

Oggi parleremo dei postmaxwelliani

E, tra questi, di un
postmaxwelliano di eccellenza:
l'ingegnere elettrico

***Noi siamo i primitivi di
una nuova sensibilità
completamente
trasformata.***

Umberto Boccioni

Parleremo del dopo Maxwell illustrando le figure di Heaviside e di Hertz.

Illustreremo una rivoluzione industriale in atto, le problematiche europee, americane ed italiane.

Parleremo dello **scienziato inventore**: Ferraris;

Analizzeremo il **primo e più grande degli ingegneri elettrici**: Steinmetz;

Definiremo il rapporto tra **elettromagnetismo teorico ed elettromagnetismo tecnico**.

Prima rifissiamo per un attimo le
idee sui concetti già visti ...

Schegge maxwelliane

- Maxwell accoglie il pensiero rivoluzionario, ma tuttavia ritenuto metafisico e confuso, di Faraday
- Ritiene infatti che: :<< **la congettura di un filosofo così pieno di familiarità con la natura può talvolta essere più pregnante di verità che non la più salda legge sperimentale scoperta con ricerche empiriche>>.**

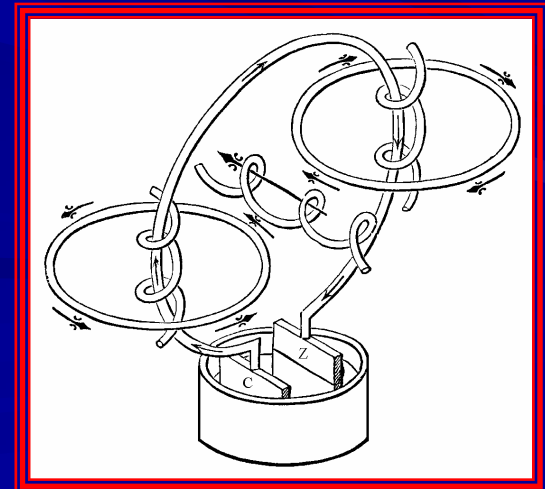
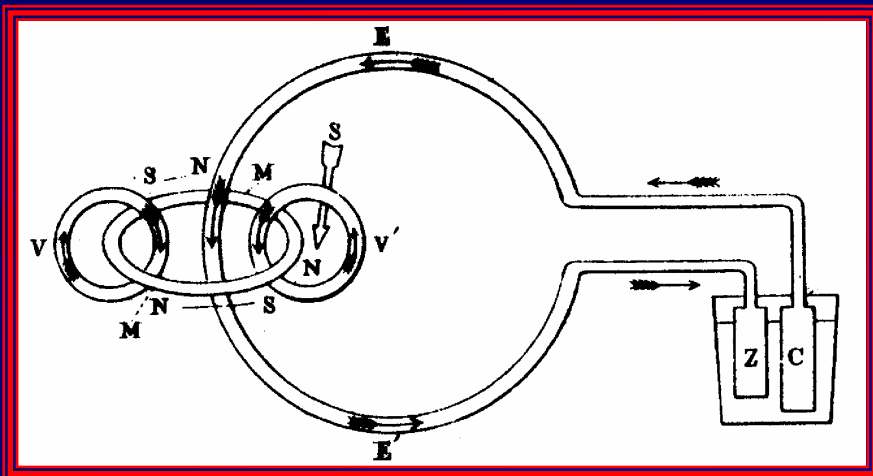
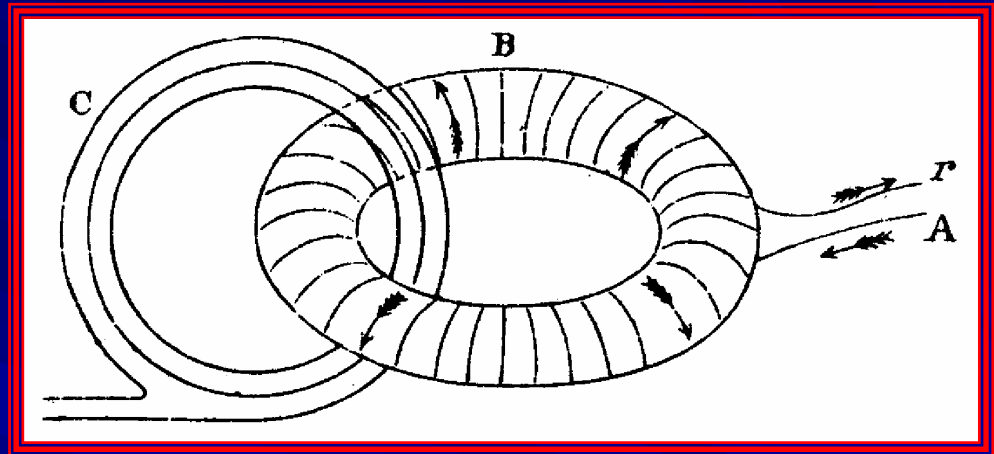
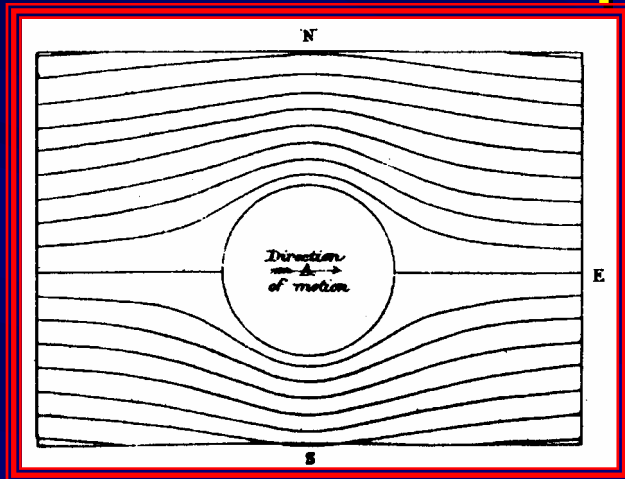
Il Grande Disegno

1856 - La matematizzazione del pensiero di Faraday:

“On Faraday’s lines of force”

- 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

Con la complicità di un fluido che è
una semplice collezione di
disproprietà



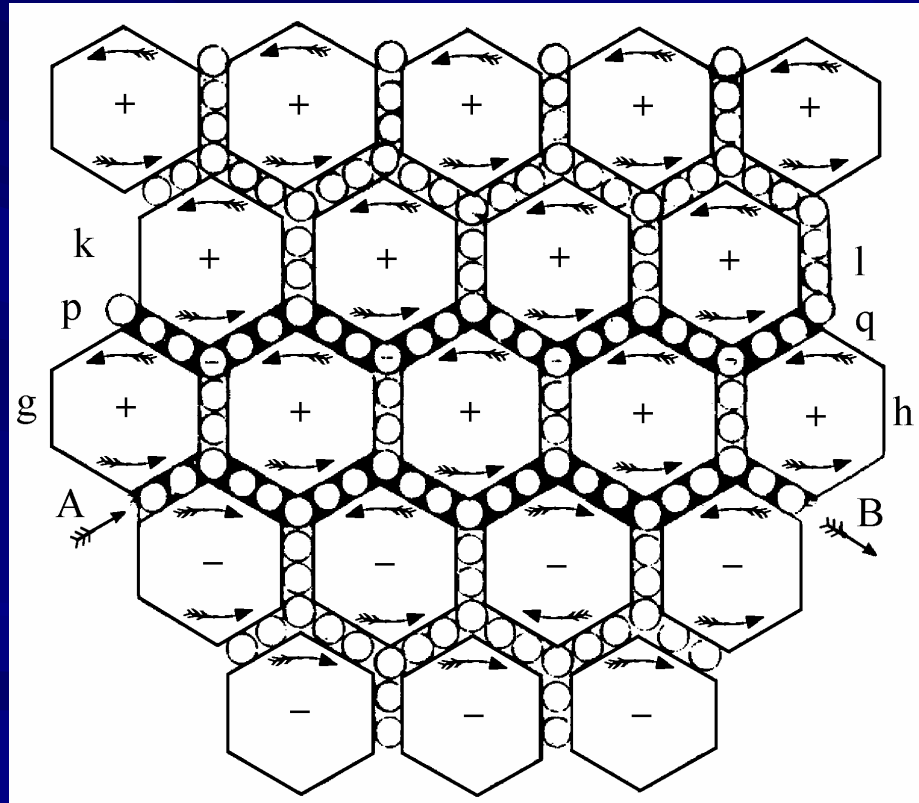
*James conclude la prima memoria
manifestando la speranza di riuscire a
fare una rappresentazione meccanica dei
fenomeni indagati << ricorrendo ad uno
studio accurato delle leggi dei solidi
elastici e dei movimenti dei fluidi
viscosi>>*

*L'adempimento di questo proposito
doveva manifestarsi 6 anni dopo con la
pubblicazione di una vasta memoria a
stampa di 63 pagine*

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

- 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 vortice molecolare frutto di una suggestione neocartesiana.



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.

Tale progressivo cambiamento di prospettiva era poi indotto anche dal crescente numero di modelli meccanici possibili introdotti. Procedendo lungo tale percorso, ogni tentativo di formalizzazione della teoria avrebbe implicato l'addentrarsi in complesse ed artificiose procedure di confronto tra i diversi modelli possibili.

Inoltre, constatando quotidianamente come la scienza scoprisse classi di fenomeni che, pur governate da leggi matematiche dello stesso tipo, divergono di fatto sotto aspetti non interamente coperti dalle sola analogia matematica, Maxwell si rendeva sempre più conto della parzialità delle coincidenze formali.

Al punto in cui era arrivato, si trattava di problemi di ben più ampia portata, tale ormai da non interessare più solo i fisici, ma, più in generale, tutti coloro che desideravano effettivamente capire i fattori che entrano in gioco di fronte alla credibilità di una teoria.

- Lo scenario stava cambiando. Il vortice confermava certamente una ben precisa linea di tendenza in base alla quale la materia andava letta meccanicamente come una riunione di parti distinte interagenti in termini discreti.
- Esso, però, non poteva più, in alcun modo, rappresentare nel dettaglio la natura.
- Diveniva ormai solo un sistema immaginario, capace di imitare i fenomeni elettromagnetici, ma non per questo di rispecchiarne le reali interconnessioni interne.

Nient'altro dunque, secondo Maxwell,
che pure e semplici analogie formali che,
riflettendo alcuni aspetti del mondo
obiettivo, hanno il compito specifico di
aiutare l'immaginazione...

Con il tempo, Maxwell andò acquistando una consapevolezza sempre più netta e radicata in merito al carattere relativo dei modelli ed alla conseguente necessità di non vincolare mai, in alcun modo, le teorie ai modelli stessi.

E le conclusioni su cui si attestò
divennero drastiche.

- Rifiutare in ogni caso i modelli che non fossero accompagnati dalla precisa consapevolezza critica della loro relatività;
- respingere l'approccio incentrato sulle analogie formali;
- rifarsi infine ad un approccio puramente fenomenologico.

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***

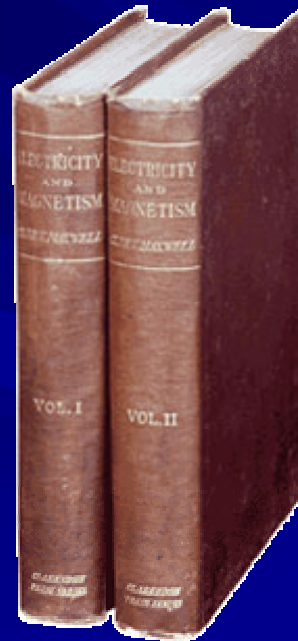
Con la pubblicazione del suo *Treatise* Maxwell approdava alla lettura attuale dell'elettromagnetismo classico.

La sua opera, per quanto riguardava l'analisi fondazionale, poteva dunque dirsi del tutto conclusa.

A giustificare una nuova eventuale edizione del *Treatise* restavano infatti, accanto a talune eventuali riserve sul formalismo analitico adottato, alcune questioni che, almeno in prima rilettura, potevano essere giudicate secondarie

5 novembre 1879: maxwell esce
di scena e lascia la sua
grandiosa opera incompiuta.

Il Treatise il giorno dopo...



Vi era innanzitutto la questione formale.

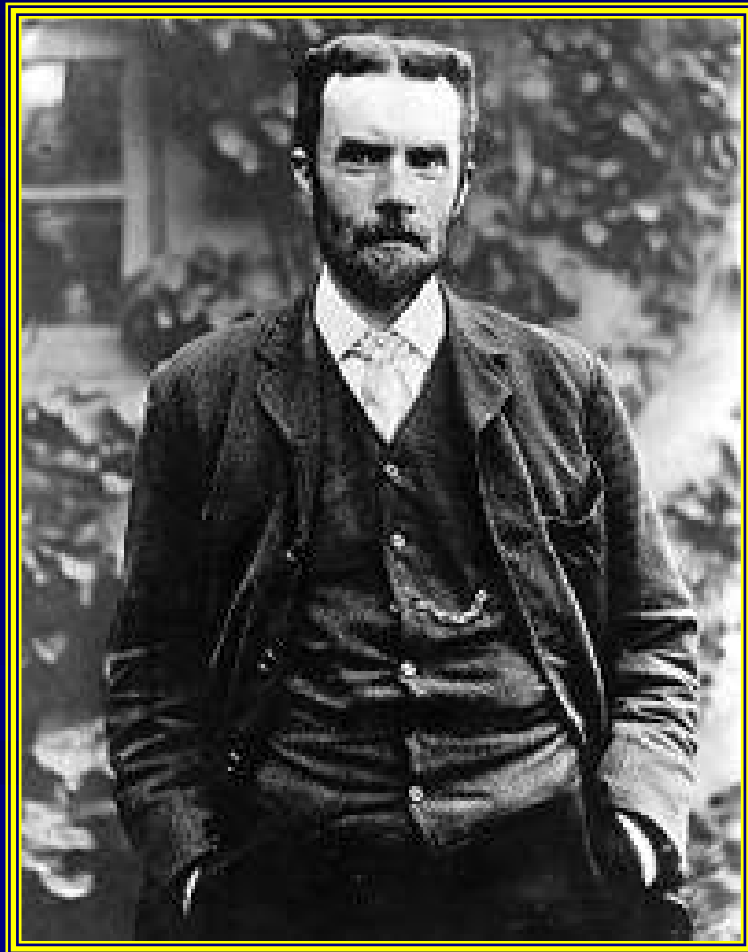
Nella loro struttura originaria, le equazioni di Maxwell assommavano decine di equazioni differenziali scalari di Lagrange applicate al sistema anolonomo nel quale si identificava l'etere.

Formalizzate cartesianamente con l'ausilio dei quaternioni, esse, del tutto estranee ad ogni possibilità di sintesi e di unificazione, risultavano prive di quella trasparenza fenomenologica e di quella simmetria che è invece propria della formulazione attuale.

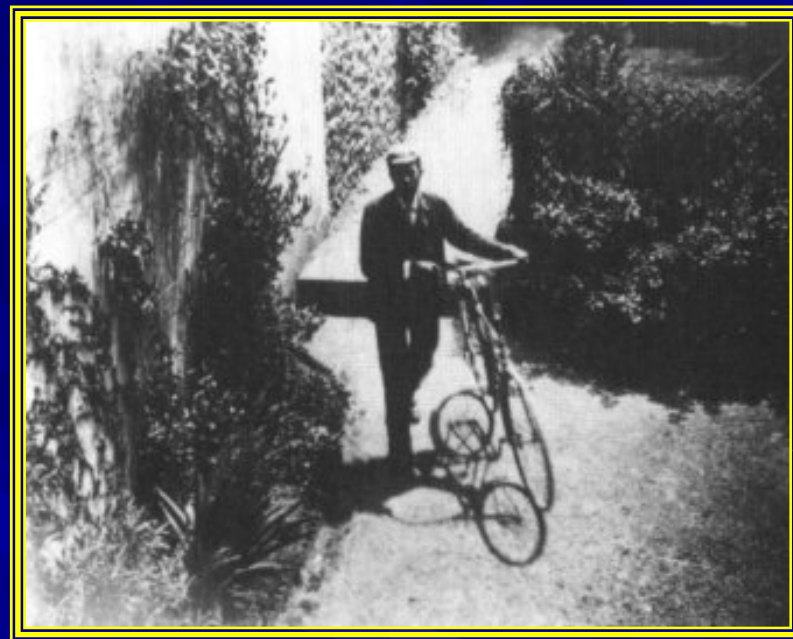
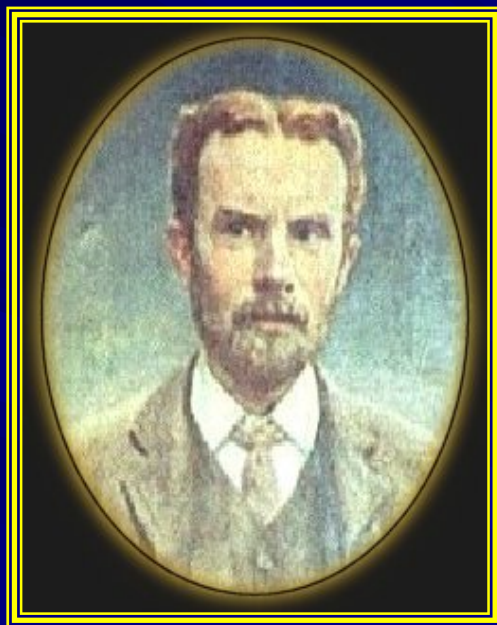
- Inoltre alcune questioni erano state affrontate in una forma introduttiva e per certi aspetti incompleta.
- Sotto questo aspetto vi era innanzitutto la questione legata alle equazioni d'onda. Queste, nel *Treatise*, erano state integrate nel solo caso piano e comunque con riferimento a sorgenti remote o nulle.
- Era inoltre evidente, in tale presentazione, la lontananza dalla banda hertziana: il regime dinamico considerato analizzava infatti la sola scarica aperiodica del condensatore, certamente la meno adatta allo studio delle oscillazioni.
- In modo analogo veniva solo accennata l'elettrodinamica dei corpi in movimento
- Veniva omesso infine un approccio di tipo generale e sistematico dei bilanci energetici.

- Tale compito, negli anni successivi, sarebbe passato ad Heaviside, Poynting, Hertz, Lorentz, ai *postmaxwelliani* a cui è dovuta la versione attuale dell'elettromagnetismo classico.
- Tra queste figure, accomunata nell'opera di revisione e di approfondimento metodologico della scienza elettrica, vi sarebbe stata quella del moderno ingegnere elettrico scientifico.
- Questo, colto nella transizione dallo scienziato inventore, Ferraris, al fisico matematico che diventa ingegnere, Steinmetz, avrebbe fissato il legame tra elettromagnetismo classico e moderna elettrotecnica.

Un eretico dimenticato: Oliver Heaviside



*By a
Maxwellian I
mean one who
follows Maxwell
as interpreted
by O.H.*



Heaviside seppe fare dell'edificio maxwelliano, a prima vista così ostico, un'idea quotidianamente possibile, trasparente e compendiosa di tutte le implicazioni ontologiche ed applicative che vi erano sottese.

Dirà a questo riguardo G.F. Fitzgerald,
del Trinity College di Dublino che

*«Il Trattato di Maxwell è ingombro dei detriti
delle sue brillanti idee di assalto, dei suoi
campi trincerati, delle sue battaglie. Oliver
Heaviside ha sgombrato il campo, ha
aperto una via di accesso diretta, ha
costruito una strada ampia e ha esplorato
una parte considerevole della regione.»*

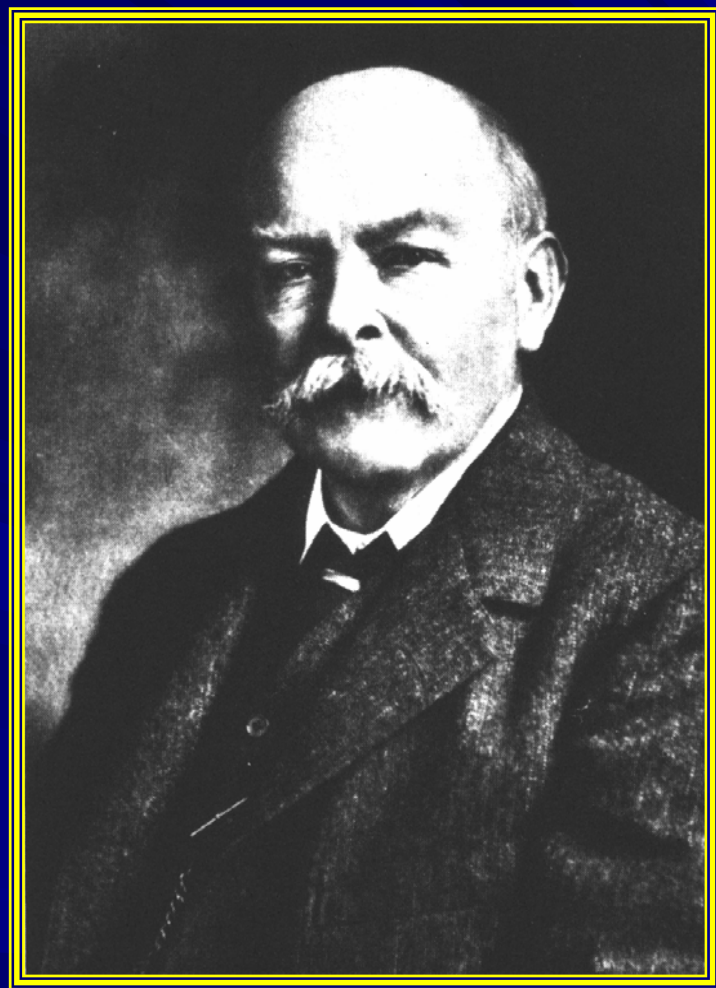
- Studiando il Treatise, Heaviside, che della chiarificazione fece il suo obiettivo principale, colse immediatamente i limiti derivanti dall'impiego dei quaternioni.
- Si servì pertanto della ben più compatta notazione vettoriale che egli, unitamente all'americano Gibbs, aveva messo a punto, e con essa avvalendosi in particolare delle nozioni di divergenza e di rotore conferì alle equazioni di Maxwell il loro formalismo attuale.
- Le modifiche non furono tuttavia solo formali. Maxwell, legato faradianamente allo stato elettrotonico, si era servito del potenziale vettore. Heaviside nella sua rilettura respinse tale approccio, che definì metafisico, e si servì invece, in modo diretto, dei campi elettrico e magnetico, che egli riteneva osservabili.
- Questo suo approccio, per il quale egli fu detto il W. Whitman della fisica inglese, confermava la sua accettazione della nozione faradiana di campo e dunque dell'azione per contatto.

- Heaviside si dedicò anche alla elettrodinamica dei corpi in movimento, giungendo ad una prima formulazione delle equazioni di Maxwell per i sistemi in moto
- Nella sua formulazione sono naturalmente assenti le correzioni relativistiche apportate da Lorentz nel 1903, cui farà seguito, due anni dopo, la pubblicazione di di Einstein.
- Nel 1897, con il suo primo articolo apparso sul Nuovo Cimento, un giovane T. Levi Civita aveva però già unificato la teoria maxwelliana del campo con quella di von Helmholtz, anticipando in tal modo alcune questioni riguardanti la relatività

Integrò poi le equazioni d'onda
in alcuni casi elementari a
simmetria rettangolare.

- Fino ai primi anni '50 la forza era la nozione di base su cui prioritariamente riflettevano gli scienziati.
- Lo sviluppo simultaneo della termodinamica, ed in particolare il principio di conservazione dell'energia (von Helmholtz-1847), avevano tuttavia spostato l'attenzione degli studiosi verso l'energetica.
- Questo problema era particolarmente sentito in elettromagnetismo dove la teoria per contatto aveva dato particolari significati alla formulazione meccanica del concetto maxwelliano di energia del campo.

Nel 1884 il fisico matematico C.Poynting, che in quell'anno come economista si stava occupando dell'oscillazione dei prezzi del cotone importato in Inghilterra, pubblicò il suo famoso teorema



- La priorità nella pubblicazione del teorema diede luogo ad alcune controversie tra la rivista *Electrician* , la quale sostenne che il primo a pubblicare tale teorema era stato Heaviside, e la Royal Society che pubblicò invece il lavoro di Poynting.
- In realtà, superate le argomentazioni speciose di quella vertenza, oggi si può affermare che i due studiosi pubblicarono autonomamente e quasi simultaneamente il lavoro.

- È un fatto però che quello di Poynting si basava su una trattazione analitica molto involuta, mentre quello di Heaviside, legato all'integrale per parti delle equazioni di Maxwell, rappresentava già la versione attuale.
- La denominazione più appropriata sarebbe pertanto quella di teorema di Poynting-Heaviside e come tale appare oggi in alcuni trattati.

- Nella versione di Heaviside è già esplicitata la presenza del termine additivo solenoidale, a priori arbitrario, da cui, nel '42, partirà J. Slepian per la formulazione del suo omonimo vettore.
- È giusto ricordare inoltre che, già nel 1875, Bartoli, con un approccio termodinamico all'energetica del campo elettromagnetico, predisse addirittura la pressione di radiazione implicita in Poynting. In ragione di tale contributo, per alcuni anni fu consuetudine parlare di teorema di Poynting-Bartoli.

- Si trattò di un fulmine a ciel sereno perché in quell'occasione si comprese come in una trasmissione di segnale o di potenza il conduttore non accumuli praticamente energia ma si limiti, per dir così, a guidarla, questa essendo invece accumulata nello spazio circostante.
- La formulazione del teorema non andò esente da critiche e riserve, del resto formalmente legittime se non opportune. Da Mc Donald in poi, i fisici matematici si diedero un gran da fare per sollevare eccezioni formali alla lettura energetica di Poynting e si può affermare che l'accettazione del teorema sia recente.

Fa eccezione il Ferraris che, in una splendida conferenza dinnanzi ai reali d'Italia, ne illustra i contenuti.

Altrettanto importante fu la teoria, interamente svolta da Heaviside, delle linee a costanti distribuite. Avvalendosi sia delle sue equazioni di campo che del calcolo operatoriale, egli condusse tale indagine fino alla formulazione attuale, costituita dalle equazioni dei telefonisti, dei telegrafisti e dei radiotecnici.

L'esigenza di un approfondimento tecnico della teoria delle linee si presentò sul finire del secolo nell'ambito delle telecomunicazioni. Fino a quel momento l'unico fondamento teorico per il loro progetto risaliva a Lord Kelvin ed era relativo a segnali telegrafici trasmessi su grandi distanze.

Le frequenze in gioco erano in tal caso molto basse perché, anche con la manualità più abile, il codice Morse è in grado di immettere frequenze armoniche che non oltrepassano mai il centinaio di hertz. Ne derivavano fenomeni reattivi che, in accordo con il modello kelviniano, risultavano trascurabili.

Ora, passando invece alla telefonia, le cose si complicavano nettamente perché il parlato è in grado di introdurre armoniche anche dell'ordine del migliaio di hertz.

In tal caso il modello di Kelvin non risultava più difendibile: le armoniche più elevate, “cammin facendo”, se non si attenuavano del tutto, giungevano a destinazione più velocemente di quelle lente per cui il segnale non era più riconoscibile.

Heaviside, che in un'aspra controversia con W.H. Preece, arrivò a definirlo su *Electrician* uno "scienziatucolo", giunse alla soluzione completa del problema individuando l'omonima condizione che rende possibile la telefonia: l'assenza di distorsione è ottenibile imponendo la condizione $RC=LG$.

In tale prospettiva, andando contro l'opinione corrente, egli anziché attenuare l'induttanza, propose ereticamente addirittura di accrescerla collocando lungo la linea opportune "bobine di carico".

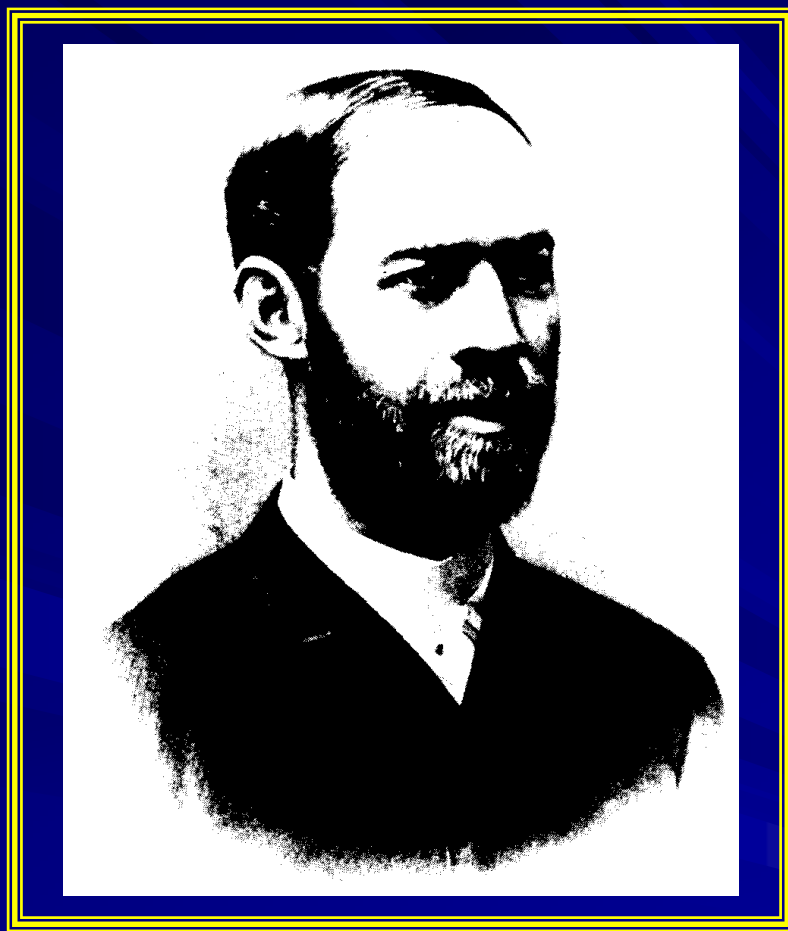
La soluzione, tecnicamente affidata al fratello Arthur, anch'egli telefonista, si dimostrò vincente.

Heaviside non poté tuttavia attuarla: era questo il prezzo da pagare per il dissidio e la derisione verso il ben più potente W.H. Preece

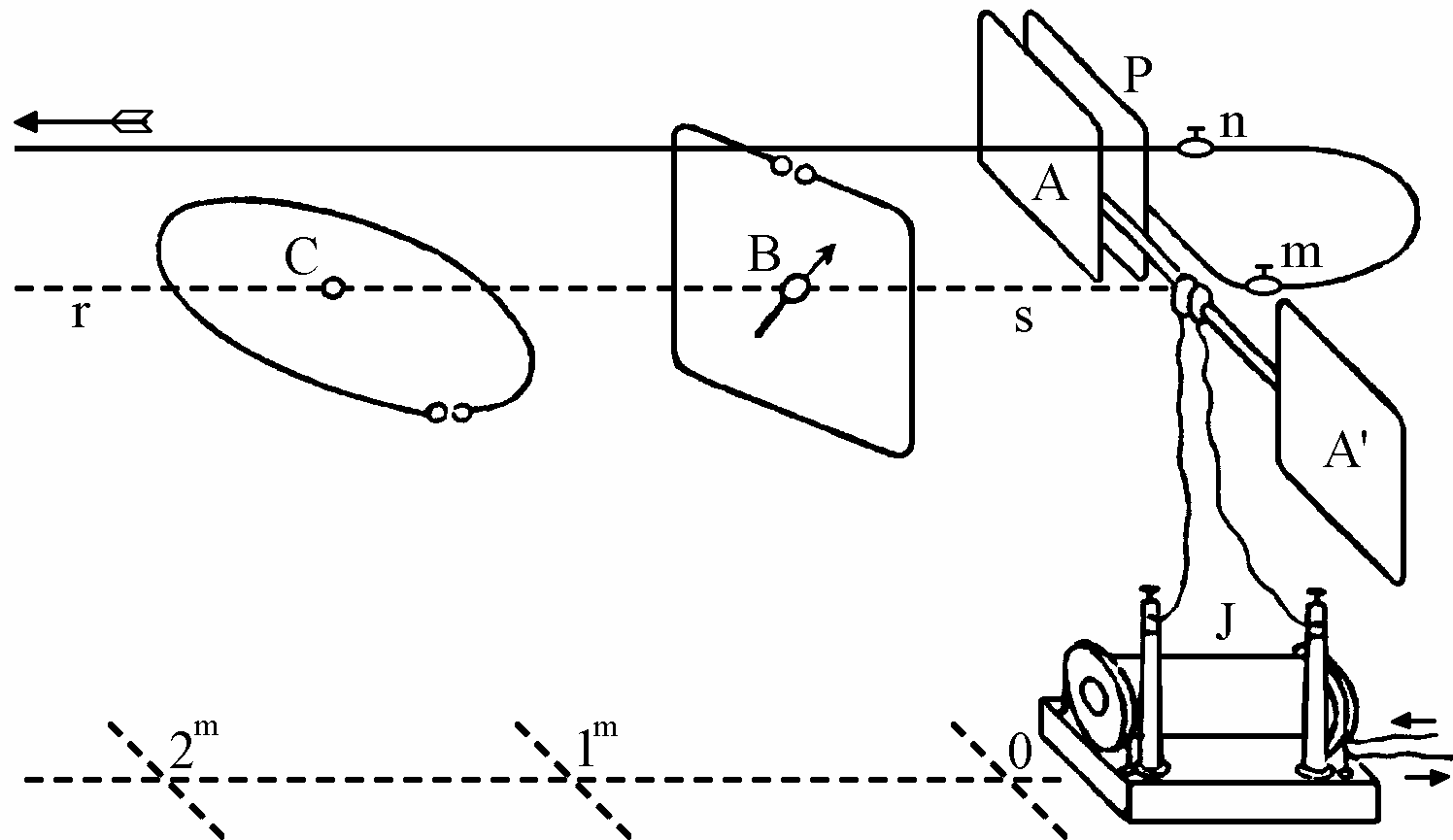
Dieci anni dopo M.I. Pupin, professore alla Columbia University, per tale idea non sua otterrà un brevetto: da allora si parlerà di linee pupinizzate.

Heaviside, cui la vendita di *Electromagnetic Theory* non aveva assicurato l'atteso e vitale ritorno finanziario, non avrà per tale idea, che fece di lui il Padre delle Telecomunicazioni, alcun riconoscimento, né alcun compenso.

Anche Hertz arrivò alla stessa forma di equazioni, ma figlio di Weber e di von Helmholtz, vi giunse iterativamente per successive correzioni di quella che, in fondo, per la scuola tedesca continuava ad essere una teoria di pseudocontatto, se non addirittura di azione a distanza.



*Allievo di Helmholtz, a lui si
deve la prima verifica
sperimentale dell'esistenza
delle onde elettromagnetiche.*



Un postmaxwelliano di
eccellenza:

l'ingegnere elettrico

Su pressanti richieste di una
rivoluzione industriale in atto

Nel 1885, a Torino, la teoria scientifica
del trasformatore, direttamente mutuata da
Ferraris a partire dalla *Dynamical Theory*
maxwelliana, si afferma in ambito
applicativo

Electromagnetic Relations of two Conducting Circuits.

(28) In the case of two conducting circuits, A and B , we shall assume that the electromagnetic momentum belonging to A is

$$Lx + My,$$

and that belonging to B ,

$$Mx + Ny,$$

where L , M , N correspond to the same quantities in the dynamical illustration, except that they are supposed to be capable of variation when the conductors A or B are moved.

Then the equation of the current x in A will be

$$\xi = Rx + \frac{d}{dt}(Lx + My) \dots\dots\dots (4),$$

and that of y in B .

$$\eta = Sy + \frac{d}{dt}(Mx + Ny) \dots\dots\dots (5),$$

where ξ and η are the electromotive forces, x and y the currents, and R and S the resistances in A and B respectively.

E = f. elettromotrice della macchina magnetizzata

I, R, L l'intensità della corrente, la resistenza ed il coeff. d'induzione propria
e' stesso del circuito primario

I', R', L' id. id. Id. circuito secondario -

M = coeff. d'induzione mutua tra i due circuiti:

$$(1) \quad \begin{cases} RI + M \frac{dI'}{dt} + L \frac{dI}{dt} = E \\ R'I' + M \frac{dI}{dt} + L' \frac{dI'}{dt} = 0 \end{cases}$$

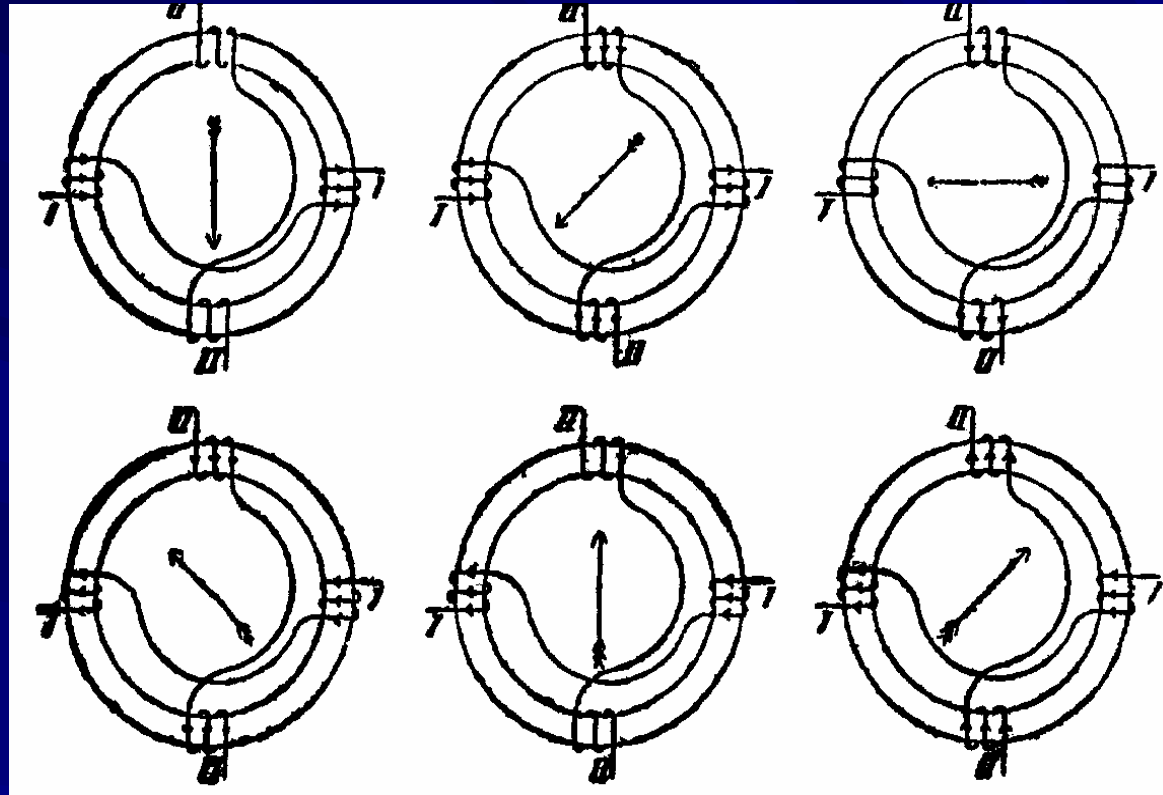
La porzione L_0 di coeff. d'induzione propria e' stesso della macchina, e si riconosce
che le due spirali dell'apparecchio Paulsen sono identiche, giacchè posse-

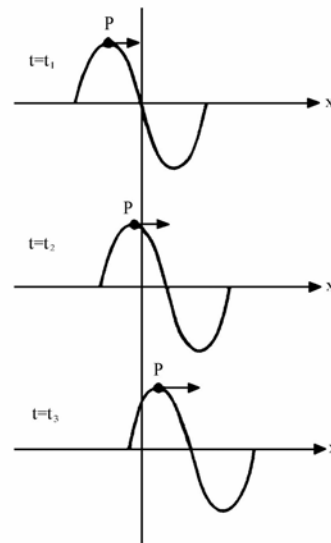
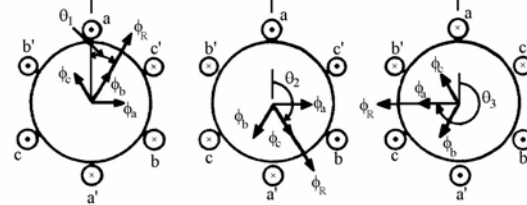
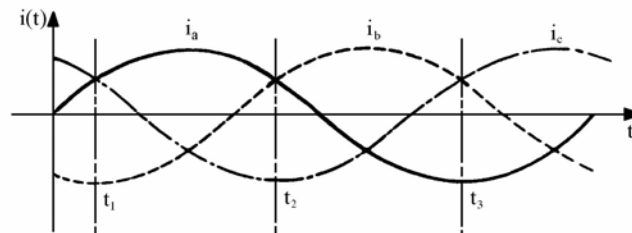
$$(2) \quad L = L' + L_0$$

Ferraris ha dunque il merito, come fisico matematico di eccellenza, di capire che la concettualizzazione del trasformatore non deve inventare niente di nuovo che sia dedotto per tentativi ed errori.

Deve solo avere l'umiltà,
(nonché l'intelligenza e la
preparazione...) di studiarsi la
Dynamical Theory

Nell'anno successivo, sempre a Torino, unificando maxwellianamente le leggi dell'ottica di Fresnel con quelle magnetoelettriche valide al traferro delle macchine elettriche, ancora Ferraris crea, a partire da circuiti elettrici in quiete, il campo rotante.





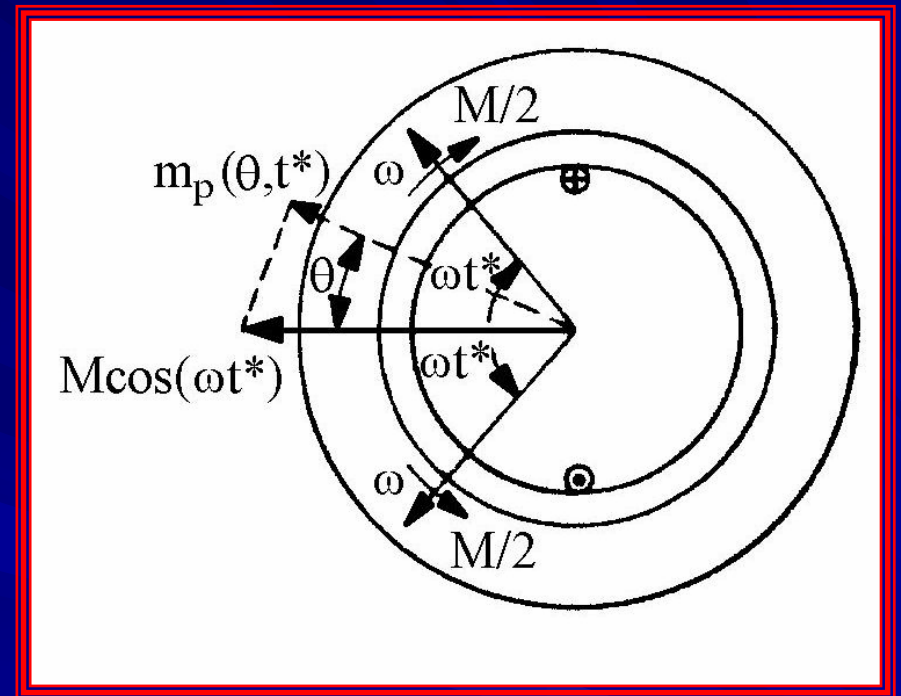
L'alternata diviene così una possibile realtà industriale: trasportabile a distanza, essa può essere convertita in potenza meccanica tramite macchine che, in quanto ad induzione, sono a “coppia spontanea”.

Nel far questo, Ferraris, allievo.
tramite Codazza che ne fu
discepolo, di Mossotti, dà contributi
fondamentali.

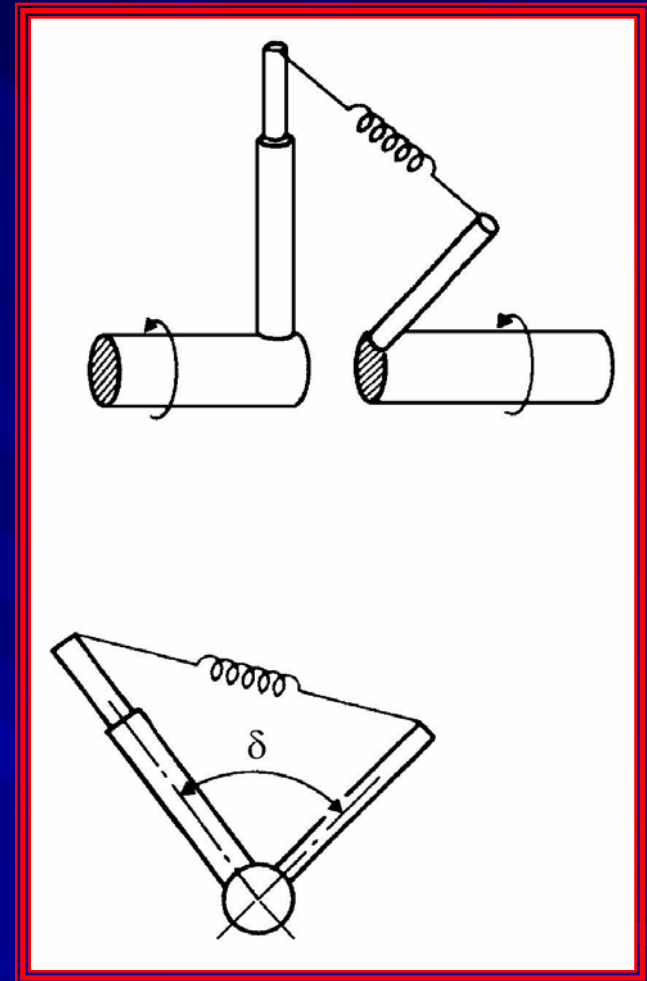
Dall'ottica di Fresnel deduce la formula della potenza attiva

$$\frac{1}{T} \oint v(t) \cdot i(t) dt = P = VI \cos \varphi$$

- Sempre da Fresnel deduce la teoria dei vettori controrotanti sulle quale una ventina d'anni dopo si fonderà la teoria di Stokvis (1914) - Fortescue(1918)



Partendo dal
teorema di
equivalenza di
Ampere elabora il
principio
dell'allineamento.



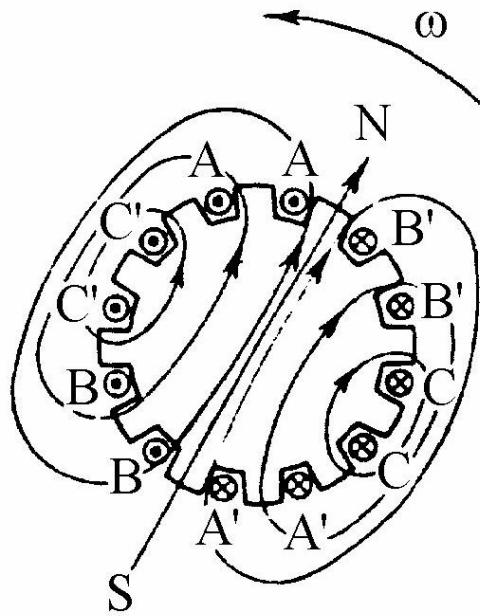
Ed il livello cui
arriverà la sua scuola
di pensiero è
testimoniato da
questa frase del suo
discepolo prediletto,
Riccardo Arnò,
pronunciata alla Carlo
Erba nel 1926:



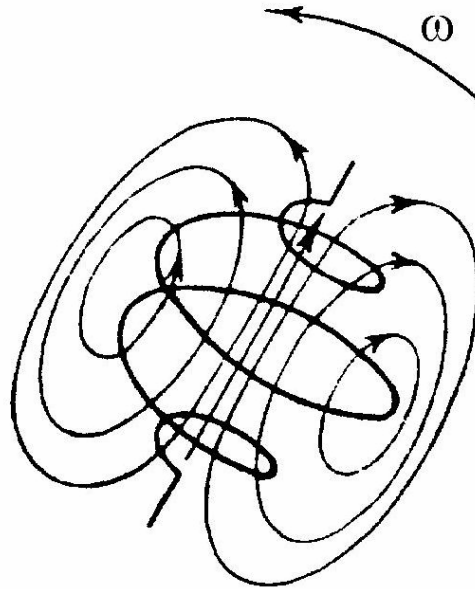
Pacinotti ha trovato il modo di mantenere fisso nello spazio un magnete ideale , pur essendone in rotazione il rispettivo supporto elettromagnetico materiale. Galileo ferraris ha scoperto di mantenere in rotazione un magnete ideale , pur essendone fissi i supporti elettromagnetici materiali componenti.

E chi ne sa anche solo un po' di
Park e dintorni può facilmente
intuire dove, tre anni prima di Park,
si fosse arrivati da noi...

Campo Ferraris

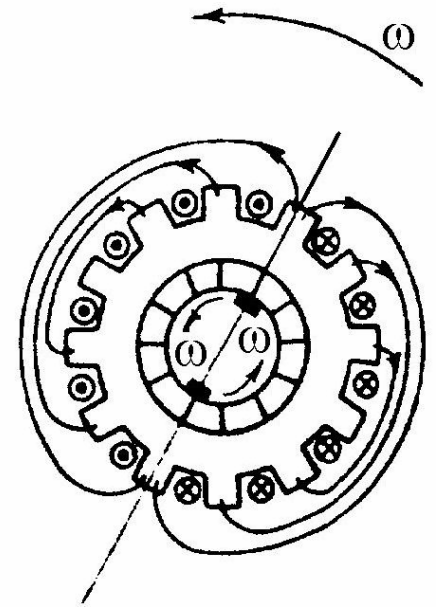


$\Rightarrow$

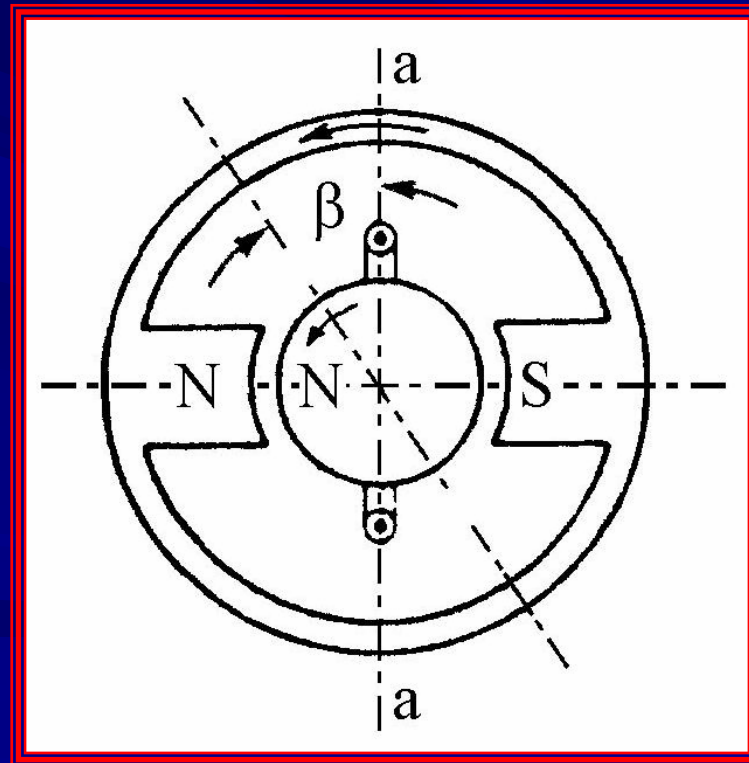


$\Rightarrow$

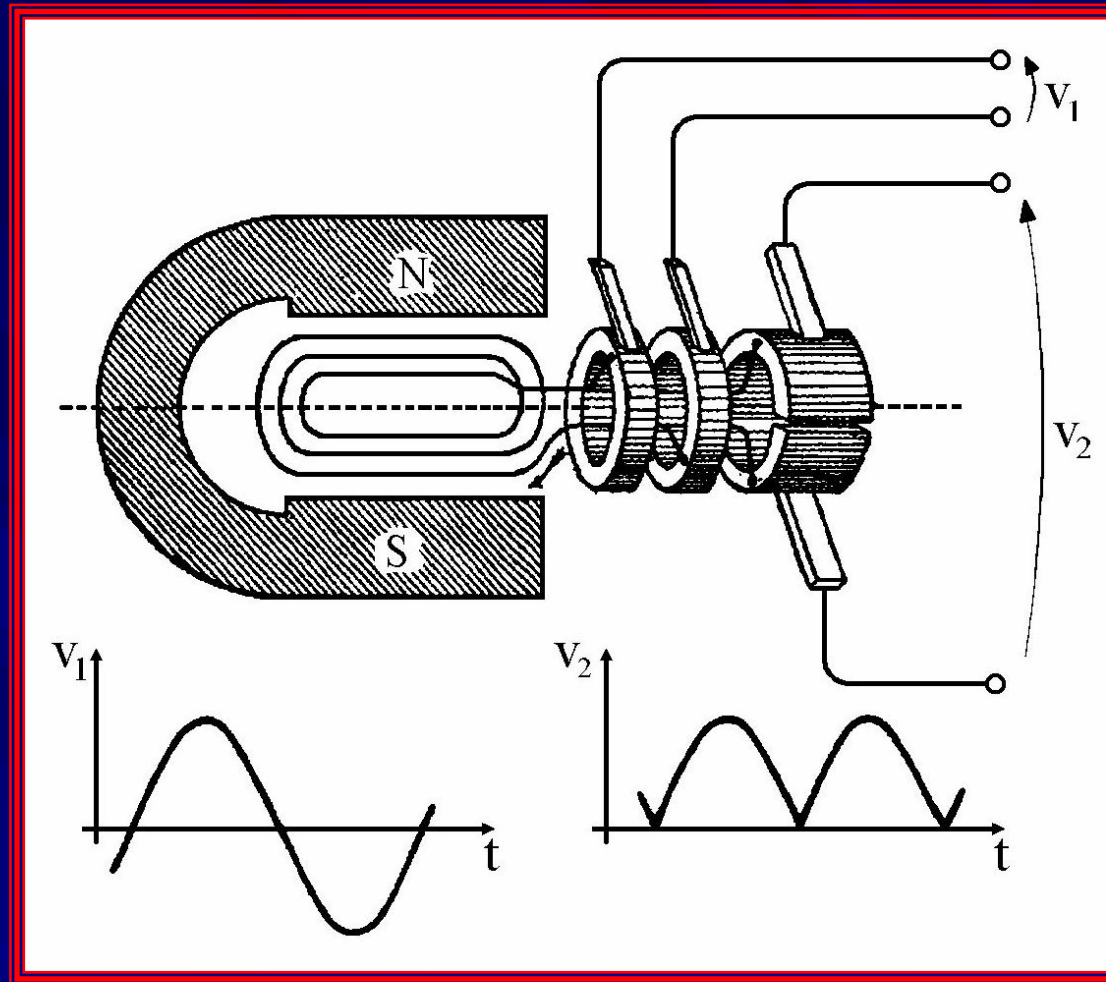
Campo Pacinotti



E non casualmente: il disegno qui
riportato di macchina universale è
preso dal Barbagelata

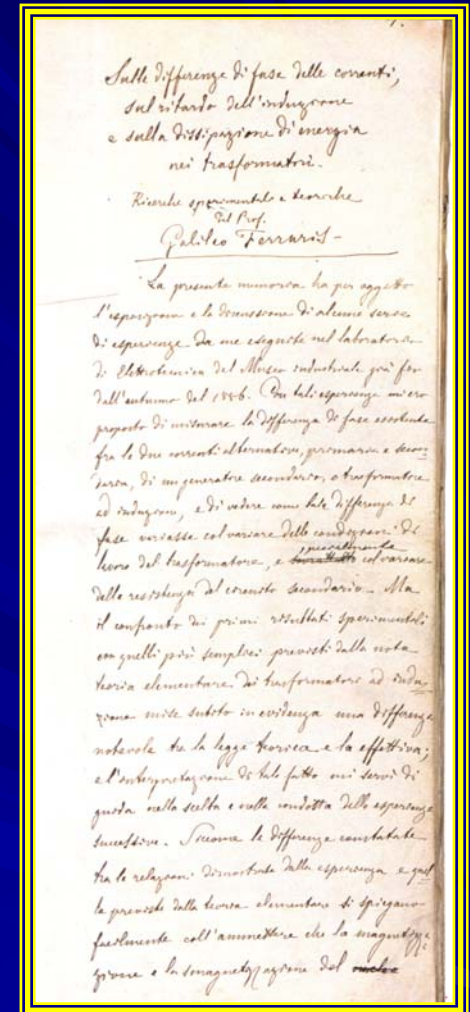


Del resto nel 1905 Giovanni Giorgi aveva presenatto a Firenze il suo lavoro sulla dinamo ricorsiva che traeva spunto dal lavoro di un altro grande ottico-matematico biografo di Kelvin: S. Thompson



Il lavoro di Giorgi sarà ben
presente in General Electric.
Quando Abetti, nel '51, farà in
General la rievocazione della figura
del Grande Lucchese, il primo
contributo illustrato sarà proprio la
dinamo ricorsiva... (Un contributo
ignorato nella celebrazione dei
Lincei...)

Ma Ferraris sferma
anche il primo colpo
alle perdite per
isteresi. Da buon fisico
matematico le mette in
conto in assenza di
non linearità
conteggiandone l'effetto
con un ritardo
equivalente...



Ferraris è però uomo del suo
tempo.

Ed anche uomo dell'italietta
umbertina...

La epoca della trasmissione elettrica dell'energia cam-
per suoni: tutte queste: Nel 1873 all'Esposizione di
Vienna Pantaine (di Parigi) fu funzionare come dinamo
a correnti continue come motore; Nel 1881 a Parigi Marcel Deprez
proclama la sua fede nella possibilità di superare grandi
distanze alla condizione di far uso di alte potenze; nel 1882
a Monaco Marcel Deprez fu esperimenti infelici ma notevoli;
nel 1886 - 86 tra Creil e Parigi lo stesso Deprez fu esperimenti
di infelici ma ostinazione. La difficoltà di ottenere ad ed
adoperare altissime potenze con correnti continue era
enorme, insuperabile; fu il primo a vincere superare facil-
mente con le correnti alternature; la trasmissione in
grandi distanze con correnti alternature è facile e viene
perché si abbia un motore elettrico conveniente. Tale
motore elettrico conveniente per si presentò come pos-
sibile dopo la scoperta del Drehfeld o campo rotatorio,
La - - - - -

Tuo affez. Pablo Ferrer

Lettera di Theovez, cavaliere dell'Ordine dei SS. Maurizio e Lazzaro a Bottani

ING. ETTORE THOVEZ

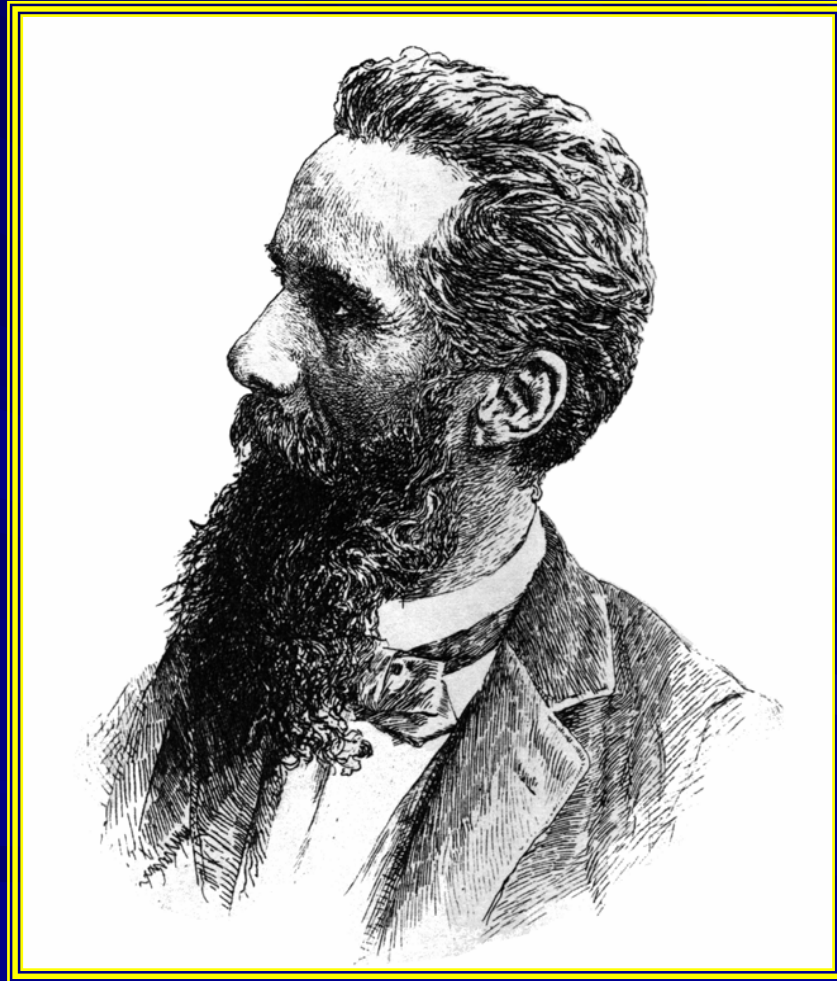
TORINO (118)
CORSO RE UMBERTO, 67

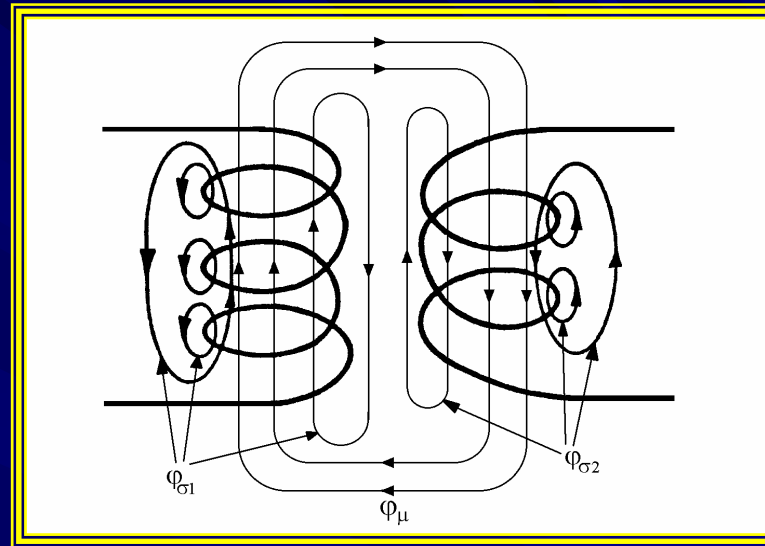
fono 43-428

Torino, 19 ^{Agosto} ~~AGOSTO~~ 1936 XIV

Sono un vecchio allievo del grande Galileo Ferraris che fu per me anche un venerato amico. Ricordo che una volta quando faceva il primo Corso superiore di Elettrotecnica da lui iniziato gli domandai perchè non pubblicasse le sue belle lezioni ed egli mi rispose testualmente: "Perchè non ho ancora potuto renderle semplici come io vorrei. Ho fatto questa notte una grande fatica per rendere accessibile a loro allievi certe teorie del Thomson e del Mascart, per fare la lezione di stamane."

Ferraris ed il trasformatore





{	<i>metodo delle induttanze</i>	<i>metodo di campo</i>
	<i>autoflusso</i> <i>flusso mutuo</i>	<i>flusso disperso</i> <i>flusso comune</i>
	$\psi_1 = L_1 i_1 + M i_2 =$	$\ell_{\sigma 1} i_1 + N_1 \phi_{\mu}$
	$\psi_2 = M i_1 + L_2 i_2 =$	$\ell_{\sigma 2} i_2 + N_2 \phi_{\mu}$
	<i>Maxwell</i>	<i>Steinmetz</i>

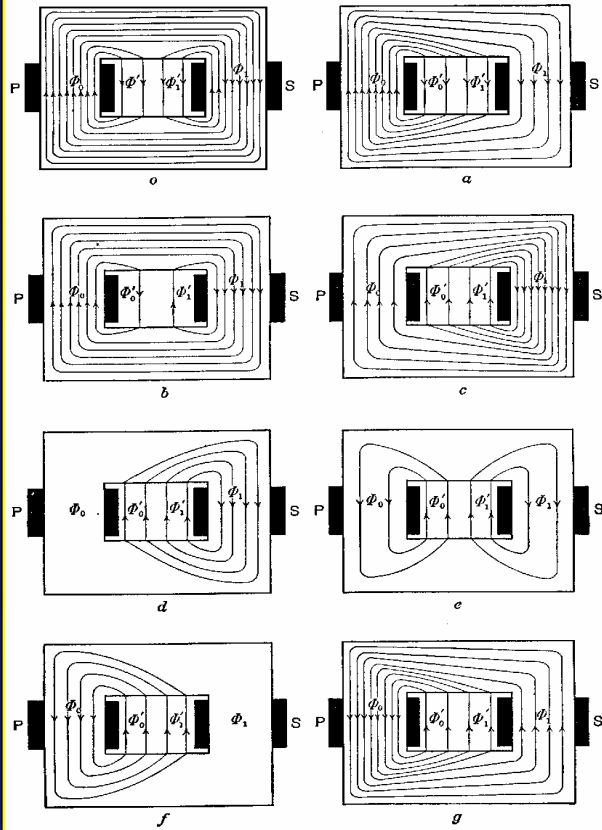
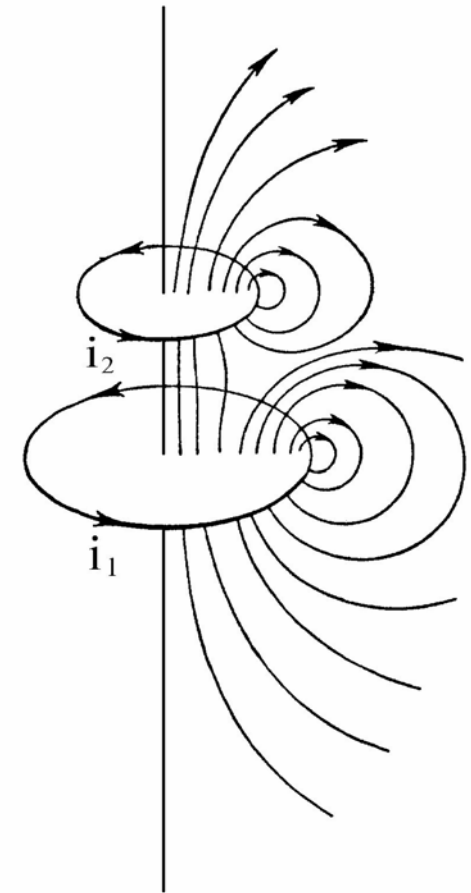
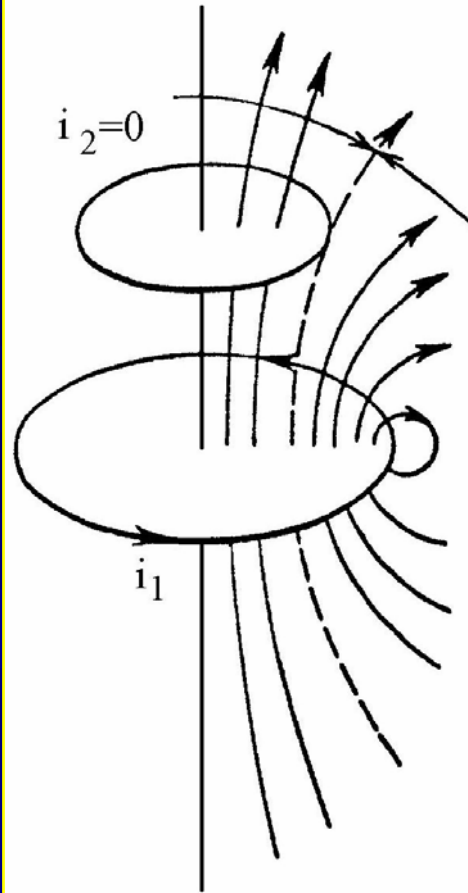
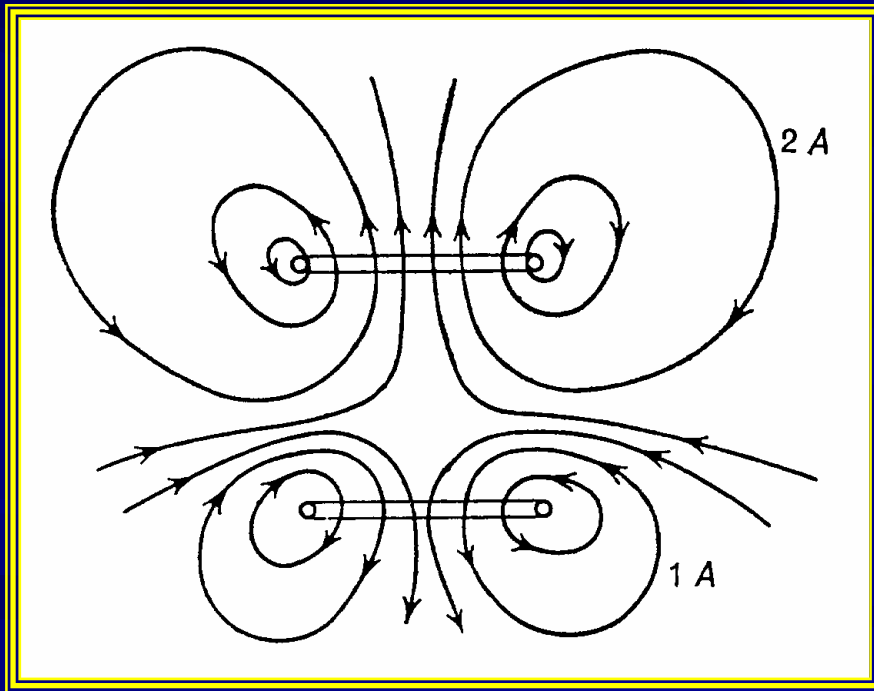
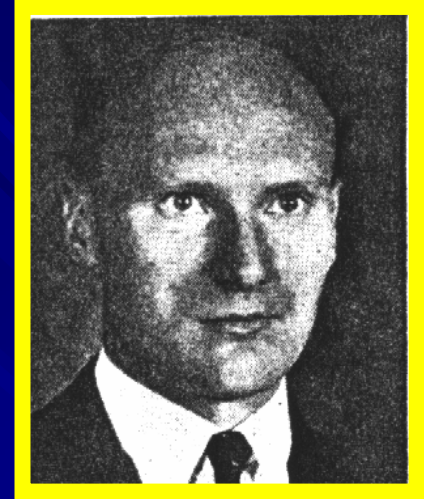


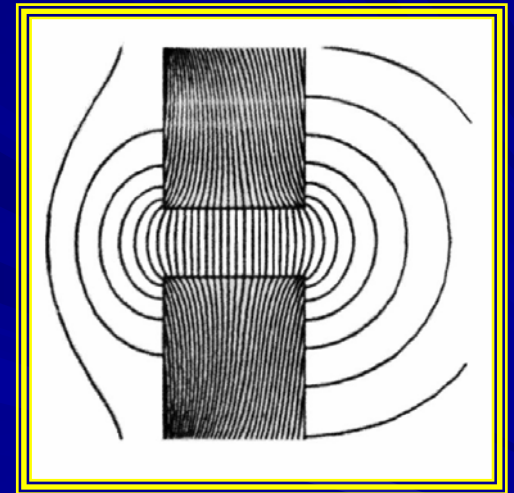
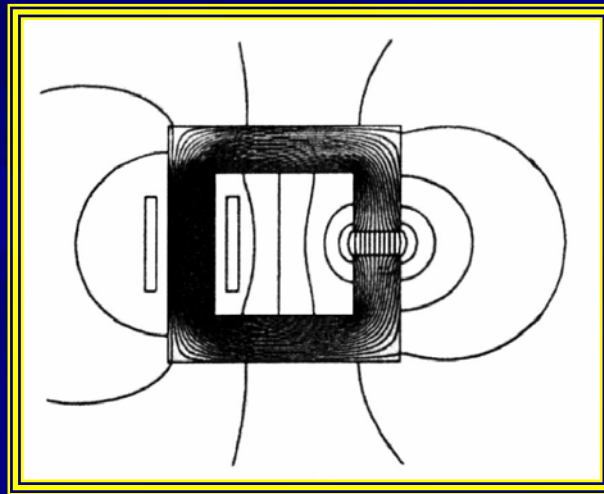
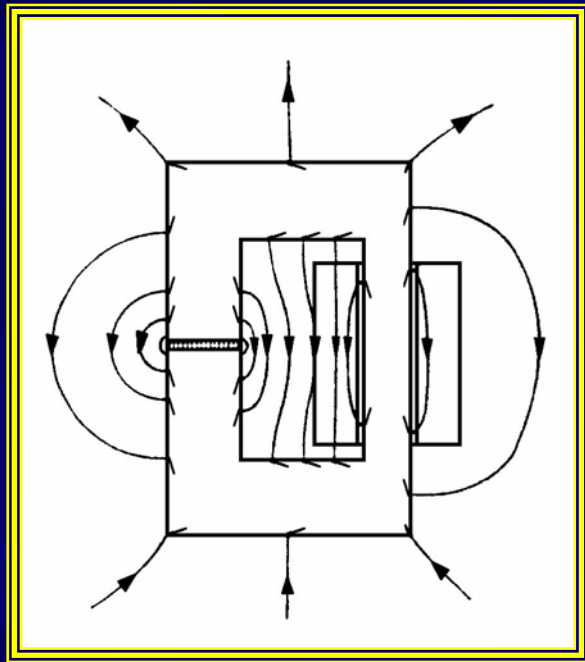
FIG. 105.

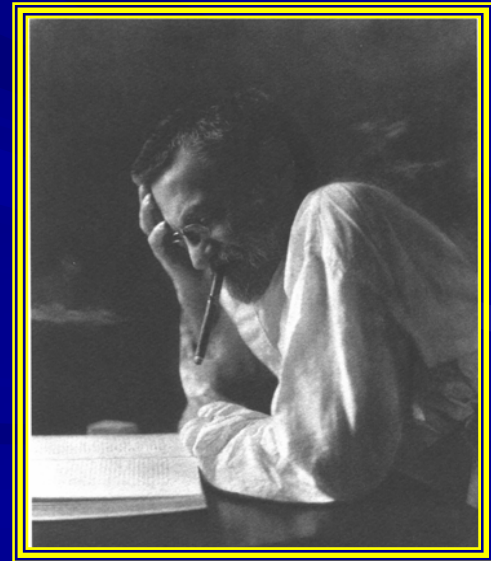
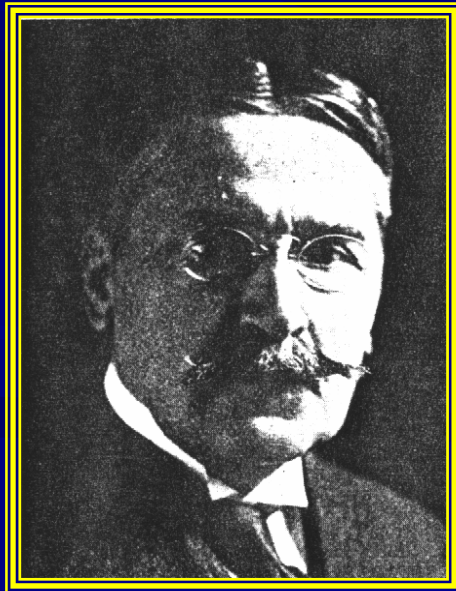
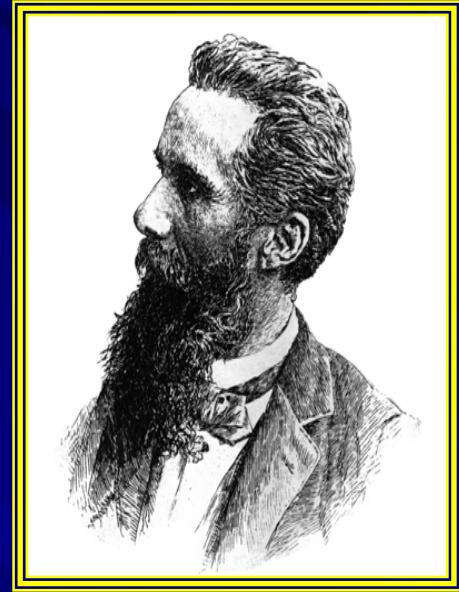


Il colpo mortale: il paradosso di weber



Equivalenza agli effetti interni: chi era costei?





- , «*electrical engineering was born yesterday and had no long-standing tradition, no professional culture*».
- «*Attempts of ordinary mortals to do better than Maxwell did must discouraged. Let us follow Maxwell as long as we can, then, when someone is born who is more profound than Maxwell, we will bow him*».

Secondo gli operating engineers invece:

- *«The theory of the transformer described a device that does not exist in practise, but merely haunts as a phantom transformers the text-books and mathematical treatise on transformers»;*
- *«Most theories of the induction motor were written only by theorist who never constructed a motor themselves and who have never seen a motor taken apart»,*
- *«Phantom transmission lines circuit of uniformly distributed capacity and inductance was very different from the circuit existing in practice».*

Per questioni di tempo non
posso parlarvi di Charles
Proteus. Vi lascio qualche
immagine:

