

<https://digilander.libero.it/gino333/induzione7.pdf>

<http://digilander.libero.it/gino333/induzione7.docx>

Chi riesce a dire con venti parole ciò che può essere detto in dieci è capace pure di tutte le altre cattiverie (G. Carducci)

Antefatto Quando chiesi lumi un professore di fisica egli mi scrisse: “Se per ‘come’, intendi ‘il meccanismo sottostante’, tranquillizzati, **non lo sa nessuno**, e meglio uno conosce il fenomeno **meno gli interessa**. Se intendi invece ‘seguendo quale legge quantitativa’, tranquillizzati egualmente: le relazioni che legano fra loro le grandezze EM e le loro variazioni sono ben note. Il calcolo, nei casi reali, è complesso ‘solo’ perché richiede una gran quantità di operazioni aritmetiche”. Strana questa mancanza d’interesse, mi ricorda la favola della volpe e dell’uva. Comunque nelle teorie correnti (classiche) scompaiono aspetti “fisici” come l’area della spira, il campo elettrico (presente solo se si muove il magnete) e un’onda elettromagnetica sui quali si può indagare e ragionare. Qualora si identificasse un ipotetico meccanismo alternativo, magari questo potrebbe essere compatibile con la matematica corrente. Ad esempio: io ora sono convinto che l’area della spira è irrilevante e che l’interazione avviene nei dintorni del filo della spira, tuttavia l’area della spira approssima l’area dove a mio parere avviene l’effettiva interazione e questo potrebbe rendere le formule correnti compatibili anche col modello alternativo (a meno che la precisione delle previsioni e delle misurazioni siano in grado di discriminare fra le ipotesi).

Riassunto Se in ognuna delle mie mani racchiudo un magnete tenendoli orientati in opposizione e poi avvicino le mani, una “forza” si oppone alla mia volontà. Se lascio ruotare i magneti nel cavo delle due mani, essi si orientano in modo che la forza diventi attrattiva. Quindi la forza è una sola e circola attorno al magnete. La forza che agisce sulle mie due mani è presente anche se **non muovo** le mani, quindi **anche in assenza di un campo magnetico variante** e quindi **in assenza del campo elettrico**: questo campo elettrico compare se muovo le mani? Non credo. Si tratta perciò di un’interazione fra due campi magnetici. Sarebbe una “azione a distanza” come penserebbe Ampere? No, Faraday direbbe che **l’interazione avviene tramite le linee dei due campi magnetici**: la forza **retroagisce sugli elettroni**, di conseguenza sui due magneti e poi sulle due mani che li trattengono.

Fra un magnete e una spira chiusa si osserva che muovendo un magnete dentro e fuori da una grandissima spira, il risultato dipende **solo dalla distanza dal filo** (cap.2 e test T4-5 appendice.7)) non dall’area della spira e questo mette dei dubbi sulle teorie correnti. Questo ed altre osservazioni mi hanno portato a pensare che il **“meccanismo”** dell’induzione potrebbe essere simile a quello che interessa i due magneti in opposizione, cioè il campo del magnete (in movimento relativo) potrebbe “spingere” il campo degli elettroni nel filo i quali, essendo a loro volta “spinti” dal loro campo, si metterebbero a “correre” perché liberi di muoversi. Certo se essi fossero completamente “disordinati” non si avrebbe “corrente” (cioè un moto prevalente in una certa direzione) quindi dovrebbe esserci un **minimo d’ordine** nella moltitudine degli elettroni (come nei “domini di Weiss”) e questo ancor prima che il moto relativo cominci. Io ipotizzo che questo minimo ordine sia presente a causa della sola presenza del magnete, questo perché anche i materiali diamagnetici ruotano (pur debolissimamente) fra poli di un magnete, quindi subiscono “spinte” e mi par logico che siano loro trasmesse dagli elettroni. Poi una corrente genera magnetismo nella bobina il che vuol dire che **l’ordine degli elettroni nella bobina è aumentato**, ma questo miglioramento aumenterà il numero degli elettroni che verranno “spinti” a correre nella direzione preferenziale (vedi cap.3). Avremo cioè una **iterazione** del fenomeno che porterà la corrente a raggiungere in breve tempo il livello consentito dal dispositivo e dall’energia fornita. In altri termini non ho bisogno d’immaginare una fantomatica f.e.m. e non considero l’**autoinduzione** come una conseguenza dell’induzione, ma **l’essenza stessa del fenomeno**: il “ritardo” dipenderebbe solo dal fatto che serve un po’ di tempo per mettere in un ordine opportuno il massimo degli elettroni della bobina in modo che il loro moto sia concorde. Lo stesso meccanismo ben si adatta ai **Trasformatori** (dove la forza di Lorentz non è applicabile). Anche negli **Omopolarì** uno stato particolare degli elettroni in presenza di un campo magnetico (anche se relativamente fermo) consente una spiegazione del loro funzionamento evitando il problema della non evidenza di una variazione del flusso magnetico e persino certe perplessità sulla Forza di Lorentz. Addirittura ci sono due casi che sembrano proprio richiedere lo “stato” degli elettroni che si è prima immaginato per gli alternatori, uno dei quali escluderebbe addirittura la Forza di Lorentz. Si noti che l’innesco del fenomeno potrebbe essere l’**infinito “stato elettrotonico”** di Faraday. Certo Faraday aveva idee diverse (migrò dal suo stato “elettrotonico” che non poteva meglio precisare, al “taglio” delle linee del campo), ma se avesse conosciuto gli elettroni? Quello “stato” per un filo di rame è certo un’ipotesi ad hoc, ma per un elettrone lo è un po’ di meno anche se la natura quantistica dell’elettrone complica le cose (l’elettrone non può liberamente ruotare come fa un magnete).

Le teorie correnti dicono che a livello quantistico l’onda elettromagnetica (che farebbe correre gli elettroni) in realtà è un flusso di fotoni, ma questo sposta solo il problema, non descrive un meccanismo umanamente comprensibile mentre il campo magnetico lo si tocca con mano. Vero che la natura intima del campo magnetico è un mistero, ma anche arrivando in fondo credo che la natura resterà un grandissimo mistero (vedi ad es. https://it.wikipedia.org/wiki/Energia_di_punto_zero) D’altra parte perché **moltiplicare le entità** se non è necessario? Maxwell e contemporanei furono costretti a limitarsi alla sola matematica dalla scarsità

delle informazioni disponibili a quel tempo. Vero che la matematica svelò la natura elettromagnetica della luce, ma a questo c'era già arrivato Faraday per altre vie.

Tuttavia, anche se alcuni "ingranaggi" ora mi sembrano chiari, mi restano oscuri molti dettagli, dettagli diversi nelle diverse situazioni in cui compare corrente. Questo probabilmente perché il campo magnetico è un "vortice" di particelle: non è una "cascata" di qualcosa che ti "spinge" in una direzione ben precisa. Ciò nonostante il meccanismo sembra sostanzialmente lo stesso e mi pare risolverebbe il problema delle "asimmetrie" che afflissero Einstein nel 1905. Vero che questa ipotesi separerebbe il meccanismo dell'induzione da quello della radiazione e dal moto libero degli elettroni in un campo magnetico, ma semplificherebbe l'induzione dove oggi bisogna distinguere se si muove il magnete o la spira (alternatori), bisogna separare i trasformatori dagli alternatori e quanto agli omopolari molti preferiscono glissare.

In ogni caso **Faraday sembra concordare sul punto fondamentale di queste annotazioni** perché a suo parere nel test di Arago la rotazione dell'ago magnetico sopra il disco di rame innesca correnti nel rame che a loro volta generano un campo magnetico che poi interagisce col campo magnetico dell'ago stesso, quindi **ipotizza proprio l'interazione tra due flussi magnetici** che qui sostengo, almeno se è giusto ciò che ho inteso da "Una forza della natura" di Fabio Toscano (cap.7-V).

NB. Esiste una versione del testo più breve priva di molte divagazioni ora non più necessarie per dar forza alla tesi esposta <https://digilander.libero.it/gino333/induzione.pdf> <http://digilander.libero.it/gino333/induzione.docx>

Introduzione Ma perché questo tentativo 150 anni dopo Faraday e Maxwell? Perché dopo essermi divertito a costruire alternatori amatoriali in totale ignoranza della fisica connessa (e della fisica in generale) ho cercato spiegazioni in un forum di fisici e ho avuto alcune risposte (come quella trascritta sopra) che mi hanno lasciato perplesso. E' vero che secondo Galileo "la filosofia è scritta in questo grandissimo libro che continuamente ci sta aperto innanzi a gli occhi, ma non si può intendere se prima non s'impara a intender la lingua, e conoscer i caratteri, ne' quali è scritto. Egli è scritto in lingua matematica ... " lingua che non è mestier mio, però un vecchio testo per licei scientifici a firma Caldirola-Casati-Tealdi non sembra così rigido:

*"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 (nonostante la celebre frase prima riportata) Galileo avrebbe declassato la matematica? Strano! Eppure il Caldirola insiste descrivendo le 3 fasi del metodo galileiano:

- 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 ... di solito un'equazione, costituisce la legge fisica che descrive il fenomeno considerato*

Pertanto non credo di far vana cosa nell'occuparmi solo di a) di b) e di metà di c) lasciando ad altri la matematica, strumento sul quale anche il prof Selleri (vedi appendice-5) scrive che "... La correttezza del formalismo matematico non è sufficiente ad omologare una struttura scientifica come coerente e non contraddittoria ...". Che poi si possa esagerare nel pretendere l'uso della matematica risulta pure dal capitolo 8-VII di "Una forza della natura" dove Fabio Toscano racconta "l'enorme scetticismo" che accolse le estemporanee estrinsecazioni di Faraday al Friday Evening Discourses del 3.4.1846 solo perché prive di un sostegno matematico. A me pare fossero idee assai moderne (mancavano gli atomi, ma li immaginava come addensamenti di forze). Dico questo per scusarmi della mia inettitudine matematica e aggiungo che queste osservazioni, dalle quali tenterò di dedurre modelli fisici, non sembrerebbero incompatibili con la matematica corrente (si veda il cap.5 dove mi sono confrontato con esperti).

A conferma dei limiti della matematica, anticipo d'aver trovato una descrizione geometrico-matematica presente in molti libri di testo smentita dall'osservazione: si tratta della sinusoidale che sarebbe generata da una spira rotante fra poli cilindrici (non osservabile nell'800). Ciò significa che disponendo di nuovi strumenti è sempre lecito verificare se le vecchie convinzioni sono ancora valide. Se uno studente volesse verificare ciò che gli viene insegnato e scoprisse che non è vero, cosa pensate penserebbe dei suoi maestri? S'accontenterebbe di sapere che si trattava, di una rappresentazione "pittorica" come dicono taluni (messi in difficoltà dalla mia osservazione) ma che nessuno ha mai dichiarato essere tale? (i dettagli al capitolo-4)

Un fisico (lo chiamerò X) cercò di farmi capire che le **spire** di un alternatore si comportano come un'antenna **ricevente di onde elettromagnetiche** così come avviene in una trasmissione radio. Vero però che a un certo punto X ammise qualche sua perplessità scrivendo che: "... nell'intorno di un magnete che si muove c'è sicuramente un campo elettromagnetico e quindi un **campo elettrico variabile**. Se invece vogliamo intendere il campo come una Realtà Fisica, cioè come **un'onda** che trasporti veramente energia io non ci credo. Perché la Termodinamica mi dice che se il mio magnete dovesse emettere energia questa energia dovrebbe andare da **qualche parte** ... Ma se la bobina non c'è?... **La risposta definitiva verrebbe dall'osservazione di un campo elettrico variabile in assenza di correnti indotte in un qualche circuito.**

Purtroppo è impossibile fare questa osservazione ... Posto che non si può dimostrare nulla, la domanda non è interessante dal punto di vista della Fisica ... Però è una **domanda che ci porta a riflettere sul significato della Fisica e che quindi ha una natura **prettamente filosofica**..”**

Perché “filosofica”? Se muovendo un magnete stando lontano da un circuito non fatichi, non stai emettendo energia. Gliel’ho detto, ma non è bastato per convincerlo a mettersi in atteggiamento critico verso la sua ortodossia. Io invece ho tentato esperienze personali e ho riflettuto sulle informazioni **qualitative** oggi disponibili. Ho cercato condizioni insolite e massimamente semplificate perché solo queste possono consentire di trovare stranezze (se mai ce ne fossero). Ecco perché sovente ho usato spire grandissime in modo da limitare le interazioni a soli tratti rettilinei di filo. Vero che il campo è infinito e che la somma di minimi segnali lontani non può essere trascurata, ma la curva della diminuzione dell’effetto del segnale all’aumentare della distanza consente di giudicare quando la spira si può considerare svanita e che resta solo un tratto di filo; se così non fosse non esisterebbero segnali puliti, ma solo un guazzabuglio proveniente da tutto l’universo. Al riguardo <https://digilander.libero.it/gino333/scalini.jpg> è un test specifico che rafforza le mie convinzioni. C’è chi non è d’accordo, si veda l’ultima lettera in appendice-2.

Mi è stato pure detto che non è lecito uscire dal seminato senza modificare la matematica connessa, ma non mi pare che quanto mi sono immaginato richieda una matematica diversa, si veda al capitolo-5. Viste le critiche ricevute avrei dovuto scoraggiarmi, ma ho trovato perplessità espresse anche da fisici patentati. Difatti 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 ...*” questo pur riconoscendo che matematicamente “**tutto tornava**”. Segnalava pure che anche secondo Feynman c’erano casi in cui la Legge di Faraday (variazione del flusso) non funzionava in modo chiaro, ad esempio col disco di Faraday, cioè con gli omopolari (appendice-7 dove anche il Prof. **Pegna** si mostra perplesso).

Stessi problemi li segnala pure il prof. **Giuliani** in http://fisica.unipv.it/percorsi/pdf/ind_aq.pdf dove si legge che: “*La ‘legge del flusso’ ha validità limitata; inoltre, essa non è né una legge causale né una ‘buona’ legge di campo. Un’analisi dei lavori di Faraday e Maxwell mostra come il radicamento della ‘legge del flusso’ costituisca un problema storico aperto*” e conclude dicendo che:

1. *La fisica delle linee di forza magnetica di Faraday non ha mai ricevuto una trattazione matematica completa (ammesso che tale trattazione sia possibile)*
 2. *la ‘legge del flusso’ non è una traduzione matematica della fisica delle linee di forza magnetica*
 3. ... (richiama problemi matematici non alla mia portata)
 4. *l’esplicita formulazione della espressione della forza di Lorentz avrebbe dovuto suggerire una revisione dell’intera materia*
- Credo che sussista uno stimolante problema di ricostruzione storica”*

Ai professori Cosmelli e Giuliani ho segnalato queste note (in una vecchia e carente versione) senza aver avuto riscontro. Pure il prof. Pegna (che citerò per gli omopolari) dopo uno scambio assai cortese, si è rapidamente defilato. Non si pensi pertanto che qualcuno del mestiere abbia avallato queste pagine.

Aggiungo che **induzione e radiazione** sono fenomeni certamente **imparentati, ma non identici** eppure sono descritti con la stessa matematica. L’onda radio si disperde nello spazio e quanta parte ne viene ricevuta non modifica l’energia richiesta a chi la genera. Invece in un alternatore l’energia fornita deve essere in relazione a quella richiesta dall’utilizzo e può mutare in continuazione (vedi capitolo-1); esiste cioè una **retroazione fra statore e rotore** e come faccia il carico a far sapere a chi muove i magneti quant’è l’energia che deve immettere è proprio il cuore della questione.

L’Induzione è stata descritta con una matematica che ha evocato la radiazione elettromagnetica e le conferme sulla radiazione hanno avallato la matematica di Maxwell, ma a me sembra che se questa matematica è esatta nei confronti della radiazione potrebbe però essere solo un’ottima approssimazione per l’induzione.

Prima di proseguire ricordo che la mia preparazione è inadeguata e quanto alla terminologia preciso che userò il termine “**corrente**” per indicare il movimento di elettroni lungo un conduttore e dirò che gli elettroni sono in “**tensione**” o perché già corrono o perché vorrebbero farlo ma non possono perché impediti dal fatto che il circuito è aperto (le giuste distinzioni fra f.e.m., d.d.p. eccetera, in questa sede non mi paiono rilevanti). Chiamerò **ortodossi** i fisici che espongono le teorie correnti. Infine per me **non esistono “cariche”** esistono **elettroni e protoni** ed esistono “corpi” dove gli elettroni sono di più o di meno di quelli che dovrebbero esserci: 150 anni dopo Maxwell mi pare assurdo dover ignorare l’esistenza e il comportamento dell’elettrone e quindi terrò conto di quanto la divulgazione mi racconta al riguardo (anche perché mi pare cosa conveniente cercando di immaginare cosa succede di fatto).

Dettagli, conseguenze e divagazioni

Capitoli 1 - Il funzionamento di un alternatore assiale amatoriale
2 - L'area della spira.
3 - Attrazione e repulsione fra magneti e generazione di corrente
4 - Modelli fisici.
5 - Matematica
6 - Un'unica teoria per corrente, radiazione e corrente di spostamento?

Appendici 1 - Le asimmetrie di Einstein e la duplice spiegazione di Feynman
2 - Altre lettere da esperti
3 - Miei errori e osservazioni archiviate
4 - Galileo, il metodo scientifico e una ruota idraulica
5 - Altre perplessità su relatività ed altro
6 - Costanza di c quando l'osservatore è in moto
7 - Omopolari (ovverosia, il "Disco di Faraday")

Non ho considerato il tubo catodico, il ciclotrone e simili perché in questi gli elettroni non si muovono in un metallo. In questi non vedo problemi nell'applicare la "forza di Lorentz". Così pensavo anche per gli **omopolari**, ecco perché sono in appendice, ma ora ho cambiato idea, **anzi**, per comprendere l'induzione magnetica ora mi paiono **fondamentali**.

NB. l'identificazione dei test è confusa perché sono stati presi da diversi "gruppi" di test, ciascuno con una propria classificazione. Ad esempio si veda <http://digilander.libero.it/gino333/teoriaflusso.jpg> la cui numerazione dei test si confonde con quella di altri gruppi, avrei potuto fare meglio, ma mica m'immaginavo di lavorarci tanto.

1 – Il funzionamento di un alternatore assiale amatoriale

Ecco la causa delle mie curiosità: non è dei migliori ma un oggetto simile (16 poli trapezoidali, 500 mm di diametro, 4kg di neodimio e 8kg di rame ha un rendimento costante (!) che oscilla attorno al 92% da 50 giri in su (interpolando dai 350 giri che sono alla mia portata dovrebbe arrivare a 8 kW a 1000 giri) I prodotti commerciali a magneti permanenti si avvicinano a questo rendimento



solo a giri elevati e per grandi potenze, idem succede agli asincroni che rendono qualcosa di più ma solo per grandi potenze. Qualche dettaglio in più c'è in <http://digilander.libero.it/gino333/rend.alt.jpg> (ma l'oggetto è poi stato modificato e meglio testato). In <http://digilander.libero.it/gino333/misure2.jpg> è esposto il metodo di calcolo del rendimento (molti dubitano dei miei dati, ma finora non mi hanno segnalato errori). Confesso d'essere io stesso perplesso sui risultati e mi ripropongo di cercare una verifica da terze parti, ma l'errore (se c'è) non può essere grande.

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 (sono cioè capaci di avvicinarsi-allontanarsi fra loro, vedi foto del banco prova negli allegati) 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 flussi 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).

Concorda con quanto è noto: un flusso magnetico visto variabile da una bobina induce corrente nella stessa bobina che a sua volta diventa un magnete, si scalda e disperde energia. **A me sembrava evidente che dall' "abbraccio" dei due flussi magnetici nascesse una specie di "frizione" che consentir di trasferire energia dal mio braccio alle bobine dello statore.**

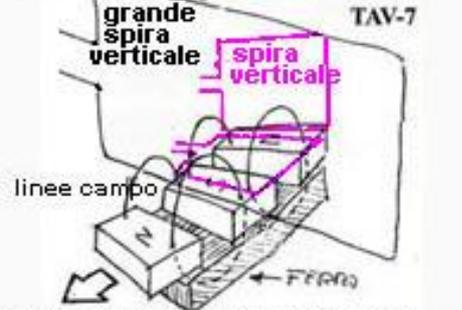
Non avevo ancora sentito parlare di "autoinduzione" e ragionavo senza condizionamenti toccando le cose con mano (così mi capitò anche per la "legge di Ohm") ecco una delle mie tante misure.

Test di varie mono-spire rettangolari geometricamente possibili in alternatore assiale

16 poli, diametro max 50 cm, a circa 230 rpm
 Magnete quadro 50x52x25 (due accoppiati) N35
 Correlazione della tensione con area spira
 e con lunghezza utile della spira (+ costante)

(lato maggiore ortogonale al movimento rotore)

Spira	Lungh mm	Area utile spira	mill. volt	Lungh /volt	Area /volt
42x44	88	1848	110	0,8	16,8
48x50	100	2400	135	0,74	17,7
54x56	112	3024	160	0,76	18,9
60x62	124	3720	163	0,8	22,8
66x68	136	4468	170	0,8	26,4
<hr/>					
92x94	188	8648	180	1	48
98x100	200	9800	175	1,14	56
104x106	212	11024	175	1,21	63
110x112	224	12320	162	1,38	76



Spire più grandi non sono fisicamente possibili più piccole ovviamente sì, e sembrerebbero vantaggiose, ma lo sono solo per traferro piccolo
 NB. Per stime sul rendimento occorre considerare l'intero perimetro della spira e il quadrato dei volt ricavati (ma le mie stime sono risultate inattendibili meglio fare bobine vere, a scampo di sorprese).

Lo scopo era quello di migliorare i rendimenti, la tabella mostra come varia la tensione modificando gradualmente l'area della spira.- Si noti come **il rapporto lunghezza "utile" del filo con la tensione sia molto più costante del rapporto con l'area** (dico "utile" perché si vedrà più avanti che **il filo parallelo al moto del magnete non genera tensione**). Scoprii anche che **le spire poste in verticale generavano circa metà tensione della normale spira posta di piatto**: ad un giudizio ingenuo (che a me pare giusto) si direbbe perché metà del tratto di filo utile è troppo lontano dai magneti.

Quando mi passavo il tempo con gli alternatori c'era chi faceva previsioni abbastanza precise sulla tensione generata usando semplici formule dove però c'era un "coefficiente di forma" da modificare in funzione del numero e dello spessore dei magneti ed altro. Formula ora dimenticata perché mai usata (procedevo per approssimazioni successive alla ricerca del maggior rendimento possibile). Magari ad uso professionistico esistono programmi di calcolo che forniscono risultati di grande precisione anche per un alternatore come quello prima mostrato: disponibilissimo ad averne notizie e a cambiare idea arricchendo il mio cestino della carta straccia, ma si veda alla fine del capitolo-5 che tale possibilità non è nota a persona esperta.

Come già detto, lo scopo di queste osservazioni è la ricerca di un modello fisico che descriva il trasferimento di energia in un alternatore: **è un'onda elettromagnetica ad agire o è una interazione diretta fra flussi magnetici?** Inutile dire che la tabella di misure conferma che **l'area della spira** influisce solo perché influisce sulla lunghezza del filo utile, ma ho fatto anche test specifici nel capitolo successivo.

2-L'area della spira

Ecco cosa succede sollevando rapidamente un magnete (dove i poli sono in alto e in basso) tenuto sia vicino che lontano dal filo di una **grande bobina** (non si forma un'onda completa perché ci si allontana sempre dal filo). L'intensità del segnale non muta stando alla stessa distanza dal filo stando sia **dentro che fuori dalla spira**. Eppure un fisico m'aveva



assicurato che ciò che avveniva fuori dalla spira si sarebbe annullato per ragioni matematiche (!)

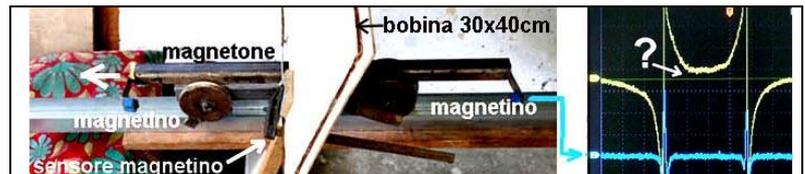
Questa mi pare una chiara conferma del fatto che l'interazione avviene col filo e non con l'area della spira. Certo anche deformando una spira immersa in un flusso magnetico si genera corrente ed è comprensibile essere indotti a pensare che questo avvenga perché cambia l'area della spira, ma questo non avviene deformando una grande spira nelle sue parti "troppo" lontane dal magnete. Deformando una spira "normale" muovi i fili e ne modifichi l'orientamento rispetto al flusso e a mio parere è questo che genera corrente.

Qui invece mostro cosa succede sfiorando l'interno di una grande bobina col polo di lunghissimo magnete montato su di un carrello..

Nulla cambia stando all'esterno della bobina come mostra il successivo test fatto con magnete più potente ma più corto e dove la tensione non si riduceva a zero al centro facendo sospettare la "forza di Lorentz" (vedi il punto interrogativo bianco).

La traccia blu indica il posizionamento del magnete rispetto al filo. Si noti che il test è stato eseguito anche con monopire fatte con molti metri di filo e pure test dove era la bobina a muoversi.

Il test col magnete più lungo dimostra che non è presente la forza di Lorentz (o perlomeno che giustifica solo una parte del fenomeno) e che solo verso le estremità del magnete c'è una significativa variazione di flusso magnetico che prima fa aumentare la tensione (+ o - a seconda dell'orientamento N-S del magnete) e poi la fa diminuire.



Può stupire l'improvvisa variazione di segno, cioè l'inversione della direzione del moto degli elettroni proprio quando le estremità del magnete transitano in prossimità del filo. La matematica della legge di Faraday spiega il fatto dicendo che la corrente è la derivata del flusso nella spira (vedi "prima lettera" in appendice-2 e l'inizio dell'appendice-3), verissimo che la derivata ha questo effetto (ho provato anche a fare i conti personalmente), ma questa è matematica che fisicamente a me non dice nulla. Io ragiono diversamente: non è la presenza del flusso magnetico a far correre gli elettroni ma la sua variazione? Allora se con variazione crescente gli elettroni si muovono in una direzione (che cambia anche con la polarità N-S ed altro come si vedrà poi) allora si muoveranno in direzione opposta se la variazione diminuisce. Così succede ad una pallina spinta in alto da un getto d'acqua: quando la pressione diminuisce la pallina scende. In questo caso invece della gravità ad agire potrebbe essere l'energia immagazzinata nella bobina che "resisteva" alla precedente spinta crescente. Questa spiegazione mi pare vada bene anche per giustificare l'impennata di tensione che si verifica aprendo il circuito: l'energia immagazzinata si scarica all'indietro

Anche negli Omopolari (disco di Faraday) si osserva l'irrelevanza dell'area della spira. Trascrivo qui dall'appendice-7 la fotografia di alcune versioni particolari al solo scopo di far toccare con mano detta irrilevanza:

... l'area della spira è ininfluente perché la tensione indicata con SI nella spira grande è uguale a quella con la spira piccola.



Comunque si vedrà che il "meccanismo" nella sua essenza più profonda mi rimane ancora misterioso anche se alcuni ingranaggi mi sembrano ben chiari mentre ben due fisici mi hanno detto che il fenomeno è

fisicamente incomprensibile (certo loro non dubitavano della matematica di Neuman-Lenz ma evidentemente a loro questa matematica non suggeriva un “meccanismo” accettabile).

Io invece ho dei meccanismi da proporre e poiché conviene sempre porsi in situazioni limite dove le variabili da valutare siano il più possibile ridotte e considerando che indubbiamente siamo in presenza di due flussi magnetici che si respingono, penso opportuno cominciare ragionando sulle **relazioni fra due magneti**.

3- Attrazione e repulsione fra magneti e generazione di corrente

A proposito dell'interazione fra due magneti il fisico X mi scrisse:

... hai due magneti che si comportano ognuno come stazione emittente e come stazione ricevente. L'onda emessa da ognuno dei due viene assorbita dall'altro. L'energia che ognuno dei due emette viene accumulata nei valori del campo magnetico nell'intorno di ognuno dei due magneti. Cosa che, incidentalmente, implica che i campi seguano i due magneti: i magneti si muovono, i campi con loro, la somma dei campi cambia e l'energia è immagazzinata in questo cambiamento. Cioè viene trasformata in energia potenziale che poi viene rilasciata trasformandola in energia cinetica...

Non mi convinse, se avvicino due magneti **NS** **NS** o meglio ancora un pezzo di ferro a un magnete, a un certo punto essi si attirano violentemente: da dove proviene quell'energia? Forse da chi fabbricò i magneti, oppure, se fossero prima uniti, da chi li separò e il “campo” conserverebbe a tempo indeterminato questa energia? Ma non potrebbe trattarsi invece di **qualcosa di simile alle forze che tengono assieme i componenti dell'atomo?** Io ho sempre pensato a due forze, una respingente e l'altra attraente, ma sbagliavo, **c'è solo la forza attraente**, me ne sono accorto grazie alla grande potenza del neodimio. Se in ognuna delle mie mani racchiudo un magnete e poi le avvicino coi magneti orientati in opposizione, una “forza” si oppone alla mia volontà, ma se lascio ruotare i magneti nel cavo delle due mani, essi ruotano in modo che la forza diventi attrattiva.

La forza che sento anche sulle mie due mani è presente anche se **non** muovo le mani, quindi **anche in assenza di un campo magnetico variante** (i due magneti sono relativamente fermi) e quindi **in assenza dell'ipotetico campo elettrico**: questo comparirebbe se muovessi le mani? Non credo, i magneti continueranno a fare il loro mestiere in funzione della distanza e dell'orientamento che ho loro imposto. Quella forza sarebbe una “azione a distanza” come penserebbe Ampere? No, Faraday direbbe che **l'interazione avviene tramite le linee dei due campi magnetici**, e se avesse conosciuto gli elettroni avrebbe detto che la forza agirà in primis sugli elettroni visto che le “linee” da essi provengono e di conseguenza sui magneti che li contengono e poi sulle mani che li trattengono.

La quantistica sostituisce l'onda elettromagnetica con sciame di fotoni virtuali e il fisico X mi scrisse:

*l'onda è un'astrazione dato che la Fisica Moderna è a conoscenza dell'esistenza dei fotoni. Se ci sono i fotoni **la Realtà non ha alcuna necessità dell'onda!** ... macroscopicamente, le cose funzionano come se l'onda esistesse. Un rivelatore rileva un segnale ogni volta che la teoria di Maxwell prevede che ci sia un segnale. Quindi, in ogni problema macroscopico, mi affido al modello che palesemente funziona, **faccio finta che descriva la realtà** e vado avanti sino a che non troverò un caso in cui il modello fallisce. Il che vuol dire che faccio tranquillamente finta che l'onda elettromagnetica esista ... L'importante è che in questi discorsi non ci si illuda che stiamo parlando della Realtà. Noi stiamo parlando di come il Modello (matematico, non fisico, nota mia) rappresenti la Realtà, così da trovare una maniera per manipolarla. Sulla Realtà non c'è molto da dire: **è quella che è e basta!** E non si interessa di ciò che a noi pare o non pare ragionevole ...*

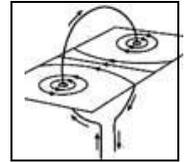
Bene, visto che **<<Se ci sono i fotoni la Realtà non ha alcuna necessità dell'onda!>>** sono quasi contento, ma se il flusso magnetico fosse fatto di particelle capaci di trasportare energia non servirebbe altro, d'altra parte **chi porta l'energia dalla mia mano ai fotoni virtuali del campo elettromagnetico che poi la trasporteranno agli elettroni se non il flusso magnetico stesso?** Perché moltiplicare le entità? Certo sono i “domini di Weiss” a provvedere al magnetismo, saranno questi a sentire la retroazione, ma cosa cambia? Gli elettroni abitano nei domini..

Ovvio che il flusso del campo magnetico **non ha nulla a che fare con un “vero vento”** non è come un vento d'aria la cui forza non dipende dalla natura dell'oggetto con cui si scontra e che non retroagisce su chi lo genera nel caso che l'oggetto gli resista. Ovvio che quanto si osserva in un magnete non è detto che

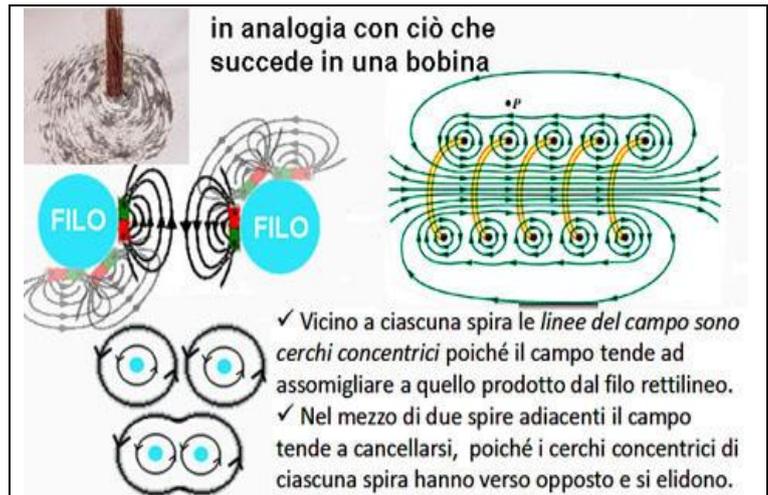
valga nello stesso modo anche per l'elettrone che è quantizzato, ha solo due posizioni in cui mettersi. Tuttavia mi sembra indubitabile che se due campi magnetici fanno a spallate, anche i relativi elettroni ne pagano il fio.

Nell'induzione magnete-spira abbiamo due flussi magnetici che si respingono, certamente i magneti e le bobine vorrebbero rigirarsi e mettersi in attrazione reciproca, ma non possono farlo perché sono vincolati, se poi ci riuscissero la corrente nella bobina cesserebbe all'istante. In questo caso gli **elettroni di conduzione della bobina**, a differenza di quelli del magnete, per effetto delle "spinte" ricevute **possono muoversi** e, correndo, genereranno il flusso magnetico che si oppone a quello dei magneti. Questo **rispecchia la sensazione da me ricevuta** facendo funzionare a mano un alternatore come descritto nel capitolo-1.

E' però lecito pensare che le linee del flusso delle bobine siano fisicamente connesse agli elettroni dei fili così come si può immaginare nei magneti? Sicuramente il flusso è descritto dalle **linee circolari** che si possono osservare attorno ad un filo percorso da corrente (disegno tratto da "L'evoluzione della fisica" di Einstein-Infeld).



Questi "anelli" (visibili qui a destra grazie alla limatura di ferro) non sembrano collegati agli elettroni del filo e quindi non è chiaro come gli anelli possano trasferir loro una "spinta". Io immagino che insiemi di elettroni (che magari potrebbero generare l'equivalente dei "dominii" dei magneti) si orientino attorno al filo (qui in sezione blu) così come schizzato generando un campo come fanno i magneti. Quindi i "cerchi" potrebbero risultare dalla fusione di "vortici magnetici" originati dagli elettroni: pertanto anche gli "anelli" sarebbero così connessi agli elettroni.



Ma come spiegare l'apparente contraddizione col caso dei due fili affiancati e percorsi da corrente che va nella stessa direzione? Le freccette si scontrano e sembrerebbe che i fili dovrebbero allontanarsi, ma

<https://people.unica.it/alessiofilipetti/files/2012/04/Fisica-2-Lezioni-16-17.pdf> (schemi a destra e di sotto) mostra perché succede viceversa (senza necessità di matematica): i flussi si elidono a cominciare da quelli più esterni, le linee di flusso si fondono "stringendo" i due fili al loro interno.

Quindi il pensare alla forza di un "vento magnetico" come il disegnare le freccette comunemente usate, sono cose del tutto fuorvianti. Si vedrà anche nel TEST-1 come la direzione del moto degli elettroni non sia (o non sia sempre) influenzata solo da dette "freccette". Sembra giocare anche l'inclinazione del flusso, vedi TEST-2.

Ma come mai gli elettroni verrebbero spinti in una sola direzione lungo il filo nonostante la retroazione sembrerebbe avvenire ortogonalmente? Credo di poter immaginare un aspetto circolare della limatura di ferro anche con un flusso che fosse spiraleggiante attorno al filo e quindi capace di imprimere una direzione precisa.

Nota: in https://en.wikipedia.org/wiki/Francesco_Zantedeschi leggo che Zantedeschi Bancalari e Romagnosi avrebbero anticipato molte scoperte. Peccato che in quei tempi l'Italia non fosse più il centro del mondo.

4 – Modelli fisici

Comincio con un po' di notizie storiche, superflue considerando che questo scartafaccio è rivolto a persone del mestiere (infatti molte cose sono sottintese), ma forse non tutti sono a conoscenza degli antefatti (e magari potrebbe essere letto anche da inesperti curiosi che si fidassero di me per le parti sottintese).

Nel bellissimo sito <http://www.fisicamente.net/FISICA/index-4.htm> (ora non più in linea) si leggeva che: "... 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, Hamilton, Maxwell..." ne testo si mostravano anche i tentativi fatti dai medesimi fisici d'immaginare cosa potesse succedere "fisicamente". Se Maxwell ci provò, il mio tentativo non dovrebbe essere cosa vergognosa (a parte le differenti carature ☺).

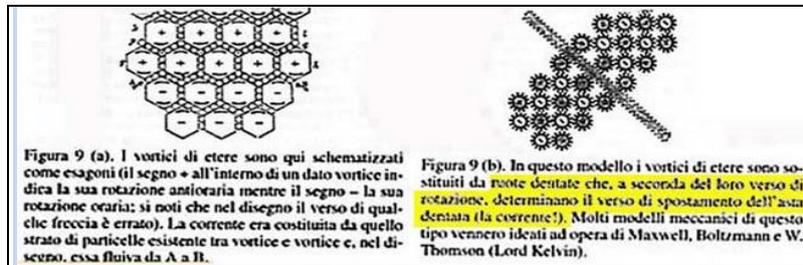


Figura 9 (a). I vortici di etere sono qui schematizzati come esagoni (il segno + all'interno di un dato vortice indica la sua rotazione antioraria mentre il segno - la sua rotazione oraria; si noti che nel disegno il verso di qualche freccia è errato). La corrente era costituita da quello strato di particelle esistente tra vortice e vortice e, nel disegno, essa fluiva da A a B.

Figura 9 (b). In questo modello i vortici di etere sono sostituiti da ruote dentate che, a seconda del loro verso di rotazione, determinano il verso di spostamento dell'asta dentata (la corrente!). Molti modelli meccanici di questo tipo vennero ideati ad opera di Maxwell, Boltzmann e W. Thomson (Lord Kelvin).

Riassumo ora dal libro di Toscano (anche questo a me pare bellissimo) "Una forza della natura" (capitoli 10-11) notizie storiche che legano il *campo elettrico* alle *ruote oziose* di **Maxwell**, immaginate presenti nello spazio e capaci di condurre l'elettricità. Naturalmente l'improbabile lettore di queste note sarà già meglio informato. Naturalmente sperando che citando citazioni di citazioni non si commettano errori e pure che la sintesi di una sintesi non distorca la realtà dei fatti accaduti ormai due secoli fa (scrivo in corsivo anche se non si tratta di una vera citazione ma è il riassunto di ciò che ho letto).

*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 elettromagnetici 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 rotanti attorno alle linee di forza 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 impediti, 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 (!!!). A conferma Fabio Toscano riferisce la celebre analogia con la "cella campanaria" dove i campanari fanno cosa succede tirando le corde, senza però conoscere il meccanismo in azione. Nel 1884 Heaviside pubblicò una versione matematica semplificata e la teoria trionfò nel 1888 grazie alla scoperta delle onde elettromagnetiche fatta da Hertz. **Un trionfo anche per Faraday** (riconosciuto dallo stesso Maxwell) **che aveva giudicato la luce un fenomeno elettromagnetico** (cap. 8 VII)*

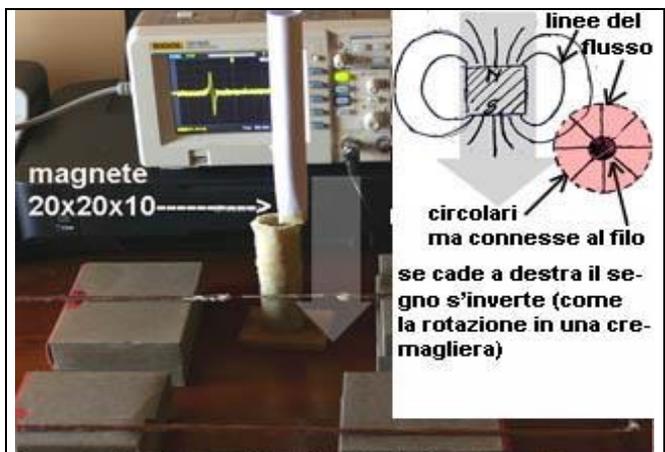
Ora, dando per vero quanto al capitolo precedente, permettetemi di fantasticare per conto mio.

TEST-1 Si veda la prima delle immagini seguenti (quella dove un magnete cade sfiorando il filo di una grandissima spira). Io credo che quando il flusso del magnete raggiunge il minuscolo flusso magnetico dei singoli elettroni di conduzione del filo ancora fermi, essi cominceranno a muoversi. Ipotizzo cioè che il

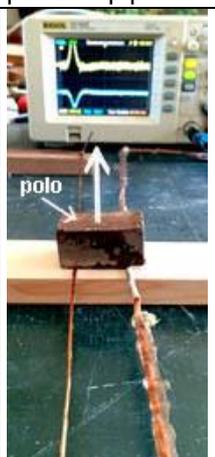
campo del magnete in movimento relativo “spinga” il campo degli elettroni della spira i quali, essendo mobili, si metterebbero a “correre”. Se fossero completamente “disordinati” si muoverebbero in tutte le direzioni compensandosi così tutti gli effetti. Invece io penso che **un minimo ordinamento** deve essere stato generato dal campo del magnete anche se relativamente fermo. Questo perché anche i materiali diamagnetici ruotano (debolissimamente) fra poli di un magnete, quindi se c'è un minimo d'ordine, **una minimissima corrente** (moto di alcuni gli elettroni in una certa direzione) **dovrebbe verificarsi anche quando inizia il moto relativo**. Una corrente genera magnetismo nella bobina il che vuol dire che l'ordine degli elettroni nella bobina è migliorato, ma questo miglioramento aumenterà il numero degli gli elettroni che verranno “spinti” a correre nella direzione giusta. Avremo cioè una **iterazione** del fenomeno che porterà la corrente a raggiungere in breve tempo il livello consentito dal dispositivo e dall'energia fornita. In altri termini non ho bisogno d'immaginare una fantomatica f.e.m. e non considero l'**autoinduzione** come una conseguenza dell'induzione, ma **l'essenza del fenomeno stesso**: il “ritardo” dipende solo dal fatto che serve un po' di tempo per mettere in ordine tutti gli elettroni della bobina in modo che il loro moto sia concorde. Si noti che l'innesco del fenomeno potrebbe essere lo “**stato elettrotonico**” di Faraday. Certo Faraday aveva idee diverse (migrò dal suo stato elettrotonico” al “taglio” delle linee del campo), ma se avesse conosciuto gli elettroni? Quello “stato” per un filo di rame è certo un'ipotesi ad hoc, ma per un elettrone lo sarebbe di meno.

Ipotizzo quindi che non sarebbe un'onda elettromagnetica a indurre gli elettroni a correre, ma un'interazione diretta fra i flussi magnetici, cosa che avverrebbe “**prevalentemente**” **nell'area della spira** (restando così questa ipotesi in buonissima parte compatibile con la matematica corrente). Se gli elettroni non riescono a muoversi perché il circuito è aperto, non verrà richiesta energia perché il nuovo flusso magnetico (manicotto rosa nello schizzo) non si forma (e il fornitore di moto non avvertirà resistenza) altrimenti **più aumenta l'energia raccolta, più aumenta il movimento degli elettroni, più aumentano le dimensioni del manicotto** e quindi **più aumenta l'energia richiesta** perché trasferita. **Ovvio** che se il magnete stesse fermo non ci sarebbe induzione. **Una corrente richiede energia** per vincere la resistenza del circuito e solo se il magnete cade (o se è spinto) può cedere parte della sua energia. Quindi la **variazione del flusso magnetico visto dal filo** è una conseguenza del **movimento** che è sempre necessario per **fornire energia** (anche nei trasformatori e negli omopolari come si vedrà poi). Inoltre è evidente che la semplice **cremagliera** qui mostrata **non è un modello esatto**, il segno dipende anche dall'orientamento NS-SN dei magneti, come se operasse il moto del flusso, cosa però che non avviene se il magnete è fermo, **come se l'immobilità relativa rendesse reciprocamente “trasparenti” i due campi magnetici**. È per questo che ho scritto alla fine del cap-2 che “il **“meccanismo”** nella sua essenza più profonda **mi rimane ancora misterioso**”.

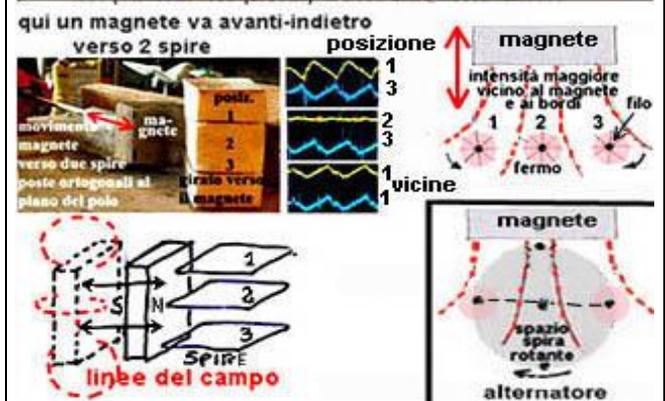
Questo modello spiega molto bene come mai il moto del magnete **parallelo** al filo della spira non genera tensione. Immaginate il filo (punto nero a destra) posto in verticale e parallelo al freccione grigio (traiettoria del magnete): le linee del flusso “**non ingranano**” e non possono trasferire energia anche se potenzialmente disponibile



Nel successivo **TEST-2** abbiamo invece un magnete che va **avanti e indietro** verso un lato di spire poste “di taglio”: la corrente è indotta principalmente in questo lato in quanto più vicino al magnete (nella foto le spire sono avvolte attorno ad un parallelepipedo di polistirolo). Nella posizione centrale **2 non c'è tensione**.



Questo direi dipenda dal fatto che il flusso magnetico spinge sia a destra che a sinistra del manicotto rosa (compensandosi così gli effetti) mentre ciò non accade in 1 e 3 dove però **i segni sono invertiti** (o perché la “spinta” è maggiore su di un lato del manicotto rosa e/o per effetto **dell'opposta inclinazione** del flusso come suggerisce il test di sinistra dove il magnete viene sollevato come mostra la freccia bianca (le bobine 30x40cm confermano l'irrelevanza dell'area della spira)



Con **spira rotante nel campo magnetico** di un **singolo magnete piatto (TEST-3** in basso a destra) se la spira è parallela al magnete gli elettroni stanno fermi perché in quella zona la “variazione” del flusso vista dal filo è minima; se è in verticale la variazione è massima (per il filo vicino al magnete). Con due magneti piatti

la situazione è simile (vedi nell'immagine che segue). Quindi le cose sono **molto più complicate di quanto si dedurrebbe dalla matematica** corrente, ma quanto visto mi pare **basti per giustificare l'ipotesi che siano le linee di flusso magnetico a trasferire energia agli elettroni** e a farli "correre" mentre l'area della spira è solo il campo di battaglia del fenomeno..

Che il **modello matematico corrente**, quando **tradotto in una immagine fisica** possa essere in conflitto con la realtà lo si può dedurre anche dal fatto che la rotazione di una spira fra **poli cilindrici (TEST-4** seconda immagine da sinistra nella tavola seguente) genera una **curva completamente diversa dalla sinusoidale** ancor oggi spesso proposta nei testi di fisica (disegno a sinistra). Taluni dicono che sarebbe una rappresentazione "pittorica" ma nessuno mi ha dimostrato che fosse tale. Magari è facile confondere la curva della variazione del flusso con la curva della tensione (volt) cioè la sua derivata, ma vi assicuro che anche il fisico-X giurava che l'oscilloscopio avrebbe mostrato una sinusoidale citando pure conferme ricevute da suoi colleghi d'università (ora lo nega, peccato che il blog dove si conversava sia ora sparito).



(Faccio presente che l'alternatore descritto nel cap-1 produce bellissime onde sinusoidali)

Maggiori dettagli in <http://digilander.libero.it/gino333/ALTERNATORIFARDAYPAGx.jpg>. Il test mostrato al capitolo-2 corrisponde a cosa succede in mezza rotazione della spira nel caso dei poli cilindrici, quindi è evidente come l'induzione avvenga quando il campo magnetico **del filo** viene a trovarsi in un campo magnetico che, dal suo punto di vista, sta cambiando. **Perché tirare in ballo un campo elettrico inosservabile quando è possibile una spiegazione più semplice?** Si noti però che qui l'ondina della traccia azzurra indica quando il filo della mono-spira è al centro dei magneti mentre nel test prima citato indica il passaggio delle estremità del magnete: Questo conferma che non tutto mi è chiarissimo.

Segnalato il TEST-4 a un esperto, questi, usando un simulatore, vide che il campo fra poli cilindrici non era "affatto" uniforme come un tempo si doveva pensare e che la **curva "cornuta"** era comunque conforme alla Legge di Faraday così come lo sarebbe pure l'onda regolare generata dai poli piani (dove, si noti, che la disuniformità è ovvia). Non dubito che il suo simulatore funzioni bene come non dubito che abbia fatto i conti giusti (non sapendo controllare devo fidarmi) ma credo che Faraday nel caso dei poli piani avrebbe attribuito la **regolarità dell'onda al fatto che la spira si avvicina e si allontana con regolarità dal o dai poli piani**. In ogni caso viene smentita la condizione di **"uniformità" del campo** sempre posta come prerequisito di molti test. Prerequisito che, vista la difficoltà di realizzarlo **è molte volte solo immaginato** (se non sempre).

Nel caso dell'**induttore terrestre** (una bobina fatta ruotare nel flusso magnetico terrestre, certamente uniforme vista l'enorme distanza dei poli) se tenuto ortogonale al flusso terrestre, credo che produca la curva attesa. Solo questo test potrebbe salvare l'enunciato corrente della Legge di Faraday. Anche testi recenti continuano a mostrare fantasie, si veda a esempio in <http://www.edutecnica.it/elettrotecnica/alternata/alternata.htm> dove la presenza di notazioni matematiche evidentemente non garantiscono sulla bontà dell'esposizione. Peccato non poter informare Faraday, digiuno quanto me di matematica! Prima di comperarmi (appositamente) un oscilloscopio dubitavo della sinusoidale, immaginavo piuttosto (coi poli cilindrici) un'onda quadra, ma nello stesso tempo potevo "vedere" una sinusoidale immaginando di porre l'occhio al posto di uno dei magneti e osservando le variazioni dell'area della spira rotante (per questo mi trovavo fra l'incudine e il martello, non sapevo che pesci prendere). Certo confondevo la variazione del flusso con la tensione che ne sarebbe derivata, ma se una delle due è una sinusoidale dev'esserla anche l'altra. Con 300 euro mi sono cavato i dubbi ☺ . Si vedano alcune delle prime esperienze in <https://digilander.libero.it/gino333/arrangiarsi.JPG>

Tutto questo mi conforta nell'idea **che l'interazione avvenga direttamente col filo** e che l'area della spira consenta calcoli corretti perché nelle situazioni reali il "manicotto rosa" (il campo di Oersted attorno al filo) si forma prevalentemente nell'area della spira. Credo che ciò mi autorizzi a pensare che la legge di Faraday potrebbe essere soltanto **una buona approssimazione** (cosa che dovrebbe far piacere ai professori Cosmelli e Giuliani citati nell'introduzione nonostante non abbiano reagito al mio tentativo di contattarli).

E che dire dei **trasformatori**? un professore di fisica mi scrisse che **"... l'interazione campo/filo via forza di Lorentz, fallisce miseramente se consideri un trasformatore dove nulla si muove, solo l'intensità"**

del campo magnetico varia". Questo confermerebbe che non è sempre vero che forza di Lorentz e legge di Faraday sono intercambiabili, ma egli voleva dimostrare che è la variazione del flusso **nell'area della spira** ad agire (cosa che io gli contestavo) si veda però il campo presente all'esterno del toroide in appendice-1: questo pur minimo flusso raggiungerà i fili del secondario innescando la formazione di un **"manicotto rosa"** che penetrerà nel nucleo di ferro interagendo via-via col flusso generato dal primario, proprio come quando cade il magnetino nei pressi del filo. **Anche in questo caso è il movimento ad agire**, non dovuto al movimento del generatore del campo, ma del campo stesso che avanza e si ritrae perché generato da una corrente alternata. Difatti se si immette corrente **continua** abbiamo tensione in apertura-chiusura del circuito, niente nel frattempo, proprio come se si arrestasse il magnetino a metà della sua caduta. Così s'esprime pure Faraday (cap-7 V nel libro di Toscano) attribuendo però l'effetto al "taglio" delle linee del campo (cosa che gli contesto qui sotto e anche all'inizio dell'appendice-3) Faraday non poteva certo pensare a "spinte" sul campo degli elettroni, non erano noti ai suoi tempi. Nell'occasione Faraday, prima di invocare il "taglio", tentò di spiegare le cose col suo "stato elettrotonico", stato a cui m'appello anch'io a fondamento di tutta l'induzione, omopolari compresi. Quindi mi pare proprio che il meccanismo **d'induzione dei trasformatori sia assimilabile a quello degli alternatori**.

Questo test conferma che **il "taglio" non è la vera causa**. Il magnete anulare è strutturalmente analogo a quello lungo 110cm mostrato al cap-2). Non c'è tensione neppure ruotando o inclinando la bobina, né usando grandi spire (in modo che io lati non possano generare corrente a compensazione). Quindi non basta il taglio delle linee concatenate col campo, occorre una "variazione" (seguendo la circonferenza il campo non cambia). Questo non diminuisce la mia sconfinata ammirazione per Faraday (e simpatia, considerando che pure lui non era dotato di competenze matematiche).

Poi, se ho ben inteso, **Faraday** concordava con l'ipotesi che l'induzione derivasse da un'interazione fra flussi magnetici, almeno a proposito noto **test di Arago** (sempre nel cap.7), difatti a suo parere la rotazione dell'ago magnetico sopra il disco di rame innescava correnti nel rame generanti a loro volta un campo magnetico poi interagente col campo magnetico dell'ago stesso (quindi **un'interazione fra due flussi magnetici**). Si tratta proprio di quanto deduco da **queste osservazioni** e questo è solo uno dei tanti motivi che mi hanno indotto ad aggiungere il sottotitolo **"Faraday aveva ragione"**.

Insisto poi (Carducci mi perdoni) sul fatto che il modello del magnete in caduta spiega molto bene perché **il moto parallelo magnete-filo non produce induzione**. Confesso di non aver capito come le teorie correnti spiegano la cosa. Se il "campo elettrico variabile" viene generato dal moto dei magneti **indipendentemente dal filo**, esso raggiungerà anche gli elettroni del filo parallelo: quegli elettroni come fanno a sapere che non devono muoversi? Che ne sanno di come è orientato il filo in cui abitano? Forse vengono indotti a muoversi "attorno" al filo e non "lungo" il filo? Ma se tocco una palla metallica con un filo in tensione, prendo la scossa ovunque e questo dice che la corrente si sparge ovunque.

Vengo ora al caso della **barra conduttrice** che dovrebbe confermare le teorie correnti. Cioè l'equivalenza forza di Lorentz e variazione del flusso. Però variando l'area della spira così come fatto in **4** non c'è tensione, quindi ciò che scrivono in Zanichelli è perlomeno incompleto, occorre che la barra si **muova**. Poi non capisco come si possa creare un campo magnetico con le linee tutte ortogonali al piano su cui giacciono le guide. A me pare cosa impossibile a farsi.

Ho tentato di rifare l'esperimento

magnete 40x600mm usato nei test
← zona campo costante → POLO
costante da punto a punto in lunghezza

tondini inox isolati dal piatto
piatto di ferro
magneti 50x25x25mm N35
tubo di ferro

http://online.scuola.zanichelli.it/cutnellelementi-files/pdf/InduzElettromagn_Cutnell_Zanichelli.pdf

Zanichelli **Figura 23.3** (parla della azione della forza di Lorentz in entrambi i casi)

A. Quando una sbarretta conduttrice si muove perpendicolarmente a un campo magnetico costante, a causa della forza magnetica appaiono cariche di segno opposto alle estremità della sbarretta che danno luogo a una f.e.m. indotta. **B.** La f.e.m. indotta genera una corrente indotta I nel circuito.

in fig.23.5 Zanichelli dice che si spiega anche in termini di variazione di flusso il quale dipende dal movimento della sbarretta

Non si nota tensione se la variazione di area si ottiene con chiusura del contatto manuale (rapido)

Ma come avranno ottenuto un campo uniforme?

Test che conferma Zanichelli 23.3 B (non A)

contatto
contatto manuale
morsetti
oscilloscopio
quindi non dipende dalla variazione della area della spira

In <https://digilander.libero.it/gino333/magneti.jpg> si vedano i dati del campo fra due grandi magneti 100x100x25mm distanti 70mm. Oppure si veda come l'intensità del campo sulla superficie di un singolo magnete 100x100mm digradi dai bordi verso il centro tendendo a zero. Io ho sempre visto "disegni" di

questo esperimento: senza “fotografie” e senza misure credibili: mi sembra che questo sia un esperimento mentale conforme alle teorie correnti. Un po’ come la sinusoide fra i poli cilindrici. Non penso a malafede, nei libri ci sono disegni probabilmente ispirati ad altri vecchi di un secolo e chiunque penserebbe che sono cose straverificate Solo un ignorante-perditempo-rompiballe come me penserebbe di verificare, ma è chiaro che muovere una barra, che è un pezzo del filo di una spira, in un campo che non sia uniforme è come muovere un magnete nei pressi di un tratto di una spira: si genera tensione e il “meccanismo” da me proposto mi sembra applicabile anche in questo caso.

Nel caso **3** compare tensione. La barra si sposta secondo la freccia bianca e quindi il campo resta costante ma non è ortogonale: la tensione potrebbe dipendere dalla diversa **inclinazione** delle linee del flusso magnetico ai due bordi del polo (vedi in **TEST-2**). Una cosa simile sembra spiegare i test **E**(rosso) e **D**(bianco) nella tavola degli **Atri test miei**, cap-7 sugli omopolari (subito dopo l’articolo del prof. Pegna).

Quindi penso che questo test non sia risolutivo. La forza di Lorentz è molto più evidente in un tubo catodico dove non ha senso cercare un modello perché campo ed elettrone si guardano in faccia, senza spire od altro che li disturbino, c’è solo da constatare ciò che succede (e non credo si possa andare oltre, così come qui sto invece tentando di fare).

Non è che immaginando uno “stato” particolare degli elettroni io venga a negare ciò che viene chiamata Forza di Lorentz, è chiaro che fra gli elettroni (e il loro particolare “campo magnetico) debbano esserci delle interazioni, semplicemente io tento d’immaginare il “meccanismo” dell’interazione, cioè tento d’imitare ciò che faceva Faraday.

5 – Appunti sulla matematica

Scrivendo Faraday a Maxwell il 13.11.1857 ... *Quando un matematico ... è pervenuto alle proprie conclusioni, queste non potrebbero essere espresse nel linguaggio comune ... traducendole dai geroglifici nei quali sono espresse ...?* Come volpe di fronte ad uva troppo alta, sono costretto ad associarmi, ma immagino che la matematica in uso debba essere assai più articolata di quanto appare dalle quattro di Maxwell perché occorrerà tener conto dei molti fattori che ho osservato giocando con gli alternatori (non tutti i fattori di mia esperienza li vedo considerati negli esempi matematici che seguono).

Cioè mi domando **se la matematica corrente conduce a risultati esattissimi o se si tratta di buone approssimazioni**. Mi domando pure **se nella matematica in uso compare veramente la variazione del campo elettrico E**. Se tale variazione non fosse considerata (perché basta tener conto della variazione di quello magnetico su cui non ci piove) e se i risultati fossero soltanto un’approssimazione, non vedo perché la matematica corrente non potrebbe essere tranquillamente usata anche abbandonando l’idea del campo elettrico nell’area della spira. Certo ci si può domandare che senso avrebbe questa fatica se non avesse conseguenze matematiche. Beh, soddisferebbe almeno le mie curiosità di quand’ero bambino, eliminerebbe un ente (l’onda) che mi pare un doppione inutile e **metterebbe più in sintonia la fisica con ciò che l’uomo comune osserva**.

Sulla possibilità di fare previsioni esattissime con la matematica corrente ho avuto pochissimi riscontri. Riporto una discussione internettiana (dove mi sono permesso piccoli aggiustamenti formali):

IO: Un rotore assiale di 32 magnetini N35 20x20x20 mm disposti N-S-N-... diametro 350mm, a 240 giri al minuto. Con una spira quadrata (distate 0,5mm) di dimensioni tali che i due lati paralleli siano sorvolati contemporaneamente da N e S, leggo 60 millesimi di volt in alternata

FISICO: *Quei magnetini dovrebbero generare un campo massimo dell'ordine di 1.2 T. Stimando l'ordine di grandezza della tensione indotta: $\Delta V = \Delta \phi / \Delta t = 1.2 T * (2 * 10^{-2} m)^2 * 4 Hz * 32 = 60 mV$, siamo stati fortunati e abbiamo riottenuto il tuo risultato*

IO: Con un singolo filo, ortogonale al movimento dei magneti, risultano 30 millesimi di volt. Se poi il filo è parallelo si leggono 3-4 millesimi (parallelismo non perfetto)....

FISICO: *Ma se colleghi il "singolo filo" allo strumento di misura tramite i cavi di connessione allora si chiude il circuito e il singolo filo diventa parte di una spira.*

IO: A giudicare da questi risultati **ciò che succede nel foro è irrilevante ...**

FISICO: *No di certo, la tensione indotta ai capi della spira dipende dalla variazione del flusso del campo magnetico concatenato con la spira.*

IO: Poiché le formule in uso funzionano, la mia constatazione dev’essere stata non significativa, però mi sembra strano. Anche perché è “umanamente” comprensibile immaginare una “sferzata” impressa al filo dal campo magnetico che transita, mentre quello che succede nel foro dovrebbe influire sul filo tanto quello che succede fuori dal foro a parità di distanza. Qualcuno può confermare o chiarire?

FISICO: Secondo me nel campo magnetico c'è ben poco di "umanamente comprensibile", cioè esula completamente dal senso comune e dalle esperienze della vita quotidiana.

Questo fisico concorda quindi col suo collega che mi scrisse "Se per 'come', intendi 'il meccanismo sottostante', tranquillizzati, non lo sa nessuno, e meglio uno conosce il fenomeno meno gli interessa..."

A me questo pare un modo strano per fare fisica, comunque nella formula del FISICO intravedo la "forza" dei magneti (Tesla), una frequenza, il numero dei poli, immagino ci sia anche l'area e la velocità dei poli. Anche se il risultato è ottimo mi pare comunque una approssimazione: il campo non era certo uniforme, so poi per esperienza che bastano piccole varianti nella conformazione delle parti per avere grosse differenze. Non credo proprio che quella la formula rappresenti ciò che succede nei minimi dettagli: penso che il risultato centratissimo sia frutto del caso e che basterebbe modificare di poco la spira (la cui forma non mi pare sia stata considerata) per ottenere misure diverse.

IL FISICO non sembra aver utilizzato la variazione del campo elettrico. E neppure motivò il dimezzamento dei volt quando il magnete sfiorava solo un lato della spira. Se si guarda la tavola in fondo al capitolo-1 si vede che aumentando le dimensioni della spira la tensione aumenta fino a che si rispetta la regola di non far sorvolare i due lati attivi della spira dalla stessa polarità. In quel test, con la spira enorme in verticale, solo un lato della spira risentiva del passaggio dei magneti: ecco perché la tensione si dimezzò. Ci fu chi parlò di tensioni opposte lungo il filo lontano dai magneti, ma, come già detto, credo d'averlo smentito col test <https://digilander.libero.it/gino333/scalini.jpg> (il test era stato fatto per un altro problema risolto però più semplicemente utilizzando una descrizione della "variazione del flusso" migliore di quella che usavo allora, e che era incompleta, pur avendola tratta da un testo universitario, vedi appendice-3). Quando chiesi verifiche di casi più significativi mi dissero che le previsioni risultano sempre esattissime. Sarà anche vero, ma a me piacerebbe toccar con mano, mi calcolassero: ad esempio i volt generati dall'alternatore del capitolo-1. Invece il fisico X ammise che calcoli esattissimi riferiti agli alternatori in commercio non gli risultava che venissero fatti (riferisco con più dettagli in fondo a questo stesso capitolo).

In assenza di contributi diretti trascrivo dalle pagine 4,5,6 di

<https://www.roma1.infn.it/rog/pallottino/bacheca/IV-3-2%20F%20Induzione%20EM.pdf>

Esempio 1. Calcoliamo il flusso magnetico concatenato con una bobina.

Vogliamo calcolare il flusso magnetico concatenato con una bobina, costituita da $N = 10$ spire di raggio $r = 3$ cm, che si trova in un campo magnetico uniforme di intensità $B = 0,05$ T, sapendo che la normale alla bobina forma un angolo $\alpha = 30^\circ$ rispetto alla direzione del campo.

Qui il campo magnetico non è ortogonale alle spire della bobina, sicché il flusso magnetico attraverso una di esse sarà: $\Phi_i = SB \cos \alpha$, dove $\alpha = 30^\circ$ è l'angolo che la normale alla spira forma con B . Il flusso magnetico totale attraverso la bobina sarà allora:

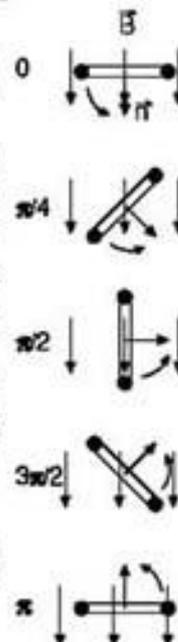
$$\Phi = \sum \Phi_i = N S B \cos \alpha = N \pi r^2 B \cos \alpha = 10 \times 3,14 \times (0,03)^2 \times 0,05 \times 0,866 = 1,22 \cdot 10^{-3} \text{ Wb} .$$

Esempio 2. Calcoliamo la variazione del flusso magnetico concatenato con una spira che ruota in un campo magnetico.

Una spira di raggio $r = 10$ cm ruota attorno a un asse perpendicolare a un campo magnetico uniforme B di intensità 0,01 T. Vogliamo calcolare la variazione del flusso magnetico concatenato quando la spira ruota di 180° .

Supponiamo che la spira parta dalla posizione di fig. 7 0), in cui la sua normale n (freccia blu) è parallela a B (freccia rossa), sicché l'angolo fra i due vettori è nullo. Il flusso magnetico che essa concatena è $\Phi_0 = \pi r^2 B \cos \alpha = 3,14 \times 0,1^2 \times 0,01 \times 1 = 3,14 \cdot 10^{-4}$ Wb. Quando ha effettuato un quarto di giro, la spira è nella posizione $\pi/2$, nella quale $\alpha = 90^\circ$, sicché il flusso concatenato è nullo. Nella posizione finale (fig. 7 π), la spira è di nuovo perpendicolare a B , ma questa volta $\alpha = 180^\circ$, sicché $\Phi_f = 3,14 \times 0,1^2 \times 0,01 \times (-1) = -3,14 \cdot 10^{-4}$ Wb. Notate che qui è necessario dare un segno (positivo o negativo) al flusso concatenato a seconda che l'angolo α sia acuto ($\cos \alpha > 0$) o ottuso ($\cos \alpha < 0$). La variazione del flusso magnetico quando la spira ruota di 180° è dunque: $\Delta \Phi = \Phi_f - \Phi_0 = 3,14 \cdot 10^{-4} - (-3,14 \cdot 10^{-4}) = 6,28 \cdot 10^{-4}$ Wb.

Figura 7. La spira, vista in sezione, ruota in presenza di un campo magnetico uniforme B (freccie rosse) attorno a un asse perpendicolare alla direzione del campo. Il flusso concatenato con la spira dipende dall'angolo α fra B e la normale n alla spira.



Esempio 3. Ricaviamo la tensione indotta in una spira che ruota in un campo magnetico.

Vogliamo ricavare una espressione per la f.e.m. istantanea indotta nella spira dell'Esempio precedente, quando essa ruota con velocità angolare costante ω .

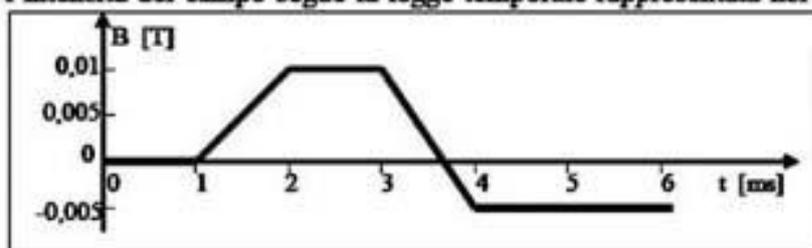
In tal caso, all'istante di tempo generico t l'angolo α fra la normale alla spira e il campo magnetico B è: $\alpha = \omega t$. E quindi il flusso magnetico concatenato con la spira è: $\Phi_C(t) = \pi r^2 B \cos \omega t$.

Applicando la formula (7) ricaviamo pertanto: $V(t) = -\pi r^2 \frac{d \cos \omega t}{dt} = \pi r^2 \omega \sin \omega t$.

Quesito. Quale sarebbe la f.e.m. indotta nella spira, se questa ruotasse intorno a un asse parallelo a B ?

Esempio 4. Calcoliamo la tensione e la corrente indotta in una spira da un campo magnetico uniforme variabile nel tempo.

Vogliamo calcolare la tensione e la corrente indotta in una spira rettangolare di lato $L = 10$ cm e resistenza $R = 0,5$ ohm in presenza di un campo magnetico diretto perpendicolarmente al piano in cui giace la spira, a) quando l'intensità del campo magnetico varia di $\Delta B = 0,001$ T nell'intervallo di tempo $\Delta t = 0,1$ ms; b) quando l'intensità del campo segue la legge temporale rappresentata nel grafico, con valore massimo positivo $B_+ = 0,01$ T e valore massimo negativo $B_- = 0,005$ T, in tal caso tracciando il grafico corrispondente dell'intensità della corrente indotta (attenzione: qui attribuiamo un segno a B per indicarne il verso).



(attenzione: qui attribuiamo un segno a B per indicarne il verso).

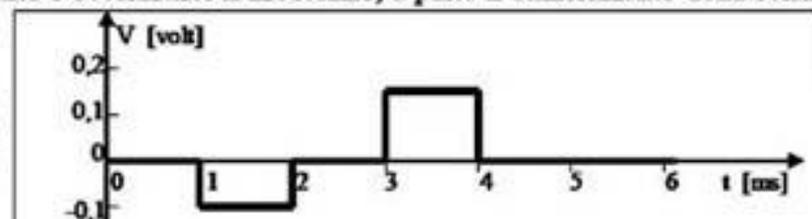
Per calcolare la tensione indotta utilizziamo l'espressione (8) della legge di Faraday-Neumann; per calcolare la corrente indotta utilizziamo la prima legge di Ohm (\rightarrow pag. xxx). Dato che il campo magnetico è perpendicolare alla spira, con area $S = 0,1^2 = 0,01$ m², il flusso concatenato con essa è dato semplicemente dal prodotto $\Phi_C = BS = 0,01$ B Wb.

a) Essendo $\Delta B = 0,001$ T, e corrispondentemente $\Delta \Phi_C = 0,01 \times \Delta B = 10^{-5}$ Wb, e $\Delta t = 0,1$ ms, si ha $V = -\Delta \Phi_C / \Delta t = -10^{-5} / 10^{-4} = -0,1$ volt. Si ha di conseguenza $i = V/R = -0,1/0,5 = -0,2$ A. Il segno meno significa che la corrente scorre nella spira in senso tale da produrre un campo opposto a quello inducente. Notiamo poi che la tensione indotta V e la corrente indotta i si manifestano soltanto durante l'intervallo di tempo Δt .

b) Per calcolare la tensione indotta dalle variazioni del campo magnetico rappresentate nel grafico suddividiamo l'intervallo di tempo considerato in tanti intervallini di durata $\Delta t = 1$ ms, durante ciascuno dei quali il campo è costante oppure varia linearmente nel tempo. Appliciamo poi la legge (6) per ciascun intervallino.

Si nota che gli unici intervallini durante i quali il campo varia sono Δt_2 , per il quale si ha $\Delta B_2 = 0,01$ T, e Δt_4 , per il quale si ha $\Delta B_4 = -0,005 - 0,01 = -0,015$ T. In tutti gli altri il campo è costante sicché la tensione indotta e la corrente indotta sono entrambe nulle. Durante l'intervallino Δt_2 sia ha $\Delta \Phi_{C2} = 0,01 \times \Delta B_2 = 0,01 \times 0,01 = 10^{-4}$ Wb, e quindi $V_2 = -\Delta \Phi_{C2} / \Delta t_2 = -10^{-4} / 10^{-3} = -0,1$ volt, $i_2 = V_2/R = -0,1/0,5 = -0,2$ A. Durante l'intervallino Δt_4 sia ha $\Delta \Phi_{C4} = 0,01 \times \Delta B_4 = -0,01 \times 0,015 = -1,5 \cdot 10^{-4}$ Wb, e quindi $V_4 = -\Delta \Phi_{C4} / \Delta t_4 = 1,5 \cdot 10^{-4} / 10^{-3} = 0,15$ volt, $i_4 = V_4/R = 0,15/0,5 = 0,3$ A. La figura riporta il grafico dell'andamento temporale della tensione indotta ottenuto utilizzando i dati precedenti, ammettendo che la tensione sia costante durante ciascun intervallino. Il grafico della corrente è ovviamente il medesimo, a parte il cambiamento della scala verticale e della corrispondente unità di misura.

Discutete ora voi stessi il significato del segno (+ o -) delle tensione e della corrente indotta.



Anche nell'esempio-4 **non mi pare d'aver visto nulla collegato in modo esplicito a quella variazione di campo elettrico E** (onda elettromagnetica) che sarebbe a fondamento dell'induzione (cioè non ho visto il simbolo E, magari qualcuno mi dice dov'è o da dove si deduce).

Quanto alla precisione dei calcoli, bisognerebbe farli con riferimento a casi reali e vedere che succede, però il fatto che si presupponga sempre **l'impossibile B uniforme** mi conforta nell'idea che i calcoli siano sempre e soltanto buone approssimazioni.

NB. Sull'impossibilità di B **uniforme** (a parte il campo magnetico terrestre) si veda il già segnalato <https://digilander.libero.it/gino333/magneti.jpg> A mio parere è solo possibile far transitare un conduttore in una zona in cui il campo è costante, si veda ad es. i miei test P1 e P2 nell'appendice-7 e il nr. 3 per la barra conduttrice alla file del capitolo-4

Ho chiesto lumi al solito gentilissimo fisico X:

"... dove posso trovare evidenza della variazione del campo elettrico nei calcoli che forniscono l'intensità dell'induzione magnetica-spira in un caso reale? non vedo degli E nelle pag 4-5-6 di <https://www.roma1.infn.it/rog/pallottino/bacheca/IV-3-2%20F%20Induzione%20EM.pdf>, magari sono scritti in altro modo. Oppure devo cercare altrove?"

Risposta: *Non trovi gli E da nessuna parte perché, dato che si parla di induzione, si parla soprattutto di variazioni di flusso, di correnti indotte e di f.e.m. La forza elettromotrice (che è una funzione del tempo) è data dall'eq.5 il cui significato dovrebbe più o meno esserti noto e che comunque è esplicitato in dettaglio nel testo. Ricordando che i Volt non sono altro che E/metro il gioco è fatto ... almeno dal punto di vista matematico. Dal punto di vista fisico tu potresti, in linea di principio, calcolarti tramite la 5 il valore del campo E in ogni punto dello spazio e in ogni istante (sempre essendo in grado di manipolare correttamente la matematica). Comunque anche così non avresti E ma solo una serie di valori locali di E. Per avere un'espressione di E dovresti essere in grado di descrivere in un'unica equazione tutti i possibili valori di E in tutte le possibili posizioni ed in ogni immaginabile istante di tempo. Ovviamente è un compito possibile e quasi automatico. Ma è altrettanto ovvio che non sia alla tua portata ... altrimenti l'eq. 5 ti avrebbe già raccontato tutto. Te l'ho detto un sacco di volte, la Matematica a te appare come una complicazione. Invece serve proprio per semplificare! L'eq.5 è sintetica, semplice e priva di ambiguità. Molto meglio che diverse pagine di testo. Ma se per te il significato di tutti i simboli utilizzati nelle eq. 4-5 non è chiaro e non sono chiare le relazioni tra le varie grandezze è ovvio che l'eq. 5 ti racconti molto poco.*

Al che gli ho ribadito che in quel link gli input riguardavano il campo magnetico (irrealisticamente supposto uniforme), l'area della spira, l'angolo del campo, la velocità eccetera tutte cose ovvie (anzi insufficienti per una descrizione realistica) **mentre non vedevo E**. Risposta:

... è ovvio che nessuno possa utilizzare E per calcolare E

Avrei quindi motivo per cantar vittoria però quel fisico mi ha subito ricordato che la variazione di campo elettrico è comunque sempre presente a causa della natura dell'elettrone. Io ho ribattuto come segue: "non dubito che B sia causato da quello che stanno facendo gli elettroni e poiché gli elettroni posseggono una carica elettrica non ho motivo per dubitare che il loro B sia legato a questa carica elettrica. C'è un campo elettrico che sta variando per colpa degli elettroni? O ci sono dei "fotoni" che si rincorrono? Possibile tutto, ma gli elettroni ci sono anche in un pezzo di pane che non possiede B: forse che gli elettroni del pane sono congelati? Ho l'impressione che siano come tutti gli altri ma che se ne stiano giù d'ordine: **se così è la causa di B non mi pare sia la variazione del campo elettrico E, ma l'ORDINE della moltitudine dei B degli elettroni che la generano**" ma non l'avessi mai scritto !!! ☹, ecco l'inevitabile rimprovero:

*qui tu forzi tutto oltre i limiti della teoria classica e chiami in ballo la quantistica ma a sproposito perché non puoi comprenderla. Per la teoria dell'elettromagnetismo l'unica maniera per produrre un campo magnetico è generare una corrente. Questa spiegazione va bene per tutto tranne che per il caso di un magnete permanente. La spiegazione in termini di ciò che fanno gli elettroni è una spiegazione a posteriori. Per la teoria dell'elettromagnetismo il campo di un magnete permanente esiste punto e basta. La spiegazione a posteriori deve essere compresa. Ma non è facile farlo. L'elettrone non è più una semplice carica. L'elettrone è un oggetto che possiede una carica ma possiede anche un'energia. Il punto è che l'energia dell'elettrone è esprimibile come una frequenza. Cosa che vuol dire che l'elettrone è sia una particella dotata di massa che un'onda dotata di frequenza. Sei in pieno dualismo onda-particella. Così come sei in pieno dualismo quando devi descrivere l'energia scambiata tra due elettroni. Lo scambio avviene tramite un fotone. Ma un fotone è sia una particella che un'onda. Quindi, tecnicamente parlando, non è una particella ma un quanto. Ti ripeto che **non dovresti mai parlare di elettroni dato che sono oggetti che non comprendi**. Puoi utilizzare la parola elettrone ma intendendola come un sinonimo di carica elementare. Un elettrone però non è solo una carica elementare. E' un quark con tutto ciò che ne consegue. Quindi, io ti suggerisco di accontentarti di sapere che il campo magnetico di un magnete permanente è determinato da una proprietà collettiva degli elettroni in un certo tipo di conduttore e fermati lì. Per dire di più dovresti sapere cosa veramente è un elettrone e comprendere le proprietà collettive di uno sciame di oggetti che sono fermioni (cioè che obbediscono alla statistica di Fermi). Non è proprio possibile entrare minimamente in dettaglio senza costruire prima le basi necessarie.*

Sarà tutto verissimo, ma quello che affermano i quantisti non è roba osservabile e io ho dichiarato che intendo mettermi nei panni di Faraday tenendo però presenti le cose indubitabili venute alla luce nel frattempo. Non ho molta fiducia in wikipedia ma il passo che segue è confermato da molte fonti:

"occorre tenere conto del fatto che i moti di agitazione termica tendono, in generale, a disporre casualmente tutti questi microscopici dipoli magnetici, così che normalmente l'effetto magnetico complessivo è nullo. Solo in taluni minerali, i magneti, i micromagnetini si autodispongono secondo direzioni comuni formando su scala macroscopica le cosiddette regioni o domini di Weiss con dipoli tutti orientati nella stessa direzione" Quindi fino a prova contraria **il flusso magnetico attorno ad un filo dev'essere determinato dall'orientamento degli elettroni che stanno correndo**. Ma la questione è un'altra: perché il moto degli elettroni non può essere causato da "spinte" al loro campo magnetico? Se la corrente è un moto di elettroni cosa mi costringe a pensare che essi si muovono rincorrendo un'onda del capo elettrico? E se poi mi dite che l'onda non c'è ma ci sono i fotoni?

Quanto all'esattissima previsione che si potrebbe fare con riferimento a un alternatore simile a quelli che faccio io lascio la parola allo stesso gentilissimo fisico X (che ho dovuto parecchio stratonare perché parlasse chiaramente):

ai fini pratici non credo che nessuno che fosse interessato a produrre un alternatore commerciale si sia mai avventurato in calcoli rigorosi. Non ne capirei il motivo. E' decisamente più conveniente fare delle semplici stime e poi caratterizzare il prodotto ottenuto. Per quanto riguarda le bobine invece i calcoli si fanno spesso rigorosamente. Il caso del sincrotrone è un esempio. Lì non è possibile sbagliare altrimenti dovrei cambiare il raggio di curvatura della ciambella! ... Nel caso di un sincrotrone non si bada a spese. Ma un avvolgimento è solo un avvolgimento. Se non fosse economicamente proibitivo potresti progettare un alternatore perfetto ... ma poi dovrei trovare un acquirente!

Il motore asincrono (che può essere usato anche come alternatore) viene prodotto in miliardi di esemplari, se potesse essere "calcolato" con grande precisione, lo si farebbe di certo. Quindi è senz'altro vero che <<... le relazioni che legano fra loro le grandezze EM e le loro variazioni sono ben note. Il calcolo, nei casi reali, è complesso *solo* perché richiede una gran quantità di operazioni aritmetiche.>> ma questo non mi pare porti a risultati così esatti da rendere la teoria in uso esente da ogni ragionevole dubbio. Aggiungo che uno dei professori di fisica consultati mi confermò che per le ottimizzazioni occorreva **provare e riprovare**. (e così io ho fatto col mio alternatore)

6 – un'unica teoria per corrente, radiazione e corrente di spostamento?

Ho già detto che a mio parere induzione e radiazione **sono fenomeni certamente imparentati ma non identici** nonostante siano descritti con la stessa matematica: nella radiazione viene generata un'onda elettromagnetica che, se non ricevuta, si disperde nello spazio. Nell'induzione magnete-spira abbiamo invece due attori che dialogano fra loro: il magnete e la spira. Cambiando il carico sulla spira abbiamo una retroazione su chi fornisce l'energia. Quel fisico X che si prodigò nel vano tentativo di farmi intender ragione, sostenne invece che **una trasmissione radio e l'induzione magnete-spira sono proprio la stessa cosa**: "... Dire che non c'è retroazione è equivalente a dire che stai pensando di trasmettere gratis, cioè stai violando il principio di conservazione dell'energia ..." Gli risposi dichiarando d'essere ben consapevole che trasmettendo 100 watt non più di 100 watt possono essere raccolti dai ricevitori ma che se durante la trasmissione i ricevitori fossero distrutti, la trasmittente non ne risentirebbe in alcun modo, anche se un attimo prima buona parte dei 100 watt fossero ricevuti, ma non bastò per fargli cambiare idea.

Trovo incredibile che con radiazione e corrente si faccia di tutt'erba un fascio. La fisica classica vede la causa della corrente in un'onda che si forma nell'area della spira e che poi viaggia nei fili tirandosi dietro gli elettroni. **Io viceversa credo che la corrente sia causata dall'interazione di due flussi magnetici e che il moto degli elettroni sia a sua volta sia causa del campo elettrico e magnetico** che si forma attorno al filo.

La stessa divergenza d'opinioni era sorta a proposito della **"corrente" di spostamento** sulla cui natura (manco a dirlo) ho qualche perplessità. E' fuor di dubbio che fra le piastre di un **condensatore** si osservi un **campo elettrico** visto che anche le piastre si attraggono, addirittura i condensatori possono bruciarsi a causa di un reale e indesiderato "salto" di elettroni fra le piastre. Sono fenomeni certamente connessi con una variazione del campo elettrico. Ma il termine "corrente" di spostamento mi pare avesse senso per Maxwell perché non conosceva gli elettroni e perché credeva nell'etere. Vero che sull'induzione la mia ignoranza è alleviata da osservazioni e che questo non accade per la corrente di spostamento, tuttavia mi azzardai ad esprimere la mia opinione (eretica) al quel fisico X (sempre in corsivo le risposte ricevute):

... 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 inserite in mezzo due piastre (tenute a contatto per dar continuità), faccio girare corrente continua e poi apro un pochino le armature, avrò come prima un

addensamento di elettroni in una piastra e un diradamento nell'altra, ma permanente e 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 continua il moto degli elettroni continuerà fino a che l'affollamento su di una piastra non diventerà eccessivo. Se la tensione sul filo viene invertita (quindi la corrente diventa alternata) gli elettroni si dirigeranno verso l'altra piastra. Perciò la corrente di elettroni ci sarà solo nel filo mentre fra le piastre io sarei ereticamente indotto a pensare che **fra le armature ci sia solo ciò che viene chiamato "campo elettrico" e che fa da "molla" e quindi non ci vedo nessuna "corrente" di spostamento.**

... 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.

Ecco quindi una falsa "corrente" immaginata come un'onda elettromagnetica

Oggi è **del tutto evidente che l'interpretazione di Maxwell fosse scorretta. Ma, sorprendentemente l'equazione rimane ancora valida.**

OK, ma la "corrente" non c'è. Quindi Selleri (appendice-5) aveva ragione di scrivere: **"La correttezza del formalismo matematico non è sufficiente ad omologare una struttura scientifica ..."** (e la stessa cosa è successa con Ampere per l'azione in linea a distanza).

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. E poi consente di dire: se ho una variazione del campo elettrico allora avrò un campo magnetico variabile. Tutto ciò elimina ogni asimmetria tra campo elettrico e campo magnetico ...

Va bene, però non è questa l'asimmetria di cui si lamentava Einstein (vedi Appendice-1). Qui la questione è diversa: se la corrente è un moto di elettroni, fra le piastre la corrente non c'è,

... 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.**

Allora i miei sospetti erano fondati: per la fisica corrente la corrente non è un moto di elettroni, ma un'onda elettromagnetica che trascina gli elettroni (ve lo immaginate il casino che c'è dentro un microprocessore se il vettore di Poynting corrisponde alla realtà?)

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. 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.

A me non sembra un ragionamento adamantino, limpido come l'acqua di un ruscello. Di radiotecnica non so nulla. Mi limito ai fatti a me noti. Se alimento un condensatore con una pila creo una "tensione" fra le piastre e quindi creo ciò che chiamano "campo elettrico" (le piastre si attraggono). Se al posto della pila ci metto una lampadina e riattacco i fili, la lampadina si accende perché rifluisce la corrente di elettroni che riequilibra le due piastre. La causa di questa corrente è un'onda elettromagnetica o in movimento di elettroni dovuto al loro squilibrio fra le piastre? Se sono gli elettroni ad accendere la lampadina il campo elettrico (o elettromagnetico, lo si chiami come si vuole) è solo una "molla" che in questa situazione risulta insufficiente a mantenere lo squilibrio di elettroni fra le piastre.

Mi sembra quindi che l'idea dell'onda elettromagnetica domini il mondo dell'elettrodinamica classica oltre al ragionevole. Come già detto, poiché la matematica dell'induzione evoca pure la l'onda della radiazione elettromagnetica (della luce), la conferma di questa può aver indebitamente avallato un'onda elettromagnetica pure nell'induzione. Vero che anche in Faraday compare qualcosa di simile; si vedano alla fine del cap.8 le vicissitudini dei cavi telegrafici oceanici: Faraday aveva previsto i problemi che poi si verificarono: **"... una gigantesca bottiglia di Leida: accumulava grandi quantità di carica elettrica. Tale processo si sovrapponeva allo stato di tensione polare nel cavo che, secondo Faraday, doveva precedere la conduzione di elettricità ..."** Ma, mi ripeto, Faraday non conosceva gli elettroni ed era "costretto" ad immaginare una specie di onda elettromagnetica, ma oggi cosa penserebbe? E cosa penserebbe Maxwell? Siamo sicuri che Maxwell approverebbe Poynting e i "maxwelliani"?

Può anche essere che l'ostilità a **separare l'induzione dalla radiazione** dipenda **dallo spirito unificante della fisica** (che spera sempre di trovare l'unica formula che governerebbe il mondo ☺). Difatti quel fisico X mi accusò di complicare le cose. Riconoscere l'evidenza non mi pare un errore, inoltre in ciò che ho immaginato **scompare l'attuale separazione fra trasformatori, alternatori e omopolari**, vi pare poco?.

Molti fisici non si preoccupano troppo dei modelli fisici e considerano inutile "filosofia" cercare di capire come "realmente" si comporta la natura: essi ritengono sufficiente una formula che funzioni. Lo dice Giancarlo

Ghirardi in "Un'occhiata alle carte di Dio" (alla fine del punto 16.3) dove scrive che mentre nella meccanica e nella termodinamica i risultati sono umanamente "sensati" così non è nella quantistica (e l'onda dell'induzione vi rientra per effetto dei fotoni che costituirebbero l'onda). Ghirardi scrive che ci sono fisici "che non pensano che la scienza possa portare a una qualche forma di comprensione del reale, ma che il suo scopo si riduca alla previsione di eventi futuri o alla costruzione di marchingegni utili". Dice pure che a volte facendo "ricorso ad una approssimazione (ci si) porta a situazioni accettabili", non mi è chiarissimo cosa intende dire, ma sembra portar acqua al mio mulino. Ad ogni modo, se il libro di Toscano non distorce i fatti a me sembra chiaro che Maxwell non potendo trovare modelli fisici ragionevoli, si accontentò della matematica. Chi invece metteva la matematica avanti tutto mi pare fossero gli Ampere, i Weber, eccetera, coloro che predicavano l'azione a distanza.

Si legge che Maxwell un po' tradì il pensiero di Faraday, ma forse pure i posteri tradiscono Maxwell e non solo per la questione etere. A me pare che si vogliano congelare i personaggi storici a ciò che la situazione del tempo permise loro. Come si può pensare che geni come Faraday e Maxwell non avrebbero tratto vantaggio dalla conoscenza degli elettroni? Se la quantistica è difficile (e magari ancora in costruzione) perché oggi non si deve non tener conto di ciò che è noto?

Come si fa a dire che le linee che disegnano il flusso magnetico indicano qualcosa fatto di niente (a dispetto di Faraday) quando poi si dice che il ferro, il burro, l'aria, il vuoto e il fumo di candela hanno una specifica "permeabilità" magnetica?

Come fa il niente che attraversa qualcosa a rendersi conto della natura fisica di quel qualcosa?

Mi è stato detto più volte che l'elettromagnetismo di Maxwell è stato confermato dall'elettrodinamica quantistica, ma ho sempre avuto il dubbio che tale corrispondenza potesse essere stata forzata. Recentemente in una discussione in un forum ho chiesto: "Chissà se è possibile far intuire a chi non sa di matematica come mai coi gravitoni s'arriverebbe alle stesse formule della Relatività Generale". Risposta: "E' come chiedersi come mai dai fotoni si arriva a giustificare le equazioni di Maxwell: semplicemente perché nello sviluppare la QED si è partiti da quelle formule lì". Chi l'ha scritto non era un luminare, ma era ben giudicato dai luminari, pertanto dovrebbe essere persona credibile.

Per finire non sono il solo ad avere turbamenti eretici. Cito ad es.:

Quale universo? Come la fisica fondamentale ha smarrito la strada di David Lindley

<https://www.ibs.it/quale-universo-come-fisica-fondamentale-libro-david-lindley/e/9788806247355>

All'inizio del Seicento, Galileo si liberò dal giogo dell'antica filosofia platonica e aristotelica. Affermando che la comprensione della realtà si sarebbe dovuta basare su ciò che possiamo osservare e non sul pensiero puro, Galileo rivoluzionò drasticamente la nostra visione del mondo naturale. In questo modo inventò quella che è stata chiamata scienza e preparò il terreno a Keplero, Newton ed Einstein. Ma all'inizio del Ventesimo secolo la scienza inizia a cambiare rotta. Quando la fisica quantistica condusse in regni sempre più lontani da ciò che si poteva osservare direttamente, i teorici furono costretti ad affidarsi alle virtù estetiche della matematica per sviluppare la loro concezione della realtà fisica. Per molti fisici, il potere della matematica iniziò a sostituire le intuizioni scientifiche su cui si erano basati i predecessori. Questo processo, però, rese le loro teorie sempre più resistenti all'esame sperimentale e all'osservazione. Di conseguenza, oggi gran parte della fisica teorica è ancora una volta più simile alla filosofia di Platone che al modello secolare di scienza da cui ha avuto origine. Ma la scienza che ha perso ogni collegamento con i fenomeni misurabili, si chiede David Lindley in questo libro, è ancora scienza? «Immaginare che la fisica potesse rendere conto di ogni singolo dettaglio della costruzione e dei contenuti del nostro universo era senza dubbio esagerato, ma ora la ricerca sembra essere finita all'estremo opposto. Secondo l'ipotesi del multiverso, la risposta a quasi ogni domanda su come o perché il nostro universo ha l'aspetto che ha è che una risposta non esiste. Nel nostro universo le cose hanno questo aspetto, ma in qualche altro universo ne hanno uno diverso. È un bel passo indietro rispetto alle stravaganti speranze di qualche decennio fa. In più, ne deriva una domanda provocatoria: esattamente, che cosa stanno cercando di ottenere oggi gli studiosi di fisica fondamentale? Se le loro teorie non hanno uno specifico potere esplicativo riguardo al nostro universo in particolare, a quale domanda più generale, se ne esiste una, stanno cercando di rispondere? Questo nuovo libro è la mia esplorazione di quella domanda e giunge ad alcune conclusioni che pochi fisici che si occupano di questioni fondamentali o cosmologiche saranno felici di sentire.»

All'inizio del ventesimo secolo? All'inizio delle mie scorribande nella divulgazione (esecrata da molti ortodossi) anch'io avevo capito fosse stato Einstein la causa del prevalere della matematica, poi ho pensato di dover retrodatare a Maxwell. Ora mi sono pentito, come detto prima già Ampere e Weber erano su questa linea (che poi è quella di Newton) mentre Maxwell più di altri comprese Faraday (che mi pare il più grande di tutti) e se fosse campato più a lungo chissà cosa ci avrebbe dato. Fra l'altro pare fosse una bravissima persona, come Faraday del resto e come moltissimi dei loro colleghi.

Non ho idea dell'attendibilità di Lindley ma quello che scrive mi ricorda "La rinascita del Tempo" di L.Smolin dove il poco che credo d'aver compreso mi è sembrato più pazzesco che stupefacente. Immagino che pochi fisici concordino con Lindley, ma c'è qualche contatto con le considerazioni finali di Smolin in "La rivoluzione

incompiuta di Einstein” dove sembra che pure per Smolin la fisica sia finita in un vicolo cieco. Ho fotografato l'epilogo del testo in <https://ibb.co/Wyk4G1C> e <https://ibb.co/7S5SRXQ>

Vero però che nel libro di Smolin ho trovato una frase assai scoraggiante per chi, come me, tenta di mettere il becco in cose che non lo riguardano "... *E' così che la ricerca viene insegnata, riconosciuta, finanziata e ricompensata dalla comunità accademica. Una comunità, va detto, di cui dobbiamo essere parte attiva affinché il nostro lavoro sia preso sul serio*" Quindi niente spazio per chi non ha titoli mentre pure chi ha titoli deve stare ben attento perché: "cercare di inventare una nuova fisica è rischioso per la mia carriera e dannoso per la mia stabilità emotiva". A compensare l'autore nel capitolo 19 di "La rinascita del tempo", smitizza la matematica, ecco alcune frasi: "... il linguaggio che governa la scienza è il linguaggio naturale ... la fisica non può essere interpretata come la ricerca di un doppione matematico ... la matematica continuerà ad essere un'ancella della scienza, ma non può più essere la sua regina". Significativo quel "non può più": intendo che ora lo è e che non dovrebbe esserlo.

Mi pare ci sia assonanza col cap.11 di Lindley dove parla dell'equazione dell'elettrone di Dirac la cui matematica predisse l'antieletrone (trovato) ma pure il monopo (non trovato). Formula che però può assumere forme diverse, pertanto più che "formule" a me paiono "titoli" di cose assai più complesse, pertanto la loro eventuale "bellezza" non mi pare possa significare qualcosa.

La "bellezza" è opinabile: un tempo le donne piacevano grasse, ora non più.

Appendice 1– Le asimmetrie di Einstein e la duplice spiegazione di Feynman

Einstein scrisse nel 1905: "*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 ...*" riflessione da cui (unitamente alla costanza di c) nacque la Relatività Ristretta. In effetti un **professore eretico** (che non crede alla Relatività Ristretta) mi scrisse: "... *Asimmetrie in campo elettromagnetico sono teoricamente prevedibilissime secondo le equazioni di Maxwell, che non dimentichiamoci erano inizialmente aether-based. Di conseguenza non è vero che il moto va trattato come unicamente relativo tra i corpi, ma deve essere inteso come relativo all'etere ...* Incuriosito, riuscii a contattare un ex-professore dell'università di Pisa, particolarmente orientato sulle questioni relativistiche, il quale m'assicurò che l'interpretazione *consueta* cui accennava Einstein era ancora attuale e che l'*asimmetria* veniva risolta dalla Relatività Ristretta perché l'uno dei due meccanismi (moto dei magneti oppure della spira) si trasformava nell'altro cambiando il riferimento da cui si osserva.

OK, ma c'era bisogno della RR per giustificare una cosa che a me sembra ovvia? Sembra di sì a giudicare da quanto scrive lo stesso professore di Pisa in <https://it.scienza.fisica.narkive.com/Uz3IjQRC/risoluzione-delle-asimmetrie-che-non-sembrano-conformi-ai-fenomeni> Inutile far notare che se fosse vero che l'induzione dipende da uno "stato elettrotonico" particolare degli elettroni, nel caso degli alternatori, dei trasformatori e (come si vedrà) degli omopolari non ci sarebbe per essi alcuna asimmetria da giustificare e per essi le equazioni di Maxwell (indubitabili altrove) fornirebbero più o meno comodi metodi di calcolo "approssimativo" dei risultati attesi, ma non fornirebbero "immagini" di possibili "meccanismi" che 150 anni dopo continuano a sollevare perplessità.

Neppure "**L'evoluzione della fisica**" di Einstein-Infeld, mi aveva chiarito le idee.

Dal capitolo "la prima grave difficoltà" (i numeri 1-2-3 sono contrassegni aggiunti da me):

Orsted: 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,

Poi alla fine del capitolo "Campo come rappresentazione" si legge:

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

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

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

veramente a me sembra che abbia **osservato** una corrente, mentre il campo elettrico è solo una teoria.

3) ... 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 ... 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 variante è accompagnato da un campo elettrico ... il campo elettrico esiste anche in mancanza del circuito necessario per accertare la presenza di una corrente indotta

Mica tanto chiaro a mio parere. Considerando 3) credo che 1) e 2) potrebbero essere sintetizzati così: **moto della carica → variazione di un campo elettrico → corrente → campo magnetico associato**, ma questo deve convivere pure col fatto che una **variazione di un campo magnetico è accompagnato da un campo elettrico**, concatenazioni che lasciano però perplessi perché moto della carica e corrente sono sinonimi mentre **non è chiaro “chi nasce da”**.

Certamente **tutti i fenomeni elettromagnetici sono interconnessi** ma l'unica **asimmetria** che vedo sta nel **“pensare” alla forza di Lorentz quando si muovono le spire e nel “pensare” alla legge di Faraday quando si muovono i magneti**. Mi sembra che Feynman si riferisse a questo scrivendo: **“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”**. Vero che gli esperti mi dicono che io non sono in grado di capire cosa Feynman realmente intende dire: così sarà, io mi limito al senso letterale, i doppi sensi e/o la scrittura fra le righe eccedono le mie capacità (e chi scrive fra le righe meglio farebbe ad impiegare un po' di carta in più).

Forse Feynman esprimeva stupore per le conseguenze del corrente modello (matematico). Vedi ad es. **INFN**: <https://scienzapertutti.inf.n.it/chiedi-allesperto/tutte-le-risposte/887-156-perche-una-carica-in-movimento-genera-un-campo-magnetico-e-perche-una-corrente-variabile-genera-un-campo-elettromagnetico>

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), ... 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

L'interrogativo (?) l'ho inserito per esprimere il mio stupore visto che i campi si toccano con mano.

Non trascrivo né commento l'intero articolo perché non posso dire d'averlo compreso, risulta però chiaro che **la questione impatta sulla Relatività Ristretta**. Proseguo la citazione.

*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”... (seguono notizie storiche) ... 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** ...*

Ho riportato i passi precedenti sia perché si ammette che **la cosa può apparire confusa**, sia perché la frase sottolineata mi risulta in contrasto con quella che sottolineo nel passo successivo:

*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**.*

E' la stessa cosa (scritta peggio) che si legge nell' "elettrodinamica dei corpi in movimento": **“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”** 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...”**

In effetti lo dice più avanti anche INFN:

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),

? non capisco, comunque sarà contento Lorentz

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. In conclusione possiamo dire che sia il campo magnetico che il campo elettrico sono due diverse manifestazioni del campo elettromagnetico, che viene descritto dando sei grandezze (le tre componenti del campo elettrico più le tre componenti del campo magnetico), che possono trasformarsi le une nelle altre cambiando il sistema di riferimento nel quale si osserva il fenomeno (così come succede alle componenti di un vettore quando si ruota il sistema di riferimento). Il campo elettromagnetico è generato dalla cariche elettriche, le quali quando si muovono di moto accelerato, come in un'antenna, emettono delle onde elettromagnetiche.

E perché quelle cariche "non si compensano più"? Decisamente al disopra delle mie facoltà di comprensione (e in contrasto con le mie esperienze). Per comprendere una cosa strana (l'asimmetria) che condusse Einstein alla RR devo usare la RR? Perdonatemi, ma mi pare una **dimostrazione circolare**. Se anche non ci fosse nessuna asimmetria da giustificare, la RR resterebbe necessaria a causa della costanza di c . Pare una cosa così semplice! **con la sinistra agito una spira e con la destra un magnete**, se le mie braccia avessero una sensibilità adeguata **avvertirei l'agire di una forza: sarebbe un'informazione che nasce in un unico "sistema di riferimento"** (mani, braccia, nervi e zucca, sono tutte mie) **deve cambiare qualcosa se muovo (simmetricamente) la sinistra o la destra?** Non credo, Galileo sarebbe contento e io pure. Vi pare una banalità dovuta alla mia incompetenza? Aprite il libro di Lindley al capitolo quindicesimo, a suo parere il campo non è matematica, ma realtà. Ok. Ma quello che io avverto come entità distinte, campo magnetico e il campo elettrico, nascono dall'elettrone. Magari l'elettrone è una particella del campo elettromagnetico, ma ciò che lui combina mi pare siano **fenomeni distinti**, un delinquente può essere sia ladro che assassino (perdonate fa facezia).

Più accessibile di INFN la spiegazione di un professore di Fisica (non è X) che riporto per intero:

...La tua perplessità nasce dal fatto che ti raffiguri un campo elettrico come qualcosa di materiale, una "nebbiolina", che "o" c'è "o" 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 infradico 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 lì "ov'è" 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 lì 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 (e "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.

Sembra corrispondere all'articolo INFN; questa versione la trovo un po' più comprensibile, ma è sempre al disopra delle mie forze: Dio non solo gioca a dadi, ma ama pure gli indovinelli. Allora ero incerto fra le due teorie correnti, non le consideravo ancora approssimazioni matematiche e così scrissi all'autore che forse l'unico vero fenomeno era la forza di Lorentz (tesi del professore Giuliani); ecco la risposta:

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 e' 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. Perche' per te e' 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.

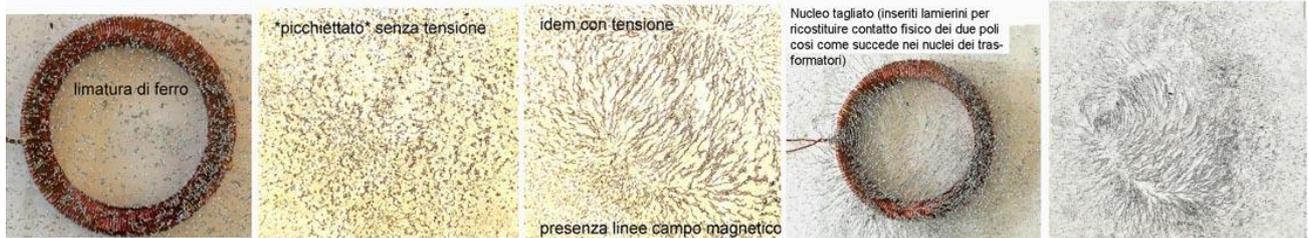
giustissimo

Per cui la legge di Faraday ti sta più "antipatica". Allora: **confermo che il tuo modo di vedere le cose e' 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. Allora, ogni carica mobile q che si muove rispetto al campo magnetico trascinata dal filo e' 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" $E*s$. In realtà, è meglio non parlare qui di "potenziale", perché a differenza del campo E creato da cariche ferme, questo campo *non* e' 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'e' un teorema matematico, che si dimostra facilmente con qualche passaggio di calcolo differenziale, per cui la FEM indotta misurabile ai capi della spira e' proporzionale (a meno di una costante che dipende dalle unita' di misura) alla velocita' di variazione del flusso del campo magnetico attraverso una qualsiasi superficie che ha per contorno la spira: che e' 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.** Esistono pero' altri casi, in cui *in nessun riferimento* il campo magnetico e' costante nel tempo, per esempio perche' "non si muove", ma e' *la sua intensita'* che passa da un valore massimo a zero a un valore massimo in verso opposto e via avanti ...

È il caso del **trasformatore**: come scritto prima a mio parere potrebbe rientrare nella famiglia degli alternatori. Però il professore mi propone un **caso estremo che mi lascia perplesso**.

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'e' 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, e' meno di un milionesimo di quello che c'e' 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 e' trascurabile: e quel poco che c'e', lo puoi neutralizzare facendo correre il filo in modo da essergli sempre parallelo.

Non capisco come dovrei mettere il filo. Ho fatto prove specifiche con 50 V in questo toroide casalingo (diametro del nucleo 20mm) ecco cosa combina la limatura di ferro.



Niente forze di Lorentz sulle cariche nel conduttore. Eppure la FEM c'e', 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 e' applicabile. Fatta questa misura, e' giocoforza ammettere che con la variazione del campo magnetico *dentro* la spira

Il test precedente dimostra che in minima parte c'è anche "all'esterno" delle spire, cosa confermata in <http://museo.liceofoscarini.it/virtuale/escamagn.html>. Quindi posso pensare che quella minima variazione di campo magnetico inneschi la corrente nel filo come in un normale trasformatore. Vorrei poi sapere se e come influisce il diametro del foro attraverso cui passa quel filo (nel cap.4 ho mostrato come muovendo un magnete in una grande spira allontanandosi dal filo a un certo punto non si genera più tensione).

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.

Non capisco bene come collegare queste considerazioni al caso in esame: certamente attorno ad un filo percorso da corrente abbiamo campo magnetico e campo elettrico. Noto poi che anche questo fisico sembra considerare la corrente nel filo come un sottoprodotto del campo elettrico che circonda il filo (mentre a me pare viceversa, così come per il campo magnetico). Si noti che il campo elettrico attorno al filo lo accetto solo perché mi assicurano che c'è, ma non l'ho osservato, invece ho osservato quello magnetico. Certamente per "prendere la scossa" il filo lo devo toccare, non così per il magnetismo. Insomma **quei 100 mV li vorrei proprio toccar con mano**

Trascrivo ora altre frasi di Einstein 1905 che mi lasciano perplesso:

... Si pensi per esempio all'interazione elettromagnetica tra un magnete e un conduttore. I fenomeni osservabili in questo caso dipendono soltanto dal moto relativo del conduttore e del magnete,

giusto, ma "in questo caso" mi pare sarebbe meglio toglierlo: quale sarebbe l'altro caso? Non può esistere nessun altro caso: fra magnete e spira può esserci solo moto "relativo" (scusate la pignoleria)

mentre secondo l'interpretazione consueta i due casi, a seconda che l'uno o l'altro di questi corpi sia quello in moto, vanno tenuti rigorosamente distinti.

se l'affermazione precedente è giusta, l'interpretazione consueta è sbagliata: perché non dirlo?

Se infatti il magnete `e in moto e il conduttore `e a riposo, nei dintorni del magnete esiste un campo elettrico con un certo valore dell'energia, che genera una corrente nei posti dove si trovano parti del conduttore

E se si muovono entrambi? Che venga generata corrente è fuor di dubbio, ma per poter dire con certezza che ciò dipenda da un campo elettrico nei pressi del magnete bisognerebbe osservarlo.

Ma se il magnete `e in quiete e si muove il conduttore, nei dintorni del magnete non esiste alcun campo elettrico, e si ha invece nel conduttore una forza elettromotrice, alla quale non corrisponde nessuna energia..

che energia? Neppure quel prof. di Pisa specializzato in relatività seppe dirmi di che si trattava. In ogni caso energia dev'essere resa disponibile ed è fornita da chi procura il moto relativo. E se magnete e circuito sono relativamente fermi ma in moto rispetto a me, secondo le teorie correnti "per me" dovrebbe essere presente il campo elettrico quindi "per me" dovrebbe esserci corrente nel circuito (e mi sembra di sentir odore di paradosso). Molto più chiara una più tarda espressione di Einstein (trovata nel cap.6 di "Due intrusi nel mondo di Einstein" di Amanda Gefter), corrisponde a quanto scrisse il medesimo prof. di Pisa:

*Che ci fossero due casi in linea di principio differenti era per me intollerabile. Ero convinto che la differenza fra i due potesse essere solo una differenza nella scelta del punto di vista, non una differenza reale: giudicando la cosa dal magnete (in moto) certamente non vi era alcun campo elettrico. **Giudicando dal circuito elettrico, ce n'era certamente uno** (grassetto mio). L'esistenza del campo elettrico era dunque relativa, in riferimento allo stato di moto del sistema di coordinate utilizzato, e solo al campo elettrico e magnetico insieme poteva venire attribuito un tipo di realtà oggettivo ... Il fenomeno dell'induzione elettromagnetica mi obbligò a postulare il principio (speciale) di relatività"*

*Se Einstein scriveva "**Giudicando dal circuito elettrico, ce n'era certamente uno**" vuol dire che la matematica di Maxwell questo prevedeva nonostante nessuno avesse mai osservato direttamente quel campo elettrico: Pertanto se il modello da me proposto fosse corretto, la Relatività Ristretta si appoggierebbe solo alla costanza di c (ma non c'è problema: lo stesso Einstein attribuì la vera motivazione della RR alla costanza di c , vedi all'inizio dell'appendice-5).*

2- Altre lettere da esperti

In questa lettera il professore che cercò di farmi comprendere le considerazioni di INFN, propone un metodo per la misura del campo elettrico generato dai magneti in movimento

*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 piu' d'uno).

Un cilindro di rame di superficie delle basi S e alto h puo' 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 $E_y_{medio} \cdot h$.

La capacita' del condensatore vale $C = \epsilon_0 S/h$ e la resistenza $\rho h/S$, per cui la costante di tempo RC e' $\epsilon_0 \rho$, 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 sara' un problema, qualunque sia la velocita' 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 e' 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 e' 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 cm^2 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 :-).

Quanto esposto in fondo al capitolo sugli omopolari mi hanno convinto che aveva ragione Faraday nell'affermare che il flusso magnetico **non** e' solidale col magnete che lo genera e mi sembra di capire che su questo esperto e' d'accordo

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.

Non ho capito di quale abbaglio parli, ma sarebbe interessante approfondire, peccato che sia scomparso da Internet (offesissimo per cio' che io scrivevo nel blog). **Certamente io non potevo essere considerato *serio*, nessun'altro intervenne e la cosa mori li.**

Commento ora due lettere del fisico X che toccano lo stesso argomento.

Prima Lettera

... tu stai dando un significato fisico ... ad altri concetti che sono pure astrazioni esplicative. Se il campo e' un'astrazione deve esserti chiaro che anche il flusso del campo attraverso la superficie della spira e' un'astrazione. Le linee di campo sono solo astrazioni per visualizzare le linee di forza. Il flusso del campo attraverso la spira e' solo un modo per farti vedere come varia la distribuzione delle accelerazioni dovute al campo lungo la superficie della spira ... Tu fai un'osservazione che e' fisicamente corretta. **Tu, in pratica dici: se le uniche cariche esistenti sono gli elettroni e gli elettroni esistono solo nel conduttore perche' dovrei tirare in ballo l'area della spira e non dovrei parlare semplicemente delle forze, ad esempio la forza di Lorentz, che agiscono direttamente sugli elettroni? In linea di principio avresti ragione, ma ti dimentichi di un dettaglio fondamentale. Per poter calcolare la forza di Lorentz io dovrei conoscere in ogni punto il valore del campo elettrico e del campo magnetico (cioe' il valore del campo elettromagnetico).**

Capisco che ci possa essere un problema di calcolo, ma a me interessa il "modello fisico".

Ma se tutto cio' che io conosco riguarda solo il magnete (cioe' il campo magnetico da esso prodotto) il campo elettrico indotto e' proprio l'incognita del mio problema. In soldoni io so solo che il moto degli elettroni lungo la spira e' dato dalla somma degli effetti dei vari **vettori campo elettrico lungo la spira che producono l'accelerazioni degli elettroni.**

Questi "vettori" non si toccano con mano come invece succede con i due campi magnetici
Per calcolare tutto dovrei calcolare l'integrale del campo indotto lungo il percorso chiuso rappresentato dalla spira (quello che si chiama circuitazione). Fortunatamente, esiste un teorema matematico dovuto a Gauss (ho gia' obiettato nel cap-2)

... che dimostra che il valore di questo integrale di linea e' **uguale, ma di segno opposto, al valore della derivata temporale (la variazione istantanea) del flusso del campo magnetico attraverso la superficie.** Se matematicamente le due operazioni producono lo stesso risultato e' ovvio e conveniente adottare quella praticabile o quella piu' semplice. Se io conosco il campo magnetico e so calcolare come cambia nel tempo e' ovvio che utilizzo un calcolo effettuato sulla superficie della spira. Ma qualsiasi calcolo adottati, cio' non significa che stia cambiando la fisica del problema. Cambia solo la procedura di calcolo. E se i calcoli sono equivalenti, come sono, **la fisica e' sempre la stessa.** Gli elettroni sono accelerati dalla forza elettromotrice indotta sulla spira. In sintesi, **come tu correttamente dici, l'azione del campo e' esclusivamente**

un'azione sugli elettroni del conduttore e non sull'area della spira. Tutto ciò è corretto ma le equazioni non hanno mai detto cosa diversa.

Lo dicono anche Einstein-Infeld e pure Sara Barbieri In "Grandangolo, vol. 23" del Corriere della Sera "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 ...". La mia critica l'ho già fatta, aggiungo solo che **non capisco l'utilità di moltiplicare le entità quando non si osservano**: ho due campi magnetici che indubbiamente interferiscono, perché devo aggiungere un campo elettrico che potrebbe essere frutto della corrente invece d'esserne la causa?

Seconda Lettera

dove vengo rimproverato per il mio uso di una spira grandissima (100x100cm). Io sostenevo che se muovendo un magnete ad una certa distanza dal filo di quella spira non si osservava tensione, raddoppiando la distanza del magnete dal filo potevo essere certo che il movimento del magnete non produceva alcun effetto e che il mio movimento cessava d'essere una "forza" e che non c'era "energia" in ballo.

*... Quale forza non arriva fin là? Quella che viaggiava era un'onda, cioè energia. Descritta come variazione del flusso o come moto delle cariche rispetto al campo...ma sempre di energia parlavamo. La forza non deve raggiungere nessun posto. La forza viene generata sul posto spendendo energia. Ovviamente l'energia viene spesa solo dove c'è energia spendibile, il che significa che la forza viene a generarsi in alcuni punti e non in altri. La distanza non annulla la forza! Semplicemente l'energia diminuisce col quadrato della distanza per cui se la distanza raddoppia l'energia disponibile diviene un quarto ... **ma prima di arrivare a spinta zero ce ne vuole.** Inoltre, conta l'orientazione: se il tratto di conduttore vicino al magnete in moto è orientato male la forza che agisce su un tratto di conduttore lontano, ma orientato opportunamente, diviene immediatamente preponderante. **Questa tua continua fissa dell'effetto che si annulla a distanza è un errore che è contraddetto dall'esperienza.** Poi è ovvio che se tu metti due fili paralleli (cioè con la stessa orientazione rispetto al campo) gli effetti su quello più vicino al magnete siano quelli dominanti. Ma sei tu che hai costruito le cose per ottenere questo effetto.*

Se agito un magnetino al centro di una spira 100x100cm o all'esterno stando a 50cm da un filo e non vedo tensione posso dire che per il mio strumento il fatto è irrilevante? E se avvicinandomi al filo vedo via via comparire la stessa tensione sia stando dentro che fuori dalla spira, non posso dire che la "spira" è irrilevante? Certo che "**prima di arrivare a spinta zero ce ne vuole**" ma se il mio strumento mi dice che ci sono arrivato? Magari il mio strumento è da pochi soldi, ma mi dice che ci sono quasi.

... E ti rendi conto che stai facendo una misura differenziale perché la corrente che verrà generata è proporzionale alla differenza tra le forze agenti nel tratto vicino e in quello lontano? E' banale che se la differenza diviene troppo grande la differenza tende a coincidere col termine più grande. E' un banale problema di ottica

Se intendeva dire che ciò che succede nel filo "troppo lontano" dal magnete è irrilevante saremmo stati d'accordo, ma non lo ammise.

Chiaro perché i tuoi test con le spire enormi in cui un tratto è vicino al magnete e l'altro lontano sono sperimenti mal congegnati? Sono sperimenti ideati per minimizzare un contributo ed esaltarne un altro!

Li ho così pensati proprio per far vedere che è il filo che interagisce e che l'area della spira potrebbe essere solo un "campo di battaglia".

Tu trovi banalmente il risultato che hai imposto a priori e poi ne trai una deduzione generale!

Non impongo proprio nulla, tolgo dalle balles l'area della spira e molta parte del filo, poi vedo cosa succede.

Che commento vuoi che ti dia? Spesso non ti do alcun commento. Mi racconti di tanti test sui quali dovrei scrivere fiumi di commenti. Faccio prima a provare a raccontarti cosa dice il costrutto logico della Fisica,

la fisica si fa con gli esperimenti

*sperando che tu faccia un minimo di sforzo per capire, così dopo riuscirai da solo ad **evitare di fare test insulsi.** Inutile che io mi accanisca contro un tuo singolo test quando è più che evidente una sorta di fraintendimento generale. Comunque, non è per nulla vero che i tratti lontani non contribuiscano. Devi tener conto di tutti i parametri rilevanti per decidere quali siano i contributi dominanti, di volta in volta. E la distanza è solo un parametro che non ha un peso maggiore di altri (ad esempio, l'orientazione relativa ha un peso decisamente maggiore: questa porta l'effetto ad annullarsi veramente cosa che la distanza non può fare).*

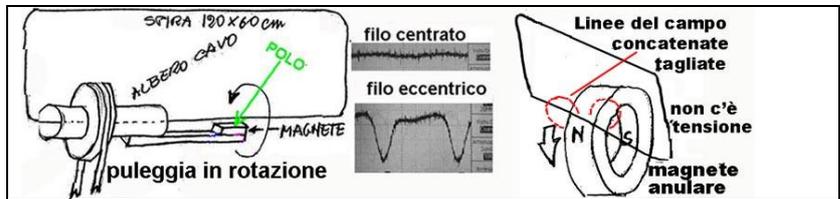
Dialogo fra sordi, oppure dialogo fra un **maestro** e un allievo che **per principio** deve aver torto

3 – Miei errori e osservazioni archiviate

Non so se queste pagine dovranno essere ancora gettate-rifatte-modificate. Già tante volte ho creduto d'essere arrivato alla fine, ma poi ho dovuto riprendere la penna.

Fra i tanti tentativi messi da parte, cito la versione <http://digilander.libero.it/gino333/induzione4.pdf> dove

cercavo di screditare la legge di Faraday grazie ai questi due test che mi pareva contrastassero con la definizione di variazione del flusso presa da una esposizione della legge di Faraday tratta da vecchio testo per ingegneri dove si legge "... 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 $E = \text{intcirc} E_{\text{sd}} s$ la f.e.m. indotta e con $\Phi = \text{int} BndS$ 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".

Questa formulazione mi indusse in errore leggendo "alla lettera" sembra che sia "concatenato" il "flusso dell'induzione magnetica attraverso una qualunque superficie che abbia il circuito come contorno". Invece da tutto ciò che attraversa la spira bisogna escludere ciò che "non è concatenato". Io ragionavo come ragionavano i computer dei tempi miei: alla lettera e in modo rigidissimo (alla Dirac, perché se così non mi fossi comportato, me la sarei presa nei denti). Se vogliamo è una mia deformazione professionale, ma credo che una formulazione migliore della parte in grassetto poteva essere: **<<Assunto che le "linee" del campo descrivano il flusso e assunto che dove le linee sono più numerose l'intensità è maggiore, si intende "concatenata" la linea di flusso che attraversa una volta sola l'area della spira. Ciò premesso si può affermare che avremo induzione quando varia il numero delle linee concatenate dalla spira.>>** (che corrisponde a quanto in precedenza io chiamavo una variazione di intensità del campo magnetico o una variazione nel flusso, certamente con poco rigore)

Non capisco perché quando si usano le parole non si usino i criteri di completezza e sinteticità tipici delle espressioni matematiche. Per colpa di una definizione (a mio parere) approssimata ho perso un sacco di tempo. **Devo anche aggiungere che nessuno dei miei interlocutori** (a cui avevo mostrato l'ingannevole definizione da me presa come oro colato) mi avvertì: li scuso perché per loro **l'elettromagnetismo classico è argomento per il quale non sono possibili sorprese (ma li scuso solo in parte).**

In realtà quei due test ora mi risultano chiari. Nel caso di sinistra e col filo centrato non c'è variazione di intensità del campo. In quello destra (come già mostrato nel cap-4) si sostiene che il solo "taglio" delle linee del campo non è condizione sufficiente, c'è il necessario movimento (capace di fornire energia), ma non c'è variazione di intensità del campo.

A seguire qualche link alla rinfusa. Descrivono osservazioni fatte; contengono sicuramente anche cavolate delle quali mi sono pentito, ma se non altro dimostrano che **mi sono parecchio spellato le dita** ☺ non tutte sono richiamate nel testo.

- <http://digilander.libero.it/gino333/mistero4.jpg>
- <http://digilander.libero.it/gino333/taglio.jpg>
- <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://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>
<https://digilander.libero.it/gino333/induzionivarie.JPG>
<https://digilander.libero.it/gino333/Stern-Gerlac.jpg>

Questo elenco e il loro contenuto spiega (anche se non giustifica) il **casino della identificazione dei test esposti**, ma ne ho fatto moltissimi test nel giro di molti anni e con diversi criteri di identificazione. Qui ho raccolto quelli che si confanno alla conclusione faticosamente raggiunta.

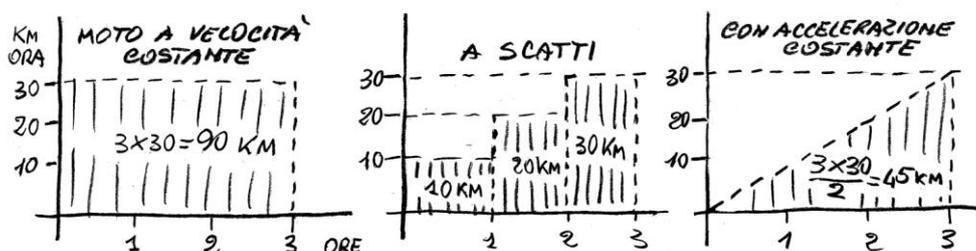
Suggerisco <http://digilander.libero.it/gino333/teoriaflusso.jpg> come esempio

4- Galileo e il metodo scientifico

Questa appendice non riguarda l'induzione, mi serve per ribadire la mia impreparazione e ciò nonostante per giustificare in parte l'**impudenza** e la **presunzione** di queste note. Magari anche un po' per punzecchiare chi idolatra la matematica a dispetto di Faraday e dei suoi geroglifici (e, immodestamente, pure per far vedere che come artigiano qualche abilità la posseggio).

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 infastidirebbero chi legge. 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 x 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 e 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).

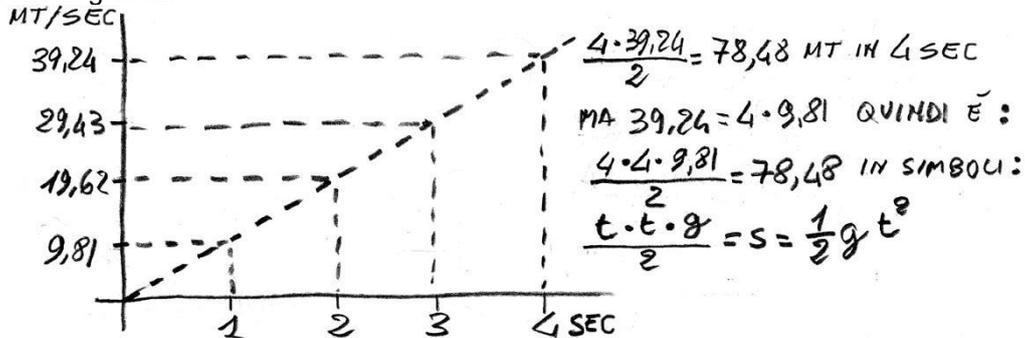
Prima di lui, altri s'erano accorti che una palla di fucile cascava a terra quasi nello stesso tempo di una palla di cannone e già avevano intuito che fosse solo l'aria a rallentare assai di più la piuma del piombo. Ma fu Galileo a costruirsi tutta l'attrezzatura necessaria per fare le misure (allora 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 $t = \text{rad}^2(\text{s} / \frac{1}{2} g) = \text{radice quadrata di } 100/0,5 \times 9,81 = 4,52$ ecco ottenuti i secondi occorrenti alle palle di piombo per arrivare a terra.

Verifichiamo se non mi sono sbagliato

$4,52 \times 9,81 = 44,34 \text{ mt/sec}$ 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/sec^2 : 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:*

- 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.
- La progettazione e l’esecuzione di un esperimento ...
- 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 $\text{rad.q. di } 2 \cdot g \cdot h$ 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 forma 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 / circonfer.) 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: se 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?

5-Altre perplessità su relatività ed altro

Tutte le fatiche connesse all'induzione hanno aumentato le mie perplessità sulla RR. Aggiungo (in ordine sparso) altre perplessità.

Einstein scrisse che: "La teoria della relatività speciale si discosta ... 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." (<https://www.roma1.infn.it/exp/webmqc/A.%20Einstein%20-%20Relativita%27%20Generale-%20Estratto.pdf>). Questo dispiacerà a chi pensa invece che sia il principio di relatività ad essere fondamentale (vedi ultime righe in fondo a <https://digilander.libero.it/gino333/einstein-2.jpg>). Questo "postulato" è tale perché non sembra possibile dimostrare in modo diretto che corrisponde alla realtà: occorrerebbe poter fare misure **non** di andata e ritorno per evitare i possibili fenomeni di compensazione. Il fisico X (pur criticandomi ad ogni piè sospinto) mi conferma che non sono possibili: "... in tanti continuano a proporre una via per effettuare una misura one-way. Ma, sino ad oggi, nessuna proposta sperimentalmente attuabile ha superato indenne un esame critico obiettivo ... ". Eppure nel testo scolastico di Caldirola-Casati-Tealdi si legge che tale costanza è "continuamente confermata dagli esperimenti" ma (se X non sbaglia) sono sempre misure di andata e ritorno oppure basate su esperimenti di interferenza (tipo MM) che potrebbero essere spiegati con la contrazione dei regoli.

Lo stesso testo cita pure Born il quale si meraviglia di come ci sia voluto tanto tempo per digerire la RR mentre essa dovrebbe risultare evidente anche solo considerando la **Relatività della Simultaneità**. Confesso che leggendo questo, ho erroneamente pensato che la Relatività della Simultaneità dimostrasse la costanza di c e non viceversa (come giustamente scrisse lo stesso Einstein, vedi all'inizio di questa appendice). Sono stato indotto in questo errore anche da molta altra divulgazione, vedi Brian Greene in "L'universo elegante" o, peggio, in Rovelli che nel cap. 3 di "La realtà non è come ci appare" dice che la RR risulta evidente dalla fig.3.2 (che a mio parere descrive solo il ritardo delle comunicazioni a grande distanza) tant'è che mi viene da pensare che i divulgatori siano talmente convinti ed abituati alla RR da commettere il mio stesso errore.

Anzi, ne "L'evoluzione della Fisica" di Einstein-Infeld la **relatività della simultaneità** mi sembra proprio presentata come un fatto auto-evidente, infatti in fondo alla prima pagina del capitolo "Tempo, distanza, relatività" (copiato in <https://digilander.libero.it/gino333/einstein-2.jpg>) viene proposto un caso banalissimo: si accenda una luce al centro di una stanza in movimento, secondo gli autori chi è dentro la stanza **penserà** che le pareti s'illumineranno contemporaneamente, mentre chi sta fuori non sarà d'accordo perché una parete va verso il segnale mentre l'altra si allontana. Dicono gli autori: "Domandiamo ai due osservatori ciò che essi si attendono" **supponendo che la velocità della luce e tutte le leggi di natura siano le stesse in tutti i riferimenti in moto relativo** (punti 1 e 2 inizio capitolo). Questo vuol dire che gli osservatori devono già essere informati della costanza per l'osservatore in moto, ma questo non è lecito se poi le loro risposte dovranno giustificare detta costanza e quindi la RR. Nel 1905 due osservatori esperti (due scienziati del tempo), convinti da Maxwell che la luce sia un'onda elettromagnetica nell'etere, ritenevano certamente che la velocità della luce fosse indipendente dal moto dell'emittente, quindi se chi era dentro la stanza era a conoscenza del moto della stanza **condivideva certamente il pensiero di chi stava fuori** e quindi **il discorso di Einstein non sta in piedi**. A un certo punto dei loro lunghi e intricati ragionamenti gli autori dicono che "Se la velocità della luce è la stessa in tutti gli SC, allora i regoli in moto devono mutare di lunghezza e gli orologi in moto" devono fare lo stesso. A parte il fatto che, a sentire taluni, dovrebbe dipendere dal "procedimento di misura" e non essere un fatto oggettivo (ma che casino) resta il fatto che la velocità della luce sia la stessa in tutti gli SC è ancora oggi un **postulato** e quindi lo è pure la **relatività della simultaneità**. Perché questa relatività fosse confermata al di là di ogni ragionevole dubbio, occorrerebbe misurare, stando dentro alla stanza, la velocità dei due impulsi luminosi (in una sola direzione, e non in un percorso di andata e ritorno perché eventuali effetti si compenserebbero). Se la velocità risultasse sempre c il postulato sarebbe dimostrato vero. Oggi dicono che il GPS ha confermato detta costanza. Ma allora perché la chiamano ancora postulato? Comunque il GPS è difficile da capire per la gente comune e se quanto ho scritto in appendice-6 fosse fattibile si taglierebbe la testa al toro.

Poi, visto che anche le equazioni di Maxwell implicano la costanza per l'osservatore in moto, chiesi lumi nel post groups.google.com/forum/?fromgroups=#!topic/free.it.scienza.fisica/d6Mf7di0nok%5B1-25-false%5D ora **non più disponibile** (strano perché altri post molto più vecchi sono ancora presenti) comunque in <https://groups.google.com/g/free.it.scienza.fisica/c/6jqpfhNKkmo/m/AXfa42p2GysJ> riassumevo la risposta ricevuta in "... secondo 'Tizio' anche le equazioni di Maxwell provavano tale indipendenza mentre io ne dubitavo e chiedevo dove Maxwell avesse ficcato la velocità dell'osservatore che poi sarebbe sparita (per me misteriosamente). Il 'professor Caio' non è esplicito al riguardo, però **rileva errori in 'Tizio'** e **a me non fa**

addebiti, quindi mi sono sentito almeno parzialmente vincitore". Perciò mi viene il **sospetto che Maxwell non abbia neanche pensato alla velocità dell'osservatore** visto che è normalmente irrilevante rispetto a c.

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.". Vero che tale formula si può dedurre anche da dette Trasformazioni, ma anche no. Nel Capitolo 8 lo stesso Bruce mostra una derivazione di $E=mc^2$ (<http://digilander.libero.it/gino333/bruce.jpg>) che 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 a riabilitarlo e aggiungo da https://it.wikipedia.org/wiki/Etere_luminifero che "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 quadimensionale 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) " (ma sconsiglio vivamente di fare discorsi del genere ad un fisico dei giorni nostri).

Faraday (cap.8 VII in "Una Forza della Natura" di Fabio Toscano) al posto degli atomi immaginava addensamenti di forze: affermava che "tutto nell'universo era forza" (questo, ancora ripetendomi, **guadagnandosi l' "enorme scetticismo" dei fisici "veri" perché non dotato di strumenti matematici**). Era contrario all'etere, ma 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? Magari 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? Perdonate queste fantasie, ma, oltre a Faraday **pare lo abbiano detto anche Lorentz e DeBroglie** e anche lo stesso Einstein (vedi nell' "Inciso" qui poco più avanti)

Ho anche problemi col **tempo**. A me pare solo **un'illusione** e credo che esso sia solo 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). Anch'io penso che se in certe situazioni i regoli si potrebbero accorciare a causa dei legami elettrici che legano le molecole, allora anche 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, quindi 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 Borghi - Il tempo generato dagli orologi-1.pdf](http://isonomia.uniurb.it/wp-content/uploads/2016/12/Isonomia_Epistemologica_2015_Borgh_i_-_Il_tempo_generato_dagli_orologi-1.pdf))

Un concetto di *tempo* analogo (da usare solo però solo a livello quantistico) è esemplificato in modo assai convincente da Rovelli in "La realtà non è come ci appare" dove l'autore riferisce 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 trovo convincente ad ogni livello: a me pare proprio che il tempo non esista, che ciò che chiamiamo "tempo" altro non sia che il divenire della natura. .

Trovo quindi straordinario come Lee Smolin (buon amico di Rovelli e di Barbour) in "La rinascita del Tempo" affermi che nella fisica corrente (le cui formule sono piena di "t") il Tempo **non esiste** mentre **per motivi cosmologici deve esistere** (esattamente alla rovescia di come pensavo stessero le cose nel mondo della fisica corrente) ecco un passo del cap. 15 che mi ha lasciato di stucco.

... il tempo, nel senso del continuo divenire del momento presente, è fondamentale in natura. In verità, la nostra esperienza del passaggio del tempo è l'unica cosa del mondo da noi percepita direttamente che è davvero fondamentale. Tutto il resto, compresa l'impressione che esistano leggi immutabili, è approssimato ed emergente. Questa concezione, insieme alle argomentazioni a suo sostegno, è stata sviluppata nel corso di una lunga collaborazione con Roberto Mangabeira Unger. Una conseguenza importante è che le leggi della natura, anziché essere atemporali, si evolvono nel tempo. Tra i fisici è **comune la credenza che il tempo non sia presente nelle leggi più fondamentali** e invece emerga da quelle leggi. Al contrario, noi sosteniamo che il tempo, nel senso del momento

presente e del suo passaggio, è fondamentale, mentre le leggi sono emergenti e soggette a cambiamento. Un punto su cui insisteva Marina Cortês era che al livello più fondamentale le leggi devono essere irreversibili, in due sensi. In primo luogo, le leggi non restano identiche se si inverte la direzione del tempo. Se filmate un processo che obbedisce alle leggi fisiche, riproducendo il filmato al contrario non ottenete un altro processo permesso dalle leggi. Questo contraddice direttamente la credenza molto diffusa che l'inversione della direzione del tempo lasci invariate le leggi della natura. Ma tutte le leggi fondamentali note, comprese la meccanica quantistica, la relatività generale e il modello standard, sono invarianti rispetto all'inversione del tempo. Devono esistere leggi più fondamentali, che non sono reversibili ...

Stupefacente, ma non mi pare che nelle teorie correnti in tempo non esista. Comunque mi fa piacere sapere che devono esistere leggi più fondamentali perché quelle vigenti sarebbero approssimazioni sulle quali risulta lecito arrovellarsi. Nelle considerazioni finali poi si legge che **"Il mondo accademico è stato modellato sui monasteri che avevano lo scopo di perpetuare il sapere antico e contrastare il nuovo"** © Sembra una critica al mondo scientifico, ma scrive anche che **ciò che è condiviso dal mondo scientifico non deve essere messo in discussione** difatti sull'elettromagnetismo l'autore non ha i dubbi che lo affliggono sulla quantistica. Io però gli domanderei: "Dici d'essere finito in un ginepraio, perché questo non può essere avvenuto ovunque lungo il percorso?" questo riferendomi a quanto da lui scritto e che io ho fotografato e pubblicato nei già citati <https://ibb.co/Wyk4G1C> e <https://ibb.co/7S5SRXQ>

Segnalo che il pure già citato Prof. Giuliani (per il quale la forza di Lorentz sarebbe la sola e vera causa dell'induzione) scrive cose interessanti anche sul "tempo" http://fisica.unipv.it/percorsi/pdf/note_tempo.pdf

Un inciso. Smolin ne "La rivoluzione incompiuta di Einstein" a pag. 198 affronta anche un argomento che da tempo m'incuriosisce. A suo parere la teoria dell'onda pilota sarebbe da preferire alle correnti teorie quantistiche ma c'è un problema perché non c'è reciprocità di azione fra onda e particella, inoltre la funzione d'onda non collasserebbe mai, neanche quando la particella si rivela in qualche modo, pertanto tutte le "alternative" resterebbero vive (come nella teoria dei "molti mondi"). Anche le altre ipotesi alternative alla scuola di Copenhagen non lo soddisfano appieno, dichiara necessario trovare una nuova teoria, ma confessa di non saper da dove cominciare

Se sapessi come raggiungerlo mi permetterei di raccontargli qualcuno dei miei vaneggiamenti. Ad esempio così come l'onda elettromagnetica sarebbe fatta di fotoni virtuali perché non sopporre che le particelle siano in realtà agglomerati di componenti più piccoli? Agglomerati che quando si spostano **liberamente** possano "diffondersi" creando un "nuvoletta" analoga all'immagine normalmente usata per descrivere la probabilità di trovare la particella in un punto? Avremmo la particella suddivisa in tante minutissime parti, procedenti casualmente a zigzag, parti tutte "entangled" il cui punto di **maggior addensamento** identificherebbe dove si manifesterà la particella al momento della rilevazione.

Nel caso delle due fessure quando "l'addensamento-particella" riesce ad attraversare una delle fessure avrà però parte di sé che attraversa l'altra fessura e che interferirà a mo' di onda con l'altra parte modificando la posizione di detto "addensamento", cioè del punto di "collasso" (una cosa fisica quindi, niente "dualismo" niente astratto collasso di "funzione d'onda"). A sostegno di questa mia fantasia mi appello a Rovelli che a pag.147 di "La realtà non è come ci appare" scrive che gli "atomi di spazio" della gravità quantistica a loop sono un miliardo di miliardi più piccoli dei nuclei atomici, questo mentre 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 (pag. 227). Se così stanno le cose dovrebbero necessitare molti "atomi di spazio" per far transitare una particella, foss'anche un minuscolo fotone. Questo mi sembra autorizzi ad immaginare che una particella in moto debba potersi dividersi in tante minutissime parti in funzione degli atomi di spazio necessari per procedere. La particella (o il quanto d'energia) potrebbero essere "spalmata spazialmente" come fosse di gomma, ma al momento buono essere capace di ricostituirsi nel grumo di partenza. Certo è un vaneggiare sfrenato, ma cosa c'è di più misterioso dell'entanglement? nella figura 16 di "La rinascita del tempo" Smolin rende vicini due punti lontani con una specie di quarta dimensione: magari esiste qualcosa di simile fra le membra sparpagliate di una particella in volo e che consente alla medesima di "collassare" in un unico punto quando richiesto dai casi della vita. Quindi un fenomeno meccanico (ancora oscuro) dove una particella, indivisibile quando si manifesta, non lo è quando viaggia.

Chiederò le royalties a Smolin perché In <https://digilander.libero.it/gino333/Vaneggi.pdf> a pag. 7 anch'io, molti anni fa, avevo considerato il "movimento" così come lui lo descrive. Avevo saputo delle "stringhe" (se vogliamo anch'esse atomi di spazio) e m'ero immaginato che il movimento vero e proprio "non esistesse" e che una "stringa" di materia che volesse cambiare la sua collocazione nello spazio dovesse solo scambiare la sua vibrazione con quella della sua vicina nella direzione desiderata, la quale così avrebbe fatto a sua volta con la di lei vicina, il tutto quante volte necessario.

A conforto di queste fantasie, pure **Einstein-Infeld** nel capitolo "campo e materia" di "L'evoluzione della scienza" alla fine della parte terza, dicono che **"un sasso lanciato in aria è un campo variabile nel quale gli stati di maggior intensità del campo attraversano lo spazio"**.

Purtroppo quando tentai di comprendere qualcosa sulla quantistica, arrivato alla pagina esposta in <https://digilander.libero.it/gino333/Stern-Gerlac.jpg> mi arenai così come mi successe di fronte alle pretese onde sinusoidali generate dai poli cilindrici .

Non sono poi solo ad avere dei dubbi sulla Relatività, li hanno anche persone del mestiere, o perlomeno ammettono che certi fenomeni possono lasciar perplessi: <http://www.selnat.org/is1/16-34Selleribari.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. E pure

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 (almeno con me). 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 addirittura la presenza del campo magnetico nella corrente di spostamento dei condensatori** (dubbio che assilla pure me).

Capisco che **la mia ignoranza dovrebbe impedirmi di mettere il becco in queste questioni**, ma è lo stesso Einstein che si rivolge anche alle persone comuni e se mi lascia perplesso credo d'essere libero di dirlo. Da Einstein-Infeld in "L'evoluzione della fisica - Parte Prima - Un indizio negletto:... *l'accelerazione di un corpo in caduta aumenta in proporzione alla sua massa pesante e diminuisce in proporzione alla sua massa inerte, e siccome tutti i corpi in caduta hanno la medesima accelerazione costante, le due masse devono essere uguali ...*" Forse rendendosi conto della difficoltà del ragionamento, offrono pure una versione per non addetti ai lavori (ammettendo però che si tratta di un "ragionamento alquanto intricato") eccolo: "... *La Terra attira una pietra con la forza di gravità, senza saper niente della sua massa inerte. Dunque 1) la forza sollecitante della Terra dipende dalla massa pesante; 2) il moto rispondente della pietra dipende dalla sua massa inerte; 3) e poiché il moto rispondente è sempre il medesimo – da una stessa altezza tutti i corpi cadono a un modo – dobbiamo inferire che massa pesante e massa inerte sono uguali*" Invece a me il buon senso dice (e forse lo diceva anche ai fisici classici) che se A è fatto della materia-x e se B è fatto con un volume doppio della stessa materia-x allora A deve avere metà inerzia di B. Il buonsenso mi dice pure che A deve avere mezza capacità di attirare altri corpi (vedi anche i test di Eötvös). Pertanto sia l'inerzia che la gravità rispettano la logica umana 1 a 2. Ovvio che A "peserà" metà di B qualunque sia il "g" in cui si trova. Quindi non mi stupisco se la massa si comporta nello stesso modo tanto nella gravità che nell'inerzia. Anche il fatto che i gravi cadano tutti nello stesso tempo non mi stupisce: $M_1 \cdot M_2$ nella gravità di Newton mi dice che ogni particella dell'universo attira ogni altra particella dell'universo. Poiché un neutrone "pesa" quasi quanto un protone + il suo elettrone e poiché in un atomo la "numerosità" dei neutroni è prossima a quella dei protoni mi pare evidente che come due pietre legate assieme cadono di conserva ad una singola pietra, così farà anche una piuma d'oca perché tutta **la loro** materia è fatta con particelle di massa molto simile, sono tutte pietre uguali o quasi.

Anche al capitolo "Geometria ed esperienza" Einstein-Infeld scrivono una cosa che mi pare strana sulla misura della circonferenza di un disco quando è fermo e quando ruota: le due misure risulterebbero diverse perché il regolo misuratore s'accorcia muovendosi assieme al disco. Però a me pare che anche la fila di atomi in corrispondenza delle circonferenze dovrebbe accorciarsi.

Ma torno alla questione per me fondamentale dell'indipendenza di c dal moto dell'osservatore.

Nel 1905 Einstein parla di costanza di c riferendosi solo all'emittente, ma sembra che questo postulato, combinato col principio di relatività, estenda detta costanza anche all'osservatore (cosa poi esplicitata più tardi, ad es. nel libro divulgativo fatto con Infeld). E' facile accettare la costanza rispetto all'emittente (lo fa anche il suono) mentre è umanamente inconcepibile la costanza rispetto all'osservatore in moto (a meno che il suo orologio non cambi di ritmo). E come mai abbiamo il doppler luminoso quando si muove l'osservatore se la velocità della luce per lui non muta? Se ho ben inteso dal testo prima citato di Caldirola e compagni, pare che non esistendo un riferimento privilegiato, non si sa chi è chi si muove, perciò si può sempre dire che è l'emittente a muoversi, ma oggi si legge che il sistema solare si muove rispetto alla radiazione di fondo e questo è dimostrato appunto dal doppler di questa radiazione. In questo caso lo dice la fisica stessa che è il misuratore a muoversi. Inoltre se sono nello spazio, faccio delle misurazioni e poi accelero perché non posso addebitare alla *mia* variazione di velocità le eventuali differenze nelle osservazioni? Insisto su questo punto perché Amanda Gefter 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 viaggia 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 ...". e questo è niente in confronto al casino cosmologico che ne deriva (ben descritto nel medesimo testo). A me pare che dovremmo rassegnarci all'impossibilità di osservare l'Universo con l'occhio di Dio, ma Amanda non pare disposta a farlo (e neanche Smolin). La Gefter scrive pure che Einstein trovava 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 per la stessa cosa nei confronti del suono? Forse perché per noi uomini il suono è *lento*? Magari un formica non è d'accordo. Forse perché nelle formule di Maxwell non gioca la velocità dell'osservatore? ma se l'avesse trascurata solo perché giudicata irrilevante per il problema che si poneva? O perché non ci ha pensato? E se fosse vero che la sua matematica è solo un'ottima approssimazione alla "fisica" reale? Mi sono ripetuto, scusatemi e non ditelo a Carducci.

Tutte queste perplessità mi hanno fatto riflettere sulla

6 - Costanza di c quando l'osservatore è in moto

è veramente impossibile verificarla?

- Parto dal fatto che è possibile regolare il RITMO di due orologi lontani: vedi a pag. 21 di <http://www.sagredo.eu/PI-14-fismod/Pisa-2014-fismod-2.pdf> (metterli veramente "in punto" è invece impossibile per i noti problemi esposti pure nel link).

- Leggo poi in <https://www.passioneastronomia.it/terra-ecco-a-che-velocita-si-muove-nelluniverso/> "... Se sommiamo tutte le velocità che abbiamo elencato, il risultato è un **movimento totale nello spazio di circa 368 km/s** in una direzione specifica ... Nel corso di un anno questo valore può variare di circa 30 km/s, a seconda del movimento della Terra attorno al Sole ... Ciò è stato confermato dalle misurazioni della radiazione cosmica di fondo che ci appare più calda nella direzione in cui ci stiamo muovendo ..." (si veda anche Paul Davies ne "I misteri del tempo" capitolo V - Il grande orologio del cielo <https://digilander.libero.it/gino333/PaulDavies.jpg>). Quindi nonostante il moto sia "relativo" in questo caso è proprio la Terra a muoversi anche perché è impensabile che gli emittenti della radiazione, miliardi di anni fa, si muovessero in modo da mostrare oggi a noi un doppler corrispondente a quello della Terra in moto.

- Per quanto attiene agli orologi https://it.wikipedia.org/wiki/Deep_Space_Atomic_Clock parla di un errore di un miliardesimo di secondi ogni 10 giorni, ma presto dovrebbero essere possibili risoluzioni superiori al nanosecondo <https://www.media.inaf.it/2024/07/04/clock-stronzio-ultrafreddo/>

- Un corrispondente internettiano mi ha fatto il conto della differenza di secondi in un tratto di 3km che ci sarebbe se la velocità della luce risentisse del moto dell'osservatore di 300 km/s, misurando prima in favore e poi in sfavore di questo moto $(3 \text{ km}/(c-300 \text{ km/s})) - (3 \text{ km}/(c+300 \text{ km/s})) = 0,000.000.02$

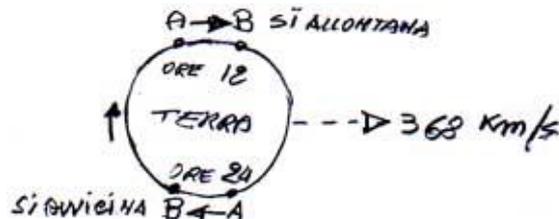
E' giusto? sarebbero 20 nanosecondi? Quindi presto misurabili? O misurabili già oggi, magari aumentando la distanza? **Supponendo che tutto sia giusto e possibile**, disponendo di due orologi A e B adeguati e supponendo che il loro ritmo sia regolabile ovunque li si collochi (ne discuterò dopo) ecco un'ipotetica verifica della costanza con l'osservatore in moto.

1- Poniamo A e B a opportuna distanza lungo un parallelo e supponiamo che abbiano **ugual ritmo**

2- Supponiamo poi che l'asse A---B sia il più possibile parallelo col moto della Terra alle ore 12 e 24.

3- Alle ore 12 mandiamo un impulso da A verso B che azzeri i loro contatori. Ovviamente B si azzerà con un ritardo rispetto ad A pari al tempo di volo del segnale.

4- Alle ore 24 mandiamo un nuovo impulso, sempre da A verso B in modo da **arrestare** i due contatori. A si è incrementato di circa 12 ore, B si è incrementato delle stesse 12 ore diminuite del **primo** tempo di volo ed aumentato del **nuovo** tempo di volo.



B è l'osservatore, come è noto (e da tutti accettato) l'impulso emesso da A non è influenzato dal moto di A e se nel primo impulso, B, per effetto del moto della Terra, si stava avvicinando al segnale in arrivo, nel secondo impulso, dopo 12 ore, si stava allontanando. Quindi se i tempi volo sono stati uguali i contatori di A e B saranno uguali così confermando che **il moto dell'osservatore è veramente ininfluente**. Si noti che si misurerebbe una **differenza**, non tempi di volo, non si ricava c e **non è una misura di andata e ritorno**. Si noti che la RR non prevede variazioni nel "ritmo" degli orologi e neanche nella "distanza" fra A e B (anche perché rispetto al moto della Terra di 300 e passa km/s, alle 24 l'asse A---B è solo ribaltato rispetto alle 12 e questo non fa differenza per TdL).

Se in ciò che ho scritto fin qua non ci sono errori credo ora necessario **riflettere** sulla **regolazione del ritmo**. Mi sembra chiaro che, una volta fatta la regolazione, per essere sicuri del risultato occorrerà verificarla in diversi giorni e in diversi orari. Il fisico-X mi dice che per altre esigenze (GPS ecc) questo già si fa e che questo già dimostra la costanza in oggetto perché se il moto dell'osservatore si componesse non sarebbe possibile regolare il ritmo di A e B tenuti distanti. Non sono d'accordo, spiego perché:

- Regoliamo il **ritmo** di A e B in un intervallo (diciamo un'ora) attorno alle 6 o alle 18 (cioè quando un segnale che va da A a B, se ci fosse questo rischio, sarebbe **poco** influenzato dal moto della Terra).

- Verifichiamo se l'uguaglianza di **ritmo è ancora OK** in un intervallo attorno alle 12 o alle 24 (cioè quando un segnale che va da A a B potrebbe essere **molto** influenzato dal moto della Terra).

Supponiamo che la verifica sia positiva: questo già conferma la costanza? **No**, perché se durante la verifica, ai tempi di volo dei segnali si aggiungessero (o si sottraessero) i circa 300 km/s della Terra, questo avverrebbe **allo stesso modo** all'inizio e alla fine dell'intervallo. Quindi i tictac di A nell'intervallo (non necessariamente identico nelle due operazioni) resteranno uguali a quelli per B. Pertanto il problema è ancora aperto e quindi l'esperimento avrebbe senso.

Il fisico-X dissente totalmente da queste riflessioni (sono costretto a dire "per principio" perché le motivazioni addotte mi sono risultate incomprensibili) e aggiunge: *Occorre un esperimento diverso. Un esperimento tipo MM è un ottimo candidato. Non soffre del problema di taratura degli orologi.* Peccato però che MM si possa spiegare **con la contrazione dei regoli di Lorentz**: e questo è proprio il **mio** dubbio da superare.

Se da qualche parte ho sbagliato il discorso si chiude qui

Ora supponiamo che dopo il punto 4 i **contatori di A e B siano uguali**: la costanza sarebbe **confermata**

Faccio notare che in questo caso la costanza in oggetto avverrebbe in assenza di variazioni spaziotemporali (facendo disperare l'Amanda citata alla fine della precedente appendice), vero che qui abbiamo un solo osservatore, ma a **me pare ugualmente strano** che il suo moto non si componga in assenza di dette variazioni: ecco perché gradirei un verifica puntuale.

Il mio corrispondente internettiano però non è d'accordo perché A e B potrebbero avere ugual ritmo **solo mediamente durante la giornata** compensando così gli 0,000.000.02 secondi dovuti alla composizione coi moti di B. Trascrivo:

*Calcolo della **desincronizzazione degli orologi A e B** posti alle estremità di 3 chilometri durante 12 ore in cui l'orologio A da dietro passa a davanti, quindi mediamente si muove più velocemente della Terra rispetto all'etere, per cui il suo tempo scorre mediamente più lentamente. Nello stesso tempo l'orologio B da davanti passa a dietro, per cui si muove più lentamente della Terra, per cui il suo tempo scorre più velocemente, naturalmente sempre mediamente. Comunque il confronto lo faccio senza tener conto della Terra, per non complicare i conti.*

Calcolo la velocità degli orologi rispetto alla Terra, durante le 12 ore

(12x60x60) 43.200 secondi, (3.000 m / 43.200 s) = 0,069.444.4 metri al secondo.

Quindi le velocità diventano:

(300.000 - 0,069.444.4) = 299.999,930.555.6

(300.000 + 0,069.444.4) = 300.000,069.444.4

Calcolo la differenza dei tempi applicando le formule di Lorentz sulla dilatazione dei tempi in funzione della velocità rispetto all'etere. $(43.200 \text{ s} * \sqrt{1 - 299.999,9305556^2/300.000.000^2}) - (43.200 \text{ s} * \sqrt{1 - 300.000,069.444.4^2/300.000.000^2}) = 0,000.000.02$

Non sto a discutere sull'esattezza dei conteggi o sulla corretta applicazione delle TdL, non me ne intendo a sufficienza. Però mi pare che ci sia modo di dimostrare che è proprio la RR ad aver ragione perché mi sembra possibile osservare isolatamente il comportamento degli orologi grazie ad una metodologia simile a quella prima proposta. Mi spiego.

Sempre supponendo che l'asse A---B sia parallelo col moto della Terra alle ore 12, io regolerei il ritmo di A e B in un intervallo attorno alle 6. Poi verificherei il ritmo in un intervallo attorno alle 18. In quelle 12 ore c'è stata la variazione di velocità rispetto ad un ipotetico etere fermo così come ipotizzato dal mio corrispondente e se il ritmo di A e B risultasse ancora uguale **la RR sarebbe definitivamente confermata**.

Se invece il ritmo fosse cambiato e quantitativamente proprio come prevedono le TdL, non saprei più a chi dar ragione: se al Lorentz 1904 o a qualche altro eterista (ingenuo o astuto che sia) perché confesso di non aver ben compreso le teorie alternative alla RR, neanche dal Caldirola. Per me però **non è un problema**: mi basterebbe toccare con mano che effettivamente il moto dell'osservatore non influisce. Certo c'è anche l'ipotesi che dopo il punto 4 i contatori siano diversi, dipende da "quanto" sarebbero diversi, ma sarebbe un bel problema per i fisici di mestiere (almeno mi pare). Quindi **perché non provare a fare questi test?**

7- Omopolari ovvero il "disco di Faraday"

Per chi non conoscesse già questi oggetti veda <https://www.youtube.com/watch?v=lrr7eZKLAvY>.

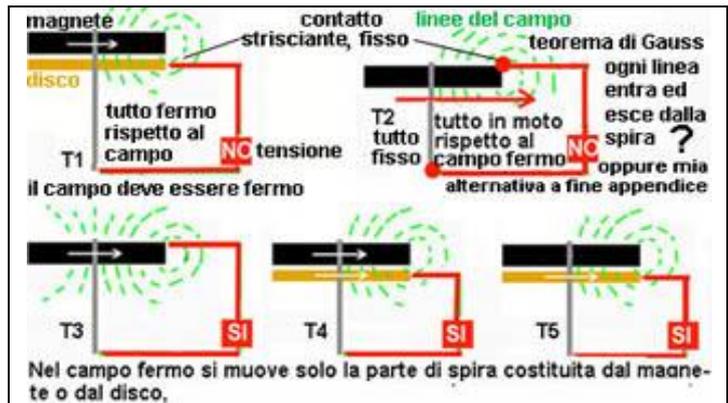
Riassumo questa appendice. Negli omopolari non si vede la variazione di flusso magnetico tipica dei dispositivi esaminati nel capitolo-4 e s'intravede qualche problema anche con la "**Forza di Lorentz**" ad es. il mio test **C-bianco** (in fondo a questa appendice) **mette dei dubbi anche su questa forza**. Pertanto mi domando se una miglior spiegazione del fenomeno non potrebbe trovarsi nello "**stato**" particolare degli elettroni in presenza del campo magnetico. **addirittura un caso particolarissimo (test T2 e d)-T6) sembra proprio richiedere questo "stato"**. Se così fosse il fondamento dei modelli fisici sarebbe uguale nelle tre famiglie di generatori elettrici qui esaminate.

Innanzitutto io ritengo che Faraday avesse ragione nel considerare “fermo” il campo magnetico di questi oggetti perché a mio parere esso è costituito da un flusso di “qualcosa” non trascinato dal moto del magnete. Un po' come avviene col getto di un innaffiatoio: teniamo fermo il tubo e poi muoviamolo di scatto, naturalmente il “getto” segue il movimento del tubo ma le “gocce” uscite prima dello “scatto” mantengono la direzione esistente quando sono uscite dal tubo. Il fatto che nei magneti queste “gocce” debbano rientrare dal polo opposto non costituisce problema perché essendo i poli cilindrici, pur essendo in rotazione non si spostano da dove sono, pertanto la circolazione del flusso non viene disturbata. **Se questo non fosse convincente si veda la nota in fondo.**

Ora presento una schematizzazione ricavata da quanto trovato in un articolo del Prof. Pegna che trascriverò subito dopo; spero sia utile anche per introdurre l'articolo stesso.

Il magnete è nero, il disco è giallo, una freccia indica che cosa è in rotazione, i contatti strisciano (a meno che non ci sia un pallino che sta per “fissato”), lo strumento che segnala la tensione è rosso (SI-NO è riferito alla tensione). Ovviamente **la forza di Lorentz dovrebbe agire solo nei tratti della “spira” in moto rispetto al campo** (assunto “fermo”).

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). Gli **elettroni in moto** nel campo e che riescono a “correre” sono quelli del **disco** (in T4 e T5) o del **magnete** (in T3) perché possono andare dal centro in periferia (o viceversa). Sembra quindi agire la Forza di Lorentz (o qualcosa legata al “taglio”) dovuto al moto degli elettroni in un campo magnetico pur in assenza di una variazione del campo magnetico



Qui sotto ho eseguito nell'ordine i test T1-T4-T5 anche qui è evidente (in T4-T5) che **l'area della spira è ininfluente** perché la tensione indicata con **SI** nella spira grande è uguale a quella con la spira piccola.



Ma c'è un problema. Per T2 (e più avanti **d**) in Pegna) la spiegazione starebbe in un teorema di Gauss (ringrazio chi me lo ha spiegato) anche se non pare che il prof. Pegna concordasse. Essa però **contrastava** col mio modello che **esclude ogni ragionamento collegato con l'area della spira**. Rimando la mia opinione contraria alla fine dell'appendice. (Evidenzio in fucsia l'argomento perché lo ritengo fondamentale)

Proseguo trascrivendo e commentando l'articolo del **Professor Pegna** (corsivo su fondo rosa) tratto da **ULISSE (SISSA Scuola Internazionale Superiore di Studi Avanzati, Trieste)**

<http://ulisse.sissa.it/chiediAUlisse/domanda/2008/Ucau080915d004/Ucau081117r001> (non più in linea) 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. Le classificazioni **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: $u = \omega R^2 B m$

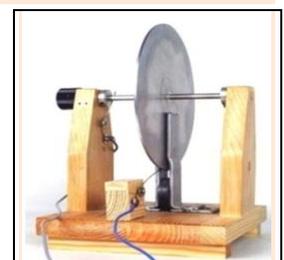


Figura 1. Il disco di Faraday. Sono visibili: in basso il magnete, il contatto sull'asse e

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'esperienza 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.**

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, ma io direi rispetto a me e al tavolo su cui è posato l'aggeggio). Aggiungo che eseguendo il test **C** (esposto più avanti, alla fine dell'articolo, in "altri test miei") 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**. 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.

Anche qui ho difficoltà a comprendere, ma mi basta evidenziare la perplessità dell'autore.

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:

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

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:

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

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 B e che la carica q abbia una velocità v perpendicolare a B .

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

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

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 dedurre 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. Comunque se dalla forza di Lorentz si può risalire matematicamente ad una variazione di flusso "che nessuno riesce a vedere" vien da pensare che **anche la f.d.l. non sia la spiegazione giusta**.

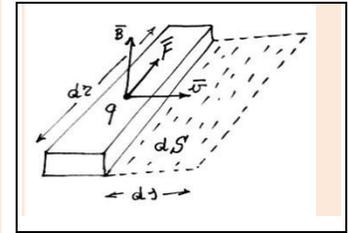
d) Vi è un'ultima domanda, ancora più interessante. **Cosa succede se il contatto alla periferia del disco ruota con esso?** Questa prova può essere effettuata per mezzo del disco inferiore con il relativo contatto strisciante visibile nella figura 2. In questa si vede un filo che partendo dalla periferia 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 e si accetta il teorema di Gauss la spiegazione è la stessa di **T2** (posto che il disco inferiore sia troppo lontano per esserne influenzato). edì però la mia alternativa in fine dell'appendice. (**T6** è una schematizzazione di **d**) inoltre se il teorema di Gauss fosse applicabile il caso normale non funzionerebbe

Aggiungo un ulteriore caso segnalatomi direttamente dal prof. Pegna

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.

Come nella mia alternativa in fine capitolo credo dipenda dal fatto che lo "strisciamento" avviene nel disco superiore, vicino al magnete, dove il campo ha modo di mettere in uno stato particolare gli elettroni (che richiama alla mente lo stato elettrotonico di Faraday, un tale che aveva buon occhio ☺) Ma c'è di più: **campo e disco dove il contatto striscia sono relativamente fermi** pertanto qui la **Forza di Lorentz non può esserci**, quindi lo "stato elettrotonico" è indispensabile.

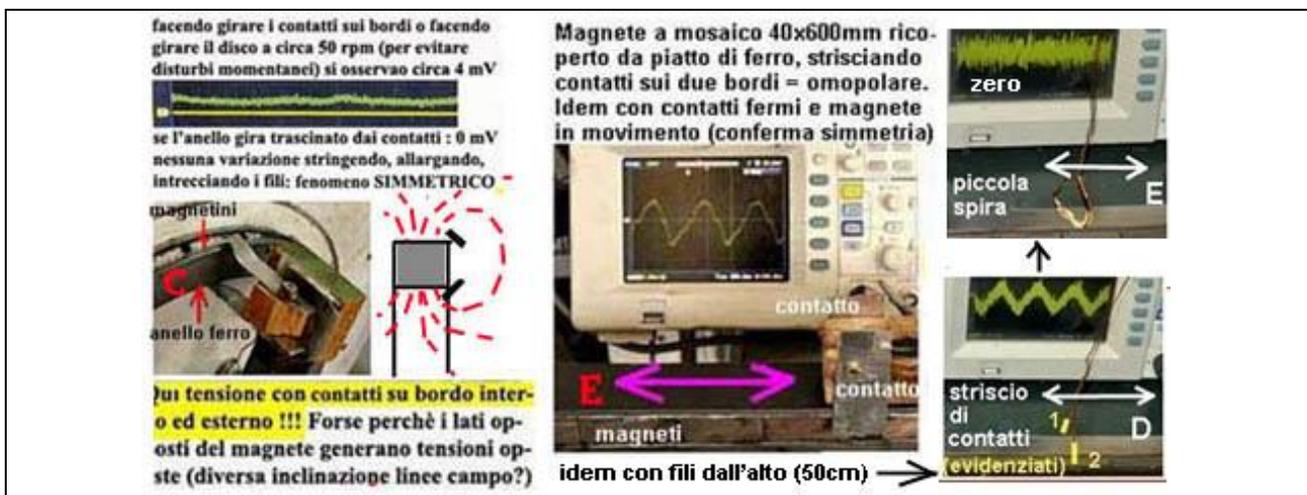


Come accade in genere con i generatori elettrici basati sull'induzione, uno si può chiedere **se questa macchina sia reversibile**, cioè se possa funzionare come motore. La risposta è affermativa. ... **La stranezza di questi fenomeni e il fatto le cose appaiano differenti a seconda che ci si ponga nel 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".**

Mi ricorda la questione sollevata da INFN in appendice-1 (e con tutte le perplessità che, per me, ne derivano), **sembra l'autore trovi la soluzione del problema nella Relatività Ristretta**.

Prima di pensare a quello "stato" ero rimasto molto confuso

Ora mi permetto di aggiungere test miei (torno a scusarmi per il **casino della loro identificazione**)



Il risultato del test **C** fa pensare al **TEST-2** del cap.4, quindi anche negli omopolari la diversa inclinazione delle linee del campo sono efficaci. Non dovrebbe dipendere dal fatto che un contatto è N e l'altro S considerando che **gli altri test usano lo stesso polo**. Questi altri test **confermano C** inoltre mostrano una inversione di segno con l'inversione del moto che potrebbe essere spiegata con qualcosa di simile allo "ingranamento" del **TEST-1**. Quindi **sembrava che solo l'assenza di variazione di flusso dividesse gli omopolari dal resto dell'induzione**. Questi test assomigliano al **4** nella "Barra conduttrice" del cap-4.

La tabella seguente considera le 12 combinazioni possibili tratte dai test finora mostrati: si noti la tensione compare solo in presenza di contatti striscianti e, naturalmente, con la presenza del campo magnetico

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).

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

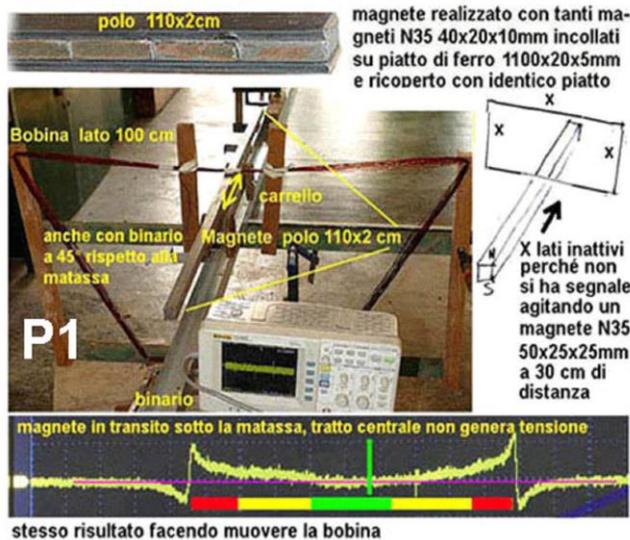
- 1-SI M S **C** con contatti striscianti sui bordi dell'anello **in moto**
- 2-NO M F **C** con i **contatti che trascinano M**, quindi non strisciano)
- 3-SI **m S C** i contatti **girano attorno al magnete tenuto fermo** (evidenziato perché importante).
- 4-NO m F **C tutto fermo** (è inutile citarlo, 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 **C 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 (in prof. Pegna non lo ha provato): **a buon senso direi NO**
- 9-SI Md S come 1 dovendo far strisciare un contatto sul magnete (il Prof. 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.

Però le mie idee **restavano confuse** e mi ero rassegnato a considerare gli omopolari un mistero irrisolvibile e lo misi da parte. Rivedendo i vecchi test ora le cose mi sembrano più chiare. **Test propedeutici:**

P1 (già stato mostrato nel cap-2) **descrive il magnete usato per i test successivi**. Nella zona mediana il campo non produce effetti avvertibili da una bobina di 30 spire in presenza di lento moto relativo (ripeto che la curva corrisponde a quella ricavata con mezzo giro di una spira fra poli cilindrici). Si noti che in altri test ho ottenuto gli stessi risultati con un magnete lungo solo 40 cm (ma fatto con magneti 50x25x25), quindi assai più potenti e quindi disturbanti.

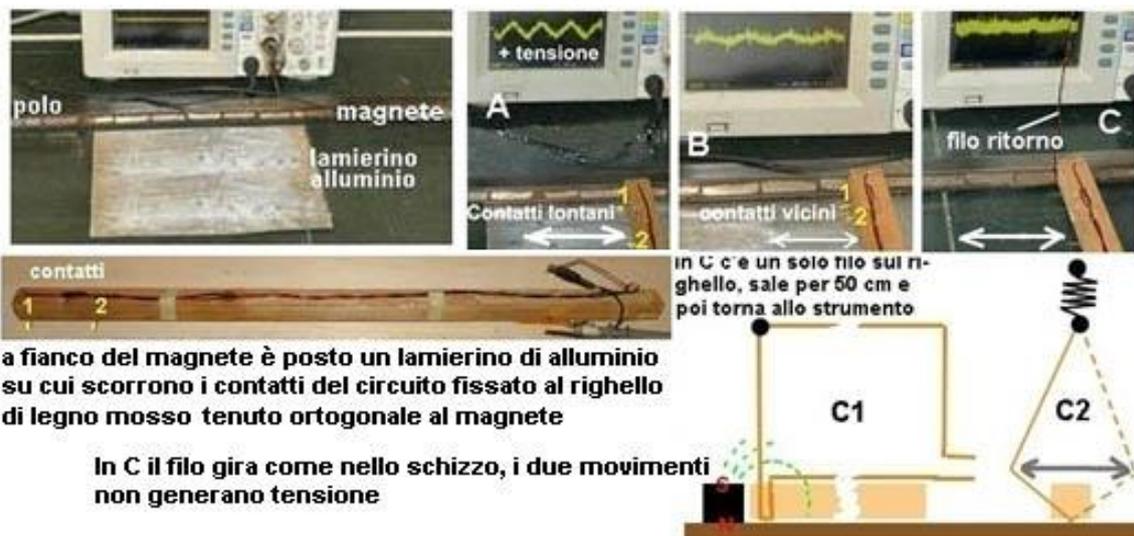
P2 conferma la **qualità del magnete** usato in P1 perché simile..



Magnete anulare analogo a quello lineare. Una bobina di molte spire posta in veloce rotazione non genera tensione (idem tenendo ferma la bobina e muovendo il magnete). Ciò dimostra che non c'è variazione di flusso, perciò il campo del magnete è notevolmente costante.



Questi sono test ulteriori fatti per cercare di capire cosa succede Il magnete è lo stesso usato in P1



Nei test A B C un righe llo di legno tenuto ortogonale ed aderente al magnete viene mosso a destra e a sinistra (10-20cm, come indicato dalla freccia bianca).

I test A B sono simmetrici agli omopolari, invece del disco c'è un lamierino (fermo) investito dal campo del lungo magnete, L'intensità del campo diminuisce allontanandosi dal magnete fino a sparire, anche l'inclinazione delle linee del campo cambia con la distanza. I due contatti (1-2 gialli) sporgenti dal righe llo 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. 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. Questi test **sembrebbero** suggerire **la forza di Lorentz**: difatti il filo sopra il righe llo e fra i contatti 1-2 si muove nel campo, subirebbe 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

- 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.

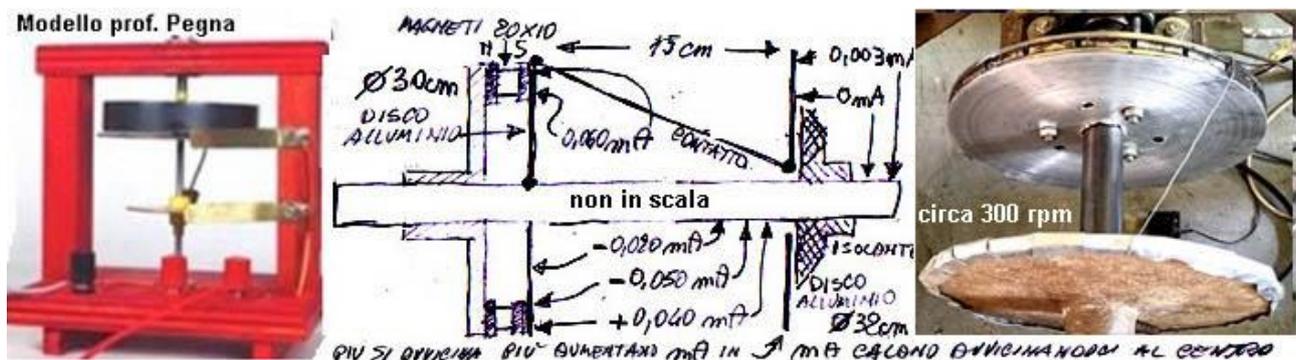
Nel test C bianco il lamierino non c'è, il filo che porta al contatto 2 non è utilizzato e dal contatto 1 viene tirato in verticale un filo per 50 cm che poi prosegue per arrivare alla sonda. Questo filo viene teso quanto basta per consentire le oscillazioni indicate dalla freccia bianca (C1). Qui il filo teoricamente sottoposto a f.d.L è ancora presente (anzi è più lungo) eppure si nota solo un modestissimo segnale e questo **sembra smentire l'ipotesi f.d.L.** Se si tiene fermo il righe llo 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. **Questo conferma i dubbi sulla f.d.L" del test e) prof Pegna**

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. 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 se pure la forza di Lorentz avesse problemi, quale potrebbe essere il meccanismo?

- Parlando di induzione magnete-spira, si è supposto che il campo metta in uno "stato" particolare gli elettroni che ne sono investiti. Tanto più quanto più è diversa l'intensità (punti 1 e 2 nei test A-B bianchi) o diversa la "inclinazione" del campo (vedi test D-bianco confermato dai test C ed E rossi a sinistra). Non si potrebbe supporre che se gli elettroni potessero "correre" essi si sposterebbero fra i due punti in modo da equilibrarli? Per muoversi ovviamente serve energia e questa si può fornire col movimento, ma serve anche un percorso per far circolare gli elettroni, altrimenti un magnete si riscalderebbe semplicemente muovendolo: ecco la necessità del filo che colleghi i due punti in diverso "stato". Certo è un'ipotesi ad hoc, ma non diversa dalla legge di Lenz che si giustifica invocando il principio della conservazione dell'energia (o più semplicemente constatando che altrimenti si avrebbe energia gratis).
- Supponiamolo. Se poi un contatto o entrambi *scorrono* sulla superficie dove avverrebbe il fenomeno, questa viene continuamente rinnovata, la corrente diviene **continua**, e quindi osservabile.
- Quando i contatti si spostano il campo magnetico ripristinerebbe lo "stato" degli elettroni perciò. un nuovo passaggio dei contatti genererà nuovamente corrente
- La corrente produrrà attorno a se un campo magnetico che interagirà con quello del magnete frenando il movimento: come negli alternatori dovrebbe essere questa interazione a fornire energia e a far correre gli elettroni. Vero che in questa situazione il meccanismo si presta particolarmente oscuro, ma.

Il caso sottostante sembra proprio richiedere un meccanismo di questo tipo



NB misurando in mV il risultato non cambia: dove qui vedo 0,040 mA, ho letto circa 6 mV, il resto in proporzione.

Si tratta del test **T6** (analogo al **T2** e uguale al **d**) di Pegna) un circuito esterno al disco può consentire una migrazione di elettroni capace di livellare la tensione ma solo lo "strisciamento" (o meglio lo "spostamento") dei contatti consente di mantenere **continuo** (e quindi osservabile) tale livellamento. Usando il contatto sottostante non c'è lo strisciamento nella superficie che consente la "continuità" del fenomeno. Ovviamente questa spiegazione varrebbe anche per **e**): lo strisciamento avviene sempre nel disco superiore dove gli elettroni sono in quello stato particolare (mentre nel disco di sotto non lo sono perché lontano dal magnete). Si noti come anche le inclinazioni opposte delle linee del campo (all'altezza dei due bordi del piano polare) abbiano effetti come quelli osservati nel cap.4 (TEST-2) confermando la parentela fra alternatori e Omopolari

Ripeto le parole del prof.Pegna **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.**

Visto che così stanno le cose e considerato che un fisico esperto e ben valutato come Pegna trova la cosa strana, mi pare evidente che le teorie correnti in questo (e non unico) caso sono "fisicamente" inadeguate. Come detto non tutti gli ingranaggi mi risultano chiari, penso che la difficoltà di immaginare un modello fisico perfettamente dettagliato dipenda anche dal fatto che i flussi magnetici non sono lineari, sembrano piuttosto dei **vortici** come già Oersted stesso dovette constatare e non è semplice immaginare cosa combini un vortice da punto a punto.

Credo però d'aver proposto qualcosa di più della "cella campanaria di Maxwell", me lo concedete?

Sembrerebbe quindi che l'induzione **in generale** si appoggi ad un unico fenomeno fisico, quello vagheggiato da Faraday come "Stato Elettrotonico" e che la "**corrente**" (moto di elettroni) **sia la causa e non la conseguenza** di ciò che in fisica classica viene chiamata onda elettromagnetica (un'eresia che scandalizzerebbe persino Smolin).

Chissà se troverò qualche fisico disposto a valutare serenamente i miei vaneggiamenti. Temo di no. Se non altro mi ci sono divertito e forse avrei speso di più andando a Sharm el Sceik. Mia figlia mi dice dello scemo, ma non considera che quel che ho risparmiato poi lo erediterà lei (a meno che non mi venga voglia di spenderli con la badante).

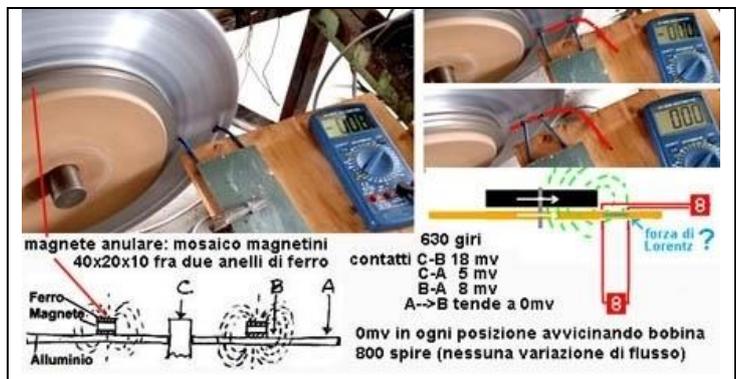
Nota ad uso di chi ritiene che il campo del magnete ruoti con esso.

Lo pensano in molti, ad es. <https://digilander.libero.it/gino333/Rajaraman%20omopolare.pdf> ritiene che le linee del campo magnetico siano robe continue, come se fossero le "setole" di una spazzola e quindi rigidamente collocate al magnete. A me pare un'idea strana considerando che anche l'energia va per quanti e a me pare che sia più semplice di considerare un "flusso" magnetico analogo a un "flusso" di gocce d'acqua sparato da un irrigatore: fatelo girare e vedrete che succede..

Comunque per chi non si fosse convinto dall'evidenza propongo un ragionamento più articolato. Comincio con una osservazione. Uno stretto magnete anulare è fissato al centro di un grande disco di alluminio e due spazzolini, collegati ad un tester, vengono fatti strisciare sul disco (C,B,A sono possibili punti di contatto, Il precedente test P2 mostra come è fatto il magnete anulare, si tratta quindi di un omopolare).

La tensione è più alta fra C e B che fra C e A perché B è un punto dove il campo magnetico è più intenso che in A; la maggior velocità in A non compensa (allontanandosi dal centro a un certo punto la tensione scende a zero).

Disco e magnete sono solidali quindi il flusso magnetico dovrebbe essere fermo relativamente agli elettroni dell'alluminio eppure fra A e B abbiamo 8mv. Dovremmo avere 0mv come nei due casi a destra dove il contatto fra i punti A e B non avviene tramite il disco, ma tramite il filo di rame evidenziato in rosso (in questi test gli spazzolini non toccano il disco).



In questi due ultimi casi non c'è tensione e lo si può giustificare **sia** perché non c'è variazione di flusso e la cosa è stata verificata con una bobina di molte spire (molto più sensibile di una singola spira) piazzata grossomodo dove c'è il filo rosso, **sia** perché la forza di Lorentz (se ad essa vogliamo ricorrere) non può produrre effetti visto che **tutte le linee del flusso magnetico entranti nella spira escono dalla stessa spira** (teorema di Gauss). Perché allora quegli 8mv quando al tratto A-B provvede il disco? Ecco la risposta del fisico X:

Il disco rotante insieme al magnete è andato a sostituire un tratto di circuito rispetto al quale il campo magnetico era in moto. Quindi sul vecchio tratto di filo agiva la FdL ma sul disco che si muove col magnete non agisce alcuna FdL. Se la FdL che prima agiva sul tratto ora eliminato andava in equilibrio con tutte le altre FdL agenti sul resto del circuito, l'aver eliminato quelle componenti fa sì che ora la risultante sia diversa da zero...e quindi circola corrente ...

Ma allora tutte le altre FdL agenti sul resto del circuito varrebbero -8mv! Secondo le teorie correnti l'induzione può essere giustificata tanto con la forza di Lorentz quanto con la Legge di Faraday e io ho controllato che dove si trova il filo della spira nessuna variazione di flusso è presente, **pertanto non capisco da dove possa saltar fuori quella tensione che compenserebbe quella perdita utilizzando il disco.**

E dovrebbe essere chiaro (prosegue il fisico X) perché occorra qualche acrobazia per salvare la legge di Faraday. La legge di Faraday parla di un circuito chiuso ma, come tutte le leggi fisiche deve essere applicata all'interno di un sistema di riferimento. Invece il test degli omopolari è perverso perché viene eseguito a cavallo di due sistemi di riferimento distinti e, peggio ancora, non inerziali. E' un incubo per i cambi di coordinate! Ti illude che ci sia una spira ma qual è la spira? Intendo in quale sistema di riferimento si trova la spira? Perché il

flusso devo calcolarlo attraverso una superficie ed il calcolo mi deve fornire la risultante delle forze che agiscono sul perimetro. Ma il perimetro deve essere solidale alla spira! Qui un lato fa quello che vuole. Ruota come un folle! Anzi, il lato è costituito da materiale diverso ad ogni istante. La legge di Faraday concepita come l'aveva concepita Faraday, non è applicabile!...

il sistema di riferimento non può essere altro che il pavimento su cui su cui tutto è posato, osservatore compreso (e quella legge a me pare concepita più da Maxwell se non da Heaviside)

Faraday non ce la può fare. Solo una legge rivisitata da Maxwell può farcela... La FdL non soffre di questa difficoltà perché fa veramente il conto punto per punto e poi calcola la risultante. La legge di Faraday invece calcola la risultante in un colpo solo sotto l'ipotesi che tutto il circuito sia solidale con se stesso. Se tu cambi le carte in tavola ti metti in una condizione in cui il teorema del flusso non è più valido e quindi ti trovi in imbarazzo...soprattutto se non ti è chiaro il trucco matematico con cui ti stanno ingannando.

Va bene, però o non ho capito, oppure **non mi è stato detto come "rivisitare" Faraday**. Il prof. Pegna dice che secondo Faraday **il flusso magnetico NON è trascinato dai magneti in rotazione** (cosa pensi il prof. Pegna non mi è chiarissimo) comunque con questa ipotesi **tutto funziona benissimo**. Quando interviene il disco i suoi elettroni sono in moto nel flusso fermo e sentono la forza di Lorentz mentre quando la spira è chiusa col filo rosso non c'è bisogno neanche della legge di Gauss: flusso e spira sono entrambe ferme. Non sarà sicuro al 100% (se è vero che con qualche acrobazia a me sconosciuta si può rimediare) ma non da escludere. Certo sembra **assurdo** pensare ad un flusso **non trascinato** dal magnete che lo genera. Le linee del flusso attraversano il magnete, come possono essere ferme quando il magnete si sposta? Sarebbe come dire che il raggio di luce emesso da una torcia non segue il movimento della torcia.

Però qui il discorso è diverso, si tratta di un magnete cilindrico con polo rotondo **la cui "ombra" non cambia da fermo o in rotazione**. Quale potrebbe essere il meccanismo che rende indistinguibile la stasi dalla rotazione per chi si trova nel flusso magnetico? A mio parere **bisognerebbe che il flusso magnetico fosse fatto di particelle aventi qualche analogia di comportamento coi fotoni**. Cerco di spiegarvi.

Faccio un parallelo proprio con una torcia: se la punto contro un muro e la faccio ruotare su se stessa senza modificarne l'orientamento, il cerchio di luce resta fisso, ma i fotoni attraversando il vetro di protezione della lampadina vengono trascinati dal vetro? In prima battuta non è dato saperlo perché il cerchio luminoso non cambia. Per risolvere la questione posso però puntare la torcia (ortogonalmente e tenendola ferma) contro un disco di vetro in rotazione (puntandola fra bordo e centro di rotazione): viene deviato il fascio di luce? No, il fisico X me l'ha confermato. Ma i fotoni "sgusciano" fra gli atomi del vetro? No, ogni fotone viene assorbito da un elettrone che subito risputa un nuovo fotone che viene assorbito da un altro elettrone ecc. ecc. fino a che non esce dal vetro (fig.69 in QED di Feynman). Quindi se i fotoni attraversando il vetro **non cambiano l'angolo di rifrazione per effetto del moto del vetro**, certamente usciranno un po' "spostati" (in funzione del tempo di attraversamento del vetro) ma il cerchio di luce sul muro non cambia e chi fosse immerso nel flusso luminoso non avvertirebbe alcuna differenza.

Pertanto **se il flusso magnetico fosse fatto di particelle** che viaggiano (da polo a polo, dentro al magnete e fuori) con lo stesso metodo usato dai fotoni luminosi (dentro il vetro e fuori), potrebbe benissimo **essere un flusso visto fermo** come lo è un raggio luminoso nonostante attraversi un vetro in movimento. In questo caso il flusso magnetico "di ritorno" verso il polo opposto (meglio chiamarlo "varco" come direi giustamente lo chiamava Faraday) non deve spostarsi perché il magnete è rotondo, gira su se stesso e quindi il varco o l'insieme dei "varchi" **non si sposta** e il flusso può mantenere la sua traiettoria **come se il magnete fosse fermo** (se invece del magnete si usasse un solenoide in rotazione l'ipotesi sarebbe più comprensibile). Ovvio che il flusso dovrebbe essere fatto di particelle perché se si trattasse di qualcosa di continuo sarebbe necessariamente trascinato dalla rotazione.

Su questo Faraday sarebbe d'accordo? Fabio Toscano in "Una forza della natura" cap.8.V, racconta che secondo Faraday *"... 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 ..."* questo a differenza dei materiali diamagnetici oblungi che si dispongono trasversali alle linee del campo perché rifiutano le linee di forza. Queste linee, sempre a parere di Faraday, erano una realtà "fisica" perché erano capaci di spostare la materia (cap.8.VIII). Per Faraday tutto era materia e immagino che trovasse l'etere superfluo perché le sue "linee" già facevano il lavoro attribuito all'etere, Faraday non concordava col "conflitto elettrico" immaginato da Orsted per giustificare quell'esperimento e neppure con la Newtoniana "azione a distanza" di Ampere (capitolo 6-V) e penso immaginasse che le linee del campo (circolari attorno al filo e congiungenti il Nord-Sud dell'ago magnetico) si disponessero in modo da disturbarsi il meno possibile). Quindi non vedo perché si sarebbe opposto a considerare le sue linee come un flusso di particelle capaci di tener appiccicato il magnete ad un portone di ferro senza lasciarlo cadere (e senza consumare energia) o di trasportare energia (se c'è energia da trasportare) .

D'altra parte linee del campo attorno ad un magnete vengono disegnate come vettori. A pag 6 di https://online.scuola.zanichelli.it/amaldi-files/Cap_E5/CapE5_Onde_e_InduzElettromagn_Amaldi.pdf vedo tanto l'indicazione N-S quanto frecce e si parla di "flusso". Flusso di cosa se non di particelle? Virtuali o non virtuali che siano?

Note per eventuali ulteriori considerazioni

Se avessi visto giusto, scimiottando Smolin (per il quale la matematica dev'essere l' "ancella" della fisica) nel caso dell'induzione l'uso della matematica, indispensabile per prevedere i risultati quantitativi, sembra indurre a mettere la parola FINE troppo presto per quelli qualitativi.

-Trovare la descrizione di un vero omopolare: da qualche parte ho letto che si usavano prima dell'elettronica per ricavare corrente continua e che avevano grandissimi amperaggi (che io non ho osservato)..

-“Orologio a luce”: se i due specchi sono in moto, poiché un fotone non risente del moto dell'emittente, dev'essere stato emesso con una inclinazione opportuna per poter andare da centro a centro degli specchi altrimenti dopo un po' casca di fuori. Difatti qualcuno non parla di fotoni, bensì di una lampadina ☺. Non è una cosa ridicola?

-Deformazione spazio-temporale in relatività generale? Possibilissimo, ma richiede tempo per diffondersi (viaggia a c e si parla di gravitoni) che differenza c'è con le altre forze che si servono anchesse di particelle? E se non sono particelle ci deve pur essere qualcosa che viaggia. Onde? Ma anche le particelle sono onde. Diciamo che i “meccanismi” delle varie forze sono diversi fra loro (qua ho cercato d'immaginare quella del magnetismo, l'induzione non è una forza: è una “frizione”).

Leggo in <https://fisicamente.blog/2020/07/22/la-verifica-sperimentale-della-teoria-di-maxwell-i-lavori-di-hertz/>
“Per questo alla domanda che Hertz si pone sul “ cos'è la teoria di Maxwell ? “, lo stesso Hertz non trova altra risposta che “ la teoria di Maxwell è il sistema delle equazioni di Maxwell “. Sono le equazioni di Maxwell verificabili e non l'impalcatura meccanicistica che le ha fatte ricavare.”

-si andava diffondendo la coscienza che il problema era ormai quello di ricercare effetti del secondo ordine in v/c (e qui ritorniamo alla lettera che Maxwell indirizzò a Todd e che fu pubblicata postuma su Nature nel 1880: in essa Maxwell affermava “ ... nei metodi terrestri per la determinazione della velocità della luce, la luce stessa torna indietro sempre lungo la stessa traiettoria, così che la velocità della Terra rispetto all'etere dovrebbe alterare il tempo necessario per il doppio passaggio di una quantità che dipende dal quadrato del rapporto tra la velocità della Terra e quella della luce [effetto del secondo ordine]: il quale è un valore troppo piccolo per poter essere osservato ...”);