





JOHN MEURIG THOMAS

# Michael Faraday

La storia romantica di un genio

Traduzione e presentazione di Luigi Dei

Firenze University Press

2006

Michael Faraday : la storia romantica di un genio / John Meurig Thomas ; prefazione di Brian Pippard ; traduzione e presentazione di Luigi Dei. – Firenze : Firenze university press, 2006.

<http://digital.casalini.it/9788864531526>

ISBN 978-88-6453-152-6 (online)

ISBN 978-88-8453-546-7 (print)

530.092 (ed. 20)

Faraday, Michael - Fisica

La traduzione dell'opera è stata realizzata grazie al contributo del SEPS  
SEGRETARIATO EUROPEO PER LE PUBBLICAZIONI SCIENTIFICHE



Via Val d'Aposa 7 - 40123 Bologna  
seps@alma.unibo.it - www.seps.it

*Michael Faraday and the Royal Institution. The Genius of Man and Place*

© IOP Publishing Ltd 1991

All Right Reserved



Authorized translation from English language edition published by Institute  
of Physics Press, part of Taylor & Francis Group LLC.

*Michael Faraday. La storia romantica di un genio*

© 2006 Firenze University Press

Università degli Studi di Firenze  
Firenze University Press  
Borgo Albizi, 28, 50122 Firenze, Italy  
<http://epress.unifi.it/>

*Printed in Italy*

## *Indice*

Prefazione di Piero Angela		vii
Presentazione di Luigi Dei		ix
Prefazione di Sir Brian Pippard, FRS		3
Introduzione	Michael Faraday e la <i>Royal Institution</i>	5
Capitolo 1	Scenografia d'ambiente	7
Capitolo 2	Rumford, Davy e la <i>Royal Institution</i>	11
Capitolo 3	Da giovane fattorino al viaggio sul continente	21
Capitolo 4	I contributi scientifici di Faraday	27
Capitolo 5	Gli scritti di Faraday	91
Capitolo 6	L'uomo Faraday	111
Capitolo 7	L'influenza di Faraday sulla <i>Royal Institution</i>	127
Capitolo 8	La divulgazione della scienza	179
Epilogo		197
<i>Appendice I</i>	Conferenze e pubblicazioni scientifiche di Faraday, 1832-1834	199
<i>Appendice II</i>	Accademie e Società nelle quali Faraday fu eletto	203
<i>Appendice III</i>	Le Conferenze del Venerdì Sera di Faraday, dal 1835	207
<i>Appendice IV</i>	Le Conferenze organizzate da Faraday (prima del 1862)	211
<i>Appendice V</i>	Parte del calendario di Conferenze della <i>Royal Institution</i> , 1933	215
Indice analitico		217



## Prefazione

Piero Angela

Aderisco con vivo piacere all'invito del professor Dei di partecipare, con un breve scritto, a questo bel libro dedicato a Michael Faraday. E questo mio piccolo contributo riguarda, naturalmente, l'aspetto divulgativo dell'opera di Faraday.

Il professor Dei scrive, nella sua presentazione, che le conferenze divulgative di Faraday erano dei Quark o Superquark *ante litteram*. Lo ringrazio per questo accostamento ardito, ma effettivamente leggendo la vita e le opere di questo “filosofo della natura”, come amava definirsi, i divulgatori di oggi non possono non ritrovare in Faraday un padre spirituale, un uomo che, da ben altra altezza, cercava di rendere partecipi i suoi concittadini del significato profondo della rivoluzione scientifica in atto.

Faraday aveva intuito, con largo anticipo, l'importanza di diffondere cultura scientifica nella società civile. Non solo per spiegare le proprie scoperte (e anche quelle altrui), ma per avvicinare un pubblico più vasto, e in particolare i giovani, al mondo della scienza.

Colpisce moltissimo il fatto che Faraday organizzasse ogni anno, a Natale, delle conferenze per ragazzi: un'idea di grande modernità, che rivela quanto egli ritenesse importante fertilizzare le piante giovani, per far crescere l'amore per la scienza. Ma c'erano soprattutto le conferenze per un pubblico adulto, destinate non solo a seminare conoscenza, ma a far capire l'importanza della ricerca e delle sue applicazioni nello sviluppo della società. Cosa molto importante per creare un clima favorevole (anche politicamente) al lavoro dei ricercatori.

Sarebbe stato interessante studiare il tipo di *audience* delle conferenze di Faraday. Probabilmente anche allora, come oggi, era un pubblico composto soprattutto da persone animate da curiosità intellettuale, aperte di mente, desiderose di trovare risposte razionali alle tante domande che la natura poneva. E anche Faraday, all'epoca, si sarà reso conto che il lavoro di divulgazione poteva veramente "accendere" cervelli e creare vocazioni.

Forse questo desiderio di comunicare agli altri le scoperte e i metodi della scienza, e di farlo in modo chiaro e comprensibile, affondava le sue radici nella storia personale di Faraday: un autodidatta che a dodici anni lavorava come fattorino. In un certo senso si sentiva probabilmente molto vicino al pubblico che veniva ad ascoltarlo, si immedesimava in quei ragazzi che cercavano di capire le meraviglie della scienza. E raccontava loro le cose che lui stesso avrebbe voluto sentire quando aveva la loro età, quando da solo cercava di arrampicarsi sulle scarpate del sapere.

Oggi si parla spesso della maggior considerazione in cui è tenuta la scienza nei paesi anglosassoni (e del maggior impegno delle istituzioni nel promuovere e sostenere la ricerca, con i risultati ben noti): ma questa situazione non nasce dal nulla, è il frutto di una cultura che si è diffusa nel tempo, grazie anche a personaggi come Faraday e a istituzioni come la *Royal Institution*.

Non è un caso se in questi stessi paesi esistono oggi grandi musei della scienza, un'editoria scientifica ricchissima e dei programmi televisivi di divulgazione di alto livello. La BBC possiede addirittura un apposito centro per la produzione di documentari scientifici, con terrari, acquari, laboratori per riprese speciali, ecc.

Faraday sarebbe probabilmente stato entusiasta di queste nuove tecniche di comunicazione. E forse le avrebbe davvero usate nella sua attività di divulgatore scientifico.

Un'ultima considerazione, che riguarda il nostro paese, così pieno di talenti e di intelligenze. Pensando a tutto quello che si potrebbe fare, nasce una grande tristezza nel vedere invece come vanno le cose.

## Presentazione

Luigi Dei

Nel dicembre 2003 Sir John Meurig Thomas, ospite del Dipartimento di Chimica dell'Università degli Studi di Firenze, tiene due conferenze, una sulle problematiche legate ad una nuova generazione di catalizzatori eterogenei ad elevate prestazioni e l'altra su Michael Faraday, lo scienziato inglese che ha caratterizzato in modo marcato la storia della fisica e della chimica per circa due terzi del secolo XIX. Con Salvatore Califano, per più di quarant'anni professore ordinario di chimica fisica presso l'Ateneo fiorentino, avevamo concordato questa visita dell'illustre scienziato gallese. John Thomas è molto legato a Firenze e alla Toscana, non solo per l'amicizia con Califano e con chi scrive, ma anche per un sodalizio pluridecennale con Giulio Guarini Grisaldi Del Taja, Piero Sarti Fantoni, già docenti presso l'Università di Firenze, e con Donato Donati, attuale Preside della Facoltà di Scienze Matematiche Fisiche e Naturali dell'Università di Siena. La mattina del 3 dicembre vado a prendere John, che alloggia in un grazioso albergo sul Lungarno Vespucci con vista sull'Arno e splendido panorama sulla Chiesa di San Miniato, per condurlo al neonato Polo Scientifico Universitario di Sesto Fiorentino dove, nell'aula Querzoli del LENS (Laboratorio Europeo di Spettroscopie Non-Lineari), è programmata la conferenza su Faraday. Nel tragitto in auto John mi anticipa a grandi linee il contenuto della prolusione, illustrandomi che essa è il frutto di uno studio condotto nel 1991 che originò il volume *Michael Faraday and the Royal Institution. The Genius of Man and Place*, pubblicato in occasione delle celebrazioni del duecentesimo anniversario della nascita di Michael Faraday.

Aggiunge inoltre che ha in serbo per me una copia del libro della quale vuol farmi dono e che spera potrà interessarmi non solo per una lettura appassionata... Al momento non capisco bene se nel tono delle parole di John vi sia un'allusione a qualcosa d'altro che non sia il piacere di scoprire le mille sfaccettature di questo personaggio della scienza così singolare. L'aula è affollatissima e, come sempre, il professor Thomas riesce a catturare l'attenzione dei presenti con grande fascino, trasportandoci nelle pieghe di un'epoca e di una personalità davvero straordinarie. La conferenza stimola ancor di più la curiosità che già avevo per questo scienziato e avverto subito l'impazienza di poter avere fra le mani il libro ed immergermi nella sua lettura.

Come promesso, la sera stessa John, ospite a casa mia per una cena di commiato, mi porta il libro scrivendovi due parole di dedica assai gentili. Prima della partenza di John, che avverrà il giorno seguente, faccio a tempo a dare una scorsa all'opera e a ritrovarvi parte degli aspetti particolarmente interessanti che mi avevano colpito durante la conferenza. Ho subito la sensazione di trovarmi di fronte a qualcosa di più che una semplice biografia scientifica: dal libro emerge un affresco sul mondo scientifico del XIX secolo, ma anche sulle mille sfaccettature, umane e professionali, di questo scienziato. E poi l'attualità di certe discussioni sulla ricerca scientifica, sull'istruzione scientifica e il suo ruolo nella formazione intellettuale, sulle ricadute tecnologiche della ricerca di base e sull'impatto di queste nella vita quotidiana e infine sull'importanza della divulgazione scientifica. Insomma vi trovo tanti temi interessanti e stimolanti, nonché una ricca aneddotica a me sconosciuta che rende la lettura davvero piacevole.

L'indomani, mentre accompagno John all'aeroporto, scopro qual era la seconda sorpresa che John aveva in serbo per me, oltre il dono del libro su Faraday: senza tanti preamboli, con molta sincerità John mi invita a riflettere sulla possibilità di tradurre il volume in italiano. Aggiunge che sarebbe assai felice se accettassi la proposta e mi invita a pensarci su, senza urgenze, né patemi legati a particolari scadenze temporali. Lo ringrazio della stima implicita nelle sue parole e, salutandolo, gli prometto che ci avrei seriamente pensato. Durante le vacanze di Natale del 2003 leggo accuratamente il libro e le prime sensazioni, precedentemente avvertite ad una rapida scorsa, vengono confermate e consolidate. La proposta di tradurre il libro mi affascina e senza troppo indugio comincio

L'opera, con la consapevolezza che i molteplici impegni di lavoro universitario avrebbero reso il lavoro lungo e tortuoso: John mi aveva già anticipato che non avrei dovuto farmi condizionare in alcun modo da qualsiasi sorta di scadenze obbligate e con questo spirito inizio il lavoro.

Durante la lettura attenta e riflessiva che caratterizza il lavoro di traduzione scopro tanti aspetti veramente singolari legati a questo personaggio che ha segnato la vita scientifica europea per più di cinquanta anni del XIX secolo. In queste poche righe di presentazione desidero porre all'attenzione del lettore alcune riflessioni scaturite dalla lettura di questo volume.

Anzitutto l'eccezionale numerosità delle scoperte scientifiche in svariati campi della chimica e della fisica che questa biografia romanizzata fa scoprire al lettore non scientificamente istruito e richiama alla memoria a chi invece ne sia stato, in qualche misura, a suo tempo edotto, svela un aspetto assai interessante della ricerca scientifica ottocentesca. Lo scienziato della prima parte dell'Ottocento – e Faraday può a ben ragione considerarsi emblematico rappresentante – si trova di fronte un metodo ed alcuni punti di riferimento ormai ben saldi – i due giganti della scienza moderna Galileo e Newton – ma anche uno sterminato campo d'indagine in gran parte vergine. Innumerevoli fenomeni naturali risultano interamente avvolti dal mistero ed altrettanto vasto è il campo di esperimenti da inventare e cercare di spiegare. Quanta differenza con la ricerca scientifica dei giorni nostri! Tutto appare ormai perfettamente chiarito e spiegato, rari sono i fenomeni naturali macroscopici che non abbiano trovato una esaustiva razionalizzazione grazie alla chimica e alla fisica. E poi l'avvento, in quasi tutti i campi della ricerca, di un potente mediatore fra l'intelletto razionante e l'oggetto da conoscere: lo strumento scientifico sempre più sofisticato, con un programma di gestione della misura interfacciato ad un calcolatore che rende sempre più distante la mente del ricercatore dalla reale fenomenologia che si sta verificando, dai meccanismi fisici che stanno avvenendo nello strumento, nel campione e nell'interazione fra l'oggetto "misurando" e lo strumento di misura.

Se prendiamo le motivazioni dei Premi Nobel per la chimica e la fisica degli ultimi vent'anni, a parte rare eccezioni, scopriamo che le scoperte scientifiche ivi menzionate riguardano essenzialmente problematiche quasi sempre legate ad un mondo molto lontano

dalla realtà macroscopica. Osservare, intuire, progettare l'esperimento, analizzare i dati, razionalizzarli ed avere infine il guizzo di genialità per addivenire ad una interpretazione esplicitiva – tutte qualità eccelse in Michael Faraday – non sono più sufficienti, perché l'oggetto di conoscenza è troppo lontano dalla realtà del mondo macroscopico. Non che la scienza non abbia più mondi inesplorati da visitare e scoprire, ma indubbiamente queste regioni del conoscibile non sono più così 'facilmente' alla portata. Riusciamo ad immaginare un esperimento scientifico attuale che possa essere progettato, realizzato ed illustrato ai profani così come la dimostrazione del paramagnetismo dell'ossigeno verificata grazie a bolle di sapone riempite con ossigeno e fatte passare attraverso le espansioni di un magnete? Oppure alla altrettanto geniale dimostrazione del fatto che il diamante altro non è che uno stato allotropico del volgare carbone, grazie alla combustione di un brillante mediante una lente ustoria in ambiente isolato, analizzando poi i gas della combustione e trovandovi solo ossidi di carbonio? Questo era il genio di Michael Faraday, lo scienziato che ha forse scoperto ed interpretato il maggior numero di fenomeni fisici e chimici. Prova ne sia che è l'unico scienziato ad aver consegnato il suo nome ai manuali di chimica e fisica per designare due unità di misura, il Faraday, ossia 1 mole di elettroni (circa 96.500 Coulomb), e il Farad, unità di misura della capacità elettrica. Faraday rappresenta una scienza in cui ancora prevale intuito, fantasia e spirito di osservazione, nonché grande capacità di razionalizzazione e di cogliere elementi di unificazione dagli esperimenti; e forse l'aspetto più significativo riguarda proprio il ruolo dell'osservazione e della identificazione, da quella derivante, dei fenomeni significativi e di quelli accessori. La riprova di quanto questo elemento di percezione sensoriale sostenuta continuamente e costantemente dal ragionamento sia stata una delle chiavi fondamentali dell'opera di Faraday sta in alcuni caratteri davvero peculiari che contraddistinguono questo scienziato: fu autodidatta, mai frequentò corsi scolastici e tanto meno universitari, mostrò sempre grande scetticismo per le idee atomico-molecolari e per tutto quanto di teoretico non potesse trovare immediata risposta nell'esperimento, ma nel contempo individuò, descrisse, spiegò qualitativamente e talvolta anche quantitativamente (si pensi alle Leggi dell'Elettrolisi) una molteplicità straordinaria di fenomeni chimici, fisici, chimico-fisici, aprendo la strada a tutte le successive interpretazioni matematizzate, la cui

quintessenza può essere rappresentata dalla elaborazione della teoria sui campi elettromagnetici di Clerk Maxwell. Potremmo dire che trovò una distesa pressoché illimitata di terreno vergine ed incolto, lo arò, lo seminò con cura meticolosa, ne coltivò le innumerevoli specie che gradualmente si disvelavano enucleandone le caratteristiche salienti ed alla fine del suo cammino di pensiero ed azione ci lasciò campi meravigliosamente coltivati, magari da organizzare con un certo ordine, possibilmente con matematica e geometrica precisione, ma ormai perfettamente pronti per una razionalizzazione sistematica.

Ma Faraday non fu solo grande scienziato e scopritore, fu anche il primo vero grande divulgatore della scienza nella società. E questo è un altro aspetto su cui il libro di Thomas pone giustamente un'attenzione particolare ed intensa. Ancor oggi, a quasi centocinquanta anni dalla sua morte, temi all'ordine del giorno sono l'alfabetizzazione scientifica, la crisi di vocazioni universitarie per le discipline scientifico-tecnologiche, la lotta contro ogni forma di irrazionalismo in un momento in cui approcci ascientifici, se non addirittura anti-scientifici, rischiano di far invertire la marcia ad un cammino di emancipazione mentale iniziato con la scienza moderna galileiana, alimentato dall'illuminismo francese e sostenuto ormai da secoli (in particolare gli ultimi due) di portentosi successi scientifico-tecnologici. Faraday è forse il primo scienziato che si pone questo problema cruciale: può la scienza andare avanti unicamente per conto proprio, ignorando l'umanità pressoché totale – ché gli scienziati rappresentano tutt'oggi un'infima percentuale dell'intera popolazione – e lasciando che il senso comune si determini e sedimenti unicamente grazie ad altri impulsi derivanti dalla società? Oppure può contribuire a far alimentare un senso comune diverso, che gradualmente si trasformi in buon senso? Che ruolo può dunque avere la scienza nel catalizzare ed incentivare questa conversione ad alta barriera di energia potenziale fra senso comune ascientifico e buon senso governato da un'alfabetizzazione scientifica sufficientemente elevata? Il buon senso è infatti spesso obnubilato dal senso comune ascientifico: Manzoni ne *'I promessi sposi'* diceva, a proposito degli untori ritenuti la causa della peste, che il buon senso di considerare questa posizione un'idiozia c'era, seppur non grandemente diffuso, “ma stava nascosto per paura del senso comune”. Faraday era consapevole di ciò e si poneva pertanto quelle domande e la risposta che dà è un Quark o Super-

quark televisivo *ante litteram*: le Conferenze di Natale per i ragazzi e le Conferenze del Venerdì Sera destinate ad un pubblico di varia estrazione, agli addetti ai lavori, come alla gente comune che abbia curiosità, che si ponga domande e che si aspetti dalla scienza risposte razionali. In questo senso il volume analizza in modo estremamente interessante una realtà unica al mondo, quella della *Royal Institution* diretta per circa mezzo secolo da Michael Faraday, protagonista indiscussa sia della ricerca avanzata, sia della divulgazione scientifica di alto profilo.

L'ultimo aspetto su cui vorrei focalizzare l'attenzione del lettore prima che s'inoltri nella selva meravigliosamente chiara di questo libro riguarda la grande sensibilità mostrata da Faraday nei confronti del rapporto fra scienza e tecnologia, in termini moderni potremmo dire fra ricerca di base o fondamentale e ricerca applicata ad elevato contenuto di trasferimento tecnologico. Faraday fu convinto sostenitore dell'importanza di entrambe le attività senza porre una sorta di scala meritocratica fra le due. Riteneva fondamentale organizzare o tenere conferenze sull'induzione elettromagnetica o sul diamagnetismo e il paramagnetismo appena scoperti, così come sulle macchine per costruire le buste da lettera o sulla produzione dell'acqua di seltz (vedi Appendici III e IV)! In questo suo atteggiamento mostrò sempre grande senso di equilibrio, qualità rara nella comunità scientifica dei giorni nostri. Non c'era per lui una scienza di serie A, quella di base, ed una di serie B, quella tecnologico-applicativa: le due si integravano ed erano inestricabilmente avviluppate. Non si poteva chiedere alla scienza di base di scoprire e conoscere cose che potessero e dovessero servire, questo sarebbe venuto dopo; d'altra parte non si poteva neppure disconoscere che cercando servigi ed utilità, come è compito della ricerca applicata, si potesse pervenire a scoperte di fondamentale importanza. Questo fu l'atteggiamento di Faraday che, col senno di poi, potremmo definire straordinariamente profetico: se prima di Faraday scienza e tecnologia si erano intersecate solo marginalmente e casualmente, dopo di lui cominciano davvero ad essere le due facce di un unico progresso che ha modificato drasticamente la vita quotidiana degli individui come mai era successo nella storia della civiltà umana.

Faraday, dunque, è forse il tipo di scienziato che meglio aderisce alla meravigliosa sintesi operata da Primo Levi ne 'Il Sistema Periodico' quando così chiosa: «A me interessavano di più le storie della chimica inerme, solitaria ed appiedata, a misura d'uomo che

con poche eccezioni è stata la mia; ma è stata anche la chimica dei fondatori, che non lavoravano in équipe ma soli, in mezzo all'indifferenza del loro tempo, per lo più senza guadagno, e affrontavano la materia senza aiuti, col cervello e con le mani, con la ragione e la fantasia». Aggiungerei che, dopo aver letto e tradotto questo libro, ho ricavato l'impressione di un Faraday personaggio tipicamente romantico, che desidera studiare la natura – amava definirsi né chimico, né fisico, ma filosofo della natura – in tutte le sue manifestazioni, coglierne gli aspetti minuti più di quelli grandiosi, fissarla in una spiegazione lapidaria, come fosse un sonetto di Wordsworth, un improvviso di Schubert, una pittura di Turner. In un certo qual modo si considerò sempre un artista della scienza. Parafrasando lo storico dell'arte Ernest Gombrich (vedi inizio del Capitolo 7), che citava l'esordio di una conferenza del pittore John Constable tenuta alla *Royal Institution* nel 1836, potremmo dire che, a ruoli invertiti, le parole pronunciate da Constable potrebbero tranquillamente riferirsi alla concezione che Faraday ebbe della scienza, di una disciplina da considerarsi “un ramo dell'arte, in particolare della pittura paesaggistica, dove gli esperimenti sono quadri” meravigliosi, frutto di una miscela perfetta di intuito, fantasia, creatività e intelletto raziocinante. Per questa impressione che ho ricavato dalla lettura del volume di John Thomas gli ho proposto, e lui ha accettato entusiasticamente, di coniare un titolo per la versione italiana che non fosse la semplice traduzione letterale del titolo originale, *Michael Faraday and the Royal Institution. The Genius of Man and Place*, ma condensasse un po' questa mia impressione e questa è stata la genesi di 'Michael Faraday: la storia romantica di un genio'.

L'aver intrapreso e condotto a termine l'impresa di questa traduzione è stato possibile grazie alla presenza di alcune persone ed Istituzioni per le quali sento un profondo debito di gratitudine. Anzitutto Sir John Meurig Thomas, autore del volume originale, che ebbe l'idea di propormi l'avventura, che mi ha sempre incoraggiato *in itinere* e che mi ha aiutato a risolvere alcuni punti oscuri riveditando anch'egli, soprattutto sui passi originali che aveva selezionato per il libro. Giulio Guarini Grisaldi Del Taja, mio mentore cui sono legato da un lungo sodalizio nato nel 1980 ai tempi della mia laurea in chimica, ha minuziosamente letto tutta la traduzione fornendo suggerimenti, correzioni e, in molte circostanze, risultando decisivo per la soluzione di punti controversi, ricorrendo anche alle conoscenze linguistiche di sua moglie, Laura

Simonelli: ad entrambi rivolgo un affettuoso grazie. Un ringraziamento sentito va anche alla Firenze University Press, al suo Comitato Scientifico, alla Direttrice Patrizia Cotoneschi alle signore Alessandra Lombardi, Elisa Logli ed Alberta Miele, per lo scrupolo e l'attenzione che hanno voluto dedicare alla proposta editoriale della traduzione di questo libro. Al Segretariato Europeo per le Pubblicazioni Scientifiche tutta la riconoscenza per aver accolto la richiesta di finanziamento per questa traduzione. Analogo ringraziamento anche al Dr. John Navas della CRC Taylor & Francis Group che ha reso semplice e spedito l'iter per definire gli aspetti legati al Copyright. Grazie anche all'amico Stefano Frosini, perché nel mezzo di amene conversazioni su tutt'altri argomenti trovavo il modo di porgli dei dubbi di interpretazione e lui, come di solito, riusciva a individuare con acume la chiave risolutiva. A mia moglie Eva una gratitudine particolare, giacché in qualsiasi momento le abbia prospettato di condividere con me l'opera di traduzione, si è sempre mostrata disponibile a mettere a mia disposizione il suo 'pallino' di traduttrice, che mi sono convinto ormai far parte del suo DNA. E poi devo ringraziare i miei figli Valeria, Enrico e Francesco per aver accettato di buon cuore che sottraessi loro del tempo: spesso mi vedevano assorto su quel libretto e, sconsolati, mormoravano: 'oggi niente da fare, c'è Faraday!'. E infine proprio lui, Mr. Faraday, devo ringraziare, perché con la sua personalità, le sue idee, la sua umanità e la sua genialità sempre pervasa da grande semplicità ed umiltà mi ha fatto compagnia diventando quasi di famiglia, presenza quotidiana che ha reso piacevoli le ore dedicate alla traduzione.

Firenze, ottobre 2006

*Per Margaret*

MICHAEL FARADAY  
1791 Bicentenary Year 1991



*Lisa a Naomi Thomas  
Director's Flat  
The Royal Institution,  
21, Albemarle St.,  
London W1X 4BS.*



THE ROYAL INSTITUTION  
OF GREAT BRITAIN



A. G. Bradbury, 3 Link Road, Leicester.

## Prefazione

Sir Brian Pippard, FRS,  
Cavendish Laboratory,  
Cambridge

In una delle famose Conferenze del Venerdì Sera, tenute presso la *Royal Institution* di Londra, l'oratore ebbe ad osservare che l'istituzione ospitante la conferenza poteva considerarsi a buon diritto il luogo del nostro pianeta che aveva visto la genesi del maggior numero di scoperte scientifiche per metro quadro! Questo è sicuramente vero e possiamo affermare che, fra tutti gli illustri scienziati che hanno lavorato presso la *Royal Institution*, Michael Faraday ha avuto indubbiamente un ruolo preminente. Michael Faraday fu un vero autodidatta la cui incapacità di approfondire lo studio degli strumenti matematici gli avrebbe potuto in qualche modo precludere ogni possibilità di successo nel mondo delle scienze fisiche. Ma la sua genialità per l'esperimento, il suo istinto innato per l'approccio più corretto ad un problema, la sua capacità di lavorare intensamente e, soprattutto, il suo zelo per non lasciare mai conclusioni approssimative nella soluzione di un problema, fecero sì che diventasse, a dispetto del suo umile apprendistato, lo scienziato più importante del suo tempo. Fin dall'inizio delle sue ricerche prese l'abitudine, rara ed eccezionale, di registrare dettagliatamente tutte le osservazioni fatte, annotando immediatamente le sue riflessioni sul significato di esse. È questo, molto probabilmente, il motivo per cui siamo riusciti a costruire un quadro veramente completo di questo grande scienziato, un'immagine più netta rispetto a quella di altri uomini che hanno cambiato il corso della storia come Michael Faraday.

Incomparabile è stata l'opera di questo scienziato per la divulgazione delle più recenti scoperte scientifiche, sue e di altri scienziati, ai non addetti ai lavori; questa tradizione, da Faraday fortemente incoraggiata, ha continuato a rimanere viva fino ai giorni nostri, cosicché la *Royal Institution* appare oggi essere famosa non solo per le attività di ricerca scientifica che ospita, ma anche per il suo contributo fondamentale all'educazione scientifica nella società civile. Questo libro è nato proprio nell'alveo di questa tradizione, per rispondere ad una necessità che si presenta, ai giorni nostri, assolutamente più impellente che ai tempi di Faraday. Il fondatore della *Royal Institution of Great Britain*, Benjamin Thompson – Conte Rumford – ebbe come scopo primario quello di incentivare l'applicazione della scienza al fine di migliorare la vita quotidiana dei cittadini comuni e ciò in un'epoca in cui, tutto sommato, era forse più facile di quanto possa essere oggi il compito di giovare dei benefici arrecati dalla scoperta scientifica sorvegliando però sui rischi intimamente connessi alle scoperte medesime. Oggigiorno, tuttavia, la scienza è soggetta a molte critiche i cui punti di vista, talvolta mal fondati, possono ispirare sentimenti di favore; e troppo spesso queste critiche rimangono senza risposta, oppure le risposte si perdono indistinte nella confusione generale. Se gli scienziati non s'impegneranno con determinazione per spiegare cosa in realtà stanno producendo e perché questo sia importante per la società, per illustrare che tipo di personalità sono, si creerà davvero una situazione assai pericolosa in cui la scienza e la tecnologia cesseranno di attrarre l'immaginazione di giovani intelletti potenzialmente ricchi di dedizione ed integrità, qualità che resero famoso Michael Faraday. Se ciò dovesse accadere saremo tutti sicuramente più poveri, tenuto conto che la qualità della vita civilizzata si configura ormai come dipendente *in toto* dalla scienza proprio per il suo stesso sostentamento, per non parlare poi del suo progresso.

I lettori di questo libro resteranno sicuramente sbalorditi nel realizzare quanto grande sia il debito di gratitudine che dobbiamo riservare a Faraday per le sue prodigiose ricerche, e capiranno perché i suoi colleghi scienziati lo riverissero tanto e perché i suoi tanti amici lo amarono sinceramente. La sua generosità e singolare bontà d'animo, così come la sua intelligenza creativa, riescono ancora a parlare a noi attraverso gli anni e non ci stanchiamo mai di ascoltare le vicende di quest'uomo, specialmente quando il racconto viene narrato con l'intelligenza e l'entusiasmo che il professor Thomas ha saputo infondere alla sua storia romantica di un genio.

## Introduzione

### Michael Faraday e la *Royal Institution*

Avendo vissuto e lavorato per ben cinque anni nella casa e nel laboratorio che appartennero a Michael Faraday, i miei iniziali interesse e curiosità per questo grande scienziato si sono nel tempo convertiti in appassionato stupore per tutto quanto egli ha significato e per le cime inesplorate dello scibile che ha raggiunto. La sua presenza scientifica e spirituale all'interno della *Royal Institution* conferisce a questo luogo un'aura unica che pervade ogni angolo: non si può sfuggire al fascino che emana. Questo libro nasce con l'intento di condividere con altri il mio entusiasmo e la mia ammirazione per l'uomo, per lo scienziato, per il luogo dove visse e lavorò.

A causa dello straordinario significato del suo lavoro, caratterizzato dalla genuina brillantezza d'intento, esecuzione e descrizione, anche date le sue umili origini, di un autodidatta che ha conquistato e trasformato il mondo, molte persone sono conscie di quale personaggio sia stato Faraday, ma non tutti sanno che Michael Faraday fu uno degli uomini più eccezionali di ogni epoca. Faraday è stato in assoluto il più grande dei miei predecessori alla direzione della *Royal Institution*, istituzione che ospita il più antico laboratorio scientifico continuativamente in funzione e il principale teatro stabile per la divulgazione della scienza nel mondo, nella quale Faraday visse per circa cinquanta anni e lavorò per un periodo ancora più lungo.

Al cospetto di ciò questo libro appare assolutamente meno sostanzioso: cercherò, pertanto, di sottolineare il percorso della straordinaria vita professionale di Faraday, di analizzare ed in-

terpretare l'essenza delle sue scoperte e, infine, di esaminare con occhio nuovo le fonti perenni del suo genio. Mi sono impegnato a realizzare questi obiettivi in modo tale da rendere accessibile il libro al lettore comune, a chiunque manifesti interesse, pur nell'ignoranza tecnico-scientifica, per la scienza moderna. Un pensiero speciale ho rivolto, nello scrivere questo libro, ai giovani, che si dedicano sia alle discipline umanistiche, sia a tutte le branche della scienza, nel preciso momento in cui fanno ingresso nella formazione universitaria.

Sono sentitamente grato a Margaret Gowing già professoressa di storia della scienza all'Università di Oxford e a Sir Brian Pippard, già *'Cavendish professor'* presso l'Università di Cambridge: entrambi, dopo aver letto la prima stesura del libro, mi hanno tanto incoraggiato, guidato e consigliato. Sono altresì grato a Irena McCabe, archivista e bibliotecaria della *Royal Institution*, per gli impagabili suggerimenti e la sua assistenza nell'indirizzarmi correttamente alle fonti documentarie concernenti la vita e l'opera di Michael Faraday presso la *Royal Institution*, ai dottori Frank James e Brian Bowers per i loro commenti sul Capitolo 4 e a Peter Branch e Jean Conisbee per il loro eccezionale ausilio nella redazione del materiale illustrativo. Un grazie di cuore a Sue Horrill che ha avuto l'ingrato compito, svolto al tempo stesso magnificamente e con grande tranquillità d'animo, di convertire il mio testo originale slegato in un manoscritto ben ordinato e scorrevole. Maureen Clarke e Al Troyano presso Adam Hilger hanno fornito suggerimenti perfetti riguardo a correzioni editoriali: anche a loro desidero esprimere il mio senso di gratitudine. Il riconoscimento e l'apprezzamento per l'aiuto e il sostegno di tutte queste persone è profondo e sinceramente sentito, ma mai quanto quello dovuto a mia moglie Margaret che ha letto con cura minuziosa l'intero libro esprimendo opinioni e riflessioni che hanno permesso di poter migliorare ed ottimizzare il testo per chiarezza espositiva e qualità sintetica. Dedico a lei questo libro con tutto il mio amore.

E a conclusione di questa breve introduzione desidero sottolineare che tutte le imperfezioni ed improprietà eventualmente rimaste sono da ascrivere unicamente a me.

## Capitolo 1

### Scenografia d'ambiente

Michael Faraday è unanimemente riconosciuto come uno dei più grandi scienziati sperimentali di tutti i tempi. Secondo l'opinione di Albert Einstein, Faraday, insieme a Clerk Maxwell, è stato l'autore del più grande cambiamento delle basi teoriche della fisica dopo Newton. La multiforme vastità dei suoi pensieri e la molteplicità poliedrica delle sue competenze sono state così straordinarie che i chimici moderni, non meno dei fisici, degli ingegneri e di tutti i cultori della scienza dei materiali possono tutt'oggi considerarlo fra i fondatori dei loro argomenti di ricerca: si può affermare, senza timore di essere smentiti, che molte delle scienze e tecnologie attuali devono la loro stessa esistenza proprio all'opera di Michael Faraday. Nella storia della scienza non esiste una personalità che possa vantare una considerazione superiore a quella che Faraday ha goduto e gode tutt'ora nella stima degli scienziati di tutto il mondo e bisogna altresì ricordare che gli studenti del primo anno di università difficilmente incontrano nei loro studi un nome che compaia più frequentemente di quello di Michael Faraday. Ci ha lasciato una mole di successi scientifici più cospicua di quella di qualsiasi altro fisico e le conseguenze pratiche delle sue scoperte hanno profondamente influenzato la natura della vita civilizzata.

Faraday fu un vero autodidatta: lasciò la scuola all'età di dodici anni e iniziò la sua vita professionale in qualità di fattorino per diventare subito dopo apprendista rilegatore di libri. In nessuna delle sue quattrocentocinquanta pubblicazioni scientifiche vi è una sola equazione differenziale, giacché non aveva conoscenze di matematica. Ma il calcolo, come Clerk Maxwell ebbe a rimarcare, è solo

una parte della matematica e pertanto, secondo lui, Faraday fu ‘in realtà un matematico di altissimo livello – un pensatore dal quale i matematici del futuro potranno attingere spunti metodologici validissimi ed assai stimolanti’.

La storia della vita e dell’opera di Faraday è una delle più romantiche e straordinarie che si ricordino negli annali della scienza; ed è inestricabilmente avviluppata con le fortune della *Royal Institution* nella quale egli fece ingresso quasi per caso nel 1812 e dove successivamente visse e lavorò per circa cinquanta anni. Tutte le sue scoperte videro la nascita proprio lì, inizialmente sotto l’egida del suo brillante mentore, Humphry Davy; tutte le sue iniziative per l’educazione scientifica, che ancor oggi si presentano esemplari, furono progettate in questa istituzione.

Lavorò nella quiete del suo laboratorio al seminterrato. Assemblò i suoi apparati sperimentali e spesso progettò e realizzò praticamente i propri strumenti di misura. Tutti i suoi lavori, ad eccezione di due, recano la sua unica firma. Sono tutti capolavori di lucidità, autocritica ed acutezza d’intuito e rappresentano ancora un modello perfetto per chiunque aspiri a divenire uno scienziato, ma anche per coloro che scienziati maturi già sono. I suoi voluminosi quaderni di appunti, che esprimono in dettaglio ambizioni e dubbi, successi e fallimenti, e che costituiscono una sorta di registrazione quotidiana delle vicissitudini del suo lavoro sperimentale, sono altresì una vera e propria miniera d’informazioni, di valore incomparabile sia per gli scienziati attivi che per gli storici della scienza.

Alla metà degli anni venti del secolo XIX Faraday prese due brillanti iniziative educative di grande successo per la generalizzazione della comprensione e la divulgazione della scienza: le Conferenze del Venerdì Sera (*“Friday Evening Discourses”*) per i cittadini comuni e le Conferenze di Natale (*“Christmas Lectures”*) per i ragazzi, entrambe le iniziative sussistono tutt’ora presso la *Royal Institution*. Faraday tenne le Conferenze di Natale per ben diciannove volte. La sua serie più famosa è la “Storia Chimica di una Candela” (*“The Chemical History of a Candle”*), pubblicata per la prima volta nel 1860 e divenuta successivamente un classico tradotto in numerosissime lingue straniere. (È tutt’oggi una lettura consigliata agli scolari giapponesi per le vacanze estive!) Faraday stesso, grazie alla sua esperienza di conferenziere per un uditorio di tutte le età quale quello della *Royal Institution*, divenne uno dei più famosi oratori del suo tempo.

Sebbene avesse una natura estremamente schiva, profondamente religioso e quasi anacoretico, Faraday fu tuttavia una personalità di assoluto spicco nell'Inghilterra vittoriana. Il Principe Alberto intratteneva con lui rapporti di fraterna amicizia e fra coloro che ebbero rapporti di intensa frequentazione con Faraday si annoverano i pittori Turner e Constable, gli scrittori Dickens e Ruskin, gli eminenti biologi pionieri delle teorie evoluzionistiche Charles Darwin e T.H. Huxley. A questi bisogna aggiungere Fox Talbot, uno dei padri fondatori della fotografia, Roget, l'autore del dizionario dei sinonimi che ancora porta il suo nome, gli scienziati enciclopedici Lord Kelvin e William Wollaston (medici, geologi, chimici), e il filosofo William Whewell, più tardi Direttore del *Trinity College* di Cambridge. Molti di questi personaggi tennero le Conferenze del Venerdì Sera alla *Royal Institution*, la quale, per la maggior parte del periodo in cui fu diretta da Faraday, rappresentò il fulcro della vita intellettuale, culturale e scientifica di Londra.

Tralasciando le ineguagliabili imprese scientifiche, i contributi di Faraday si estendono a molti altri campi. Fu uno strenuo sostenitore *ante litteram* dell'importanza dell'insegnamento scientifico; dispensò suggerimenti e consigli alla *National Gallery* per la conservazione dei dipinti, al *British Museum* per i problemi relativi alla pulitura dei Marmi di Elgin e alla Corporazione della *Trinity House* per l'illuminazione e il funzionamento dei fari. Fu anche il segretario fondatore del club di Londra, chiamato *Athenaeum*.

In Faraday si combinarono con cristallina armonia doti eccezionali di potenza intellettuale, di virtuosismo tecnico, di intuizione e di perfezione morale. La lapidaria affermazione di Ben Johnson su Shakespeare si addice anche a lui: 'Non appartenne ad un'epoca, ma fu per ogni tempo!'



## Capitolo 2

### Rumford, Davy e la *Royal Institution*

Nel 1798 lo scienziato e statista americano Sir Benjamin Thompson, conosciuto anche come Conte Rumford, venne a trovarsi temporaneamente senza lavoro. Accusato di spionaggio partì dall'America e venne a Londra dove in poco tempo ottenne la cittadinanza inglese. Successivamente divenne il consigliere più ascoltato dell'Elettore di Baviera, nonché capo dei suoi servizi di sicurezza. Fu quindi mandato a Londra come Ministro Plenipotenziario ed Inviato Speciale alla Corte di St. James. Ma il re Giorgio III si rifiutò di accoglierlo come ministro straniero essendo Thompson cittadino inglese. Forzato da tali circostanze Rumford cominciò seriamente a pensare di creare la *Royal Institution of Great Britain* che fondò nel 1799, con il sostegno ed il supporto dell'allora Presidente della *Royal Society* Sir Joseph Banks,

[...] per diffondere e facilitare la conoscenza delle invenzioni e delle migliorie meccaniche utili al grande pubblico, oltre che per insegnare, per mezzo di corsi costituiti da conferenze teoriche e lezioni sperimentali, ad applicare la scienza alle comuni necessità della vita quotidiana.

Nel 1802, tuttavia, Rumford cominciò a trovarsi in situazioni di forte disaccordo con la dirigenza della *Royal Institution*: disapprovava fortemente i suoi piani di sviluppo. Pertanto Rumford lasciò la *Royal Institution* e l'Inghilterra per la Francia (e per la vedova del grande chimico francese Antoine Lavoisier, Anne Lavoisier, che successivamente sposò con conseguenze purtroppo disastrose) e

non fece mai più ritorno a Londra. Rumford ebbe una personalità veramente piena di sfaccettature: fu descritto come<sup>1</sup>

lealista, traditore, spia, crittografo, opportunista, donnaio, filantropo, noioso egoista, soldato di ventura, consigliere tecnico e militare, inventore, plagiatore, grande esperto di problematiche legate al calore (soprattutto camini e forni) e fondatore della più grande vetrina del mondo per la divulgazione della scienza, la *Royal Institution*.

Da scienziato chiari la natura della convezione, progettò e costruì un ingegnoso strumento per misurare la luminosità – la sua definizione di candela standard è stata impiegata per un centinaio d’anni – e inventò anche una macchina da caffè a sgocciolamento (simile, come idea, alla nostra napoletana n.d.t.). Nei testi scolastici egli è ricordato principalmente per aver dimostrato che la perforazione della canna di un cannone fornisce quantità di calore praticamente inesauribile, cosa questa che sarebbe impossibile se il calore fosse un fluido materiale (il fluido calorico sarebbe contenuto in quantità limitata nel metallo da perforare).

Indipendentemente dal fatto che ne fu il fondatore, Rumford lasciò una traccia indelebile presso la *Royal Institution* la quale, fin dal suo inizio, ebbe un grandissimo successo; le conferenze che ivi si tenevano e le mostre colà organizzate erano sempre più che affollate. Nel 1801 Rumford reclutò due fra gli uomini più eccezionali che l’Inghilterra abbia partorito: Thomas Young (1773-1828), immortalato poi grazie al modulo di elasticità che porta il suo nome, e dalla Cornovaglia, Humphry Davy (1778-1829). Il primo era stato nominato professore di filosofia della natura, mentre il secondo era aiuto conferenziere. I successi scientifici di Young furono formidabili. Nel 1802 eseguì il suo famoso esperimento sulle ‘frange d’interferenza’ che resuscitò la teoria ondulatoria della luce.

Successivamente svolse studi fondamentali sulla teoria della capillarità e sui fenomeni di superficie, così come progettò e realizzò strumentazioni ottiche di altissimo ingegno; inoltre scrisse articoli su vari argomenti di medicina e contribuì alla decifrazione dei geroglifici egizi, particolarmente quelli della stele di Rosetta. Purtroppo l’abilità oratoria di Young non uguagliò mai la sua maestria come scienziato e linguista; le sue prestazioni quale divulgatore scientifico si rivelarono purtroppo dei tristi fallimenti.

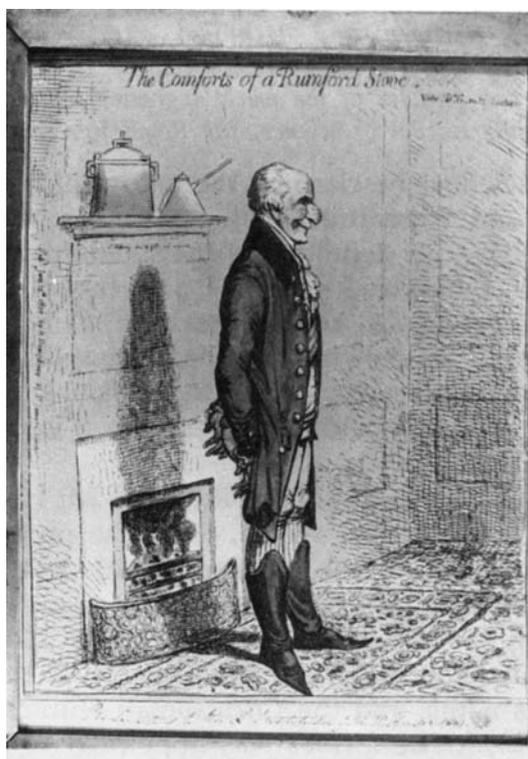


FIGURA 1 – L'ingegnoso Conte Rumford, fondatore della *Royal Institution*, in piedi di fronte ad una sua creazione (la scritta riporta 'Le comodità di una stufa di Rumford').

Davy, invece, fu oratore abbagliante e trascinatore; le sue prestazioni oratorie accuratamente preparate, ben allestite ed esposte scorrevolmente e le sue dimostrazioni, talvolta mozzafiato, assunsero rapidamente per i profani un'importante funzione sociale ed accrebbero enormemente il prestigio della scienza e dell'istituzione. Una volta iniziò una sua conferenza con queste parole:

L'amore per la conoscenza e per il potere dell'intelligenza è una facoltà che appartiene alla mente umana quale che sia lo stato sociale; ed è forse la facoltà che più giustamente la

caratterizza – quella più meritevole di essere coltivata ed ampliata.

Il poeta Coleridge ebbe a dire che andava alla *Royal Institution* ad ascoltare Davy ‘per rinnovare il suo bagaglio di metafore’, dichiarò ‘che se lui (Davy) non fosse stato il più importante chimico della sua epoca, ne sarebbe stato certamente il più importante poeta’. Coleridge andò oltre:

Vi è un’energia, un’elasticità nella sua mente che gli permette di afferrare ed analizzare perfettamente ogni problema, fino a spremere ogni intimo particolare. Qualsiasi oggetto di studio, nella mente di Davy, viene pervaso da un principio vitale. I pensieri più vividi gli spuntano come l’erba sotto piedi.

Sebbene inizialmente Rumford si sentisse incerto nei confronti di questi scienziati, non vi è dubbio, però, che alla fine l’opera di Davy lo convinse in pieno ed incontrò la sua totale approvazione, seppur ormai dall’estero. Prima che Rumford lo chiamasse alla *Royal Institution*, Davy aveva dimostrato come l’ossido nitroso, altrimenti conosciuto come ‘gas esilarante’, potesse essere impiegato come anestetico. Si era altresì convinto, dopo aver letto la famosa lettera di Alessandro Volta (1745-1827) a Sir Joseph Banks su ‘Una continua sorgente di elettricità ottenuta dal semplice contatto di due metalli differenti’, che un fenomeno chimico è responsabile della produzione di elettricità. Davy arguì quindi che anche l’inverso poteva essere vero: ossia, certe sostanze chimiche potevano essere prodotte impiegando l’elettricità. Questo a sua volta lo portò a scoprire il sodio, il potassio, il calcio, il bario, lo stronzio e il magnesio. Più tardi isolò il boro e (in Francia) chiari la natura dello iodio.

La vitalità, l’intuito e l’abilità di Davy fecero sì che il laboratorio nel seminterrato della *Royal Institution* divenisse in poco tempo fra i più belli e meglio attrezzati del mondo. (Anticipò di oltre sessanta anni i laboratori Clarendon e Cavendish delle Università di Oxford e Cambridge).

Durante i periodi in cui scarseggiavano le risorse economiche per dotarsi di nuove attrezzature di ricerca, Davy si rivolse a mecenati illuminati, usando parole che oggi sono molto amate dai professionisti della ricerca di fondi, come si desume dalle sue argomentazioni per la richiesta di soldi al fine d’installare la batteria



FIGURA 2 – Thomas Young, medico, fisiologo, fisico, filologo, nominato professore di filosofia naturale da Rumford. Secondo Helmholtz ‘suscitò l’ammirazione dei suoi contemporanei i quali, tuttavia, mai furono in grado di raggiungere le vette su cui il suo audace intelletto era avvezzo a librarsi?’.

voltaica più potente del mondo (superiore a 5.000 Volts ad elevati valori di corrente) riportata in Figura 4.

Davy lasciò ai posteri un numero notevole di notizie rivelatrici del suo carattere e della sua personalità. Nella Raccolta di Opere di Sir Humphry Davy (*The Collected Works of Sir Humphry Davy*, Bart, edited by John Davy, 1839-1840), si legge a proposito di Davy adolescente:

Dopo avere letto qualche libro ero assalito dal desiderio di raccontare, per gratificare le passioni dei miei giovani uditori. Allora gradualmente cominciavo a inventare e a costruire storie con la mia fantasia. Può essere che questa mia inclinazione sia stata alla base di tutta la mia originalità, mai ricorsi alla memoria, che per altro non era buona. Mai mi piacque imitare, ma sempre inventare: questo fu sempre il mio approccio a tutte le scienze che coltivai. Da ciò sicuramente nacquerò molti dei miei errori.



FIGURA 3 – Sir Humphry Davy, poeta, innovatore, uomo d'azione. Combinò l'eleganza dell'espressione letteraria con la brillantezza della scoperta scientifica.

All'inizio dell'estate del 1801, giusto tre mesi dopo il suo insediamento alla *Royal Institution*, Davy scrisse così al suo amico John King che viveva a Bristol:

La voce della fama sta ancora mormorando nei miei orecchi – il mio animo è stato eccitato dal plauso inatteso della folla – le mie fantasie sono di grandezza e pubblica utilità – sogno che la scienza riesca a restituire alla natura ciò che il lusso, la civilizzazione le hanno sottratto – animi

A new path of Discoveries having been opened in the agencies of the Electrical Battery, & Volta, which promises to lead to the greatest improvement in Chemistry and Natural Philosophy, and the useful Arts connected with them, and the increase of the size of the Apparatus being necessary for pursuing it to its full extent, it is proposed to raise a Fund by Subscription, for constructing a powerful Battery, worthy of a National Establishment, and capable of promoting the great Objects of Science.

Already in other Countries, public and ample means have been provided for pursuing these investigations. They have had their origin in this Country, and it would be dishonourable to a nation so great, so powerful, and so rich, if from the want of pecuniary resources, they should be completed abroad.

An appeal to enlightened individuals on this subject can scarcely be made in vain. It is

FIGURA 4 – Estratto dal ‘Report of Managers’, 1808, che descrive ‘l’appello a individui illuminati’ da parte di Davy.

puri, le forme degli angeli, petti armoniosi ed ansimanti per la gioia e la speranza – Le mie fatiche sono ormai concluse per questa stagione sia per gli esperimenti che per i seminari pubblici – La mia ultima conferenza si è svolta sabato sera. Erano presenti circa 500 persone – ... Si respiravano esalazioni di ossido nitroso: ed applausi smisurati. Amen. Domani una riunione di filosofi si terrà alla Institution per inalare il gas che ispira gaiezza – Ha prodotto una grande sensazione. C’è ira ... Sono stato trattato magnificamente dall’Amministrazione.. Dio ci benedica. Sono un milione di volte più libero di quanto lo fossi a Bristol. Il tempo a mia disposizione è anche troppo. Sufficiente per il mio egoismo – debole, glorioso, meschino, sublime, vanitoso egoismo.

Per dodici anni Davy prestò servizio a tempo pieno presso la *Royal Institution*, col ruolo di professore di chimica dal 1802 e poi Direttore dal 1804. Successivamente ricoprì la carica di professore onorario fino alla sua morte nel 1829. L'elenco delle sue imprese scientifiche, con qualsiasi metro lo si giudichi, è straordinario. Oltre alla scoperta di tutti gli elementi sopra menzionati, egli inventò l'arco voltaico, la lampada di sicurezza per i minatori, metodi per candeggiare gli indumenti, per copiare pitture su superfici di ceramica, per conciare la pelle e per bloccare la corrosione degli scafi delle navi mediante la protezione catodica (tecnica che proprio lui inventò). Stabilendo qual era l'esatta composizione dell'acido cloridrico invalidò l'affermazione di Lavoisier che tutti gli acidi contenessero ossigeno. Apportò contributi pionieristici alla geologia, alla mineralogia e alla chimica agraria: in quest'ultimo ambito pubblicò nel 1813 gli *Elementi di Chimica Agraria*. Nella sua Conferenza 'Bakerian' del 1806 presso la *Royal Society* dal titolo 'Su alcune cause chimiche dell'elettricità' descrisse il lavoro che gli valse poi il Premio Napoleone dall'Istituto di Francia (1807). Durante il periodo in cui fu Presidente della *Royal Society* (1820-27), con Thomas Young in qualità di Segretario per le Relazioni Estere, Davy contribuì ad istituire il *Club Athenaeum*, la Società Zoologica Londinese (ed anche lo zoo di Londra in Regent's Park) e la Società di Geologia. Durante tutta la vita coltivò le sue inclinazioni umanistiche. Fu una figura centrale nel cerchio degli amici di Wordsworth (che includeva Southey, Coleridge e Walter Scott) e frequentemente li ospitava alla *Royal Institution*. La poesia di Davy, al pari della sua chimica, viene citata da George Eliot nel *Middlemarch*. Il gusto poetico che Davy seppe infondere alla sua scienza è magnificamente illustrato nel paragrafo che apre il suo articolo 'Alcuni esperimenti ed osservazioni sui colori usati in pittura dagli Antichi', pubblicato in *Phil. Trans. Roy. Soc.*, 1815. (Questo è uno dei primi esempi di applicazione della scienza all'archeologia e dell'analisi scientifica dei pigmenti).

L'importanza che i Greci attribuirono ai dipinti, la stima che circondava i loro pittori più grandi, gli elevati prezzi pagati per realizzare le loro produzioni artistiche più famose e l'emulazione che si stabiliva fra le differenti città-stato in relazione al possesso di questo patrimonio artistico provano che la pittura fu una delle arti più coltivate nell'antica Grecia;

i resti mutilati delle statue greche, malgrado i tentativi degli artisti moderni durante tre secoli di civilizzazione, sono tuttora contemplati come modello di perfezione nella scultura, e non vi è ragione di ipotizzare un grado inferiore di eccellenza nell'arte sorella, in un popolo per il quale genio e gusto furono una sorta di diritto congenito, in una civiltà che ebbe il dono di possedere una percezione quasi istintiva del nobile, del bello, del sublime.

Le opere dei grandi maestri greci sono sfortunatamente interamente perdute. Scomparvero dal paese che aveva visto la loro genesi durante le guerre mosse dai Romani contro i successori di Alessandro e più tardi contro i piccoli Stati greci; e furono distrutte accidentalmente, per naturale invecchiamento, o a causa delle invasioni barbariche nel periodo del declino e della caduta dell'Impero Romano.

Il cerchio di amici di Davy fu straordinario. Consigliere fidato delle élite della società, veniva accolto come ospite d'onore nelle grandi ville di campagna. Un quadro, attualmente in esposizione alla *Tate Gallery*, mostra Davy, insieme ad altri membri del club degli 'illuminati', che assiste alla tosatura annuale delle pecore da Mr Coke presso Halkham. Soggiornò dal Duca di Bedford a Woburn, da Lord Sheffield nel Sussex, e da Lord Byron a Ravenna. Il Reverendo Sydney Smith, deciso difensore della riforma parlamentare, che riempì di una folla traboccante la sala delle conferenze della *Royal Institution* in occasione del suo discorso sulla Filosofia Morale nel 1804, fu membro del circolo degli amici di Davy. Di questo circolo fece parte anche il poliedrico intellettuale William Hyde Wollaston, protagonista assoluto della mineralogia, della botanica e della chimica del suo tempo, fondatore della metallurgia delle polveri e di molto altro. Il metodo inventato da Wollaston per produrre lamine e fili di platino e la sua scoperta dei metalli nobili palladio e rodio hanno fortemente influenzato il corso delle scienze fisiche durante tutto il XIX e buona parte del XX secolo. Queste scoperte di Wollaston resero possibile la realizzazione di moltissimi dei primi lavori alla *Royal Institution*, per opera di Davy e soprattutto del suo successore, nel campo dell'elettrochimica e della combustione catalizzata dei gas.

Uno degli ultimi atti di Humphry Davy in qualità di Direttore della *Royal Institution* fu quello di convocare per un colloquio un giovane chiamato Michael Faraday.

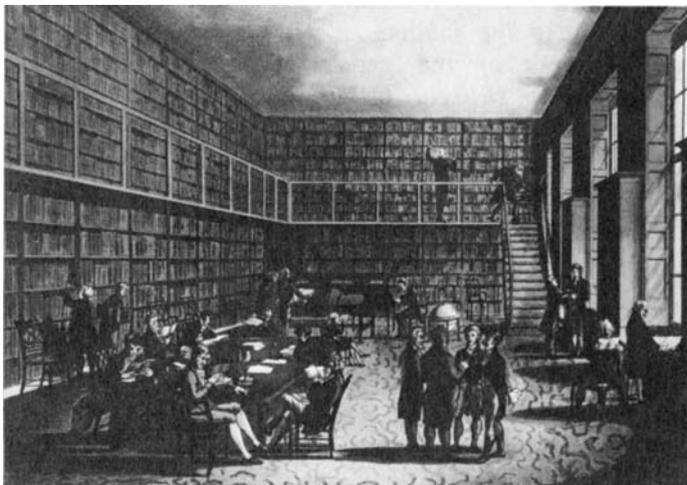


FIGURA 5 – La Biblioteca della *Royal Institution* nel 1809, da un disegno di Rowlandson nel *Microcosmo* di Londra.

*Note*

1. W.H. Brock, *New Scientist*, 27 March 1980.

## Capitolo 3

### Da giovane fattorino al viaggio sul continente

Michael Faraday, terzo figlio di un fabbro, nacque il 22 settembre 1791 a Newington Butts alla periferia di Londra. La sua prima educazione fu molto semplice basandosi su poco più che i rudimenti della scrittura, della lettura e dell'aritmetica. A tredici anni s'impiegò come fattorino dal signor Riebau, un gentile rilegatore e libraio emigrato dalla Francia, il quale successivamente lo volle con sé come apprendista. Negli anni che seguirono Faraday ebbe modo di leggere i libri che gli venivano affidati per la rilegatura. Uno di questi fu una copia dell'Enciclopedia Britannica, terza edizione del 1797, dove ebbe l'occasione di scorrere l'articolo del chimico ribelle James Tytler sull'elettricità, un argomento che catturò subito la sua attenzione. Rilegò, inoltre, e lesse le *'Conversazioni sulla chimica'* di Marcet, la moglie di un medico svizzero, che aveva pubblicato il suo libro nel 1809 per l'uditorio creato da Humphry Davy.

Guidato dai consigli sull'auto-perfezionamento contenuti in un altro testo che trovò sulla sua strada, *'Il perfezionamento della mente'* del famoso scrittore di inni Isaac Watts, cominciò a tenere una *'agenda comune'*, o taccuino in cui buttava giù idee, fatti, citazioni e problemi come gli si presentavano. Il primo di questi taccuini reca la seguente descrizione sulla prima pagina:

Una Raccolta di Recensioni, Avvenimenti, Eventi, etc. inerenti alle Arti e alle Scienze tratti da Articoli Pubblici, Riviste, Periodici ed altre opere varie. Con l'intenzione di suscitare sia il Divertimento che l'Istruzione ed anche di confermare o invalidare quelle teorie che continuamente stanno nascendo nel mondo della scienza.

Da questa ‘agenda quotidiana’ apprendiamo che Faraday era spinto ad eseguire semplici esperimenti di chimica, sotto l’incoraggiamento del suo cortese datore di lavoro. Presto conseguì, solo grazie ai propri sforzi, sufficiente perizia per riuscire a decomporre il solfato di magnesio usando una pila voltaica, la cui costruzione così descrisse in una lettera al suo amico Benjamin Abbott:

Io, Signore, proprio io da me stesso, ho tagliato sette dischi (di zinco) ciascuno della taglia di un mezzo penny. Io, Signore, li ho coperti con sette monete da mezzo penny ed ho interposto fra ogni coppia sei o sette pezzetti di carta imbevuta di una soluzione di muriato (cloruro n.d.t.) di sodio.

Nel 1812 un certo Dance, cliente del negozio di Ribeau, gli dette un biglietto per andare a sentire le ultime quattro lezioni di un corso tenuto da Davy alla *Royal Institution* (Figura 6).

Faraday rimase affascinato dalle lezioni di Davy. Prese una quantità incredibile di appunti, li riscrisse aggiungendovi delle illustrazioni e un indice ed infine li rilegò con le proprie mani (Figura 7).

Più tardi rivelò che, a quel tempo,

Il desiderio di abbandonare il mio mestiere, che giudicavo vizioso ed egoistico, per iniziare un’attività al servizio della Scienza, che immaginavo rendesse i suoi adepti amabili e generosi, mi spinse alla fine ad intraprendere l’azione più semplice e audace: scrivere direttamente a Davy esprimen-



FIGURA 6 – Lapide che commemora il primo ingresso di Faraday alla *Royal Institution*.

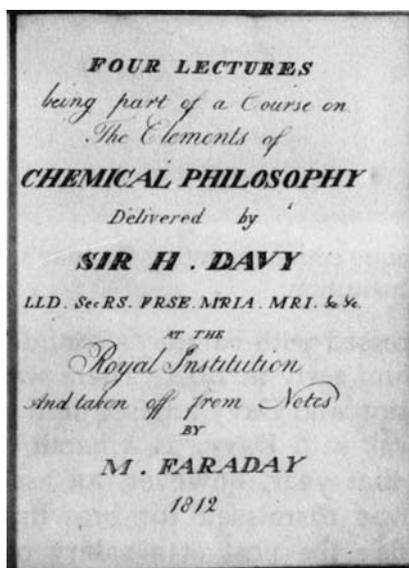


FIGURA 7 – Prima pagina degli Appunti di Faraday sulle conferenze di Davy, 1812.

dogli i miei desideri e la speranza di avere un aiuto da lui per realizzare questi intenti qualora si presentasse un'opportunità; nello stesso tempo gli spedii gli appunti che avevo preso dalla sue conferenze.

Davy, colpito dal tono confidenziale e dall'ardore di Faraday, lo convocò per un colloquio agli inizi del 1813. In quel periodo non vi erano possibilità di occupazione alla *Royal Institution* e Davy lo consigliò di tenersi preziosa la sua professione. 'La scienza – gli disse Davy – è una padrona impietosa'. Nel febbraio di quell'anno, tuttavia, un assistente di laboratorio fu licenziato per rissa e Davy offrì a Faraday questo posto allo stipendio di venticinque scellini la settimana, incluso due stanze all'ultimo piano della *Institution* in Albermarle Street, 21.

Faraday iniziò a lavorare come assistente di Davy il primo marzo del 1813. Durante i primi giorni Faraday aiutava Davy nelle sue ricerche, ma entro poche settimane Davy gli affidò la preparazione

di campioni di tricloruro di azoto, recentemente scoperto. Poco più tardi Davy e Faraday rimasero vittime della prematura esplosione di questa capricciosa sostanza. Faraday si dimostrò inoltre abilissimo durante l'assistenza alle lezioni che prevedevano esecuzione di esperimenti; proprio questo compito lo indusse a riflettere sull'arte di tenere lezioni o conferenze. Nel suo taccuino scrive:

Un conferenziere dovrebbe apparire semplice e padrone di sé, intrepido e neutrale, avere una chiara opinione di sé medesimo e del suo pensiero per la contemplazione e la descrizione del soggetto che sta trattando. Il suo procedere dovrebbe essere pacato, semplice e naturale manifestandosi principalmente in modificazioni della postura del corpo in modo da evitare l'aspetto di rigidità o monotonia che altrimenti sarebbe inevitabile.

L'abilità, l'ostentazione e la generale velocità d'azione di Davy facilitarono i progressi di Faraday come sperimentatore scientifico. Il laboratorio e l'ambiente in cui Faraday lavorò possono essere definiti, impiegando termini attuali, come un 'centro d'eccellenza'. Se è vero ciò che una volta ebbe a rimarcare Rutherford, ossia che un centro d'eccellenza è per definizione un luogo dove personalità di secondo piano possono realizzare opere di primaria importanza, allora riusciamo ad immaginarci l'immensità delle imprese che potevamo aspettarci da Michael Faraday, uomo dotato di straordinario talento naturale ed inoltre guidato da Humphry Davy, una delle celebrità scientifiche più brillanti nel firmamento Europeo?

Poco tempo dopo ancora una dose di buona sorte capitò a Faraday. Accadde infatti che Davy avesse programmato di imbarcarsi nell'autunno del 1813 per un lungo viaggio sul continente in compagnia della moglie. Sebbene in quel periodo Francia e Inghilterra fossero in guerra, la reputazione di Davy e il rispetto di Napoleone per la scienza furono tali che Davy poté procedere con il suo proposito. Invitò Faraday ad unirsi alla comitiva in qualità di suo segretario ed assistente scientifico. Il 13 ottobre di quell'anno salparono da Plymouth per la Francia, l'Italia e la Svizzera portandosi dietro tutto l'equipaggiamento per poter realizzare gli esperimenti scientifici *in itinere*. A Parigi eseguirono esperimenti con lo iodio, elemento appena scoperto che fu fornito loro da Ampère e, naturalmente, forti della loro esperienza con il tricloruro di azoto, prepararono l'esplosivo triioduro di azoto; assistettero ad una con-

ferenza di Gay-Lussac e, prima di lasciare Parigi, incontrarono altri uomini dotti quali Arago, Humboldt e Cuvier, e cenarono con il Conte Rumford il cui matrimonio era andato a rotoli cinque anni prima (Rumford, ormai un uomo finito, morì nel 1814).

A Genova studiarono le scariche elettriche generate dal pesce torpedine e trascorsero un po' di tempo a Firenze dove, con l'aiuto della grande lente dell'Accademia del Cimento, eseguirono 'il grande esperimento di bruciare il diamante', dimostrando quindi che questo, così come la grafite, altro non è che carbonio puro (un'affermazione che decenni più tardi era ancora oggetto di disputa fra molti scienziati, fra cui James Dewar, Direttore della *Royal Institution* un secolo dopo). L'idea di Davy di focalizzare i raggi del sole sul diamante con la lente fu quella che permise di operare una combustione 'pulita' della pietra preziosa all'interno di un sistema chiuso. Gli unici prodotti gassosi osservati furono ossidi di carbonio.

Andarono in visita al Vesuvio, fecero la conoscenza di Volta a Milano e Faraday prese degli appunti sulle lucciole e sui vermi fosforescenti. Raccolsero il gas naturale infiammabile a Pietra Mala e lo identificarono come metano nel laboratorio dell'Accademia del Cimento a Firenze. Questa visita in Italia fornì loro l'opportunità di esaminare papiri e pigmenti antichi: da queste circostanze, come abbiamo visto prima (pagine 18-19), Faraday trasse grande profitto scientifico.

Faraday ebbe modo di verificare di persona quanto prominente fosse la posizione che Davy aveva acquisito sulla scena della scienza europea grazie al suo talento e alla sua reputazione di filosofo della natura; ebbe anche l'occasione di accorgersi, tristemente, che l'omaggio giustamente rivolto al suo grande maestro aveva forse prodotto il deterioramento di quelle qualità umane che uno si aspetta debbano accompagnarsi alla eccellenza d'ingegno intellettuale. La preminenza che Davy aveva acquisito lo aveva reso vanitoso e sconsiderato.

Il viaggio in Europa fece sì che Faraday venisse in contatto col professor Gustave de la Rive di Ginevra e con suo figlio Augusto, con i quali stabilì un lungo e duraturo carteggio negli anni successivi (vedi Capitolo 5). Questa prolungata visita in qualità di 'assistente di viaggio' del più importante scienziato d'Europa e le continue opportunità che gli si presentarono di acquisire la conoscenza delle lingue francese e italiano – almeno per quel che

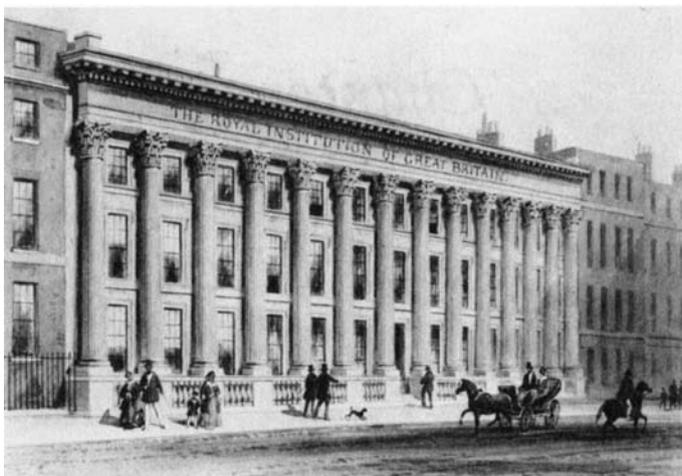


FIGURA 8 – Posto in Albermarle Street, fuori Piccadilly, questo è il luogo che ospita la *Royal Institution* fin dalla sua fondazione nel 1799. La facciata esterna in stile classico è stata aggiunta da Villiamy nel 1838. (Da un disegno ad acquerello di T.H. Shepherd).

concerne gli aspetti legati alla professione – costituirono, in effetti, la sua formazione universitaria.

Nel maggio 1815 Faraday riprese a lavorare alla *Royal Institution* e poco dopo prese possesso, nello stesso edificio, dell'appartamento in cui visse per i rimanenti anni. La sua posizione ufficiale fu di 'Assistente del laboratorio e della collezione di minerali e soprintendente delle apparecchiature'. Pochi mesi dopo la *Royal Institution* aumentò il suo stipendio portandolo a cento sterline all'anno, importo che rimase così fino al 1853.

## Capitolo 4

### I contributi scientifici di Faraday

Le scoperte di Faraday nel campo dell'elettricità e del magnetismo tendono a sminuire, almeno nell'opinione dei fisici moderni, degli ingegneri e dei cosmologi, i suoi contributi in altre branche della scienza: questo accade per lo più a causa del rapporto diretto che quelle scoperte hanno con il mondo della tecnologia ed anche per la brillante interpretazione quantitativa e l'ampliamento che ne ha fornito Clerk Maxwell. D'altra parte non bisogna dimenticare, come abbiamo già osservato, che Faraday è stato anche un pioniere nel campo della chimica organica ed analitica, dell'elettro- e magneto-chimica e, invero, di molte sotto-discipline delle scienze fisiche.

In certa misura risulta artificioso distinguere la sua opera di chimico da quella di fisico. (Lui stesso non amava l'appellativo di fisico, e preferiva essere considerato un filosofo della natura). Tuttavia appare conveniente elencare i suoi contributi scientifici dividendoli in due categorie, per quanto arbitraria possa essere detta classificazione: i contributi alla Chimica da una parte e quelli all'Elettricità e al Magnetismo dall'altra (Figure 9 e 10)<sup>1</sup>. L'elenco riportato nelle due figure riflette l'ampiezza straordinaria della tela di Faraday e lo squisito tocco del suo pennello.

Per poter apprezzare al meglio le fantastiche vette raggiunte dal filosofo della natura Faraday, nonché la straordinaria ampiezza e profondità della sua opera, è istruttivo abbozzare, cronologicamente, le pietre miliari della sua carriera così come le sue specifiche gesta scientifiche ed ovviamente il loro conseguente impatto, muovendo dal momento in cui riprende servizio presso la *Royal*

- 1816 (Con Davy) Evoluzione della Lampada di Sicurezza per i Minatori.
- 1818-24 Preparazione e proprietà delle leghe d'acciaio (studio dell'antico acciaio Indiano). Metallografia.
- 1812-30 Chimica Analitica.  
Determinazione della purezza e composizione di: argille, calce naturale, acqua, polvere da sparo, ruggine, pesce essiccato, svariati gas, liquidi e solidi.
- 1820-26 Chimica Organica.  
Scoperta di: benzene, iso-butene, tetracloro-etene, esacloro-benzene, isomeri degli alcheni e degli acidi naftalen-solfonici ( $\alpha$  e  $\beta$ ), vulcanizzazione della gomma. Preparazioni fotochimiche.
- 1825-31 Miglioramento nella produzione di vetro di qualità ottica.
- 1823, 1845 Liquefazione dei gas ( $H_2S$ ,  $SO_2$  ed altri sei gas).  
Individuazione dell'esistenza della temperatura critica e dimostrazione della realtà della continuità di stato.
- 1833-36 Elettrochimica e proprietà elettriche della materia.  
Leggi dell'elettrolisi.  
Equivalenza dell'elettricità di origine voltaica, statica, termica ed animale.  
Primo esempio dell'azione di un termistore.  
Elettroliti costituiti da sali fusi; conduttori superionici.
- 1834 Catalisi eterogenea.  
Avvelenamento ed inibizione delle reazioni alla superficie.  
Adsorbimento selettivo; bagnabilità di solidi.
- 1835 Chimica del 'plasma' (scariche elettriche in gas confinati).
- 1836 Costante dielettrica; permittività.
- 1845-50 Magneto-chimica a proprietà magnetiche della materia. Magneto-ottica. Effetto Faraday. Diamagnetismo. Paramagnetismo. Anisotropia.
- 1857 Metalli in stato colloidale. Diffusione della luce. Sol e idrogeli.

FIGURA 9 – I principali contributi di Faraday alle scienze chimiche.

*Institution* dopo il viaggio al seguito di Davy. È anche interessante includere in questa descrizione alcuni episodi ed eventi, non di natura scientifica, che concorrono a plasmare il suo carattere.

Nel 1816 aiutò Davy ad inventare la lampada di sicurezza per i minatori<sup>2</sup>; il suo primo articolo apparve quell'anno ('Analisi della calce caustica naturale proveniente dalla Toscana'); nello stesso

1821	Rotazioni elettromagnetiche.
1831	Induzione elettromagnetica. Vibrazioni acustiche.
1832	Unicità dell'elettricità indipendentemente dalle varie sorgenti.
1833	Decomposizioni elettrolitiche.
1835	Scariche elettriche in gas rarefatti. (Chimica e fisica del plasma).
1836	Elettrostatica. Gabbia di Faraday.
1845	Relazione fra luce, elettricità e magnetismo; diamagnetismo; paramagnetismo.
1846	'Riflessioni sulle vibrazioni dei raggi'.
1849	Gravità ed elettricità.
1857	Tempo e magnetismo.
1862	Influenza del campo magnetico sulle righe dello spettro del sodio. Linee di forza e concetto di campo. L'energia di un magnete si manifesta al di fuori del suo perimetro. La nozione che luce, elettricità e magnetismo sono fenomeni interconnessi.

FIGURA 10 – I principali contributi di Faraday alle scienze fisiche.

anno presentò la sua prima conferenza su alcuni elementi chimici (alla Società Filosofica della City, molti membri della quale più tardi si trasferirono alla Società delle Arti della quale Faraday fu membro). Lavorò anche per conto di W.T. Brande collaborando con mansioni editoriali per la redazione del *Quarterly Journal of Science*, pubblicato dalla *Royal Institution*. (W.T. Brande, 1788-1866, fu nominato professore nel momento in cui Davy abbandonò la Direzione nel 1812. Prima di allora aveva tenuto corsi per studenti in medicina in Windmill Street. Era uno scienziato piuttosto normale, ma ben organizzato; mantenne la sua posizione alla *Royal Institution* per più di quarant'anni, con il compito principale di insegnare chimica ogni mattina alle nove nel laboratorio del seminterrato).

Già dal 1819 Faraday era ritenuto il principale chimico analitico della Gran Bretagna, specializzato in sistemi acquosi, argille e varie tipologie di leghe metalliche. Era richiesto come consulente tecnico in molte cause; e aveva iniziato insieme a James Stodart, un costruttore di strumenti chirurgici, il suo lavoro pionieristico sulla composizione e preparazione delle leghe d'acciaio, che lo aveva messo in corrispondenza con Josiah John Guest di Dowlais, nel

## Argille

No. 1	Argilla di Cornovaglia – essiccata	
	Silice	53.6
	Allumina	45.6
	Ossido di ferro	.4
		—
		99.6
No. 2	Argilla del Flintshire – essiccata	
	Silice	59.3
	Allumina	40.0
	Ossido di ferro	.3
		—
		99.6

Mr. Faraday desidera scusarsi per il ritardo con cui pervengono queste analisi, ma la presenza di operai nel Laboratorio ha ritardato le consuete operazioni.

*Royal Institution*

12 febbraio 1819

FIGURA 11 – Estratto di una lettera conservata presso il Museo Wedgwood a Stoke-on-Trent, nella quale si descrivono le analisi di Faraday su campioni di argilla. (Per gentile concessione della Direzione del Museo).

sud del Galles, a quel tempo centro internazionalmente riconosciuto per la produzione degli acciai. Più di un secolo dopo Sir Robert Hadfield, FRS, dopo aver esaminato molti dei campioni preparati da Faraday, asserì che egli:

[...] fu indubbiamente il pioniere della ricerca sugli acciai speciali; e se non fosse stato così oltre il suo tempo nelle conoscenze di metallurgia sia teorica che tecnologico-applicativa in campo industriale, il suo lavoro avrebbe quasi certamente condotto a ricadute pratiche immediate.

Alcuni acciai ‘inox’ al platino che Faraday e il suo collaboratore James Stodart forgiarono in rasoi per regalarli ai loro amici negli anni '20 del XIX secolo esistono ancora.

Nel 1820 scoprì e stabilì la formula chimica di due nuovi composti del carbonio – tetracloroetene ed esacloroetano – e di un



FIGURA 12 – Modello che ricostruisce il laboratorio chimico del seminterato della *Royal Institution* dove Faraday lavorò.

nuovo composto di carbonio, iodio e idrogeno. Il primo di questi è l'etene (più comunemente noto come etilene) in cui i quattro atomi di idrogeno sono sostituiti da cloro (il tetracloroetene è attualmente usato come solvente nelle lavanderie a secco. È inoltre il materiale impiegato come 'rivelatore' per gli esperimenti sui neutrini solari che vengono condotti sotto terra negli Stati Uniti). Il secondo composto è relativo ad un costituente del gas naturale conosciuto come etano in cui i sei atomi di idrogeno sono sostituiti da cloro. Le rispettive formule chimiche sono  $C_2Cl_4$  e  $C_2Cl_6$ . A differenza dei suoi contemporanei Faraday non ricorse al concetto di 'forze vitali', le quali si riteneva a quel tempo (soprattutto influenzati dalle idee del grande scienziato svedese Berzelius) governassero il comportamento dei composti organici (queste idee restarono in auge fino al 1849).

Argomentazioni vitalistiche abbondavano ogniqualvolta si discutesse di composti contenenti il carbonio. In questo periodo delle sue ricerche Faraday impiegò la luce solare come mezzo per far avvenire reazioni chimiche. Questo fu uno dei primi esempi di fotochimica preparativa, ora considerata una tecnica impor-



FIGURA 13 – Il giovane Faraday, a circa trent'anni, al suo banco di lavoro.

tante in chimica organica. Ed ancora nel 1820 si fidanzò con la figlia di un argentiere, Sarah Barnard, che sposò entro l'anno. Era la sorella di un tipo che aveva incontrato alla Società Filosofica della City. I genitori di Faraday e quelli di Sarah Barnard erano affiliati alla Chiesa Sandemaniana, una piccola struttura dalle norme severe che oggi sarebbe considerata una fede nel senso letterale del termine. Come i Quaccheri, i Sandemaniani tendevano all'ascetico, credevano nel clero laico e si opponevano all'accumulo di ricchezza. Sebbene non fosse divenuto formalmente sandemaniano fino al luglio del 1821, Faraday fin da bambino aveva frequentato regolarmente le funzioni della Chiesa tutte le domeniche mattina.

*Il primo motore elettrico*

Dopo aver letto il famoso articolo (1820) di Ørsted nel quale si descriveva il moto dell'ago di una bussola avvicinato ad un filo elettrico nel quale circolasse corrente e dopo aver scritto una rassegna storica completa su tutto ciò che era noto fino al 1821 sulla connessione fra magnetismo ed elettricità, Faraday dimostrò, nel mese di settembre di quello stesso anno, che un filo metallico attraversato da corrente elettrica ruotava attorno ad un magnete stazionario. La rassegna di cui sopra<sup>3</sup>, d'altro canto, non fu un lavoro dappoco. Prima di Faraday vi era stata la scoperta di numerosi fenomeni fondamentali quali le attrazioni e repulsioni elettriche e magnetiche, la corrente elettrica e i suoi effetti. Quindi Coulomb e Poisson (per non parlare poi di Cavendish che non pubblicò mai le sue grandi scoperte), che avevano seguito il cammino individuato da Newton ponendo al primo posto dei loro interessi scientifici le forze agenti fra corpi a distanza, fondarono le teorie matematiche delle forze elettriche e magnetiche. Successivamente arrivò l'importantissima scoperta di Ørsted (Figura 14), seguita da quelle di Ampère, che evidenziò l'esistenza di forze d'interazione fra due fili metallici attraversati da corrente elettrica (Figura 15). Pertanto i progressi scientifici nel campo dell'elettromagnetismo erano già assai notevoli quando Faraday iniziò ad interessarsene. La sua scoperta (Figura 16) si rivelò sensazionale e gli guadagnò presto fama internazionale.

Questa cosiddetta rotazione elettromagnetica, che gli consentì di progettare un motore elettrico primitivo, poteva altresì manifestarsi nel campo magnetico: Faraday dimostrò con eccitazione alla moglie questo fenomeno il giorno di Natale del 1821. La fama che arrise a Faraday grazie a questa scoperta e la sfortunata quanto ingiustificata sensazione che egli avesse in qualche modo carpito l'idea della rotazione elettromagnetica a Wollaston originarono l'incrinarsi dei suoi rapporti con Davy. Faraday aveva assistito alle prime discussioni fra Davy e Wollaston sul modo migliore per realizzare la rotazione elettromagnetica, ma poi aveva proseguito da solo ed era pervenuto ad una soluzione nettamente distinta da quella individuata da Wollaston.

Faraday si amareggiò particolarmente quando Davy, che era amico fraterno di Wollaston, durante un dibattito pubblico presso

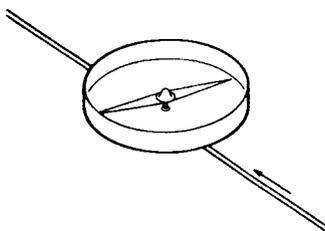


FIGURA 14 – Ørsted scoprì che l'ago di una bussola veniva deflesso da un filo metallico nel quale circolasse corrente elettrica. Questo stimolò il lavoro di Faraday nel campo dell'elettromagnetismo.

la *Royal Institution* insinuò che la genesi della scoperta era riferibile a Wollaston. Successivamente Davy rettificò che il suo pensiero era stato frainteso; e Faraday più tardi riconobbe che avrebbe dovuto mostrare a Wollaston il suo articolo prima di pubblicarlo. Invero disse che aveva tentato di fare ciò, ma che Wollaston si trovava fuori Londra e il bisogno che Faraday aveva di pubblicare era, come al solito, imperioso. Tuttavia ammise apertamente il contributo di Wollaston, mitigando in questo modo la collera trattenuta di questi.

[Hans Christian Ørsted (1777-1851) visitò Faraday nel 1822. I due avevano molto in comune, specialmente l'interesse per l'elettromagnetismo e la chimica<sup>4</sup>. Il primo successo rimarchevole di studioso da parte di Ørsted fu una tesi su Immanuel Kant presso l'Università di Copenhagen, dove più tardi divenne membro della Facoltà di Medicina. La sua amicizia con Faraday lo influenzò profondamente. Al suo ritorno a Copenhagen fondò la Società Danese per la Promozione della Conoscenza Scientifica, avendo a modello la *Royal Institution*. Nel 1825 affrontò e risolse un problema che aveva frustrato Humphry Davy: l'isolamento dell'alluminio elementare. (È interessante ricordare che la dizione di Davy – *aluminum* – è ora adottata negli Stati Uniti e in Canada; altrove la dizione è *aluminium*). La tecnica d'isolamento dell'alluminio basata sull'elettrolisi con la quale Davy non aveva avuto successo agli inizi del 1800 si rivelò invece fruttuosa nel 1886, grazie all'abilità di Charles Martin Hall, uno studente di ventidue anni dell'Oberlin College (Ohio). Hall isolò l'alluminio metallico per elettrolisi di un suo sale fuso (vedi pagina 52) estendendo le ricerche condotte per

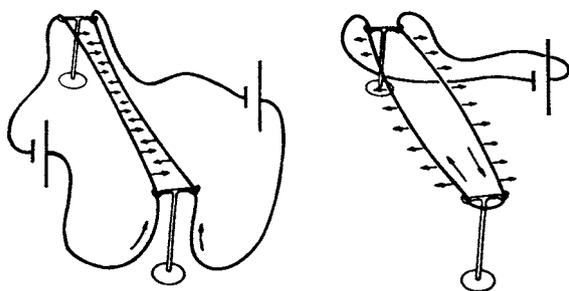


FIGURA 15 – Ampère scoprì che fili metallici nei quali scorre una corrente elettrica esercitano fra loro forze reciproche.

primo da Faraday nel 1833. Il metodo messo a punto da Ørsted fu invece chimico e comportava l'impiego di un amalgama di potassio, preparato per la prima volta da Davy].

Nel 1823 Faraday scoprì ed analizzò il primo esempio di un gas idrato, un materiale che oggi viene chiamato clatrato poiché la molecola ospitata, cloro in questo caso, viene ingabbiata ( $\kappa\lambda\alpha\theta\rho\nu$ , dorico di  $\kappa\lambda\epsilon\iota\theta\rho\nu$ , 'chiusura, chiavistello' in Greco, n.d.t.) dalle molecole ospitanti, nel nostro caso acqua in forma di ghiaccio cristallino. Quello stesso anno Faraday riuscì a produrre la liquefazione del cloro, impresa che destò la gelosia di Davy il quale riteneva di avere il diritto all'onore della scoperta, avendo iniziato lui il lavoro sperimentale. Durante l'anno 1823, ed anche in parte del 1845 quando tornò di nuovo a studiare la liquefazione dei gas, Faraday riuscì a liquefare l'ammoniaca, il biossido di carbonio, il biossido di zolfo, l'ossido nitroso, il cloruro d'idrogeno, il solfuro d'idrogeno, il cianogeno, e l'etene (etilene). Fu anche il primo scienziato ad individuare l'esistenza della temperatura critica, al di sopra della quale non è possibile liquefare alcun gas, indipendentemente dalla pressione cui lo si sottoponga. Questo inoltre confutò l'idea errata e rigida allora in voga, secondo cui tutte le sostanze si possono trovare in tre stati d'aggregazione fissi: solidi, liquidi e gas. Faraday aveva dimostrato la continuità della materia: i tre stati sono convertibili uno nell'altro.

Nel 1824, sebbene il Presidente di allora, Humphry Davy, si fosse opposto, fu eletto Membro della *Royal Society*. Le ragioni per cui Davy si oppose non sono ancor oggi interamente chiarite, ma

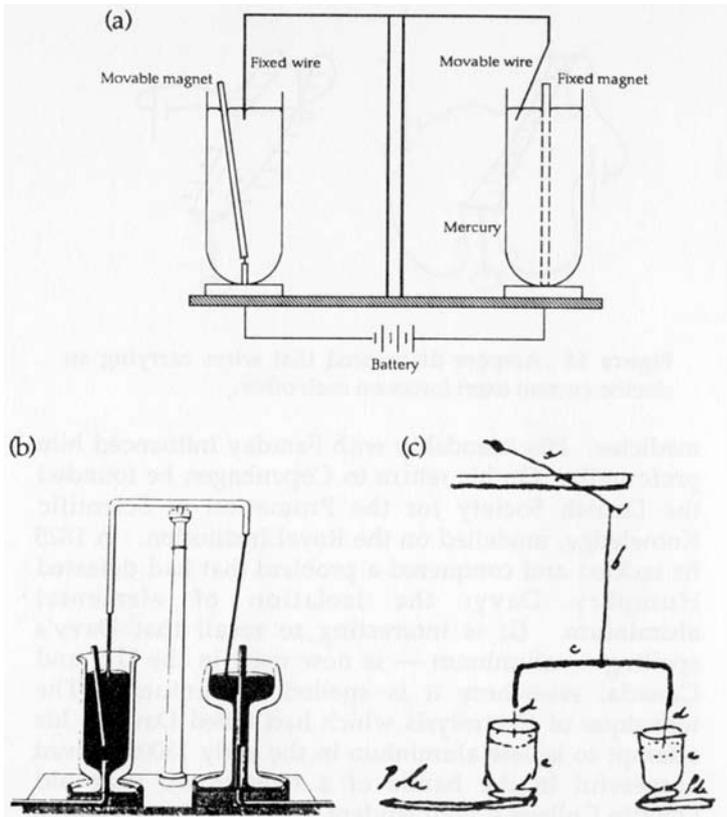


FIGURA 16 – (a) Rappresentazione schematica dell'apparato per le 'rotazioni elettromagnetiche' predisposto da Faraday, con il quale mostrò che un filo metallico attraversato da corrente elettrica poteva essere costretto a ruotare intorno ad un magnete fisso, ed un magnete a ruotare intorno ad un filo metallico stazionario. (b) Versione in stampa dell'apparato realizzata da Newman secondo le disposizioni di Faraday. (c) Schizzo dell'apparato eseguito da Faraday ripreso dal suo diario, registrazione del 22 dicembre 1821.

indubbiamente l'invidia giocò un ruolo non trascurabile. Nel febbraio di quello stesso anno Faraday fu nominato segretario dell'*Athenaeum* – il primo nella sua storia – Club Londinese appena

istituito grazie all'opera di Davy e J.W. Crocker (Primo Segretario dell'Ammiragliato) 'per uomini di scienze e lettere e cultori delle belle arti'. È possibile, forse, che Faraday fosse stato costretto un po' da Davy ad accettare questa carica. Le persone papabili a divenire membri erano invitati a scrivere a Faraday presso la *Royal Institution*, luogo dove vennero tenute le prime riunioni del Club. Faraday abbandonò la carica dopo tre mesi, molto probabilmente poiché interferiva col suo lavoro scientifico. Dal momento che Davy aveva oramai molto ridotto la sua presenza, anche per il suo simultaneo impegno in qualità di Presidente della *Royal Society* e per la salute sempre più precaria, un nuovo Faraone venne alla ribalta della *Royal Institution*. Faraday aveva iniziato il suo ciclo di Conferenze ai membri e presto la sua modestia e il suo fascino fecero breccia nei loro cuori.

### *La scoperta del benzene*

Nel 1825 Faraday divenne Direttore del Laboratorio sotto la Soprintendenza del Professore di Chimica, W.T. Brande (vedi pag. 29). Fu l'anno in cui scoprì l'importante sostanza organica 'bicarbureto d'idrogeno', successivamente chiamato benzene. Il suo interesse per gli studi che poi condussero a questa scoperta era stato stimolato dal fatto che, in fondo ad alcuni contenitori di gas consegnati alla *Royal Institution* da suo fratello Robert, che lavorava per la Compagnia del Gas di Londra, osservava la presenza di un liquido aromatico chiaro. Questo risultò appunto essere benzene, che Faraday presto produsse autonomamente con un metodo che implicava il trattamento termico dell'olio di pesce. La perfetta abilità con cui condusse la caratterizzazione del benzene e ne stabilì la formula chimica provocò l'ammirazione di Berzelius a Stoccolma. (Era arrivato a questi risultati attraverso l'accurata analisi quantitativa delle quantità di biossido di carbonio e vapor d'acqua prodotte dalla completa combustione del benzene in presenza di ossigeno. L'indagine, per altro, richiese l'impiego di metodi di purificazione efficaci, per il cui fine Faraday ricorse alla distillazione frazionata e alla ricristallizzazione. Faraday fu così abile che il punto di fusione e quello di ebollizione trovati da Faraday per il bicarbureto d'idrogeno sono straordinariamente vicini ai valori correntemente accettati per il

benzene). Poco dopo scoprì l'isobutene (isobutilene). Notando che la sua formula empirica ( $\text{CH}_2$ ) era la stessa dell'etene, ma le proprietà ben distinte, si accorse che si era imbattuto nell'isomerismo molecolare, sebbene non fosse chiamato così all'epoca. (Secondo l'autore John M. Thomas, Faraday impiegò il termine isomerismo per riferirsi al fatto che la formula empirica minima – ossia il rapporto ponderale fra carbonio e idrogeno – ( $\text{CH}_2$ ) rappresentava sia l'etene che l'isobutene e pertanto in termini moderni non sarebbe corretto parlare di isomerismo molecolare dovendosi attribuire, se mai, al caso del butene con l'isobutene, n.d.t.). Più tardi stabilì la formula del naftalene, e preparò due derivati solfonati di questa sostanza allo stato cristallino. Tutto ciò rappresentò una vera e propria opera pionieristica che aprì la strada all'industria dei coloranti a base di anilina e ad altri settori dell'industria chimica e degli esplosivi. Ora noi sappiamo che benzene e naftalene sono molecole planari, considerati i capostipiti di una famiglia straordinariamente ampia di composti denominati idrocarburi aromatici. Queste molecole, in particolar modo il benzene, oltre al loro ruolo come combustibili, sono

The Chemical and Structural Formulae of Substances Discovered by Faraday

Substance	Chemical Formula	Structural Formula
$\text{C}_2\text{Cl}_4$	Tetrachloroethylene (Tetrachloroethene)	
$\text{C}_2\text{Cl}_6$	Hexachloroethane	
$(\text{CH}_2)_4$	Isobutylene (Isobutene)	
$\text{C}_6\text{H}_6$	Bicarburet of Hydrogen (Benzene)	
$\text{C}_{10}\text{H}_7\text{SO}_3\text{H}$	Naphthalene Sulphonic Acid	

FIGURA 17 – Formule chimiche dei composti organici scoperti o comunemente identificati per la prima volta in modo appropriato da Faraday e formule di struttura successivamente determinate.

fondamentali prodotti di partenza nell'industria farmaceutica per costruire molecole più complesse. Attualmente sono impiegati per la sintesi di molteplici composti di varia utilità.

Sempre nel 1825 il governo lo scelse, secondo le indicazioni di un Comitato della *Royal Society* presieduto dal suo Presidente Humphry Davy, per dirigere un progetto di ricerca, durato fino al 1830, per migliorare la qualità ottica del vetro (per i telescopi). Questa indagine lo portò a frequentare con regolarità Thomas Young e J.W.H. Herschel, dall'intelligenza versatile figlio del famoso astronomo (Sir William Herschel), i quali insieme a Davy erano i membri più qualificati del Comitato responsabile della supervisione del progetto. Questo lavoro fu il soggetto della Conferenza 'Bakerian' (la prima) che Faraday tenne alla *Royal Society* in tre parti il 19 novembre, il 3 e il 10 dicembre del 1829.

Il confine che divide il patronato altruistico da una parte, dallo sfruttamento insidioso dall'altra, è relativamente stretto. Questa



FIGURA 18 – Michael Faraday da un disegno (1852) di George Richmond.

considerazione balza alla mente allorché si analizzino i rapporti di Davy con Faraday nell'ultimo decennio di vita di Davy. Benché Davy avesse abbandonato la sua posizione fissa alla *Royal Institution* fin dal 1812, la sua carica di Socio Onorario significava che egli poteva ancora esercitare una forte influenza, molta della quale invero per il bene di Faraday. Ma l'atteggiamento di Davy nei confronti di Faraday divenne molto meno paterno e vagamente dittatoriale e dopo che le loro relazioni subirono un certo raffreddamento, Faraday accrebbe sempre di più la sua consapevolezza che gran parte del lavoro che si trovava ad eseguire nasceva sotto l'istigazione, o addirittura l'ordine, di Davy.

Agli impegni sociali, quali ad esempio la carica di Segretario del Club *Athenaeum* che Davy lo aveva spinto ad intraprendere, Faraday poteva impunemente rinunciare. Ma non poteva certo disimpegnarsi facilmente dal progetto sulla qualità dei vetri ottici, impegno tedioso e quanto mai gravoso in termini di tempo da dedicarvi. Faraday avrebbe voluto esplorare nuovi sentieri di ricerca su questo tema, ma ciò non gli fu possibile dal momento che doveva necessariamente lavorare sotto la supervisione del Comitato della *Royal Society* che aveva dato vita al progetto. Nel 1829 la morte di Humphry Davy e Thomas Young deve aver alleggerito l'ansietà crescente di Faraday per il suo futuro.

Nel 1826 Faraday inaugurò due iniziative educative per la divulgazione e la generalizzazione della comprensione della scienza, iniziative che ebbero in seguito un eccellente successo: le 'Conferenze di Natale' per i ragazzi ('uditorio giovanile') e le 'Conferenze del Venerdì Sera' destinate ai membri della *Royal Institution* e ai loro ospiti. Il soggetto della prima serie di 'Conferenze di Natale' fu 'Astronomia', presentata dall'amico di Faraday, J. Wallis. Il programma dettagliato dei primi cinque incontri del Venerdì Sera iniziati nel 1826 sui quali Faraday dissertò fu il seguente:

3 Febbraio: 'Caoutchouc'<sup>5</sup>;

10 Febbraio: 'Il lavoro di Brunel sui gas liquefatti quali agenti meccanici';

3 Marzo: 'Litografia';

7 Aprile: 'Qualsiasi corpo solido o fluido (liquido) libera oppu-  
re è circondato dal proprio vapore qualunque sia la temperatura';

5 Maggio: 'Il singolare potere degli idrocarburi di unirsi all'acido solforico'.

Le Conferenze del Venerdì Sera, sempre su una varietà così

ampia di argomenti, continuano tuttora (vedi Capitoli 7 e 8). Oltre a tutto il lavoro di preparazione necessario per questi incontri di presentazione pubblica delle scienze, in quello stesso anno Faraday pubblicò sedici articoli fra cui anche un lavoro che porta questo titolo interessante ed utile ‘Schema di un corso di conferenze e dimostrazioni sperimentali di chimica’, realizzate nel laboratorio della *Royal Institution* da W.T. Brande e Michael Faraday.

Nel 1827 Faraday declinò l’invito a divenire il primo Professore di Chimica allo *University College* di Londra. Ma nel 1829 fu nominato Professore di Chimica presso l’Accademia Militare Reale a Woolwich, posizione che comportava di dover tenere venticinque lezioni ogni anno, e che Faraday mantenne per una ventina d’anni<sup>6</sup>. Questo lo portò a Woolwich almeno una volta, talvolta anche due, alla settimana durante il periodo di attività didattica. Nello stesso anno 1827 fu pubblicata la prima edizione del suo libro sulla ‘*Manipolazione Chimica*’, una monografia di 646 pagine, per la quale il Premio Nobel Sir Robert Robinson, massimo chimico del suo periodo, spese queste parole nel 1931:

Questo è un trattato sui metodi impiegati dal chimico per il suo lavoro sperimentale, metodi che egli aveva convalidato e molti dei quali anche progettato, un libro che può essere di grande ausilio per gli attuali studenti di chimica. Benché Faraday fosse limitato dalla mancanza delle comodità di un moderno laboratorio chimico, quali il becco Bunsen, il refrigerante di Liebig, le decine di metri di tubi di gomma, le spruzzette e i tappi in vetro smerigliato, la sua opera individua l’origine di molta della pratica di laboratorio attuale e ci porta alla memoria un tempo in cui il chimico doveva essere anche un artigiano. . . . Raccomanda che un laboratorio sia dotato di una buona illuminazione generale ed inoltre si fa dovere di trovar posto, da qualche parte nel laboratorio, per una zona a diretta esposizione solare, poiché ‘è stato trovato che i raggi solari influenzano assai il decorso delle trasformazioni chimiche.’ Straordinario è l’esempio che adduce quando mostra che la reattività chimica dei vapori di benzene nei confronti del cloro gassoso è debole fin quando la miscela non sia sottoposta alla luce del sole: la reazione che descrive è tipico oggetto di studio della fotochimica.

Durante il periodo natalizio del 1829-1830 Faraday tenne le Conferenze di Natale per i ragazzi sul tema della ‘Elettricità’. E du-

rante il 1830 tenne sei Conferenze del Venerdì Sera su argomenti assolutamente variegati quali la trasmissione del suono musicale attraverso i solidi, l'applicazione di nuovi principi per la costruzione di strumenti musicali (entrambi basati sulle scoperte di Wheatstone), un tema di carattere geologico e l'ossidazione del ferro.

[Charles Wheatstone (1802-1875) fu autore di molteplici invenzioni nel campo dell'acustica, della telegrafia elettrica, dell'ottica e della musica. Iniziò la sua carriera come artigiano costruttore di strumenti musicali e fabbricò la prima concertina, una piccola fisarmonica esagonale. Fu nominato Professore di Filosofia Sperimentale al *King's College* di Londra nel 1834, lo stesso anno in cui impiegò uno specchio rotante in un esperimento volto a misurare la velocità dell'elettricità in un filo conduttore – il medesimo principio usato più tardi per misurare la velocità della luce. Con W.F. Cooke nel 1837 brevettò un primo esempio di telegrafo; nello stesso anno dette inizio alla sua opera sulla telegrafia sottomarina nella Baia di Swansea. Inventò il caleidoscopio e lo stereoscopio, uno strumento per osservare immagini in tre dimensioni, ora ampiamente impiegato per la rappresentazione di immagini da raggi X, da microscopia elettronica e per la fotografia aerea. Curioso, infine, che il ponte di Wheatstone, strumento per misurare la resistenza elettrica, non sia stato inventato da lui, bensì dal matematico Christie: Wheatstone ebbe invece il merito di renderlo popolare].

*Scoperta dell'induzione elettromagnetica: il primo trasformatore e la prima dinamo*

La più importante scoperta di Faraday, l'induzione elettromagnetica, che presto consentì di produrre il generatore elettrico (ossia la dinamo) e il trasformatore, ebbe luogo il giorno 29 agosto 1831, data oramai riconosciuta come la nascita dell'industria elettrica.

Fino da quando aveva letto l'articolo di Ørsted pubblicato nel 1820, autentica pietra miliare nella storia dell'elettromagnetismo, nel quale veniva descritto come un ago magnetico venisse influenzato se posto in prossimità di un filo conduttore nel quale scorresse corrente elettrica (Figura 14) – la prima prova definitiva dell'esistenza dei fenomeni elettromagnetici – e dopo avere appreso, sempre nello stesso anno, della scoperta di Ampère il quale ave-

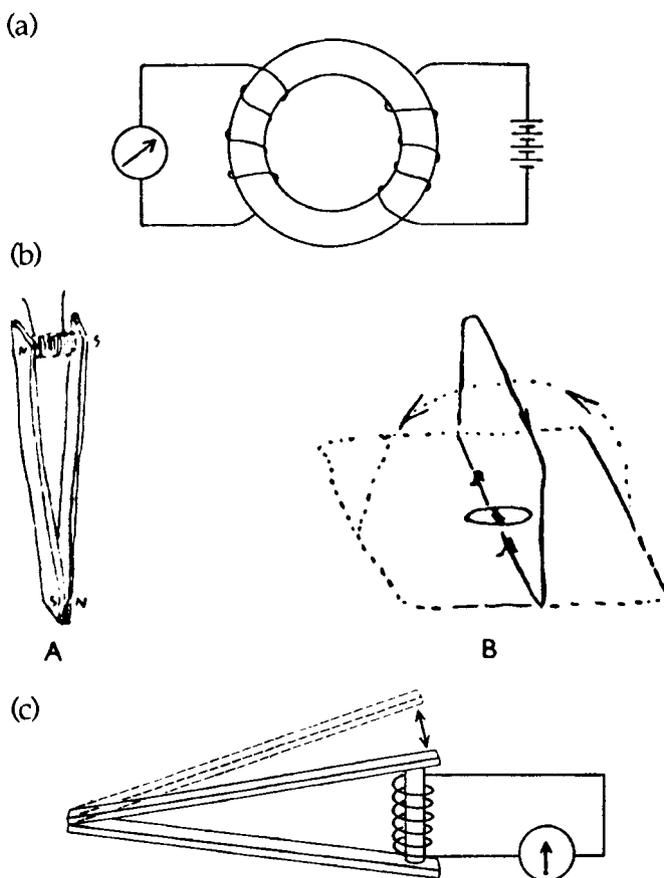


FIGURA 19 – Il principio dell'induzione elettromagnetica. Faraday scoprì che allorché una spira situata da un lato di un anello di ferro dolce veniva connessa o sconnessa ad una batteria, una corrente elettrica percorreva la spira situata sul lato opposto dell'anello (a nella figura). Questo è il principio in base al quale funziona il trasformatore elettrico. (b) Faraday mostrò inoltre che gli stessi identici effetti potevano essere ottenuti creando o annullando il contatto magnetico fra due barre magnetiche ed una spira avvolta su di un cono di ferro (A nello schizzo dal suo Diario). Faraday infine evidenziò (26 dicembre) che un singolo avvolgimento di una spira rotante nel campo magnetico terrestre produce anch'esso una corrente elettrica – vedi il suo schizzo indicato con la lettera B. (c) Immagine più espansa e chiara dello schizzo A di Faraday.

va osservato che due fili conduttori percorsi da corrente elettrica esercitano fra di loro forze reciproche (Figura 15), un fenomeno che aveva portato Ampère ad ipotizzare che il magnetismo fosse attribuibile al flusso di cariche elettriche, Faraday aveva meditato e rimuginato circa la relazione fra elettricità e magnetismo. L'idea che in qualche modo sta dietro alla sua scoperta delle rotazioni elettromagnetiche, che nel 1821 tanto aveva irritato Wollaston e Davy, si originò come conseguenza dello studio e rielaborazione sottesi alla scrittura della sua rassegna storica sull'evoluzione dell'elettromagnetismo fino all'aprile del 1821. Nel suo taccuino d'appunti, datato 1822, si trova scritto: 'Convertire il magnetismo in elettricità'. Vi riuscì, dunque, nell'agosto del 1831, dopo un periodo intenso di attività scientifica su varie altre cose. Dal gennaio al giugno di quell'anno aveva tenuto cinque Conferenze del Venerdì Sera (sulle illusioni ottiche, sulla luce e la fosforescenza, sull'ossalammide, sulla produzione del suono durante la conduzione del calore) e, in aprile e maggio, un Corso costituito da lezioni svolte il giovedì pomeriggio.

Nello spazio di dieci giorni, all'interno di un periodo di dieci settimane che va dall'agosto al novembre 1831, Faraday aveva enunciato le sue leggi dell'induzione elettromagnetica, ossia che una corrente elettrica si sviluppa in un circuito chiuso semplicemente modificando il campo magnetico (vedi Figure 19 e 20), ponendo così le fondamenta dell'industria elettrica moderna.

A prescindere da altre importanti conseguenze, questa scoperta sicuramente annunciò una nuova era per le relazioni fra ricerca pura e applicazioni industriali. Nel XVIII e XIX secolo le industrie si erano affermate grazie ad invenzioni che provenivano prevalentemente dal mondo dell'officina, della bottega artigianale, piuttosto che da quello dei laboratori scientifici. Grande merito ebbe Faraday nel mostrare, per la prima volta, che la ricerca scientifica di laboratorio, dedicata unicamente al perseguimento della pura conoscenza, poteva rivelarsi fondamentale per l'emergere di attività industriali d'incalcolabile valore per l'intero genere umano. Non è un caso, quindi, che ben presto si realizzarono laboratori di ricerca al di fuori delle Accademie, sin da allora i veri centri nevralgici di grandi industrie elettriche (quali Philips, Siemens, GEC, NEC, General Electric Schenectady).

Subito dopo la sua scoperta dell'induzione elettromagnetica, Faraday iniziò a speculare e formulare ipotesi sul meccanismo di tale

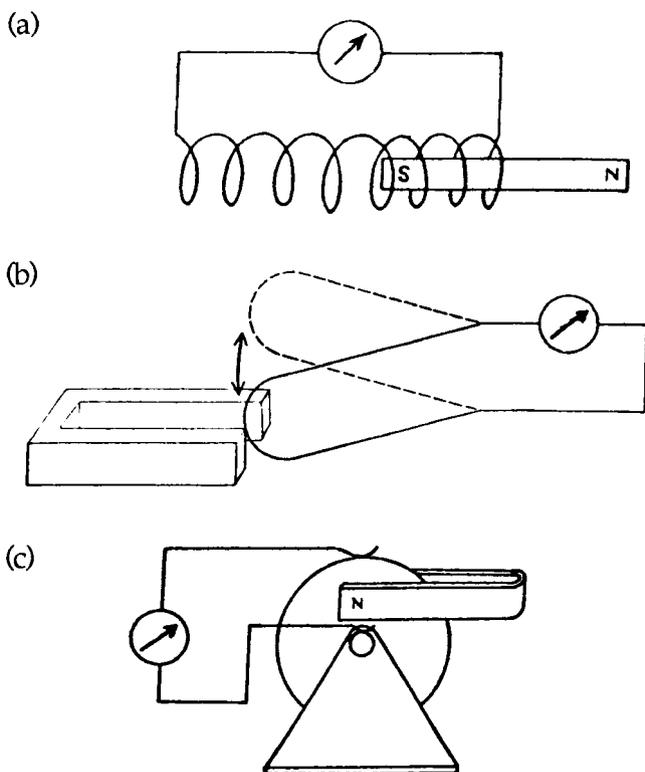


FIGURA 20 – Faraday mostrò successivamente che una corrente elettrica veniva prodotta spingendo un magnete all'interno di una spira di filo conduttore oppure estraendo il magnete medesimo da quella (a), o anche muovendo l'avvolgimento di una spira su e giù in un campo magnetico (b). Più tardi evidenziò altresì che ruotando un disco di rame fra i poli di un magnete potente una corrente elettrica stazionaria veniva indotta attraverso il disco (c).

fenomeno. Egli aborrisce l'idea di azione a distanza implicata nella legge di Coulomb (e di Cavendish)<sup>7</sup> che stabiliva una relazione di proporzionalità quadratica inversa fra cariche elettriche e distanza fra di esse. Non amava neppure la nozione secondo cui lo spazio nel 'vuoto' interposto fra due oggetti non giocasse alcun ruolo nel governare le forze agenti fra essi, se non quello di stabilire sempli-

cemente la distanza. (Aveva un atteggiamento simile anche nei confronti del modo di espletarsi delle forze gravitazionali).

Contro questo tipo di impostazioni Faraday propose successivamente il concetto di campo nello spazio circostante un ma-

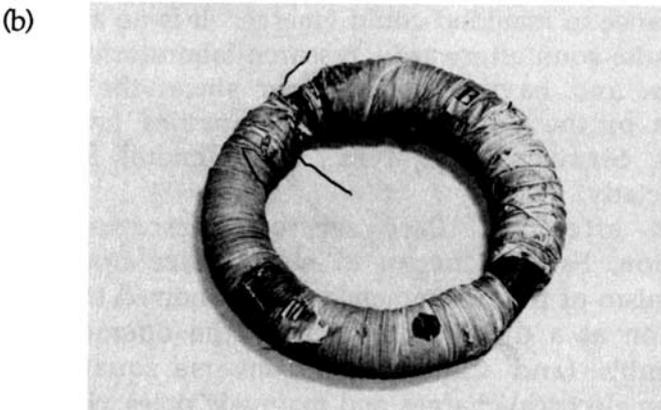
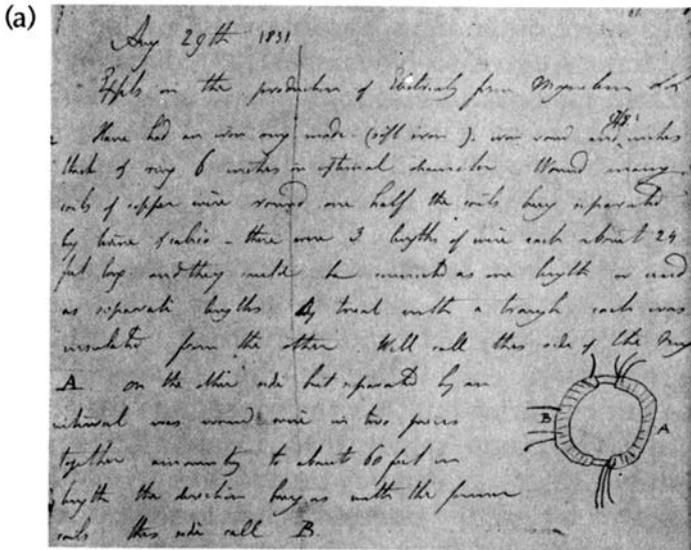


FIGURA 21 – (a) Dal Diario di Faraday annotazione del 29 agosto 1831. (b) L'originale anello di ferro dolce usato da Faraday.

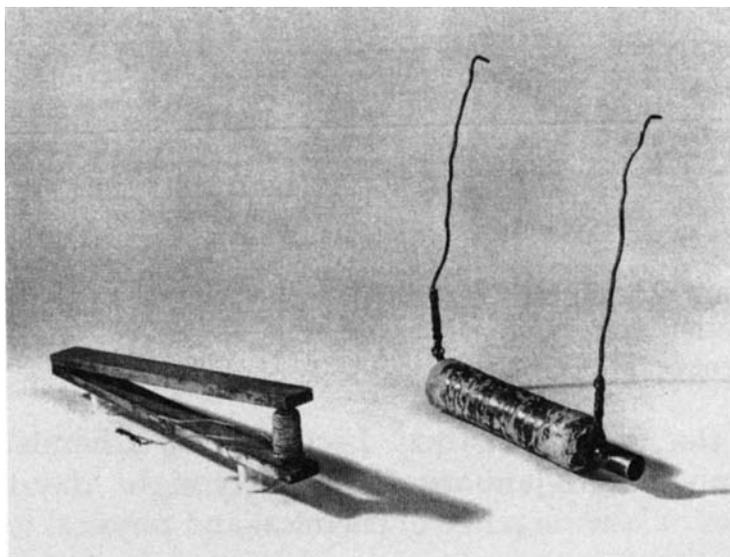


FIGURA 22 – Fotografie dell'apparato originale impiegato da Faraday per gli esperimenti schematizzati nelle Figure 19 e 20.

gnete ed un filo conduttore percorso da corrente elettrica (vedi Figura 23). Con l'aiuto di un po' di polvere di ferro adagiata su un sottile foglio di carta sotto al quale pose un magnete, Faraday dimostrò l'esistenza delle linee di forza che, fino a questo esperimento, aveva solo concepito (Figura 24). Nei successivi venti anni perfezionò le sue idee sul concetto di linee di forza in molteplici pubblicazioni e nelle Conferenze del Venerdì Sera. La storia della fisica ha mostrato che probabilmente fu proprio questo il più significativo contributo di Faraday alla fisica e certamente il più importante da un punto di vista teorico. Le sue linee di forza schiusero una nuova era in fisica come in cosmologia: un'era basata sul concetto di campo che pervade lo spazio attorno ad un magnete e ad una corrente elettrica, e che, per usare le parole di Maxwell (pronunciate molto dopo) 'tesse una ragnatela in tutto il cielo'.

*Le leggi dell'elettrolisi*

Il periodo fra il gennaio 1832 e il dicembre 1834 fu eccezionalmente ricco di impegni per Faraday. In questo periodo di tempo così limitato pubblicò qualcosa come una ventina di lavori originali, tenne diciassette Conferenze del Venerdì Sera (vedi Appendice I), le (sei) Conferenze di Natale (di Chimica) nel dicembre 1832-gennaio 1833, quarantotto conferenze giornaliere su un ampio spettro di argomenti di chimica e fisica tutte alla *Royal Institution*, settantacinque lezioni all'Accademia Militare di Woolwich, ed entrò in contatto con intenso carteggio con molti personaggi eminenti, quali Hachette ed Ampère a Parigi; Barrow<sup>8</sup>, il Secondo Segretario del Ministero della Marina, Charles Babbage (colui che progettò un primitivo precursore del moderno calcolatore), l'Editore della *Literary Gazette* (al quale scrisse esprimendo il suo fastidio circa la disputa sull'attribuzione della priorità del lavoro su elettricità e magnetismo fra lui e Nobili, vedi pag. 98); Fazzini, professore di matematica e metafisica presso l'Università di Napoli, Melloni, famoso fisico del medesimo Ateneo, J.D. Forbes a Edimburgo, Moll a Utrecht, Berzelius<sup>9</sup> a Stoccolma considerato uno dei più eminenti chimici del mondo, Plateau a Bruxelles, Mary Somerville, matematica e divulgatrice di scienza, J.F.W. Herschel, William Whewell, grande erudito divenuto poi Direttore al *Trinity College* di Cambridge, Gay-Lussac cui inviò un memorandum di 7.500 parole. E infine, l'11 luglio 1834 comparve di fronte ad una Commissione d'Inchiesta del Parlamento per riferire sullo stato del sistema fognario cittadino.

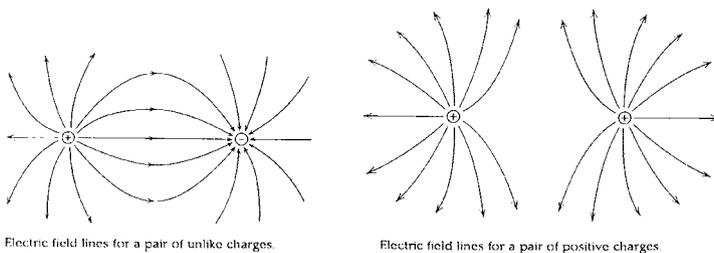


FIGURA 23 – Faraday riteneva che le linee di forza, schematizzate qui sopra, occupassero lo spazio che separava magneti o cariche elettriche.

Ma, per quanto impressionante sia l'elenco delle attività sopra descritte, la cosa più sbalorditiva è che nello stesso periodo riuscì

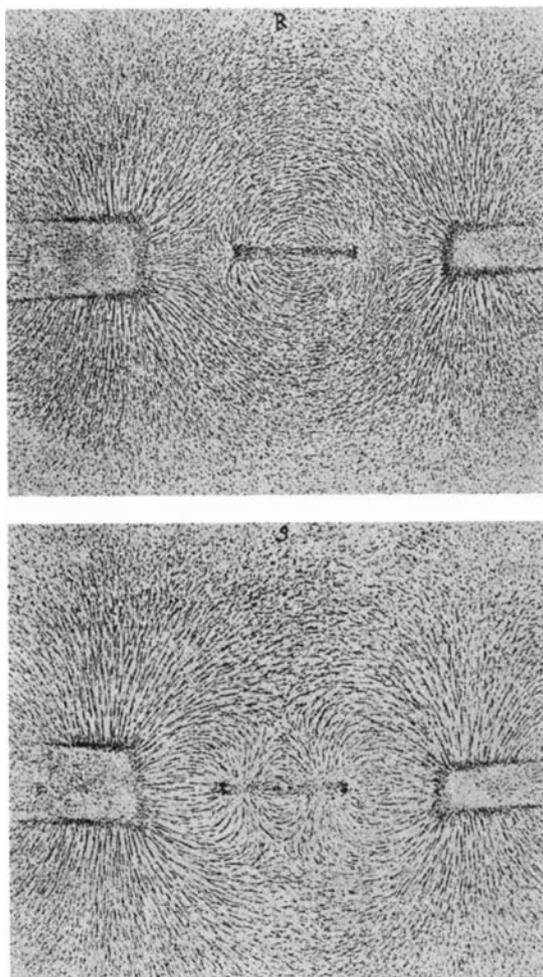


FIGURA 24 – Uno degli esperimenti preferiti da Faraday per illustrare la realtà delle linee di forza fu quello di spargere polvere di ferro su un foglio di carta sotto al quale veniva posto un magnete. Scuotendo leggermente il foglio le particelle di ferro ‘rivelavano’ le linee di forza.

a condurre a termine uno straordinario lavoro che lo portò alla scoperta di quelle che poi sono passate alla storia come le Leggi dell'Elettrolisi di Faraday.

Queste leggi possono essere considerate a buon diritto come una delle più accurate generalizzazioni acquisite nella scienza moderna. Tutti i testi di chimica generale e molti di quelli di fisica conferiscono tutt'oggi ad esse grande rilievo, per motivi che saranno presto ben chiari. Descrivono in termini quantitativi la relazione fra il grado di reazione della decomposizione chimica di una sostanza conduttrice e la quantità di elettricità passata attraverso questa. La prima Legge, usando le parole originali di Faraday, così recita: 'L'azione chimica o potere di decomposizione è esattamente proporzionale alla quantità di elettricità che passa'. La seconda Legge, sempre con le parole di Faraday, asserisce: 'Gli equivalenti elettrochimici coincidono, essendo la medesima cosa, con gli equivalenti chimici'. In altre parole, l'equivalente elettrochimico di un elemento è proporzionale al suo ordinario equivalente chimico. Oggi noi chiamiamo la quantità di elettricità necessaria per liberare un equivalente (cioè 1,008 grammi di idrogeno e 35,457 grammi di cloro) da una soluzione di acido cloridrico o, più brevemente, un grammo-equivalente di ogni elemento da soluzioni conduttrici o sali fusi di suoi composti, un 'Faraday' (che corrisponde a 96.493 Coulomb di elettricità).

Queste Leggi misero ordine laddove, fino ad allora, regnava confusione. Esse inoltre determinarono con esattezza i fattori rilevanti e, di converso, quelli non significativi. Non era fondamentale quale fosse la concentrazione della soluzione elettrolitica attraverso cui passava la corrente. La natura o le dimensioni degli elettrodi erano assolutamente ininfluenti. I parametri chiave erano semplicemente la quantità di elettricità e gli equivalenti chimici. Queste conclusioni destarono non pochi sospetti. Così Berzelius ebbe a rimarcare a quel tempo (e come Frankland ribadì in una Conferenza del Venerdì Sera circa vent'anni dopo)<sup>10</sup>, '... composti, i cui elementi sono uniti fra loro dai più svariati gradi di affinità, richiedevano quantità uguali di forza elettrica per la loro decomposizione'. In altri termini, la natura richiede la stessa identica quantità di elettricità per separare i composti binari AB e CD nei loro elementi costituenti A e B, e C e D, sebbene l'energia rilasciata quando A e B si combinano per formare AB possa essere ampiamente differente da quella rilasciata quando C e D si uniscono a dare CD.

Il significato di questo fatto è che, fondamentalmente, forze chimiche e forze elettriche sono intimamente e quantitativamente correlate. Per esempio, l'elettrolisi completa di una soluzione contenente un grammo-formula in peso di cloruro di bario ( $\text{BaCl}_2$ ) o di cloruro di alluminio ( $\text{AlCl}_3$ ) necessita il doppio e il triplo della quantità di elettricità richiesta per eseguire l'elettrolisi completa di un grammo-formula in peso di acido cloridrico ( $\text{HCl}$ ). Pertanto gli atomi di idrogeno, bario ed alluminio, che reagiscono rispettivamente con uno, due e tre atomi di cloro, reagiscono anche con una, due e tre unità di elettricità. Così l'astronomo irlandese Johnstone Stoney (nel 1874) e il fisiologo – poi diventato fisico – tedesco Hermann von Helmholtz (nel corso della sua Conferenza Faraday alla *Royal Institution* nel 1881) conclusero: l'elettricità deve possedere una struttura unitaria, essendo il valore massimo della sua unità quello che è sufficiente a reagire con un atomo monovalente. Il significato profondo delle Leggi dell'Elettrolisi di Faraday non fu pienamente apprezzato finché J.J. Thomson, nel 1890 lavorando nel Laboratorio Cavendish, scoprì l'elettrone. Tutti gli ioni, le specie così nominate per la prima volta da Faraday, portano una carica elettrica e detta carica si presenta sempre come multiplo della carica elettronica. Il fatto che la materia e l'elettricità siano intimamente connesse fu compreso pienamente solo nei primi decenni del secolo ventesimo, ma l'origine di tale concetto nasce proprio in questa fase del lavoro di Faraday.

Fu proprio Faraday, guidato da Whewell, col quale in quel tempo teneva un'intensa corrispondenza, che introdusse tutti i più importanti termini oggi impiegati nel linguaggio dell'elettrochimica: elettrolita, elettrolisi, elettrolizzare, elettrodo, anodo, catodo, ione, anione e catione.

Le conseguenze pratiche del lavoro di Faraday sull'elettrolisi furono assai importanti. Condussero, in larga misura grazie all'abilità di Jacobi a San Pietroburgo nel 1830, alla tecnica e all'industria della elettrodeposizione che aveva comunque preso piede anche in Inghilterra, Francia ed altri Paesi. L'associazione fra i cugini George e Henry Elkington e Josiah Mason a Birmingham nel 1842 contribuì a rendere famosa nel mondo questa città come il centro più importante per le placcature elettrolitiche in oro ed argento. Questo eccezionale sviluppo commerciale segnò il declino piuttosto rapido della Old Sheffield Plate (oggi di gran pregio per il suo valore di antiquariato) che produceva oggetti placcati in argento scaldando

e temprando sottili fogli di argento su un supporto ricco di rame. Le imprese scientifiche di Faraday in questo campo potrebbero essere addotte come uno dei fattori più decisivi nel determinare lo spostamento del predominio internazionale dell'industria del cosiddetto '*silver-plating*' da Sheffield a Birmingham. A questo proposito il lavoro di Faraday sull'elettrolisi non fu l'unico di somma importanza, in quanto anche la sua scoperta sull'induzione elettromagnetica di due anni prima aveva creato la possibilità di una nuova abbondante sorgente diretta di corrente elettrica. Fin dal 1832 un giovane artigiano francese specializzato nella costruzione di strumenti scientifici, Hippolyte Pixii, aveva presentato all'Accademia delle Scienze di Francia la sua dinamo manovrata a mano; e nel 1834 un costruttore di strumenti londinese, E. Clarke, sviluppò un generatore elettrico di qualità migliore. Fu però John Woolrich di Birmingham che riuscì per primo ad eseguire con successo elettrodeposizioni di metalli sfruttando apparati elettromagnetici: di ciò la città di Birmingham tutt'oggi, con comprensibile orgoglio civico, si gloria. Dirimpetto ad una delle pareti della Cappella di Aston Hall, la città di Birmingham conserva quella che si dice sia stata la prima macchina commerciale per l'elettrodeposizione. Sull'iscrizione che l'accompagna così si legge<sup>11</sup>:

Questa macchina, basata sulla grande scoperta di Faraday dell'Induzione, fu inventata dal defunto John Stephen Woolrich di Birmingham. Fu costruita dai Signori Prime & Son nel 1844, e da essi fu fatta funzionare per molti anni, fin quando fu sostituita da macchine di migliore fattura e maggiore potenza. È il PRIMO apparato magnetico che abbia depositato argento, oro o rame, ed è in assoluto il precursore di tutte le magnifiche dinamo che da allora sono state inventate. Il Professor Faraday, in occasione del Convegno della British Association a Birmingham, rese visita, insieme ad alcuni suoi amici scienziati, alle manifatture dei Signori Prime & Son, con il proposito di vedere all'opera le applicazioni pratiche della sua grande scoperta, ed espresse i suoi sentimenti di intenso piacere per la testimonianza concreta che la sua scoperta fosse stata così presto ed ampiamente applicata e così positivamente tradotta nell'uso pratico. A Birmingham va l'onore non solo di aver introdotto l'elettrodeposizione, il cui impiego è stato successivamente esteso a tutte le nazioni civilizzate, ma anche l'onore di avere per prima adottato la

grande scoperta di Faraday di ottenere l'elettricità dal magnetismo, – una scoperta che ha influenzato la scienza e l'arte in modo così profondo.

Le conseguenze pratiche del lavoro di Faraday sull'elettrolisi portarono anche allo sviluppo dell'industria dell'elettroformazione (nel passato denominata Galvanoplastica), in cui un metallo viene depositato per via elettrochimica su un calco e quindi il calco viene poi rimosso. Questo divenne il processo chiave nella produzione dei primi dischi fonografici, nella fabbricazione di medaglie e nell'elettrotipia. Il lavoro di Faraday condusse anche alla messa a punto di un metodo di analisi chimica ultrasensibile ancora oggi ampiamente sfruttato e noto come elettroanalisi, dove si registra accuratamente la quantità in peso del materiale elettrodeposto; e non dimentichiamo, la coulombometria, tecnica in cui si misura la quantità di carica elettrica trasferita da un'opportuna corrente.

Faraday doveva progettare e costruire i suoi coulombmetri e gli altri strumenti elettrici, nonché apparati elettrochimici. Il suo voltmetro – così lo denominò, ora chiamato gas-coulombmetro – è tipica esemplificazione di ciò (Figura 25). Questo strumento consente di misurare precisamente i volumi di idrogeno ed ossigeno prodotti per elettrolisi di acqua acidulata, e questo, a sua volta, attraverso le sue Leggi, fornisce la quantità di carica trasferita. Vi fu anche un altro strumento ingegnoso che impiegava un misuratore a base di iodio – una banale carta da filtro impregnata di una soluzione amido/iodio con due elettrodi di platino – che gli permise, nel 1833, di stabilire l'identità dell'elettricità derivante da sorgenti differenti.

Fino ad allora si questionava se l'elettricità voltaica fosse della stessa natura dell'elettricità elettrostatica – Faraday spesso chiamava quest'ultima elettricità Franklinica, in deferenza al lavoro pionieristico di Benjamin Franklin (1706-1790) che aveva, *inter alia*, mostrato che l'elettricità non viene mai creata o distrutta, ma esclusivamente trasferita. Avendo scoperto un nuovo metodo di generare elettricità muovendo un magnete, Faraday meditò su un'ulteriore questione: se anche questa 'nuova' forma di elettricità da lui scoperta fosse anch'essa della stessa natura dell'elettricità animale (del tipo di quella posseduta dall'anguilla elettrica) e della termo-elettricità. In una brillante serie di esperimenti stabili che una batteria standard platino-zinco connessa per 3,2 secondi (otto ticchettii del suo orologio)

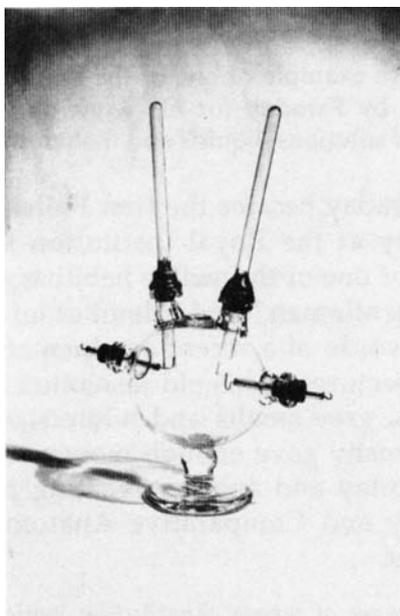


FIGURA 25 – Questo ‘voltmetro’ è una cella costruita da Faraday che consente di misurare accuratamente i volumi di idrogeno ed ossigeno prodotti dall’elettrolisi. Il volume generato è direttamente proporzionale alla quantità di elettricità fatta passare nella cella.

dava la stessa elettro-deposizione (di iodio) fornita da trenta giri del suo grande generatore elettrostatico. Dopo questa meravigliosa serie di esperimenti ‘a costo zero’, Faraday concluse che ‘L’elettricità, qualsiasi sia la sua sorgente, è identica nella sua propria natura’. Ciò che egli mostrò, in effetti, era che l’elettricità dei temporali, il ‘galvanismo’ delle zampe della rana, le cariche elettriche immagazzinate nella bottiglia di Leida, le correnti generate da una pila voltaica (che è simile alla batteria di un’autovetture), così come la corrente prodotta da un magnete in movimento in prossimità di una spira metallica, sono tutte equivalenti.

Nel 1834 Faraday divenne il primo *Fuller Professor* di Chimica alla *Royal Institution* grazie alla munificenza di uno dei pacati habitués della Istituzione, un gentiluomo grassoccio e gioviale (e Membro del Parlamento), che così ci viene dipinto nelle parole

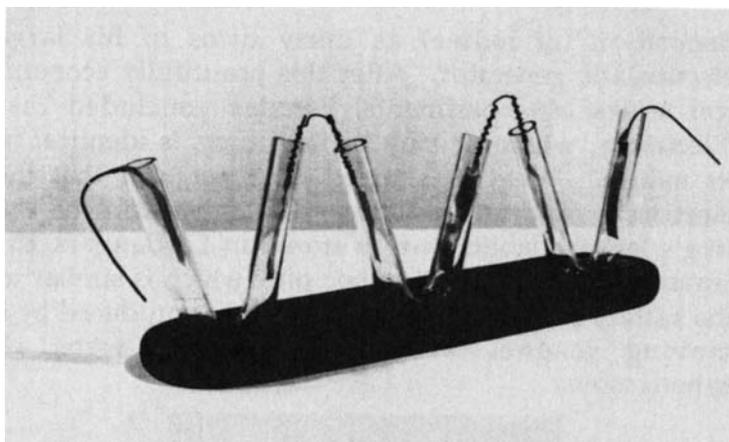


FIGURA 26 – Esempio di uno dei prototipi di apparato sperimentale costruiti da Faraday per i suoi lavori sulle proprietà elettriche di soluzioni, liquidi e sali fusi.

di un commentatore moderno<sup>12</sup>: ‘assisteva in panciolle alle conferenze di Faraday nella sua classica giacca blu con bottoni d’ottone, pantaloni grigi e calze bianche’. John Fuller fu così generoso da finanziare una cattedra per Faraday ed un’altra (per *Visiting Professor*) in Fisiologia ed Anatomia Comparata. Si diceva che Mr. Fuller,

[...] la cui costituzione era così debole da impedirgli in ogni altro luogo e momento il sonno necessario per una vita sana, poteva invece trovar sempre riposo ed anche un quieto dormiveglia nel bel mezzo del mormorio prodotto dalle conferenze alla *Royal Institution* e che, in grata riconoscenza per le ore di serena tranquillità strappate ad una vita altrimenti priva di riposo, lasciò alla *Royal Institution* la magnifica somma di 10.000 sterline!

Nel 1835 Faraday lavorò al miglioramento della batteria voltaica, si dedicò con interesse entusiastico al lavoro dell’italiano Melloni sul calore radiante (e presentò anche una Conferenza del Venerdì su questo argomento), dette prova ad un Comitato Parlamentare su come prevenire la carie secca del legno, e fu implicato

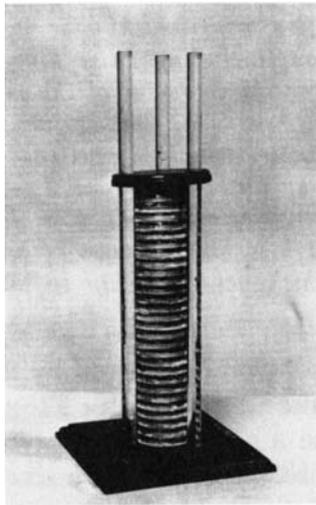


FIGURA 27 – La pila di Volta donata a Faraday dal suo inventore, Alessandro Volta.

infine in una serie di circostanze in qualche modo poco piacevoli concernenti il riconoscimento di una pensione.

La pensione, di 300 sterline all'anno, fu proposta inizialmente sotto il Governo conservatore di Sir Robert Peel, ma prima che le formalità venissero espletate, i Liberali, sotto Lord Melbourne, presero il potere. In un difficile colloquio con Faraday si dice che Lord Melbourne si fosse espresso nei confronti delle pensioni civili in modo assai duro considerandole una grossa frode. I fatti non sono noti con precisione ma Faraday si irritò abbastanza da scrivere a Melbourne come segue:

Mio Lord,

la conversazione con la quale la Sua Signoria mi ha onorato questo pomeriggio, inclusa di fatto, l'opinione di Sua Eccellenza circa il carattere generale di queste pensioni, destinate di recente a personalità scientifiche, mi inducono a declinare rispettosamente il beneficio che io ritengo la Sua Signoria intendesse attribuirmi; giacché sento che non potrei, con piena soddisfazione, accettare dalle mani di Sua Eccellenza un qualcosa che, sebbene si presenti formalmente da Lei

approvato, gode della reputazione che la Sua Signoria così efficacemente ha avuto modo di specificare.

Gli amici di Faraday si sentirono oltraggiati da questa vicenda e la questione fu portata addirittura all'attenzione del Re Guglielmo IV. Melbourne scrisse una lettera di scuse a Faraday, il vitalizio fu assegnato e garbatamente accettato.

Le ricerche relativamente brevi, ma molto importanti, che Faraday sviluppò sullo studio delle scariche elettriche nei gas furono svolte anch'esse nel 1835. Questi lavori sono ora riconosciuti fra le prime indagini in assoluto sulla chimica e fisica dei plasmi. Fra le altre cose questi studi aprirono la strada ad una comprensione più completa dell'emissione di luce quando tali scariche elettriche sono prodotte all'interno di tubi evacuati contenenti gas nobili. Oggi noi sappiamo che la generazione di luce è un fenomeno secondario: quando una corrente elettrica passa attraverso un gas, gli elettroni che collidono con gli atomi del gas cedono parte della loro energia che viene poi riemessa sotto forma di luce.

Faraday proseguì le sue ricerche esaminando la scintilla elettrica e le varie forme di scarica elettrica fra conduttori di differenti forme. Osservò che la natura della scarica elettrica fra conduttori all'interno di un recipiente evacuato cambiava quando la pressione del gas residuo veniva ridotta, notando in particolare la scarica 'scura' in prossimità del catodo che oggi viene chiamata 'spazio scuro di Faraday'.

Nel 1836 Faraday intraprese il suo lavoro pionieristico sull'elettrostatica ed eseguì il famoso esperimento della gabbia che ora porta il suo nome. Per apprezzare in pieno l'insieme di conoscenze che fa da sfondo a questo esperimento, vale la pena di ricordare che Faraday, sulla base dei suoi studi sui conduttori di ogni forma e dimensione, era giunto alla conclusione che non poteva esistere la nozione di carica assoluta; ogniqualevolta un corpo viene caricato, una carica identica ma di segno opposto viene indotta sui corpi contigui.

Inoltre Faraday dedusse (come per altro già aveva fatto Cavendish, seppur senza pubblicarlo) che le cariche si localizzano sulla superficie di un conduttore. In un esperimento dai connotati drammatici, eseguito nell'aula ad anfiteatro della *Royal Institution*, egli sedette all'interno di un cubo cavo (o 'gabbia') con lo spigolo di dodici piedi (3,65 metri, n.d.t.). Questo cubo, costruito con una



15 Jan'y 1836

2807. Have been for some days past engaged in building up a cube of 12 feet in the side. It consists of a slight wooden frame constituting the twelve linear edges, held steady by diagonal ties of cord; the whole being mounted on four glass feet,  $5\frac{1}{2}$  inches long, to insulate it. The sides, top and bottom are covered in with paper ( ). The top and bottom have each a cross framing or tying of copper wire over them which with the diagonals of cord support the two large sheets of paper which cover them in the copper wire also serving to feed the paper surface with electricity. The framings at the top & bottom of copper wire



15 JANU. 1836.

2808. Have been for some days past engaged in building up a cube of 12 feet in the side. It consists of a slight wooden frame, constituting the twelve linear edges, held steady by diagonal ties of cord; the whole being mounted on four glass feet,  $5\frac{1}{2}$  inches long, to insulate it. The sides, top and bottom are covered in with paper ( ). The top and bottom have each a cross framing or tying of copper wire, thus: which, with the diagonals of cord, support the two large sheets of paper which cover them in, the copper wire also serving to feed the paper surface with electricity. The framings at the top and bottom, of copper wire, are connected by copper wires passing down the four corner uprights; and a band of wire also runs round the lower edge of the cube. The sheets of paper which constitute the four sides have each two slips of tin foil pasted on their inner surface, running up  $\frac{3}{4}$  of the height; and these are connected below with the copper wire so that all the metallic parts are in communication. The edges of the side sheets are fastened here and there by tacks or paste to the wooden frame at the angles, so as to prevent them flying out and so giving irregular dispersion of the electricity. The whole stands in the Lecture room, one of the lower edges being within 5 inches of the third seat (on which the feet rest), and the opposite lower edge being sustained on stools and blocks, about 4 feet from the ground. The chandelier hangs nearly opposite the middle of the face of the cube at this side, being about  $2\frac{1}{2}$  feet from it.

2809. The cube rises in the middle of the room above the level

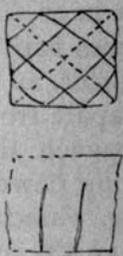


FIGURA 29 – Estratti dal Diario di Faraday del 15 gennaio 1836 allorché costruì un cubo di dodici piedi di spigolo per il suo famoso esperimento della ‘gabbia’.

livello tale da produrre scariche elettriche dalla sua superficie nell'aria circostante, Faraday, equipaggiato con gli strumenti di misura più sensibili allora a disposizione, non riuscì a registrare alcun effetto elettrico all'interno del cubo medesimo. Ogni effetto si verificava fra la superficie del cubo e i corpi vicini esterni. Tutto ciò dette origine al termine gabbia di Faraday, che è tuttora impiegato per designare simili strutture.

Questa straordinaria dimostrazione lo spinse a indagare su cosa sarebbe accaduto se, nello spazio fra la superficie carica e i corpi circostanti, avesse interposto un corpo non conduttore (cioè un isolante). La sua intuizione lo portò a prevedere che nell'isolante si sarebbe manifestato uno stato di tensione. E questo, a sua volta, gettò il seme per i suoi studi sui dielettrici e sulle capacità induttive specifiche, i quali iniziarono un poco più tardi.

Nel 1836 fu chiamato a ricoprire la carica di Consigliere Scientifico alla *Trinity House*, un ruolo al quale attribuì grande valore e che mantenne per tutta la vita. Implicava svolgere e soprintendere lavoro sperimentale, sia in laboratorio che fuori, su temi quali la progettazione dei sistemi migliori di illuminazione per i fari, di sistemi per la segnalazione di nebbia e cose simili. Sempre nel 1836 fu nominato Membro del Senato dell'Università di Londra per iniziativa della Corona. Tenuto conto che non aveva mai studiato all'università, questa fu la prima volta che venne coinvolto in modo ufficiale nella vita universitaria.

*La costante dielettrica: esperimenti con condensatori. La polarizzazione delle molecole*

Il 21 dicembre 1837, proprio prima di presentare la sua quinta serie di (sei) Conferenze di Natale (sulla chimica) dal 28 dicembre 1837 al 9 gennaio 1838, Faraday tenne una prolusione alla *Royal Society* sul suo studio di monumentale importanza 'Sulla induzione'. Qualche mese prima, sempre in quell'anno, aveva iniziato a riflettere sull'azione elettrica e su come questa azione si trasmettesse da un punto dello spazio ad un altro. Scienziati suoi contemporanei ritenevano ciò un esercizio futile. La legge di Coulomb era ormai fermamente consolidata (vedi pag. 45); per calcolare le forze d'interazione era sufficiente conoscere esclusivamente l'entità delle cariche e la loro distanza reciproca, così come nel caso della gravitazione per i

pianeti. Nessuno, ad eccezione di Faraday, sospettava che il mezzo interposto fra le cariche fosse importante, eccetto che per il suo potere isolante, che preveniva la dissipazione delle cariche stesse. Faraday si era sempre mostrato avverso a queste idee (vedi pagg. 45-46) e non amava neppure la nozione di azione a distanza. Egli cercava di addivenire ad un quadro più chiaro e tentava di costruire un'interpretazione in cui l'azione elettrica fra due cariche si esercitasse grazie ad un processo graduale nello spazio interposto.

Faraday argomentava che se, invero, questo processo esistesse, sarebbe chiaramente peculiare della sostanza che trasporta l'azione elettrica, e così fu naturalmente portato ad eseguire esperimenti sulla possibile influenza degli isolanti sulla distribuzione del campo elettrico. Costruì vari condensatori sferici, il più possibile identici fra loro, ciascuno costituito da due sfere concentriche, quella interna avente un diametro di tre centimetri inferiore rispetto a quella esterna (Figura 30).

Verificò anzitutto che se caricava solo la sfera interna di uno dei condensatori, e quindi portava la sfera interna del secondo condensatore in contatto elettrico con la prima, la carica si distribuiva equamente fra le due. Ma quando introdusse nell'intercapedine d'aria di uno dei condensatori un isolante (per esempio zolfo)

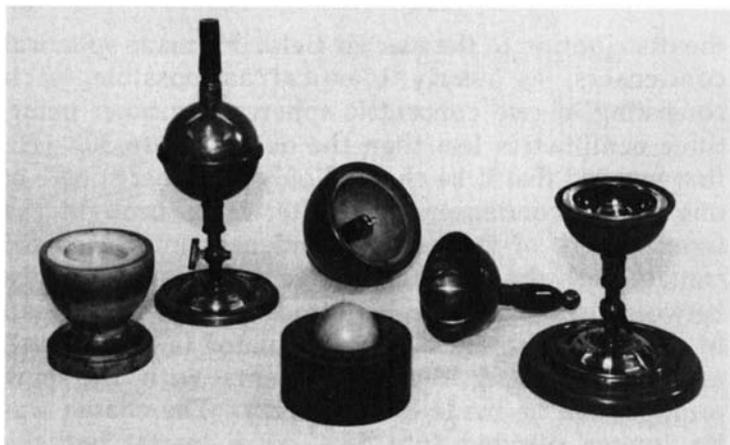


FIGURA 30 – I ‘condensatori’ sferici impiegati da Faraday per chiarire come un isolante immagazzini carica elettrica.

e ripeté gli esperimenti con questa nuova configurazione, fece la sua scoperta. La carica non si divideva più in due parti uguali, ma il condensatore con il materiale isolante nell'intercapedine fra le sfere manteneva sempre una quantità di carica maggiore. Faraday misurò le sue cariche con una bilancia di torsione di Coulomb. Questo, dunque, fu un esperimento quantitativo e Faraday poté subito caratterizzare l'influenza dell'isolante con una costante specifica che chiamò 'capacità induttiva specifica' e che oggi va sotto il nome di costante dielettrica o permittività<sup>13</sup>. L'unità di misura per la capacità è oggi denominata 'farad'.

Faraday si spinse oltre ed immaginò come si potesse inquadrare questo effetto induttivo di un isolante. Dal momento che le sue sostanze erano degli isolanti non poteva esistere alcun passaggio di carica da una molecola ad un'altra. A quel tempo Faraday non credeva in maniera fideistica all'idea di carica elettrica come noi oggi (ma anche Cavendish e Coulomb in un certo senso) possiamo invece comprendere tranquillamente. D'altra parte aveva anche serie riserve sul fatto che le molecole fossero costituite da atomi. In ciò che segue qui sotto si fornirà un'interpretazione in chiave moderna del quadro interpretativo che Faraday aveva costruito per spiegare gli effetti induttivi negli isolanti.

[Durante tutta la sua vita Faraday non sembrò mai essere stato influenzato dagli argomenti di Dalton concernenti l'esistenza degli atomi. E questo è forse un po' sorprendente. John Dalton (1766-1844) tenne la prima conferenza pubblica ad illustrare la sua teoria atomica alla *Royal Institution* negli anni 1803-1804. A suo tempo fu poi ampiamente riconosciuta: l'Accademia Francese delle Scienze lo elesse membro corrispondente nel 1816 e successivamente, in seguito alla morte di Davy, divenne uno degli otto membri associati stranieri. Dalton fu anche eletto Membro della *Royal Society* e fu uno dei primi a ricevere la Medaglia Reale. Al momento della sua scomparsa, la sua teoria atomica aveva guadagnato grande popolarità fra molti chimici, ma assai meno fra i filosofi sperimentali con inclinazione più fisica. E Faraday non era per niente convinto e in nessuno dei suoi scritti egli trovò la necessità di invocare l'esistenza degli atomi. Pochi altri eminenti scienziati, il più considerevole fra i quali il grande chimico tedesco Wilhelm Ostwald (1853-1932) Premio Nobel per la chimica nel 1909, ebbero simile scetticismo nei confronti della teoria atomica addirittura fino agli anni '10 del XX secolo].

Benché non potesse avvenire alcun passaggio di carica da una molecola ad un'altra nei corpi isolanti studiati da Faraday, in ogni molecola, comunque, può esistere la possibilità per le cariche di muoversi. E pertanto, sotto l'influenza del campo elettrico, ogni molecola si polarizzerà, assumendo un eccesso di carica positiva da una parte ed un corrispondente eccesso di carica negativa dalla parte opposta, con la logica conseguenza che tutte le molecole si orienteranno con le loro parti positivizzate orientate verso le armature negative del condensatore. Faraday aveva dunque spiegato come un corpo isolante reagisce nei confronti delle armature di un condensatore attirando maggior quantità di carica sulle sue superfici.

Allora, partendo da una grandezza macroscopica come la costante dielettrica, possiamo entrare nel merito delle molecole e delle loro proprietà. La mobilità delle cariche nelle varie molecole sarà molto differente? ed esisterà, per caso, una relazione fra questa mobilità e la loro struttura chimica? Faraday pone la questione e, come sempre, tenta di trovar risposte eseguendo nuovi esperimenti. Volta a volta riempie lo spazio fra le due sfere dei suoi condensatori con svariati tipi di gas delle più differenti composizioni chimiche, e tenta più e più volte di vedere se può registrare differenze nella quantità di carica trasferita alla sfera interna del suo secondo condensatore, quest'ultimo riempito con aria. Ma in questo caso non ha successo; il suo metodo non è sufficientemente sensibile. Pone allora un secondo interrogativo: vi è una dipendenza della polarizzabilità dalla temperatura? Allora prova con aria calda e fredda, ma di nuovo senza esito. E infine pone una terza domanda: può la polarizzabilità di una molecola dipendere dalla direzione? Prende quindi dei solidi cristallini, dove è noto che le molecole hanno orientazioni ben precise e tenta di osservare qualche differenza nella capacità induttiva specifica in funzione delle diverse direzioni dei cristalli. Annota che in un esperimento registra una certa differenza, ma in altri non nota alcun effetto significativo.

Così Peter Debye (1844-1966, lo scienziato olandese naturalizzato americano che fu insignito del Premio Nobel nel 1953 per i suoi lavori sulle molecole polari) si esprime nel 1931 riguardo a questa serie di esperimenti '... sebbene senza risultati positivi, i doni profetici di Faraday sono illustrati meravigliosamente...'. Ora noi sappiamo bene che le molecole sono, per lo più, polarizzate permanentemente con una parte recante un eccesso di carica negativa ed un'altra un eccesso di carica positiva e possono

pertanto creare un effetto induttivo per semplice orientazione, esattamente come minutissimi aghi magnetici. Tuttavia, il punto importante che Faraday seppe intuire molto precisamente è che la capacità induttiva specifica doveva essere intimamente connessa con la struttura delle molecole. Tutti i lavori sulla costante dielettrica fino ai giorni nostri lo assolvono gloriosamente per non aver conseguito evidenze sperimentali grazie a questa meravigliosa intuizione.

### *Esausto!*

Durante il decennio 1830-1840 lo sforzo di un tale incessante ed eccitante lavoro ebbe un riflesso sulla salute di Faraday. I sempre più frequenti mal di testa e vuoti di memoria, di cui per altro soffriva da lungo tempo, lo cominciarono a preoccupare più del solito. Stava vivendo praticamente in laboratorio e vi era sempre la tentazione di lavorare a lungo e fino a tarda sera. Una vacanza di alcuni mesi in Svizzera nel 1835 lo aveva in qualche modo ritemperato, ma nel 1840 ebbe un vero e proprio collasso. Mente e corpo erano completamente esausti e spossati e pertanto riposò un anno intero. Molti commentatori riportano che Faraday non svolse alcuna attività scientifica per tutto il 1840. D'altra parte il 'riposo completo' di Faraday equivaleva ad un normale impegno lavorativo secondo lo standard della maggior parte delle persone. Nel 1840 firmò quattro lavori sul *Philosophical Magazine*, uno sul *Philosophical Transactions* ed uno sulla *Literary Gazette*, su argomenti quali 'precipitazioni voltaiche', 'la sorgente della potenza in una pila voltaica', 'induzione magneto-elettrica' e 'l'elettricità di un getto di vapore proveniente da una caldaia'. Tenne inoltre un corso di sei conferenze di chimica presso la *Royal Institution* nell'estate del 1840. Secondo gli standard lavorativi di Faraday fu, tuttavia, un periodo poco fecondo.

Anche durante il 1841 ebbe un periodo di riposo di otto mesi. Si recò in Svizzera con la moglie e il fratello e là poté concedersi il lusso di passeggiate di eccezionale lunghezza (da trenta a quaranta miglia al giorno). Tenne poi un'altra serie di Conferenze di Natale (sui rudimenti della chimica) fra il 28 dicembre 1841 e l'8 gennaio 1842; e nel giugno 1841 scrisse un fantastico resoconto sul 'magnifico manifestarsi di fulmini e lampi al quale abbiamo assistito il 27

maggio del 1841 e sui suoi peculiari aspetti notati da una folla di osservatori a Londra' (vedi Capitolo 5).

*Magneto-ottica (l'effetto Faraday) e il diamagnetismo*

Nel settembre 1845, usando un vetro speciale al borato di piombo da lui stesso preparato circa vent'anni prima, Faraday scoprì il cosiddetto effetto Faraday, ossia la rotazione del piano di polarizzazione della luce causata da un campo magnetico. Questo fu il primo caso in assoluto di connessione fra luce e magnetismo. Rappresentò la nascita della magneto-ottica la quale, grazie alla nozione di linee di forza dovuta a Faraday, venne trionfalmente spiegata da Clerk Maxwell dieci anni dopo.

Faraday era radicalmente convinto circa la profonda unità delle forze della natura; e fu proprio questo suo credo interiore che lo spinse ad indagare la connessione fra luce, magnetismo ed elettricità. Uno dei suoi esperimenti condotti nel 1845 consisté nell'osservare se la luce polarizzata planarmente fosse influenzata da forti campi elettrici durante il passaggio attraverso un corpo isolante trasparente. Vide che non era presente alcun effetto evidente. Allora spostò la sua attenzione verso il magnetismo. Una notevole varietà di materiali trasparenti vennero sistemati fra i poli di due potenti elettromagneti cilindrici situati uno accanto all'altro. Insieme a salgemma, quarzo, allume, fluorite furono provate molte altre sostanze trasparenti, ma i risultati furono sempre negativi.

Quindi, proprio con uno dei suoi vetri al borato di piombo che abbiamo menzionato prima, arrivò il successo il giorno 13 settembre 1845. I vetri che aveva provato prima avevano fornito, nel migliore dei casi, solo risultati dubbi poiché in effetti erano pesantemente danneggiati e striati. Fu quando si ricordò dei suoi vecchi vetri ottici che riuscì a trovare qualcosa di sufficientemente buono. Così le sue tediose ricerche giovanili alla fine lo ripagarono generosamente. Come Faraday ebbe a scrivere '...c'era un effetto prodotto sul raggio di luce polarizzato e così fu provato che la forza magnetica e la luce sono in qualche modo interconnesse'. Dopo questo risultato, scaturito dalla sua ardua lotta con la natura, Faraday scrisse laconicamente sul suo diario: 'abbastanza per oggi'. Quando il 5 novembre inviò il suo articolo intitolato 'Sulla magnetizzazione della luce e l'illuminazione delle linee di forza magne-

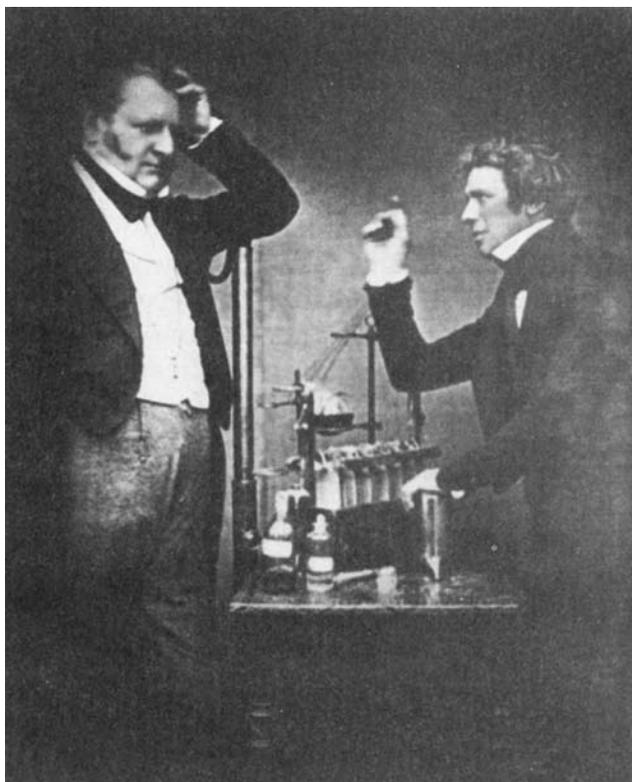


FIGURA 31 – Una delle prime fotografie di Faraday (circa 1843), a destra, con John Frederick Daniell, il primo Professore di Chimica al *King's College* di Londra. (La pila Daniell, che lo rese famoso, è tutt'oggi ampiamente usata).

tiche' alla *Royal Society*, il periodo introduttivo esordiva con questa celestiale risonanza:

Ho oramai maturato da tempo un'opinione, che posso dire è quasi una convinzione, comune per altro a molti altri amanti della conoscenza della natura, che le varie forme sotto cui le forze della natura si manifestano hanno un'unica origine comune; o anche, in altre parole, che esse sono così direttamente relazionate e mutuamente dipendenti, che sono

interconvertibili e che posseggono un potere equivalente nella loro azione. Nei tempi più recenti le prove di questa loro interconvertibilità si sono accumulate in modo straordinario e sono state poste le prime pietre per la determinazione degli equivalenti fra le forze.

Faraday proseguì per mostrare che l'effetto osservato per la prima volta sui vetri al piombo, si verificava anche con molti altri materiali, non necessariamente vetri, purché le condizioni fossero corrette. La direzione di rotazione del piano di polarizzazione dipende dalla direzione del campo magnetico – e questo è appunto l'effetto Faraday. E le ripercussioni che questo effetto ha generato anche ai giorni nostri sono di eccezionale valore pratico; le rotte di navicelle spaziali ne sono un esempio recente<sup>14</sup>.

Il fenomeno scoperto da Faraday è fondamentalmente diverso dalla naturale rotazione del piano di polarizzazione da parte di alcuni cristalli come il quarzo (o da soluzioni di molecole otticamente attive). Quando la luce passa attraverso il quarzo e viene quindi riflessa indietro la rotazione risultante è nulla. Invece la rotazione del piano di polarizzazione in qualsivoglia sostanza magnetizzata si raddoppia se la luce viene riflessa indietro lungo le linee della forza magnetica. La scoperta di Faraday venne presto estesa verso differenti direzioni. Il precoce William Thomson (Lord Kelvin, 1824-1907), che trascorse qualche tempo insieme a Faraday alla *Royal Institution* – e che nell'agosto del 1845 aveva scritto a Faraday descrivendogli i suoi successi nel dare una forma matematica alla nozione di linee di forza di Faraday – intravide che la scoperta implicava che un campo magnetico attivava il moto rotazionale delle cariche elettriche nelle molecole, in accordo al primo suggerimento di Ampère secondo cui la magnetizzazione dei materiali deriva dall'esistenza di deboli correnti vorticosi. E questa idea fu sorgente d'ispirazione per Maxwell quando sviluppò la sua teoria sulla radiazione elettromagnetica. Questo fu proprio il punto cruciale in cui Faraday e Maxwell, in modo concomitante, maturarono l'ipotesi della luce come costituita da un'onda elettromagnetica. Concetti più avanzati seguirono successivamente con Heinrich Hertz (1857-1894) quando scoprì a Karlsruhe le onde (invisibili) elettromagnetiche; si ebbe allora chiara la meravigliosa percezione che la luce visibile in linea di principio non è diversa dalle onde radio. E quando, infine, furono scoperti i raggi X di

Röntgen e i raggi  $\gamma$  che accompagnano il decadimento radioattivo, si comprese appieno l'essenziale identità di tutti questi tipi di onde. L'annotazione di Maxwell sulle linee di forza di Faraday che 'tessono una rete nel cielo' (*weaving a web through the sky*) appare quanto mai intuizione profetica!

L'effetto Faraday ha un'altra importante conseguenza moderna: è la base, infatti, per tutte le applicazioni di registrazione magneto-ottica. Durante il processo di immagazzinamento dell'informazione a minuscoli domini magnetici in uno strato magnetizzato perpendicolarmente viene ribaltata la direzione di magnetizzazione, mentre il successivo recupero dei dati viene facilitato dalla lettura ottica sfruttando le variazioni della polarizzazione lineare della luce riflessa dai vari domini della superficie magnetica. Oggigiorno film ultrasottili di materiali esotici contenenti platino, manganese ed antimonio sono impiegati quali *medium* in questi strumenti di



FIGURA 32 – Il grande elettromagnete costruito ed usato da Faraday.

immagazzinamento di informazioni, proprio come il vetro al borato di piombo dell'apparato originale di Faraday.

Il mese di novembre del 1845 fu un mese straordinario per la produzione scientifica di Faraday. Il 4 di novembre, un giorno prima che inviasse il suo articolo sull'effetto Faraday alla *Royal Society*, sospese un pezzo di vetro pesante fra i poli del suo nuovo elettromagnete ultra-potente a ferro di cavallo (Figura 32) e scoprì che, quando attaccava la corrente elettrica, il vetro tendeva a disporsi perpendicolarmente al campo magnetico nel piano orizzontale. Il fatto sorprendente era che qui si trattava di un materiale non magnetico – molto diverso dalla magnetite o da un blocchetto di ferro – che risultava sensibile ad un campo magnetico. Barrette di sostanze magnetiche ordinarie, come ferro ad esempio, si dispongono lungo la linea che congiunge i due poli del magnete nel preciso momento in cui si attiva il campo. Questi risultati preliminari portarono Faraday a sottoporre all'azione del suo magnete campioni del tipo più vario: sali minerali, tessuti vegetali ed animali furono esaminati senza posa e con eccitazione trovò che potevano essere come il ferro, ed allora dovevano essere denominati magnetici, oppure come il vetro o il bismuto ed allora dovevano essere catalogati come appartenenti ad una nuova classe di sostanze chiamate diamagnetiche. Il resoconto che Faraday fece di questi esperimenti ha tratto in inganno generazioni di studenti. La verità è che in un campo magnetico perfettamente uniforme una barra, sia paramagnetica che diamagnetica, si dispone parallelamente al campo. Nel caso di Faraday, come del resto in ogni esperimento in cui si impieghino poli magnetici piuttosto piccoli, il campo magnetico diveniva più debole lontano dall'asse e pertanto una sostanza diamagnetica veniva spinta verso il campo più debole ed ecco perché la barra di vetro si disponeva trasversalmente.

La varietà di sostanze esaminate da Faraday è veramente notevole. Nel suo resoconto degli esperimenti letto davanti alla *Royal Society* il 18 dicembre 1845, rimarcò che trovava strano che un pezzetto di legno, o di carne di manzo, o mela dovesse essere attratto o respinto da un magnete, e proseguì dicendo che '... se un uomo potesse essere sospeso all'interno di un campo magnetico si disporrebbe equatorialmente' (come il vetro), dal momento che tutte le sostanze che lo costituiscono, incluso il sangue, si è già mostrato essere diamagnetiche. Per chiudere degnamente tutto questo brillante lavoro, Faraday scelse il lento movimento di una barra di

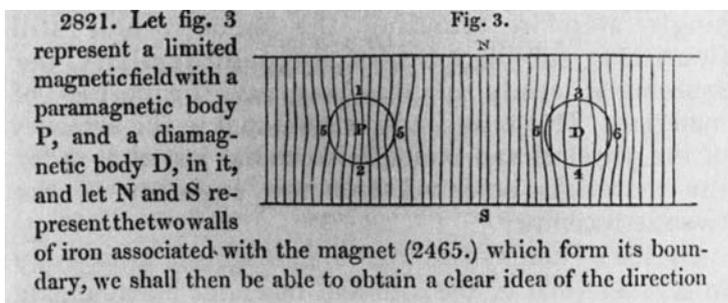


FIGURA 33 – Vi sono più linee di forza per unità di volume nei materiali paramagnetici che in quelli diamagnetici. Questo schizzo apparve in una delle pubblicazioni di Faraday nella sua serie sulle *Ricerche Sperimentali sull'Electricità*.

rame all'interno di un fluido magnetico e propose una spiegazione in termini di induzione di correnti elettriche all'interno del rame. Tali correnti sono quelle che oggi giorno chiamiamo correnti parassite, o in Francia, correnti di Foucault.

[Léon Foucault (1819-1868), scienziato francese famoso per la sua dimostrazione della rotazione terrestre grazie al pendolo che porta il suo nome, e per la prima determinazione accurata della velocità della luce].

La scoperta del diamagnetismo è stato il più grande passo, unico nel suo genere, per la fondazione della disciplina, moderna ed ancora fiorente, che va sotto il nome di magnetochimica, ossia lo studio sistematico delle proprietà magnetiche dei materiali. Possiamo affermare che essa è oramai uno strumento indispensabile per i fisici e i biologi, così come per gli scienziati dei materiali e gli ingegneri del XX secolo.

Fin dal 1848 Faraday aveva identificato l'anisotropia magnetica nei cristalli (cioè il diverso comportamento magnetico che un cristallo ha in relazione alla sua orientazione in un campo magnetico) anche se non aveva coniato questo termine. Fu l'estensione di questi lavori sull'anisotropia magnetica che, approssimativamente verso il 1935, consentì a Kathleen Lonsdale e K.S. Krishnan, presso il Laboratorio Davy Faraday della *Royal Institution*, di determinare l'orientazione delle molecole nei cristalli senza l'ausilio dall'analisi cristallografica a raggi X.

*La notte della crisi di panico di Wheatstone*

Vi sono prove che nel 1846 avvenne un evento il cui significato è ad un tempo scientifico e mitico-poetico. Il fatto coinvolse l'amico di Faraday, Charles Wheatstone (vedi pag. 42). Wheatstone doveva tenere una Conferenza del Venerdì Sera sul suo cronoscopio elettromagnetico. Era incurabilmente timido e all'ultimo momento fu preso dal panico e abbandonò la *Royal Institution* precipitosamente. Si narra<sup>15</sup> che Wheatstone scappò perché era venuto a conoscenza che, fra il pubblico, era presente Joseph Crabtree, un famigerato e petulante personaggio sempre pronto a porre domande imbarazzanti. Faraday, che aveva aiutato Wheatstone a preparare la Conferenza, intervenne prontamente e tenne la proiezione lui stesso, ma si accorse, nel corso della conferenza, che l'avrebbe terminata venti minuti prima del previsto. Infastidito dall'interrompere una tradizione che faceva concludere le Conferenze esattamente dopo un'ora, decise di allungare la presentazione esponendo le sue congetture, ancora in fase embrionale, circa la natura della luce. Suggerì che la luce potesse essere una sorta di disturbo delle linee di forza elettriche o magnetiche irraggiantesi da una sorgente. Stimolato dall'editore del *Philosophical Magazine* a spaziare ulteriormente su questo tema, scrisse il suo famoso articolo 'Riflessioni sui raggi-vibrazioni' che inizia così:

Caro Signore,  
accogliendo la Sua richiesta cercherò di darLe un'idea circa la nozione che ho osato esporre in conclusione alla Conferenza dello scorso Venerdì Sera, tenuta da me fortuitamente alla fine di quella sul cronoscopio elettromagnetico che avrebbe dovuto svolgere Wheatstone; dalla prima all'ultima parola comprendete che io ho puramente buttato là alcune idee giuste come spunto di speculazione, vaghi pensieri della mia mente, infatti non ho fornito alcunché che sia il risultato di sufficiente considerazione, o di sedimentata convinzione, o tantomeno una probabile conclusione alla quale io sia arrivato ...

A quel tempo questi pensieri furono accolti con molto scetticismo, per non dire garbatamente considerati ridicoli. Ma Maxwell nel 1864 scrisse 'La teoria elettromagnetica della luce così come la propose lui (Faraday) è in sostanza la medesima che io ho iniziato a sviluppare'.

Sebbene la storia della frettolosa fuga di Wheatstone e della Conferenza improvvisata di Faraday siano complessivamente plausibili, e i dettagli, tutto sommato, congruenti col carattere dei protagonisti e con le loro relazioni reciproche, essa è comunque quasi certamente apocrif<sup>16</sup>. La storia ebbe il suo primo rilievo significativo nell'edizione del 1901 di Michael Faraday di Sylvanus P. Thomson (Cassel, Londra) ed è stata spesso ripresa in seguito (vedi, per esempio, *Michael Faraday: a Biography*, di L. Pearce Williams, Cambridge University Press, 1971, Londra). Ma John Tyndall (vedi pag. 144), che conosce meglio di qualsiasi altra persona i dettagli della vita di Faraday, non fece menzione di questa, né Bence Jones ne parla nel suo libro *The Life and Letters of Faraday* (Longmans, Londra, 1870). Ciò che la gente ritiene vero è spesso non meno valido di quanto realmente accadde. Generazioni di conferenzieri hanno creduto alla verità della storia, che ha avuto, incidentalmente, l'effetto di accrescere in loro il tasso di adrenalina – ed anche nel Direttore – pochi minuti prima dell'inizio delle Conferenze. Alla *Royal Institution* vi è una tradizione, che ormai sopravvive da lungo tempo, che il conferenziere del Venerdì Sera venga rinchiuso in una stanza per mezz'ora prima dell'inizio della Conferenza! Questo aggiunge un nuovo significato al termine gabbia di Faraday.

### *Elettricità e gravità*

Nel 1849 Faraday tentò di stabilire un nesso fra la forza di gravità e l'elettricità, ma non riuscì ad evidenziare alcunché. Francamente sarebbe esagerato e quasi donchisciottesco attribuire a Faraday un'intuizione profetica anche in questo ambito. Ma è giustificata invece una riflessione sul fatto che gli attuali dibattiti sulla interconvertibilità di campi e materia, i quali *inter alia*, cercano di spiegare la natura di questioni apparentemente disparate come il vuoto perfetto e la creazione di materia, tutti muovono dal più grande progresso concettuale di cui Faraday fu autore, ossia la nozione di campo. Vi è, invero, un considerevole disaccordo fra storici e filosofi della scienza circa il concetto di campo di Faraday. Egli introdusse questo termine con il semplice significato di spazio fra i poli di un magnete dove l'azione ha luogo, e lo sviluppo della teoria dei campi, così come noi oggi la conosciamo, è dovuto più di ogni altro a Maxwell. D'altra parte, fu proprio la persistente antipatia che

Faraday aveva nei confronti dell'azione a distanza che lo condusse a promuovere l'idea (che per altro rimase sempre vaga) che vi fossero dei processi, che avvenivano in uno spazio apparentemente vuoto, attraverso i quali le forze potevano trasmettersi. Nello stesso tempo egli non credeva nell'etere. Gli scienziati che poi proseguirono lungo la strada tracciata da Faraday e Maxwell (fra i quali Tyndall che ebbe un ruolo particolarmente specifico in questo ambito) rifiutarono il concetto di canali di forza così come concepito da Faraday, bensì abbracciarono l'idea di uno spazio vuoto quale scenario, o campo, dell'azione. In altri termini, le opinioni personali di Faraday furono di enorme stimolo per la realizzazione dei suoi esperimenti, ma non ebbero gran seguito negli scienziati che seguirono i quali, tuttavia, furono stimolati a catturare quegli aspetti del pensiero di Faraday che potevano impiegare ed applicare in modi che Faraday difficilmente avrebbe potuto approvare: ne siano esempio per tutti i modelli di etere di Kelvin e Maxwell.

L'ultimo paragrafo del suo lavoro 'Sulla possibile relazione fra gravità ed elettricità' (*Phil. Trans.*, 1851, 1-122) suona con parole immortali:

Qui terminano i miei tentativi, almeno per ora. I risultati sono negativi; essi non indeboliscono la mia profonda sensazione che vi sia una relazione fra gravità ed elettricità, sebbene non forniscano nessuna prova sull'esistenza di questa relazione.

Un tentativo assai diverso da quello perseguito da Faraday – di unificare gravità ed elettromagnetismo – si realizzò grazie alle indagini puramente teoriche di Theodor Kaluza nel 1921. Kaluza mostrò che se le equazioni del campo gravitazionale di Einstein sono scritte in cinque dimensioni invece che in quattro (i cosmologi considerano il mondo secondo un'ottica tetradimensionale: le tre dimensioni dello spazio più il tempo), allora diventano precisamente equivalenti, quando analizzate dal punto di vista della struttura tetradimensionale, alle note equazioni del campo gravitazionale più le equazioni di Maxwell del campo elettromagnetico (basate sul lavoro di Faraday). In altre parole possiamo affermare che in un certo qual modo l'elettromagnetismo è una mera componente della gravità in cinque dimensioni. Ma la teoria di Kaluza è ben lungi dall'essere generalmente accettata.

Col senno di poi possiamo ora ben vedere come fosse impossibile per Faraday conseguire un seppur minimo abbozzo di unificazione. Da un lato, l'unificazione dello spazio e del tempo nella teoria della relatività doveva attendere Einstein, e dall'altro la scoperta della quantomeccanica rivelò l'abisso fra le idee classiche di gravitazione ed elettromagnetismo e le forze che operano al livello delle particelle elementari – forze nucleari deboli e forti. Negli anni '30 Eddington (1882-1944, pioniere in Inghilterra della teoria della struttura delle stelle e della Teoria Generale della Relatività) eseguì un coraggioso, e in larga misura incomprensibile, sforzo per connettere i mondi macroscopico e microscopico in un'unica Teoria Fondamentale che è stata derisa e dimenticata. Kaluza e il suo sostenitore Klein erano essenzialmente dei fisici classici e le loro idee erano risorte grazie a chi aveva sperato di costruire una Teoria Fondamentale che unifica tutte le forze sulla base della conoscenza di gran lunga più aggiornata che era accessibile ad Eddington. Pertanto si può dire che c'è continuità nelle idee di unificazione dal tempo di Faraday ad oggi, ma non molto di più. Faraday, che aveva manifestato più volte i suoi dubbi circa l'esistenza degli atomi e che era sempre stato risoluto nel contrastare l'idea di azione a distanza, si sarebbe trovato in grande imbarazzo (anche se fosse stato in possesso di conoscenze matematiche) con i concetti che oggi vengono portati avanti come idee affidabili della fisica.

La prima evidenza sperimentale diretta dai tempi di Faraday di un'ulteriore unificazione delle forze della natura venne dagli esperimenti svolti al CERN di Ginevra negli anni '80 impiegando un sistema di collisione protone-antiprotone. I giganteschi acceleratori del CERN permettono alle particelle della materia di collidere con un'energia tale che in un istante fugace simulano le condizioni che si ritiene abbiano caratterizzato l'universo in formazione circa un millesimo di miliardesimo di secondo dopo il 'big-bang'.

Alla fine degli anni '60 i lavori teorici di Abdus Salam e Steven Weinberg avevano suggerito un'elegante connessione fra la forza elettromagnetica e la cosiddetta forza nucleare debole. La loro teoria prevedeva l'esistenza di nuove particelle sub-atomiche molto pesanti, denominate W e Z. Fu la scoperta di queste particelle previste dalla teoria che convinse molti membri della comunità dei fisici che tutte le forze della natura, almeno ad un certo livello di profondità, sono la manifestazione di un'unica super-forza, idea

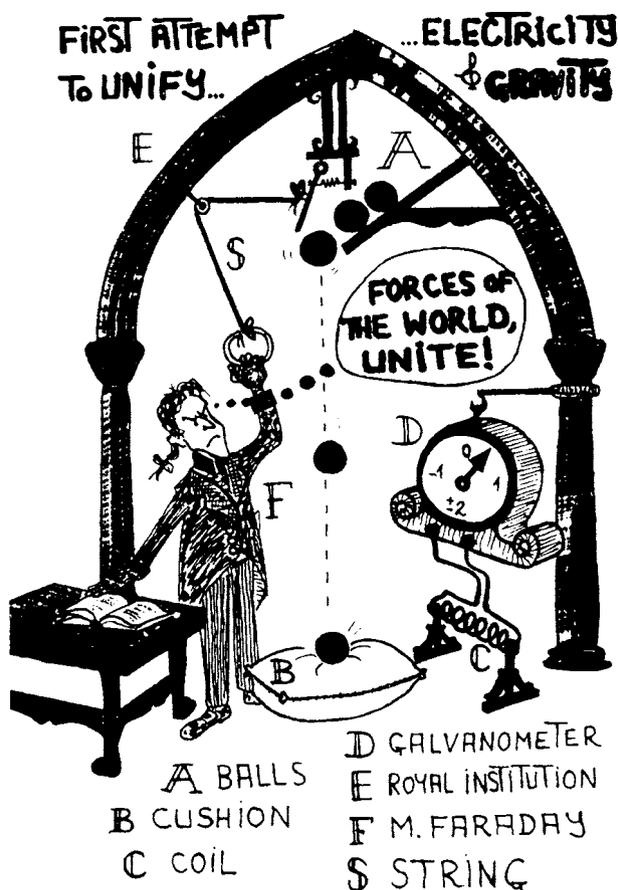


FIGURA 34 – Vignetta (mostrata dal Professor Paul Davies in occasione della sua conferenza sull'antigravità nel novembre del 1986) che rappresenta gli esperimenti di Faraday per scoprire il legame fra elettromagnetismo e gravitazione. (Si legge in alto 'Primo Tentativo di unificare .... Elettricità e Gravità'; lo scienziato pensa: 'Forze del Mondo, unitevi!'; significato delle lettere in maiuscolo: A sfere, B cuscino, C bobina, D galvanometro, E Royal Institution, F M. Faraday, S corda, n.d.t.).

che percorre un po' tutti gli scritti di Faraday, come eloquentemente testimoniato dalla citazione originale a pagg. 66-67.

In una Conferenza del Venerdì Sera tenuta il 14 novembre 1986 il fisico Paul Davies, mostrando all'uditorio la vignetta riprodotta nella Figura 34, focalizzò l'attenzione sulle grandiose teorie di unificazione (GUT) che creano un legame fra le forze nucleari forti e la forza debole elettromagnetica diffusa di Weinberg e Salam, illustrando che sono comunque tutti tentativi di conferire un'espressione moderna alla convinzione profonda di Faraday circa il legame di base fra gravitazione ed elettromagnetismo.

*Metalli finemente suddivisi<sup>17</sup> ed oro colloidale*

Nel 1857 Faraday tenne la sua ultima conferenza 'Bakerian' sul tema 'Evidenze sperimentali sulla interazione fra l'oro (ed altri metalli) e la luce'. Questo è un aspetto di grandissimo rilievo nella moderna chimica dei colloidi, per la preparazione e le proprietà dei solidi finemente suddivisi (polverizzati) in generale e per lo studio più particolare di aggregati di atomi metallici. Sebbene i sol di oro (ossia sistemi in cui una miriade di particelle minutissime di oro sono disperse in un opportuno mezzo liquido a produrre una dispersione stabile) fossero ben noti già agli alchimisti del XVII secolo, fu Faraday, in questo lavoro, a fornire per primo una razionalizzazione scientifica concernente la preparazione e le proprietà dei suddetti sistemi. (Questo articolo è anche un'immensa miniera d'informazioni relativamente agli esperimenti su aerosol e geli). Faraday mostrò che l'aggiunta di sali faceva virare dal rosso rubino al blu questi sol di oro, per poi produrre la loro coagulazione ed inoltre che questi effetti potevano invece essere prevenuti aggiungendo gelatina ed altri colloidi. Faraday dimostrò in maniera indiretta che i sol di color rosso rubino e (per usare le sue parole) di tonalità ametista, che avevano tutta l'apparenza di soluzioni, contenevano particelle d'oro poiché, a differenza delle soluzioni vere e proprie, il cono di luce che attraversava i sol veniva diffuso dalle particelle appunto e diventava pertanto visibile ad un osservatore situato ad angolo retto rispetto al fascio di luce (vedi Figura 35).

(Questo fenomeno, studiato qualche tempo più tardi da John Tyndall alla *Royal Institution*, viene usualmente definito come effetto Tyndall). Retrospektivamente<sup>18</sup>, riusciamo a cogliere nell'articolo di Faraday del 1857 gli stadi embrionali del lavoro che successivamente consentì a Zsigmondy<sup>19</sup>, Perrin<sup>20</sup> e Svedberg<sup>21</sup> di

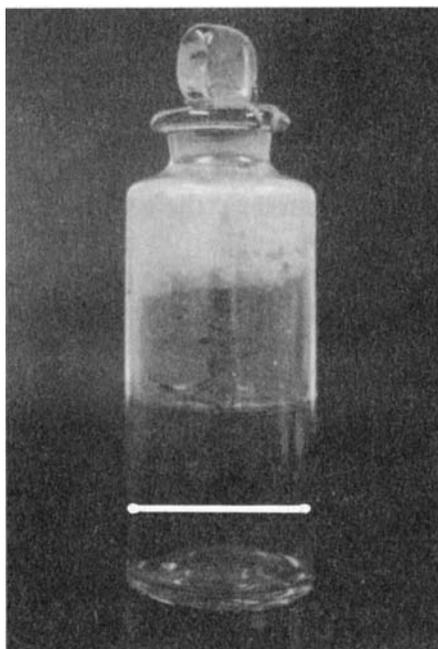


FIGURA 35 – Le minutissime particelle di oro ‘suddiviso’ disperse in questa preparazione (opera di Faraday nel 1856) sono responsabili dell’intensa diffusione del fascio di luce laser.

conseguire il Premio Nobel nel XX secolo. Preparazioni diverse di sol di oro hanno colori diversi: noi ben sappiamo oggi che ciò si manifesta a causa delle differenti dimensioni medie delle particelle disperse.

Sempre nel suo articolo del 1857 sull’oro colloidale Faraday gettò anche alcune importantissime basi per la fisica moderna dei film sottili. Le sue avventure sperimentali con dodici differenti tipi di metalli sono colme di eleganza chimico-fisica. Ad un certo punto dell’articolo scrive:

Finora può sembrare che io abbia assunto che le diverse preparazioni di oro (colloidale), indipendentemente dal fatto che il colore sia rosso rubino, verde, violetto, o blu, consistano sempre di quella sostanza, l’oro, in stato metallico.

Ora illustrerò le ragioni che mi hanno condotto a trarre una siffatta conclusione.

La storia, come sempre, gli ha dato ragione. Una micrografia elettronica ad alta risoluzione (vedi Figura 36) di metalli colloidali preparati seguendo fedelmente la ricetta di Faraday mostra senza dubbio alcuno il carattere cristallino del solido 'suddiviso'.

Vi è un'ulteriore affascinante intuizione nell'articolo di Faraday del 1857. Verso la fine dell'introduzione, in cui medita su tutte le possibilità relative all'interazione fra le particelle d'oro e la luce, scrive: '... ad un certo momento ho sperato di aver trasformato un raggio colorato (di luce) in un altro mediante l'oro'.

È in effetti allettante pensare che Faraday, molto prima della scoperta della generazione di seconda armonica e della somma di

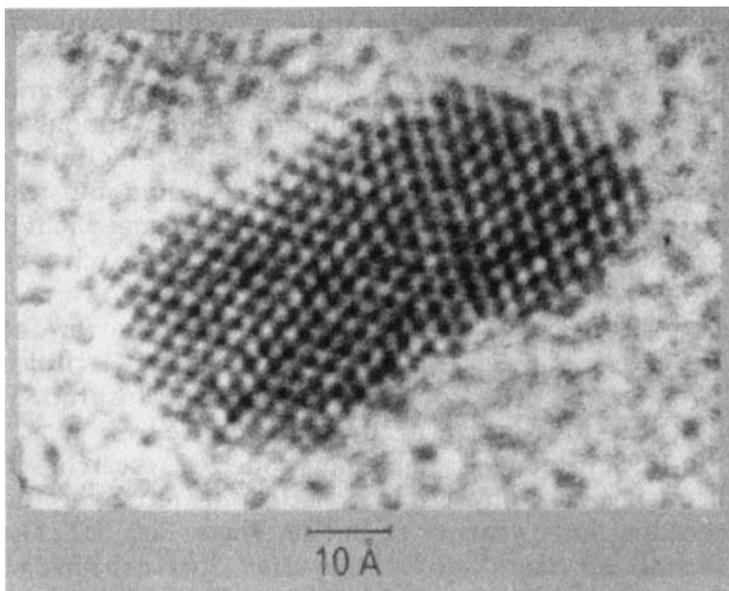


FIGURA 36 – Il microscopio elettronico ad alta risoluzione rende visibile (come punti neri) i singoli atomi in una dispersione di oro finemente 'suddiviso'. (La separazione fra i centri degli atomi è inferiore a 0,000 000 02 cm).

frequenze, che sono una specialità della moderna opto-elettronica, stesse cercando, con la sua infallibile intuizione, di progettare un modo di modificare l'intrinseca qualità di un raggio di luce attraverso un dispositivo che oggi chiameremmo un raddoppiatore di frequenza. Dobbiamo però essere molto prudenti e non esagerare con queste premonizioni: la straordinaria intuizione di Faraday non lo poteva certo condurre a prefigurare fenomeni assolutamente in disaccordo con la sua visione del mondo. Era certamente sulla strada giusta, tuttavia, per scoprire l'effetto Raman, identificato per la prima volta in India nel 1928. In questo effetto la luce di una certa lunghezza d'onda origina luce di una ben definita lunghezza d'onda maggiore di quella incidente a causa della diffusione prodotta dal materiale con cui interagisce.

[Sir C.V. Raman (1888-1970), fisico Indiano e Premio Nobel, fu autore di contributi pionieristici nel campo della spettroscopia molecolare e dell'acustica, e scrisse anche trattati su molti strumenti classici della musica Indiana. Raman fu per lungo tempo impiegato statale a Calcutta. La sua prima ricerca scientifica fu resa possibile dal fatto che l'Associazione Indiana per la Cultura Scientifica era ubicata in prossimità del suo posto di lavoro e della sua abitazione. Questa Associazione aveva preso a modello laboratori e attrezzature per la ricerca dalla *Royal Institution*. Fondò l'Accademia delle Scienze Indiana].

Nel 1858 Faraday mise insieme tutte le sue ricerche di chimica e fisica che erano apparse nei precedenti circa quaranta anni su *Phil. Trans. Roy. Soc.*, *The Journal of the Royal Institution*, *Philosophical Magazine* ed in altre pubblicazioni. Questa raccolta è assai interessante perché ci svela sia ciò che Faraday volle includere, sia ciò che volle omettere. Il suo primo lavoro pubblicato nel 1816 – Sulla calce caustica nativa della Toscana – viene riproposto all'inizio della raccolta per ragioni personali ed anche commoventi; Faraday aggiunge una nota a piè di pagina nel 1858 che riporta: 'Fu l'inizio delle mie comunicazioni al pubblico'; e rappresenta il suo primo cimento con la chimica 'in un tempo in cui la paura era superiore alla fiducia in me stesso e tutte e due molto più grandi della mia conoscenza'. Molto più importante il fatto che egli abbia incluso per intero nella raccolta la sua prima conferenza '*Bakerian*' alla *Royal Institution* – in realtà tenuta in tre distinti appuntamenti nel 1829 – dal titolo 'Sulla produzione di vetri per applicazioni in ottica'. Alcuni storici della scienza ritengono che le ricerche di Faraday sui

vetri ottici appartengano ad un periodo relativamente poco proficuo scientificamente. È vero, Faraday spese molto tempo su queste ricerche e addirittura arrivò a meditare di lasciare la *Royal Institution* durante il corso di questi studi (vedi la nota 6 in fondo al presente capitolo). Ma in una nota a piè di pagina Faraday si mostra orgoglioso del ruolo cruciale di questo lavoro pionieristico sulla preparazione dei vetri per lo sviluppo successivo delle sue ricerche sul diamagnetismo e la magneto-ottica, descritte nelle pagine precedenti. Le fibre ottiche che oggi dominano il mondo delle comunicazioni sono spesso prodotte filando vetro fuso attraverso minuti orifizi in guaine ricche in platino, proprio lo stesso materiale che Faraday aveva meticolosamente appurato essere il più idoneo per la preparazione dei vetri privi di difetti.

Nel 1857 Faraday eseguì alcuni esperimenti volti a individuare il ruolo del tempo negli effetti magnetici. Scrisse a Maxwell in termini abbastanza ottimistici circa le prospettive di tale lavoro. Nessun effetto del tempo fu mai scoperto. Altre attività che occuparono la sua mente quell'anno furono: alcune annotazioni ad un incontro di discussione della Istituzione degli Ingegneri Civili inerenti alle correnti elettriche e all'induzione nei telegrafi sottomarini; una lettera al Preside di St. Paul ed un contributo al Rapporto della Commissione Locale della *National Gallery* (di cui era Membro), entrambi concernenti lo stato dei marmi al *British Museum*; un articolo breve dal titolo 'Lo scintillio delle stelle' nel *Philosophical Magazine*; ed una lettera pubblicata nei *Proceedings Roy. Med. Chir. Soc.* sul tema 'Su un metodo veloce per determinare la presenza, posizione, profondità di penetrazione e lunghezza di un ago conficcato in un piede'.

### *L'ultimo lavoro sperimentale di Faraday e l'effetto Zeeman*

La relazione fra luce e magnetismo fu l'oggetto dell'ultimissimo esperimento condotto da Faraday nel 1862. Tentò, ma invano, di registrare alcune modificazioni nella larghezza o posizione precisa delle righe di uno spettro di fiamma (si trattava del colore giallo-arancio brillante caratteristico dei vapori di sodio) indotte da un potente magnete. Non poté osservare alcun effetto, poiché a quel tempo il potere di risoluzione degli spettroscopi, basati com'erano su un sistema di prismi, non era abbastanza elevato. Fu solo nel 1881 che, con l'introduzione del reticolo di diffrazione concavo ad

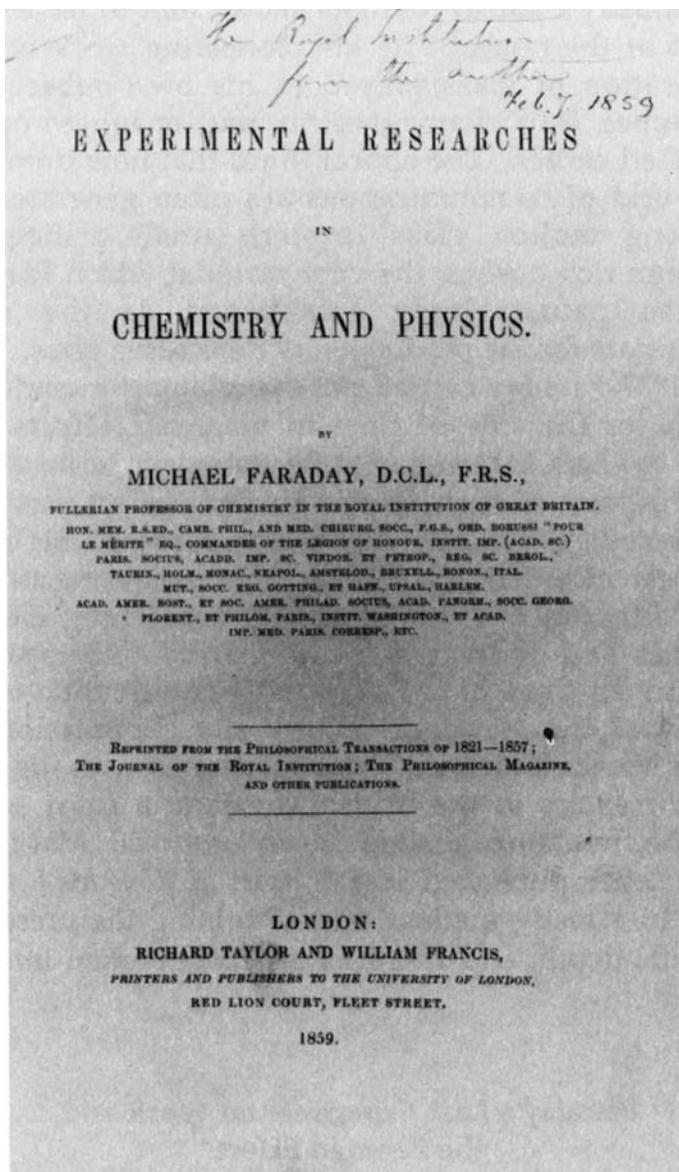


FIGURA 37 – Prima pagina col titolo della copia delle Ricerche sperimentali in chimica e fisica presentate alla *Royal Institution* da Michael Faraday.

opera dell'operaio americano H.A. Rowland (1865-1943), si realizzò la sensibilità necessaria. E proprio grazie a questo ausilio strumentale il fisico olandese Pieter Zeeman (1865-1943), stimolato anche dalla lettura di un profilo sommario della straordinaria vita di Faraday scritto da Maxwell, osservò per la prima volta nel 1896 il fenomeno – ora noto come effetto Zeeman – che Faraday aveva cercato di evidenziare.

L'allargamento delle righe spettrali in un campo magnetico, osservato da Zeeman ed elegantemente interpretato e spiegato dal suo collega e compatriota Hendrik Lorentz (1853-1928) impiegando un teorema messo a punto dal teorico di Cambridge Sir Joseph Larmor, giocò un ruolo cruciale nello sviluppo della meccanica quantistica. Questo episodio illustra meravigliosamente il modo interconnesso, e spesso imprevedibile e inaspettato, in cui le trame del pensiero scientifico s'intrecciano reciprocamente. Lorentz, uno dei più grandi fisici teorici europei, ebbe a dire nel 1918:

Alora Zeeman poté scoprire, come in realtà ha fatto, la risoluzione magnetica delle righe spettrali, abbastanza indipendentemente da ogni teoria speciale e senza avermi consultato precedentemente; se la massa dell'elettrone fosse stata dieci volte più grande e con la medesima carica elettrica, non ce l'avrebbe mai fatta.

Nel 1929 Sir Oliver Lodge (1851-1940) tenendo una prolusione all'Istituto dei Metalli sul tema 'Stati della mente che collegano o mancano per poco il bersaglio delle scoperte, con alcune idee sui metalli' selezionò proprio la scoperta dell'effetto Zeeman e l'esperimento originale di Faraday su questo tema per illustrare i suoi argomenti. Essenzialmente egli mostrò che Larmor aveva abbandonato il proprio tentativo di individuare una qualsivoglia modificazione delle righe spettrali indotta da un campo magnetico poiché, da teorico qual era, aveva calcolato e previsto che l'effetto sarebbe stato eccessivamente piccolo. Questo accadeva, tuttavia, prima della scoperta dell'elettrone. Larmor non aveva assolutamente idea che qualcosa di più piccolo di un atomo potesse generare radiazioni. Lodge ebbe a sottolineare che:

Zeeman, tuttavia, non scoraggiato dalla super-teoria e abbastanza indipendentemente da essa, procedette a ripetere il vecchio esperimento di Faraday. .... trovò l'effetto – piccolo,

invero, ma non nullo; le righe venivano leggermente allargate. Appena questa osservazione preliminare fu annunciata, Larmor mi scrisse subito a Liverpool chiedendomi di ripetere l'esperimento di Zeeman, cosa che io feci immediatamente (sfruttando un reticolo concavo di Rowland che avevo nell'armadio ed un telescopio di tre pollici). Mi ci volle circa una settimana per verificare l'esperimento e il 20 maggio 1897 fui in grado di mostrare l'allargamento delle righe spettrali ad una *Soirée* della *Royal Society*.

Lodge inoltre concluse che:

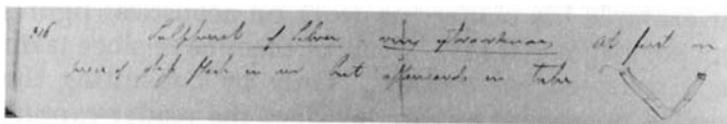
Un vero sperimentatore raramente dovrebbe sentirsi scoraggiato da una difficoltà teorica; una teoria può essere errata, a causa dei dati da cui essa stessa dipende. La teoria può essere sufficientemente corretta da un punto di vista matematico, ma i dati, il meccanismo fisico essenziale sotteso, questi possono essere in effetti diversi da quanto era stato previsto.

Un'applicazione pratica dell'effetto dei campi magnetici sulle righe spettrali è la prova intrinseca dell'esistenza di potenti campi magnetici nelle macchie solari e di un generale campo magnetico del sole, due delle maggiori scoperte dell'astronomo americano George Hale (1868-1938) dell'Osservatorio di Mt. Wilson a Pasadena. Hale tenne una Conferenza Plenaria alla *Royal Institution* nel 1909.

### *Altre scoperte di Faraday*

In questo profilo cronologico delle scoperte di Faraday sono state omesse molte delle sue osservazioni con i relativi sviluppi, per esempio il suo lavoro pionieristico sulle figure acustiche (vedi pagg. 132-134). Alcune di queste ricerche hanno assunto da allora una rinnovata importanza. Solo consultando gli appunti originali di Faraday il lettore può catturare la profondità d'intuito di questo scienziato e l'impressionante ricchezza delle sue scoperte, anche quando sono, o furono, considerate come minori.

Se, ad esempio, esaminiamo attentamente il suo quaderno di appunti di laboratorio del 1833 – all'apice di uno dei suoi periodi più fertili (vedi pag. 48) – noi troviamo che scoprì gli elettroliti costituenti i sali fusi nel febbraio di quell'anno (Figura 38), e iden-



21ST FEBY. 1833.

49

316. *Sulphuret of Silver*—very extraordinary. At first on piece of glass flask in air, but afterwards in tube, fused into its place in fire.
317. When all was cold conducted a little (by galvanometer) and if quite cold at first conducting power did not increase. But if battery current strong from recent immersion of plates or if sulphuret warmed a little by a lamp—then as contact with poles continued the sulphuret continued to increase in conducting power as shewn by the galvanometer, and at last needle jumped into a position perpendicular to that of the coil as if on a sudden the whole electricity of battery had passed; this then continued as long as contact continued. *The heat rose as the conducting power increased* (a curious fact), no other source of heat than the current being present. Yet I do not think it became high enough to *fuse the sulphuret*. The whole passed whilst in the solid state. The hot sulphuret seems to conduct as a metal would, and could get sparks with wires at the end and a fine spark with charcoal.
318. The sulphuret when hot seems to me very much to resemble the metals in their usual state as to electrical relations, a conductor,



FIGURA 38 – Pagina del Diario di Faraday in cui registra il comportamento ‘assai straordinario’ della proprietà elettrica del solfuro d’argento riscaldato. Questa è la prima annotazione sperimentale sull’azione di un termistore in cui la resistenza elettrica diminuisce aumentando la temperatura.

tificò anche i conduttori super-ionici (cloruro d’argento, cloruro di piombo e alcuni sali di mercurio). In particolare, agli inizi di novembre aveva scoperto l’azione catalitica del platino nei confronti della reazione fra idrogeno e ossigeno e contemporaneamente l’effetto opposto che l’etene pre-adsorbito sul metallo ha nei riguardi della stessa azione catalitica: il primo esempio in assoluto di questa sorta di ritardo (o meglio inibizione) nella catalisi eterogenea. Il 22 novembre gli balenò l’idea – vedi l’annotazione 1096 del suo Diario (Figura 39) – che la separazione del gas etene (chiamato da Faraday Oleft – dall’abbreviazione di olefina) dal biossido di carbonio (che denomina acido carbonico) potesse essere ottenuta, in linea di principio, grazie al processo dell’adsorbimento selettivo. Tentò di separare i gas mediante platino spugnoso e non vi riuscì. (Oggigiorno certi materiali porosi adsorbenti, tipo le zeoliti, vengono impiegati per queste separazioni e per scopi simili). A partire

dal 25 novembre era impegnato nelle indagini pionieristiche sull'influenza della 'pulitura' superficiale sulla bagnabilità dei solidi.

Studiava le proprietà superficiali di quarzo, ossidiana, topazio, carbonato di calcio e mica (sia su piani di sfaldatura che su superfici non sfaldate). Identificò quella che ora viene denominata superficie idrofobica, sebbene non avesse impiegato questo termine.

A metà dicembre Faraday medita sull'equivalenza delle varie forme di elettricità (vedi pagg. 53-54); e successivamente, sempre

22 Nov. 1833

1096 I have endeavoured to obtain indications of a power in spongy platina to separate gases previously mixed, as for instance Oleft. gas from Carbonic acid, supposing that the different effects were due to the attraction of one and the non-attraction of the other, but have not succeeded. The tube (1065) was connected with the jar and drying tube there mentioned and a mixture of 1 vol. Oleft. gas with 9 vols. Carbonic acid sent through it. The gas was then expelled by distilled water as before and the Carb. acid removed by potash. The unabsorbed gas was about  $\frac{1}{5}$  instead of  $\frac{1}{10}$  the capacity of the tube with platina, but it did not burn very brightly, and I suspect common air is with it evolved during the solution of the C.A., etc. etc. It is very difficult in these small quantities to exclude the air from the water, etc., so as to get true results.

22 NOV. 1833.

1096. I have endeavoured to obtain indications of a power in spongy platina to separate gases previously mixed, as for instance Oleft. gas from Carbonic acid, supposing that the different effects were due to the attraction of one and the non-attraction of the other, but have not succeeded. The tube (1065) was connected with the jar and drying tube there mentioned and a mixture of 1 vol. Oleft. gas with 9 vols. Carbonic acid sent through it. The gas was then expelled by distilled water as before and the Carb. acid removed by potash. The unabsorbed gas was about  $\frac{1}{5}$  instead of  $\frac{1}{10}$  the capacity of the tube with platina, but it did not burn very brightly, and I suspect common air is with it evolved during the solution of the C.A., etc. etc. It is very difficult in these small quantities to exclude the air from the water, etc., so as to get true results.

FIGURA 39 – Pagina del Diario di Faraday del 22 novembre 1833 in cui si riporta il tentativo di separare due gas per adsorbimento selettivo (vedi nel testo).

nello stesso mese, lo troviamo immerso profondamente nel lavoro che aprì poi la strada alle sue Leggi dell'Elettrolisi. Il 24 dicembre fa esperimenti sulle modificazioni chimiche operate dal passaggio di una stessa quantità di corrente elettrica attraverso un bagno di cloruro di stagno fuso e, successivamente, attraverso un altro contenente cloruro di piombo fuso. Il suo esperimento cruciale 'sulla simultanea e successiva decomposizione del cloruro di piombo, dello ioduro di piombo, del protocloruro di stagno e dell'acqua' fu realizzato il 26 dicembre 1833. Il 25 dicembre non ci sono annotazioni sul suo Diario.

Questa totale devozione alla sua scienza, che diventò quasi ossessiva, è un po' tipica dell'intera sua opera (vedi Capitolo 6).

### *Note*

1. Nessun altro scienziato può vantare di aver dato il nome a due unità di misura internazionali (il 'Farad' e il 'Faraday').
2. Allorché venne pressato dal padrone di Wallsend Colliery di ricavare un brevetto per proteggere la sua invenzione in modo da ottenere anche un cospicuo utile, Davy così gli replicò:

Mio caro amico non ho mai pensato ad una tale iniziativa; il mio unico obiettivo è quello di servire la causa dell'umanità; e se vi sono riuscito, mi sento ampiamente appagato dalla riflessione gratificante di aver realizzato ciò ...

- L'iniziativa non è sempre guidata dal desiderio di fare soldi.
3. È il suo unico lavoro anonimo.
  4. Kristine Meyer – vedi *Supplement of Nature*, 29 August 1931, pag. 339 – scrive

Un poeta danese, amico di Ørsted, ha detto che egli possedeva quello che si potrebbe chiamare un elevato livello di 'innocenza mentale' e pensava sempre che 'ciascuno venisse guidato dallo stesso interesse per la scienza, dallo stesso senso della giustizia e della ragione che lui stesso professava'; egli riteneva che chi sa come comportarsi saggiamente e correttamente, sicuramente lo farà. Le stesse cose potrebbero esser dette per Faraday, almeno da ciò che si desume dalla sua vita e dalle sue lettere. Entrambi lavorarono coscienziosamente ed altruisticamente per il bene comune.

Vedi Capitoli 5 e 6.

5. Oggigiorno denominata gomma. Il lavoro di Faraday sulla gomma lo condusse a descrivere come il solfuro d'idrogeno indurisse il materiale, un fenomeno oggi noto col nome di vulcanizzazione.
6. Il Dr. F.A.J.L. James, mio Collega, ha messo in evidenza il fatto che lunedì 25 maggio 1829 il Tenente Colonnello C.W. Pasley, eroe di Flushing (è una cittadina sul mare nei Paesi Bassi, sede di una battaglia fra gli Inglesi e le truppe Napoleoniche, n.d.t.), e direttore della Scuola Reale per Ingegneri a Chatham, scrisse al suo collega, Colonnello P. Drummond, Vice-Governatore dell'Accademia Reale Militare di Woolwich, in relazione alla sostituzione di John MacColloch, che aveva lasciato la sua posizione di esercitatore di chimica presso l'Accademia. Pasley diceva che l'ultima volta che era stato alla *Royal Institution* aveva un po' sondato Michael Faraday circa il suo interesse per il posto lasciato vacante. Pasley rimarcava che Faraday gli aveva detto che la sua attuale remunerazione era così esigua che egli non intendeva continuare il suo rapporto con la *Royal Institution* a tempo indeterminato. Il venerdì precedente Faraday aveva tenuto la sua Conferenza sulla macchina di Brunel (Isambard Kingdom Brunel, ingegnere nato a Portsmouth nel 1806, progettò numerosi ponti, ferrovie, viadotti, gallerie, navi e molte altre cose fra cui questi 'blocchi' di natura non ben chiara, n.d.t.) assemblata a Portsmouth per costruire i cosiddetti 'blocchi', oggetti che presentavano per i militari un interesse più che accademico. E probabilmente, pertanto, è proprio per questo che Drummond scrisse a Faraday. Questi, nella sua risposta, pose delle condizioni gravose e la sua lettera a Drummond, legando la nomina ad una remunerazione doppia di quella della *Royal Institution*, così si concludeva:

[...] Se Lei mi potesse offrire 200 sterline l'anno io m'impegnerei a tenere le conferenze... Sinceramente considero l'offerta come un grande onore, e La prego di credermi. Io dovrei essere stato contento di accettare o declinare il contratto indipendentemente da ragioni pecuniarie; ma il tempo è il mio unico bene e quello che verrebbe occupato dai doveri legati all'incarico dovrebbe essere sottratto agli impegni professionali.

- Non si deve assumere che Faraday accumulasse una fortuna. La sua chiesa predicava contro l'accumulazione di ricchezza ed egli destinò buona parte dei suoi introiti per lo più in opere di carità.
7. L'eccentrico Henry Cavendish (1731-1810), 'il più ricco degli eruditi, e il più erudito dei ricchi', aveva anticipato la scoperta di Coulomb che la forza elettrica fra corpi carichi varia in proporzione inversa rispetto al quadrato della distanza fra i corpi.
  8. In questa lettera Faraday riporta un'analisi di trentuno campioni di farina d'avena sospettata e provata contenere circa il 10% di materiale calcareo evidentemente aggiunto a scopo fraudolento.
  9. La lettera di Faraday a Berzelius del 5 maggio 1832 inizia: 'Qui siamo stati in allarme per alcune voci circa il vostro decesso, ma poi ci siamo rallegrati di nuovo scoprendo che erano false'. Così si conclude: 'Che tu possa ancora vivere a lungo per far avanzare le scienze chimiche ed interessare e deliziare i tuoi contemporanei, questo il fervido augurio'. Berzelius visse altri sedici anni!
  10. La Conferenza del 2 giugno 1854. Edward Frankland (1825-1899) fu contemporaneo del successore di Faraday John Tyndall (1829-1893). Studiarono insieme a Marburg, sotto R.W. Bunsen, famoso per il fornello detto 'becco'. Frankland fu Professore alla *Royal Institution* dal 1863 al 1865, anno in cui si trasferì al *Royal College of Science* per succedere ad A.W. von Hofmann. È ricordato soprattutto per aver introdotto il concetto di valenza in chimica, per il suo lavoro con Lockyer sugli spettri solari che alla fine portarono alla scoperta dell'elio, e per i suoi studi pionieristici sulla chimica organometallica.
  11. F. Bradbury, *History of Old Sheffield Plate*, (J.W. Northend Ltd, Sheffield), (1983), 140.
  12. G. Caroe, *The Royal Institution: An Informal History*, J. Murray, (1985).
  13. Noi sappiamo oggi che Henry Cavendish aveva scoperto la capacità induttiva molti anni prima, ma non pubblicò mai le sue ricerche.
  14. Come fu detto ai Membri della *Royal Institution* in una Conferenza del Venerdì Sera tenuta il 10 novembre 1989 da Geoffrey Perry, già *Senior Teacher* alla *Kettering Grammar School* (vedi *Proc. of Royal Inst. of G.B.*, 62, (1990), 19).
  15. M. Goldman, *The Demon in the Aether: The Story of James Clerk Maxwell*, (Edinburgh), (1983), 90.

16. D. Gooding e F.A.J.L. James (ed.), in *Faraday Rediscovered*, (Macmillan), (1985), 160.
17. Sia Davy che Faraday spesso usarono il termine ‘suddivisi’ per descrivere fasi metalliche altamente polverizzate.
18. M. Kerker, *Proc. of Royal Inst. of G.B.*, 61, (1989), 229.
19. Richard Adolf Zsigmondy (1865-1929), chimico dei colloidi tedesco che inventò l’ultra-microscopio. Premio Nobel nel 1925.
20. Jean Baptiste Perrin (1870-1942), fisico francese che determinò il numero di Avogadro studiando i moti browniani. Premio Nobel nel 1926.
21. Theodor Svedberg (1884-1952), chimico svedese che inventò l’ultra-centrifuga. Premio Nobel nel 1923.



## Capitolo 5

### Gli scritti di Faraday

Dotato di una passione compulsiva per lo scrivere e di un modo memorabile di comunicare i suoi pensieri, Faraday produsse una mole gigantesca di contributi scritti i quali, oramai a più di un secolo dalla sua morte, continuano a ricompensare gli storici della scienza, ad accendere il cuore dei giovani, a generare scintille di pensiero nella mente di scienziati, sia aspiranti che maturi. In aggiunta ai suoi 450 lavori originali, fu anche autore in giovinezza di un libro sulla *'Manipolazione Chimica'* (656 pagg.) che vide uscire ben tre edizioni fra il 1827 e il 1842 e pubblicò quattro volumi della miscellanea dei suoi scritti scientifici; aggiunse commenti ad essi e modificò anche la sequenza cronologica degli articoli. Uno di questi volumi fu *'Ricerche sperimentali in chimica e fisica'* pubblicato nel 1859 (Figura 37), gli altri tre costituirono le *'Ricerche sperimentali nel campo dell'elettricità e del magnetismo'*, Voll. I, II e III (1839-1855). Scrisse inoltre due libri basati sulle sue *'Conferenze di Natale'*: *'Le varie forze della natura'* (1860) e la popolarissima *'Storia chimica di una candela'* (1861).

Le registrazioni manoscritte delle ricerche di Michael Faraday coprono un periodo che va dal 1820 al 1862, anni durante i quali lavorò nei laboratori della *Royal Institution*. (Questi documenti sono tuttora in possesso della *Royal Institution* e furono pubblicati<sup>1</sup> nel 1932). Il principale interesse del Diario di Faraday non risiede tanto nell'immenso ventaglio di congetture e prove sperimentali in esso contenute – in quanto esse, dopo vari affinamenti e considerazioni più mature da parte dello stesso Faraday, furono poi pubblicate in vari giornali e riviste scientifiche, ed elegantemente ricamate nella

sua serie di 'Ricerche sperimentali' – ma piuttosto nei suoi metodi di affrontare i problemi, sia in relazione all'aspetto teoretico che a quello dell'azione pratica, e nella stupefacente varietà degli argomenti con cui si cimentò. Anche il suo stile letterario riesce ad ipnotizzare: è straordinario che un uomo che compì lavori così importanti fosse altrettanto abile nel descriverli. La voluminosa corrispondenza di Faraday – esistono ancora circa duemila sue lettere – così come i suoi pensieri e i suoi suggerimenti sull'arte di tenere conferenze (vedi oltre) evidenziano anche la sua eccezionale personalità ed illuminano ulteriormente le sue imprese scientifiche.

Il fascino della scrittura di Faraday risiede nel modo di esprimere i dettagli del suo pensiero e del suo lavoro. Ci racconta successi ed insuccessi con la medesima cura, cosicché il lettore viene indotto a credere che, avendo accesso ad un laboratorio, lui medesimo potrebbe diventare uno scienziato ed essere così ammesso nel cerchio privilegiato di coloro i quali sono riusciti ad ampliare i confini della conoscenza umana. Leggendo la sua opera si ha la sensazione di un irripetibile amalgama di irresistibile immediatezza ed eternità Checoviana, unita ad abbondante ottimismo (perfino esaltazione), autocontrollo ed autocritica. Non si avverte mai desiderio di plauso popolare, né gelosia per il lavoro degli altri, mai deviazione dalla pratica che si era imposto di 'lavorare, finire, pubblicare'. Le sue versatilità, originalità, energia intellettuale, forza vitale ci lasciano ancora in soggezione. Straordinario anche il senso di stupore del quale, da filosofo della natura, risulta impregnato allorché contempla il mondo e le forze e i meccanismi che lo tengono insieme.

I pochi estratti già citati nei Capitoli 4 e 5 illustrano i doni che Faraday ci ha lasciato come scrittore. Ma non è solo lo stile che colpisce i nostri cuori: è il potere e l'elegante semplicità delle sue argomentazioni, che brillano tanto nella magistrale apertura dei paragrafi introduttivi dei suoi lavori originali, quanto nel racconto dettagliato delle effettive informazioni sperimentali. Parte della magia della scrittura di Faraday sta proprio nel fatto che in egual misura provoca ammirazione e comunica il dato scientifico.

Questa breve antologia degli scritti di Faraday inizia con i suoi commenti di carattere generale sull'arte del tenere conferenze<sup>2</sup>. Secondo Faraday:

Tutto il suo comportamento dovrebbe manifestare un rispetto verso chi ascolta, ed egli non dovrebbe in nessun

caso dimenticare che è in sua presenza. Nessun infortunio che non sia sconveniente per il pubblico dovrebbe disturbare la sua serenità o causare una variazione del suo comportamento; non dovrebbe mai, se possibile, volgere le spalle ai suoi ascoltatori, ma dovrebbe dar loro pieno motivo di ritenere che tutte le sue facoltà sono state esercitate per il loro piacere e per la loro istruzione.

Il più notevole requisito per un conferenziere, sebbene forse non il più importante, è un buon modo di presentare le Conferenze; perché se per tutti i veri filosofi la scienza e la natura sono affascinanti qualsiasi vestito indossino, nondimeno mi spiace dire che la generalità delle persone non può accompagnarci per quel breve tempo di un'ora se non in presenza di un sentiero cosparso di fiori.

E circa la questione della continuità durante una conferenza, Faraday scrive:

Devo confessare che mi sono sempre sentito poco capace di organizzare il contenuto di una conferenza mentre procedo, come mi accorgo che molti altri fanno. Così, io non potrei iniziare una lettera a te indirizzata sul modo migliore di rinnovare la nostra corrispondenza e, proseguendo regolarmente su questo tema, prendere ordinatamente in considerazione ogni aspetto e finire, con un'appropriata conclusione, il mio scritto e le mie argomentazioni insieme.

Mi sono sempre sentito obbligato, anche nel caso in cui il mio argomento sia di minore importanza, di buttar giù su carta una sorta di schema di esso e riempire le varie parti richiamandole alla mente, per associazione o altrimenti. Fatto questo, ho quindi una serie di punti maggiori e minori in ordine, e da questi elaboro le argomentazioni relative al mio soggetto.

Ora questo metodo, sfortunatamente, sebbene funzioni assai bene per il mero scopo dell'organizzazione della conferenza e così via, cionondimeno introduce aridità e rigidità nello stile del discorso così composto; poiché le parti stanno insieme come mattoni, un piano sopra l'altro, e sebbene possano ben adattarsi, eppure hanno ancora l'aspetto di una troppo elevata regolarità. Il mio desiderio è, se possibile, di acquisire un metodo con il quale io possa scrivere il mio discorso con progressione più facile e naturale. Vorrei imitare, se possibile, un albero nel suo procedere dalle radici al

tronco, ai rami, ramoscelli, e foglie, dove ogni variazione viene realizzata con così grande cura ed effetto che quantunque il modo di procedere sia costantemente modificato, l'effetto è preciso e determinato.

Su dizione e gestualità Faraday dà il seguente consiglio:

Per guadagnare l'attenzione di un uditorio (e che cosa può essere più spiacevole della sua mancanza?), è necessario prestare una qualche attenzione al modo di esprimersi. Il modo di parlare non dovrebbe essere rapido e frettoloso, e conseguentemente poco comprensibile, ma lento e ponderato, comunicando le idee del conferenziere con naturalezza e infondendole nella mente degli ascoltatori con chiarezza e facilità.

Un conferenziere dovrebbe tentare in ogni modo di conseguire la semplicità di espressione e la facoltà di rivestire i suoi pensieri e le sue idee con un linguaggio piano ed armonioso e allo stesso tempo semplice e facile. I suoi periodi dovrebbero essere scorrevoli, non troppo lunghi o disuguali; dovrebbero essere completi ed espressivi, esponendo con chiarezza l'interesse delle idee che s'intendono comunicare. Se sono lunghi, oppure oscuri, o incompleti, essi costringono la mente degli ascoltatori ad un certo grado di fatica che rapidamente causa stanchezza, diffidenza, o addirittura disgusto.

Forse la ragione per la quale la fama di Faraday come conferenziere si diffuse così ampiamente e il motivo per cui, in particolare, il fascicolo del 30 luglio 1851 del giornale statunitense *Texas Monument* parlava della fluidità espressiva del 'più grande chimico del mondo' erano imputabili alla sua strategia di conservare l'interesse di un uditorio:

Un conferenziere dovrebbe esercitare il suo massimo sforzo per catturare la mente e l'attenzione dei suoi ascoltatori, e far sì che entrino irresistibilmente in congiunzione con le sue idee fino alla fine del soggetto. Dovrebbe sforzarsi di suscitare il loro interesse all'inizio della conferenza e attraverso una serie impercettibile di sfumature, inosservate agli astanti, mantenerlo vivo per tutto il tempo richiesto. Interruzioni o digressioni estranee allo scopo non dovrebbero trovar spazio nelle varie fasi della conferenza, e non si

dovrebbe mai permettere agli ascoltatori di avere le proprie menti deviate dal soggetto della conferenza.

Una fiamma dovrebbe essere accesa all'inizio e mantenuta viva con splendore ininterrotto fino al termine del discorso.

Per questo motivo sono assolutamente contrario alle interruzioni durante le conferenze e dove possano essere in qualche modo evitate, ebbene allora per nulla al mondo dovrebbero trovare spazio. Se è inevitabilmente necessario, per completare l'organizzazione di qualche esperienza, o per altre ragioni, lasciare un qualche esperimento in uno stato di evoluzione, cerca di tenere occupata, per quanto possibile, la mente degli ascoltatori durante questi tempi morti – ma, se possibile, evitalo.

Digressioni e deviazioni dal tema producono più o meno l'effetto di un'interruzione completa o ritardano il procedere della conferenza e pertanto non dovrebbero mai essere consentite eccetto che in circostanze molto peculiari; deviano gli ascoltatori dal soggetto principale e quindi ti costringono poi a faticare per riportarli indietro (se ancora possibile).

Per la stessa ragione (ossia che gli ascoltatori non dovrebbero mai stancarsi) io non condivido lo svolgimento di conferenze troppo lunghe. Un'ora è abbastanza per qualsiasi persona e pertanto non si dovrebbe mai eccedere questa durata<sup>3</sup>.

Passando a parlare degli scritti originali di Faraday, due estratti esemplificano il modo efficace in cui egli introduce il lettore al suo soggetto<sup>4</sup>. Il primo di questi è l'introduzione del suo lavoro del 1837 'Sull'induzione':

Induzione: un'azione di particelle contigue

La scienza dell'elettricità è in quello stato in cui ogni parte di essa richiede indagine sperimentale; non soltanto per la scoperta di nuovi effetti, ma anche, cosa attualmente di gran lunga più importante, per lo sviluppo dei modi attraverso i quali gli effetti già noti vengono prodotti, con la conseguente determinazione più accurata dei principi fondamentali dell'azione della più straordinaria ed universale forza della natura: – e per quei filosofi che perseguono le indagini con zelo eppure prudentemente, congiungendo esperimento ed analogia, sospettosi delle loro nozioni preconcepite, più attenti

ai fatti che non alle teorie, non troppo frettolosi nella generalizzazione, e sopra ogni altra cosa, desiderosi ad ogni stadio della ricerca di sottoporre a controllo incrociato le proprie opinioni, sia col ragionamento che con l'esperimento, nessuna branca dello scibile può offrire un campo più bello e a portata di mano per la scoperta scientifica quanto questa. Tutto ciò è abbondantemente testimoniato dal progresso che l'elettricità ha avuto negli ultimi trenta anni: la Chimica e il Magnetismo hanno successivamente dovuto riconoscere la sua influenza dominante; ed è probabile che ogni effetto legato in qualche modo al potere della materia inorganica, e forse anche molti di quelli associati alla vita animale e vegetale, possano alla fine essere riconosciuti subordinati ad essa.

Fra tutti i processi di svariato tipo che costituiscono convenzionalmente i differenti aspetti dell'elettricità, non ve n'è uno, io ritengo, che superi, o quantomeno sia al pari, per importanza, a quello denominato Induzione. È quello che più di ogni altro ha un'influenza generale sui fenomeni elettrici, risultando essere inerente ad ognuno di questi, ed ha realmente il carattere di un principio primo, essenziale e fondamentale. La sua comprensione è così basilare che io penso non possiamo procedere più oltre nella indagine delle leggi dell'elettricità senza una più profonda comprensione della sua natura; come altrimenti possiamo sperare di capire l'armonia ed anche l'unicità del meccanismo che senza dubbio governa l'eccitazione elettrica per frizione, per via chimica, grazie al calore, all'influenza magnetica, all'evaporazione e finanche agli esseri umani?

Vent'anni dopo Faraday iniziò così il suo articolo 'Sulla conservazione delle forze':

In questo momento varie circostanze mi inducono ad esplicitare una meditazione che riguarda la conservazione della forza. Io non presumo di poter esprimere rispetto a ciò una verità che non si sia già presentata agli intelletti superiori e penetranti che si aggirano nelle più alte sfere della scienza; ma il corso delle mie indagini e dei miei pensieri mi fa ritenere che le considerazioni che mi accingo a svolgere possano essere utili a quei faticatori, perseveranti, (ai quali mi sforzo di appartenere) che, occupati nel confronto di idee fisiche con principi fondamentali, sostenendosi ed aiutandosi continuamente con esperimenti ed osservazioni, si diletano

a lavorare per l'avanzamento della conoscenza della natura e si sforzano per seguirla nelle regioni inesplorate.

Non vi è una questione che si trovi più vicina alla radice di tutta la conoscenza fisica di quella che indaga se una forza possa essere distrutta o meno. Il progresso delle scienze esatte dei tempi moderni ha teso vieppiù a generare la convinzione che 'la forza non può essere né creata, né distrutta', e a rendere quotidianamente più manifesto il valore della conoscenza di quella verità nella ricerca sperimentale. Ammettere, invero, che la forza possa essere distruggibile o possa interamente scomparire, sarebbe come ammettere che la materia stessa potrebbe essere annichilita; giacché noi conosciamo la materia unicamente in virtù delle sue forze: e sebbene comunemente ci si riferisca per lo più ad una di esse, vale a dire la gravità, per provarne la presenza, questo accade non perché la gravità goda di una qualche predilezione, o di una particolare dispensa rispetto alle altre forme di forza in relazione al principio di conservazione; ma semplicemente in quanto essendo, per quanto noi percepiamo, inconvertibile nella sua natura e invariabile nella sua manifestazione, essa offre una prova immutabile dell'esistenza della materia che noi riusciamo a riconoscere per mezzo di lei.

La sua precoce maestria nella sinteticità di esposizione dell'informazione relativa all'esperimento reale è dimostrata in questa descrizione della 'sostanza bianca pulverulenta' formata dalla 'Combinazione di ammoniaca con cloruri' (1818):

Esposta all'atmosfera, presenta deliquescenza, seppur non così rapida come il cloruro di calcio. Gettata nell'acqua si scioglie, formando una soluzione fortemente alcalina. Scaldata, libera ammoniaca e il cloruro rimane invariato. Posta in atmosfera di cloro si infiamma spontaneamente, e brucia con una fiamma leggermente gialla.

Anche il suo ottimismo brillò agli esordi della sua carriera da chimico, come mostra il periodo finale del suo lavoro del 1820 sui composti clorurati e iodurati del carbonio:

Fino ad ora non ho avuto successo nel produrre uno ioduro di carbonio, ma intendo proseguire questi esperimenti in una più luminosa stagione dell'anno, e mi aspetto di ottenere questo composto.

Non ci riuscì mai!

Dalla ampia corrispondenza di Faraday riusciamo a catturarlo in una varietà di stati d'animo. La sua giustificata, seppur controllata indignazione, emerge dalla lettera all'Editore della *Literary Gazette*, il 27 marzo 1832:

Mio caro Signore,  
mi permette di richiamare la Sua attenzione per un momento sull'Articolo Elettricità & Magnetismo alla pagina 185 del Suo ultimo fascicolo della Gazette? Lei fornisce un resoconto degli esperimenti di Nobili e parla di essi come se fossero indipendenti dai miei o addirittura una cosa diversa dalle mie ricerche. Ma se Lei avesse ben letto il lavoro di Nobili avrebbe scoperto che il mio nome compare in ogni pagina; che gli esperimenti ivi descritti furono una conseguenza del fatto che lui aveva visto una copia di una mia lettera a Parigi, lettera che traduce in italiano e che inserisce nell'articolo; e che egli tentò ed ottenne la scintilla col magnete, poiché nella mia lettera io sostenevo che avevo ottenuto la scintilla in un caso particolare. Nobili, lungi dal desiderio di attribuirsi esperimenti e scoperte, mi onora parlando delle 'nuove correnti di Faraday'.

Io non avrei notato la questione se non avessi trovato scritto nella Gazette 'ricerche del Signor Faraday che stavano rapidamente conducendo alla stessa scoperta', mentre sono proprio i miei esperimenti i quali, pervenuti prima a Parigi e poi in Italia, sono stati ripetuti e studiati dai Signori Nobili e Antinori.

Può darsi che l'errore possa essere stato generato dalla circostanza relativa al Numero dell'Antologia recante la data del novembre 1831. Ma quella data non è una guida affidabile poiché il lavoro non fu pubblicato, o anche stampato, fino a molto tempo dopo; e il lavoro di Nobili ivi citato è datato gennaio 1832.

Le chiedo di scusarmi per il disturbo che Le provoco con questa lettera, ma mai ho posto tanta più cura nell'essere indipendente da altre persone, che nella presente indagine sperimentale; e mai sono stato più seccato per un articolo che nel caso attuale, a causa della molteplicità di circostanze tutte sembranti implicare che io ero stato anticipato nella scoperta.

Graziosa la risposta trasmessa a Mary Somerville, Oxford, il primo marzo del 1834:

Cara Signora,  
non posso rifiutarmi più a lungo il piacere di ringraziarLa per la gentilezza che ha avuto nell'inviarmi una copia del Suo articolo. Intendevo prenderne visione subito; ma purtroppo non posso procedere così rapidamente come desidererei a causa di una continua, costante occupazione.

Ed anche non posso resistere a dirLe quale piacere ho provato nell'apprendere il Suo giudizio favorevole sulle mie ultime Ricerche Sperimentali. L'approvazione di un solo giudice è per me assai più stimolante che il plauso di migliaia che non possono comprendere l'argomento.

Ed anche quella a William Whewell di Cambridge più tardi sempre quell'anno (vedi pag. 48):

Mio caro Signore,  
avrei dovuto ringraziarLa ben prima di questa mia per la Sua squisita gentilezza riguardo ai nomi per i quali mi ero rivolto a Lei; ma speravo di incontrarLa lo scorso sabato a Kensington e pertanto sono in ritardo nell'esprimerLe la mia gratitudine.

Ho fatto tesoro del Suo consiglio e i nomi usati sono anodo, catodo, anioni, cationi e ioni, con quest'ultimo termine che verosimilmente non impiegherò con grande frequenza. Io avevo riflettuto su questi nomi e in me permanevano alcune forti perplessità e mi trovavo proprio nella condizione del padre che col suo figlio e l'asino (dalla fiaba di Jean de la Fontaine Libro III n.ro 1 che riprende una Predica di San Bernardino da Siena tenuta in Piazza del Campo a Siena durante la Quaresima del 1427, n.d.t.) tenta di compiacere tutti e non sa cosa decidere; ma quando ho issato su lo scudo della Sua autorità, è stato meraviglioso constatare come il tono delle obiezioni si sciogliesse dileguandosi.

Sono molto contento della facilità di espressione che i nuovi termini mi consentono e Le sarò per sempre debitore per la gentile assistenza che mi ha voluto offrire.

La sua auto-disciplina e il suo stile nel declinare inviti in società è ben esemplificata dalla risposta a Sir John Renne (1794-1874), l'ingegnere che progettò il London Bridge:

Caro Signore,  
Le sono molto riconoscente per il Suo cortese invito ma mi

vedo costretto a declinarlo in virtù di una regola generale che non posso trasgredire senza con questo offendere molti amici gentili. – Non ho mai pranzato fuori casa tranne che con i nostri Presidenti – il Duca del Sussex o il Duca di Somerset gli inviti dei quali sono per me un ordine. Sotto queste circostanze spero vorrà accogliere i miei obblighi di riconoscenza sebbene non possa accettare la Sua cortesia.

Che Faraday fosse abile a coltivare profonde relazioni di amicizia e vivere momenti di contentezza, nonostante il regime apparentemente senza pausa di lavoro scientifico e di impegni religiosi, appare manifesto in una lettera che scrisse al professor Auguste de la Rive (che aveva incontrato da giovane durante il suo grande viaggio nel continente) a Ginevra pochissimo dopo aver compiuto il sessantesimo anno di età (16 ottobre 1852). Questa lettera ci illumina anche sulle difficoltà di salute che attraversava in quel periodo:

Mio caro De La Rive,  
giorno dopo giorno, settimana dopo settimana rimando il momento in cui scriverLe, proprio perché non mi sento su di morale; non che sia pigro o depresso mentalmente, ma è come se stessi diventando apatico: una conseguenza assai naturale di quella situazione di nebbiosità mentale, inevitabile conseguenza di una memoria che gradualmente sta perdendo colpi. Spesso provo stupore nel pensare alle differenti cause (spontanee) che governano l'invecchiamento di individui diversi, e come essi siano condotti per la loro strada fino alla fine della vita. Alcuni con la mente che diventa sempre più brillante, ma con un decadimento delle facoltà fisiche; come nel caso del nostro amico Arago; del quale ho avuto proprio ultimamente notizie da un nipote che lo ha visto nello stesso giorno a letto e all'Accademia: quale indomito spirito! – Altri perdono prima le facoltà mentali, mentre il corpo resta saldo, altri ancora hanno una caduta di entrambe le facoltà: ed altri presentano una parziale debolezza in qualche facoltà o in parte delle capacità cerebrali della cui importanza erano difficilmente consapevoli finché venne loro meno. Nel nostro percorso attraverso la vita noi possiamo distinguere numerosi casi di questa e di altra natura; ed è assai interessante osservare l'influenza delle rispettive circostanze sul carattere degli individui ed in che modo queste circostanze influiscano sulla loro felicità. Può sembrare molto banale dire che essere

soddisfatti e contenti mi appare la grande compensazione rispetto a queste differenti forme di modificazioni naturali; e tuttavia questo mi riesce forzato come un qualcosa che so ma che devo richiamare alla mente, sia per mia spontanea ed inconsapevole volontà, che per quello che vedo accadere agli altri. Nessuna dote naturale ancora integra seppur della più elevata qualità; nessun ricordo gradito di quelle doti che abbiamo in passato posseduto è sufficiente a farci star bene ed essere contenti sentendo che la parte più importante di quelle doti di cui siamo stati consapevoli ci ha abbandonato.

Mi chiedo perché Le scrivo tutto ciò: mi creda ciò accade unicamente perché alcune Sue espressioni nei miei confronti manifestate in svariate occasioni mi portano a stimarLa assai come uomo giudizioso e vero amico. – Spesso devo richiamare alla memoria queste cose quando rimuginano su me stesso e sono convinto che esse mi rendono più felice. Non pensi neppure per un attimo che io sia infelice. Occasionalmente mi sento depresso nello spirito, ma non infelice; c'è sempre la speranza, che è un rimedio più che sufficiente per tale stato d'animo, e siccome la speranza non dipende da noi, ho il coraggio di rallegrarmi per il fatto di averla.

La migliore sintesi dello stile di Faraday, della sua essenza scientifica e delle sue meditazioni poetiche e filosofiche si può rinvenire nei riassunti delle 'Conferenze del Venerdì Sera' che egli pubblicò nei *Proceedings of the Royal Institution*. Un esempio particolarmente impressionante è quello relativo alla Conferenza 'Sulle caratteristiche magnetiche e le relazioni fra ossigeno ed azoto'. Questo passo ci rammenta anche la straordinaria cura che Faraday poneva nello scegliere e perfezionare le sue dimostrazioni, e ci ricorda la sua meravigliosa arte di presentare al pubblico alcuni dei suoi più efficaci esperimenti.

Conferenza del Venerdì Sera, 24 gennaio 1851  
Moderatore, Sir R. I. Murchison, Vice-Presidente

Professor Faraday  
Sulle caratteristiche magnetiche e le relazioni fra ossigeno  
ed azoto

In una Conferenza del Venerdì Sera sulle proprietà diamagnetiche della fiamma e dei gas, tenuto il 14 aprile 1848, il

Signor Faraday richiamò l'attenzione sulle singolari proprietà del gas ossigeno nei confronti dei magneti. In quell'occasione fu dimostrato che questo gas era magnetico in quanto trasportava una nube di muriato (cloruro, n.d.t.) d'ammonio (diamagnetico) verso i poli del magnete, attorno ai quali sembrava girare vorticosamente. Uno studio più elaborato sullo stesso soggetto era apparso qualche tempo prima su *Philosophical Magazine*, nel dicembre 1847.

Lo scorso anno il Signor Becquerel (si tratta di Antoine César Becquerel, 1788-1878, n.d.t.), non informato di queste ricerche, aveva riscoperto il carattere altamente magnetico dell'ossigeno, aveva eseguito alcune indagini per conto proprio, e derivato risultati numerici da queste. Il Signor Faraday non solo ritiene che queste indagini non interferiscano con le sue, ma anzi servono a confermarle fortemente.

L'ossigeno è una delle sostanze più importanti: costituisce circa la metà del totale di tutta la materia. Per quanto notevoli siano le sue proprietà magnetiche, sembra incapace di acquisire un magnetismo permanente così come accade per l'acciaio o per la magnetite. — Attraverso una serie di esperimenti elementari l'uditorio veniva indotto a discriminare fra queste sostanze e il ferro dolce, il nickel, il cobalto; i quali a meno che non vengano sottoposti ad un'influenza magnetica dall'esterno, non esercitano alcuna forza attrattiva. Appartenendo l'ossigeno a questa ultima classe di sostanze, non appare certo che, pur possedendo una forza attrattiva, sia nella esatta condizione del corpo permanentemente magnetico da cui la deriva.

Qualora l'ossigeno avesse un magnetismo così elevato da poterlo paragonare al ferro, l'enorme ammontare di magnetismo soggetto a variazioni durante i processi di combustione, respirazione, etc., causerebbe delle gravi perturbazioni nella natura. Per la conservazione del presente stato di cose è necessario che il potere magnetico di una data quantità massiva di ossigeno debba essere relativamente piccolo. I presenti furono pertanto avvisati di non aspettarsi una grande dimostrazione di questo magnetismo; ma l'entità di questa proprietà magnetica che esiste nell'ossigeno e nell'aria, fu provata con i seguenti esperimenti:

Fu costruita una coppia di coni di ferro (due coni identici con gli apici che s'incontrano in prossimità di un punto) di lunghezza tale da chiudere il circuito magnetico che si formava allorché si posizionava l'apparato fra i poli del grande

elettro-magnete in dotazione alla *Royal Institution*<sup>5</sup>. Il Signor Faraday diresse l'attenzione verso questo blocco metallico a forma di clessidra, e mostrò come, grazie a questa disposizione, una forza estrema si esercitava senza modificazione di forma delle parti. Furono poi prodotte delle minutissime bolle di sapone per mezzo di un tubo di vetro tirato a capillare da un lato e collegato dall'altro ad una vescica di maiale riempita di ossigeno. Si poteva osservare che le vesciche così riempite si sgonfiavano poiché il gas veniva risucchiato energicamente verso il punto di congiunzione dell'apice dei coni, ma altrettanto non accadeva se le bolle venivano riempite con azoto. Un altro esperimento, che fu ben visibile in ogni parte dell'aula, immediatamente dimostrò il medesimo fenomeno, ed illustrò un modo differenziale di misurare la forza magnetica dell'ossigeno. Un filo metallico fu delicatamente posto in equilibrio sospendendolo dal suo centro di gravità con dieci fibre prese dal bozzolo di un baco da seta; ad una estremità del filo fu sistemata una barretta a croce con appese delle piccole bolle di vetro; e il tutto fu aggiustato in modo tale che le bolle si trovassero da parti opposte rispetto agli apici dei coni (espansioni polari, n.d.t.) sopra descritti, ciascuna sospesa vicina ed equidistante dal cono di ferro ma non in contatto con esso. Quindi qualsiasi influenza magnetica sulle bolle o sul loro contenuto interno sarebbe stata indicata da un'attrazione della bolla verso l'interno del campo magnetico. Per rendere questo eventuale movimento ben visibile, l'altro braccio della bilancia or ora descritta fu trasformato in una lunga leva indicatrice, realizzata con un filo di paglia per motivi di peso. All'estremità del capo più lungo fu attaccata una striscia di seta per percepire meglio il movimento, e la leva fu schermata dalle correnti d'aria nella stanza piazzandola all'interno di una sfera di vetro di due piedi di diametro. Grazie a questo marchingegno si poté vedere che quando una delle bolle era riempita parzialmente o completamente con ossigeno e l'altra con azoto la leva si muoveva, e che l'azoto, per quanto denso o rarefatto fosse, non era assolutamente influenzato dal magnete e che il magnetismo dell'ossigeno era direttamente proporzionale alla sua densità nella bolla; e che infine la forza richiesta per mettere in movimento la bolla di ossigeno (ad un'atmosfera) verso il magnete era un decimo di grano (la più piccola unità di misura di peso inglese pari a 0,0648 grammi n.d.t.) per un terzo di pollice cubico di ossigeno (circa 5,46 cm<sup>3</sup>, n.d.t.).

Furono esposte certe peculiarità relative al modo di esercitarsi della forza qui in azione, in particolare riferite non alla simmetria centrale, bensì a quella assiale.

La conclusione che si poteva trarre dall'esperimento, sostenuta anche da altre esperienze condotte su bolle d'aria, è che – siccome l'ossigeno va a costituire l'atmosfera secondo rapporti ponderali costanti, e giacché la forza magnetica dell'ossigeno è direttamente proporzionale alla sua densità, a seconda delle differenti situazioni atmosferiche, dovrà corrispondentemente aver luogo un cambiamento definito della forza magnetica dell'atmosfera.

Il Signor Faraday si spinse a indagare se, data una miscela binaria, si potesse realizzare una separazione dell'ossigeno dall'azoto, così come accade quando un magnete viene posto in prossimità di una miscela di limatura di ferro e sabbia. Per provare questa idea applicò all'angolo conico (così viene spesso descritto il centro della forza magnetica) un tubo di vetro tirato a capillare (identico a quello impiegato per soffiare le soffici bolle di sapone) riempito d'acqua; aspirando lentamente l'acqua, l'aria poteva far ingresso all'interno del capillare provenendo da qualsiasi sorgente e quindi l'esperimento poteva essere eseguito. Ciò fu fatto; e si trovò che anche quando la forza magnetica era assai intensa, le proporzioni ponderali fra l'ossigeno magnetico e l'azoto non magnetico non venivano alterate. L'esperimento seguente provò che la forza magnetica non produceva una condensazione dell'ossigeno, ossia l'ossigeno non si aggregava, così come avviene per la limatura di ferro sotto azione di un magnete. Le facce piane dei poli del magnete furono tenute separate di un sessantesimo di pollice mediante una placca di rame con un'apertura nel mezzo, cosicché quando il tutto fu riunito si formò una vera e propria camera. Attraverso manometri connessi alla camera si osservò che non si verificava traccia di condensazione, per quanto intensa fosse la forza magnetica agente sull'ossigeno.

Successivamente fu fatta rilevare la perdita di potere magnetico generata dal calore. Ciò venne mostrato anzitutto nel caso del ferro scaldato fino al calor rosso; poi in quello del nickel portato alla temperatura di ebollizione dell'olio; ed infine, nel caso dell'aria (cioè dell'ossigeno nell'aria) con l'esperimento seguente: – Furono usati due poli conici leggermente separati l'uno dall'altro; sopra si pose un pezzetto di fosforo su un foglio di carta, e sotto una spirale di

platino portata al calor rosso grazie ad una piccola batteria di Grove<sup>6</sup> indipendente da quella impiegata per alimentare l'elettromagnete. L'aria riscaldata, salendo dalla spirale verso l'alto, incendiò rapidamente il fosforo che stava sopra mentre l'elettromagnete era spento: ma quando si attivò l'elettromagnete l'ossigeno dell'aria riscaldata, diventando meno magnetico, venne allontanato dalla corrente di quello più freddo proveniente dall'aria circostante le espansioni polari del magnete (e conseguentemente più magnetico), e di conseguenza il fosforo rimase inalterato nonostante la spirale incandescente sotto ad esso, fino al momento in cui l'elettromagnete fu spento; a questo punto le leggi naturali del peso specifico ricominciarono ad operare, e il fosforo s'incendiò.

In conclusione, il Signor Faraday annunciò la sua intenzione, per un successivo Venerdì Sera, di applicare i ragionamenti deducibili da questi ed altri esperimenti alla variazione delle linee magnetiche sulla superficie della terra. Il suo obiettivo sarebbe stato allora quello di confrontare le registrazioni di questa forza variabile con i cambiamenti della temperatura generati dalla rivoluzione annuale della terra, con le variazioni della pressione atmosferica, perturbazioni atmosferiche, etc. con la speranza di fornire una teoria vera circa la causa delle variazioni della forza magnetica terrestre annuali e diurne, nonché di molte di quelle ad andamento irregolare.

Per i lavori in cui questi risultati sono descritti più ampiamente, vedi *Philosophical Magazine*, 1847, Vol. XXXI, p. 401; e *Philosophical Transactions for 1851*, p. 1.

Il moderatore della Conferenza di cui sopra, Rhoderick Impey Murchison (1792-1871), fu il famoso geologo scozzese che, poco oltre i trent'anni, rinunciò alla caccia alla volpe per le scienze geologiche. Dopo alcuni lavori di geologia svolti in Scozia a fianco di Adam Sedgwick e Charles Lyell, Murchison rivolse la sua attenzione alle rocce cosiddette 'grovacca grigia' giacenti sotto la *Old Red Sandstone* (Antica Arenaria Rossa, n.d.t.). I suoi studi classici svolti nel Sud del Galles e nelle terre di confine del Galles originarono il monumentale lavoro *Il Sistema Siluriano*, pubblicato nel 1839. (I Siluri furono un'antica tribù del Galles). Murchison divenne Direttore-Generale dell'Istituto per la Topografia Geologica nel 1855.

Fu uno dei fondatori della *British Association* di cui fu Presidente nel 1846. Nel 1866, insieme a Faraday, stese un rapporto sui processi utili a preservare i paramenti lapidei esterni del Palazzo del Parlamento. Faraday provava molta gioia nell'osservare i fenomeni naturali come testimoniano le annotazioni scritte nel suo Diario durante le visite in Galles e Svizzera. Durante il periodo in cui si riebbe dall'esaurimento fisico e nervoso, nel giugno del 1841 scrisse all'Editore di *Philos. Mag.* la seguente nota:

Su alcune presunte forme dei Lampi.

Il magnifico spettacolo dei lampi che abbiamo potuto osservare la sera del 27 del mese scorso, e l'aspetto peculiare che si manifestò alla folla di osservatori a Londra, con le conseguenti suggestioni evocate, mi inducono a disturbarLa con questa breve lettera avente ad oggetto alcune forme e sembianze dei lampi, rispetto alle quali l'opinione di osservatori anche attenti è spesso sbagliata.

Quando, dopo un cielo sereno, o comunque non velato, delle nubi temporalesche si formano in lontananza, l'osservatore vede le nubi e l'illuminazione del lampo davanti a sé come uno spettacolo straordinario; e ciò che spesso egli assume essere un lampo biforcuto (cioè l'effettivo bagliore improvviso e non una sua riflessione), gli appare diffondersi rapidamente attraverso le nuvole in un modo magnifico. Questo fu ciò che si presentò quella sera a coloro i quali, essendo a Londra, osservarono il temporale in atto ad ovest, verso le nove, quando le nubi erano a circa venti miglia di distanza o anche più; ed io stesso assai frequentemente ho assistito allo stesso fenomeno sulle coste del sud guardando verso il mare. In molte di queste circostanze, ciò che si ritiene sia la scarica elettrica è invece solo il bordo illuminato della nuvola, al di là e dietro la quale avviene la scarica reale. Questo è proprio un comportamento tipico identico a quello in cui il bordo brillantemente illuminato di una nuvola scura si presenta sovente fra l'osservatore e il sole; ed anche la luna stessa di frequente produce siffatte manifestazioni. Nel caso che questo avvenga da parte di lampi e nuvole distanti, il bordo è così brillante rispetto allo stato precedente di nuvole e cielo, così improvviso e rapido a scomparire, così perfettamente definito, e di tale forma, che di primo acchito ciascuno è portato a pensare che sia proprio il lampo che appare in quel modo.

Ma le sembianze che questo bordo assume, essendo dipendenti dalla forma delle nuvole, variano di molto, ed hanno generato numerosi errori circa la forma del bagliore del lampo. Spesso quando si pensa di vedere il lampo che sfreccia da una nube all'altra, in realtà l'osservatore vede unicamente questo bordo illuminato. In altre occasioni, quando egli fu sicuro di vederlo salire, in realtà quello che accadeva era semplicemente che il bordo nella parte alta era più lucente di quello nella parte più bassa. Alcuni scrittori hanno descritto lampi con bagliori curvi, in cui il fluido elettrico avendo lasciato le nuvole, dopo essersi diretto obliquamente in basso verso il mare, è tornato in su diretto di nuovo verso le nubi: talvolta ho notato anch'io questo effetto, ed ho sempre ritenuto che fosse unicamente il bordo illuminato di una nuvola.

Ho visto casi di questo genere in cui il bagliore sembrava dividersi durante la sua durata, con un fascio che si separa in due; e quando bagliori osservati a distanza esibiscono questa rara natura, è assai importante che l'osservatore debba essere consapevole che si tratta molto probabilmente di un fenomeno ingannevole.

Ho anche visto di frequente, insieme ad altri, un bagliore di durata manifestamente sensibile, come se fosse un flusso di luce momentaneo, piuttosto che il consueto bagliore improvviso, di brevissima durata tipico della scintilla elettrica, la cui durata neppure Wheatstone poté apprezzare. Io attribuisco questo fenomeno a due o tre bagliori localizzati più o meno in uno stesso luogo ed in rapida successione, e illuminanti lo stesso bordo di una nuvola.

L'effetto che ho descritto può essere spesso ricondotto facilmente alla sua causa, e una volta ricostruito questo nesso di causa ed effetto la mente è più pronta a cogliere gli errori in cui si può incorrere, e in cui si è già incorsi, circa le caratteristiche, la forma e la condizione del bagliore dei lampi. Spesso nei posti di mare accade che, dopo una bella giornata, verso sera delle nubi si addensino sul mare in prossimità dell'orizzonte, e lampi balenino fra nube e nube e dardeggino attorno ad esse, comparendo ad intervalli di due o tre secondi, il tutto per un'ora o anche più. In queste circostanze l'osservatore può ritenere di vedere il bagliore di un lampo; ma se attende fino al successivo bagliore, o a qualche altro ancora, si accoggerà che il secondo bagliore appare una seconda volta nello stesso posto, e con la medesima forma; o forse potrebbe aver percorso una breve distanza a destra

o a sinistra, ma ancora conserva la stessa forma. Talvolta si assiste alla successione di un evidente bagliore con la stessa forma per tre o quattro volte; ed altre volte è accaduto che un bagliore di data forma sia apparso in una certa regione del cielo, ed altri bagliori in altre regioni, e quindi che il primo bagliore sia riapparso nel suo solito luogo, ed anche gli altri di nuovo nella loro posizione. Ebbene in tutti questi casi quello che si osservava era semplicemente il bordo illuminato delle nuvole, e non i reali bagliori dei lampi. Queste forme esistono di frequente nella nuvola, e tuttavia non sono percepibili finché non lampeggia.

La durata apparente dei lampeggii, di cui ho parlato poc'anzi, è un puro caso di scariche che avvengono assai rapidamente una dietro l'altra, e può essere facilmente associata, da un osservatore attento, a ciò che ho appena proposto come il miglior test per verificare la natura del fenomeno.

Vi sono anche altre circostanze che aiuteranno a distinguere l'effetto che mi sono sforzato di descrivere dalla reale comparsa del bagliore del lampo, quali lo spessore che si manifesta, talvolta, nel bagliore, e il suo grado di illuminazione; ma penso a questo punto di aver detto abbastanza per richiamare l'attenzione su questo tema; e, considerando come spesso il filosofo sia obbligato, rispetto alle caratteristiche di queste manifestazioni, a dipendere da osservatori casuali, che in generale hanno una tendenza mentale a prediligere l'effetto sorpresa piuttosto che semplificare ciò che può sembrare ragguardevole, io spero di non avere detto troppo.

Non c'è dubbio che la felicità di espressione di Faraday, esemplificata da questi passaggi, contribuì alla sua genialità.

### *Note*

1. *Diario di Faraday* (1820-1862), Vol. I-VII. (Edizione T. Martin, Prefazione di Sir William H. Bragg.) G. Bell & Sons, 1932. Faraday all'inizio non numerò i suoi paragrafi finché provvidenzialmente cominciò il 29 agosto 1831, data della sua scoperta dell'induzione elettromagnetica. Da questa data fino alla sua ultima annotazione del 12 Marzo 1862, si contano circa 17.000 paragrafi.
2. La *Royal Institution* ha pubblicato numerosi libretti su questo argomento, uno a cura del defunto Geoffrey Parr che si presenta

come un elenco di *Consigli al Conferenziere* da parte di Faraday, un altro recante lo stesso titolo, a cura di Sir George Porter e James Friday, un'antologia tratta dagli scritti di Michael Faraday e Lawrence Bragg. J.M. McCabe e J.M. Thomas hanno scritto su questo tema citando una selezione di caratteristiche dell'abilità oratoria individuate da Sir Lawrence Bragg nel loro articolo su *Education in Chemistry*, 27, 156-159 (1990) intitolato 'L'eredità di Lawrence Bragg'.

3. Le Conferenze del Venerdì Sera della *Royal Institution* durano un'ora esatta.
4. Vedi anche pag. 66-67, l'introduzione del suo lavoro sulla scoperta dell'effetto Faraday.
5. Vedi Figura 32.
6. Una sorgente di elettricità voltaica assai più potente di quella della pila convenzionale (vedi pag. 139 e Figura 48).



## Capitolo 6

### L'uomo Faraday

Un'analisi della vita di Faraday rivela una varietà di paradossi interessanti. Sebbene fosse un personaggio pubblico, ben noto a tutte le persone famose ed anche alla maggioranza della gente comune dell'età Vittoriana, durante l'intero corso della sua vita rimase geloso della sua *privacy*, disinteressato nei confronti di ambizioni sociali e non incline al perseguimento e alla seduzione della ricchezza. Insignito di onorificenze accademiche da svariate università, chiamato a far parte di tutte le più importanti accademie del mondo (vedi Appendice II), ed orgoglioso di poter vedere queste onorificenze accanto al suo nome nei titoli di copertina dei libri che scriveva (vedi Figura 37), egli tuttavia rifuggiva dalla pubblicità e dette rigide istruzioni a che sulla sua lapide funeraria venisse scritto unicamente il suo nome, Michael Faraday. Sebbene frequentasse le Serate che si tenevano ogni tanto nel salone della ricca filantropa, Baronessa Burdett Coutts<sup>1</sup>, con la quale era spesso in contatto, oppure fosse solito frequentare Great Marlborough Street dove si confondeva con artisti e musicisti (compreso il pittore J.W.M. Turner), era più felice nell'intimo di casa propria, in compagnia della moglie, della nipote e del fratello. Sereno nella certezza della sua convinzione religiosa, non si mostrava turbato dall'evidente conflitto fra la scienza e le credenze religiose. Poteva criticare aspramente gli spiritisti per l'ingenuità della loro fede (vedi pagg. 119-120) ed allo stesso tempo accettare alla lettera la verità della Bibbia, come facevano i suoi amici Sandemaniani. Risoluto nel perseguire l'eccellenza nell'arte del tenere conferenze e consacrato a raggiungere la qualità più elevata alla *Royal Institution* in Al-

bemarle St., accolse con equanimità i patriarcali precetti teologici dei suoi compagni di fede religiosa alla *Paul's Alley Meeting House*<sup>2</sup> non distante da *Aldersgate St.*

Il suo successore John Tyndall ci rivela molte sfaccettature del-Puomo Faraday<sup>3</sup>:

Abbiamo sentito dire molto sulla gentilezza, sulla dolcezza e sulla tenerezza di Faraday. È tutto vero, ma il quadro è anche molto incompleto. Non si può risolvere una carattere così forte in questi soli elementi, e la personalità di Faraday sarebbe apparsa meno ammirevole di quanto lo sia stata se non avesse contemplato forze e tendenze per le quali i vellutati aggettivi 'gentile' e 'tenero' non sono i più appropriati. Sotto la sua dolcezza e mitezza di carattere si celava il fuoco di un vulcano. Fu un uomo di carattere fiero ed eccitabile; ma grazie ad un'elevata auto-disciplina aveva convertito il fuoco in ardore straordinario e forza motrice di vita, invece di dissiparlo in inutile passione. 'Chi non si arrabbia quasi mai', dice il saggio, 'è più grande del potente, e chi riesce a governare il proprio spirito è più grande di chi conquista una città'. Faraday si arrabbiava, ma governava completamente il proprio spirito, e così, anche se non conquistò città, catturò tutti i cuori.

Tyndall pone la domanda:

Non è in assoluto più ammirevole, per la sua abilità di moderare e dominare quel fuoco e quella eccitabilità, così da rendere se stesso capace di scrivere come un fanciullo? Una volta mi presi la libertà di censurare le parole conclusive di una sua lettera al Preside del *St. Paul College*. Si firmava 'umilmente Suo', e io obiettai sull'avverbio. 'Bene, ma io, Tyndall, sono umile; e tuttavia sarebbe un grave errore pensare che non sono anche orgoglioso'. Questo dualismo pervase il suo carattere. Democratico nella sua sfida ad ogni autorità che limitasse ingiustamente la sua libertà di pensiero, e nondimeno pronto ad inchinarsi con riverenza nei confronti di tutto ciò che ne fosse realmente meritevole, secondo le consuetudini sociali o la personalità degli uomini.

Che fosse coscienzioso e studioso è abbondantemente manifesto dalla ricchezza d'informazioni svelate nei suoi quaderni d'appunti, corrispondenze, articoli pubblicati e testimonianze date

in inchieste pubbliche e commissioni varie. E tuttavia fu anche capace di provar piacere in attività piuttosto semplici. La sua ricca immaginazione ebbe ad oggetto non solo cose scientifiche. Una volta descrisse se stesso, quando era un giovane apprendista, come 'una persona dall'immaginazione assai vivace in grado di credere nelle suggestioni di *Le Mille e una Notte* così facilmente come nell'*Enciclopedia*; i fatti concreti, però, erano importanti per me. Potevo credere ad un fatto'.

La bellezza della natura, in particolar modo le colline del Devonshire, le valli dal Galles del Sud, tutti i paesaggi alpini e quelli marini di Brighton o dell'Isola di Wight lo potevano portare ad un'estasi lirica. E, contemplando cascate, arcobaleni o lampi, le sue reazioni ricordavano Wordsworth, anche se mai le espresse in versi (William Wordsworth 1770-1850, poeta romantico inglese, autore di una vera e propria svolta di concezioni e di gusto nel segno di grande libertà espressiva, secondo una visione della natura e dell'uomo colti nella loro semplicità e quotidianità, n.d.t.). La musica e il teatro lo attrassero; così come l'abilità artigianale per i suoi passatempi di collezionista e per la parte conservativa delle sue mansioni come Soprintendente della residenza della *Royal Institution*. Durante alcune serate tranquille probabilmente si dedicava ad attaccare le targhette d'ottone recanti il suo nome (Figura 40) su



FIGURA 40 – Faraday si deliziava nell'attaccare targhette di ottone con il suo nome su mobili e arredi, molti dei quali ancora in uso presso la *Royal Institution*.

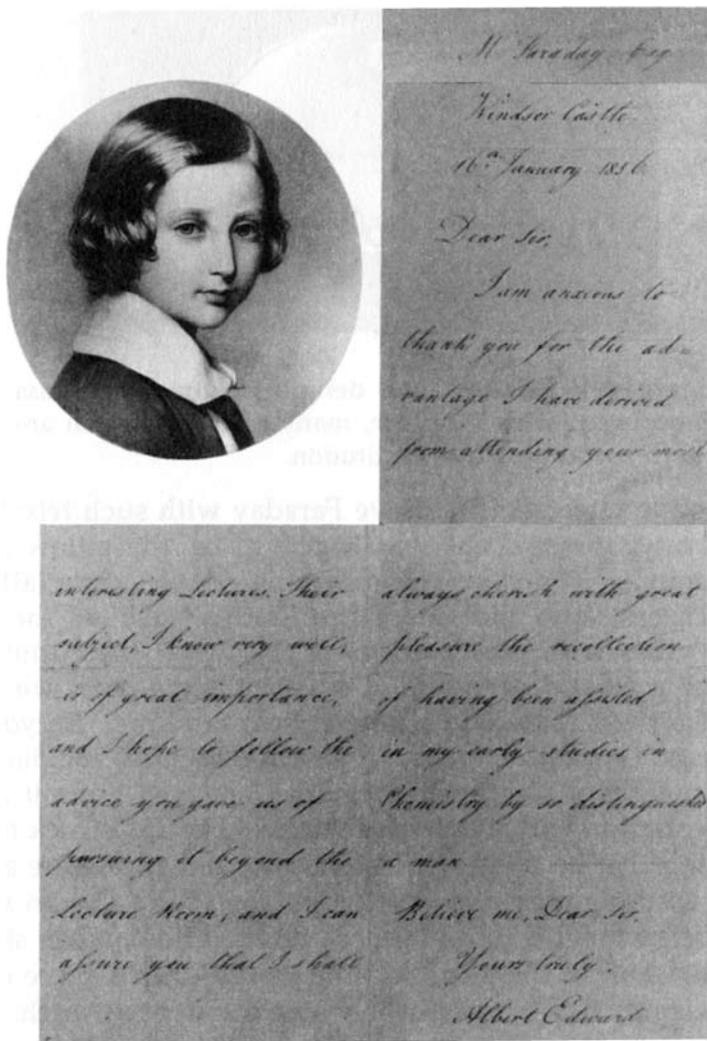


FIGURA 41 – Un tipico esempio del contenuto di pagine in successione nell'album di corrispondenza e ritratti di Faraday. Il giovane Principe Albert Edward (nel riquadro) era presente alle Conferenze di Natale del 1855-56 (vedi Figura 64), seduto alla sinistra di Sua Altezza Reale il principe Alberto, Consorte della Regina Vittoria. Scrisse lui questa lettera di ringraziamento al Castello di Windsor.

mobili ed arredi<sup>4</sup> oppure ad incollare lettere interessanti e ritagli vari in grossi album (Figura 41), impiegando litografie e stampe per le illustrazioni.

I Faraday non ebbero figli, ma la loro vita matrimoniale fu beatamente felice. Sarah Barnard non condivise mai gli interessi scientifici che guidavano Faraday con così febbrile intensità: si diceva felice di essere 'il cuscino della sua mente'. La compagnia dei giovani, soprattutto le nipoti, Jane e Constance Reid, che per alcuni anni vissero insieme ai Faraday alla *Royal Institution*, significò molto per lui. Di quando in quando il gruppo familiare si recava sul fiume Tamigi in barca a remi per fare picnic. Il libro *Faraday in Galle* di Dafydd Tomos ci narra un delizioso episodio accaduto presso la Valle del Neath allorché Faraday attaccò conversazione con una ragazzina di dieci anni. Fu colpito dal fatto che riusciva a capire ed apprezzare tutto il suo fascino, anche se quella gli parlava in una lingua straniera (il Gallese, n.d.t.). La sua nipote una volta ricordava come, quando gli fece visita in laboratorio, Faraday lasciasse cadere un pezzettino di potassio in un recipiente pieno d'acqua per farle vedere come schizzasse avanti e indietro sulla superficie. La stessa nipote ci ha anche raccontato che, ad una festa di bambini, Faraday corse su un velocipede tutt'intorno nel corridoio situato nel retro dell'anfiteatro per le conferenze. Occasionalmente pare che facesse un po' d'esercizio fisico<sup>5</sup> andando sul suo velocipede fino a Hampstead. (Nel velocipede il moto era dato puntando i piedi a terra – da cui l'origine del nome; il pedale fu inventato nel 1855 – biciclo – e solo nel 1879 l'inglese Lawson ebbe l'idea di trasmettere il movimento mediante una catena che collegava il pedale con l'asse della ruota posteriore; il telaio arrivò nel 1884 e la prima bicicletta con ruote di diametro uguale, telaio tubolare e guida diretta fu la "Rover" di Starley nel 1890, n.d.t.).

La compagnia dei bambini aggiunse un elemento di risonanza in più alla sua vita, probabilmente non sorprendente in un uomo le cui fanciullesche innocenza ed intuizione contribuirono al genio.

Molto è già stato scritto circa il ruolo della religione nella vita di Faraday<sup>6</sup>. Possiamo arguire alcuni aspetti, riguardo a specifici precetti religiosi ai quali attribuiva particolare importanza, dalle estese sottolineature e note marginali che si trovano nelle sue Bibbie assai consuete dall'uso frequente, così come da poche note di commento e proposizioni ivi presenti. Sottolineò con tratto forte *Timoteo*, VI,10: 'Radice di tutti i mali è l'amore per il denaro'; e il grido di Giobbe:

‘Se mi giustifico, la mia bocca mi condannerà: se dico che sono senza colpe, essa mi troverà reo’. Ma molti dei suoi principi morali, ai quali aderì con tale incorruttibile tenacia durante l’intero corso della sua vita, furono di quel tipo che in ogni epoca si addicono alle persone di buona volontà, religiose o meno. Chi potrebbe mettere in discussione la saggezza della seguente dichiarazione?

Un filosofo dovrebbe essere un uomo disposto ad ascoltare qualsiasi suggerimento ma risoluto a giudicare da se stesso. Non dovrebbe farsi influenzare dalle apparenze, non dovrebbe privilegiare un’ipotesi piuttosto che un’altra, non dovrebbe appartenere acriticamente ad alcuna scuola, né avere maestri di dogma. Non dovrebbe avere rispetto per le persone, quanto per la realtà. La verità dovrebbe essere il suo obiettivo primario. Se a queste qualità si aggiungesse poi l’operosità, allora potrebbe invero sperare di penetrare i segreti del tempio della natura.

La profonda fiducia nella interconnessione e nell’unità delle forze e dei fenomeni naturali – potente propellente e stella polare per tutte le sue ricerche scientifiche – fu una convinzione profonda che ebbe fin dalla tenera età. Molte persone religiose dei primi anni dell’Ottocento credevano in questa unità sottesa a tutte le cose. ‘Dio ha forgiato il mondo; esso è unitario, così ogni sua parte dovrà sicuramente essere intimamente connessa’, questo era il modo di ragionare. Tale visione unitaria del mondo venne sposata anche da molti filosofi non religiosi antichi e più moderni. Nella sua rassegna storica del 1821 (pag. 33) Faraday pose un’attenzione specifica sulla costanza di Ørsted nel perseguire le indagini ‘rispettando l’identità delle forze chimiche, elettriche e magnetiche’. Precedentemente anche Davy, in una delle sue conferenze che Faraday nel 1812 aveva riscritto e rilegato (vedi Figura 7), alludeva ad una scienza di là da venire, più semplice, che ‘unirà le scienze meccaniche con quelle chimiche’. Negli anni ’40 del XIX secolo nei circoli scientifici londinesi Faraday non era l’unico a cercare di evidenziare correlazioni fra le varie forze naturali. W.R. Grove (pag. 136), lo scienziato al quale si attribuisce l’enunciazione del Primo Principio della Termodinamica, si occupò con notevole successo di questo argomento durante una estesa serie di lezioni tenuta alla *London Institution* nel 1842. La Conferenza *Bakerian* esposta alla *Royal Society* nel 1847, così come alcune sue altre pubblicazioni del periodo,

trattano questo tema. Il libro di W.R. Grove *Correlazione di Forze Fisiche* fu assai consultato dal 1850 in poi. Nella prefazione dell'ultima edizione di questo libro (1884), Grove scrive:

Ciascuno di noi non può essere buon giudice laddove debba giudicare su argomenti che lo vedono interessato in prima persona, e pertanto ne scrivo con diffidenza; ma sarebbe ostentare un'indifferenza che non mi appartiene se non affermassi che mi considero essere stato il primo ad introdurre questo argomento come sistema filosofico generalizzato, ed anche colui che ha continuato ad enfatizzarlo nelle conferenze e negli scritti per molti anni a seguire, durante i quali ha incontrato la consueta e tipica opposizione alle idee innovative.

Le convinzioni interiori che Faraday aveva lo portarono a dedicare la maggior parte delle sue energie a due principali attività: nel suo ruolo di filosofo della natura, a perseguire le verità eterne; e, nel privato, a rendersi utile alla piccola cerchia di amici della comunità Sandemaniana ed a quella ancora più ristretta dei suoi familiari. Nella prima di queste attività il suo compito fu non solo quello di provare, ma anche di spiegare; nella seconda di mettere a disposizione dedizione altruistica ed attenzioni compassionevoli, qualità che dispensò in opere di tipo caritatevole. Visse al limite delle sue energie fisiche ed intellettuali, ma sempre appagato e soddisfatto. E la natura, per non dire forse il segreto, di tale soddisfazione viene rivelata dalla sua corrispondenza con gli amici di tutta una vita – vedi in particolare la lettera a De La Rive a pag. 100. Un'elaborazione di quella felicità interiore così come i suoi suggerimenti generali circa i rapporti da tenere con gli altri scienziati emergono dalla lettera a John Tyndall in relazione ad una acrimoniosa discussione verificatasi in occasione del Convegno della *British Association* il 6 ottobre 1855:

Mio caro Tyndall,  
questi importanti Convegni, per i quali la mia considerazione è complessivamente assai grande, fanno avanzare la scienza principalmente perché gli scienziati possono incontrarsi, conoscersi e diventare amici, e a me dispiace quando questo non accade in ogni momento del Congresso. Non so niente se non quello che mi hai riferito, giacché non ho ancora avuto

modo di leggere i resoconti degli atti; ma consentimi, dall'alto dell'esperienza che mi viene dalla canizie, di dirti che quando ero più giovane mi accorgevo che spesso fraintendevo le intenzioni della gente e mi rendevo conto che quanto detto dalle persone non aveva il significato che io a quel tempo supponevo avesse, e inoltre pensavo come regola generale, che fosse meglio essere un po' tardivi nella comprensione quando le parole sembravano implicare animosità, e invece pronti nel recepire, al contrario, quando sembravano sottenedere sentimenti gentili. La verità vera alla fine viene sempre fuori, e i contendenti, se in errore, si convincono prima se si replica loro in modo tollerante piuttosto che con spirito di sopraffazione. Ciò che voglio dire è che è meglio essere ciechi nei confronti di posizioni faziose e invece pronti a cogliere la buona volontà. Ci si sente più felici provando a tenere atteggiamenti pacifici. Non puoi immaginare quanto frequentemente mi sia irritato in privato in situazioni di conflitto dialettico – poiché ho ritenuto il mio interlocutore ingiusto ed arrogante, e tuttavia mi sia sforzato, e spero di esserci riuscito, a reprimere atteggiamenti di replica analoghi. E so di non averci mai rimesso. Non ti direi tutto ciò se non ti stimassi come vero filosofo e vero amico.

Faraday non provava gran rimorso quando declinava alte onorificenze, oppure allorché rifiutava inviti in società, o evitava interruzioni al suo lavoro. La delegazione che lo implorava di diventare Presidente della *Royal Society* ebbe un rifiuto che non lasciava adito a dubbi. Di lì a poco ebbe a rimarcare:

Tyndall, io devo rimanere semplicemente Michael Faraday fino all'ultimo: e lasciami dire che, se accettassi l'onore che la *Royal Society* desidera conferirmi, io non potrei rispondere all'integrità del mio intelletto neppure per un solo anno.

Qualche tempo prima aveva rifiutato la Presidenza della *Chemical Society* che fu costituita quando egli aveva cinquant'anni. A stento partecipava ai suoi Convegni per altro nella vicina Burlington House, non perché fosse avverso alle finalità della Società, ma poiché era restio a rischiare di sottrarre ancora del tempo ai suoi amati laboratorio e famiglia. Non desti sorpresa, date queste tendenze, che Wheatstone, in una lettera al suo amico, W.F. Cooke, datata 4 ottobre 1838, dicesse:

Ho chiamato Faraday questa mattina e mi è stato detto che oggi era uno dei giorni in cui si nega a chicchessia poiché deve proseguire ininterrottamente le sue ricerche. Domani si potrà incontrarlo.

Trascorreva lunghe ore in laboratorio; dalle nove del mattino fino alle undici di sera non era un evento inusuale. L'unica persona che attivamente lo assisteva sempre nel suo lavoro sperimentale e che ne condivideva il laboratorio era un ex-Sergente dell'Artiglieria Reale chiamato Charles Anderson. Era stato reclutato per star dietro alla manutenzione del forno speciale allestito alla *Royal Institution* in occasione del progetto sui vetri iniziato nel 1827 (vedi pagg. 79-80)<sup>7</sup>. Passavano ore senza che venisse pronunciata una sola parola fra i due, e quando il silenzio veniva rotto, ciò accadeva solo per pochi minuti.

Le lettere di Faraday alla stampa, metro poco attendibile del suo coinvolgimento nelle vicende del suo tempo, furono assai rare. Una volta scrisse per richiamare l'attenzione sullo stato d'inquinamento in cui versava il fiume Tamigi, iniziativa che indusse la rivista *Punch* a pubblicare la vignetta riportata nella Figura 42<sup>8</sup>.

Faraday discese lungo il Tamigi e via via inseriva nell'acqua strisce di cartone finché non vedeva più il bordo inferiore e quindi segnava la profondità della parte penetrata nell'acqua, nonché il posto dove aveva eseguito il test. Un'altra occasione si presentò nel 1853 quando fu bombardato da domande e richieste d'informazione circa il supposto fenomeno dei tavoli che ruotano da soli. Secondo quanto si asseriva questo fenomeno si era originato come conseguenza del movimento spiritista che iniziò nel 1848 a Hydesville, New York, con gli schiocchi e i picchiettii delle sorelle Fox<sup>9</sup>. (Maggie e Katy Fox erano due sorelle che nel 1848, in una casa di campagna vicino a New York, si divertirono ad impaurire la madre eseguendo schiocchi e picchiettii con le dita delle mani e dei piedi in modo così ben celato che i rumori vennero scambiati per segnali ad opera di spiriti e fantasmi ed addirittura furono tanto abili da riuscire, con sequenze rapide di questi colpi, a far vibrare e ruotare tavoli e sedie: per maggiori informazioni vedi *The Reluctant Spiritualist: The Life of Maggie Fox* di Nancy Rubin, a cura di Tim Davies, Stuart Harcourt, 2005, n.d.t.). Questa storia si diffuse rapidamente nel resto degli Stati Uniti, in Inghilterra e nell'Europa continentale. I fenomeni legati agli spiriti comprendevano inclinazione e lievitazione di tavoli e sedie, e il mo-



FIGURA 42 – La vignetta pubblicata sulla rivista *Punch*, detta anche *The London Charivari* (Charivari è una serenata burlesca, n.d.t.), 21 luglio 1855, dopo che Faraday aveva scritto al Direttore del *Times* descrivendo come avesse verificato sperimentalmente l'inquinamento del Tamigi e dove aveva perorato che 'certamente non si doveva permettere che il fiume che scorreva per così tante miglia attraverso la città di Londra diventasse una fogna in fermentazione'<sup>28</sup>.

vimento di oggetti nel buio divenne oggetto di vari libri pubblicati in Inghilterra e Francia nel 1853. L'accettazione piuttosto veloce ed acritica di queste forze spiritiche disturbò grandemente Faraday per quel che rivelava circa il livello generale d'intelligenza.

La sua esasperazione può essere valutata dal seguente estratto di una lettera che scrisse al Professor C.F. Schönbein, lo scienziato svizzero-tedesco che scoprì l'ozono. Il 25 luglio 1853 così scriveva:

Gli unici tavoli ruotanti di cui mi sono occupato sono quelli sistemati su degli appositi apparati che li fanno ruotare, né avrei dovuto occuparmi d'altro, ma a questo punto ho ritenuto meglio bloccare questa ondata dilagante facendo conoscere a tutti, immediatamente, quali siano le mie opinioni e i miei pensieri. Che mondo misero, credulo, incredulo, incredibile, superstizioso, impudente, intimorito, ridicolo è il nostro, per quel che riguarda la mente dell'uomo. Quanto è pieno di inconsistenze, contraddizioni, ed assurdità...

La lettera di Faraday al *Times* su 'Il tavolo ruotante' si concludeva con questa frase:

Io penso che un sistema di istruzione che ha potuto lasciare la mente della gente nello stato in cui queste storielle l'hanno trovata, debba essere assai deficiente in qualche suo principio fondamentale.

Le sue preoccupazioni circa la credulità pubblica e lo stato generale di presa di coscienza furono sollevate in una famosa Conferenza dal titolo 'Educazione mentale' che egli tenne alla *Royal Institution* nel maggio 1854 alla presenza del Principe Consorte.

Svariati aneddoti scientifici si sono accentrati sulla vita e sul modo di comportarsi di Faraday. Due vengono assai ampiamente citati, sebbene la loro autenticità non sia incontestata<sup>10</sup>. Indipendentemente dal fatto che questi aneddoti siano veri o no, essi recano un messaggio interessante. Li troviamo, in varie versioni, in opere di scrittori del XIX e XX secolo. Quando Faraday stava tentando di spiegare una scoperta scientifica nuova ed importante, al Primo Ministro Robert Peel o al Cancelliere dello Scacchiere W.E. Gladstone, si dice che il politico così commentasse: 'Ma, alla fin fine, a cosa serve?' Al che Faraday replicò: 'Perché mio Signore, è molto probabile che Lei presto sarà in grado di applicarvi una tassa'. In realtà sarebbe sorprendente che Faraday avesse reagito con queste parole: sembrava essere particolarmente disinteressato a brevettare le proprie invenzioni, così come pa-

reva indifferente ai meccanismi di creazione della ricchezza e alle problematiche della tassazione. L'altra risposta per le rime che spesso gli viene attribuita coinvolge di nuovo il Primo Ministro o altri zelanti interlocutori edotti di una scoperta scientifica di Faraday. In questo caso la domanda fu: 'Cosa c'è di vantaggioso?' La sagace replica: 'Cosa c'è di vantaggioso in un neonato?' si pensa però sia stata impiegata per la prima volta da Benjamin Franklin nel 1783 a Parigi.

### *Un'analisi del genio di Faraday*

Nel libro di Owen Meredith *Le ultime parole di un poeta sensitivo di second'ordine* leggiamo che: 'Il genio fa ciò che deve fare, il talento ciò che può'. Questa definizione di genio sicuramente si addice a Faraday così come anche altre. Per esempio, 'Una capacità suprema di affrontare le difficoltà', (Samuel Butler); oppure 'Una grande attitudine alla perseveranza', (Comte De Buffon). Ma nessuna di queste giunge nel profondo. Forse Emerson riuscì in qualche modo ad essere più penetrante se si accetta che le sue parole si riferiscano più al dominio della filosofia naturale che a quello della filosofia morale: 'Credere nelle proprie idee, credere che ciò che è vero nell'intimo del proprio cuore sia vero per tutti – questo è il genio'. Ma per quanto riguarda Faraday, tutto ciò è ancora inadeguato.

Ogni personalità dotata di qualità di primo piano è unica nella sua grandezza, e il genio di Faraday è la conseguenza di una combinazione unica di un sottoinsieme singolarmente ampio di qualità superiori: una capacità infinita di sopportare la fatica; un'energia intellettuale inesauribile ed un'inespugnabile onestà di pensiero, combinate con un ventaglio di virtuosità tecniche che racchiudevano destrezza manuale ed immaginazione costruttiva per produrre nuovi strumenti e nuove tecniche sperimentali con precisione e sensibilità a tutt'oggi insuperate. (Le sue bilance di torsione e i suoi coulombmetri furono più sensibili, i suoi elettromagneti più potenti, i suoi oggetti di vetro più pesanti e di qualità ottica superiore di quelli dei suoi predecessori o contemporanei). Sempre convinto che vi fossero soluzioni ai problemi che affrontava e che per le domande che si poneva esistessero risposte intelligibili, ebbe il dono supremo di selezionare quei problemi che erano veramente importanti ed inoltre di sapere precisamente cosa fare successivamente.

Sia la sua strategia che la sua tattica furono impeccabili. E se oltre a tutto ciò si aggiungono la sua prodigiosa infaticabilità, la curiosità senza fine, l'intuizione acuta, la padronanza totale del dettaglio ed un'eccezionale facilità nel passare, ragionando, dal particolare al generale – sia istintivamente che con l'apporto della sua autodisciplina e della sua autocritica – allora si può capire perché anche coloro i quali si considerano principi fra gli scienziati sperimentali elevano Faraday a pietra di paragone. Rutherford parlò a nome di tutti gli scienziati quando, nel 1933, sostenne:

Più studiamo l'opera di Faraday con la prospettiva del tempo, più restiamo impressionati dal suo genio impareggiabile di scienziato sperimentale e di filosofo della natura. Quando consideriamo la grandezza e la gamma delle sue scoperte e l'influenza che esse hanno avuto per il progresso della scienza e dell'industria, non vi è onore sufficientemente grande da tributare alla memoria di Michael Faraday – uno dei più grandi intuisti per la scoperta scientifica di tutti i tempi.

Molto tempo prima, John Tyndall aveva analizzato le qualità che avevano fatto di Faraday un tale perfetto scienziato nel suo libro *Faraday autore di scoperte*:

Combinò immensa energia con perfetta flessibilità. ... L'intensità della sua visione in un qualche senso non diminuì manifestamente la sua forza di percepire nelle altre direzioni, e quando affrontava di lena un argomento aspettandosi risultati, aveva la capacità di mantenere vigile la sua mente, in modo tale che risultati diversi da quelli che si attendeva non gli sfuggissero a causa della prevenzione.

A tutta questa analisi bisogna aggiungere altri tre elementi. Primo, Faraday scrisse e parlò del suo lavoro in modi memorabili. Secondo, procedette a perfezionare quasi tutti gli esperimenti che condusse a termine con esito positivo con l'ottica di darne pubblica dimostrazione nelle Conferenze del Venerdì Sera alla *Royal Institution*. Questi venivano concepiti in modo da lasciare nell'auditorio un'impressione indelebile ed egli trionfò nel conseguire questo risultato. E in ultimo, ebbe la fortuna più che eccezionale di avere fra gli interpreti della sua opera uno dei più grandi fisici dai tempi di Newton, J. Clerk Maxwell. Maxwell, che era nato lo stesso

anno 1831 in cui Faraday aveva compiuto la sua più importante scoperta (l'induzione elettromagnetica), scelse 'Le linee di forza di Faraday' come titolo per il suo straordinario articolo inviato alla Società Filosofica di Cambridge nel dicembre 1855 e nel febbraio 1856, quando era un borsista di ventiquattro anni al *Trinity College* di Cambridge. Con questa opera monumentale<sup>11</sup> la precisione matematica e la capacità di prevedere i fenomeni quantitativamente si aggiunsero alla visione qualitativa di Faraday sulla teoria del campo in generale e più in particolare relativamente all'elettromagnetismo. Con questo evento ebbe il battesimo una nuova era.

### Note

1. Angela Burdett-Coutts, membro di una famiglia di banchieri, fu convinta da Faraday ad entrare a far parte della *Royal Institution*. Essi erano entrambi benefattori dell'Asilo degli Orfani negli anni '40 dell'Ottocento. Il 29 maggio 1856 Faraday si unì agli ospiti della Baronessa che sul tetto della sua casa celebravano la fine della Guerra di Crimea. Si trova narrato (vedi Edna Healey *La signora sconosciuta*, (Sigwick Jackson, Londra) 1978, 62) che, assistendo ai fuochi d'artificio, Faraday 'esultasse con straordinaria vivacità, dicendo "ecco il magnesio, ecco il potassio"
2. Un editoriale pubblicato su *The Referee*, 21 giugno 1891, svela che

Michael Faraday fu uno degli anziani della nostra chiesa; un altro era macellaio, un altro ancora operaio specializzato dell'azienda del gas, e un quarto, se ben ricordo, era negoziante di biancheria. Durante la mia fanciullezza ho ascoltato spesso Faraday che leggeva ed interpretava la Bibbia, e ricordo che fra tutti gli anziani era quello che mi piaceva di più poiché non dondolava la testa, né tremava, né declamava in modo piagnucoloso come alcuni degli altri.

3. *Proc. of the Royal Inst. of G. B.* V, 214 (1868).
4. Alcuni sono ancora in uso alla *Royal Institution* nell'appartamento del Direttore al secondo piano e negli uffici e nei settori destinati al pubblico.
5. Il suo vigore fisico non lo abbandonò mai. In qualità di consigliere della *Trinity House* era chiamato ad eseguire sopralluoghi

presso i fari. All'età di settant'anni sfidò neve e tempesta, attraversò campi e siepi, e sopportò altri disagi pur di adempiere al suo dovere.

6. Vedi per esempio H. Marryat, *The Times*, 21 settembre 1931; G.A. Cantor, *B.J. H. S.*, 22, 433 (1989); H.T. Pratt, Amer. Chem. Soc. Meeting, Atlanta, aprile 1991 (riassunto).
7. Dal 1830 al 1833 Faraday pagò il salario di Anderson di tasca propria. Successivamente la *Royal Institution* lo remunerò come assistente fino alla sua morte che avvenne circa vent'anni dopo.
8. Ecco il testo della lettera che Faraday inviò al Direttore del *Times* il 7 luglio 1855:

Signore, oggi ho percorso su un battello a vapore il tratto di Tamigi fra Londra e Hungerford Bridges, fra le una e mezzo e le due del pomeriggio. L'acqua era bassa e penso che la corrente fosse prossima a cambiare direzione per la marea. L'aspetto e l'odore dell'acqua hanno richiamato subito la mia attenzione. Tutto il fiume si presentava come un fluido opaco di colore marrone chiaro. Per verificare il grado di opacità, tagliai alcuni fogli di carta bianca in pezzetti più piccoli, quindi li inumidii affinché potessero facilmente penetrare nell'acqua, e infine immersi nell'acqua del Tamigi alcune di queste strisce di carta ad ogni banchina presso cui il battello si arrestava. Prima che il livello di immersione raggiungesse un pollice, la parte nell'acqua delle strisce diventava invisibile, benché il sole brillasse alquanto; e quando le strisce di carta furono inclinate di taglio la parte inferiore diventava nascosta alla vista prima che la parte superiore finisse immersa nell'acqua.

Questo si verificò al molo di Saint Paul, al ponte dei Frati Neri, al pontile di Temple, al ponte di Southwark, e a Hungerford, e non ho dubbio che stessa cosa sarebbe accaduta in altre località a monte e a valle di queste. In prossimità dei ponti il fetidume si accumulava in nubi così dense che erano visibili in superficie anche con acque così sporche.

L'odore era terribile ed onnipresente. Era dello stesso tipo di quello che attualmente si sprigiona dai tombini delle strade. Tutto il fiume era in quel momento una vera e propria fogna. Probabilmente, essendo appena rientrato dalla campagna dove l'aria è particolarmente fine, rimasi impressionato dal fenomeno più degli altri; ma non penso che con quell'aria fetida avrei potuto proseguire sul battello fino a Chelsea o a Lambeth, e fui ben contento quindi di rientrare in città e

camminare per le strade respirando un'atmosfera che, escludendo le vicinanze dei tombini, trovai molto più salubre di quella che si respira sul fiume.

Ho ritenuto che fosse doveroso registrare questi fatti, per poterli poi portare all'attenzione di coloro che esercitano il potere politico, o che hanno responsabilità in relazione allo stato di salute del nostro fiume. Non vi è niente di metaforico nelle parole che ho impiegato, né alcuna esagerazione di tono. Quanto ho scritto è la pura verità.

Al fiume che attraversa Londra per così tante miglia non dovrebbe certamente essere consentito di diventare una fogna in fermentazione, se ci fosse sufficiente autorità per obbligare la rimozione di uno stagno putrescente nei dintorni di poche abitazioni fatiscenti. Può darsi che lo stato in cui io ho visto il Tamigi sia eccezionale, ma ciò dovrebbe comunque essere considerata una situazione intollerabile; invece temo che stia divenendo rapidamente la condizione generale. Se trascuriamo questo problema, non possiamo attenderci di farlo impunemente; né ci dovremo sorprendere se un bel giorno, di qui a pochi anni, la triste prova della follia della nostra negligenza sarà sotto gli occhi di tutti.

9. Vedi *Scientific Monthly*, settembre 1956, 145.
10. Vedi C.J. Webb e I. B. Cohen, *Nature*, 157, 196 (1946); e R.A. Gregory, *Nature*, 157, 305 (1946).
11. *Proc. Camb. Phil. Soc.*, X, Part I, (1856).

## Capitolo 7

### L'influenza di Faraday sulla *Royal Institution*

La sera del 24 febbraio 1978 alle nove in punto Sir Ernest Gombrich, il grande storico dell'arte originario di Vienna, iniziò la sua conferenza dal titolo 'L'esperimento e l'esperienza nelle arti' con le seguenti parole:

Immaginare che qualsiasi evento di questo mondo non scompaia senza lasciare traccia e che persino le parole pronunciate in una certa stanza continuino a riverberare, sempre più flebilmente, molto tempo dopo che la loro eco si è affievolita suscita in me una piacevole impressione. Se ciò fosse vero allora uno strumento ultra-sensibile potrebbe essere tutt'ora in grado di captare l'eco delle parole che risuonarono proprio in questa sala, un po' meno di 142 anni fa, e di cogliere in esse quella che immagino fosse una forte inflessione dell'accento del Suffolk, così differente dal mio. 'La pittura è una scienza – potreste udire da quella voce – e dovrebbe essere coltivata come un'indagine sulle leggi della Natura. Perché, allora, non considerare la pittura paesaggistica come un ramo della filosofia della natura, i cui quadri cos'altro sono se non gli esperimenti?' L'artista che sentiva così il richiamo dell'atmosfera di questo luogo era John Constable e l'occasione era l'ultima delle quattro conferenze che tenne alla *Royal Institution* nell'aprile del 1836, il cui invito è ancora visibile nella biblioteca di questa istituzione.

L'esordio evocativo di Gombrich ci ricorda che in pratica qualsiasi scienziato vivente potrebbe iniziare la propria Conferenza del Venerdì Sera plagiando un po' le parole di Gombrich, con

**Royal Institution of Great Britain,**  
ALBEMARLE STREET.

23d April, 1836.

SYLLABUS  
OF A COURSE OF LECTURES  
ON THE  
HISTORY OF LANDSCAPE PAINTING,  
BY  
JOHN CONSTABLE, Esq. R. A.

*To be delivered on the following Thursdays at Three o'Clock.*

LECTURE I. May 26.—The real Origin of Landscape—Coeval in Italy and Germany in its rise and Early progress—Further Advanced in Germany in the Fifteenth Century—Albert Durer—Influence of his Works in Italy—Titian—impressed by them and in his hands Landscape assumed its real dignity and grandeur—and entitled him to the appellation of the “*Father of Landscape*”—the “*St. Peter Martyr*.”

LECTURE II. June 2.—Establishment of Landscape—the Bolognese School—by this School Landscape first made a distinct and separate Class of Art—the Sixteenth and Seventeenth Centuries—the Caracci—Domenichino—Albano—Mola—Landscape soon after perfected in Rome—the Poussins—Claude Lorraine—Bourdon—Salvator Rosa—The “*Bambocciate*”—Peter de Laar—Both—Berghem—the deterioration of Landscape—its Decline in the Eighteenth Century.

LECTURE III. June 9.—Landscape of the Dutch and Flemish Schools—emanates from the School of Albert Durer—forming separate and distinct branches—Rubens—Rembrandt—Ruysdaal—Cuyp—the marks which characterize the two schools—their decline also in the Eighteenth Century.

LECTURE IV. June 16.—The decline and revival of Art—imitation of preceding excellence the main cause of the decline—opposed to original Study—the Restoration of Painting takes place in England—Reynolds—Hogarth—West—Wilson—Gainsborough—when Landscape at length resumes its birthright—and appears with new powers.

Gentlemen as well as Ladies are admitted as Subscribers to the Lectures on payment of Two Guineas for the Season, or One Guinea each Course.

London: William Nicol, Printer to the Royal Institution.

FIGURA 43 – Programma del corso di conferenze tenute dal pittore di paesaggi John Constable alla *Royal Institution* nel 1836.

le opportune variazioni di nomi e situazioni: astronomi, botanici, chimici, dermatologi e avanti in ordine alfabetico fino agli zoologi potrebbero citare la sera in cui gli eroi, o i fondatori ed i protagonisti della loro disciplina hanno parlato alla *Royal Institution*, giacché quasi tutti i più grandi scienziati del XIX secolo, e una buona parte dei giganti della prima metà del XX secolo, vi tennero Conferenze e lasciarono impressione duratura. L'elenco di questi Conferen-

ziosi si estende anche ad artisti, architetti, esploratori, giuristi, musicisti e parlamentari. È ben noto che gli oratori che attualmente vengono invitati a partecipare nell'ambito della programmazione odierna delle Conferenze sono portati a meditare sulla successione apparentemente senza fine di tutti gli illustri predecessori e può accadere che ne siano intimiditi oppure ispirati. Questi includono il primo vincitore svedese del Premio Nobel, Svante Arrhenius (1857-1927) il quale, nel 1911, prese in considerazione le 'Applicazioni della chimica fisica alla teoria dell'immunità, degli antigeni e degli anticorpi'; l'Astronomo di Corte del suo tempo e Presidente della *Royal Society*, Sir George Airy, che nel 1851 descrisse l'eclisse totale di sole verificatasi nel mese di luglio di quell'anno; Alfred Austin, il giornalista divenuto esperto di legge che era succeduto a Tennyson in qualità di 'Poeta Laureato' e che aveva tenuto una Conferenza nel 1904 sul tema 'La crescente avversione nei confronti delle forme più elevate della poesia'; il critico Matthew Arnold (1822-1888) che nel marzo 1884 catalizzò l'attenzione di un uditorio eccezionale (868 presenze) allorché parlò su 'Emerson'; e uno dei pionieri della fisica, F.W. Aston (1877-1945) che nel 1921 mostrò con quanta eleganza il suo spettrometro di massa fosse in grado di identificare gli isotopi di elementi gassosi quali l'argon e il neon. Passando alla seconda lettera dell'alfabeto possiamo notare che l'ingegnoso fisiologo indiano esperto di fisiologia comparata, Jagadis Chunder Bose (1858-1937) nel 1914 trattò il tema delle 'Piante autografe e loro metabolismo'; che il pittoresco esploratore Samuel White Baker (1821-1893) discusse sulla 'Sorgente del Nilo' alla cui scoperta nel 1866 aveva grandemente contribuito; che il genetista William Bateson (1861-1926), divenuto il primo Direttore dell'Istituto di Orticoltura John Innes e attivo nel recuperare dall'oblio il lavoro originario di Mendel, nel 1916 parlò su 'Quindici anni di Mendelismo'; che Henri Becquerel descrisse, nel 1902 (in francese), la sua scoperta della radioattività; che l'inventore americano di origine scozzese Alexander Graham Bell (1847-1922) disquisì su 'Linguaggio' nel 1878; che il fisico inglese Charles Barkla, vincitore del Premio Nobel nonché corista, tenne una Conferenza sui raggi X nel 1916; e che nel periodo che va dal 1911 fino addirittura al 1960 Sir William e Sir Lawrence Bragg, ora l'uno ora l'altro, riuscirono a trattare moltissimi aspetti della scienza cristallografica e tanti altri argomenti ancora, in una fantastica serie di circa cinquanta Conferenze.

Per circa due secoli la *Royal Institution* ha avuto un ruolo storico fondamentale per la vita culturale e scientifica della Gran Bretagna. Per più di un quarto di questo lungo periodo le opere di questa Istituzione e le sue politiche hanno rispecchiato il genio di Michael Faraday. Dalla sua fondazione la *Royal Institution* è sempre rimasta indipendente e non ha mai ricevuto, né riceve tutt'ora, alcun finanziamento diretto da parte del governo. Il suo successo e la propria esistenza derivano unicamente dalle risorse economiche che i suoi Membri e numerose organizzazioni private che hanno a cuore le scoperte scientifiche e la loro divulgazione erogano a favore degli scienziati e del personale tutto che ivi operano. È indiscutibilmente il più famoso 'teatro' di scienza al mondo, in larga misura grazie alla personalità di Humphry Davy (lo straordinario Direttore che la guidò poco dopo la sua nascita), e soprattutto grazie alle tradizioni iniziate e poi perfezionate da Faraday e successivamente mantenute in vita con devozione dai suoi eminenti successori e sostenitori.

Un'idea dello spettro di temi che Faraday portò all'attenzione dei frequentatori della *Royal Institution* si può desumere dall'elenco degli argomenti trattati da lui medesimo e da tutti coloro che furono da lui invitati a tenere le Conferenze del Venerdì Sera (vedi Appendici I, III e IV). Le tematiche scelte da Faraday durante gli ultimi ventisette anni della sua direzione (vedi Appendice IV) andarono ben al di là del panorama dei suoi interessi scientifici (confrontare l'Appendice IV con le Appendici I e III); e, giudicando dal numero dei partecipanti, la sua popolarità come oratore raggiunse un livello che nessuno è mai riuscito a superare.

Fu Faraday stesso a stabilire il tono delle Conferenze del Venerdì Sera e le abitudini glorificate dal tempo che si svilupparono durante la seconda metà del XIX secolo sono a tutt'oggi conservate. Alle nove in punto, l'oratore, tolto dall'isolamento 'carcerario' appena qualche minuto prima, fa ingresso nell'anfiteatro senza essere annunciato. I presenti vestono abiti formali come ad una rappresentazione lirica e, dopo la Conferenza che dura un'ora esatta, il Conferenziere viene fatto uscire dal Direttore. I Membri della *Royal Institution* e gli ospiti conversano fra loro mentre viene servito un buffet e possono altresì prendere visione di documenti od oggetti particolari (sulle tematiche della Conferenza) esposti all'interno della meravigliosa biblioteca – di dimensioni tutto sommato modeste (ora non più a due file di scaffali sovrapposti come mostrato nella Figura 5), ma ugualmente invitante e immersa

in un'atmosfera che emana un senso profondo di storia vissuta<sup>2</sup>. Possono infine visitare il museo di Faraday che conserva le sue strumentazioni scientifiche, i suoi campioni, appunti originali e medaglie, oppure passeggiare anche in altre stanze ricche di ritratti e vestigia di epoche anteriori.

Come rivelano i titoli delle Conferenze tenute negli anni 1832-1862 (vedi Appendici I, III e IV), fu proprio un costume dovuto a Faraday quello di coprire un'ampia gamma di argomenti in ciascuna delle serie stagionali di Conferenze. Faraday stesso abbracciò molteplici temi, talvolta consigliato e guidato dai suoi colleghi più vicini, che furono gli amici Hulmandell, il litografo, e Wheatstone il quale, essendo timido (vedi pag. 71), preferiva che fosse Faraday ad illustrare al suo posto scoperte ed invenzioni di cui era stato autore. Faraday riuscì anche a convincere molti dei suoi eminenti contemporanei a tenere Conferenze. A titolo di esempio, George Gabriel Stokes (1819-1903), di origine irlandese, filosofo naturalista di Cambridge e Professore Lucasiano di Matematica, nel febbraio 1853 tenne la prima dimostrazione pubblica del fenomeno della fluorescenza che egli stesso aveva scoperto. Poco più tardi, Warren De La Rue (1815-1889), pioniere nel campo della fotografia astronomica, mostrò i risultati raccolti durante la spedizione spagnola (1860) organizzata per studiare l'eclissi, con i quali si provava che le fiamme rosse note come 'protuberanze' avevano origine solare e non lunare. Lo stesso Faraday fornì una delle prime dimostrazioni pubbliche di fotografia durante una Conferenza tenuta in collaborazione con Fox Talbot. Per la verità il primo flash elettrico fotografico fu registrato proprio quella notte nell'anfiteatro delle conferenze. W.H. Fox Talbot (1800-1877), uno dei fondatori della fotografia, condusse una parte del suo lavoro alla *Royal Institution*. Termina una sua lettera a Faraday, il 15 giugno 1851, con queste parole:

Se davvero una rappresentazione fotografica veramente istantanea di un oggetto non è mai stata ottenuta prima (ed io penso che sia proprio così), allora sono contento che sia stata realizzata per la prima volta alla *Royal Institution*.

Alla *Royal Institution* (che oggi è in parte università, in parte museo, in parte centro di ricerca, e poi anche aule, biblioteca, club, spazio mostre, centro di radiodiffusione oltre a tante altre

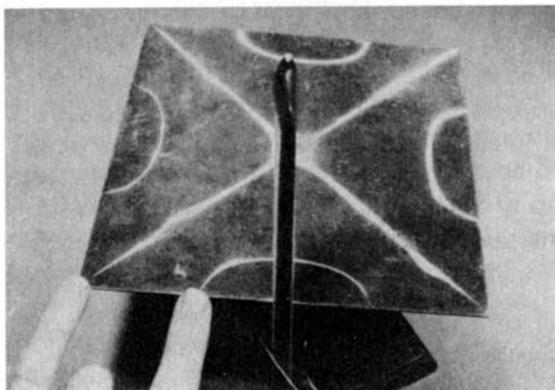
cose) il luogo dove più di ogni altro Membri e visitatori avvertono più profondamente la consapevolezza della continuità della vita e del genio di questo scienziato e del luogo dove operò è sicuramente l'anfiteatro principale per le conferenze<sup>3</sup> nel quale Faraday fu regista, nell'arco di più di mille occasioni, della rappresentazione di innumerevoli dimostrazioni scientifiche ricche di eleganza, nonché di memorabili esposizioni orali, sia ad opera sua che di altri. Un esempio pionieristico circa l'impiego dell'anfiteatro delle conferenze in qualità di studio radiodiffusivo si realizzò esattamente a mezzanotte fra il 26 e il 27 gennaio 1987 allorché il Direttore della Ricerca della *British Petroleum Company*, il Professor John Cadogan (ora Sir) presentò una conferenza-dimostrazione via satellite per il Convegno Annuale dell'Associazione Australiana e Neo-Zelandese per il Progresso della Scienza che si teneva a Palmerston in Nuova Zelanda. Duecento persone assisterono alla *Royal Institution* alla conferenza-dimostrazione sul tema 'Aspetti di una ricerca da parte di un gigante del petrolio: dalla scienza pura al profitto' ed altre cinquecento poterono ugualmente ascoltare la Conferenza nella lontana Nuova Zelanda<sup>4</sup>.

Ma ciò che suscita un senso di umiltà nei conferenzieri che dopo Faraday si sono succeduti non va cercato solo nella popolarità o nell'eccezionale numerosità delle sue straordinarie conferenze alla *Royal Institution*; dobbiamo ravvisarla anche nell'accuratezza con cui Faraday verificava e ricontrollava i suoi esperimenti prima di esporli all'attenzione del pubblico.

Sir George Porter (successivamente divenuto Lord), uno dei più perfetti conferenzieri sperimentali del mondo, ci narra una storia interessante che getta luce su queste qualità di Faraday.

Poco dopo il mio arrivo alla *Royal Institution* dove andavo ad occupare la Cattedra di Chimica, fondata originariamente da Faraday, tenni una Conferenza per le Scuole sul legame chimico. Per dimostrare la similitudine fra la forma delle onde stazionarie e quelle rappresentative degli elettroni negli atomi impiegai la famosa piastra metallica di Chladni sulla quale si cosparge della sabbia che, una volta che la piastra sia fatta vibrare mediante un arco da violino, tende ad accumularsi nei nodi delle onde stazionarie. Il nostro primo violino, Sig. Coates qui presente, evidenzierà queste figure nodali. [Vedi Figura 44].

(a)



(b)

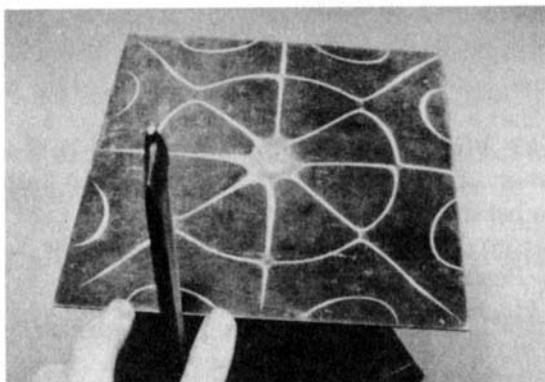


FIGURA 44 – Quando la sabbia viene sparsa su una sottile piastra metallica (Chladni) e questa viene fatta vibrare toccandone un bordo con un arco di violino ‘sonoro’, si producono delle figure acustiche simmetriche che Faraday studiò nel 1831. Le frequenze impiegate in (a) e (b) sono rispettivamente 1200 e 3828 cicli per secondo (tratto Da Charles Taylor, *The Art of Science of Lecture Demonstration*, Adam Hilger, 1988).

A questo punto accadde qualcosa di assolutamente inaspettato. Togliemmo la sabbia e il Signor Coates mi dette della polvere di talco da mettere al posto della sabbia sulla piastra: ci dovevamo ragionevolmente attendere che il talco

si sarebbe comportato in modo analogo. E invece ciò non avvenne: infatti il talco si comportò in modo diametralmente opposto andando ad occupare gli antinodi laddove l'oscillazione della piastra era massima – come si può vedere il talco va a sistemarsi proprio negli spazi che si trovano fra le linee occupate prima dalla sabbia. Invitai il mio collega, il Professor King, ad essere testimone di questo fenomeno straordinario, ma egli non si mostrò particolarmente impressionato, né sorpreso, poiché, mi disse, un resoconto completo ed una spiegazione esaustiva dell'effetto erano già stati pubblicati circa un secolo prima. L'autore? Sì, proprio Michael Faraday, nelle *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 1831. In questo articolo Faraday descrisse 129 esperimenti concernenti tutti gli aspetti di queste piastre vibranti e mostrò che, mentre le particelle di sabbia più pesanti vanno a depositarsi nei nodi, la polvere più leggera di talco va a finire negli antinodi trascinata dalla corrente d'aria che si crea nel momento in cui la piastra si alza nella sua oscillazione. Ed allora Faraday, che non si accontentava mai di ipotesi e prove parziali, mise a punto una prova definitiva eseguendo lo stesso esperimento nel vuoto e mostrando che in questo caso la polvere di talco più leggera si comportava esattamente nello stesso modo della sabbia più pesante.

Fra le numerose personalità che Faraday invitò a tenere le Conferenze durante la sua direzione alla *Royal Institution* due meritano un'attenzione speciale: Charles Piazzi Smith (1819-1900) e William Robert Grove (1811-1896). Questi furono veramente due personaggi di notevole anticonformismo, con Grove che, fra l'altro, era stato amico carissimo dell'appariscente William Henry Smith padre di Charles Piazzi.

Charles Piazzi Smith, che fu per quarant'anni l'Astronomo di Corte per la Scozia, fu una delle personalità più pittoresche nel mondo della scienza Britannica del XIX secolo. Oltre ad essere un astronomo ed uno spettroscopista, fu anche un pioniere della fotografia, della meteorologia, della metrologia, fu artista, viaggiatore, scrittore e studioso delle piramidi egizie, ritenendo che vi fosse un qualche significato mistico nelle dimensioni della Grande Piramide di Giza in Egitto.

Piazzi Smith dette un contributo di fondamentale importanza nel suo campo, difendendo strenuamente la cosiddetta 'astronomia di montagna'. Nel 1856 fece un esperimento di astronomia, del



FIGURA 45 – William Henry Smith, amico di W.R. Grove e padre di Charles Piazzi Smith. Ogni lettera che egli scriveva al suo amico recava un'appropriata vignetta. (Vedi Figura 50). (Da *The Peripatetic Astronomer; The Life of Charles Piazzi Smith* di H. A. Brück e M. T. Brück (Adam Hilger, Bristol, 1988)).

quale parlò alla *Royal Institution* nella sua Conferenza del 5 marzo 1857, dall'alto del Picco di Tenerife dimostrando che – prendendo a prestito le parole di Isaac Newton – il futuro delle osservazioni astronomiche non può che essere destinato a realizzarsi in 'atmosfera nitide al di sopra delle nubi più dense'. L'abitudine ormai consolidata che gli astronomi ottici, ma anche gli astronomi più in generale, hanno di sistemare i loro osservatori ad elevate altitudini, una pratica oggi diffusa in tutto il mondo e che porta ad una regolare migrazione degli astronomi verso località di grande attrattiva climatica in California, nelle Isole Canarie e alle Hawaii, risale proprio alla pionieristica spedizione originale di Piazzi Smith alle Isole Canarie. Fu il primo astronomo peripatetico<sup>5</sup>.



FIGURA 46 – Charles Piazzi Smith, il primo degli astronomi peripatetici. (Da *The Peripatetic Astronomer; The Life of Charles Piazzi Smith* di H.A. Brück e M.T. Brück (Adam Hilger, Bristol, 1988)).

William Robert Grove (vedi pag. 116), un insigne giurista nonché uomo di scienza, morì nel 1896 all'età di 86 anni. Nacque a Swansea, figlio di John Grove, magistrato e vice-luogotenente della Contea di Glamorgan. Ricevette la sua prima istruzione dal Rev. Eli Griffiths prima di recarsi in tenera età al *Brasenose College* di Oxford, dove conseguì la laurea nel 1830. Fu chiamato a far parte dell'Ordine degli Avvocati a Lincoln' Inn nel 1835, ma a causa di cattive condizioni di salute non poté esercitare attivamente la professione per svariati anni.

Durante questo periodo si dedicò ad eseguire ricerche scientifiche sull'elettricità e nel 1839 riuscì a progettare e costruire la potente batteria che porta il suo nome (Figura 48). L'anno seguente fu designato Professore di Filosofia Sperimentale alla *London Institution*,

un'Istituzione non più esistente. (L'edificio in cui ebbe sede questa Istituzione è oggi occupato dalla Scuola di Studi Orientali ed Africani di Londra). Fu durante i sette anni in cui tenne questo incarico alla *London Institution* che gettò le fondamenta per la reputazione di scienziato fisico che successivamente acquistò in Europa.

La sua serie di Conferenze del 1842 ebbe ad oggetto le idee pionieristiche (congruenti con quelle di Faraday) concernenti la



FIGURA 47 – Vignetta di Smith Piazza il Giovane (SPY, Y sta per *Young*, n.d.t.) raffigurante William Robert Grove, giudice prestatato alla scienza, a cui si attribuisce l'enunciazione del Primo Principio della Termodinamica. La vignetta, pubblicata su *Vanity Fair*, a mo' di satira venne intitolata 'Elettricità Galvanica'.

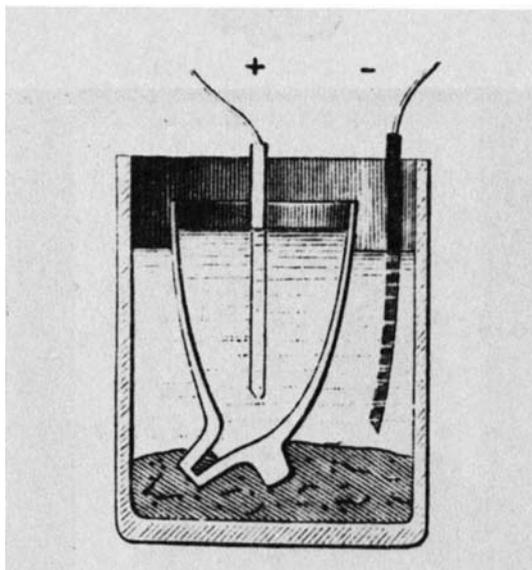


FIGURA 48 – La batteria primitiva progettata da W.R. Grove nel 1839 era costituita da un certo numero di piccole celle contenute in un recipiente di vetro, con gli elettroliti (le soluzioni conduttrici) separate mediante fornelli di pipa di terracotta staccati dalla cannuccia. Il polo positivo era zinco immerso in acido solforico diluito, e quello negativo platino immerso in acido nitrico concentrato. Questa batteria erogava circa 2 Volts. Questo è ciò che Faraday e gli altri intendevano quando parlavano della pila ad intensità di Grove.

convertibilità delle varie forze naturali. Fu in questa occasione che enunciò il concetto di conservazione dell'energia (il Primo Principio della Termodinamica). Il suo saggio sulla 'Correlazione delle forze fisiche' pubblicato nel 1846 fece epoca. Tenne la Conferenza *Bakerian* alla *Royal Society* nel 1847 sul tema 'Accensione voltaica' e sulla decomposizione dell'acqua nei suoi componenti gassosi da parte di un filo di platino riscaldato, grazie alla quale chiari assai la natura dei fenomeni catalitici. (Un filo di platino riscaldato facilita altresì la contemporanea scomparsa di idrogeno ed ossigeno a formare acqua. Un catalizzatore pertanto ha l'unica funzione di agevolare il raggiungimento dell'equilibrio).

La cella di Grove (Figura 48) non è da confondersi con l'altretanto famosa 'batteria a gas', o cella a combustibile, che per primo

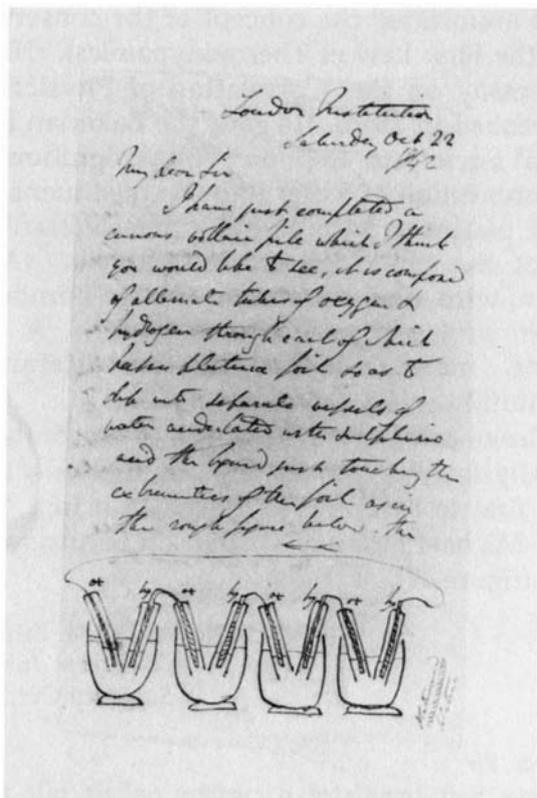


FIGURA 49 – La famosa lettera scritta da Grove a Faraday nell'ottobre del 1842. Vi si legge una descrizione di ciò che Grove chiamò una 'batteria a gas', che, di fatto, è la prima cella a combustibile. L'idrogeno e l'ossigeno sono 'bruciati' lentamente grazie ad un meccanismo elettrochimico, con conseguente generazione di voltaggio. (Oggi giorno banchi di celle a combustibile (di Grove) basati su questo principio sono di grande importanza pratica per la generazione di elettricità direttamente da reazioni chimiche. Il combustibile per i veicoli del futuro potrebbe funzionare sulla base di questo principio; questo già si realizza con gli analizzatori dell'espriato (per alcol) (i cosiddetti 'palloncini' della polizia stradale, n.d.t.).

egli mise a punto. Descrisse questa invenzione in una lettera piena di fascino indirizzata a Michael Faraday e scritta sabato 22 ottobre 1842 (Figura 49). Vi si legge:

DA W. R. GROVE A M. FARADAY  
*London Institution*  
 Sabato 22 ottobre 1842

Mio caro Signore,  
 ho appena terminato la messa a punto di una curiosa pila voltaica che penso Le piacerebbe vedere, è costituita da una serie di coppie di provette riempite alternativamente di ossigeno ed idrogeno all'interno di ciascuna delle quali è sistemata una sottile lamina di platino in modo tale che ciascuna lamina risulti immersa in recipienti separati di acqua acidulata con acido solforico con la soluzione che tocca le estremità delle lamine così come schematicamente riportato nella figura qui sotto.

La lamina di platino è platinizzata in modo tale che, per attrazione capillare, espone una maggior superficie di [liquido] al gas, e con 60 di queste coppie alternate mi procuro una spiacevole scossa e decompongo non soltanto lo ioduro di potassio ma anche l'acqua così facilmente che un continuo flusso di finissime bolle sale da ciascuno degli elettrodi. Così l'acqua viene decomposta grazie ai suoi stessi costituenti – né viene impiegato alcun metallo ossidabile. Ho invertito le provette ed ho tentato di realizzare tutti gli esperimenti in senso contrario ma i fenomeni si mostravano troppo marcati rendendo possibile, credo, il verificarsi di errori. Oggi c'era con me il Signor Gassiot che ha assistito agli esperimenti. Mi sarebbe gradito, qualora Le vada bene, se potesse privarsi di un'ora del Suo tempo martedì della settimana prossima, o un altro giorno tranne mercoledì, in qualsiasi momento dalle undici alle tre del pomeriggio per farmi una visita al Laboratorio della London Institution. Non posso che considerare l'esperimento come veramente importante sotto due punti di vista, da un lato per le teorie chimiche e di altro tipo circa le pile, dall'altro per gli effetti catalitici associati alla reazione dei gas sulla superficie del platino.

Mio caro Signore, con sincera cordialità  
 il Suo devotissimo  
 W. R. Grove

Nel corso della sua Conferenza alla *Royal Society* tenuta l'11 maggio 1843 Grove descrisse ulteriori caratteristiche della sua 'curiosa pila Voltaica' (o batteria Voltaica a gas).

La lamina di platino a contatto con l'ossigeno di una provetta di una coppia era connessa per via metallica alla lamina di platino a contatto con l'idrogeno della coppia di provette seguente, e si formava pertanto una serie voltaica di cinquanta coppie. Con questa batteria si producevano i seguenti effetti:

Si generava una scossa che poteva essere avvertita da ben cinque persone che si tenessero per mano; e fra due elettrodi di carbone si poteva osservare bene una scintilla brillante anche in piena luce diurna.

A Grove piaceva alquanto esibirsi in dimostrazioni spettacolari, talvolta anche esagerate. Durante la prima delle sue quattordici Conferenze alla *Royal Institution*, il 13 marzo 1840, arrivò quasi a bruciare le dita di Faraday, che in detta occasione si era prestato volontariamente a fargli da assistente! Così si legge nel fascicolo di *The Annals of Electricity, Magnetism and Chemistry* dell'aprile 1840 e sul *Guardian of Experimental Science*, una rivista a cura di William Sturgeon:

Il Signor Grove ha quindi riferito sulla sua batteria 'ad intensità' che occupa soltanto una superficie quadrata con il lato di 16 pollici (un quadrato di lato circa 40,64 cm per una superficie totale di circa 1.652 cm<sup>2</sup>, n.d.t.). Le celle erano alte 4 pollici e consistevano in 50 coppie di lamine di platino ciascuna di 2×3 pollici (un pollice è circa 2,54 cm, n.d.t.), con doppio amalgame di zinco. Grazie a questa batteria ad intensità, relativamente modesta di dimensioni, si poteva vedere fra gli elettrodi a carbone un arco voltaico, lungo circa 1,25 pollici, che fondeva una sbarretta di ferro larga e spessa. Il Signor Faraday prestò al Conferenziere il suo temperino, e la spessa lama di questo deflagrò all'istante, esibendo uno splendido diluvio di microframmenti di acciaio sfavillanti. Successivamente furono sottoposti all'azione della batteria pezzetti di dimensioni cospicue di zinco, rame, ferro dolce, etc., e il risultato fu una serie ancora più fantastica di combustioni, con formazione di lampi luminosi il cui colore dipendeva dal tipo di metallo utilizzato.

Sturgeon (1783-1850) fu elettricista ed inventore. Di umili origini Sturgeon ebbe una tarda formazione in lingue e scienze naturali in quanto prima prestò servizio militare in qualità di soldato semplice. Lasciò l'esercito nel 1820, mise su un'attività come costruttore di imbarcazioni a Woolwich, dove successivamente conobbe Faraday. Nel 1824 divenne Professore di Scienze al *Royal Military College*. Quindi si trasferì a Manchester, ma nel frattempo era stato fra i primi a costruire un motore elettrico sfruttabile. Grove ritornò alla professione giuridica e diventò un Membro del Queen's Council nel 1853, e infine giudice nel 1871. Le sue conoscenze scientifiche specifiche lo aiutarono molto allorché si trovò a dirimere contenziosi legati a contraffazioni di brevetti. Fu uno dei membri costituenti della *Chemical Society*, e Vice-Presidente della *Royal Society* e della *Royal Institution*. Fu anche un astronomo dilettante molto perspicace, e un forte sostenitore della *British Association* della quale divenne Presidente in occasione del Convegno di Nottingham del 1866.

Nel marzo 1891 Grove tenne un discorso memorabile per il cinquantenario della *Chemical Society*, durante il quale ricordò di essere stato uno dei membri costituenti della società, e di aver presenziato alla conferenza tenuta da John Dalton alla *Royal Institution* il 9 maggio 1834 sul tema 'Sulla teoria atomica dei vapori'. Durante questa prolusione si rimproverò altresì di non aver scoperto lo spettroscopio.

Io avevo osservato che metalli diversi bruciati nell'arco Voltaico producevano spettri con linee differenti a seconda del metallo, e se avessi avuto un pizzico d'intuito in più avrei dovuto cogliere l'essenza del processo inverso – ossia che sostanze diverse, per combustione, mostrano nelle loro linee spettrali gli elementi di cui sono composte.

Se avesse sfruttato questa percezione anni addietro, avrebbe sopravanzato i grandi chimici tedeschi Bunsen e Kirchhoff, comunemente noti come i progenitori della spettroscopia moderna. Nel corso della stessa manifestazione per il cinquantenario della *Chemical Society* Grove ebbe ad affermare: 'Per quanto mi riguarda, devo dire che la scienza generalmente cessa di interessarmi nel momento in cui diviene utile'. Ironia della sorte volle che buona parte della sua opera scientifica abbia condotto a ricadute applica-

tive importanti. Eppure il suo contributo al concetto di conservazione dell'energia, del quale era giustamente orgoglioso (pag. 138), fu ampiamente oscurato dal lavoro di altri, Faraday compreso.

Grove e il padre di Piazzi Smith W.H. Smith furono amici carissimi, accomunati dalla passione per l'astronomia e dalle attrazioni più particolari delle cene del club della *Royal Astronomical Society*. Ce-



FIGURA 50 – Copia di una delle lettere che W.H. Smith scrisse a W.R. Grove, in cui si lamenta per aver perso l'opportunità di una perfetta serata per le divertenti osservazioni astronomiche (dagli archivi della *Royal Institution*). Nella lettera si legge:

Non hai idea, mio caro, del dispiacere che ho provato quando ho visto l'atmosfera trasparente di questa sera, né di quanto mi sia aspramente rimproverato per non essere in questo preciso momento insieme a te a fare il nostro dovere a Hartwell, con una notte veramente rara da incontrare. Ti ho cercato nel tuo ritiro silvestre di Hare Court per mettersi d'accordo sul da farsi, ma non avendoti trovato, ho lasciato che il mio tempo venisse assorbito da impegni assai secondari.

navano regolarmente insieme dopo le riunioni. Spesso si ritiravano nella solitudine della Hartwell House nel Buckinghamshire dove, sotto la supervisione di Smith, era stato costruito un bell'osservatorio astronomico. Gli archivi della *Royal Institution* conservano molte lettere originali spedite a Grove da W.H. Smith, che aveva l'affettuosa abitudine di includere nella lettera una vignetta rappresentativa del suo stato d'animo al momento della scrittura della lettera. Lo stile di Smith è caratteristico di quell'epoca (Figura 50). Gli archivi contemplano anche una ricca collezione di lettere ricevute da Grove da parte di Charles Wheatstone e di W.X. Fox Talbot (vedi pag. 131).

Quando Fox Talbot scrive a Grove, dall'Hotel d'Europa a Venezia il 17 luglio 1868, allude alle ragioni che lo spinsero a declinare la Presidenza della *British Association* per l'anno 1869.

Gli ho espresso i miei ringraziamenti per il grande onore che mi è stato concesso dalla Società nel selezionarmi come possibile Presidente per il 1869, ed anche il mio rammarico per il fatto che non posso assolutamente accettare. In effetti non sono in grado di prevedere se sarò in Inghilterra in quel periodo, a causa delle precarie condizioni di salute di alcuni miei familiari che richiederanno la mia presenza all'estero e, sebbene io spero di poter far visita in Inghilterra di quando in quando, cionondimeno può capitarmi di essere richiamato all'estero in qualsiasi momento senza preavviso. Pertanto mi trovo impossibilitato a prendere qualsiasi impegno continuativo.

### *La conservazione della tradizione di Faraday*

John Tyndall (1820-1893), grande Irlandese, fu chiamato alla *Royal Institution* dal lungimirante segretario di questa Istituzione, il medico Henry Bence Jones (1813-1873), oggi ricordato per le proteine che portano il suo nome, nonché per il libro *The Life and Letters of Faraday* che curò nel 1870. Di ritorno in Gran Bretagna dopo un periodo di studio sotto la guida di Bunsen all'Università di Marburg in Germania, Tyndall fu presto nominato Professore di Filosofia Naturale alla *Royal Institution*. In breve lui e Faraday, ormai invecchiato, divennero stretti collaboratori e colleghi.

Tyndall divenne uno scienziato di fama e mantenne le migliori tradizioni della *Royal Institution* come centro di ricerca: spiegò

i movimenti dei ghiacciai, fu il primo a misurare l'assorbimento e l'emissione radiativi di calore da parte di gas e vapori ed anche il primo a identificare l'effetto serra. Fu anche un vero pioniere nello studio dei fenomeni di diffusione della luce da parte di particelle fini sospese nell'aria, ed in questo ambito è ricordato per aver dato nome all'effetto Tyndall. Al pari di Pasteur ebbe un ruolo importante nel mettere a tacere la subdola controversia relativa alla creazione spontanea – la dottrina secondo cui gli essere viventi sono generati, non grazie a normali processi riproduttivi da genitori simili, bensì *ex novo* da movimenti e perturbazioni che si verificano nella materia organica in decomposizione. Il lavoro di Tyndall sulla polvere e sui batteri presenti nell'aria, parte del quale fu eseguito al Giardino Botanico di Kew e sul tetto della *Royal Institution*, condusse alla messa a punto di una nuova metodica detta appunto Tindallizzazione. È questo il processo relativo ad una sterilizzazione discontinua a temperature moderate: si dimostrò di notevole valore ai primordi della batteriologia. Tyndall fu anche un irresistibile oratore che presto conquistò i cuori dei frequentatori delle Conferenze del Venerdì Sera. Lo spettro degli argomenti trattati proseguì la bella tradizione inaugurata da Faraday.

La sua abilità anche come istrione della scena venne spesso alla ribalta durante le sue conferenze. Una volta, dopo aver indossato una mantella ed un cappellaccio a gronda, stette in piedi sotto uno scroscio di acqua, paraffina, trementina e petrolio per mostrare come si formassero le gocce di pioggia. In un'altra circostanza dimostrò l'intensità potenziale del calore invisibile emesso da una sorgente accendendo un sigaro posto nell'invisibile punto focale.

Pubblicò un cospicuo numero di libri, basati per lo più sulle sue conferenze e sulle sue ricerche, ma destinati anche ad un pubblico più ampio, meno sofisticato di quello che si accalava per ascoltarlo alla *Royal Institution*. Alcuni dei suoi libri divennero dei *best-seller*, ed occasionalmente fu anche rimproverato per essere più un divulgatore che uno scienziato serio. Ma molte personalità dell'era Vittoriana apprezzarono invece il suo ardore per l'azione di proselitismo alla causa della diffusione dell'istruzione scientifica.

La felicità d'espressione di Tyndall desta tutt'oggi ammirazione. Ecco come, nel maggio del 1883, descrisse le frecciate e le bordate di sarcasmo indirizzate a Rumford:

Rumford e la sua Istituzione dovettero sopportare di essere messi in ridicolo, ed egli ne soffrì; ma uomini dotati di intelligenza viva non si sono astenuti dall'esercitarla presso istituzioni di antica tradizione e con pretese più elevate. Innumerevoli sono stati gli strali di sarcasmo lanciati contro la *Royal Society*. Per persone che hanno scarsa inclinazione per l'indagine scientifica ed ancor meno conoscenza dell'ordine della natura è perfettamente naturale divertirsi, se non addirittura scandalizzarsi, per gli argomenti apparentemente insignificanti che occupano talvolta la mente degli scienziati. Queste persone ignorano che nella scienza i fenomeni più stupendi trovano sovente ispirazione per la loro comprensione ed interpretazione nell'aspetto più minuto – che il più piccolo fatto di laboratorio è indissolubilmente connesso con le più grandiose attività della natura. Così dalle iridescenze delle comuni bolle di sapone, una volta sottoposte ad analisi scientifica, è emerso alla fine che lo spazio stellare è un plenum riempito con una sostanza materiale, in grado di trasmettere il movimento con una rapidità che consentirebbe di percorrere in un secondo otto volte l'equatore terrestre; mentre le oscillazioni di questa sostanza costituiscono, sotto un aspetto, ciò che noi chiamiamo luce e, sotto tutti gli altri, ciò che denominiamo calore radiante. Non cogliendo questa connessione fra il grande e il piccolo, non sapendo discernere che per quanto riguarda l'illustrazione dei principi fisici non ha senso parlare di grande e piccolo, le menti di quelle persone, considerando spregevole il piccolo, permettevano al sarcasmo di diffondersi di conseguenza. Ma queste cose sono morte e sepolte, altrimenti non sarebbe superfluo ricordare a questo uditorio, come caso in questione, che lo splendore delle nostre piazze e delle nostre grandi strade illuminate di notte grazie all'energia elettrica, ha il suo germe e il suo primo antenato in una scintilla talmente flebile, da risultare quasi invisibile allorché per la prima volta fu rilevata proprio fra le mura di questa Istituzione.

La sua capacità di catturare l'interesse degli ascoltatori è ben illustrata dai periodi introduttivi della sua famosa Conferenza del 1867 'Sulle fiamme sensibili e risonanti':

Credo che il primo a notare il suono prodotto da una fiamma di idrogeno all'interno di un tubo di vetro sia stato il Dottor Higgins nel 1777. Da allora questo argomento è

stato indagato da Chladni, De la Rive, Faraday, Wheatstone, Rijke, Sondhauss e Kundt. L'effetto dei suoni monocromatici sulle fiamme realizzate all'interno di tubi è stato indagato dal Conte Schaffgotsch e da me medesimo. Il tremolio di una fiamma a coda di pesce, non racchiusa in un tubo, in risposta a suoni musicali, fu osservato per la prima volta dal Professor Leconte ad una festa con musica negli Stati Uniti. Fece l'importante scoperta che la fiamma non manifestava i tremolii finché non si fosse sufficientemente allargata. Il fatto che questo acuto sperimentatore non abbia proseguito ulteriormente nel portare a termine ed illustrare tale scoperta fu probabilmente determinato da un eccesso di cortesia nei miei confronti. Lo scorso anno, durante la preparazione e messa a punto degli esperimenti per una delle mie Conferenze denominate 'Juvenilis', il mio assistente di allora, il Signor Barrett, osservò il medesimo fenomeno in modo indipendente da Leconte; e proseguì quindi riuscendo a ben illustrarlo grazie ad alcuni esperimenti assai sensazionali. L'argomento delle fiamme sonore e sensibili è stato recentemente sottoposto ad indagini accurate nel Laboratorio della *Royal Institution*, nell'ottica della presente Conferenza, ed anche per le esigenze relative ad un lavoro sul Suono che è in procinto di uscire. I risultati principali dell'indagine sono racchiusi nel presente sunto.

Si muova rapidamente in aria una candela dotata di fiamma stabile e regolare: quello che si ottiene è una striscia di luce dentellata, mentre contemporaneamente si avverte un suono quasi musicale che ci rivela il carattere ritmico del movimento. Se, d'altro canto, si soffia sulla fiamma di una candela, si percepisce un rumore tremolante che indica un effetto ritmico.

Quando l'aria è messa in moto oscillante all'ingresso della canna di un organo, l'effetto di risonanza della canna rafforza quella particolare oscillazione il cui periodo di vibrazione coincide con quello proprio della canna, e si perviene quindi ad un suono musicale.

Quando una fiamma da gas viene introdotta all'interno di un tubo aperto di appropriata lunghezza e sezione, la corrente d'aria che passa sopra la fiamma produce un'oscillazione analoga, che viene esaltata fino a divenire un suono musicale dall'effetto di risonanza del tubo.

Introducendo una fiamma da gas all'interno di questo tubo sottile lungo tre piedi (circa 91 cm n.d.t.) otteniamo un

suono pieno; se la si introduce in un tubo lungo sei piedi, si ottiene una nota un'ottava più bassa – dipendendo quindi la tonalità della nota dalla lunghezza del tubo. Se poi si introduce la fiamma in questo terzo tubo, che è lungo quindici piedi, il suono assume un'intensità straordinaria. Le vibrazioni così prodotte sono talmente intense da far tremare le colonne, il pavimento, le poltrone, le tribune e le cinque o seicento persone che stanno assise in poltrona o occupano le tribune. Talvolta la fiamma si estingue a causa della sua propria violenza e cessa il suo fragore con un'esplosione talmente intensa da sembrare un colpo di pistola.

Il muggio della fiamma in un camino è dello stesso tipo: si tratta di un tentativo grossolano di produrre un suono musicale.

Variando la dimensione della fiamma, questi tubi erano in grado di emettere diversi suoni armonici.

Uno dei maggiori servigi che Tyndall rese alla *Royal Institution* e ai posteri è l'accurata analisi che fece di *Faraday autore di scoperte* nelle sue celebri Conferenze in successione del 17 e 24 gennaio 1868. Gli Atti della *Royal Institution* di quell'anno contengono l'intero ventaglio di tali imprese ad opera di Tyndall. La parte forse più suggestiva ed avvincente di questa analisi è quando prende in esame in queste Conferenze l'approccio di Faraday alla discussione riguardante il tema 'Origine dell'energia elettrica nella pila di Volta'. La questione in gioco era se il semplice contatto fra metalli diversi o altre sostanze fosse condizione necessaria e sufficiente a generare l'elettricità, oppure se tutto fosse dovuto al verificarsi di reazioni chimiche. Ecco come Tyndall riepiloga la scena e chiosa il messaggio lasciatoci in eredità da Faraday.

A Como, in un'area pubblica della città, si trova una statua che sul basamento reca un'iscrizione molto semplice, nient'altro che un solo nome, 'Volta'. Lo scienziato che risponde a questo nome occupa un posto eternamente memorabile nella storia della scienza. A lui dobbiamo la scoperta della pila voltaica, alla quale rivolgeremo ora la nostra attenzione per un breve lasso di tempo.

Dal momento che gli oggetti del pensiero scientifico sono le impassibili leggi della natura ed i fenomeni ad essa legati, si potrebbe supporre che le indagini e le discussioni relative siano completamente avulse dal dominio dei sentimenti, e

condotte quindi unicamente con la freddezza e l'aridità tipiche del solo intelletto raziocinante. Ed invece non è sempre così. L'uomo, in tutte le sue opere, ci mette anche il cuore. Non si possono separare le pulsioni morali e le emozioni dall'intelletto; e così non c'è da meravigliarsi se il dibattito intorno ad una questione scientifica possa infiammare gli animi fino all'ardore di un campo di battaglia. Il conflitto fra le due teorie ottiche in contrapposizione, quella cosiddetta di Emissione e quella denominata di Ondulazione, ebbe questo carattere di eccessiva animosità; ed appena meno acceso fu il clima in cui per molti anni si sviluppò il dibattito circa l'origine e la persistenza dell'energia elettrica dovuta alla pila di Volta. Lo stesso Volta ipotizzava che risiedesse nel contatto fra metalli diversi. Qui veniva esercitata la sua 'forza elettromotrice' che disgiungeva le cariche elettriche positive e negative e le conduceva come correnti verso direzioni opposte. Affinché la circolazione della corrente fosse possibile, era necessario connettere i metalli con un mezzo conduttore umido; giacché quando una coppia qualsivoglia di metalli veniva connessa grazie ad un terzo metallo, le relazioni reciproche che si stabilivano fra i tre corpi conduttori facevano sì che si realizzasse una completa neutralizzazione della carica elettrica. La teoria di Volta sul contatto fra i metalli era così chiara, così elegante, ed apparentemente così esaustiva, che i migliori cervelli europei la accettarono come espressione di una legge naturale.

Lo stesso Volta ignorava i fenomeni chimici legati alla pila; ma non appena detti fenomeni furono scoperti, vennero subito alla luce proposte e segnali che proprio l'azione chimica, e non il contatto metallico, potesse essere la sorgente reale dell'elettricità voltaica. Questa idea fu formulata da Fabroni in Italia e da Wollaston in Inghilterra. Fu sviluppata e poi difesa da quei 'mirabili cultori dell'elettricità' che rispondono al nome del parigino Becquerel e del ginevrino De la Rive. La teoria del contatto metallico, d'altra parte, fu illustrata e sviluppata principalmente in Germania. Fu a lungo il credo scientifico dei grandi chimici e filosofi della natura di quel Paese, ed anche oggi potresti trovare qualcuno di loro ancora incapace a liberarsi dal fascino di quel primo amore.

Dopo le ricerche che ho tentato di esporvi ed illustrarvi, fu impossibile per Faraday evitare di prendere posizione in questa controversia. Lo fece in un articolo dal titolo 'Sulla elettricità della pila di Volta', ricevuto dalla *Royal Society* il 7

aprile del 1834. La sua posizione nell'ambito di questa dia-triba fu prevedibile. Osservò che gli effetti chimici andavano sempre mano nella mano con quelli elettrici, essendo gli uni proporzionali agli altri; e, proprio in questo articolo ora qui davanti a noi, dimostrò che quando si escludevano i primi, la ricerca dei secondi non andava mai a buon fine. Produsse una corrente senza ricorrere al contatto metallico; scoprì dei liquidi i quali, per quanto capaci di condurre anche le correnti più deboli – capaci pertanto di consentire il flusso dell'elettricità di contatto al loro interno, qualora detta elettricità fosse in grado di produrre una corrente – divenivano assolutamente inefficaci se chimicamente inerti.

Dal 1862, anno durante il quale Faraday tenne la sua ultima Conferenza, Tyndall divenne responsabile dell'organizzazione degli eventi del Venerdì Sera. La fantasia del suo intuito e la scelta degli argomenti nonché degli oratori furono assai apprezzati. Una delle personalità più degne d'interesse che invitò a tenere Conferenze fu August Wilhelm Hofmann (1818-1892), di origine tedesca, professore al nuovo *Royal College of Chemistry* di Londra.

In origine Hofmann era stato studente di filosofia e legge a Giessen, divenendo successivamente assistente del grande chimico tedesco Justus von Liebig (anch'egli amico di Faraday), il quale lo raccomandò al Principe Alberto e alla Regina Vittoria per la posizione di professore a Londra, carica che poi tenne per venti anni. Hofmann raccolse sempre esiti trionfali in qualsiasi impresa scientifica si cimentò. Pubblicò centinaia di articoli di chimica organica, concentrandosi soprattutto sui prodotti chimici ottenuti dal catrame minerale e sull'anilina e le reazioni ad essa connesse, nonché sui riarrangiamenti molecolari dei composti molecolari contenenti azoto. Fra i suoi allievi si annovera William Henry Perkin (1838-1907), il chimico che sintetizzò il primo colorante sintetico, il color malva. (Perkin fece ingresso nel *Royal College of Chemistry* a quindici anni per studiare sotto la guida di Hofmann). È ricreativa per l'animo la lettura degli scritti di Hofmann sempre privi delle meschine gelosie e delle polemiche rancorose che caratterizzarono gli scambi dialettici fra molti dei chimici organici suoi contemporanei. La vita privata di Hofmann fu piuttosto movimentata e triste. Ebbe quattro mogli e soltanto otto dei suoi undici figli gli sopravvissero.

Venerdì 11 aprile 1862, con Faraday fra i presenti, Hofmann espose un appassionante resoconto su 'Malva e Magenta', materiali

meravigliosamente colorati derivanti dal catrame. La Conferenza si concludeva con una chiosa memorabile.

I vari aspetti che ho dovuto condensare, potrei dire quasi costringere, ad occupare il corto lasso di tempo di un'ora sono stati di una vastità schiacciante; e mentre spiegavo la formazione delle varie sostanze che ho dovuto descrivere, mentre illustravo con esperimenti le loro proprietà, ho avuto a mala pena il tempo per sfiorare la storia del nostro argomento. E questa storia è tutt'altro che scarsamente interessante. Potete facilmente intuire che un settore dell'industria quale quello che ho tentato di illustrarvi sommariamente non avrebbe potuto essere nato così come Minerva dalla testa di Giove – ispirazione improvvisa con esito felice. Per portare a termine un'impresa così straordinaria sono stati necessari tempo, fatica, riflessioni di una moltitudine di ricercatori. Non vi potete attendere che a questa tarda ora mi metta ad esaminare minuziosamente questi aspetti della questione, ma sento l'obbligo, prima di congedarmi da voi, di alludere ad alcuni fatti che non possono non suscitare il vivo interesse dei Membri di questa Istituzione. Mi sia concesso di dirvi che Malva e Magenta sono essenzialmente colori della *Royal Institution*; le fondamenta di questa nuova industria furono gettate proprio in Albemarle Street. Il benzolo, sostanza che così ripetutamente ho menzionato – il benzolo<sup>6</sup>, che può essere considerato la materia prima capace, grazie all'azione di agenti chimici, di assumere queste meravigliose sembianze – il benzolo è scoperta del nostro grande Maestro, per non dire del nostro carissimo amico, il Signor Faraday. In questo volume, *The Philosophical Transactions* del 1825, è contenuta la descrizione dei suoi esperimenti. Nel 1825, trentasette anni fa, il laboratorio della *Royal Institution* fu testimone della nascita di questa straordinaria sostanza. Ieri, sotto l'egida del Signor Anderson, ho invaso lo stesso laboratorio, ho svolto un'accurata ricerca, ed ora ecco qui nelle mie mani il trofeo della nostra spedizione, i campioni originali di benzolo preparati dal Signor Faraday. E in questo modo richiamando alla vostra memoria uno dei primi lavori di Faraday – che, a causa del numero e dell'immensità delle sue scoperte successive, è rimasto un po' dimenticato quasi come tradizione di anni ormai passati – vi ho palesato una pagina gloriosa nella gloriosa storia della *Royal Institution*. Il benzolo ci ha fornito Malva e Magenta, ma ci ha dato anche assai di più. Fin da quando la

chimica ha avuto in dono il benzolo, questa meravigliosa sostanza ha fatto da incubatrice di tantissime idee cardine della nostra scienza. Nelle mani di Mitscherlich, Zinin, Gerhardt e Laurent, in quelle di Charles Mansfield – mai dimenticato dai suoi amici – e di molti altri, il benzolo è stata potente leva per l'avanzamento delle scienze chimiche. Il benzolo e i suoi derivati formano uno dei capitoli più interessanti della chimica organica, il cui progresso è intimamente connesso con la storia di questo composto.

Ma che cosa ha a che vedere la storia del benzolo con la morale di Malva e Magenta? Bene, Signore e Signori, chiedetelo al Signor Faraday; chiedetegli quale era il suo scopo quando nel 1825 esaminava il benzolo. Forse non avrei neppure il diritto di dare io la risposta dal momento che egli è qui presente fra noi; però mi azzardo a dire che gli siamo debitori per la sua eccezionale capacità di indagare stimolato dal puro piacere che provava nell'elaborazione della verità. E questo medesimo spirito ha caratterizzato l'opera dei suoi successori. Pazientemente appurarono fatto dopo fatto; registrarono le osservazioni una dopo l'altra; fu il lavoro gradito portato avanti per amor di verità; e alla fine, grazie agli sforzi congiunti di così tanti appassionati scienziati, esercitati anno dopo anno sempre nella stessa direzione, la storia chimica del benzolo e dei suoi derivati è stata tracciata. Così dopo aver gettato le fondamenta scientifiche, era arrivato il tempo dell'applicazione, e con un balzo improvviso, per così dire, queste sostanze fino ad ora proprietà esclusiva del filosofo, irrompono nella vita quotidiana.

Che cosa aggiungere ancora? La morale di Malva e Magenta è sufficientemente chiara. Lo leggo nei vostri occhi – ci siamo capiti. Ogniqualvolta nel futuro qualcuno dei vostri amici chimici, pieno di entusiasmo, vi esibisca un nuovo composto da lui scoperto e vi spieghi le sue proprietà, non freddiate il suo nobile ardore rivolgendogli la più terribile delle domande, 'Qual è il suo impiego? Servirà come sbiancante o come colorante? Servirà per farsi la barba? Potrà essere usato al posto del cuoio?' Lasciatelo andare avanti tranquillo col suo lavoro. Il colorante, il sapone da barba, il cuoio arriveranno a tempo debito. Ripeto, lasciategli fare il suo lavoro. Fate sí che soddisfi il suo desiderio di perseguire la verità – la pura e semplice verità – non la verità nell'interesse del Malva, non la verità nell'interesse del Magenta – lasciatelo perseguire la verità per amor della verità!

Verso la fine del suo mandato alla Direzione della *Royal Institution* Tyndall invitò due autorevoli inventori del XIX secolo, il Gallesese William Henry Preece (1834-1913), ingegnere elettrotecnico che recò contributi ad ampio spettro per lo sviluppo del telegrafo, del telefono e delle comunicazioni radio-telegrafiche, ed Eadward James Muybridge (1830-1904), l'Anglo-Americano che indagò la locomozione degli animali con l'ausilio della fotografia.

Durante la sua lunga carriera presso le Poste, Preece fu artefice di molti progressi per il telegrafo e migliorò assai la sicurezza delle ferrovie sviluppando nuovi metodi per la segnaletica. Ma forse uno dei suoi contributi più importanti fu l'incoraggiamento che seppe trasmettere al giovane pioniere italiano della radio, Guglielmo Marconi (1874-1937). Affascinante risulta la lettura della Conferenza che Preece tenne il primo di Febbraio del 1878 sul tema 'Il Telefono'. Così come la Conferenza rispecchia la sua ammirazione per Faraday, altrettanto spazio viene lasciato per citare i risultati importanti conseguiti da Edison, Bell, Helmholtz ed altri.

Il telefono è uno strumento costruito per trasmettere il suono a distanza. L'arte di trasmettere il suono a distanza è antica quanto la Sfinge. La praticarono i Greci, quel popolo meraviglioso; ed è indubbio che sia servita per incutere timore a più di un povero pagano di fede sincera allorché si inginocchiava con riverenza davanti al suo idolo in pietra o bronzo. Il più antico resoconto autentico del germe del telefono è da localizzarsi in quel periodo storico della scienza simboleggiato da Robert Hooke che nel 1667 così si esprimeva:

Non è impossibile udire un sussurro alla distanza di un furlong (misura di lunghezza pari a  $1/8$  di miglio, ossia 201,17 metri, n.d.t.), questo è già stato fatto; e forse non sarebbe impossibile percepirlo ancora, anche se questa distanza venisse moltiplicata per dieci. E sebbene alcuni famosi Autori abbiano affermato che è impossibile sentire un suono attraverso la più sottile lamina di un vetro a base di Muscovite; ciononostante io conosco un modo grazie al quale è abbastanza facile sentire uno che parla attraverso un muro spesso una iarda (misura di lunghezza pari a 91,4399 cm, n.d.t.). Ancora non è stato esaminato approfonditamente quanto possano essere migliorati i cornetti acustici, né quali altre possibilità vi siano per stimolare il nostro udito, o trasmettere il suono attraverso corpi diversi dall'Aria: giacché posso rassicurare il Lettore che l'aria non è l'unico mezzo in cui si può propagare

il suono, e che io sono riuscito, con l'aiuto di un filo metallico disteso, a propagare il suono anche a distanze considerevoli in un attimo, o con un moto così rapido da sembrare quello della luce, comunque molto più veloce in confronto a quello che nello stesso tempo si sarebbe propagato in Aria; e tutto ciò non solo in linea retta, o diretta, ma anche in un tragitto tortuoso con molti angoli<sup>7</sup>.

Questa illusione fantastica rimase un'idea fino al 1819, anno in cui Wheatstone costruì la sua 'magica lira', che fu esposta presso la Adelaide Gallery per la delizia di una folla di visitatori; questo strumento fu spesso usato dal Professor Faraday e da allora è stato riprodotto numerose volte dal Professor Tyndall. Un grande carillon fu posto in uno degli scantinati della *Royal Institution*, ed una leggera bacchetta d'abete vi fu appoggiata sopra. Nell'anfiteatro non si udì alcun suono fin quando un vassoio leggero od altro oggetto funzionante da cassa armonica fu sistemato da chi scrive questo resoconto sulla bacchetta di legno, allora la musica del carillon echeggiò in ogni angolo della *Royal Institution*<sup>7</sup>. Fu questo il primo telefono, e fu il precursore di quegli eleganti telefoni-giocattolo che oggi si possono acquistare in qualsiasi negozio al prezzo di un penny.

Le vibrazioni del carillon, con tutta la loro bellezza e complessità, vengono trasmesse alla bacchetta di legno, e quindi si propagano alla cassa armonica dell'oggetto posizionato sopra ad essa. La cassa armonica trasmette queste vibrazioni all'aria soprastante, e l'aria a sua volta le convoglia al nostro orecchio, donde passano al cervello, impartendo quelle piacevoli sensazioni chiamate musica. Le vibrazioni sonore, che siano musica, voce umana, o semplice rumore, variano in tonalità, intensità e timbro. La tonalità di una nota dipende dalla lunghezza della vibrazione sonora, o anche dal numero di onde sonore che entrano nell'orecchio ogni secondo; l'intensità di una nota dipende dall'ampiezza dell'onda acustica nell'aria, oppure dalla lunghezza delle oscillazioni avanti e indietro che le particelle d'aria eseguono quando vibrano; il timbro, o qualità della nota, dipende dalla forma o velocità del moto di queste particelle. La sensibilità dell'orecchio umano va da 16 a 38.000 vibrazioni al secondo, e i limiti per la voce umana sono 65 e 1.044 vibrazioni al secondo. L'ampiezza delle vibrazioni è molto piccola. Lord Rayleigh ha mostrato che un movimento di un solo venticinque milionesimo ( $1/25.000.000$ ) di pollice

(circa 1 nanometro, ossia un miliardesimo di metro! n.d.t.) è sufficiente a produrre suoni udibili.

Le vibrazioni della materia sono indispensabili per la produzione del suono, e la presenza dell'aria è fondamentale per trasmetterlo ai nostri orecchi.

È possibile catturare queste vibrazioni sonore piazzando della materia elastica sul loro cammino. Così con una voce bassa ed intensa si possono mandare in frantumi i vetri; in una stanza dove risuoni la musica gli oggetti possono tintinnare; e basta cantare rivolgendolo la voce verso l'interno di un pianoforte per ricevere suoni in risposta. Un sottile disco di rame tenuto davanti alla bocca vibra ad ogni suono emesso, e se una punta metallica rigida viene posizionata vicino ad esso, vengono emessi suoni di intensità sufficiente a riempire l'intero anfiteatro. Sfruttando questo sistema, il Signor W. H. Barlow, C.E., nel 1874 presentò dinnanzi alla *Royal Society* il suo logografo, che registrava la voce umana parlante fornendo linee e curve variabili. Ecco qua una linea di questo tipo che registra tonalità, intensità e forma dei suoni emessi dalla labbra dell'oratore, riproducendo tutti gli elementi della voce. (Vedi Figura 51).

Delineando l'apparizione del fonografo, Preece si esprime così:

È stato mostrato come dischi metallici oscillino sotto l'influenza di vibrazioni sonore, e come dette vibrazioni possano essere anche registrate. Qualora queste registrazioni siano realizzate su dei materiali cedevoli ma non elastici come una lamina di stagno, allora non solo diventano registrazioni permanenti, ma possono far sí che dischi di questo tipo siano in grado nel futuro di ripetere o riprodurre quelle stesse vibrazioni. Il Signor T.A. Edison, di New York, sulla base di questo principio è riuscito a costruire il 'Fonografo', che ripete la voce di chi parla. Edison ha cristallizzato in un fatto l'ideale del poeta che desiderava ardentemente 'il suono di una voce che sia immobile'.

Quindi, nel descrivere i contributi iniziali di Bell, Preece con meravigliosa acutezza ci racconta quanto gli inventori e gli autori di scoperte siano sottoposti a cumuli di ridicolo, resistenza e calunnia:

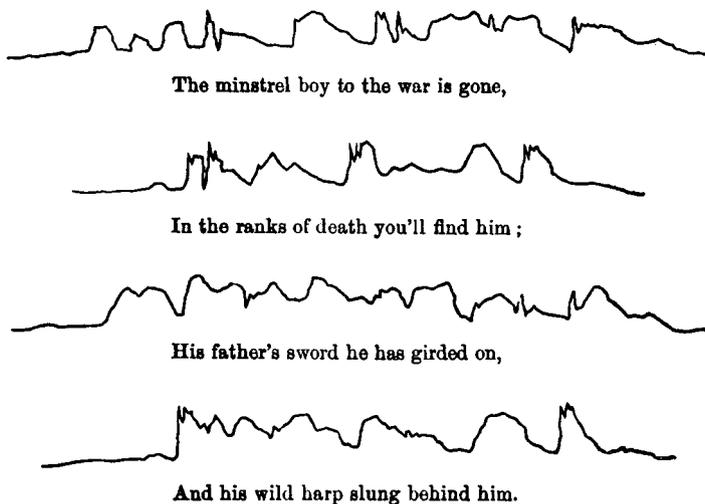


FIGURA 51 – Illustrazione della trasmissione del suono in relazione a timbro, intensità e gradazione del suono (qualità della nota) tramite il logografo di William Preece così come venne presentato nella Conferenza del 1878 su 'Il telefono'. Dall'alto in basso: Il giovin poeta è andato alla guerra; Destino di morte lo attende sicuro; Lucente la spada del padre egli ha cinto; E l'arpa solinga a tracolla lo segue.

Il Fonografo è la conseguenza dello sviluppo del telefono. Sebbene molti abbiano avuto la loro parte nel perfezionare lo strumento del 'parlare a distanza', nessuno più brillantemente di Alexander Graham Bell ha dato il suo contributo a questa invenzione. Il lavoro del padre quale fisiologo della voce lo aveva portato a studiare gli organi vocali e la produzione del suono. Le ricerche di Helmholtz lo condussero a indagare l'elettricità e le sue applicazioni alla telegrafia. Il desiderio di incrementare la capacità dei fili metallici per la trasmissione del suono lo spinsero a progettare sistemi di telegrafia multipla (sistemi di trasmissione contemporanea sullo stesso circuito, n.d.t.), e questo gradatamente, in modo regolare e con sensibili passi in avanti, lo condusse allo sviluppo della telefonia. Siamo in presenza in questo caso di un esempio rilevante del metodo di ricerca moderno dove l'immaginazione suggerisce l'esperimento, e l'esperimento evolvendosi

genera progresso e perfezione. Le cose nuove non sono sempre accettate come vere. Le notizie sul telefono vennero accolte in questo Paese con grande scetticismo. Ancor oggi molti dubitano sulla sua veridicità fino al momento in cui effettivamente lo provano. E tuttavia, una volta che una cosa nuova sia dimostrata essere vera, una moltitudine di detrattori si compiacciono a provare che non è nuova. L'inventore deve superare la dura prova della maldicenza. Si mette in giro la voce che sia un plagiatario, un frodatore, o anche peggio. Si cita come esempio che altri hanno fatto le stesse cose anni addietro, anche se forse chi mette in giro tali dicerie non aveva mai sentito parlare prima dell'invenzione, né delle idee che vi stanno a monte. Anche il Professor Bell dovrà sopportare tutto ciò; ciononostante il telefono sarà sempre associato al suo nome, e il telefono rimarrà una delle meraviglie di questa meravigliosa epoca, mentre la principale meraviglia sarà la sua stupenda e squisita semplicità.

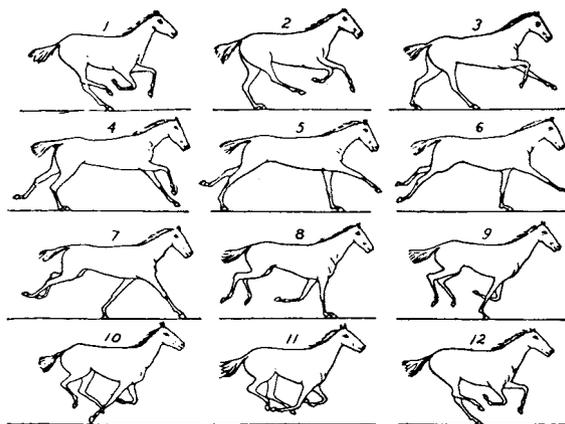
Eadweard Muybridge, nato con il nome di Edward James Muggeridge, a Kingston-on-Thames, vicino a Londra nel 1830, cambiò il suo nome poiché riteneva che quella fosse l'originale forma anglo-sassone. Emigrò in California nel 1852, dove divenne un fotografo professionista nel 1866. Raggiunse una discreta fama grazie alle fantastiche vedute dello Yosemite; e presto diventò il fotografo capo del Governo Statunitense. Leland Stanford, già Governatore della California, seguendo le discussioni circa l'andatura dei cavalli, commissionò a Muybridge nel 1872 l'esecuzione di un'indagine fotografica presso il suo allevamento di cavalli. Impiegando una serie di ventiquattro piccole macchine fotografiche con otturatori elettromagnetici che si mettevano in funzione o grazie ad un meccanismo ad orologeria, oppure mediante fili tesi da una parte all'altra della pista che venivano rotti uno dopo l'altro durante la corsa del cavallo, mostrò quanto sbagliata fosse la posizione tipo cavallo a dondolo rappresentata dagli artisti. Zooprassiscopio fu il nome che Muybridge coniò per questa sorta di videoproiezione che aveva sviluppato. Il sistema messo a punto proiettava immagini in rapida successione su uno schermo sfruttando le fotografie stampate direttamente su un disco di vetro rotante. Ciò produceva l'illusione di immagini in movimento, e questo è il motivo per cui Muybridge viene considerato spesso il patrigno dei moderni cartoni animati.

Un lunedì fu organizzata una Conferenza speciale alla *Royal Institution*: era il giorno 13 marzo 1882 allorché, in presenza di Sua Altezza Reale il Principe del Galles (moderatore della serata), della Principessa Alessandra, di Gladstone, Huxley, Tennyson e Tyndall, Eadward Muybridge tenne una prolusione sul tema 'La posa degli animali in movimento, illustrata con lo zooprassiscopio'. I Membri della *Royal Institution* e i loro ospiti videro quella sera immagini simili a quelle riportate in Figura 52.

Riportiamo qui sotto alcuni estratti di quella Conferenza per motivi storici, culturali e scientifici.

Il problema del meccanismo del movimento degli animali ha attratto l'attenzione dell'uomo durante tutta la storia della civiltà.

Giobbe descrive il movimento del cavallo; Omero, quello del bove; lo stesso Aristotele fu molto attento a questo problema, e Borelli vi dedicò un'intera vita per tentare di trovare una soluzione. In ogni epoca, ed in ogni Paese, i filosofi hanno trovato questo argomento sorgente di inesauribile ricerca. Marey, l'eminente erudito francese nostro contemporaneo,



SOME CONSECUTIVE PHASES OF THE GALLOP.

FIGURA 52 – Un esempio – nella fattispecie alcune fasi consecutive di un cavallo al galoppo – di alcuni dei risultati illustrati da Muybridge nel 1882 alla *Royal Institution*.

insoddisfatto delle indagini dei suoi predecessori, e con l'intento di ottenere informazioni ancora più accurate di quelle fornite dai loro lavori, impiegò un sistema di tubi flessibili, che erano collegati ad una estremità a delle camere d'aria elastiche, attaccate ai ferri del cavallo; ed all'altra estremità, grazie ad un particolare meccanismo, tenuti nelle mani del fantino. L'alternarsi della compressione ed espansione dell'aria nelle camere era trasmessa a matite che registravano su un cilindro rotante il movimento consecutivo o simultaneo di ciascun piede, nel momento in cui corrispondentemente lo zoccolo toccava o si alzava dal terreno. Grazie a questo metodo originale ed ingegnoso, furono ottenute informazioni interessanti e di valore, e fu fornita una nuova spiegazione circa questi movimenti fino ad allora non perfettamente compresi.

Mentre il filosofo si sforniva con i suoi tentativi per spiegare le leggi che regolano, e gli elementi che sono alla base dei movimenti tipici della vita animale, l'artista, a parte poche eccezioni, si mostrava invece più che soddisfatto di quanto i suoi più antichi predecessori avevano osservato e fissato con il disegno, e denotava di aver supinamente accettato come autentiche senza necessità di ulteriore indagine, le rappresentazioni del movimento degli animali desumibili dalle opere pittoriche e scultoree trasmesse fin dalle epoche più remote della tradizione.

Quando il corpo di un animale si sposta in avanti con moto uniforme, gli arti, rispetto a lui, si muovono alternativamente in avanti e indietro, con le loro varie parti che alternano comparativamente velocità e stato di quiete via via che ci si avvicina agli zoccoli, i quali sono così soggetti a passaggi successivi dalla condizione di quiete assoluta, a quella di una velocità gradualmente maggiore rispetto a quella del corpo.

Il meccanismo del movimento di un unico arto senza la conoscenza dei moti sincroni delle altre zampe non può essere utile neppure al fine di una rappresentazione artistica; e certamente i numerosi errori in cui sono incorsi coloro i quali hanno svolto indagini col semplice ausilio dell'osservazione possono essere attribuiti alla estrema difficoltà, se non addirittura alla impossibilità, che il cervello umano ha di cogliere ed apprezzare nei dettagli il movimento simultaneo dei quattro arti di un animale, anche nelle andature più lente. Nel momento in cui la sincronia di questi movimenti e le successive pose da questa determinate sono compresi, allora noi possiamo vedere quanto sia semplice la locomo-

zione animale, in tutte le sue varie tipologie e cambi di passo. L'andatura di un quadrupede quando va al passo, ossia nel suo modo di muoversi più lento, sembrerebbe configurarsi come un meccanismo assai semplice, facile ad osservarsi ed analizzabile senza grosse difficoltà, ed invece è stato causa di interminabili controversie che hanno coinvolto osservatori assai accurati e di grande esperienza.

Quando, durante il galoppo, gli arti posteriori ed anteriori di un cavallo sono ripetutamente spinti in avanti e indietro fino alla loro massima estensione, la loro percepibile inerzia può creare nella mente dell'osservatore poco attento un'impressione di profili indistinti; gli scultori e i pittori più antichi probabilmente combinarono insieme la successione di queste immagini e, con esagerazione grottesca, la adottarono, come l'unica posizione per rappresentare la grande velocità. Oppure, come è assai verosimile, intesero simboleggiare la velocità con l'eccessiva proiezione delle zampe, proprio nello stesso modo in cui un eccesso nelle dimensioni veniva considerato un'indicazione del rango sociale. Questa opinione è in parte corroborata dalla produzione degli artisti Greci nel loro periodo migliore, allorché i loro eroi sono rappresentati con le stesse dimensioni degli altri uomini, e i loro cavalli con pose più strettamente simili a quelle che realisticamente potevano assumere. Tuttavia la posa tradizionale adottata dagli Egizi, stimata eccellente, è stata impiegata, con pochi cambiamenti, dagli artisti di pressoché ogni epoca per rappresentare il movimento del cavallo al galoppo, ed è a tutt'oggi prevalente senza particolari correzioni presso tutte le popolazioni civilizzate.

L'ambizione e forse anche la sfera d'azione dell'arte nelle sue più alte manifestazioni, è quella di tracciare impressioni, creare effetti, piuttosto che registrare fatti. La questione relativa al fatto che l'artista sia giustificabile quando illustra le pose degli animali in movimento sacrificando la verità realistica, per un'impressione così imprecisa da essere dissipata dalla prima osservazione un po' accurata, è forse molto più attuale oggigiorno come oggetto di controversia di quanto non lo fosse al tempo di Lisippo, il quale scherniva gli altri scultori che rappresentavano gli uomini come effettivamente erano in natura; vantandosi che solo lui li scolpiva come dovrebbero essere.

Pochi artisti eminenti, degno di nota fra questi Meissonier, si sono sforzati di rappresentare i movimenti più lenti

degli animali ricorrendo, per indirizzare il proprio pennello, all'ausilio della verità invece che alla pura immaginazione, ma con poco incoraggiamento da parte dei critici; fino ai tempi recenti, tuttavia, gli artisti e similmente i critici hanno dovuto necessariamente dipendere unicamente dalle loro osservazioni per giustificare le loro idee o sostenere le loro teorie.

La fotografia, all'inizio considerata quasi come un aspetto curioso della scienza, fu presto riconosciuta come uno degli strumenti più importanti per la ricerca della verità, e il suo uso più popolare è ora passato completamente in secondo piano grazie al valore che ha assunto per l'astronomo, l'anatomista, il patologo, ed altri studiosi dei complessi problemi della natura. L'artista, tuttavia, esita ancora a giovare delle risorse di questo strumento che può essere riconosciuto almeno come servo dell'arte, se non assurgere ai ranghi più alti.

Nel 1872 in California, avendo dedicato molta attenzione agli esperimenti di fotografia istantanea, su suggerimento del direttore di un giornale di San Francisco, io stesso ottenni alcune pose fotografiche di un cavallo al trotto veloce.

Proprio a quel tempo fra gli esperti di cavalli era molto prevalente la controversia circa la questione relativa al fatto se gli zoccoli di un cavallo al trotto potessero trovarsi ad un determinato istante tutti sollevati dal terreno. Alcuni esperimenti eseguiti quell'anno provarono un fatto che avrebbe dovuto essere lampante.

Nel 1877, interessandomi assai agli esperimenti del Professor Marey, inventai un metodo per l'impiego di un certo numero di macchine fotografiche, sistemate lungo un tratto parallelo alla pista sulla quale l'animale si sarebbe mosso, con l'obiettivo di ottenere, ad intervalli regolari di tempo o distanza, diverse immagini consecutive del cavallo durante un singolo passaggio completo nel momento in cui fosse transitato davanti alla macchine fotografiche, e potendo così indagare le pose successive degli animali in movimento più compiutamente di quanto potesse realizzarsi col sistema del Signor Marey.

Spiegai il programma degli esperimenti che intendevo condurre ad un benestante personaggio di San Francisco – il Signor Stanford – che generosamente accettò di mettermi a disposizione i mezzi della sua fattoria per l'allevamento del bestiame, e di finanziare i costi delle mie indagini, sotto condizione che gli fornissi, per suo uso privato, alcune copie dei risultati ottenuti.

Alcune delle illustrazioni mostrate quella sera sono riportate nelle Figure 53 e 54. E il periodo conclusivo di Muybridge suona come squillo profetico:

L'impiego di un sistema automatizzato finalizzato ad ottenere una successione regolare di esposizioni fotografiche è troppo recente perché il suo valore possa essere compreso in modo appropriato, o addirittura perché il sistema possa

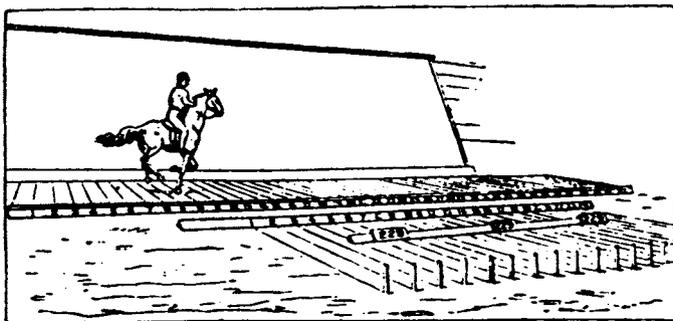


FIGURA 53 – Per regolare la durata di esposizione necessaria per fotografare il cavallo in movimento Muybridge impiegò dei fili metallici che venivano messi in moto dal cavallo al galoppo.

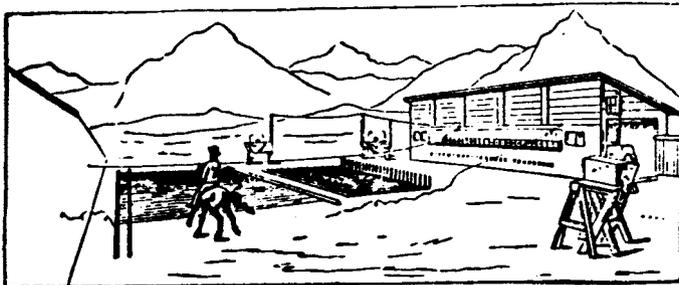


FIGURA 54 – Un'altra delle illustrazioni (analogia a quella riportata nella Figura 53) mostrata da Muybridge durante la sua Conferenza per illustrare una questione simile.

essere usato per esperimenti scientifici; in un futuro più o meno lontano, il patologo, l'anatomista, ed altri esploratori di verità nascoste lo troveranno indispensabile per le loro indagini complesse.

È interessante riflettere sul fatto che Ahmed Zewail (Professore sulla Cattedra Linus Pauling all'Istituto di Tecnologia della California), altro californiano seppur di origine egiziana, iniziò la sua Conferenza del Venerdì Sera nel marzo 1991 riferendosi proprio al lavoro di Muybridge. Nel 1882, i tempi di esposizione impiegati nello zooprassiscopio furono di circa un millesimo di secondo. Zewail, usando i laser pulsati più veloci attualmente disponibili, ha studiato la cinetica di reazioni chimiche utilizzando 'fotografie' scattate ogni milionesimo di miliardesimo ( $10^{-15}$ ) di secondo, ossia nel regime dei femtosecondi. In un secondo vi sono tanti femtosecondi, quanti sono i secondi contenuti in 32 milioni di anni.

### *Sir James Dewar e Lord Rayleigh*

È stato giustamente affermato<sup>8</sup> che 'la *Royal Institution* ha acquisito le sue caratteristiche dai suoi Professori; e ad essi deve la sua reputazione'. Per prima cosa dobbiamo ricordare che James Dewar (Figura 55) si insediò sulla Cattedra di Chimica '*John Fuller*' nel 1877, dodici anni dopo che era stato designato Professore '*Jacksonian*' di Filosofia Naturale all'Università di Cambridge: mantenne queste due posizioni per circa cinquant'anni. Figlio di un esattore delle imposte della Scozia meridionale, grande chimico, sperimentatore brillante, musicista colto, astronomo perspicace, amante della poesia ed inventore irrefrenabile di grandi apparati come di piccoli accessori, Dewar fu anche persona difficile e litigiosa. Alla *Royal Institution* Dewar e Tyndall si sovrapposero per dieci anni. All'inizio tutto filava bene fra i due, e Dewar gradiva cenare con Tyndall e collaboratori quando questi veniva per fare lezione. Gradualmente, tuttavia, la loro relazione si deteriorò. Il fatto che Tyndall fosse di umore triste con tendenza all'insonnia, mentre Dewar avesse per natura un cattivo carattere e soffrisse costantemente di indigestione, non giovò all'armonia del loro rapporto. Fra i due si svilupparono quindi conflitti e Tyndall, che stava invecchiando, non accettava lo stile sempre più dogmatico e prepotente adottato da Dewar. Quando la Direzione della *Royal Institution* non gli consentì di tenere le Conferenze di Na-



FIGURA 55 – Sir James Dewar; Professore di Chimica sulla Cattedra istituita da John Fuller alla *Royal Institution* dal 1877 al 1923.

tale nel 1887-1888, affidandole a Dewar invece che a lui, la goccia fece traboccare il vaso. Tyndall gettò la spugna e rassegnò le proprie dimissioni. Dewar fu nominato Soprintendente della *Royal Institution*, e spinse quasi fuori i Tyndall dall'appartamento del Direttore.

Malgrado i suoi molti difetti personali Dewar ebbe un tocco di genialità come scienziato, e fu eccellente nella scelta di oratori di grande interesse per le Conferenze. Poeti, musicisti, attori ed artisti, così come i più importanti scienziati dell'epoca, furono presenti nei suoi programmi di eventi. Sir Henry Irving (1838-1905), il grande attore, che visse per circa trent'anni in una casa d'angolo a non più di 100 iarde (circa 90 metri n.d.t.) dall'anfiteatro per le Conferenze della *Royal Institution*, tenne una Conferenza speciale pomeridiana il primo febbraio 1895 sul tema 'Il mestiere dell'atto-

re: un'arte', conferenza che ebbe un uditorio di 1050 persone. Vi furono numerosi altri Conferenzieri eminenti, fra cui il Direttore del Collegio Reale di Musica, Sir Hubert Parry, che compose l'aria su cui viene cantata 'Gerusalemme' di William Blake nel corso dell'ultima rappresentazione notturna dei concerti della *Royal Albert Hall Promenade*.

Dewar era amico di Pierre e Marie Curie i quali spesso gli fecero visita alla *Royal Institution*. Pierre Curie tenne una Conferenza sul Radio (in francese) nel 1903. Convinse anche molti scienziati francesi di primo piano (fra cui Perrin e Moissan) a tenere le Conferenze del Venerdì Sera. Alfred Russel Wallace all'età di ottant'anni, nel 1909, tenne una Conferenza sul Darwinismo e sui contributi germinali che lui medesimo indipendentemente da Darwin aveva portato sul tema dell'evoluzione; nel 1902 il giovane H.G. Wells parlò diffusamente su 'La scoperta del futuro' (vedi pag. 192); anche i grandi astronomi americani George Ellery Hale (1868-1938) e Percival Lowell (1855-1916) tennero Conferenze negli anni seguenti. Hale parlò dei 'Vortici solari' e Lowell trattò le 'Fotografie dei pianeti' eseguite dal suo osservatorio. Dewar ebbe un'affinità interiore con Lowell, che da giovane si era dedicato alla letteratura e ai viaggi. Fu solo verso i trentacinque anni che Lowell, ispirato da quanto aveva sentito dire circa la 'scoperta' dei canali di Marte, decise di dedicarsi all'astronomia e di avviarsi a costruire il suo famoso osservatorio privato a Flagstaff in Arizona. (Lowell predisse l'esistenza del pianeta Plutone ed iniziò la sua ricerca che si concluse con la scoperta quattordici anni dopo la sua morte. Solo dopo l'inizio dell'era spaziale nella seconda metà del XX secolo le idee di Lowell sui canali di Marte furono definitivamente sepolte). Una Conferenza particolare (fuori dai programmi ordinari) organizzata da Dewar mise in subbuglio la vita scientifica e culturale di Londra. Fu la Conferenza straordinaria di due ore, inserita nel programma della *Royal Institution* all'ultimo momento, del noto ed importante ingegnere elettrico croato Nikola Tesla (1856-1943) che rivoluzionò le capacità della trasmissione della potenza nell'industria e che, per gran parte della sua vita, fu ossessionato dall'idea di trasmettere energia senza fili<sup>9</sup>. Probabilmente su Tesla si narrano più aneddoti che su qualunque altro sperimentatore nel campo della scienza dell'elettricità. Tesla parlò nel febbraio del 1892 su 'Correnti ad elevato potenziale ed alta frequenza'. Suscitò l'interesse di tutti i più importanti giornalisti dei maggiori quotidiani. Uno di questi scrisse:

I seguaci appassionati di altre branche della scienza si lamentano di frequente che oggigiorno il fascino delle ricerche nel campo dell'elettricità e le remunerazioni ragguardevoli che le ricerche applicative dei fenomeni elettrici generano stanno attraendo una quantità sproporzionata di giovani cervelli. Si lamentano che pochi giovani ricercatori si dedicano all'astronomia, o alla biologia, mentre tutti si accalcano per studiare l'ingegneria elettrica. In effetti possiamo probabilmente affermare che tutto ciò è più o meno la realtà, e la spiegazione non è così difficile da trovare. L'elettricità ha fatto presa sull'immaginazione di questa epoca. Entra in ogni meandro della nostra vita, e sempre con l'effetto di semplificare, accelerare, e migliorare le cose a cui eravamo abituati. I siluri più nuovi sono guidati, controllati e fatti esplodere grazie a congegni elettrici; ed il motore elettrico è destinato ad essere la soluzione che dimezzerà le nostre preoccupazioni domestiche. Sia negli studenti impegnati che nel pubblico più vasto vi è una forte fede nelle possibilità della scienza, che offre subito uno dei più ricchi ed attraenti campi moderni della ricerca, e una delle sue più promettenti applicazioni per il conseguimento della ricchezza. Alcune delle discipline scientifiche che ora si lamentano di essere trascurate non offrono le medesime attrattive di guadagno, ma questo, noi pensiamo, è un inconveniente meno importante rispetto alla scarsità di prospettive scientifiche che quelle discipline hanno rispetto all'ingegneria elettrica. In certe direzioni della ricerca ci accorgiamo visibilmente di aver conseguito quasi tutti gli obiettivi, non tanto per avere esaurito quanto dovevamo conoscere, quanto per i limiti degli strumenti di ricerca alla nostra portata. Non possiamo sperare, ad esempio, di osservare qualcosa di più piccolo di quanto i nostri attuali microscopi possano rivelare, né possiamo sperare di pervenire a conoscenze più solide di quelle già conseguite con i migliori telescopi. Ma ciascuno di noi avverte che siamo solo all'inizio per quanto riguarda le conoscenze relative all'elettricità, sia teoriche che applicative, e questa sensazione ha determinato un flusso considerevole di giovani verso i laboratori degli ingegneri elettrici che non può essere giustificato, da un punto di vista economico, se non grazie ad uno sviluppo assai rapido di questa scienza relativamente giovane.

Se ci fosse stato ancora bisogno di stimolare l'entusiasmo o rafforzare la fiducia in questa scienza dell'elettricità, sicura-

mente l'altra sera vi ha contribuito il Signor Tesla con la sua straordinaria conferenza di due ore con la quale ha letteralmente ipnotizzato l'uditorio della *Royal Institution*. I suoi fantastici esperimenti non solo schiudono l'orizzonte per un nuovo e più promettente campo di indagini, ma suggeriscono altresì in modo più o meno definito una revisione di molti concetti fisici generali e uno stimolante ampliamento delle nostre idee speculative. Il Signor Tesla sta lavorando su argomenti che stanno in una zona di confine dove luce, elettricità, calore, affinità chimica, ed altre forme di energia che non siamo neppure in grado di identificare s'incontrano e si mescolano. Prendendo in esame alcuni dei suoi straordinari esperimenti, si ha il presentimento che le vecchie linee di demarcazione si stiano dileguando, e che una nuova e feconda generalizzazione di conoscenze con la quale possiamo intraprendere nuovi itinerari di scoperta non possa essere ormai lontana. La più ovvia ed elementare riflessione che uno spettatore può avanzare è quella di chiedersi che cosa esattamente significa elettrico e di-elettrico, corpo conduttore e corpo isolante. Il Signor Tesla produce un arco voltaico fra due elettrodi, quindi vi frappono una piastra del miglior di-elettrico ad oggi conosciuto, e il risultato non è un impedimento alla scarica, tanto meno un'interruzione, bensì una positiva agevolazione. Nel corso di altri esperimenti dello stesso tipo mostra che delle correnti ad elevato potenziale non risentono assolutamente l'effetto delle apparecchiature con le quali si tengono sotto controllo le correnti ordinarie. Sembra quasi che non vi sia alcun di-elettrico, alcuno spessore di ebanite, nessuno spazio riempito d'aria che non possa essere bucato o aggirato da una corrente che abbia un'intensità appropriata (da notare l'uso improprio che il giornalista fa del termine intensità al posto di corrente ad elevato potenziale, come del resto si evince dal titolo della prolusione, n.d.t.). Una volta che la si sia enunciata può non apparire una scoperta notevole, tuttavia è una di quelle cose di cui la gente non riesce a capacitarsi, ma demolisce completamente una quantità di concezioni le quali, per lungo tempo, si sono basate sulla tacita assunzione che vi siano linee di demarcazione rigide e ferme. La straordinaria scoperta che quando l'elettricità si accresce in termini di energia fisica perde i suoi effetti nei confronti del corpo umano deriva proprio da queste considerazioni. Il conferenziere sta in piedi in un campo elettrostatico in grado di far brillare una lampada senza alcuna connessione con fili elettrici e non avverte alcuna sensazione.

Tiene una mano appoggiata ad un morsetto dal quale un fascio di raggi luminosi violetti provenienti da una scarica elettrica sta scoppiettando e crepitando, e nell'altra mano regge una lampada o un tubo a vuoto, facendo di se stesso il canale per una corrente a qualcosa come 50.000 Volt. Il tubo a vuoto s'illumina come al sorgere del sole, ma il conferenziere non avverte alcunché, sebbene una corrente d'intensità pari a un cinquecentesimo (anche in questo caso il giornalista confonde intensità di una corrente con voltaggio di una corrente, n.d.t.) lo potrebbe mandare facilmente all'altro mondo. Come il sole ci riversa raggi che i nostri occhi non possono vedere, così sembrerebbe che il flusso di energia nel quale viviamo e ci muoviamo non trovi alcuna risposta da parte dei nostri centri nervosi finché questo flusso non si abbassi a manifestarsi al livello di una comune dinamo.

Per coloro che si occupano degli aspetti pratici di tali questioni questa è veramente una scoperta confortevole. Queste persone desiderano naturalmente sapere che cosa possano trarre di vantaggio da tutto ciò, e se la luce elettrica possa nell'immediato diventare più economica di quella a gas. Pertanto non è piccola cosa dal suo punto di vista che la sua stanza da disegno possa trasformarsi in un campo elettrostatico, nel quale lampade e tubi a vuoto in ogni dove emetteranno energia radiante a volontà, mentre egli si muove in perfetta sicurezza nel mezzo di una tempesta di energia molecolare che sfida il potere isolante del vetro. Il Signor Tesla durante la sua conferenza è stato prodigo di vari consigli pratici, ma non ha fornito una risposta precisa al desiderio di coloro che vogliono sapere se vi potrà essere un modo d'illuminazione più conveniente.

Dieci anni dopo l'arrivo di Dewar alla *Royal Institution*, un altro scienziato di Cambridge ancora più eminente vi si trasferì: si trattava di Lord Rayleigh (John William Strutt, 1842-1919), che fu designato come successore di Tyndall in qualità di Professore di Filosofia Naturale a partire dal 1887.

In seguito al decesso di Clerk Maxwell avvenuto nel 1879, Rayleigh fu designato suo successore in qualità di Professore di Fisica '*Cavendish*' all'Università di Cambridge. Si dimise da questa carica nel 1884 per star dietro alle sue proprietà terriere a Terling nell'Essex, dove mise a punto un suo laboratorio privato ben equipaggiato (Figura 56).



FIGURA 56 – Lord Rayleigh, Professore di Filosofia Naturale dal 1887 al 1905, Professore Emerito dal 1905 al 1919; qui lo vediamo impegnato al suo banco di lavoro.

Per tutto il resto della vita proseguì le sue ricerche in questo laboratorio e presso la *Royal Institution* dove rimase Professore di Filosofia Naturale fino al 1905. Tenne numerose Conferenze, e portò avanti ricerche su uno spettro straordinariamente ampio di problemi scientifici. Spiegò il motivo per cui il cielo appare azzurro, eseguì studi pionieristici sul suono e sulle onde acustiche superficiali, studi di ottica, di meccanica dei fluidi e di scienza dei colloidi. Tuttavia la sua scoperta più celebre è quella del gas Argon, per la quale – insieme a William Ramsay dello *University College* di Londra, antagonista di Dewar – fu insignito del Premio Nobel nel 1904. Rayleigh, primo dei quindici professori della *Royal Institu-*

tion a ricevere il Premio Nobel, era solito portare alle Conferenze del Venerdì Sera il suo cognato l'Onorevole A.J. Balfour, Primo Ministro e successivamente Ministro degli Esteri (ed autore della Dichiarazione di Balfour che portò all'istituzione dello Stato di Israele. È possibile vederli entrambi insieme a tanti altri luminari, nella prima fila dell'anfiteatro mentre ascoltano James Dewar che presenta la sua famosa Conferenza su 'Idrogeno liquido' nel 1904 (Figura 57)<sup>10</sup>.

Sia Dewar che Rayleigh mantennero la tradizione di portare l'attenzione della *Royal Institution* i progressi più recenti della scienza e di aree ad essa contigue dell'attività intellettuale. E questa era stata in larga misura l'etica scientifica che aveva sempre motivato Faraday. Quando J.J. Thomson (1856-1940), Professore *Cavendish* a Cambridge (successore di Rayleigh in questa carica), invitato da Dewar a tenere una Conferenza nel 1897, annunciò proprio quella sera la scoperta dell'elettrone, l'uditorio accolse la notizia con un certo scetticismo.

Nel suo *Ricapitolazioni e Riflessioni*, pubblicato nel 1936, Thomson ricordava:

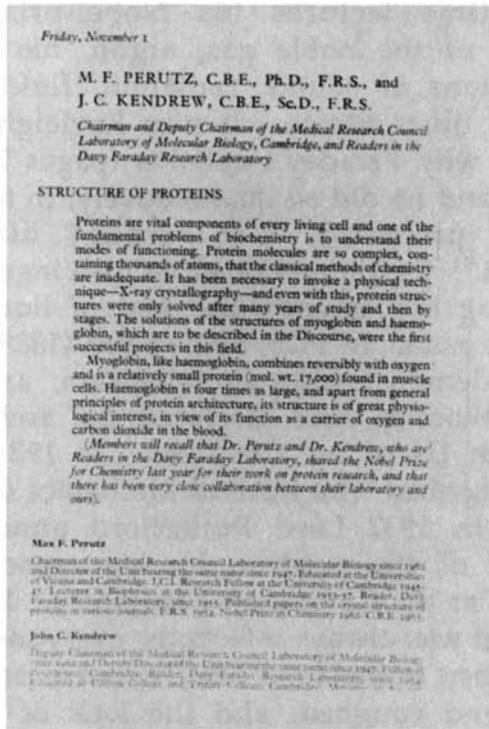


FIGURA 57 – Il Discorso di James Dewar sull'idrogeno liquido tenuto nel 1904. Fra il pubblico erano presenti due futuri Premi Nobel (Rayleigh e Marconi), un Primo Ministro (Balfour) e quattro Presidenti della *Royal Society*, fra cui Kelvin, Stokes e Crookes, nonché Ludwig Mond e George Malthey, capitani d'industria.

All'inizio vi furono davvero poche persone che credettero nell'esistenza di questi corpuscoli più piccoli degli atomi. Molto tempo dopo un eminente fisico che era presente alla mia Conferenza alla *Royal Institution* ebbe finanche a dirmi che all'epoca aveva pensato che io stessi prendendo in giro tutti.

Lord Rayleigh, durante le Conferenze del Venerdì Sera o in occasione di Seminari all'ora di pranzo o nel pomeriggio, descrisse la sua scoperta del gas nobile argon, che gli valse il Premio Nobel, le sue indagini pionieristiche sul suono, sulla radiazione, sul flusso di fluidi e su svariati altri argomenti. Fu Rayleigh a spiegare perché i colloidi di Faraday (pagg. 76-78) erano colorati, e per la sua spiegazione quantitativa di ciò ricorse a quelle proprietà dielettriche che Faraday stesso aveva scoperto<sup>11</sup>. Dewar descrisse i suoi metodi ingegnosi di raggiungere le basse temperature e di liquefare i gas permanenti. Nel 1926, Logie Baird (1888-1946) fornì la prima dimostrazione pubblica della televisione; e nel 1929 Leonard Woolley svelò per primo le sue scoperte archeologiche realizzate ad Ur in Caldea. Nel 1931 Maynard Keynes espose le sue teorie circa 'I meccanismi interni delle crisi economiche'. Nel 1932 Lord Rutherford annunciò la scoperta del neutrone ad opera del suo collega James Chadwick del Laboratorio Cavendish. L'entusiasmo di Rutherford era sempre contagioso; indipendentemente dal fatto che ne comprendesse il contenuto, chiunque restava affascinato dalle sue Conferenze, allorchando tuonava col suo vocione e tossiva, mentre la ciocca di capelli bianchi gli ricadeva sulla fronte<sup>12</sup>. All'inizio degli anni '30 del XX secolo W. H. Bragg (allora Direttore della *Institution*) e W. T. Astbury<sup>13</sup>, che era stato suo collega al Laboratorio Davy Faraday, annunciarono la loro più importante scoperta che i capelli, la lana e le altre fibre naturali erano cristalline, evento innovativo che segnò l'inizio della biologia molecolare strutturale. Fu scoperta d'importanza paragonabile alla dimostrazione del 1820 di Wohler circa il fatto che alcune molecole organiche (nella fattispecie l'urea) possono essere prodotte grazie a precursori completamente inorganici. Da quel momento una successione incredibile di scoperte fondamentali sono state annunciate durante le Conferenze del Venerdì Sera, che comprendono le nuove intuizioni circa i minerali silicatici e le leghe (Sir Lawrence Bragg); la natura dello stato liquido (grazie a J.D. Bernal il quale, durante i suoi anni giovanili vissuti lavorando a fianco di W.H. Bragg alla *Royal*

(a)



(b)



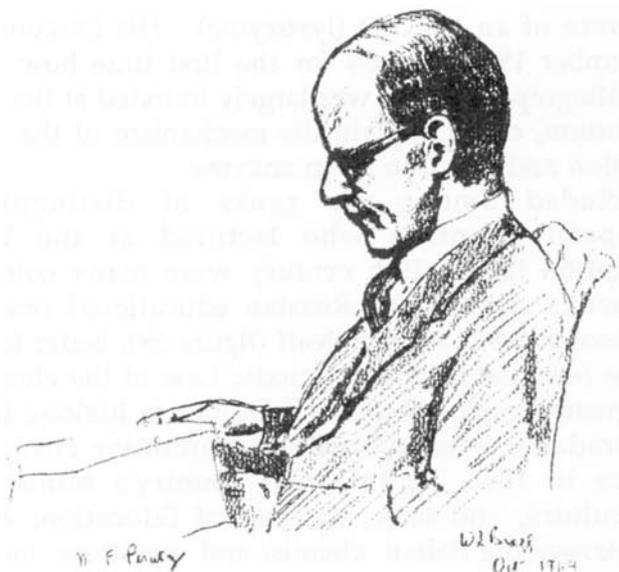


FIGURA 58 – In questa illustrazione possiamo vedere (a) l'annuncio della storica Conferenza tenuta congiuntamente da due Premi Nobel Membri dello staff del Laboratorio di Ricerca Davy-Faraday, (b) l'immagine di John Kendrew mentre sta tenendo la sua Conferenza la sera del primo di novembre del 1963 su 'La struttura delle proteine', (c) uno schizzo dell'altro Premio Nobel, Max Perutz, opera di Sir Lawrence Bragg suo famoso mentore.

*Institution*, aveva risolto la struttura di quel minerale lubrificante che si trova nelle matite e che risponde al nome di grafite). Nel 1963, in una di quelle rare Conferenze in cui si alternarono due oratori (vedi Figura 58), Max Perutz e John Kendrew illustrarono le strutture di emoglobina e mioglobina che avevano valso loro il Premio Nobel.

David C. Phillips, personalità chiave dello staff del Laboratorio Davy Faraday nel momento in cui W.L. Bragg era Direttore, fu il primo al mondo, nel 1965, a risolvere la struttura di un enzima (il lisozima). La sua Conferenza del novembre 1965 mostrò per la prima volta come la cristallografia a raggi X, che in gran parte aveva avuto le sue fondamenta presso la *Royal Institution*, poteva spiegare il meccanismo grazie al quale un enzima espleta la sua funzione.

Fra gli eminenti scienziati europei che tennero Conferenze alla *Royal Institution* nel XIX secolo vi furono molte personaggi anche pittoreschi come il riformatore del sistema formativo, nonché economista, D.I. Mendeleeff (Figura 59), meglio conosciuto come l'artefice della Legge Periodica degli Elementi; il grande chimico organico J.B. Dumas (amico per tutta la vita di Faraday) il quale, dopo i moti rivoluzionari francesi del 1848, divenne Ministro dell'Agricoltura e successivamente Ministro della Pubblica Istruzione; e infine S. Cannizzaro il chimico italiano, e allo stesso tempo facente parte delle truppe Garibaldine, passato agli onori per aver risuscitato l'ipotesi di Avogadro.

L'elenco di coloro i quali furono designati Membri Onorari della *Royal Institution* nel 1891 ci fornisce un'indicazione chiara di quanto fosse tenuta in considerazione la cooperazione internazionale fra scienziati<sup>14</sup>. Un'idea sulla gamma di argomenti trattati sia durante le Conferenze del Venerdì Sera che in altre circostanze (compresi i Sabato pomeriggio) durante le quali spesso parlò Lord Rutherford, si può desumere dal Calendario delle Conferenze approntato da Sir William Bragg per il febbraio 1933 (Appendice V). Allora, come del resto anche tutt'oggi, venivano prospettati temi aventi un interesse



(a)

culturale generale (Appendice IV). Allorché John Ruskin, profeta infaticabile e brillante dell'epoca Vittoriana nonché grande divulgatore della pittura di Turner, parlò su 'Verona', l'uditorio arrivò alla sbalorditiva cifra di 1144 presenze, numero addirittura superiore a quello che era riuscito a conseguire lo stesso Faraday. Le Conferenze di Mathew Arnold su 'Eguaglianza' e su 'Emerson' ebbero una risposta non da meno in termini di presenze.

Durante il corso del XX secolo scienziati eminenti da ogni parte del mondo, ivi compreso vari Premi Nobel, sono convenuti

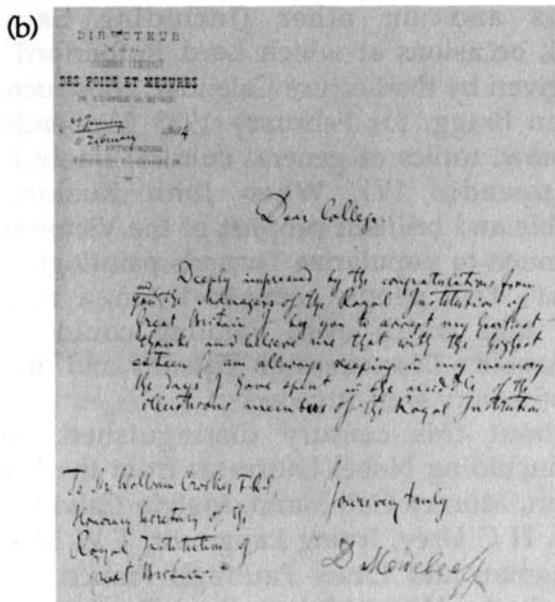


FIGURA 59 – In questa illustrazione possiamo vedere (a) Dmitri Ivanovitch Mendeleeff (1834-1907), quattordicesimo ed ultimo figlio del Direttore del Ginnasio di Tobulsk. Autore eccezionalmente prolifico con più di 300 lavori originali di arte, pedagogia ed economia, ebbe il grande merito di elaborare, con esito trionfale, il Sistema Periodico degli Elementi. Tenne una conferenza alla *Royal Institution* nel 1889, e successivamente fu in regolare corrispondenza con Membri della stessa Istituzione. (b) una lettera di ringraziamento di Mendeleeff a Sir William Crookes (dagli archivi della *Royal Institution*).

alla *Royal Institution* per tenervi le Conferenze del Venerdì Sera: dagli Stati Uniti A.H. Compton, Murray Gell-Mann, Melvin Calvin, Roald Hoffmann, H. C. Urey, Irving Langmuir, T.W. Richards, P.W. Bridgman e Linus Pauling; dalla Francia Gabriel Lippman, Curie, Henri Moissan e Perrin; dall'Austria Konrad Lorenz, Nikolaas Tinbergen ed Erwin Schroedinger; dall'Olanda Lorentz e Zeeman; dalla Svezia Arrhenius; dalla Germania Ostwald ed Eigen; dall'Italia Emilio Segre; dalla Spagna S. Ochoa; e poi anche altri da altri Paesi. Nell'anfiteatro delle Conferenze risuona ancora l'eco della voce di altri grandi donne ed uomini del passato che ispirano le nuove generazioni: Walford Davis e Parry, Gilbert Murray, G.M. Trevelyan, Sir James Frazer, Jacquetta Hawkes, Dorothy Sayers, Kathleen Kenyon, Anthony Blunt, Margaret Mead, Basil Spence, Gerald Kelly, Peter Scott, Osbert Lancaster, Gerald Moore e Hugh Casson.

### Note

1. John Hanning Speke (1827-1864), l'altro grande esploratore accreditato della scoperta delle sorgenti del Nilo, tenne anch'egli una Conferenza speciale del Martedì Sera su argomento simile nel 1863. Speke perse la vita in un tragico incidente durante la caccia lo stesso giorno in cui avrebbe dovuto discutere pubblicamente le sue rivendicazioni di scopritore insieme ad un altro importante esploratore, Sir Richard Burton.
2. I.M. McCabe, *Proc. Roy. Inst. of G. B.*, 61, 283 (1989).
3. Viene descritto da Sir Anthony Jay, scrittore e divulgatore, ed autore dei libri *Yes Minister* e *Yes Prime Minister*, come 'il miglior auditorio nel mondo'. (Sir Anthony Jay nel 1990 tenne una Conferenza sul tema 'Comprendere la risata', vedi *Proc. Royal Inst. of G. B.*, 62, 99 (1990)).
4. La 'Conferenza' fu poi trasmessa dalla televisione nazionale Neo-Zelandese e successivamente replicata nelle scuole del Regno Unito e di altri Paesi.
5. Un delizioso resoconto dalla vita di Charles Piazzi Smith intitolato 'L'astronomo peripatetico' di H. A. Brück e M. T. Brück è stato recentemente pubblicato (Adam Hilger, Bristol, 1988).
6. Il benzolo viene oggi chiamato benzene.
7. Questa dimostrazione fu eseguita durante le Conferenze di Natale

- tenute dal Professor Charles Taylor, vedi anche *The Art and Science of Lecture Demonstration*, Adam Hilger, Bristol, (1988), 35.
8. Gwendy Caroe, *The Royal Institution: an Informal History*, John Murray (1985), 86.
  9. Tesla ed altri rivendicarono, adducendo testimonianze dirette, che lo stesso Tesla era stato in grado di accendere circa 200 lampade da 50 watt con un generatore situato a più di venti miglia usando come mezzo di trasmissione della corrente elettrica unicamente il suolo.
  10. Delle eminenti personalità sedute in prima fila Lodge, Rayleigh, Balfour e Crookes erano tutti profondamente interessati ai fenomeni fisici.
  11. Vedi M. Kerker, *Proc. of the Royal Inst. of G. B.*, 61 (1989), 229.
  12. Vedi Mrs. Alban Caroe, *Proc. of the Royal Inst. of G. B.*, (1966), 398.
  13. Per questo lavoro, Astbury, successivamente Professore di Biofisica alla Università di Leeds, vinse il Premio Actonian della *Royal Institution*. Questo Premio viene conferito ogni sette anni dal 1844. Precedentemente era stato assegnato a Madame Curie per i suoi studi sulle sostanze radioattive; a Sir Charles Sherrington per le sue ricerche sui meccanismi integrativi alla base del sistema nervoso, e a Sir Alexander Fleming per la scoperta della penicillina e il suo sviluppo come farmaco.
  14. Il numero totale di Membri Onorari è limitato a 25, comprendendo il Sovrano, il Reggente e il Presidente della *Royal Society*. Ad oggi vi fanno parte dodici Premi Nobel, un vincitore del Premio del Giappone e due del Premio Wolf. Fra quelli designati nel 1891 vi si annoverano Louis Pasteur, Berthelot, Bunsen, Helmholtz, Dana, Willard Gibbs, S. Newcomb, Cannizzaro, Mendeleeff, Van der Waals e Hoffmann. Nella sua lettera di ringraziamento indirizzata al Segretario della *Royal Institution*, Hoffmann scriveva così:

In Faraday ho ammirato lo straordinario pensatore sperimentale; ho amato la sua nobile mente e l'uomo d'animo gentile. Durante i venti anni in cui ho avuto la buone sorte di vivere nella vecchia, cara Inghilterra non ho perso neppure una delle sue Conferenze. Sarebbe difficile dire quanto profondo sia il mio debito di gratitudine nei confronti di queste meravigliose lezioni e di tante altre parimenti fondamentali

alle quali ho partecipato alla *Royal Institution*, e spesso, durante i miei corsi, quando illustro un esperimento altamente istruttivo, mi fa piacere raccontare ai miei studenti dove e da chi l'ho visto eseguire per la prima volta.

## Capitolo 8

### La divulgazione della scienza

Una volta Faraday scrisse che una conferenza veramente divulgativa non può insegnare alcunché, così come una lezione che insegni realmente qualcosa non può avere carattere divulgativo. Indipendentemente dalla veridicità o meno di questa affermazione, la *Royal Institution* continua nei suoi sforzi di divulgazione scientifica, proseguendo una tradizione iniziata nel lontano 1826. L'idea di Faraday era che le Conferenze Serali dovevano divertire ed intrattenere, ma anche educare, istruire e, soprattutto, ispirare. Questo è ancora il principio che guida la *Royal Institution* nell'organizzare le sue numerose attività educative. Grazie alle iniziative prese sotto l'egida di Sir Lawrence Bragg (1890-1971), Sir George (e successivamente Lord) Porter (1920-2002) e dei loro successori, queste attività si estendono sia a corsi di perfezionamento di matematica e tecnologia per alunne ed alunni delle scuole primarie e secondarie (tenuti anche in venticinque altri centri del Regno Unito oltre che nella *Royal Institution* stessa), sia a progetti per l'arricchimento dei *curriculum* scolastici ed anche alla realizzazione di filmati video speciali (su argomenti del tipo 'Geometria e prospettiva' e 'Colore'). Per i giovani, tuttavia, l'avvenimento di gran lunga più saliente di ogni anno è la serie di Conferenze di Natale, le quali, dal 1966, vengono trasmesse dalla BBC su tutto il territorio nazionale e adesso sono anche ripetute, in una forma abbreviata, per gli studenti del Giappone durante l'estate che segue. Copie di queste registrazioni video delle Conferenze di Natale vengono oramai commercializzate in tutto il mondo<sup>1</sup>.

La più famosa serie di Conferenze di Natale è a tutt'oggi quella ad opera di Michael Faraday dal titolo *La storia chimica di una candela*.

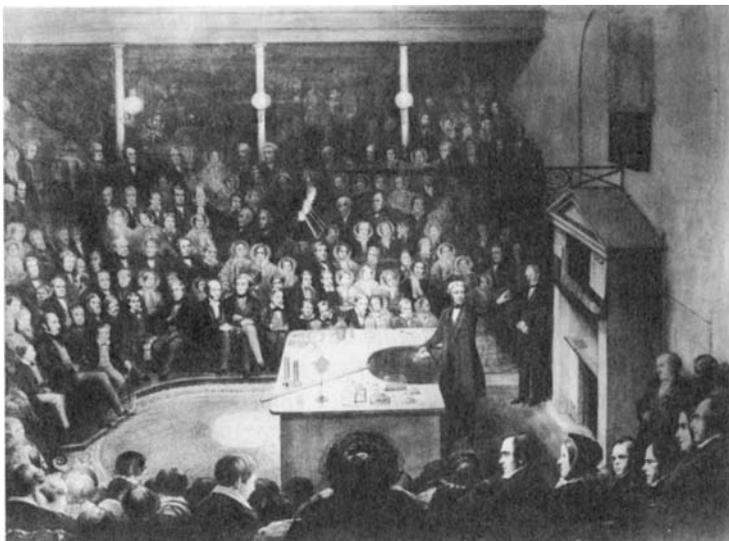


FIGURA 60 – Faraday mentre tiene una delle sue Conferenze di Natale nel 1855.

(L'edizione giapponese di questo libro ha già avuto più di settanta ristampe). Nelle considerazioni iniziali della prima delle sei Conferenze su questo tema, Faraday così si rivolgeva alla moltitudine di ragazzi che affollava l'anfiteatro della *Royal Institution* nel dicembre del 1860:

Ho trattato questo argomento in una precedente circostanza<sup>2</sup>; e se fosse per me, preferirei riproporlo praticamente ogni anno – così grande l'interesse che il tema comporta di per sé, così stupefacente la molteplicità di orizzonti che esso offre alle varie branche della filosofia. Qualsiasi legge che governa l'universo vi entra in gioco. Si può affermare che i fenomeni fisici associati ad una candela che brucia siano il modo migliore per entrare in contatto con la filosofia naturale, la porta più appropriata grazie alla quale farvi ingresso. Confido, pertanto, che non vi deluderò avendo prescelto questo tema rispetto ad argomenti più nuovi e recenti, i quali, anche se parimenti validi, non sarebbero risultati comunque migliori.

E prima di andare avanti, consentitemi di aggiungere anche un'altra cosa – che benché il nostro argomento sia così importante e la nostra intenzione sia di trattarlo con onestà, serietà ed approccio filosofico, cionondimeno intendo astenermi da proporvelo dall'alto dalla mia saggezza canuta. Rivendico il privilegio di parlare ai giovani con spirito giovane. L'ho già fatto in precedenti occasioni – e, con il vostro beneplacito, lo farò ancora una volta. E sebbene mi trovi qui con la consapevolezza di pronunciare parole rivolte al mondo intero, tuttavia questo non m'impedirà di parlare nello stesso modo familiare con cui mi rivolgo a coloro i quali considero essere i più vicini a me in questa circostanza.

Ed ora, cari ragazze e ragazzi, devo anzitutto premettere di che cosa sono costituite le candele. Alcune sono davvero curiose. Ne ho qui alcune fatte di legno, dai rami di alberi particolarmente famosi per il modo di bruciare. Ed ecco vedete dunque un pezzetto di una sostanza curiosa tratta da alcuni alberi delle paludi irlandesi la candela legnosa – un legno duro, robusto ed eccellente, evidentemente adatto per buone prestazioni laddove è richiesta la resistenza a forze esterne, e tuttavia anche con la proprietà di bruciare così bene talché, dove lo si riesce a reperire, se ne fanno schegge, e quindi torce, poiché brucia proprio come una candela, e dà invero una luce assai bella. E proprio in questo legno noi troviamo una delle più meravigliose illustrazioni che io possa dare circa la natura generale di una candela. Il combustibile fornito, il modo di portare questo combustibile nella regione in cui si espleta l'azione chimica, l'approvvigionamento regolare e graduale dell'aria nella zona della reazione chimica – luce e calore – il tutto condensato in un piccolo pezzetto di questo tipo di legno, che forma, di fatto, una candela naturale.

Queste parole, con quelle che poi seguiranno ed insieme alla serie elegante dei semplici esperimenti descritti da Faraday nella versione scritta delle sue Conferenze di Natale sono andati a costituire *La storia chimica di una candela*, vero classico negli annali della scienza. La prefazione per una riedizione successiva, redatta con fantastica felicità d'espressione da William Crookes (1832-1919), membro prominente ed attivo partecipe alle vicende della *Institution* (nonché Presidente della *Royal Society* nel biennio 1913-1915 (Figura 61), aggiunge ulteriore fascino.

Dalla primitiva torcia a base di legno di pino alla candela di paraffina, quale immenso arco di tempo! Quale stratosferico contrasto! I mezzi che l'uomo impiega per illuminare la sua casa durante la notte denotano immediatamente la sua posizione nella scala della civilizzazione. Il bitume fluido del lontano Oriente risplende in rudimentali recipienti di terracotta; la lampada Etrusca, di forma squisita, e tuttavia scarsamente adatta all'impiego; il grasso di balena, di foca, o di orso, che riempie le capanne degli Eschimesi o dei Lapponi di odori piuttosto che di luce; l'enorme cero che illumina l'altare, la varietà di lampade a gas nelle nostre strade – tutti hanno la loro storia da raccontare. Tutti questi dispositivi d'illuminazione se potessero parlare (e, dopo tutto, nel loro linguaggio lo fanno), scalderebbero i nostri cuori narrandoci come hanno recato conforto all'uomo, come hanno contribuito all'amore per la casa, come hanno alleviato le fatiche, e come hanno ispirato devozione.

Certamente, fra i milioni di persone che hanno venerato il fuoco o che lo hanno semplicemente impiegato e che ormai non sono più fra noi, alcuni avranno riflettuto sul mistero del fuoco; forse alcune menti illuminate avranno avanzato sagaci congetture assai prossime alla verità. Immaginiamo il tempo in cui l'uomo ha vissuto in un'ignoranza senza speranza: riflettiamo sul fatto che la verità è venuta interamente a galla solo durante un arco di tempo grosso modo coincidente con una vita umana.

Atomo dopo atomo, anello dopo anello, la catena razionale della comprensione è stata forgiata. Alcuni di questi anelli, con troppa fretta e troppo superficialmente individuati, sono stati accantonati, e sostituiti grazie ad un lavoro più accurato; ma adesso i fenomeni più importanti sono conosciuti – il quadro di riferimento è oramai correttamente e saldamente costituito – abili Artisti stanno completando il resto, e il ragazzino che fa sue queste Conferenze sul fuoco ne sa più di Aristotele.

E proprio sul principio della candela si tenta oggi di illuminare le regioni oscure della natura; il cannello a gas e il prisma stanno incrementando la nostra conoscenza della crosta terrestre; ma la torcia viene prima.

Fra i lettori di questo libro ve ne sarà qualcuno, forse pochi, che si dedicheranno a riempire sempre di più i magazzini della conoscenza: la Lampada della Scienza deve bruciare. 'Alere flammam'. ('Alimentare la fiamma', n.d.t.).



FIGURA 61 – Sir William Crookes, inventore del radiometro e dei famosi tubi sotto vuoto che portano il suo nome, scopri l'elemento Tallio. In tempi diversi fu Presidente della *Chemical Society*, della *Institution of Electrical Engineers*, della *Society of Chemical Industry*, della *British Association* e della *Royal Society*.

Quando Sir James Jeans (1877-1946), famoso astronomo, nonché abile musicista, tenne le Conferenze di Natale nel 1933-1934 ne fece poi la base per il suo autorevole libro *Attraverso Spazio e Tempo* che successivamente ispirò generazioni di giovani scienziati.

Nella prefazione di questo libro vi è condensata la quintessenza della serie di Conferenze di Natale:

Ogni anno da ormai più di un secolo, la *Royal Institution* invita degli scienziati a tenere una serie di Conferenze durante le vacanze Natalizie in uno stile 'appropriato per un pubblico di giovani'. In pratica, questa locuzione piuttosto bizzarra significa che il conferenziere dovrà confrontarsi con ascoltatori appassionati e critici, i quali avranno età comprese fra otto e più di ottanta anni, e conoscenze scientifiche da quelle tipiche dei suddetti ragazzi di otto anni fino a quelle di seri professori di scienza e venerabili Membri della *Royal Society*, ciascuno di quali si aspetterà che il Conferenziere riferisca su qualcosa di proprio interesse.



FIGURA 62 – Ritratto di Faraday a circa sessant'anni ad opera di McGuire.

Questo libro contiene la sostanza delle cose che dissi quando fui onorato dall'invito di tenere le Conferenze di Natale nel 1933-4, rinvigorite in alcuni punti con quanto ebbi modo di riferire in altre circostanze leggermente più importanti, sia alla *Royal Institution* che altrove.

I suoi paragrafi introduttivi evocano la magia dell'astronomia che rappresenta l'argomento più preferito in assoluto fra tutti quelli selezionati da allora fino ad oggi per un totale di centosessantadue serie:

Questi sono giorni senza riposo nei quali chiunque possa viaggiare. Il più fortunato di noi può aver viaggiato fuori d'Europa verso altri continenti – magari tutto intorno al mondo – ed aver visto spettacoli e paesaggi strani. E adesso intendiamo intraprendere il viaggio più lungo verso

l'universo intero. Noi viaggeremo – o aspireremo a viaggiare – così lontano nello spazio che la nostra terra ci sembrerà più piccola del più minuscolo granellino di polvere in un raggio di sole, e così lontana nel tempo che l'intera storia dell'umanità ci apparirà contrarsi fino ad un battito d'orologio, ed il corso di una vita umana fino a qualcosa di più fugace di un batter d'occhio.

Dal momento che viaggeremo nello spazio, dovremo tentare di fornire una rappresentazione di come l'universo è in questo momento – spazi immensi di estensione inimmaginabile e terrificante desolazione, liberati dal vuoto assoluto solo raramente grazie a piccole particelle di fredda materia senza vita, e con frequenza ancora più rara da quelle sfere vivide di gas fiammeggianti che chiamiamo stelle. La maggior parte di queste stelle sono viandanti solitari nello spazio, sebbene qua e là possiamo probabilmente trovare una stella che riempie di luce e calore una famiglia di pianeti circostanti. Eppure pochi di questi sono davvero simili alla nostra terra; la maggioranza di essi sono così differenti che difficilmente saremo in grado di descriverne il paesaggio, o immaginare la loro condizione fisica.

Gli argomenti toccati dalle Conferenze di Natale si estendono dalla musica alle molecole, dalla visione dell'infinitamente piccolo (mediante microscopia elettronica) all'esplorazione dell'infinitamente grande (con l'astronomia), dal linguaggio degli animali – brillantemente trattato da David Attenborough nel 1973-1974 prima che diventasse una rinomata star televisiva a livello mondiale – fino alle eccitanti avventure nel mondo del grande e piccolo, sotto le leggi di Gulliver (Figure 63-65). Fino ad oggi la matematica ha avuto un ruolo centrale nella Serie di Conferenze solo una volta. Il successo che ebbe E.C. Zeeman (Professore di Matematica alla *Royal Institution*) allorché trattò il tema 'Matematica nei Disegni' nel dicembre-gennaio 1979-1980 fu tale, che la *Royal Institution* decise di avviare Corsi di Perfezionamento regolari su questo tema per tutto il Regno Unito. Zeeman introdusse il concetto della Natura della Matematica e della Matematica della Natura nei termini seguenti:

Questa è la prima volta nel corso di 149 anni che le Conferenze di Natale sono dedicate alla matematica. Forse ciò è accaduto perché in effetti si tratta di un argomento che presenta alcuni paradossi: non siamo mai certi se si tratti di

un'arte o di una scienza, se il matematico operi inventando o scoprendo, se questa disciplina sia una sorta di balocco che l'uomo crea per se stesso, oppure se rappresenti una verità così universale da essere addirittura indipendente dall'universo stesso. È uno dei più antichi e meravigliosi sforzi intellettivi dell'umanità. C'è chi la ama e chi invece la odia. Si manifesta con estrema purezza con le sue forme che si dipanano solo grazie a criteri intrinseci di perfezione, oppure si estrinseca nel campo applicativo costruendo modelli utili alla scienza. Pertanto inizieremo queste Conferenze muovendo proprio da questo primo aspetto di purezza e vi dedicheremo tre conferenze finalizzate a chiarire la natura della matematica. Successivamente sposteremo l'attenzione sul carattere applicativo della matematica e le ultime tre Conferenze saranno inerenti a delucidare la matematica della natura.

Quale è la natura della matematica? Bene, consiste di teoremi e dimostrazioni. Selezioneremo alcuni piccoli teoremi e li dimosteremo. Sceglieremo teoremi brevi, poiché sono quelli più facili da enunciare, e più rapidi da dimostrare. Ma ne menzioneremo anche alcuni assai eleganti, le cui dimostrazioni sono sottili e sorprendenti, e che rappresentarono un vero trionfo per i matematici che li scoprirono per primi o addirittura li inventarono. Parleremo di teoremi che colgono la quintessenza della matematica e ne riassumono l'intero stile, teoremi nei quali il matematico riesce a vedere un grande spettro di idee e risultati incapsulati in un microcosmo; proprio nello stesso modo in cui un critico letterario individuava la grandezza di Shakespeare da un unico sonetto o, del pari, come uno storico dell'arte può compendiare tutto il Rinascimento da una singola pittura del Masaccio. E per agevolare la nostra comprensione impiegheremo molti grafici e disegni, giacché l'intuizione visiva è fondamentale per capire la matematica; ci consente di veder tutte le cose come un intero corpus. Naturalmente per le dimostrazioni e i calcoli dovremo talvolta usare numeri e simboli ed altri 'arnesi' matematici, ma spesso i dettagli tecnici di questi strumenti ci potranno impedire di distinguere il legno dall'albero, ed allora proprio l'intuizione visiva verrà in nostro aiuto consentendoci di percepire l'intero contesto, anche se magari il problema originale poteva non aver niente a che fare con la geometria. Ecco perché le Conferenze recano il titolo 'Matematica nei Disegni', a significare che i disegni sono per la comprensione.

Vi sono tre caratteristiche davvero interessanti che riguardano le Conferenze di Natale della *Royal Institution*. La prima riguarda il numero di persone, di qualsiasi livello sociale e mestiere, che affermano di essersi accorte di avere un interesse per la scienza proprio in occasione della partecipazione, da ragazzi, alle Conferenze di Natale della *Royal Institution*. Quasi invariabilmente non dicono che 'Il conferenziere ci raccontò così e così' bensì che 'Ci fu mostrato questo e questo'. È l'esperienza che crea l'impressione vivida e duratura. In un'intervista concessa al *Glasgow Herald*, nel marzo 1991, il Premio Nobel (e Membro Onorario della *Royal Institution*) Dorothy Hodgkin rimarcò che si convinse ad intraprendere la carriera di scienziata proprio in seguito alla partecipazione, da ragazzina, alle Conferenze di Natale tenute da Sir William Bragg nel 1923 sul tema 'Sulla natura delle cose'.

La seconda caratteristica concernente le Conferenze di Natale è quella di aver generato molti libri scientifici divulgativi di successo. Il Conferenziere al termine della serie viene generalmente invitato ad organizzare il contenuto delle Conferenze in un libro e molti dei migliori libri divulgativi di scienza di grande tiratura pubblicati nel Regno Unito – in tutto circa cinquanta – hanno avuto la loro origine proprio in questo modo. La terza caratteristica risiede nell'impatto della televisione. Fra Natale e Capodanno, allorché le Conferenze vengono ora diffuse, si raggiungono dai sei agli otto milioni di spettatori. In seguito, la ripetizione delle trasmissioni durante l'anno aggiunge altri quattro-cinque milioni di spettatori. Inoltre, quando versioni abbreviate delle Conferenze di Natale arrivano in Giappone, ed estratti di esse vengono trasmesse dalla televisione di Tokyo, allora il numero di ragazzi raggiunti dal teatro della *Royal Institution* si accresce ulteriormente. Tutto ciò avrebbe fatto immenso piacere a Faraday.

È interessante notare il contrasto fra il numero di ragazzi raggiunti da Faraday durante le diciannove serie di Conferenze di Natale che presentò durante la sua permanenza alla *Royal Institution* e l'analogo numero conseguito dal Professor Charles Taylor<sup>3</sup>, uno dei più famosi Conferenzieri per i ragazzi del Regno Unito degli ultimi decenni, il quale ha tenuto due serie di Conferenze di Natale di grandissimo successo sull'esplorazione del mondo della musica. Il numero di spettatori totali (nel teatro) per quanto riguarda Faraday è stimato essere stato intorno a 85.000. Quello di Taylor nel teatro della *Royal Institution* è stato intorno a 5.500; ma gli spettatori

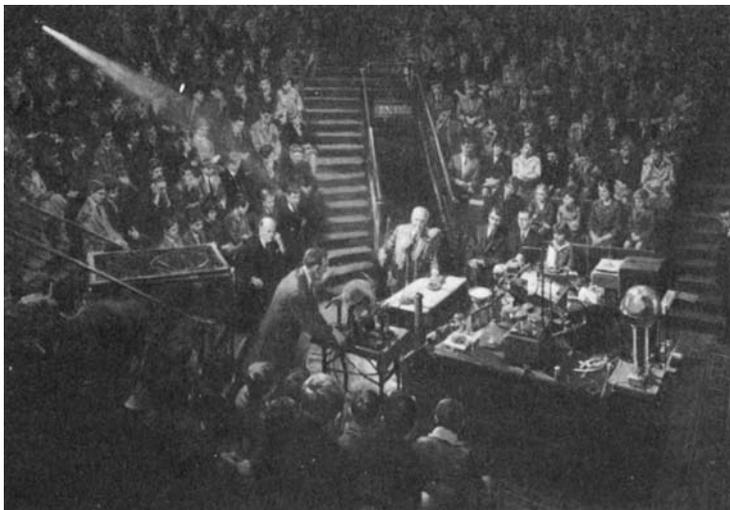


FIGURA 63 – Sir Lawrence Bragg mentre tiene le sue Conferenze di Natale nel 1961 su ‘Elettricità’. (Da un dipinto di Cuneo, attualmente in mostra presso la *Royal Institution*).

che hanno potuto vedere Taylor grazie ai moderni mezzi di comunicazione si aggira ben oltre i venti milioni.

[Probabilmente Charles Taylor ha presentato più conferenze-dimostrazioni a ragazzi (da sette a diciotto anni) di qualsiasi altro in Europa. Per venti anni, con regolarità, circa mille ragazzi (dei trentamila) che hanno affollato il teatro della *Royal Institution* sono stati ispirati, educati ed intrattenuti da Charles Taylor che a loro si rivolgeva catturandone l'attenzione: Faraday avrebbe sicuramente manifestato la sua totale approvazione].

*‘Così hanno concluso, così hanno esordito’*

Per catturare i cuori e sedurre le menti dei giovani ragazzi, i conferenzieri che relazionavano durante le serie di Natale tendevano a scegliere i loro esperimenti più per il carattere intrinsecamente ‘sensazionale’ che per il reale contenuto pedagogico (così si esprimeva Sir William Bragg, maestro indiscusso dell'arte di tenere conferenze



FIGURA 64 – Una scena dalle Conferenze di Natale del 1976-1977 tenute da Sir George Porter dove è possibile scorgere il Duca di Kent in prima fila affiancato (alla sua sinistra) dal Principe Andrea e (alla sua destra) dal Conte di Sant'Andrea.

di Natale). I Conferenzieri del Venerdì Sera, viceversa, erano molto meno attenti a questo aspetto. Lo stile adottato da circa duemila conferenzieri durante un periodo di 165 anni è comunque cambiato enormemente. Una volta preso atto che una conferenza si presenta bene o sfigura nei primi dieci minuti, è interessante ricordare come, nel corso degli anni, svariate strategie siano state messe a punto per fissare l'attenzione degli ascoltatori presenti alla *Royal Institution* e come, inoltre, gli oratori abbiano architettato la chiusa del loro intervento. Gli estratti qui sotto riportati, tutti reperibili nei *Proceedings of the Royal Institution* a meno che non vi sia esplicita menzione ad altra fonte, sono stati selezionati sia per il loro valore intrinseco, sia per illustrare il ventaglio degli argomenti discussi, nonché lo stato delle conoscenze su questi al momento della loro proposizione.

Il 25 gennaio 1878, il Professor Thomas H. Huxley '*Right Honourable*' – titolo spettante ai Pari di rango inferiore al marchesato, n.d.t. – (Professore '*Fuller*' presso la *Royal Institution* e Presidente del-

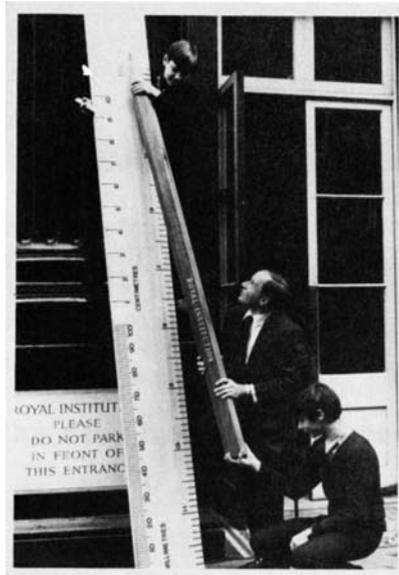


FIGURA 65 – Quando il Professor Philip Morrison del *Massachusetts Institute of Technology* tenne le sue Conferenze di Natale sulle Leggi di Gulliver, i due figli dell'allora Direttore della *Royal Institution* lo aiutarono a sistemare una matita ed un righello dodici volte più grandi del normale per poterli poi impiegare durante le Conferenze.

la *Royal Society* nel periodo 1883-1885) parlò su 'William Harvey', il cui terzo centenario della nascita veniva celebrato proprio nel 1878. T.H. Huxley viene ricordato come 'il mastino di Darwin', ma in realtà fu anche grande scienziato di per sé. Un autodidatta completo che era andato a scuola solo dall'età di otto a quella di dieci anni, aveva appreso completamente da solo cinque lingue straniere e successivamente era diventato assistente chirurgo nella Marina da Guerra Inglese. Formidabile oratore e dotato di stile brillante, ebbe un ruolo fondamentale nello svuotare l'opposizione religiosa ed oscurantista alla teoria dell'evoluzione. Così esordì nella sua Conferenza su Harvey in occasione del terzo centenario della nascita:

Riguardo alla natura esatta ed al valore dei contributi di Harvey per la spiegazione delle questioni fondamentali

inerenti alla fisiologia degli animali superiori sono state addotte molteplici opinioni; da quelle che gli negano assolutamente ogni merito – per la verità gli rivolgono esplicitamente l'accusa di essere un plagiatore – alle altre opposte che lo incoronano attribuendogli l'onore supremo di appartenere ai grandi scopritori scientifici. Né vi è stata minore controversia circa il metodo adottato da Harvey per conseguire i risultati che lo hanno reso famoso. Io penso che sarebbe auspicabile fare definitivamente chiarezza riguardo a tali questioni; e, in questo anno così favorevole per questi dibattiti, cercherò di aggiungere un piccolo, modesto contributo al castello di disquisizioni inerenti ad Harvey, nella speranza di gettar luce su molti punti dominati da

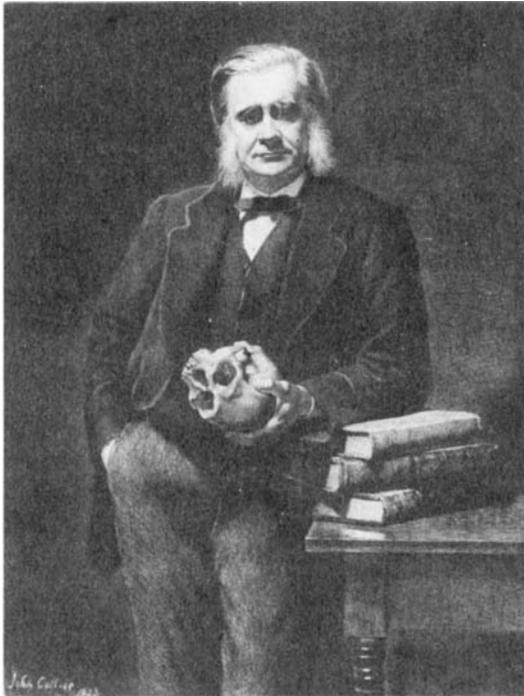


FIGURA 66 – T.H. Huxley che fu Professore di Fisiologia ed Anatomia Comparata sulla cattedra istituita da John Fuller e più tardi Presidente della *Royal Society*.

un'oscurità accumulatasi negli anni, in parte per caso ed in parte deliberatamente.

Huxley concluse con una chiosa che appare di assoluto rilievo nei confronti dell'attuale dibattito fra vivisezionisti ed oppositori di questa pratica:

Il fatto è che né in questo, né in altri problemi fisiologici, il ragionamento puramente deduttivo che muova dalla struttura morta può dirci che ruolo giochi quella struttura quando è una componente vivente di un organismo vivente. La fisiologia tenta di scoprire le leggi dell'attività vitale, e queste leggi sono ovviamente accertabili solo grazie all'osservazione e all'esperimento su organismi viventi.

Nel caso della circolazione del sangue, così come in tutte le altre grandi teorie della fisiologia, se si eliminano le verità conseguite grazie all'osservazione e all'esperimento su strutture viventi, l'intera costruzione teoretica si frantuma. Galeno, Columbus, Harvey, sfruttarono tutti ampiamente la vivisezione. E la dimostrazione finale oculare della circolazione del sangue ad opera di Malpighi, sette anni dopo la morte di Harvey – chiave di volta del suo edificio concettuale – implicò un esperimento su una rana viva.

Il romanziere, giornalista ed enciclopedista H.G. Wells (1866-1946) fu caratterizzato da una visione immaginario-utopistica della scienza; quando il 24 gennaio del 1902 presentò la sua Conferenza del Venerdì su 'La Scoperta del Futuro', si mostrò preoccupato circa la posizione dell'uomo in un universo inospitale ma alla fine conquistabile, idee che successivamente sviluppò estensivamente nei suoi racconti e nei suoi scritti polemici. La Conferenza ebbe questo esordio:

Nel prosiegua delle mie argomentazioni la cosa più conveniente sarà separare e mettere a contrasto due modelli di intelletti divergenti, due tipologie che si possono distinguere principalmente per il loro atteggiamento nei confronti del tempo, e più in particolare per l'importanza relativa che attribuiscono al futuro degli eventi e per la relativa porzione di speculazione che vi dedicano.

Il primo tipo – che poi è, a mio avviso, quello predominante, quello che appartiene alla maggioranza degli esseri

viventi – è quello che si preoccupa di pensare al futuro assai poco, che lo considera come una sorta di lavagna nera del non-esistente dove il presente che avanza scriverà gli eventi. Il secondo tipo, il quale, seconde me, è una tipologia di mente più moderna e però meno abbondante, pensa costantemente, e preferibilmente, agli eventi che si verificheranno e considera gli accadimenti presenti per lo più in relazione ai risultati che da questi devono derivare. Il primo tipo di inclinazione, considerato nella sua essenza pura, ha una connotazione retrospettiva, ed interpreta gli eventi del presente, dando valore a questo e/o negando quello, esclusivamente in relazione al passato. Il secondo tipo di approccio mentale ha invece natura costruttiva; interpreta gli eventi del presente e dà valore a questo o a quello esclusivamente in relazione a situazioni progettate o previste.

Più avanti, sottolineando le sue opinioni sul metodo scientifico proclamava:

Ma tu verrai a conoscenza che la cosa essenziale nel processo scientifico non è la raccolta di fatti, bensì l'analisi dei fatti: i fatti sono la materia grezza, e non la sostanza della scienza, è l'analisi che ci ha fornito una conoscenza ordinata; e voi sapete che lo scopo, la prova sperimentale e la giustificazione stessa del processo scientifico non sono trucchi da prestigiatore per rendere accattivante il prodotto, bensì predizione. Fino al momento in cui una teoria scientifica non fornisce previsioni affidabili, voi sapete che è da considerare solo come un tentativo con elementi di fallacità ancora presenti; si presenta come mera speculazione, evanescente alla stregua di disquisizioni sull'arte, o illusoria come i discorsi dei politici. La splendida costruzione teorica dell'astronomia gravitazionale si basa, per esempio, in modo assolutamente autonomo su alcune previsioni circa i movimenti stellari e, se non vi fossero queste previsioni esatte, rifiutereste nel modo più assoluto di credere alle sue meravigliose affermazioni. Tutto l'apparato di concetti della scienza medica è finalizzato alla diagnosi, e ne rivendica il potere. La meteorologia si propone costantemente e con persistenza di prevedere, e non avrebbe mai così tanto onore se non fosse in grado di predire con certezza. Il chimico riesce a prevedere l'esistenza di elementi chimici prima di scoprirli – e giustamente ne mena vanto; a tutti noi è familiare il modo in cui l'intelletto

di Clerk Maxwell riassunse ed integrò splendidamente in un'unica teoria tutti gli esperimenti, predicendo tutti quei fenomeni che poi Marconi ha materialmente realizzato. Tutte le matematiche applicate, componendo problemi grazie al calcolo, riescono a prevedere cose che altrimenti potrebbero essere determinate solo per tentativi. Anche in un campo poco scientifico quale è quello dell'economia politica sono state realizzate previsioni.

‘Vi può essere la possibilità che nascano’, dice Wells, ‘nuovi animali che ci diano la caccia per mare e per terra, e che possano comparire alcune nuove sostanze stupefacenti o addirittura una forma di pazzia distruttrice nella mente degli uomini’. Così continuava:

E infine, vi è una ragionevole certezza che l'irraggiamento di questo nostro sole dovrà un qualche giorno estinguersi; questo è per lo meno ciò che dovrà accadere; il sole si espanderà e diverrà sempre più freddo, e i suoi pianeti cominceranno a ruotare sempre più lentamente, finché ad un certo punto la nostra terra, ormai senza più maree e in movimento sempre più lento, morirà e ghiaccerà, e tutti gli organismi viventi in quel momento presenti congeleranno e periranno. In quel momento abbiamo la certezza che la vita umana terminerà. Di tutti questi incubi, la fine dell'umanità è senza dubbio quello che più insistentemente ci convince. E tuttavia non ci si crede. Almeno io non vi presto fede. E non credo in questa prospettiva, poiché sono pervenuto all'idea che bisogna credere in altre cose, nella coerenza e nel finalismo del mondo e nella grandezza del destino dell'uomo. I mondi possono congelare e i soli possono spegnersi, ma io penso che dentro di noi aleggi e si muova qualcosa che non può mai morire.

Concluse la sua Conferenza in modo quasi visionario:

Siamo soltanto all'inizio del più grande cambiamento a cui l'umanità abbia mai assistito. Non si tratta di un evento violento, né di un incidente epocale; ma d'altronde non vi è un trapasso netto al sorgere di un giorno nuvoloso. Non vi è un momento preciso in cui possiamo dire, ‘Qui comincia – ecco ci siamo, un minuto fa era notte ed ora è il giorno’. E invece accade che, senza percezione sensibile, ci troviamo nel

giorno. Se abbiamo l'accortezza di ben osservare, possiamo prevedere una crescita della conoscenza, un incremento di ordine, e quanto prima un miglioramento cauto del sangue e del carattere della razza. E ciò che possiamo vedere ed immaginare ci dà la portata del cambiamento e ci consente di aver fede per tutto quanto superi anche l'immaginazione.

È possibile pensare che tutto il passato non sia altro che l'inizio di un inizio, e che tutto ciò che è e che è stato non sia altro che la luce soffusa di un'alba. È possibile credere che tutto ciò che la mente umana ha realizzato non sia altro che il sogno prima del risveglio.

Non possiamo vedere, e d'altra parte non abbiamo la necessità di vedere, che cosa diventerà questo mondo quando il giorno sarà pienamente sorto. Noi siamo creature della penombra. Ma non appartiene alla nostra specie né al nostro lignaggio che nascano oggi intelletti così illuminati da poterci raggiungere nella nostra piccolezza per conoscerci meglio di quanto siamo in grado di fare noi stessi, e che si protendano, senza paura, alla comprensione di quel futuro per il quale sono ciechi i nostri occhi. Tutto questo mondo è carico di promesse di grandi eventi, e verrà il giorno – uno dei giorni di quella infinita serie che si srotola quotidianamente – in cui esseri umani, creature adesso latenti nelle nostre menti e nascoste nei nostri corpi, si alzeranno su questa terra proprio come chi sale su uno sgabello, e ride, e protende le proprie mani fino a raggiungere le stelle.

Durante i successivi decenni del secolo XX l'eco e i riflessi di alcuni dei pensieri e delle previsioni concepite da Wells, insieme alle idee completamente nuove provenienti dal regno dell'inimmaginabile dei suoi giorni, sono stati uditi e visti nell'anfiteatro della *Royal Institution*.

### Note

1. La commercializzazione è a cura di 'Films for the Humanities and Sciences', P. O. Box 2053, Princetown, NJ 08543-2053, USA.
2. 1848-1849.
3. Charles A. Taylor (1922-2002), già Professore di Fisica allo *University College of South Wales and Monmouthshire*, Cardiff (1965-83); Professore di Fisica alla *Royal Institution* (1977-1989);

e primo vincitore (1986) della Medaglia Michael Faraday, che la *Royal Institution* assegna per il contributo alla divulgazione della scienza.

## Epilogo

Durante il Convegno della *British Association* del 1866 fu costituito un Comitato, che includeva John Tyndall e T.H. Huxley, per prendere in considerazione lo stato dell'insegnamento delle discipline scientifiche nelle scuole e finalmente, grazie alle istanze da questo Comitato presentate, il Governo di quel tempo addivenne a insediare una Commissione Reale nel 1870. Intervenendo durante i lavori di questa Commissione, il grande scienziato americano Joseph Henry, primo Direttore dello *Smithsonian Institute* e più tardi Presidente dell'Accademia Nazionale degli Stati Uniti, la cui carriera ricorda in modo straordinario quella di Faraday – compresi l'ascesa da umili origini e l'interesse per l'induzione elettromagnetica, nonché per la sua scoperta – ebbe a dire:

Ho sempre considerato la *Royal Institution* come un'istituzione modello, che fa onore all'Inghilterra e che suscita immensa ammirazione in tutto il mondo. Se guardiamo ai mezzi di cui dispone possiamo ben dire che essa ha illuminato i sentieri del pensiero scientifico più di ogni altra Istituzione sulla faccia della terra.

Al lettore giudicare quanto siano ancora giustificate queste parole.



## Appendice I

### Conferenze e pubblicazioni scientifiche di Faraday, 1832-1834

#### *Conferenze*

##### **1832**

- 27 gennaio. Note del Dott. Johnson sulla capacità riproduttiva delle Planarie.
- 17 febbraio. Indagini sperimentali recenti sulla induzione elettro-Voltaica e magneto-elettrica.
- 2 marzo. Induzione magneto-elettrica e conseguente spiegazione dei fenomeni di Arago circa il magnetismo esibito dai metalli in movimento.
- 30 marzo. Effetto dell'azione induttiva del magnetismo terrestre sull'elettricità naturale ed artificiale.
- 18 maggio. Ondulazioni di fluidi su superfici vibranti.
- 4 giugno. La macchina di Mordan per la manifattura delle serrature di Bramah.

##### **1833**

- 1 febbraio. Identità dell'elettricità derivante da sorgenti diverse.
- 22 febbraio. Aspetti pratici della prevenzione della carie secca del legno nel legname da costruzione.
- 1 marzo. Indagine sulla natura e velocità della scintilla elettrica luminosa.
- 29 marzo. Un nuovo metodo per la costruzione di arcate ad opera di Brunel.
- 3 maggio. Le relazioni reciproche che legano la calce, l'acido carbonico e l'acqua.

##### **1834**

- 24 gennaio. Sulla capacità del platino e di altri composti solidi di influenzare la combinazione fra sostanze gassose.
- 14 febbraio. Il principio di funzionamento del motore a calore di Ericson.
- 7 marzo. Decomposizione elettro-chimica.

- 11 aprile. Sul preciso modo di agire dell'elettricità.  
 24 maggio. Su una nuova legge di conduzione dell'elettricità.  
 13 giugno. Nuove applicazioni delle sostanze denominate Caoutchouc o gomma Indiana.

### *Pubblicazioni*

#### 1832

1. Ricerche sperimentali sull'elettricità. Seconda serie. 5. Induzione magneto-elettrica terrestre. 6. Generalità sulla forza e direzione dell'induzione magneto-elettrica. *Phil. Trans.* 1832: 163-194 (Conferenza *Bakerian*, tenuta il 12 gennaio.)
2. Sulle Planarie. *Phil. Mag.* 1832, 11: 299.
3. Sulle prime due parti di ricerche recenti circa i fenomeni elettrici: induzione elettro-Voltaica e induzione magneto-elettrica. *Phil. Mag.* 1832, 11: 300-301.
4. Sulla spiegazione dei fenomeni di Arago causati dall'induzione magneto-elettrica inerenti al movimento di metalli. *Phil. Mag.* 1832, 11: 462.
5. Lettera sulla teoria del magnetismo progressivo affidata alla *Royal Society*. *Wireless World*, 1938, 42: 400-401.
6. Induzione magneto-elettrica terrestre, *Phil. Mag.* 1832, 11: 465-466.
7. Oscillazioni di fluidi, *Phil. Mag.* 1832, 1: 74.
8. Sull'apparato di Mordan per la manifattura delle serrature di Bramah, *Phil. Mag.* 1832, 1: 75.
9. Sillabo di un corso di cinque Conferenze su alcuni aspetti di filosofia chimica domestica ... 2 giugno-30 giugno, Resoconto dell'ultima Conferenza in *Lit. Gaz.* 1832: 425.
10. Sul nuovo fucile da caccia di Wilkinson e Moser, *Lit. Gaz.* 832: 378.
11. Sulla forza elettromotrice del magnetismo. Ad opera di Signori ed Antinori; dalla *Antologia*, no. 131: con note di Michael Faraday. *Phil. Mag.* 1832, 11: 402-413.
12. Nuovi esperimenti relativi all'azione del magnetismo sulle spirali elettro-dinamiche, e descrizione di una nuova batteria elettromotrice. Ad opera del Signor Salvatore dal Negro; con note di Michael Faraday. *Phil. Mag.* 1832, 1: 45-49.
13. Resoconto di un esperimento in cui è stata eseguita un decomposizione chimica grazie ad una corrente di induzione magneto-elettrica. Ad opera di P. M.; preceduta da una lettera di Michael Faraday. *Phil. Mag.* 1832, 1: 161-162.
14. Lettera a M. Charles Gay-Lussac sull'elettromagnetismo, *Ann. Chim.* 1832, 51: 404-434.

**1833**

15. Sei lezioni di chimica, *Lit. Gaz.* 1833: 11.
16. Ricerche sperimentali in chimica. Terza serie. 7. Identità di elettricità derivante da sorgenti diverse. 8. Relazione sulla misura di elettricità comune e Voltaica, *Phil. Trans.* 1833: 23-54 (esposte il 10 e 17 gennaio).
17. Sull'identità dell'elettricità derivante da sorgenti diverse [titolo dalle note del manoscritto], *Phil. Mag.* 1833, 2: 312.
18. Resoconto del Comitato nominato dalla *Royal Society* per esaminare il test standard per l'alcol, Faraday come membro del Comitato presentò il rapporto il 12 febbraio 1833.
19. Sulle misure concrete di prevenzione della carie secca del legno per i legnami da costruzione; argomento di una Conferenza tenuta dal Professor Faraday alla *Royal Institution* il 22 febbraio 1833. Con osservazioni, etc. stampato da J. London e C. Adlard, Bartholomew Close, 1833. Resoconti pubblicati in *Phil. Mag.* 1833, 2: 313-14; *Lit. Gaz.* 1833: 136, ed *Athenaeum* 1833: 139.
20. Indagine sulla velocità ed altre proprietà delle scariche elettriche [titolo dalle note del manoscritto], *Lit. Gaz.* 1833: 152.
21. Omaggio al Dr. Priestley per la commemorazione del centenario della sua nascita, *Phil. Mag.* 1833, 2: 390-391.
22. Sul nuovo metodo di Brunel per costruire le arcate [titolo dalle note del manoscritto], *Lit. Gaz.* 1833: 217.
23. Sulle reciproche relazioni fra calce spenta, acido carbonico ed acqua, *Lond. Med. Gaz.* 1832-1833, 12: 191-192.
24. Ricerche sperimentali sull'elettricità. Quarta serie. 9. Su una nuova legge della conducibilità elettrica. 10. Sulla conduttanza in generale. *Phil. Trans.* 1833: 507-22 (esposte il 23 maggio).
25. Su una nuova legge della conducibilità elettrica [titolo dalle note del manoscritto], *Lit. Gaz.* 1833: 345.
26. Ricerche sperimentali sull'elettricità. Quinta serie. 11. Sulla decomposizione elettrochimica. *Phil. Trans.* 1833: 675-710 (esposta il 20 giugno).
27. Osservazione sul modo di allenare gli organi della respirazione, per essere in grado di trattenere il respiro più a lungo; con note sulla sua applicazione nei casi in cui è richiesto di entrare in luoghi con atmosfera irrespirabile e sulle precauzioni che è necessario osservare in tali circostanze, *Phil. Mag.* 1833, 3: 241-244.

**1834**

28. Ricerche sperimentali sull'elettricità. Sesta serie. 12. Sulla capacità dei metalli e di altri solidi di indurre la combinazione chimica fra sostanze gassose. *Phil. Trans.* 1834: 55-76 (esposta il giorno 11 gennaio).

29. Ricerche sperimentali sull'elettricità. Settima serie. 11. Sulla decomposizione elettrochimica (continuazione). 13. Sulla quantità assoluta di elettricità associata alle particelle o atomi costituenti la materia. *Phil. Trans.* 1834: 77-122 (esposte i giorni 23 gennaio, 6 e 13 febbraio).
30. Sul potere che il platino ed altre sostanze solide hanno di favorire la combinazione fra specie gassose, *Athenaeum* 1834: 90-91.
31. Sul principio di funzionamento ed il meccanismo di azione del motore termico di Ericsson, *Phil. Mag.* 1834, 4: 296.
32. Sulla decomposizione elettrochimica, *Athenaeum* 1834: 209.
33. Sul meccanismo esatto di azione dell'elettricità, *Athenaeum* 1834: 2969.
34. Ricerche sperimentali sull'elettricità. Ottava serie. 14. Sulla elettricità della pila di Volta; origine, quantità, intensità, e caratteristiche generali. *Phil. Mag.* 1834: 425-470 (esposta il giorno 23 5 giugno).
35. Sulle nuove applicazioni dei prodotti di distillazione del caoutchouc [titolo dalle note del manoscritto], *Lit. Gaz.* 1834:435.
36. Sulla scintilla e sulla scossa elettrica, e su una condizione peculiare dell'induzione elettrica ed elettro-magnetica, *Phil. Mag.* 1834, 5: 349-354.
37. Osservazioni aggiuntive riguardo alla scintilla e alla scossa magnetico-elettrica, *Phil. Mag.* 1834, 5: 444-445.
38. Resoconto dal Comitato Scelto sulle Fognature Metropolitane, *Parl. Pap.* 1834 (584) xv.

## Appendice II

### Accademie e Società nelle quali Faraday fu eletto

- 1823 Membro Corrispondente dell'Accademia delle Scienze di Parigi.  
Membro Corrispondente dell'Accademia dei Georgofili di Firenze.  
Membro Onorario della Società Filosofica di Cambridge.  
Membro Onorario della Istituzione Britannica.
- 1824 Membro della *Royal Society*.  
Membro Onorario della *Cambrian Society*, Swansea.  
Membro della *Geological Society*.
- 1825 Membro della *Royal Institution*.  
Membro Corrispondente della Società dei Chimici Medici di Parigi.
- 1826 Membro Onorario della Società Medica di Westminster.
- 1827 Corrispondente della Società Filomantica di Parigi.
- 1828 Membro della Società di Scienze Naturali di Heidelberg.
- 1829 Membro Onorario della Società delle Arti Scozzese.
- 1831 Membro Onorario della Accademia Imperiale delle Scienze di San Pietroburgo.
- 1832 Membro Onorario del *College* di Farmacia di Filadelfia.  
Membro Onorario della Società di Chimica e Fisica di Parigi.  
Membro dell'Accademia Americana di Arti e Scienze di Boston.  
Membro della Società Reale delle Scienze di Copenhagen.
- 1833 Membro Corrispondente dell'Accademia Reale delle Scienze di Berlino.  
Membro Onorario della Società Filosofica di Hull.
- 1834 Membro Straniero Corrispondente dell'Accademia di Scienza e Lettere di Palermo.
- 1835 Membro Corrispondente dell'Accademia Reale di Medicina di Parigi.

- Membro Onorario della Società Reale di Edimburgo.  
 Membro Onorario della Istituzione degli Architetti Britannici.  
 Membro Onorario della Società Fisica di Francoforte.  
 Membro Onorario della Società Medico-Chirurgica di Londra.
- 1836 Senatore dell'Università di Londra.  
 Membro Onorario della Società di Farmacia di Lisbona.  
 Membro Onorario della Istituzione Reale del Sussex.  
 Membro Straniero della Società delle Scienze di Modena.  
 Membro Straniero della Società di Storia Naturale di Basle.
- 1837 Membro Onorario della Istituzione Letteraria e Scientifica di Liverpool.
- 1838 Membro Onorario della Istituzione degli Ingegneri Civili.  
 Membro Straniero dell'Accademia Reale delle Scienze di Svezia.
- 1840 Membro della Società Filosofica Americana di Filadelfia.  
 Membro Onorario della Società Medica 'Hunterian' di Edimburgo.
- 1842 Membro Associato Straniero dell'Accademia Reale delle Scienze di Berlino.
- 1843 Membro Onorario della Società Letteraria e Filosofica di Manchester.  
 Membro Onorario della Società per la '*Useful Knowledge*' di Aix-la-Chapelle.
- 1844 Membro Associato Straniero dell'Accademia delle Scienze di Parigi.  
 Membro Onorario della Società Scientifica di Sheffield.
- 1845 Membro Corrispondente dell'Istituto Nazionale di Washington.  
 Membro Corrispondente della Società '*d'Encouragement*' di Parigi.
- 1846 Membro Onorario della Società delle Scienze di Vard.
- 1847 Membro dell'Accademia delle Scienze di Bologna.  
 Membro Associato Straniero dell'Accademia Reale delle Scienze del Belgio.  
 Membro dell'Accademia delle Scienze Bavarese di Monaco.  
 Membro Corrispondente dell'Accademia di Scienze Naturali di Filadelfia.
- 1848 Membro Onorario Straniero dell'Accademia Imperiale delle Scienze di Vienna.
- 1849 Membro Onorario di Prima Classe dell'Istituto Reale dei Paesi Bassi.  
 Membro Corrispondente Straniero dell'Istituto di Madrid.
- 1850 Membro Associato Corrispondente dell'Accademia Pontificia.  
 Membro Associato Straniero dell'Accademia delle Scienze di Haarlem.
- 1851 Membro dell'Accademia delle Scienze di The Hague.

- Membro Corrispondente della Società ‘*Batavian*’ di Filosofia Sperimentale di Rotterdam.
- Membro della Società Reale di Scienza di Upsala.
- 1853 Membro Associato Straniero della Reale Accademia delle Scienze di Torino.  
Membro Onorario della Società Reale delle Arti e delle Scienze di Mauritius.
- 1854 Membro Associato Corrispondente dell’Accademia Reale delle Scienze di Napoli.
- 1855 Membro Onorario della Società Imperiale dei Naturalisti di Mosca.  
Membro Associato Corrispondente dell’Istituto Imperiale di Scienze della Lombardia.
- 1856 Membro Corrispondente della Società Olandese di Scienze di Batavia.  
Membro dell’Istituto Imperiale Reale di Padova.
- 1857 Membro dell’Istituto di Breslau.  
Membro Associato Corrispondente dell’Istituto delle Scienze di Venezia.  
Membro dell’Accademia Imperiale di Breslau.
- 1858 Membro Corrispondente dell’Accademia delle Scienze Ungherese di Pesth.
- 1860 Membro Associato Straniero dell’Accademia delle Scienze di Pesth.  
Membro Onorario della Società Filosofica di Glasgow.
- 1861 Membro Onorario della Società Medica di Edimburgo.
- 1863 Membro Associato Straniero dell’Accademia Imperiale di Medicina di Parigi.
- 1864 Membro Associato Straniero dell’Accademia Reale delle Scienze di Napoli.



## Appendice III

### Le Conferenze del Venerdì Sera di Faraday, dal 1835

DATA	ARGOMENTO	PRESENZE
23-1-1835	Le recenti scoperte di Melloni sul calore radiante.	400
6-2-1835	L'induzione di correnti elettriche.	460
27-3-1835	La produzione di penne da scrivere da penne d'oca ed acciaio illustrate con riferimento ai macchinari moderni.	528
15-5-1835	Condizione ed impiego del timpano nell'orecchio.	405
22-1-1836	Piante silicizzate e fossili.	416
19-2-1836	Il magnetismo dei metalli come caratteristica generale.	674
29-4-1836	La grafite e la produzione di matite a partire da essa grazie ai moderni macchinari.	662
10-6-1836	Considerazioni riguardo alla natura degli elementi chimici.	646
20-1-1837	L'idea di Mosoth di attribuire ad un'unica causa attrazione elettrica, attrazione di aggregazione ed attrazione di gravità.	467
17-2-1837	Le funzioni riflesso del midollo spinale scoperte dal Dr Marshall Hall. La macchina da stampa del Signor Cowper.	480
17-3-1837	Il metodo del Signor De la Rue col quale si applica il solfato di rame per esaltare il potere delle comuni batterie voltaiche.	675
28-4-1837	Una peculiare condizione dell'elemento ferro in relazione alla sua affinità chimica relativamente alla sua forza elettromotrice.	582
9-6-1837	Arti primitive: l'arco e la freccia.	583
19-1-1838	L'induzione elettrica.	382
28-2-1838	L'atmosfera di questo e di altri pianeti.	435

6-4-1838	Il metodo messo a punto dal Signor Ward per far crescere le piante in atmosfere circoscritte.	625
18-5-1838	Lo stato solido, liquido e gassoso dell'acido carbonico illustrati dal Professor Graham grazie all'apparato di Philosier.	602
8-6-1838	La relazione fra induzione elettrica ed isolamento.	714
18-1-1839	Sull'attività elettrica della torpedine.	554
15-2-1839	Sulla lampada ad olio ed ossigeno di Gunney.	705
22-3-1839	Sulla correzione di Airy per la bussola nautica in un recipiente di ferro.	656
10-5-1839	Alcune considerazioni generali sulla fiamma.	540
7-6-1839	Il metodo di Hulmandell per produrre forme e disegni su superfici metalliche.	552
24-1-1840	Sulle precipitazioni voltaiche.	472
7-2-1840	Su una relazione particolare fra gas condensabili e vapore.	204
8-5-1840	Sull'origine dell'elettricità nella pila di Volta.	675
15-4-1842	Conduzione di elettricità nei parafulmini.	773
10-6-1842	I principi e la pratica della incisione litografica di Hulmandell.	798
20-1-1843	Alcuni fenomeni di induzione elettrica.	555
7-4-1843	L'ossigenazione dei bruciatori a lampada.	998
9-6-1843	L'elettricità del vapore.	836
19-1-1844	Speculazioni sulla conduzione elettrica per contatto e sulla natura della materia.	732
7-6-1844	Progressi recenti nella produzione e nell'argentatura degli specchi.	866
17-1-1845	Lo stato e le condizioni di aerazione delle miniere di carbone verificate con il metodo della capra.	643
31-1-1845	La liquefazione e la solidificazione di sostanze comunemente gassose.	861
25-4-1845	Stampa anastatica.	873
30-5-1845	Acqua e pozzi artesiani.	734
23-1-1846	Magnetismo e luce.	1003
6-3-1846	Lo stato magnetico della materia.	1000
3-4-1846	Il cronoscopio elettromagnetico del Signor Wheatstone.	706
12-6-1846	La forza coesiva dell'acqua.	546
22-1-1847	Polvere da sparo.	658
26-3-1847	Il modo del Signor Barry per aerare il nuovo palazzo dei Lord.	695
11-6-1847	Il getto di vapore.	538
14-4-1848	Lo stato diamagnetico della fiamma e dei gas.	909

26-5-1848	Su due invenzioni recenti riguardo alle pietre artificiali; la prima interamente silicea disponibile per decorazioni architettoniche. La seconda costituita da una breccia formata in stampi con frammenti di ogni tipo di pietra ed applicabile a tutti i tipi di edifici, nonché condutture, fognature ed opere architettoniche subacquee.	367
16-6-1848	La conversione del diamante in grafite.	643
26-1-1849	La polarità cristallografica del bismuto e di altre sostanze e la sua relazione con la forza magnetica.	677
26-2-1849	Lo stato diamagnetico e magneto-cristallino delle sostanze. In presenza di Sua Altezza Reale il Principe Alberto.	331
30-3-1849	La repulsione degli assi ottici cristallografici da parte dei poli magnetici scoperta da Plucker.	692
1-6-1849	L'apparato per costruire le buste da lettera.	619
1-2-1850	L'elettricità dell'aria.	806
8-6-1850	Alcune condizioni di congelamento dell'acqua.	888
24-1-1851	Sulla relazione fra ossigeno ed azoto e sul loro carattere magnetico.	813
11-4-1851	Sul magnetismo atmosferico.	1028
13-6-1851	Sulla scoperta dell'ozono ad opera di Schönbein.	692
11-6-1852	Sulle linee fisiche della forza magnetica.	670
21-1-1853	Osservazioni sulla forza magnetica.	830
10-6-1853	Gli studi dei Signori Boussingault, Frémy, Becquerel, etc. sull'ossigeno.	836
20-1-1854	Sull'induzione elettrica – Cause concomitanti di correnti ed effetti statici.	762
9-6-1854	Sulle ipotesi magnetiche.	806
19-1-1855	Su alcuni aspetti della filosofia magnetica.	576
25-5-1855	Sulla conduzione elettrica.	562
8-6-1855	Sull'apparato a induzione di Ruhmkorff.	663
22-2-1856	Su alcuni meccanismi ed effetti magnetici.	903
13-6-1856	Sul processo per argentare il vetro messo a punto dal Signor Petitjean: alcune osservazioni sull'oro finemente suddiviso.	680
27-2-1857	Sulla conservazione della forza.	871
12-6-1857	Sulla relazione fra Poro e la luce.	735
12-2-1858	Note sull'induzione statica.	796
11-6-1858	Sul telegrafo elettrico di Wheatstone in relazione alla scienza (trattasi di argomento a favore del pieno riconoscimento della scienza come branca del processo formativo).	753
25-2-1859	Sulle idee di Schönbein circa l'ozono e l'antiozono.	876

9-3-1860	Sull'illuminazione dei fari – la luce elettrica.	797
8-6-1860	Sui telai elettrici per i tessuti in seta.	698
22-2-1861	Sul platino. (Stampata e rilegata insieme alla <i>Storia chimica di una candela</i> ).	883
3-5-1861	Sui risultati fotografici aventi ad oggetto l'eclisse ad opera del Signor Warren	783
20-6-1862	Sui forni a gas.	812

## Appendice IV

### Le Conferenze organizzate da Faraday (prima del 1862)

DATA	CONFERENZIERE	ARGOMENTO	PRESENZE
24-2-1832	Marchese Moscati	La genialità dei poeti estemporanei e l'arte d'improvvisazione di un improvvisatore italiano.	418
9-3-1832	George Foggo	Sulle cause dell'eccellenza dell'arte greca.	355
13-4-1832	Marshall Hall	Le leggi che governano la relazione reciproca fra respirazione ed irritabilità.	320
21-3-1834	William Varlo Hellyer	Un giorno a Pompei.	529
25-4-1834	John Davidson	Le piramidi egizie.	720
2-5-1834	Dionysius Lardner	La macchina calcolatrice di Babbage.	708
9-5-1834	John Dalton	Sulla teoria atomica dei vapori.	594
13-2-1835	John Landseer	Su un monumento storico costituito da una scultura recentemente arrivata dalla Fenicia ad opera del Sig. Joseph Bonami ed ora in possesso di Lord Prudhoe.	360
10-4-1835	Dionysius Lardner	Resoconto sulla cometa di Halley.	820
6-5-1836	John Frederick Daniell	Una nuova batteria di Volta a tensione costante.	503
27-5-1836	Thomas Joseph Pettigrew	L'apertura di una mummia egizia.	810
3-6-1836	Richard Beamish	Stato attuale e prospettive per la galleria sotto il Tamigi.	426

12-5-1837	Gideon Algernon Mantell	L'iguanodonte ed altri reperti fossili scoperti negli strati della foresta di Filgate.	471
19-5-1837	Signor De La Rue	La storia delle carte da gioco e della loro manifattura.	328
25-5-1838	John Landseer	L'astronomia del libro di Giobbe.	323
5-2-1841	Samuel Birch	I geroglifici degli Egizi.	348
19-2-1841	James Tennant	Pietre ornamentali usate in oreficeria.	354
19-3-1841	John Joseph Cooper	Il nuovo metodo di Elkington per placcare e dorare.	455
26-3-1841	J.F. Goddard	L'applicazione del dagherrotipo per fotografare immagini di vita.	621
7-5-1841	Thomas G. Griffiths	La produzione dell'acqua di seltz.	188
28-5-1841	Sir Richard Owen	La metodologia d'indagine per i reperti fossili.	304
10-2-1843	Sir William Robert Grove	La pila di Volta a gas.	458
17-3-1843	Owen Jones	L'Alhambra come esempio di architettura moresca.	583
6-6-1845	Sir Roderick Impey Murchison	La Russia e gli Urali.	381
8-5-1846	John Scott Russell	L'applicazione di alcune leggi del suono per la costruzione di edifici.	231
30-4-1847	Sir Charles Lyell	La determinazione dell'età dei vulcani di Alvernia ricavata dai resti di gruppi cronologicamente consecutivi di quadrupedi terrestri.	383
7-5-1847	Tom Taylor (Redattore di <i>The Punch</i> )	L'epica sassone – Beowulf.	222
4-2-1848	Sir Charles Lyell	Le impronte fossili di un rettile nei giacimenti di di carbone dei Monti Allegani.	389
7-4-1848	Rev. Baden Powell	Le stelle cadenti e la loro connessione col sistema solare.	410
2-6-1848	John Scott Russell	Sul principio della onde di marea applicato alla costruzione delle navi.	235
19-1-1849	Rev. William Whewell	L'idea di polarità.	404
8-2-1850	Edward Cowper	I ponti tubulari di Conway e Menai.	605
2-5-1851	Sir Gorge Biddell Airey, PRS	Sull'eclisse solare totale del 28 luglio 1851.	610
30-5-1851	Sir Henry Creswicke Rawlinson	Brevi note su Babilonia e Ninive.	647

6-6-1851	Alexander William Williamson	Suggerimenti per la dinamica della chimica derivati dalla teoria della eterificazione.	296
8-3-1852	Rev. William Taylor	Osservazioni sui diversi modi di istruire i ciechi.	310
30-4-1852	Rt. Hon Thomas Henry Huxley	Sulla individualità animale.	323
18-2-1853	George Gabriel Stokes	Sulla modificazione della rifrangenza della luce e sulla conseguente comparsa di raggi chimici.	450
6-5-1853	Lyon Playfair (primo Barone Playfair)	Sull'alimentazione dell'uomo in relazione all'età e all'occupazione.	498
3-6-1853	John Tyndall	Su alcuni fenomeni eruttivi in Islanda.	510
24-2-1854	Henry Bence Jones	Differenziazione di vini in base ad acidità, dolcezza di gusto e corposità.	460
18-5-1855	Sir James Philip Lacaite	Su Dante e la 'Divina Commedia'.	410
15-6-1855	Sir Henry Creswicke Rawlinson	Sui risultati degli scavi in Assiria e Babilonia.	906
15-2-1856	Rt. Hon Thomas Henry Huxley	Sulla storia naturale come conoscenza, disciplina e forza intelletiva.	447
29-2-1856	William Thomson (Lord Kelvin)	Sull'origine e il trasporto della forza motrice.	449
11-4-1856	Sir Charles William Siemens	Su un motore a vapore rigenerabile.	310
30-1-1857	Rev. Frederick Denison Maurice	L'insegnamento di Milton.	422
5-3-1858	Charles Piazzi Smyth	Resoconto sull'esperimento astronomico condotto nel 1856 sul picco di Tenerife.	521
28-5-1858	Sir Edward Frankland	Sulla produzione di sostanze organiche in assenza di un principio vitale.	328
4-2-1859	Sir Richard Owen	Sul gorilla.	553
10-2-1860	Rt. Hon Thomas Henry Huxley	Sulla specie e le razze e sulla loro origine.	516
18-5-1860	William Thomson (Lord Kelvin)	Sull'elettricità dell'atmosfera.	322
8-2-1861	Rt. Hon Thomas Henry Huxley	Sulla natura dei primi stadi di sviluppo degli animali.	461
12-4-1861	Hermann Ludwig Ferdinand von Helmholtz	Sull'applicazione delle legge della conservazione della forza alla materia organica.	332

19-4-1861	John Ruskin	Sui rami degli alberi.	805
17-5-1861	James Clerk Maxwell	Sulla teoria dei tre colori primari.	408
17-1-1862	John Tyndall	Sull'assorbimento e l'irraggiamento di calore da parte della materia gassosa.	482
21-3-1862	Sir Frederick Augustus Abel	Su alcune delle cause, degli effetti e delle applicazioni militari degli esplosivi.	364

## Appendice V

### Parte del calendario di Conferenze della *Royal Institution*, 1933

FEBBRAIO	ORARIO
2 Gio <i>J B S Haldane</i> – Progressi recenti in genetica	17.15
3 Ven <i>Cyril Norwood</i> – L'uso della lingua inglese	21.00
4 Sab <i>L. Binyon</i> – Pittura orientale	15.00
6 Lun Assemblea Generale	17.00
7 Mar <i>J C M Lennan</i> – Le basse temperature	17.15
9 Gio <i>J B S Haldane</i> – Progressi recenti in genetica	17.15
10 Ven <i>A V Hill</i> – La natura fisica dell'impulso nervoso	21.00
11 Sab <i>L. Binyon</i> – Pittura orientale	15.00
14 Mar <i>Sir William Bragg</i> – Analisi di strutture cristalline ai raggi X	17.15
16 Gio <i>A R Hinks</i> – La geografia nel servizio pubblico	17.15
17 Ven <i>J Dover Wilson</i> – La trama di Amleto	21.00
18 Sab <i>Lord Rutherford</i> – Rivelazione e produzione di particelle veloci	15.00
21 Mar <i>Sir William Bragg</i> – Analisi di strutture cristalline ai raggi X	17.15
23 Gio <i>A R Hinks</i> – La geografia nel servizio pubblico	17.15
24 Ven <i>W A Bone</i> – Analisi fotografica di fiamme da esplosione	21.00
25 Sab <i>Lord Rutherford</i> – Rivelazione e produzione di particelle veloci	15.00
28 Mar <i>Sir William Bragg</i> – Analisi di strutture cristalline ai raggi X	17.15



## Indice analitico

- Accademia delle Scienze di Francia, 52, 62  
Accademia del Cimento di Firenze, 25  
Accademia Militare Reale di Woolwich, 41, 48, 87  
Acciai 'inox', 11, 30  
Adsorbimento selettivo da parte di solidi, 28  
Adsorbimento, selettivo, 84, 85  
Airy, Sir George (Astronomo di Corte), 129, 208  
Albert, Edward, Principe Sua Altezza Reale, 114  
Albert, Principe Sua Altezza Reale, 9, 114, 150, 209  
Alluminio, scoperta dell', 34  
Ampère, André Marie, 24, 33, 35, 42, 44, 48, 67  
Anisotropia magnetica, 70  
Arago, Dominique, 25, 100, 199, 200  
Argentatura, 208  
Arnold, Matthew, 129, 175  
Arrhenius, Svante, 129, 176  
Associazione Australiana e Neozelandese per il Progresso della Scienza, 132  
Associazione Indiana per la Promozione delle Scienze, 79  
Astbury, W. T., uno dei fondatori della biologia molecolare, 171, 177  
Astronomia, 40, 134, 143, 165, 166, 184, 185, 193, 212  
*Athenaeum, The*, 9, 18, 40, 202  
Attenborough, Sir David, 185  
Austin, Alfred (Poeta Laureato), 129  
Babbage, Charles, 48, 211  
Baird, Logie, 171  
Baker, Samuel White (esploratore), 129  
*Bakerian*, Conferenza, 18, 39, 76, 79, 116, 138, 200  
Balfour, A. J. (Primo Ministro), 170, 177  
Banks, Sir Joseph, 11, 14  
Barkla, Charles, 129  
Barnard, Sarah (moglie di Faraday), 32, 115  
Bateson, William, 129  
Baviera, Elettore di, 11  
Becquerel, Antoine César, 102, 149, 209  
Becquerel, Henri, 129  
Bedford, Duke of, 19  
Bell, Alexander Graham, 108, 129, 153, 155, 156, 157

- Bence Jones, H., 72, 144, 213  
 Berzelius, Jöns Jacob, 31, 37, 48, 50, 88  
 Blunt, Anthony, 176  
 Bose, Jagadis Chunder, 129  
 Bragg, Sir Lawrence (W. L.), 109, 129, 171, 173, 179, 188  
 Bragg, Sir William (W. H.), 174, 187, 188, 215  
 Brande, W. T., 29, 37, 41  
*British Association*, 52, 106, 117, 142, 144, 183, 197  
*British Museum*, 9, 80  
 Buffon, Comte de, 122  
 Bunsen, R. W., 41, 88, 142, 144, 177  
 Butler, Samuel, 122  
 Byron, Lord, 19  
  
 Cadogan, Sir John, 132  
*Cambridge, Philosophical Society*, 124, 203  
*Cambridge, Trinity College*, 9, 48, 124  
*Candela, La Storia Chimica di una* (M. Faraday), 8, 91, 179-181, 209  
 Cannizzaro, S., 174, 177  
 Cantor, G. A., 125  
 Carattere magnetico dell'ossigeno, 101, 209  
 Caroe, Alban, 177  
 Caroe, Gwendy, 88, 177  
 Catalisi, 28, 84  
 Cattedra di Chimica 'Fullerian', 54, 55, 163, 191  
 Cavendish, Henry, 33, 45, 57, 62, 88  
 Cavendish, Laboratorio (Cambridge), 3, 14, 51, 171  
 Celle a combustibile, 139  
*Chemical Society*, 118, 142, 183  
 Chiesa Sandemaniana, 32  
 Chimica analitica, 28  
 Chimica organica, 27, 28, 32, 150, 152  
 Chladni, piastra metallica di, 132, 133, 147  
 Clarendon, Laboratorio (Oxford), 14  
 Clatrato, 35  
 Cloro, 31, 35, 41, 50, 51, 97  
 Coleridge, S. T., 14, 18  
 Coloranti, industria dei, 38  
 Comitato Parlamentare, 38  
 Comune agenda (di Faraday), 21, 22  
 Concetto di campo, 29, 46, 47, 82  
 Conferenze di Natale, 8, 40, 41, 48, 60, 64, 91, 114, 176, 179, 180, 181, 183, 184, 185, 187, 188, 189, 190  
 Conduttori superionici, 28  
 Constable, John, 9, 127, 128  
 Cooke, W. F., 42, 118  
*Correlazione di Forze Fisiche* (W. R. Grove), 117  
 Correnti parassite, 70  
 Costante dielettrica, 28, 60, 62, 63, 64  
 Coulombmetria, 53  
 Coutts, Baronessa Burdett, 111, 124  
 Crookes, Sir William, 170, 175, 177, 181, 183  
 Curie, Madame (Marie), 165, 176, 177  
 Curie, Pierre, 165, 176  
 Cuvier, George, 25  
  
 Dalton, John, 62, 142, 211  
 Dana, J. D., 177  
 Dance, Mr., 22  
 Daniell, John Frederick, 66, 211  
 Darwin, Charles, 9, 165  
 Darwin, il mastino di, 190  
 Davies, Paul, 75, 76, 119

- Davy, Sir Humphry, 8, 11-15, 16-19, 21-25, 28-29, 33-35, 37, 39-40, 44, 62, 70, 86, 89, 116, 130, 171, 173  
 arco voltaico, 18  
 candeggio degli abiti, 18  
 chimica agraria, 18  
 concia delle pelli, 18  
 e i Greci, 18, 19  
 gusto per la poesia, 18  
 lampada di sicurezza dei minatori, 18, 28  
 pitture su ceramica, 18  
 protezione catodica, 18  
 rapporti con Faraday, 40  
 scoperta di bario, boro, calcio, magnesio, potassio, sodio, stronzio, 14  
 zoo di Londra, 18
- Davy, John, 15
- De la Rive, Auguste, 25, 100, 94, 117, 147, 149
- De la Rive, Gustave, 25
- De La Rue, Warren, 131, 207, 212
- Debye, Peter, 63
- Dewar, Sir James, 25, 163-165, 168-171
- Diamagnetismo, 28-29, 65, 70, 80
- Dickens, Charles, 9
- Diffusione della luce, 28, 145
- Dinamo, 42, 52, 168
- Divulgazione della scienza, 5, 8, 12, 179, 181, 183, 185, 187, 189, 191, 193, 195-196
- Dumas, J. B., 174
- Eddington, Sir Arthur, 74
- Edison, T. Alvar, 153, 155
- Effetto Raman, 79
- Effetto serra, 145
- Effetto Tyndall, 145
- Effetto Zeeman, 80, 82
- Einstein, Albert, 7, 73, 74
- Elettricità e gravità, 29, 72, 75
- Elettricità, identità dei differenti tipi di, 29, 53
- Elettroanalisi, 53
- Elettrochimico, meccanismo, 139
- Elettrolisi, leggi della, 28, 48, 50-51, 86
- Elettroliti costituiti da sali fusi, 28, 50, 55, 83
- Elettro-placcatura, elettro-doratura ed elettro-formatura, 51-52
- Elettrostatica, 29, 53, 57
- Elgin, marmi di, 9
- Eliot, George (*Middlemarch*), 18
- Emerson, R. Waldo, 122, 129, 175
- Encyclopaedia Britannica*, 21
- Equivalenza dell'elettricità voltaica, statica, elettrica ed animale, 28
- Faraday autore di scoperte* (J. Tyndall), 123, 148
- Faraday, Michael, 21, 39, 184  
 Accademie e Società nelle quali fu eletto, 203  
 analisi del genio, 122  
 benzene, 28, 37-38, 41  
 Bibbia, 111, 124  
 bicarbureto d'idrogeno (benzene), 28, 37-38  
 chimica analitica, 28  
 clatrati, 35  
 composti organici scoperti da, 31, 38  
 concetto di campo, 29, 46-47  
 condensatori, 60-61, 63  
 conduttori superionici, 84  
 Conferenze organizzate da, 211  
 conservazione delle forze, 96  
 Consigliere scientifico della *Trinity House*, 60  
 continuità di stato, 28  
 contributi principali alle scienze chimiche, 28

- corrispondenza con W. R. Grove, 140-144  
 diamagnetismo, 28-29, 65, 70, 80  
 Diario, estratti dal, 36, 43, 46, 59, 65, 84-86, 91, 106, 108  
 dinamo, 42, 52  
 e la matematica, 7-8  
 effetto termistore, scoperta dell', 28  
 effetto, 28, 65, 67-69, 109  
 elettromagnetismo, 33-34, 42, 44, 73-76  
 esausto, 64  
 esistenza degli atomi, 62, 74  
 fari, 9, 60, 125, 210  
 film sottili, 77  
 fondatore dell'industria elettrica, 42, 44  
 fratello, Robert, 37, 64, 111  
 gabbia, 29, 57, 60, 72  
 gas idrati, 35  
 giovane fattorino e rilegatore di libri, 7, 21  
 Hofmann, idee su, 177  
 induzione di corrente elettrica, 95  
 lampi, idee sui, 64, 106-108, 113, 141  
 lavoro dielettrico, 28, 58, 60, 64  
 lavoro elettrostatico, 29, 57  
*Le Mille e una Notte*, 113  
 leggi dell'elettrolisi, 28, 48, 50, 51, 86  
 leggi dell'induzione elettromagnetica, 42-44  
 lettere a *The Times*, 120-121, 125  
 linee di forza, 29, 47-49, 65, 67-68, 70-71, 124  
 liquefazione del cloro e di altri gas, 28, 35, 208  
 magnetochimica, 70  
 magneto-ottica, 28, 65, 68, 80  
 metalli colloidali, 78  
 metalli suddivisi, 76  
 moglie, Sarah Barnard, 32, 115  
 naftalene, 38  
 ottimismo, 92, 97  
 paramagnetismo, 28-29  
 permittività, 28, 62  
 polarizzazione delle molecole, 60  
 Preside di St. Paul, 80, 112  
 primo articolo, 28  
 primo motore elettrico, 33  
 rotazione del piano di polarizzazione della luce, 65, 67  
 rotazione elettromagnetica, 33  
*Royal Society*, elezione alla, rifiuto di accettare la Presidenza della, 37  
 scarica fra conduttori, 57  
 scoperta di nuovi composti, 38  
 spazio scuro, 57  
 Spiritisti e lievitazione dei tavoli, 111, 119  
 targhette d'ottone col suo nome, 55, 113  
 temperatura critica, 28, 35  
 tenere viva l'attenzione di un uditorio, 94  
 trasformatore, 42-43  
 ultimo lavoro sperimentale, 80  
 vetro di qualità ottica, 28  
 vulcanizzazione della gomma, 28, 87  
*Faraday in Galles* (Dayfidd Tomos), 115  
 Fiamme sensibili (di Tyndall), 146  
 Fleming, Sir Alexander, 177  
 Forbes, J. D., 48  
 Foucault, Léon, 70  
 Fox Talbot, W. H., 9, 131, 144  
 Frankland, Edward, 50, 88  
 Franklin, Benjamin, 53, 122

- Fuller, John, 54-55, 58, 163-164, 189, 191
- Gay-Lussac, Joseph, 25, 48, 200
- GEC, 44
- Gell-Mann, Murray, 176
- General Electric, Schenectady, 44
- Giorgio III, Re, 11
- Giappone, Conferenze di Natale in, 177, 179, 187
- Giardino Botanico, Kew, 145
- Gibbs, J. Willard, 177
- Gladstone, W. E., 121, 158
- Glasgow Herald*, 187
- Gombrich, Sir Ernst, 127
- Gowing, Margaret, 6
- Gravità ed elettricità, legame fra le due, 29, 73
- Grove John, 136
- Grove, William Robert (Baronetto e Giudice), 116-117, 134-144, 212
- Guerra di Crimea, 124
- Guest, John, 29
- Guglielmo IV, Re, 57
- Hale, George (astronomo), 83, 165
- Harvey, William, 190-192
- Healey, Edna (*La Signora Sconosciuta*), 124
- Helmholtz, Hermann von, 156, 177, 214
- Henry, Joseph, 197
- Herschel, J. W. H. (Sir John), 39, 48
- Herschel, Sir William, 39
- Hertz, Heinrich, 67
- Hill, A. V., 215
- Hodgkin, Dorothy, 187
- Hoffmann, Roald, 176-177
- Hofmann, von A. W., 88, 150
- Humboldt, Baron von, 25
- Huxley, T. H., 9, 158, 189-192, 197, 213
- Il genio di Faraday, un'analisi del, 122
- Industria elettrica, nascita della, 42, 44
- Induzione di correnti elettriche, 95
- Induzione elettromagnetica, 42-44, 52, 108, 124, 197
- Irving, Sir Henry, 164, 176
- Jay, Sir Antony, 176
- Jeans, Sir James, 183
- John Innes (Istituto di Orticoltura), 129
- Jonson, Ben (su Shakespeare), 9
- Kelvin, Lord (William Thomson), 9, 67, 73, 170, 213
- Kendrew, Sir John, 173
- Kent, HRH Duca di, 179
- Kerker, Milton, 89, 177
- Keynes, J. Maynard, 171
- Kirchhoff, G. R., 142
- Krishnan, K. S., 70
- La Signora Sconosciuta* (Edna Healey), 124
- La vita e le lettere di Faraday*, (Bence Jones), 72
- Lampada di sicurezza dei minatori, 18, 28
- Lavoisier, Anne, 11
- Lavoisier, Antoine, 11, 18
- Le Mille e una Notte*, 113
- Le ultime parole di un poeta sensitivo di second'ordine* (Owen Meredith), 122
- Legge del quadrato inverso, 44
- Leggi di Gulliver, 185, 190
- Leghe di acciaio, 28-29
- Le varie forze della natura* (M. Faraday), 91
- Liebig, Justus von, 41, 150
- Lievitazione dei tavoli (degli Spiritisti), 119

- Liquefazione dei gas, 28, 35, 208  
 Lisozima, struttura risolta alla *Royal Institution*, 173  
 Litografia, 40  
 Lodge, Sir Oliver, 82-83, 177  
 Lonsdale, Dame Kathleen, 70  
 Lorentz Hendrik, 82, 176  
 Lorenz, Konrad, 176  
 Lowell, Percival, (astronomo), 165
- Magnetochimica, 70  
 Magneto-ottica, 28, 65, 68, 80  
 Malva e magenta, coloranti, 150-152  
*Manipolazioni Chimiche* (M. Faraday), 41, 91  
 Marcet, Mrs. (*Conversazioni sulla Chimica*), 21  
 Marconi, Guglielmo, 153, 170, 194  
 Matematica nei disegni, 185  
 Maxwell, J. Clerk, 67-68, 71-73, 80, 82, 88, 123, 168, 194, 214  
 McCabe, I. M., 6  
 Mead Margaret, 176  
 Melbourne, Lord, 56-57  
 Mendeleeff, D. I., 174-175, 177  
 Meredith, Owen, 122  
 Metalli colloidali, 78  
 Metallografia, 28  
*Microcosmo di Londra* (Rowlandson), 20, 186  
 Mond, Ludwig, 170  
 Morrison, Philip, 190  
 Motore elettrico, 33, 142, 166  
 Murchison, Sir Rhoderick, 101, 105, 212  
 Muybridge, Eadward, 153, 157-158, 162-163
- Napoleone, Premio per la Scienza, 18, 24  
*National Gallery*, 9, 80  
 Natura della matematica, 185
- NEC, 44  
 Neutrini solari, 31  
 Newton, Isaac, 7, 33, 123, 135
- Oro, colloidale, 78  
 Ørsted, Hans Christian, 33-35, 42, 86, 116  
 Ostwald, Wilhelm, 62, 176
- Paramagnetismo, 28-29  
 Pasteur, Louis, 145, 177  
 Pauling Linus, 163, 176  
 Peel, Sir Robert, 56, 121  
 Perkin, William Henry, 150  
 Permittività, 28, 62-63  
 Perrin, J. B., 76, 89, 165, 176  
 Perry, Geoffrey, 88  
 Perutz, Max, 173  
 Philips, Industrie Elettriche, 44  
 Phillips, David C., 173  
 Piazzi Smith, Charles (astronomo di Corte per la Scozia), 134-137, 143, 176, 213  
 Pila di Volta, 56, 148-149, 202, 208, 212  
 Pippard, Sir Brian, 3, 6  
 Pixii, Hyppolyte, 52  
 Placcatura di Sheffield, 52  
 Plasma, chimica e fisica del, 28-29  
 Plutone, previsione circa l'esistenza di, 165  
 Polarizzazione delle molecole, 60  
 Porter, Sir George (poi Lord), 109, 132, 179, 189  
 Potenza Voltaica, origine della secondo Faraday, 148-150  
 Preece, Sir William Henry, 153, 155-156  
 Preparazioni fotochimiche, 28  
 Principe del Galles, 158  
*Punch* (vignetta), 119-120, 212
- Quaccheri, 32

- Quarterly Journal of Science*, 29
- Radio, Conferenza sul, 165
- Raman, Sir C. V., 79
- Ramsay, William, 169
- Rayleigh Lord (John William Strutt), 154, 163, 168-171, 177
- Ricerche sperimentali in chimica e fisica* (compilazione da parte di Faraday dei propri lavori), 81, 91
- Ricerche sperimentali su elettricità e magnetismo* (M. Faraday), 70, 91, 200-202
- Riebau, George, 21
- Robinson, Sir Robert, 41
- Roget, Mark, (famoso per il *Thesaurus*), 9
- Rotazioni elettromagnetiche, 29, 36, 44
- Royal Society*, 11, 18, 35, 37, 39-40, 60, 62, 65-66, 69, 83, 116, 118, 129, 134, 138, 141-142, 146, 149, 155, 170, 177, 181, 183, 190-191, 200-201, 203
- Rumford, Conte (Benjamin Thompson), 4, 11-15, 17, 19, 25, 145
- Ruskin, John, 9, 175, 214
- Rutherford, Lord, 24, 123, 171, 174, 215
- Salam, Abdus, 74, 76
- Scariche elettriche nei gas, 28-29, 57
- Schönbein, C. F., 121, 209
- Schrodinger, Erwin, 176
- Scoperta del Futuro (H. G. Wells), 192, 194-195
- Scott, Sir Walter, 18
- Shakespeare, William, 9, 186
- Sheffield, Lord, 19
- Sherrington, Sir Charles, 177
- Siemens, 44
- Siemens, Charles William, Sir, 213
- Smith, Rev. Sydney, 19
- Smithsonian Institute*, 197
- Smyth, C. P., 135-137, 143, 176
- Smyth, W. H., 135, 143-144
- Società Danese per il Progresso della Conoscenza Scientifica, 34
- Società Filosofica della City, 29, 32, 124, 203-205
- Società Geologica, 18
- Società Zoologica (Zoo di Londra), 18
- Somerville, Mary, 48, 98
- Southey, Robert, 18
- Speke, John Hanning (esploratore), 176
- Spence, Sir Basil, 176
- Spiritisti, 111
- Stanford, Leland, 157, 161
- Stele di Rosetta, 12
- Stokes, George Gabriel, 131, 170, 213
- Stoney, Johnstone, 51
- Sturgeon, William, 141-142
- Sulla natura delle cose* (W. H. Bragg), 187
- Svedberg, T., 76, 89
- Swansea, Baia di, 42, 136, 203
- Tate Gallery*, 19
- Taylor, Charles A., 133, 177, 187-188, 195, 212-213
- Telegrafo, 42, 153, 209
- Temperatura critica, 28, 35
- Tenerife, 135, 213
- Tennyson, A., Lord, 129, 158
- Termistore, azione del, 28, 84
- Tesla, Nikola, sua Conferenza, 165, 167-168, 177
- Texas Monument*, 94
- The Times*, 120-121, 125
- Thompson, Benjamin (Conte Rumford), 11

- Thomson, J. J., 51, 170  
Thomson, Sylvanus P., 72  
Thomson, William, (Lord Kelvin),  
67, 213  
*Timoteo*, VI-10, 115  
Toscana, calce caustica nativa della  
(argomento del primo lavoro  
scientifico di Faraday), 28, 79  
Trasformatore, 42-43  
*Trinity House*, Corporazione, 9, 60,  
124  
Turner, J. W. M., 9, 11, 175  
Tyndall, John, 72-73, 76, 88, 112,  
117-118, 123, 144-145, 148, 150,  
153-154, 158, 163-164, 168, 197,  
213-214
- Università di Londra, Senato della,  
60, 204  
*University College*, Londra, 41, 169,  
195  
Ur in Caldea, 171
- Vetro, di qualità ottica produzione  
del, 28, 39, 122  
Vitalismo, 31  
Volta, Alessandro, 14, 56  
Vulcanizzazione della gomma, 28,  
87
- Wallace, Alfred Russel, 165  
Watts, Isaac (*Il Perfezionamento della  
Mente*), 21  
Wedgwood, Museo di, 30  
Weinberg, Steven, 74, 76  
Wells, H. G., sua Conferenza, 165,  
192-195  
Wheatstone, Charles, 42, 71-72,  
107, 118, 131, 144, 147, 154,  
208-209  
Whewell, William, 9, 48, 51, 99,  
212  
Wilson, J. Dover, 83, 215  
Wollaston, W. H., 9, 19, 33-34, 44,  
149  
Woolley, Leonard, 171  
Wordsworth, cerchio degli amici  
di, 18, 113
- Young, Thomas, 12, 15, 18, 39-40,  
137
- Zeeman, E. C., 185  
Zeeman, Pieter, 82-83, 176  
Zewail, Ahmed H., 163  
Zsigmondy, R. A., 76, 89