

Riassunto: Nel 1905 Einstein scrive: *"E' noto che l'elettrodinamica di Maxwell ... porta a delle asimmetrie, ... Se infatti il magnete è in moto e il conduttore è a riposo, nei dintorni del magnete esiste un campo elettrico ... che genera una corrente nei posti dove si trovano parti del conduttore. Ma se il magnete è in quiete e si muove il conduttore, nei dintorni del magnete non esiste alcun campo elettrico ..."*.

Si propone un modello fisico in cui, chiunque sia chi si muove, l'induzione dipende inizialmente dall'interazione del campo magnetico del magnete con quello proprio degli elettroni della spira e un istante dopo interagirebbe col campo magnetico generato dalla corrente indotta nella spira stessa; la *corrente* non sarebbe **causata** dal campo elettrico, ma viceversa sarebbe **causa** dei fenomeni elettromagnetici che circondano il filo. Se questo fosse vero **non ci sarebbe nessuna "asimmetria" da giustificare**.

La proposta non implica una diversa matematica perché il fenomeno resta legato alla variazione del flusso magnetico che avviene prevalentemente nell'area della spira; nelle teorie correnti ciò che deborda dalla spira avrebbe saldo quantitativo nullo, non così nel modello proposto, ma l'effetto quantitativo potrebbe non essere distinguibile a causa delle approssimazioni dovute alla forma del circuito e dei magneti (appendice-4)

La "forza di Lorentz" (evidente nei tubi catodici e simili) così come oggi **non** trova posto nelle teorie correnti per descrivere il funzionamento dei **trasformatori**, risulta incompatibile col modello fisico qui proposto, Tuttavia la sua formulazione matematica resta utilizzabile per fare calcoli in quanto derivabile per via algebrica dalla variazione del flusso (dalla legge di Faraday). Questa identità algebrica trova la sua giustificazione fisica nel fatto che tutto dipende comunque dal comportamento degli elettroni, anche se ciò avviene in un tubo catodico è ovviamente diverso da ciò che avviene in un alternatore. Separare Lorentz da Faraday è certo cosa sgradevole ma viene compensata dal fatto che nel modello proposto i **trasformatori risultano assimilabili agli alternatori**.

Questo modello **non si estende alla descrizione fisica della radiazione elettromagnetica** dove una iniziale variazione del campo elettrico (analoga a quella indotta dalla corrente alternata in un condensatore) genera nello spazio oscillazioni del campo elettromagnetico. Questa descrizione fu suggerita dal modello che qui si propone di modificare, ma questo non mi pare impedisca di esaminare ipotesi alternative che non riguardano la radiazione.

Se questo modello fosse corretto, Feynman non avrebbe avuto motivo per scrivere: **"Non si conoscono altre località della fisica in cui la reale comprensione di un così semplice ed accurato principio generale richiede l'analisi di due fenomeni distinti."** (The Feynman Lectures on Physics) . Questo perché Lorentz e Faraday descriverebbero fenomeni **fisicamente distinti**.

- Appendici**
- 1 - Interpretazioni correnti
 - 2 - Vecchie osservazioni archiviate
 - 3 - Attrazione e repulsione dei magneti
 - 4 - Il funzionamento e la forma delle spire di un alternatore assiale
 - 5 - Galileo e il metodo scientifico
 - 6 - Costanza di c
 - 7 - Omopolari

Negli **Omopolari** il modello non è proponibile: alcuni test consentono di escludere che la variazione del flusso possa essere presente (vedi appendice-7). In essi opera solo la forza di Lorentz.

Pure nel caso della **sbarra conduttrice** la **forza di Lorentz può descrivere completamente il fenomeno**. Vero che il fenomeno può essere letto anche in termini di Legge di Faraday (una spira la cui area si modifica), ma nel caso 1 (a sinistra) può esserci solo la forza di Lorentz, inoltre se si riduce l'area *appoggiando* una seconda sbarra non succede nulla (**rifai il test**), quindi è il *moto della sbarra* ad agire, non la variazione dell'area (analogamente anche la tensione ottenuta *deformando* una spira potrebbe dipendere dal movimento del filo e non dalla variazione dell'area).



Il prof Cosmelli in <https://www.phys.uniroma1.it/fisica/sites/default/files/masterclass/cosmelli-induzione.pdf> scrive: *"la legge di Faraday...una legge <<difficile>> che può portare a tanti problemi ... legge fisica o comoda formula? ... La regola del flusso non è una legge causale e non è una legge di campo ..."*; inoltre Il professore riferisce che a parere di Feynman la legge del flusso negli omopolari non funziona (e io ne sono ben contento ☺) però alla fine scrive che **matematicamente "tutto torna" !!!** OK, ma non sarebbe meglio se si potesse evitare l'imbarazzo della "duplice spiegazione" lamentata da Feynman?

Ma ha senso cambiare il modello fisico se la matematica non cambia? Sì, e non sarebbe la prima volta: la matematica di Ampere resta valida nonostante il suo modello fisico (forze che agiscono in linea retta a

distanza e in modo istantaneo) sia stato smentito dalle osservazioni di Faraday. Questo modello potrebbe addirittura essere proprio di **Faraday**, almeno così si dedurrebbe dal capitolo 7 di "Una forza della natura" di Fabio Toscano dove si legge che secondo Faraday il test di Arago si spiega col fatto che la rotazione dell'ago magnetico sopra il disco di rame innesca correnti nel rame generanti a loro volta un campo magnetico poi interagente col campo magnetico dell'ago stesso. Peccato (per me) che nello stesso libro al cap. 8 si legga che nei cavi telegrafici sottomarini (sempre secondo Faraday) la corrente doveva essere preceduta da una "tensione polare", cosa assimilabile al "campo elettrico". Interessantissime le varie questioni esposte in quel capitolo, soprattutto l'attribuzione dell'induzione al "taglio delle linee di forza": anche qui a mio parere Faraday sbaglia. Io penso che la vera causa stia nella variazione del campo magnetico nei pressi della spira: questa variazione si verifica quasi sempre in presenza del *taglio*, ma questo non è sempre vero (si veda il caso di destra nell'appendice-2). A parte questo a Faraday va tutta la mia più grande ammirazione (e simpatia considerando che pure lui non era dotato di strumenti matematici).

* * *

Prima di esporre le ragioni di questa proposta richiamo le notizie storiche che legano il *campo elettrico* alle *ruote oziose* di **Maxwell**, immaginate presenti nello spazio e capaci di condurre l'elettricità. Riassumo dal bellissimo libro di Toscano precedentemente citato (capitoli 10-11):

*W. Thomson nel 1845 aveva *matematicizzato* l'idea di Faraday di una trasmissione delle forze a mezzo di particelle contigue trovando "un'analogia matematica fra le forze elettriche e magnetiche e le tensioni meccaniche che si propagano in un solido elastico" in modo però da non contrastare con l'idea dell' "azione a distanza" di Weber, astenendosi perciò dal proporre un modello fisico.*

*Nel febbraio 1856 Maxwell presenta "On Faraday's Lines of Force" e, riprendendo le idee di Thomson, immagina le linee come tubi in cui vortica un *fluido*, tubi di sezione variabile (in modo che l'intensità potesse variare). Si trattava di un modello "geometrico-idrodinamico" adattabile ai fenomeni elettrico-magnetici ma che non faceva ipotesi sulla reale fisicità dei fenomeni. Un modello quindi incompleto, anche perché non comprendeva lo *stato elettrotonico* di Faraday.*

*Nella primavera del 1861 Maxwell riprende l'idea dei tubi come vortici (molto più *sottili* delle molecole) rotanti attorno alle linee di forza e attribuendo a queste rotazioni le *spinte* dei fenomeni elettromagnetici. Quanto alla natura delle *correnti elettriche* ne trovò il modello meccanico nelle *ruote oziose* che era necessario immaginare presenti fra vortice e vortice affinché essi potessero ruotare tutti nello stesso senso. Quindi "l'elettricità ... anziché essere un fluido confinato nei conduttori, si configurava come il prodotto di minutissime particelle sparse per tutto lo spazio ... nei conduttori avevano libertà di muoversi da vortice a vortice (e da molecola a molecola) e di formare quindi una corrente elettrica". Muovendosi, queste particelle originavano o alteravano la rotazione dei vortici, quindi generando a loro volta fenomeni magnetici. Tutto questo era supportato da "una solida trattazione matematica" che si allargava pure allo "stato elettrotonico". Tuttavia lo stesso Maxwell "era il primo a dirsi scettico su quell'incastellatura di sferette" e rimandava la sua ricerca di una "vera interpretazione dei fenomeni": difatti il modello non poteva ancora rivaleggiare con la più esauriente teoria di Weber fondata sull'azione a distanza perché non includeva l'elettrostatica e non motivava l'attrazione-repulsione fra corpi elettricamente carichi (difatti le minutissime *ruote oziose* sparse ovunque nello spazio non possedevano carica elettrica).*

*Nell'estate 1861 risolve il problema attribuendo alle ruote oziose una certa *elasticità*, come se fossero "pallini di gomma" che in presenza di campo magnetico si ponevano in rotazione" oppure, se impedito, tentavano di farlo. L'elasticità di queste particelle consentiva loro di accumulare energia potenziale oltre che cinetica e quindi potevano descrivere anche l'elettrostatica e prevedevano pure una corrente *dovuta* allo spostamento elastico che doveva essere presente anche negli isolanti e persino nello spazio apparentemente vuoto: una corrente momentanea destinata a ripresentarsi in direzione opposta al venir meno delle condizioni che l'avevano generata. Da questo ne derivava che le cariche elettriche erano dovute ad accumuli o diradamenti di quelle particelle (ruote oziose) dovute al meccanismo di spostamento (reale o anche solo elastico, direi). "Queste distorsioni ponevano ... l'etere elettromagnetico attorno ai corpi carichi in uno stato di tensione elastica corrispondente ad un campo elettrico dal quale i corpi erano spinti ad avvicinarsi o allontanarsi fra loro". Da qui nascono le altre deduzioni riguardanti la natura elettromagnetica della luce: la corrente di spostamento e le equazioni suggerivano che "un campo elettrico variabile nel tempo generava un campo magnetico anch'esso variabile. Quest'ultimo ... generava a sua volta un campo elettrico variabile e così via...". La comunità scientifica trovò il modello interessante ma troppo pieno di ipotesi ad hoc e così Maxwell svincolò la sua teoria dal modello qui esposto per "farla discendere solo dalle evidenze sperimentali e dall'astrazione matematica". Il suoi colleghi restarono però perplessi e persino l'amico W. Thomson (che aveva criticato i primi modelli fisici di Maxwell) nel 1884 criticò la teoria in quanto priva di un modello meccanico (!!!). Nel 1884 Heaviside pubblicò una versione matematica semplificata e la teoria trionfò nel 1888 grazie alla scoperta di Hertz delle onde elettromagnetiche.*

Certamente avrebbe trionfato pure Faraday che le aveva previste pure lui e senza ricorrere all'etere che non apprezzava unitamente agli *atomi*: per lui tutto era un mare di *linee di forza*, cioè un *campo* in cui le particelle non erano altro che addensamenti forze, praticamente per Faraday tutto era materia o quasi, un altro motivo per negare la *azione a distanza*.

Certo né Faraday né Maxwell sapevano dell'elettrone (scoperto solo nel 1897 da J.J. Thomson). La scoperta dell'elettrone non ha però modificato l'elettromagnetismo *classico* dove non si parla di elettroni ma si continua a parlare di campo elettrico e di non meglio precisate *cariche* immaginate (penso) come sferette *caricate* elettrostaticamente.

Se si fa notare che ciò nonostante si parla spesso e volentieri di elettroni i fisici ribattono che gli elettroni fanno parte della quantistica e che l'elettromagnetismo classico basta ed avanza. Oggi però tutti parlano di elettroni e credo sarebbe meglio fossero adottati anche nella cosiddetta fisica classica unitamente all'ipotesi che le "linee del campo" descrivano in realtà un flusso di fotoni (che le "linee" siano linee reali non lo crede nessuno, certamente esse indicano solo l'orientamento spaziale del campo).

* * *

Quanto al "campo" credo opportuno lasciar parlare **Einstein-Infeld** che in "*L'evoluzione della fisica*" (parte terza) affermano che il "campo", nato per "descrivere" fenomeni fisici, gradualmente si trasforma esso stesso in una realtà fisica. Oso condensare 60 pagine in poche righe. Dal capitolo "la prima grave difficoltà":

Oersted: una spira percorsa da corrente deflette un ago magnetico posto al centro della spira.

Rowland: una carica rotante attorno ad ago magnetico produce lo stesso effetto,

Alla fine del capitolo "Campo come rappresentazione" si veda lo schema:

A) moto della carica → **variazione di un campo elettrico**

B) moto della carica → corrente → **campo magnetico associato**

Pertanto ... la variazione di un campo elettrico, prodotta dal moto di una carica è sempre accompagnata da un campo magnetico ...

OK, ma come unire le considerazioni A e B? considerando solo i termini in grassetto risulta::

moto della carica → **variazione di un campo elettrico** → **campo magnetico associato**;

ma dove mettere la corrente? io potrei benissimo scrivere:

moto della carica → **corrente** → **variazione di un campo elettrico** → **campo magnetico associato**

e dedurre che è **la corrente la causa degli effetti elettromagnetici**,

ma da quanto si legge più avanti (C) gli autori hanno invece pensato a

moto della carica → **variazione di un campo elettrico** → **corrente** → **campo magnetico associato**

OK, ma quale potrebbe essere l'osservazione che consente di scegliere fra le due alternative?

Questa schematizzazione mi ricorda i formalismi della matematica e/o della logica formale, ma si può essere così perentori quando esistono due soluzioni?

l'associazione di un campo elettrico, variabile nel tempo, con un campo magnetico è essenziale per l'ulteriore svolgimento dei nostri ragionamenti

In altre parole: se c'è un campo magnetico (facile da osservare) dev'esserci anche un campo elettrico variabile nel tempo, ad esempio: se un filo è percorso da corrente osserviamo un campo magnetico, perciò dev'esserci anche un campo elettrico che sarà variabile nel tempo (se la corrente è alternata, aggiungerai).

Faraday scoprì che *la variazione di un campo magnetico è accompagnato da un campo elettrico*

da quanto leggo in Toscano, in Faraday io ci vedrei piuttosto l'idea del campo **elettromagnetico**.

C) ... Cosa significa una corrente dal punto di vista della teoria del campo? Essa significa l'esistenza di un campo elettrico che obbliga i fluidi elettrici a circolare... Se si ignorasse il linguaggio del campo sarebbe assai difficile spiegare il fenomeno ...

questo è possibile ma, come detto prima, andrebbe dimostrato. Chissà poi perché usano il termine "fluidi" (mi ricorda il "calorico": sembra che parlare di elettroni sia cosa disdicevole). Comunque io non ci vedo nessuna semplificazione, il "campo" a me non fornisce nessun modello "fisico" capace di sostituire la cella campanaria di Maxwell dove i campanari, pur ignorando come sono disposti i meccanismi della cella, se la cavano egualmente conoscendo il risultato del loro tirar corde

... in una spira in cui muta il numero delle linee del campo magnetico (si) induce corrente, ma poiché corrente equivale a carica in moto se ne deduce che c'è un campo elettrico... "un campo magnetico variabile è accompagnato da un campo elettrico" ... il campo elettrico esiste anche in mancanza del circuito necessario per accertare la presenza di una corrente indotta. I nostri due pilastri sarebbero in verità riducibili a uno solo, a quello ... di Oersted, potendosi da questo dedurre le conseguenze dell'esperimento di Faraday con l'aiuto della legge di conservazione dell'energia

Tutto questo mi sembra un gioco di parole. Vero che fra le piastre di un condensatore c'è un campo elettrico, ma la corrente che si può scaricare trova certamente la sua origine nel fatto che ci sono troppi elettroni da una parte e troppo pochi dall'altra cosicché una "corrente" restaura l'equilibrio. Vero che le piastre cariche si attraggono e che fra esse potrebbe scoccare una scintilla, ma questo mi autorizza a dire che questo campo elettrico è la causa della corrente? A me pare che la causa sia la differenza di potenziale fra le piastre a causare tanto la corrente quanto il campo elettrico e lo stesso succede quando il condensatore è fatto con le nuvole del temporale e il prato sottostante.

Come Faraday, anche Maxwell avrebbe concordato con Einstein-Infeld, ma essi non conoscevano gli elettroni e Maxwell avrebbe trovato il campo elettrico simile al suo mare di "ruote oziose" (per quanto abbandonate). Vero che attorno ai fili percorsi da corrente, anche di bassa intensità, oltre al campo magnetico, si osserva pure un campo elettrico (ad esempio con strumenti tipo il seguente <http://www.fornituregelmini.it/svm2.htm>), ma questo non dimostra al di là di ogni dubbio che la corrente sia generata dal campo elettrico: perché non può essere viceversa? E' facile immaginare come una corrente possa generare un campo elettrico: gli elettroni hanno tutti lo stesso segno (negativo), così se sono in **eccesso** rispetto allo stato "normale" abbiamo un **carica negativa**, quando circolano in un circuito il loro moto è frenato dalla resistenza del circuito e quindi si "addensano", cioè tendono ad avvicinarsi gli uni agli altri e questo aumenta la forza di respingimento che esiste fra segni uguali: ecco come potrebbe nascere il

campo, sarebbe l'opposto di quello che avviene fra le piastre di un condensatore (che si attirano), ma è un fatto capace di produrre fenomeni osservabili (polarizzazioni, ionizzazioni, ...)

Affermare che questo "stato" sarebbe la causa della corrente a me pare strano, soprattutto nella scarica di un condensatore mentre nel caso dell'induzione magnete-spira, prima di accettare un simile meccanismo vorrei vedere una misura del campo elettrico indipendente dalla corrente indotta.

In ogni caso l'induzione magnete-spira è collegata ad una **variazione del flusso magnetico**. Bisogna allora intendersi sul significato fisico di questa variazione: se si accetta la descrizione del campo come suggerito dalla limatura di ferro attorno a un magnete, cioè come "linee" curve, ciascuna di uguale intensità in ogni loro punto, che vanno da un polo all'altro e se si suppone che la spira si muova fra linee dello stesso segno (senza cioè incrociare quelle che *tornano indietro*), allora, nelle teorie correnti, la miglior definizione di **variazione di flusso** per quella spira sembra essere la "**variazione del numero delle linee concatenate dalla spira a causa del moto relativo fra magneti e spira**" (lo scrivono pure Einstein-Infeld); ovviamente l'intensità deriva anche dalla velocità di questo moto e da altri fattori qui non rilevanti. Senza moto non si genera tensione: se si riduce l'area di una spira senza muoverne i contorni (ad es. appoggiando su di essa una barretta conduttrice) non si ha tensione, tensione che invece compare quando si *schiaccia* la spira (cioè quando il filo della spira si muove). Ho già detto prima che il "taglio delle linee di forza" di Faraday corrisponde sovente alla definizione che a me pare esaustiva, ma non sempre.

Un inciso: quando mi riferirono che in quantistica i campi sarebbero *flussi di fotoni* mi sembrò possibile superare il disagio che mi procuravano le "linee del campo magnetico": le linee si divaricano allontanandosi dal magnete: cosa ci metto in mezzo? Nessun problema se si trattasse di un flusso di particelle e risulterebbe subito chiaro perché un flusso di particelle può tutto entrare e tutto uscire da una spira, cosa non concepibile con linee di campo (vedi omopolari del prof. Pegna in appendice-7). Però chi mi informò mi proibì di usare tale modello perché troppo grossolano e incomprensibile per chi non ne masticasse la matematica (cioè il sottoscritto). Peccato però che quel gentilissimo fisico non sia stato capace di derivare dalla sua matematica quantistica neppure un abbozzo di modello fisico. Pertanto come Maxwell si accontentò dei campanari, io mi accontento volentieri del flusso di fotoni (ma solo privatamente perché, per non aver rogne, mi mantengo ossequioso sulla precedente definizione di variazione del campo)

Nei **trasformatori** non è presente il moto relativo fra magneti e spira, ma, come diceva Faraday (vedi in Toscano cap.V "Riguardo all'esperimento con l'anello di ferro...") nell'alternarsi della polarità del primario abbiamo un campo magnetico che varia e quindi linee di campo che avanzano e che si ritraggono: **non si muovono gli avvolgimenti, ma si muovono le linee del campo e quindi la precedente descrizione della variazione del flusso resta valida** (superfluo far presente che le *linee* descrivono solo l'orientamento del campo, non sono *fisicamente* vere).

Se l'interazione avviene nell'area della spira, cosa trasporta al filo ciò che è successo nell'area della spira? Le teorie correnti affidano questo compito al **campo elettrico**, questo quando sono i magneti a muoversi, altrimenti agirebbe la **forza di Lorentz** (ecco l'asimmetria di Einstein). La cosa mi parve strana, ma un fisico (sicuramente competente) mi assicurò che l'interpretazione *consueta* cui accennava Einstein è ancora attuale e che l'*asimmetria* viene risolta dalla Relatività Ristretta perché l'uno dei due meccanismi (moto dei magneti oppure della spira) si trasforma nell'altro cambiando il riferimento da cui si osserva, ma questo, viste certe mie esperienze, aumentò la mia perplessità (vedi anche l'appendice-4). Non mi convinse neppure Sara Barbieri che in "Grandangolo, vol. 23" del Corriere della Sera scrisse: "*...Cosa accadrebbe se non ci fosse un conduttore? Scomparebbe anche la circuitazione del campo elettrico? Certamente no, ciò che scomparirebbe sarebbe soltanto la corrente elettrica semplicemente perché il **campo elettrico** non troverebbe nessuna carica libera da poter spostare...*".

Stranamente Fabio Toscano scrive (penultima pagina del libro): "Oggi sappiamo che gli elettroni ... possiedono la più piccola quantità di carica elettrica esistente libera in natura e il loro moto forma la corrente elettrica nei metalli ... hanno inoltre portato alla moderna visione (ancorché prequantistica) secondo cui **sono le cariche e le correnti elettriche a generare i campi elettrici e magnetici** e non il contrario come pensavano Faraday e Maxwell". Non credo che Toscano si riferisca a ciò che succede attorno a un filo percorso da corrente, cioè al campo magnetico ed elettrico che si manifesta con polarizzazioni e ionizzazioni, questo perché dice che Faraday e Maxwell si sbagliavano. Quindi pare che porti acqua al mio mulino, ma una rondine non fa primavera perciò devo proseguire.

Prima di esporre in dettaglio le ragioni e il modello proposto, confesso che per lungo tempo ho pensato ad una interazione diretta fra il campo dei magneti in movimento relativo e il filo della spira, ma poi ho capito che l'interazione doveva **e poteva** avvenire *prevalentemente* nell'area della spira. Pure gli *omopolari* (appendice-7) mi hanno procurato grande difficoltà fino a che non ne ho trovato versioni dove certamente solo la Forza di Lorentz (e non la variazione del flusso) era responsabile della tensione. Ho avuto problemi anche con la "Legge di Faraday" e col suo prerequisito: la "variazione del flusso magnetico" (appendice-2): avevo inteso che si trattasse di un'unica legge mentre la *variazione del flusso* è solo il prerequisito della legge di Faraday cosicché sembrava che io criticassi la legge mentre criticavo il prerequisito (figuratevi l'indignazione degli addetti ai lavori, i quali però commettevano la mia stessa indebita commistione).

E ora spero vorrete esaminare benevolmente l'alternativa che vi proporrò con maggiori dettagli.

Spazio bianco per inserimenti

Tento l'impresa esibendo alcune prove che parvero mostrare un collegamento diretto fra il campo magnetico e il filo (cioè senza dover invocare la presenza di un campo elettrico né la mediazione dell'area della spira come "oggetto" intermedio). Difatti muovendo un grosso magnete rispetto ad una grande bobina il segnale tiene conto della distanza dal filo e, segno a parte, non dall'essere dentro o fuori dalla spira (stessi risultati lasciando fermo il magnete e muovendo la spira, anche in altri test più accurati).

Fisicamente questo test mi portò ad immaginare qualcosa di simile agli ingranaggi mossi da una cremagliera.

Ma c'era un problema. Dalla legge di Faraday si deduce che se il campo magnetico fosse ***uniforme***, tanto la curva del flusso che attraversa la spira quanto la sua derivata, sarebbero ***sinusoidi***.

Lo si capisce anche senza matematica: si osservi il dispositivo che segue, si immagini di mettere un occhio dove c'è un polo e di guardare l'altro polo: si vedrà l'area della spira in rotazione che va da un rettangolo massimo a una semplice linea (cioè a zero) e si può facilmente immaginare che registrando graficamente le misure dell'area man mano che la spira ruota si otterrà una **sinusoide** come quella mostrata a fianco. Idem tenendo ferma la spira e facendo ruotare i magneti.

Ora, considerato che in molti manuali, anche universitari, l'induzione veniva esemplificata proprio mostrando quelle sinusoidi, **avevo ritenuto che la mia ipotesi di una interazione diretta fra il campo e il filo della spira fosse stata smentita da osservazioni**. Anche diversi fisici da me contattati mi avevano assicurato di aver visto in gioventù proprio l'esperimento posto qui a fianco (eseguito nell'800 dal Palmieri), ma, come si vede sotto, la realtà è ben diversa e le cose non cambiano aumentando l'"avvolgimento" dei poli né migliorando né potenziando il circuito magnetico. Vedi anche in appendice-4 e pure <https://digilander.libero.it/gino333/ALTERNATORIFARDAYPAG.jpg>

Cosa succede in mezza rotazione fra poli cilindrici è evidenziato da questo mostruoso dispositivo: si noti che non c'è tensione quando il **tratto centrale** (verde) del lungo magnete transita ***relativamente*** al filo (evidente che **li non c'è variazione di flusso magnetico**).

Stimolato da questo fatto, un fisico, assumendo i valori del campo magnetico forniti da un programma di simulazione (che mostrò come il campo fra poli cilindrici non sia affatto uniforme come evidentemente un tempo si credeva) verificò che, nonostante l'evidente errore, la

Da "l'evoluzione della fisica" di Einstein-Infeld

questo schema, rovesciato, suggerisce per l'induzione un modello fisico del tipo ingranaggio-cremagliera

qui la situazione è inversa: un movimento del campo magnetico induce una corrente, B collega lo schema ai 4 casi reali mostrati all'oscilloscopio. Si noti che le linee dei campi sembrano

ingranaggi cremagliera

ciò sembra spiegare perché lo stesso movimento in B1 e in B2 genera correnti opposte

Ho scritto a un prof. che mostra questo tipo di esperimenti: mi ha mandato le fotocopie di vecchi testi (anche universitari) da cui riferisce d'aver ricavato questa informazione: eccone uno eseguito (credo nell'800) da un certo Palmieri.

Ecco invece cosa si osserva

poli cilindrici diam. 40 mm e spira diam 35 mm alta 30

polo 110x2cm

Bobina lato 100 cm

anche con binario a 45° rispetto alla matassa

carrello

Magnete polo 110x2 cm

binario

magnete in transito sotto la matassa, tratto centrale non genera tensione

magnete realizzato con tanti magneti N35 40x20x10mm incollati su piatto di ferro 1100x20x5mm e ricoperto con identico piatto

il ***Taglio*** delle linee del campo non basta: occorre anche una ***variazione*** che qui è legata allo avvicinarsi-allontanarsi delle estremità del magnete

NB. nessun segnale agitando un magnete N35 50x25x25mm a 25-30cm dalla matassa x lati inattivi

stesso risultato facendo muovere la bobina

curva "cornuta" del test 3 era compatibile col calcolo della variazione del flusso connesso alla legge di Faraday. Non è il caso di riferire la polemica che ne scaturì, ma questo dimostra che non tutto è stato verificato con l'uso di strumenti moderni (per quanto modestissimi) e che a fronte di nuove osservazioni tutto può sempre essere ancora messo in discussione.

E' vero che se Palmieri non ottenne un campo abbastanza uniforme lo si potrebbe ottenere con due poli enormi rispetto alla spira (ricavando certamente una curva senza "corna") ma questo non dimostrerebbe nulla perché si ottengono curve abbastanza regolari usando poli piani comparabili alla spira, (test 4 qui a destra), basta addirittura un sol polo (test 6 e 10) quindi con la massima disuniformità immaginabile.

Perciò non si può escludere un meccanismo fisico diverso da come lo si deduce dalle teorie correnti (Stokes, vedi a pag. 8): la punta blu dei grafici indica quando la spira è sulle mezzerie dei magneti, quindi le "corna" del test 3 corrispondono ai punti in cui la variazione del flusso magnetico in cui transita il filo è massima, sembrerebbe perciò che l'interazione avvenga direttamente col filo della spira, ma perché l'area della spira è rilevante e funziona nei calcoli correnti? Così come anticipato a pag.1 lo si potrebbe facilmente spiegare se l'interazione avvenisse fra il campo magnetico del magnete e quello indotto attorno al filo (e quindi prevalentemente nell'area della spira) retroagendo poi sugli elettroni della spira



Ma cosa farebbe preferire una tale interpretazione (oltre a eliminare il problema dell'asimmetria)?

- **Primo motivo** per la sua maggior semplicità (Occam).

- **Secondo motivo** perché il campo elettrico nei pressi dei magneti in movimento non mi risulta sia mai stato misurato (vedi in appendice-1 un possibile metodo di misura proposto da un fisico).

- **Il terzo motivo** sta nel funzionamento di un alternatore assiale (vedi appendice-4), oggetto talmente semplice che consente di "toccare con mano" ciò che succede. Il fenomeno è ben noto, ma viene considerato una conseguenza del campo elettrico, mentre a me pare lecito immaginare che dall' "abbraccio" di due campi magnetici (quello del rotore e quello indotto nello statore) nasca una specie di "frizione" che consente di trasferire energia dal braccio che muove il rotore alle bobine dello statore. Gli elettroni dei due magneti, uno di neodimio, l'altro fatto con bobine percorse da corrente, si sparano in faccia "segnali" che si "scontrano" con una forza che avverto nella mie mani e m'immagino che, in qualche modo, pure gli elettroni sentiranno la retroazione che sento pure io e ciò li indurrà a "correre". Immagino quindi a un modello classico, privo di asimmetrie, che non richiede l'azione di un campo elettrico.

- **Il quarto motivo** è l'assenza di tensione nel moto parallelo magnete-spira in quanto chiaramente compatibile col modello che ora proporrò.

MODELLO comincio coi trasformatori dove il campo magnetico è quasi tutto confinato nel nucleo perciò sembrerebbe un fenomeno diverso rispetto agli alternatori, ma questo non è totalmente vero: all'accensione una pur minima quantità di campo magnetico si muoverà verso la spira secondaria (così come diceva Faraday) la spira avvertirà una variazione di campo magnetico il quale innescherà una pur minima corrente che a sua volta genererà un minuscolo campo magnetico attorno al filo (vedi il "manicotto rosa" in t2 nell'immagine).

Non sarebbe quindi solo il campo magnetico del primario a muoversi dal nucleo verso il filo secondario, ma sarebbe anche il campo magnetico che circonda il filo del secondario a penetrare nel nucleo (gradualmente ma rapidissimamente) e lì verrebbe investito dall'intero flusso magnetico generato dal primario.

Questo fenomeno si manifesterebbe in massima parte nell'area della spira perciò il modello non contrasterebbe con la legge di Faraday. Sarebbe un modello classico,



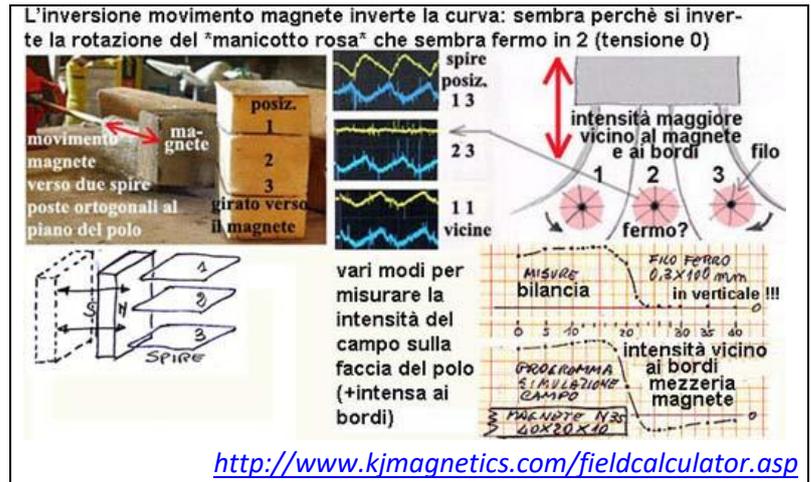
perché utilizza fatti noti e osservabili: dal nucleo un po' di magnetismo sfugge e lo si sente (vedi anche a pag.16), mentre il campo magnetico attorno al filo in cui passa corrente è una delle prime cose osservate nell'800 (da Oersted e pure da Gian Domenico Romagnosi vent'anni prima).

Occorrerebbe una diversa matematica per calcolare il flusso? Non vedo perché; come detto l'interazione avverrebbe ***prevalentemente*** nell'area della spira, sarebbe solo un modo diverso di immaginare cosa succede: un collegamento fra gli elettroni dei fili indotti e ***fenomeni*** che avvengono prevalentemente nell'area della spira, "fatti" che deriverebbero dall'interazione di 2 campi magnetici, quelli del primario e del secondario (il manicotto rosa). Posso immaginarmi il "flusso" come un vento magnetico che va avanti e indietro nel nucleo e io m'immagino che il campo magnetico (manicotto rosa) posto attorno ai fili senta una forza che lo induce a ***ruotare*** avanti'indietro attorno al filo. Poiché quel manicotto rosa nasce dagli elettroni, **questi potrebbero subire una retroazione ed essere indotti a *correre di più*, avanti e indietro** lungo il filo (il su-giù della curva). Inutile precisare che i termini ***ruotare*** e ***correre*** sono solo ***analogie grossolane*** appena un po' meno grossolane delle corde dei campanari di Maxwell).

Ma il modello **si può applicare anche agli alternatori?** Ancor meglio: tutto il campo abbraccia interamente le bobine (qui per semplicità supposte avvolte in aria). In questo caso posso azzardare qualcosa in più nell'immaginare un modello fisico.

Comincio con un caso semplicissimo: un magnete va avanti e indietro verso un lato di due spire posizionabili a piacere rispetto al magnete (il mio oscilloscopio ha solo due canali): il modello pare fatto su misura sul modello, basta osservare la tavola (è un test vecchio di qualche anno, tanto mi ci è voluto per comprenderne il reale significato).

Anche qui la ***rotazione*** del "manicotto rosa" dipenderebbe da una specie di ***vento magnetico***, le "linee di flusso" sembrerebbero agire come ***cremagliere***, le linee sono rastremate per indicare l'intensità che diminuisce allontanandosi dal magnete e ***ingranerebbero*** coi "manicotti rosa" solo quando l'intensità varia. Certo l'immagine della cremagliera è solo una analogia poco meno grossolana della cella campanaria di Maxwell, la ***rotazione*** non dipenderebbe da uno ***strisciamento meccanico*** ma dal crescere o diminuire dell'intensità del campo mentre in segno **+- dipenderebbe dalla diversa inclinazione** delle "linee".



Più difficile immaginare cosa potrebbe succedere **quando c'è una spira rotante**, ma ci si può ispirare proprio al caso precedente: in alto mostro una spira ruotante nei pressi di un singolo magnete (N o S) e sotto in mezzo a due magneti (N-S)

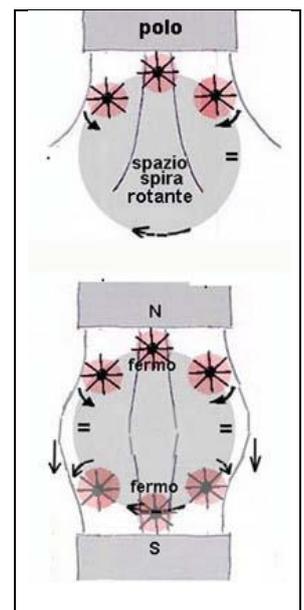
- La **direzione** della curva (il **su-giù, più-meno**.) sembra legata alla "rotazione" applicata al manicotto rosa
- I **massimi** dove è più forte la **variazione della *rotazione***
- I **minimi** (tensione=zero) quando la stessa variazione è minima.

Questo è confermato dai molti test fatti e qui non esibiti che mostrano l'andamento della curva in funzione della posizione della spira: vedi ad es. la traccia blu nei test 4-6-10. Ovvio poi che l'intensità dipenda anche all'intensità del campo dei magneti, da come sono disposti e dalla velocità del movimento (relativo). Considerando poi che questi ***manicotti rosa*** si estendono molto nello spazio, normalmente tutta **l'area della spira** sarà interessata al fenomeno e quindi la sua area può essere nuovamente presa come parametro di calcolo anche se altrettanto bene (a mio parere meglio) si potrebbe fare con la lunghezza utile dei fili (appendice-4).

Ora dovrebbe essere chiaro perché il **modello si sposa bene con l'assenza di tensione** quando il moto magnete-filo è parallelo: in questo caso il movimento delle ipotetiche ***cremagliere*** sarebbe lungo l'asse del manicotto rosa che avvolge i fili e quindi non potrebbe farlo ***ruotare*** (mentre per angoli intermedi l'effetto si ridurrebbe solo in proporzione, proprio come si osserva).

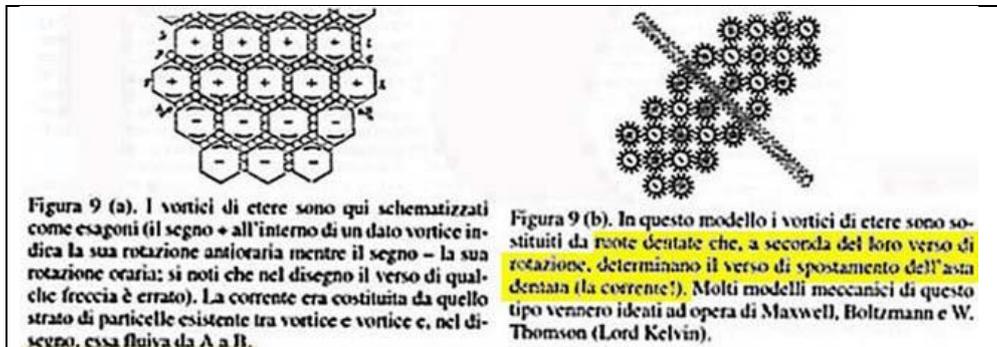
Invece nella **teoria corrente si "constata" solamente** che gli elettroni sono spinti ortogonalmente rispetto alla lunghezza del filo e che quindi non generano corrente oppure viene indicato un meccanismo? **Vedi "La fisica di Berkley par 5.7 figura 5.16**.

Nel modello proposto il meccanismo è chiarissimo e non lascia perplessità. Inoltre nel modello corrente c'è un problema: se fosse vero nel che nell'area della spira opera il campo elettrico generando **una radiazione che procede radialmente dal centro della spira verso i fili** (un esperto questo mi disse) questo impulso sarebbe ugualmente orientato per tutti i tratti del filo e tutti gli elettroni dovrebbero reagire nello **stesso modo, in contraddizione coi fatti** (altri esperti, più prudentemente si appellano ad una fantomatica ***proprietà del campo*** così confessando la loro ignoranza).



Vero che si tratta di ipotesi, ma nessuno ha mai visto cosa succede realmente e fra le ipotesi io preferirei quelle che, in qualche modo, pur grossolano, posso tentare di immaginare fisicamente

Certo in fisica più che modelli *fisici* si assumono **modelli *matematici*** e questo fin dall'800 (Faraday escluso) tuttavia ci provarono: ecco due fra i tentativi fatti da Maxwell, Boltzman, Thomson (Lord Kelvin), ed altri. Sono tratti dal sito <http://www.fisicamente.net/FISICA/index-4.htm> (ora non più in linea) dove si leggeva fra l'altro: "... alle concezioni di Faraday era possibile applicare gli stessi metodi matematici con i quali erano state trattate la teoria dell'elasticità e dell'idrodinamica... una teoria eminentemente matematica, elaborata con Green, Stokes ed Hamilton ...". Interessante per me soprattutto lo schizzo di destra, mentre a sinistra si vedono le "ruote oziose", cioè la "corrente elettrica" di Maxwell:



Quindi io avrei inventato solo il nome *manicotto rosa* perché al modello ingranaggio-cremagliera ci avevano già pensato altri, e un po' più titolati di me ☺.

Riassumendo, se si cerca una spiegazione (classica) che accomuni **trasformatori e generatori**, l'ipotesi del "manicotto rosa" a me pare fatta su misura, **l'interazione avverrebbe prevalentemente nell'area della spira e quindi sarebbe compatibile con la forma matematica della legge di Faraday**. La differenza sarebbe minima: non sarebbe la *proprietà del campo* unitamente ad un campo elettrico nell'area della spira ad agire, ma l'intreccio di due campi magnetici *grossomodo* presenti in quell'area.

Quindi il modello proposto è perfettamente simmetrico, obbediente alla relatività di Galileo e non richiede di ipotizzare la presenza di un *campo elettrico* generato dal moto dei magneti. Ho chiesto più volte se questo *campo elettrico* fosse stato misurato a prescindere dalla corrente generata (la corrente non è un prova, perché non cambia cambiando riferimento): mi è stato detto che oggi lo si potrebbe fare, ma la cosa non interessa a nessuno (in appendice-1 ho trascritto il metodo ipotizzato da quell'esperto).

Strano che nessuno desideri verificare uno dei pilastri della fisica. Magari dipende dal fatto che **anche i *campi* non sono una realtà oggettiva** così come invece dicevano Einstein-Infeld (è passato molto tempo) i campi sarebbero **un'approssimazione**, almeno così mi scrisse un fisico aggiungendo che nei manuali le cose vengono espone in modo da renderle comprensibili utilizzando il campo come mattone di base; con questo mattone elementare si può costruire tutto l'edificio dell'elettrodinamica, ma se si cerca una spiegazione della natura intima del campo, la ricerca sarà infruttuosa, **cercare una sua spiegazione all'interno della teoria che il campo stesso definisce è un discorso ricorsivo che porta solo a tautologie**; bisognerebbe invece scendere al livello delle **quantistica**, ma senza una preparazione adeguata non è possibile capire né intendersi (mia libera e rischiosa sintesi). Lo stesso fisico poi aggiunse che se anche io avessi trovato una descrizione *classica* più convincente di quella corrente non sarei in grado di valutarne la compatibilità con il resto della fisica d'oggi. Non posso che concordare, però ne discende che:

- ho il diritto di considerare il campo una approssimazione, perciò
- ho il diritto di tentare di immaginare un modello meccanicistico più convincente (ben conscio che resterà una approssimazione), ma questo
- a patto che non contrasti con le osservazioni disponibili e che non richieda una modifica della descrizione quantitativa corrente. Se la matematica corrente resta tal quale non mi pare che dovrebbero sorgere contrasti altrove, **naturalmente non sono io che posso verificare questo punto perché la fisica non è il mio mestiere** anche se qui pretendo di metterci il naso grazie all'esperienza diretta acquisita con gli alternatori e con tutti i pasticci qui descritti.

Se poi dal modello corrente rielaborato dalla quantistica ne esce una descrizione *fisica* più convincente ad uso degli umani, ma che ben venga!

Al momento però non mi è pervenuta.

Certo **il modello eretico proposto contrasta con la Relatività Ristretta** ☹

e questo non è un buon viatico. Credo quindi opportuno dare la parola a una voce che mi pare autorevole.

http://scienzaper tutti.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 Si, è stato capito perché una carica in moto genera un campo magnetico ed anche perché una corrente variabile genera un campo elettromagnetico (o per meglio dire un campo elettrico), ...

elettromagnetico o elettrico? forse in fondo in fondo qualche dubbio ce l'hanno pure gli esperti.

... e possiamo anche dire che il campo magnetico in realtà sia soltanto un artificio per spiegare il comportamento di una carica in movimento in una regione di spazio ove sia presente un magnete o una corrente elettrica. In realtà anche il campo elettrico è un artificio per spiegare l'interazione fra cariche elettriche ferme le une rispetto alle altre, mentre la grandezza che ha un significato fisico è il campo elettromagnetico che, a secondo del sistema di riferimento in cui osserviamo un fenomeno, può apparire come un campo elettrico oppure un campo magnetico **oppure come una sovrapposizione dei due**. Nel caso dei fenomeni elettromagnetici gli effetti relativistici compaiono anche per piccole velocità, a differenza dei fenomeni meccanici in cui invece occorre raggiungere velocità prossime a quelle della luce per vedere comparire delle discrepanze rispetto a quanto previsto dalla meccanica di Newton....(seguono notizie storiche)

Pur trattandosi di elettrodinamica classica (dove parlare di *elettrone* sarebbe sconveniente) qui si lasciano andare ad accenni quantistici ☺. Salto le notizie storiche, e commento tutto il resto.

... 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

E se io fossi fermo mentre si muovono tanto la particella quanto il magnete da cui emana il campo?

Il ragionamento mi pare poi in contrasto con ciò che leggo dopo, cioè: **"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 proprio 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 continua I . La velocità v e la corrente 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

Intendo che io sono fermo rispetto al filo (*). Ok, **vediamo un elettrone in volo che attraversa un campo magnetico fermo e in questo caso sulla forza di Lorentz non ci piove** (però non capisco cosa cambierebbe cambiando la direzione di moto dell'elettrone)

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.**

Giustissimo, ma dev'essere vero sempre, mica solo quando fa comodo

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;

Ma se Galileo si siede sull'elettrone vedrà muoversi il filo e il suo campo magnetico, Galileo e l'elettrone sapranno d'essere in moto in un campo magnetico: che differenza farebbe? Nessuna: Lorentz prima, Lorentz dopo, difatti **"quello che accade in natura non può dipendere dalla scelta del sistema di riferimento"** (parole dell'autore).

E questo dovrebbe valere anche per il ***campo elettrico*** o c'è o non c'è, non può dipendere dal sistema di riferimento.

ma per avvenire questo il filo deve risultare carico, mentre sappiamo che esso è neutro.

E perché mai? Poche righe prima di qua, al punto contrassegnato (*), ero fermo rispetto ad un filo percorso da corrente mentre un elettrone si muoveva parallelo al filo e ne era attratto, se ora mi muovo seduto sull'elettrone perché mai la corrente nel filo sparirebbe? Mi sto muovendo a velocità v rispetto ad un filo percorso da corrente: se prima questo filo accendeva una lampadina questa ora si spegne?

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 ;

? nel primo riferimento (*) c'era corrente

se osserviamo meglio ciò che accade notiamo che nel filo vi sono delle cariche positive ferme

cosa sono le cariche *positive*? Ci sono degli elettroni in moto (cariche negative) e nient'altro.

e degli elettroni in movimento che costituiscono la corrente elettrica.

Ok, ma cosa sono le cariche positive?

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.

Sembra che sia il caso in cui io sono seduto sull'elettrone e vedo il filo che si muove e quindi secondo l'autore ci sarebbero delle cariche positive (saranno i protoni del filo?) che si muovono di moto relativo rispetto a me e compenserebbero il moto delle cariche negative (gli elettroni)

Se ci mettiamo ora nel sistema di riferimento in cui l'elettrone è fermo, il filo risulta in movimento ...

ma c'ero prima !!!

... e quindi anche le cariche positive sono in moto e le cariche negative hanno una velocità diversa dalla precedente.

non ci capisco più niente

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 comunque **dà per scontato che la RR sia vera e quindi ci vedo sempre il cane che si morde la coda** inoltre insisto nel ritenere che **non è lecito far comparire dal nulla un campo elettrico** visto che il "sistema di riferimento" non deve avere conseguenze fisiche.

*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 dalle 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,***

magnifico proprio quello che penso anch'io! ma devono essersi confusi, contraddirebbero ciò che dicevano Einstein-Infeld al punto C) di pag.3: secondo loro è il campo elettromagnetico (direi variabile) a muovere le cariche! E se se le cariche fossero ferme avrei lo stesso campo elettrico (statico)? Mi pare un bel casino.

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.

vero che ci sono cose che appaiono diverse cambiando il punto di vista: se sono in mare aperto aggrappato ad un gomme e ti vedo aggrappato ad un altro gommone che si muove, tu potresti pensare che fosse il mio gommone a muoversi, ma se il campo elettrico è connesso al moto di cariche in un filo dove è presente una lampadina, quella resterà accesa anche ovunque io mi collochi. **"Quello che accade in natura non può dipendere dalla scelta del sistema di riferimento"** è la sintesi di una frase di Einstein: "Le leggi secondo le quali evolvono gli stati dei sistemi fisici sono indipendenti da quale di due sistemi di coordinate che si trovino uno rispetto all'altro in moto traslatorio uniforme queste evoluzioni di stato siano osservate" frase, forse un po' ingarbugliata, che si legge sempre nell' "elettrodinamica dei corpi in movimento" del 1905..

Sottoposi la questione ad un forum di fisici e uno di essi scrisse: "... 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 Relatività Ristretta...**" **confermando che si trattava di una dimostrazione circolare.**

Neppure "scienzapertutti" fornisce elementi risolutivi al mio livello di comprensione e mi domando perché non posso immaginare le cose in questo modo: **se con la sinistra agito una spira e con la destra un magnete e se le mie braccia fossero adeguatamente sensibili, avvertirei l'agire di una forza, sarebbe un'informazione che nasce in un unico "sistema di riferimento" (mani, braccia, nervi e zucca, sono un tutt'uno) cambierebbe qualcosa muovendo simmetricamente la sinistra o la destra? Credo di no, Galileo sarebbe contento e io pure: si tratta di una sintesi di ciò che ho riferito in appendice-4 a supporto del modello proposto.**

PS. qui a pag.15 c'è un'esposizione simile ma più comprensibile di quella di "scienzapertutti" che devo però preferire per il maggior peso dell' INFN rispetto ad un prof per quanto bravo ed universitario.

Precedo le appendici con un po' di notizie e con alcune considerazioni estemporanee.

La causa di queste presuntuose fatiche va addebitata alla mia ignoranza e all'alternatore mostrato a in appendice-4: incuriosito dal meccanismo dell'induzione chiesi lumi agli esperti, mi dissero che l'interazione avveniva *nell'area della spira*, ma questo contrastava con le mie esperienze. A questo si aggiunsero certe mie perplessità sulla Relatività Ristretta e l'aver saputo che essa era strettamente collegata al fenomeno dell'induzione. Dopo tanta fatica mi permetto ora di dire che:

- non vedo asimmetrie da sanare nel fenomeno dell'induzione
- la logica dell'induzione pare afflitta da un ragionamento circolare
- resta però la questione della costanza di c a rendere necessaria la RR, ma questo non mi salverà dalla scomunica perciò, senza temere gli ulteriori danni, annoto a seguire altre mie perplessità sulla RR.

A conferma della Relatività risulta che gli orologi in volo ritardano, che i muoni campano più a lungo e che pure il GPS è d'accordo eccetera eccetera, tuttavia tutto questo si spiegherebbe anche con le Trasformazioni di Lorentz anteriori al 1905. Perciò ho chiesto più volte: **c'è qualche conferma della RR che NON dipenda da dette Trasformazioni?** Risposte non ne ho avute, ma qualcosa ho trovato in "Sherlock Holmes e i misteri della scienza" di Colin Bruce. A pag. 323 leggo: *"Le trasformazioni della relatività speciale sembrarono inizialmente solo un utile artificio matematico, ma finirono per portare alla fondamentale scoperta che la massa non è che una forma di energia."* Però nel capitolo-8 Bruce ha mostrato una derivazione di $E=mc^2$ (<http://digilander.libero.it/gino333/bruce.jpg>) dove non si vedono né le trasformazioni né qualcosa che mi ricordi la RR (sembra solo collegata al fatto che la quantità di moto di un raggio di luce è pari alla sua energia diviso la velocità c). Eppure moltissimi dicono che la bomba atomica è una prova della Relatività Ristretta.

Quanto all'etere, proprio Einstein-Infeld in "L'evoluzione della fisica" si mostrarono assai disponibili e aggiungo da https://it.wikipedia.org/wiki/Etere_luminifero *"...Einstein, tuttavia, riconoscerà di avere in tal modo sostituito l'antico concetto di etere con una nuova concezione dello spazio pur sempre dotato di sue specifiche proprietà fisiche, uno spazio che consiste cioè nella struttura quadrimensionale dello spaziotempo «Sarebbe stato più corretto se nelle mie prime pubblicazioni mi fossi limitato a sottolineare l'impossibilità di misurare la velocità dell'etere, invece di sostenere soprattutto la sua non esistenza. Ora comprendo che con la parola etere non si intende nient'altro che la necessità di rappresentare lo spazio come portatore di proprietà fisiche.» (Albert Einstein, da una lettera a A. H. Lorentz, 1919) Negare l'etere condurrebbe, secondo Einstein, a «supporre che lo spazio vuoto non possieda alcuna proprietà fisica, il che è in disaccordo con le esperienze fondamentali della meccanica» (Grundgedanken und Methoden der Relativitätstheorie in ihrer Entwicklung dargestellt, § 13, 1920) "*

Faraday (cap.8 VII nel Toscano) al posto degli atomi immaginava addensamenti di forze, diceva che *"tutto nell'universo era forza"* (guadagnandosi l'"enorme scetticismo" dei fisici "veri" perché dotati di strumenti matematici). Era contrario all'etere, ma anche lui lo sostituiva con qualcosa di simile. E perché questo etere, comunque lo si voglia chiamare, non potrebbe essere la lavagna su cui è disegnato il mondo? Una nebbia di energia che ruota assieme alle galassie giustificandone il comportamento? Una nebbia che si addensa in particelle osservabili mentre il restante 95% ci sfugge? Credo che Faraday inorridirebbe nell'udire il prof Cosmelli affermare che matematicamente *"tutto torna"*

Taluni fisici (non eretici) dicono che pure la "Teoria dell'etere" di Lorentz spiegherebbe bene ciò che si osserva. Vero che ci sarebbe la stranezza del "tempo locale" (però non più strano dello "spaziotempo"). Però il *tempo* a me pare solo un'illusione: io credo che esso non sia altro che il divenire della natura. Pure J. Barbour in "La fine del Tempo" lo sostiene, però in modo complicatissimo (credo per non doversi mettere in urto con la RR). Io penso che come in certe situazioni i regoli si potrebbero accorciare visti i legami elettrici che legano le molecole (opinione di Lorentz prima maniera), così gli orologi potrebbero ritardare per gli stessi motivi elettrici. Se questo fosse vero, non tutti i tipi di oscillatori dovrebbero essere influenzati allo stesso modo, ma purtroppo solo quelli atomici sono abbastanza precisi per fare una verifica, pertanto questo resta una fantasia, però è una cosa di cui si parla, vedi ad es.:

http://fisica.unipv.it/percorsi/pdf/note_tempo.pdf oppure:

http://isonomia.uniurb.it/wp-content/uploads/2016/12/Isonomia_Epistemologica_2015_Borghini_-_Il_tempo_generato_dagli_orologi-1.pdf)

Un concetto di *tempo* analogo (da usare solo però solo a livello quantistico) si ritrova esemplificato in modo assai convincente da Rovelli in "La realtà non è come ci appare" dove l'autore esemplifica sfruttando l'aneddoto del polso e del candelabro di Galileo. Certamente è un esempio *macro* usato per dare un'idea di cosa succede nel *micro*, però è un esempio che io trovo convincente ad ogni livello.

Trovo poi straordinario come Lee Smolin (buon amico di Rovelli e di Barbour) in "La rinascita del Tempo" affermi che nella fisica corrente (piena di "t" nelle sue formule) in realtà il Tempo **non esiste** mentre **per motivi cosmologici deve esistere (!)**. Troppo complicato tentare di riferire di più (anche perché potrei aver preso l'otto per il diciotto); se non altro condivido con Smolin l'idea che il tempo (minuscolo) non sia altro che il nome assegnato al divenire della natura (concetto utile ai miei

vaneggiamenti per superare la questione del "tempo locale" delle Trasformazioni di Lorentz ante-1905). Incidentalmente vedo che nella gravità quantistica a loop mi hanno rubato l'idea del "movimento" come salti di atomi da "atomi" di spazio ad altri ☺ <https://digilander.libero.it/gino333/Vaneggi.pdf> pag.7 chiederò le royalties visto che Smolin usa il suo "atomo di spazio" come mezzo per il moto di tutto, dalla palla da tennis a pag. 231 alla luce a pag. 227. Al momento mi sto leggendo "L'ordine del Tempo" di Rovelli e mi pare proprio che tutto si semplificherebbe con una radicale eliminazione del tempo (ma sono solo a metà **interessantissima la parte storica, non sapevo di liti Newton-Leibniz.senza.t anche sul "tempo", mi dichiaro Leibniziano** ☺)

Non sono poi solo ad avere dei dubbi su induzione e/o Relatività, li hanno anche persone del mestiere, o perlomeno ammettono che certi fenomeni possono lasciar perplessi:

<http://www.brera.unimi.it/sisfa/atti/2003/16-34Selleribari.pdf> è testo un po' troppo complicato per me, ma da cui cito: "La correttezza del formalismo matematico non è sufficiente ad omologare una struttura scientifica come coerente e non contraddittoria" frase che riecheggia quanto scriveva Caldirola a proposito del metodo scientifico di Galileo. (vedi appendice-5)

http://fisica.unipv.it/percorsi/pdf/ind_aq.pdf dove un prof. di Pavia dice che la forza di Lorentz sarebbe la vera spiegazione dell'induzione (l'ho creduto anch'io, ma ho cambiato idea più volte mentre ora credo che si divida il compito con la variazione del flusso). A proposito del *tempo* lo stesso prof. scrive in http://fisica.unipv.it/percorsi/pdf/note_tempo.pdf cose interessanti. Direi assimilabile a quanto citato dal prof. Cosmelli a pag.1

<http://www.cartesio-episteme.net/> dove un prof. di Perugia ritiene la Relatività assurda anche se matematicamente inoppugnabile. Ora ha rinunciato a dibattere queste questioni vistane l'inutilità. In questo sito, molto interessante anche per altri argomenti, ho visto citati molti degli eretici in cui mi sono imbattuto. Uno di questi (un po' esagitato) **nega la presenza del campo magnetico nella corrente di spostamento dei condensatori**. Non è un'eresia simmetrica alla mia, io nego solo che il campo elettrico preceda la corrente (ammetto d'aver pensato che proprio non ci fosse, ma mi sbagliavo).

Colgo l'occasione per annotare l'opinione che mi sono fatto sulla corrente di spostamento. Inserisco pure un commento autorevole (a me sfavorevole) di persona competente.

Se prendo una spira in cui circola corrente continua e la taglio, la corrente si fermerà e a un capo troverò per un attimo un addensamento di elettroni mentre all'altro capo troverò un diradamento. Se ora predispongo la spira con due piastre a contatto per dar continuità, faccio girare corrente continua e poi apro un pochino le armature, dopo poco avrò come prima un addensamento di elettroni in una piastra e un diradamento nell'altra, ma molto maggiore di prima, sia perché i capi della spira interrotta sono molto più grandi sia perché è noto che fra due corpi diversamente *carichi* c'è una forza di attrazione dovuta al fatto che gli elettroni in abbondanza su di una piastra vorrebbero trasferirsi sulla piastra scarica, sentono cioè una "forza" che li trattiene sulla piastra anche quando la corrente viene interrotta. Fornendo tensione il moto degli elettroni continuerà fino a che l'affollamento non diventerà eccessivo. Se la tensione sul filo viene invertita (quindi la corrente diventa alternata) gli elettroni si precipiteranno verso l'altra piastra. Perciò la corrente di elettroni ci sarà solo nel filo mentre fra le piastre e io sarei ereticamente indotto a pensare che **fra le armature ci sia solo un campo elettrico che fa da *molla*** e quindi non ci vedo nessuna corrente di spostamento. Ma, al riguardo, un fisico mi redarguì: "... La dizione "corrente di spostamento ha un'origine storica". Maxwell notò che il volume tra le due armature in cui non c'era contatto elettrico poneva un problema. La corrente che caricava le armature non poteva continuare nel volume tra di loro e creava una contraddizione logica. Pensò che effettivamente ci fosse una corrente tra le armature e che fosse dovuta allo spostamento dell'etere. Introdusse quindi un termine aggiuntivo in cui tale corrente veniva derivata dalla variazione nel tempo del campo. **Oggi è del tutto evidente che l'interpretazione di Maxwell fosse scorretta. Ma, sorprendentemente l'equazione rimane ancora valida.**

Quindi Selleri aveva ragione di scrivere: "La correttezza del formalismo matematico non è sufficiente ad omologare una struttura scientifica ...". Visto che nel condensatore il modello di Maxwell non era corretto, perché escludere che ciò sia vero anche nell'induzione magnete-spira?

Ed il termine correttivo è esattamente il termine che porta alla non separabilità dei fenomeni elettrici e magnetici. In pratica il termine è proprio quello che consente di dire che se ho una variazione del campo magnetico allora osserverò un campo elettrico variabile.

Possibilissimo, purché lo si misuri direttamente, non perché osservo una corrente se questa può essere *spiegata* diversamente (come tento di fare io)

E poi consente di dire: se ho una variazione del campo elettrico allora avrò un campo magnetico variabile.

Io constato che se ho una corrente ho un campo magnetico e un campo elettrico, ma questo non mi garantisce che la corrente sia stata generata da un campo elettrico e neanche mi pare si possa affermare con certezza che il campo elettrico eventualmente generatore della corrente sia lo stesso che accompagna la corrente.

Tutto ciò elimina ogni asimmetria tra campo elettrico e campo magnetico e ci dice come e perché una variazione temporale del campo elettrico sia equivalente ad una corrente. In definitiva la teoria di Maxwell va oltre l'errore commesso dal suo autore e si dimostra perfettamente valida. Ma è del tutto evidente che l'interpretazione odierna e quella originale di Maxwell hanno ben poco in comune. In sostanza, tu inizi la tua interpretazione in maniera perfettamente corretta e coerente con le osservazioni. Poi sbagli quando affermi che non ci sia alcuna analogia con ciò che avviene nella radiazione. Al contrario, questa è proprio l'osservazione che porta alla formulazione dell'analogia.

Potrebbe essere stato solo un caso fortunato. Premesso che di radiotecnica non ne so nulla di nulla, se una corrente genera un campo elettrico, una corrente alternata genererà un campo elettrico alternato: perché non può essere proprio il campo elettrico ballerino che circonda l'antenna ad essere il responsabile diretto della radiazione?

Una volta compreso che la "corrente di spostamento" non è una corrente vera e propria (pur essendo misurabile in Ampere) tutto dovrebbe divenire abbastanza evidente.

Se alimento un condensatore con una pila creo una differenza di potenziale fra le piastre e quindi anche un campo elettrico (le piastre si attraggono). Se sostituisco la pila con una lampadina questa si accende grazie alla corrente che riequilibra le due piastre. La causa di questa corrente è il campo elettrico o lo squilibrio di elettroni fra le piastre? Io direi che la causa stia nello squilibrio di elettroni, questo perché se prima di mettere la lampadina allontanassi le piastre l'una dall'altra si ridurrebbe assai la forza di attrazione fra le piastre (cioè la manifestazione fisica del campo elettrico) mentre la differenza di potenziale (cioè l'abbondanza e la scarsità di elettroni) resterebbe tal quale.

Ma cos'è un campo elettrico? Quelli elettrostatici si osservano (fulmini nel cielo, scariche fra capelli e maglione, bacchette strofinate che attirano pezzetti di carta...). Pare elettrostatico anche quello del condensatore (<https://www.youtube.com/watch?v=6wkfj9Rc07g>). Anche quello di un ciclotrone è un fenomeno evidente: gli elettroni vengono accelerati. E allora perché mai il campo elettrico nei pressi di un magnete in movimento lo devo accettare per via deduttiva? E così costringermi a pensare alla forza di Lorentz quando i magneti sono fermi in barba alla relatività di Galileo?

Comunque per dar reali grattacapi alla Relatività Ristretta bisognerebbe dimostrare che la velocità del misuratore rispetto all'emittente si compone con quella della luce (certamente indipendente dalla velocità dell'emittente come dimostrano ampiamente le stelle doppie di De Sitter). Nelle premesse della Relatività è fondamentale il postulato della costanza di c . Vero che si parla solo dell'emittente, ma questo postulato, combinato col principio di relatività, estende detta costanza anche all'osservatore (difatti Einstein nel libro divulgativo fatto con Infeld accomuna emittente ed osservatore). E' facile accettare la costanza rispetto all'emittente (parentela col suono) mentre è umanamente inconcepibile la costanza rispetto all'osservatore (da qui nasce lo spaziotempo etc.). Come mai abbiamo il doppler luminoso quando si muove l'osservatore, ma c resta c ? Se ho ben capito perché non esistendo un riferimento privilegiato non si sa chi è chi si muove, perciò si può sempre dire che è l'emittente a muoversi ☺. Oppure devo tener conto che il Tempo cambia per chi si muove. La cosa mi pare un po' forzata: se prima e dopo aver accelerato faccio delle osservazioni, perché non posso addebitare alla *mia* nuova velocità le eventuali differenze nelle osservazioni fatte?

Amada Geffer in "Due intrusi nel mondo di Einstein" scrive: "E' facile non rendersi conto di quanto sia pazzesca un'affermazione che lo è veramente ... Perché la luce viaggi sempre alla stessa velocità a prescindere da quanto velocemente si muova un osservatore ... lo spazio e il tempo stessi devono cambiare da osservatore ad osservatore ...". Ma questo è niente in confronto al casino cosmologico che ne deriva (mostrato nel medesimo testo unitamente a quello già citato di Smolin). Se la realtà è una finzione io credo si debba almeno *fingere* che sia una roba oggettiva. A me pare che dovremmo rassegnarci all'impossibilità di osservare l'Universo con l'occhio di Dio o di chi per Lui (sacrificio a cui Amanda non pare disposta).

Pare che Einstein trovasse contrario al principio di relatività l'ipotesi che inseguendo un raggio di luce alla sua stessa velocità lo si potesse vedere *fermo*, ok, ma perché non si scandalizzò della stessa cosa nei confronti del suono? Forse perché per noi uomini il suono è *lento*? Magari un formica non è d'accordo. E cosa c'è di strano nel fatto che la velocità della luce è la maggiore osservata? Per esperienza sappiamo che più si è pesanti più costa accelerare quindi chi non ha massa è certamente favorito: c'è qualcosa di meglio dell'essere privi di massa? La velocità di chi è senza massa dovrebbe essere infinita? A me non pare: se come diceva Faraday le particelle non sono altro che addensamenti di forze, allora il *movimento* dev'essere una forza che si sposta nel campo, un'energia che si sposta di particella in particella di etere se si volesse accontentare Maxwell. E che differenza ci sarebbe *praticamente* con le idee moderne, stringhisti e loopisti compresi? Informazione che si muove nello spazio? Se il tempo è il divenire della natura, allora questo divenire richiede ciò che chiamiamo tempo (cioè che una conseguenza sia preceduta dalla sua causa), tempo tanto maggiore quanto maggiore è la difficoltà del trasferimento: ci si mette di più a spostare una casa o il disegno di essa?

Sulla costanza di c raccolgo in appendice-6 altro materiale.

<http://ppp.unipv.it/Silsis/Pagine/PDF/induzione.pdf>

appunti storiografici che mostrano come a suo tempo le cose non fossero così pacifiche come si dice

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

a mio parere il taglio non è la vera causa, ma sovente è presente al verificarsi della vera causa, cioè la variazione del flusso, così come afferma Maxwell

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

ok

produce una forza elettromotrice nel circuito, che a sua volta genera una corrente

"forza elettromotrice" credo vada letta come "effetto di un campo elettrico" ma l'espressione sarebbe compatibile anche con l'interazione di due campi magnetici (come nel modello da me proposto)

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

giusto, ma nella deformazione della spira io ci vedo solo la forza di Lorentz

Maxwell: modifica le idee di Faraday Maxwell spesso è considerato il matematicizzatore 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")

Se ben capisco allora per Maxwell la corrente di spostamento era una vera corrente anche se non erano gli elettroni a muoversi

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".

Mi pare una contraddizione: se carica=elettrone e il moto dell'elettrone/carica produce il campo, questo non può essere causa del moto dell'elettrone/carica.

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 trasformazioni 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.

E allora perché insegnare la versione di Lorentz fino al biennio dell'università?

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.

Una bellissima descrizione di come avverrebbe il fenomeno dell'induzione (teoria corrente)

Ecco come un professore di fisica tentò inutilmente di farmi comprendere il fenomeno:

... **La tua perplessità** nasce dal fatto che ti raffiguri un campo elettrico come qualcosa di materiale, una "nebbiolina", che $o \cdot c \cdot e'$ non c'è. Ti sembra allora che il modello sia contraddittorio: come, se sto fermo non c'è 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'è o non c'è ??? Quant'è **realmente** l'umidità presente nell'aria?

La perplessità sparisce (**deve** sparire) se tieni conto di come di **definisce** il campo elettrico: l'effetto che si riscontra (ossia la forza che si può **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 velocità v (vettore).

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

Mettiamoci adesso nel riferimento in cui M è in quiete (e quindi il magnete, ed anche F , si muovono a velocità $-v$). 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'è 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 è accelerato; ma *li'* è presente il campo elettrico E , perché F non ne risente e continua il suo moto rettilineo uniforme, mentre M ne risente?

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

Direi corrisponda all'articolo di "scienzapertutti" trascritto qui a pag.9 e direi che questa esposizione sia "relativamente" più comprensibile, ma sempre al disopra delle mie forze: Dio non solo gioca a dadi, ma ama pure gli indovinelli © Quando poi scrissi all'autore che forse l'unico vero fenomeno era la forza di Lorentz (allora propendevo per le tesi di quel professore di Pavia citato a pag. 12) così rispose:

... tu consideri "fisico" il campo magnetico B (e certamente lo è, se ci immergi un magnetino tenendolo fra le dita lo senti venir attratto da una parte e respinto dall'altra, e magari messo in rotazione), altrettanto "fisiche" le cariche elettriche (probabilmente hai fatto esperimenti anche con l'elettrostatica), hai verificato gli effetti magnetici della corrente elettrica, non hai difficoltà a capire che una carica in moto **è** una corrente elettrica, e quindi trovi "naturale" la legge di Lorentz: una carica in moto ortogonale ad un campo magnetico è soggetta a una forza ortogonale sia al campo che al suo moto, esattamente come avviene per le cariche in moto lungo due fili conduttori paralleli percorsi da corrente, che si attraggono (o respingono, dipende dal verso) in direzione ortogonale **sia** al moto delle cariche al loro interno **che** al campo magnetico generato dall'altro filo. Perché per te è un'interazione **locale**, fra una carica elettrica e un campo presenti **nello stesso punto**. Mentre invece non accetti il fatto che la FEM misurabile in una spira possa dipendere da un campo presente solo in una zona limitata nel **foro** della spira, **lontana** dal filo e dalle cariche elettriche mobili contenute. Per cui la legge di Faraday ti sta più "antipatica". Allora: confermo che il tuo modo di vedere le cose è corretto, e funziona, in parecchi casi; e preciso: in tutti quei casi in cui esiste un riferimento in cui i campi magnetici sono **costanti nel tempo**, mentre vi si muovono dei conduttori (trascinando con sé le cariche elettriche "mobili" in essi contenute; che in realtà, almeno nei materiali d'uso comune come il rame, sono molto meno "mobili" (rispetto al filo) di quanto possa essere mobile il filo (rispetto ai campi magnetici). Supponiamo per il momento che i fili siano sottilissimi, in modo da trascurare le correnti parassite.

Le ho conosciute giocando con gli alternatori ☺

Allora, ogni carica mobile q che si muove rispetto al campo magnetico trascinata dal filo è soggetta ad una forza di Lorentz F , che tende a farla muovere **esattamente come farebbe** un campo elettrico $E = F/q$. Lungo una piccola distanza s , questo campo elettrico genererebbe una "differenza di potenziale" $E \cdot s$. In

realta', è meglio non parlare qui di "potenziale", perché a differenza del campo E creato da cariche ferme, questo campo *non* è conservativo: per questo si preferisce parlare di "forza elettromotrice" o FEM. Sommando lungo una spira che si sposta o si deforma, piccola distanza per piccola distanza, tutte le piccole FEM calcolate in questo modo, si trova la FEM totale misurabile con un tester di buona sensibilità ai capi della spira. Ora, c'è un teorema matematico, che si dimostra facilmente con qualche passaggio di calcolo differenziale, per cui la FEM indotta misurabile ai capi della spira è proporzionale (a meno di una costante che dipende dalle unità di misura) alla velocità di variazione del flusso del campo magnetico attraverso una qualsiasi superficie che ha per contorno la spira: che è la legge di Faraday. Ossia, *i due metodi di calcolo danno SEMPRE lo stesso risultato*. **FINO A QUI, tu puoi considerare la legge di Faraday come un semplice artificio matematico, utile per semplificare i calcoli* e basta.**

Non vedo perché ci debba rampicare sugli specchi quando tanto nell'induzione magnete-spira (chiunque sia chi si muove) quanto nei trasformatori è evidente che gli elettroni sono in moto relativo rispetto al campo e si tocca con mano la presenza di due campi magnetici che interagiscono così permettendo di immaginare una retroazione sugli elettroni del circuito.

Esistono però altri casi, in cui *in nessun riferimento* il campo magnetico è costante nel tempo, per esempio perché "non si muove", ma è *la sua intensità* che passa da un valore massimo a zero a un valore massimo in verso opposto e via avanti ... Prendi un nucleo toroidale di ferrite (ma anche un nucleo da trasformatore "ad anello", cioè senza la colonna centrale). Avvolgici, diciamo, 2300 spire di rame smaltato in modo da coprirlo completamente, e attacca questo "primario" alla presa a 230 V c.a. Nel nucleo c'è un campo magnetico alternato che puoi anche calcolare, conoscendo dimensioni e permeabilità magnetica del nucleo. All'esterno, hai voglia a cercarlo: anche al centro dell'anello, è meno di un milionesimo di quello che c'è nel nucleo. E tuttavia, se passi un filo *anche di parecchi metri* al centro esatto dell'anello e misuri la FEM fra le estremità, trovi 100 mV. Lungo la spira, il campo magnetico è trascurabile: e quel poco che c'è, lo puoi neutralizzare facendo correre il filo in modo da essergli sempre parallelo.

Questa "neutralizzazione" non la capisco, ad ogni modo un campo disperso fuori dal nucleo esiste così come osservato nei trasformatori (e quindi l'ipotesi *manicotto rosa* non è smentita). Difatti ho provato ad alimentare un toroide in continua (50 volt) per vedere se effettivamente un pur minimo campo magnetico riesce a sfuggire per innescare l'induzione (qualora la corrente fosse alternata):



Niente forze di Lorentz sulle cariche nel conduttore. Eppure la FEM c'è, sempre di 100 mV, qualunque sia la lunghezza della spira: esattamente come prevede la legge di Faraday, CHE QUINDI RISULTA VERA SEMPRE, anche nei casi dove la legge di Lorentz non è applicabile. Fatta questa misura, è giocoforza ammettere che con la variazione del campo magnetico *dentro* la spira oppure "nei pressi" della spira

si trova sistematicamente un campo elettrico *lungo* la spira, e che quindi, -o la variazione del campo magnetico che attraversa la spira "causa" o "genera" il campo elettrico, oppure che - ***la stessa causa* che fa variare il campo magnetico "nel foro" causa *anche* il campo elettrico lungo il filo.**

Il grassetto è mio e questa seconda alternativa mi sta benissimo visto che non prevede un campo elettrico finora non osservato (=misurato) indipendentemente dalla corrente generata, ma non escludo nulla considerando quanto segue

Un metodo per misurare il campo elettrico generato dai magneti in movimento

proposto dal medesimo professore: lascio a voi il giudizio essendo palese la mia incompetenza

Si potrebbe pensare di mettere al posto del filo una barretta composta da due cilindri di rame a contatto, di *separarli* facendo scorrere fra i due una lamina di ottimo isolante quando il centro del magnete vi transita sotto, e misurare la carica elettrica in eccesso su uno e in difetto sull'altro con un "galvanometro balistico" (in versione moderna: picoamperometro). Facciamo due conticini.

Il campo magnetico B superficiale centrale dei magneti in neodimio di grado N52 arriva a 5000 gauss, pari nel SI a 0.5 tesla (uno lungo 10 cm costa sui 100 \$, ma largheggiamo pure e accostiamone più d'uno).

Un cilindro di rame di superficie delle basi S e alto h può essere modellizzato come un condensatore "in aria" formato dalle due facce, dove si accumulano le cariche elettriche, in serie alla sua resistenza e a un generatore di FEM E_y medio* h .

La capacità del condensatore vale $C = \epsilon_0 S/h$ e la resistenza $\rho h/S$, per cui la costante di tempo RC è $\epsilon_0 \rho$, ossia $8.8 \cdot 10^{-12} \text{ F/m} \cdot 1.7 \cdot 10^{-8} \text{ ohm/m} \approx 10^{-21} \text{ s}$. Il tempo in cui il cilindro si porta all'equilibrio elettrico non sarà un problema, qualunque sia la velocità del magnete.

Il campo elettrico E_y vale $B \cdot v$, la ddp che annulla il campo elettrico fra le basi caricate del doppio cilindro $B \cdot v \cdot h$, la carica separabile sulle facce $Q = C \cdot B \cdot v \cdot h = \epsilon_0 S/h \cdot B \cdot v \cdot h = \epsilon_0 S \cdot B \cdot v$. L'altezza del cilindro è sparita dal calcolo.

Con $S=1 \text{ cm}^2$, $B=0.5 \text{ tesla}$, $\epsilon_0=8.8 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$ otteniamo $E_y = 0.5 \cdot v \text{ volt/m}$

$Q = 0.0001 \cdot 0.5 \cdot 8.8 \cdot 10^{-12} \cdot v = 4.4 \cdot 10^{-16} \text{ v}$ (v in m/s).

Con $v=10 \text{ m/s}$ (36 km/h) Q è quindi dell'ordine di 0,005 pC.

Oggi e' disponibile anche un oggetto come questo: <http://www.keithley.com/data?asset=11894>
Costa sui 7000 \$ e sembra sia in grado di rilevare cariche di 0,01 pC.

Aumentando la superficie delle basi a 10 cm² e la velocita' a 100 m/s (cioe' 360 km/h, e' la velocita' periferica di un copertone di Ferrari sulla macchine per equilibrare le ruote) la carica da misurare diventerebbe dell'ordine di 0,5 pC, e con l'elettrometro del link sarebbero possibili anche misure quantitative.

Per cui il set-up dell'esperimento "si limiterebbe" alla parte meccanica (isolamento fra i due semicilindri al momento del transito, tanto piu' difficile quanto piu' grandi sono le basi) e al problema di conservare la carica accumulata per tutto il tempo necessario al magnete per allontanarsi e fermarsi, eliminando il rumore delle correnti indotte dai cavi che vengono portati a contatto con i due semicilindri.

Effettivamente la misura non e' facile oggi, e non era neanche concepibile qualche lustro fa. Se fosse stata facile, sarebbe gia' stata eseguita parecchie volte e avrebbe fatto piazza pulita di tutte le interpretazioni dell'ED per cui un magnete in rotazione "trascina con se'" il campo magnetico; o, in alternativa, avrebbe falsificato tutta l'ED di Maxwell :-).

I miei test sugli omopolari (appendice-6) mi hanno convinto che aveva ragione Faraday nell'affermare che il campo magnetico **non** è solidale col magnete che lo genera.

Invece i sostenitori del "trascinamento" si ostinano a proporre (e mettere in atto!) misure basate su strani percorsi del circuito che porta a un voltmetro, ripetendo in varie diverse versioni lo stesso abbaglio che ho preso qui (e che ho invece scovato piu' volte proprio analizzando le relazioni su tali esperimenti). Mi piacerebbe che qualcuno *serio* (...) mi facesse le bucce ai calcoli e mi dicesse che pensa dell'esperimento progettato.

Purtroppo la cosa si fermò a questo punto

una stroncatura delle mie fatiche

che immagino ben descriva la fisica corrente. In questa corrispondenza un fisico mi spiega (senza convincermi) pure perché **nell'elettromagnetismo classico non ha senso parlare di elettroni**. Ritaglio e riorganizzo (sperando di non alterare il messaggio) mettendo *in corsivo le citazioni testuali* e in **grassetto corsivo** ciò che mi sembra utile al mio scopo..

L'elettromagnetismo classico non è una teoria vecchia e tale *da dover essere sostituita da un'altra alla luce delle scoperte più recenti ... L'elettromagnetismo di oggi non è quello che ha scritto Maxwell ... la teoria conteneva cose inspiegate ... non si aveva nemmeno un'idea dei limiti di validità della teoria*. Oggi le cose sono diverse. Oggi sappiamo che la teoria vale sino a quando è lecito trascurare la natura discreta della materia (e quindi dell'energia, grazie alla famosa relazione di Einstein di cui Maxwell non poteva sapere nulla). Il fatto di aver individuato chiaramente dei limiti di validità rende immediatamente la teoria una teoria diversa. Ma nessuno è autorizzato a ritenere che sia sbagliata, quando ci si mantiene entro i suoi limiti. Se so che esistono gli elettroni ma poi so che il fenomeno di cui parlo coinvolge (almeno) miliardi di miliardi di elettroni ed è mirato a descrivere gli effetti di moti collettivi di questi elettroni, mi dici tu chi se ne frega di ciò che fa il singolo elettrone? A me interessa capire che una certa quantità di carica (enorme in termini di elettroni) si è spostata da un punto A ad un punto B (distanti una distanza enorme in termini di scala atomica) ... Alcuni fenomeni non possono essere banalmente ricondotti alla somma di comportamenti elementari. Alcuni fenomeni sono il risultato di interazioni complesse che possono venire a stabilirsi solo a grande scala. Sono fenomeni emergenti dall'interazione complessa tra vari oggetti elementari. Ma non puoi ricondurre tutto a queste componenti elementari! Il famoso detto il tutto è molto più della somma delle sue parti ha una sua validità ed un suo significato molto più profondo di quanto uno possa immaginare ... La teoria dell'elettromagnetismo (parlo di quella moderna della quale faremmo meglio a parlare lasciando gli antichi a riposare) è una teoria macroscopica, Descrive i comportamenti collettivi di alcuni oggetti microscopici. Non ha senso voler introdurre questi oggetti microscopici (gli elettroni, ad esempio) nella teoria. Per il semplice fatto che la teoria darebbe lo stesso risultato anche se gli oggetti microscopici fossero diversi. L'unica cosa che conta è la rete di interazioni tra innumerevoli oggetti che produce il risultato finale. Tutti gli oggetti si muovono insieme come se fossero un fluido. Per intenderci, a livello microscopico oggi sappiamo che non è per nulla vero che i singoli elettroni viaggino da A a B lungo il tuo circuito. **I singoli elettroni si muovono a caso in tutte le direzioni**. Solo che il caso non è uniformemente distribuito, così il baricentro dell'insieme degli elettroni viaggia da A a B, ma ad una velocità estremamente più bassa di quella dei singoli elettroni.

Non capisco cosa sia questo baricentro, immagino che gli elettroni vadano di qua e di là e che i più vadano dove devono andare. Comunque mi fido ciecamente. **Credo che questo potrebbe essere rilevante per la questione dell'assenza di tensione nel moto parallelo magnete-spira (pag. 7) rivedere**

E' questa velocità del baricentro o questa velocità media, se preferisci, quella che determina la corrente macroscopica ...

Mi piaceva di più il modello delle palline che si spingono l'un l'altra: viaggiano lente, ma l'impulso procede a c (come la spinta della locomotiva di vagoni in vagoni) però mi fido ancora ciecamente.

La teoria salta subito a ciò che si vede: qualcosa scorre! La teoria descrive un fluido che scorre in seguito all'azione di alcune forze. Questo la rende estremamente generale e non valida solo per descrivere ciò che accade in una spira. Nel fare questa generalizzazione perdi alcuni dettagli. Ad esempio, le forze ci sono e basta! Perché si generi la forza di Lorentz non è spiegato in alcun modo nella teoria. Ma la forza esiste sperimentalmente ed il resto deriva da ciò. La forza della generalizzazione sta nel fatto che in questa maniera tu hai una teoria unica che descrive e tratta tutta una classe di fenomeni. Si tratta di quella classe di

fenomeni dove qualcosa scorre dentro qualche altra (semplificando alquanto!). Cosa sia che scorre e cosa sia la condotta non è rilevante. Il fatto che ci sia qualcosa che scorre in una condotta rende il comportamento univoco, indipendentemente da quali siano gli oggetti elementari che intervengono. Poiché questa generalità di comportamenti esiste sperimentalmente, la teoria è tutt'altro che obsoleta. Ma è chiaro che **non può dire e non potrà mai dire nulla sulla natura degli oggetti che scorrono ...**

Ok, ma non è su questo che io obietto, è un campo elettrico che induce questo scorrimento o è l'interazione di due campi magnetici che lo produce? Il campo magnetico generato nella bobina sarà mica un *sottoprodotto* inutile?

Questa lettera era stata preceduta da una lettera simile dovevo però era stato dato più spazio alle problematiche della teoria classica (dove spazio e materia sono un *continuo*)

... tu non puoi parlare di elettrone dentro la teoria. L'elettrone è una particella elementare, e quindi indivisibile. E questo è già in contraddizione con l'idea del continuo ... Col senno di poi, sappiamo che esistono gli elettroni. Ma chiamarli in causa quando vogliamo proporre un modello fisico adeguato all'elettromagnetismo è fuorviante, perché tu chiami in causa qualcosa a proposito della quale la teoria non è in grado di dire nulla! Nel modello fisico corrispondente alla teoria esistono degli oggetti carichi. **Ma cosa sia la carica non è spiegato e non è spiegabile.** Si riconosce che un oggetto è carico solo per via empirica: ad esempio attrae pezzettini di carta. E si sa, sempre sperimentalmente, che due oggetti carichi possono attrarsi o respingersi. L'esperimento dice che hai due tipi di carica e, una volta riconosciuta la loro esistenza, dai loro dei nomi e le chiami carica positiva e carica negativa. Due cariche si attraggono e si respingono anche a grande distanza: altro fatto sperimentale ... **su scala macroscopica non si riesce a venirne a capo.** Allora si fa l'ipotesi che una carica sia qualcosa che modifichi in qualche modo le proprietà dello spazio intorno a se. Questa modifica delle proprietà dello spazio è ciò che si chiama campo ... Una seconda carica posta in un punto qualunque non sarà immersa in uno spazio isotropo ma in uno spazio le cui proprietà dipendono dalla direzione in cui ci si muove. Nulla di nuovo in realtà. E' stato semplicemente ripescato lo stesso concetto che è stato utilizzato per il campo gravitazionale. Lì la causa è la massa. Ma le cose non cambiano. Anche in quel caso, se mi chiedi cosa sia la massa posso risponderti che la massa è quella cosa responsabile del cambiamento dello spazio o, se vuoi, del campo gravitazionale. **Lo so che è insoddisfacente! Ma questo è quanto so.** E nessuno può raccontarti ciò che non sa. Allora ci fermiamo? No. Prendiamo atto che c'è qualcosa che non riusciamo a comprendere ma della quale ne comprendiamo gli effetti. Il campo ... è una proprietà dello spazio calcolata sulla base delle forze a cui è soggetta una carica di prova, rappresenta quindi una spiegazione provvisoria. **Il modello, cioè, ha una scatola nera di cui non sai nulla.** Sai che se c'è una carica allora intorno a questa c'è un campo elettrico, cioè sai che se poni una seconda carica ad una certa distanza dalla prima questa subirà una forza. Il perché non lo sai.

Ok, non sappiamo niente di niente: a volte vediamo cosa succede e allora vengono fatte teorie matematiche più o meno legate a modelli fisici: è proibito proporre un modello fisico diverso se è compatibile con le osservazioni note e con la teoria matematica corrente?

Ma se accetti questo fatto sperimentale (**in via provvisoria**) allora tutto il resto può essere ricondotto a modelli fisici. In questo modello fisico, le cariche che si muovono dentro un conduttore metallico sono una sorta di fluido. La parola corrente non indica infatti uno sciame di elettroni che si muove. Indica un fluido carico, della cui natura non c'importa (tanto è solo un modello fisico) che scorre dentro il conduttore ... **tutta la teoria è profondamente derivata dall'idrodinamica.**

Infatti a me pare una teoria priva di modello fisico, basata solo su analogie (parola di Maxwell): un tubo ha dei confini, una spira (per il campo magnetico) non lo ha

Se la tua spira è un tubo entro il quale scorre un fluido allora è evidente che per fare scorrere un fluido occorre una pompa. Oppure occorre un dislivello, nel caso in cui il fluido scorra tra bacini a diversa energia potenziale. In ogni caso, la forza che spinge il fluido è data dalla differenza di pressione tra due punti. L'aver creato una differenza di pressione tra due punti (questo è ciò che ogni pompa per bene fa) significa aver creato un dislivello di energia tra ciò che sta da una parte e ciò che sta dall'altra. Il fluido è più compresso da un lato della pompa e, come un elastico compresso, tenderà a riexpandersi, comprimendo così le zone di fluido adiacenti che, allora volta torneranno a riexpandersi, etc. etc. In parole povere si genera un'onda di pressione (o di densità) che si propaga ... La dilatazione di un materiale compresso è, in pratica, equivalente ad un flusso di materia che scorra nella direzione dell'espansione. Questa è ciò che chiamiamo corrente. **Il fluido carico, qualunque cosa esso sia,** scorre con continuità cercando di ristabilire un equilibrio che una pompa sta turbando. Quando diciamo che il fluido scorre per ristabilire un equilibrio turbato, implicitamente diciamo che le forze nascono a causa della tendenza naturale delle cose che è quella di distribuire uniformemente l'energia tra i vari contenitori disponibili.

E' quel che penso anch'io a proposito della scarica di un condensatore.

Un volume compresso ha più energia di un volume rarefatto, per cui le forze di riequilibrio spingeranno materia dal volume compresso verso quello rarefatto. Le differenze di energia sono differenze di energia potenziale e da queste può essere ricavata ... quella quantità che chiamiamo differenza di potenziale. In definitiva, ogni volta che io turbo l'equilibrio del mio fluido di cariche genero una differenza di potenziale. Che vuol solo dire che da qualche parte ho compresso il fluido un po' più che da qualche altra parte. Questo è il modello fisico. Non serve che abbia spostato qualcosa. E' sufficiente che ci sia una differente compressione, per quanto piccola possa sembrare ... se ho una corrente allora devo avere una differenza di potenziale! Se in un tubo scorre un fluido non c'è alcun dubbio: c'è una differenza di pressione lungo la direzione di avanzamento del fluido! E' del tutto inevitabile. Non puoi avere corrente se non c'è differenza di potenziale.

Ok, ma non è questo il mio problema

Ed ecco la domanda cruciale. Nel caso della bobina chiusa che ruota in un campo magnetico, dov'è applicata la pompa? in questo caso la pompa è applicata lungo tutta la spira. Immagina che all'interno del tuo anello ci sia un fluido e una serie di palettine che corrono dentro il tubo trascinando il fluido. Ovviamente, **nessuno immagina che succeda niente di così fantasioso.**

Quindi si tratta proprio di una analogia, che si sposa molto bene con la *circuitazione* ma meno bene con la *variazione di flusso* dove l'interazione avviene nell'area della spira. Come si trasmette l'energia al filo? Il mio modello coi due campi magnetici interferenti direi che risponda in modo convincente **cita Smolin dove dice che a ogni azione deve corrispondere una reazione**

Ma il risultato è lo stesso. Le forze agiscono su tutto il fluido che inizia a muoversi come un cane che rincorre la coda. Non ci sono dei punti precisi tra i quali è applicata una differenza di potenziale. C'è solo una forza distribuita lungo tutto il percorso. Ecco perché si parla di Forza elettromotrice evitando di parlare di differenza di potenziale. Produce gli stessi effetti. Infatti continuiamo a misurarla in Volt. Ma **non è una vera differenza di potenziale.**

Difatti penso anch'io che sarebbe meglio usare sempre e solo il termine **"tensione"** (mentre differenza di potenziale la vedo bene nella scarica del condensatore).

E' un po' come una delle scale impossibili di Escher. La corrente dentro la spira si muove come se ci fosse un percorso sempre in discesa! E' ovviamente un assurdo. Ma funziona, anche come modello mentale. Poi l'assurdo sparisce non appena comprendi che la scala sempre in discesa implicherebbe un moto perpetuo. Il modello è un'astrazione perché sta trascurando il fatto che non tutta l'energia può trasformarsi in corrente. Una parte la perdi in calore per cui la corrente si esaurisce ben presto (la discesa diviene pianura!). A meno che qualcuno non consumi benzina per continuare a far muovere il rotore. E questo fa rientrare tutto immediatamente nei limiti di un modello fisico plausibile. In sintesi, sono le forze che spostano le cariche deformando il nostro fluido ad essere responsabili della differenza di potenziale. Il modello fisico dietro la teoria dice solo questo e null'altro: se comprimi un fluido in un punto gli fornisci energia che lui dissipa spostandosi parzialmente verso volumi non compressi. Ed il valore dipende solo da quanto è grande l'eccesso di densità che hai indotto. La sezione del filo o il tempo di applicazione della sollecitazione non c'entrano nulla (e men che mai il povero elettrone, che rimane del tutto inesistente a questo livello di descrizione) ...

Già, ma pare che esista.

Questo è il modello fisico dietro la teoria. **Lascia molte cose insolute.** Riallacciandomi a ciò che già ti ho detto, il modello ti porterà a definire il campo magnetico come il risultato di una corrente. Cosa che ti lascerà un attimo in imbarazzo quando dovrai spiegare la natura del campo generato da un magnete permanente. In quel caso devi aggiustare il modello con una nozione a posteriori: esistono gli atomi ed intorno ai loro nuclei ruotano gli elettroni. E' una spiegazione microscopica, quindi esce fuori dalla teoria. Ma alla fine conta solo il risultato macroscopico (il campo magnetico) e questa spiegazione è accettabile come modello fisico della causa del campo magnetico di un magnete permanente.

Ok, ma è proprio quello che mi propongo di fare nel caso dell'induzione magnete-spira, naturalmente con qualche dettaglio fisico in più rispetto al modello corrente.

L'introduzione di questo argomento rende il modello originale alquanto ibrido. Agli effetti pratici non cambia nulla. Uno visualizza questi pallini che ruotano e si accontenta provvisoriamente. In pratica non hai spiegato un bel nulla! La teoria (ed il modello ad essa associato) dicono che un campo magnetico è necessariamente associato ad una corrente, per cui, a livello macroscopico, il campo magnetico di un magnete permanente esiste e basta, senza alcuna spiegazione. Il modello fisico che hai introdotto sembra un modello fisico ma in verità non lo è. E' solo un tentativo di interpretazione sulla base di nozioni ottenute a posteriori. Puoi farti tutte le tue immagini mentali, che puoi trovare più o meno soddisfacenti, ma l'elettrone che ruota intorno al nucleo come spiegazione è pressoché nulla. Non c'è alcuna possibilità fisica che un atomo stabile assomigli ad una cosa del genere. Quindi il modello fisico in questo caso è intrinsecamente non accettabile. Certo, se non sai nulla di quantistica (e se trascuri malamente la Termodinamica) posso provare a raccontartelo per farti visualizzare in qualche modo le cose. Ma se voglio essere onesto, ho il dovere di informarti che sto barando selvaggiamente e che quello che ti sto proponendo è solo un aborto di modello, che non può reggere ad un minimo di verifica, ma che purtroppo è il massimo che riesco a proporti senza trascinarci in aree dove evidentemente non vuoi andare.

Poteva benissimo scrivere "dove non puoi andare" ☺ comunque OK, però è proprio quello che fece Ampere immaginando correnti elettriche come causa del magnetismo, prima macroscopiche, poi microscopiche e circolanti attorno alle singole molecole (come suggeritogli da Fresnel, così racconta Toscano nel libro citato). Anche quest'ultimo era solo un modello, ma un po' più vicino al modello attuale dove queste correnti sono micro-microscopiche perché connesse a questi benedetti elettroni. In una precedente mail il severo, ma gentilissimo fisico mi aveva scritto:

... Un elettrone in moto emette o assorbe energia sotto forma di fotoni ... gli elettroni che stanno in un conduttore possono assorbire il fotone che li colpisce mettendosi in moto. In pratica puoi immaginare mentalmente che l'elettrone sia una sorta di pallino che viaggia sparando proiettili ed, allo stesso modo, puoi immaginare che gli elettroni in un conduttore possono essere colpiti da questi proiettili ed iniziare a muoversi in una sorta di carambola sub-atomica. Se ti piace questo è un modello fisico, nel senso che tu dai a questa locuzione. Un fisico direbbe che è una cazzata e che è tutt'altro che un modello fisico. Comunque, può rappresentare una sorta di spiegazione comprensibile per l'uomo qualunque come dici tu. Ma l'uomo qualunque dovrebbe anche capire che una descrizione di questo tipo può solo servire a dare un accenno di spiegazione. Ti racconta il punto saliente. Almeno ti dà un indizio su come rispondere alla domanda come

fanno gli elettroni nella spira ad accorgersi che ci si sta muovendo in un campo magnetico? E la risposta è: gli elettroni del magnete sparano fotoni che colpiscono gli elettroni della spira.

Io non capivo perché questo sparamento di proiettili non si potesse considerare un modello fisico, per quanto grossolano lo trovavo molto più digeribile di Stokes. Se era una spiegazione grossolana rispetto a ciò che veramente discende dalla quantistica perché la quantistica se ne stava zitta? Parla solo in matematica? Ok, ma allora io mi accontento della mia spiegazione grossolana dove due campi magnetici interferiscono consentendo di trasferire energia dal rotore allo statore. Ecco perché mi sono poi permesso di ribattere grossomodo come segue:

E perché non cancellare tutto e ripartire da capo? Forse le cose si semplificano:

-Grazie al precedente "sparamento di proiettili" l'induzione fornisce watt agli elettroni-siluro

-Questa fornitura di watt mette in "tensione" gli elettroni e li rifornisce di energia

-Per scaricarsi di questo "disturbo" gli elettroni scappano via, "corrono" lungo il circuito

-Quanto più è grosso il filo del circuito, tanto più corto esso sarà (rispetto a un generatore in tutto equivalente salvo la sezione del filo) e quindi tanto minore sarà il tempo che impiegherà l'elettrone per togliersi d'impaccio: ecco perché col filo grosso i volt sono più bassi di quando il filo è sottile (ovvio che le spire calano di numero, ma questa sarebbe una conseguenza, non una causa)

-Il numero di elettroni che attraversano una sezione del filo viene misurato in ampere, quindi quanto più il filo è grosso tanto maggiori saranno gli ampere (come prima, a parità di tutte le altre condizioni, compresi i watt assorbiti e quelli generati o dispersi).

-Tutto questo ovviamente rispettando la legge di Ohm

con ciò provocando un'immediata e indignata reazione:

E' qui che il tuo approccio è condannato! Mentalmente puoi pensare ai tuoi siluri e tutti restiamo contenti. Ma se tu poi immagini di voler inserire i tuoi siluri nel modello stai tentando di privare la teoria del suo carattere di generalità. Dovrai definire le proprietà di quel siluro e la teoria rimarrà in piedi solo sino a che puoi parlare di siluri. Quindi avrai prodotto una frammentazione del modello originale in una serie di nuovi modelli. Spieghi qualcosa di più? Io direi che non hai alcuna possibilità di spiegare nulla di più! Ti sei avvicinato alla realtà? A me sembra che tu non abbia fatto alcun passo! Ammesso che funzioni in alcuni casi la tua visione di siluro poi è ovvio che tu avresti semplicemente sostituito il modello del fluido con un siluro.

Anche il calorico era un fluido. Siluro sta solo a significare che l'elettrone non si muoverebbe perché costituente di un organismo superiore (un gas) che viene messo in moto da ipotetici dislivelli, ma si muove di moto proprio attingendo energia meccanica da chi fornisce la variazione di flusso (così riducendo il numero delle entità in circolazione e non moltiplicando i modelli). Ma è vero che a me sembra di poter dividere i fenomeni elettromagnetici in grandi gruppi diversi: la radiazione, quelli dove gioca la forza di Lorentz e quelli dove la medesima forza si esprime fisicamente come variazione di flusso.

Che il siluro non esista lo sappiamo in partenza così come sappiamo in partenza che l'elettrone così come lo immagini tu (una particella carica che segue un percorso individuabile) non esiste ...

Sappiamo che l'elettrone esiste: perché non posso dire che l'insieme degli elettroni si muove come si muove il fantomatico gas delle teorie correnti? Questo non implica, mi pare, alcuna modifica alla descrizione matematica classica. Certamente non descrive la realtà fisica della corrente elettrica, ma è un modello fisico diretto, non una analogia con l'idrodinamica. Non obbliga a scrivere: **tutta la teoria è profondamente derivata dall'idrodinamica; non è una vera differenza di potenziale; lascia molte cose insolite; nessuno immagina che succeda niente di così fantasioso** eccetera eccetera. Soprattutto si esaurisce in poche righe e non mi pare che sarebbe in contrasto Coulomb, Ampere e Maxwell mentre forse piacerebbe a Faraday ☺

... Non può essere un modello fisico ma solo un'idea filosofica. Purtroppo, non mi sembra una buona idea ... risulta contraddittoria con altre esperienze che tu non puoi fare ma che altri hanno fatto ...

Questo taglierebbe la testa al toro. Ma di quali esperienze si tratta? (non ho avuto risposta)

Per ragioni di spazio sono costretto a tagliare parecchie pagine molto interessanti anche se per me poco lusinghiere. Trascrivo solo l'ultima che gli ho scritto

... Io penso (se Toscana non conta balle) che Maxwell fu onesto perché, visto che le sue ruote oziose erano un casino, disse chiaramente che ripiegava sulla matematica. Invece ci fu chi disse che la matematica di Maxwell conosceva la fisica molto meglio di Maxwell tant'è vero che tutti parlano come parla Sara Barbieri. Tu sembri fare eccezione, ma non si capisce bene.

Per me un campo elettrico è quello che osservo in un condensatore, nei fulmini, quando prendo la scossa con la portiera, quando frego una bacchetta e attiro pezzetti di carta, quando uso lo strumento di Gelmini nei pressi di un filo percorso da corrente. Non lo vedo dentro a un filo percorso da corrente e neppure in un alternatore perciò, godendo di maggiori informazioni rispetto a quelle disponibili per Maxwell, mi sono permesso di proporre un modello fisico dell'induzione magnetica-spira, cioè ho cercato di fare quello che avrebbe fatto Faraday (con le debite proporzioni).

Se ci fossero evidenti fenomeni fisici che dimostrano l'infondatezza della proposta non credo che tu mi avresti scritto: **Dopodiché, dovrebbe esserti evidente che se vogliamo descrivere le cose in termini di "scontro di campi magnetici" abbiamo il problema di capire quale quantità misurabile è riconducibile (anche solo tramite manipolazioni logiche) a "scontro di campi**

magnetici". Perché dobbiamo trovare l'unità di misura da adottare, che purtroppo ci costringerà a cambiare alcune altre unità di misura.

Torno a dire che il modello proposto non richiede una matematica diversa da quella corrente perché non sostituisce un modello preesistente. Come voi dite che se c'è corrente allora **ci dev'essere un campo elettrico**, io dico che se c'è corrente **è colpa dei campi magnetici che tocco con mano**, ma la corrente la misuro sempre coi vostri strumenti e la vostra matematica va certamente bene visto che funziona da un bel po': ho solo ribattezzato lo stesso fenomeno.

Purtroppo la cosa non è innocua come parrebbe (e credo sia per questo che i più si rifiutano persino di parlarne) questo perché obbliga a separare la legge di Faraday dalla Forza di Lorentz, nega l'asimmetria a cui Einstein pose rimedio e tacita quella boccasanta di Feynman, ma se afferro due calamite e cerco di avvicinare N a N, il campo respinge le mie mani. Il campo esce dagli elettroni no? Gli elettroni non verranno spinti come succede alle mie mani?

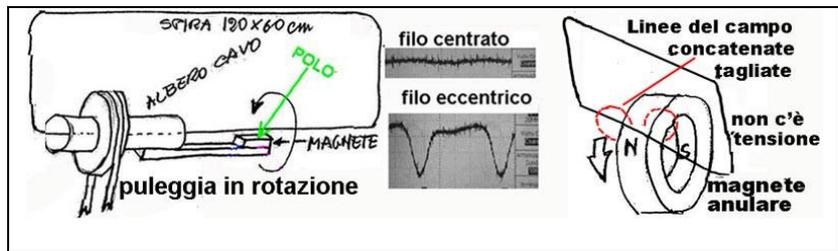
Aggiungo a posteriori che, quasi terminata questa fatica, mi sono letto QED di Feynman: l'avessi fatto prima! Non ho trovato motivo per modificare quanto qui scritto, anzi, visto che un ***modello fisico***, classico o ***quantistico*** che sia, **non** può essere desunto dalla quantistica, mi sembrerebbe lecito proporre una piccola variante a quello esistente allo scopo di renderlo più ***umano*** (fra l'altro mi pare d'aver trovato in QED qualcosa che potrei sfruttare a mio favore, **magari in seguito aggiungerò una appendice**).

2 – Vecchie osservazioni archiviate

Non so se queste pagine dovranno essere ancora gettate-rifatte-modificate (già tante volte avevo creduto d'essere arrivato alla fine) intanto metto i link a molte delle fatiche fatte, sono le fatiche che mi hanno permesso di tentare questa sintesi. Come detto, non sono da considerare, le metto solo per dimostrare che prima scrivere queste sciocchezze, **mi sono parecchio spellato le dita** 😊.

<http://digilander.libero.it/gino333/induzione4.docx> è il link al penultimo dei tentativi fatti dove verificavo la compatibilità del *manicotto rosa* nei casi più strani e dove tentavo di screditare la legge di Faraday visto

che i test qui a destra consentono di falsificare la definizione di variazione del flusso di una esposizione inaccurata della legge stessa (tratta da vecchio testo per ingegneri dove: $\text{intcirc} = \text{integrale circolare}$ $\text{int} = \text{integrale di superficie}$): "... 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 $E = \text{intcirc} \text{ Esds}$ la f.e.m. indotta e con $\Phi = \text{int} \text{ BndS}$ il flusso concatenato con il circuito, la legge dell'induzione elettromagnetica si può scrivere $E = -d\Phi/dt$ Il segno - sta ad indicare il verso della f.e.m. indotta e quindi anche quello della corrente indotta".

Solo recentemente mi sono reso conto che la definizione corretta dovrebbe essere "variazione del numero delle linee concatenate dalla spira a causa del moto relativo fra magnete e spira" (vedi a pag.4), nel caso di sinistra e col filo centrato **non ci sono linee concatenate**, in quello di destra non varia il numero di linee tagliate. Non capisco perché non si usino i criteri di completezza e sinteticità (tipici delle espressioni matematiche) anche quando si usano le parole. Per colpa di una definizione approssimata ho perso un sacco di tempo (devo anche aggiungere che nessuno dei miei interlocutori mi ha avvertito, li scuso perché loro pensano che l'elettromagnetismo classico sia argomento stracollaudato, non si aspettano sorprese).

A seguire link alla rinfusa (e ce ne sarebbero altre):

- <https://digilander.libero.it/gino333/mistero.jpg>
- <http://digilander.libero.it/gino333/magnetespira1.jpg>
- <http://digilander.libero.it/gino333/xfaraday.jpg>
- <http://digidownload.libero.it/gino333/magnetelungo.jpg>
- <http://digilander.libero.it/gino333/magnetespira2.jpg>
- <http://digilander.libero.it/gino333/testspire.jpg> .
- <http://digilander.libero.it/gino333/taglio.jpg>
- <http://digidownload.libero.it/gino333/FLotrentz.jpg>
- <http://digidownload.libero.it/gino333/forzalorentz1.jpg>
- <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/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://digilander.libero.it/gino333/omopolare.jpg>
- <https://digilander.libero.it/gino333/induzionivarie.JPG>
- <https://digilander.libero.it/gino333/Stern-Gerlac.jpg>

3 - attrazione e repulsione dei magneti

Trascrivo da una discussione internetiana con un fisico certamente preparato: "Nota che anche il tuo chiodino di ferro, quando viene avvicinato a uno dei tuoi magneti, diventa un piccolo magnete: e per questo ne è attratto. L'attrazione non dipende dal campo magnetico, ma dalla *variazione* del campo magnetico fra il punto del chiodino più vicino al magnete e quello più lontano. Ossia dalla sua *disuniformità locale*" Obiettai: "L'attrazione mi pare dipendere proprio dai 2 campi magnetici, questo perché il fenomeno avviene in loro presenza; certamente il fenomeno mostra una *disuniformità*"; quello che non è chiaro è il meccanismo sottostante. Io posso dire: "N e S si attirano" oppure "i campi magnetici fanno sì che si attirino" oppure "c'è una disuniformità che li fa muovere" ... ma cambiando le parole cosa ne so di più?" Niente, mi pare.

Nel già citato libro di Toscano (capitolo 8) leggo l'opinione di Faraday al riguardo: "... tutti i corpi, sia paramagnetici sia diamagnetici, si disponevano in maniera tale da perturbare il meno possibile la preesistente distribuzione delle linee di forza. Così un qualunque corpo paramagnetico, che tendeva a far convergere le linee di forza su di sé, si spostava verso le zone di maggior concentrazione delle linee ...". Ok, ma non dice perché si allontana quando le linee più concentrate sono di segno opposto ... cioè mi pare che ancora una volta si *descrivano i fatti* ma che non si facciano ipotesi.

Ciò detto, vi scapperà da ridere se leggerete quanto segue. L'ho scritto quando ho saputo dai quantisti che i magneti sparerebbero fotoni (vedi inciso in piccolo a pag.4). Chi mi informò di questi fotoni giudicò questa mia pensata ridicolmente ingenua: non ne dubito, ma potrebbe piacere agli ingenui che non si accontentano dei modelli fisici classici.

Il flusso magnetico sarebbe un *segnale* che viaggia a c uscendo da un polo e rientrando nell'altro: questo mi fa pensare ad una specie di asciugacapelli (con ventola assiale) e mi fa pensare che se due flussi interferiscono, si dovrebbe pure avere una *retroazione* sugli elettroni generatori del segnale **spingendo** o **tirando** il magnete in cui essi si trovano così come ora descrivo:



- Se i due asciugacapelli si **soffiano contro** (al centro) ho un modello **respingente**.
- Se invece **soffiano in direzione opposta** (caso a sinistra), si può immaginare che i due segnali **di ritorno** si **scontrino** tendendo ad allontanarsi e trascinando gli elettroni che li stanno generando.
- Se invece **soffiano nella stessa direzione** (caso di destra) il segnale emesso da un magnete, viene **aspirato** dall'altro

Certo se questi giochetti con photoshop **rappresentassero** davvero ciò che succede, avrei solo una **immagine** di quello che succede e continuerei a resterei perplesso sulla natura del segnale, ma m'illuderei d'averci capito qualcosa.



Mettici i test col lungo magnete lineare e quello circolare

4 – Il funzionamento e la forma delle spire di un alternatore assiale

Tempo fa mi passavo il tempo costruendo alternatori amatoriali, cercando di migliorarli (per tentativi, io non ho una preparazione specifica): anche da questo deriva il mio tardivo interesse per l'induzione.

Ecco qua uno di questi oggetti: non è dei migliori ma un oggetto simile (16 poli trapezoidali, 500 mm di diametro, 8kg di neodimio e 9kg di bobine fatte con filo di rame molto sottile) rende sul 93% da 50 giri in su (interpolando dai 250 giri che sono alla mia portata dovrebbe arrivare a 4



kW a 600 giri) I prodotti commerciali a magneti permanenti rendono meno anche se di elevata potenza e gli asincroni di più, ma solo se di grande potenza e a giri elevati (<http://digilander.libero.it/gino333/rend.alt.jpg>).

Per esigenze dovute alla misura del rendimento, statore e rotore possono essere montati folli su di uno stesso albero e possono essere lasciati liberi di scorrere sull'albero stesso (essere cioè capaci di avvicinarsi-allontanarsi fra loro): in questo modo possono essere mossi a mano sentendo nelle proprie mani cosa succede, questo perché le grandi dimensioni dell'oggetto consentono di ottenere tensioni e campi magnetici significativi pur con rotazioni parziali e lente.

Se teniamo il rotore (quello coi i magneti) con una mano e con l'altra lo statore (quello con le bobine) basta ruotare mezzo giro per vedere parecchi volt nel tester e sentire nelle braccia le forze in gioco. Tutto viene osservato in **un unico riferimento**, cioè nella testa dell'operatore, lì dove arrivano anche i nervi dalle due braccia.

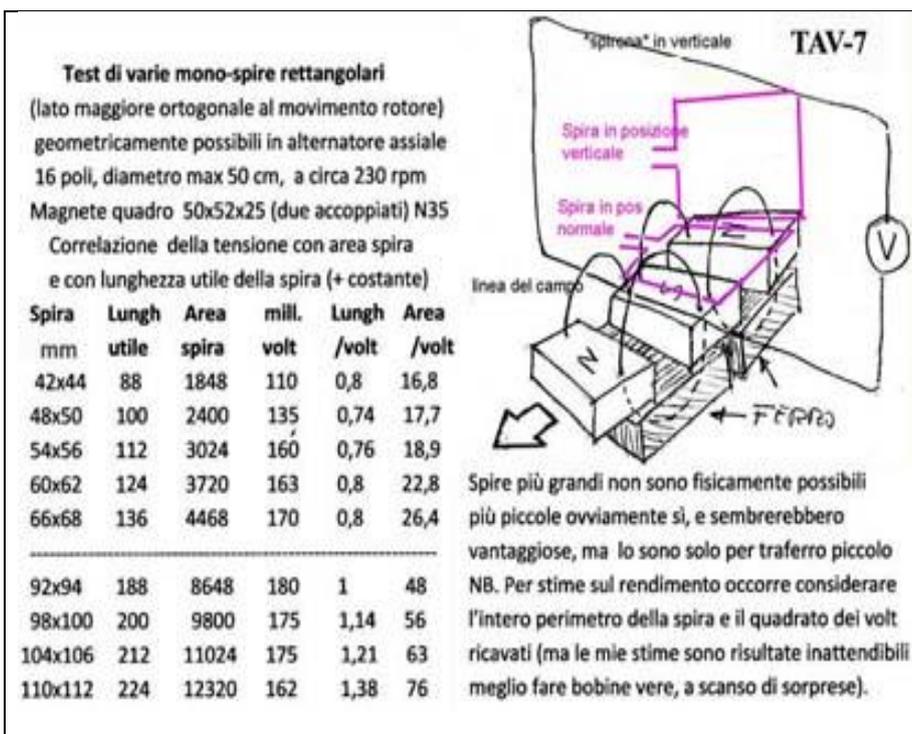
- Si faccia girare il rotore tenendo lo statore aperto: le braccia non sentono resistenza.
- Si lasci procedere la rotazione (energia cinetica disponibile) e poi si chiuda lo statore:
 - il rotore s'arresterà di colpo (avendo ceduto la sua energia cinetica).
 - si sentirà che lo statore vorrebbe girare come girava il rotore (non può perché lo si trattiene).
- Se si riprende a far girare il rotore (fornendo energia in modo continuo):
 - si deve trattenere lo statore dal ruotare e da una forza che vorrebbe allontanarlo dal rotore.
 - se si insiste a sufficienza, dopo un po' si sentirà con un dito che le bobine si sono scaldate.

- **Stessa cosa facendo girare lo statore trattenendo il rotore** (l'uso di strumenti mostra valori identici).

Tutto concorda con quanto è noto: un campo magnetico visto variabile da una bobina chiusa induce corrente nella stessa bobina che a sua volta diventa un magnete, si scalda e disperde energia. E' evidente che dall' "abbraccio" dei due campi magnetici nasce una specie di "frizione" che consente di trasferire energia dal braccio alle bobine dello statore. Gli elettroni dei due magneti, uno di neodimio, l'altro fatto con bobine percorse da corrente, si sparano in faccia *segnali* che si *scontrano* con una forza che avverto nella mie mani e m'immagino che, in qualche modo, pure gli elettroni sentiranno la retroazione che sento pure io e ciò li indurrà a *correre*.

* * *

Questo è un test che **non** mi fu utile per migliorare i rendimenti del mio alternatore, ma mostra che con spire grossomodo quadrate, per calcolare la tensione ottenibile nei vari casi, sarebbe **più significativo far riferimento a metà perimetro della spira** più che all'area della medesima. Inoltre le spire in posizione verticale generano circa metà tensione della normale spira di piatto (più la spira in verticale è grande, più la tensione tende alla metà): fu uno dei primi esperimenti che suscitò perplessità sul modello fisico derivabile dalla legge di Faraday. Furono cioè queste osservazioni a farmi pensare ad una **interazione diretta col filo**.



NB. I blocchetti di ferro posti in figura sotto i magneti possono essere vantaggiosamente sostituiti con un disco di ferro

continuo (non si osservano correnti di Foucault come ero stato erroneamente indotto a pensare al tempo di quei test per colpa di un test da me mal eseguito).

Per molto tempo mi arrovellai su questa ipotesi unitamente alla grande confusione indotta dalle **fantasiose onde sinusoidali mostrate in presenza dei poli cilindrici** (taluni affermano che si trattò di una licenza poetica, di una rappresentazione pittorica, senza però fornire nessuna prova di una tale consapevolezza da parte di chi redasse i manuali). **Pensavo ad una interazione diretta col filo della spira, ma mi sbagliavo! l'interazione avviene davvero nell'area della spira** (o almeno in prevalenza) però in modo non conforme alle teorie correnti; la spira è il **"campo principale di battaglia" in cui interferiscono due campi magnetici.**

Faccio notare come la tensione indotta vari notevolmente per mmq

110:1848=0,0595

135:2400=0,0562

160:3024=0,0529

.....

180:8648=0,0208

175:9800=0,0178

In queste misure il traferro era minimo, nel caso che il traferro fosse elevato (come capita in molte delle spire di una vera bobina) le cose cambiano parecchio in funzione dello "spessore" dei magneti perché il campo magnetico si dispone diversamente nello spazio. Questo a supporto dell'affermazione nel riassunto di pag.1

La proposta non implica una diversa matematica perché il fenomeno resta legato alla variazione del flusso magnetico che avviene prevalentemente nell'area della spira; nelle teorie correnti ciò che deborda dalla spira avrebbe saldo quantitativo nullo, non così nel modello proposto, ma l'effetto quantitativo potrebbe non essere distinguibile a causa delle approssimazioni dovute alla forma del circuito e dei magneti (appendice-4)

Quanto alle onde sinusoidali con polo cilindrico ho cercato quel Palmieri la cui esperienza è mostrata a pag.6. Se si tratta di Luigi Palmieri, è dell'800 e allora quel magnete disegna un vero magnete mentre la spira rappresenterà una vera bobina e Palmieri non avrà certo aver visto né sinusoidi né curve cornute visto che disponeva solo di un galvanometro. Ecco i riferimenti:

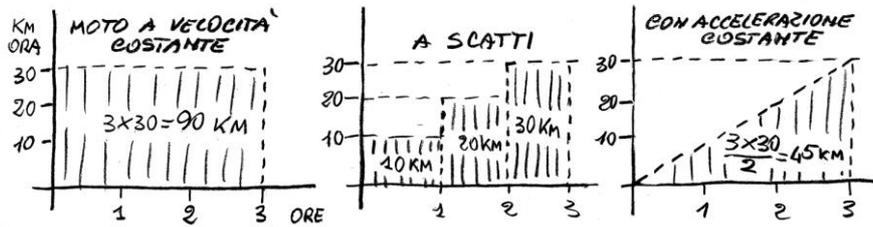
http://www.dmf.unisalento.it/~panareo/Dispense_di_Fisica/Sinusoidale.pdf

"CIRCUITI ELETTRICI IN REGIME SINUSOIDALE Nel 1832 il costruttore di strumenti scientifici francese Hippolyte Pixii ponendo in rotazione un magnete permanente a forma di ferro di cavallo in prossimità di un'elettrocalamita realizzò il primo generatore di corrente alternata; questo rudimentale dispositivo venne migliorato nel 1844 da Luigi Palmieri che sviluppò il primo generatore moderno di corrente alternata...."

5 Galileo e il metodo scientifico

Questo inciso non riguarda l'induzione né la Relatività Ristretta, ma mi serve per ribadire la mia impreparazione e ciò nonostante **per giustificare in parte l'impudenza e la presunzione di queste note.**

Non riesco a capire Galileo come esposto in un vecchio libro per liceo scientifico. Fortuna che in Internet trovai alcune pagine molto chiare ("Elementi di fisica applicati al paracadutismo" di Angelo Dei) che ora trascrivo alla mia maniera per fissare la questione. Naturalmente è indispensabile qualche vago ricordo delle regole e delle convenzioni dell'algebra. Consideriamo tre esempi di moto esposti graficamente:



Dovrebbe risultare chiaro come calcolare i km percorsi in un certo tempo in funzione di com'è il moto (li ho scritti dentro le aree tratteggiate). I primi due casi sono talmente ovvii che infastidiscono il lettore. Non così il terzo caso (quello a destra) che però si capisce facilmente osservando come dal primo si passa al secondo caso. Infatti il terzo è come il secondo dove però lo "scatto" tende a diventare infinitesimale, dopo di che basta sapere che l'area di un triangolo si ottiene facendo base \times altezza : 2 (ecco da dove salta fuori il famigerato coeff. 0,5 che compare in tante formule a prima vista misteriose! e magari questi infinitesimi sono fratellini di quelli di Newton o, se preferite, di Leibniz).

Nel caso a destra l'accelerazione è costante: **dopo ogni ora la velocità è aumentata di 10 km all'ora. Si tratta proprio del moto uniformemente accelerato di cui si occupò Galileo** quando si stufo di riverire gli accademici del suo tempo (razza mica estinta, permane tuttora e persino un "galileo", invecchiando, rischia di ritrovarsi accademico lui pure).

Prima di lui, altri s'erano accorti che una palla di fucile cascava a terra quasi nello stesso tempo di una palla di cannone e già avevano intuito che fosse solo l'aria a rallentare assai di più la piuma del piombo. Ma fu Galileo a costruirsi tutta l'attrezzatura necessaria per fare le misure (allora mica si poteva andare all'OBI, né usare il telefonino per calcolare e cronometrare). Galileo non si limitò ad esporre a chiare lettere cosa aveva trovato, trascrisse pure il tutto in quei simboli matematici che tanto ci affliggono. Ma se ben ci pensiamo, quelle "chiare lettere" tanto più chiare delle corrispondenti "formule" non sono, né poi consentono di eseguirci sopra facilmente quelle operazioni logiche che da un fatto ci consentono di derivarne altri che magari a prima vista ci potrebbero sfuggire. Anche Faraday le chiamava "geroglifici" ☺, ma per sgradite che sieno, con le formule è più facile fare "i conti" e prevedere cosa succederà in termini numerici.

Stevino (uno di quelli che avevano capito la questione già prima di Galileo) non avrebbe saputo rispondere se gli avessimo detto: "Ok, le due palle arrivano assieme, ma quanto tempo ci mettono ad arrivare a terra cadendo dalla torre di Pisa?" Egli poteva solo salire sulla torre munito di palle e clessidra, mentre Galileo, avendo "provato e riprovato" fino a desumerne la giusta formula matematica, avrebbe potuto rispondere senza fare tutte quelle scale. Ecco perché si dice che la scienza l'ha inventata lui (sarà stata una questione di pigrizia o di reumatismi ?).

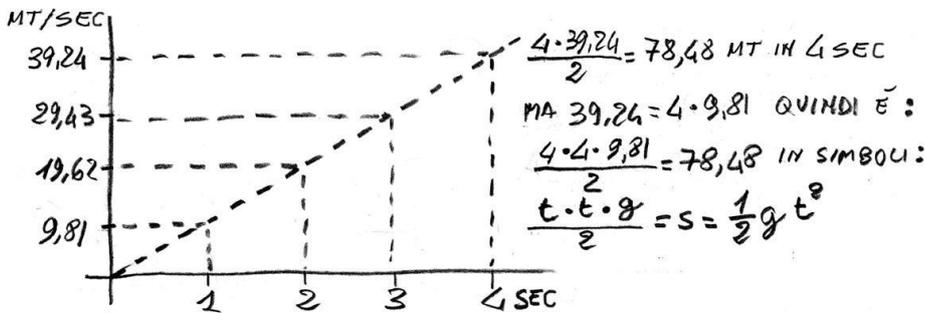
Ma Galileo e i suoi discendenti mica hanno "provato" tutto! Né tutto è derivabile da quello che è stato già provato (anzi, se si smettesse di "provare" finiremmo all'istante nelle grinfie degli accademici). Ecco perché si spendono miliardi per cercare il famigerato bosone. Ed è pure bene sporcarsi le mani con robe assai più modeste e magari risapute. **Non si sa mai, qualcosa d'interessante può sempre essere sfuggito.**

Vabbè, ma cosa scoprì Galileo?

Tramite accurate misurazioni (tanto più ammirevoli quanto più si pensa alla scarsità dei mezzi a sua disposizione) egli scoprì che i gravi cadevano con moto uniformemente accelerato pari a 9,81 metri al secondo quadrato (lasciamo al momento perdere il significato di questo "quadrato") costante che si è poi meritata un importantissimo simbolo specifico:

$g = 9,81 \text{ mt/sec}^2$ (accelerazione di gravità a livello del mare)

Ma come avrebbe fatto Galileo a dirci il tempo di caduta delle palle di piombo dalla torre di Pisa (trascurando la resistenza dell'aria)? Rifacciamo il precedente grafico di destra con i dati misurati da Galileo per l'accelerazione di gravità:



Dove t è il **tempo** (in secondi) s è lo **spazio** percorso. Se quindi la torre di Pisa fosse alta 100 metri, rovesciando la formula precedente in $t = \sqrt{s / \frac{1}{2} g}$ = radice quadrata di $100 / 0,5 \times 9,81 = 4,52$ ecco ottenuti i secondi occorrenti alle palle di piombo per arrivare a terra.

Verifichiamo se non mi sono sbagliato

$4,52 \times 9,81 = 44,34$ mt/sec di velocità dopo 4,52 secondi

$44,34 \times 4,52 \times 0,5 = 100,2$ ok, i rotti non contano ☺ Risulta pure evidente che **velocità = $v = g \cdot t$**

Aggiungo che ora capisco il significato di **mt/sec²**: va letto "un'accelerazione di tanti metri al secondo per ogni secondo, o meglio, **ad ogni secondo**" Non era una cosa tanto difficile da capire, no? Forse è una nostra "resistenza psicologica alla formula" oppure è cattiva esposizione della medesima. Decidete voi.

Tuttavia l'insospettabile e didatticamente orribile libro di mia figlia scrive: "Fin dall'antichità la matematica fu considerata come una dottrina capace di determinare *a priori* la natura delle cose. **Nella sua opera Galileo utilizza la matematica come un semplice strumento concettuale utile a sviluppare la teoria scientifica, ma che non ha un valore conoscitivo intrinseco**" [!!!!] quindi Galileo avrebbe declassato la matematica rispetto al pensiero degli antichi? strano! eppure Caldirola insiste descrivendo le 3 fasi del metodo galileano:

a) *L'analisi preliminare del fenomeno che mette in evidenza la sua vera essenza fisica attraverso l'eliminazione di tutti gli aspetti secondari ... guidata dal criterio di semplicità e dall'assunzione di alcune ipotesi ... che potranno in seguito essere ... mutate.*

b) *La progettazione e l'esecuzione di un esperimento ...*

c) *L'elaborazione dei dati ... attraverso grafici e tabelle e, se possibile, attraverso una relazione matematica che lega fra loro le grandezze utilizzate nella descrizione dei fenomeni ... un'equazione la legge fisica che descrive il fenomeno considerato*

Già, ora che mi ricordo i pitagorici erano fanatici dei numeri, per loro tutto era numero. Quindi forse Galileo ebbe anche il merito di dar il giusto valore ad ogni cosa. Peccato che i professori d'oggi a volte se ne dimentichino. Avrei solo da criticare la parola "legge" perché fa pensare a qualcosa di "definitivo" mentre si tratta sempre di approssimazioni. Pare evidente che la natura debba avere le sue "leggi", ma credo sia bene essere modesti visto che gli stessi fisici dicono d'essere ben lontani dall'aver conquistato la verità intera. Difatti Newton completò le scoperte di Galileo, Einstein le migliorò e molto probabilmente altri supereranno quelle che oggi chiamiamo imprudentemente "leggi".

E ora un caso pratico: giri di una ruota idraulica "per di sopra".

Alcuni antichi testi di meccanica dicono che questi giri si calcolano facendo il rapporto fra la metà della velocità del getto d'acqua (calcolato rad.q. di $2 \cdot g \cdot h$ dove h è il salto fra il pelo



sup. dell'acqua e il bordo sup. della ruota) e la circonferenza della ruota. Questo significherebbe che raddoppiando il diametro i giri si dimezzerebbero e questo inciderebbe molto sulla potenza perché: menogiri=menoacqua=menopotenza. E' una formula ragionevole se riferita alle ruote "per di sotto", ma in una ruota "per di sopra" si dovrebbe considerare soprattutto l'accelerazione di gravità (difatti mie misure smentiscono tale formula). Una "formula" esatta dev'essere assai difficile da impostare perché l'acqua cade su di una ruota già in movimento, viene spostata in due direzioni orizzontali, un po' esce prima e un po' dopo del punto inferiore (in funzione delle forme delle cassette e della velocità stessa di rotazione). Naturalmente anche la velocità del getto in entrata ha la sua influenza, ma dev'essere marginale (viste le misure).

Ecco un conteggio grossolano che tiene conto della sola accelerazione di gravità e dove, considerando che l'acqua non fuoriesce istantaneamente dal punto più basso, il "salto" viene considerato pari a 3/4 del diametro.

Sapendo che $g=9,81$ $v = g.t$ $s = \frac{1}{2} .g.t^2$ da cui $t = \text{rad}^2(s/ \frac{1}{2} g)$ ne deduco che:

- con diametro ruota (metri)	0,44	1	1,5	2	2,5	4	(modelli *stretti*, per poca acqua)
- per salto utile di	"	0,33	0,75	1,13	1,5	1,9	3
- tempo del salto (secondi)	0,26	0,39	0,48	0,55	0,62	0,78	$t = \text{rad}^2(s/ \frac{1}{2} g)$
- velocità a fine salto (mt/sec)	2,55	3,83	4,71	5,40	6,08	7,67	$v = g.t$

Supponendo che la velocità di fine salto (utile) corrisponda alla velocità periferica di rotazione, allora:

- circonferenza (metri)	1,44	3,14	4,71	6,28	7,85	12,56	
- giri al minuto	106	73	60	52	46	36	($v / \text{circonf}$). 60
- metà giri (*)	53	36	30	26	23	18	(ritenuto punto di max rendim.)

Dati osservati:

- giri dei modelli con carico	35	33	30	(giri "medi": variano modificando il getto dell'acqua)			
- con ruota *vera* 0,98x1 (con carico)	32	(al punto di max potenza e con getto dell'acqua realistico)					
- idem senza carico	49	(con getto dell'acqua realistico)					

(*) I testi tecnici dicono che la max potenza si ricava a metà dei giri senza carico; questo è sicuramente giusto per le ruote per "di sotto" e "di spalle" ma con questo tipo di ruota risulta invece a 3/4 (si direbbe che questo avvenga per effetto della "centrifugazione" che si osserva aumentando i giri oltre il punto di max potenza, fatto che determina ovviamente un improvviso rallentamento della ruota, forse questo spiega perché la piccola ruota da 0,44 si discosti molto dai giri teorici) fenomeno simile quello che si vede nella foto centrale causato dall'assenza di carico sulla ruota (sta girando troppo veloce). Se interessassero maggiori informazioni <http://digilander.libero.it/gino333/appunt2015x.docx>

Il "conteggio grossolano" sembra quindi confermato dai test e fa pensare ad una diminuzione dei giri molto più contenuta del dimezzamento al raddoppiare del diametro, però si è osservato che con velocità periferiche poco più alte del punto di max potenza, si verifica la "centrifugazione" prima citata. E' quindi possibile che la diminuzione dei giri sia fortemente progressiva al crescere dei diametri; difatti la ditta Wasserrad dichiara 6,5 giri per una ruota da 4 metri e si legge che le antiche grandi ruote giravano molto lentamente (per dire che conviene provare prima di fare affermazioni avventate come feci anch'io).

Risposta di un prof di fisica interpellato al riguardo ... Come ho avuto già' occasione di dire, io d'idraulica non so niente. Per curiosità' ho cercato con Google, anche in inglese, ma in tante voci su ruote idrauliche non ho visto neppure una formula

Quindi non so immaginare di che formula si tratti.

In base ad argomenti generali mi aspetterei per la potenza una formula che contenga:

- il raggio della ruota
- la densità dell'acqua
- l'accel. di gravità
- il numero di camere
- il volume di una camera
- la velocità angolare

tutte moltiplicate fra loro e con una costante (numero puro) forse empirica. Però' densità dell'acqua e accel. accel. di gravità sono quelle che sono, e quindi possono essere inglobate nella costante. Forse questo spiega perché g non compare esplicitamente?

Il prof. dice bene, ma g (9,81) lo considerano solo nel conteggio della velocità dell'acqua che colpisce la ruota. In ogni caso la lista delle cose da considerare secondo l'opinione del prof. è incompleta. Ne deduco che una formula che descriva compiutamente il funzionamento di un così semplice (e visibile) oggetto non è disponibile. Quella che propongo io sembra andare abbastanza bene, ma i test sono troppo scarsi e in ogni caso è evidente che **la *fisicità* della ruota non è per niente descritta neanche dalla mia formulazione.**

Ora mi domando: quando un formula consente di calcolare abbastanza bene gli effetti quantitativi di un fenomeno (come ho fatto qua io), chi mi autorizza ad affermare che quella formula descrive il fenomeno anche qualitativamente?

http://scienzapertutti.inf.infn.it/newslettersxt/immagini/relativita_einstein_italiano.pdf Einstein dice:

*“La teoria della relatività speciale si discosta quindi dalla meccanica classica non per il postulato di relatività, ma **soltanto per il postulato della costanza della velocità della luce nel vuoto**, dal quale, in congiunzione con il principio della relatività speciale, discendono in modo noto la relatività della simultaneità, come pure la trasformazione di Lorentz e le leggi con questa associate sul comportamento in moto dei corpi rigidi e degli orologi.”*

Gli strumenti di misura sono moltissimo migliorati dai tempi di Einstein e stanno per migliorare ancora. La luce percorre 30 cm in milionesimo di secondo e in quell'intervallo un buon processore fa centinaia di operazioni. In https://it.wikipedia.org/wiki/Orologio_atomico leggo che gli orologi al cesio oscillano 10 miliardi volte per secondo, mentre quelli agli ioni di mercurio (grazie a un laser con impulsi di un milionesimo di milionesimo di secondi) sono enormemente più precisi e per sbagliare di un secondo hanno bisogno di 4,5 miliardi di anni. Immagino perciò sarà presto possibile fare misure di tempo con una *risoluzione* di almeno un picosecondo (millesimo di milionesimo di secondo e, nella misura di singoli eventi, <https://www.inrim.it/> conferma questa possibilità). Abbiamo poi un moto rispetto alla radiazione di fondo di 370 km/s, riduciamolo a 300 per semplificare i conti e per avere un po' di tolleranza negli orientamenti, allora mentre la luce percorre 300 metri, avremmo $300/300.000.000=0,000001 \times 1000.000.000.000=1.000.000$ tictac e se il moto dell'osservatore si componesse, due misure in direzioni opposte rispetto al quel movimento di 300 km/s porterebbe a $(300+300):300.000=0,002 \times 1.000.000=2000$ tictac di differenza. Una distanza di 300m fra due orologi pare gestibile, purtroppo pare impossibile sincronizzarli evitando segnali di andata e ritorno. Inoltre in <https://groups.google.com/forum/?fromgroups=#!topic/free.it.scienza.fisica.wqqLbIZy0Ps%5B1-25%5D> un professore specializzato in Relatività, così scriveva a chi era perplesso su questa costanza: *“... Se esistesse un riferimento privilegiato rispetto al quale la luce va alla velocità che sappiamo, e se ... la sua velocità rispetto ad altri riferimenti fosse diversa, dovremmo essercene accorti. Per es. tieni presente che la velocità orbitale della Terra è circa 30 km/s, ossia solo 1/10000 della vel. della luce. Ne segue che se guardiamo la luce che arriva da una stella dalla parte verso cui la Terra si muove, la luce di questa stella dovrebbe avere rispetto a noi una velocità maggiore per 30 km/s. Se invece guardiamo dalla parte opposta, sarebbe minore di altrettanto. Comunque una differenza di 60 km/s tra le due direzioni. Ti assicuro che abbiamo strumenti perfettamente in grado di rilevare questa differenza, che nessuno ha mai visto. Non solo: basterebbe aspettare 6 mesi, e vedremmo invertirsi l'effetto. Ancora: se proviamo a ipotizzare che il riferimento assoluto sia quello della radiazione cosmica di fondo (un buon candidato, non ti pare?) avremmo questa situazione: il sistema solare rispetto a questo rif. assoluto viaggia a circa 370 km/s. Anche qui, si dovrebbe vedere una diversa velocità della luce in due direzioni opposte, con una differenza di ben 740 km/s. Inutile dire che non si vede niente del genere ...”* affermazione analoga l'ho letta nel Caldirola di mia figlia (testo per il liceo scientifico), **ma non ho mai trovato indicazioni di quali misure si tratta** (si dà forse per scontato che dobbiamo fidarci?).

Non li ho trovati neppure in <http://www.brera.unimi.it/sisfa/atti/2003/16-34Selleribari.pdf> dove il prof. Selleri (un eretico, morto nel 2013, già citato in fondo a pag.12) avrebbe dovuto essere al corrente delle misure di cui si parla, ma dice poco. Ecco un estratto: *“... velocità di andata e ritorno e non è detto che coincida con le velocità del segnale da A a B e da B ad A. Per misurare queste ultime servirebbero due orologi sincronizzati, uno vicino ad A e l'altro vicino a B. Purtroppo, come abbiamo detto, nel Novecento nessuno sapeva come sincronizzare due orologi lontani. Ogni metodo immaginato faceva nascere grosse difficoltà. Discutendo l'indipendenza della velocità della luce dalla direzione di propagazione Poincaré scriveva: «Questo è un postulato senza il quale sarebbe impossibile iniziare una qualsiasi misura di questa velocità. Resterà per sempre impossibile verificare sperimentalmente la validità di questo postulato». L'ultima frase potrebbe essere chiamata «la maledizione di Poincaré». Trovando impossibile risolvere il problema per via empirica Einstein decise di risolverlo per decreto, assumendo l'invarianza della velocità della luce: questo è il secondo postulato della TRS. Come abbiamo visto egli considerava questa ipotesi solo una comoda convenzione. Ciò detto resta pur sempre vero che c (andata-ritorno) è misurabile. La fisica classica prevede una variazione dovuta al movimento della Terra molto più piccola di quella della velocità di sola andata. Più precisamente, se nel laboratorio terrestre si cambia la direzione di propagazione, prevede che c andata-ritorno abbia variazioni del secondo ordine, cioè dell'ordine di v al quadrato / c al quadrato dell'ordine di 10 alla -6. Una delle misure più precise ... fatta nel 1978 ... $299\,792,4588 \pm 0,0002$ km/sec valore confermato da altri esperimenti successivi (1987). Dunque c (andata-ritorno) è nota con un errore percentuale di 10 alla meno 9, mille volte più piccolo di quanto necessario per rivelare effetti del secondo ordine dovuti al movimento della Terra. **Eppure prima e dopo il 1978 non si è mai vista una dipendenza della velocità della luce dalla direzione di propagazione, in accordo con una serie di misure più indirette fatte per rivelare l'esistenza del sistema dell'etere. Ecco dunque il primo fondamentale dato empirico: D1. Entro un piccolo errore la velocità della luce di andata e ritorno è invariante perché non cambia né con la direzione di propagazione né con l'epoca in cui viene misurata. Nel loro famoso esperimento del 1887 Michelson e Morley conclusero che non esistevano spostamenti delle figure di interferenza dovuti al movimento della Terra. Per spiegare ciò Fitzgerald e Lorentz supposero che il moto attraverso l'etere con velocità v generasse un accorciamento nella direzione della velocità ...***

Sembra quindi che il prof. Selleri si riferisca ad osservazioni analoghe a quelle dell'interferometro di Michelson e Morley (MM) come fatte anche di recente <https://www.nature.com/articles/ncomms9174>, ma in queste osservazioni sono sempre presenti “bracci” che potrebbero subire la contrazione “fisica” prevista

dalle Trasformazioni di Lorentz come immaginate prima di Einstein (ipotizzavano fenomeni elettrici fra le particelle così come riferisce pure Selleri nello stesso link). Ecco perché mi sono messo alla ricerca di metodi di misura esenti dal problema della sincronizzazione degli orologi, dell'eventuale contrazione fisica dei bracci, dell'effetto dell'andata-ritorno.

USO DI UN SOLO OROLOGIO uso cioè di un solo oscilloscopio come orologio **affidando il ritorno del segnale ad un impulso elettrico, ipotizzando quindi che il segnale elettrico non risenta dell'orientamento del filo in cui scorre.** Alcuni *eteristi* affermano che anche l'impulso elettrico convogliato dai cavi (pur accordati) in realtà sarebbe un'onda nell'etere e quindi l'eventuale discordanza verrebbe compensata. A me pare molto strano, comunque, visto che il test sembra semplice perché non tentarlo? O magari è già stato fatto? Supponiamo di no e supponiamo di eseguirlo: se **non** risultasse una discordanza nei tempi di volo si resterebbe nella presente situazione (certezza per taluni, insoddisfazione per altri), altrimenti si saprebbe che c non è costante (quindi perché non provare?). In https://www.youtube.com/watch?v=FV1_K6uT1ac si vede come viene misurato il tempo di volo di un pacchetto di elettroni fra due sensori posti all'inizio e alla fine di un acceleratore lineare. I due cavi vengono "accordati" in modo che il tempo di transito di un impulso elettrico sia identico nei due cavi, poi uno dei cavi viene spostato in fondo all'acceleratore mentre l'altro resta all'inizio del tunnel. In questo ipotetico test l'oscilloscopio andrebbe piazzato a metà del tunnel e i due cavi (lunghi come metà del tunnel) andrebbero accordati tenendoli arrotolati allo stesso modo e poi stesi portando uno dei capi all'inizio e l'altro alla fine del tubo. Servono due test in direzioni opposte, fatti uno dopo l'altro e fatti quando il *tubo* è allineato (all'incirca) col movimento di 370 km/s prima citato. Nei due test le trasformazioni di Lorentz ante-1905 genererebbero (eventualmente) effetti identici, sia sulla lunghezza del tubo, sia sul *tempo*. E' corretto questo? Diciamo di sì: alle estremità A e B del tubo poniamo due sensori capaci di sentire un raggio luminoso e di spedire un segnale elettrico. All'altezza di metà tubo c'è l'oscilloscopio O. Stando in O abbiamo accordato i due cavi lunghi la metà del tubo e poi li abbiamo stesi, collegando A-O e O-B. Con un gioco di specchi mandiamo la luce di una stella da A a B così l'oscilloscopio mostrerà due tracce; ora occludiamo la stella: le tracce provenienti da B si spengono in ritardo a causa del tratto A-B. Subito dopo rifacciamo il test, invertendo il tragitto della luce (da B a A). Dopo di che si vedrà se i ritardi corrispondono nonostante l'apparato si muovesse verso la luce in arrivo in un caso e nell'altro all'incontrario. Questo supponendo che il "gioco di specchi" non alteri c , lo altera? Diciamo di no e proseguiamo. Quanto al fatto che nei fili A-O e O-B la velocità del segnale elettrico potrebbero essere modificata dalla direzione opposta lo trovo assai strano: se è vero che nei fili viaggia a $0,7c$ allora è il rame che influisce, mica un ipotetico etere. Se il segnale elettrico deriva dal moto degli elettroni in un filo (come trasmissione della *spinta* reciproca degli elettroni) perché mai dovrebbe risentire dell'ipotetico vento d'etere cui è sarebbe soggetta la radiazione al dire degli eteristi? Questa considerazione autorizzerebbe gli eteristi a negare validità a una osservazione che non mostrasse differenze fra i due test proposti? PS. ben strano sapere che la velocità della luce cambia nel vetro, nell'acqua eccetera, ma trovo illuminante QED di Feynman dove leggo che il fotone che arriva viene *diffuso* dagli elettroni del vetro e quindi quello che procede è sempre un *nuovo* fotone.

SINCRONIZZAZIONE DI OROLOGI VICINI mi hanno segnalato <https://arxiv.org/pdf/1206.0790.pdf> dove pare che abbiano fatto misure in una unica direzione in due modi, uno dei quali prevede l'allontanamento di due orologi (direi sincronizzati vicini) ma, sia per la lingua, sia per la matematica, non ho capito quale sia stato il risultato. Se la costanza fosse stata confermata allora dovrei smettere di cianciare (sto aspettando lumi da chi è più bravo di me). Certo l'idea di **allontanare due orologi dopo averli sincronizzati** non mi pare male: se fossero mossi alla stessa velocità e magari *trasversalmente* al movimento di 370 km/s dovrebbero restare sincroni, salvo disturbi nel trasporto ed escluse differenze gravitazionali nel transito e nelle collocazioni. Oppure sbaglio? Non mi pare poi che a 300m di distanza le variazioni di gravità mareali (passaggi della Luna e Del Sole) siano rilevanti mentre quelle dovute al livello e alle masse locali forse sono correggibili con una prolungata rilevazione-correzione gravitazionale nei due siti. Permettetemi di fantasticare: immaginiamo un binario di 300m perfettamente livellato con due orologi sincronizzati al centro, muoviamoli lentamente verso le due estremità del binario e poi riportiamoli vicini al centro, facciamo questa operazione più volte in tempi diversi (quindi con diverse influenze mareali nel tempo e nello spazio) se alla fine i due orologi al centro risultassero ancora sincroni non disporremmo dello strumento per misurare c in una sola direzione? O forse ci hanno già provato e hanno visto che non sono più sincronizzati?

LLR in https://it.wikipedia.org/wiki/Esperimento_Lunar_Laser_Ranging leggo che un segnale laser viene indirizzato ad uno specchio posto sulla Luna e dal tempo di viaggio dei pochi fotoni che riescono a ritornare si risale alla distanza Terra-Luna, ovviamente considerata costante la velocità della luce. Fatta questa misura, disponendo anche della direzione del moto della Luna e considerando le forze gravitazionali che agiscono (Relatività Generale) sarà possibile calcolare la posizione della Luna, istante per istante, e così calcolare la sua distanza dopo una settimana (questo link lo sottintende solamente ma la cosa è confermata da un link che citerò in seguito). **Dopo una settimana la Luna si sarà spostata di 90° , perciò una nuova misura Laser potrebbe divergere da quella calcolata a causa di un eventuale effetto "vento d'etere"** (quello inutilmente cercato da MM). Come esemplificherò dopo, le differenze sono del *secondo ordine* e quindi non risentono della eventuale compensazione andata-ritorno. Una risposta negativa non potrebbe essere giustificata neanche con una contrazione dei "bracci" perché questi non esistono. Vero che secondo Einstein anche lo spazio può contrarsi, ma se accettiamo Einstein, abbiamo già accettato la costanza di c , pertanto

non avrebbe senso ricamarci sopra. Forse sono queste misure che consentono al Prof. Fabri, al Caldirola etc di dire che la costanza di c è stata dimostrata senz'ombra di dubbio? Purtroppo non mi è chiaro.

In che senso la distanza **calcolata per** l'ottavo giorno potrebbe divergere da quella **misurata** l'ottavo giorno per effetto del vento d'etere **senza che l'andata-ritorno del segnale intorbidì la misura**? Esempio con un fiume largo 1000m, con una corrente di 2m/s e con una barca che viaggia a 10m/s. Si risale e si ridiscende la corrente per 1000 m.

$1000/(10-2)=125$ secondi per risalire

$1000/(10+2)=83,33333$ secondi per scendere, in totale 208,333333.

Quindi impiegherò circa 8 secondi in più dei 200 necessari se l'acqua fosse ferma. Immaginiamo ora di tirare un filo ortogonale al fiume e di dirigere la barca in modo che il suo albero sfiori sempre il filo. Ogni secondo l'acqua mi fa arretrare di 2 metri, quindi in un secondo devo guadagnare 2 metri verso monte mentre la mia barca avanza 10 metri nell'acqua. Devo quindi considerare un triangolo rettangolo, ipotenusa 10 e cateto 2. Allora l'altro cateto sarà $\sqrt{10^2-2^2} = 9,79796$ = velocità sulla rotta ortogonale, da cui $2000 \text{ m} / 9,79796 \text{ m/s} = 204,12412$ secondi in totale, mentre controcorrente avevo 208,33333.

La differenza di 4,20921 secondi è causata dalla velocità dell'acqua.

(ringrazio chi mi insegnò le misure del secondo ordine nonostante mi consideri un ignorante irrecuperabile).

Supponiamo che la distanza Terra-Luna sia costantemente di 300.000 km (non lo è, ma serve per avere un'idea delle grandezze in gioco).

Misuriamo quindi il tempo di volo di un impulso laser riflesso dalla Luna (600.000 km).

a) Seguendo la corrente citata dal prof. Fabri (di 370km/s che però riduco a 300 per semplicità)

$300.000/299700=1,001001001001$ tempo in favore di corrente:

$300.000/300300=0,999000999$ controcorrente

somma tempi = $2,00002000001$ per fare 600.000 km

b) Attraversamento corrente:

mentre viaggio per 300000 (ipotenusa) arretro di 300 (cateto, moto del Sole), allora

$300.000^2-300^2=89.999.910.000$ la cui rad.q. = $299.999,8499999$ è il cateto ortogonale alla corrente, cioè lo spazio percorso in un secondo o anche la velocità al secondo. Non sono arrivato a riva e poi devo tornare indietro, ma la velocità la conosco e posso quindi calcolare il tempo complessivo: $600.000/299.999,8499999=2,0000100001$ per fare 600.000 km ortogonali ai precedenti, da cui: $2,00002000001-2,0000100001=0,00001$ secondi di differenza, cioè un milionesimo di secondo: se non mi confondo dovrebbe bastare un normale orologio al cesio visto che oscilla 10 miliardi di volte per secondo.

- Ho quindi una differenza di 0,00001 secondi che corrisponde a 300 metri di distanza, perfettamente osservabili (visto che le precisioni in LLR sono centimetriche) se la misura di partenza, quella calcolata per 8 giorni dopo e la corrispondente misura Laser sono fatte nelle condizioni giuste (seguendo e attraversando la corrente). Se non si nota nulla, MM e il Lorentz prima maniera (contrazione bracci per effetti elettrici) avevano torto, mentre **l'assoluta costanza di c dovrebbe mi sembrerebbe confermata.**

Ho chiesto conferma ad un paio di fisici e grossomodo entrambi mi confermano che l'orbita calcolata da LLR è così precisa che se un vento d'etere avesse perturbato i dati se ne sarebbero accorti da un pezzo, uno di essi scrive: **"... il sistema di puntamento del telescopio sembra funzionare alla grande su periodi molto più lunghi di quelli da te ipotizzati, il che vuol dire che non ci sono ulteriori correzioni dovute all'etere da dover fare."** (si noti che per "sistema di puntamento" intendeva proprio il calcolo dell'orbita, non il meccanismo dei telescopi che compensa la rotazione terrestre, utile solo per poche ore) però, quando gli ho fatto notare che continuano ad esserci persone titolate che continuano a nutrire dei dubbi, ha aggiunto: **"Io assumo che c sia costante, faccio il calcolo e trovo che c è costante! E' chiaro che c'è un problema? Nessuno ha dimostrato che c sia costante."** Questo parrebbe legato al fatto che nel calcolo della forza di gravità non si usa quella di Newton ma quella di Einstein; in effetti guardando la formula della RG si vede un c alla quarta al denominatore a destra dell'uguale, io però non sono in grado di quantizzare questo fatto e quel fisico non ha chiarito la questione, ha solo ribadito che c è costante con grandissima probabilità, anzi è cosa dimostrata vera rispetto agli eteristi ingenui (all'antica), mentre resta qualche dubbio lecito rispetto agli eteristi moderni (purtroppo non mi ha ben spiegato la differenza fra queste due forme di eterismo). Comprenderete il mio sconforto. Vabbè, non intendo certo essere più realista del Re, continuerò a dubitare. **Però lasciatemi dire che o quel fisico s'è preso uno svarione oppure il Caldirola, il Prof. Fabri e persino Selleri non mi devono spacciare una grande probabilità per certezza.**

http://www.fisica.unina.it/documents/12375590/13725484/2866_LuongoE_16-10-2019.pdf/2e4407e4-546c-460f-aa9c-ccd71462ad60 fornisce molte informazioni che però non sono assolutamente alla mia portata. C'è però un passo che mi lascia speranzoso "2.3 L'analisi degli errori. Nelle quattro applicazioni dell'LLR, che vengono analizzati in questa tesi, ci sono delle procedure di analisi dei dati in comune. Nel processo di risoluzione compaiono oltre 140 parametri al di fuori di quelli associati alla relatività, che tengono conto dell'orbita lunare, della rotazione, delle coordinate del riflettore, della deformazione elastica, della dissipazione rotazionale, dei momenti d'inerzia, della massa del sistema Terra-Luna, dell'orbita eliocentrica del sistema Terra-Luna, delle posizioni delle stazioni terrestri, della precessione e della nutazione dell'equatore, della rotazione terrestre e delle maree. Molti dati possono fornire una buona stima di questi parametri, ma non direttamente. Inoltre, si stimano le efemeridi di tutti i pianeti, le distanze in unità astronomica, il rapporto della massa terrestre e lunare e masse di diversi asteroidi selezionati [5], tutto ciò attraverso 64000 osservazioni planetarie. Sorge il problema riguardo le piccole incertezze su di essi, a

causa della grande mole di dati, che favorisce il contributo di errori sistematici. Per ovviare al problema, l'errore viene costruito moltiplicando l'errore standard della procedura dei minimi quadrati, per una costante e tutti i contributi aggiuntivi sommati e posti sotto radice quadrata. Compaiono diversi contributi di cui tenere conto nell'analisi dell'errore standard con il metodo dei minimi quadrati, come la rotazione terrestre e i parametri planetari ottenuti attraverso lo studio dell'orbita lunare. Inoltre, in esso è presente il peso dei singoli dati e la correlazione tra i parametri. La costante moltiplicativa dipende dalle misure ed è diversa se i parametri cambiano al variare degli intervalli dei dati, oppure se i valori dei parametri sono noti indipendentemente." Passo oscuro, ma che mi induce a domandarmi se **non ci sono per casoscillazioni settimanali attribuite a cause ignote e smussate con metodi matematici. Certo io sono come il selvaggio che vede per la prima volta una radio** e si permette d'immaginarne il funzionamento ☺ però è noto che in genere si trova ciò che si cerca e a LLR non cercano certo il vento d'etere né cercano prove contrarie ai postulati di Einstein! Più del calcolo continuamente migliorato dell'orbita, maggiormente mi convincerebbe un calcolo mirato: oggi so che la congiungente Luna-Terra è in linea con l'ipotetico vento d'etere, misuro col laser la distanza e poi calcolo la distanza che dovrebbe esserci fra 7 giorni tenuto conto della situazione e delle forze esistenti, fra 7 giorni misurerò e vedrò se ci sono discrepanze.

Pare però non facciano misure mirate, eppure c'è chi controlla la costanza quando è l'emittente che si muove <http://accelconf.web.cern.ch/Accelconf/rupac2012/papers/weppd009.pdf> (nonostante le stelle doppie di De Sitter siano assai convincenti) forse perché oggi un'osservazione è un successo quando conferma la Relatività? Vero che tutti i fisici dichiarano il contrario, ma saranno sinceri? Consideriamo l'etere: basta nominarlo per essere messi all'indice, ma tutti, a partire da Einstein, ne usano una variante. Smolin in "la rinascita del tempo" sostiene a pag. 231 che il *movimento* di una palla da tennis consiste nel salto delle sue particelle da un "atomo di spazio" all'altro e così farebbe pure la luce a pag. 227: questo non è etere?.

Comunque, anche prescindendo da un etere, se io accelero nei confronti di un emittente mi aspetterei di vedere mutare la velocità della luce che mi raggiunge: se questo non succede potrei pensare che il mio Tempo muta, ma muterebbe ugualmente sia se mi avvicino sia se mi allontano, resto quindi senza una spiegazione: ecco perché **sarebbe bello poter tagliare la testa al toro misurando c in una sola direzione.**

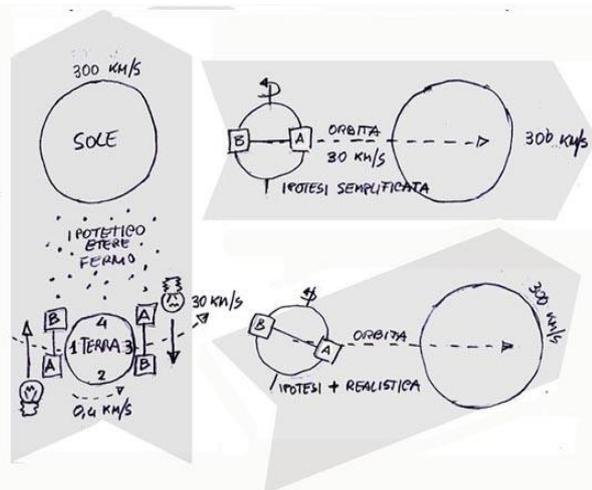
QUARTO METODO sicuramente troppo complicato:
 lo trascrivo solo in considerazione della fatica fatta a suo tempo per pensarci e scriverlo
 (magari qualcuno trova da divertircisi sopra)

Se non fosse che per effetti mareali di gravità (moto della Luna e del Sole) il tempo locale muta diversamente da luogo a luogo col passar del tempo (e gli orologi atomici lo rispettano) forse ci sarebbe un sistema che non prevede la sincronizzazione di due orologi.

Velocità della Terra rispetto a un ipotetico etere "fermo" in cui si ritiene che il Sole si stia muovendo a 300 km/s in una precisa direzione (vedi anisotropia da dipolo della radiazione di fondo originata dal Big Bang). Per il Lorentz ante-1905 tale moto, per effetti elettromagnetici sulle particelle, poteva essere causa di contrazioni nei regoli; inoltre le sue formule mostravano effetti del moto anche sul "tempo". Le trasformazioni, pur con diversa spiegazione fisica, restano valide anche in ambito relativistico e quindi lo schema sottostante sembra restare valido.

Certo la realtà non è bidimensionale e quindi le reali velocità relative dipendono dalle reciproche "inclinazioni" dei diversi movimenti (ma si rimanda a dopo una eventuale valutazione positiva dello schema più semplice)

A-B regolo con Oscillatore, Contatore, Memoria all'estremità un impulso luminoso (codificato) va da A a B



Considero l'ipotesi semplificata (in alto a destra): servirebbero due misurazioni, fatte entrambe quando il regolo A-B (due blocchi di cemento distanti 300m) si trova parallelo al moto di circa 300 km/s di tutto il sistema solare in quella certa direzione. Servirebbero due misure distanziate di 12 ore fatte però **quando anche l'asse Terra-Sole è allineato sia sulla direzione del moto di 300 km/s, sia nella direzione indicata dal regolo** (quindi per pochi giorni ogni 6 mesi e per qualche decina di minuti 2 volte al giorno). In questo modo il regolo si muoverà (rispetto all'ipotetico etere) ad una velocità simile (299,600 o 300,400 per effetto della velocità di rotazione della Terra di 0,4 km/s). Le **velocità sono opposte, ma ciò è irrilevante per le trasformazioni di Lorentz** mentre la differenza di 0,4+0,4 mi pare marginale: quindi direi si possa assumere che i "regoli", se mutano, restano comunque della stessa lunghezza, **quindi nessun "complotto di Poincaré"**.

E' però vero che OA e OB sono distanziati di 300 metri sul comune percorso dovuto alla rotazione terrestre. Poiché mi sto mettendo nei panni di un eterista che considera come *velocità* quella che risulta dal moto relativo orologio-etere (etere considerato fermo, cioè un riferimento assoluto) le trasformazioni di Lorentz opereranno (per lui) in tempi leggermente diversi: dovrei calcolarne le conseguenze, ma eccedono le mie capacità. Al momento (e solo per intuizione) mi sembra un fenomeno trascurabile (metto in fondo al testo un commento preceduto da ***come premessa alle considerazioni che forse andrebbero fatte).

Oltre agli oscillatori servono i contatori di oscillazioni CA e CB i quali, a comando, devono poter registrare il loro valore numerico nelle memorie permanenti MA e MB. Assumo che queste operazioni, normali per un dispositivo elettronico, siano tecnicamente fattibili in presenza di frequenze così elevate (**un altro scoglio da superare**). Ecco ora cosa propongo. Quando la Terra è posizionata come mostrato nell'immagine a sinistra (con tolleranza di qualche giorno attorno al punto ideale) e quando la rotazione terrestre porta AB nella **posizione 1** (con tolleranza diciamo di un'ora attorno al punto esatto):

a) dal punto A si lanci verso OA e OB un impulso luminoso (vedi schizzo lampadina) codificato in modo da far azzerare i contatori: ovviamente CA verrà azzerato all'istante mentre CB sarà azzerato in ritardo rispetto a CA il quale, nel frattempo, avrà contato un numero di oscillazioni pari al tempo di volo dell'impulso da A a B: diciamo siano 100 (tanto per esemplificare)

b) dopo una brevissima attesa, diciamo 500 oscillazioni a partire dal lancio precedente ...

c) ... si lanci, sempre dal punto A, un altro impulso codificato in modo da far trasferire i digit dei contatori nelle memorie corrispondenti: avremo allora 500 in MA (perché il tempo di volo dall'emittente al sensore in A è quasi nullo) e poi pure 500 in MB (400+100 del tempo di volo, 400 perché si era azzerato in ritardo di 100 oscillazioni=tempo di volo). Per verificare basta fare quattro passi per leggere i valori memorizzati così sfuggendo ai problemi normalmente connessi ai segnali di ritorno, **una *one way* pedestre :-)**

d) 12 ore dopo **rifare c)**: se grossomodo resta **MA=MB** il **"vento d'etere" non è presente perché non si vede quale *complotto* o doppia "way" potrebbe mascherarlo**. Se invece ci fossero differenze significative converrebbe eseguire una serie di misure ad intervalli e per alcuni giorni e potrebbe apparire l'effetto variabile del vento d'etere (e allora sarebbe la RR a doversi porre delle domande). Vero che i fisici ortodossi già dispongono di una montagna di prove che escludono questa possibilità, ma un controllo in più non guasta .

Ora veniamo al problema gravitazionale. A e B saranno piazzati entrambi sullo stesso parallelo (quindi avranno ugual velocità e sentiranno la stessa forza centrifuga), naturalmente si saranno lungamente rilevati i valori di gravità in A e in B regolandone l'altezza relativa in modo che la gravità sia il più possibile simile in modo che il **tempo locale in A e B** non muti troppo offuscando l'eventuale effetto cercato. Ciò nonostante **la costanza della gravità risulterà ugualmente insufficiente** a causa di fenomeni (dovuti soprattutto al moto della Luna e del Sole) che sono intensi, variabili e imprevedibili ("tidal effects" in "<http://www.geol-amu.org/notes/m10-1-1.htm>). Quindi la gravità nello stesso istante può essere diversa fra A e B e soprattutto variare nelle 12 ore ed anche variare diversamente nel tempo fra A e B. Perciò il test proposto richiede una correzione nell'accumulo dei tictac dei contatori. Per farlo bisognerebbe innanzitutto avere una tabella che per ogni possibile valore di g indichi la correzione da fare per riportare tutti gli accumuli al valore che si sarebbe avuto con una g predefinita (**ovviamente presumendo che la precisione degli attuali gravimetri sia adeguata**). Ecco come m'immagino si possa fare (valori di fantasia):

- 100.000.000 oscillazioni a 10g siano l'unità di misura per la calibrazione richiesta
- mi posiziono a metà strada fra A e B (per mediare eventuali differenze fra A e B)
- piazco l'orologio A a metà di un grattacielo dove g oscilla attorno a 10, un grattacielo così alto che se a metà ho 10g, in cantina ho 10,3 e in solaio 9,7 (posto che questo sia l'intervallo di g da correggere)
- in un certo momento 10 g può però essere a qualsiasi piano (tidal effects)
- perciò con un altro orologio (B) vado su e giù per le scale fino a che non trovo 10g
- da quel piano lancio da B ad A due impulsi distanziati di 100.000.000 oscillazioni di B (che è a 10g!) A memorizzerà il valore del suo contatore all'arrivo del primo impulso, e quando arriva il secondo impulso memorizzerà la differenza dei due valori del contatore e poniamo sia 103.000.000; verrà inoltre memorizzato il valore di un gravimetro accoppiato ad A e supponiamo sia 9,8
- vado da A e mi annoto che a 9,8g ho avuto un aumento della frequenza del 3% (rispetto a 10g)
- di queste operazioni ne farò in abbondanza per mediare sui valori di g che m'interessano (ad es. 9,7 9,8 9,9 10 10,1 10,2 10,3)

Ed ecco ora come userei la tabella per rendere i miei orologi calibrati a 10g e utilizzabili in A e B da 9,7 a 10,3g (sempre senza possibilità di poterli *mettere in punto* a distanza). Si tenga presente che nel link dei "tidal effects" si constata che le variazioni di gravità sono lente e che un certo valore si mantiene per alcuni minuti . Comincio la costruzione della tabella:

- rilevo la gravità e dalla tabella ricavo la % di correzione
- risulti da togliere il 3%
- allora, raggiunti 100 tictac reali, ne tolgo 3 fino a che non faccio una nuova rilevazione di g
- dopo 5 minuti (ad es.) una nuova misura di g + tabella mi dice di aggiungere il 2%?
- bene, raggiunti 98 tictac reali ne aggiungo altri 2 d'ufficio e ciò per tutti i 5 minuti
- eccetera eccetera

C'è qualcosa di sbagliato? Forse che la tabella non è valida a 150m dal punto di costruzione e ad ogni ora del giorno? Magari è impossibile correggere il conteggio dei contatori così frequentemente come indicato per insufficiente velocità dei dispositivi elettronici deputati? In tal caso il discorso si chiude qua anche se tutte le altre rogne fossero state superate.

Altrimenti c'è da affrontare la questione della **situazione reale**, cioè quella tridimensionale. Questa, per poter contare sull'intero moto dei 300km/s, richiederebbe di poter **brandeggiare l'asse A--B**, ma questo è un grave problema meccanico inoltre avere A e B a livelli diversi comporta fortissime variazioni di gravità e quindi la precedente procedura di calibrazione degli orologi introdurrebbe pesanti approssimazioni. Mi pare converrebbe rinunciarci, il che vuol dire che i 300+300 si ridurrebbero a 200+200 o 100+100 o... (bisogna fare i conti) però sono forse ancora sufficienti per il test immaginato.

*****Un altro possibile problema** (che a me parrebbe irrilevante e qui solo accennato) riguarda la **distanza fra A e B** che sfalsa temporalmente il transito di A da B nell'etere rispetto alla direzione del moto. Note:

-1/4 di circonferenza terrestre = circa 10.000.000 metri

-supponiamo di collocare B all'equatore e sul diametro che va dalla posizione 1 alla 3 in modo che i suoi tratti 1-2 e 2-3 siano di 10.00.000m (con una distanza di 300m A avrà due tratti di 9.999.700 e 10.000.300 m da percorrere una volta in favore e l'altra in sfavore di corrente e B viceversa).

-trascuro la velocità nell'orbita (30 km/s) perché nelle 12 ore è praticamente sempre a 90°

-la velocità di rotazione (0,4 km/s) in favore o a sfavore del vento d'etere è massima nelle posizioni 1 e 3, a zero in posizione 2: perciò assumo che in media valga 200 m/s quindi

- nel tratto 1-2 si va controvento a 299.800 m/s

- nel tratto 2-3 si va in favore di vento a 300.200 m/s

- valori del fattore $\text{radq}(1-v^2/c^2)$: per

$v=299800$ vale 0,999.999.500.666.319.8

$v=300000$ vale 0,999.999.499.999.875.0 dimin. di 0,000.000.000.666.444.777

$v=300200$ vale 0,999.999.499.332.985.8 dimin. di 0,000.000.000.666.889.272 ma a favore di vento

Cosa comporta la sfasatura di A sul sincronismo del ritmo di OA e OB? Sembrerebbe un effetto assai modesto (anche se protratto per 12 ore). Comunque non saprei come calcolarlo, ma provo a ragionare per assurdo: un vero *complotto*dovrebbe funzionare perfettamente in tutte le situazioni (così succede per la contrazione dei regoli descritta dalle trasformazioni) invece in questo caso il risultato dipende dalla velocità della rotazione terrestre e sarebbe *un bel caso* se si accumulasse esattamente quanto serve per generare il *complotto*.

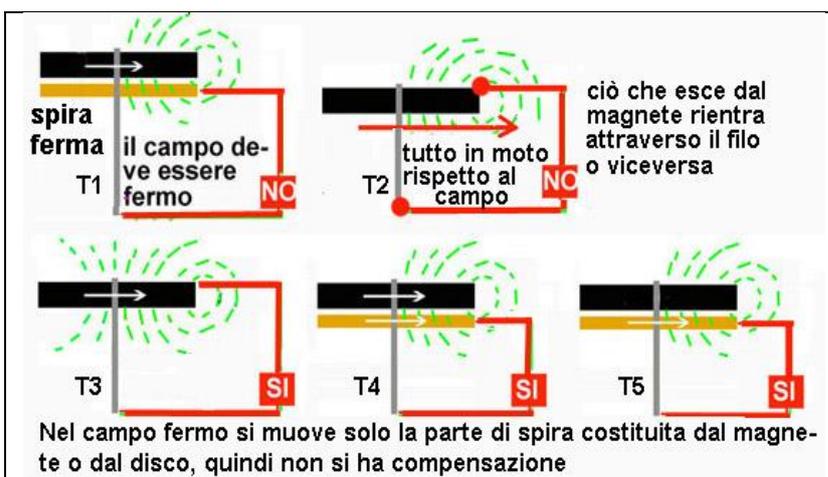
7-Omopolari

Per chi non conoscesse già questi oggetti <https://www.youtube.com/watch?v=lrr7eZKLAvY> oppure si veda alla pagina seguente l'articolo illustrato della SISSA (ne è autore il prof. Pegna di Sassari)

Visti i test, mi pare giusto concordare con Faraday sul fatto che **il campo magnetico di questi oggetti è fermo**. Se è vero che il campo è un flusso di fotoni (così dicono i quantisti) io me lo immagino come il getto di un tubo per innaffiare: se sposto il tubo il getto segue ovviamente il movimento ma l'acqua già uscita non si sposta. Vero che i fotoni del campo rientrano nel polo opposto ed è vero che se il polo opposto si sposta si sposteranno anche i singoli fotoni che stanno rientrando, ma se il moto del magnete rotondo è di semplice rotazione, il polo opposto non si sposta e questo non modificherà la traiettoria di ritorno del flusso di fotoni costituente il campo: è questo che mi pare renda lecito considerare fermo il campo e/o i suoi *fotoni*.

Sintetizzo la spiegazione più convincente ricevuta da terzi per le configurazioni più significative. In nero il magnete, il disco è giallo, una freccia indica che cosa è in rotazione, i contatti strisciano (a meno che non ci sia un pallino) lo strumento che segnala la tensione è rosso (SI-NO). I vari casi non contrastano fra loro se si assume che il campo magnetico resta fermo (test T1), questo nonostante il moto del magnete e considerando che la forza di Lorentz agisce solo nei tratti della spira in moto rispetto al campo.

Per spira si intende il circuito costituito dal filo (rosso) e dalle sezioni del perno e del disco (oppure del magnete qualora il contatto avvenga con esso). Il campo è ovviamente una specie di *manicotto* (verde) attorno al magnete circolare, ma del disco e del suo *manicotto* considero solo una sezione complanare con la spira. Se ad es. il filo fosse di 1mm di diametro, assumo un fettina di 1mm del disco e/o del magnete e considero solo le linee del campo che attraversano questa spira spessa 1mm. Vero che il campo agisce sull'intero disco (o magnete) facenti parte del circuito (come se nella spira ci fosse un pezzo di filo di grande sezione) ma in termini di tensione (volt) ciò non ha importanza (la tensione di una spira non muta con la sezione del suo filo).



Ciò precisato risulta possibile ragionare in termini di taglio delle linee del campo: se il numero delle linee in entrata eguaglia quelle in uscita la tensione sarà nulla. Nel test T2 si muove l'intera spira perciò tutte le linee che entrano pure escono, perciò la tensione sarà nulla. Nei test T3 T4 T5 solo il magnete (o il disco) si muove nel campo e genera tensione che non è compensata dal resto del circuito (fermo rispetto al campo).

Nulla cambierebbe nei casi T3 T4 T5 se invece del disco o del magnete fosse il circuito a ruotare (a conferma si vedano i miei test **A** e **B** inseriti nell'articolo della SISSA).

In questi dispositivi opera certamente la forza di Lorentz mentre la **“variazione di flusso”** della Legge di Faraday (che può essere sempre utilizzata come derivazione matematica) appare a molti fisicamente problematica (vedi articolo SISSA) e a mio parere **non concepibile almeno in questi miei ultimi test**:



Poiché la tensione non cambia se i contatti disegnano una spira più o meno grande, mi pare evidente che opera solo la forza di Lorentz. In questi casi, tale forza riesce a muovere gli elettroni solo nella parte di disco evidenziata in blu (negli schemi in alto) grazie alla circuitazione creata coi fili rossi e con lo strumento.

A questo punto il mio scopo è raggiunto (trovare casi in cui la “duplice spiegazione” di Feynman non è indispensabile, tuttavia riporto a seguire materiale di terzi ed altre mie precedenti considerazioni (anche quelle sbagliate) questo perché qualche perplessità mi resta.

Parte di questi esperimenti sono mostrati nel video https://pegna.vialattea.net/11NonVariaz_Flusso.htm in cui **l'autore sembra decisamente propendere per la forza di Lorentz escludendo la variazione del flusso (legge di Faraday)** mentre in questo articolo l'autore sembra più titubante.

I miei commenti sono spostati a destra e non sono in corsivo, le numerazioni **a) b) ...** sono mie

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: $u = \omega R^2 B m$

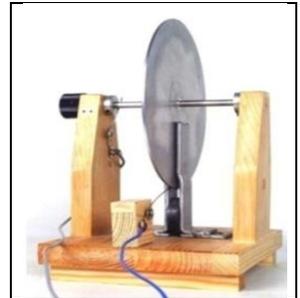


Figura 1. Il disco di Faraday. Sono visibili: in basso il magnete, il contatto sull'asse e l'altro contatto alla periferia del disco, in mezzo alle espansioni polari.

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

Nella figura 2 seguente è riportato un disco di Faraday in una configurazione leggermente differente. Il magnete è ora di forma anulare, 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)... 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 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.**

Test miei: A e C mostrano il comportamento unipolare del magnete anulare (qui descritto a pag. 40 test P2) anche senza la presenza del disco. Avevo giudicato **B** in contrasto con l'ipotesi campo fermo non considerando la compensazione di tensioni descritta in riferimento a T2: **mio errore**

ANELLO FERRO 25X5 mm
 RICOPRE MOSAICO
 MAGNETI 40x20x10
 circa 250 rpm
 circa 15 m.volt

CONTATTI

Magnete anulare ricoperto da anello di ferro in rotazione: tensione dai bordi come un omopolare versione magnete e disco solidali

il segnale era molto disturbato

magnetini

anello ferro

facendo girare i contatti sui bordi o facendo girare il disco a circa 50 rpm (per evitare disturbi momentanei) si osservano circa 4 mV

se l'anello gira trascinato dai contatti: 0 mV nessuna variazione stringendo, allargando, intrecciando i fili: fenomeno SIMMETRICO

Tester fissato al magnete anulare in rotazione, nessuna tensione prelevata dai bordi. Se, come diceva Faraday il segnale fosse indipendente dal magnete, allora il disco di ferro sopra ai magneti si sarebbe mosso nel campo e avrebbe dovuto dare tensione

come test C coi contatti trascinati dall'anello in rotazione

Ma rispetto a quale sistema di riferimento esse restano fisse?

A questa domanda amletica l'autore risponderà in modo che a me non pare chiaro (vedi dopo). Aggiungo che eseguendo il test **C** mi sono domandato se la causa della tensione non potesse

dipendere dal moto della Terra e/o del suo campo magnetico? Direi di no perché ho ruotato di 90° l'apparato del test **C** e l'ho anche inclinato di 45°, ma l'intensità non è cambiata (avevo migliorato l'aggeggio per poter crescere di giri arrivando sui 15 mV mentre prima ero sui 2-3 mV).

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.

Dato che in **b)** dice che non c'è tensione perché il campo è visto fermo dal disco fermo, a me parrebbe che l'autore dovrebbe dire che ora il disco si muove in un campo fermo. Non capisco pertanto lo stupore dell'autore.

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.

Se si immaginano le linee di flusso come originate nel magnete, allora esse dovrebbero restare ferme nel riferimento del magnete.

Ferme nel riferimento del magnete mi pare significhi che chi vede il magnete muoversi vede anche il suo campo in moto. Se così fosse allora l'opinione dell'autore non coincide con quella da me prima recepita e che consente di sciogliere i dubbi su questi fenomeni: **pertanto non capisco.**

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.

A questo punto parrebbe che l'autore affermi di non comprendere il fenomeno. Poi sembra estrarre il coniglio dal cilindro.

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

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 $v = \omega r$ e vede il campo di induzione \mathbf{B} a essa perpendicolare, è soggetta ad una forza F , la forza di Lorentz [3], perpendicolare a \mathbf{B} e a v , data da:

$F = q \mathbf{v} \times \mathbf{B}$ (\times : simbolo di prodotto vettoriale) di modulo $F = q v B$.

La matematica non fa per me e mi fido ciecamente, tuttavia la descrizione fisica di cosa succederebbe sembra chiara: un elettrone in moto rispetto a \mathbf{B} sente una "spinta" ortogonale al suo moto.

Fig.3 La forza di Lorentz si esercita su una carica q che si muove con velocità v in un campo di induzione \mathbf{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:

$$u = E dr = (F/q) dr = v B dr = \omega r B dr \quad (3)$$

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

$$u_{\text{tot}} = \omega R^2 B$$

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 \mathbf{B} e che la carica q abbia una velocità v perpendicolare a \mathbf{B} .

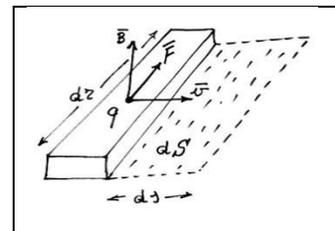
Notiamo ancora: il penultimo termine della (3) può essere scritto:

$$u = v B dr = (ds/dt) B dr = d\Phi/dt$$

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.**

Sembra voler dire che se dall'espressione matematica della forza di Lorentz se ne deduce la matematica della legge di Faraday, allora siamo ancora in presenza del modello variazione di flusso. Poi scrive "ma il presente contesto ce lo impedisce": devo dedurne che ho capito male? Però questo contrasterebbe con la premessa che "il paradosso può essere sciolto con una analisi microscopica dei fenomeni". **Come devo intendere?** Forse l'autore ha volutamente lasciato le cose nel vago? Capisco che $ds \cdot dr = dS$ è un'area e che 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.

d) Vi è un'ultima domanda, ancora più interessante. Cosa succede se il contatto alla periferia del disco ruota con esso? 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... **non si ha forza elettromotrice.**



Se si sposa la tesi di campo fermo come a pag. 34 la spiegazione è la stessa data per T2: tutte le linee che entrano (od escono) dal magnete o dal disco, escono (o rientrano) attraverso il filo discendente (posto che il disco inferiore sia troppo lontano per esserne influenzato). Ovviamente le linee che interessano il disco o il magnete sono molte di più di quelle che interessano il filo discendente, ma valgono al riguardo le stesse considerazioni fatte a pag.34. (Ho a lungo erroneamente interpretato questo caso risoltosi con la spiegazione ricevuta da terzi ed esposta in apertura)



aggiungo un ulteriore caso segnalatomi direttamente che corrisponde al mio test C in cui disco+magnete sono fermi mentre il contatto striscia in presenza di campo magnetico.

e) Tenendo fermo il disco superiore e facendo strisciare il contatto 1 con il ruotare il disco inferiore, si ha f.e.m. esattamente uguale a quando si tiene fermo il disco inferiore (contatto alla periferia fisso) e si ruota il disco superiore.



- rotazione disco inferiore: la situazione sembra inversa ai casi T3-4-5: dipende dalla parte di linguetta che si muove nel campo fermo generando tensione non compensata dal tratto di circuito annidato nel disco perché questo è fermo.

- rotazione disco superiore: come nei casi T3-4-5

- come mai l'intensità non cambierebbe nei due casi? ... ripensarci

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. ... (trascuro il resto che però è reperibile dal link) 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".

Sembra quindi che l'autore trovi la soluzione del problema nella Relatività stessa. Perciò mi ritrovo qui con lo stesso problema che avevo con l'induzione magnete-spira nella Relatività <https://digilander.libero.it/gino333/induzione5.pdf> <http://digilander.libero.it/gino333/induzione5.docx>

* * *

ipotesi "variazione del flusso" un'eccezione in http://www.fisicamente.net/FISICA_2/Faradayparadox.pdf dove si leggeva (ora non è più presente) che "Il Paradosso di Faraday nasce da una erronea scelta del Sistema a cui riferire i vari moti. L'intero apparato di prova non si compone di disco conduttore e magnete, bensì da disco, magnete, contatti striscianti ed amperometro. Ed è esattamente il Sistema di Riferimento "amperometro", rigidamente connesso al "mondo esterno", il sistema a cui debbono essere riferiti i vari moti" Confesso di non aver capito le considerazioni dell'autore, perché solo nei casi T1 e T2 di pag.34 abbiamo lo strumento rigidamente connesso alla spira.

Poi a pag. 6 del link si legge(va) che la spira si può immaginare costituita dai fili dello strumento di misura + il materiale del disco che va da un contatto all'altro. Questo corrisponde a quanto detto a pag. 34 dove si assume che una parte della spira sia costituita da una sezione del disco o del magnete, ma là si ragionava in termini di f.d.L., di linee entranti uguali a quelle uscenti. Qui invece si ragiona in termini "fisici" di variazione di flusso, quindi la cosa mi ha lasciato perplesso, possibile che pure Feynman sia cascato in un tranello?.

Perciò ho preparato una spira di 20 cm di diametro e l'ho collegata a un oscilloscopio (settato 2 mV): il moto di un magnetino N35 20x20x10mm vicino al filo genera segnali visibili che scompaiono posizionandosi al centro. Se si interrompe la spira e se si inserisce un quadrato di ottone 15x15 cm (nel quale posso immaginare presente una linea congiungente il filo interrotto) vedo che il moto del magnetino al centro del quadrato non genera segnali. Usando un magnete più grosso vedo qualcosa sia stando al centro della spira sia al centro del foglio di ottone, ma sono segnali modestissimi (immagino che in tal caso un po' di campo arrivi al filo o al bordo del quadrato). Perciò credo sia poco prudente immaginare fili nascosti in lastre bidimensionali.

Altri autori interessante <https://digilander.libero.it/bubblegate/weird1.html> e soprattutto <https://digilander.libero.it/bubblegate/weird2.html> dove si vedono apparati simili agli omopolari ma senza la presenza di magneti. L'autore dice che nonostante tutti i suoi test resta confuso e che non esiste una spiegazione matematica dei fenomeni. https://it.wikipedia.org/wiki/Effetto_triboelettrico (citato dall'autore) fa pensare alla elettrostatica. Risulterebbero però solo millesimi di watt ed ampere mentre altri parlano di milioni di ampere Cercare "The Big Machine" giant homopolar generator for AU physics research ricordo aver visto, non so dove, apparato gigantesco)

Aggiungo altre considerazioni e altri miei test che **non** ritengo ancora superati da quanto già riferito.

Mi resta il sospetto che la tensione possa dipendere dallo strisciamento di uno o più contatti in zone dove l'intensità o l'inclinazione del campo magnetico è diversa, ma al momento non ho trovato nulla di conclusivo.

Il test D nella seguente tavola è un esempio dell'origine delle mie perplessità



Vero che fra i due punti di contatto posso immaginare una linea congiungente i cui elettroni si muovono in un campo magnetico, ma questo sarebbe vero anche se facessi strisciare i contatti sullo stesso bordo (grazie al fatto che sono distanziati lungo la circonferenza **provare meglio**)

Questa tabella considerava le 12 combinazioni possibili dei test finora mostrati e dimostrava che la tensione compare solo in presenza di contatti striscianti; ora posso aggiungere che il contatto strisciante richiede anche la presenza del campo magnetico

In rosso l'identificazione dei test (quelli tratti dalla SISSA sono contrassegnati con lettera minuscola).

Codici: **SI NO** per la tensione

m magnete fermo, **M** in movimento

d disco fermo, **D** in movimento (il disco può non essere presente e allora il contatto è sul magnete)

F contatti fissi, **S** striscianti (nei test SISSA considero solo il contatto col disco).

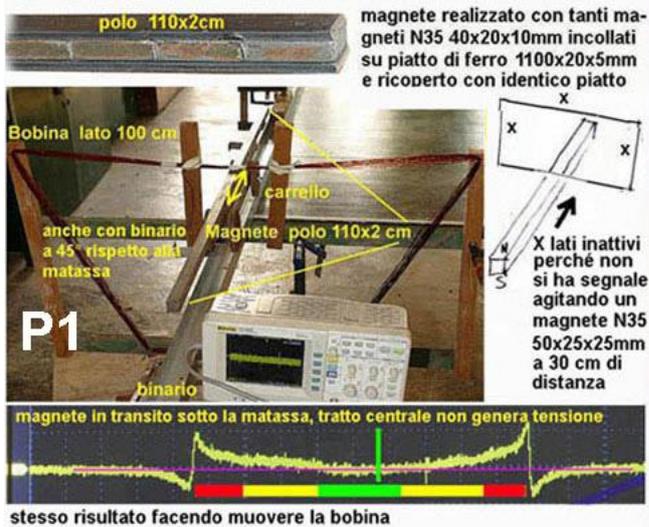
- 1-SI M S **A** contatti striscianti sui bordi dell'anello
- 2-NO M F **B** tester fissato al magnete (o **C** con i contatti che trascinano M, quindi non strisciano)
- 3-SI m S **C** i contatti girano attorno al magnete tenuto fermo (evidenziato perché importante).
- 4-NO m F **C** tutto fermo (sarebbe inutile citarlo, l'ho messo solo per completare la serie)
- 5-SI md S **e)** (oppure come 3 assumendo la piastra sui magneti come fosse il disco)
- 6-NO md F **A** tutto fermo c'è solo il moto del Terra, di un treno ecc (inutile, solo per completezza)
- 7-SI mD S **a)** si muove il disco (quindi un contatto striscia)
- 8- ? mD F non possibile per me (e la SISSA non lo ha provato): **a buon senso direi NO**
- 9-SI Md S come 1 dovendo far strisciare un contatto sul magnete (la SISSA non lo ha provato)
- 10-NO Md F **b)**
- 11-SI MD S **c)** (oppure come 1)
- 12-NO MD F **d)** (oppure come 2, è l'ipotesi di far ruotare il tutto solidalmente unito)

Abbiamo tensione (SI) se i contatti sono striscianti (1 3 5 7 9 11) e questa sembrerebbe condizione necessaria e sufficiente perché nel 3 e 5 c'è tensione anche se è certo che non c'è moto relativo fra campo ed elettroni del disco

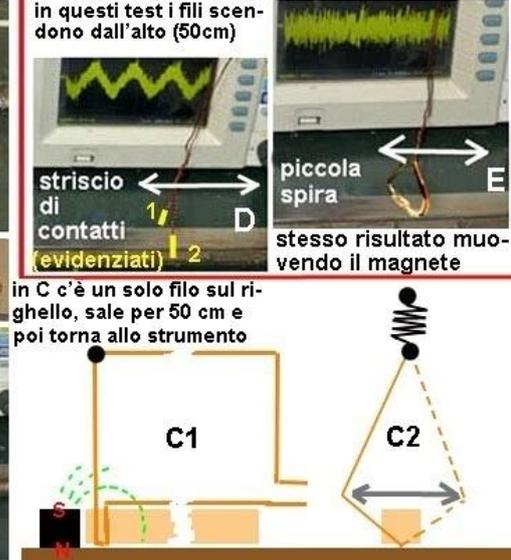
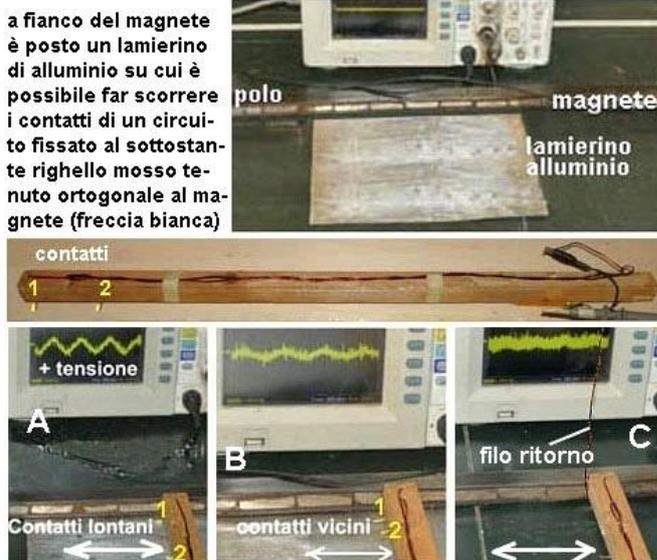
Quindi sembrerebbe proprio che basti "strisciare" i contatti (o un contatto) per avere tensione (ma, a posteriori, anche presenza di campo magnetico)

Seguono altri test più semplici eseguiti sperando che consentissero una più facile spiegazione e che invece hanno portato ad un vicolo cieco.

Test propedeutici: P1 descrive il magnete usato per i test successivi: nella zona mediana il campo non produce effetti avvertibili (la bobina è di 30 spire mentre nei test che seguiranno la spira è singola). P2 è una conferma indiretta della qualità di un magnete costruito in questo modo anomalo. Si noti che nei test ho ottenuto gli stessi risultati con un magnete lungo solo 40 cm, quindi assai più disturbante (perciò eventuali verificatori non dovrebbero avere problemi di attrezzatura).



Questi sono i test veri e propri



Nei test A B C un righello di legno tenuto ortogonale ed aderente al magnete viene mosso avanti e indietro (10-20cm, come indicato dalla freccia bianca).

I test A B sono simmetrici agli omopolari, al posto del disco c'è un lamierino sempre fermo investito dal campo costante del lungo magnete, Ovviamente l'intensità del campo diminuisce allontanandosi dal magnete fino a sparire.

Nei test A B due contatti (1-2) sporgenti dal righello strisciano sul lamierino cortocircuitando i fili che portano alla sonda dell'oscilloscopio. L'unica *spira* è costituita dal filo che sta sopra i contatti 1 e 2, dai brevi tratti che attraversano il legno diventando contatti e da un tratto del lamierino. Nel resto del tragitto i fili sono arrotolati assieme e quindi non possono generare variazione di flusso e pure l'eventuale forza di Lorentz viene compensata poiché un filo va e l'altro viene.

Il test D mostra che anche la sola diversa inclinazione del campo è in grado di generare il fenomeno.

Nel test C il lamierino non c'è, il filo che porta al contatto 2 non è utilizzato e dal contatto 1 viene tirato in verticale un filo per 50 cm che poi prosegue per arrivare alla sonda. Questo filo viene teso quanto basta per consentire le oscillazioni indicate dalla freccia bianca (C1).

In A B abbiamo un lamierino sempre fermo che sostituisce il disco, immerso in un campo magnetico costante ma *digradante* e i contatti sono sempre striscianti. Il contatto 2 (posto in un campo di minore intensità rispetto a 1) può essere assimilato al contatto sul perno degli omopolari normali. L'osservazione degli omopolari normali dice che la **generazione di tensione avviene solo in presenza di almeno un contatto strisciante e in presenza di campo magnetico**, lo stesso succede con questi dispositivi

A e B suggeriscono sia in opera la forza di Lorentz: difatti il filo sopra il righello e fra i contatti 1-2 si muove nel campo, subisce la f.d.L mentre il tratto sottostante nel lamierino è fermo e quindi non genera una tensione che contrasterebbe con quella generata nel pezzo di filo soprastante (questo vale anche per D dove il lamierino è sostituito dallo stesso magnete)..

- In B il contatti 1-2 sono più vicini e la minor tensione generata è giustificata dal minor tratto di filo.
- Ovvio che se il movimento viene eseguito allontanandosi dal magnete la tensione diminuisca fino a sparire.
- E' presente una piccola spira (che si potrebbe appiattire fin quasi a sparire) ma poiché essa si muove in un campo dove la variazione di flusso è minima (si vedano i test P1 ed E dove i due contatti sono uniti e formano una piccola spira che non striscia sul polo magnetico) non dovrebbe generare tensione avvertibile e quindi si conferma che negli omopolari **f.d.L. e variazione di flusso NON viaggiano in coppia.**

Il caso C potrebbe mettere dei dubbi sulla f.d.L: qui il filo sottoposto a f.d.L è ancora presente (anzi è più lungo) eppure si nota solo un modestissimo segnale, ma il fatto può essere attribuito a compensazioni lungo il circuito come nel test T2. Tali compensazioni sarebbero fra il filo sul righello e il filo che va in verticale (il resto è troppo lontano).

Però cercando di separare gli effetti nei due fili pare che in essi le tensioni siano minime, più basse di quelle osservate in A. Se si tiene fermo il righello e se il lungo filo verticale (fissato in alto) viene mosso variamente ed anche violentemente (C2), si ha solo un modestissimo segnale (forse dovuto a una minima variazione di flusso. Pertanto anche nel filo sul righello si dovrebbe avere un effetto analogo (di segno opposto, vedi tratteggio verde in C1). **Questo mi ha fatto venire il sospetto che un altro fenomeno più intenso ed inusuale potesse essere la causa della tensione osservata in A, B e D.** Un fenomeno causato dallo strisciamento dei contatti su di un conduttore e in presenza di un campo magnetico diverso nei due punti di contatto. **Il sospetto però non è stato confermato. Riferisco il lavoro fatto, magari potrebbe essere d'ispirazione per qualcuno che volesse approfondire** (o anche solo per il divertimento dell'eventuale lettore esperto).

Poiché le tensioni in gioco erano molto basse (in A circa 2 mV) poteva essere un problema di disturbi. Pertanto ho rifatto i test C1 e C2 usando una bobina di 40 spire. Con questa bobina il test A non si può ovviamente eseguire, però si possono estrapolare $2 \times 40 = 80 \text{ mV}$. Eseguendo il test C1 con questa bobina ho avuto onde che raggiungono i 20mV (dovrebbero essere disturbi per variazioni di flusso involontarie) mentre il C2 arriva sui 40 mV (giustificabili dalla maggiore precarietà del test).

Restava quindi un modestissimo margine per pensare a qualcosa di insolito, tuttavia calcolando (spannometricamente) **la tensione generata dalla f.d.L. nel tratto di filo attivo nel test A, essa risulta prossima a quella osservata, il che porta ad escludere la presenza di fenomeni addizionali.** A questo si aggiunge il fatto che l'unica spiegazione concepita portava a contraddizioni con ciò che si osserva.

In un primo momento avevo ipotizzato che:

- il campo mette in uno *stato* particolare gli elettroni: tanto più intenso quanto più il campo è intenso
- questa differenza di *stato* fra i punti del lamierino non viene però compensata da *correnti*
- questo perché non c'è nulla che possa modificare l'equilibrio imposto dal campo punto per punto
- se però un circuito collega direttamente due punti in diverso *stato*, una corrente livella la situazione
- questo livellamento è istantaneo, quindi non avvertibile dagli strumenti normalmente usati
- se però un contatto o entrambi *scorrono* sul lamierino, la *corrente* si rinnova continuamente
- quando i contatti cambiano di posto una corrente di ritorno ripristina gli *stati* nel lamierino
- perciò un nuovo passaggio dei contatti genererà nuovamente corrente

Aggiungo che il test A è stato fatto anche con un contatto "rotante" in 1 e non è cambiato nulla. Pertanto la causa non sta nella "strisciatura" in sé (che potrebbe far pensare all'elettrostatica). Inoltre la rotella usata è stata sostituita anche con una rotella dentellata (in modo che il contatto col lamierino non fosse *continuo* ma per passi distanziati. Pur nell'imprecisione del movimento manuale, l'intensità del segnale non sembra diminuire, quasi che ad ogni nuovo passo venga comunque raccolto ciò che il passo ha saltato; a conferma, allungando la traccia dell'oscilloscopio si osserva una specie di *armonica* nell'onda, cosa che fa pensare a piccole correnti locali che si radunano (o si disperdono) ove si appoggia via via ogni dente.

Ma c'erano 2 problemi:

- anche gli elettroni del filo che collega i due punti di strisciatura sentono il campo, perché consentirebbero il transito di una corrente se ciò è impedito a quelli che stanno nel lamierino sotto di loro?
- come mai invertendo la direzione del moto il segno s'inverte? Se in **1** lo *stato* è più intenso che in **2** la corrente dovrebbe sempre mantenere la stessa direzione. Forse dipende dal fatto che anche la diversa *inclinazione* del campo ha effetto unipolare (vedi il test D). Forse allora si può immaginare che i contatti sul lamierino che procedono in una direzione e vedono il campo inclinato diciamo a destra, tornando indietro forse lo vedono inclinato a sinistra, ma bisognerebbe che i contatti fossero ometti che tornando indietro fanno dietrofront ☺.

Il magnete lineare usato fornisce certamente un campo costante nel tratto centrale. Come prima accennato, ho ottenuto gli stessi risultati con un magnete raffazzonato e lungo solo 40 cm, il campo sarà stato solo modestamente costante ma sufficientemente costante per non indurre disturbi per variazioni di flusso indesiderate. Se così non fosse, il test C avrebbe evidenziato problemi. Questo ad uso di chi volesse ripetere le esperienze. Il magnete anulare è realizzato con gli stessi criteri (però è più comodo procurarsi il magnete di un grosso altoparlante).