

CORSO DI *STORIA DELLA FISICA - L'AQUILA 3- 7 DICEMBRE 2001*

RELAZIONE PER LA CERTIFICAZIONE

TEMA PRESCELTO:

LETTURA E COMMENTO DELLA MEMORIA STORICA :

THOUGHTS ON-RAYS-VIBRATIONS (1846)
in M. Faraday ,*Experimental Researches in Electricity*

PREMESSA.

“Faraday shows us his unsuccessful as well as his successful experiments, and his crude ideas as his developed ones, and the reader, however inferior to him in inductive power, feels sympathy even more than admiration, and is tempted to believe that, if he had the opportunity, he too would be a discoverer” (Maxwell, *A Treatise on Electricity and Magnetism* ,Capitolo III).

Questo passo di Maxwell, anche da solo, ci darebbe una motivazione sufficiente per leggere qualche memoria originale del grande Faraday con gli studenti.

La curiosità diventa forte dopo che, per caso o non, capita di leggere una sua biografia: anche gli studenti più restii a impossessarsi delle teorie, - presentate troppo spesso dai manuali e da noi poveri docenti come paradigmi pronti per l'uso, per applicazioni di scienza “normale” alla Kuhn, con il rigore di una terminologia scientifica codificata-, non possono non amare un fisico... che non è andato a scuola, che non è un matematico, che come autodidatta non si è mai fidato del tutto dei maestri né di se stesso, alla ricerca ostinata di un “*giudizio ponderato*” sui “*fatti*”, consapevole che, se non è facile definire “*qual è il fatto*” poiché “*spesso sbagliamo nell'identificarlo o nel definirlo e, soprattutto, andiamo oltre o rimaniamo al di sotto della sua vera natura*”, non per questo può rinunciare alla ricerca di un “*giudizio non presuntuoso*”, che tenga conto dei dati a disposizione e abbia l'umiltà che viene dalla “*convinzione profonda della propria ignoranza su molte delle cose rispetto alle quali gli altri sono esperti*” ”(Faraday in *Observations on Mental Education*, lezione tenuta alla Royal Institution il 5 maggio 1854).

Queste osservazioni di Faraday, nella fase finale della sua ricerca e della sua vita più che un testamento epistemologico, che potrebbe in tal caso essere considerato “ a volte ingenuo, a volte di sconcertante modernità “ (M.La Forgia), costituiscono un testamento morale, fondato a sua volta sulla premessa epistemologica che gli derivava dalla sua fede, cioè dalla premessa che l'uomo può “ *scorgere anche nelle cose materiali e nella creazione del mondo le tracce invisibili di Dio, cioè riconoscerlo nel suo operato e nella sua potenza eterna e divina* “ (ibidem).

Questa fiducia, se pur detta solo per inciso, nella possibilità di penetrare con la ragione la realtà fisica come rivelatrice di una potenza divina , è la molla “metafisica“ che ci aiuta a comprendere la tensione della sua ricerca sperimentale e della sua speculazione teorica, il suo rifiuto di “*collocare le ipotesi allo stesso livello dei fatti*”, anche a livello terminologico.(*A Speculation Touching Electric Conduction and the Nature of Matter* ,1844).

La scelta è caduta sulla memoria ”*Thoughts on Ray-Vibrations* “ (1846), lettera che Faraday invia a R.Phillips , direttore degli *Annals of Philosophy*. Questa lettera fa parte della fase teorica di Faraday, dopo un periodo di grave crisi depressiva. Gli era impossibile infatti accettare il quadro concettuale fisico emergente come le teorie atomiche, l'interpretazione matematica di Ampere dell'interazioni tra correnti, e non riusciva d'altro canto a rispondere alle varie critiche a cui era sottoposto con un quadro coerente e unitario. Come vedremo molte questioni poste da Faraday sono attuali. Egli stesso le pone come questioni, ipotesi , possibilità che diventano reali solo per il fatto di essere state formulate, ma su cui, coerentemente con i suoi principi morali non può

esprimere un giudizio poiché “ *di tanto in tanto, ma più frequentemente di quanto si creda, l’esercizio del giudizio dovrebbe sfociare in una cautela assoluta.* Può essere sgradevole e molto faticoso non giungere ad una conclusione ; ma ,poiché non siamo infallibili, abbiamo il dovere di essere cauti; potremmo eventualmente anche trarne un vantaggio, dal momento che colui che si ferma non è più lontano dal vero di colui,che procedendo nella direzione sbagliata,se ne allontana sempre di più” (*Observations on Mental Education*).

Molti temi teorici da Faraday appena accennati, anzi accennati con pudore,quasi con il timore di andare troppo oltre rispetto i *fatti* a disposizione, hanno trovato la propria collocazione nella fisica nel secondo ottocento e primo novecento.

1. IL CONTESTO.

E’ a partire dal 1815, al ritorno dal viaggio in Europa in compagnia di Sir Humphry Davy, che Faraday inizia a tempo pieno la sua attività di ricercatore, come assistente di laboratorio e sovrintendente dell’apparato, riconoscimenti che Davy gli conferisce anche come imbarazzato compenso.. per averlo assistito nel viaggio in qualità di domestico.

Fin da giovane Michael Faraday aveva prestato particolare attenzione al problema dell’elettricità : dalle letture fatte come giovane apprendista rilegatore aveva scoperto che l’elettricità era un fenomeno ancora enigmatico e , da buon sandemanista, sembra si fosse sentito chiamato alla soluzione del problema. I fenomeni eclatanti che venivano portati nelle conferenze pubbliche alla fine del ‘700 avevano contagiato infatti persino il dotto John Wesley, fondatore della chiesa metodista,che, dopo avere avuto occasione di conoscere il galvanismo negli anni trascorsi a Oxford , era arrivato a dire “ l’elettricità è l’anima dell’universo”. Dalla chiesa metodista aveva preso ispirazione la setta evangelista di Robert Sandeman, a cui apparteneva tutta la famiglia di Faraday. E’ un periodo storico di grandi cambiamenti : la rivoluzione industriale sta aprendo strade nuove e si diffondono testi di divulgazione che il giovane Faraday ha occasione di leggere gratuitamente. Non fu dunque un caso se la prima lezione presentata dal giovane Michael, diciannovenne, partecipando a un gruppo di discussione di giovani lavoratori a casa dell’insegnante di scienze John Tatum, fu proprio un’ introduzione al tema dell’elettricità. In quegli anni gli esperimenti di Galvani, la costruzione della pila voltaica comunicata da Volta nel 1800 alla Royal Society londinese e presto messa in pratica e utilizzata dallo stesso Davy, sono successi eccezionali. Davy per le scoperte realizzate tramite la costruzione di potenti pile voltaiche aveva ottenuto da Napoleone, sebbene in guerra con l’Inghilterra, il prestigioso premio Bonaparte dell’Institut de France.

Fu l’esperienza storica di Oersted nel 1819,con la scoperta della deviazione di un ago magnetico in prossimità di un conduttore collegato ad una pila voltaica, a guidare tutta la attività successiva di Faraday e la sua speculazione teorica.

Si è discusso a lungo sull’adesione di Oersted alla Naturphilosophie tedesca , quel movimento culturale che ricercava l’unità della natura in tutti i suoi aspetti e che da un punto di vista scientifico, portava alla convinzione dell’unità di tutte le forze fisiche. La convinzione profonda di Oersted di un legame tra elettricità e magnetismo, principio guida delle sue ricerche, è un esempio del ruolo euristico della metafisica per la fisica, ovvero di come convinzioni profonde dell’uomo scienziato siano la molla determinante di ricerche e scoperte.

La scoperta di Oersted , apparve “casuale” e criticata per questo. In realtà fu il frutto di anni di ricerche, di un lungo processo di affinamento sperimentale e può essere, se mai, vista come esempio di quella “serendipity” di cui si possono vantare molti ricercatori.

Nel 1821 Faraday ebbe l’incarico di fare per la rivista *Annals of Philosophy* una rassegna storica dello stato degli esperimenti e teorie successive all’esperienza di Oersted.

La energia con cui Faraday si applicò a ripetere l’esperienza di Oersted e a cercarne una interpretazione al di fuori del paradigma dell’azione a distanza, (in contrasto con Ampere e la fisica francese), è stata vista come un’ adesione dello stesso Faraday ad ambienti della Naturphilosophie, magari maturata nel suo viaggio in Europa attraverso la mediazione di Davy. La formazione

religiosa e culturale di Faraday lo spingevano comunque, come si è visto, in quella direzione, alla ricerca di una spiegazione originale dei nuovi fenomeni, quasi come una chiamata personale.

2. LE CURVE MAGNETICHE.

È del 1821 il lavoro di Faraday “On some New Electro-magnetic Motions and on the Theory of Magnetism”. In questo lavoro Faraday illustra la brillante esperienza in cui riesce ad evidenziare la rotazione di un polo magnetico intorno ad un filo conduttore percorso da corrente e la rotazione di un filo intorno a un polo.

L'evidenza di questa rotazione diventa un *fatto*, che, come tale, va distinto da ogni interpretazione, in particolare dal tentativo di ricondurla ad una azione diretta, a distanza, tra correnti come aveva fatto Ampere. L'ipotesi di Ampere è presa in considerazione con serietà, ma con distacco. Nello stesso lavoro: *“Ampère ragionando sulla scoperta di Oersted, fu condotto ad adottare una teoria secondo la quale le proprietà dei magneti andavano ricondotte all'esistenza di correnti concentriche di elettricità in essi, disposte secondo l'asse del magnete.”* *“Nei tentativi da me compiuti di spiegare alcuni movimenti elettromagnetici e di mostrare la relazione tra magneti prodotti dall'elettricità e magneti ordinari non ho voluto né adottare alcuna teoria sulla causa del magnetismo, né oppormi pregiudizialmente ad alcuna di esse”*.

In risposta ad una lettera di Ampere (febbraio 1822) appare chiaro che la rotazione di un filo intorno ad un polo è diventata un *primum gnoseologico*: *“Nella vostra lettera esponete l'opinione che il vostro esperimento (rotazione di un magnete) permetta di decidere se le correnti elettriche ipotizzate dalla vostra teoria circolino intorno all'asse del magnete o intorno a ciascuna particella; da ciò deduco che la vostra interpretazione di tale esperimento differisce da quella che io ho maturato a proposito, in quanto a me sembra che esso costituisca una variante dell'esperimento della rotazione di un filo intorno ad un polo.”* *“Non vedo come l'esperimento determini la posizione delle correnti se non per il fatto che esso mostra che ci si trova di fronte al **moto tipico di un filo intorno a un polo**: comunque è possibile che voi abbiate le stesse mie idee e io non sono in grado di capire in che modo le due spiegazioni coincidano. Purtroppo la mancanza di una adeguata preparazione matematica mi impedisce di approfondire questo punto. Sono per natura scettico nei confronti delle teorie e di conseguenza vi prego di non serbarmi rancore per il fatto che non accetto immediatamente la vostra. La sua semplicità e le sue applicazioni sono sorprendenti ed esatte, ma io non riesco a capire in che modo vengono prodotte le correnti e, in particolare, se si suppone che esse esistano intorno a ciascun atomo o a ciascuna particella, ancora desidererei prove ulteriori della loro esistenza prima di accettarla senza riserve.”* (L. Pearce Williams, “The Selected Correspondence of M. Faraday”).

In questo dibattito si delineano alcuni nodi essenziali: 1) il problema di concettualizzare in una visione unitaria i fenomeni senza confondere l'ipotesi teorica con i fatti 2) la simmetria di comportamento tra magneti e correnti elettriche come dato 3) una epistemologia basata sulla realtà dei fenomeni e quindi su osservabili strettamente legati ad essa 4) il rifiuto di accettare una ipotesi atomica in via di formazione e quindi provvisoria, come dato su cui costruire una ipotesi interpretativa dei fatti.

L'idea che la rotazione di un magnete intorno ad un filo sia dello stesso tipo della rotazione di un filo intorno ad un magnete porta nella direzione di cercare correnti generati dal magnetismo, ovvero da altre correnti. La scoperta dell'induzione elettromagnetica, cioè di correnti in circuiti dovute a moti relativi dei circuiti rispetto le linee curve magnetiche è analizzata dieci anni dopo nella memoria: *“General Remarks and Illustration of the Force and Directions of magneto-electric Induction”* (1832). Qui Faraday, attraverso esperienze successive ottiene dei risultati che inquadra via via in alcune idee interpretative fondamentali che saranno il nucleo irrinunciabile della sua Gestalt: *“La legge secondo cui la corrente elettrica indotta che viene eccitata nei corpi che si muovono relativamente a magneti dipende dall'intersezione delle curve magnetiche da parte del conduttore sembra poter rendere ragione perfettamente degli effetti prodotti, indipendentemente*

dalla ipotesi di quella particolare condizione che tentai di definire con la locuzione stato elettro-tonico. Quando si fa passare una corrente elettrica in un filo, quest'ultimo viene circondato in ogni sua parte da curve magnetiche di intensità decrescente con la distanza del filo e possono essere associate mentalmente ad anelli situati su piani perpendicolari al filo o, meglio, alla corrente che vi scorre. Queste curve, sebbene di forma differente, sono esattamente della stessa natura di quelle che si stabiliscono tra due poli magnetici opposti situati uno di fronte all'altro, e quando un secondo filo, parallelo a quello che trasporta la corrente, si avvicina a quest'ultimo, esso attraversa curve magnetiche esattamente dello stesso tipo di quelle che intersecherebbe se fatto passare attraverso poli magnetici in una certa direzione; se si allontana dal filo inducente, taglia le curve che si trovano intorno ad esso nello stesso modo in cui taglierebbe quelle presenti tra i poli suddetti se si muovesse nella direzione contraria alla precedente". A questo punto è chiara l'idea di uno spazio pieno di linee curve magnetiche, linee di cui Faraday difenderà l'esistenza, e il cui ruolo euristico è andato definendosi dall'interpretazione dell'esperienza di Oersted fino alla scoperta dell'induzione elettro-magnetica.

La realizzazione di altre esperienze non fa altro che confermare la teoria per cui la corrente indotta non è dovuta alla semplice esistenza di tali curve, quanto alla loro instabilità :*"Quando il secondo filo è in quiete rispetto nelle vicinanze del primo non viene indotta alcuna corrente, in quanto esso non interseca curve magnetiche; quando invece è allontanato dal primo interseca le curve nella direzione opposta a quella indotta nell'avvicinamento..."*

In questa visione di spazio, pieno di linee curve prodotte da magneti o da correnti in modo simile, visione che già contiene in embrione il concetto di campo della fisica moderna, il fatto che solo tramite movimenti reciproci di corpi conduttori e linee ci sia la possibilità di correnti indotte non è immediato o tanto meno scontato neppure per Faraday, che si arrende all'evidenza del fatto, ma : *"...sebbene mi sembri ancora improbabile che un filo in quiete in prossimità di un altro attraversato da una potente corrente elettrica sia a essa completamente indifferente, ancora non sono a conoscenza di fatti distinti che autorizzino la conclusione che esiste un particolare stato del filo"*. Le conclusioni dell'articolo sono il resoconto dettagliato di tutte le situazioni verificate, situazioni in cui si ha avuto o non si ha avuto passaggio di corrente: *"Sebbene si richiederanno ulteriori ricerche, e probabilmente indagini minuziose sia sperimentali che matematiche, prima che le modalità precise dell'azione reciproca tra un magnete e un metallo in movimento siano accertate, tuttavia molti dei risultati appaiono sufficientemente chiari e semplici da consentire di esprimerli in modo abbastanza generale. Se un filo chiuso viene fatto muovere in modo da tagliare una curva magnetica è chiamata in azione una forza che tende a produrre una corrente elettrica attraverso di esso...Se un secondo filo.. Se però..ecc"*. Tutte le situazioni elencate, sono considerate da Faraday *"forme di espressione che, ricordate a memoria, ho trovato utili quando confrontavo gli aspetti di un fenomeno particolare con i risultati generali"*.

3. SPAZIO E MATERIA: "A Speculation Touching Electric Conduction and the Nature of Matter"

A questo punto si pongono altri ordini di problemi: come agisce questa azione lungo le linee curve? Che ruolo hanno le particelle o quel concetto non ben identificato della fisica che è la materia? La teoria delle linee curve può coerentemente eliminare la necessità di un'azione a distanza, così radicata ormai nella fisica post-newtoniana? Nello stesso lavoro sopra citato F. scriveva *'Nessuna altra forza conosciuta ha direzione uguale a quella che si esercita tra una corrente elettrica e un polo magnetico; tale direzione è tangenziale, mentre tutte le altre forze, agenti a distanza sono dirette'*. Si tratta di conciliare la propria visione del mondo, con ciò che gli altri gli propongono. Non può sottovalutare le critiche che gli avanzano da più parti, (fondamentale la critica di Robert Hare in una lettera del 1839, lettera che qui purtroppo non posso esaminare per esteso), ma non può neppure rinunciare alle proprie convinzioni, coerentemente al principio morale della propria ricerca, per cui l'autoeducazione, a cui ognuno deve tendere, "deve rifuggire

da una cieca dipendenza dai dogmi altrui e deve essere sostenuta dalle indicazioni e dai dettami del proprio buon senso.”

Questo confronto serrato, a lui necessario epistemologicamente e moralmente, tra la propria fisica e quella corrente, che non riesce a capire completamente, come aveva già dichiarato ad Ampère, la incapacità di giungere a una conclusione per lui valida, se da una parte lo portano a un lungo periodo depressivo dall'altro stimolano in lui, fisico sperimentale per vocazione, uno sforzo teorico non indifferente.

Non è un caso che molte speculazioni teoriche sono contenute in lettere, in cui, comunicando, Faraday cerca di rendere chiare prima di tutto a se stesso le proprie concezioni. "A Speculation Touching Electric Conduction and the Nature of Matter" del 1844 è il resoconto di una conferenza che doveva essere inedita. È la prima tappa del chiarimento concettuale e terminologico in atto che sta conducendo innanzitutto con se stesso.

Prima di tutto vi troviamo un esame del concetto di atomo, secondo le teorie allora più accreditate. C'è chi (Mauro La Forgia) ritiene che ci sia dispetto e ironia nell'asserzione iniziale: *"Secondo il punto di vista oggi più diffuso sulla costituzione atomica della materia, l'atomo è un elemento materiale di volume finito su cui sono impresse, dalla creazione, quelle forze che gli consentono, da allora fino ai nostri giorni, di costituire, attraverso l'aggregazione in gruppi, le differenze sostanze di cui osserviamo gli effetti e le proprietà."* In ogni caso troviamo già in questa frase la distinzione a lui cara e sofferta tra effetti, e sostanze che producono tali effetti, che segue: *"Oggi la dottrina atomica viene ampiamente utilizzata, in diverse maniere, nell'interpretazione dei fenomeni, ..., e non viene accuratamente distinta dai fatti: avviene anzi spesso che gli studiosi la considerino come una descrizione dei fatti stessi, sebbene essa non sia altro che un'ipotesi, ... Il termine atomo, che non può essere usato senza che questo comporti un punto di vista fortemente ipotetico, è spesso associato al concetto di fatto semplice ..."* Il problema, che Faraday considera di semplice valutazione e quindi operativo diventa quindi di *"distinguere, per quanto è nelle nostre possibilità, i fatti dalla teoria"*. Le proporzioni definite, equivalenti sono fatti, l'atomo no. Dopo questa premessa epistemologica Faraday considera come la rappresentazione, data dalla teoria atomica, di elementi finiti divisi da uno spazio intermedio, porti una contraddizione logica nelle proprietà dello spazio: *"Sembrirebbe dunque che accettando la dottrina atomica ordinaria, lo spazio possa essere considerato non conduttore nei corpi non conduttori e conduttore nei corpi conduttori"*. Faraday a questo punto non vede, e cerca di dimostrarlo con un confronto tra il potere conduttivo di alcune sostanze e il numero di atomi per unità di volume delle stesse, l'utilità della rappresentazione atomica ordinaria per una teoria della conduzione. La realtà è che in questa rappresentazione le curve magnetiche, che sono il fatto centrale della sua ricerca, non trovano posto.

Consapevole tuttavia che vi sono fenomeni (ad esempio la cristallizzazione) per cui l'ipotesi atomica diventa necessaria, sceglie l'ipotesi atomica di Boscovich, che identifica gli atomi con centri di forza, come l'ipotesi meno compromettente: *"se è assolutamente necessario avanzare ipotesi, e per la verità in un ramo della fisica come quello che stiamo esaminando sarebbe difficile evitarle, allora la strada più sicura è quella di avanzare ipotesi meno compromettenti e, in quest'ottica, gli atomi di Boscovich mi sembra che abbiano un grande vantaggio sulle concezioni correnti."*

Ammette che in alcuni campi il cambiamento di prospettiva tra una ipotesi e l'altra sia inessenziale, ma nel caso della conduzione, la ipotesi di Boscovich non fa altro che prescindere dal concetto generico di particella di materia e di mantenere il sistema di forza legate ad essa. *"Del resto come potremmo pensare al nucleo indipendentemente dalle sue forze?"* .. Ritorna la premessa iniziale: ciò che osserviamo sono gli effetti e le proprietà.

Faraday in questo sforzo teorico è solo. Sta per nascere una concezione dello spazio, contro una concezione di materia nello spazio. *"Per chi affronti ex novo l'argomento può sembrare difficile pensare ad azioni che si sviluppano indipendentemente da quel qualcosa di privilegiato che usualmente viene chiamato la materia, ma è senza altro più difficile ancora, se non addirittura"*

impossibile pensare o immaginare questa materia indipendentemente dalle azioni da essa esercitate” Il punto è chiaro e chiarificatore, è un punto su cui tutta la fisica successiva concorderà, almeno in linea di principio: **“perché dobbiamo allora assumere l’esistenza di un qualcosa che non possiamo concepire e di cui non c’è necessità filosofica?”**.

A questo punto basta ridefinire ciò che chiamiamo materia. Non c’è discontinuità tra uno spazio sede di linee di forza e i centri di forza :” *Dunque la materia è continua ovunque , e se si esamina una massa di materia non devono essere introdotte distinzioni tra gli atomi che la compongono e l’ipotetico spazio intermedio. Le forze distribuite intorno ai centri fanno loro assumere le proprietà di atomi di materia.*” Affascinante, se pure allontaniamo la tentazione di vedervi dei nessi con la teorie relativistiche, la concezione che Faraday assume : “ *La concezione della costituzione della materia appena stabilita sembrerebbe implicare necessariamente la conclusione che la materia riempia tutto lo spazio o ,perlomeno,quello spazio su cui si esercita la gravitazione; infatti la gravitazione è quella parte della materia che dipende da una certa forza ed è proprio questa forza che costituisce la materia*” Si accenna quindi la possibilità di quella unificazione delle forze che la Naturphilosophie ricercava :” *Tutto ciò sembra accordarsi molto armoniosamente col tentativo di ricondurre i fenomeni elettrici, di coesione, gravitazionali, ad un’unica forza presente nella materia..*”

Stranamente, ma non troppo, a conclusione di tutta la speculazione, Faraday precisa che il suo scopo non è di addentrarsi troppo in questa discussione teorica, (quasi che il modello atomico di Boscovich sia solo un pretesto per evidenziare i rischi della speculazione teorica), quanto di contribuire a distinguere all’interno della filosofia naturale **quanto può dirsi conoscenza reale (i fatti) da quanto può diventare esattamente il contrario.**

4. RIFLESSIONI SULLE VIBRAZIONI DELLE LINEE DI FORZA.

L’interesse a questa lettera deriva sia dalla considerazione che “è il frutto più speculativo di quest’istanza antispeculativa di Faraday” (La Forgia), sia dalla considerazione che “costituisce una sorta di dialogo interiore, un tentativo di chiarire a se stesso le proprie idee e di ricavarne tutte le possibili implicazioni” (L.Pearce Williams). Il fatto che essa segni l’inizio di una nuova stagione di ricerche sperimentali non ci interessa quanto analizzare in dettaglio questa memoria di Faraday in relazione al cammino sperimentale e teorico che l’ha condotto fin qui.

“Thoughts on Ray-Vibrations“, come già accennato, è una lettera, successiva ad uno dei settimanali incontri del venerdì sera della Royal Institution, incontro in cui era stato descritto il cronoscopio elettromagnetico di Wheatstone per la misura della velocità del segnale elettrico.

La misura della velocità dell’elettricità produce in Faraday una serie di riflessioni che espone alla chiusura della riunione, nient’altro che “*vaghe impressioni della mente*”, spunti congetturali.

Inutile dire che tali spunti sono di estremo interesse: “*Il punto che doveva essere posto all’attenzione degli ascoltatori era se non fosse possibile che le vibrazioni che si suppone spieghino la radiazione e i fenomeni radianti, fossero anche presenti nelle linee di forza che collegano tra loro particelle e, conseguentemente , masse di materia; se venisse accettata, quest’ipotesi consentirebbe di rinunciare all’etere che secondo un’altra visione, si suppone essere il mezzo in cui le suddette vibrazioni hanno luogo*” Il problema fondamentale è la propagazione, il tempo. E’ il 1846. Il fisico più contrario alle speculazioni teoriche in una frase sintetizza più di 50 anni a venire di Fisica: con il senno di poi vi potremmo rintracciare le onde elettromagnetiche, l’ abbandono del concetto di etere...Ma ,come consiglia giustamente Faraday, è bene giudicare con cautela.

Infatti Faraday dichiara che ciò che lo ha spinto in questa congettura, cioè a ritenere che le linee di forza siano la possibile sede delle vibrazioni di fenomeni radianti è proprio la sua concezione di materia, la sua ipotesi di atomi alla Boscovich, intesi come centri di forza : dove le linee di forza sono presenti, là c’è la particella. Giustamente è stato detto che l’adesione di Faraday alla teoria di Boscovich non è tanto propositiva, quanto un escamotage per veicolare la propria idea di linee di forza reali con le diverse concezioni della fisica ufficiale (atomi,materia, forza a distanza,etere). Lo

scopo è di applicare la sua concezione di linee lungo cui si propagano vibrazioni anche a quei fenomeni legati all'esistenza dell'etere come la luce. L'etere si potrà dunque considerare superfluo, ma per arrivare a questa considerazione Faraday conduce dei paragoni volutamente paradossali.

Faraday propone una visione congiunta della materia e della radiazione : se si ammette che la luce si debba propagare attraverso un etere, dotato di determinate proprietà, l'elettricità si può pensare si propaghi ugualmente attraverso vibrazioni, attraverso un filo metallico e questa propagazione dipende dalle *“forze della materia”*. Queste diverse forze costituiscono le diverse proprietà dei corpi: la diversa conducibilità, capacità termica ecc .

L'etere e la materia ordinaria devono essere paragonabili : o costituiti entrambi di nuclei considerati in astratto come materia con le relative forze associate (la dottrina atomica da cui Faraday si tiene distante) o costituiti entrambi da atomi considerati centri di forza, secondo la teoria di Boscovich. Contrariamente alle apparenze l'etere risulta meno ponderabile del rame, ad esempio, non perché ci siano meno nuclei rispetto il rame , ma perché sono minori le forze che da esso provengono, responsabili di tale qualità. Paradossalmente tra etere e materia usualmente intesa l'etere avrebbe più nuclei e meno forza. Eppure ufficialmente è il contrario :*“Mi sbaglio forse nel ritenere che l'idea condivisa di etere affermi che i nuclei di quest'ultimo sono, probabilmente, infinitamente piccoli e che la forza che li caratterizza, cioè l'elasticità, infinitamente grande? Ma se questa è la nozione accettata , cosa resta all'etere se non la forza o i centri di forza?”* In questo caso non si può pensare all'etere diverso dalla materia ponderabile, se non per il fatto che a quest'ultima sono associate forze maggiori e diverse.

Fino a questo punto, Faraday si è mosso su un terreno altrui, ha accettato di usare ipotesi al posto dei fatti, ha consapevolmente usato in modo disinvolto concetti e teorie, che in fondo considera inutilizzabili, secondo la epistemologia da lui più volte ribadita. E' chiaro che si sente libero di utilizzare le *vaghe impressioni* della mente per arrivare alla questione fondamentale:

“In filosofia sperimentale possiamo riconoscere, nei fenomeni, diversi tipi di linee di forza : le linee della forza gravitazionale ,quelle dell'induzione elettrostatica ,quelle dell'azione magnetica e altre ancora. Molti ritengono che le linee dell'azione elettrica e magnetica agiscano attraverso lo spazio come le linee gravitazionali. Da parte mia tendo a credere che quando intervengono particelle di materia (centri di forza) queste ultime partecipano al trasporto della forza lungo la linea, ma quando non ci sono ,la linea proceda attraverso lo spazio “

La rappresentazione che Faraday dà delle linee è fisica ; tramite la teoria atomica di Boscovich esse diventano parte della *materia*, irraggiamenti attraverso zone di centri di forza e zone prive di essi ; questa concezione sarà potente come mezzo euristico per lo studio del comportamento dei corpi in relazione al magnetismo, a seconda del grado di convergenza o divergenza delle linee di forza nella loro propagazione. L'ipotesi del “campo unificato” è buttata con apparente disinteresse (molti ritengono che..), ma è un nodo essenziale di questa visione della realtà che finalmente Faraday può sentire sua, visione che include in sé i *fatti* di anni di ricerca.

Ma in che modo le linee di forza agiscono? Se le linee hanno questo requisito materiale, non è difficile *“attribuire a queste linee di forza un qualcosa che può essere concepito come facente parte della natura dell'urto o della vibrazione laterale”* L'esempio che descrive è semplice: se due corpi A e B sono in quiete ad una certa distanza e si considera una data direzione, l'effetto delle linee è quello risultante dalla presenza dei corpi, ma se uno dei due viene spostato lateralmente a quella direzione, si produrrà un disturbo laterale nella risultante. **Le linee diventano il mezzo di propagazione di questa perturbazione:** è giunto il momento di dire che esse possono sostituire l'etere, che appare del tutto superfluo. Quali sono le linee capaci di trasmettere queste azioni? *“Non ho la pretesa di rispondere a tale domanda con sicurezza,; la sola cosa che posso dire è che , in ogni luogo dello spazio, sia (per usare una frase comune) privo che pieno di materia,non percepisco nient'altro se non forze e linee nelle quali le forze si esercitano”* Le vibrazioni sono ormai il collegamento necessario tra i fenomeni della natura: la radiazione è solo un'altra specie di vibrazione di linee di forza. La propagazione impiega **tempo** , anche la vibrazione di qualsiasi linea impiegherà tempo. Un ' azione istantanea non può rientrare in questa concezione: *“ non so se*

esistano dati che abbiano dimostrato o che possano dimostrare che una forza come la gravitazione agisca senza impiegare tempo o che, riguardo le linee di forza esistenti, dimostri che un disturbo laterale di esse ..giunga istantaneamente all'altra estremità delle linee..”

Alla fine di questa lettera è con il solito pudore che Faraday esprime la propria consapevolezza che queste idee, che si è lasciato sfuggire nella riunione di un venerdì qualunque, in uno dei tanti incontri della Royal Institution, le ha scritte, ha dato loro forma solo “ *perché esse saranno sicuramente sviluppate in un modo o in un altro*”.

BIBLIOGRAFIA

A. Riferimenti bibliografici utilizzati per la redazione della relazione

1. FARADAY : “ Observations on Mental Educations”, lezione tenuta alla Royal Institution il 5 maggio 1854, in Faraday, *Experimental Researches in Chemistry and Physics*, London 1859 ; traduzione in Faraday, *La teoria del campo* ed.Teknos 1995
2. FARADAY : “On some new Electro-magnetic motions ,and on the Theory of Magnetism(1821) in Faraday, *Experimental Researches in Electricity*, London 1839-55 ; traduzione in Faraday, *La teoria del campo* ed.Teknos 1995
3. PEARCE WILLIAMS “ The Selected Correspondence of M.Faraday” Cambridge,Univ.Press,1971 traduzione in Faraday, *La teoria del campo* ed.Teknos 1995
4. FARADAY : “General Remarks and Illustration of the Force and Directions of Magneto-electric Induction (1832) in Faraday, *Experimental Researches in Electricity*, London 1839-55 ; traduzione in Faraday, *La teoria del campo* ed.Teknos 1995
5. FARADAY : “A Speculation Touching Electric Conduction and the Nature of Matter” in Faraday, *Experimental Researches in Electricity*, London 1839-55 ; traduzione in Faraday, *La teoria del campo* ed.Teknos 1995
6. FARADAY :”Thoughts on Ray-Vibrations” (1846), *Experimental Researches in Electricity*, London 1839-55 ; traduzione in Faraday, *La teoria del campo* ed.Teknos 1995
7. Michael Guillen : “Le cinque equazioni che hanno cambiato il mondo”(testo divulgativo) ed.Longanesi 1995
8. Giulio Peruzzi MAXWELL, Collana “I grandi della Scienza”ed LeScienze 1998
9. GEYMONAT,”Storia del pensiero filosofico e scientifico” vol IV ed. Garzanti

B. Riferimenti bibliografici di cultura generale per una comprensione dello sviluppo del pensiero della fisica.

1. Koyrè Alexandre "Dal mondo del pressappoco all'universo della precisione" ed Einaudi 1980
2. Koyrè Alexandre "La rivoluzione Astronomica" ed. Feltrinelli 1962
3. Mach Ernst "La meccanica nel suo sviluppo storico-critico" ed Univ. Boringhieri 1977
4. Galileo Galilei "Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo" ed Einaudi
5. Einstein Albert "Autobiografia scientifica" Ed Universali Boringhieri
6. Kuhn Thomas "La struttura delle rivoluzioni scientifiche" ed. Einaudi Paperbacks
7. Popper "Scienza e Filosofia" ed Einaudi 1974
8. Feyerabend, Kuhn, Lakatos, Popper, e altri "Critica e crescita della conoscenza" ed Feltrinelli 1980
9. A.N. Whitehead "Il concetto di natura" ed Del Bosco 1974
10. Fermi L. "Atomi in famiglia" ed. AIF

Testo di riferimento in lingua originale:

www.padrak.com/ine/FARADAY1.html

Aug. 24, 1998

MICHAEL FARADAY ON THE STRUCTURE OF THE AETHER, AND THE NATURE OF ACTION-AT-A-DISTANCE

Email from M. Twain

Date: Sun, 23 Aug 1998 11:13:54 +1200

From: "M. Twain"

Organization: Global Aether Workshop

MIME-Version: 1.0

To: Aether1002

Subject: Michael Faraday on the Structure of the Aether, and the Nature of Action-At-A-Distance*

X-Rcpt-To: pgb@padrak.com

THOUGHTS ON RAY-VIBRATIONS (1)

To Richard Phillips, Esq.

Dear Sir,

At your request I will endeavor to convey to you a notion of that which I ventured to say at the close of the last Friday-evening Meeting, incidental to the account I gave of Wheatstone's electro-magnetic chronoscope; but from first to last understand that I merely threw out as matter for speculation, the vague impressions of my mind, for I gave nothing as the result of sufficient consideration, or as the settled conviction, or even probable conclusion at which I had arrived.

The point intended to be set forth for consideration of the hearers was, whether it was not possible that vibrations which in a certain theory are assumed to account for radiation and radiant

phenomena may not occur in the lines of force which connect particles, and consequently masses of matter together; a notion which as far as is admitted, will dispense with the aether, which in another view, is supposed to be the medium in which these vibrations take place.

You are aware of the speculation (2) which I some time since uttered respecting that view of the nature of matter which considers its ultimate atoms as centres of force, and not as so many little bodies surrounded by forces, the bodies being considered in the abstract as independent of the forces and capable of existing without them. In the latter view, these little particles have a definite form and a certain limited size; in the former view such is not the case, for that which represents size may be considered as extending to any distance to which the lines of force of the particle extend: the particle indeed is supposed to exist only by these forces, and where they are it is. The consideration of matter under this view gradually led me to look at the lines of force as being perhaps the seat of vibrations of radiant phenomena.

Another consideration bearing conjointly on the hypothetical view both of matter and radiation, arises from the comparison of the velocities with which the radiant action and certain powers of matter are transmitted. The velocity of light through space is about 190,000 miles in a second; the velocity of electricity is, by the experiments of Wheatstone, shown to be as great as this, if not greater: the light is supposed to be transmitted by vibrations through an aether which is, so to speak, destitute of gravitation, but infinite in elasticity; the electricity is transmitted through a small metallic wire, and is often viewed as transmitted by vibrations also. That the electric transference depends on the forces or powers of the matter of the wire can hardly be doubted, when we consider the different conductivity of the various metallic and other bodies; the means of affecting it by heat or cold; the way in which conducting bodies by combination enter into the constitution of non-conducting substances, and the contrary; and the actual existence of one elementary body, carbon, both in the conducting and non-conducting state. The power of electric conduction (being a transmission of force equal in velocity to that of light) appears to be tied up in and dependent upon the properties of the matter, and is, as it were, existent in them.

I suppose we may compare together the matter of the aether and ordinary matter (as, for instance, the copper of the wire through which the electricity is conducted), and consider them as alike in their essential constitution; i.e. either as both composed of little nuclei, considered in the abstract as matter, and of force or power associated with these nuclei, or else both consisting of mere centres of force, according to Boscovich's theory and the view put forth in my speculation; for there is no reason to assume that the nuclei are more requisite in the one case than in the other. It is true that the copper gravitates and the aether does not, and that therefore the copper is ponderable and the aether is not; but that cannot indicate the presence of nuclei in the copper more than in the aether, for of all the powers of matter gravitation is the one in which the force extends to the greatest possible distance from the supposed nucleus, being infinite in relation to the size of the latter, and reducing the nucleus to a mere centre of force. The smallest atom of matter on the earth acts directly on the smallest atom of matter in the sun, though they are 95,000,000 miles apart; further, atoms which, to our knowledge, are at least nineteen times that distance, and indeed in cometary masses, far more, are in a similar way tied together by the lines of force extending from and belonging to each. What is there in the condition of the particles of the supposed aether, if there be even only one such particle between us and the sun, that can in subtlety and extent compare to this?

Let us not be confused by the ponderability and gravitation of heavy matter, as if they proved the presence of the abstract nuclei; these are due not to the nuclei, but to the force super-added to them, if the nuclei exist at all; and, if the aether particles be without this force, which according to the assumption is the case, then they are more material, in the abstract sense, than the matter of this our

globe; for matter, according to the assumption, being made up of nuclei and force, the aether particles have in this respect proportionately more of the nucleus and less of the force.

On the other hand, the infinite elasticity assumed as belonging to the particles of the aether, is as striking and positive a force of it as gravity is of ponderable particles, and produces in its way effects as great; in witness whereof we have all the varieties of radiant agency as exhibited in luminous, caloric, and actinic phaenomena.

Perhaps I am in error in thinking the idea generally formed of the aether is that its nuclei are almost infinitely small, and that such force as it has, namely its elasticity, is almost infinitely intense. But if such be the received notion, what then is left in the aether but force or centres of force? As gravitation and solidity do not belong to it, perhaps many may admit this conclusion; but what are gravitation and solidity? certainly not the weight and contact of the abstract nuclei. The one is the consequence of an attractive force, which can act at distances as great as the mind of man can estimate or conceive; and the other is the consequence of a repulsive force, which forbids for ever the contact or touch of any two nuclei; so that these powers or properties should not in any degree lead those persons who conceive of the aether as a thing consisting of force only, to think any otherwise of ponderable matter, except that it has more and other forces associated with it than the aether has.

In experimental philosophy we can, by the phaenomena presented, recognize various kinds of lines of force; thus there are the lines of gravitating force, those of electro-static induction, those of magnetic action, and others partaking of a dynamic character might be perhaps included. The lines of electric and magnetic action are by many considered as exerted through space like the lines of gravitating force. For my own part, I incline to believe that when there are intervening particles of matter (being themselves only centres of force), they take part in carrying on the force through the line, but that when there are none, the line proceeds through space. Whatever the view adopted respecting them may be, we can, at all events, affect these lines of force in a manner which may be conceived as partaking of the nature of a shake or lateral vibration. For suppose two bodies, A B, distant from each other and under mutual action, and therefore connected by lines of force, and let us fix our attention upon one resultant of force, having an invariable direction as regards space; if one of the bodies move in the least degree right or left, or if its power be shifted for a moment within the mass (neither of these cases being difficult to realise if A and B be either electric or magnetic bodies), then an effect equivalent to a lateral disturbance will take place in the resultant upon which we are fixing our attention; for, either it will increase in force whilst the neighboring results are diminishing, or it will fall in force as they are increasing.

It may be asked, what lines of force are there in nature which are fitted to convey such an action and supply for the vibrating theory the place of the aether? I do not pretend to answer this question with any confidence; all I can say is, that I do not perceive in any part of space, whether (to use the common phrase) vacant or filled with matter, anything but forces and the lines in which they are exerted. The lines of weight or gravitating force are, certainly, extensive enough to answer in this respect any demand made upon them by radiant phaenomena; and so, probably, are the lines of magnetic force: and then who can forget that Mossotti has shown that gravitation, aggregation, electric force, and electro-chemical action may all have one common connection or origin; and so, in their actions at a distance, may have in common that infinite scope which some of these actions are known to possess?

The view which I am so bold to put forth considers, therefore, radiation as a kind of species of vibration in the lines of force which are known to connect particles and also masses of matter together. It endeavors to dismiss the aether, but not the vibration. The kind of vibration which, I

believe, can alone account for the wonderful, varied, and beautiful phaenomena of polarization, is not the same as that which occurs on the surface of disturbed water, or the waves of sound in gases or liquids, for the vibrations in these cases are direct, or to and from the centre of action, whereas the former are lateral. It seems to me, that the resultant of two or more lines of force is in an apt condition for that action which may be considered as equivalent to a lateral vibration; whereas a uniform medium, like the aether, does not appear apt, or more apt than air or water.

The occurrence of a change at one end of a line of force easily suggests a consequent change at the other. The propagation of light, and therefore probably of all radiant action, occupies time; and, that a vibration of the line of force should account for the phaenomena of radiation, it is necessary that such vibration should occupy time also. I am not aware whether there are any data by which it has been, or could be ascertained whether such a power as gravitation acts without occupying time, or whether lines of force being already in existence, such a lateral disturbance at one end as I have suggested above, would require time, or must of necessity be felt instantly at the other end.

As to that condition of the lines of force which represents the assumed high elasticity of the aether, it cannot in this respect be deficient: the question here seems rather to be, whether the lines are sluggish enough in their action to render them equivalent to the aether in respect of the time known experimentally to be occupied in the transmission of radiant force.

The aether is assumed as pervading all bodies as well as space: in the view now set forth, it is the forces of the atomic centres which pervade (and make) all bodies, and also penetrate all space. As regards space, the difference is, that the aether presents successive parts of centres of action, and the present supposition only lines of action; as regards matter, the difference is, that the aether lies between the particles and so carries on the vibrations, whilst as respects the supposition, it is by the lines of force between the centres of the particles that the vibration is continued. As to the difference in intensity of action within matter under the two views, I suppose it will be very difficult to draw any conclusion, for when we take the simplest state of common matter and that which most nearly causes it to approximate to the condition of the aether, namely the state of the rare gas, how soon do we find in its elasticity and the mutual repulsion of its particles, a departure from the law, that the action is inversely as the square of the distance!

And now, my dear Phillips, I must conclude. I do not think I should have allowed these notions to have escaped from me, had I not been led unawares, and without previous consideration, by the circumstances of the evening on which I had to appear suddenly and occupy the place of another. Now that I have put them on paper, I feel that I ought to have kept them much longer for study, consideration, and, perhaps final rejection; and it is only because they are sure to go abroad in one way or another, in consequence of their utterance on that evening, that I give shape, if shape it may be called, in this reply to your inquiry. One thing is certain, that any hypothetical view of radiation which is likely to be received or retained as satisfactory, must not much longer comprehend alone certain phaenomena of light, but must include those of heat and of actinic influence also, and even the conjoined phaenomena of sensible heat and chemical power produced by them. In this respect, a view, which is in some degree founded upon the ordinary forces of matter, may perhaps find a little consideration amongst the other views that will probably arise. I think it likely that I have made many mistakes in the preceeding pages, for even to myself, my ideas on this point appear only as the shadow of a speculation, or as one of those impressions on the mind which are allowable for a time as guides to thought and research. He who labours in experimental inquiries knows how numerous these are, and how often their apparent fitness and beauty vanish before the progress and development of real natural truth.

I am, my dear Phillips,

Ever truly yours,

M. Faraday,

April 15, 1846

*"Experimental Researches in Electricity", Vol III, M. Faraday, p447-452<

1) M. Faraday, Philosophical Magazine, S.3, Vol XXVIII, N188, May 1846

2) M. Faraday, Phil Magazine, 1844, Vol XXIV, p136; or Exp.Res.II.284