

James Clerk Maxwell



God Save the Cream



Entriamo nel mondo di James
giusto per fare un po' di confidenza
con lui....



L'elettromagnetismo oltrepassa definitivamente la Manica





La casa natale



Bussiamo alla porta...



Ed entriamo...
gli dei sono ancora lì...



Addentriamoci...



Fino ad arrivare quasi al suo
studio



Ed a vedere la sua poltrona...



Diamo uno sguardo dalla finestra dello
studio



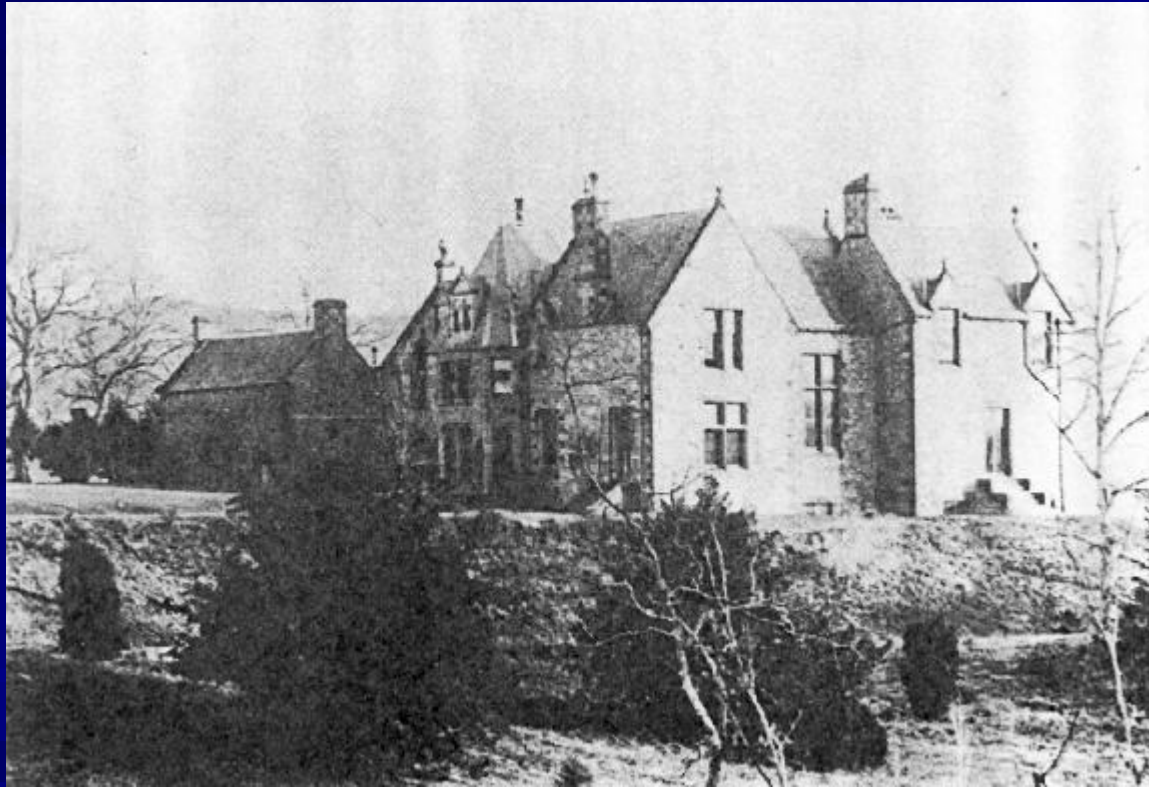
Ritratto di James da cucciolo



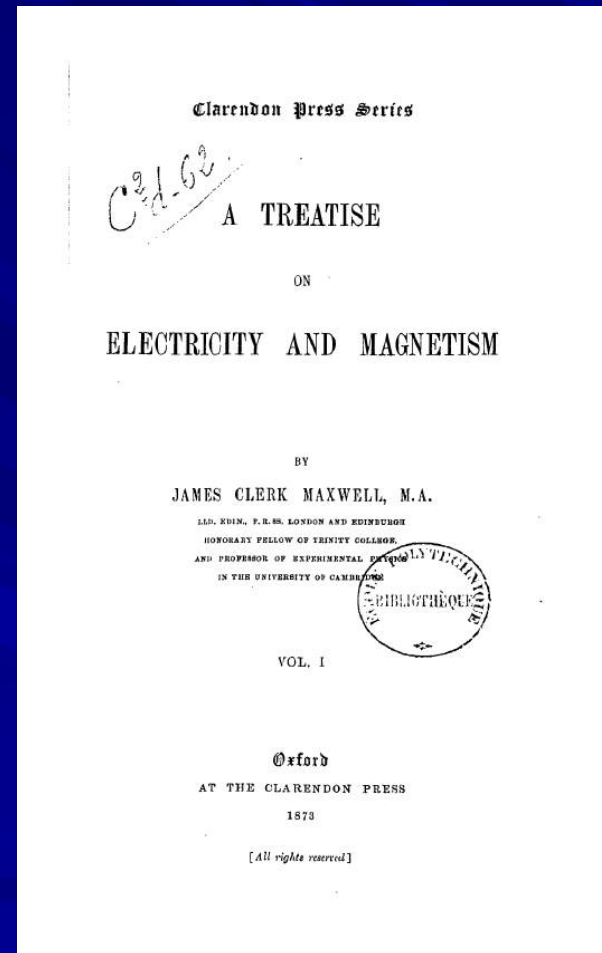
Gli studi ad Edimburgo



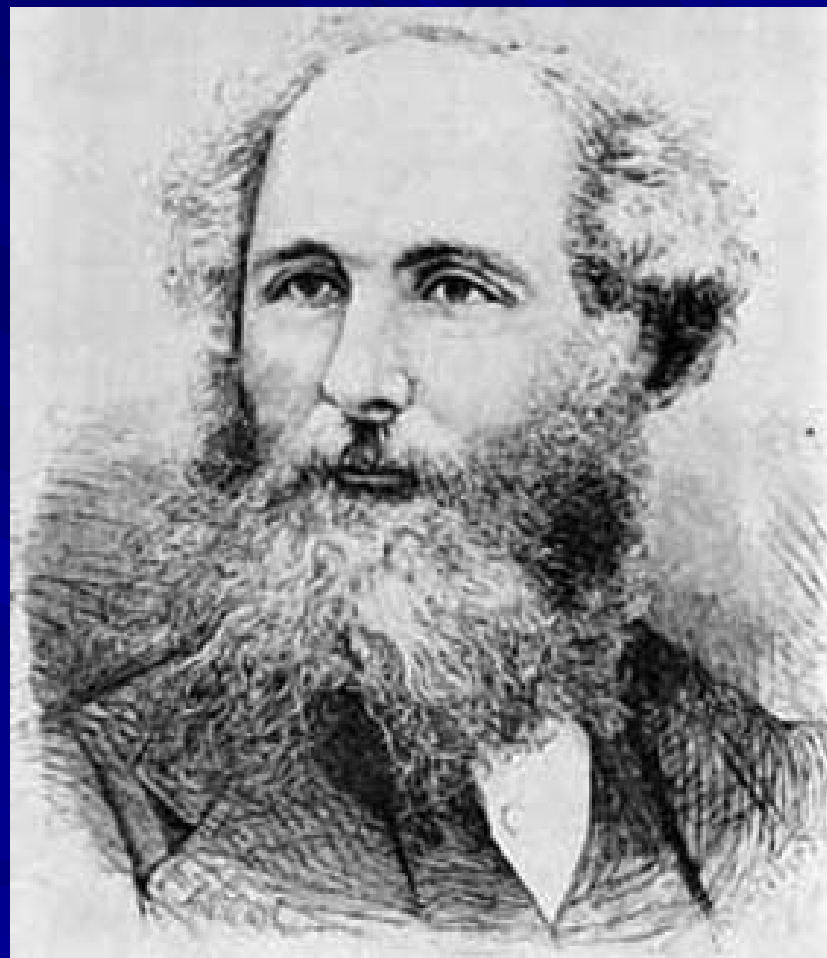
La tenuta di Glen Lair dove si ritira a scrivere il Treatise



II Treatise...

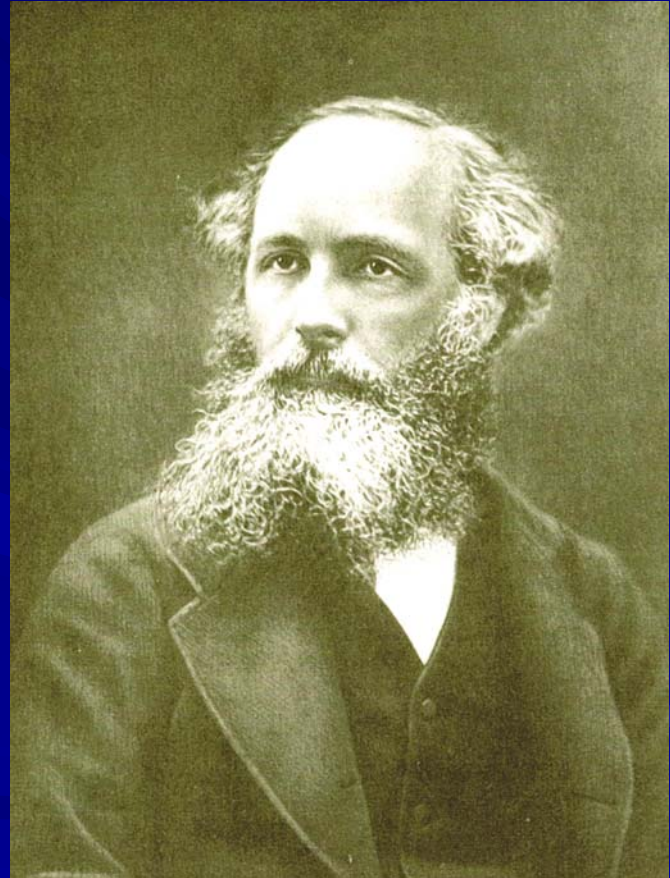


Gli anni della maturità





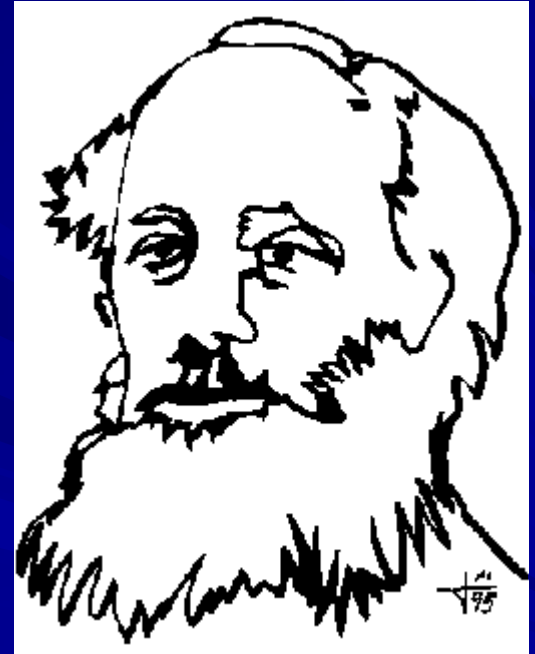
Gli anni del Treatise



La firma con qualche autoriflessione grafologica...



J. Clerk Maxwell,



Passiamo allo studio dell'opera maxwelliana

Acquista cosa nella tua gioventù che ristori il danno della tua vecchiezza. E se tu intendi la vecchiezza avere per suo cibo la sapienza, adoprala in tal modo in gioventù, che a tal vecchiezza non manchi il nutrimento.

Leonardo

L'analisi, anche sommaria, del pensiero maxwelliano non costituisce, data l'ampiezza, la profondità e la varietà dei suoi contributi, un compito agevole. L'oggettiva difficoltà è poi accresciuta dal fatto che i risultati da lui conseguiti nei diversi settori della scienza furono tappe simultanee, e non separate e successive, del suo percorso intellettuale.

In ogni caso, non vi può essere dubbio alcuno che la vastità, la particolare natura e la profondità dei contributi da lui apportati collochino la sua figura nel novero dei Padri della Scienza. Con lui, ciò che era accaduto prima con Galileo e Newton e si sarebbe riverificato in seguito solo con Einstein, la fisica fece proprio un modo del tutto nuovo di pensare la Natura e vide disponibili potenzialità conoscitive prima inimmaginabili.

Basti osservare al riguardo che, pur successivamente perfezionate, sia la fisica delle particelle che quella dei campi, se non la fondazione, debbono comunque a lui la loro messa a punto teorica e metodologica.

E, così dicendo, si finisce certamente con il trascurare in modo inevitabile tutta una parte, certamente non meno significativa sul piano concettuale, della sua ampia ed eclettica produzione. Valga per tutti il suo famoso studio giovanile sugli anelli di Saturno, superiore, sotto l'aspetto analitico e della completezza dei risultati conseguiti, all'analogo lavoro a suo tempo già compiuto da Laplace.

Il filosofo naturale

Nel complesso l'apporto di Maxwell, maturato in un clima certamente ricco di conoscenze sperimentali, ma nel contempo confuso e contraddittorio sotto l'aspetto metodologico, fu più di idee che non di fatti nuovi. Uomo di immense capacità intellettuali, egli seppe, guardando alle nozioni del passato, escogitare geniali costruzioni teoriche che, stimolo e premessa per gli anni futuri, consentirono di spiegare, sistemare ed unificare scoperte in gran parte compiute da altri.

A questo riguardo, dalle sue celebri equazioni, sia termodinamiche che elettromagnetiche, emerge, oltre ad un fisico teorico di prim'ordine, un grande pensatore, nel quale il *mestiere*, costituito dalla capillare opera di matematizzazione, seppe fondersi perfettamente con la riflessione metodologica e filosofica.

In questo senso il suo impiego euristico della teoria dei modelli, la sua concezione rivoluzionaria della materia, così come il superamento del meccanicismo e l'approdo conseguente ad una sintesi finale in cui matematizzazione e teorizzazione sono momenti coincidenti, stanno a dimostrare come il pensiero, quando si alza ai livelli superiori dell'astrazione formale, sappia cogliere le strutture profonde del reale in forme innovatrici ed affascinanti.

In ogni caso, sotto forma di una teoria che, pur ripensata in taluni suoi aspetti concettuali, conserva ancor oggi totale validità nei riguardi dei fenomeni elettrici e magnetici macroscopici, i contributi scientifici da lui apportati fanno di Maxwell l'artefice dell'Elettromagnetismo Classico. E dunque, in particolare, il punto di riferimento imprescindibile della moderna Ingegneria Elettromagnetica Scientifica e delle sue molteplici realizzazioni.

Il fisico matematico

Fisico matematico per formazione, Maxwell non fu mai matematico per indole e per vocazione. La componente analitica fu in lui indubbiamente rilevante. E chi legga, anche solo distrattamente, il *Treatise* non può non rendersi conto a vista d'occhio della mole smisurata, e forse non sempre del tutto indispensabile, della matematica presente.

Sbaglierebbe però chi si lasciasse indurre da questo a ritenere che Maxwell fosse un matematico per vocazione. **La matematica fu per lui uno strumento che egli padroneggiò con un'abilità grande fin quanto si vuole, ma che restò pur sempre e comunque solo uno strumento.** Mai un oggetto di interesse diretto. Ed anche quando gli riuscì di dare alla luce costruzioni di grande complessità matematica, pure fu sempre il sottofondo fisico che lo guidò e lo sorresse.

Non è un caso, d'altra parte, che egli abbia scritto memorie di matematica, tra l'altro di non eccezionale rilievo, prevalentemente da giovane, mentre per tutta la sua vita abbia prodotto invece risultati di indiscussa rilevanza fisica.

A differenza in questo da Kelvin, Stokes, Fourier, Poisson e Green, che, nell'occuparsi di cose fisiche, ottennero invece anche risultati di schietto interesse matematico

Né si può ammettere, contrariamente a certe apparenze, che Maxwell abbia avuto quella particolare fantasia matematica che consente, dominando analiticamente gli enti fisici, di scoprire le loro caratteristiche più riposte. Non ebbe, cioè, quella eccezionale ed innata padronanza delle tecniche matematiche che in alcuni casi, valga per tutti l'esempio di Boltzmann, riesce a condurre, a forza di tenace lavoro, a quella conoscenza che la mancanza di certi doti di intuito non sempre riesce a dare.

La matematica rimase per lui
uno strumento la cui grande
potenza esplicativa ne consigliava
un impiego diffuso e disinvolto,
ma certamente mai tale da
prevalere sulla indiscussa
dominanza del contenuto fisico
sottostante.

Lo sperimentale

Maxwell non fu neppure un abile sperimentatore. Anche qui l'eccezionalità del personaggio non deve condurre a sopravvalutare certe manifestazioni della sua attività scientifica, quali emergerebbero, ad esempio, dalle sue ricerche sulla viscosità dei gas o dal suo impegno come Direttore del *Cavendish Laboratory*, della cui realizzazione egli si occupò nel dettaglio.

Queste, che pure furono le sue più significative prestazioni come misurista, consentono proprio di cogliere la portata esatta di quello che per lui era l'esperimento. E come questo fosse ai suoi occhi proprio nient'altro che uno strumento di verifica e di misura.

Il vero sperimentatore è colui che, attraverso l'esperimento, visto come strumento primario di ricerca, interroga la natura, traendone altre scoperte.

Faraday fu, in questo senso, lo sperimentale per eccellenza.

Per Maxwell, invece, anche la sperimentazione più canonica rappresentò solo la verifica di quanto egli aveva già completamente previsto per via teorica.

In sostanza Maxwell fu accurato sperimentatore perché l'accurato accertamento delle condizioni sperimentali è parte essenziale di quel senso fisico che egli aveva spiccatissimo; solo l'esperimento consente di misurare, cioè di rivestire i dati dell'esperienza con numeri che ne consentano il successivo e definitivo passaggio alla lettura matematica.

Direttore del più prestigioso istituto di ricerca del mondo, egli non cercò mai conferma sperimentale alla sua ipotesi di corrente di spostamento...

Sarà Hertz, infatti, a darne conferma
ben diciassette anni dopo.

Nel trattare le onde, che pure rappresentano la parte più rivoluzionaria del suo approccio, egli non cercò di confermarne e ribadirne l'esistenza.

Si preoccupò invece di affermare, basandosi sulla anatomia delle equazioni da lui ottenute, l'esistenza di un mezzo attraverso cui trasmettere uno stato dinamico assimilabile alla luce.

Mai si preoccupò di pensare ad un marchingegno che producesse o rivelasse tali onde.

Faraday, al suo posto, avrebbe trascorso gli anni che gli restavano da vivere per anatomizzare la natura in modo tale da riuscire a confermare sperimentalmente una concezione fisica così tanto innovatrice.

La morte, avvenuta a soli 48 anni,
colse invece Maxwell mentre si occupava
della II edizione del suo *Treatise*, nella
quale egli si proponeva di apportare
miglioramenti al formalismo matematico...

L'artefice del rinnovamento scientifico e didattico dell'Inghilterra vittoriana

L'operare nel duplice ambito fisico-matematico e sperimentale fece di Maxwell un artefice di primo piano del processo di rinnovamento dell'istruzione universitaria in Inghilterra.

Sotto la sua guida il *Cavendish* si caratterizzò per la connessione immediata che veniva a stabilirsi tra l'insegnamento superiore e la ricerca avanzata.

Con lui veniva meno, come già in Germania, l'attività di ricerca nata dall'interesse del singolo scienziato e subentrava (Maxwell, con Bacone, parlerà al riguardo di *experiment in concert*) un'attività compito di un'istituzione appositamente concepita, all'interno della quale il conseguimento degli obiettivi prefissati sarebbe stato di necessità assicurato da un lavoro collettivo e finalizzato.

L'uomo...

La fama, anche nel suo paese, non è mai stata e non è pari alla sua satura di scienziato.

La ragione di questo fatto è che Maxwell è autore difficile e la sua vita è legata racchiusa nei perimetri disegnati dalla sua attività e dai suoi contributi scientifici.

Maxwell è notissimo ai fisici. Al di fuori del loro ristretto ambito egli è invece, a differenza di Einstein, pressoché sconosciuto. Questo è incredibilmente vero ancora oggi. Sia, ad esempio, nella stessa Edimburgo, la città dove nacque, sia, con ancora maggiore evidenza, ad Aberdeen, la città universitaria dove insegnò.

Il Signor Maxwell

Maxwell non fu affatto grande. Contrariamente a quanto sembrano suggerire i non molti dagherrotipi che lo ritraggono, egli raggiunse a male pena il metro e sessanta...

Fu però un grande della fisica. Forse il più grande di tutti

Egli nacque ad Edimburgo, figlio unico di due genitori anziani, ricchi possidenti terrieri appartenenti alla nobiltà scozzese. La famiglia paterna, quella dei Clerk, aveva dato numerosi intellettuali di vaglia alla società scozzese del tempo. L'anno della sua nascita è il 1831, quello stesso, forse non casualmente, della legge di Faraday. La sua breve vita si concluse, a 48 anni, nel 1879; forse, non del tutto a caso, nello stesso anno della nascita di Einstein.

Durante la vita Maxwell ebbe pochissimi riconoscimenti. E, se si pensa alla ricchezza, profondità e polivalenza dei suoi contributi, la cosa non può che stupire.

Le ragioni furono molteplici. Innanzitutto egli fu un grande anticipatore. Secondariamente, benché tale denominazione non fosse stata ancora adottata, Maxwell fu di fatto un fisico teorico e, in quegli anni di II Rivoluzione Industriale, la fisica inglese aveva, in una forma vicina a Kelvin ma estranea ad uno studioso come il fisico scozzese, una forte valenza tecnologica.

Fu un eccellente letterato.

Ed anche un poeta...

Let me dream my dream till morning; let my
mind run slow and clear,
Free from all the world's distraction, feeling
that the Dead are near,
Let me wake, and see my duty lie before me
straight and plain.

Let me rise refreshed, and ready to begin
my work again.

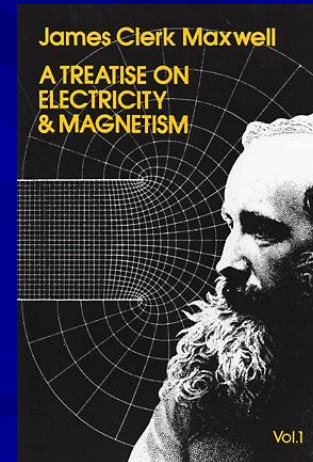
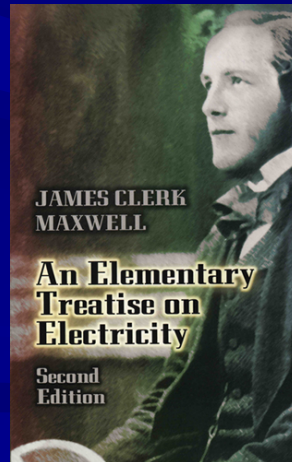
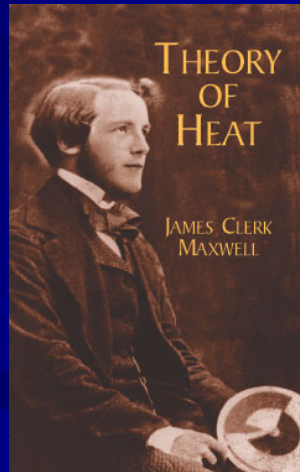
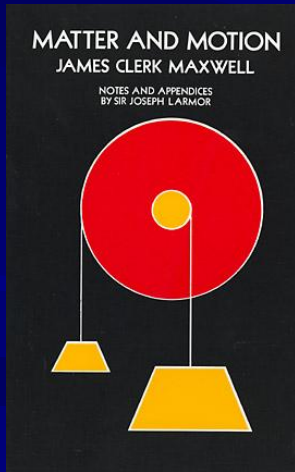
Recollections of dreamland, Cambridge,
June 1856,

James Clerk Maxwell

Le ricerche di Elettromagnetismo di Maxwell iniziarono già alcune settimane dopo la sua laurea, avvenuta a Cambridge nel 1854, e terminarono nel 1879, poco prima della sua morte.

Esse possono essere suddivise in due parti distinte e successive. La prima di queste, collocabile tra il 1856 ed il 1864, riguarda i suoi tre lavori maggiori; la seconda si riferisce invece al *Treatise on Electricity and Magnetism* del 1873, all' *Elementary Treatise on Electricity* pubblicato postumo e ad una dozzina di altri lavori più brevi e di carattere specifico.

La sua opera è ancora oggi totalmente disponibile. Basta andare da Hoepli.
O addirittura al libraccio nella sede
Bovisa del Poli.



L'atto di nascita del programma
maxwelliano di ricerca del campo
elettromagnetico è documentato da
uno spunto sorprendentemente
arido.

Scrivendo a proposito delle linee di forza di Faraday, il fisico scozzese esordisce affermando infatti che «le scienze matematiche sono basate su relazioni tra leggi fisiche e leggi tra numeri [e che di conseguenza] lo scopo di una scienza esatta è quello di ridurre i problemi della natura alla determinazione di quantità mediante operazioni con numeri».

La teoria di Faraday, comportando il totale abbandono dell'approccio newtoniano dell'azione a distanza a favore di quello per contatto, rappresentava una svolta cruciale nel modo di concepire i fenomeni. Non per questo, come si è visto, essa andava esente da critiche. I non pochi avversari del fisico inglese la giudicavano infatti, quale risultato della sua «metafisica ostinazione alle linee di forza», oltre che ingenua e confusa, un'idealizzazione inessenziale, e comunque arbitraria, di quanto comunemente già accadeva con l'usuale esperienza della limatura di ferro. Tali concezioni apparivano inoltre puramente descrittive e non esplicative, per cui, rispetto all'auspicata calcolabilità dei fenomeni, esse andavano giudicate del tutto inadeguate.

Del resto, lo stesso Faraday, del tutto digiuno di tali nozioni, non era stato capace di comunicare coi fisici matematici stessi. Né questi erano sufficientemente intelligenti da accettare con la dovuta umiltà di partire proprio dai suoi preziosi "risultati".

Maxwell si era invece facilmente reso conto dell'importanza del contributo faradiano.

Al punto tale da considerare quasi come una sua specifica missione la matematizzazione del suo pensiero.

«La congettura di un filosofo con rapporti così stretti e familiari con la natura può essere più significativa della legge ricavata da indagini empiriche e confermata sperimentalmente. Sebbene non siamo obbligati a considerarla una realtà fisica, possiamo però considerarla una nuova idea che i nostri mezzi matematici potranno rendere più chiara».

Maxwell “matematizzò” Faraday

Fu solo questo il suo contributo?

Sarebbe ingiusto, oltre che comunque inesatto, affermare acriticamente che egli sia stato solo l'abile matematizzatore dell'opera faradiana, colui che, in definitiva, si limitò semplicemente ad esprimere in formule le osservazioni sperimentali, le congetture ed il modo di ragionare di un altro.

Affrontando il pensiero faradiano, egli dovette innanzitutto rileggerne e riorganizzarne i contenuti, reinterprestandoli criticamente sulla base della sua rigorosa formazione fisico-matematica.

E, nel far questo, dovette cimentarsi in un'operazione quanto mai irta di difficoltà: rendere accettabile, matematizzandola, la teoria faradiana dei campi, così da farla convergere in quell'etere luminifero che, pur dotato di elevato potere esplicativo, Faraday voleva invece bandire dalla fisica.

*J.C.M, con il suo ingegno da fisico
matematico e con il suo taglio di
grande pensatore, fu l'uomo giusto
al posto giusto per scientifizzare la
teoria elettromagnetica .*

*«La fisica-egli diceva-deve dirigere
la sua rotta tra Scilla, l'astratto, e
Cariddi, il concreto...».*

Si trattò in ogni caso di un'operazione non certo indolore, perché essa comportò la drastica riduzione dell'ambizioso disegno originale del fisico inglese.

Pena il giungere altrimenti a conseguenze concettualmente incomprensibili, Maxwell seppe infatti mostrare l'inattuabilità, per la scienza ottocentesca, di una trattazione formale unificante l'elettromagnetismo e la gravità.

Esaminiamone il contributo...

La ristrutturazione matematica preliminare della lettura faradiana: 1856-On Faraday's lines of force

**Fluido imponderabile ed
incomprimibile che avanza in un mezzo
resistente al moto sottoposto ad una
forza proporzionale alla sua velocità.**

Svolgendo la teoria matematica di questo fluido , JCM ottiene diversi teoremi , dei quali risulta agevole mostrare l'equivalente con i fenomeni elettrici fondamentali descritti in termini di linee di forza.

Passa poi allo stato elettrotonico Qui il discorso cambia: mentre l'analogia idrodinamica era servita egregiamente per una trattazione matematica delle linee di forza , JCM non riesce, per sua esplicita ammissione, a fare altrettanto nei confronti dello stato elettrotonico.

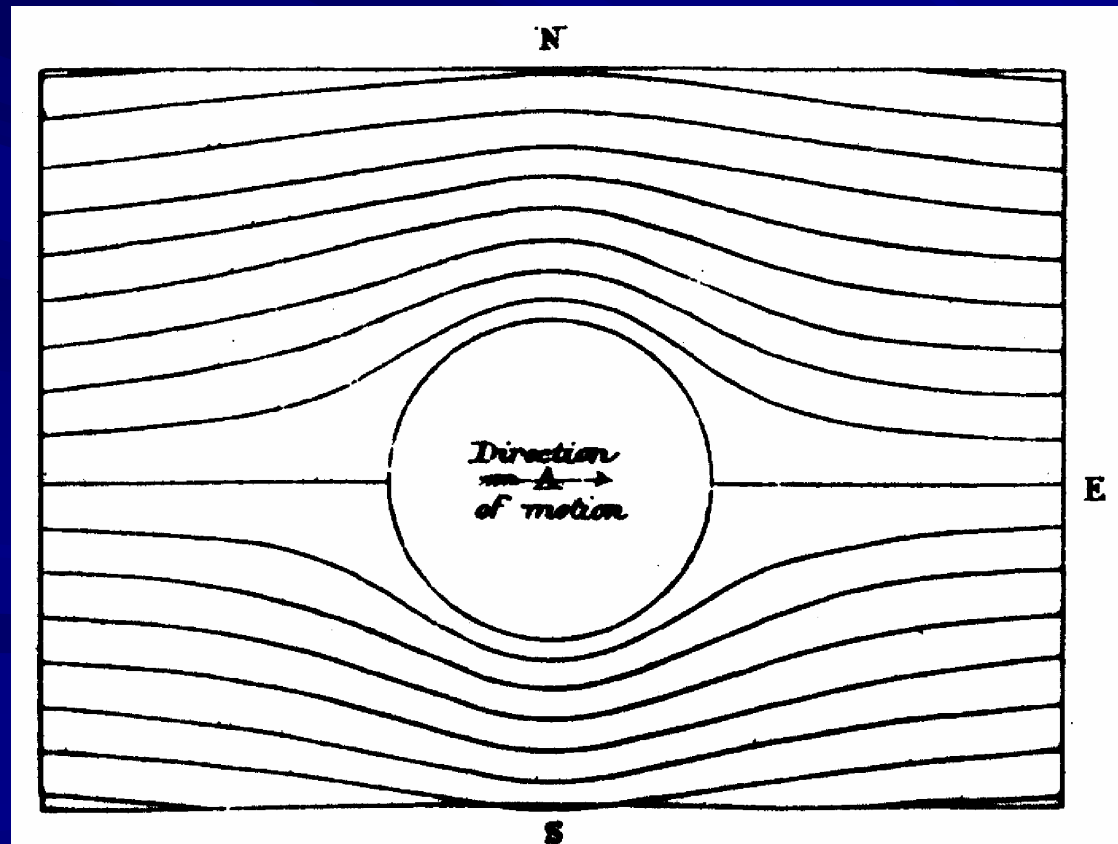
**Ma non si dà per vinto perché per lui:<< la
congettura di un filosofo così pieno di
familiarità con la natura può talvolta essere
più piena di verità che non la più salda
legge sperimentale scopert con ricerche
empiriche>>.**

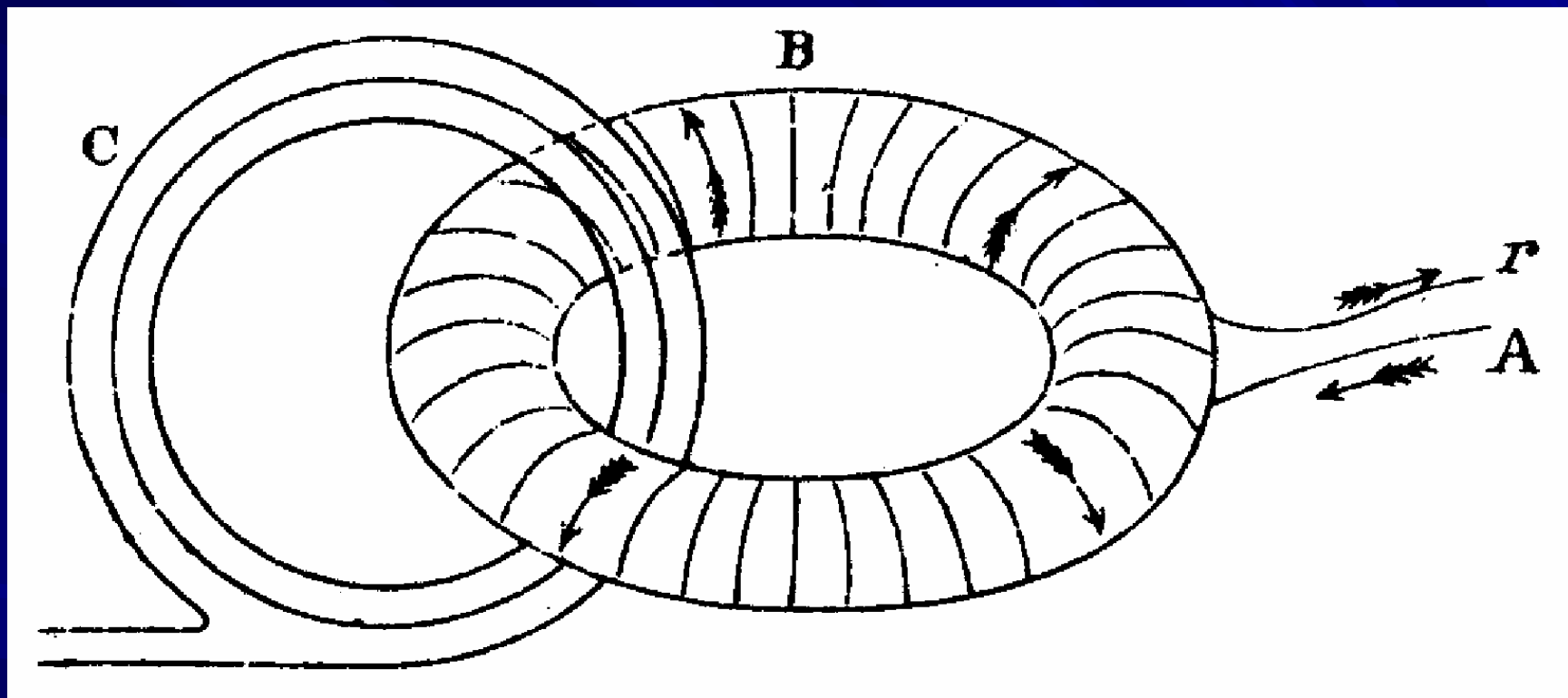
Il contributo del primo lavoro:

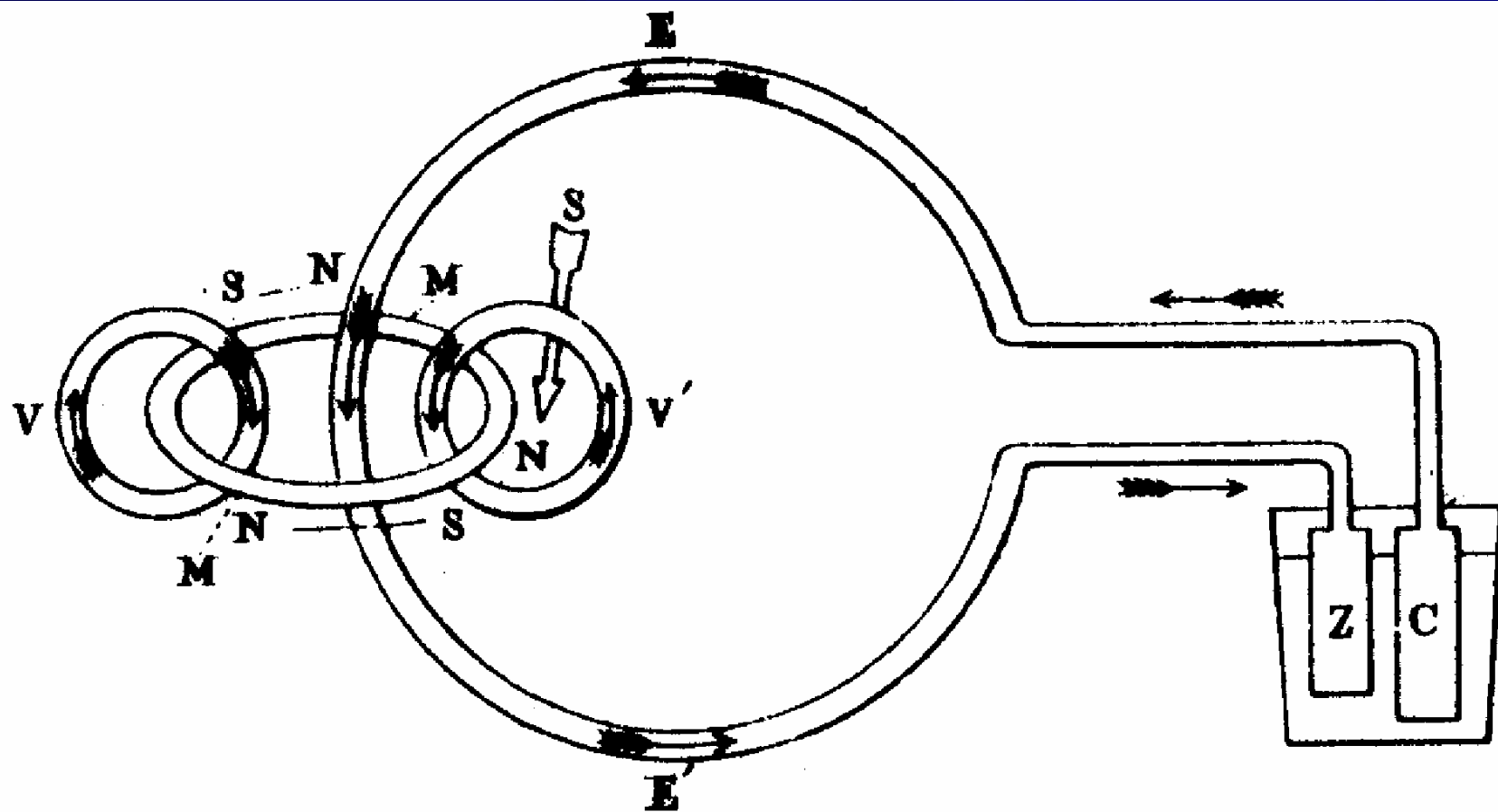
- Far accettare l'azione per contatto come un'alternativa possibile legata alla possibilità di una concreta matematizzazione del fluido e dei fenomeni propagativi ad esso associati;
- Chiarire in modo definitivo il carattere euristico dell'analogia

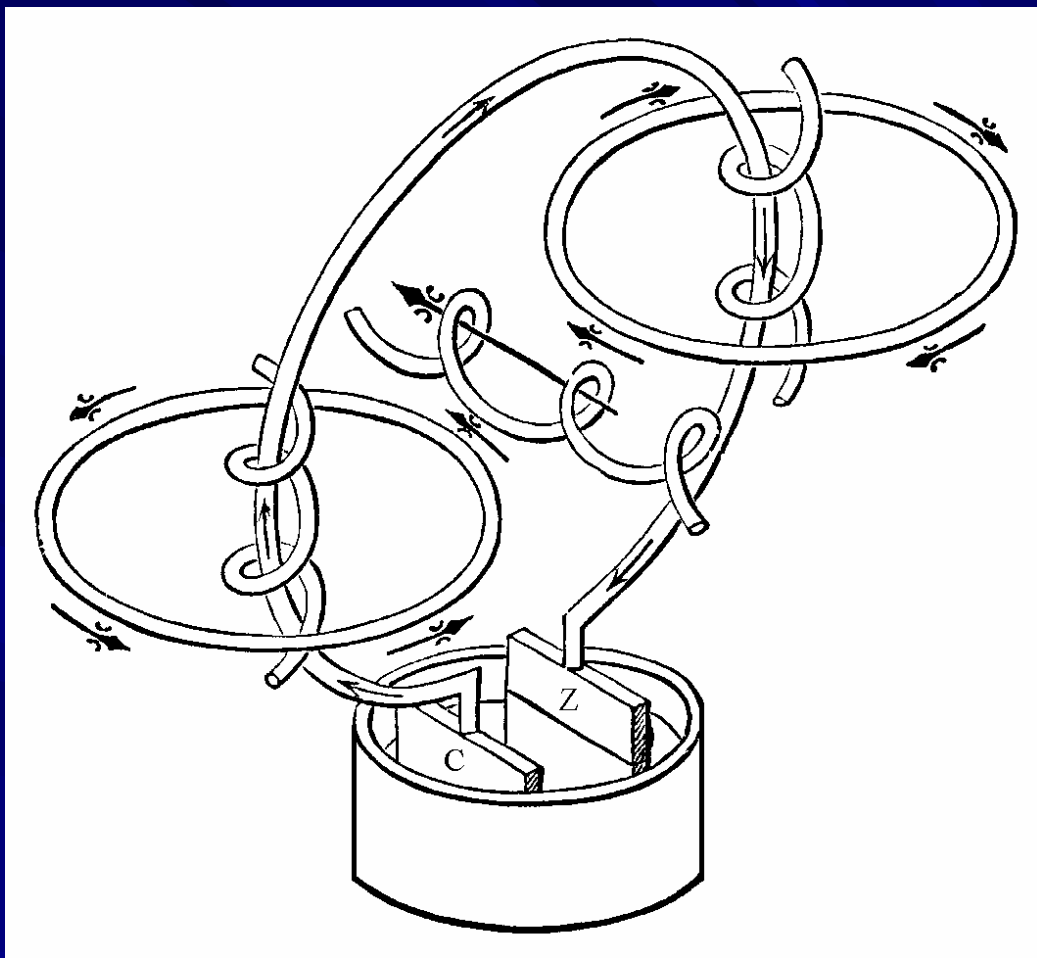
- L'analogia fisica secondo JCM non è altro che una somiglianza parziale tra le leggi relative a un certo settore fenomenologico e quelle relative ad un altro; è una somiglianza che permette di utilizzare le leggi di un settore per dedurre ed illustrazione quelle di un secondo settore.
- Dall'applicazione del modello egli ricava per i tre distinti ambiti due grandezze che egli chiama quantità ed intensità, in seguito flusso e forza. Per il loro legame deduce una relazione di proporzionalità che egli riguarda come la "resistenza propria" del mezzi materiale.
- Il modello si dimostra adeguato nel caso dei fenomeni elettrostatici e magnetostatici, ma limitatamente al caso delle sole correnti chiuse. Ciò esclude in ogni caso la lettura amperiana ed i fenomeni legati a carica e scarica delle bottiglie di Leida

La sua preparazione quale allievo
di Stokes gli consente lo studio del
campo.





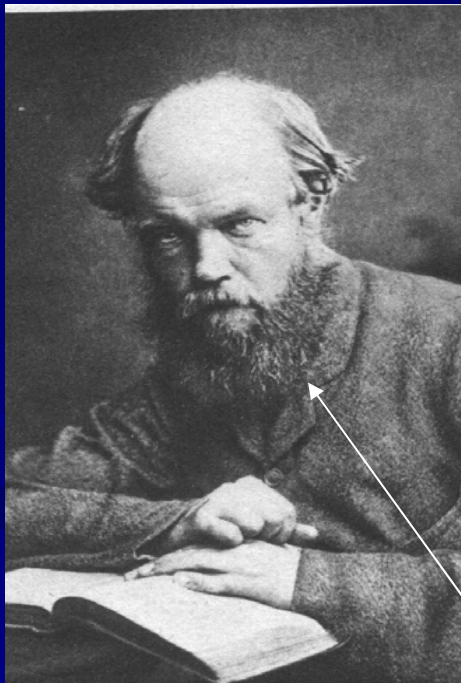




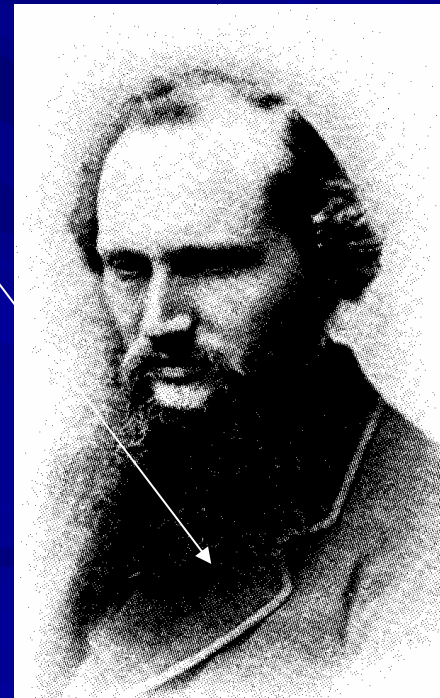
Il substrato dinamico del campo elettromagnetico: 1862. On physical lines of force

***M conclude la prima memoria
manifestando la speranza di riuscire a fare
una rappresentazione meccanica dei
fenomeni indagati << ricorrendo ad uno
studio accurato delle leggi dei solidi elastici
e dei movimenti dei fluidi viscosi>>
L'adempimento di questo proposito doveva
manifestarsi 6 anni dopo con la
pubblicazione di una vasta memoria a
stampa di 63 pagine***

Gli fanno da guida i “maghi del nord”, P.G.Tait e lord Kelvin, i maestri della Dynamical Philosophy inglese.

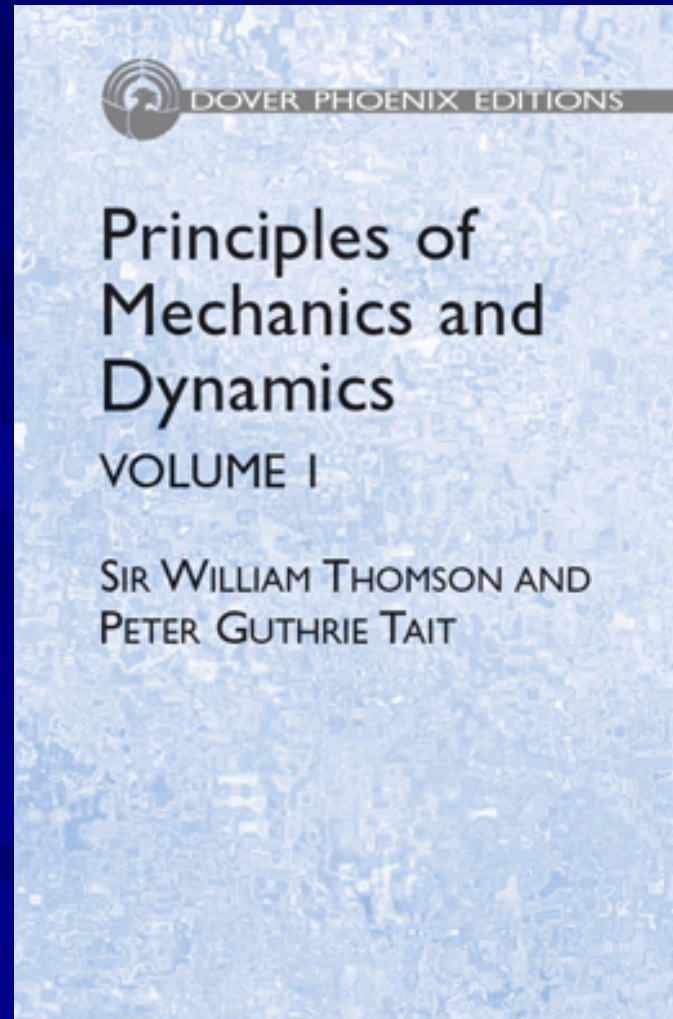


lord Kelvin

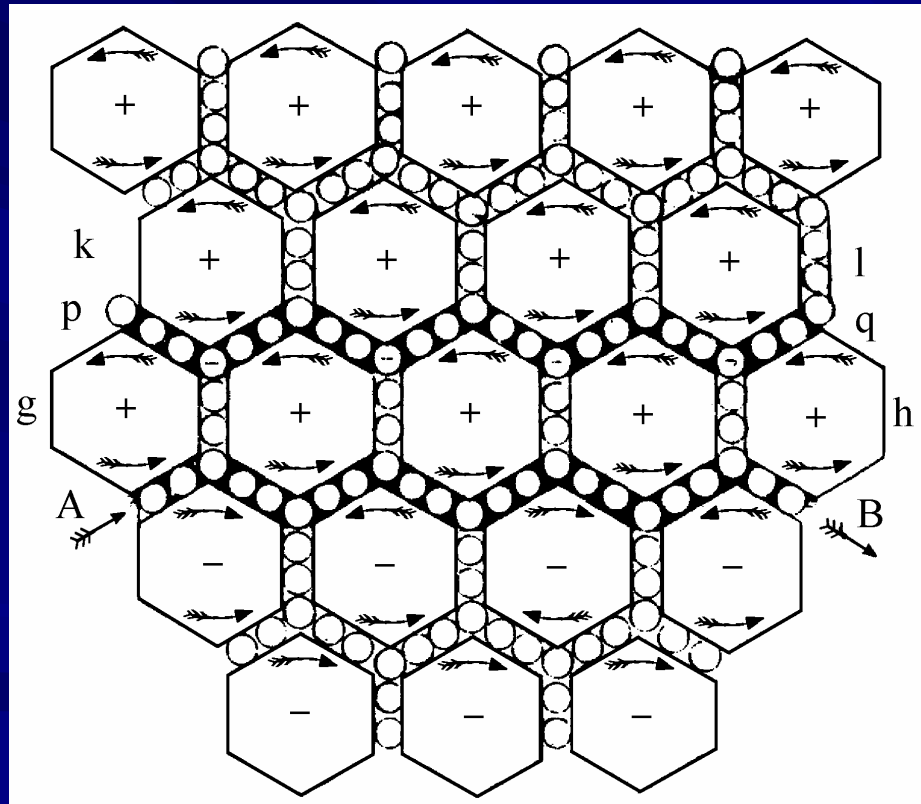


P.G. Tait

Il cui trattato è ancora in catalogo..



Il substrato osservabile secondo JCM: il vortice molecolare frutto di una suggestione neocartesiana.



- La calcolabilità dei fenomeni, primo obiettivo della ricerca maxwelliana, veniva dunque ad integrarsi con l'esigenza di intuirne la fisica sottesa. Solo così, d'altra parte, sarebbe stato possibile pervenire ad un'interpretazione dei fenomeni elettromagnetici collocabile all'interno di un quadro unitario.
- Con tali consapevolezze, Maxwell affronta con decisione il compito di raccordare le due esigenze, fino a qui prudentemente vissute invece come indipendenti.

Il declino del meccanicismo

- Con le conclusioni basilari cui era stato condotto dalla messa a punto del suo vortice, il fisico teorico *Maxwell* poteva considerare brillantemente assolto il compito che si era assunto. Nella memoria *On physical lines of force*, infatti, pur senza l'esplicitazione formale delle celebri equazioni, l'essenza della sua teoria poteva dirsi ormai presente. Si trattava di un sistema deduttivo rigorosamente matematizzato, grazie al quale la fisica compiva un passo che aveva ben pochi precedenti nella storia del pensiero umano.

- Per parte sua, invece, il filosofo naturale Maxwell, riflettendo sulle premesse metodologiche dei risultati conseguiti, giungeva a dichiararsene insoddisfatto. Sotto il profilo della conoscenza della struttura discreta della materia, infatti, la transizione dal modello geometrico a quello meccanico non costituiva per lui un autentico passo in avanti. Una volta comprovato sotto il profilo euristico, il modello meccanico non poteva che eventualmente riflettere alcuni aspetti ed alcuni soltanto del mondo obiettivo. Ad esso non era conseguentemente addebitabile altro che un valore puramente formale.

■ In questa sottile distinzione metodologica tra l'iniziale approccio modellistico, ora visto solo come una impalcatura intermedia, ed un approccio fenomenologico di più ampio respiro, andavano via via configurandosi, all'indomani delle *physical lines*, i segni della mutata consapevolezza con cui Maxwell guardava al lavoro fino a quel momento compiuto

La posta in gioco era alta.
Riconosciuti i limiti dei modelli ed il
loro ruolo intermedio, essa
comportava l'approdo ad una teoria
di campo basata su posizioni
puramente fenomeniche.

- Con tutte queste premesse, e con tali “presagi”, Maxwell approdava all’ultima fase della sua trilogia: la *Dynamical Theory*. Essa avrebbe comportato una vera e propria riformulazione della sua teoria. E, con essa, una sua nuova presentazione che, pur conservando intatte, al di là degli scontati approfondimenti, le concezioni di base di deduzione euristica, avrebbe finito con il porla su nuove fondamenta.

Grazie a questo nuovo modo di fare
scienza, diverso nell' atteggiamento
epistemologico piuttosto che nella
sostanza dei contenuti, la teoria dinamica
di Maxwell avrebbe espresso
l'Elettromagnetismo non più
riduzionisticamente, ma in quanto tale.

Nella *Dynamical Theory* è pienamente confermata l'azione per contatto. Quanto alla teoria, essa è dinamica, nel senso che, assunto che quello spazio vi sia materia in movimento, essa continua a far riferimento all'ipotesi che la spiegazione ultima del fenomeno elettromagnetico avvenga in un mezzo meccanico. È nel contempo di campo perché permette la deduzione delle leggi che unificano i fenomeni elettromagnetici e quelli luminosi non a partire dalla descrizione di un particolare meccanismo ma dall'analisi delle relazioni sussistenti tra i vari risultati sperimentali riguardanti lo spazio circostante i corpi elettrici e magnetici.

Siccome l'energia è meccanica, ciò equivale ad accettare la presenza di un mezzo meccanico diffuso in ogni luogo nel quale l'energia elettromagnetica ha sede. Nel contempo ogni ipotesi che tenda a dare una spiegazione della sua espressione in termini di moti e di tensioni meccaniche viene bandita.

Viene infine utilizzato il metodo lagrangiano. Tale approccio gli consente di ottenere una teoria completa dei fenomeni considerati prescindendo dalla conoscenza dettagliata del meccanismo che li genera. È dunque una teoria libera dalle modellizzazioni concrete.

La portata del passo compiuto dal pensiero maxwelliano era cruciale: la teoria dei campi poteva dirsi autonoma dallo schema esplicativo della meccanica e dalla necessità di far ricorso ai suoi linguaggi.

Tramontava dunque il riduzionismo meccanicista di ispirazione rinascimentale e, con Fourier, ci si collocava su posizioni puramente fenomenologiche.

***1873. la definitiva autonomia
del campo: la pubblicazione
del Treatise***

