

## **GIOVANNI GIORGI, INGEGNERE ELETTRTECNICO, NEL SUO TEMPO**

### **Cenni biografici e professionali**

Giovanni Giorgi (Lucca 1871, Castiglioncello (Livorno) 1950) si laureò nel 1893 in Ingegneria a Roma avendo come insegnanti Eugenio Beltrami e Luigi Cremona. Nel 1903 ottenne la libera docenza in Elettrotecnica, nel 1908 divenne professore ordinario di Elettrotecnica a Palermo. Dal 1912 al 1914 insegnò Meccanica Razionale alla Scuola Superiore di Costruzioni Aeronautiche di Roma come professore ordinario. Nello stesso periodo insegnò Analisi Superiore nell'Università di Roma. Negli anni 1926-29 fu ordinario di Meccanica Razionale e di Fisica Superiore all'Università di Cagliari. Dal 1929 al 1934 insegnò Meccanica Razionale e Fisica Superiore, come ordinario, all'Università di Palermo. Finalmente nel 1934 fu nominato ordinario di Trasmissioni e Misure Telegrafiche e Telefoniche e di Comunicazioni Elettriche all'Università di Roma, dove restò sino al 1940.

Come si vede, nella sua lunga attività scientifica[\[460\]](#), protrattasi per cinquantasette anni, si rivolse ai campi dell'ingegneria, della fisica, della fisica-matematica, dell'elettromagnetismo. Coltivò anche interessi nella storia della scienza, specie dell'elettrodinamica, e la sua sensibilità alla dimensione storica della stessa può ritenersi all'origine delle sue capacità innovative nella riformulazione post-maxwelliana della teoria elettromagnetica, di cui tratterò brevemente in seguito, e delle sue proposte innovative nell'insegnamento della stessa.

Per un rapido accenno ai suoi contributi alle tecnologie elettriche, si può notare come Giorgi sviluppò originali vedute nel campo della trazione elettrica, degli impianti elettrici, nelle telecomunicazioni, nelle costruzioni di macchine ed apparecchi elettrici, nelle misure elettriche ed idrauliche. I suoi lavori sul calcolo operatoriale di Heaviside rappresentano notevoli contributi alla fisica-matematica, che precedettero quelli di Berg e di Carson.[\[461\]](#)

Nel complesso, come si può notare, si è in presenza di una panoramica di contributi vasta ed eminente, pur sempre caratterizzata, a mia opinione, da una particolare formazione culturale e scientifica, quella della cultura ingegneresca dell'Europa continentale, che aveva avuto nell'Ecole Polytechnique, pur nelle mutate condizioni di tempo e di luogo, l'esempio di un tentativo di sintesi fra scienza e tecnologia.

### **Giorgi e lo sviluppo novecentesco dell'elettrodinamica**

Giorgi era convinto che la teoria maxwelliana dei due sistemi assoluti, l'elettrostatico e l'elettromagnetico, presentasse un difetto di fondo non riparabile attraverso gli aggiustamenti delle unità delle grandezze fondamentali o derivate che erano stati tentati da altri fisici.

Il criterio di derivare tutte le unità dei due sistemi da tre unità fondamentali meccaniche per le masse, le distanze e i tempi, secondo Giorgi aveva perso ogni giustificazione razionale con la caduta della concezione fondamentalista della meccanica nella seconda metà del secolo, ed era da lui considerato come una supina acquiescenza alle idee meccanicistiche di grandi fisici del passato come Gauss, Weber e persino Maxwell. Nel suo ripensamento dei fondamenti della teoria di Maxwell, che Giorgi aveva sviluppato anche sotto l'influsso delle teorie di Heaviside, egli rilevava, fra l'altro, che attribuire il valore unitario e adimensionale alle costanti delle leggi di Coulomb elettrostatiche e magnetostatiche contraddicesse il loro stato di "costanti fisiche", indici della "capacità dello spazio di essere carico di energia", non semplici coefficienti numerici .

Riprendendo un'osservazione di Maxwell sulla quarta unità e migliorando una proposta di Heaviside

di assegnare valori fisici alle costanti [epsilon] e  $u$  per il vuoto, Giorgi introduceva una quarta unità di natura elettrica, quella di resistenza, e costituiva in definitiva un sistema quaternario "m, kg, s, unità elettrica", al tempo stesso pratico ed assoluto, rispettando il Sistema Metrico Decimale e i suoi campioni depositati a Sèvres. Otteneva inoltre il risultato di confermare l'uso inalterato delle unità elettriche pratiche, di ridurre al minimo le modifiche alle definizioni esistenti.[462] Nonostante il riconoscimento e il decisivo appoggio di Silvanus Thompson nel Regno Unito, di F. Emde in Germania, poi di G. A. Campbell negli Stati Uniti e più tardi di numerosi altri, fra cui A. Sommerfeld, occorsero più di trent'anni prima che la *American Committee of Physicists and Electricians* proponesse alla *Special Committee della Electrotechnical Commission* l'adozione del noto sistema Giorgi a quattro unità fondamentali, adozione che venne approvata nell'ottobre 1933.

L'opera di Giorgi si inserisce in un fase di rapida espansione delle applicazioni dell'elettricità all'industria e alla vita civile[463] e nello stesso tempo di riformulazione dei fondamenti della teoria elettromagnetica di Maxwell, specie dopo la comparsa della relatività ristretta di Einstein.

### **Giorgi ingegnere e le quattro irrazionalità della metrologia post-maxwelliana**

Prenderò lo spunto da ciò che Giorgi dice[464] a proposito delle quattro irrazionalità della metrologia post-maxwelliana (in seguito indicata con MPM) per scendere in qualche dettaglio sulle idee che guidarono Giorgi nelle sue innovazioni.

La prima irrazionalità della MPM, secondo l'autore, è data dalla presenza del fattore 4 [pi] nelle formule. Questo fattore rappresenta la superficie di una sfera di raggio uno ed è quindi fuori posto per Giorgi nei fenomeni in cui non c'è una simmetria sferica. Nel caso, ad esempio, della formula di Gauss per il campo elettrico di una carica puntiforme il fattore 4 [pi] è giustificato in quanto il flusso totale del campo è assimilato alla portata di una sorgente: la carica sarebbe ragionevolmente ( e quindi: necessariamente, secondo l'autore ) misurata dal flusso della forza da essa prodotta attraverso una sfera di raggio uno.[465]

Si noti come l'argomentazione di Giorgi non presenta in effetti tanto il carattere di necessità logica, quanto quello di una convenienza operativa (cioè: di una ragionevolezza pratica). Infatti, la dipendenza dal raggio  $r$ , che giustifica l'analogia col flusso da sorgente idrica, la si conosce solo dopo aver trovato la legge; quindi l'argomentazione è priva di necessità logica. Giorgi fa un aggiustamento a posteriori della sua argomentazione, giustificata soltanto dalla convenienza di avere una formulazione della legge analogicamente più intuitiva. Questo modo di argomentare è tipico dell'ingegnere che assimila la praticità dell'intuizione con la razionalità.

D'altra parte, Giorgi è critico anche nei riguardi di lungaggini dimostrative, che, a volte, del rigore matematico hanno soltanto la presunzione ( atteggiamenti tipici di certa accademia nostrana fine secolo). La sua praticità rifugge anche dalle sottigliezze (presunta precisione) nella dimostrazione della legge o teorema di Gauss: "una mancanza di rigore matematico in una dimostrazione che viene imposta nell'insegnamento come unica e precisa, mentre non lo è".[466] E altrove: "Si vuol calcolare la capacità di un condensatore in aria a lame piana.... nonostante che non abbia funzioni elettrostatiche lo studioso è rinviato a quei lunghi e tediosi capitoli di elettrostatica che l'insegnamento tradizionale premette a qualunque studio di elettrostatica.....".[467]

Trovo che anche questo aspetto dell'opera di Giorgi è consistente con la sua cultura. La sua esperienza di pratica ingegneristica gli fa ridimensionare un certo metodo presuntuosamente rigoroso introdotto nell'insegnamento, dovuto a una insensibilità storica che produce una sorta di isteresi intellettuale, con conseguenze funeste nella capacità di trasmettere la scienza.

Giorgi è infatti critico della metrologia Maxwelliana, i cui "errori" giustifica con il contesto meccanicistico (oggi diremmo neo-meccanicistico) in cui si muove Maxwell. Giorgi critica il metodo

dimensionale di Maxwell[468] per arrivare alla velocità della luce, con un suo gustoso riferimento ai ".. sapienti enigmi (sic) delle relazioni dimensionali che si intrecciano con quelli delle relazioni fra unità elettrostatiche ed elettromagnetiche".[469]

La seconda irrazionalità nell'elettrodinamica tradizionale riguarda i criteri che consentono di avere unità ben definite e sottratte all'arbitrio, quegli stessi che avevano ispirato Gauss nella scelta dei sistemi assoluti (AS). Secondo Giorgi, essi hanno perso efficacia dopo la moltiplicazione degli AS. La moltiplicazione fu iniziata da Maxwell, con i ben noti due sistemi es ed em.

"I nostri predecessori, e soprattutto Weber, Maxwell e i Comitati dell'Associazione Britannica, hanno fatto opera che merita tutta la nostra ammirazione adeguando la metrologia elettrica a quelle che erano le dottrine scientifiche nel periodo che va dal 1850 al 1873....Ma da quel tempo, le vedute degli scienziati e le esigenze dei pratici hanno subito un'evoluzione ben grande... le concezioni Maxwelliane hanno portato per gradi successivi a una trasformazione completa nel modo di concepire l'elettrofisica...ma...tutta la metrologia edificata allora era informata a questo punto di vista: far dipendere le unità elettriche da quelle meccaniche...Se ora asseriamo venuto il momento di rivedere tutte le posizioni, non ci si accuserà di fretta rinnovatrice né di mancanza di riverenza all'opera magistrale dei fondatori dell'elettrofisica: ispiriamoci ai loro insegnamenti anziché accettare senza discussione i loro risultati."

In questa argomentazione si può notare quella notevole consapevolezza storica che consente all'autore di comprendere come un'innovazione che rappresenta un progresso in un dato periodo storico, se mantenuta oltre il suo tempo può trasformarsi in regressione[470]. Si può parlare di "regressive shift" alla Lakatos.

E' notevole come questa consapevolezza di un relativismo storicamente fondato sia compenetrata da spunti pragmatici, tipici dell'ingegnere, come quando dice: "Noi ammortizziamo le macchine in quindici anni...e non vogliamo ammortizzare la metrologia e le forme di studio (sic) antiche dopo mezzo secolo? "

La quarta irrazionalità (della terza parlerò alla fine) è legata al fatto che nei sistemi precedenti non si riusciva a sistemare tutte le unità in modo conveniente alla pratica degli elettricisti sotto l'aspetto della loro grandezza (erano troppo piccoli o troppo grandi in confronto alle grandezze con cui si opera comunemente nella pratica). Si può parlare di una irrazionalità pragmatica, che ha certamente motivo in questa sede per essere eliminata, ma, come notavamo prima, viene connotata anche del carattere di irrazionalità tout-court.

La terza irrazionalità riguarda il vincolo alla scelta di unità meccaniche. L'autore afferma che tale vincolo era legato alle concezioni del meccanicismo, mentre è ora comune convinzione che la scelta delle unità è meramente convenzionale ( sottinteso: quindi l'unico criterio è quello della praticità ).

Giorgi fa inoltre un'altra considerazione:  $[\epsilon_0]_{deg}$  e  $u_{deg}$  rappresentano la densità di capacità elettrica e magnetica dello spazio vuoto, e, in quanto tali, non possono essere uguali all'unità, come nei sistemi c.g.s. In questo ultimo ragionamento il criterio della praticità viene accantonato, dando la prevalenza al criterio della rappresentazione energetistica del mondo che è tipica dell'ingegnere fine secolo: anche lo spazio vuoto contiene energia, senza che sia necessario proseguire riduzionisticamente a spiegare come, cioè con quale supporto (l'etere ?) essa la contenga.[471] Le due grandezze erano state sino ad allora grandezze (entità) fondamentali con Hertz (che fa dipendere da esse il concetto stesso di carica); ora diventano osservabili.

Per quanto riguarda la concezione convenzionalistica della scelta delle unità si noti quale enorme salto o spostamento concettuale esso rappresenti rispetto alla radice fondazionalista meccanica delle unità assolute di Maxwell e successori, fresca allora di appena cinquant'anni.

## I contributi della strumentazione alla innovazione delle idee

E' importante sottolineare che all'innovazione concettuale contribuì l'evoluzione della strumentazione, nel senso che dirò subito. Si riesce infatti ad afferrare una giustificazione della nuova metrologia di Giorgi attraverso le innovazioni che la nuova strumentazione induce nella metrologia.

Seguiamo l'argomentazione di Giorgi a proposito della scelta dello Ohm, unità di resistenza elettrica, come quarta unità nel sistema internazionale. Il vecchio Ohm internazionale era definito[472] come la resistenza di una colonna di Hg, avente la massa di 14, 4321 g , la lunghezza di 1, 063 00 m , presa alla temperatura del ghiaccio fondente, una sezione costante. Giorgi nota come la definizione del campione si rifà in definitiva principalmente alle grandezze meccaniche e a una sostanza chimicamente definita. Quindi il meccanicismo correlato alla definizione delle vecchie unità assolute non è stato del tutto eliminato, (si può parlare di unità semi-assolute). Ma, come fa notare subito dopo l'autore:

"Si è riconosciuto { Conferenze di Berlino 1905, Londra 1908, Washington 1910 } che l'unità campione così definita non può essere ottenuta, se non con gran pena, con la precisione al massimo di 1:100 000. La metrologia moderna non può accontentarsi di questa precisione, perchè i campioni di margarina realizzati coi metodi più moderni si conservano invariati entro qualche milionesimo, e il confronto fra due resistenze uguali., cioè la riproduzione di un campione, si ottiene ora nei laboratori primari con la precisione del diecimilionesimo".[473]

Ed altrove:

"Da principio si voleva che le unità elettrotecniche fossero stabilite in base a "campioni naturali" secondo valori teorici, scegliendole in guisa che fossero multipli esatti delle unità C.G.S. elettromagnetiche. Poi a man mano che la tecnica delle misure progrediva, si cominciò a riconoscere che i campioni naturali e le "misure assolute" che ne derivano non consentono altrettanta praticità e precisione quanto i campioni materiali: le definizioni del 1908 sancivano il distacco dalle unità fondate sui sistemi G.G.S., e iniziavano uno stadio di transizione: tarature fondate su campioni non depositati e conservati materialmente, ma individuati per mezzo di dati e di dimensioni, con l'intento che fossero riproducibili ex novo in qualunque luogo e in qualunque tempo con identità di risultati. A quel tempo la precisione delle misure di confronto non era progredita come ora: nella comparazione di due resistenze uguali si arrivava forse al cinquantamillesimo e in quella di due intensità di correnti uguali si poteva aspirare al decimillesimo".[474]

Avviene cioè che la strumentazione ( prevalentemente elettromagnetica, ma anche meccanica di precisione ) preposta alle misure di stabilità di un campione convenzionalmente scelto, e quella, analoga alla precedente, preposta alla sua riproduzione, sono, al tempo di Giorgi, così perfezionate, che, rispetto ad esse, le misure necessarie per accertare le condizioni di stabilità di campioni scelti con criteri di semi-assolutezza ( principalmente pesate) risultano imprecise.

In particolare la strumentazione di confronto, per la riproduzione di campioni, avvalendosi delle tecniche di stabilizzazione (ad es., della temperatura) ha raggiunto[475] la precisione di  $10^{-7}$ . Queste innovazioni nella strumentazione di precisione comportano un spostamento concettuale, dall'unità definita in modo semi-assoluto, all'unità convenzionalmente definita come campione primario (etalon).

Le posizioni epistemologiche (di un Duhem e di un Poincaré, per intenderci), con la loro apertura al convenzionalismo, assecondano, giustificandolo razionalmente, questo spostamento.

In conclusione, le precedenti considerazioni di Giorgi sono emblematiche della mentalità dell'ingegnere colto dell'inizio del secolo: sono un esempio di un'analisi critica di contesti

tecnologici, che richiede, oltre ad un elevato livello di conoscenze scientifiche, anche un certo grado di introspezione storica, essendo spesso le correlazioni concettuali variabili al mutare dei diversi contesti culturali e tecnologici di epoche diverse; valga come esempio l'ingegnosa teoria delle unità assolute di Gauss, Weber e Maxwell, che pure, al tempo di Giorgi, risultava immancabilmente datata, come appare nel suo ironico accenno, sopra citato, ai sapienti enigmi delle relazioni dimensionali.

La scuola di ingegneria italiana col suo alto livello di formazione scientifica<sup>[476]</sup>, rappresentato da insegnamenti matematici del livello di quelli di Eugenio Beltrami e Luigi Cremona (Cremona fu in seguito Direttore della Scuola degli Ingegneri di Roma), si proponeva la formazione di ingegneri scienziati, come infatti fu Giorgi, adatti ad operare nella nuova realtà dell'industria elettrica italiana nei decenni a cavallo del secolo.

Vien fatto di osservare che, tenendo conto del mutato clima, si ripresentava in Italia quel felice connubio di tecnologia e scienza che si era già affermato in Germania nelle università Politecniche (suo lontano predecessore, come ho già accennato, in Francia, agli inizi dell'ottocento, l'indirizzo che era stato preposto alla costituzione dell'Ecole Polytechnique). Quali frutti, oltre all'opera di Giorgi, essa abbia prodotto e quali furono i suoi esiti, è compito di indagine della ricerca storica, per cui si rimanda alla bibliografia, non senza l'augurio che altri studiosi si propongano ricerche in questo campo di rilevante interesse per la cultura scientifica italiana.

---

<sup>[460]</sup>Per i cenni biografici e per una panoramica sull'attività scientifica di Giorgi, ho attinto principalmente al saggio di Claudio Egidi, "Biografia di Giovanni Giorgi", in corso di pubblicazione, su *Dizionario Biografico degli Italiani*, Istituto dell'Enciclopedia Italiana Roma (per gentile concessione).

<sup>[461]</sup> Adriano Morando, *Storia dell'Elettromagnetismo Classico*, pre-print (per gentile concessione).

<sup>[462]</sup>Cfr.: *Giovanni Giorgi. La metrologia e il sistema MKS. Mostra didattica di strumenti, esperienze, documenti e libri*. Roma, ITIS G.Galilei: 17-19 Maggio 1993, Roma 1993.

<sup>[463]</sup> Carlo G. Laicata, "Politecnici, ingegneri e industria elettrica", in: G. Mori (a cura di) Autori vari, *Storia dell'industria elettrica in Italia. I. Le origini, 1882-1914*; Laterza 1992.

<sup>[464]</sup>Giorgi G., *Metrologia Elettrica Antica e Nuova; tre articoli estratti dai fascicoli III, IV, V del Vol. XIV della Riv. Mensile: L'Energia Elettrica*; Milano 1917; p. 17.

<sup>[465]</sup> Si tratta di un'analogia idraulica: la carica viene misurata dal flusso che emana da essa, come una sorgente dalla sua portata.

<sup>[466]</sup>Giorgi G., *Metrologia Elettrica Antica e Nuova*. Op. Cit. p.9.

<sup>[467]</sup>Ibid. p. 4.

<sup>[468]</sup>S.D'Agostino, "Maxwell's Dimensional Approach to the Velocity of Light", *Centaurus*, 29 (1986) 178-204.

<sup>[469]</sup>Giorgi G., *Metrologia Elettrica Antica e Nuova*. Op. Cit. p. 6

<sup>[470]</sup>Ibid. p.3:

<sup>[471]</sup>Cfr.fra l'altro i diversi contributi di Giorgi alla *Enciclopedia Italiana Treccani*, fra cui notevoli le voci: "Elettricità", "Unità", "Dimensioni".

[472]Giorgi G., *Dati e valori per la Fisica el'Elettrofisica*, SEI 1949.

[473]Ibid. p.52.

[474]G.Giorgi, *Memorandum sul sistema m.k.s. di unita' pratiche*; Milano 1935.

[475]Ibid. p.52.

[476]C.Egidi, "Gli elettrotecnici Italiani fra i due secoli", *Giornale di Fisica*, Vol. XXXV, N.1-2, 1994, pp.23-58.