

Trasmissione e irradiazione dell'energia elettrica

Resoconto stenografico della Lezione tenuta da **Riccardo Arnò** la sera del 27 Gennaio 1927

Signori,

L'energia, questo principalissimo fra i grandi fattori di tutto quanto esiste, quest'anima *agitans molem* della materia inerte, e senza la quale tutto l'Universo sarebbe come se non fosse, questo elemento indefinibile nella sua essenza vera e che Natura distribuisce in proporzioni e modi così irregolari e inadatti ai bisogni della Società umana, l'energia che è tutto per noi, deve dall'uomo potersi agevolmente trasmettere e distribuire dappertutto ove egli voglia, e, docile strumento nelle sue mani, deve da lui potersi utilizzare dove, e come meglio gli aggrada: cosicchè il calore trasmessoci continuamente dal sole, ad innalzare le acque dei mari sulla vetta dei monti — l'energia del sole distribuita sotto forma di quella roccia fluente che è l'acqua — ben abbia a potersi sostituire, con risparmio rilevantissimo, al calore dei secoli remotissimi, all'energia del carbone fossile accumulato e sepolto sotto profondi strati della superficie della terra.

Questo fu il pensiero che primo balenò alla mente di Galileo Ferraris, non appena egli volle avventurarsi nella rude lotta che solo allo scienziato vero è dato combattere — contro l'incognito, contro quel formidabile nemico dell'uomo, che distrutto si reincarna in forma sempre nuova, che, come Anteo, risorge a vita novella quando procombe al suolo.

Non appena Egli aprì gli occhi alla scienza, intuì che il fisico, il matematico, l'ingegnere dovevano far convergere i loro sforzi a domare, nei rapporti con lo spazio, le forze *inuniformemente* distribuite dalla Natura sulla Terra e a questo alto ideale, a quest'arduo scopo sempre rivolse tutto se stesso.

E dai rudimentali e complicati e costosi mezzi di trasmissione con ruote e corde che avevano un campo ristrettissimo, dai *fluidi compressi* che allargarono alquanto il campo delle applicazioni, alla trasmissione elettrica dell'energia, la quale può dirsi non avere limiti, la strada percorsa dal pensiero di Galileo Ferraris fu immensa e sempre illuminata dal genio potente, che di continuo appare in tutte le sue opere.

Giovanissimo, fa suo il gran motto di **Hirn**: « *La force motrice fut toujours localisée, d'or en avant elle sera mobilisée* »; ed al faro luminoso di quei concetti, che lo attrassero nell'età giovanile e che sono oggi tanta parte della elettrotecnica, Egli tenne sempre fisso lo sguardo.

Ben tosto però, riconosciuti troppo stretti i limiti nei quali la trasmissione dell'energia si sarebbe potuta effettuare con organi puramente meccanici, con l'intermezzo, cioè, di materia ponderabile, il genio vastissimo di *Galileo Ferraris* si volge all'imponderabile, al misterioso fluido elettrico, per cui i limiti di tanto si estendono, che, si può dire, quasi spariscono.

* * *

Quanto sia semplice il principio a cui si informa la grande scoperta del campo magnetico rotante, giudichino i miei cortesi ascoltatori dal come il concetto si possa a tutti rendere assai facilmente accessibile, traducendolo in una semplice ed ovvia rappresentazione meccanica.

È una storia breve — ripeto — come uno di quei racconti di antologia, così caratteristicamente commoventi, che ci narrano semplicemente la storia della lampada oscillante del Galilei o la caduta della mela di Newton.

Se uno stantuffo, scorrevole in un cilindro, è collegato, mediante un'asta snodata, ad un punto libero di muoversi nello spazio, e se a questo stesso punto è analogamente trasmesso il movimento di un altro stantuffo avente la medesima corsa del precedente e posto ad *angolo retto* rispetto a questo è chiaro che il moto alternativo dei due stantuffi ne genera uno circolare continuo di quel punto, qualora la posizione iniziale di un'asta corrisponda a quella di mezza corsa dell'altra.

Sostituiamo ai due stantuffi due spirali poste ad angolo retto l'una rispetto all'altra e percorse da *due correnti alternative*, e prendiamo a considerare lo spazio da esse racchiuso, ove si sovrappongono i due campi magnetici alternativi rispettivamente generati dalle due correnti considerate. Per ogni punto di un tale spazio sta allora egualmente quanto si è visto succedere per il punto, ove si collegano le estremità delle due aste snodate, poste in movimento dai due stantuffi. E cioè in detto spazio si genera un campo magnetico rotante, precisamente come se un magnete fosse fatto rotare intorno all'asse di intersezione dei piani delle due spirali, purché però, per analogia, una delle correnti incominci ad agire in corrispondenza del valore che l'altra ha già acquistato, quando è trascorso metà del tempo che è necessario per ogni alternazione. Se quindi un cilindro metallico, per esempio di rame, viene sospeso in quel campo, esso si mette in movimento e prende a rotare, come farebbe allorquando — ripetendo l'antica e classica esperienza di *Babbage* e *Herschel* — esso si trovasse tra i poli di una calamita rotante.

Dato così il concetto scientifico, la grande e sublime invenzione era oramai assicurata. Dopo di essere balenata, come guizzo di fuoco cosmico e celeste in quella mente fervidissima e fortemente equilibrata, il problema della trasmissione elettrica dell'energia finalmente era sciolto!

La battaglia fu vinta dal principio divinatore: quanto ai mezzi per sfruttare l'insperato successo, ottenere si possono con la massima facilità, e da chiunque. In questa aurea semplicità nella esecuzione di un nuovo grande concetto, posto in azione, sta appunto il più grande pregio dell'opera di Galileo Ferraris.

Egli ha trovato il vero, e lo getta senz'altro in balia di chi intende valersene. La sua conquista è un tesoro inestimabile; ma, con la generosità del Genio, Egli si affretta a farne dono a tutti.

La meravigliosa scoperta fu fatta in una sera dell'agosto dell'anno 1885. In quella sera memoranda il genio inventivo di Galileo Ferraris era riuscito a leggere nel misterioso libro della Natura una delle sue splendide pagine, assurgendo per un fuggevole istante a contemplare:

*Legato con amore in un volume
Ciò che per l'Universo si squaderna.*
(PARADISO, Canto XXXIII).

Un lembo del velo d'Iside era stato strappato dalla sua mente fatidica e l'Umanità acquistava un nuovo principio, fecondo delle più grandiose e svariate applicazioni.

* * *

Rimangono ancora — nella applicazione delle nuove odierne meravigliose concezioni — *le trasmissioni per funi metalliche*, ma queste non debbono più trasmettere il moto col loro stesso movimento.

Qui ora le *funi metalliche* rimangono fisse: esse sono rappresentate dai *conduttori elettrici*, che sono semplicemente le *rotaie* lungo le quali viaggiano, misteriosi ed invisibili, i *treni* che portano e trasportano l'energia del campo elettromagnetico circostante.

L'etere ne è il veicolo, ed il *binario conduttore* — il quale serve esclusivamente a guidare il fenomeno, mentre in esso non avviene che una relativamente piccola dissipazione di energia — ne esercita in rapporto allo spazio, l'azione disciplinatrice e distributrice. Ma la soluzione del problema della trasmissione elettrica dell'energia ottenuta per mezzo di un solo *binario conduttore* percorso da una corrente *costante* o *continua*, non era pratica per le trasmissioni a grandi distanze.

Ora mentre è chiaro che, nel caso della corrente continua, risulta costante il *flusso di energia* che viene trasmesso, ciò evidentemente più non avviene nel caso delle correnti variabili, ed in particolare delle correnti alternative.

È assai istruttivo a tale riguardo il classico esperimento delle ripulsioni di *Elihu Thomson*, sul cui principio si costruiscono dei motori a corrente alternata, i quali però hanno ricevuto soltanto particolari ed in ogni caso limitate applicazioni.

Ma allora, se invece di un solo sistema di rotaie, si prendono a considerare due o più *binari elettrici*, sui quali viaggiano corrispondenti serie di *treni di energia*, questi possono essere così combinati gli uni rispetto agli altri che il *flusso di energia* totale trasmesso risulti ancora costante, come nel caso primitivo delle correnti continue.

Si tratta allora infatti di una *corrente rotante* trasmessa attraverso a quella serie di binari, a sua volta capace di generare un campo magnetico rotante, il quale agendo, come è stato detto, sopra una spirale di armatura chiusa su se stessa, ne costituisce appunto il classico motore a induzione di Galileo Ferraris.

* * *

Ho detto che il fenomeno della corrente elettrica risiede non soltanto nel filo conduttore, ma essenzialmente nello spazio circostante il circuito della corrente stessa... L'energia elettrica si trasmette nello spazio; la conduttura non è che la rotaia che serve di guida al meraviglioso fenomeno.

Ecco qui, o Signori, due spirali in serie rispettivamente costituite da un filo conduttore di sezione relativamente grande, per modo che esse presentano una piccolissima resistenza elettrica. Ora io inserisco queste due spirali in serie nel circuito di alimentazione delle lampade che forniscono l'illuminazione di questa Sala. La caduta di potenziale dovuta alle due bobine risulta piccolissima: e le lampade, come voi vedete, continuano a funzionare nelle loro condizioni normali.

Ciò fatto, io incomincio ad introdurre gradatamente in ciascuna bobina un nucleo di ferro convenientemente sezionato: la tensione ai morsetti delle lampade si abbassa, e l'intensità luminosa delle lampade stesse diminuisce sensibilmente.

E se ora, per mezzo di due altri nuclei di ferro, io chiudo il circuito magnetico che vengo così a costituire coi due primi nuclei, la tensione si abbassa talmente che le lampade si spengono. È questo un esperimento che nella sua semplicità chiaramente appunto vi dimostra che l'energia del campo magnetico di una corrente si ha da considerare nello spazio, non nella conduttura di trasmissione e di distribuzione. Nell'esperimento io ho, infatti, semplicemente modificato lo spazio in cui si trova il circuito della corrente, non il circuito stesso, il quale si trova tuttora nelle medesime condizioni di prima; nessuno ha toccato i fili conduttori della distribuzione elettrica, nessuno è intervenuto a modificarne la resistenza, e nessuno tanto meno ha agito sugli interruttori che sono ancora nelle identiche condizioni di «*circuito chiuso*» come prima dell'esperienza.

Allorquando noi chiudiamo il circuito di una corrente, noi non provochiamo soltanto un fenomeno nei conduttori: il fenomeno principale si ha da considerare in tutto lo spazio. Secondo la grande concezione di **Faraday** e la meravigliosa teoria del **Maxwell**, miriadi di linee di forza magnetica si generano concatenandosi col circuito conduttore: parecchie si chiudono a grande distanza; alcune verso la parte interna del circuito, si protraggono a distanze grandissime, e, teoricamente, una di quelle linee — quella passante per il centro del circuito, supposto circolare — segue l'asse del circuito stesso chiudendosi all'infinito.

E qui, miei gentili ascoltatori, occorre risalire all'anno 1831 in cui l'eminente fisico **Michele Faraday** ha fatto la grande scoperta dell'induzione elettromagnetica.

Si abbiano due circuiti completamente isolati fra di loro, di cui l'uno di fronte all'altro: e si inserisca nel primo circuito, che diremo induttore, una batteria di pile o di accumulatori. Se per mezzo di un interruttore si chiude o si apre il detto circuito, nell'altro, che diremo circuito indotto, si genera una corrente, come facilmente si può riconoscere dalla deviazione del galvanometro inserito nel circuito stesso. Si può anche riconoscere dal senso della deviazione del galvanometro, che la corrente

indotta è diretta in un senso od in senso contrario a seconda che si chiude o si interrompe il circuito induttore.

E questo il primo esperimento rudimentale, ma fondamentale, dell'impiego dell'etere alla propagazione dell'energia elettrica disciplinata dall'uomo.

Se ora non si tratta che di provocare a distanza un semplice segnale, allora è chiaro che il rendimento dell'apparecchio non ha più che una importanza affatto secondaria ed allora le due spirali induttrice e indotta potranno anche essere relativamente assai distanziate l'una dall'altra. E le memorabili esperienze del grande fisico inglese costituiscono allora una primitiva applicazione, ma non ancora industriale, di telegrafia senza fili.

Invero, le ricerche scientifiche per stabilire le comunicazioni tra luoghi lontani senza l'intermediario di conduttori di unione furono iniziate già da molti e da molto tempo; e questa è la prima epoca dei tentativi di telegrafia senza fili, rimasti allo stato rudimentale, quasi del tutto in seguito obliati per mancanza di risultati pratici.

La seconda epoca, che ci riempie ancora oggi di meraviglia, nella quale i più grandi problemi delle comunicazioni senza fili vengono risolti nei modi più semplici ed eleganti, si inizia circa 60 anni dopo la scoperta dell'induzione elettromagnetica.

L'alito divino che infonde nuova luce per la soluzione dell'affascinante problema è dato verso il 1890 dal grande fisico **Enrico Hertz**, che trova il mezzo di provocare uno squilibrio elettromagnetico affatto speciale dell'etere, di provocare cioè l'emissione di onde aventi particolari proprietà, le quali, a ben giusta ragione, vengono denominate *onde hertziane*, e che sono appunto la base dei fenomeni che avvengono in tutti i sistemi oggi applicati in radiotelegrafia e radiotelefonìa.

E l'Uomo geniale che raccoglie quell'alito e magnifica il mondo attonito di quella luce col primo grandioso esperimento pratico di segnalazioni senza fili a grande distanza, è **Guglielmo Marconi**.

* * *

Come attraverso lo spazio immenso, con la luce ed il calore, il sole a noi tramanda la magia dei colori ed infonde l'alito della vita, così le onde elettromagnetiche trasmettendosi con la velocità della luce, rendono possibile nella radiotelegrafia e nella radiotelefonìa un trasporto di energia senza fili conduttori. Le teorie di Maxwell e di **Lord Kelvin**, e le esperienze di **Hertz** e di **Righi** hanno reso possibile la produzione delle onde elettromagnetiche e ne hanno provata la loro completa analogia con le onde luminose, per cui la luce potrebbe definirsi "*l'elettricità che si vede*"; e l'elettricità "*la luce che non si vede*". Uno spazio illuminato è un campo elettromagnetico nel quale i moti dell'etere avvengono con una frequenza di vibrazione enorme, non più concepibile dal nostro cervello, non più afferrabile dall'umano pensiero!

È meraviglioso che da questi studi sublimi, ma assolutamente scientifici, sia sorta la più grandiosa applicazione pratica che da mente umana potesse essere dato di immaginare!

Guglielmo Marconi appunto riflettendo sui mezzi impiegati dalla Natura per trasmetterci le onde luminose, ebbe ad Oropa — nel settembre dell'anno 1894, nella quiete di quei monti ed il balsamo di quell'aria vivificatrice — la geniale concezione che le onde elettromagnetiche potessero rendersi docile strumento per le rapide comunicazioni del pensiero.

La sua scoperta fu un vero lampo di genio, fu uno sprazzo di luce che illuminò il mondo dei pensatori e degli operatori, e, come per impulso sovranaturale, conquistò di slancio tutti gli ingegni, persuase tutte le fedi!

Anche per l'invenzione di Marconi dirò, come già per quella di Galileo Ferraris, che essa fu un poema eminentemente idealistico; fu la visione fatidica d'un racconto delle *Mille ed una notte*; fu un sogno celeste che — nato fra le nuvole d'una fervidissima fantasia del genio — si realizzò in terra.

Ed ora prima di intrattenervi degli esperimenti pratici del grande inventore italiano, vogliate, o Signori, a me unirvi per inviargli un devoto caldo saluto di ammirazione e di gratitudine. E mentre vi prego di seguirmi per poco col pensiero in tanta Scienza, datemi per pochi istanti ancora ascolto col cuore in questo poema, atto a suscitare palpiti di ammirazione per la bellezza dei fenomeni che si succedono, fremiti di entusiasmo per la perfetta armonia con cui il Creatore ne ha regolato il compiersi ed il succedersi dei meravigliosi eventi.

Allorquando si produce una scarica elettrica, possono avvenire due fatti singolarmente distinti, che caratterizzano la scarica stessa. Può accadere che la scarica si effettui con *moto brusco ed irregolare*, e può avvenire che essa avvenga con *periodicità*, cioè con moti vibratorii o per onde. E a questo secondo caso importante, studiato dal grande fisico Lord Kelvin, al quale noi ci dobbiamo riferire per comprendere i fenomeni che avvengono nei classici esperimenti dell'Hertz e del Marconi.

Il mezzo che trasmette il suono è l'aria ed è a tutti nota la classica esperienza della suoneria funzionante sotto la campana pneumatica. Invece il mezzo di propagazione della luce non è l'aria, perchè la luce attraversa anche uno spazio nel quale si sia preventivamente fatto il vuoto, perchè la luce passa negli spazi interplanetari. Le mirabili conquiste della matematica superiore, confermate dalle investigazioni della fisica sperimentale moderna, hanno accertato che il veicolo trasmettente i raggi luminosi è un corpo elastico, imponderabile, che si trova sparso dovunque, che è chiamato *etere*.

Tutta la serie magnifica dei colori si ottiene dalle vibrazioni eterree.

E così, come la immensa diversità dei suoni, la enorme variabilità dei colori non consiste in altro che nel variare opportunamente, per il caso delle onde sonore, la frequenza delle vibrazioni dell'aria; e per il caso delle onde luminose, la frequenza delle vibrazioni dell'etere. Ma, notiamolo subito, nelle trasmissioni dei raggi luminosi i numeri che esprimono le oscillazioni compiute nell'unità di tempo sono di grandezza veramente straordinaria: per un raggio di luce rossa le onde si seguono con

la rapidità di circa 400 trilioni al secondo, per un raggio di luce violetta si arriva all'enorme numero di 800 trilioni di oscillazioni.

E se prendiamo a considerare la luce verde, intermedia nello spettro luminoso, alla quale corrisponde la frequenza di vibrazione di 600 trilioni, e vogliamo di questo numero sensazionale farcene una idea più concreta per la nostra piccola mente abituata a pensare ed a ragionare su numeri enormemente inferiori, potremo dire che quel numero corrisponde al numero di minuti secondi trascorsi nell'era volgare, moltiplicando ancora per 10.000!

Ecco, o Signori, il meccanismo — diciamo così — della trasmissione del suono e della luce: l'onda che ci porta l'espressione di una voce lontana, il raggio che ci manda un astro del cielo, sono onde regolari, oscillatorie e periodiche rispettivamente dell'aria e dell'etere.

Ciò premesso, come già abbiamo accennato, la scarica elettrica che produciamo in un conduttore può manifestarsi con uno spostamento elettrico il più irregolare, oppure con una successione di rapidissime oscillazioni, paragonabili a quelle della luce; e tanto nell'uno quanto nell'altro caso la propagazione avviene nello stesso etere, di cui abbiamo dovuto immaginare l'esistenza per spiegare i fenomeni luminosi; e tanto nell'uno quanto nell'altro caso la propagazione si compie con la medesima velocità di 300.000 chilometri al minuto secondo.

Come la luce, così le oscillazioni elettriche si propagano nello spazio con una velocità che di circa otto volte il giro della terra al minuto secondo!

Un sistema telegrafico qualunque può scindersi in tre principali parti: il trasmettitore, la linea, il ricevitore. Nel sistema Marconi la linea è la più comoda e la più semplice che si possa immaginare, perchè essa è costituita da quel veicolo elastico, imponderabile, invisibile, che riempie tutto lo spazio, che i fisici chiamano etere. In quanto al trasmettitore, esso è - come nelle esperienze di Hertz e di Righi - un generatore di oscillazioni elettriche di alta frequenza, capace di generare delle vibrazioni in ragione di milioni e decine di milioni; ma con la differenza sostanziale che i due conduttori che vanno rispettivamente alle due estremità dell'oscillatore hertziano od in generale dell'apparecchio generatore delle oscillazioni, e che sono destinati ad irradiare le onde elettromagnetiche nello spazio circostante, costituiscono un *sistema dissimetrico* del quale fanno parte il così detto *aereo od antenna*, e la *terra*.

Gli ultimi esperimenti del Marconi hanno però dimostrato che la frequenza delle oscillazioni può essere ancora molto accresciuta fino a giungere a frequenze dell'ordine di grandezza anche di centinaia di milioni. Ed allora ne consegue che la lunghezza d'onda - che si ottiene dividendo la velocità di propagazione, e cioè la velocità della luce, per la frequenza - si riduce a pochi metri. Alla frequenza di 100 milioni corrisponde, per esempio, la lunghezza d'onda semplicemente di 3 metri.

Ma allora ne scaturisce tosto un fatto di capitale importanza, e cioè che l'irradiazione può essere facilmente anche ottenuta a mezzo di un sistema a riflessione ad onde

corte, nel qual caso l'energia viene conseguentemente irradiata non più in tutto lo spazio circondante l'aereo, ma *a fasci*, in una determinata direzione.

Queste stesse considerazioni valgono anche per la radiotelegrafia conosciuta più tardi e derivata quasi intuitivamente dalla radiotelegrafia: per passare da questa a quella basta infatti sostituire, nel circuito oscillante generatore, all'ordinario tasto Morse, il ben noto microfono telefonico.

È chiaro però che il generatore dovrà essere atto ad emettere speciali onde *persistenti* o *continue*, come del resto di tale natura sono oggi in generale anche le onde emesse nel caso della telegrafia senza fili.

Occorre infatti osservare che con l'ordinario oscillatore hertziano le onde emesse sono del tipo, come si dice nella pratica, di *onde smorzate*, in causa della dissipazione di energia dovuta alla cosiddetta resistenza elettrica del sistema irradiatore *antenna-terra*. E per passare dalle onde di tale tipo a quelle di onde persistenti è allora necessario ricorrere a speciali generatori, come sono l'alternatore ad alta frequenza, l'arco voltaico così detto *arco di Poulsen* ed infine la valvola termoionica (*audion* o *triode*).

E qui — prima di procedere oltre in questa affascinante rassegna storica degli apparecchi radio-telegrafici, dai primi rudimentali del Marconi a quelli più perfezionati del giorno d'oggi — debbo ancora chiedere venia ai miei cortesi ascoltatori se a loro rivolgo ancora il mio dire circa alcuni fenomeni di acustica: e tra questi quello fondamentale così detto della *risonanza*, di cui particolarmente ci interessa la considerazione. Infatti non è la sola condizione di estrema sensibilità quella che deve presentare un ricevitore perchè più efficacemente risponda alle onde elettriche provenienti da lontano: la forma dei conduttori deve essere tale, che se il ricevitore si adoperasse come trasmettitore, si dovrebbe comportare alla scarica con un periodo di oscillazione uguale a quello del trasmettitore usato; ed anzi se il periodo di oscillazione che il ricevitore è capace di dare è molto differente da quello del trasmettitore, il primo resta sordo all'influenza di quest'ultimo.

Di questo fatto si ritrova appunto il suo riscontro nel suono. Tutti sanno che facendo vibrare un diapason in una stanza in cui si trova un pianoforte, risponda quella corda, e solo quella corda che, pizzicata, è capace di dare la stessa nota del diapason.

Ed è pure noto che il diapason nel vibrare imprima delle pulsazioni all'aria circostante e ne imprima un numero diverso secondo le onde che esso è capace di dare: queste vibrazioni investendo le corde del piano o qualunque altro corpo atto a vibrare all'unisono col diapason, lo obbligano a vibrare e ad emettere un suono per conto suo.

In modo analogo, se noi con un elettromagnete percorso da corrente alternata, diamo una serie di impulsi ad una corda, questa non vibrerà in modo apprezzabile che nel caso in cui il periodo proprio di oscillazione coincida con quello degli impulsi.

Per ottenere questa coincidenza basta variare per tentativi la tensione meccanica della corda. Appena la risonanza è raggiunta la corda entra in oscillazione assumendo l'aspetto di un fuso, e divenendo sede di onde stazionarie.

Identico è il fenomeno elettrico.

Noi già sappiamo che l'azione si propaga dal ricevitore al trasmettitore attraverso all'etere, e quando noi provochiamo nel trasmettitore una corrente oscillante, questa imprime all'etere una serie di impulsi che come onde si propagano nello spazio.

Se queste onde incontrano od investono un conduttore *accordato* con quello che le ha emesse, lo fanno diventare sede di un *concerto oscillante*, lo fanno *rispondere* alle pulsazioni emesse; in caso contrario il ricevitore rimane sordo al linguaggio che riceve.

Dobbiamo dunque impiegare, se vogliamo raggiungere delle distanze ragguardevoli, un *ricevitore accordato col trasmettitore*.

Io dovrei ora dirvi di tutta la serie degli apparecchi ricevitori a partire dal *coherer* o tubetto a limatura metallica, le cui singolari proprietà furono rese note fin dall'anno 1884 dal prof. Calzecchi Onesti del R. Liceo di Fermo, e che il Marconi ha applicato nei primi suoi classici esperimenti; e passare poscia in rassegna i vari *detector* magnetici, termo-elettrici, elettrolitici ed a gas ionizzato.

Ma il tempo pur troppo scorre veloce e mi accontenterò quindi di intrattenermi soltanto dei rivelatori a gas ionizzato o valvole termoioniche, poiché da queste, potremo poi tosto, e con tutta facilità, passare al meraviglioso *audion* o *triode* amplificatore o magnificatore, che oggi costituisce l'apparecchio più importante e fondamentale della telegrafia e telefonia senza fili.

* * *

Per renderci conto dei sorprendenti fenomeni che avvengono *nell'audion*, occorre innanzi dire qualche cosa in relazione alle nuove idee sulla costituzione della materia; le quali idee hanno condotto il mondo degli studiosi alla nuova teoria elettronica, che oggi è la base di tutta la fisica moderna.

Allorquando, o Signori, voi considerate un corpo qualunque, per esempio un pezzo di metallo od un grano di sale, voi credete vedere l'immagine della calma e dell'assoluto riposo delle sue particelle costituenti; e pertanto oggi è stato all'uomo rivelato il segreto che degli atomi ordinari di materia racchiudono una provvigione prodigiosa di energia, ben più grande di quella che possiede il più potente esplosivo. Tali energie possono essere comparate a quelle latenti dei vulcani, delle sorgenti calde e di forti movimenti sismici, che si manifestano di tempo in tempo nella crosta apparentemente stabile della Terra.

Ed oggi noi già sappiamo utilizzare una traccia minima di quella immensa energia latente, che è l'energia atomica.

I proiettili (elettroni) che spara spontaneamente il radio o che escono da quella minuscola, ma relativamente così potente *mitragliatrice* che è il catodo di un tubo

Rontgen, vengono impiegati per degli scopi importanti ed altamente benefici in terapeutica. Ed i proiettili (elettroni) che lancia un filamento sotto l'azione di uno stimolo che lo porta ad un'alta temperatura, si mostrano così facili a guidare e così docili, che si utilizzano per ricevere e trasmettere senza fili dei telegrammi e delle parole articolate. Si è già giunti, col loro aiuto, ad intendere dei discorsi pronunciati da una parte all'altra dell'Atlantico! Ed il giorno 7 gennaio si è appunto inaugurato il servizio radiotelefonico Londra-Nuova York.

È questo un risultato sorprendente dovuto alla velocità prodigiosa con la quale delle innumerevoli particelle elettriche estremamente docili vengono lanciate nel vuoto dagli atomi materiali convenientemente perturbati. La quantità di energia atomica così oggi utilizzata non è che una delle minime energie che fanno parte della quantità totale di energia di un atomo: per cui prima che l'Umanità utilizzi coscientemente su vasta scala l'energia atomica occorreranno forse moltissimi anni, anche dei secoli, e molte altre scoperte.

Per dare un'idea del misterioso processo fisico che si compie durante il funzionamento di un *audion*, occorre notare che da qualche anno le nostre idee sulla struttura degli atomi si sono assai precisate: e differenti ipotesi emesse dal Bohr, e sviluppate da numerosi fisici, hanno permesso di spiegare un grande numero di fatti sperimentali. I postulati sui quali sono basate queste teorie sono semplici, quantunque tali a prima vista da sconcertare totalmente tutte le nostre antiche idee sulla costituzione della materia.

Noi ci rappresentiamo un atomo come formato di un nucleo carico di elettricità positiva, intorno al quale gravitano degli elettroni, od atomi di elettricità negativa; il nucleo porta la quasi totalità della massa atomica; la sua carica è uguale al prodotto del numero degli elettroni per la carica di ciascun elettrone: l'insieme è dunque elettricamente neutro.

Fatte queste premesse, noi siamo in grado di giudicare ciò che succede nell'interno del bulbo di una ordinaria lampada ad incandescenza, allorché nell'interno dell'ampolla sia stata introdotta una placca metallica, e che tale placca sia mantenuta carica di elettricità positiva, mediante una batteria di pile o di accumulatori convenientemente collegata alla placca e al Filamento della lampada.

È chiaro, riferendoci a quanto precedentemente è stato detto, che fino a che la temperatura del filamento è inferiore ad un certo limite e che la placca si trova allo stato neutro, gli elettroni costituenti ogni atomo del filamento gravitano nelle loro condizioni normali intorno al nucleo positivo dell'atomo stesso.

Ma allorché la temperatura del filamento supera quel limite, aumenta pure di conseguenza la velocità degli elettroni, così da favorirne la loro fuga verso l'esterno, alla condizione però che un'azione esterna li attragga, come appunto è il caso dell'azione esercitata dalla placca positivamente elettrizzata. In tali condizioni dunque si può dire che il flusso di elettroni che va dal filamento alla placca costituisce siccome un ponte conduttore alla corrente che in conseguenza viene a circolare nel circuito della batteria di pile o di accumulatori.

Ciò posto, supponiamo ora di invertire la polarità della placca introdotta nell'ampolla; gli elettroni non essendo più attratti, il ponte conduttore cessa di sussistere, il circuito della batteria rimane interrotto, e la batteria cessa di fornire corrente. Ecco dunque che l'apparecchio così costituito funziona come una valvola: esso ha la proprietà di non lasciare passare la corrente che in un solo senso. Ed è appunto questo effetto, rivelato per la prima volta da Edison, che è stato utilizzato dal Fleeming nei suoi primi esperimenti di ricezione radiotelegrafica.

L'apparecchio a cui siamo giunti, pure essendo un prezioso rivelatore di onde, non costituisce però ancora nulla di assolutamente notevole e di fondamentale nella storia della radiotelegrafia e della radiotelegrafia; ricevitori di pari importanza possono essere considerati quelli notevolissimi a cristalli; ed altri ricevitori che hanno ricevute pratiche ed importanti applicazioni sono quelli magnetici e gli elettrolitici.

Dalla valvola di Fleeming *all'audion* il passo è breve: un terzo elettrodo, l'elettrodo di controllo, costituito da una lamina metallica bucherellata, e detta perciò la *griglia*, introdotto nell' ampolla della lampada fra il filamento e la placca. L'apparecchio che perciò viene anche comunemente denominato triodo e che è stato scoperto dal De Forest, acquista allora le proprietà meravigliose di magnificatore nel più alto senso della parola: gli effetti ne sono veramente sorprendenti e tali che — allorché si raggiunge la massima amplificazione con l'applicazione di speciali apparecchi ad otto o nove lampade — non si può che rimanere attoniti dinnanzi alla constatazione di tali sensibilità degli apparecchi stessi, che essi non sembrano più appartenere alle umane cose. E non è certo esagerazione il dire che se il chimico possedesse un apparecchio, che avesse la sensibilità dell'audion multiplo della maggiore amplificazione, potrebbe in una magica analisi riconoscere la presenza di un granulo di un dato materiale disperso in una immensa quantità di acqua, quale quella di un lago o di un fiume, disponendo di un solo bicchiere di quell'acqua!

Quale è dunque il nuovo misterioso processo che si compie nella primitiva valvola di Fleeming trasformata in triodo per la presenza del terzo elettrodo di controllo? La giusta denominazione data all'elettrodo stesso ci apre la via alla spiegazione del fenomeno.

Il fatto trova una analogia, se pure grossolana, assai esplicita, nel seguente esempio: supponiamo che un canale di grande portata venga utilizzato per fornire energia ad una centrale elettrica; ed immaginiamo che a monte del canale stesso sia collocata e convenientemente disposta una paratoia manovrabile a mano, o meglio per mezzo di un semplice comando elettromeccanico, capace di essere azionato da un bambino. Ed ecco che questi, sviluppando una minima energia, può ottenere — in corrispondenza di molteplici varie posizioni della paratoia — tutte le corrispondenti variazioni nella portata del canale, e conseguentemente della energia idraulica che a sua volta si trasforma nella Centrale in energia elettrica.

Signori!

Dalla trattazione che ha fatto argomento di questa breve comunicazione abbiamo visto come in una Centrale elettrica si trasforma dell'energia meccanica in energia

elettrica e questa viene trasmessa e distribuita per mezzo di fili conduttori dagli apparecchi generatori a quelli utilizzatori: ecco il problema della trasmissione dell'energia elettrica a distanza!

Ora possiamo aggiungere che in una stazione radiotelegrafica si provocano squilibri elettromagnetici che si irradiano, per mezzo del sistema « Antenna-Terra » in tutto lo spazio circostante: ecco il problema dell'irradiazione dell'energia elettrica e della telegrafia senza fili!

Sono questi, egregi Signori, i due grandi problemi dei quali la soluzione è stata data all'Umanità attonita da Galileo Ferraris e da Guglielmo Marconi.

* * *

Nel chiudere questa mia modesta lezione, nella quale vi ho segnalate tante e così geniali idee, principii e scoperte nel meraviglioso campo della Elettrotecnica, specialmente per quanto riguarda l'affascinante e grandioso problema della trasmissione e irradiazione dell'energia elettrica, mi sento il cuore vibrare con un senso di sì profonda e viva commozione, che esso, a sua volta, sente il bisogno di mettersi in risonanza col cuore di chi mi ascolta, trasmettendogli un pensiero: il pensiero della verità delle cose e della meravigliosa concezione a cui vieppiù il nostro spirito è portato nell'ammirare l'Universo, non quale sede di semplici fenomeni materiali, ma siccome la pura fiamma che arde di propria vita senza origine e senza fine e che irradia nell'infinito quella luce intellettuale, ove risiedono le alte idealità della nostra Mente e dell'Anima nostra: ove regnano superni il puro Intelletto e l'Amore divino..., infiniti ed eterni!

.....

«*La Scienza ha ideali più alti di quello dell'utile materiale diretto*». Così pensava Galileo Ferraris: e non dobbiamo così anche pensare noi allorquando trovandoci nella Stazione centrale di un grande impianto elettrico, avendo davanti a noi una di quelle poderose macchine dinamo-elettriche che vi lavorano, e la contempliamo, e non vediamo organi meccanici che ricevono e trasmettono il lavoro ad altre macchine ma per rintracciare quel lavoro dobbiamo ricorrere col pensiero a ciò che abbiamo veduto fuori dell'officina, a centinaia di chilometri di distanza, e ripensare ai motori i quali girano e comandano macchine, senza nulla di visibile che si sospinge; ai filamenti incandescenti in migliaia di lampade; agli archi voltaici brillanti fra le punte di carbone che vanno struggendosi per l'elevata temperatura?

E che oggi potremmo dire allorquando — trovandoci nei pressi di una stazione radiotelegrafica ultra-potente Marconi, e ponendo mente alla immane antenna irradiatrice dell'energia — noi ci portiamo col pensiero alla nave che viaggia sul mare immenso a migliaia di chilometri di distanza, ed alla quale giungono le onde generate da quella Stazione e lanciate nello spazio da quell'antenna misteriose onde dell'etere le quali pongono in vibrazione la lamina del telefono ricevitore, che a sua volta trasmette al navigante la parola alata, il saluto di persona cara, un grido di allarme, un pensiero, un addio, un fremito, il palpito di un cuore?

Allorquando noi chiudiamo il circuito di una corrente, si generano miriadi di linee di forza magnetica che si concatenano col circuito conduttore, e di cui parecchie si chiudono a grande distanza, altre si protraggono a distanze grandissime tendenti all'infinito. Il fenomeno della corrente elettrica risiede non soltanto nel filo conduttore, ma essenzialmente nello spazio circostante il circuito della corrente stessa.

Allorquando il nostro piccolo Pianeta, che è la milionesima parte del Sole da cui dista 180 milioni di chilometri, gravitando intorno ad esso con la velocità di 30 Km. al 1" : allorquando, dico, sulla Terra si compie il semplice esperimento della chiusura di un circuito di trasmissione elettrica, tutto lo spazio viene perturbato, tutto od in gran parte ne viene scosso l'Universo siderale, fino a distanze enormi, fino alle parti lontanissime in cui hanno sede altri soli, altre stelle: stelle situate a tale distanza che la loro luce — la quale viaggia con velocità pari a otto volte il giro del mondo in 1" — impiega a pervenire a noi decine, centinaia, migliaia di anni!

Ma se poi noi trasportiamo il nostro pensiero dal semplice circuito elettrico all'antenna di una Stazione trasmittitrice radiotelegrafica, o meglio ad un grandioso oscillatore hertziano, allora non soltanto si ha da considerare lo spazio circostante perturbato, come dianzi abbiamo detto, ma sono le miriadi di onde elettromagnetiche che si dipartono da quell'oscillatore, con la velocità della luce, nell'etere circostante: onde misteriose che sono il veicolo dell'energia che viene irradiata verso lontanissimi centri dell'Universo, quasi come ciò fosse il palpito di un grande Tutto, di un'Anima universale, che respira, vibra, si muove, vive e sente!

Ed a quali profondi pensieri ci porta ancora oggi la contemplazione del misterioso triodo ove a supporto del pensiero umano intervengono quegli elementi primordiali costitutivi degli atomi materiali: gli atomi elettrici, privi di sostegno materiale, granuli di elettricità negativa, volanti e vaganti nel bulbo del triodo, con velocità immense, che mai niente umana potrà concepire, e paragonabili soltanto alle velocità enormi alle quali gravitano i pianeti intorno al sole?!

Chi potesse assistere allo spettacolo ultraumano di quei minimi corpuscoli lanciati nella lampada termoionica dal filamento alla placca, ed agli sconvolgimenti immediati ed ordinati che ne avvengono al magico comando della griglia elettrizzata, si troverebbe nelle condizioni di un gigante immane, che potesse guardare dall'alto i sistemi solari, e giudicare dell'eterna perfetta armonia del meraviglioso giuoco delle sfere celesti!

.....

Questa materia che ci circonda e ci appare così inerte quali mirabili edifici e quali stupendi meccanismi nasconde nel segreto delle sue parti più piccole! È la sapienza del Reggitore Eterno che ci si rivela nelle meraviglie che ha diffuso tanto negli astri che si librano nei cieli immensi, quanto nei corpuscoli che si agitano negli spazi infinitesimi.

* * *

Ho detto che Galileo Ferraris non vedeva nelle sue scoperte che il bello, la grande manifestazione del pensiero umano e del sapere. Pochi uomini furono come Lui, degni di dissetarsi al puro fonte della divina Natura, perchè Ei ne sentiva con entusiasmo tutta l'immensa bellezza. Ed il bello, il puro, l'arte insomma in tutte le sue serene ed elevate espressioni, faceva vibrare una corda dell'animo suo.

Onde gli è che a farlo rivivere come poeta, basterà ricordare la risposta testuale ch'Ei fece ad una gentile signorina, la quale gli domandò per il proprio album, *la definizione della Elettricità*.

“Poiché Maxwell dimostrò che le vibrazioni luminose possono consistere in periodiche variazioni delle forze elettro-magnetiche, e poiché Hertz, provando col fatto che le oscillazioni elettro-magnetiche si propagano come la luce, diede alla teorica del Maxwell una base sperimentale, si andò assodando l'idea che l'etere luminifero ed il mezzo ove hanno sede le forze elettriche e magnetiche siano una medesima cosa.

Perciò a te, o fanciulla colta e gentile, che amabilmente mi domandi che cosa sia l'elettricità, posso rispondere: Essa non è soltanto l'agente pauroso che rompendo talora la compagine dell'atmosfera ti sgomenta col fragore della folgore, ma eziandio l'agente vivificatore che tramanda dal sole alla terra, con la luce ed il calore, la magia dei colori e l'alito della vita, quello che partecipa al tuo cuore il palpito del mondo esterno, quello che sa trasmettere all'anima tua l'incanto di uno sguardo e di un sorriso”.

Poetica non solo, ma sublimemente scientifica definizione!

Elettricità!..., misterioso fluido così divinamente definito dal sommo Maestro...!

Nella scienza la Poesia! Per l'una sono vibrazioni eteree nello spazio imponderabile, che vengono a noi trasmesse attraverso alle molteplici nostre sensazioni; per l'altra è la scossa dell'elettrico sul nostro essere e sul mondo esterno, che dà palpiti al nostro cuore, incanti all'anima nostra!

Cuori ed anime vertiginosamente trascinati da questo punto materiale, da questo granulo di sabbia che è la Terra: quasi che, vaganti e volanti quelle anime e quei cuori nell'illimitato etere, avessero da esso, e per esso, perennemente e continuamente ad essere transfusi, da Possenza divina, di rinnovata Psiche, a ricevere vita novella, dovunque ed in eterno nell'infinito Universo!

Il sommo fisico inglese Lord Kelvin, in un discorso tenuto alla *British Association* e degno del grande pensatore, ebbe a dire: “è impossibile concepire sia il principio, sia la continuazione della vita, senza una potenza creatrice superiore. Io mi sento profondamente convinto che l'argomento di una finalità sia stato assai troppo perduto di vista nelle recenti speculazioni zoologiche. Prove forti e schiaccianti di un pensiero intelligente e benevolo ci attorniano.... mostrandoci attraverso la Natura l'influenza di una libera volontà, ed insegnandoci che tutte le cose viventi dipendono da un Creatore e Reggitore Eterno”.

Il comune concetto di *materia* non può più essere la base di una sana teoria scientifica, essendo una mera ipotesi, destituita di valore assoluto. « *Il n'y a plus de vraie matière, il n'y a plus que des trous dans l'éther* »: così chiudeva il suo dire il grande matematico Poincaré in un suo magistrale discorso sulla costituzione della materia.

Oggi come ieri, seguendo la bella immagine di *Newton*, noi siamo dei fanciulli che giocano sulla spiaggia mentre l'Oceano della Verità si estende a noi davanti intieramente inesplicato.

Pur tuttavia, alla vita universale deve essere coordinata la storia umana, anche se questa si svolge in un punto così piccolo dello spazio e in un momento così breve del tempo creatrice come essa è di valori ideali eterni, il Vero, il Bello, ed il Buono. L'armonia unificata delle Cause e delle Leggi forma il Vero; l'armonia unificata delle linee, dei colori, dei suoni e delle Idee forma il Bello; mentre l'armonia unificata dei sentimenti e della Volontà forma il Buono che, come la più alta espressione verso l'Unità suprema, congiunge gli uomini e li spinge alla perfezione finale!

* * *

E qui mi piace rivolgermi particolarmente a voi giovani fascisti dell'ora presente, e dirvi:

Sia vostro desiderio di rendere al fermento spirituale il suo posto nell'ordine nuovo del mondo; e vostra convinzione che la Terra non si possiede che con la Virtù e la Saggezza.

E con questi alti sentimenti dite, o cari giovani, al nostro Duce che, sotto l'alta e saggia sua guida, l'Italia — già ammaestratrice di ogni civiltà e di ogni progresso e già oggi una unità nazionale compatta, sotto l'influenza dell'idea fascista — sta per rinnovarsi, ed insegnare al Mondo quale è la vera missione dell'uomo in questo meraviglioso Tutto, la cui Anima universale è Dio, ed ove è la Vita...: questa possente attività cosmica, essa sola capace di progresso, e di un progresso immenso, quale si è svolto dai primi incerti suoi vagiti nella sua lontanissima ed umilissima origine fino a giungere alla mente sovrana del genio ed alle aspirazioni più nobili dell'uomo moralmente più eletto.

‘E tu, o Italia, compirai il miracolo!... Il vaticinio che — parafrasando il Carme secolare di Orazio squillò la parola di poesia del glorioso principe condottiero della III Armata era profetico « O almo Sole, che col tuo carro fulgido porti e nascondi il giorno, possa tu nel mondo non vedere mai nulla di più grande dell'Italia e di Roma! ».

E siate ancora voi — o giovani — simpatici messaggeri presso l'illustre Presidente di questo nostro Istituto Fascista di cultura, nonchè al Consiglio Direttivo, portando loro il mio grazie vivissimo per l'onore fattomi di tenere questa sera questa modesta mia lezione. E pel vostro tramite mi sia concesso il segnalato piacere di trasmettere all'istituto, quale devoto ed affettuoso omaggio, l'Effigie del nostro sommo Maestro

Galileo Ferraris, nell'atto in cui il grande scienziato sta meditando sulla sua immortale scoperta!

La Terra vertiginosamente fuggente lungo la sua ellissi si regge per questa sua precipitosa corsa senza soste. L'anima invece non potendo nè dovendo dipendere, cerca con impeto il proprio centro in se stessa, sole e pianeta ad un tempo d'un più lontano centro solare, del quale ha la luce ed il potere. Ma, a differenza del sistema solare fisico, non è su di una orbita prescritta che l'anima ruota e rivoluziona. Gli spazi dello spirito sono assai più vasti che non quelli degli astri, e l'anima s'allontana dalle vie percorse e trova orbite nuove muovendosi sotto lo stimolo d'un bisogno di maggior luce che la costringe a prodigare sempre più le energie che sono illimitate pur nella personalità distinta di una sua forma.

E qui si può — a giusto dire — ripetere col Balfour, a proposito della unificazione della natura fisica:

«Tutti ammetteranno che un tentativo tanto ardito, eccita sentimenti della più alta soddisfazione intellettuale. La soddisfazione che procura è quasi estetica nella sua intensità e qualità. Proviamo una piacevole emozione analoga a quella che sentiamo quando, dopo una faticosa salita attraverso luoghi aspri e selvaggi, arrivati all'alta agognata cima, improvvisamente ci si apre allo sguardo e all'ammirazione l'imponente smagliante spettacolo del piano, dei fiumi e dei monti lontani

*Luce intellettual, piena d'amore;
Amor di vero ben, pien di letizia,
Letizia, che trascende ogni dolzore.*
(PARADISO, Canto XXX).

Nella bellezza di questa luminosa visione, cerchiamo, o Signori, in un mistico rito, di penetrare in essa con fede e con amore

*Quest'è il principio; quest'è la favilla
Che si dilata in fiamma poi vivace
E, come stella in cielo, in me scintilla.*
(PARADISO, Canto XXIV).