

AperTO - Archivio Istituzionale Open Access dell'Università di Torino

## Wilhelm Conrad Rontgen: dalla scoperta dei raggi X al primo Premio Nobel in Fisica

### This is the author's manuscript

*Original Citation:*

*Availability:*

This version is available <http://hdl.handle.net/2318/1947624> since 2023-12-11T21:54:59Z

*Published version:*

DOI:10.1393/gdf/i2021-10416-8

*Terms of use:*

Open Access

Anyone can freely access the full text of works made available as "Open Access". Works made available under a Creative Commons license can be used according to the terms and conditions of said license. Use of all other works requires consent of the right holder (author or publisher) if not exempted from copyright protection by the applicable law.

(Article begins on next page)

Wilhelm Conrad Röntgen:  
dalla scoperta dei raggi X al primo premio Nobel in Fisica

Wilhelm Conrad Röntgen:  
from the discovery of X-rays to the first Nobel Prize in Physics

*Aguzza qui, lettor, ben gli occhi al vero,  
Ché il velo è ora ben tanto sottile,  
Certo, che il trapassar dentro è leggiero.*

DANTE, Purgatorio, C. VIII, 19

Nel 2021 si celebrano i 120 anni dal conferimento a Wilhelm Conrad Röntgen del Premio Nobel in Fisica “in riconoscimento degli straordinari servizi da lui resi attraverso la scoperta dei raggi notevoli che hanno poi preso il suo nome”, i *raggi Röntgen*, da lui chiamati *raggi X*, *raggi* “per brevità” e *X* “per distinguerli dagli altri con questo nome”.

Un premio Nobel, quello conferito a Röntgen nel 1901, *molto* speciale. Si trattava in assoluto del primo premio Nobel in fisica mai conferito. Alfred Nobel, lo scienziato e industriale svedese noto per l’invenzione della dinamite, era morto cinque anni prima, nel 1896, lasciando per testamento un’ingente fortuna (prossima a 150 milioni di euro attuali) finalizzata all’istituzione di cinque *premi Nobel* – in fisica, chimica, fisiologia o medicina, letteratura e pace – destinati “a coloro i quali, nell’anno precedente, hanno conferito i più grandi benefici all’umanità”. Nel 1900 fu così istituita una Fondazione Nobel per amministrare il patrimonio finanziario lasciato da Nobel e nell’anno successivo i Comitati Nobel cominciarono a raccogliere le nomination per i premi inaugurali, tra cui, appunto, quello di fisica.

Ma il Nobel in fisica a Röntgen fu significativo anche per un altro aspetto: si tratta del primo Nobel attorno al quale sorse una disputa di priorità, tra lo stesso Röntgen e Philipp Lenard, professore di fisica all’Università di Kiel che dagli anni ’80 dell’Ottocento si occupava di raggi catodici.

In questo articolo commemorativo ripercorreremo in estrema sintesi le circostanze della scoperta dei raggi X e del successivo conferimento del Premio Nobel, con particolare attenzione all’eco che tale scoperta ebbe nel nostro Paese.

## 1. Wilhelm Conrad Röntgen

Nato il 27 marzo 1845 a Lennep, nel land tedesco Nordreno-Vestfalia, Röntgen (fig. 1), dopo un periodo come uditore all’Università di Utrecht, si iscrive al Politecnico di Zurigo, dove si laurea in fisica nel 1869 con una tesi sulla teoria cinetica dei gas sotto la guida di August Kundt e Rudolf Clausius. Diventato assistente di laboratorio di Kundt all’Università di Würzburg e poi a quella di Strasburgo. Nel 1879, grazie a Hermann von Helmholtz, che si era preso a cuore le sorti del giovane Röntgen, viene nominato direttore dell’Istituto di Fisica di Giessen, dove rimane fino al 1888, quando passa sulla cattedra di fisica dell’Università di Würzburg. Nello stesso anno, sempre grazie a Helmholtz, pubblicava sul giornale ufficiale dell’Accademia prussiana delle scienze uno dei suoi lavori più importanti, col quale si dimostrava da un lato la presenza di una forza elettrodinamica a seguito del movimento di un dielettrico in un campo elettrico omogeneo, e dall’altro lato l’idoneità della teoria di Maxwell a spiegare quantitativamente il fenomeno. Nel 1900 ottiene la cattedra dell’Università di Monaco, dove rimane fino alla morte, il 10 febbraio 1923 [1-3].



Fig. 1. Wilhelm Conrad Röntgen (1845-1923) [4].

## 2. La scoperta

La genesi e i dettagli della scoperta per cui Röntgen è passato alla storia presentano molti lati oscuri, soprattutto per via dell'indisponibilità dei quaderni o delle note di laboratorio di Röntgen, dal momento che egli, nel proprio lascito testamentario, dispose che la gran parte dei propri scritti scientifici e personali, nonché la propria corrispondenza, fossero distrutti senza essere prima letti [5].

È comunque assodato che nel 1894 Röntgen aveva deciso di lavorare alle proprietà dei *raggi catodici* [6]. Erano ormai passati 25 anni dalla scoperta, dovuta a Johann Wilhelm Hittorf, di una nuova forma di radiazione invisibile in grado di produrre fenomeni di fluorescenza e fosforescenza (in analogia ad un'altra forma di radiazione invisibile, i cosiddetti "raggi chimici", poi denominati ultravioletti). La scoperta di Hittorf era avvenuta nell'ambito delle ricerche sul processo di scarica nei gas rarefatti [7]. Quando una scarica elettrica, prodotta tra gli elettrodi connessi a una bobina d'induzione, attraversa un gas rarefatto contenuto in un tubo, a pressione del gas sufficientemente

basse si possono osservare fenomeni di fluorescenza sulle pareti del tubo. Hittorf aveva posizionato il catodo a una estremità del tubo, rilevato la traccia fluorescente sull'estremità opposta del vetro, e dimostrato che un corpo solido interposto tra il catodo e la chiazza fluorescente eliminava quest'ultima. Questa scoperta aveva portato Hittorf a identificare i nuovi raggi con una specie di raggi ultravioletti e ai quali successivamente, poiché provenienti dal catodo del tubo a scarica, venne dato il nome di "raggi catodici".

I fisici avevano due modelli da confrontare per la spiegazione di questo fenomeno: da una parte la scuola tedesca sosteneva la natura ondulatoria dei raggi catodici, visti in particolare come onde elettromagnetiche di lunghezza d'onda molto corta, mentre quella britannica e francese propendeva per una natura corpuscolare identificando i raggi catodici con atomi o molecole ionizzati negativamente. Ad influire in maniera decisiva sui risvolti, metodologici prima e storici poi, di queste ricerche, fu un'innovazione di carattere prettamente sperimentale introdotta nel 1894 da un esponente della scuola tedesca, Philipp Lenard, ideatore, come vedremo, di un modello di tubo a scarica particolarmente adatto per lo studio dei raggi catodici, nel quale i raggi catodici potevano essere studiati all'esterno del tubo, consentendo loro di attraversare una sottile lamina di alluminio [8].

Nel 1894 Röntgen aveva già a disposizione diversi tubi di Hittorf e di Crookes (che aveva cambiato forma al tubo, posizionando l'anodo di lato) e, nel maggio del 1894, aveva ricevuto anche un tubo di Lenard realizzato dal proprio costruttore di fiducia di Braunschweig, Muller-Unkel, secondo le indicazioni dello stesso Lenard [6]. Nel luglio del 1894, poi, Röntgen aveva ottenuto dal fornitore di Lenard, il chimico Krafft di Heidelberg, una piccola quantità di ketone, la sostanza fluorescente utilizzata da Lenard nei propri esperimenti [9-11].

Fu in questo contesto, favorevole dal punto di vista della strumentazione disponibile, che Röntgen deve interrompere per un anno le proprie ricerche, essendo stato nominato Rettore dell'Università di Würzburg per l'anno accademico 1894/95 (da estate del 1894 a estate del 1895). Prima dell'inizio del proprio mandato da Rettore, Röntgen pronuncia una prolusione d'insediamento nella quale ripercorre la storia degli studi fisici in tale Università. E così facendo, cita le parole profetiche dello scienziato gesuita Athanasius Kircher, che insegnò a Würzburg tra il 1628 e il 1633:

La Natura, spesso, permette la produzione di affascinanti miracoli, che originano dalle osservazioni più ordinarie e che sono riconosciuti, tuttavia, solo da coloro i quali sono dotati di sagacia e acume di ricerca e che consultano l'esperienza, la maestra di ogni cosa [12, 1035].

Nella propria prolusione, Röntgen sottolinea anche il valore conoscitivo dell'evidenza sperimentale: "a poco a poco si è venuta affermando la convinzione che l'esperimento è il più attendibile metodo per estrarre segreti dalla natura e che esso è il criterio definitivo per giudicare se un'un'ipotesi deve essere ritenuta valida oppure scartata" [1, 144].

Terminato il proprio mandato, Röntgen torna attivamente alle proprie ricerche, ricerche che lo portano la sera di venerdì 8 novembre 1895, a una scoperta inattesa: la scoperta di "una nuova specie di raggi" dall'elevatissimo potere penetrante, prodotti da un *ordinario* tubo a vuoto, eppure *mai* osservati prima!

L'esatta sequenza degli eventi non è nota e neppure l'esatta strumentazione da lui utilizzata [13]. Il poco che sappiamo con un certo margine di sicurezza è in gran parte contenuto nella propria *Vorläufige Mittheilung* (comunicazione preliminare) *Über eine neue Art von Strahlen* (Su una nuova specie di raggi) da lui redatta il 28 dicembre 1895 e inviata alla rivista della Società fisico-medica di Würzburg *Sitzungsberichte der Würzburger Physikalisch-medizinische Gesellschaft* (e spedita dallo stesso Röntgen a circa 90 colleghi fisici europei) [14-15]. Il contenuto della comunicazione è materialmente presentato alla Società fisico-medica di Würzburg solo nella seduta del successivo 23 gennaio, seduta di cui però non esiste una trascrizione ma solo alcuni sintetici resoconti dell'epoca [2, p. 47].

La comunicazione preliminare comincia con le seguenti parole:

Se si fa passare la scarica prodotta da un grande rocchetto di Ruhmkorff attraverso un tubo a vuoto di Hittorf, o attraverso un tubo di Lenard, o di Crookes o altro apparato analogo sufficientemente evacuato, e si ricopre il tubo con un rivestimento abbastanza aderente di cartoncino nero sottile, è possibile vedere, in una stanza completamente buia, che se si avvicina all'apparato della carta ricoperta da un lato di platinocianuro di bario, questa si illumina intensamente ad ogni scarica, emette fluorescenza, e ciò indipendentemente dal fatto che venga rivolto verso l'apparato di scarica il lato verniciato dello schermo oppure il lato opposto. La fluorescenza è ancora percepibile ad una distanza di 2 metri dall'apparato. È facile convincersi che la causa della fluorescenza provenga all'apparato di scarica e non da qualche altro punto della linea conduttrice.

Ciò che colpisce da subito di questo fenomeno è il fatto che un agente in grado di produrre una vivace fluorescenza passi attraverso l'involucro di cartone nero, il quale invece non lascia passare alcun raggio visibile o ultravioletto del Sole o di una lampada ad arco. Si è esaminato perciò se anche altri corpi hanno questa proprietà e si è scoperto ben presto che tutti i corpi sono permeabili a questo agente, anche se in misura molto diversa [15, p. 3].

Per riferirsi all'“agente” responsabile di tale fenomeno, Röntgen precisa più avanti, sempre nella comunicazione preliminare, che “per brevità, userò il termine ‘raggi’ e, per distinguerli dagli altri, li chiamerò ‘raggi-X’” [15, p. 4].

Röntgen scopre che la fluorescenza del platinocianuro di bario non è la sola azione prodotta dai raggi X. Altre sostanze presentano fluorescenza se esposte a tali raggi, come il solfuro di calcio, il vetro di uranio, lo spato d'Islanda (una varietà di calcite), il salgemma e così via. E, soprattutto,

Di particolare interesse a questo proposito è il fatto che *le lastre fotografiche a secco sono sensibili ai raggi X*. È così possibile mostrare i fenomeni in modo da escludere il pericolo di errore. Ho così confermato molte delle osservazioni oculari dello schermo fluorescente [15, p. 6].

Sebbene non sia ancora chiaro se l'immagine sulla lastra fotografica sia un diretto effetto dei raggi X oppure un effetto secondario prodotto alla fluorescenza della sostanza di cui è costituita la lastra, è chiaro a Röntgen che la possibilità di usare una lastra fotografica all'interno della propria custodia protettiva, “senza la necessità di condurre esperimenti nell'oscurità” [15, p. 6].

### 3. Cosa stava cercando Röntgen?

Come si vede, nella sua *Vorläufige Mittheilung*, Röntgen non entra nel merito delle ragioni che lo spinsero a condurre l'esperienza secondo le modalità citate. I passaggi iniziali della sua comunicazione preliminare potrebbero descrivere il momento della scoperta. Ma, altrettanto verosimilmente, potrebbero essere le istruzioni da seguire per ottenere i nuovi “raggi”. Come è stato osservato, infatti, Röntgen si preoccupava di rendere credibile un fenomeno alquanto implausibile e quindi ritenere che abbia organizzato razionalmente a posteriori la sperimentazione è altrettanto probabile quanto il pensare che si sia limitato a trascrivere le proprie note di laboratorio. Nel corso della propria conferenza alla Società fisico-medica di Wurzburg, non è molto più esplicito di quanto lo sia stato nella comunicazione preliminare, limitandosi a citare le ricerche sui raggi catodici di Hertz, Lenard e altri e a dire che le osservazioni da lui condotte lo avevano spinto a condurre esperimenti lungo le stesse linee [16].

Altre informazioni dirette sono ricavabili da una delle rarissime interviste rilasciate da Röntgen, poi pubblicata sul fascicolo di aprile 1896 del *McClure's Magazine*, probabilmente risalente alla fine di gennaio, a cura di H.J.W. Dam, un giornalista americano abitante a Londra. In tale intervista, alla domanda “Professore, vorrebbe dirmi la storia della scoperta?”, Röntgen rispose così:

Non c'è alcuna storia. Da molto tempo ero interessato al problema dei raggi catodici da un tubo a vuoto, già studiati da Hertz e Lenard. Avevo seguito le loro ricerche, e quelle di altri,

con grande interesse, e decisi che non appena ne avessi avuto il tempo, avrei condotto delle ricerche per conto mio. Trovai il tempo per farlo alla fine dello scorso ottobre. Ero al lavoro da alcuni giorni quando scoprii qualcosa di nuovo [4, p. 413].

In una seconda intervista col medico scozzese James MacKenzie Davidson, accordata nel mese di luglio 1896, ma pubblicata solo nel 1914, Röntgen si esprime nei seguenti termini:

*Che cosa stava facendo con il tubo di Hittorf quando ha realizzato la scoperta dei raggi X?*  
Stavo cercando raggi invisibili.

*Che cosa l'ha condotta ad usare uno schermo di platino-cianuro di bario?*

In Germania lo usiamo per rivelare i raggi invisibili dello spettro e pensavo che fosse una sostanza adatta per rivelare eventuali raggi invisibili emanati da un tubo [17].

Anche in merito al modello di tubo a vuoto che fornì i primi indizi della presenza di raggi X, non abbiamo certezze. Nell'intervista con Mackenzie Davidson si parla esclusivamente del tubo di Hittorf. Nell'intervista col McClure Magazine, Dam riferisce invece che la scoperta sarebbe avvenuta con un tubo di Crookes, anche se il tubo preferito da Röntgen era quello di Hittorf, poiché tra tutti era quello che consentiva di raggiungere il maggior grado di rarefazione dell'aria. Per quanto riguarda l'originale tedesco della *Vorläufige Mittheilung*, ci si limita a elencare i tubi a vuoto che permettono di osservare il fenomeno, indicando come primo nell'elenco il tubo di Hittorf, come secondo quello di Lenard e come terzo quello di Crookes (che, di fatto, non era altro che una variante del tubo di Hittorf), e precisando come unico fattore importante la possibilità di raggiungere un vuoto sufficientemente spinto (nella traduzione di Stanton per *Nature*, l'ordine dei tubi di Lenard e Crookes risulta invertito) [18] (fig. 2-3).

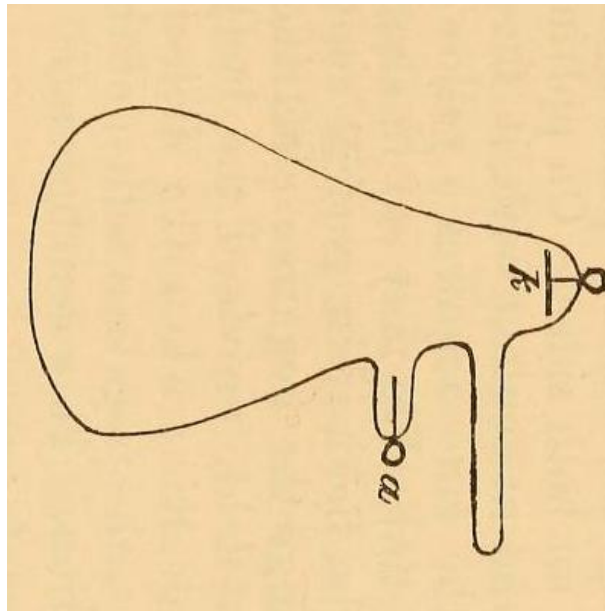


Fig. 2. Tubo di Hittorf-Crookes [19].

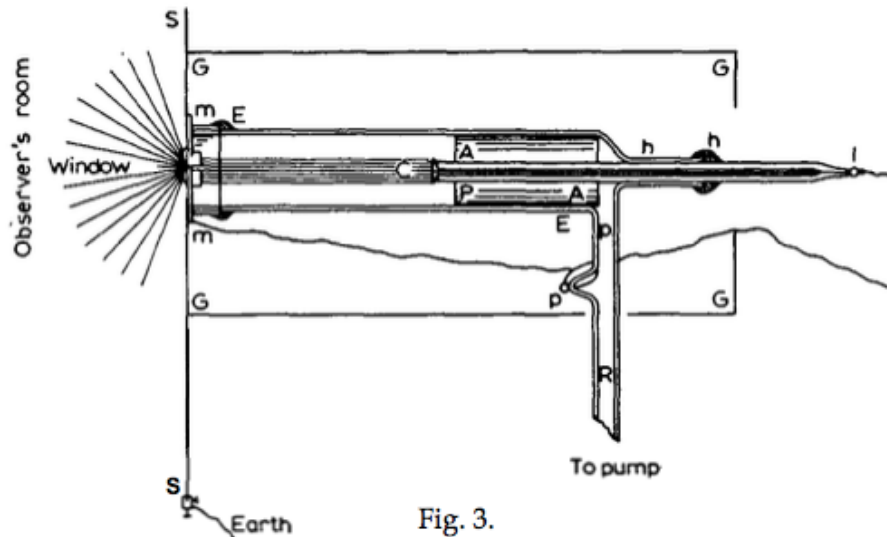


Fig. 3.

Fig. 3. Tubo di Lenard [20, p. 109].

I tubi di Hittorf e Crookes erano ordinari tubi a vuoto, nei quali veniva prodotta un'estrema rarefazione e nei quali i *raggi catodici* emessi dall'elettrodo caricato negativamente (che poi si capirà essere *elettroni*) potevano essere studiati solo dall'esterno. Come disse nel 1878 William Crookes, uno dei principali studiosi sui raggi catodici, “i fenomeni in questi tubi a vuoto rivelano alla scienza fisica un nuovo mondo, un mondo [...] dove non possiamo mai entrare e che dobbiamo limitarci a osservare e sperimentare dall'esterno” [21, p. 164]. La maggioranza dei primi studi sulla fluorescenza prodotta dai raggi catodici consistevano infatti nel collocare una sostanza fluorescente all'interno del tubo, cosa che rendeva il processo piuttosto lungo poiché ogni volta doveva essere ristabilito il vuoto all'interno del tubo (attraverso un lungo processo di pompaggio che poteva anche durare alcuni giorni). Come aveva infatti osservato Heinrich Hertz,

Una delle principali differenza tra luce e raggi catodici ha a che fare col loro potere di attraversare corpi solidi. Le stesse sostanze che sono assolutamente trasparenti a tutti i tipi di luce, rappresentano, anche se sotto forma di sottilissime lamine, una resistenza insuperabile al passaggio dei raggi catodici [22, p. 328].

Nel 1892, tuttavia, lo stesso Hertz aveva riferito, con sorpresa, di aver scoperto che i metalli, che sono opachi alla luce, sono leggermente trasparenti ai raggi catodici. Se di moderato spessore, ovviamente, una lamina metallica è opaca ai raggi catodici quanto alla luce. Ma se una lamina metallica è così sottile da consentire il passaggio di una parte della luce incidente, scopriva Hertz, allora consentirà anche il passaggio di una parte di raggi catodici. Hertz aveva infatti osservato che se si inserisce all'interno di un tubo a vuoto un frammento di vetro all'uranio coperto con una sottile lamina di alluminio (o di oro o argento), i raggi catodici sono in grado di indurre un effetto di fluorescenza su tale vetro [22]. Proseguendo questa ricerca, Lenard (che era assistente di Hertz a Bonn), arrivò nel 1894 a realizzare il suo famoso tubo, nel quale la presenza di una sottilissima finestra di alluminio (di spessore pari a 0,00265 nm) consentiva ai raggi catodici di attraversarla e di fuoriuscire all'esterno, permettendo per la prima volta il loro studio al di fuori del tubo catodico [23]. Attraverso una serie di esperimenti, Lenard concluse che i raggi catodici sono in grado di propagarsi in aria a pressione ambientale per una distanza di circa 8 cm [20, p. 109]. Al fine di studiare l'effetto di fluorescenza dei raggi catodici fuoriuscenti dalla finestra di alluminio, senza essere disturbati nelle osservazioni dalla brillante fluorescenza che si produceva sulle pareti di vetro del tubo, Lenard racchiuse il proprio tubo all'interno di uno spesso rivestimento di stagno, lasciando non schermata unicamente la finestra di alluminio (fig. 3).

Naturalmente, i raggi catodici non sono direttamente visibili. “Sarebbe inutile – dirà Lenard nella sua Nobel lecture del 1905 – porre il proprio occhio di fronte alla finestra [di alluminio del tubo di Lenard] poiché quest’organo non è ricettivo ai raggi catodici” [20, p. 109]. Più adatti sono materiali in grado di produrre fluorescenza se colpiti da tali raggi. Tra questi, scriveva Lenard nel 1894, “uno schermo fatto di carta di seta imbevuta di pentadecylparatolyketone [“Ketone”] è particolarmente adatto [...]. Tale schermo è traslucido e può essere osservato egualmente bene da entrambi i lati; brilla in modo molto più luminoso del vetro all’uranio, senza produrre bagliore” [23, p. 230][9, p. 411].

Lo stesso Röntgen è interessato a studiare i raggi catodici e a studiarli, anche, attraverso un tubo di Lenard con finestra in alluminio e utilizzando come sensore quello usato da Lenard, ovvero carta imbevuta di ketone. Sappiamo infatti che Röntgen ordina presso il fornitore di Lenard, il chimico F. Krafft di Heidelberg, una certa quantità di ketone. Solo una modesta quantità di sostanza, come testimonia una lettera di Krafft a Röntgen del 5 luglio 1894, viene spedita a Röntgen [11, p. 227]. Nel frattempo, come già detto, nel maggio 1894, Röntgen aveva ricevuto dal costruttore di strumenti scientifici Muller-Unckel un esemplare di tubo di Lenard [11, p. 225] e aveva cominciato ad usarlo (il 21 giugno Röntgen scrive al proprio collaboratore Zehnder: “a proposito di Lenard, le comunico che sto usando un apparecchio Muller-Unkel acquistato a Braunschweig e sto studiando i raggi catodici in aria e in idrogeno. Sono entusiasta dell’esperimento”) [3, p. 1]. È verosimile che Röntgen abbia cominciato gli esperimenti con tale apparato, prima di ricevere il ketone di Lenard, utilizzando la sostanza fluorescente a sua disposizione, ovvero la carta ricoperta da platino-cianuro di bario. Ed è quindi altrettanto verosimile che ne abbia riscontrato l’idoneità a rivelare i raggi catodici fuoriuscenti dalla finestra di alluminio.

#### 4. Una scoperta “accidentale”?

La scoperta dei raggi X viene spesso portata come esempio classico di scoperta accidentale. A titolo di esempio, Kuhn nella sua *Struttura delle rivoluzioni scientifiche* scrive che “quello che riguarda i raggi X è un caso classico di scoperta dovuta al caso” [24, p. 57]. Ma è lo stesso Röntgen a presentare la propria scoperta come un evento accidentale. Durante la seduta del 23 gennaio della Società fisico-medica di Wurzburg, Röntgen avrebbe infatti detto:

*Ho trovato per caso* che i raggi attraversano un cartone nero. Poi ho usato legno, carta, libri, ma ho continuato a credere di essere vittima di un’illusione. Da ultimo, ho usato la fotografia e l’esperimento ha avuto successo [2, p. 48].

Mettiamo ora in fila una serie di considerazioni.

In primo luogo, raggi X sufficientemente energetici si producono da qualsiasi tubo a scarica di quelli utilizzati all’epoca, da quelli di Hittorf o Crookes a quello di Lenard, a patto di raggiungere pressioni sufficientemente basse. Lo stesso Röntgen, infatti, inizia la propria comunicazione preliminare con l’elencazione dei tubi che danno luogo al fenomeno, specificando che l’apparato deve essere “sufficientemente evacuato”.

In secondo luogo, i raggi X vengono scoperti non attraverso il metodo fotografico, reso iconico a partire dalla foto *hand mit ringen* della moglie Bertha, ma attraverso la fluorescenza di un’apposita sostanza. Röntgen utilizza il platino-cianuro di bario, una sostanza nota produrre luminescenza se esposta a raggi ultravioletti (ad esempio, è ampiamente usata da Crookes [10, p. 958] e Silvanus Thompson [25, p. 172] durante le loro conferenze) o a raggi catodici (come scoperto dallo stesso Crookes) [10, p. 957] e nel 1893 lo stesso Lenard aveva scoperto che i raggi catodici producono sul platino-cianuro di bario una luminescenza particolarmente intensa [23]. Nelle proprie ricerche sui raggi catodici, comunque, Lenard utilizza un’altra sostanza organica fluorescente, il sopra citato ketone, avendo riscontrato produrre una fluorescenza molto brillante e non potendo disporre liberamente di campioni di platino-cianuro di bario (“Hertz kept the keys” disse Lenard, in



un'intervista del 1945, a proposito dell'impossibilità di utilizzare qualsiasi sostanza desiderasse nell'Istituto diretto da Hertz, nel quale Lenard lavorava) [11, p. 223]. A differenza del platino-cianuro di bario, tuttavia, il ketone è sensibile solo ai raggi catodici *ma non* ai raggi X. Questo fu, evidentemente, uno dei fattori principali che impedirono a Lenard di osservare, e riconoscere, i raggi X prima di Röntgen.

Terzo. L'osservazione di un fenomeno di fluorescenza richiede la soppressione del disturbo rappresentato da altre sorgenti di luce. Da qui, la necessità di una "stanza completamente buia" e di avvolgere il tubo di scarica all'interno di cartone nero opaco. In questo modo si preclude l'arrivo sul platino-cianuro di bario di eventuali raggi luminosi o ultravioletti (fermati dal cartone nero) oltre che dei raggi catodici (fermati dal vetro, nel caso dei tubi di Hittorf e Crookes, e dal cartone, nel caso del tubo di Lenard dotato di finestra di alluminio).

Quarto. Lenard, come ricordato, aveva osservato nel 1893 che i raggi catodici riescono ad attraversare la finestra di alluminio del proprio tubo, ma che erano frenati da 8 cm di aria. Al contempo, aveva anche osservato, senza tuttavia approfondire la questione, che era possibile osservare con un elettroscopio effetti di ionizzazione fino a 30 cm di distanza dal tubo [23, p. 241]. Röntgen stava cercando tracce di altri effetti a distanza, fuori dal tubo, attraverso un metodo diverso, quello del platino-cianuro di bario?

Quanto sopra ci aiuta a capire un po' meglio il contesto della scoperta, ma non ci rivela esattamente se Röntgen stesse seguendo una specifica pista di ricerca oppure se, semplicemente, stesse indagando sulle proprietà dei raggi catodici fino ad imbattersi in una scoperta accidentale. Al giornalista del McClure Magazine, Röntgen raccontò semplicemente che "stavo lavorando con un tubo di Crookes coperto da uno schermo di cartoncino nero. Un pezzo di carta al platino-cianuro di bario era appoggiato su quel banco là. Stavo facendo passare una corrente attraverso il tubo e notai una linea nera peculiare attraverso la carta. L'effetto era tale da poter essere prodotto solo dal passaggio di luce. Ma luce non poteva provenire dal tubo perché lo schermo che lo copriva era impermeabile a qualsiasi luce nota, anche quella dell'arco elettrico" [4, p. 413]. E alla domanda "cosa ha pensato?", Röntgen rispose

*Non ho pensato. Ho investigato.* E ho ipotizzato che l'effetto dovesse provenire dal tubo, dal momento che le sue caratteristiche indicavano che non poteva provenire da nessun'altra parte. Ho eseguito delle prove e nel giro di alcuni minuti non c'era più alcun dubbio. I raggi provenivano dal tubo, il quale aveva un effetto luminescente sulla carta. Successivamente, ho fatto delle prove a distanze via via maggiori, fino a due metri. Da subito sembrava essere un nuovo tipo di luce invisibile. Era chiaramente qualcosa di nuovo, qualcosa di mai riscontrato prima [4, p. 413].

## 5. *Hand mit ringen*

Nella sua intervista col McClure Magazine, Röntgen ripercorre le prove da lui condotte, una volta scoperta l'esistenza del nuovo tipo di raggi, per investigarne le proprietà. I raggi si rivelavano in grado di penetrare con facilità carta, legno e tessuti. Röntgen racconta che lo spessore della sostanza non sembrava, entro certi limiti, fare una grande differenza. Riusciva a fotografare pesetti da laboratorio di platino, alluminio e ottone, contenuti in una scatola chiusa, come se la scatola non ci fosse. Di una bobina di filo metallico avvolta attorno a un rocchetto di legno, si vedeva solo il filo. Era inoltre possibile identificare eventuali difetti in lamine metalliche attraverso le variazioni d'ombra da queste prodotte per effetto di questi raggi. La fotografia di una bussola chiusa in una scatola di ottone, ne mostrava l'ago e il quadrante; si vedevano addirittura le tacche sul quadrante, poiché queste erano realizzate in vernice metallica [4, p. 413-414].

E durante la conferenza del 23 gennaio alla Società fisico-medica di Wurzburg, Röntgen riferisce dei suoi primi tentativi di realizzare foto ai raggi X attraverso una porta del suo laboratorio. Nello sviluppare la lastra fotografica, scopriva così la presenza di alcune strisce d'ombra, che poi si

riveleranno dovute alla vernice al piombo con cui la porta era ricoperta: “le differenti ombre sulla lastra mi mostrarono che non erano causate da differenze in spessore, ma da un assorbimento superficiale della porta. Scoprii che la porta era ricoperta da biacca [un colorante a base di carbonato basico di piombo] e poiché il piombo assorbe considerevolmente questi raggi, è facile vedere che una lamina di piombo lungo la direzione dei raggi assorbe considerevolmente di più di una lamina posta perpendicolarmente ad essi” [2, p. 49].

Poiché i raggi avevano questo grande potere penetrante, sembrava naturale che potessero penetrare anche attraverso la carne, e così Röntgen fece con la famosa prima foto (in realtà due) della moglie Bertha scattata il 22 dicembre 1895 e passata alla storia con il nome “Hand mit ringen” (Mano con anello) [18, 276]. Dopo aver mostrato la foto all’uditorio della conferenza del 23 gennaio, Röntgen conduce una *performance live* chiedendo al chairman della seduta, il grande anatomista dell’Università di Würzburg, Rudolf Albert von Kolliker, il permesso di fotografare la sua mano. Una volta sviluppata, la platea scoppiò in un applauso e Kolliker propose di chiamare i raggi, da quel momento in poi, “raggi Röntgen” [2, p. 50-51] (fig. 4).

Un autentico successo, un evento indimenticabile... e irripetibile: quella del 23 gennaio, infatti, fu probabilmente l’unica conferenza mai pronunciata da Röntgen davanti a un vasto pubblico.

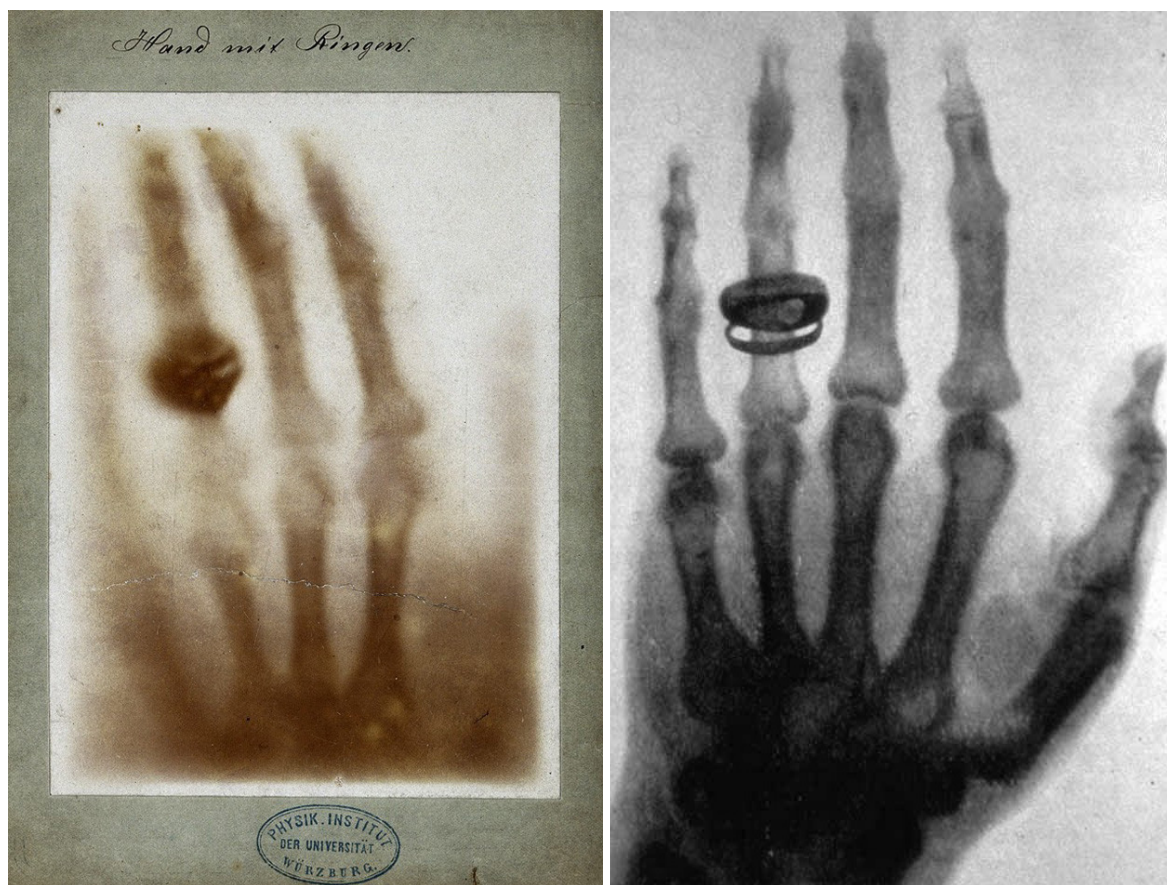


Fig. 4. La hand mit ringen di Bertha Röntgen (sinistra)

([https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/79/First\\_medical\\_X-ray\\_by\\_Wilhelm\\_R%C3%B6ntgen\\_of\\_his\\_wife\\_Anna\\_Bertha\\_Ludwig%27s\\_hand\\_-\\_18951222.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/79/First_medical_X-ray_by_Wilhelm_R%C3%B6ntgen_of_his_wife_Anna_Bertha_Ludwig%27s_hand_-_18951222.jpg)) e quella di Rudolf Albert von Kolliker (destra)

([https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/fb/X-ray\\_by\\_Wilhelm\\_R%C3%B6ntgen\\_of\\_Albert\\_von\\_K%C3%B6lliker%27s\\_hand\\_-\\_18960123-02.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/fb/X-ray_by_Wilhelm_R%C3%B6ntgen_of_Albert_von_K%C3%B6lliker%27s_hand_-_18960123-02.jpg))

## 6. La fama

Pochi giorni dopo la sua “comunicazione preliminare” del 28 dicembre 1895, inviata alla rivista della Società fisico-medica di Würzburg e spedita personalmente a numerosi fisici in tutta Europa, la scoperta di Röntgen viene discussa a un meeting della Berlin Physical Society il 4 gennaio e due giorni dopo viene presentata a una sessione della Berlin Association of Internal Medicine. Il pomeriggio del 12 gennaio Röntgen viene addirittura ricevuto dall’Imperatore Guglielmo II di Germania nella *Sternsaal* (Sala delle stelle) della residenza imperiale a Berlino, per dare una dimostrazione del fenomeno scoperto (il telegramma di invito è riprodotto in [26, p. 40]). La notizia ha immediatamente una grande eco sui giornali. Primo tra essi a renderla nota è il quotidiano di Vienna *Die Presse* che, il 5 gennaio 1896, pubblica in prima pagina una breve cronaca intitolata “Eine Sensationelle Entdeckung” (Una scoperta sensazionale) (fig. 5). Fonte dell’informazione è Ernst Lecher, figlio dell’editore e collega di Franz Exner, professore di fisica a Vienna e vecchia conoscenza di Röntgen ai tempi del Politecnico di Zurigo. Exner era stato infatti uno dei destinatari del plico con estratto e fotografie inviate da Röntgen pochi giorni prima ad alcuni colleghi fisici [1, p. 162]. La notizia, un autentico scoop giornalistico, viene rapidamente copiata dai quotidiani inglesi (ad esempio, il 6 gennaio, la *Westminster Gazette* di Londra titola in modo macabro “Photographing men as skeletons”) e, attraverso il *London Evening Standard*, telegrafata in tutto il mondo. Già il giorno successivo i quotidiani americani pubblicano la notizia: ad esempio, il 7 gennaio il quotidiano *The Sun* di New York titola in prima pagina “Triumph of Science. A Light by Which the Interior of Substances May Be Photographed”). Sulla stessa falsariga la notizia data, sempre il 7 gennaio, dal quotidiano del Kansas *The Topeka state journal*, dove, a sottolineare l’origine della notizia, Röntgen diventa uno “scienziato viennese”: “Wonder of Wonders. A Vienna Scientist Discovers How to Photograph Through Solid Substances”. E già l’8 gennaio, la presunta scoperta diventa materia di ironia nella stampa popolare. Ad esempio, *The Journal* di New York inquadra la notizia proveniente da Vienna all’interno di una polemica riguardante l’allora commissario di polizia Theodore Roosevelt (futuro 26° Presidente degli Stati Uniti), a proposito della sua battaglia per il rispetto del divieto di apertura domenicale di saloon e bordelli. La scoperta di Röntgen, così come riferita nell’articolo “Science vs. the side door” (La scienza contro la porta di servizio), viene infatti ironicamente presentata come un possibile metodo per contrastare la pratica di utilizzare le porte di servizio per entrare in tali locali...

**Redaction und Administration:**  
 8. Plaz, Pergole 70. 31.  
 Subscribenten- und Anzeigen-Verordnungen werden  
 gratis geliefert. — Anzeigen werden nicht zurückge-  
 liefert. — Anzeigen werden nicht angenommen.  
**Abonnement für die Provinz:**  
 Die täglich 4malige Folienlieferung:  
 Ganzjährig 20 R., halbjährig 12 R., vierteljährig 7 R.,  
 monatlich 3 R. 30 Pf.  
 Die täglich 2malige Folienlieferung:  
 Ganzjährig 12 R., halbjährig 7 R., vierteljährig 4 R.,  
 monatlich 2 R. 10 Pf.  
**Einzelne**  
 Morgenblatt 6 Pf., Abendblatt 3 Pf.  
 Ausgabe: 6 Uhr früh, 3 Uhr Nachmittag  
 Von Montag: 4 Uhr Morgenblatt & 11 Uhr Abendblatt

# Die Presse.

**Verkaufsstellen:**  
 I. Schulerstraße 14 (1867: 15) (Gartenhof).  
 Unterzahl und Verkauf in der Nebenstadt werden  
 ebenfalls besorgt.  
**Abonnement für Wien**  
 (aus Wien):  
 Ganzjährig 21 R. 60 Pf., halbjährig 10 R. 60 Pf., viertel-  
 jährig 6 R. 40 Pf., monatlich 1 R. 50 Pf.  
 Bei unregelmäßiger Lieferung und durch die Unruhe  
 der ungarischen Regierung: Ganzjährig 25 R.,  
 halbjährig 12 R. 50 Pf., vierteljährig 8 R. 30 Pf.,  
 monatlich 2 R. 10 Pf.  
 Abonnement für den Ausland:  
 (Postzeitung der „Presse“): Ganzjährig 14 R. 60 Pf. (bei  
 10 R. 60 Pf. monatlich) und bei allen Postanstalten.  
 Abnahme durch den Postamt der österreichischen  
 Kaiserin bei der Compagnie generale d'Publication  
 etrangere, John F. Jones & Co., in Paris, 11 rue  
 de la Harpe, Montmartre.

Des Feiertages wegen erscheint das nächste Blatt der „Presse“ Dienstag Früh.

Die heutige Nummer der „Presse“ enthält auf Seite 9 den Verlobungs-Anzeiger Nr. 1.

## Wien, 4. Jänner.

Seitdem das ganze Convolut von Orientfragen von Japan bis nach Korea in Bewegung gerathen, erregt begrifflicherweise die Haltung Russlands allgemeine und intensive Aufmerksamkeit. Der Orient scheint sich nach und nach auf neue Formationen vorzubereiten und da kommt bei den Neugierigen und Ungeduldigen gleich nach der Frage: Wie wird das werden? die andere: Welcher Nutzen könnte das für uns herauskommen? Es regt sich namentlich in den interessirten Mittelstaaten des Orients die Conjectural-Politik in allen optimistischen Pfaden und da wird in der Regel dann herausgebracht, daß das Garenreich nichts Besseres thun könnte, als die Aspirations-Politik dieser Staaten opferwillig zu betrogen. Rußland würde danach auf die Verfolgung seiner eigenen Interessen verzichten und in erster Linie den Berliner Signalar-mächten — natürlich Frankreich ausgenommen — Alles zum Trost thun müssen. Nach der Sprengung des mitteleuropäischen Dreieckes wäre der Zusammenbruch der Türkei herbeizuführen, deren Erblichkeit dann die interessirten Mittelstaaten ohne weiteres antreten würden. Vom Petersburger Cabinet hängt Alles ab; wenn dieses wolle, dann könne der Orient zusammen, wenn es aber in Ruhe verharre — nun dann werde der große Tag erst im Jahre 1897 kommen. In dieser nahen Auffassung der Sachlage tragen nicht wenig die russischen Blätter selbst bei, indem sie der auswärtigen Politik des eigenen Reiches eine Menge subjectiver Meinungen unterlegen, die ganz und gar mit den guten Traditionen des Petersburger Cabinets im Widerspruch stehen.

Gewiß hat es auch in der Geschichte des Garenreiches Perioden gegeben — vielleicht gehörte gerade jene, welche durch die Namen Gortschakow und Janatiew gekennzeichnet wird, zu diesen Perioden — in denen der Subjectivismus der Staatsmänner eine große Rolle gespielt hat. Solche Perioden weisen in- dessen nur geringe oder doch keine dauernden Erfolge auf, wie man ja am besten aus den Consequenzen des Krieges gegen die Türkei im Jahre 1877 oder aus der Behandlung der bulgarischen Frage nach dem Jahre 1885 zu ersehen vermag. Schon unter Giers ist das Petersburger Cabinet von dieser Richtung nach und nach abgekommen, und Rußland befindet sich schon seit Jahren unter jenen Großmächten, welche nach außen eine bewußt conservative und wartende Politik befolgen. Ohne Zweifel hat zu dieser Wendung der Richtung

sehr viel die Ueberzeugung beigetragen, daß das deutsch-österreichische Bündniß nur eine aufrichtige Friedensliga ist, welche nicht auf Eroberungen ausgeht, sondern in der Erhaltung des europäischen Friedens auch die beste Wahrung seiner eigenen Interessen erblickt. Andererseits dürfte in Petersburg die aus der Erfahrung der letzten Decennien geschöpfte Erkenntniß: daß Rußland nichts Besseres thun könne, als sein Pulver trocken zu halten und der Entwicklung der Dinge mit scharf beobachtender Wachsamkeit gegenüberzustehen — zur Inaugurierung der abwartenden Politik sehr viel beigetragen haben. Die jährliche, agitatorische Staats-finanzlei, welche keinen politischen Proceß ruhig abwarten kann, sondern in jede Tagesströmung die behenden Finger stecken muß, ist auch in Petersburg aus der Mode gekommen, und Fürst Lobanow scheint nicht der Mann zu sein, der solche Politik wieder zu Ehren bringen möchte.

Man wird sich erinnern können, daß wir diese Ueberzeugung immer zum Ausdruck gebracht haben, als die Discussion der französisch-russischen Entente in den letzten Jahren auf der Tagesordnung stand. Wir haben auch der gleichen Standpunkt in allen Pfaden des japanisch-chinesischen Krieges, wie in allen Stadien der armenischen Frage vertreten. Die Chatschaden haben uns Recht gegeben, denn das Petersburger Cabinet ging bei aller Entschiedenheit der momentanen Action niemals über jene Grenze hinaus, wo eine Störung des Friedens hätte herbeigeführt werden können. In der Affaire des Einlaufens der zweiten Stationschiffe in den Bosphorus war sogar Botschafter Nelsoow in der Energie der Forderung ein- und das anderemal viel — vorsichtiger aufgetreten als selbst unser Botschafter Baron Galice. Es liegen sehr viele Anhaltspunkte dafür vor, als ob Lord Salisbury schon lange der Meinung wäre: die Türkei sei nicht mehr auf die Dauer zu halten und es hätte deshalb das Cabinet von St. James bei jedem Anlasse einen deutlichen acte de presence zu vollziehen. Fürst Lobanow scheint dagegen anderer Meinung zu sein und es haben ganz gewiß Petersburger Blätter in der letzten Zeit nicht ohne jeden Grund die Idee eines Schutz- und Trugbündnisses zwischen Rußland und der Türkei discutirt. Diese Idee hat begrifflicherweise Niemand ernst genommen, weil ja selbst die ottomanischen Staatsmänner sehr genau wissen müssen, daß ein solches Bündniß nichts Anderes als die Verhängung der gefährlichen Curatel wäre, deren Kosten schließlich nur die Türkei allein zu betreiben hätte.

Wenn nicht alle Anzeichen trügen, so scheint man an der Newa dieselbe Ueberzeugung zu hegen, an der auch in Wien und Berlin festgehalten wird, daß nämlich die Türkei noch über hinreichende Anstaltsmittel verfüge, um der bestehenden Schwierigkeiten und Gefahren für einige Zeit Herr zu werden. Die finanziellen Kräfte und Hilfsquellen der Türkei scheinen noch lange nicht

erschöpft zu sein und die unzufriedenen, zu Anständen hineigenden Elemente und Völker scheinen noch nicht hart genug der ottomanischen Armee erfolgreichen Widerstand leisten zu können. Die Meuterer werden sich nach und nach beruhigen und es können wieder erträgliche Ruhe und Ordnung in türkischen Reich eintreten, wenn die Hoforte die Rathschläge der europäischen Diplomatie befolgt, wenn sie aufrichtig und ohne Zögern die Bahn der administrativen Reformen betritt. Es ist da allerdings nicht mehr viel Zeit zu verlieren und die Winterzeit müßte redlich ausgenützt werden, damit nicht mit der Schneeschmelze auch die berechtigten Hoffnungen der bedrängten Völker zerrinnen, damit sich nicht zu Ohren die ruhestörenden Elemente wieder auf die offene Straße hervorwagen. Auf diese Zeit scheint man auch an der Newa zu warten. Vermag die türkische Regierung bis dahin zu relativ normalen Verhältnissen zurückzuföhren, dann wird Rußland auch im kommenden Jahre jede Action unterlassen und sich jedesmal für die Erhaltung des Friedens einengen, namentlich wenn Lord Salisbury einen Versuch machen wird, den Zerfall der Türkei zu beschleunigen. Es kommt uns vor, als ob die abwartende und beobachtende Haltung des Petersburger Cabinets die nachträgliche Rechtfertigung durch die Ereignisse des nächsten Jahres finden dürfte, wodanu freilich Rußland nicht in die Lage kommen wird, die heißen Wünsche seiner kleinen Schützlinge schon im nächsten Jahre der frohen Erfüllung zuzuföhren.

## Eine sensationelle Entdeckung.

In den gelehrten Fachkreisen Wiens macht gegenwärtig die Mittheilung von einer Entdeckung, welche Professor Röntgen in Würzburg gemacht haben soll, große Sensation. Wenn sich dieselbe bewährt, wenn die hierauf bezüglichen Mittheilungen sich als begründet erweisen, so hat man es mit einem in seiner Art epochemachenden Ergebnisse der exacten Forschung zu thun, das sowohl auf physikalischen wie auf medicinischen Gebiete ganz merkwürdige Consequenzen bringen dürfte. Wir hören hierüber:

„Professor Röntgen nimmt eine Crookes'sche Röhre — eine sehr stark angespumpte Glasröhre, durch die ein Inductionsstrom geht — und photographirt mit Hilfe der Strahlen, welche diese Röhre nach außen hin ausstrahlt, auf gewöhnlichen photographischen Platten. Diese Strahlen nun, von deren Existenz man bisher keine Ahnung hatte, sind für das Auge vollständig unsichtbar; sie durchdringen im Gegenstand zu gewöhnlichen Lichtstrahlen. Holzstücke, organische Stoffe und dergleichen undurchsichtige Körper, Metalle und Knochen hingegen halten die Strahlen auf. Man kann bei hellem Tageslicht mit „geschlossener Casette“

Fig. 5. La prima notizia a stampa della scoperta di Röntgen (Die Presse, 5 gennaio 1896).

La letteratura scientifica segue, a ruota, solo pochi giorni dopo la stampa popolare. Tra le prime riviste scientifiche a dare la notizia vi è l'importante settimanale di medicina *The Lancet* che, l'11 gennaio, titola "The searchlight of photography" [27]. È significativo constatare come la notizia della scoperta di Röntgen sia inizialmente trattata da *The Lancet* con molto scetticismo, alla stregua di un racconto di Dickens (il Sam Weller citato all'inizio della news è infatti il lustrascarpe de *Il Circolo Pickwick* che rese famoso lo scrittore inglese) [28]. *Nature* pubblica una breve nota il 16 gennaio [29] seguita, una settimana dopo, dalla pubblicazione della traduzione della memoria di Röntgen (a cura di Arthur Stanton) con il titolo "On a New Kind of Rays" [18]. L'articolo è accompagnato dalla radiografia della mano della moglie Bertha e dalla fotografia di una bussola nascosta in una scatola metallica. La traduzione della memoria è seguita da un articolo firmato dall'ingegnere elettrico scozzese Alan Archibald Campbell-Swinton [30], tra i primi a realizzare radiografie dopo l'annuncio di Röntgen (probabilmente già a partire dall'8 gennaio) [31] (fig. 6). L'articolo di Campbell-Swinton è accompagnato da una delle prime radiografie di una mano

umana, dopo quella di Bertha. La traduzione inglese (di Stanton) della memoria di Röntgen viene poi ripubblicata il 14 febbraio su *Science* [33].

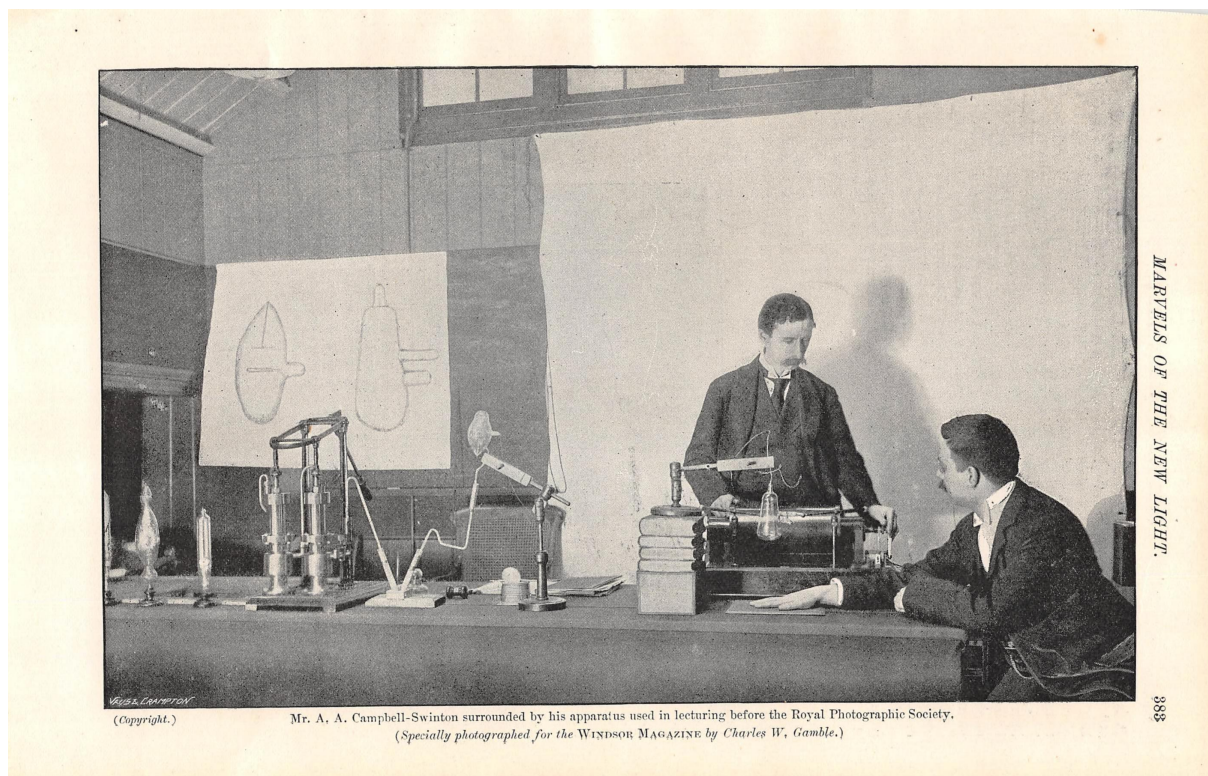


Fig. 6. Alan Archibald Campbell-Swinton, nel suo laboratorio, intento ad effettuare la radiografia di una mano, sospendendo sulla verticale un tubo a scarica. Sullo sfondo sono visibili gli schemi di due tubi a scarica utilizzati nella produzione dei raggi X [32].

## 6. I raggi X in Italia

La notizia della scoperta riceve l'attenzione dei "giornali politici" italiani con una settimana di ritardo, solo a partire dal 12 gennaio, giorno nel quale il *Corriere della sera* titola: "Una meravigliosa scoperta nella fotografia". Appresa la notizia, numerosi fisici italiani tentano immediatamente di riprodurre l'effetto osservato *prima ancora di ricevere e leggere la memoria originale di Röntgen*.

Tra i primi a riuscire nell'operazione vi fu Giuseppe Vicentini, docente di fisica sperimentale presso l'Università di Padova, coadiuvato dall'assistente Giulio Pacher. Come raccontato nella memoria (datata 25 gennaio) sottoposta al Reale Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti, "appena edotto delle esperienze del fisico di Wurzburg mi diedi a ripetere in modo alquanto diverso de' tentativi che aveva intrapreso altre volte". "A chi non è balenato alla mente – si chiedeva infatti Vicentini – dopo la scoperta e lo studio delle onde elettriche la possibilità della fotografia attraverso i corpi opachi alla luce ordinaria?" [34, p. 3].

I tentativi di Vicentini, ottenuti attraverso l'uso di un ordinario tubo di Crookes, furono immediatamente coronati da successo.

La prima prova (16 gennaio corrente) della proiezione di uno stampo metallico incollato sopra la tavoletta di protezione di una lastra fotografica racchiusa in un ordinario *chassis* mi riuscì egregiamente, e ad un giorno di distanza aveva già riprodotto l'ombra dello scheletro della mano di uno de' miei assistenti [34, p. 3].

È solo l'inizio di una sequenza di attività volte a riprodurre i risultati ottenuti da Röntgen con diversi tipi di sostanza e materiali interposti tra la sorgente di raggi X e la lastra fotografica. E il giorno successivo alla prima foto della mano di uno degli assistenti di Vicentini, emergono in pieno le potenzialità per la medicina della recente scoperta, allorché Vicentini espone ai raggi X la mano ammalata di una persona. “Ottenemmo la fotografia [fig. 7] nella quale l'anchilosi del dito mignolo è benissimo riprodotta. Nell'articolazione del dito medio, della quale interessava conoscere lo stato, si osserva la quasi completa scomparsa delle cartilagini nel centro dei capi articolari della prima e seconda falange” [34, p. 12].

Dunque, i primi esperimenti di Vicentini coronati da successo risalgono al periodo 16-18 gennaio 1896. Pochissimi giorni dopo la notizia riportata dalla stampa quotidiana. “Una prova in Italia della fotografia attraverso i corpi”, titola ad esempio *La Stampa* del 21 gennaio.

L'esperimento riuscì meravigliosamente bene. Chi ha potuto vedere la mano fotografata dal prof. Vicentini ha notato che lo scheletro presentava linee così nette da permettere il riconoscimento d'ogni singolo contorno. Le stesse cartilagini si disegnano così nettamente da far presagire il sommo vantaggio che la scienza medica verrà a ritrarre da questa scoperta.



Fig. 7. Radiografia di una mano con anchilosi del dito mignolo, ottenuta da Vicentini il 18 gennaio 1896 [34].

Gli esperimenti di Vicentini furono oggetto di una sua conferenza presso il Reale Istituto Veneto il successivo 26 gennaio, durante la quale Vicentini illustrò “tredici tavole fotografiche ottenute in pochi giorni di lavoro”. Solo durante la fase di stampa della conseguente memoria, raccontò Vicentini, “potei procurarmi il lavoro originale del Röntgen nonché avere notizie sulle ricerche di altri Fisici” [34, p. 3n].

Tra costoro, vi erano Angelo Battelli e Antonio Garbasso dell'Università di Pisa (il primo sulla cattedra di Fisica sperimentale, il secondo incaricato di Fisica matematica) [35]. In una loro memoria pubblicata su *Il Nuovo Cimento* nel fascicolo di gennaio del 1896, raccontarono di aver appreso la notizia da giornali:

Appena si seppe dai giornali politici della scoperta fatta dal Röntgen di raggi dotati di proprietà particolari, cercammo di ripetere alcune delle esperienze del fisico tedesco. Siamo riusciti quasi subito ad ottenere dei buoni risultati [36, p. 40].

Battelli e Garbasso, avvalendosi di tubi di Crookes variamente sagomati, si occupano “piuttosto che di fare delle fotografie, di allargare le ricerche sopra le proprietà e la natura dei raggi del Röntgen” [36, p. 46]. Oltre a fotografare vari oggetti (“una delle prime fotografie ottenute fu una mano, la mano di uno di noi” [36, p. 46]), Battelli e Garbasso dimostrano che i raggi X non sono luce ordinaria, studiano la relazione tra raggi X e raggi catodici (Röntgen aveva condotto esperienze “fatte con lo scopo di provare che i raggi X partono dalla macchia fluorescente che la radiazione catodica eccita sul vetro” [36, p. 49]), studiano l’azione fotografica dei raggi X, cercano di capire se possano subire fenomeni di riflessione e rifrazione e, attraverso un metodo fotometrico, studiano la trasparenza di vari mezzi ai nuovi raggi e il ruolo dello spessore. Una sintesi dei risultati preliminari furono annunciati il 25 gennaio (il giorno prima della conferenza di Vicentini) in una pubblica conferenza presso l’Aula dell’Istituto fisico di Pisa [36, p. 40].

Il 26 gennaio, lo stesso giorno nel quale Vicentini illustrava le fotografie da lui ottenute al Reale Istituto Veneto, Augusto Righi, professore di Fisica sperimentale all’Università di Bologna, presentava “alcune fotografie ottenute col metodo di Röntgen” alla seduta della Regia Accademia delle Scienze dell’Istituto di Bologna. Secondo il resoconto della seduta,

Il Presidente lo prega a nome dell’Accademia di fornire spiegazioni intorno alla nuova scoperta, ed il prof. Righi accogliendo l’invito parla delle ricerche di Hittorf, Goldstein, Crookes, Lenard e Röntgen [37, p. 44].

La qualità delle fotografie ottenute, e mostrate, da Righi, doveva essere veramente notevole. Alcuni giorni dopo, il 4 febbraio, Guglielmo Mengarini (docente di elettrotecnica presso la R. Scuola di applicazione per gli ingegneri di Roma) inviava una lettera a Righi, con la quale lo ringraziava per avergli spedito una “stupenda fotografia ottenuta con l’applicazione dei raggi X”. Mengarini riferiva di aver mostrato agli studenti tale fotografia e di essere stato da loro costretto a svolgere buona parte della lezione sui nuovi raggi e sulle ricerche relative. Mengarini concludeva che erano tutti d’accordo nel ritenere la fotografia di Righi migliore di quella di Röntgen! [38]

Lo stesso Righi presenterà pochi giorni dopo (il 9 febbraio) all’Accademia di Bologna i risultati di ricerche, finalizzate a capire se i fenomeni fotoelettrici “potessero essere prodotti anche dai raggi X” [39, p. 45]. Dopo aver fondato quel grande capitolo della scienza rappresentato da *L’Optica delle oscillazioni elettriche*, Righi, non appena venne a conoscenza della scoperta di Röntgen, si era infatti interessato a questi nuovi raggi e in particolare alla loro eventuale produzione di effetti elettrici, analoghi a quelli da lui scoperti e studiati nel caso dei raggi ultravioletti (*effetto fotoelettrico*). Tali ricerche, che lo collocavano tra i principali studiosi sui raggi X a livello internazionale (Lenard, nella propria Nobel lecture, parlò esplicitamente di Righi come colui il quale per primo fornì “osservazioni convincenti che i raggi X non trasportano con loro una carica negativa” [20, p. 120n]), furono da lui condotte attraverso l’uso di un tubo di Crookes. Righi scoprì così che “i raggi X hanno in comune coi raggi ultravioletti la proprietà di determinare la dispersione delle cariche negative, e di dare origine a cariche positive nei corpi non elettrizzati” [39, p. 49]. Inoltre, Righi dimostrò che i raggi X, “a differenza dei raggi ultravioletti, provocano la dispersione anche dai corpi elettrizzati positivamente” [39, p. 49].

Concludiamo questa breve rassegna, con le ricerche condotte presso l’Istituto fisico di Roma. A inizio febbraio, Righi inviava la propria fotografia anche a Pietro Blaserna, direttore dell’Istituto romano. Il 7 febbraio, Blaserna scriveva a Righi:

Ricevo in questo punto la bellissima fotografia della mano inviatami. È la più bella che abbia fin qui veduto. Peccato che non l’abbia avuta prima; l’avrei mostrata all’Accademia e avrei potuto farne una copia fotografica su vetro, per proiettarla nella mia Conferenza [40].

Lo stesso Blaserna dovette essere tra i pochi in Italia a ricevere immediatamente la “comunicazione preliminare di Röntgen. Come da lui raccontato nella sua nota presentata alla seduta del 2 febbraio della Reale Accademia dei Lincei,

Quando il prof. Röntgen mi fece conoscere i brillanti risultati da lui ottenuti e m’inviò, oltre alla sua breve ma succosa Nota, anche nove fotografie, presi tutte le misure per fare continuare le ricerche, dove l’autore le aveva lasciate [41, p. 67].

Blaserna, con la collaborazione di assistenti quali Alfonso Sella e Quirino Majorana, cercò di trovare le migliori condizioni per produrre raggi X con tubi di Crookes (osservando che “un tubo men che mediocre diviene buono ed anche eccellente, quando lo si sottoponga all’azione continuata per parecchie ore del rocchetto di Ruhmkorff” [41, p. 68]). Durante la seduta dell’Accademia Blaserna presentò “nove fotografie originali del prof. Röntgen che servono a illustrare i fatti più importanti da lui scoperti”, aggiungendo ad esse, inoltre, “alcune delle fotografie eseguite all’Istituto fisico”, utili “a dimostrare il grado di precisione e di nitidezza, che si può fin d’ora raggiungere in simili lavori” [41, p. 68].

## 7. Epilogo: il Nobel

Röntgen si rifiutò di brevettare la sua scoperta o di lavorare alle conseguenze applicative dei raggi X. Anche quando gli fu offerto un contratto economicamente vantaggioso in cambio dei diritti di sfruttamento delle sue future scoperte, Röntgen declinò, “in accordo con la buona tradizione dei professori tedeschi” in base alla quale “invenzioni e scoperte appartengono al pubblico e non dovrebbero essere protette da brevetti o contratti di licenza” [42, p. 61].

A compensazione del suo lascito all’umanità, Röntgen non ricevette altro che premi, medaglie e affiliazioni accademiche. Come sopra ricordato, principale tra i riconoscimenti da lui ricevuti a seguito della scoperta, fu il Premio Nobel in Fisica del 1901, conferito “in riconoscimento degli straordinari servizi da lui resi attraverso la scoperta dei raggi notevoli che hanno poi preso il suo nome”. Autorizzati a proporre candidati per il Nobel erano i membri della Royal Swedish Academy, i professori di fisica svedesi, nonché autorità nel campo della fisica di altri paesi, appositamente interpellate [43]. Nel caso del Nobel del 1901, furono 30 le proposte sottoposte [44]: ad esprimersi in favore di Röntgen furono 11 scienziati, tra i quali il celebre zoologo e darwinista tedesco Anton Dohrn (noto anche per aver istituito trent’anni prima la famosa Stazione Zoologica di Napoli), Rudolph von Koelliker (chairman della conferenza di Röntgen del 23 gennaio), Max Planck ed Emil Warburg; altri cinque proposero di conferire il Nobel congiuntamente a Röntgen e a Lenard (tra essi, diversi fisici svedesi quali Knut Angstrom – figlio del più noto Anders Jonas, il cui nome fu usato come unità di misura della lunghezza d’onda della luce – e Svante Arrhenius, due anni dopo Premio Nobel della chimica); il fisico inglese Silvanus Thompson propose il solo Lenard, mentre gli altri nominator si suddivisero tra altri dieci candidati (tra i quali anche Guglielmo Marconi, proposto da Pietro Blaserna). La maggioranza dei nominator, quindi, propose il nome di Röntgen. È singolare constatare, tuttavia, come i membri del Nobel Committee for Physics dell’Accademia delle Scienze svedese, il cui parere era solamente consultivo, il 9 settembre 1901 proposero di assegnare congiuntamente il premio a Röntgen e Lenard. Si trattava degli stessi cinque scienziati sopra citati (Hasselberg, Angstrom, Thalén, Hildebrandsson e Arrhenius) che avevano proposto il conferimento congiunto del premio. Ecco uno stralcio significativo del rapporto del Comitato:

[La] scoperta di Röntgen è a nostro parere di valore così grande da giustificare il conferimento del Premio Nobel senza alcuna divisione.

Tuttavia, ci prendiamo la libertà di raccomandare che il Premio Nobel in Fisica sia suddiviso, quest’anno, tra i Professori Röntgen e Lenard. [Quest’ultimo], attraverso le sue indagini sulle proprietà dei raggi catodici, spianò la strada per la scoperta di Röntgen e perciò diede un



contributo scientifico di una tale importanza da essere pienamente equivalente alle osservazioni di Röntgen, le quali, d'altra parte, sorpassano quelle di Lenard per via delle loro applicazioni pratiche. Nell'analizzare i meriti di questi due scienziati, abbiamo trovato difficile decidere chi di loro dovesse essere considerato, sulla base delle proprie ricerche, maggiormente degno di ricevere il Premio Nobel in Fisica nel caso fosse conferito solamente a un nominativo; e questo, soprattutto, per via del fatto che le loro scoperte sono così intimamente interconnesse [45, p. 469].

Tra le ragioni citate per suddividere il premio con Lenard, il comitato citava le ricerche che avevano portato alla realizzazione del suo tubo a scarica, che consentiva di studiare i raggi catodici al di fuori del tubo grazie alla sopra citata finestra di alluminio. In particolare, il comitato osservava che

Poiché Lenard aveva variato la pressione nel tubo a scarica dalla più estrema rarefazione, fino a prevenire la scarica, alle pressioni più elevate, sembrano esserci pochi dubbi che egli ebbe già a che fare con i raggi X di Röntgen, sebbene fosse a lui sfuggita la loro differenziazione dai raggi catodici. Il merito di averli rilevati spetta perciò a Röntgen. È ovvio, tuttavia, che Lenard fu molto vicino alla scoperta dei raggi X e che egli dovrebbe essere indubbiamente considerato come il più importante precursore di Röntgen [45, p. 470].

Il Comitato, quindi, propose il conferimento congiunto del Premio, citando anche il fatto che lo stesso Lenard, per via delle ricerche e della strumentazione da lui utilizzata, dovette aver assistito agli effetti dei raggi X, senza però riconoscerli. Non era la prima volta che, in riferimento ai raggi X, si osservava che, poiché è relativamente facile produrli e poiché i tubi a raggi catodici erano strumenti molto diffusi dei laboratori fisici dell'epoca, la scoperta di Röntgen potesse annoverare qualche precursore. Famoso fu, a questo proposito, il caso di Arthur Goodspeed, fisico dell'Università della Pennsylvania, che, congiuntamente con W.N. Jennings, il 22 febbraio 1890 inconsapevolmente fotografò gli effetti dei raggi X prodotti da un tubo di Crookes [46-47]. Come riferito da Goodspeed in un articolo per *Science* pubblicato nel marzo 1896,

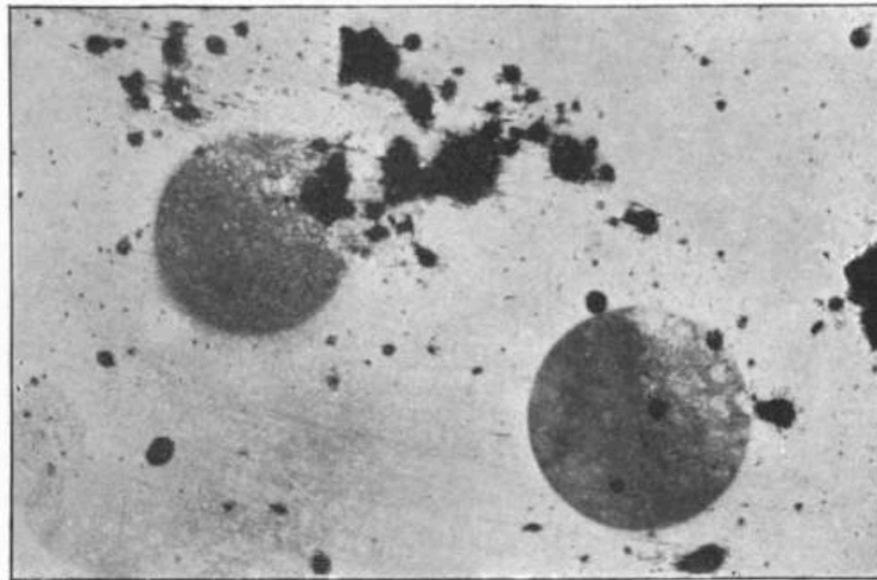
vorrei richiamare l'attenzione su un incidente molto interessante connesso con questa meravigliosa scoperta [di Röntgen]. L'autore ha in proprio possesso una lastra [fotografica], che mostra l'immagine di due monete, esposta il 22 febbraio 1890 presso il dipartimento fisico dell'Università della Pennsylvania, indubbiamente prodotta dai raggi X.

[L'obiettivo] era quello di fotografare la scarica prodotta da una potente macchina a induzione, direttamente sulla lastra sensibile, senza l'uso di alcuna fotocamera.

Incidentalmente, furono ottenute anche le immagini di monete ottenute producendo la scarica quando queste erano in contatto con la lastra sensibile. Dopo che questi esperimenti furono completati, diversi tubi di Crookes furono utilizzati per puro divertimento da Mr. W.N. Jennings, insieme al quale il lavoro era stato fatto.

Alcuni giorni dopo, Mr. Jennings, che aveva portato le lastre a casa per svilupparle, riferì la comparsa in una di queste di due dischi misteriosi, di aspetto assai diverso rispetto a quelli ottenuti nel processo di scarica. Nessuna spiegazione di questo fenomeno fu trovata all'epoca e la questione fu dimenticata fino a poco tempo fa. [...] Nel ripetere [oggi] gli esperimenti azionando un tubo di Crookes per dieci minuti in vicinanza di una lastra fotografica racchiusa in una scatola, sulla cui superficie esterna vi sono due monete, si è trovato che l'ombra delle monete è sorprendentemente simile ai dischi misteriosi della vecchia lastra. L'aspetto sfocato di un bordo è il tratto distintivo di una foto Röntgen [46, p. 395].

Nel corredare l'articolo con una riproduzione fotografica della lastra originale del 1890, qualche settimana dopo riprodotta anche dallo *Scientific American* (fig. 8), Goodspeed si premurava tuttavia di precisare che né lui né Jennings desideravano rivendicare una priorità nella scoperta dei raggi X, pur constatando il fatto che la prima foto Röntgen è stata prodotta il 22 febbraio 1890 presso l'Università della Pennsylvania.



**THE FIRST SHADOW PICTURE IN THE WORLD.**  
Taken by accident at the University of Pennsylvania, February 22, 1890.

Fig. 8. Immagine, presumibilmente prodotta dai raggi X, ottenuta nel 1890 presso l'Università della Pennsylvania da Goodspeed e Jennings [48].

A dispetto della proposta del Comitato, proposta che di fatto coincideva con la decisione presa cinque anni prima dalla Royal Society, che aveva deciso infatti di conferire nel 1896 la prestigiosa *Rumford Medal* congiuntamente a Röntgen e Lenard “per le loro ricerche sui fenomeni prodotti al di fuori di un tubo a gas estremamente rarefatti attraverso il quale si produce una scarica elettrica” [49], l'Accademia delle Scienze svedese decise in sessione plenaria, il 12 novembre 1901, che il Premio sarebbe stato assegnato al solo Röntgen [45, p. 471].

La decisione dell'Accademia, come era immaginabile, produsse grande malumore in Lenard che, proprio in occasione della sua Nobel lecture a seguito del conferimento del Nobel in fisica nel 1905 “per il suo lavoro sui raggi catodici”, citerà la scoperta di Röntgen con malcelato fastidio. Nel rievocare la realizzazione del proprio tubo a scarica con finestra di alluminio e la possibilità di produrre attraverso di esso raggi X “in grande quantità [...] sia mescolati, sia separati dai raggi catodici”, Lenard osservò che “la successiva scoperta dei raggi X da parte di Röntgen, il primo ricercatore a usare il tipo di tubo sopra descritto, è generalmente considerata *un buon esempio di scoperta fortunata*”. Una scoperta, oltretutto, ad avviso di Lenard, inevitabile a questo stadio di sviluppo, grazie al fatto che “l'attenzione dell'osservatore era già stata spostata dall'interno all'esterno del tubo e grazie alla presenza di schermi fosforescenti all'esterno del tubo” [20, p. 115].

E così arriviamo ad oggi. A 120 anni dal primo premio Nobel in Fisica. Ma anche a 120 anni dal primo premio Nobel oggetto di una controversia legata alla priorità, e ai meriti, di una scoperta scientifica. Una scoperta clamorosa, quella dei raggi X, che, come disse il Poeta, rese il velo *ora ben tanto sottile, tanto che il trapassar dentro è leggero*.

## Bibliografia

[1] COSMACINI G., *Röntgen* (Rizzoli, Milano) 1984.

- [2] GLASSER O., *Wilhelm Conrad Röntgen and the Early History of the Roentgen Rays* (Norman, San Francisco) 1993.
- [3] GLASSER O., *Wilhelm Conrad Röntgen und die Geschichte der Röntgenstrahlen* (Springer, Berlin-Heidelberg) 1995.
- [4] DAM H.J.W., “The New Marvel in Photography”, *McClure’s Magazine*, **6** (1896), 403
- [5] KREBS H., “Two Letters by Wilhelm Conrad Rontgen”, *Notes Rec. R. Soc. Lond.*, **28** (1973), 83
- [6] PATTON D., “Roentgen and the ‘New Light’ – Roentgen’s Moment of Discovery. Part 2: The First Glimmer of the ‘New Light’”, *Investigative Radiology*, **28** (1993), 51
- [7] MÜLLER F., “Johann Wilhelm Hittorf and the material culture of nineteenth-century gas discharge research”, *British Journal for the History of Science*, **44** (2011), 211
- [8] DE MARCO A.L., “We shall see what we shall see: La scoperta dei raggi X”, *Giornale di Fisica*, **54** (2013), 241
- [9] PATTON D., “Roentgen and the ‘New Light’ – I. Roentgen and Lenard”, *Investigative Radiology*, **27** (1992), 408
- [10] PATTON D., “Roentgen and the ‘New Light’ – Roentgen’s Moment of Discovery. Part 3: The Genealogy of Roentgen’s Barium Platinocyanide Screen”, *Investigative Radiology*, **28** (1993), 954
- [11] ETTER L.E., “Some historical data relating to the discovery of the Roentgen rays”, *American Journal of Roentgenology and Radium Therapy* **56** (1946) 220
- [12] GLASSER O., “W. C. Roentgen and the Discovery of the Roentgen Rays”, *AJR. American Journal of Roentgenology*, **165** (1995) 1033
- [13] GLASSER O., “What kind of tube did Röntgen use when he discovered the X-ray?”, *Radiology*, **27** (1936) 138
- [14] RÖNTGEN W.C., “Eine Neue Strahlen”, *Sitzungber. Phys.-Med. Gesellschaft Würzburg* (1895), 132
- [15] RÖNTGEN W.C., “A New Kind of Rays, First Communication”, in George F. Barker (ed.), *Röntgen Rays. Memoirs by Röntgen, Stokes and J. J. Thomson* (Harper & Brothers, New York and London) 1899
- [16] ROMER A., “Accident and Professor Röntgen”, *American Journal of Physics*, **27** (1959), 275
- [17] KAYE G.W.C., Appendix I to *X-Rays* (Longmans Green and Co., London) 1914, pp. 217-218
- [18] RÖNTGEN W.C., “On a New Kind of Rays”, *Nature*, **53** (1896), 274
- [19] OUMOFF N., SAMOÏLOFF A., “Electric Images in the Field of a Hittorf’s (Crookes’) Tube”, *Philosophical Magazine Series 5*, **42** (1896), 308
- [20] LENARD P., “On Cathode Rays”, in *Nobel Lectures, Physics 1901-1921* (Elsevier Publishing Company, Amsterdam), 1967
- [21] CROOKES W., “The Bakerian Lecture. On the Illumination of Lines of Molecular Pressure, and the Trajectory of Molecules”, *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, **170** (1879), 135
- [22] HERTZ H., “On the passage of cathode rays through thin metallic layers”, in Heinrich Hertz, *Miscellaneous Papers* (MacMillan, New York), 1896, 328
- [23] LENARD P., “Über Kathodenstrahlen in Gasen von atmosphärischem Druck und im äußersten Vakuum”, *Annalen der Physik*, **51** (1894), 225

- [24] KUHN T.S., *The Structure of Scientific Revolutions* (University of Chicago Press, Chicago), 1962/1970
- [25] THOMPSON S.P., *Light Visible and Invisible* (MacMillan, London) 1897
- [26] HOLTZ M., WILHELM J., *Wilhelm Conrad Röntgen 1895-1920*. An exhibition of the University of Würzburg (Julius-Maximilians-Universität Würzburg, Würzburg) 2020: [https://www.uni-wuerzburg.de/fileadmin/38010200/2021/UNIWU\\_\\_Ro\\_\\_ntgen-Ausstellungskatalog\\_en\\_04-ES.pdf](https://www.uni-wuerzburg.de/fileadmin/38010200/2021/UNIWU__Ro__ntgen-Ausstellungskatalog_en_04-ES.pdf)
- [27] ANNOTATIONS, “The searchlight of photography”, *The Lancet*, **147** (1896), 112
- [28] ASHWORTH UNDERWOOD E., “Wilhelm Conrad Röntgen (1845-1923) and the Early Development of Radiology”, *Proceedings of the Royal Society of Medicine*, **38** (1945), 697
- [29] NOTES, *Nature*, **53** (1896), 253
- [30] SWINTON A.A.C., “Professor Röntgen’s Discovery”, *Nature*, **53** (1896), 276
- [31] MOULD R.F., “Alan Archibald Campbell-Swinton (1863–1930). Electrical engineer”, *NOWOTWORY J. Oncol.*, **68** (2018), 46
- [32] WARD SNOWDEN H., “Marvels of the new light. Notes on the Röntgen rays”, *Windsor Magazine*, **3** (1896), 372
- [33] RÖNTGEN W.C., “On a New Kind of Rays”, *Science*, **3** (1896), 227
- [34] VICENTINI G, PACHER G., “Esperienze coi raggi di Roentgen”, *Memorie del Reale Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti*, **25** (1896), 3
- [35] GUERRA F., ROBOTTI N., “Angelo Battelli e Antonio Garbasso: l’ingresso della nuova fisica a Pisa”, in *Fisica e fisici a Pisa nel ‘900* (Pisa University Press, Pisa) 2019
- [36] BATTELLI A., GARBASSO A., “Sopra i raggi del Röntgen”, *Nuovo Cimento*, **3** (1896), 40
- [37] RIGHI A., “5° sessione, 26 gennaio 1896”, *Rendiconto delle sessioni della R. Accademia delle Scienze dell’Istituto di Bologna. Anno Accademico 1895-96* (1896), 43
- [38] MENGARINI G., lettera ad Augusto Righi (Roma, 4 febbraio 1896). Archivio storico dell’Accademia nazionale delle scienze detta dei XL, Fondo 16 – Augusto Righi, Fascicolo 243 – Guglielmo Mengarini.
- [39] RIGHI A., “6° sessione, 9 febbraio 1896. Sulla produzione di fenomeni elettrici per mezzo dei raggi di Röntgen”, *Rendiconto delle sessioni della R. Accademia delle Scienze dell’Istituto di Bologna. Anno Accademico 1895-96* (1896), 45
- [40] BLASERNA P., lettera ad Augusto Righi (Roma, 7 febbraio 1896). Archivio storico dell’Accademia nazionale delle scienze detta dei XL, Fondo 16 – Augusto Righi, Fascicolo 37 – Blaserna Pietro.
- [41] BLASERNA P., “Sui raggi scoperti dal prof. Röntgen”, *Atti della Reale Accademia dei Lincei. Rendiconti. Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali*, **5** (1896), 67
- [42] HEILBRON, J.L. “X-Rays in the History of Science”, *Physica Scripta*, **61** (1996), 60
- [43] FELDMAN B., *The Nobel Prize. A History of Genius, Controversy, and Prestige* (Arcade, New York) 2000
- [44] NOMINATION ARCHIVE, NobelPrize.org. Nobel Prize Outreach AB 2021. Mon. 27 Sep 2021. <<https://www.nobelprize.org/nomination/archive/>>
- [45] KNUTSSON F., “Röntgen and the Nobel Prize. The discussion at the Royal Swedish Academy of Sciences in Stockholm in 1901”, *Acta Radiologica*, **15** (1974), 465

[46] GOODSPEED A., “The Röntgen Phenomena”, *Science*, **3** (1896), 394

[47] GOODSPEED A., “Demonstration of the Röntgen ray. Remarks”, *Proceedings of the American Philosophical Society*, **35** (1896), 17

[48] RADIOGRAPHY, *Scientific American*, **74** (1896), 235

[49] THE ANNIVERSARY MEETING OF THE ROYAL SOCIETY, “Rumford Medal. Prof. Philipp Lenard and Prof. W.C. Röntgen”, *Nature*, **55** (1896), 117