

oggettiva, a posteriori, fisica, scopribile mediante l'osservazione e la generalizzazione di fatti o fenomeni; queste due scienze sono di tipo distinto ("distinct in kind"), ma in definitiva ("ultimately") profondamente e meravigliosamente connesse, a causa dell'unione profonda del soggettivo [ragione] e dell'oggettivo [natura] in Dio, o, per parlare in modo meno tecnico e più religioso, in virtù della manifestazione dell'universo che Egli ci ha concesso di dare all'intelletto dell'uomo; così che le due scienze non sono mai del tutto separate, ma possono e devono procedere insieme, e usare molte espressioni comuni, l'una possedendo un analogo a molti altri, se non a tutti, i risultati e i teoremi dell'altra.⁴³

Va sottolineato come la metafisica religiosa di Hamilton fosse largamente condivisa dalla comunità dei fisici matematici.

Una bizzarra conseguenza, apparentemente contraddittoria, deriva dall'uso dell'analogia nella tradizione dinamistica, uso che aprì la strada all'utilizzazione di modelli meccanici considerati tuttavia non come "vere" rappresentazioni della natura, ma esclusivamente per il loro valore euristico, come utili strumenti di "mediazione" tra la natura e la mente umana. I modelli meccanici utilizzati dagli scienziati della tradizione dinamistica, risultano paradossalmente più rigidi, dovendo strettamente conformarsi a comportamenti possibili da un punto di vista meccanico, ovvero alle leggi della meccanica newtoniana. Gli scienziati che si ispirano alla tradizione dinamistica utilizzarono invece i modelli meccanici come semplici guide alla comprensione e alla rappresentazione dei fenomeni, facendone di fatto un uso più elastico e proficuo da un punto di vista euristico.

2. Approccio meccanicistico e dinamicistico in elettrostatica, galvanismo e magnetismo

2.1 I fenomeni elettrici e magnetici prima di Maxwell

Prima di Oersted e dei suoi famosi esperimenti sulle influenze reciproche fra elettricità e magnetismo, che risalgono al 1820 circa, si erano sviluppate tre scienze separate riguardanti i fenomeni elettrici e magnetici: elettrostatica, magnetismo e galvanismo.

⁴³ T. Hankins, *Sir William Rowan Hamilton*, J. Hopkins Univ. Press, 1980; p. 175.

A) *Elettrostatica* – Intorno al 1820 era la disciplina più avanzata e al suo interno la teoria dominante era quella sviluppata da Coulomb, Laplace e Poisson.

Nel periodo 1780–1790 CHARLES–AUGUSTIN DE COULOMB [1736–1806] pone i fondamenti dell'elettrostatica, oltre che del magnetismo, studiandone gli aspetti teorici e sperimentali, che saranno pubblicati in una serie di memorie negli anni 1785–1789.⁴⁴ Nel tentativo di verificare la legge delle repulsioni elettriche proposta dall'inglese Joseph Priestly⁴⁵, Coulomb fa esperimenti quantitativi con un apparato assai sensibile, basato sul bilanciamento tra forza elettrica e torsione di un filo, analogo alla bilancia di torsione usata da Cavendish per misurare l'attrazione gravitazionale, riuscendo così a formulare la legge fondamentale dell'elettrostatica che esprime l'intensità della forza agente tra due cariche puntiformi q_1 e q_2 , la quale risulta proporzionale al prodotto delle due cariche elettriche e inversamente proporzionale al quadrato della loro distanza, secondo una costante k che dipende dal mezzo

in cui si trovano: $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$ dove la forza agisce lungo la retta con-

giungente le due cariche ed è attrattiva se le cariche sono di segno opposto, repulsiva se hanno lo stesso segno. Misurando la forza scambiata fra le estremità polari di lunghe e sottili barre magnetizzate, Coulomb scopre anche che vale una legge del tutto analoga, di attrazione e repulsione a distanza, pur di localizzare in tali estremità degli ipotetici poli magnetici (o masse magnetiche) analogicamente corrispondenti alle cariche elettriche puntiformi⁴⁶. In virtù di tale analogia questi ri-

⁴⁴ Ufficiale del genio, trascorse nove anni nelle Indie occidentali come ingegnere militare. Con lo scoppio della rivoluzione francese si ritira in campagna dedicandosi alla ricerca scientifica. Nel 1802 viene nominato ispettore della Pubblica Istruzione.

⁴⁵ Chimico e fisico britannico, naturalizzato francese, Priestly [1733–1804] effettuò esperimenti sulla combustione e sulla dissociazione dell'acqua, isolando, contemporaneamente ad A. L. Lavoisier, l'ossigeno e l'azoto (1774). Seguace della teoria del flogisto, osservò l'elettrizzazione superficiale dei conduttori, ricercandone le cause nelle forze di natura chimica.

⁴⁶ Tali leggi sono formalmente identiche a quella della gravitazione universale, che va come l'inverso del quadrato della distanza. Nel caso della forza gravitazionale la costante G , misurata per la prima volta da Henry Cavendish [1731–1810] nel 1798, è indipendente dal mezzo in cui viene osservata l'interazione.

Coulomb riuscì anche a dimostrare che, nelle zone di spazio nelle immediate vicinanze di una superficie conduttrice carica, l'intensità della forza elettrica doveva

sultati costituiranno la base della teoria delle forze magnetiche sviluppata successivamente da Siméon Denis Poisson.

Nel 1811 SIMÉON DENIS POISSON [1781–1840], sostenitore della concezione meccanicistica della fisica, pubblica la sua memoria sulla distribuzione di elettricità sulla superficie dei conduttori⁴⁷: un classico della trattazione matematica dell'elettrostatica, che si fondava sulle ipotesi meccanico-molecolari di Laplace, di cui Poisson era stato allievo.⁴⁸

La teoria elettrostatica di Poisson era costruita sul modello del programma "newtoniano" della meccanica di Laplace, in cui giocava un ruolo centrale il concetto di potenziale introdotto da Lagrange⁴⁹. E-

essere proporzionale alla densità di carica presente. Ciò gli permise di ricavare una rappresentazione della distribuzione elettrica su due sfere cariche collocate l'una accanto all'altra semplicemente usando il suo elettrometro per misurare la forza sulle due superfici. Coulomb effettuò anche ricerche sulle forze di attrito nei macchinari, sui mulini a vento, sull'elasticità dei metalli e sulle fibre di seta.

⁴⁷ S.D. Poisson, *Mémoire sur la distribution de l'électricité à la surface des corps conducteurs*, Mém. Classe Sci. Math. de l'Institut de France, (1811), pp. 1–92 e 163–174.

⁴⁸ Obbligato dalla famiglia a studiare medicina, sceglie invece la matematica, materia che studia all'École Polytechnique con insegnanti come Laplace e Lagrange. Diventa professore incaricato nel 1803 e ordinario nel 1806, a 25 anni. Nel 1808 viene nominato astronomo del Bureau des Longitudes e, nell'anno successivo, professore di matematica pura alla Facoltà di Scienze di Parigi. Nel 1811 pubblica il *Traité de Mécanique*, un'opera che diventa un fondamentale riferimento per gli studi di meccanica. Inoltre estende i lavori di Laplace e Lagrange sulla meccanica celeste e in particolare sulla stabilità del sistema solare. Altri suoi lavori celebri sono: *Théorie nouvelle de l'action capillaire*, tradotto in inglese nel 1831 e *Théorie mathématique de la chaleur*, anche questo tradotto in inglese nel 1835. Poisson diede importanti contributi al calcolo delle probabilità: nell'opera *Recherches sur la probabilité de jugements...* (trad. ingl. 1837) compare quella che viene denominata "distribuzione di Poisson" o legge dei grandi numeri, ricavata inizialmente come approssimazione della legge binomiale di Bernoulli. Tale distribuzione assume oggi un ruolo fondamentale nelle leggi del decadimento radioattivo, nei problemi del traffico, ecc. Poisson fece lavori di approfondimento nel campo degli integrali definiti e delle serie di Fourier, lavori che apriranno la strada alle successive ricerche di Dirichlet e di Riemann in questi campi. Allievo di Laplace, ne continuò l'opera, giungendo a risultati fondamentali in ogni campo della fisica matematica. Le leggi che portano il suo nome costituiscono infatti il supporto matematico in magnetismo [*Memorie sul magnetismo*, 1824], elettrostatica, nella teoria elastica [*Trattato di Meccanica*, 1823], del calore [*Teoria matematica del calore*, 1835], del potenziale. Poisson diede anche importanti contributi al calcolo delle probabilità e in quello vettoriale.

⁴⁹ Nella memoria di Lagrange *Sur l'équation séculaire de la Lune*, premiata

stendendo questi concetti, Poisson introduce un analogo potenziale elettrostatico per uno sferoide conduttore carico con densità di carica ρ_e :

$$V_e(x, y, z) = k \iiint \frac{\rho_e dx dy dz}{r}.$$

In questa sua memoria Poisson generalizza anche l'equazione di Laplace per il potenziale gravitazionale che nello spazio vuoto si trasforma, in presenza di cariche, in quella che è appunto l'equazione generale dell'elettrostatica, nota oggi come equazione di Poisson; $\nabla^2 V_e = -\rho_e$ dalla quale, nota la distribuzione delle cariche con densità di volume $\rho_e(x, y, z)$, si può ottenere per integrazione il suddetto potenziale $V_e(x, y, z)$.⁵⁰

dall'Académie Royale des Sciences di Parigi nel 1774, fa la sua comparsa ufficiale nella teoria newtoniana della gravitazione la funzione potenziale

$$V(x) = m \frac{1}{|x - x_0|}$$

relativa all'attrazione di una massa puntiforme unitaria posta nel punto P di coordinate $x \equiv (x, y, z)$ da parte di una massa puntiforme m posta nel punto di coordinate $x_0 \equiv (x_0, y_0, z_0)$ e tale che, se F è la forza di gravitazione universale proporzionale all'inverso del quadrato di $|x - x_0|$, allora $F = -\nabla V$. Da tale relazione risulta che F è un campo conservativo in quanto rappresentabile come gradiente di un campo scalare. Una decina di anni dopo, Laplace mostrò che, al di fuori della regione occupata dalla distribuzione di massa gravitante, la funzione $V(x)$ soddisfa l'equazione differenziale omogenea, detta appunto equazione di Laplace,

$$\nabla \cdot (\nabla V) = \nabla^2 V = \frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial z^2} = 0.$$

Quest'ultima è un'equazione differenziale lineare del secondo ordine alle derivate parziali, applicabile a potenziali elettrici, magnetici, gravitazionali, in idrodinamica e per le temperature degli stati stazionari, ecc. le cui soluzioni sono dette funzioni armoniche. In presenza di uno sferoide di densità di massa ρ , a distanza r , il potenziale gravitazionale assume la seguente forma:

$$V_g(x, y, z) = G \iiint \frac{\rho dx dy dz}{r}.$$

⁵⁰ Nel 1813, partendo dal lavoro di Laplace sulla funzione potenziale introdotto da Laplace, Poisson mostrò, più in generale, che la funzione $V(x)$ relativa a una distribuzione di massa di densità ρ in un volume v è ben definita anche in tutti i punti di v e che quindi, oltre all'equazione per l'attrazione esercitata da una massa su un punto esterno e per la quale vale $\nabla^2 V = 0$, si doveva considerare più in generale $\nabla^2 V = -4\pi\rho = -2\pi\rho$ che si riferiscono al caso in cui il punto si trova all'interno della massa o sulla superficie. Fondandosi sulla matematica delle armoniche sferiche sviluppata da A.-M. Legendre e sul concetto di funzione potenziale introdotto da Laplace, Poisson riuscì a calcolare quella distribuzione della carica elettrica su sfere cariche ravvicinate che Coulomb aveva misurato un quarto di secolo pri-

La sua teoria venne largamente accettata sia in Francia che in Gran Bretagna, paesi dove le opinioni sulla natura fisica dell'elettricità erano assai diverse: mentre Henry Cavendish considerava l'elettricità come costituita da un unico fluido imponderabile, in Francia Coulomb e i laplaciani adottarono l'ipotesi dei due fluidi imponderabili, meccanicamente incompressibili, corrispondenti a due diversi tipi di elettricità, positiva e negativa. Il lavoro di Poisson sull'elettrostatica, si basava appunto su tale teoria e il suo successo nello spiegare i risultati osservati, venne considerato una conferma delle suddette ipotesi fisiche sottostanti. Ipotizzando l'esistenza di molecole elettriche tra cui agiscono forze centrali a distanza, Poisson era riuscito infatti a spiegare i risultati sperimentali di Coulomb relativi al comportamento elettrico di conduttori carichi di varia forma. Nel 1816 Jean Baptiste Biot, allievo anche lui di Laplace, sostiene che la teoria di Poisson "conferisce il massimo grado di probabilità, per non dire la completa certezza, alla reale esistenza dei due fluidi".⁵¹

B) *Magnetismo* – Intorno al 1820 era ancora un settore ben poco sviluppato rispetto all'elettrostatica, anche perché le proprietà dei magneti erano molto meno note da un punto di vista sperimentale rispetto a quelle dei conduttori elettrici. Dopo la formulazione, nel 1786, della legge magnetostatica di Coulomb, formalmente identica alla legge delle azioni fra cariche elettriche puntiformi, la trattazione dei fenomeni magnetici stazionari venne fatta ricalcando esattamente quanto veniva fatto per l'elettrostatica. Sulla base di questa analogia, tra il 1821 e il 1822, Poisson completa una teoria del magnetismo analoga a quella già elaborata per l'elettrostatica⁵². Nel costruire una teoria del magnetismo basata sull'esistenza di due fluidi magnetici — il fluido australe e quello boreale — Poisson, Biot e i loro seguaci laplaciani non furono tuttavia in grado di trarre delle conclusioni fisiche "certe" sulle relative ipotesi meccanicistiche, a causa delle incertezze sperimentali.

ma. Per farlo, Poisson si basò sia sulla relazione introdotta da Coulomb tra forza elettrica e densità di carica, sia sulla condizione per cui la funzione potenziale deve risultare costante all'interno di un conduttore. Nel 1828 il matematico G. Green eliminerà del tutto ogni considerazione di tipo fisico riconducendo la determinazione della distribuzione delle forze alla ricerca delle appropriate soluzioni dell'equazione di Laplace.

⁵¹ J. B. Biot, *Traité de Physique Expérimentale et Mathématique* (Paris, 1816).

⁵² S. D. Poisson, *Mémoire sur la théorie du magnétisme*, *Mém. Acad. Roy. des Sciences* (1821 e 1822), pp. 247–338 e 488–533.

C) *Galvanismo* – LUIGI GALVANI⁵³ aveva iniziato i suoi esperimenti con le rane già dal 1780, ma ritardò l'annuncio delle sue scoperte fino al 1791, anno in cui pubblicò *De Viribus Electricitatis in Motu Musculari Commentarius*, dove parla di una “forza vitale” innata negli animali, che battezzò “elettricità animale” e che considera di natura diversa dall'elettricità prodotta per frizione, o dal fulmine, o dalla scarica del pesce torpedine. Individua nel cervello l'organo di produzione di questo “fluido elettrico” ed attribuisce la funzione di conduttori ai nervi, le cui guaine interna ed esterna funzionavano come le due superfici della bottiglia di Leida.⁵⁴

Il galvanismo entrerà nel campo della fisica con ALESSANDRO VOLTA e i suoi esperimenti con la pila⁵⁵. In seguito alle ricerche di

⁵³ Galvani [1737–1798] si laurea nel 1762 con una tesi sulla formazione e lo sviluppo delle ossa [*De Ossibus*], in seguito diventa “lecturer” di anatomia all'Università di Bologna, professore di ostetricia all'Istituto di Arti e Scienze e nel 1772 sarà presidente dell'Accademia delle Scienze di Bologna. Inizialmente effettua ricerche di anatomia comparata, studiando i tubercoli del rene, la mucosa nasale, l'orecchio medio, insieme a ricerche di fisiologia. Nel 1773 tiene un corso di lezioni sull'anatomia della rana. Nei tardi anni '70, in seguito all'acquisto di una macchina elettrostatica e di una bottiglia di Leida, inizia ad effettuare esperimenti sulla stimolazione elettrica dei muscoli. A partire dai primi anni '80 l'elettricità animale diventa per Galvani il campo di maggiore interesse. Nel 1786 ottiene la contrazione muscolare della gamba di una rana toccando i nervi con un paio di forbici durante un temporale. Un visitatore del suo laboratorio, mentre era in funzione una macchina elettrostatica, tocca con uno scalpello il nervo lombare di una rana scuoiata e questa reagisce con un calcio. Galvani effettua altri esperimenti per verificare l'origine elettrica di questi movimenti (appende la rana ad una ringhiera di ferro per mezzo di un gancio di rame attaccato alla spina dorsale dell'animale) e scopre che è sufficiente collegare con un “arco” metallico i nervi e i muscoli della gamba per produrre l'effetto.

⁵⁴ Realizzato nel 1746, è stato il primo dispositivo utilizzato come condensatore ed è costituito da un recipiente di vetro, rivestito internamente ed esternamente di stagnola; il contatto con il rivestimento interno è realizzato attraverso un conduttore che esce dalla bocca del recipiente. Tenendo in mano la bottiglia, per mettere a terra l'armatura esterna, e ponendo l'armatura interna a contatto con un corpo elettrizzato è possibile prelevare da quest'ultimo una certa quantità di carica elettrica.

⁵⁵ Alessandro Volta [1745–1827], autodidatta, attratto dagli studi naturalistici, iniziò a svolgere esperimenti di elettrologia. Nel 1774 diventa professore alla scuola reale di Como. Nel 1775 realizzò l'elettroforo omonimo, un dispositivo che prelude alle macchine elettrostatiche a induzione. Nel 1778 scopre e isola il gas metano. Docente di fisica a Pavia dal 1779, introdusse i concetti di “tensione”, “carica” e “capacità”.

Galvani, Volta iniziò a fare esperimenti analoghi e nel 1794 riuscì a dimostrare che non serviva la rana per produrre una corrente. Attribui l'origine dello stimolo nella gamba della rana al contatto tra due materiali metallici diversi, e interpretò la contrazione delle gambe della rana come un fenomeno analogo al divergere delle due foglioline metalliche di un elettroscopio, che misura appunto "l'elettricità metallica". Tra i due scoppiò una controversia, sempre molto garbata: secondo Volta la ricerca di Galvani "contiene una delle più belle e più sorprendenti scoperte". La polemica, che coinvolse voltiani (dell'università di Pavia) e galvaniani (dell'università di Bologna), durò fino alla fine del secolo. Nel 1794 Galvani espose la sua teoria nel libro anonimo *Dell'uso e dell'attività dell'arco conduttore nella contrazione dei muscoli*; le sue ricerche sono rimaste comunque basilari per la conoscenza della fisiologia della conduzione nervosa.

Perfezionando le sue ricerche, Volta realizzò un apparecchio a colonna, successivamente denominato "pila", con cui riuscì a realizzare la produzione di una corrente elettrica continua; di ciò diede notizia nel 1800 in una lettera a J. Banks, presidente della Royal Society.⁵⁶ Nel 1801, con la sua pila, effettuò davanti a Napoleone l'esperimento di produzione di corrente elettrica a Parigi, davanti a Napoleone che poi lo nominò conte e senatore del Regno Lombardo-Veneto.

In seguito le ricerche sperimentali con le pile si diffonderanno rapidamente, ma la spiegazione dell'elettricità galvanica, cioè della fisica della pila, restava ancora un mistero intorno al 1820. Lo stesso Volta aveva avanzato l'ipotesi che l'elettricità prodotta dalla pila fosse sostanzialmente identica a quella che si manifestava nei fenomeni elettrostatici e il suo punto di vista venne rapidamente accettato. Infatti una pila isolata si comportava come un conduttore, esercitando forze attrattive e repulsive su altri conduttori, e poteva essere utilizzata per produrre scariche analoghe a quelle di una "bottiglia di Leida", anche se più deboli. Ma al di là di queste somiglianze esistevano marcate differenze: la scarica elettrostatica, ad esempio, era un fenomeno discreto, mentre la corrente galvanica aveva le caratteristiche di un fe-

⁵⁶ *On the electricity excited on the mere contact of conducting substances of different kinds*, Phil. Trans. Roy. Soc, 90 (1800), pp. 403–443; Phil. Mag. 7, (1800), pp. 288–311.

nomeno continuo, inoltre i fenomeni dell'elettrostatica erano, appunto, "statici", mentre l'elettricità galvanica era di per se stessa una "qualità dinamica". Nel 1820 non esisteva dunque una teoria generalmente accettata del galvanismo, ma una serie di teorie rivali della pila.

- a) Lo stesso Volta aveva proposto una teoria secondo la quale nel contatto fra due piastre di metalli differenti, come rame e zinco, si produceva in qualche modo non chiaro un accumulo dei due fluidi elettrici, positivo e negativo, sui lati opposti della giunzione, mentre il cartone impregnato di elettrolita⁵⁷ interposto tra le coppie di piastre metalliche, funzionava semplicemente da conduttore. Laplace, Poisson e Biot sostennero la tesi di Volta, basata sull'ipotesi dei due fluidi elettrici.
- b) Dopo la scoperta che una pila di opportuna potenza poteva produrre una "dissociazione" chimica, WILLIAM HYDE WOLLASTON [1766–1828]⁵⁸ e HUMPHRY DAVY [1778–1829]⁵⁹, elaborarono una teoria

⁵⁷ Sostanza che allo stato fuso o in soluzione risulta dissociata in ioni. La pila voltaica era formata da coppie bimetalliche, costituita ognuna da un dischetto di rame e un dischetto di zinco, separati da un cartoncino umido: tali coppie costituivano, secondo Volta, l'elemento fisico essenziale del dispositivo, la loro funzione era quella di tendere perpetuamente a mettere in moto il fluido elettrico, mentre la sola funzione del cartoncino era, secondo lui, quella di consentire al fluido di fluire da una coppia all'altra, rendendo possibile una già esistente tendenza al moto dell'elettricità.

⁵⁸ Abbandonata la professione di medico, Wollaston si dedicò alla ricerca scientifica studiando chimica, fisica, astronomia e botanica. In elettrologia verificò l'analogia tra la natura dell'effetto prodotto dallo strofinio e quello di una pila voltaica. Fu un sostenitore della teoria chimica di Dalton, il quale, pur ricorrendo alla rappresentazione atomistica, adottava l'ipotesi di una dimensione variabile degli atomi, ma salvandone l'inalterabilità e l'indivisibilità in modo da conservare il principio di conservazione della massa. Dalla determinazione dei differenti rapporti numerici ricavò la prima tabella dei pesi atomici, che assumeva il peso atomico dell'idrogeno come unità (1803). Tale teoria spiegava perfettamente la legge delle proporzioni costanti già messa in evidenza da Joseph Louis Proust [1754–1826], ma vi aggiungeva la legge delle proporzioni multiple: un elemento si combina con altri in vari modi secondo rapporti ponderali esprimibili come rapporti tra numeri interi. Tale legge ebbe conferme sperimentali anche attraverso il lavoro dello stesso Wollaston, il quale nel 1814 introdusse per i pesi relativi con cui i vari elementi entrano nelle combinazioni, il termine di "pesi equivalenti", termine dal carattere esplicitamente empirico, in opposizione a quello ipotetico di peso atomico, il cui carattere era invece molto incerto a causa della esistente mancanza di una chiara distinzione tra atomi e molecole. Nel corso dei suoi studi sul titanio Wollaston scoprì il rodio (1803) e il palladio (1804), metalli ad esso collegati, ed inventò delle tecniche per il trattamento dei metalli di transizione che sono alla base dei moderni trattamenti industriali del platino, tun-

gstenio, molibdeno ecc. Divenne molto ricco tenendo segreto fino a poco prima della morte il metodo per ricavare il platino da enormi quantità di minerale completamente inutilizzato. Fu uno degli scienziati più influenti della sua epoca. Ammontano a 56 i suoi lavori in chimica, mineralogia, cristallografia, fisica, astronomia, botanica, fisiologia, patologia, tutti campi in cui effettuò molte scoperte originali: scopre la banda dell'ultravioletto nello spettro solare, anticipa di circa 50 anni il concetto di molecola tridimensionale, scopre un amminoacido (cistina), inventa un goniometro per misure di precisione degli angoli dei cristalli, studia l'origine delle aberrazioni ottiche e mette a punto un prisma a riflessione usato anche in topografia.

⁵⁹ Da giovane Davy fa pratica presso un chirurgo e farmacista, compone versi, collezione minerali, costruisce fuochi d'artificio. Comincia ad occuparsi di scienza nel 1797, da autodidatta. Effettua esperimenti nel suo laboratorio privato, scoprendo il potere anestetico del protossido di azoto, il "gas esilarante", che inala per dimostrare che non era un "principio di contagio". Nel 1798 viene nominato Sovrintendente della "Pneumatic Institution" di Clifton, organizzazione che studiava i possibili usi terapeutici dei vari gas. Dotato di un eccezionale talento sperimentale studia la composizione di una serie di acidi e ossidi di azoto e rischia di morire per aver inalato una miscela di idrogeno e monossido di carbonio. Nel 1800 pubblica *Researches, Chemical and Philosophical*, un'opera che gli dà una fama immediata; l'anno successivo viene chiamato ad insegnare alla Royal Institution of Great Britain a Londra, dove viene aiutato da Rumford e da Cavendish. Nel 1802 diventa professore di chimica e nel 1803 è membro della Royal Society. Effettua ricerche sull'elettrolisi che utilizza per separare le sostanze chimiche composte nei loro elementi costitutivi. Nel 1807, nonostante fosse in atto la guerra tra Francia e Gran Bretagna, riceve il "premio Napoleone" per la sua lezione *On some chemical agencies of electricity*, da lui pubblicata l'anno precedente. Nello stesso anno, usando una pila potentissima sottopose ad elettrolisi solidi fusi, riuscendo ad isolare il sodio e il potassio allo stato metallico partendo dai loro composti. L'anno seguente isola i metalli alcalini. Nel 1810 dimostra che il cloro, ritenuto un acido, era in realtà un elemento e in quanto tale privo di ossigeno, considerato generatore di acidità secondo la teoria della composizione degli acidi di Lavoisier, che veniva in tal modo del tutto confutata. Successivamente scopre il boro, il tellurio d'idrogeno, l'acido cloridrico, l'effetto sbiancante del cloro con liberazione di ossigeno e la fosfina, un gas incolore a cui si attribuisce il fenomeno dei fuochi fatui. Nel 1812 pubblica la prima parte del suo famoso trattato *Elements of Chemical Philosophy*. Nel 1813 Michael Faraday diventa suo assistente di laboratorio e lo accompagna in vari giri per l'Europa (1813-1815); in Francia, paese che attraversa con il permesso di Napoleone, incontra diversi colleghi. Con un laboratorio portatile studia le proprietà dello iodio, simili a quelle del cloro, e dimostra che il diamante è una forma di carbonio. Per conto della *Society for preventing accidents in coal mines*, studia il problema delle esplosioni nelle miniere di carbone, dovute al grisou, gas combustibile a base di metano che in aria forma una miscela altamente esplosiva, inventando così una lampada di sicurezza dotata di una fitta reticella metallica che impedisce alla fiamma di propagarsi all'esterno. Nominato baronetto nel 1818, si reca in Italia per studiare il vulcanismo e tenta invano di trovare un metodo per srotolare i papiri trovati ad Ercolano. Nel 1820 viene eletto presidente della

elettrochimica della pila rivale della precedente, secondo la quale le giunzioni cruciali erano quelle tra metallo e liquido elettrolita, dove si verificavano i processi chimici che, producendo una polarizzazione dell'elettricità, generavano il moto elettrico.

- c) Una terza teoria, rimasta virtualmente sconosciuta, fu pubblicata nel 1806 dal filosofo naturale danese Hans Christian Oersted.

2.2 Oersted e l'unificazione tra elettricità e magnetismo

HANS CHRISTIAN OERSTED [1777–1851] fu in tutto e per tutto un filosofo naturale dinamistico, in esplicito antagonismo con la tradizione meccanico-molecolare francese di Laplace, Poisson e Biot, allora dominante. Da giovane ebbe una formazione da farmacista ma successivamente completò una tesi di dottorato in filosofia che verteva sull'opera di Kant *Fondamenti metafisici delle Scienze naturali*, una delle opere fondamentali per il consolidamento della tradizione dinamistica in fisica. Successivamente Oersted studiò con Johann Gottlieb Fichte, successore di Kant e divenne sostenitore della *Naturphilosophie* di Friedrich Schelling. Da coerente filosofo dinamistico rifiutò ogni specifica ipotesi meccanica, enfatizzando il ruolo delle osservazioni empiriche e del contributo a priori della mente umana attraverso cui queste osservazioni potevano essere trasformate in leggi universali. Il contenuto a priori delle leggi di natura forniva secondo Oersted, così come secondo Schelling, la base per l'unificazione della scienza, soprattutto attraverso il concetto di polarità, polarità che si manifestava in natura nella forma di due forze fondamentali opposte, come egli stesso affermò:

Ci sono due forze fondamentali che esistono in tutti i corpi e che non possono essere mai completamente rimosse da essi. Ognuna di queste forze ha un'azione espansiva e repulsiva nel volume che essa domina; ma ognuna attrae e produce una contrazione quando agisce sull'altra.

Royal Society. Dopo il 1820 studia i fenomeni magnetici prodotti dall'elettricità ed effettua ricerche di elettrochimica. Nel 1826 pubblica il lavoro *On the relation of electrical and chemical changes*, successivamente si ammala e parte per un viaggio in Italia; a Roma si sente come "una rovina tra le rovine". Sebbene paralizzato da un ictus scrive una serie di dialoghi che saranno pubblicati un anno dopo la sua morte, avvenuta a Ginevra nel 1829: *Consolations in travel, or the last days of a philosopher*.