: See *Elektrotechn. Zeits.* 56, 961 (1935) and *Wireless Eng.* 15, 303 (1938)]. Apart from these and other practical applications this method of recording (named by us “Electrography”) may be, I think, a valuable tool in many branches of science and technique because of its unique advantages over other existing methods of recording. [Nel testo originale è riportata la seguente nota: For more detailed accounts see *Zeits. f. tech. Physik* 16, 607 (1935), and 17, 477 (1936)] [...] Fig. 2 [nel nostro testo Fig. 9] a motordriven model with many improvements (timing device, etc.) whilst Fig. 3 [nel nostro testo Fig. 10] which we will use for explaining the principle of electrography shows diagrammatically the essential parts of the devices.

On Fig. 3 K is a hot cathode, e.g., a platinum wire of 0.1-0.2 mm diameter, coated with barium oxide and energized by the battery H, G a control electrode (grid) consisting of a metal cap with a small circular or linear opening and A is a metal plate (anode) covered on its frontal surface with a thin sheet S of insulating material. The distances cathode-grid and grid-sheet must be as small as possible about 1/2-1 mm. The whole arrangement operates in the following manner. Electrons emerge from the hot cathode, attach themselves to the gas molecules and are driven by the anode voltage U_a of 500 to 1000 volts through the opening in G and are finally deposited on S forming a negatively charged spot on the latter. The anode may be moved with the sheet in the direction of the arrow and the ion beam then traces an invisible electric line on the sheet, which is capable of development similar to the well-known Lichtenberg-figures, i.e., by dusting over with a positively charged fine powder, e.g., with lycopodium powder sprayed out from a container with a current of air. [...] (Selényi 1938, pp. 637-638).



Figg. 9-10-11. A sinistra, modello perfezionato dell'oscillografo elettrografico; al centro, schema del sistema di registrazione elettrografico; a destra, registrazioni di correnti alternate a 50 cicli per sec. da 1 a 15 volt (nell'originale Fig. 5)

3.3. Augusto Righi: una sua "fotocopia" del 1881

A giustificazione di questo titolo ricordiamo che Augusto Righi realizzò un apparato sperimentale funzionante a pressione ordinaria con il quale produsse molte immagini "fotostatiche" nei suoi lavori sulle «ombre elettriche».



Figg. 12-13. A sinistra, frontespizio della breve presentazione di Righi su: *Le ombre elettriche*, 1881 (prima memoria, Righi 1882); a destra, frontespizio dell'ampia monografia di Righi su: *Le ombre elettriche*, 1882 (seconda memoria, Righi 1883)

In particolare, citiamo i due contributi riprodotti nelle immagini seguenti e che commenteremo nel seguito di questo lavoro. Possiamo dire fin d'ora che in questi lavori di Righi la locuzione «ombre elettriche» sta ad indicare, come si vedrà, in una sorta di traduzione ideale, e a distanza di tempo, l'espressione «copie fotostatiche».

3.4. Righi: la sua sperimentazione sulle «ombre elettriche» e l'apparato sperimentale

Le pubblicazioni di Righi del 1881 e, soprattutto, quella del 1882 sono ricchissime di indicazioni e di spiegazioni che ora citeremo sinteticamente.

L'apparato sperimentale di Righi (Fig. 14) è così descritto:

[...] AB è un'asta verticale di ferro sostenuta da uno zoccolo pesante. Su di essa possono fissarsi a diverse altezze tre bracci d'ebonite [termine usato all'epoca per ebanite], il primo dei quali sostiene un'asta d'ottone P avente all'estremo superiore una pallina ed all'inferiore una punta; il secondo porta il corpo C destinato a produrre l'ombra e che in generale era nelle mie esperienze una specie di fiore o di croce tagliata in una lastra d'ottone ed a spigoli smussati [...]; il terzo infine in forma di pinzetta, e mobile nel senso della sua lunghezza, serve a reggere un disco D o una lastra di altra forma [...] (Righi 1882, p. 559).

Righi così prosegue:

[...] Sia D un disco d'ottone, e vi si sovrapponga un disco d'ebonite. Caricata una bottiglia di Leida [...] in modo che possa dare una scintilla di 1 a 2 cent. di lunghezza, se ne ponga l'armatura esterna in comunicazione con D, poi col bottone comunicante coll'interna si tocchi l'asta P. Proiettando subito dopo sulla ebonite *senza staccarla dal disco d'ottone D*, il noto miscuglio di minio e solfo per mezzo di un soffiutto, vedesi delinearasi una immagine della croce C [...] (Righi 1882, pp. 559-560).

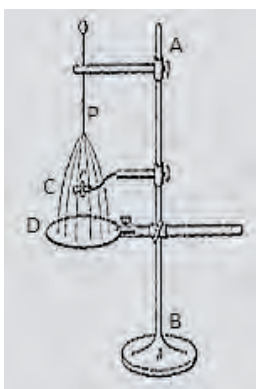
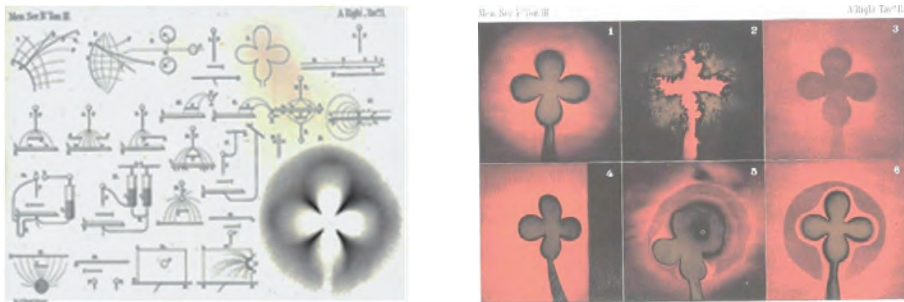


Fig. 14. Apparecchio sperimentale per la produzione delle «ombre elettriche», riprodotto nella prima memoria di Augusto Righi (presentata il 12 maggio 1881, pag. 559)

Citiamo ancora le parole di Righi in un brano in cui menziona altre procedure di fissaggio dell'immagine:

[...] Formata la figura, può rendersi stabile facendovi cadere sopra una nebbia di soluzione di gelatina, o di vernice di gomma lacca, adoperando un ordinario polverizzatore per liquidi. [...] Se sotto la punta e la croce e sulla lastra metallica, si pone una lastra di vetro collodionato e sensibilizzato, come per ottenere una negativa fotografica ordinaria, dopo un tempo sufficiente d'azione della macchina, si ottiene con l'ordinario sviluppo (p.es. al solfato di ferro) un'immagine dell'ombra della croce [...] (Righi 1882, p. 562).



Figg. 15-16. Le Tavole I e II allegate alla seconda memoria (letta l'11 maggio 1882), in cui Righi prosegue nella sua dettagliatissima analisi sperimentale

4. Confronto Righi/ Selényi/ Carlson

4.1. Obiettività di ricerca

Risulta chiaro dal confronto e dalle considerazioni sopra riportate che le procedure praticate da Carlson sono sostanzialmente le stesse di quelle a suo tempo utilizzate da Righi e molto simili a quelle elaborate da Selényi. I principi fisici legati all'elettrostatica sono esattamente gli stessi. In un caso e nell'altro una polvere, o un inchiostro, si deposita in maniera stabile su un'immagine caricata elettrostaticamente. Le difficoltà storicamente incontrate da Carlson tra il 1930-1950 costituiscono un importante indice storiografico che ci fa comprendere come fosse letteralmente impossibile, negli anni in cui Righi realizzò i suoi dispositivi (1881-1882), che si potesse concretamente attuare una produzione commerciale delle sue idee sulle «ombre elettriche». Oltretutto Righi non pensò di brevettare gli aspetti applicativi di queste sue ricerche.⁶ Il nostro esempio fornisce sostegno

⁶ In realtà Righi in tutta la sua vita ottenne un unico brevetto internazionale per un dispositivo che presentò a Parigi all'Esposizione Universale del 1878, e che descrisse nel suo lavoro *Il Telefono che si ascolta a distanza* (Righi 1878). Il giovanissimo Righi in quella occasione ottenne un grande apprezzamento personale, ma non il successo commerciale che forse si attendeva. Fu forse questa delusione e una più matura consapevolezza della funzione sociale che la scienza applicata deve avere che persuase Righi a non richiedere in seguito ulteriori brevetti per le sue acquisizioni scientifiche, a differenza di quanto avvenne per Selényi e, soprattutto, per Carlson.

all'idea dell'esigenza di un'analisi storiografica, il più possibile dettagliata, per valutare gli avvenimenti storici. Con questo spirito, e grazie ad alcune preziose collaborazioni, anni fa si è realizzato (vedi Figg. 17-18), per un doveroso confronto, una replica dell'apparato storico originale di Augusto Righi.⁷ La strada da seguire, a nostro parere, non può non essere quella più difficile dell'impegno in una storiografia fuori da ogni conformismo e sensibile solo al richiamo dell'obiettività della ricerca.



Figg. 17-18. A sinistra, apparato con il disco coibente in plexiglas distanziato dal disco conduttore d'ottone; a destra, ombra di numeri di ottone con zolfo su carta nera appoggiata a disco metallico

Nonostante tutte le difficoltà evidenti in un simile proposito – ma a priori non esistano impossibilità di principio – questa, a nostro parere, è l'unica strada praticabile e deontologicamente corretta. Quella cioè di tentare di raggiungere una piena conoscenza dei fatti, nel più completo rispetto delle parti in causa, ai soli fini del raggiungimento della maggiore obiettività possibile.

Ringraziamenti

Si ringraziano i Direttori della Sezione di Bologna dell'INFN che si sono succeduti negli anni per la cortese collaborazione concessa al Museo di Fisica: Proff. Antonio Vitale, Paolo

⁷ Lisa Levizzani, Tesi in Fisica, *Le "Ombre elettriche" di Righi. Un'anticipazione delle macchine fotostatiche*, Relatore G. Dragoni. A.A. 2004-2005, Sessione III, Alma Mater Studiorum, Università degli Studi di Bologna. Dalle immagini realizzate in questo lavoro di Tesi, oltre che dalle sue considerazioni, si evince in maniera palese oltre che l'abilità della laureanda, ora insegnante, e dei tecnici dell'Officina INFN di Bologna, anche l'efficacia delle sperimentazioni di Augusto Righi. Per una questione di completezza e correttezza, infatti al di là delle considerazioni sopra riportate che derivano quasi completamente dall'analisi della letteratura primaria esistente, ci si è voluti impegnare nel tentativo di ricostruire materialmente il dispositivo di Righi sulle ombre elettriche che non ci è pervenuto, probabilmente perché i componenti erano parti diverse assemblate al momento allo scopo delle sue sperimentazioni.

Giusti, Maurizio Basile, Antonio Zoccoli, Graziano Bruni e i loro Tecnici. In particolare, si ringrazia il Responsabile dell'Officina Dott. Anselmo Margotti e i Signori Giulio Pancaldi e Fabio Zuffa. Si ringraziano, inoltre, i Colleghi Silvio Bergia ed Attilio Forino per i loro suggerimenti. Un grato riconoscimento per il suo aiuto informatico al Dottor Paolo Cinti del Dipartimento di Fisica e Astronomia dell'Università di Bologna. Un sincero ringraziamento ai Responsabili della Ditta Bimac, Macchine per Ufficio di Bologna per i chiarimenti tecnici ricevuti sul funzionamento delle macchine fotocopiatrici.

Crediti fotografici

Si ringraziano le Persone e gli Enti per l'uso delle seguenti immagini: Fig. 1 Dipartimento di Fisica e Astronomia dell'Alma Mater Studiorum Università di Bologna; Fig. 2 Wikipedia; Figg. 3, 4, 7, 8 Courtesy of Xerox Corporation; Figg. 5, 6 Patent US 2221776 A da Google; Figg. 9, 10, 11 in Tar, D. (1997). "Paul Selényi and xerography" *Fizikai Szemle*; Figg. 12, 14 da Righi, A. (1881-82). "Le ombre elettriche". *Memorie dell'Accademia delle Scienze dell'Istituto di Bologna*; Figg. 13, 15, 16 da Righi, A. (1882-83). "Le ombre elettriche". *Memorie dell'Accademia delle Scienze dell'Istituto di Bologna*; Figg. 17, 18 da Lisa Levizzani, Tesi in Fisica, "Le 'Ombre elettriche' di Righi. Un'anticipazione delle macchine fotostatiche", (2004-2005). Sessione III, Relatore Dragoni, G. Alma Mater Studiorum, Università degli Studi di Bologna.

Bibliografia

- Anon. (1948). "Revolution Ahead?". *Time Magazine*, Nov. 1, pp. 82-83.
- AA.VV. (1948). *Proceedings of the Thirty-Third Annual Meeting of the Optical Society of America* (Detroit, MI, 21-23 October 1948), in *Journal of the Optical Society of America*, 38 (12), pp. 1092-1106.
- Bergia S., Dragoni G., Gottardi G. (1999). *Dizionario biografico degli scienziati e dei tecnici*. Bologna: Zanichelli.
- Bodó Z. (a cura di). *Pál Selényi Gesammelte Arbeiten*. Budapest: Akadémiai Kiadó (con breve biografia scritta dalla moglie Irén Selényi-Greiner).
- Buie E.E. (1965). "From Janitor Boy to Spectacular Success". *The Sun Telegram, A Newspaper for San Bernardino County*, March 7th, Rubrica "They tell me", p. C-7.
- Burlan D.M., Schein L.B. (1986). "Physics of Electrophotography". *Physics Today*, 39 (5), pp. 46-53.
- Dennis G., Hall R.M. (2000). "Chester F. Carlson. A Man to Remember". *Optics and Photonics News*, 11 (September), pp. 14-18.
- Dessauer J.H., Clark H.E. (1965). *Xerography and Related Processes*. Oxford: Focal Press.
- Dessauer J.H. (1971). *My Years with Xerox. The Billions Nobody Wanted*. Dublin: Manor Books.

- Dinsdale A. (1963). “Chester Carlson F., Inventor of Xerography – A Biography”. *The Journal of Photographic Science and Engineering*, 7, pp. 1-4.
- Dougherty P. (1963). “He invented Xerography. 2,221,776 – Lucky Number”. *Brighton-Pittsford Post*, Nov. 14th, p.1 e continuazione a p. 6B.
- Dragoni G. (1988). *Il Museo di Fisica*, in Tega W. (a cura di), *Storia illustrata di Bologna*. S. Marino: AIEP, pp.141-160.
- Dragoni G. (1997). *Creatività tra scienza e tecnica*, in Dragoni G., Tozzi Fontana M. (a cura di), *Interpretare l'innovazione*. Bologna: Il Nove Editore, pp. 29-60.
- Dragoni G. (a cura di) (2000). *Far fare fisica. Attività didattica al Museo di Fisica*. Roma: Servizio Pubblicazioni e Informazioni Scientifiche del CNR.
- Dragoni G. (a cura di) (2005). *Una didattica occhi negli occhi. Attività didattico-sperimentale al Museo di Fisica dell'Università degli Studi di Bologna*. Roma: Servizio Pubblicazioni e Informazioni Scientifiche del CNR.
- Dragoni G. (2013). *Augusto Righi*, in *Contributo italiano alla storia del pensiero. Scienze*. Roma: Istituto della Enciclopedia Italiana, pp. 615-618.
- Einstein A. (1905). “Ueber einen die Erzeugung und Verwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Gesichtspunkt”. *Annalen der Physik*, 17, pp. 132-148.
- Fortuzzi P., Giorgi M. (1989). “Le Proposte didattiche”. *Scuola se*, 56 (anno VIII, dic.), pp. 53-57.
- Hughes A.L. (1932). *Photoelectric Phenomena*. New York: McGraw Hill.
- Jewkes J., Sawers D., Stillerman R. (1958). *The Sources of Invention*. London: Macmillan and Co.
- Kragh H. (1990). *Introduzione alla storiografia della scienza*. Bologna: Zanichelli.
- Owen D. (2004a). *Copies in seconds. How a lone inventor and an unknown company created the biggest communication breakthrough since Gutenberg. Chester Carlson and the birth of the Xerox machine*. New York: Simon & Schuster.
- Owen D. (2004b). “Making copies”. *Smithsonian Magazine*, August, pp. 91-97.
- Pasquinelli A., Tabaroni G. (1975). Le teorie scientifiche dal 1860 ad oggi, in Grande Antologia Filosofica. Il Pensiero contemporaneo. Sezione seconda. Milano: Marzorati.
- Righi A. (1878). “Il Telefono che si ascolta a distanza”. *L'Elettricista*, 2, p. 616.
- Righi A. (1882). “Le Ombre Elettriche”. *Memorie dell'Accademia delle Scienze dell'Istituto di Bologna*, serie 4, tomo 2, pp. 555-567.
- Righi A. (1883). “Le Ombre Elettriche”. *Memorie dell'Accademia delle Scienze dell'Istituto di Bologna*, serie 4, tomo 3, pp. 461-498, 3 tavole.
- Schaffert R.M., Oughton C.D. (1948). “Xerography. A New Principle of Graphic Reproduction”, *Journal of the Optical Society of America*, 38 (12), pp. 991-998.
- Selényi P. (1938). “On the Electrographic Recording of Fast Electrical Phenomena”. *Journal of Applied Physics*, 9, pp. 637-641.

Sitografia

[Otto_Kornei]. URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Otto_Kornei> [data di accesso: 26/08/2014].

- [Astoria, Queens]. URL: <http://en.wikipedia.org/wiki/Astoria,_Queens> [data di accesso: 26/08/2014].
- [Business Services and Digital Printing Solutions - Xerox]. URL: <http://www.xerox.com/downloads/usa/en/innovation/innovation_storyofxerography.pdf> [data di accesso: 26/08/2014].
- [Chester Carlson]. URL: <http://en.wikipedia.org/wiki/Chester_Carlson> [data di accesso: 26/08/2014].
- [Chester Carlson, American Inventor]. URL: <<http://what-when-how.com/scientists/carlson-chester-1906-1968-american-inventor-xerography-scientist/>> [data di accesso: 26/08/2014].
- [Chester F. Carlson, Facts]. URL: <<http://yourdictionary.com /chester-f-carlson>> [data di accesso: 26/08/2014].
- [Chester Carlson Inventor, Biography]. URL: <<http://www.ideafinder.com/history/inventors/carlson.htm>> [data di accesso: 26/08/2014].
- [Chester F. Carlson, Inventor of Xerography, A Biography]. URL: <<http://library.rochester.edu /carlson/chester/biography>> [data di accesso: 26/08/2014].
- [Fisikai Szemle 1999 5 - Zsolt Bor - Optics by Hungarians]. URL: <<http://wwwold.kfki.hu/fszemle/archivum/fsz9905/bor.html>> [data di accesso: 26/08/2014].
- [Gallery of Innovators - RIT Innovation Hall of Fame]. URL: <<http://www.rit.edu/alumni/ihf/inductee.php?inductee=2>> [data di accesso: 26/08/2014].
- [History, Travel, Arts, Science, People, Places - Smithsonian]. URL: <<http://www.smithsonianmag.com/history/making-copies-2242822/?all>> [data di accesso: 26/08/2014].
- [Museo di Fisica, Dipartimento di Fisica e Astronomia di Bologna]. URL: <<http://www.fisica-astronomia.unibo.it/it/biblioteche-e-musei/museo-di-fisica/index.html>> [data di accesso: 26/08/2014].
- [Museo di Fisica, Sistema Museale d'Ateneo di Bologna]. URL: <<http://www.sma.unibo.it/fisica/index.html>> [data di accesso: 26/08/2014].
- [New York Public Library]. URL: <<http://www.nypl.org/sites/default/files/archivalcollections/pdf/carlsonc.pdf>> [data di accesso: 26/08/2014].
- [New York Public Library, Mother of Invention]. URL: <http://huffingtonpost.com/the-new-york-public-library/nypl-mother-of-invention_b_863124.html> [data di accesso: 26/08/2014].
- [Pál Selényi]. URL: <http://en.wikipedia.org/wiki/Pál_Selényi> [data di accesso: 26/08/2014].
- [Xerography, History, Invention of Xerography]. URL: <<http://www.ideafinder.com/history/inventions/xerography.htm>> [data di accesso: 26/08/2014].