



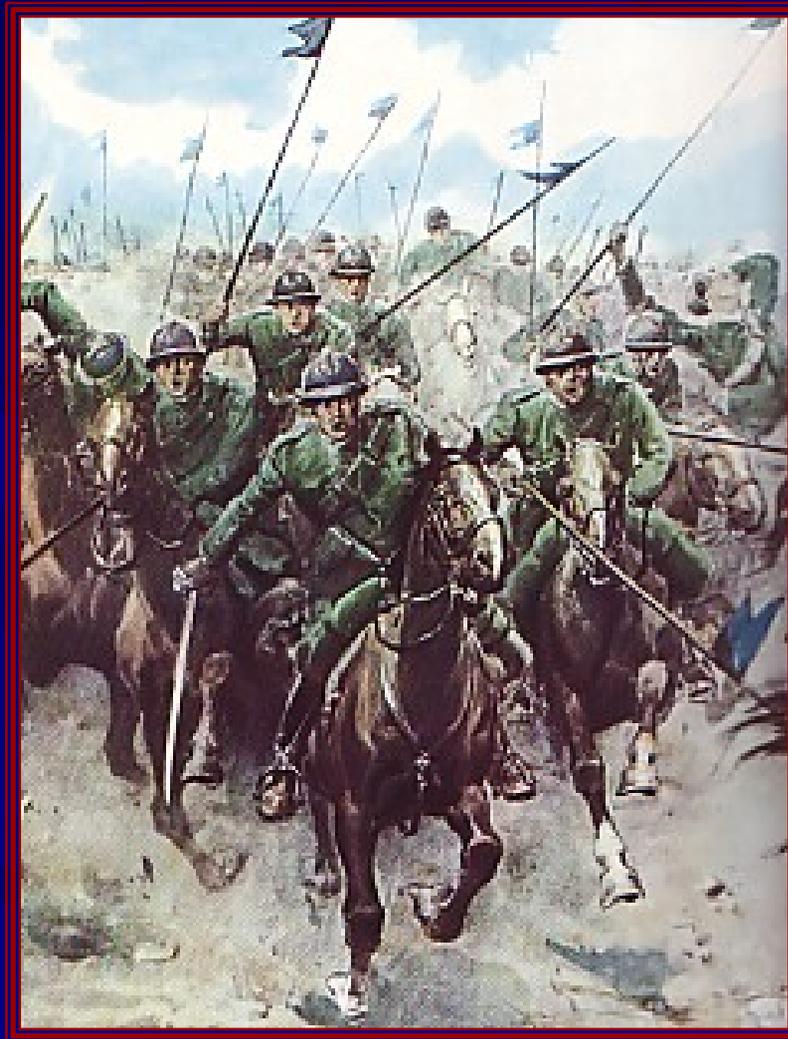
L'ultima, definitiva, lezione...

- Qualche riflessione
- E molti *mea culpa...*
- Senza nessuna *captatio benevolentiae*



REGGIMENTO
MEZZA CAVALLEGGERIA 4ª

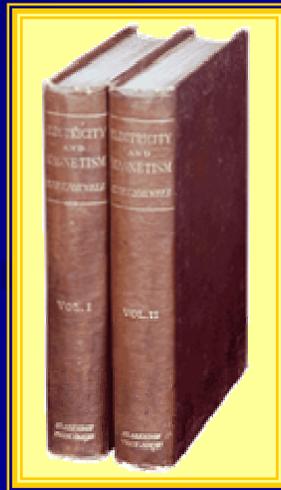
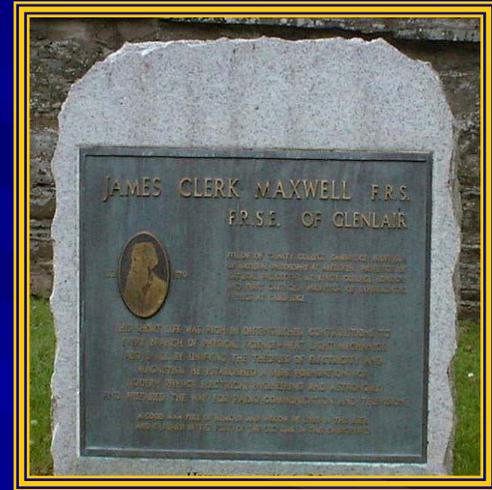
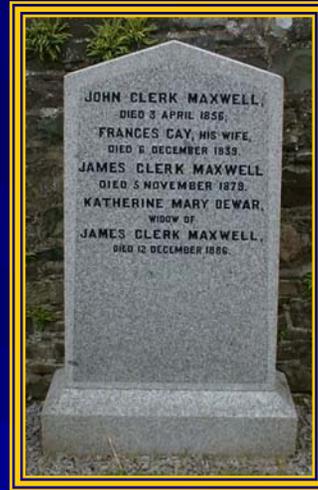
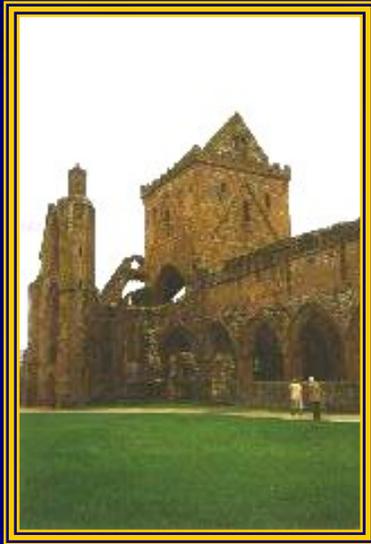
Andiamo comunque avanti...



Il lascito di Maxwell...

- Il fisico matematico: *The Faraday's lines of force*
- Il fisico teorico: *The physical lines of force*
- L'epistemologo: *A Dynamical Theory*
- L'educatore: *A Treatise on Electricity and Magnetism*

La scomparsa prematura ed improvvisa di Maxwell



L'azione per contatto per antonomasia: la verga vibrante

$$\left\{ \frac{\partial^2}{\partial x^2} - \frac{1}{\sqrt{\frac{k}{\mu}}} p^2 \right\} y(x, t) = \left\{ \frac{\partial^2}{\partial x^2} - \frac{1}{c^2} p^2 \right\} y(x, t) = 0$$

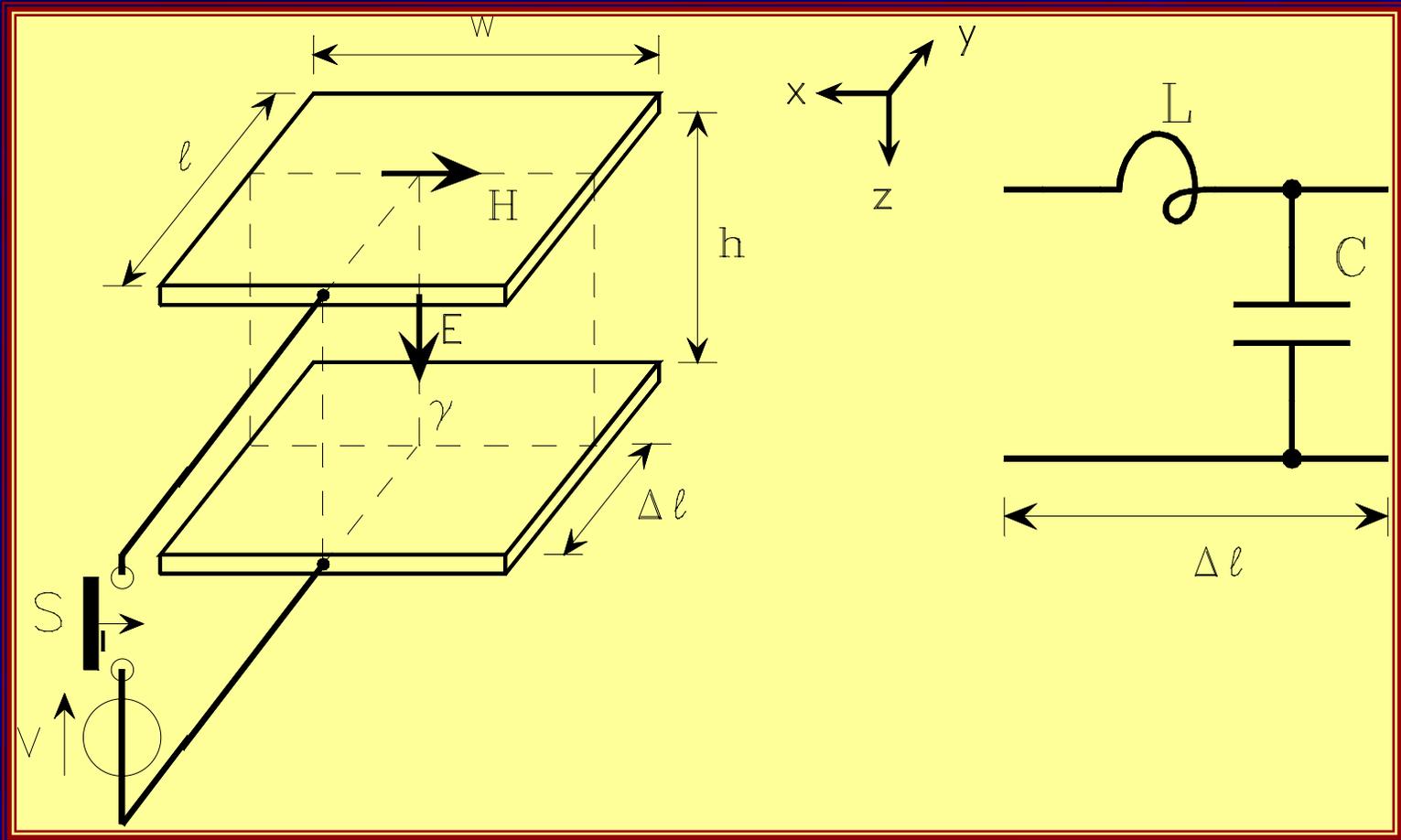
$$\frac{\partial^2}{\partial x^2} y(x) = 0 \Leftrightarrow c = \lim_{\mu \rightarrow 0} \sqrt{\frac{k}{\mu}} = \infty$$

- Azione a distanza ed azione per contatto:
- Meccanica Razionale e Fisica,
- Scilla e Cariddi

<i>Azione per contatto</i>	<i>Azione a distanza</i>	<i>Azione per pseudocontatto</i>
Teoria pura di campo	Teoria newtoniana	Teoria di campo
Celerità finita	Celerità infinita	Celerità infinita
Leggi locali di tipo differenziale	Leggi globali di tipo integrale	Leggi locali di tipo differenziale
Compromissione mezzo-evento	Assenza di compromissione	Assenza di compromissione

Per una classificazione delle interazioni in fisica matematica.

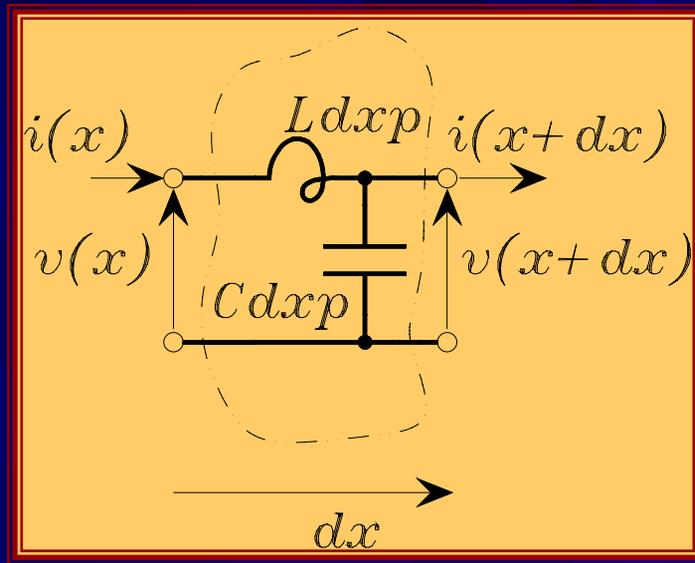
Un altro esempio: il TEM



- Per S chiuso si imprime la ddp V ;
- Questa dopo un intervallo dt , avrà percorso lo spazio longitudinale $dx=cdt$.
- Avrà depositato, sul tratto dx di conduttore sottoposto alla tensione impressa V , la carica $dq=CdxV$,
- Ne seguirà la corrente: $i=pdq=VCdx/dt=VCc$.
- La tensione vale $V=p\phi=d(Lidx)/dt$.
- Ne segue $V = CLVc^2$
- da cui, risolvendo rispetto alla celerità, si ha:

$$c = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

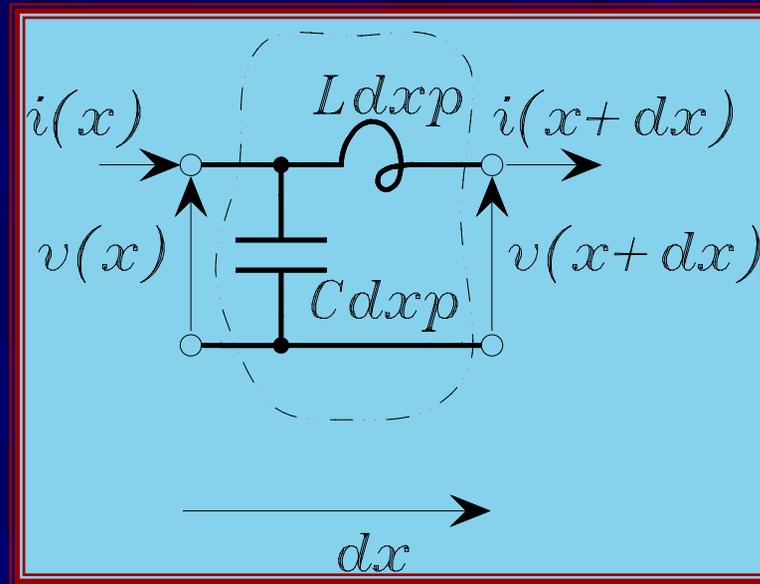
- Il doppio bipolo associato alla linea è un semplice garante formale utile solo a supportare l'immaginazione.
- Esso, infatti, non è unico.



$$\begin{cases} v(x) = v(x+dx) + Ldx \frac{\partial i(x)}{\partial x} \\ i(x) = i(x+dx) + Cdx \frac{\partial v(x+dx)}{\partial x} \end{cases}$$



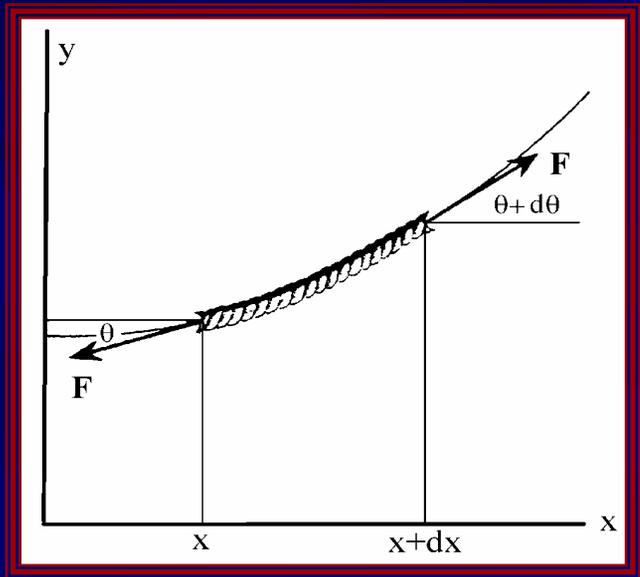
$$\begin{cases} \lim_{dx \rightarrow 0} \frac{v(x+dx) - v(x)}{dx} = \frac{\partial v(x)}{\partial x} = -L \frac{\partial i(x)}{\partial x} \\ \lim_{dx \rightarrow 0} \frac{i(x+dx) - i(x)}{dx} = \frac{\partial i(x)}{\partial x} = -\lim_{dx \rightarrow 0} C \frac{\partial v(x+dx)}{\partial x} = -C \frac{\partial v(x)}{\partial x} \end{cases}$$



$$\begin{cases} v(x) = v(x+dx) + Ldxpi(x+dx) \\ i(x) = i(x+dx) + Cdxpv(x) \end{cases}$$

$$\begin{cases} \lim_{dx \rightarrow 0} \frac{v(x+dx) - v(x)}{dx} = \frac{\partial v(x)}{\partial x} = -\lim_{dx \rightarrow 0} Lpi(x+dx) = -Lpi(x) \\ \lim_{dx \rightarrow 0} \frac{i(x+dx) - i(x)}{dx} = \frac{\partial i(x)}{\partial x} = -Cpv(x) \end{cases}$$

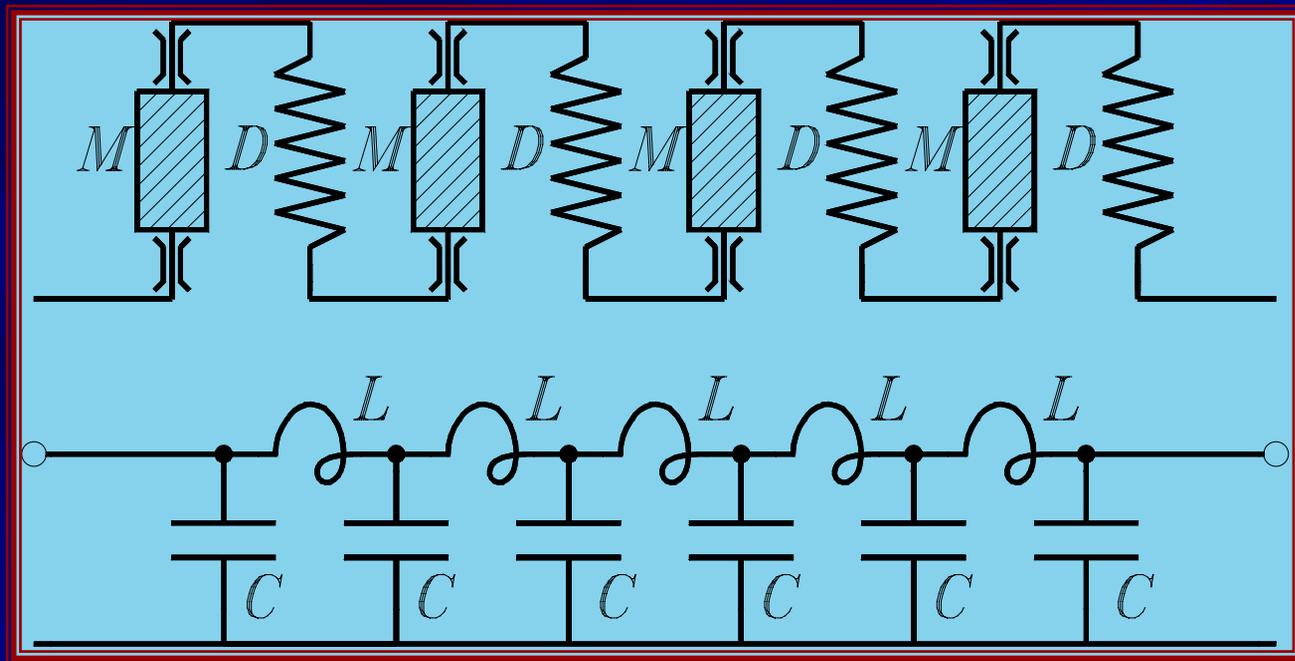
Un analogo fenomeno meccanico: la fune vibrante



$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial}{\partial x} F = M \frac{\partial}{\partial t} V \\ \frac{\partial}{\partial x} V = \frac{1}{T} \frac{\partial}{\partial t} F \end{array} \right. \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial^2}{\partial x^2} F = \frac{M}{T} F \\ \frac{\partial^2}{\partial x^2} V = \frac{M}{T} V \end{array} \right.$$

- L'analogia formale è completa
- Il modello elettrico può imitare quello meccanico e viceversa
- Quello elettrico richiama una rete LC
- Quello meccanico richiama una rete F T
- La rete dell'uno vale formalmente per l'altro

Ma la rappresentazione che ne viene:



Ha carattere formale, di puro e
semplice supporto animistico.

Il che significa che:

- Lo spazio è geometrico. E' fisica la lettura che se ne dà in ragione dell'evento dinamico che si indaga;
- **Spazio fisico** è quello caratterizzato dai parametri $\{k, \mu\}$ della **verga vibrante**;
- **Spazio fisico** è quello caratterizzato dai parametri $\{\varepsilon, \mu\}$ del **TEM**
- **Spazio fisico** è quello caratterizzato dai parametri $\{T, M\}$ della **fune**

Non più forza e sostanza. Al suo posto intervengono spazio ed energia. L'energia e la quantità di moto ad essa associata si propagano nello spazio depositando nell'intorno di ogni punto una quota parte di energia cinetica ed una quota parte di energia potenziale in ragione dell'inerzia e dell'elasticità del mezzo.

Per noi il nulla ha inerzia ed elasticità: si chiamano ε e μ . Lavoriamo dunque in un vuoto di sostanza, ma non in un vuoto di proprietà fisiche.

L'energia ha dunque agio di propagarvisi e di allocarvisi.

- Il concetto di spazio fisico;
- Il valore euristico dell'analogia ed il suo carattere relativo;
- Il ruolo del modello del substrato come garante formale;
- La teoria come sinonimo di messa in equazione;
- La legittimità della teoria elettromagnetica in quanto tale;
- La conseguente precisa affinità con la Teoria Analitica del calore di Fourier

E nessuno si illuda di farla franca
nelle reti a costanti concentrate:

$$L = \frac{\mu}{4\pi I^2} \iiint \mathbf{J} \cdot \iiint \frac{\mathbf{J}}{r} d\tau$$

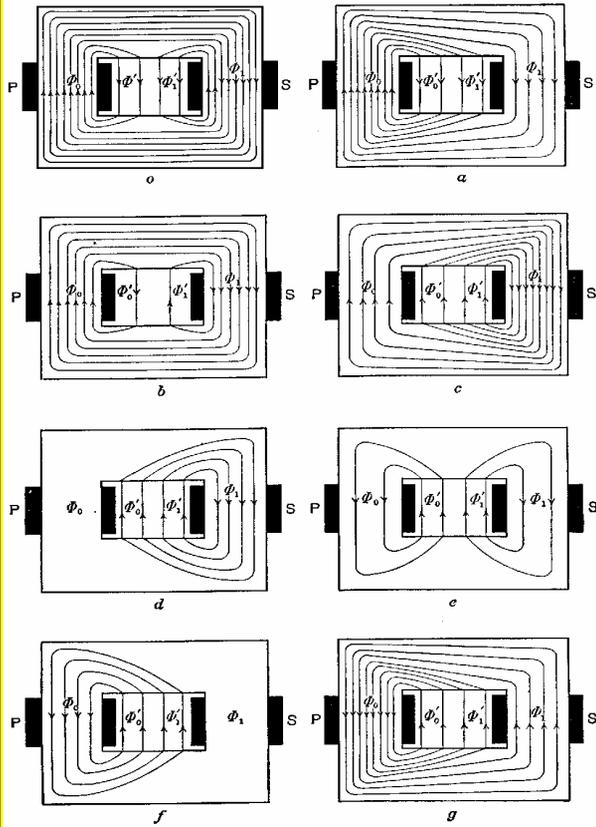
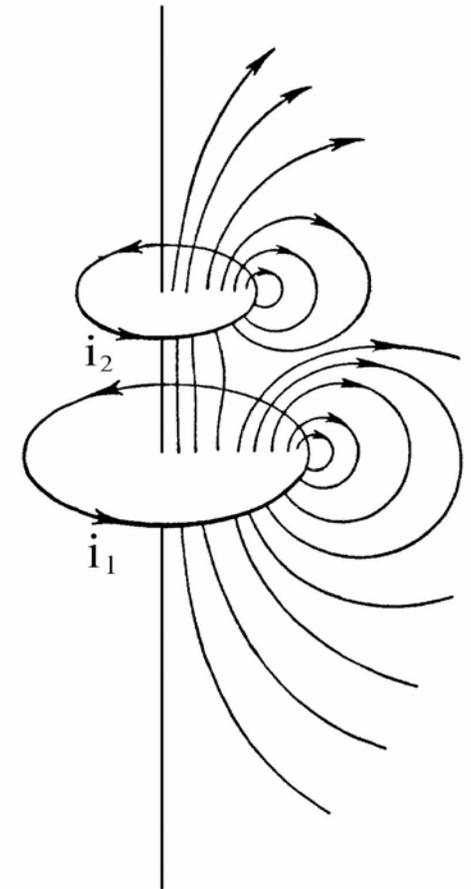
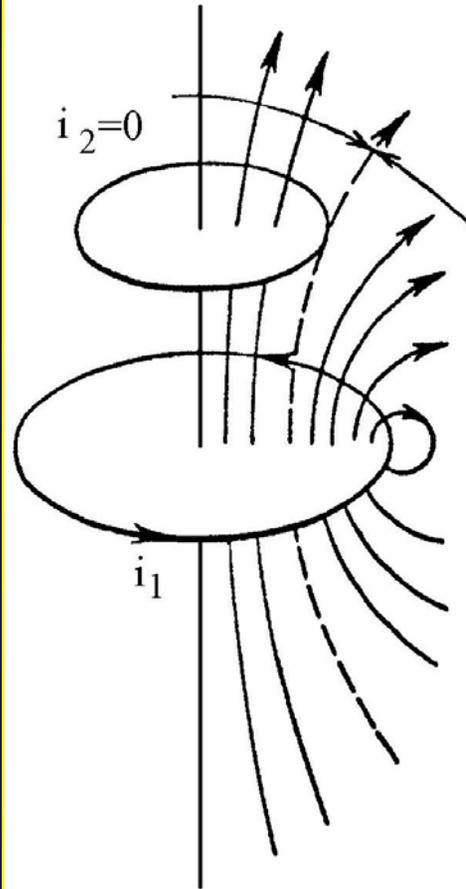
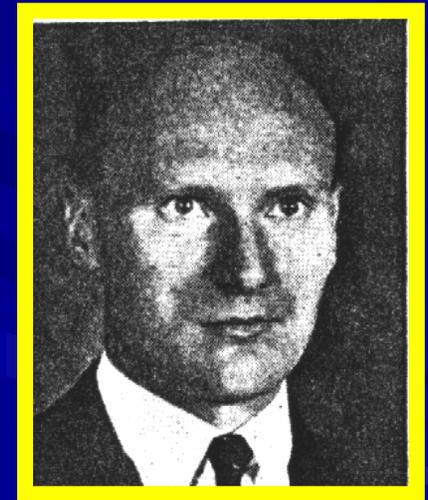
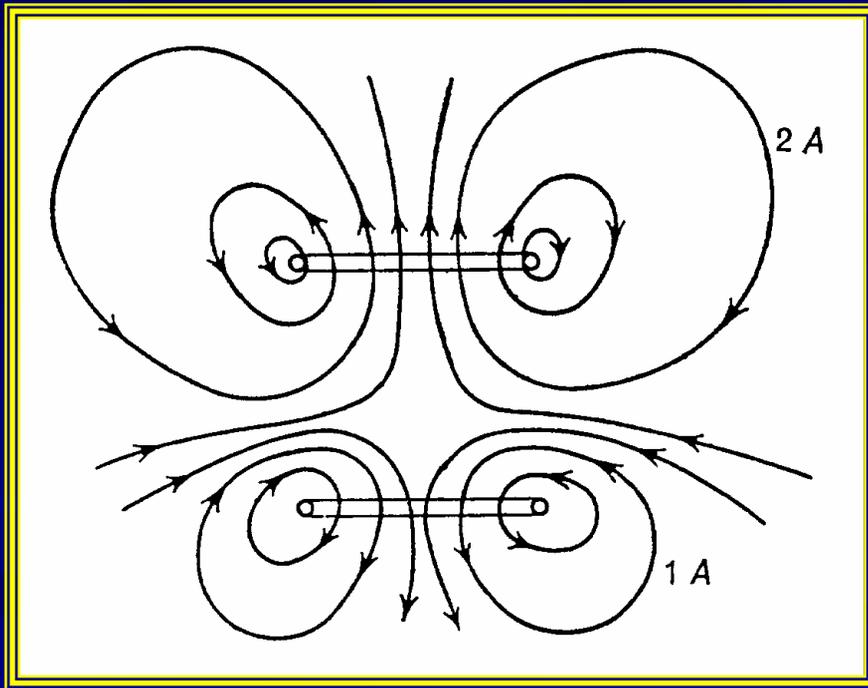


FIG. 105.



Una rappresentazione scorretta e di tipo animistico



E gli esempi davvero potrebbero moltiplicarsi.

- Ma torniamo a Weber...
- Negli anni '30 si è occupato di Macchine Elettriche,
- Negli anni '50 di Reti e di Storia della Scienza;
- Poi si è stufato ed è passato ai Campi...

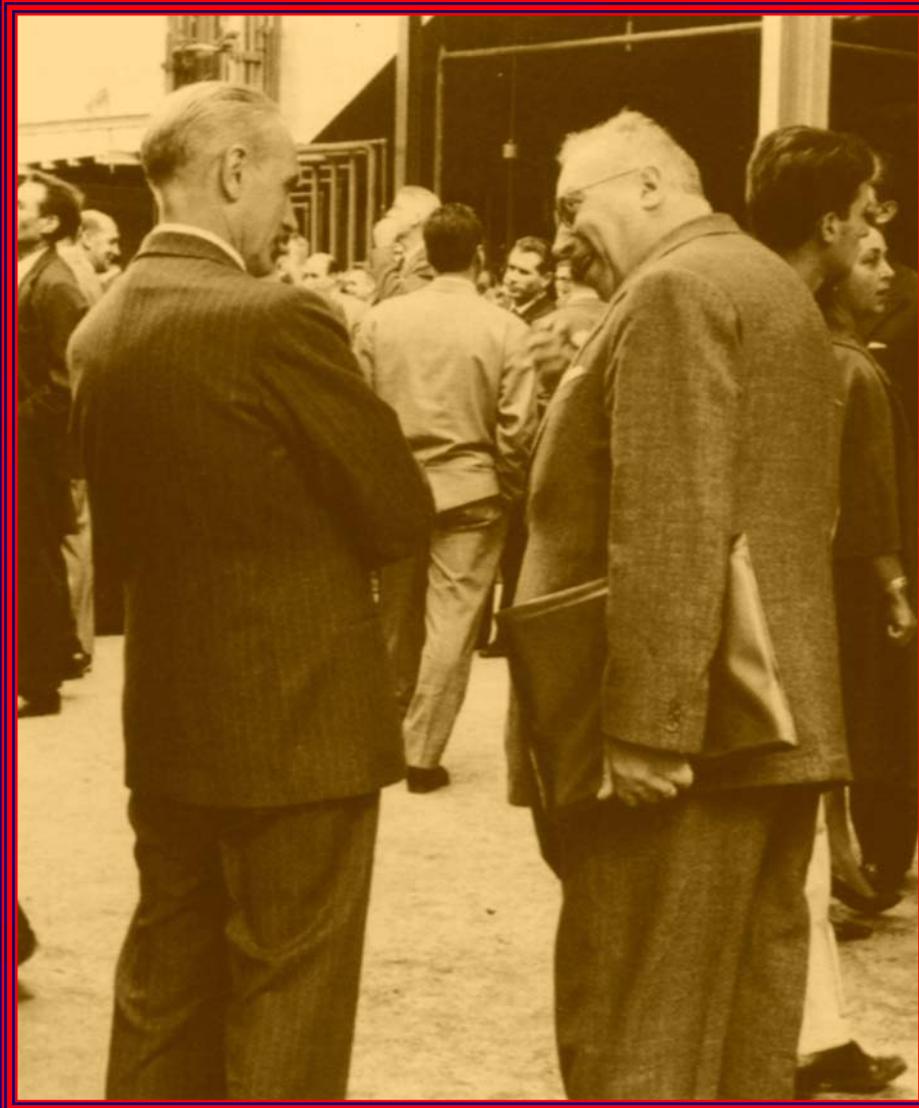
Il suo lavoro non è passato inosservato.

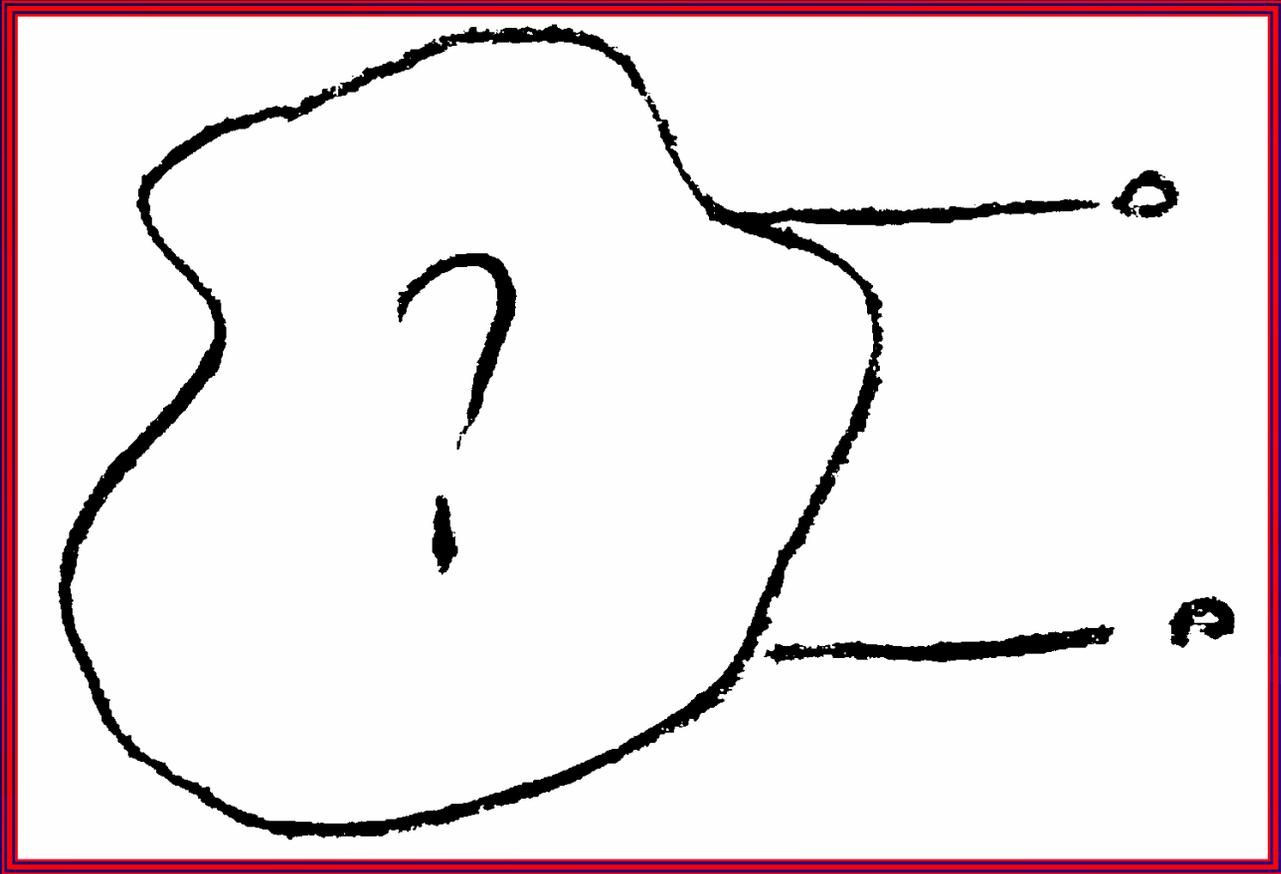
- Eccolo a fine carriera, nel '91, mentre riceve una decorazione per i suoi meriti didattici e scientifici dal presidente USA



Noi rileggiamo insieme una bella cosa di Ercole Bottani.

- Si riferisce sempre all'eterno problema del riduzionismo.
- In questo caso è quello circuitale.
- Zio Ercolino risolve la cosa alla grande.
- Ascoltiamolo idealmente assieme...





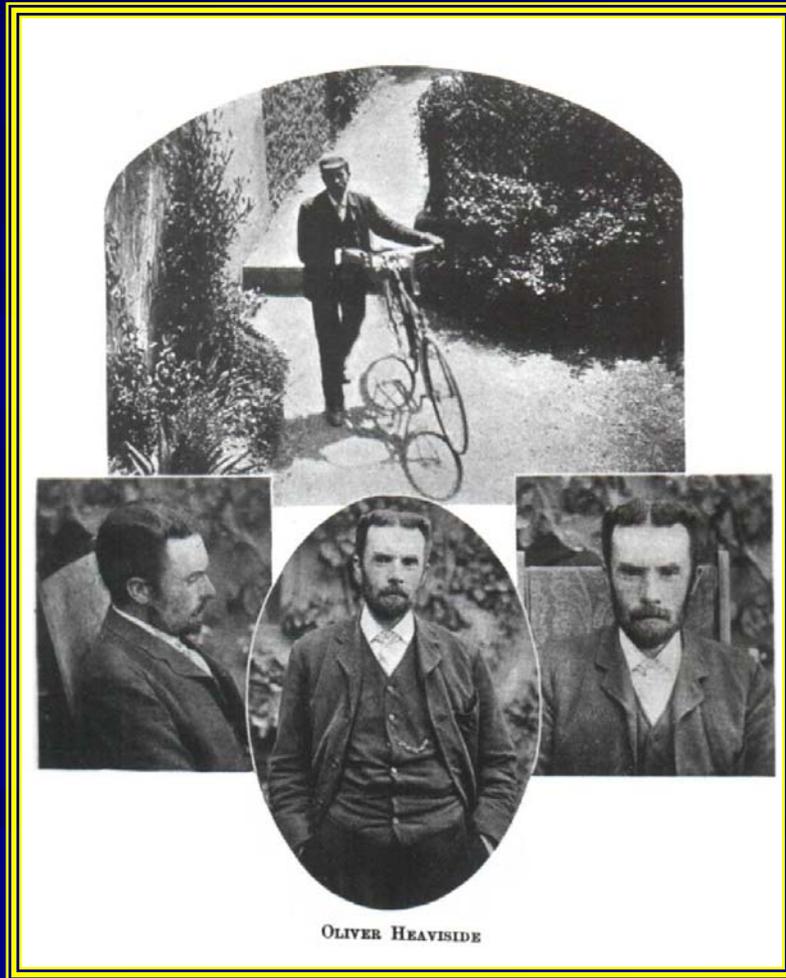
I limiti del Treatise...

- Le molte domande in attesa di risposta
- Il bisogno di un formalismo chiaro
- Una rivoluzione industriale alle porte
- La calcolabilità progettuale dei fenomeni
- L'effetto destabilizzante dell'AC System

Il difficile percorso dei postmaxwelliani



Oliver Heaviside



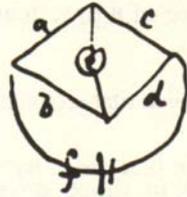
OLIVER HEAVISIDE

I suoi contributi



- Riscrive le equazioni di Maxwell
- Formula il bilancio energetico
- Teoria della linea TEM
- Linea non distorcente
- Calcolo operatoriale

Oliver Heaviside Phil Mag. Feb 73
 Great Northern Telegraph Company Newcastle on Tyne
 on Best Arrangement of Wheatstone Bridge



d resistance to be measured (given)
 f battery resistance (given)
 e galvanometer (given)

then for best arrangement

$$a = \sqrt{ef}$$

$$b = \sqrt{de \frac{d+f}{d+e}}$$

$$c = \sqrt{df \frac{d+e}{d+f}}$$

letter J.C.M

$d = \gamma$ resistance to be measured

$$f = a = B \quad c = \sqrt{\alpha - \gamma} \quad \sqrt{\alpha \alpha} \quad \sqrt{B G}$$

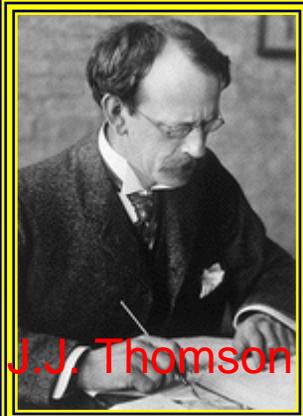
$$e = \alpha G \quad b = \sqrt{\alpha \gamma \frac{\alpha + \gamma}{\alpha + \gamma}} \quad \sqrt{B \gamma \frac{G + \gamma}{B + \gamma}}$$

$$a = c$$

$$b = \beta$$

$$c = \beta \quad \beta = \sqrt{\alpha \gamma \frac{\alpha + \gamma}{\alpha + \gamma}}$$

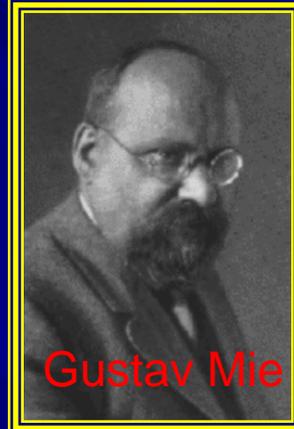
Alcuni altri postmaxwelliani d'oc



J.J. Thomson



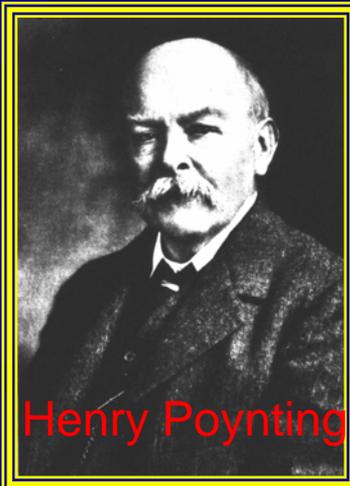
Arnold Sommerfeld



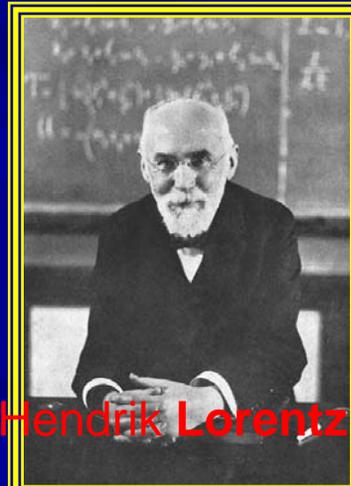
Gustav Mie



Henry Jeans



Henry Poynting

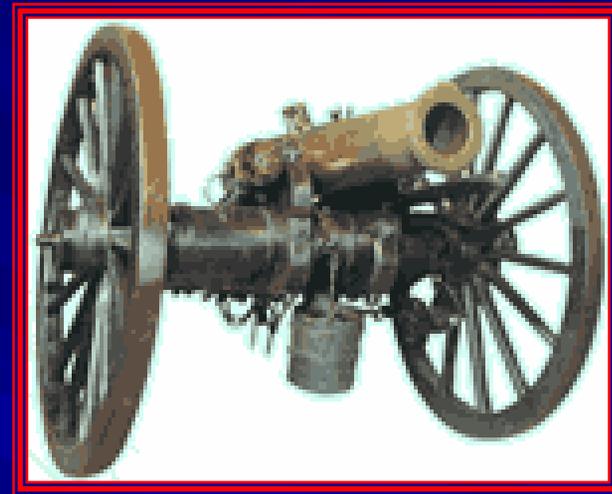


Hendrik Lorentz

E gli esempi si potrebbero
moltiplicare



- Il decollo industriale pone domande pressanti
- Il Secondo Impero è caduto
- Il declino inglese è in atto
- La Germania diventa, sul piano industriale, lo stato guida



Noi abbandoniamo la “strada maestra”.



E passiamo ad un altro gruppo di
postmaxwelliani di eccellenza:

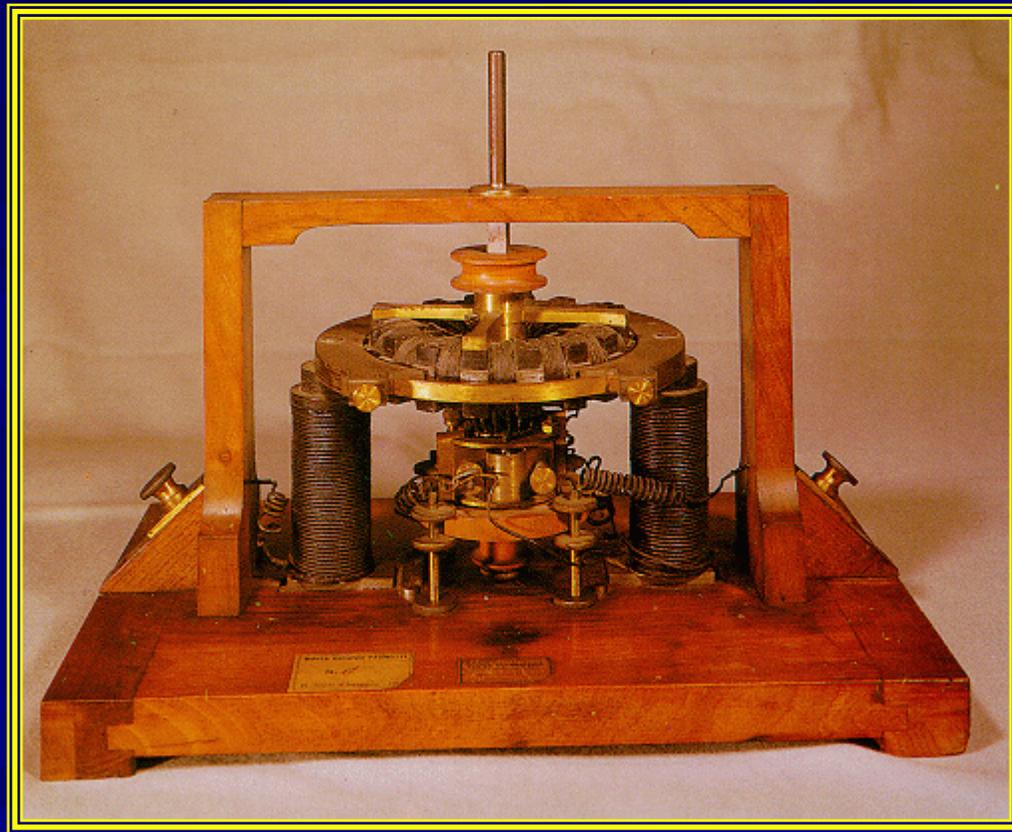
gli
ingegneri



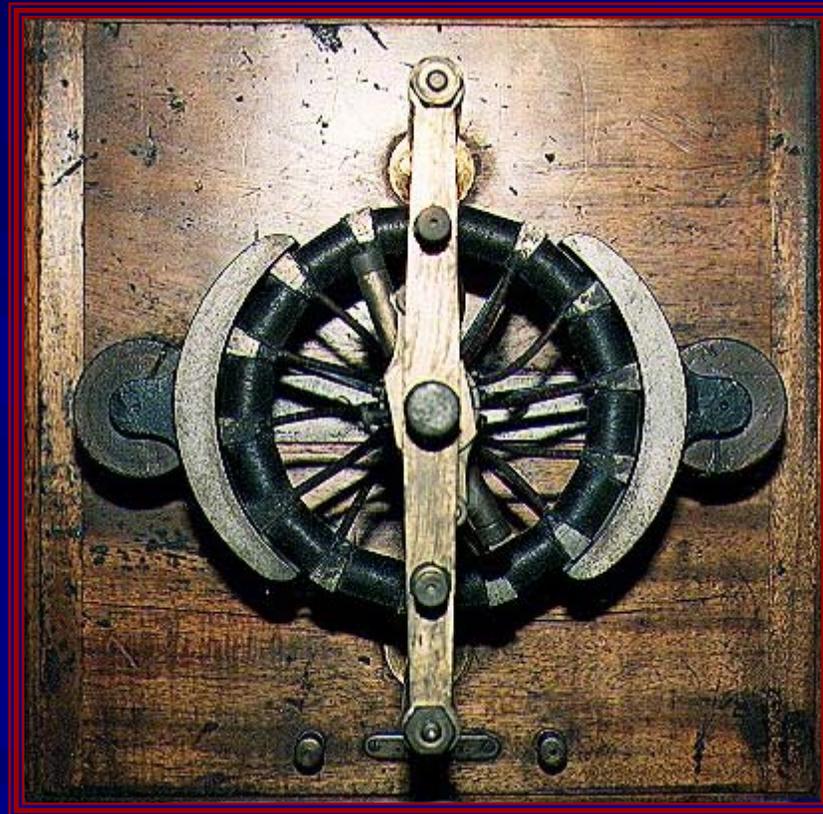
Inizialmente per loro la corrente continua è semplice.

Sia dal punto di vista matematico che, legata all'immediatamente sensibile, dal punto di vista fisico.

In questo caso bastano i fisici
tecnologici



Talvolta anche i tecnologici
non ancora fisici



E troppo spesso i sedicenti tecnici
che, negando tutto ciò che non
capiscono, negano il mondo intero.

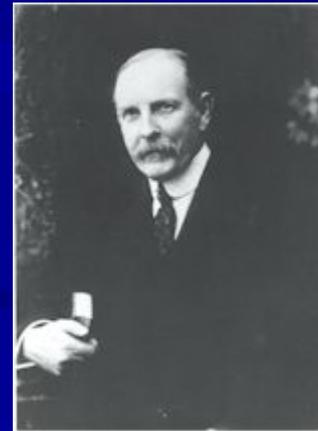
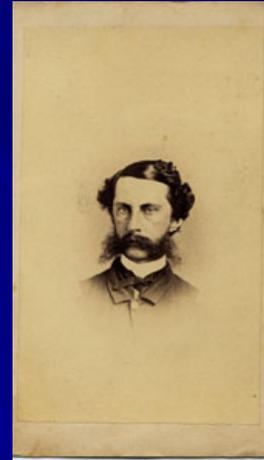
In una parola, i famigerati cantinari,
I quali, se ne conoscessero l'esistenza,
negherebbero anche le equazioni di
Maxwell..

Le cose però stanno cambiando...

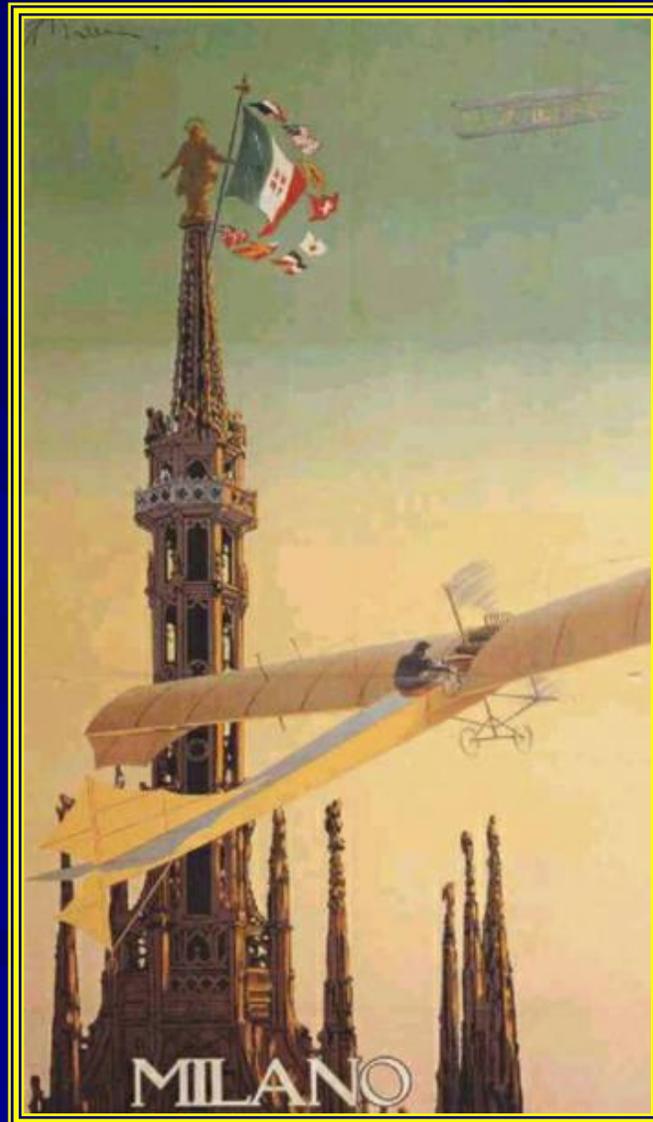
- Ferraris definirà la dinamo di Edison l'insegnamento della disfatta...
- Edison ha nel libro paga due matematici che gli fanno i calcoli che non sa fare, ma di cui capisce sempre di più l'importanza:

Hopkinson

Kennelly

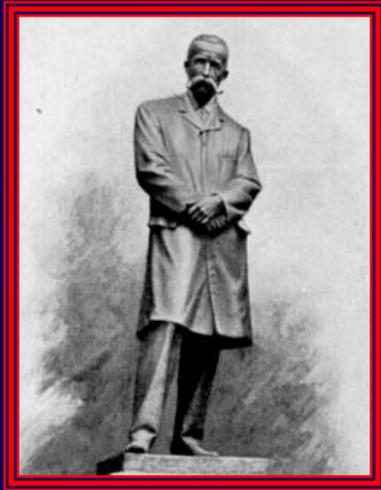


a Milano...



La milano di:

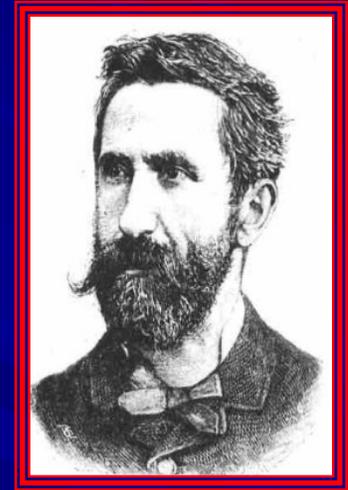
- Francesco Brioschi
- Giuseppe Colombo
- Giacomo Puccini
- La scapigliatura
- Il Politecnico
- Il Tecnomasio
- Ulrico Hoepli Editore Libraio della Real Casa



Francesco Brioschi



Il vascello Città di Milano
di Emanuele Jona



Giuseppe Colombo



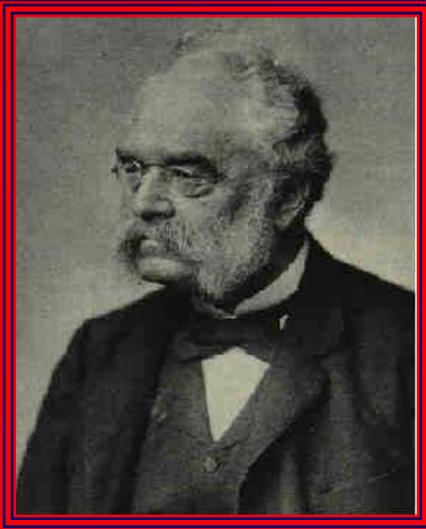
il Tecnomasio
di Bartolomeo Cabella



Nasce la IEICE...



In Germania, a seguito dell'Accordo tra Siemens ed Edison, viene affidato ad Erasmus Kittler il compito di scrivere il primo manuale di elettrotecnica.



von Siemens



Edison



Halske



251.907

KITTLER, Erasmus:

Handbuch der Elektrotechnik. Bd 1.2/1 (m.n.
e.) Stuttgart, 1886-90.

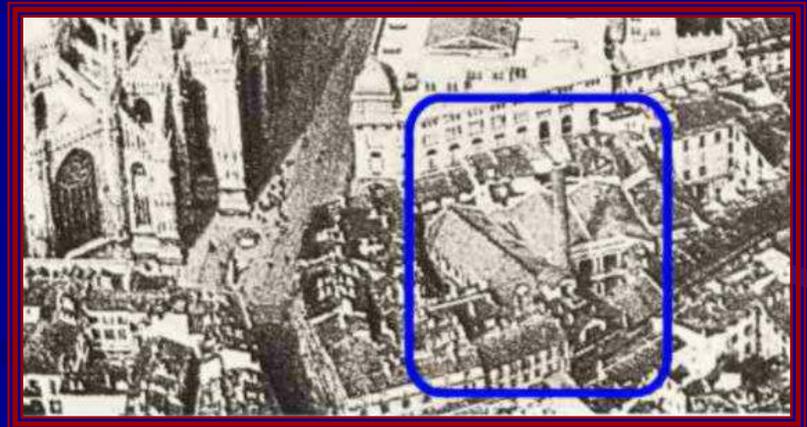
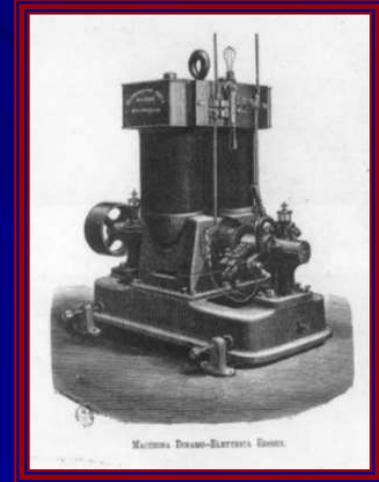
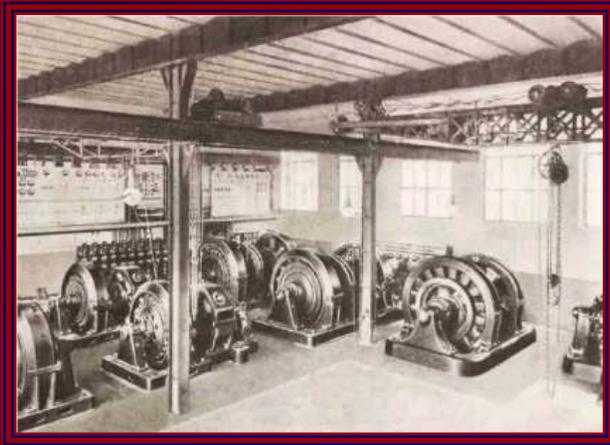
AB/Tr.

U.

Con sorprendente lungimiranza, il testo è diviso in due tomi distinti, Il primo riguarda le correnti forti (ola potenza), il secondo le correnti deboli (il segnale).

- Giunto negli USA e verificato il livello culturale locale, Steinmetz, che si era portato con sé il Treatise, scrive al padre per farsi inviare l'Handbook di Kittler
- Nel 1986 il Politecnico di Torino pubblica una monografia per celebrare Ferraris. Il testo impegnato e citato in bibliografia è ancora quello di Kittler...

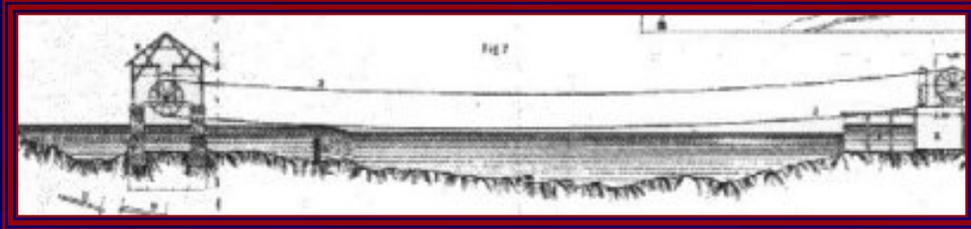
tra l'altro, a Milano...



Nascerà la prima centrale
termoelettrica europea.

Sulla quale conviene fare qualche
precisazione...

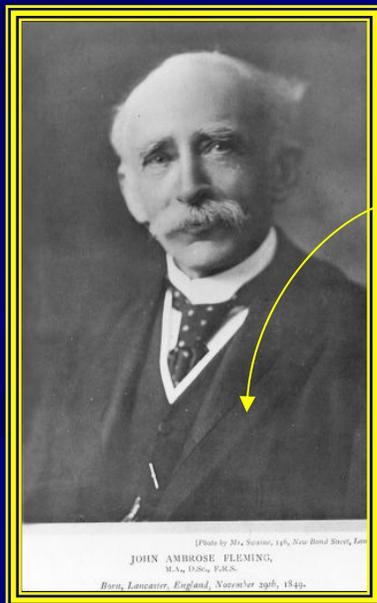
Dalla continua all'alternata: entra in gioco lo scienziato



le trasmissioni telodinamiche

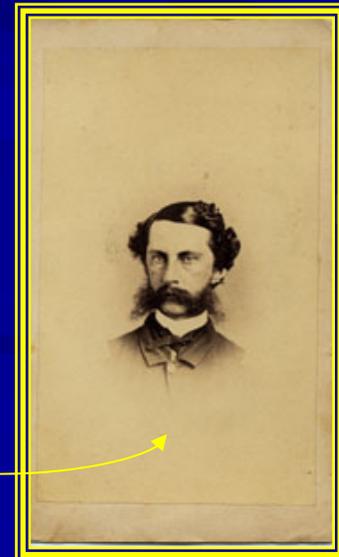


il generatore secondario



John Ambrose Fleming

John Hopkinson

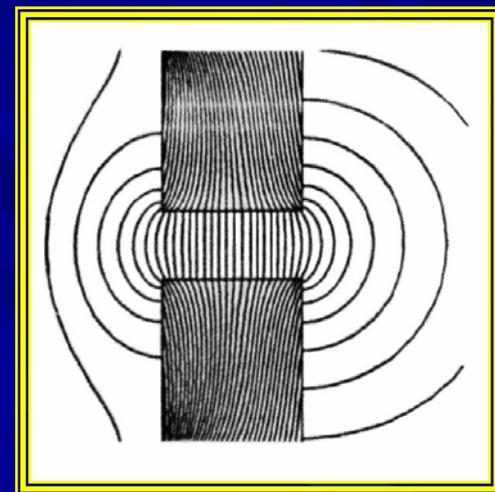
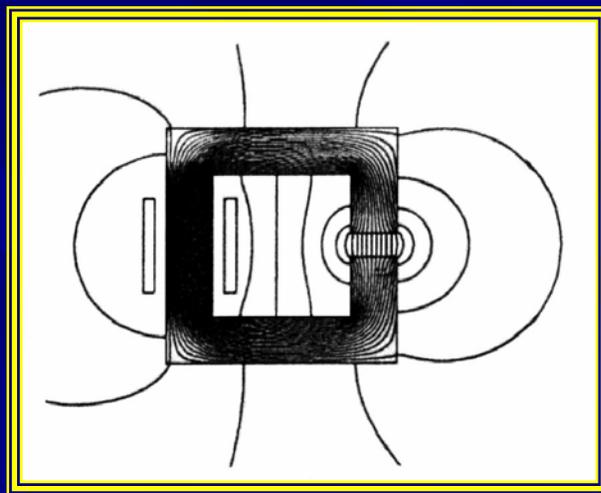
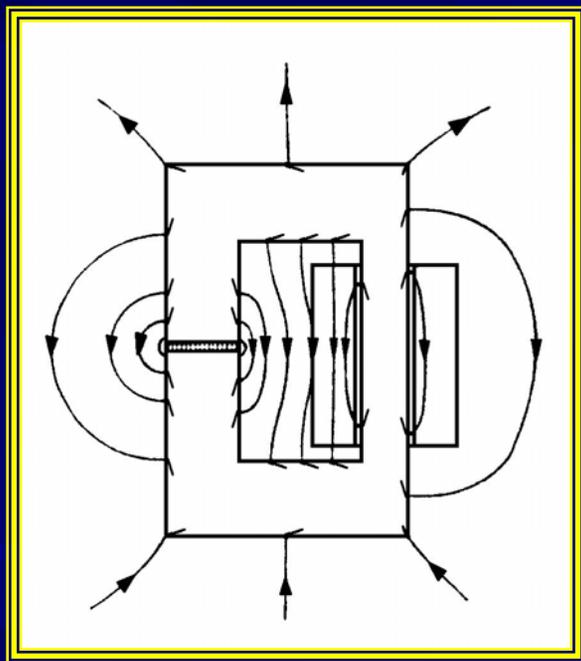


Il contributo degli scienziati fu
parziale e tipico di un impegno a mezzo
servizio...

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

Equivalenza agli effetti interni: chi era costei?



Dallo scienziato (Hopkinson) si passa
allo scienziato inventore (Ferraris)

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:

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

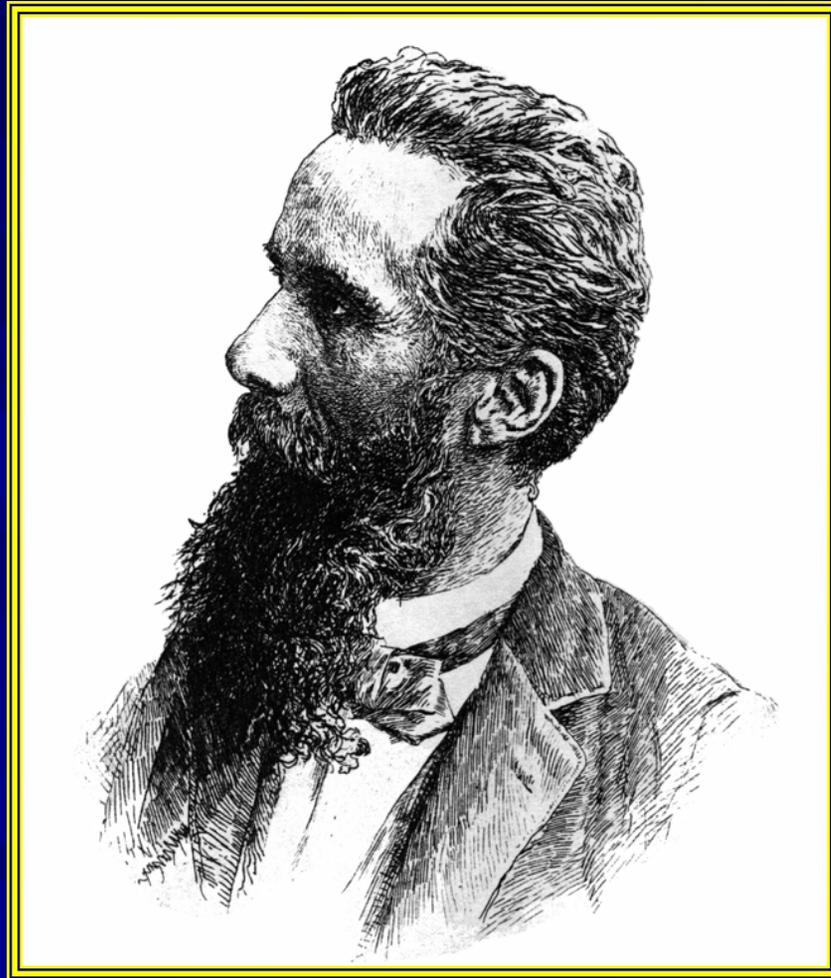
Se poi si dice L_0 il coeff. d'induzione propria se stesso della macchina, e se si dimostra
 che le due spirali dell'apparecchio Paulsen sono identiche, possiamo porre

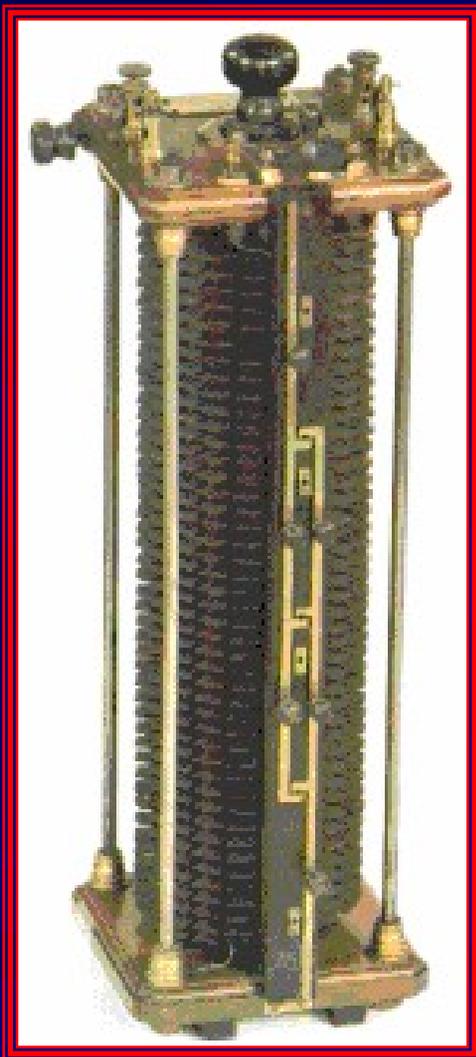
$$(2) \quad L = L' + L_0$$

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

Ferraris ed il trasformatore

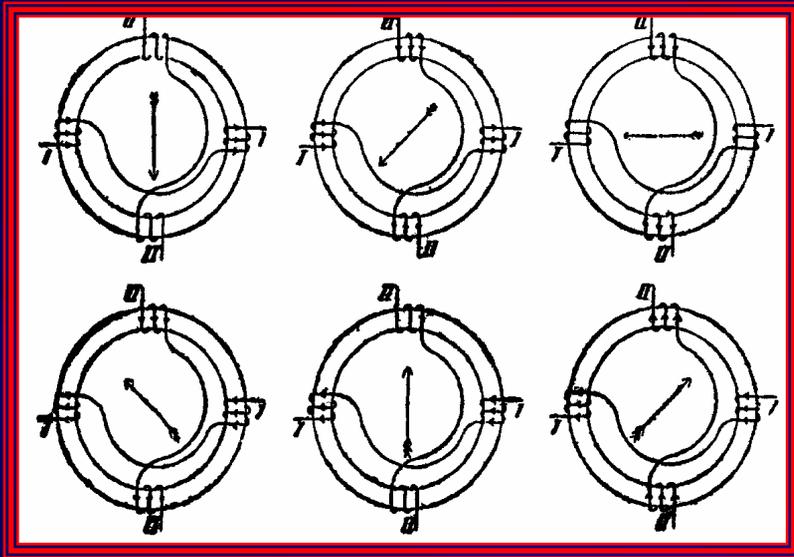




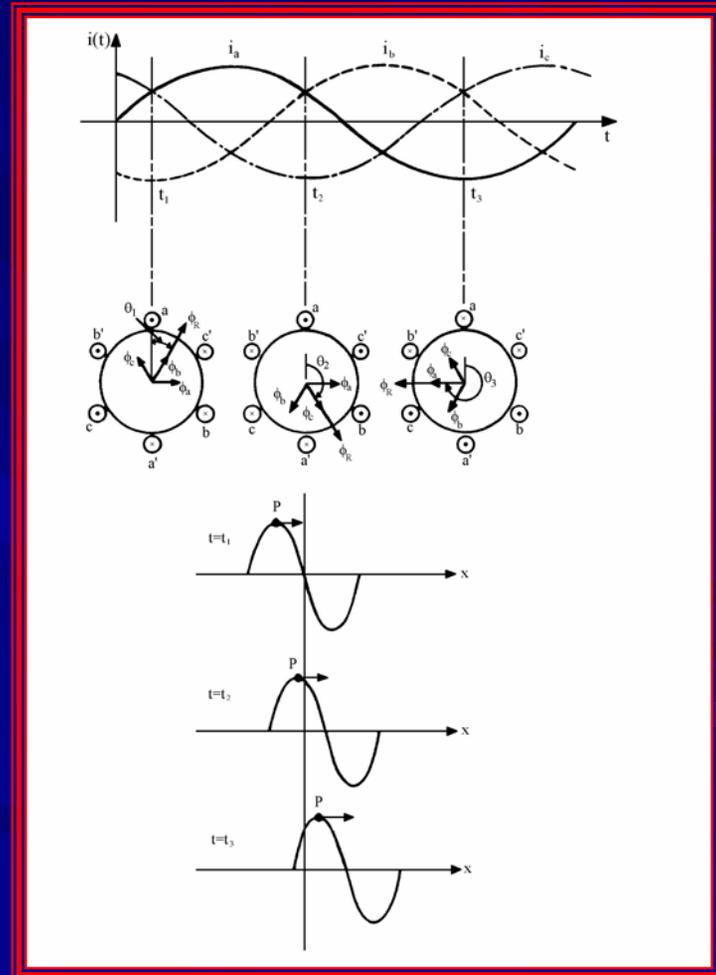
Torino 1884: la rivoluzione industriale diventa possibile



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.



il Campo Ferraris



Eccolo il girarrosto:



Con il suo 1/32 di “coniglio vapore”, complici Maxwell, Fresnel, Wagner ed i portici della vecchia Torino Sabauda, rende possibile la rivoluzione

industriale in atto.



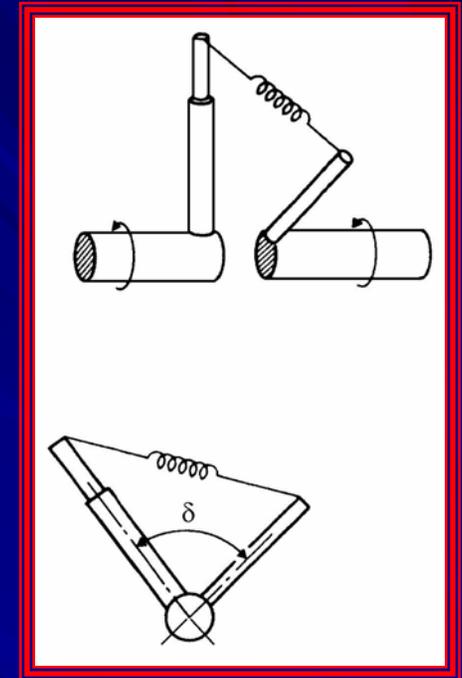
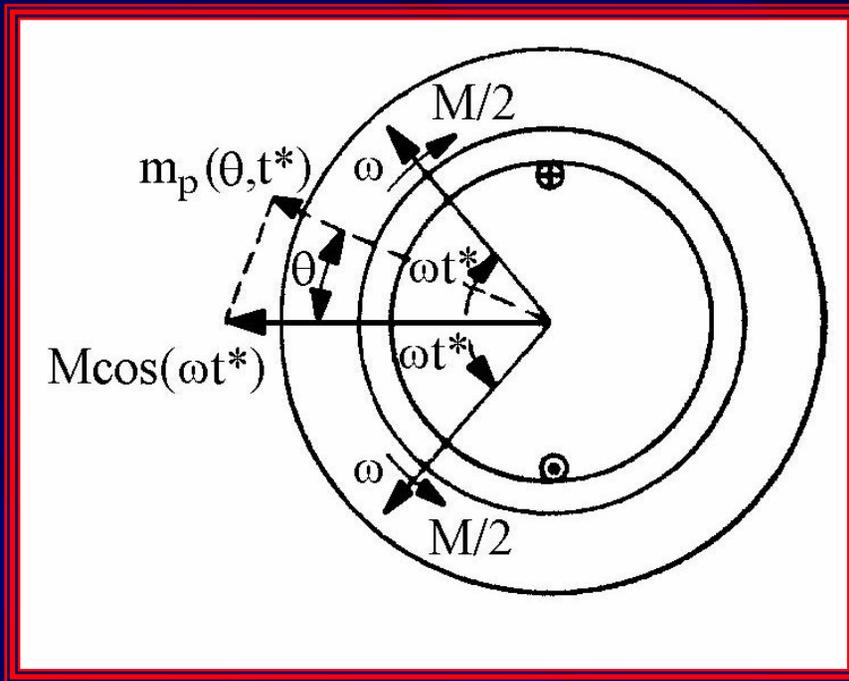
è ancora bifase

ma promette bene



I fondi della ricerca (Ferraris riceve lo stipendio dal Ministero dell'Agricoltura...) provengono in ampia parte da SM la Regina Margherita di Savoia.

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”.



i contributi di Ferraris sono molteplici

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

Ma Ferraris sferra
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...

Sulle differenze di fase delle correnti;
sul ritardo nell'induzione
e sulla dissipazione d'energia
nei trasformatori.

Risultati sperimentali e teorici
del Prof.
Galileo Ferraris -

La presente memoria ha per oggetto
l'esperienza e le discussioni di alcune serie
di esperienze da me eseguite nel laboratorio
di elettricità del Museo industriale già for-
nell'autunno del 1886. Per tali esperienze mi era
proposto di misurare le differenze di fase esistenti
fra le due correnti: primaria, primaria e secun-
daria, di un generatore secondario, o trasformatore
ad induzione, e di vedere come tale differenza di
fase variasse col variare delle condizioni di
lavoro del trasformatore, e ~~particolarmente~~ ^{particolarmente} col variare
delle resistenze del circuito secondario. Ma
il confronto dei primi risultati sperimentali
con quelli più semplici previsti dalla teo-
ria elementare di trasformatore ad indu-
zione mi fece subito in evidenza una differenza
notevole tra la legge teorica e la effettiva;
e l'indagine teorica di tale fatto mi servì di
guida nella scelta e nella condotta delle esperienze
successive. Trovata la differenza constatata tra
la relazione dimostrata dalle esperienze e quella
prevista dalla teoria elementare di spira-
facilmente coll'ammortore che lo magnetizza
forza e la demagnetizzazione del nucleo

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

Ferraris è però uomo del suo
tempo.

Ed anche uomo dell'italietta
umbertina...

La epoca della trasmissione elettrica dell'energia vanno
per summi tutte queste: Nel 1873 all'Esposizione di
Vienna Pantalone (de Parigi) fu funzionare come motore
a corrente continua 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
infelici ma istruttivi. La difficoltà di ottenere alta ed
adeguata alta potenza con corrente continua era
enorme, insuperabile; fu si può invece superare facil-
mente con la corrente alternata; la trasmissione in
grandi distanze con corrente alternata è facile e viene
provata si abbia un motore elettrico conveniente. Tale
motore elettrico conveniente si presentò come pos-
sibile dopo la scoperta del Drehfeld o campo rotatorio,
La - - - - -

Tuo affez. Luigi Ferrero

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

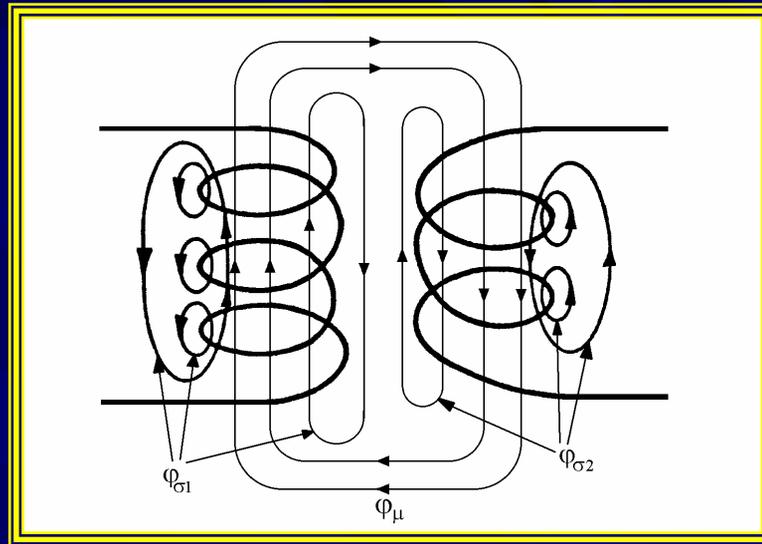
ING. ETTORE THOVEZ

TORINO (118)
CORSO RE UMBERTO, 67

fono 43-428

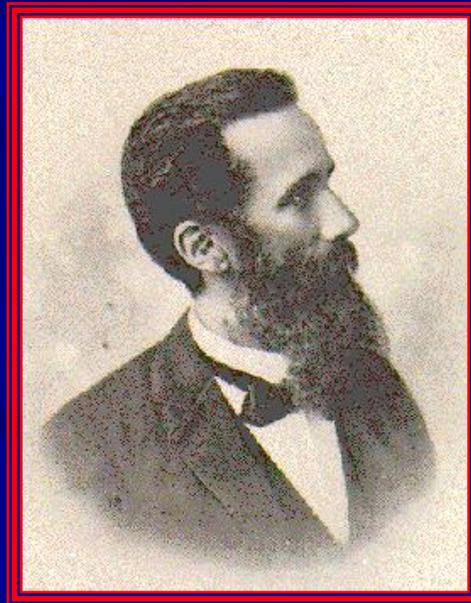
Torino, 19 ^{Agosto} ~~Maggio~~ 1936 XIV

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."



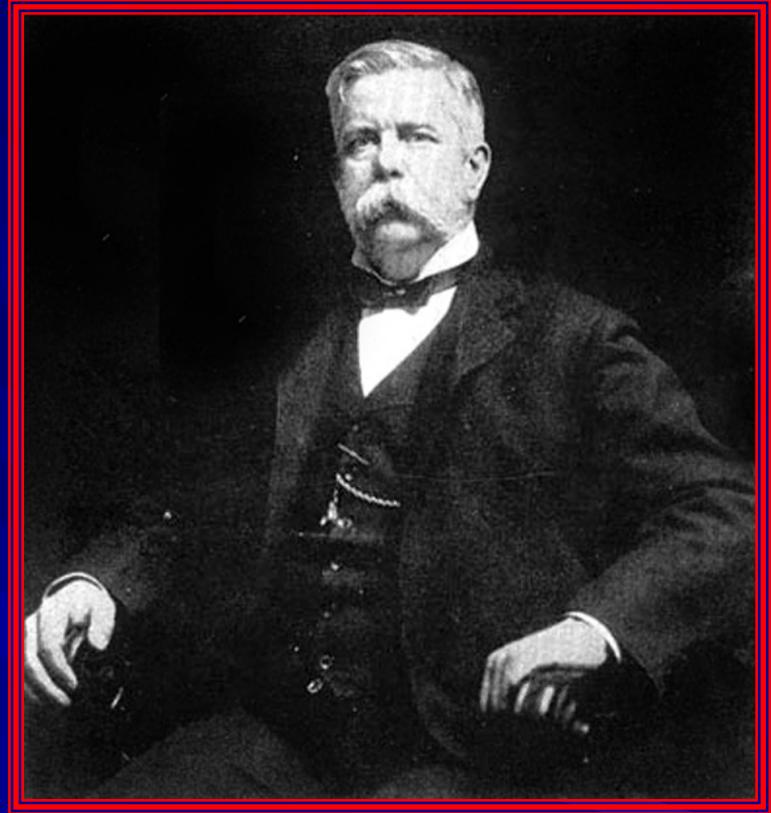
{	$\underbrace{\psi_1 = L_1 i_1 + M i_2}_{\text{metodo delle induttanze}} = \underbrace{l_{\sigma_1} i_1 + N_1 \varphi_\mu}_{\text{metodo di campo}}$
	$\underbrace{\psi_2 = M i_1 + L_2 i_2}_{\text{Maxwell}} = \underbrace{l_{\sigma_2} i_2 + N_2 \varphi_\mu}_{\text{Steinmetz}}$

Un uomo del suo tempo e dell'italietta



Il caso italiano

I contatti di Ferraris
con la Westinghouse



L'Italia del tempo

- Malinteso concetto della scienza pura che andava preservata dalla tecnica vista come peccato;
- Contemplazione del sommo vero;
- Disinteresse aristocratico dei fisici ancor più che dei matematici,
- Trionfo della scuola di fisica tecnologica di Pisa legata all'immediatamente sensibile

- Primato umanistico;
- Le scuole politecniche come scuole “speciali”;
- Negazione del carattere unitario della scienza come cultura umanistica;
- A parte Milano, si negò sempre il biennio propedeutico alle facoltà ingegneria che, in tal modo, non furono mai Politecnici,

- Esclusione dei Tecnici dal Consiglio Superiore della Pubblica Istruzione;
- Dopo Barsanti il primo ministro di settore tecnico sarà Orso Mario Corbino;
- Il post-risorgimento premia i matematici e non i fisici.

Nel 1898...

- Il parco generatori era composto da 1864 unità di provenienza italiana e da 176 di provenienza straniera;
- Ma ,mentre queste generavano 66420 kW, le altre ne generavano 20150;
- Il macchinario di grossa potenza era dunque straniero;
- Le aziende, a capitale straniero, si appoggiavano ai centri di ricerca della casa madre
- Non occorre dunque una grande competenza italiana che fosse non universitaria

La conferma fu:

- Il dopo-Ferraris
- La qualità dei testi pubblicati
- Il livello della ricerca...
- La presenza di fisici matematici prestati all'ingegneria ma mai divenuti ingegneri

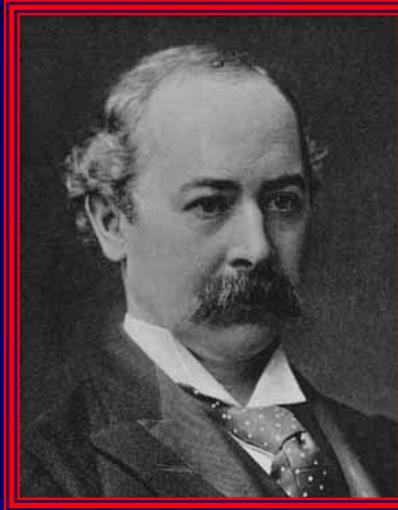
Alcuni veloci esempi

- Grassi
- Sartori
- Ascoli
- Giorgi
- Vallauri
- Morelli
- Barbagelata
- Donati
- Palestrino e Caminiti
- Dalla Verde
- Lori
- Bottani
- Someda
- Dalla Verde

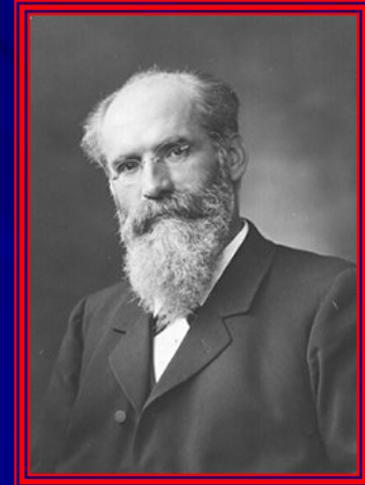
In Europa



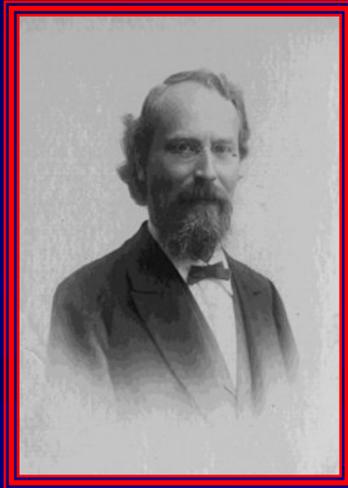
Dobrowolsky



Thompson



Arnold



Lehmann



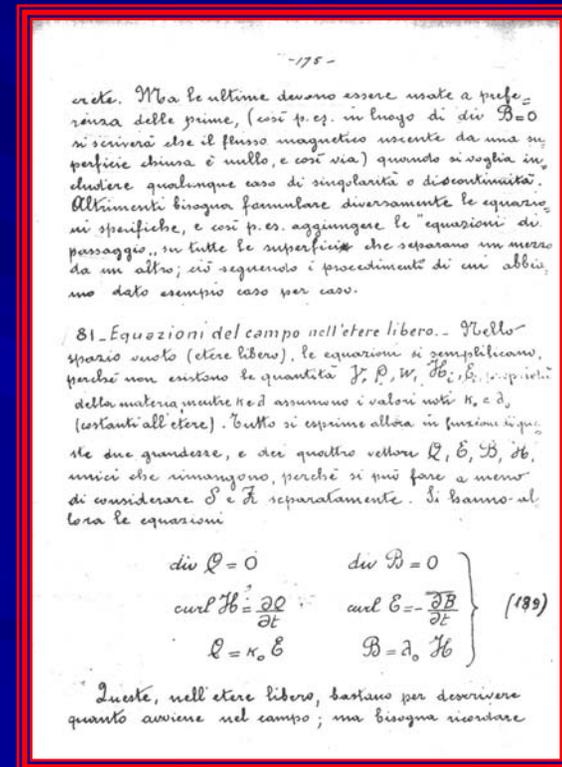
Blondel



Brown

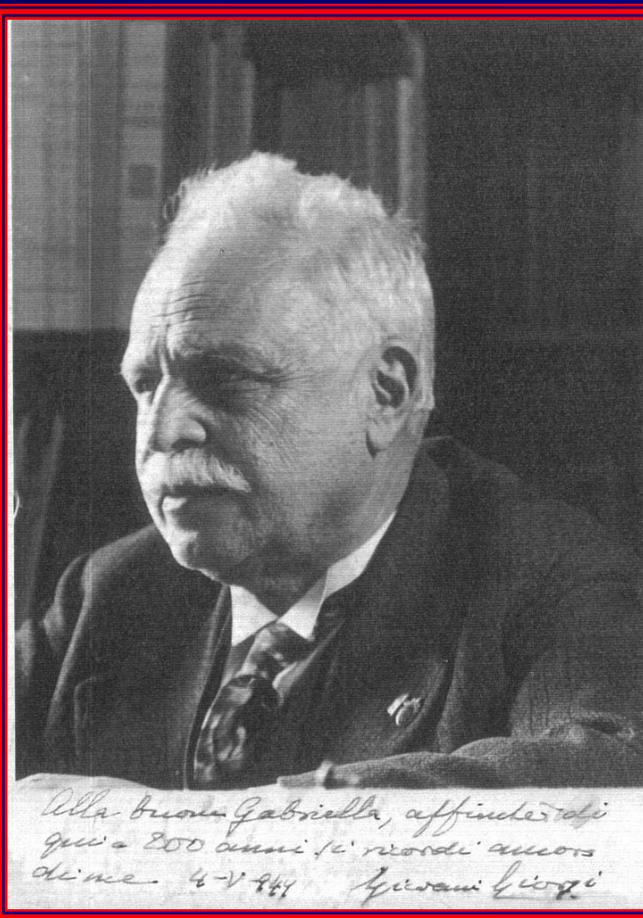
Non furono dissimili

E comunque non avrebbero mai potuto superarlo



a Lui

a Giovanni Giorgi



Il crogiolo che vide la nascita dell'ingegneria elettrica scientifica fu gli USA

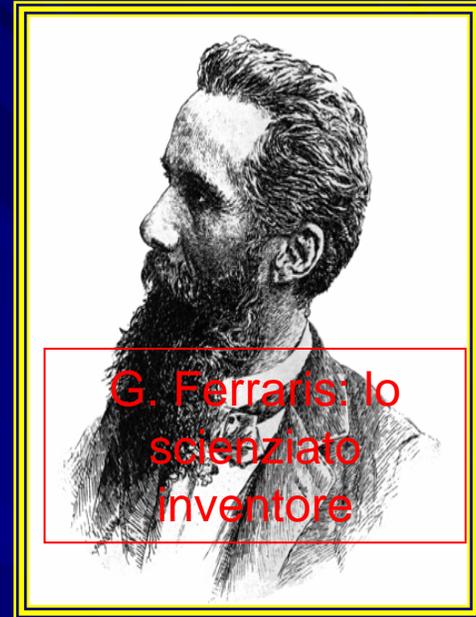
- Non esisteva una tradizione scientifica;
- Non esisteva una tradizione accademica di settore;
- Vi era grande imprenditorialità;
- L'urgenza dell'AC System era imposta dalla costruzione della centrale di Niagara Falls
- C'era un uomo che, nell'ambito imprenditoriale, era eretico ed innovatore come lo furono Faraday e Heaviside.

Quell'uomo era Edison

La situazione può essere
sintetizzata dalla seguente diapo



J.C. Maxwell: il tutto



G. Ferraris: lo scienziato inventore



M. Pupin: il fisico matematico che si ostina a restare tale



C.P. Steinmetz: il fisico matematico che diventa ingegnere

La cultura scientifica ufficiale pensava che:

*«electrical engineering was born yesterday
and had no long-standing tradition, no
professional culture».*

Secondo Pupin:

«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 Stinmetz:

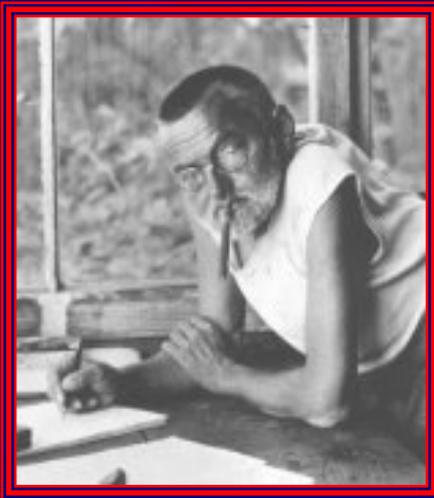
- *«The theory of the transformer described a device that does not exist in practise, but merely haunts as a phantom transformers the text-books and mathematical treatise on transformers»;*
- *«Most theories of the induction motor were written only by theorist who never constructed a motor themselves 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».*

È giunto il momento di fare la conoscenza con lui

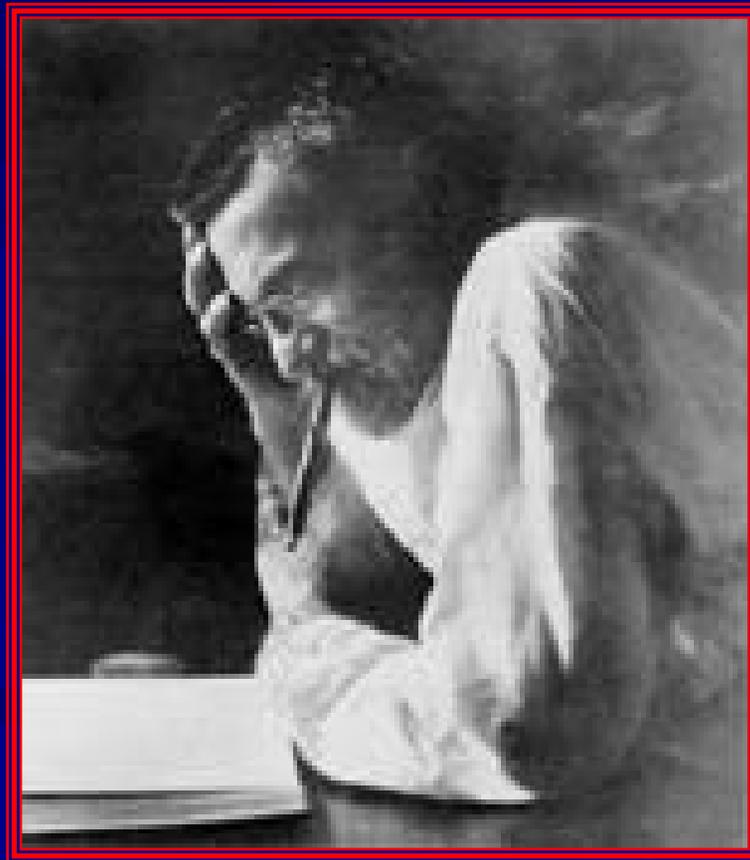
Con il più grande ingegnere elettrico della storia:
il matematico, fisico, storico, filosofo, politico ed
economista:

- Charles Proteus Steinmetz
- Come già con Maxwell, i suoi contributi, più che in fatti nuovi consistettero in idee nuove ed in modi innovativi di leggere il vecchio.
- Quanto diede fu l'esito dell'eccezionalità della sua formazione e della illuminata singolarità del mondo in cui visse ed operò

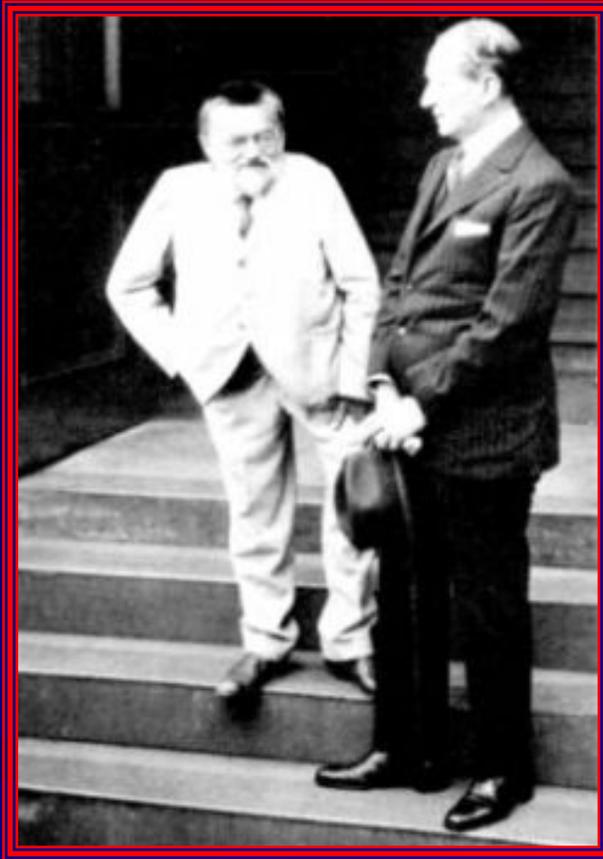
Fu battezzato in USA Proteus per
la polivalenza della sua
preparazione.



Fu definito “il Mago” per ciò che
seppe costruire



E fu definito nel contempo uno
“gnomlike man”



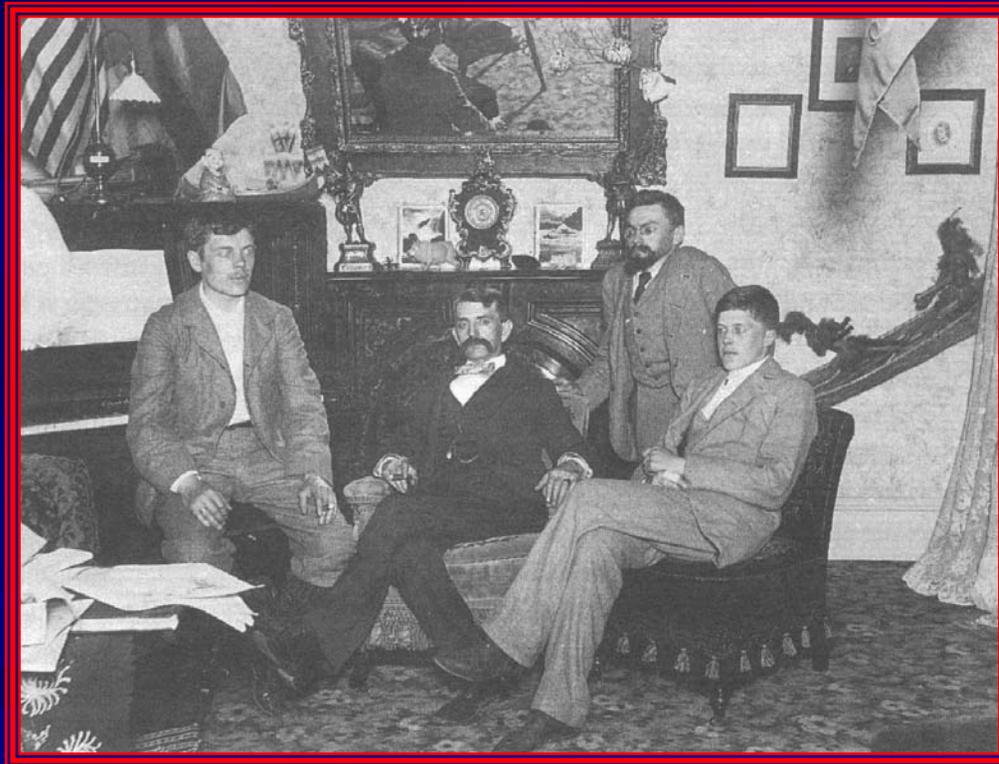
Con il suo motto:
“physics today engineering tomorrow”
rese postmaxwellianamente possibile la feconda
interazione tra Edison e Kelvin



Eccentrico e libero pensatore



Sebbe creare una scuola di pensiero



THEORY AND CALCULATION
OF
TRANSIENT ELECTRIC PHENOMENA
AND OSCILLATIONS

BY
CHARLES PROTEUS STEINMETZ



Published by the
McGraw-Hill Book Company
New York

Successors to the Book Departments of the
McGraw Publishing Company Hill Publishing Company

Publishers of Books for
Electrical World The Engineering and Mining Journal
The Engineering Record Power and The Engineer
Electric Railway Journal American Manufacturer

THEORY AND CALCULATION
OF
ALTERNATING CURRENT
PHENOMENA

BY
CHARLES PROTEUS STEINMETZ

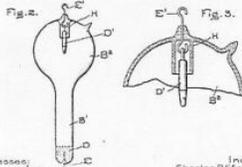
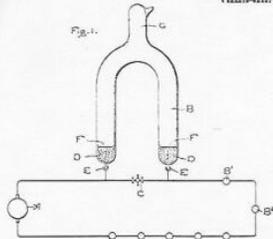
WITH THE ASSISTANCE OF
ERNST J. BERG



NEW YORK
THE W. J. JOHNSTON COMPANY
211 Broadway
(1917)

at action

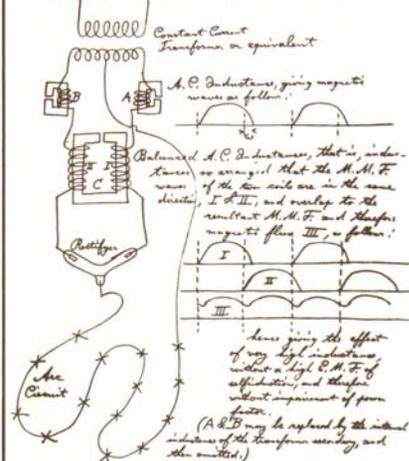
C. P. STEINMETZ,
WARD FOR REDUCED COST,
APPLICATION FILED APR. 11, 1912.
1,025,982. Patented May 7, 1912.
1,025,982-1.



Witnesses
Myra C. Stearns
Alfred G. Stearns

Inventor
Charles P. Steinmetz
By Alfred G. Stearns

Constant Current Through the Rectifier System



Charles P. Steinmetz

GENERAL ELECTRIC COMPANY

Folio _____

EXECUTIVE CORRESPONDENCE

Misc

December 3, 1915

Mr. Beck,
Building 46

Dear Sir:-

I herewith send you some metallic titanium,
about 90% (or more) pure, ground to 200 mesh, as promised
in our last conversation. I regret the delay,
but I forgot about it and just remembered it. Why
didn't you remind me of it? I should be glad to
hear what effect it has under your conditions, when
you have a chance to try it. If you should need
more, I have a considerable supply for further
experiments.

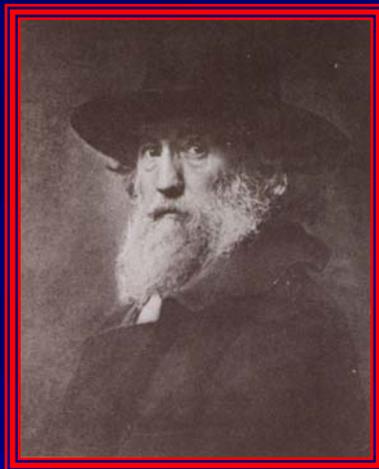
Yours,

Charles P. Steinmetz

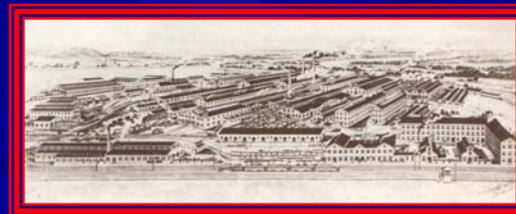
GPS-SW

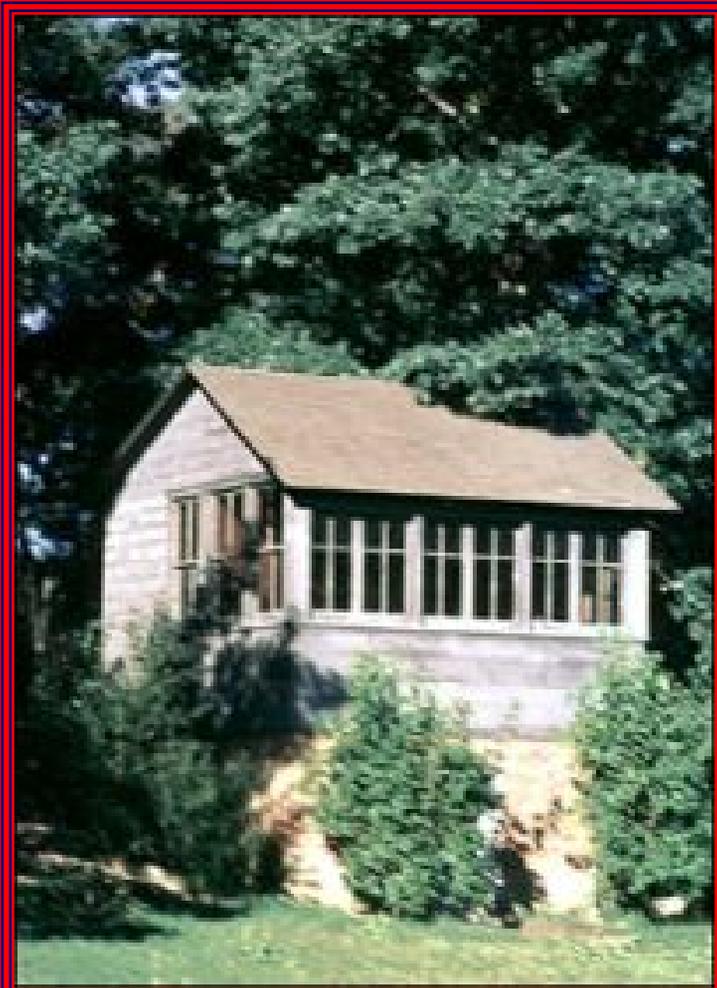


ebbe un maestro: Old Vic



ed un nome tutelare: Edison e la GE









PLANTS OF CHARLES P. STEINMETZ
MEMORIAL PARK, SCHENECTADY