**Legge di Faraday: perplessità, conferme e conseguenze**

aggiornamento 25.12.2016 di <http://digilander.libero.it/gino333/Perplessita.docx>

Ormai direi che basta il link. Certo che senza dei “non è vero perché …” o “non si capisce niente” o “io direi che …” ecc. non è facile capire se almeno la forma è accettabile. Vero pure che senza le vecchie critiche ed anche senza gli attuali e vecchi silenzi, mi sarebbe stato impossibile perderci tanto tempo. Sono sicuro che qualche competente almeno una sbirciatina ce l’ha data e se ci fosse stata qualche cazzata sublime non sarebbe stato zitto. Ma a che pro? Mah, lo si chiede anche a chi scala le montagne e a chi va a pescare. Diciamo che ora mi sento mento ignorante e meno stupido. Se avevo avuto delle perplessità dopo il mio primo libro di fisica divulgata e dopo a aver fatto un po’ di alternatori assiali ce n’era motivo, e non era solo questione di preparazione inadeguata.

**Riassunto.** Alcune osservazioni fanno pensare ad un \*modello fisico\* del fenomeno compatibile con la matematica della legge, utilizzabile però sempre, anche quando oggi si invoca la \*forza di Lorentz\*. Sarebbe una bella semplificazione, ma questo contrasta con Maxwell e con le motivazioni che portarono alla Relatività Ristretta. Questo contrasto può certamente essere usato per falsificare il modello \*fisico\* ipotizzato, ma anche Maxwell e RR qui suscitano talune perplessità.

Un vecchio testo per ingegneri (dove: intcirc=integrale circolare int=integrale di superficie) dice: “… Se il campo magnetico nella regione in cui si trova la spira viene modificato in una qualunque maniera (ad esempio modificando la corrente nei circuiti vicini, ovvero muovendo tali circuiti senza alterarne la corrente \*\*\* ), si induce nella spira una f.e.m. uguale alla derivata, cambiata di segno, del flusso di induzione magnetica concatenato con la spira stessa. Si intende per flusso di induzione magnetica concatenato con il circuito, il flusso dell’induzione magnetica attraverso una qualunque superficie che abbia il circuito come contorno. Indicando con E=intcirc Esds la f.e.m. indotta e con Ф= int BndS il flusso concatenato con il circuito, la legge dell’induzione elettromagnetica si può scrivere E= -dФ/dt Il segno – sta ad indicare il verso della f.e.m. indotta e quindi anche quello della corrente indotta

ovverosia (con parole mie) **la tensione dipende dalla variazione del campo magnetico che attraversa la superficie circondata dalla spira.**

\*\*\* per completare gli esempi aggiungo anche il caso in cui la spira è posta in rotazione nel campo magnetico, si veda TAV-2 <http://digilander.libero.it/gino333/magnetespira2.jpg> là dove c’è un magnete a ferro di cavallo: assumendo che fra i poli il campo sia \***uniforme\*,** la formula dice che tanto la curva del flusso che attraversa la spira quanto la sua derivata, sarebbero delle \***sinusoidi\*** come quelle mostrate sotto il disegno. Lo si capisce anche geometricamente: basta immaginare di mettere un occhio dove c’è un polo e di guardare l’altro polo, si misuri l’area della spira che si vede (che va da un rettangolo massimo a una semplice linea, cioè a zero) e si riportino le misure su di un grafico ruotando via via la spira. Stesso risultato ovviamente si avrà tenendo ferma la spira e facendo ruotare i magneti (un po’ più faticoso mantenere l’occhio in posizione ☺).

Dalla legge di Faraday si deduce che \***quanto più il campo sarà uniforme nello spazio in cui transita la spira, tanto più le curve si avvicineranno a una sinusoide regolare\*** ma questo **contrasta col test 6** nello stesso link che mostra una curva non meno regolare di quella del **test 4** dove il campo è certamente più regolare. E’ una **perplessità** (più recente)che si aggiunge a quella dovuta all’**irraggiamento** che dall’area della spira procederebbe verso il filo e a quella dovuta al fatto che ciò che succede all’esterno della spira si cancellerebbe per virtù matematiche. Ok all’irraggiamento, ma **quale sarebbe il meccanismo fisico**? In appendice-4 riporto cosa diceva un professore di fisica, ma è un modello matematico, altro non ho trovato.

In assenza di un modello \*fisico\* a me comprensibile **a lungo ho** **preferito immaginare un’interazione diretta fra il campo** (variante) **e il filo**, proprio nello spazio in cui avviene il movimento (relativo) del filo.

Un’altra \***perplessità\*** mi veniva dalla costruzione amatoriale di alternatori (ne vedete uno in alto nel link precedente): se prendete una di quelle bobine quadrate e l’avvicinate ai magneti in rotazione, osservate subito che mettendo la bobina ortogonale ai magneti, la tensione quasi si dimezza. I fisici dicevano che questo succede perché le \*linee del campo\* entrano con maggior difficoltà nel \*buco\* della bobina mentre a me veniva nuovamente da pensare ad una \***interazione diretta fra il campo** **e il filo\*:** quando la bobina era parallela ai magneti immaginavo che i due i lati della bobina venissero investiti dal campo (gli altri due si sa che sono inattivi) mentre quando la bobina era “di coltello” immaginavo che il lato lontano, lo fosse troppo per produrre tensione.

Tuttavia non potevo dubitare di quelle sinusoidi. Maxwell non poteva averle viste, ma i suoi successori certamente sì. Lo scrivevo anche un anno fa in TAV-4 <http://digilander.libero.it/gino333/xfaraday.jpg> (sotto alla sinusoide c’è scritto \*… osservazione non personale ma attendibile\*, non bisognerebbe mai fidarsi, ma è impossibile controllare tutto). Le sinusoidi parlavano a favore dell’interazione fra area della spira e filo e mi pareva impossibile che l’interazione diretta fra campo e filo producesse le stesse curve.

Non sapendo che pesci pigliare mi misi a **fantasticare** di un modello in cui l’interazione avveniva con lo spazio circostante (non limitato dall’area della spira) immaginando poi che da questo spazio \*eccitato\* irradiasse qualcosa verso i fili, cioè una **stupidaggine colossale** **(\*cherubinica\*** qualcuno la definì) perché **m’immaginavo un modello alternativo a Faraday ma con gli stessi problemi di \*irraggiamento**\* che attribuivo alla stessa legge di Faraday**.**

Non sto a raccontarvi quante prove (inutili) feci per trovare degli indizi a mio favore, **anni ci ho perso**, e ho rotto le scatole a un sacco di gente che ora non mi saluta più, persino mio cognato (lì hanno giocato anche altri problemi, ma anche questo ha contribuito). Per dimostrarvi quanto ci ho lavorato, metterò in fondo i link a vari paginoni che raccolgono parte delle mie inutili fatiche, molte da addebitare alla pigrizia dei fisici del 900 che non hanno verificato le supposizioni dei grandi del passato (e dire che molti si sono scandalizzati del mio passatempo, quasi fosse un sacrilegio).

Veniamo ai tempi recenti. La discussione che iniziò con TAV-4 <http://digilander.libero.it/gino333/xfaraday.jpg> mi indusse ad acquistare un oscilloscopio, vidi che la curva coi poli cilindrici non era una sinusoide ma la roba “cornuta” del test 3 in TAV-2 <http://digilander.libero.it/gino333/magnetespira2.jpg> dove riferisco pure **che un fisico verificò via simulazione che quella curva è compatibile con la legge di Faraday** (il suo nikname è Franco e lo ringrazio nonostante m’abbia accusato d’aver detto che la curva \*cornuta\* dimostrava addirittura l’invalidità della legge di Faraday: se può essere vero, giudicatelo voi leggendo codesta relazione, vero che mi mostrai molto sorpreso, se non scandalizzato, ma ci fu gente del mestiere che per un po’ non ha creduto ai suoi occhi e scommetto che ne troverei ancora).

Franco aveva fatto goal, quindi **\*1 a zero per Faraday\***, ma visto che restavano tali e quali le mie perplessità su come ciò che succede nell’area della spira si trasmettesse al filo e anche sulla regolarità del test 6, mi sono permesso di modificare il punteggio in \***2 a 1 per me\*.** Poi ho messo nel piatto un vecchio test (TAV-5 <http://digilander.libero.it/gino333/rotazione.jpg> ) che è pure in contrasto con la legge di Faraday e dove, con un metodo di misura un po’ particolare, credo d’aver confutato ciò che la fisica corrente affermerebbe per giustificare il risultato da me \*osservato\*. Fatto questo mi sono attribuito un bel \***3 a 1 per me\*.**

Ma non basta avere delle perplessità giustificate: occorre proporre qualcosa che riduca sì le perplessità, ma che sia compatibile con quello che già si sa per certo: le misure fatte con la legge di Faraday sono senza dubbio ottime e trovare una formula alternativa, anche esistesse, sarebbe comunque fuori della mia portata. Inoltre si vedrà che anche nel mio modello l’interazione avviene, nei casi normali, prevalentemente nell’area della spira e quindi come metodo di calcolo la legge di Faraday va benissimo pur pensando a una \***diversa interpretazione fisica del fenomeno\*.** Che sia mr. Stokes ad informare gli elettroni del filo o che siano ipotetici “tentacoli” degli elettroni a farsi solleticare dalla variazione del campo, che differenza fa? (I “tentacoli” li mostro in TAV-6 <http://digilander.libero.it/gino333/trasformatore.JPG> e qui di nuovo ringrazio chi mi ha fatto riflettere sui trasformatori: nikname \*gattosilvestro\*; dovrei ringraziare anche un altro signore che ora non parla più meco che me li aveva segnalati molto tempo prima, ma allora non mi venne di fare 2+2 ).

Qualche commento per completare le tavole che mostrano la mia **\*diversa interpretazione fisica\*.**

Nella TAV-1 [**http://digilander.libero.it/gino333/magnetespira1.jpg**](http://digilander.libero.it/gino333/magnetespira1.jpg) mostro una grandissima bobina posata su di un piano; sul piano ci sta pure un bel magnetone (col polo appoggiato sul piano) che poi viene sollevato verticalmente. L’oscilloscopio mostra che:

1) il segno dipende dall’essere il magnete a destra oppure a sinistra della matassa

2) l’intensità dipende dalla distanza magnete-matassa, **non** dipende dall’essere dentro o fuori dalla bobina (e questo è **un ulteriore contrasto con l’enunciazione della legge di Faraday:** quello che succede fuori dalla spira non doveva sempre azzerarsi?)

In altro a destra c’è uno schema (tratto da un libro di Einstein-Infeld) che mostra come la corrente che percorre una spira genera un campo anulare attorno al filo, campo che ne genera anche un altro ortogonale e del tutto simile a quello di un magnete permanente. Sappiamo tutti che se la spira non fosse alimentata e che se mettessimo un magnete dove è disegnato il campo ortogonale e che se poi lo tirassimo fuori (variazione del campo) avremmo un breve impulso di corrente di un certo segno. Esattamente la stessa cosa mostrata nelle varie foto.

Nel disegno sotto il precedente propongo uno schizzo stile Einstein-Infeld che schematizza ciò che succede nei vari test di sinistra e a me viene subito da pensare ad **un meccanismo tipo ingranaggio-cremagliera.**

Però, considerando che il semplice movimento delle linee del campo rispetto al filo (o meglio, rispetto al suo campo anulare) non dà luogo a induzione se non c’è anche una \***variazione di intensità del campo\*** (vedi TAV-3 <http://digilander.libero.it/gino333/taglio.jpg> ) e se si considera che nei trasformatori si ha induzione senza movimento (bastando evidentemente la sola variazione di intensità del campo) si capisce che l’analogia è molto grossolana, ma resta evidente che **l’induzione dipende da qualcosa che succede nello spazio in cui il campo** (variante) **del magnete si intreccia con quello generato attorno al filo in cui circola la corrente indotta.**

Sembra cioè lecito pensare che nell’interazione dei due campi \***qualcosa\*,** tramite il campo anulare attorno al filo, consenta una **retroazione**, cioè un \*movimento\* che si trasmette agli elettroni nel filo e li fa \*correrere\* così mantenendo attivo il campo anulare attorno al filo (ciò che prima ho chiamato **\*tentacoli\*).**

Ma qui salta fuori la questione **dell’uovo e della gallina**: come s’innescherebbe il meccanismo? All’inizio mica esiste il campo anulare attorno al filo! Beh, nella tavola TRASFORMATORE prima linkata ho schizzato un’ipotesi: all’inizio potrebbe bastare il campo magnetico dei singoli elettroni, poi gli elettroni in lentissimo movimento creerebbero un primo piccolo anello, questo anello aumenterebbe la velocità della corrente, l’anello magnetico s’allargherebbe ancora pescando più variazione di campo, eccetera eccetera. Si consideri anche come il fenomeno si verifichi anche a grande distanza dal nucleo magnetico, là dove si penserebbe che il campo magnetico non arrivi (questo spiegherebbe come mai ci sia tensione in un filo che passa in mezzo ad un elettromagnete toroidale con nucleo di ferro nonostante che dove passa il filo non si avverta magnetismo).

Rispetto all’opinione corrente **si tratterebbe solo di immaginare un modello fisico diverso** perché esclusi i casi strani come in TAV-5 <http://digilander.libero.it/gino333/rotazione.jpg>, l’interazione comunque avverrebbe prevalentemente nell’area della spira e in proporzione a quell’area (volendo, si può anche dire in proporzione alla lunghezza dei fili attivi come si vede da mie vecchie misure in TAV-7 <http://digilander.libero.it/gino333/testspire.jpg> )

Infine ragionando sull’alternatore assiale in TAV-8 <http://digilander.libero.it/gino333/alternatore.jpg> appare chiaro che ciò che ho osservato negli esperimenti prima mostrasti è proprio la stessa cosa che si osserva nell’alternatore: l’interazione fra due campi magnetici. **Chissà perché mi sono incaponito sull’interazione diretta fra \*campo e filo\*: già l’alternatore me lo diceva lui a gran voce.**

Un ulteriore indizio sta poi nel fatto che se un magnete si muove **\*parallelo**\* ad un filo non vi produce tensione. E’ vero che rispetto al filo un tale movimento non produce una \*variazione\* del campo, ma l’elettrone che ne sa se si trova in un filo parallelo o storto? Vero che l’elettrone riceverebbe una \*spinta\* ortogonale e quindi è comprensibile che non collabori al movimento lungo il filo, ma l’ipotesi della \*cremagliera\* giustificherebbe molto meglio ciò che si osserva: **quegli elettroni non si \*ecciterebbero\*** perché i loro ingranaggi **non ingranerebbero** con le cremagliere (ne ho accennato sempre nella tavola ALTERNATORE) e ogni possibile dubbio cadrebbe.

Addirittura se gli elettroni fossero \*eccitati\* da una specie di radiazione che proviene radialmente dall’area di una spira \*tonda\*, questo \*impulso\* sarebbe mediamente a 90° per tutti gli elettroni e tutti dovrebbero starsene fermi ☺, ma non è certo così che succede.

Faccio una pausa dicendo che se non ho preso una cantonata omerica, devo però ammettere di aver avuto due grandissimi vantaggi:

a) un alternatore per le mani di cui potevo muovere i pezzi a piacimento (provateci con un asincrono)

b) l’ignoranza più completa: se vai in un bosco senza sapere dov’è il sentiero, puoi finire nel burrone, ma puoi anche trovare anche il porcino rintanato.

**Supponiamo ora che il mio modello sia sensato, quali conseguenze ne deriverebbero?**

Rivediamo il funzionamento dell’alternatore tav-8 <http://digilander.libero.it/gino333/alternatore.jpg>. Abbiamo un unico riferimento e un unico risultato chiunque sia chi si muove, il fenomeno risulterebbe perfettamente simmetrico e obbedirebbe alla relatività di Galileo: dov’è che dovrei invocare la forza di Lorentz? Mica che la forza di Lorentz non sia evidente in un tubo catodico eccetera, ma lì ci sono elettroni che svolazzano in mezzo a un campo magnetico, qui gli elettroni sono vincolati al rame.

Forse così Feynman potrebbe smetterla di lamentarsi della sua notissima \*duplice spiegazione\*.

Mi spiacerebbe poi per il prof. G. Giuliani dell’università di Pavia che pure lui vede problemi nella “duplice spiegazione” ( <http://fisica.unipv.it/percorsi/pdf/ind_aq.pdf> ) ma ritiene che sia la forza di Lorentz la vera unica spiegazione del fenomeno. Egli dice grossomodo che la legge del flusso ha validità limitata, non è \*causale\*, non è una \*buona\* legge del campo, che i manuali introducono ipotesi \*ad hoc\* per salvare la legge del flusso, che Feynman si sbaglia e che si può arrivare a una legge generale dell’induzione in cui la legge del flusso è un caso particolare e che, leggendo Faraday, Maxwell e Einstein, si vede che la **legge del flusso è un problema storico aperto**. Cita da Ludvik Flecvk: “Quando una concezione si diffonde … fino nelle locuzioni linguistiche … una contraddizione sembra impensabile e inimmaginabile”. Beh, a me pare che il problema di Giuliani sia proprio uguale al mio, lui nella sua formula 10 vede qualcosa di “non causale perché … il campo dovrebbe agire a distanza e con velocità infinita” ma il mio modello ingranaggio-cremagliera dovrebbe risolvergli il suo busillis (gli offre una \*ingranaggeria creata al momento\* che dall’area della spira agisce sul filo che la circonda), certo, così supponendo, **sarebbe la forza di Lorentz ad essere di troppo.**

Mi spiacerebbe pure per il prof. Bartocci <http://www.cartesio-episteme.net/> che ritiene invece il fenomeno dell’induzione **intrinsecamente asimmetrico**, di modo che persino la relatività di Galileo ne sarebbe compromessa. Però se avessi ragione io, se nessuna \*asimmetria\* avesse bisogno d’essere giustificata, la Relatività Ristretta (la vera bestia nera del prof. Bartocci) forse non sarebbe nata.

Vero che al dire di quasi tutti, il mio modello non può essere vero perché in contrasto con le sacrosantissime formule di Maxwell, ma io ho appena detto che la legge di Faraday mi starebbe benissimo per fare i calcoli mentre ho letto che quella legata alla forza di Lorentz è derivabile per via matematica dalla precedente, dov’è quindi il problema?

Ah, già, dimenticavo. Il problema sta nel campo elettromagnetico, nella coesistenza del campo elettrico con quello magnetico. Nella mia eresia la \*corrente elettrica\* è diretta conseguenza dell’interazione di \*due campi magnetici\* . In Maxwell invece ho un campo magnetico che mi appare elettrico se cambio riferimento, questo per ragioni di simmetria con la radiazione elettromagnetica che sarebbe onda elettrica, magnetica, elettrica, magnetica ecc. Vero che ho sentito qualcuno affermare che la componente magnetica della radiazione non sarebbe mai stata misurata, proprio come io dubito si sia mai misurata la componente elettrica nell’induzione: e se avessimo ragione entrambi? Non avremmo così ugualmente una bella simmetria? Peccato che fra eretici non ci s’intenda.

Insomma visto che Maxwell è un problema al di fuori della mia portata, mi accontento di un ostacolo minore ☺, mi accontento di bisticciare con la altrettanto sacrosantissima **Relatività Ristretta** e mi permetto di parlarne riallacciandomi ad un articolo di **“Scienza per tutti”** strettamente collegato all’induzione

<http://scienzapertutti.lnf.infn.it/index.php?option=com_content&view=article&id=887:156-perche-una-carica-in-movimento-genera-un-campo-magnetico-e-perche-una-corrente-variabile-genera-un-campo-elettromagnetico&catid=142&Itemid=347> dove i miei commenti sono preceduti da \*\*\*

*... Tuttavia non abbiamo ancora risposto completamente alla domanda ma abbiamo solo illustrato a grandi linee gli esperimenti che hanno condotto alla comprensione attuale; dobbiamo però ancora aggiungere un ulteriore ingrediente. Quando una particella carica si muove con una velocità v in una regione di spazio dove è presente un campo magnetico B, essa subisce una forza che è proporzionale alla velocità v, al campo B ed al seno dell’angolo compreso tra la direzione della velocità e quella del campo magnetico; questa forza si chiama forza di Lorentz . Quando la particella è ferma essa non subisce nessuna forza, quindi la forza di Lorentz dipende dal sistema di riferimento nel quale osserviamo il fenomeno….*

\*\*\* Però questa mi sembra una affermazione in contrasto con ciò che leggo dopo: "quello che accade in natura non può dipendere dalla scelta del sistema di riferimento".

*… Poco fa abbiamo detto che il campo magnetico è generato da una corrente elettrica, cioè la sua intensità è proporzionale al valore della corrente elettrica, ed in qualche misura quindi alla velocità delle cariche in movimento, pertanto sembrerebbe che cambiando il sistema di riferimento debba cambiare anche l’intensità del campo B. Per aggiungere ulteriore confusione a questo quadro, ricordiamo che abbiamo detto che le equazioni di Maxwell predicono l’esistenza di onde elettromagnetiche che hanno una velocità pari a quella della luce, ma rispetto a quale sistema di riferimento? E’ proprio per rispondere a questo interrogativo che Einstein nel 1905 ha pubblicato la sua teoria della relatività ristretta, il cui articolo originale si intitolava: “sull’elettrodinamica dei corpi carichi in movimento”*

\*\*\* Già, sembra un bel pasticcio

*Torniamo alla forza di Lorentz, cerchiamo di capire cosa succede con un esempio: immaginiamo un elettrone che si muova con velocità v costante lungo una direzione parallela a quello di un filo rettilineo molto lungo (al limite infinito) percorso da una corrente I continua. La velocità v e la corrente hanno I hanno versi opposti. La corrente I genera un campo magnetico e sull’elettrone agirà una forza di Lorentz che lo attrae verso il filo*

\*\*\* **Ok, ma qui abbiamo un elettrone in volo che attraversa un campo magnetico e in questo caso sulla forza di Lorentz non ci piove**. Ad ogni modo accetto l’ipotesi tanto per vedere a cosa condurrebbe e dico che se il moto degli elettroni nel filo genera un campo magnetico non posso semplicemente pensare che il volo in direzione opposta dell’elettrone genera pure un campo magnetico opposto? Campi opposti si attraggono …

*Scegliamo ora un sistema di riferimento inerziale in cui l’elettrone appaia fermo (è sufficiente scegliere un sistema di riferimento che abbia la stessa velocità v dell’elettrone), di conseguenza in questo sistema di riferimento non c’è forza di Lorentz e l’elettrone non devia verso il filo; è corretta questa affermazione? Ovviamente no,* ***se in un sistema di riferimento l’elettrone si muove verso il filo, allora in qualsiasi altro sistema di riferimento deve avvenire la stessa cosa****, perché quello che accade in natura non può dipendere dalla scelta del sistema di riferimento. Questo vuol dire che nel sistema di riferimento in cui l’elettrone è fermo deve essere presente un campo elettrico perpendicolare al filo che attragga l’elettrone verso il filo stesso;*

\*\*\* E' un sospetto più che lecito, ma proprio considerando che ***"quello che accade in natura non può dipendere dalla scelta del sistema di riferimento****"* (parole dell’autore)  **non mi parrebbe lecito ipotizzare un \*campo elettrico\* che dipenda dal sistema di riferimento**. Inoltre, **questo campo elettrico è mai stato osservato direttamente?** Cioè posso mettere in moto dei magneti e misurare il campo elettrico da essi generato con qualcosa che non utilizzi una corrente elettrica indotta, né il moto degli elettroni? Ma, a parte questo, la situazione non è certo quella che si presenta nel caso dell’alternatore dove **non ci si sono mai elettroni in volo.** Bisognerebbe confrontare il caso dell’elettrone in volo in un campo magnetico col caso di elettroni fermi in aria sfiorati dal campo magnetico di un magnete in volo. Non so se la cosa è fattibile, ma certamente non è il fenomeno di cui mi sto occupando: io parlo del moto relativo fra un magnete e un conduttore i cui elettroni vengono \*eccitati\*. Va bene semplificare i problemi al massimo prima di analizzarli, ma qui mi pare che si vogliano mettere a confronto (relativisticamente parlando) due fenomeni diversi, uno dei quali non so se esiste in natura e un’altro per il quale la forza di Lorentz è indubitabile.

*ma per avvenire questo il filo deve risultare carico, mentre sappiamo che esso è neutro. Il filo percorso da corrente risulta essere neutro nel primo sistema di riferimento, dove il filo era fermo e l’elettrone si muoveva con velocità v; se osserviamo meglio ciò che accade notiamo che nel filo vi sono delle cariche positive ferme e degli elettroni in movimento che costituiscono la corrente elettrica. In questo sistema la densità di carica positiva e quella negativa sono uguali e quindi il filo risulta neutro e non genera nessun campo elettrico. Se ci mettiamo ora nel sistema di riferimento in cui l’elettrone è fermo, il filo risulta in movimento e quindi anche le cariche positive sono in moto e le cariche negative hanno una velocità diversa dalla precedente.* ***Una delle previsioni della teoria della relatività ristretta dice che la densità di carica dipende dal sistema di riferimento*** *(questo perché mentre la carica è un invariante relativistico, il volume non lo è perché esso si contrae all’aumentare della velocità), quindi la densità delle cariche positive e quella delle cariche negative non si compensano più nel filo in moto e questo risulterà carico positivamente generando un campo elettrico che attira l’elettrone verso il filo. Questo vuol dire che nel sistema di riferimento in moto è comparso un campo elettrico che non era presente nel primo sistema di riferimento, ed anche il campo magnetico B ha un valore diverso da quello che era presente nel sistema di riferimento in cui l’elettrone era in moto*

\*\*\* Quest'ultimo paragrafo mi pare assai intricato (e ci vedo sempre il cane che si morde la coda). Mi sto domandando se potrebbe essere lecito **ipotizzare che il campo elettrico non abbia ragion d'essere**, e visto che il "sistema di riferimento" non deve avere conseguenze fisiche, provo a toglierlo di mezzo: nella sinistra metto una spira e nella destra un magnete, suppongo che le mie braccia siano in grado di avvertirmi di eventuali forze, quindi le informazioni nascono nell’unico "sistema di riferimento" esistente: mani, braccia, nervi e zucca, sono un tutt'uno. Per il principio di relatività di Galileo che io muova la sinistra o la destra (in modo simmetrico) nulla deve cambiare. **Che cosa mi impedisce di immaginare le cose a questo modo?** che è poi quello che ho fisicamente descritto in TAV-8 <http://digilander.libero.it/gino333/alternatore.jpg> ?

*In conclusione possiamo dire che sia il campo magnetico che il campo elettrico sono due diverse manifestazioni del campo elettromagnetico, che viene descritto dando sei grandezze (le tre componenti del campo elettrico più le tre componenti del campo magnetico), che possono trasformarsi le une nelle altre cambiando il sistema di riferimento nel quale si osserva il fenomeno (così come succede alle componenti di un vettore  quando si ruota il sistema di riferimento). Il campo elettromagnetico è generato dalla cariche elettriche, le quali quando si muovono di moto accelerato, come in un’antenna, emettono delle onde elettromagnetiche. Se invece esse sono ferme, o si muovono di moto rettilineo uniforme, esse generano nello spazio un campo elettromagnetico statico, che può apparire come un campo elettrico o come un campo magnetico o come una sovrapposizione di entrambi, a secondo del sistema di riferimento che scegliamo per osservare il fenomeno.*

***------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------***

**Mi sembra veramente tutto molto complicato, pare tutto dipendere da un "campo elettrico"  forse non osservabile** (riferito ai magneti in movimento)**e in contraddizione col principio "quello che accade in natura non può dipendere dalla scelta del sistema di riferimento"** (sintesi delle parole di Einstein: “Le leggi secondo le quali evolvono gli stati dei sistemi fisici sono indipendenti da quale di due sistemi di ordinate che si trovino uno rispetto all’altro in moto traslatorio uniforme queste evoluzioni di stato siano osservate.” frase che a me pare ingarbugliata, ma che si legge nell’ ”elettronica dei corpi in movimento” del 1905 )

Ho sottoposto la questione ad un forum di fisici e uno di essi si è tradito: *“… per capire che cosa significa: "quello che accade in natura non può dipendere dalla scelta del sistema di riferimento", perlomeno riguardo all'elettrodinamica (e buona parte della meccanica)* ***DEVI usare la Relativita' Ristretta…****”* cioè ha confermato ciò che avevo ben intuito: che si tratta della  **classica dimostrazione circolare.**

Perciò la Relatività Ristretta sarà certamente sacrosanta, ma oso affermare che ha i piedi d’argilla:

a- non vedo asimmetrie da sanare nel fenomeno dell’induzione

b- la sua logica è afflitta da un ragionamento circolare

Quanto alla costanza della velocità della luce anche rispetto alla velocità dell’osservatore si invocano le equazioni di Maxwell, ma in quelle equazioni la velocità dell’osservatore non è stata neppure presa in considerazione (me lo ha confermato persino un professore fedelissimo alla RR). E’ poi vero che finora nessuno ha mai visto c variare, così come è dimostrato che gli orologi in volo ritardano e che i muoni campano più a lungo, che il GPS eccetera eccetera, ma tutto questo si spiega, mi pare, con le trasformazioni di Lorentz, **c’è qualche conferma della RR che non dipenda da dette trasformazioni?** Se non c’è, perché non posso allora accettare le trasformazioni come proposte prima della RR? La matematica è identica.

Vero che ci sarebbe la stranezza del “tempo locale” (non più strano dello “spaziotempo” però), ma francamente il \*tempo\* a me pare solo un’illusione: credo che esso non sia altro che il divenire della natura e così come in certe situazioni gli orologi possono ritardare, così i regoli si possono accorciare. Sarebbe lo stesso \*signor tempo\* della “gravità quantistica” esemplificato in modo assai convincente da Rovelli (“La realtà non è come ci appare”) usando il polso e il candelabro di Galileo. Un esempio macro per convincermi di cosa succede nel micro? Ok, ma ancor più mi convince nel macro.

Qui mi fermo, ma quanto detto sulla legge di Faraday, mi conforta nelle mie perplessità sulla RR. Aggiungo solo che non mi pare fosse proprio necessario cancellare l’etere per poi sostituirlo coi campi o col mare di stringhe, o di \*loop\* eccetera. Pure Einstein fece marcia indietro, d’altra parte con cosa li potrei fabbricare io i miei \*tentacoli\* che si \*concatenerebbero\* coi campi magnetici variabili? Cambiategli pur nome, ma a me l’Etere serve per farmi una ragione della natura (i calcoli li lascio ai fisici).

**Appendici**

**1)** [**http://www.fisicamente.net/DIDATTICA/PARTE\_III.pdf**](http://www.fisicamente.net/DIDATTICA/PARTE_III.pdf) a pag. 17-18 si vede una delle tante esposizioni

di sinusoidi generate da spira rotante in campo supposto uniforme grazie alla forma cilindrica dei poli. (un disegno, non una vera osservazione). Segnalai il problema all’autore il quale mi mandò la fotocopia dei tre testi analoghi (uno universitario, sempre disegni) da cui disse d’aver copiato. Ma non volle ammettere che la cosa era sbagliata, anzi s’incavolò. Vere osservazioni non ne ho trovate in Internet salvo questa <https://youtu.be/7lpesxfIFuA?t=2m10s> (ringrazio chi me la segnalò) ma i poli sono piani, le onde bruttine e non viene usato mostrato il sincronismo (meglio il miei test, mi aspetterei di più da una celebre università americana).

**2)** [**http://ppp.unipv.it/Silsis/Pagine/PDF/induzione.pdf**](http://ppp.unipv.it/Silsis/Pagine/PDF/induzione.pdf)riferisce che la cosa assai ingarbugliata fu.

**Il fenomeno** Uno straordinario fenomeno avviene quando un filo conduttore è mosso in vicinanza di un magnete: una corrente si produce nel filo. E’ ancora più straordinario il fatto che si produce la stessa corrente se è mosso il magnete in vicinanza del filo con velocità uguale ed opposta.

**Il moto relativo** L’intensità della corrente dipende dalla velocità ed il fenomeno non può essere spiegato dalla legge di Coulomb per l’elettrostatica, dove le forze istantanee a distanza dipendono solo dalle posizioni: sembra dipendere solo dal moto relativo tra filo conduttore e magnete.

**Faraday: le linee di forza** Un primo geniale tentativo fu fatto dallo stesso Faraday che, opponendosi alle forze istantanee a distanza, e dipendenti solo dalla distanza, di tipo newtoniano-coulombiano, introdusse il concetto di linee di forza che si stabiliscono nello spazio intorno ai magneti. Il taglio di queste linee da parte del conduttore produce la corrente : maggiore la velocità, maggiore il numero di linee tagliate, maggiore la corrente

**Faraday: spiegazione relativistica** La spiegazione è relativistica come il fenomeno: se si muove il magnete con velocità uguale ed opposta rispetto al conduttore il numero di linee tagliate è lo stesso

**Maxwell: la variazione di flusso** Un secondo importante tentativo di spiegazione fu fatto da Maxwell. Mentre alcuni sostenitori del programma newtoniano-coulombiano introducevano forze dipendenti dalla velocità (Weber), Maxwell ricondusse tutti i fenomeni d’induzione ad una regola: la variazione nel tempo del flusso magnetico produce una forza elettromotrice nel circuito, che a sua volta genera una corrente. **Maxwell: l’etere** Quindi sia la variazione del numero delle linee d’induzione, che della forma del circuito, che della posizione relativa del circuito e del conduttore erano ricondotte ad una regola aurea unitaria. Questa regola è ancora oggi valida

**Maxwell: modifica le idee di Faraday** Maxwell spesso è considerato il matematizzatore delle idee di Faraday. Ma a guardare bene Maxwell introdusse delle idee molto diverse da quelle di Faraday. Egli, infatti, a differenza di Faraday, credeva in un riferimento privilegiato: l’etere, e quindi spiegava la legge del flusso in modo diverso a seconda che sia il magnete a muoversi (o al variare d’intensità) o il circuito

**Maxwell: le asimmetrie** Nel primo caso le famose equazioni di Maxwell affermano che la variazione del “campo” magnetico produce un campo elettrico che a sua volta produce la corrente nel circuito; nel secondo caso la velocità rispetto all’etere del circuito interagendo con il “campo” magnetico produce una forza che genera la corrente senza la produzione di un campo elettrico. Mentre resisteva la simmetria del fenomeno, la spiegazione diventava asimmetrica, non relativistica**.**

**Maxwell: la propagazione contigua** Le novità introdotte da Maxwell furono in ogni caso notevolissime: sia il concetto di “campo” che l’ipotesi di una propagazione nel tempo e nello spazio delle interazioni elettromagnetiche (“radiazione” dovuta alla cosiddetta “corrente di spostamento”) avrebbero modificato completamente la fisica.

**Maxwell: il meccanicismo** E’ interessante però’ notare le origini meccaniche delle idee elettromagnetiche di Maxwell: “Campo” per lui è un’effettiva regione dello spazio (come nell’espressione “campo di grano”); “spostamento” è un effettivo spostamento di cariche nella struttura dell’etere (“polarizzazione”)

**Lorentz: propagazione nel vuoto** Toccò ad uno scienziato olandese, Lorentz,modificare le idee di Maxwell: il riferimento privilegiato, l’etere, rimane, ma perde le sue caratteristiche meccanico-materiali: diventa uno spazio vuoto. I campi non sono più zone dell’etere ma effettive entità fisiche che si propagano con la velocità’ della luce nello spazio vuoto. I campi sono prodotti dai movimenti delle loro sorgenti, le cariche, e producono a loro volta i loro effetti spostando queste cariche elementari, “gli elettroni”. **Lorentz: cariche e campi** La “Teoria degli elettroni” di Lorentz sintetizza le idee di Maxwell (campi) con quelle di Weber (forze che dipendono dalla velocità): il risultato più famoso è la formula di Lorentz che dà una spiegazione brillante, ma sempre asimmetrica come quella di Maxwell, del fenomeno dell’induzione. **Lorentz: l’elettromagnetismo classico** La velocità che compare nella formula di Lorentz è sempre una velocità rispetto all’etere. La teoria di Lorentz sintetizza bene l’elettromagnetismo classico ed è quella che ancora oggi viene insegnata a scuola e nel primo biennio dell’università.

**Einstein: asimmetrie teoriche** Tutto sembra procedere bene all’inizio del secolo, ma Albert Einstein , un giovane scienziato d’origine tedesca che fa l’impiegato all’ufficio brevetti di Berna non è contento: perché un fenomeno relativistico come l’induzione deve avere una spiegazione non relativistica? Perché compaiono queste asimmetrie teoriche “non inerenti ai fenomeni”? si chiede nelle prime righe di un articolo del 1905 dal titolo rivelatore: “Sull’elettrodinamica dei corpi in moto”.

**Einstein:campo elettromagnetico** Nasce con quest’articolo la teoria della relatività speciale che, attraverso una Reinterpretazione dei concetti di spazio e tempo, consentirà delle nuove tasformazioni tra sistemi di riferimento. I campi elettrico e magnetico sono ora due punti di vista di un più completo campo elettromagnetico.

**Einstein: interpretazione relativistica** L’etere è abbandonato e la forza di Lorentz, pur formalmente valida, acquista una nuova interpretazione: la velocità v che vi appare non è più la velocità rispetto all’etere, ma la velocità tra sistemi di riferimento inerziali. L’induzione riacquista una spiegazione relativistica e questa riconquista ha delle conseguenze enormi non solo su tutta la fisica ma anche sulla cultura del nostro secolo.

**L’induzione: approfondimenti** Un fenomeno notevole quello dell’induzione elettromagnetica, che ha suscitato l’attenzione di quattro grandi scienziati (e di tantissimi altri), ha meritato quattro importanti interpretazioni ed ha fortemente stimolato l’evoluzione del pensiero e delle tecnologie della nostra società.

**3)** **Questa è una bellissima descrizione** (fatta da un prof. che ora mi ha messo dietro la lavagna) **di come avverrebbe il fenomeno dell’induzione** (la descrizione resta bellissima anche se fisicamente non la condivido)

**... La** tua perplessita' nasce dal fatto che ti raffiguri un campo elettrico come qualcosa di materiale, una "nebbiolina", che \*o\* c'e' \*o\* non c'e'. Ti sembra allora che il modello sia contraddittorio: come, se sto fermo non c'e' nessuna nebbiolina e rimango perfettamente asciutto; se invece mi muovo mi infradicio tutto (e non soltanto davanti, ma anche di dietro...) ma allora la nebbiolina c'e' o non c'e' ??? Quant'e' \*realmente\* l'umidita' presente nell'aria?

**La** perplessita' sparisce (\*deve\* sparire) se tieni conto di come di \*definisce\* il campo elettrico: l'effetto che si riscontra (ossia la forza che si puo' \*misurare\*), in ogni punto di una zona di spazio, su una carica elettrica unitaria.

**Considera** allora un magnete fermo, e vicino ad esso, circa nella stessa posizione ma abbastanza distanti da non interagire \*fra loro\*, un elettrone \*fermo\* F e un altro elettrone M che si muove con velocita' v (vettore).

**F** rimane fermo: ne concludiamo che \*li'\* il campo elettrico e' nullo. M invece devia, e' soggetto ad un'accelerazione: ma questa non puo' essere dovuta al campo elettrico, che in quella posizione e' nullo; pero' M, a differenza di F, e' in moto: ne concludiamo che su M agisce una forza dovuta solo al campo magnetico ed alla velocita' v di M, la forza di Lorentz.

**Mettiamoci** adesso nel riferimento in cui M e' in quiete (e quindi il magnete, ed anche F, si muovono a velocita' -v). M risulta accelerato: ma nel nuovo riferimento \*lui\* non si muove, quindi non possiamo addebitare la sua accelerazione ad una forza di Lorentz. Ne concludiamo che li' ov'e' M c'e' un campo elettrico di un certo valore E (vettore).

**Nella** stessa posizione, allo stesso tempo, transita F; F si muove di moto rettilineo uniforme, quindi non e' accelerato; ma li' e' presente il campo elettrico E, perche' F non ne risente e continua il suo moto rettilineo uniforme, mentre M ne risente?

**La** differenza e' che in questo riferimento M e' fermo, ma F no; quindi su M agisce solamente il campo elettrico, mentre su F puo' (e \*deve\*) agire un'altra forza che annulla esattamente l'effetto del campo elettrico. Fatti i calcoli, la forza di Lorentz risulta avere esattamente intensita' e direzione di E, e verso opposto.

**4)** Ecco come lo stesso prof. dell’allegato precedente descrisse a un suo collega **come lui vedeva l’interazione area della spira e filo.** Ovvio che la non condivido, ma io ho il vantaggio di non aver a che fare con dei B da far sparire e degli E che in qualche modo diventeranno corrente elettrica: io sono fortunato, ho solo \*due\* B che si concatenano, formano una specie di frizione e fanno correre gli elettroni.

“… facevo riferimento al principio di Huygens applicato in ogni punto dove B varia: la sua variazione genera un'onda EM  sferica che arriva anche alla spira (e, nel caso quasi-statico, con campo magnetico apprezzabile di diametro inferiore a 100 nanosecondi, con un ritardo trascurabile). Integrando su tutto lo spazio, si ottiene ovviamente che la somma dei B dovuti a queste onde e' ovunque nulla, mentre la somma degli E da' un campo non nullo che, circuitato, rispetta la legge di Faraday. E' in questo modo che "cio' che accade nel buco (e anche fuori) si riflette sul filo.

Comunque questo a me **non pare un modello \*fisico\* ma la descrizione di una formula matematica**.

**5)** Vecchie osservazioni ormai superate o riorganizzate. Per la verità ce ne sono alcune che riguardano la **“uniformità del campo magnetico fra due poli opposti”** che sarebbero fonte di ulteriori perplessità, ma che ora non mi paiono più essenziali per gli argomenti qui esaminati.

<http://digilander.libero.it/gino333/prove.jpg>

<http://digilander.libero.it/gino333/teoriaflusso.jpg>

<http://digilander.libero.it/gino333/magneti.jpg>

<http://digilander.libero.it/gino333/misuremagnete.jpg>

<http://digilander.libero.it/gino333/teoriaflusso.jpg>

<http://digilander.libero.it/gino333/teoriaflusso2.jpg>

<http://digilander.libero.it/gino333/pan.jpg>

<http://digilander.libero.it/gino333/bobinex.jpg>

<http://digilander.libero.it/gino333/sbarre.jpg>

<http://digilander.libero.it/gino333/faraday.jpg>

<http://digilander.libero.it/gino333/faraday22.jpg>   
<http://digilander.libero.it/gino333/sbarre.jpg>

<http://digilander.libero.it/gino333/omopolare.jpg>

<http://digilander.libero.it/gino333/provaonda2.jpg>

<http://digilander.libero.it/gino333/sintesiii.jpg>

<http://digilander.libero.it/gino333/nuovo.jpg>

<http://digidownload.libero.it/gino333/arrangiarsi.JPG>

<http://digidownload.libero.it/gino333/curiosita.jpg>

[http://digilander.libero.it/gino333/dicoltello.jpg](http://www.google.com/url?q=http%3A%2F%2Fdigilander.libero.it%2Fgino333%2Fdicoltello.jpg&sa=D&sntz=1&usg=AFQjCNHtCx5CMnL7m1mrdwmh7TA8Tyr4fA)

e ce ne sarebbero altre

**Omopolari**

Prima di adottare il mio attuale modello, avevo cercato di capir qualcosa anche in questo settore nella speranza di trovare suggerimenti utili. Ora credo di poterne fare a meno, ma certo senza gli omopolari il modello resta parziale, perciò trascrivo cosa avevo racimolato al riguardo (i commenti sono quelli di tempo fa, non li ho ancora riconsiderati alla luce degli ultimi pentimenti).

In <http://digilander.libero.it/gino333/sbarre.jpg> il magnete anulare piano a destra, assomiglia un po’ agli omopolari fatti col solo magnete: il magnete è composto da una fila di magnetini 40x20x10 appiccicati sotto ad un anello di ferro largo 25 e spesso 5 mm: facendolo girare sui 250 rpm e usando contatti striscianti sui bordi interni ed esterni dell’anello, ho letto circa 15 m.volt.

Altre prove sono in <http://digilander.libero.it/gino333/omopolare.jpg> e ammetto che c’è molto che mi sfugge.

In <http://ulisse.sissa.it/chiediAUlisse/domanda/2008/Ucau080915d004/Ucau081117r001> c’è qualcuno che fa esperimenti come potrei fare anch’io e che lascia copiare il testo (inserisco commenti spostati a destra), si tratta di **ULISSE portale** [**SISSA**](http://www.sissa.it/) **Scuola Internazionale Superiore di Studi Avanzati (Trieste)**

***Disco di Faraday***

*Un disco metallico di raggio R, immerso in un campo magnetico di induzione B, può ruotare attorno al suo asse, anch’esso metallico. Vi sono due contatti striscianti: uno sull’asse e l’altro alla periferia del disco; questi sono collegati a un sensibile strumento di misura della differenza di potenziale. Quando si fa ruotare il disco attorno al suo asse con velocità angolare ω, si trova che fra i contatti striscianti si manifesta una differenza di potenziale u proporzionale alla velocità di rotazione, alla intensità del campo magnetico e al quadrato del raggio del disco: u = ω R2 B*

*Per esempio, se come nella figura seguente si avesse R = 10 cm = 0,1 m, B = 100 Gauss = 10-2 T e si facesse ruotare il disco con la velocità di 10 giri/s, si troverebbe u = 10-3 V, ma la corrente potrebbe essere grande, essendo essenzialmente limitata dalla sola resistenza del carico esterno.*

Non capisco i conti: leggerei 0,001 volt con un disco di raggio 10 cm che ruota a 10 giri/s e un campo magnetico di Gauss = 10-2 T ? Ma nei cataloghi ti dicono che un magnete N35 (codifica commerciale) ha circa 11700 Gauss (G) oppure 1,17 Tesla (T): come devo leggere quella siglatura? E non ha importanza la superficie e la distanza dei due poli che abbracciano parte del disco?

Comunque Gauss/Tesla che siano (l’uno sembra 1/10.000 dell’altro) saranno riferiti a una certa dimensione del polo e poi so per certo che anche lo spessore un po’ conta). E a cosa sono riferiti i Gauss/Tesla: alla capacità di attrarre ferro, alla capacità di indurre tensione, ….?

Ho provato a leggere cosa si intende per ω e rad e mi è venuto freddo: sono necessità che ci sono sempre state o dipendono dallo SI? (mi ricordo un ingegnere lamentarsi dell’introduzione dello SI). Non basta dire quanti giri/s fa e magari aggiungere qualcosa alla formula? **(Scusate la brontolata tipica dell’anziano resa ridicola dalla sua ignoranza)**

Ma non ha molta importanza per la comprensione dell’oggetto: quel che importa è sapere che avrei pochi millesimi di volt: mi par di capire che dovrei misurare gli ampere mettendo una resistenza adeguata per farli scendere a valori compatibili con la capacità del tester usato. **(nota per me: caso mai rifai test ”sbarre” mettendo un “carico” e vedi che succede)**

   
*Figura 1. Il disco di Faraday. Sono visibili: in basso il magnete, il contatto sull’asse  e l’altro contatto alla periferia del disco, in mezzo alle espansioni polari.*

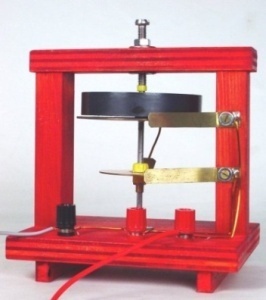
sembra un magnete in mezzo a una lamiera di ferro piegata opportunamente e che si protende verso il disco rotante

*Questo apparecchio è il primo generatore elettrico basato sull’induzione, ed è particolarmente interessante per il fatto che ha sempre costituito fonte di perplessità e di paradossi. Infatti quando il disco ruota, il raggio conduttore che si sposta nel campo magnetico costante non è apparentemente sede di una variazione del flusso di induzione magnetica, quindi la legge di Faraday non è applicabile e non è chiaro il meccanismo della apparizione di una forza elettromotrice.* *Elemento di interesse è anche il fatto che esso genera una forza elettromotrice continua senza la necessità di commutatori, come in tutte le altre macchine generatrici conosciute*

Ma è non chiara a tutt’oggi? Dopo dirà che opera la forza di Lorentz e che gli elettroni vengono \*spinti\*, ma dirà anche che per via di calcolo riappare la variazione di flusso (però senza dare la sensazione d’aver risolto tutte le sue perplessità). **Sulla “ continuità” della corrente io non vedo problemi, sia dipendesse dalla forza di Lorentz sia che ci fosse una \*variazione\*: mica c’è un su-giù o un avanti-indietro**.

*Nella figura seguente è riportato un disco di Faraday in una configurazione leggermente differente. Il magnete è ora di forma anulare [1], con i due poli sulle sue facce piane, è posto sopra il disco e può ruotare indipendentemente o solidalmente con esso. Il flusso magnetico uscente dal polo inferiore ora interessa (quasi) tutta la superficie del disco (per inciso, da qui il nome di generatore unipolare dato a questo genere di dispositivi).*

La differenza di diametro è un caso o è fondamentale?

**

*Figura 2. Il magnete anulare in alto può ruotare indipendentemente o solidalmente al disco. Il contatto sull’asse del disco è in basso, non visibile, mentre il contatto strisciante alla sua periferia è la lamina metallica superiore. Il disco più piccolo in basso e il relativo contatto strisciante servono per lo scopo spiegato in seguito*

*Con questo apparecchio [2] si possono fare le seguenti prove.*

*a) Ci si può chiedere: cosa succede se faccio ruotare il disco tenendo fermo il magnete? La risposta è ovvia: siamo nella stessa situazione del classico disco di Faraday della figura 1 e avremo una generazione di forza elettromotrice.*

*b) Cosa succede ora se faccio ruotare il magnete e tengo fermo il disco? Questa prova fornisce la risposta a un vecchio dilemma: le linee di forza di un magnete vengono trascinate nella rotazione insieme a esso? L’esperimento mostra che non vi è generazione di forza elettromotrice, con la conseguente risposta al dilemma delle linee di forza: le linee di forza non sono solidali con il magnete e non vengono trascinate, neppure parzialmente, nella sua rotazione.*

Però se il magnete fosse quadrato, in periferia avremmo un campo che appare e scompare! (ma saremmo nel caso di variazione di flusso, direi). E cosa pensa l’autore? Il campo è trascinato o non lo è?

*Ma rispetto a quale sistema di riferimento esse restano fisse?*

Questa domanda resta senza risposta?

*c) Cosa succede se faccio ruotare insieme disco e magnete? Nella visione di Faraday si ha generazione di forza elettromotrice quando un conduttore taglia le linee di forza del campo magnetico. Per Faraday le linee di forza avevano vera realtà fisica. Questa prova fornisce un risultato che può apparire sconcertante: si ha una forza elettromotrice uguale a quella fornita nel caso a). Questo è dunque un generatore del tutto speciale, nel quale la parte magnetica e la parte elettrica si muovono insieme.*

**Visto che in b) non c’è tensione perché il campo è visto fermo dal disco fermo, allora forse qui il disco si muove in un campo fermo, di qui la tensione. Però non credo che fra campo e disco basti un \*qualsiasi\* moto relativo, altrimenti dovremmo avere tensione sempre per effetto del moto della Terra (**e questo è assurdo dato che nessuno se ne è mai accorto).

*Un commento sull’esito dei tre casi illustrati. Nella visione dell’induzione di Faraday, la forza elettromotrice è proporzionale alla velocità con la quale vengono tagliate le linee di flusso magnetico.*

Quindi il \*taglio\* come fonte dell’induzione sarebbe da attribuire a Faraday (il quale però nei trasformatori indica la fonte nella variazione del campo). Cosa pensava Faraday nel caso della spira rotante (sempre che l’abbia esaminato)? E nel semplice moto relativo spira-magnete?

*Se si immaginano le linee di flusso come originate nel magnete, allora esse dovrebbero restare* ***ferme nel riferimento del magnete****. Allora, o ruotare il disco relativamente al magnete, o ruotare il magnete relativamente al disco dovrebbe originare una forza elettromotrice, mentre ruotarli insieme non dovrebbe. Questo è proprio l’opposto di ciò che si verifica in realtà. Questo è il paradosso al quale si accennava.*

***Dopo la scoperta dell’elettrone e delle forza che agiscono su di esso il paradosso può essere sciolto con una analisi microscopica dei fenomeni.***

Sembrerebbe la forza di Lorentz., ma questa viene prima o dopo la scoperta dell’elettrone?

*Si può calcolare la forza elettromotrice generata dal disco di Faraday nel modo seguente. Una carica q che sta nell’elemento conduttore del disco, che si muove con velocità v di modulo v = ω r e vede il campo di induzione* ***B*** *a essa perpendicolare, è soggetta ad una forza F, la forza di Lorentz [3], perpendicolare a* ***B*** *e a v, data da:*

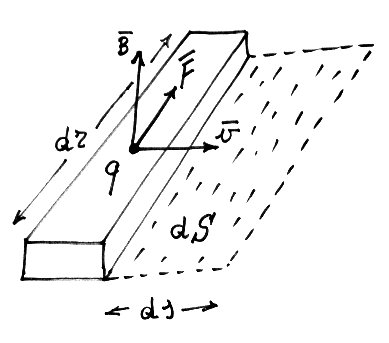
*F = q v ×* ***B*** *(×: simbolo di prodotto vettoriale) di modulo F = q v B.*

**E qui casca l’asino (cioè io),** ho provato a cercare una spiegazione dei prodotti vettoriali in

<http://www.mat.unimi.it/users/colombo/biotecvettoriR3OUT.pdf>

Ma ho subito capito che non è roba per me

Tuttavia la descrizione fisica di cosa succederebbe sembra chiara: un elettrone in moto rispetto a B sente una \*spinta\* ortogonale al suo moto (come questo avvenga lasciamolo pure da parte)



*Figura 3. La forza di Lorentz si esercita su una carica q che si muove con velocità v in un campo di induzione B.*

*La forza che agisce sull’unità di carica è il potenziale elettrico:*

*E = F/q*

*e la forza elettromotrice agli estremi dell’elemento dr è allora:*

*u = E dr = (F/q) dr = v B dr = ω r B dr (3)*

*L’integrale di u esteso da 0 a R fornisce la forza elettromotrice totale:*

*utot = ω R2 B*

che sembra la formula in prima pagina: la tensione dipende da quanti giri fa, dalle dimensioni del disco e dall’intensità del campo (cosa ragionevolissima)

*Come si vede, sia che il magnete stia fermo sia che si muova, ciò che conta è semplicemente il fatto che esso genera una induzione* ***B*** *e che la carica q abbia una velocità v perpendicolare a* ***B****.*

*Notiamo ancora: il penultimo termine della (3) può essere scritto:*

*u = v B dr = (ds/dt) B dr = dΦ/dt*

*essendo ds dr = dS la superficie elementare “spazzata” dall’elemento di conduttore nel suo movimento. Si ritrova così l’usuale espressione della forza elettromotrice di induzione. Questa inaspettata riapparizione del flusso di induzione magnetica e della sua velocità di variazione danno da pensare, ma il presente contesto ce lo impedisce.*

**Non capisco cosa impedisca e cosa sia il contesto** La matematica mi dice che forza di Lorentz e teoria del flusso sono la stessa cosa. Capisco che ds per dr = dS è un’area e qui c’è della roba che gira, ma quando un elettrone vola fra i rebbi di un magnete a ferro di cavallo e viene deviato, mica ho delle aree e si parla di forza di Lorentz (???)

**Ad ogni modo qui la variazione del flusso è una derivazione matematica dalla forza di Lorentz e come tale non aggiunge nulla a quello che io ho contestato prima.**

*d) Vi è un’ultima domanda, ancora più interessante. Cosa succede se il contatto alla periferia del disco ruota con esso?*

**Capisco bene i contatti non strisciano più** ?

*Questa prova può essere effettuata per mezzo del disco inferiore con il relativo contatto strisciante visibile nella figura 2. In questa si vede un filo che partendo dalla periferia del disco superiore è collegato con il centro del disco inferiore. Il contatto strisciante sul disco inferiore vede dunque la eventuale forza elettromotrice sviluppata dal contatto fisso alla periferia del disco superiore, contatto che ruota nel campo magnetico del magnete di ferrite insieme a tutto il disco superiore. La risposta?*

**Pare la successiva frase ingiallita**

*Nel sito riportato in [4****]***

**(non vedo siti)**

*sono indicati, fra i vari comportamenti, anche due casi dati per “undetermined”, nei quali il circuito esterno ruota insieme al disco sia quando il magnete è fisso che quando ruota insieme al disco. L’esperimento effettuato con il nostro dispositivo ha fornito la seguente risposta: non si ha generazione di forza elettromotrice.*

**Non ho capito il meccanismo, ma anch’io ho visto che se i contatti non strisciano non ho tensione.**

*Come accade in genere con i generatori elettrici basati sull’induzione, uno si può chiedere se questa macchina sia reversibile, cioè se possa funzionare come motore. La risposta è affermativa. Nella figura seguente si vede un motore unipolare.*

  
   
*Figura 4. Un motore unipolare. Il magnete ad anello è sotto al coperchio di barattolo di tè, e ruota con esso.*

*In questo apparecchio, un magnete ad anello ruota solidalmente con il disco conduttore. Il grosso filo di rame curvo sulla destra assicura il contatto con la periferia del disco per mezzo di una goccia di mercurio che viene trascinata nel solco [4]. L’altro contatto è sulla parte inferiore dell’asse. Una corrente di parecchi ampere è necessaria per fare ruotare il disco, data la resistenza elettrica bassissima della catena di conduttori tutti metallici e di grossa sezione.*

*Questo motore è totalmente differente da qualsiasi altro motore elettrico. In tutti i normali motori, le forze che producono la coppia di rotazione sono generate dalla interazione fra i poli magnetici di una parte fissa, lo statore, e quelli della parte rotante. Almeno in una di queste i poli magnetici sono generati dalla corrente elettrica che alimenta il motore, opportunamente commutata o variata in modo da mantenere costante il verso dell’interazione magnetica. Nel motore unipolare la parte elettrica e la parte magnetica sono coincidenti.*

*Un ultimo fatto assai sorprendente. Un motore siffatto potrebbe consistere semplicemente di una calamita metallica cilindrica che possa ruotare attorno al proprio asse, con un contatto elettrico sull’asse e l’altro sulla periferia, ovvero di una sbarra cilindrica metallica magnetizzata che possa ruotare attorno al proprio asse, con un contatto strisciante vicino a un polo e un altro contatto strisciante nella sua parte mediana, dove il campo è nullo. Quando una corrente elettrica circolerà fra i contatti striscianti, la calamita si metterà a ruotare.*

**Mi sembra conforme a quanto ho visto personalmente testando l’anello magnetico (vedi dopo).**

*La domanda che sorge spontanea è dunque: da cosa nasce la forza che fa ruotare il disco? Su quale parte fissa si esercita la reazione di questa forza?*

*La stranezza di questi fenomeni e il fatto le cose appaiano differenti a seconda che ci si ponga nel sistema di riferimento fisso del laboratorio o nel sistema ruotante del magnete furono alla base del lavoro di Einstein Sulla elettrodinamica dei corpi in movimento del 1905, atto di fondazione della relatività speciale. In essenza,* ***“La fisica non può dipendere dal sistema di riferimento”.***

**Riappare il discorso “circolare” evidenziato con riferimento all’articolo di “Scienza per tutti”. Il fenomeno invece risulta, come è logico sia, perfettamente simmetrico. Comunque mi pare che anche per quelli della SISSA l’omopolare è, e resta, un mistero.**

*Torniamo al disco di Faraday generatore. Esso ha avuto importanti applicazioni tecnologiche e scientifiche, soprattutto per il fatto che può generare correnti intensissime, di molti milioni di ampere [5]* ***(non si apre) .*** *Applicazioni meno estreme sono state realizzate per la generazione delle correnti necessarie per le celle elettrolitiche.*

*I motori unipolari, per la loro caratteristica di funzionare in corrente continua e senza commutazione degli avvolgimenti rotorici furono proposti come propulsori per i sommergibili, che in immersione dovevano ricavare l’energia da batterie di accumulatori. Anche alcuni fenomeni astrofisici vengono spiegati in termini di generatori unipolari.*

*La fantasia degli inventori e degli sperimentatori esoterici si è naturalmente scatenata intorno a questa macchina. Innumerevoli sono i siti web nei quali si espongono strani fenomeni, come per esempio la generazione di energia dal nulla, la trasmissione di energia a distanza senza fili, moti perpetui ecc.*

***Note***

*[1] Questi magneti di ferrite sono presenti in quasi tutti gli attuali altoparlanti e possono essere ricavati da essi ammorbidendo gli adesivi con i quali sono montati per mezzo di una immersione di un’oretta in acqua bollente.*

*[2] Tutti gli apparecchi riportati nelle fotografie sono stati costruiti dall’autore.*

*[3] Hendrik Lorentz introdusse la sua forza nel 1892.*

*[4] In questo piccolo apparecchio, il disco è il coperchio di un barattolo di the.*

*[5] Vedi per esempio in* [*http://en.wikipedia.org/wiki/Homopolar\_generator*](http://en.wikipedia.org/wiki/Homopolar_generator)*+*

*------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------*

Alla prima lettura m’era sembrato che tutto si potesse spiegare immaginando che la tensione derivasse dal moto relativo fra il campo (non partecipe del moto del magnete, così come dice Faraday) e gli elettroni del disco (o del magnete). Non però il moto causato dal moto della Terra o da un mezzo di trasporto, bensì dal moto dovuto alla rotazione. Il moto dovuto al moto della Terra (o di un treno) è uguale in ogni punto del disco (o del magnete), mentre nella rotazione la velocità cambia lungo il raggio. La rotazione mi pareva potesse indurre una differenza di tensione capace di muovere radialmente gli elettroni, tipo la forza di Lorentz.

Ma poi mi sono dovuto ricredere riflettendo su <http://digilander.libero.it/gino333/sbarre.jpg> e soprattutto a causa di <http://digilander.libero.it/gino333/omopolare.jpg> perché se la mia ipotesi fosse stata giusta si sarebbe dovuto avere tensione anche senza contatti striscianti (tester fissato all’anello in rotazione, risultato: nessuna tensione).

Nel link centrale in alto si vede a destra magnete e due contatti che consentono di simulare l’omopolare fatto con l’anello e quindi simulare con grande semplicità varie configurazioni possibili, anzi di più (si vedano i casi citati sotto a sinistra)

Riepilogo i casi osservati + quelli noti . Codifico per fare una tabella che evidenzi le combinazioni: SI NO la tensione; m d il magnete e il disco fermi, M D quando si muovono (quando dD non c’è, l’omopolare non prevede il disco, ma funziona ugualmente); F contatti fissi, S striscianti (1,2,3,4 test eseguiti personalmente)

1-SI M S è il mio test con i contatti striscianti sui bordi dell’anello

2-NO M F idem, ma col tester fissato al magnete o con l’ oscilloscopio e i contatti che trascinano M

3-SI m S idem, ma sono i contatti che girano attorno al dispositivo m tenuto fermo.

4-NO m F tutto fermo (sarebbe inutile citarlo, l’ho messo solo per completare la serie)

..-SI md S come 3

5-NO md F c’è solo il moto del Terra, di un treno ecc

6-SI mD S si muove il disco (quindi i contatti strisciano)

..-NO mD F come 2

7-SI Md S si muove il magnete (irrilevante), ma anche i contatti girano attorno al disco fermo

8-NO Md F idem 7, ma i contatti sono fissi

..-SI MD S come 1

..-NO MD F come 2 (è l’ipotesi di far ruotare il tutto solidalmente unito)

Fermandoci qua avremmo SI se i contatti sono striscianti (1 3 6 7) e questa sembrerebbe condizione necessaria e sufficiente perché nel 3 (contatti striscianti) c’è tensione anche se è certo che non c’è moto (rotatorio) relativo fra campo ed elettrone (quindi la questione di Faraday: se il campo è trascinato dal magnete oppure non lo è, è del tutto irrilevante)

Però i test mostrati in fondo a sinistra di http://digilander.libero.it/gino333/omopolare.jpg dicono che basta un singolo contatto strisciante (e aggiungono perplessità nella ricerca di una possibile spiegazione).

Ma quale può essere la causa della tensione se il moto relativo campo-elettroni (forza di Lorentz) non è indispensabile? Potrebbe essere che il moto della Terra e un campo “sempre fermo” fornisca questo moto relativo? Direi di no perché ho ruotato di 90° il dispositivo anulare e l’ho anche inclinato di 45°, ma l’intensità non è cambiata (ho migliorato l’aggeggio per poter crescere di giri ed ero sui 15 mV mentre prima ero sui 2-3 mV).

Nel caso del magnete anulare potrebbe essere che gli elettroni dei fili che vanno ai contatti si trovino in moto relativo col campo? Non può essere perché fra i test di “omopolare” c’è la dimostrazione che bobine in moto relativo rispetto a magneti anulari, non danno tensione. Si può \*immaginare\* che fra i due punti di contatto ci sia come un tratto \*virtuale\* di spira? No, per lo stesso motivo di prima: se un tratto di spira vera non dà tensione, perché dovrebbe darla un tratto virtuale?.

Certo il meccanismo dovrà avere gli stessi effetti della forza di Lorentz: “spingere” gli elettroni.

Anche in <http://pangloss.ilbello.com/Fisica/Elettromagnetismo/teoria_generatori_omopolari.pdf> sembra si concluda dicendo che si tratta di forza di Lorentz (pare però che il lavoro non sia finito, vedi il punto 3), ma in quella matematica si ritrova una “spiegazione fisica” del fatto che gli elettroni (o chi per loro) sono deviati anche quando non sembrano in movimento in un campo magnetico?

Azzardo un’ipotesi. E’ evidente che la piattina di ferro che vedete sopra la fila di magneti in   <http://digilander.libero.it/gino333/omopolare.jpg>  (test a destra e sotto il riquadro rosso) presenta una specie di  “differenza di potenziale” fra i due lati. Se “differenza di potenziale” non è termine corretto (potrebbe far pensare al moto perpetuo) diciamo che gli elettroni della piattina possono essere in uno stato \*eccitato” come devono esserlo quelli di una bobina \*aperta\* investita dal transito dei magneti. Uno stato di eccitazione però diverso nei due lati della piattina così come sono diversamente orientate le linee del campo ivi presenti. A conferma si veda anche il test subito sotto dove risulta che c’è tensione solo se i due contatti toccano il bordo esterno ed interno dell’anello che ricopre i magneti.

In un alternatore chiudendo la bobina io innesco una corrente che genera un campo  magnetico che richiede energia a chi muove i magneti:  non potrebbe così avvenire anche a chi striscia i contatti?

Vero che i contatti sono sempre chiusi, ma quando li si mette, per attimo forse si verificherà un fenomeno che subito svanisce.  Ma \*strisciando\* i contatti il fenomeno potrebbe ripetersi con continuità generando un fenomeno \*osservabile\*. Forse il fenomeno è dovuto alla “lentezza” con cui si muovono gli elettroni? spostando i contatti  si andrebbe a raccogliere merce sempre fresca, mente se i contatti sono fermi i rifornimenti arrivano ogni morte di papa?

Però c’è un problema: a contatti fermi gli elettroni circolerebbero assai lentamente,  ma dovrebbe sempre esistere una pur modestissima corrente che certamente nessuno ha notato.

Forse è il \*movimento\* dei contatti che consente di fornire l’energia che mette realmente in moto gli elettroni, una specie di \*forza di Lorentz”?

Confesso d’essere assai confuso:  forse bisognerebbe fare prove approfondite ripartendo dai test a destra e sotto la linea rossa in <http://digilander.libero.it/gino333/omopolare.jpg> e poter ragionare con esperti privi di  preconcetti.