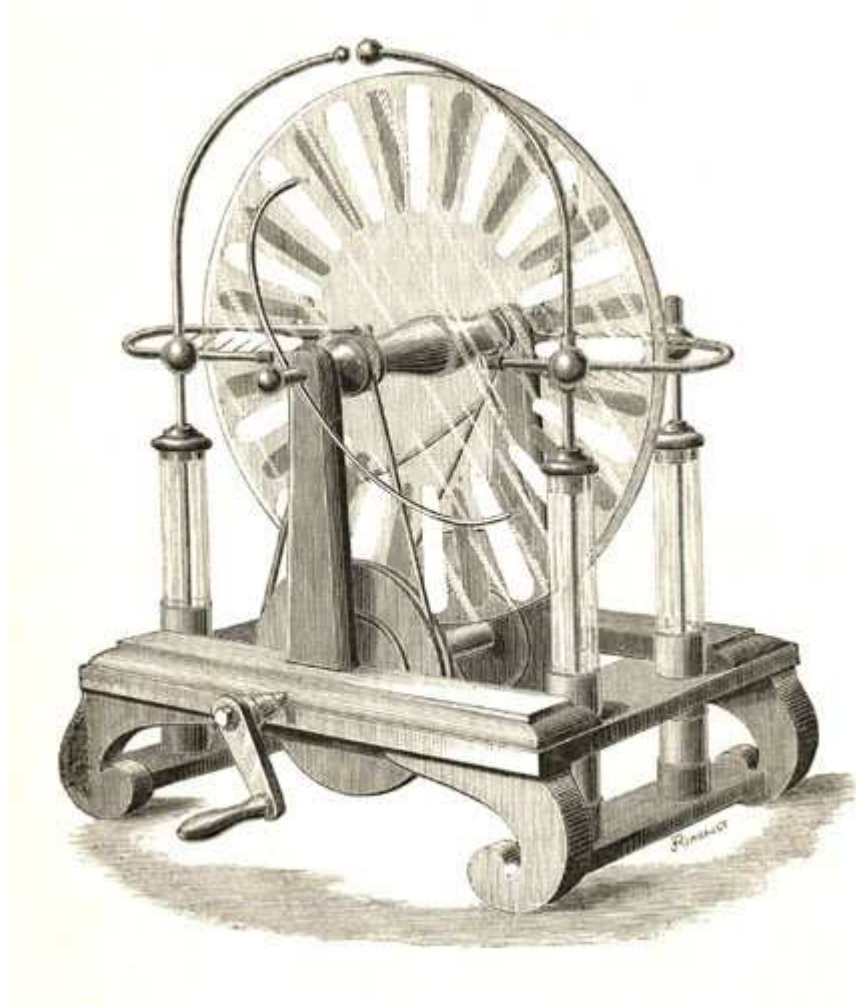


La macchina di Wimshurst



Indice:

1. Premessa.....	pag. 1
2. La macchina di chi?Un po' di storia.....	pag. 4
3. Cos'è la macchina di Wimshurst?.....	pag. 6
➤ Apparato meccanico	
➤ Apparato elettrico	
4. Costruzione della mia macchina di Wimshurst.....	pag. 10
➤ Progetto dinamico	
➤ Materiali	
➤ Strumenti	
➤ Reperimento materiali	
➤ Condensatori	
➤ Dischi	
➤ Base e supporti	
➤ Assi, pulegge, cinghie: apparato meccanico	
➤ Spazzole neutralizzatrici	
➤ Pettini collettori	
➤ Sferette di scarica	
➤ Gruppo d'innesto	
5. Principio di funzionamento della macchina di Wimshurst.....	pag. 32
➤ Scaturigine della carica	
➤ Regime	
➤ Siamo sazi; ora scarica!	
➤ Differenza tra capacità e quantità di carica accumulata	
6. Bibliografia e Sitografia.....	pag. 44
7. Ringraziamenti.....	pag. 44

1. Premessa

Ogni anno come consueto, smaltiti gli ozi natalizi, schiere di studenti, in vista dell'esame di stato, iniziano la marcia conclusiva; la volata finale che, tra ansie e doveri improrogabili li porterà al culmine della loro esperienza nella scuola secondaria superiore. Questo è anche il periodo del classico arrovellamento per la definizione di un'idea, di nuclei argomentabili, dai quali sviluppare la propria tesina.

Le regole del gioco sono semplici, e le strategie basilari sono facilmente deducibili: originalità, fruibilità e curiosità della trattazione, pertinenza al programma sviluppato nelle lezioni, globalità e possibilmente interdisciplinarietà dell'argomentazione.

Proprio in tale lasso temporale, di riflessione e ricerca di una traccia quanto più possibile adatta allo scopo, incalzato dal petulante timore di incappare in evitabili banalità, nasce l'idea fondamento di questa tesina.

Discorrendo e riflettendo con un compagno riguardo differenti accorgimenti attraverso i quali si possa osservare un fenomeno, sugli approcci possibili ad un'attività di ricerca, e sulle ambivalenti modalità attraverso le quali lasciarsi affascinare da un fenomeno sconosciuto, inusuale, intrigante, e curioso, trasparvero interessanti differenze. Se per l'uno l'apoteosi dell'attrazione risiede nella possibilità di analizzare quantitativamente una manifestazione della realtà, alambiccando con numeri ed acrobatici accorgimenti matematici, relegando all'attività di osservazione e riflessione teorico-intuitiva un'importanza ridotta. Per l'altro, il culmine poetico della scoperta invece si rispecchia nell'attività di riflessione interiore, ossia intuitiva analisi di un fenomeno attraverso osservazione, sforzo logico di idealizzazione ed applicazione delle conoscenze teoriche.

Ovviamente, concludemmo ammettendo che spesso, ma non sempre, una ideale attività conoscitiva, di ricerca e di interpretazione della realtà, non possa abbracciare una sola di queste due "correnti" prescindendo dall'altra. Muovendo proprio da una lieve titubanza e maldisposizione nei confronti della prima via, avvolgendomi della mia fiducia nella seconda, e forte della mia predisposizione per essa decisi di presentare alla commissione esaminatrice un fenomeno, o meglio un marchingegno, che mi lasciò attonito e rapì la mia curiosità sin dal momento in cui mi fu presentato.

La macchina di Wimshurst, un oggetto misterioso quanto incredibile, occupò parte dei miei pensieri per un lungo periodo, alla stregua di un'ossessione; dovetti tuttavia abbandonare le mie prime intenzioni, o speranze, di costruirne un esemplare funzionante (e comprenderne il principio di funzionamento) al cospetto delle grandi difficoltà tecnico-pratiche che tale obiettivo implicava.

Solo in seguito mi balenò l'idea di poter sfruttare questo geniale e misterioso fenomeno di elettrologia il quale, oltre all'osservazione ed alla descrizione, si sarebbe prestato all'applicazione della seconda modalità di approccio, quella teorico-intuitiva, a me più cara e congeniale.

Decisi dunque di cimentarmi seriamente in questa sfida impegnativa considerata la scarsità di mezzi pratici a mia reale disposizione (senza un laboratorio meccanico, ecc.), limitando il più possibile gli aiuti esterni che tuttavia, in alcune circostanze, si rivelarono indispensabili e privi d'alternativa.

Iniziando l'opera, ed inoltrandomi in essa, provai ripetutamente una sensazione di gioia impaziente amalgamata ad una corrosiva incertezza, che probabilmente è la sensazione provata da chi, almeno per una volta, è convinto di mettere alla prova anche una sola piccola grande parte dell'incredibile "realtà" che ci circonda; e che, a dispetto di quanto si possa supporre, è solo in parte conosciuta.

Mettendo in prima persona le mani in questa "realtà", mi parve inoltre, in pochi lucidi frangenti, di lasciare un piccolo tributo personale a tutta quella serie di esperienze, attività ed atteggiamenti che, nel corso di questi ultimi anni mi hanno segnato e stuzzicato, cambiandomi, ed inducendomi ad un nuovo modo di vivere alla ricerca soprattutto di "consapevolezza". Seguendo e nutrendo quella latente ma indomabile curiosità nei confronti di tutto quello che chiamiamo "realtà". Ed in fondo tutto ciò cos'è, se non, metodo scientifico.

2. La macchina di chi? un po' di storia

James Wimshurst nacque a Poplar in Inghilterra il 13 aprile 1832. Grazie all'agiatezza della propria famiglia poté ricevere una valida educazione culturale.

L'Inghilterra del XIX secolo estendeva il suo dominio incontrastato nei mari, slanciandosi in un'espansione coloniale che, dopo le americhe, faceva rotta alla volta di Africa ed Asia, ponendo le basi per quella che di lì a poco divenne la celebre politica dell'“Imperialismo”.

Tale espansione verso le nuove frontiere del colonialismo, risultava essenziale, tra gli altri motivi come il commercio, per il reperimento delle materie prime necessarie all'approvvigionamento ed al sostentamento di un sistema economico, quello inglese, basato sull'industrializzazione massiccia.

Nel periodo in cui l'Inghilterra ancora non sospettava la grande crisi congiunturale che si sarebbe abbattuta nel 1873, causata dall'instabilità del sistema economico eretto e dalla speculazione; essa volò sulle ali della crescita, apportata dall'utilizzo di nuove tecnologie applicate al sistema industriale. Di estrema importanza per tale crescita fu l'espansione del tessuto ferroviario nazionale, il quale, in Inghilterra prima che in ogni altra parte del mondo, crebbe incredibilmente in quegli anni, collegando tutte le maggiori città nazionali. Questa esponenziale rivoluzione dei trasporti rappresentò una manna per l'industria siderurgica, nella quale anche James Wimshurst tra le altre migliaia di lavoratori, trovò occupazione, la quale in tutta Europa solo per la costruzione dei binari impiegò circa 5 milioni di tonnellate di acciaio.

Sposatosi nel 1864 con Clare Tubb, nel 1865 abbandonò l'impiego alle *fonderie del Tamigi* e, trasferitosi a Liverpool lavorò per circa un decennio al *Liverpool Underwriters' Registry*. Dopodiché la sua carriera proseguì, portando l'abile e scaltro ingegnere ad assumere una carica nel “*Board of Trade*”, la camera di commercio inglese, della quale sarebbe diventato rappresentante nel 1890.

Wimshurst, fu inventore ed ingegnere, curioso ed attivo sperimentatore, e dedicò grande quantità del suo tempo libero all'attività di ricerca sperimentale. I suoi interessi vertevano particolarmente nel campo dell'elettrologia e dell'elettrodinamica, tuttavia soleva destreggiarsi anche in campi totalmente differenti; inventò difatti una caratteristica pompa a vuoto, utile per indicare la stabilità di una nave, ed elaborò diversi metodi per collegare elettricamente i fari alla terraferma.

Circa dal 1878 si specializzò nella sperimentazione di apparecchi e generatori elettrostatici, non tanto spinto dalle motivazioni che oggi riterremmo maggiormente plausibili per un'attività di ricerca sperimentale in campo elettrostatico. Infatti essi non erano finalizzati alla produzione di energia, ma, in parte alla ricerca scientifica e soprattutto, come molto consueto in quel periodo, all'intrattenimento nei salotti di nobiltà e borghesia.

Disponendo di un laboratorio versatile nella sua casa di Clapham, il quale vantava una grande quantità e varietà di attrezzi e macchinari, poté, sebbene mai li brevettò, costruire e modificare generatori elettrostatici ideati da W. Nicholson, F.P. Carrè e W.T.B. Holtz; rivisitò e ricostruì, carpando il meglio dai suoi predecessori, ed infine dopo svariate modifiche giunse alla sua definitiva creazione: la macchina di Wimshurst. Per il rilievo della sua attività sperimentale in campo elettrostatico divenne nel 1889 membro dell'*Institute of Electrical Engineers*.

Dal 1896 , la sua macchina, espansa ad una struttura a dischi multipli, fino ad otto, (simile a quella osservabile in figura 2), trovarono grande impiego come generatori di raggi Roentgen per la radiografia e l'elettroterapia.

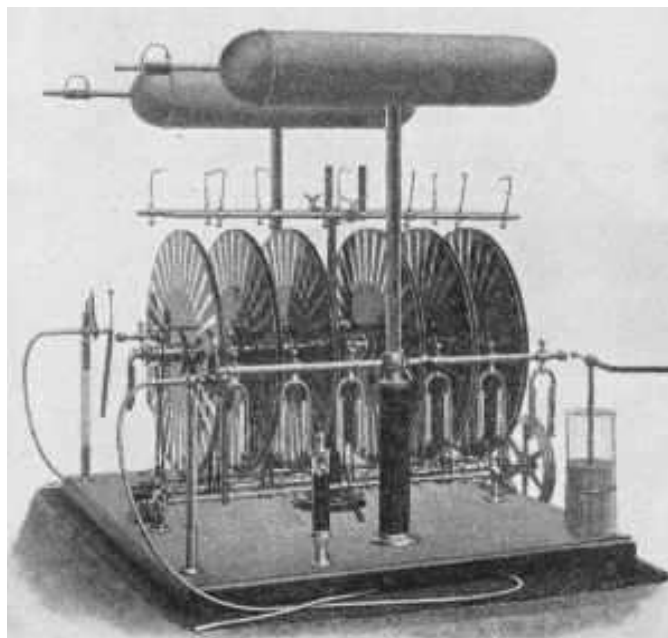


Figura 1. Macchina di Wimshurst a dischi multipli per l'elettroterapia

Per il grande contributo apportato alla scienza medica, James Wimshurst venne eletto *Fellow* della Royal Society pochi anni dopo, nel 1898.

Morì a Clapham, il 3 gennaio 1903, all'età di 70 anni.



Figura 2. James Wimshurst

3. Cos'è la macchina di Wimshurst?

La macchina dell'omonimo inventore è uno storico generatore elettrostatico a induzione in grado di generare alti voltaggi. Produce scariche elettriche (fino ad addirittura 100.000 V) di varia misura, visibili e relativamente pirotecniche, anche grazie all'ulteriore potenza garantita da due condensatori.

Si tratta di un apparecchio discretamente noto ed utilizzato, ad oggi, nei laboratori scientifici delle scuole superiori di tutto il mondo; tuttavia, nonostante la sua notorietà, il suo reale, effettivo e dettagliato principio di funzionamento è tutt'altro che chiaro. In realtà esistono diversi interventi sulla rete (e sezioni ad essa dedicate nelle enciclopedie della fisica) che tentano di descriverne il meccanismo senza purtroppo però riuscire ad

essere totalmente esaurienti o quantomeno convincenti. Ogni descrizione, pur partendo dai medesimi principi di fondo finisce col dissolversi pian piano, in un alone di incertezza e superficialità.

Inizialmente ero sicuro che, prima o dopo, sarei giunto in possesso di una descrizione definitiva, dettagliata, chiara e completa della mia opera in cantiere. Dovetti infine rassegnarmi in quanto le mie speranze di pervenire a qualcosa di concreto si rivelarono vane; sebbene, prestando attenzione e setacciando i vari articoli rinvenuti, ho potuto delineare una sufficientemente valida idea di fondo come una sorta di puzzle composto di pezzi provenienti da scatole differenti. La mia personale, imperfetta, opinione strutturale, coltivata scremando il materiale trovato sulla rete, ha potuto riscontrarsi in parte smentita ed in parte confermata e perfezionata grazie al confronto con alcuni professori; uscendone in definitiva trasparente e convincente.

La macchina di Wimshurst è composta essenzialmente da due apparati, quello meccanico comprendente dischi, supporti e pulegge, e quello elettrico composto da *spazzole neutralizzatrici*, *pettini collettori*, *condensatori*, e *sferette di scarica*.

➤ **Apparato meccanico**

L' apparato meccanico è relativamente il più semplice, ma solo dal punto di vista teorico, in quanto in fase di sviluppo e progettazione fece dannare non poco rivelandosi decisamente ostico.

Esso è costituito da due dischi solitamente di diametro compreso tra i 30 ed i 40 cm (32 cm in quella da me prodotta), di materiale isolante, in grado di ruotare su di un medesimo asse ad una distanza di pochi millimetri. I due dischi ruotano contemporaneamente in senso opposto e tale rotazione è determinata da un sistema di pulegge le quali, se azionate per mezzo d'una manovella, grazie alle cinghie imprimono il moto ai dischi.

Sui dischi sono applicati radialmente dei settori metallici, anche comunemente dette placchette. Essenziale è che esse siano in numero pari, per garantire la simmetria tra le due metà del disco determinando, per ogni settore in una metà, un settore simmetrico nella metà opposta.

➤ **Apparato elettrico**

Per quanto riguarda l'apparato elettrico è utile procedere per gradi.

Le due *spazzole neutralizzatrici*, una per ogni disco, sono dei tubetti metallici agli apici dei quali fuoriescono frange di fili di rame. Esse sono fissate esattamente a livello del mozzo sul quale ruotano i dischi ed hanno il compito di mettere in contatto i settori metallici opposti mediante lieve sfregamento.

Queste spazzole neutralizzatrici dovrebbero essere poste in modo da formare tra loro un angolo di 90 gradi. Dunque l'angolo tra le spazzole e la linea dell'orizzonte dovrebbe risultare all'incirca di 45 gradi. In realtà questi valori non sono strettamente vincolanti il funzionamento della macchina, sono i più comuni, ma pare possa funzionare analogamente con altre angolazioni delle spazzole.

I *pettini collettori* raccolgono le cariche presenti sui settori. Essi sono (di nuovo uno per disco) due tubetti metallici ad U che abbracciano i dischi a livello del diametro orizzontale. Su di essi sono applicate altre frange in rame; proprio queste frange si occupano di "pettinare", o meglio raccogliere le cariche presenti sui settori. Tale raccolta può avvenire sia per lieve strofinio che per induzione, lasciando cioè le frange ad una breve distanza dai settori in modo da sfruttare l'effetto punta, pronunciato in corrispondenza delle estremità delle frange.

I due *condensatori*, simili al classico modello storico di bottiglia di Leyda, svolgono naturalmente la funzione di accumulare le cariche raccolte dai pettini collettori. Quando questi raggiungono la massima quantità di carica accumulabile, l'uno con cariche di segno opposto all'altro, avverrà una scarica mediante le due sferette di scarica.

Le *sferette di scarica* garantiscono che la scarica, dovuta ad una differenza in potenziale, non si verifichi in un punto casuale della macchina, ma saetti proprio tra esse. Questi poli della macchina possono essere solitamente spostati e distanziati a piacimento in modo da vedere scariche di diversa lunghezza e, dunque, di diversa intensità.

Quanto detto in questa sezione può essere riassunto nella sottostante rappresentazione schematica frontale:

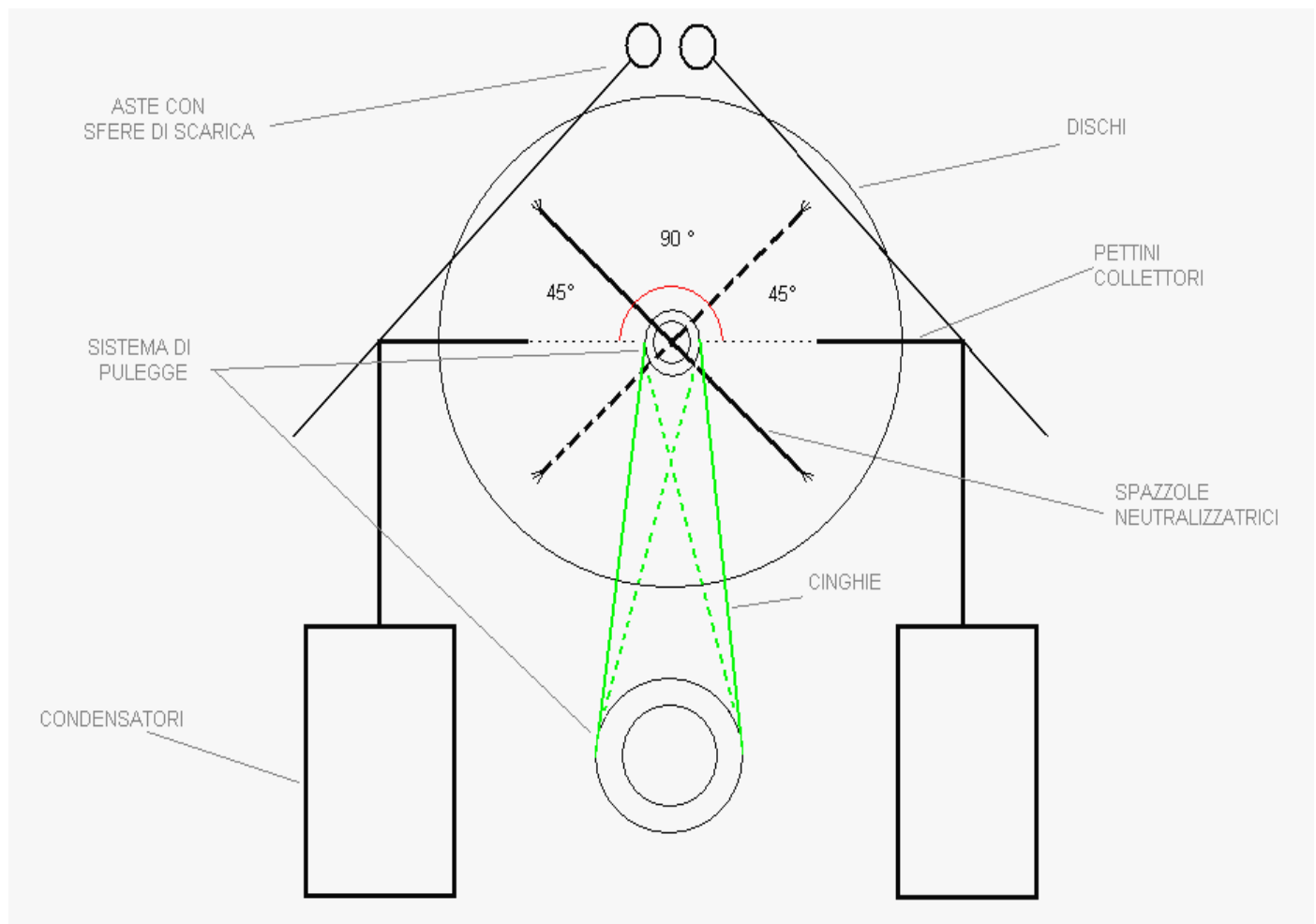


Figura 3.

La prima presentazione della macchina di Wimshurst è conclusa; tutto sommato può non apparire un macchinario tanto complesso. In realtà questo è stato solo il primo incontro, per il lettore, con la scintillante ideazione dell'inventore inglese. In altre parole, in questa sezione sono stati presentati i fondamentali, le linee generali utili alla comprensione delle sezioni successive che si riveleranno certamente più articolate, complesse, ma di gran lunga le più interessanti.

4. Costruzione della mia macchina di Wimshurst

Quando decisi di imbarcarmi in questa avventura ero consapevole delle difficoltà che tale progetto avrebbe comportato. In realtà, come spesso accade, chi si trova a dover tradurre nella pratica dei progetti teorici, mettendosi all'opera scopre a sue spese come l'effettiva realizzazione si riveli decisamente più complessa ed ostica del previsto; e soprattutto, quanto l'esito positivo di ore di lavoro sia tutt'altro che scontato.

➤ Progetto dinamico

Naturalmente, ogni opera è preceduta da un progetto; e proprio qui riscontrai la mia prima difficoltà: scorrendo i diversi articoli presenti sull'internet fu impossibile trovare una “ricetta”, una vera e propria linea guida, un progetto, al quale aggrapparmi e dal quale sviluppare, con eventuali modifiche ed accorgimenti, un mio elaborato.

Decisi dunque di seguire un “progetto dinamico”. Un piano di massima (definito unendo diversi elementi colti qua e là da vari esempi di macchine costruite da altri utenti) veniva via via adattato e ridefinito secondo le eventuali esigenze tecnico-pratiche, od in base alla possibilità di reperimento dei materiali.

➤ Materiali:

- dischi in plexiglass (spessore 0,5 cm e diametro 32 cm)
- pulegge
- cinghie
- pannello in legno (spessore 1,8 cm)
- fogli di carta d'alluminio ramato.
- assi metallici (uno liscio, uno filettato)
- distanziali
- bulloni e ranelle
- barattoli
- sughero
- carta d'alluminio (stagnola)
- tubetti d'ottone (lunghezza 100 cm; cinque di diametro 0,4 cm, uno di diametro 0,2 cm)
- cavi corrente
- nastro isolante
- colla vinilica
- silicone
- colla stick
- gommini
- vari articoli da ferramenta, innesti, cilindretti filettati, viti etc.
- adeguati pomoli da cassetto in ottone

➤ **Strumenti:**

- trapano
- mini flessibile/rifinitore (Dremel)
- segchetti per legno
- segchetti per metallo
- lime
- pinze
- martello
- seghetto alternativo
- compasso
- goniometro
- “regolo”
- cacciaviti e chiavi
- forbici
- cutter
- metro

➤ **Reperimento materiali**

Proprio il reperimento e l’acquisto dei materiali rappresentò il secondo valico impervio. Molte delle parti meccaniche quali pulegge, cinghie, dischi, innesti, sferette sono presenti sul mercato specializzato all’ingrosso, ma, vendute in pochissime misure, dimensioni, standardizzate e difficilmente adattabili allo scopo.

Per i dischi, ad esempio, di materiale isolante, e nel mio caso in plexiglass che prevedevo di tagliare circolarmente partendo da delle lastre acquistate in un ingrosso per bricolage, registrai il mio primo fallimento. Come facile immaginare non è semplice improvvisarsi Giotto, non disponendo per giunta di un laboratorio e di strumenti particolari; fu quindi impossibile ottenere forme circolari soddisfacenti.

Fortunatamente (dovetti trovare un’alternativa) riuscii a scovare una piccola ditta specializzata nella lavorazione del plexiglass la quale poté produrmi due dischi d’una perfezione inarrivabile, che tuttavia dovetti contraccambiare profumatamente.

Le pulegge di dimensioni ragionevoli che cercai di utilizzare risultavano discordare tuttavia con le cinghie che avrei potuto reperire più facilmente; e viceversa dopo un’ulteriore ricerca delle cinghie scoprii che più andavo a cercarne di sofisticate, più rendevo inutilizzabili le già citate pulegge.

Cominciai a sentirmi come un idraulico che nel tentativo di tappare falle a destra e manca aveva già occupato tutti i suoi arti liberi

disperandosi, quando, per mia fortuna, scoprii che la soluzione a volte, come si suol dire, è proprio dietro l'angolo.

Scoprii che mio zio avrebbe potuto, disponendo di un tornio (e di un addetto a tale macchinario) sul luogo di lavoro, produrre delle pulegge lavorando dei tondi pieni in PVC, polivinilcloruro.

Ebbi così a disposizione due coppie di pulegge, molto semplici ma estremamente versatili e pratiche, della misura a me più congeniale.

Risolta la pratica pulegge, ed eretto un prototipo, potei prendere le misure esatte e con queste reperire le cinghie più adatte allo scopo; anche queste infine, dovetti ordinarle ad una ditta apposita dopo una serie di trattative.

Trovare il legno per costruire una solida base ed i supporti fu poi abbastanza semplice, e per quanto riguarda le sferette di scarica optai per l'adattamento di pomoli da cassetto in ottone.

Il resto dei materiali fu tutto sommato meno impegnativo da raccogliere.

➤ **Condensatori**

Iniziai la costruzione partendo dai condensatori, fabbricandoli in tutto e per tutto simili alle storiche bottiglie di Leyda. Seguii un modo di procedere del tutto personale e pressoché casuale, decidendo semplicemente di iniziare utilizzando i materiali di cui già disponevo, nell'attesa che il resto dei materiali ordinati fossero utilizzabili; ovviamente la mia modalità di procedere non è né l'unica né probabilmente la più corretta.

È importante che i condensatori siano di un materiale isolante, come vetro, plexiglass, o alcuni tipi di plastiche; per l'utilizzo che ne andava fatto, ritenni auspicabile l'utilizzo di barattoli di forma quanto più regolare possibile.

Mi trattenni abbastanza a lungo dunque nel reparto pelati, sottolio, sottovuoto, da destare i sospetti della guardia del supermercato; ma ne valse la pena perchè alla fine d'una lunga selezione scelsi i barattoli che avrebbero fatto al caso mio.

Designati i barattoli, (e svuotati del loro contenuto di filetti di sgombrò, di cui mi rimpinzai per giorni), furono necessari del sughero (che è un buonissimo materiale isolante), una colla vinilica, un compasso, del silicone (classico trasparente) e pochi altri strumenti.

Il primo passo comportò la preparazioni di piccoli dischetti di sughero del medesimo diametro interno dei barattoli, da utilizzare come

fondi e tappi per i condensatori in modo da isolare l'interno della bottiglia di Leyda.

Nelle figure 4 e 5 sottostanti è possibile notare, oltre alla trousse dei materiali necessari, come abbia isolato il barattolo adagiando del sughero nella sua faccia interna inferiore.



Figura 4. Costruzione condensatori



Figura 5. Isolamento faccia inferiore

Dopodiché vennero applicate sulla superficie interna ed esterna del barattolo le due armature del condensatore. Queste possono essere ottenute tagliando, delle dimensioni desiderate, fogli di carta d'alluminio ramato (fig 6).

Come si può vedere in figura 7 presi la precauzione di eliminare con una limetta da unghie le punte prodotte dalla lama del taglierino, nemico giurato di chi si adopera per ridurre al minimo la dispersione delle cariche nell'aria.



Figura 6. Intaglio e posizionamento armature

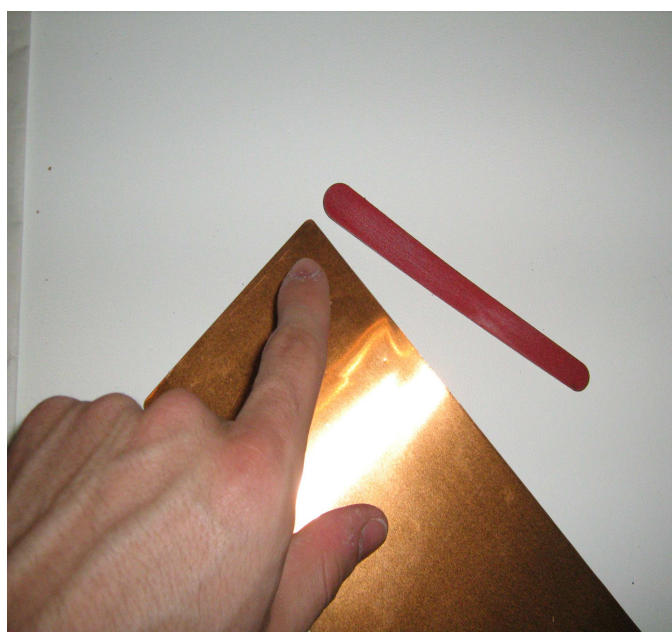


Figura 7. Limatura, riduzione “effetto punta”

Come già detto le due armature vennero poste, specularmente, sulle superfici interna ed esterna del condensatore di modo che il vetro, di cui è composto il barattolo, potesse fungere da dielettrico. Le due lastre di carta d'alluminio ramata sono state fatte aderire al vetro spalmandolo di un sottile strato di silicone, che, solidificandosi, le mantenne perfettamente adagiate alla superficie.

All'interno del condensatore entra, mediante un foro che predisposi appositamente nel tappo, il tubetto metallico proveniente dai

pettini collettori. Questo tubetto, all'interno del quale scorrono le cariche, è collegato all'armatura interna per mezzo di contatti in comunissima carta d'alluminio.

Uno schema molto semplice e chiaro è presentato in figura 8; essa rappresenta in modo estremamente fedele la sezione verticale della bottiglia di Leyda da me prodotta.

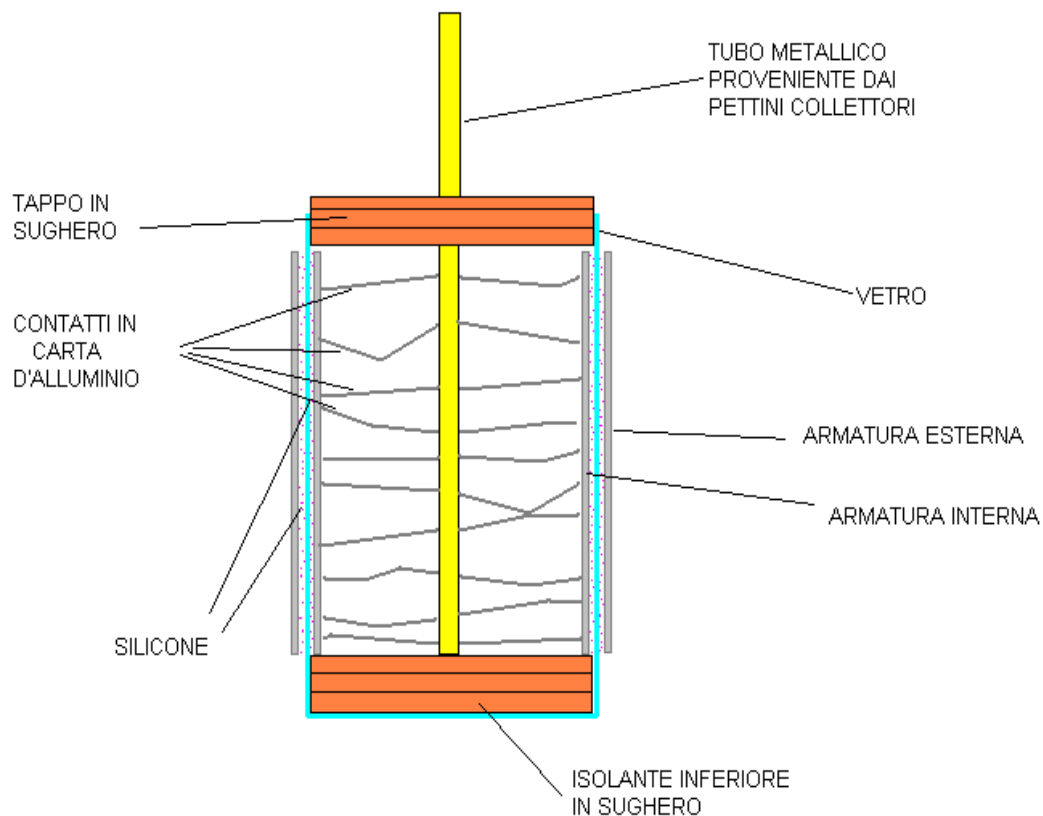


Figura 8. Sezione del condensatore

➤ Dischi

A questo punto ero già giunto in possesso dei dischi, e degli altri materiali ordinati. Proseguì dunque sulle ali dell'entusiasmo alla preparazione dei dischi. Pensavo sinceramente che questa parte del lavoro non avrebbe presentato grosse difficoltà, e mi convinsi che in pochi pomeriggi avrei chiuso la “pratica” dischi. Dovetti ricredermi in quanto il lavoro si arenò per diversi giorni. Non è che comportasse particolari complessità, ma certamente si dimostrò lento e monotono, richiedendo grande minuzia.

Tagliai dai fogli in carta d'alluminio ramata i cinquantasei piccoli settorini metallici di larghezza 1,1 cm e lunghezza 6 cm, i quali sarebbero poi stati incollati radialmente ventotto su di un disco, e ventotto sull'altro. Non fu semplice ricavare settori regolari utilizzando un taglierino, anche perché la carta d'alluminio ramata oppone una relativa resistenza al taglio e molti di essi, rovinati od irregolari, dovetti cestinarli e rifarli. Ad ogni modo, creati i settori, fu il momento di adattarli alla fase seguente.

○ *Il regolo*

Predisposi una serie di precauzioni in quanto non potevo permettermi errori nel processo di incollatura. Utilizzando compasso, riga e goniometro disegnai un “regolo”, cioè una struttura in cartoncino identica ai dischi sulla quale al posto dei settori metallici, disposti radialmente, comparivano una serie di buchi esattamente della forma dei settori.

In figura 9 è possibile osservare la produzione degli ultimi settorini metallici; poco più in basso è inoltre visibile il “regolo” generato per una maggiore accuratezza nella fase di incollatura.

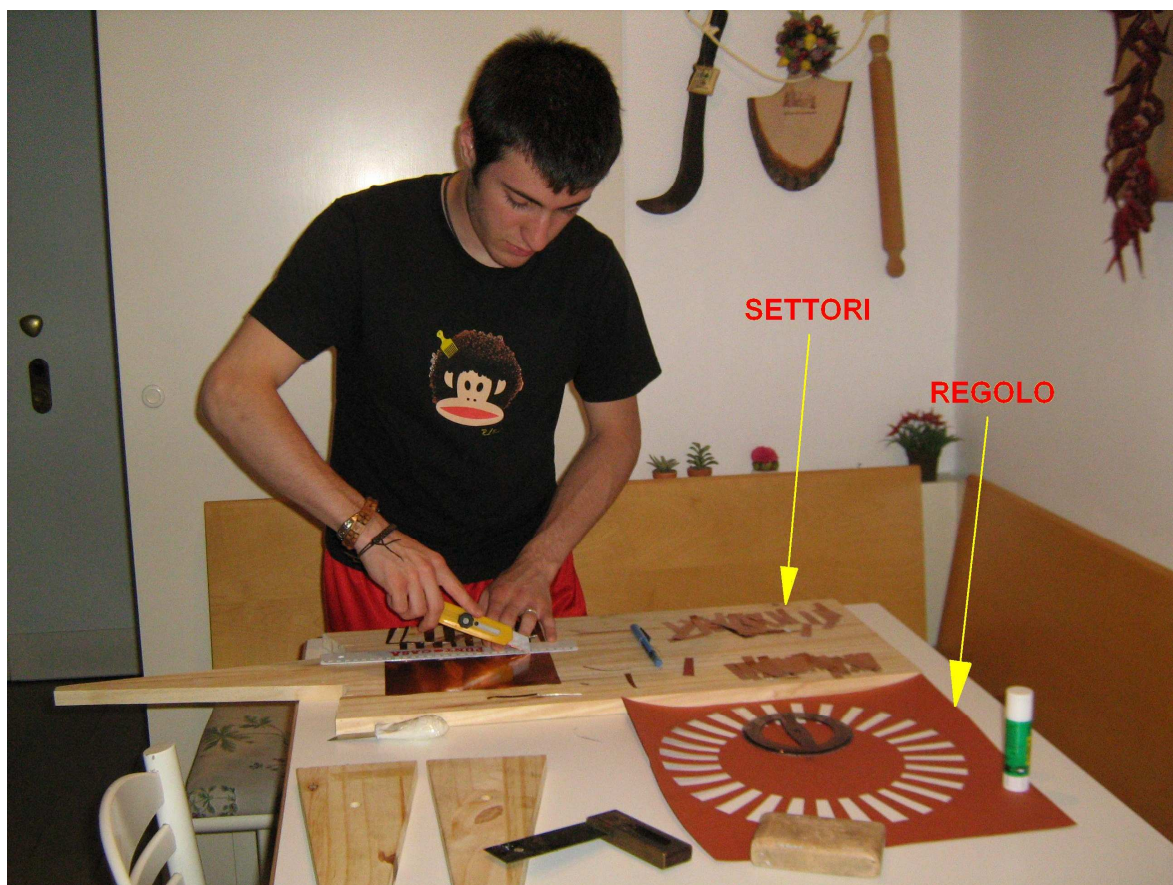


Figura 9. Intaglio settori e regolo

Prima di giungere alla fase d'incollatura dovetti scontare, come in un girone dantesco, una pena noiosa e monotona; la limatura di tutti e cinquantasei i settori. Il motivo di tale minuziosità è il medesimo di quando smussai gli angoli acuminati delle armature dei condensatori. Certo, sarà potuto trattarsi d'un eccesso di zelo, ma come ho già spiegato tutte le punte, visibili e non, sono nemiche giurate per chi ha bisogno di convogliare cariche. Infatti attraverso esse, avviene una rilevante dispersione di cariche nell'aria, secondo il famigerato "effetto punta".

Ed ecco in figura 10 (a pagina successiva) la limatura dei settori per mezzo di una semplicissima limetta da unghie:



Figura 10. Limatura settori

Naturalmente incollare i settori metallici sui dischi di plexiglass trasparenti avrebbe comportato non poche difficoltà, con il serio rischio di ottenere tutt'altro che una struttura regolare, con quattordici settori equidistanti in una metà, e quattordici settori nell'altra metà, del cerchio.

Per tal motivo ideai questo tipo di “regolo” che in effetti fu sensibilmente d'aiuto utilizzandolo come possibile vedere in figura 11. Lo applicai con dello scotch sulla faccia del plexiglass ed incollai, ora con poche difficoltà, i settori attraverso i buchi; dopo aver lasciato asciugare, quando rimossi il cartoncino, ero in possesso d'un disco pronto. Ripetei infine il medesimo processo per l'altro disco.

L'atto finale dell'incollatura è osservabile nelle figure 12, 13 e 14 nella pagina seguente.



Fig 11. Regolo



Fig 12. Incollatura settori



Figura 13. Incollatura settori



Figura 14. Disco pronto

A questo punto gli elementi “periferici” componenti la macchina erano pressoché tutti completati. Dunque fu il momento di procedere, come descritto di seguito, alla realizzazione del cuore della struttura.

➤ Base e supporti

Il passo successivo fu l'intaglio (mediante seghetto alternativo) d'un pannello di legno di pino per ricavarne una solida base, ed i due supporti verticali, i quali svolgono la funzione di colonne portanti per tutto l'apparato meccanico.

L'intaglio venne effettuato previa costruzione di alcuni prototipi in cartoncino, decisamente semplificati, ma sicuramente utili per la raccolta delle misure necessarie per non procedere "alla ceca".

Fissai i due supporti (colonne portanti dell'apparato meccanico) sulla base in legno di pino, elementi dei quali ho parlato precedentemente, come mostrato in figura 15:

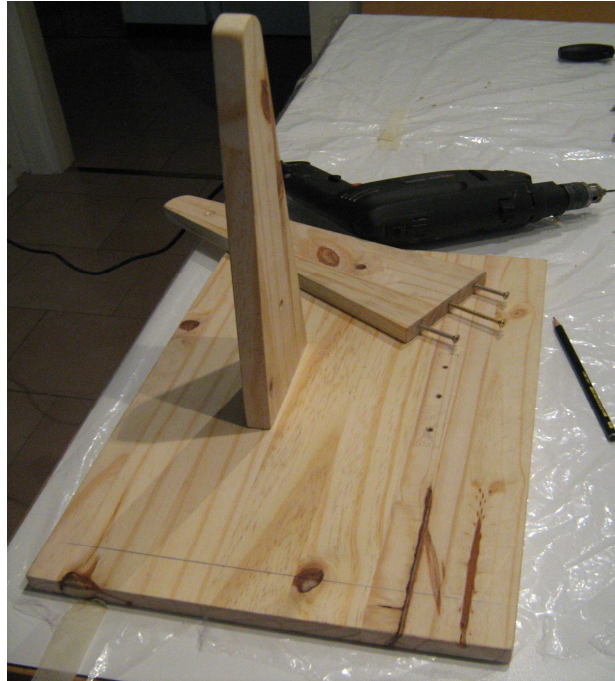


Figura 15. Base e supporti

Ottenni così una solida struttura in grado di sostenere il peso dei dischi, di due assi, pulegge, bulloni, distanziali ecc.. Ma andiamo per gradi.

I due supporti presentano due fori (che potei fare a scuola utilizzando un trapano verticale), il più basso a circa 10 cm dalla base, e l'altro vicino alla loro sommità. Attraverso questi fori come è facile intuire feci passare rispettivamente l'asse inferiore (o asse delle pulegge) e l'asse superiore (o asse dei dischi).

➤ **Assi, pulegge, cinghie: apparato meccanico**

Per quanto riguarda l'**asse inferiore** delle pulegge optai per l'utilizzo di un'asta tonda filettata, questa scelta fu necessaria in modo da poter bloccare a mio piacimento, ed efficacemente, le pulegge utilizzando coppie di bulloni in opposizione. Le pulegge così, ben strette e vincolate, poterono ruotare con l'asse se ad esso veniva messo in moto con una manovella.

È importante notare come questo asse ruoti, e con esso le pulegge, come un corpo unico azionato dalla manovella, e dunque da un lavoro meccanico.

Per l'**asse superiore** invece utilizzai un'asta liscia e non vi fissai alcun elemento. La grande differenza tra i due assi è che, se il primo ruota all'interno dei fori, il secondo (quello superiore) è fisso, perfettamente incastrato nei suoi fori non ha la possibilità di ruotare; tuttavia su di esso ruotano i dischi liberamente.

Dunque l'asse superiore è immobile e funge solamente da fulcro alla rotazione nei versi opposti dei due dischi.

Ai dischi incollai le due pulegge più piccole in modo da poter trasferire il moto, per mezzo delle cinghie, dalle pulegge sull'asse inferiore alle pulegge dei dischi, provocandone dunque la rotazione.

Vincolai infine i dischi orizzontalmente in modo da evitare eventuali scorrimenti e rotazioni disarmoniche. Internamente, tra i due piatti in plexiglass inserii un altro più piccolo dischetto del medesimo materiale (cosparso d'olio per ridurre l'attrito) dello spessore di 0,4 cm, che svolse egregiamente il compito di distanziale tra i dischi ed, allo stesso tempo, da volano.

Esternamente feci scorrere sull'asse due distanziali cavi in legno, i quali pur non opponendo grande resistenza al moto dei dischi, impedirono la traslazione di essi lungo l'asse.

Questa serie di aggiustamenti e trovate meccaniche potrà risultare certamente più chiara osservando in figura 16 la struttura realizzata come sopra descritto:

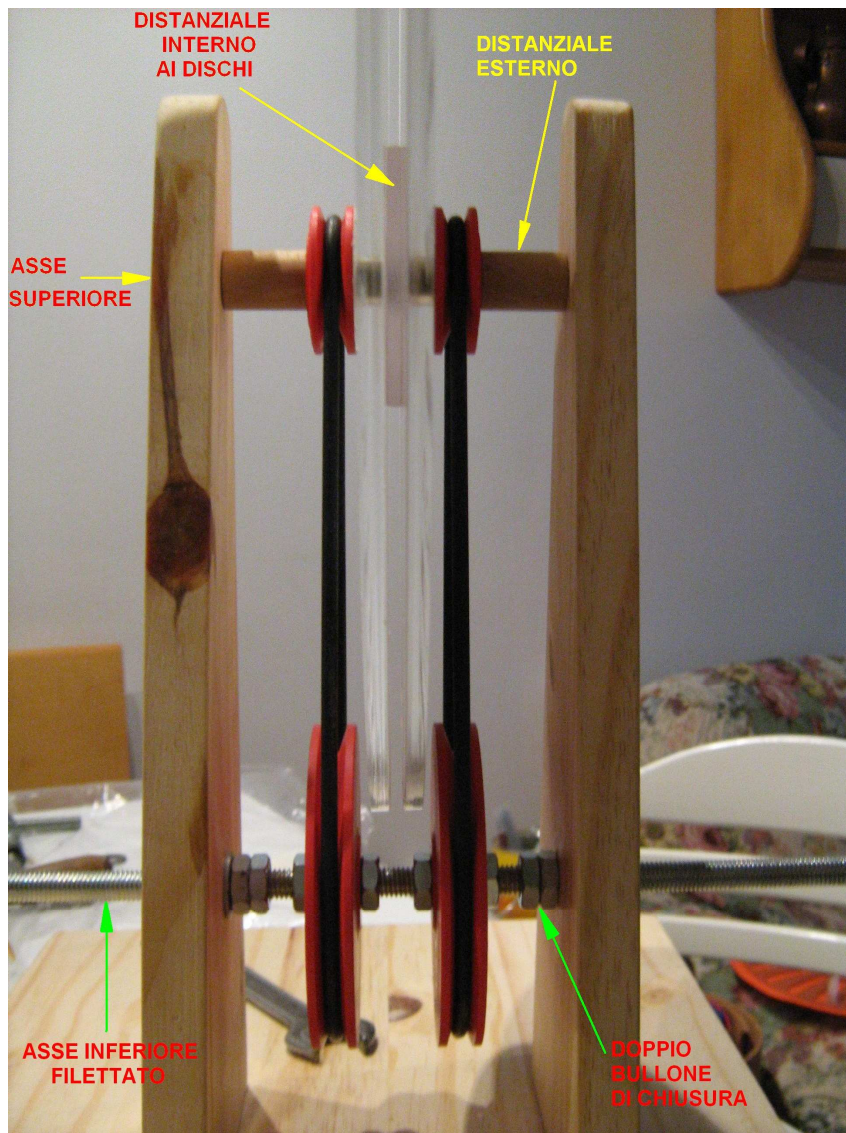


Fig 16. Vista laterale apparato meccanico

Completato anche questo passo la mia macchina di Wimshurst cominciò a prendere forma rendendomi via via più euforico ed impaziente.

Una volta che l'apparato meccanico fu eretto non restò che tuffarsi nella costruzione di quello elettrico, con tutti i suoi annessi. Di seguito viene descritta la procedura da me seguita.

Tutta la struttura elettrica, dalle spazzole neutralizzatrici, ai pettini collettori ed alle aste per le sferette di scarica fu ricavata piegando tubetti d'ottone (acquistati in un ingrosso per il bricolage) del diametro di 0,4 mm.

➤ Spazzole neutralizzatrici

In particolare “forgiai” per prime le due spazzole neutralizzatrici: quelle inclinate di 90 gradi l’una rispetto all’altra che mettono in contatto i settori metallici opposti, di cui ho parlato in sezione 3 (identificabili in figura 3).

Il metodo utilizzato fu tutto sommato semplice e rudimentale ma comunque, a giudicare dall’esito molto efficace.

Come possibile osservare in figura 17 ottenni la forma desiderata piegando cautamente i tubetti d’ottone mediante due pinze in azione contemporanea.



Figura 17. Piegatura tubetto in ottone (diametro 0.4 cm)

Attraverso le cavità dei tubetti feci passare quanti più possibile fili di rame, ricavati pelando un cavo elettrico. I ciuffi di rame che feci fuoriuscire dalle due estremità furono piegati adeguatamente in modo da fungere da vere e proprie spazzole.

A questo punto calcolai il giusto angolo di inclinazione con un goniometro, e dopo aver segnato con riga, squadra e matita una traccia guida sui due supporti, potei procedere al fissaggio delle spazzole neutralizzatrici. In figura 18, 19 e 20 è possibile osservare le spazzole neutralizzatrici fissate; di particolare importanza è notare, in figura 19, come, in accordo con quanto già detto, esse siano inclinate con un angolo tra loro di 90 gradi.



Figura 18. Spazzola neutralizzatrice

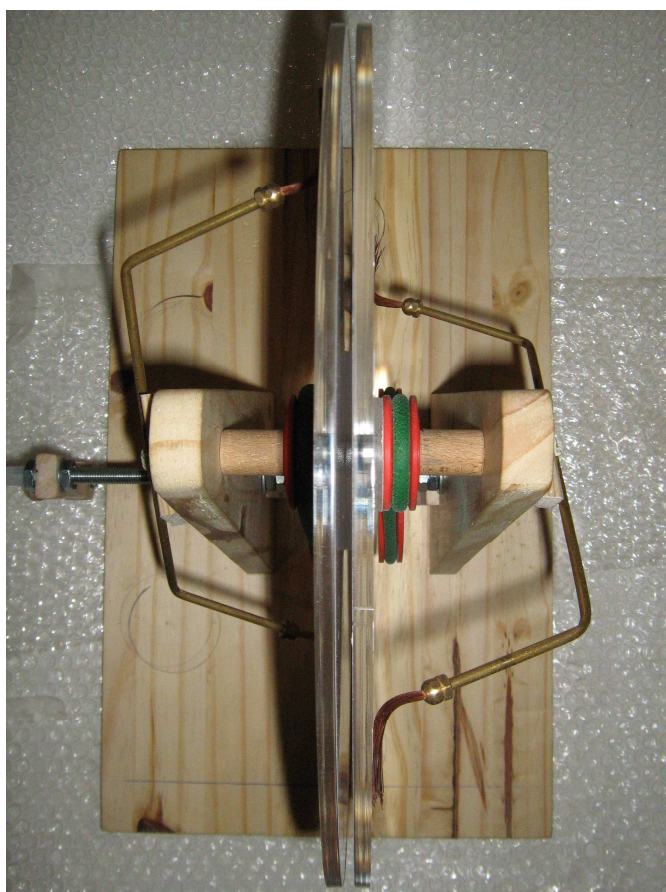


Figura 19. Inclinazione spazzole

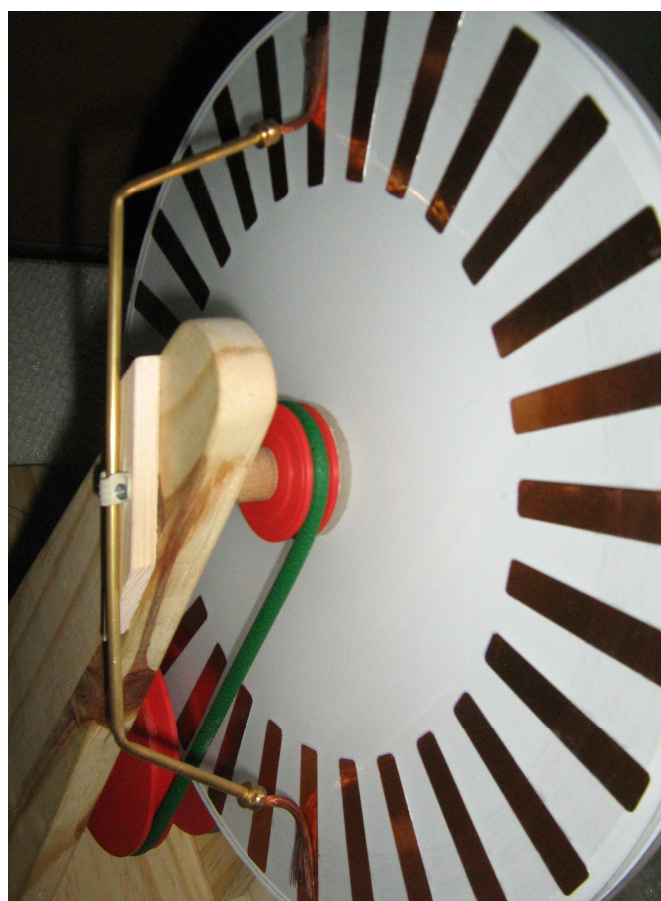


Figura 20. Le spazzole strofinano i settori

➤ Pettini collettori

Disposte anche le spazzole non restò che cimentarmi nuovamente nella piegatura dei tubi d'ottone, questa volta però al fine di ottenere la struttura portante i pettini collettori.

I pettini collettori come già detto sono collegati ad una struttura ad U che abbraccia i dischi orizzontalmente. Io realizzai tale struttura ad U piegando lentamente (sfruttando un collo di bottiglia) il tubetto d'ottone; oltre alla U tale tubetto fu torto in altri vari gomiti per poter inserire la sua parte finale nei condensatori. La struttura curva dei pettini collettori deve infatti avere una continuità fino a terminare all'interno dei condensatori. Non avrei potuto predisporre migliore continuità se non piegando in diversi gomiti lo stesso tubetto metallico.

La figura 21 mostra come tutto il gruppo condensatore-pettini collettori sia in contatto, in continuità, grazie all'utilizzo di un solo tubetto in ottone con più gomiti.

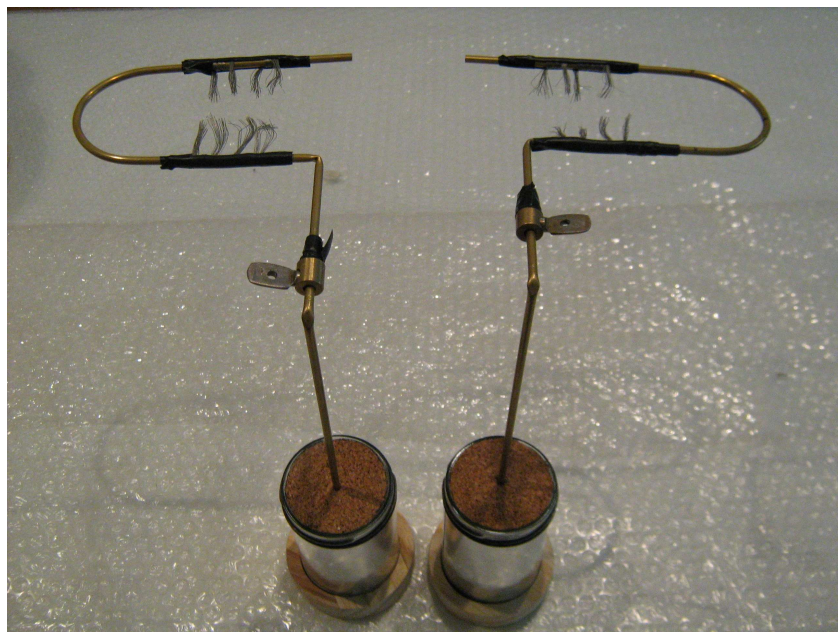


Figura 21. Struttura continua in ottone portante i pettini collettori

Singolarmente i pettini vennero realizzati pelando cavi elettrici (tipo filo della luce), ed estraendone fili di rame più sottili e meno rigidi di quelli usati per le spazzole neutralizzatrici.

Questi fili vennero avvolti a gruppetti attorno alla struttura ad U in modo che le estremità dei fili fossero sempre rivolte verso i settori metallici dei dischi.

I pettini furono dunque successivamente fissati e bloccati con una sorta di tubetto in PVC ed il tutto avvolto di nastro isolante, al fine di garantire una buona aderenza tra le parti metalliche.

In figura 22 si notano chiaramente gli avvolgimenti dei pettini sulla struttura ad U.

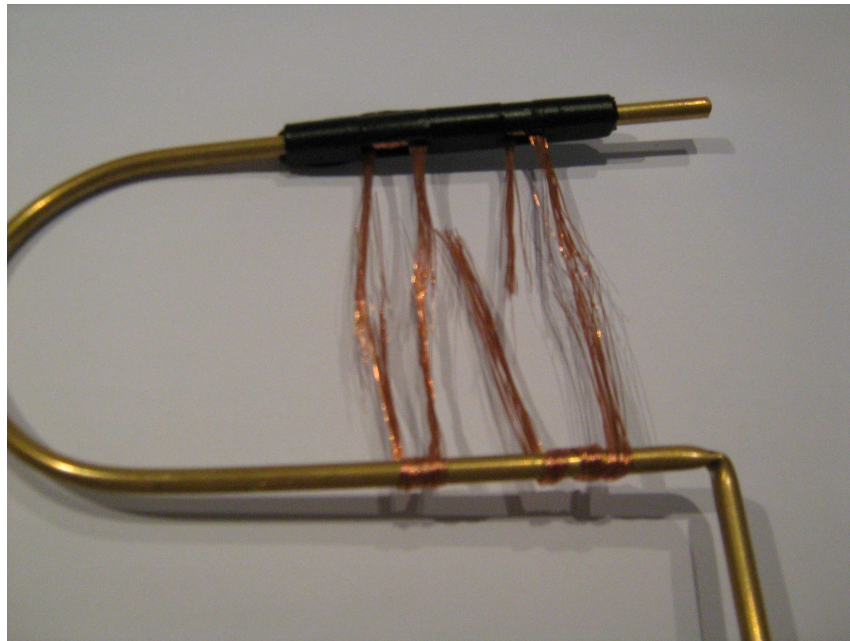


Figura 22. Pettini collettori; avvolgimento e fissaggio filo di rame

Così la mia macchina di Wimshurst, perse definitivamente le sembianze di una cantiere aperto, assumendo, almeno ai miei occhi, le spoglie d'un opera da museo.

Ma ancora due piccoli passi mi separavano dal collaudo, dal primo giro di manovella, dalla prima agognata, sperata, e purtroppo non assicurata, scintilla.

➤ **Sferette di scarica**

Non restava che donare alla macchina i suoi due poli, le sue braccia, ossia le due aste recanti le sfere di scarica.

Non fu difficile prendere due astine d'ottone ed infilarle (dopo aver svasato col trapano il foro d'entrata alle sferette) in quelli che altro non sono, che pomoli da cassetto d'una forma adeguata (fig 23);



Figura 23. Sferette di scarica

Queste sono le sferette attualmente in uso. Costruii in verità anche un altro tipo di sferette terminali che purtroppo diedero esito tutto sommato deludente. Le altre sfere sperimentate sono presentate in figura 24.



Figura 24. Sferetta sperimentale

Ho potuto riscontrare che, essendo la pallina grossa in ferro e non in ottone, l'ottone è un conduttore migliore del secondo materiale; come già ero del resto a conoscenza. Con le sfere di scarica in ferro infatti la scintilla era sì visibile, ma meno potente ed intensa.

➤ Gruppo d'innesto

La sfida più ostica si rivelò connettere, ancorare, le aste delle sferette di scarica al resto della struttura. Fu davvero fino all'ultimo il vero incognita di tutto il progetto, tant'è che anche il collaudo ufficiale della macchina fu effettuato con un innesto in versione di prova.

Fu necessario assicurare che:

- l'innesto fosse solido
- vi fosse contatto netto tra i corpi metallici
- rimanesse una minima possibilità di scorrimento
- non venissero utilizzati chiodi o viti che avrebbero potuto generare punte o zone soggette ad alta dispersione di carica. (anche questa probabilmente una mia pedanteria; ma forse no).
- non fossero implicate colle nel fissaggio, le quali avrebbero potuto comportarsi da isolante ed inoltre impedire lo scorrimento.

Come possibile immaginare, tra tanti vincoli fu complesso trovare una valida soluzione. Senza attrezzi particolari, e senza un laboratorio nel quale poter saldare o creare innesti su misura, dovetti arrangiarmi con quanto disponevo.

Ingegnosamente infine partorii una soluzione minuta ma brillante e funzionale.

Ideai un gruppo d'innesto che, grazie ad una serie di incastri, vincolasse solidamente le aste delle sferette e allo stesso tempo permettesse lo scorrimento di esse per allontanarle le une dalle altre.

Essenziale è lo schema (in figura 25) sottostante, proposto per comprendere il meccanismo di innesto ideato ed effettivamente utilizzato tutt'ora.

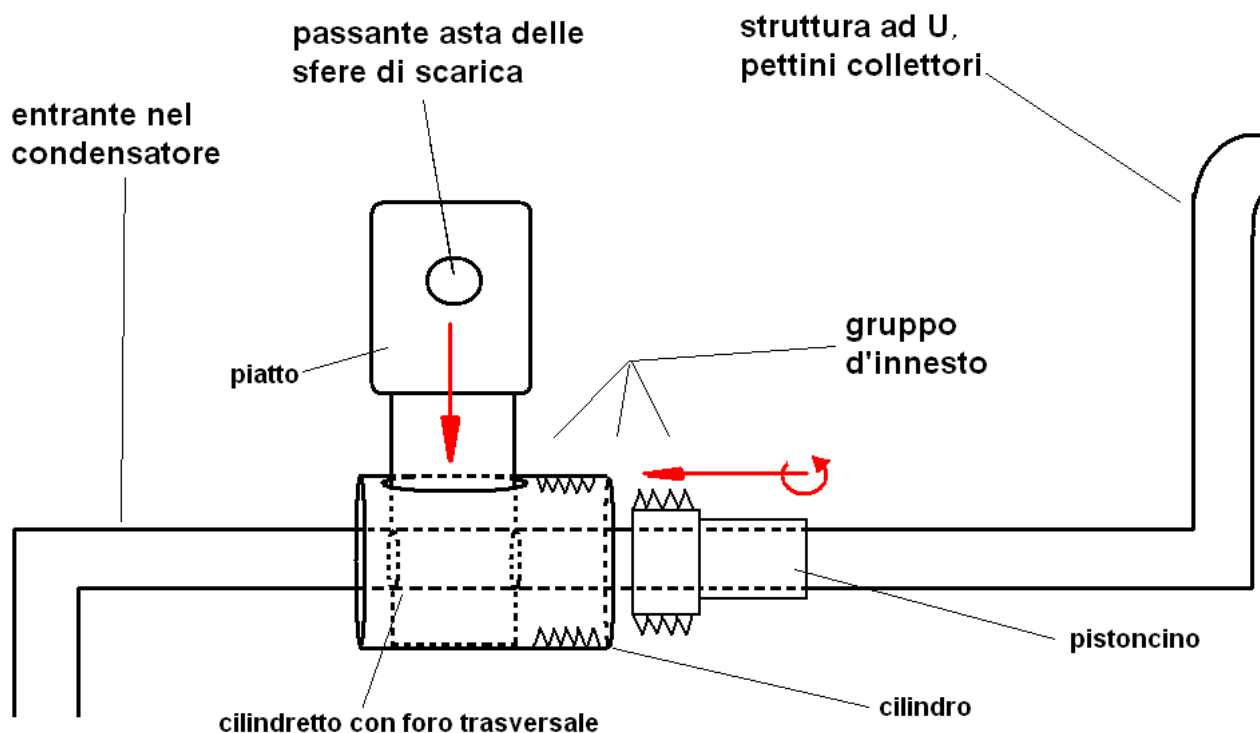


Figura 25. Gruppo d'innesto

Sul tubetto che, con vari gomiti, va dai pettini collettori fin nei condensatori, sono stati fatti scorrere un cilindro cavo filettato ed il suo pistoncino interno col filetto accoppiato.

Sulla superficie del cilindro venne praticato un buco attraverso il quale incastrare un particolare corpo metallico formato da un cilindretto che culmina in una sorta di piatto quadrangolare (in figura è il corpo che si incastra verticalmente).

Su tale corpo metallico furono disposti due fori, uno trasversale che attraversasse tutto il cilindretto, ed uno in centro al piatto sovrastante.

Grazie al foro trasversale al cilindretto, il tubetto d'ottone (che dai pettini collettori va al condensatore) poté scorrervi attraverso aderendo e creando contatto. Pistoncino e cilindro, avvitandosi grazie al filetto, donarono stabilità, compattezza ed ulteriore aderenza al gruppo d'innesto.

Il foro aperto sul piatto del particolare corpo metallico, infine, permise di farvi scorrere attraverso l'asta recante le sfere di scarica.

Si palesò decisamente difficoltosa (disponendo soltanto d'un comune trapano), la realizzazione dei fori su supporti di dimensioni tanto ridotte. Nonostante ciò il risultato fu ampiamente soddisfacente; essendo i pezzi del gruppo tutti quanti in ottone, ed aderenti fra loro, fu garantita la conduzione e lo scorrimento delle cariche.

In figura 26 è presentato il gruppo d'innesto così com'è nella sua versione definitiva; cioè recante copritubetto in gomma dalla duplice funzione isolante ed anti-vibrazioni.

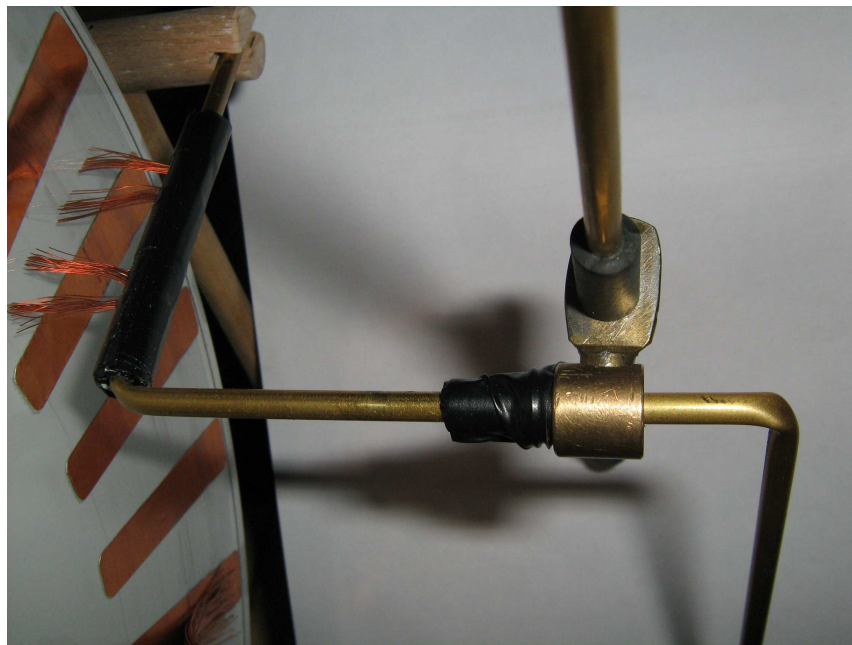


Figura 26. Gruppo d'innesto montato, con stabilizzatori in gomma
Pettini collettori (a sinistra)

L'atto conclusivo della costruzione fu, a questo punto, quello di fissare le due parti dell'apparato elettrico (mostrate in figura 21) in modo che i pettini collettori fossero costantemente rivolti al settore metallico coincidente con la linea dell'orizzonte (fig 26, sopra).

Una volta bloccati i due condensatori, sulla base, essi vennero collegati tra loro in serie mediante il tubetto di ottone di spessore 0,2 cm.

Così si concluse la costruzione della mia creatura; in realtà in molti passaggi il processo fu più lento e macchinoso di quanto possa apparire fluido e continuo dalla descrizione. Commisi, talvolta, errori che mi costrinsero a rivedere il mio operato. Soprattutto dovetti interrompermi e sospendere il lavoro, in diverse circostanze, per far fronte ai consueti ma talvolta ingenti impegni scolastici degli ultimi mesi dell'anno.

Il collaudo fu incredibilmente emozionante. Quella sera, il 21 maggio 2009 alle ore 22:50, quando vidi la mia prima, storica e simbolica scintilla, dimenticai momentaneamente tutte le preoccupazioni per le simulazioni, per i test, per l'esame; ero riuscito, ripercorrendo orme talvolta indefinite, a realizzare concretamente, con le mie mani, qualcosa che andasse "oltre" le mie comuni esperienze. Ero riuscito a racchiudere, trasformare, tutte le nozioni, la teoria d'un anno di programma in una creazione e rappresentazione, mia, tangibile, di quanto incredibilmente affascinante possa essere la realtà, e quanto intrigante sia il suo studio.

5. Principio di funzionamento

Ecco finalmente il momento, dopo aver tanto seminato parole per descrivere e raccontare, di dare delle risposte, delle spiegazioni, a tutte le domande e perplessità che, come funghi dopo un abbondante temporale, ricoprono l'attento volenteroso che cerchi di comprendere questa straordinaria macchina.

Certamente per molti punti di vista questa sezione rappresenta il nucleo pulsante di tutta la mia esperienza, presentandosi ai miei sensi come gocce d'oro fuso liberate, nel crogiolo, della propria forma e dei propri gas superflui. Sicuramente risulterà interessante anche al lettore che, giunto fin qui, vorrà dedicare ancora pochi momenti, ed un po' più di concentrazione a quanto posso raccontare.

Comprendere quanto segue, non lo nego, potrà essere impossibile prescindendo da una partecipativa attenzione. Altrettanto complesso è stato comporre questa dettagliata descrizione, che sarebbe parsa incomprensibile, contorta ed ermetica, senza l'ausilio di un valido schema. Proprio per i precedenti motivi ho cercato di rendere la seguente spiegazione quanto più chiara, logica, lineare possibile aiutandomi anche con piccole rappresentazioni grafiche che si riveleranno sicuramente utili al lettore.

Ho cercato dunque, attraverso semplicità e chiarezza, di far luce con quanto da me compreso sulle sconfinite ombre, vaghezze ed imprecisioni che infestano le svariate congetture riguardanti la macchina di Wimshurst.

Ovviamente non tutto ciò che ho letto a proposito di questo marchingegno è risultato inconcludente o volutamente generico; anzi, soprattutto alcuni documenti (vedi Bibliografia) mi sono stati di essenziale aiuto per realizzare questa spiegazione sul principio di funzionamento della macchina di Wimshurst.

➤ **Scaturigine della carica**

Quando la macchina è ferma ammettiamo che essa sia “scarica”, o meglio, che i settori metallici presenti sui due dischi siano elettricamente scarichi. Giustamente qui potrebbe arrivare il primo affondo, la prima arringa ululante “obiezione!”. In effetti è azzardato parlare di corpi completamente scarichi (neutri); per quanto noi sappiamo, inoltre, che in natura tutto tende al disordine ed allo squilibrio, è difficile accettare che un sistema di adeguate dimensioni possa ritenersi totalmente scarico. Dunque è ragionevole pensare che per quanto piccoli ed irrilevabili, anche in stato di quiete, la macchina presenti nelle sue parti metalliche relativi scompensi di cariche.

Questo dualismo tra “neutralità” e “carica residua” riguardo la condizione di quiescenza della macchina è alla base delle due differenti concezioni che cercano di spiegare come tutto il fenomeno elettrostatico (manifestato dalla macchina) abbia inizio:

- la prima filosofia prevede la neutralità della macchina riposo; ossia, quando tramite lavoro meccanico viene messa in moto, questa si autoeccita. Cioè appena comincia il moto dei dischi i settori si elettrizzano per strofinio.
- La seconda invece ipotizza che la macchina non sia mai totalmente scarica. Anzi prevede una carica residua presente sul sistema, pronta a far scoccare una serie di implicazioni elettrostatiche le quali si esaltano via via che la macchina viene azionata.

Da queste due posizioni si celebra la disputa su come possa, il generatore in questione, raggiungere la situazione di regime (poco precedente la prima scarica fra le sferette), passando da questa complessa fase di transitorio in cui la macchina si predispone al miracolo.

Beh una risposta definitiva ed assoluta a favore dell'una o dell'altra teoria sarebbe fuoriluogo ed ingiustificata, in quanto entrambe potrebbero rappresentare opportunamente la realtà.

Tuttavia posso sbilanciarmi ammettendo che, a mio avviso, come spesso accade e come il buon senso insegna, la verità potrebbe stare nel mezzo.

Almeno intuitivamente cioè, comprendo come entrambe le teorie concorrano a spiegare in modo convincente questo processo di transitorio.

L'apparecchio a riposo presenta, secondo la mia interpretazione, una carica residua (per quanto insignificante) a livello delle sue parti metalliche. Questa ridottissima carica distribuita casualmente, fa sì che, ogni qualvolta si apporti un lavoro meccanico, il fenomeno di autoeccitazione trovi terreno dal quale attecchire, che abbia il là per innescare il processo di esaltazione elettrostatica esponenziale man mano che la macchina raggiunge lo stato di regime.

Le sporadiche e pellegrine cariche che la macchina ospita in stato di quiete si comportano dunque come scintille, minuscole, dalle quali può scatenarsi l'incendio di un bosco secco.

Tecnicamente insomma il processo di autoeccitazione è consentito da questi piccolissimi scompensi di carica che attivano la macchina e la sua capacità di "rilocare" le cariche stesse (mediante le spazzole neutralizzatrici) che si trovano in quantità differenti su settori metallici dei dischi.

➤ **Regime**

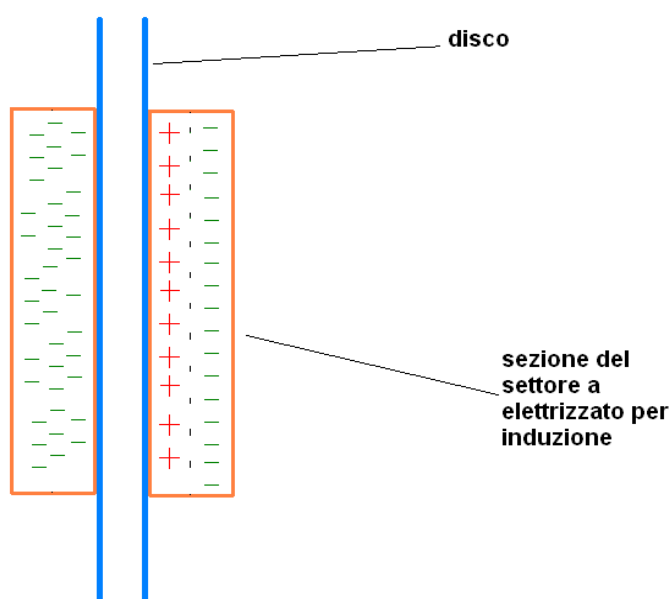
Proseguiamo ora con la descrizione del funzionamento della macchina a regime. Questa parte non è soggetta a dubbi come la prima, ed anzi, probabilmente, concorrerà a rendere più chiari anche i precedenti passaggi.

A regime il comportamento della macchina è regolare e ripetitivo. Tutto parte dalla rotazione contrapposta dei due dischi. In figura 27 (pag 38) è presentato un valido schema di quanto viene ora esposto, sarà bene riferirsi ad esso seguendo attentamente, passo passo, la spiegazione.

Dopo essere stato toccato (o pettinato a seconda che si utilizzi lo sfregamento o l'induzione per la raccolta delle cariche) dai pettini collettori, il settore metallico *a* procede scarico nel suo moto rotatorio.

Questa placchetta a è disegnata, come tutte le altre del disco anteriore, con linea continua; le restanti, tratteggiate, ruotano in senso opposto con il disco posteriore. In accordo con quanto indicato dalle frecce il disco anteriore ruota in senso orario, mentre quello posteriore in senso antiorario.

Come si può notare dallo schema il settore metallico a è affacciato, parallelo e speculare, ad un settore del disco posteriore che è carico negativamente (perché lo sia sarà noto a breve). Per via della carica negativa presente sulla placchetta che ruota sul disco posteriore, il settore a subisce un effetto induttivo elettrizzandosi positivamente sulla faccia rivolta alla placchetta con carica negativa, e negativamente sulla faccia opposta. Questo processo appare semplice se si pensa a come cariche dello stesso segno tendano a respingersi; analogamente le cariche negative presenti sul settore a tendono ad allontanarsi il più possibile dalle molte cariche negative di cui la placchetta sul disco posteriore è ricca. Risulterà utile osservare il dettaglio (27.1) riportato qui sotto per comprendere il processo di induzione tra settori.



Dettaglio 27.1 Il settore a si elettrizza per induzione

Ovviamente questi due settori restano affacciati per poco in quanto i due dischi proseguono la loro rotazione e l'elettrizzazione indotta sul settore a scema.

La rotazione porta poi ad affacciarsi al settore a una nuova placchetta dell'altro disco carica negativamente; sarà di nuovo provocata

un'elettrizzazione indotta che cesserà non appena i settori termineranno di guardarsi.

Questa induzione fra settori si ripeterà finché la placchetta a non raggiungerà la spazzola neutralizzatrice P ; qui infatti si verifica un fenomeno molto interessante e più che mai degno di nota.

Come si può notare in figura 27, quando il settore a giunge a contatto della spazzola neutralizzatrice subisce, come nei casi appena visti, nuovamente un effetto induttivo dovuto al passaggio, alle sue spalle, di un settore carico negativamente.

Proprio come nell'elettroforo di Volta, dove il dito appoggiato al disco di metallo lascia defluire la carica su di esso lasciandolo elettrizzato, la spazzola P della macchina lascia defluire la carica negativa presente sul settore a .

○ *Elettroforo di Volta*

Precisamente l'elettroforo di Volta è un disco metallico dotato d'impugnatura isolante, che, se appoggiato su una superficie di ebanite elettrizzata (solitamente per strofinio usando un panno di lana) subisce un effetto induttivo. Le cariche negative migrano verso la superficie di ebanite, lasciando sulla parte superiore del disco uno scompenso, cioè un eccesso di carica positiva.

Se a questo punto tramite un dito si collega la parte superiore a terra, altre cariche negative (raccolte dalla riserva virtualmente illimitata che è la terra, attraverso il corpo umano) confluiranno su di essa per ricreare l'equilibrio; staccando l'elettroforo dalla superficie il disco metallico rimane carico negativamente per l'eccesso di cariche di segno meno che ospita.

In modo analogo al dito per l'elettroforo di Volta, allora, si comportano le spazzole neutralizzatrici della macchina di Wimshurst.

Quando il settore a , che presenta un'elettrizzazione indotta tocca la spazzola P , un settore b sullo stesso disco (come si può vedere nello schema di figura 27) raggiunge la spazzola P' con, anch'esso un'elettrizzazione indotta, ma di natura inversa, perché come si può notare alle sue spalle scorre una placchetta carica positivamente (povera d'elettroni, ovviamente).

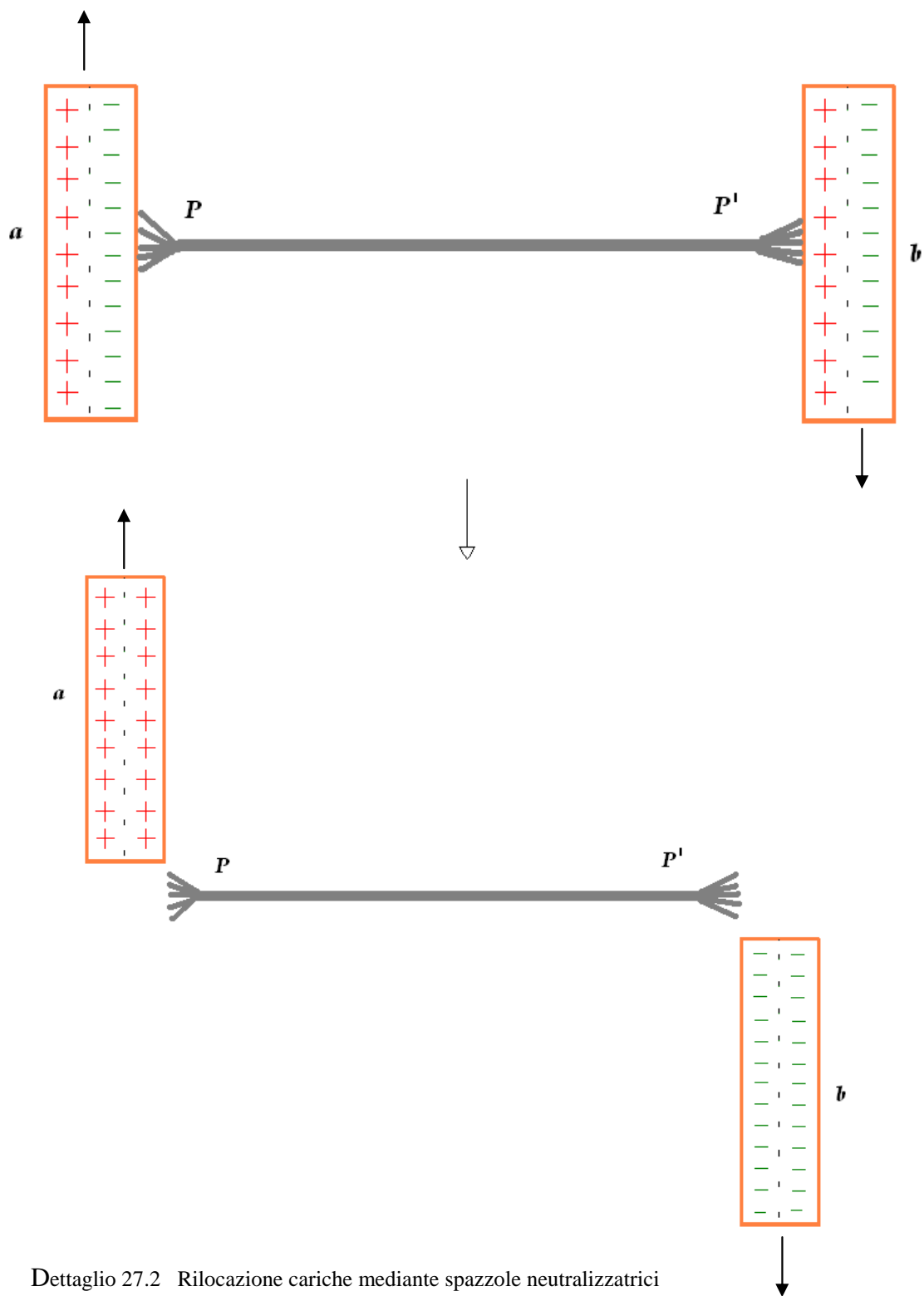
Come la parte superiore dell'elettroforo è povera di cariche con segno meno, anche il settore b ha, causa induzione, uno scompenso di carica negativa sulla sua faccia superiore; quindi, come l'elettroforo raccoglie elettroni da terra attraverso il dito, anche la placchetta b richiamerà cariche di segno meno dalla faccia superiore della placchetta a . Le cariche, che per l'elettroforo passano attraverso il corpo umano, qui passano attraverso il tubetto che collega le due spazzole P e P' .

Dunque, isolando questa situazione, viene presentato il dettaglio (27.2 a pagina seguente). Esso rappresenta la rilocalizzazione di cariche tramite le spazzole neutralizzatrici.

Come si può chiaramente notare i settori a e b , carichi per induzione, vengono messi in contatto tra loro mediante le spazzole. Per un fenomeno del tutto analogo alla permanenza della carica sull'elettroforo di Volta quando da questo si stacca il dito, anche i settori a e b allontanandosi e staccandosi dalle spazzole (in quanto essi procedono nel loro moto solidale al disco), mantengono rispettivamente:

- per il settore a , carica totalmente positiva (dovuta alla cessione degli elettroni alla placchetta b).
- per il settore b , carica totalmente negativa (causata dall'acquisizione degli elettroni presenti sulla faccia superiore della placchetta a).

Dunque i settori procedono nel loro tragitto, ed in figura 27 si può osservare come a proceda con cariche di segno $+$, ed il settore b con cariche di segno $-$.



Dettaglio 27.2 Rilocalizzazione cariche mediante spazzole neutralizzatrici

Naturalmente sul disco posteriore avviene (per i settori c e d), identico in tutti i suoi aspetti, lo stesso fenomeno.

Questa volta saranno gli stessi settori a e b , che procedono col moto rotatorio ad elettrizzare per induzione le placchette c e d , che in

corrispondenza delle spazzole neutralizzatrici S ed S' subiranno, come visto precedentemente, un effetto di neutralizzazione della carica indotta e proseguiranno il loro tragitto rispettivamente:

- il settore c con carica negativa.
- il settore d con carica positiva.

Il fatto che la placchetta già carica (sia positivamente che negativamente) vada a caricare per induzione altri settori in virtù del proprio passaggio in corrispondenza delle spazzole neutralizzatrici, fa sì che il ciclo possa autoalimentarsi all'infinito e sostenersi automaticamente solo grazie all'energia meccanica fornita mediante la manovella.

Compreso tutto ciò, è facile notare come, proseguendo nella rotazione solidale coi dischi, quelle che erano le placchette cariche a e b , dopo aver indotto un'elettrizzazione sui settori c e d , vadano ad incontrare i pettini collettori; in figura 27 ai lati destro e sinistro.

I pettini collettori si chiamano appunto “pettini” in quanto dovrebbero sfiorare, senza toccarle, le placchette, raccogliendo per induzione, tramite le punte dei fili di rame, tutte le cariche presenti sulle stesse.

In realtà, e lo posso affermare con cognizione di causa, può essere sfatato il mito (una sorta di principio d'autorità sulla rete) che la macchina di Wimshurst dipenda rigorosamente dai pettini che non toccano e le spazzole che strofinano. Sì, è necessario che le spazzole abbiano un adeguato contatto coi settori, ma che i pettini raccolgano le cariche per induzione o per strofinio poco importa; o perlomeno gli effetti non sono molto differenti.

Ad ogni modo, è chiaro che questi pettini collettori rastrellano tutte le cariche sui settori, le quali a pacchetti, percorrendo la struttura metallica, vanno ad alimentare i condensatori.

È necessario notare come il pettine destro riceva dal disco anteriore, e dal disco posteriore, sempre settori ricchi di cariche positive; vice versa il pettine collettore sinistro riceve sempre, sia dal disco anteriore che da quello posteriore, settori colmi di cariche negative. Va da sé che il pettine sinistro raccolga sempre, e solo, cariche $-$, ed il pettine destro sempre cariche $+$.

A regime quindi la macchina si comporta ripetitivamente in questo modo, raccogliendo cioè le cariche generate dall'induzione elettromagnetica e dallo strofinio, tra settori e spazzole, che consente la neutralizzazione (delle facce superiori) dei settori opposti.

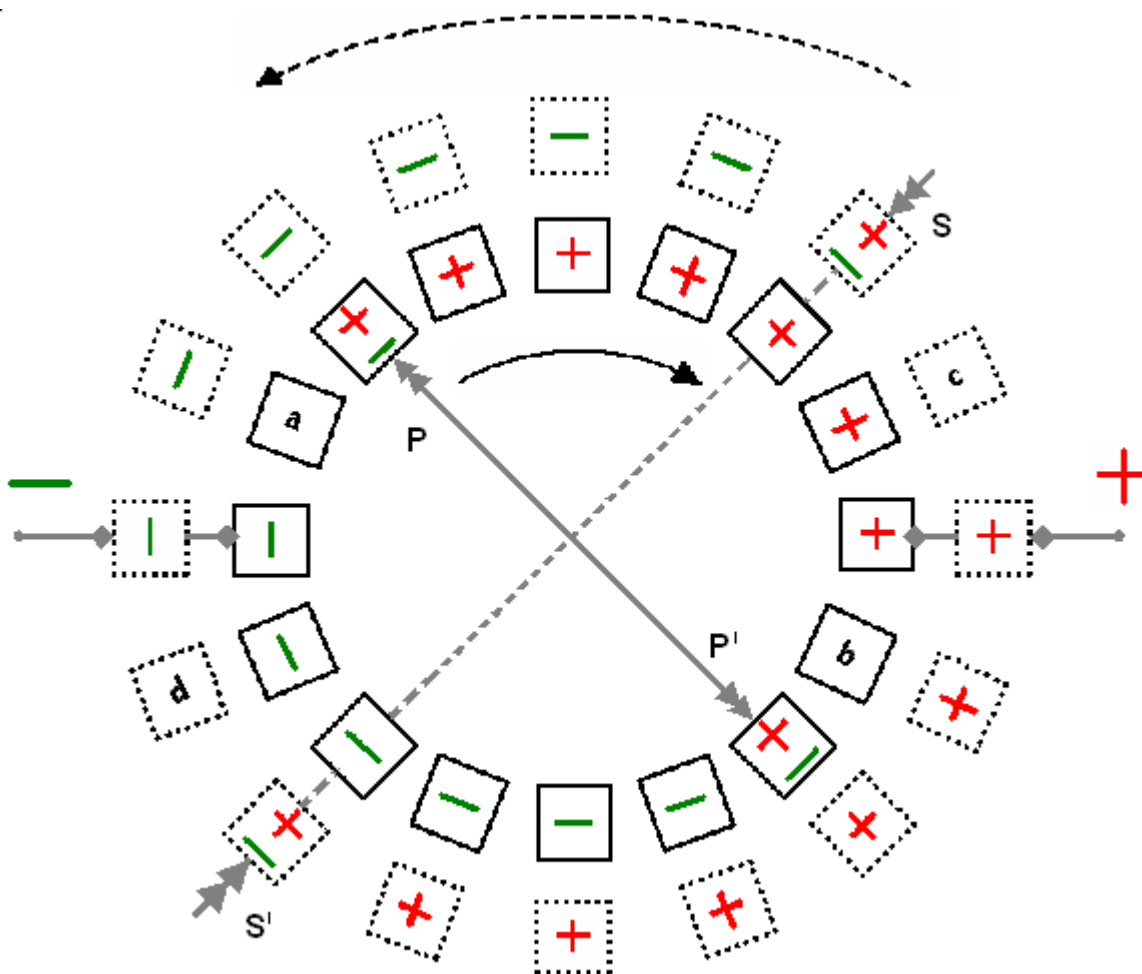


Figura 27. Schema fondamentale del funzionamento elettrico della macchina

Nonostante quanto appena esposto rappresenti il nucleo pulsante di tutto il discorso, e di per sé sia sufficiente ad estasiare e lasciare ammirati anche i più abulici scettici disinteressati, per la fantasia, la genialità e la sagacia con cui il barbuto lodevole inventore inglese ha ideato e realizzato la sua opera; non è ancora tutto.

Come non bastasse, la spiegazione finora si è occupata solo della produzione delle cariche, ma una volta prodotte, queste, come fanno a finire in saette?

➤ **Siamo sazi; ora scarica!**

Beh le cariche raccolte dai pettini collettori finiscono nei due condensatori, che solitamente, come nel mio caso, sono due bottiglie di Leyda. Già, proprio quelle bottiglie che a cavallo del 1700 e 1800 permisero ai fisici dell'epoca di contenere il tanto amato "fluido elettrico".

I condensatori utilizzati dunque, come tutti i normali condensatori, presentano due armature che possono caricarsi con cariche opposte. All'interno di esse si trova un materiale isolante, o dielettrico, le cui molecole sono in grado di polarizzarsi.

Come tutti i condensatori anche quelli da me utilizzati hanno una determinata capacità che dipende dalle caratteristiche stesse dell'oggetto, quali materiali di cui è composto, forma, dimensioni e distanza tra le piastre.

Le due bottiglie di Leyda accumulano quindi instancabilmente le cariche che giungono dai pettini collettori. Queste cariche giungono incessantemente ed in quantità finché non termina l'apporto di lavoro meccanico al sistema; va da sé che i condensatori accumulino cariche fino al limite massimo dettato dalle proprie caratteristiche.

Come già spiegato precedentemente, in contatto con i due gruppi pettine-condensatore si hanno le aste con le sferette di scarica. Esse idealmente rappresentano i due poli della macchina, e praticamente, per la forma e la loro vicinanza, hanno il compito di convogliare le cariche ed incentivare la scarica tanto attesa, evitando che essa si manifesti incontrollata in un altro punto qualsiasi della macchina.

La scarica, accompagnata dal celebre "scoppio", avviene in quanto tra le due sferette (e di conseguenza tra la parte destra e sinistra dell'apparato elettrico) vi è una differenza in potenziale, cioè una differente quantità di cariche tra i due punti.

Alla luce di quanto detto finora (cioè senza gli accorgimenti che saranno presentati qui di seguito), azionando la macchina, dopo un certo tempo si potrebbe notare effettivamente un passaggio di cariche da una sferetta all'altra; questo scambio sarebbe tuttavia molto labile, praticamente impercettibile alla luce e di certo poco spettacolare. Ciò si verifica in quanto la differenza di potenziale tra le due sferette non è sufficientemente elevata.

Io stesso, al momento del collaudo del mio apparecchio (dimenticando quanto fra poco spiegherò), rimasi profondamente deluso ed amareggiato nel vedere un minuscolo, flebile incerto bagliore, e poi il buio.

Dopo essermi arrovellato sui motivi del momentaneo insuccesso capii...

➤ **Differenza tra Capacità e Quantità di carica accumulata**

Per prima cosa è utile ricordare, in accordo con quanto finora detto, che la macchina produce le agognate scariche se sussiste una differenza di potenziale tra le due sferette; di conseguenza, più alta è la differenza di potenziale tra i poli della macchina, più intense saranno le scariche.

- Ma come fare ad aumentare la differenza di potenziale se la quantità di cariche messe in gioco dalla macchina è pressoché costante (ammettendo di girare la manovella ad una velocità adeguata e senza strappi)?

Se la capacità di un condensatore è data dall'equazione:

$$C = \frac{Q}{V}$$

dove Q è il valore assoluto della quantità di cariche accumulata sulle armature e V è il valore assoluto della differenza di potenziale fra esse.

Isolando V :

$$V = \frac{Q}{C}$$

Ci si accorge che la differenza di potenziale dipende dalla capacità dei condensatori. In quanto C è al denominatore, differenza di potenziale e capacità sono inversamente proporzionali, cioè a parità di carica maggiore è la capacità, minore risulterà la differenza di potenziale tra le armature.

Dunque, dal momento che ci si chiedeva come poter aumentare la differenza di potenziale in gioco, senza poter variare la quantità di cariche prodotte dalla macchina, sorge un'idea semplice ma efficace.

Sapendo che C e V sono inversamente proporzionali, non resta che cercare di diminuire la capacità dei condensatori.

Ma come diminuire la capacità dei condensatori?

Immediatamente verrebbe da dire, stoltamente, che basterebbe ridurre le dimensioni di questi ultimi; ma è necessario notare bene che l'obiettivo è di diminuire la capacità, e non la quantità di cariche accumulata sulle armature, che risulterebbe di gran lunga inferiore se venissero ridotte le dimensioni delle bottiglie di Leyda!

È possibile ridurre la capacità dei condensatori, mantenendo invariata la quantità di cariche accumulata, collegando in serie i due condensatori della macchina; in quanto:

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

Per definizione la capacità equivalente ad un gruppo di condensatori collegati in serie è decisamente più piccola della minore fra le singole capacità.

Realizzare il collegamento in serie tra i condensatori, come spiegato in sezione 4, è uno scherzo in confronto al resto. In questo modo, a parità di cariche accumulate è possibile aumentare notevolmente la differenza di potenziale in gioco in modo da ottenere scariche più potenti e maestose.

In effetti il mio secondo collaudo, posteriore al collegamento in serie dei condensatori, diede esito totalmente positivo, confermando quanto la precedente serie di formule e spiegazioni si valida.

Si conclude così, con un bagliore, la faticosa spiegazione di questa macchina incredibile.

Si conclude con un bagliore, che spero di riuscire a sfoggiare, il giorno dell'esame, a voi membri della commissione. Bagliore che spero trasmetterò, a voi, la motivazione che mi ha spinto a produrre questo piccolo miracolo scientifico.

6. Bibliografia e Sitografia

- James S. Walker, Fisica, volume terzo, Zanichelli, 2004
- Enciclopedia delle Scienze Fisiche, vol III
- Wikipedia enciclopedia telematica libera
- Siti amatoriali (informazioni sparse):

<http://digilander.libero.it/fantinma/wim/wim.html> (17/04/09)

http://digilander.libero.it/areali/wimshurst_small.htm (25/04/09)

<http://scienzapertutti.lnf.infn.it/risposte/ris23.html> (08/04/09)

<http://digilander.libero.it/kilovolt/leydap.htm> (04/05/09)

7. Ringraziamenti

Sono riconoscente a tutti coloro i quali, direttamente ed indirettamente hanno concorso al successo di questo mio difficile progetto. Primo mio padre, che ha illuminato pazientemente il sentiero attraverso la fase di costruzione e di utilizzo di tecniche a me, in parte, sconosciute. Egli nonostante nella vita s'occupi di tutt'altro, è un esperto, abile, astuto conoscitore delle tecniche di lavorazione carpentieristica del legno, e degli altri materiali da costruzione, secondo una fiera, congenita ed ancestrale, tradizione familiare. La costruzione della macchina sarebbe stata pura utopia senza i suoi provvidenziali consigli tecnici, ed il suo supporto pratico. Grazie.

Ai miei professori Franca Gerosa e Michele Giordano, validi, e soprattutto sempre disponibili consiglieri mai avari nei tre anni del nostro rapporto scolastico di illuminanti rivelazioni, ed efficaci spiegazioni.

Il professor Antonio Damico per le dritte, le sue iniezioni di fiducia, e per avermi concesso di consultare la sua Enciclopedia delle Scienze Fisiche.

Il tecnico di laboratorio Massimo che mi ha concesso di utilizzare alcune attrezzature del laboratorio meccanico della scuola.

Mio zio Mario Pizzocoli per aver prodotto delle pulegge che migliori non avrei trovato.

Ed infine, anche mia mamma, per aver sopportato per mesi la vista del nostro appartamento trasformato in cantiere edile.