

# CQ MILANO



NL 20.01 - La Newsletter della Sezione A.R.I. di Milano

IK2HDG IQ2MI IU2M

notizie storie progetti novità

Milano 10/12/2010



## IL PARADOSSO DEI CONDENSATORI E LE LEGGI DELLA NATURA - 5 di Claudio Pozzi IK2PII

Come sospettano gli studentelli (NR305), che hanno paura di firmare con nome e cognome, l'articolo (NR298) conteneva un grande imbroglio. Ma avevo tentato, senza riuscirci, di instillare un dubbio, nella speranza che qualcuno provasse ad eseguire l'esperimento e poi protestasse vivacemente.

L'esperimento originale degli anni '60 sosteneva che alla fine la tensione ai capi dei condensatori è  $\frac{1}{2}$  della tensione di carica del primo condensatore e che quindi  $\frac{1}{2}$  dell'energia scompare. Io invece ho provato a sostenere che l'energia si conserva e quindi la tensione finale è pari a 7,07 volt. La differenza tra 5 V e 7 V è abbastanza grande, eseguendo l'esperimento con componenti reali, usando due condensatori abbastanza grossi e misurando la tensione con un voltmetro elettronico si scopre facilmente che essa è più vicina a 5 volt che a 7.

Le mie spiegazioni sulla conservazione e sulla *trasformazione* dell'energia avevano anche lo scopo di "mettere la pulce nell'orecchio" a chi avesse eseguito l'esperimento.

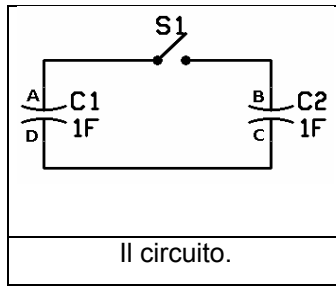
Finalmente sono arrivati gli studentelli che hanno fatto l'unica cosa sensata, l'esperimento, e giustamente protestano:

*"se facciamo realmente l'esperimento nel migliore dei modi scaricando un condensatore caricato ad una tensione V su un altro uguale, i due si posizionano, a regime, realmente ad una tensione V/2, conservando, quindi, la carica ... Quindi c'è realmente una dissipazione di energia. Come mai? Dove?"*

Ora rispondo agli studentelli cercando di essere semplice ma rigoroso. Vediamo di analizzare i diversi aspetti dell'esperimento.

### 1. La conservazione della carica.

La carica immagazzinata in un condensatore non esprime un numero assoluto di cariche ma la **differenza** tra gli elettroni sull'armatura negativa e quella positiva. In un condensatore scarico il numero di elettroni sulle due armature è lo stesso, in un condensatore carico l'armatura negativa ha più elettroni di quella positiva. Conoscendo la carica immagazzinata in C1 (10 coulomb) e la carica dell'elettrone che trovate su qualunque manuale di fisica potete calcolare l'eccesso di elettroni sull'armatura negativa, non il loro numero.



Poiché possiamo contare gli elettroni usando i numeri interi è semplice costruire un modello e simulare parte dell'esperimento, non servono equazioni ma bastano vaschette e fagioli

Prendiamo una manciata di fagioli e quattro vaschette marcate A, B, C, D al posto di elettroni ed armature e diciamo che ogni fagiolo ha carica 1. A condensatori entrambi scarichi non sappiamo quanti elettroni ci sono su ogni armatura, sappiamo solo che il loro numero è lo stesso. Per cui mettiamo 14 fagioli (un numero a caso) in ogni vaschetta. Compiliamo anche una tabella con il numero di fagioli.

Ora carichiamo C1: spostiamo 6 fagioli da D ad A, la carica immagazzinata è  $(A - D) = 20 - 8 = 12$ ; spostando solo 6 fagioli ho caricato C1 a 12. Sorpresi? La natura funziona in questo modo, non ci posso far niente!

Ora chiudiamo S1 e iniziamo a spostare i fagioli, per ogni fagiolo che va da A a B un fagiolo deve andare da C a D, compilate la tabella.

Domande:

1 - quando termina il processo (ovvero quando si raggiunge un equilibrio)?

2 - come sono distribuiti i fagioli all'equilibrio?

3 - i fagioli si sono conservati?

Suggerimento: osservate cosa succede ad  $(A-D)$  e  $(B-C)$ .

Attenzione: non potete spostare  $\frac{1}{2}$  fagiolo, per cui se cambiate i numeri potreste avere delle difficoltà impreviste che tuttavia possono essere risolte.

	fagioli			
	A	B	C	D
C1 scarico	14	14	14	14
carico C1	20	14	14	8
primo fagiolo	19	15	13	9
secondo fagiolo	18	16	12	10
.....				

La legge della conservazione della carica è nella risposta alla domanda 3. La carica si conserva se il numero di fagioli non cambia, non importa cosa hanno fatto i fagioli. E questo era ben scritto nell'articolo originale: *“La legge di conservazione della carica non ci dice cosa fanno e come si muovono le cariche. Nel giochino dei condensatori gli elettroni si sono spostati ma la differenza tra il numero di elettroni e di protoni è sicuramente rimasta costante”*. Aggiungiamo che poiché i protoni non si muovono lungo i fili non occorre usare fagioli di diverso colore, semplicemente li ignoriamo.

Per completare la legge di conservazione della carica basta aggiungere che un fagiolo non può scomparire da una vaschetta e comparire in un'altra, deve proprio muoversi; si dice

che **la carica si conserva localmente**. In realtà gli elettroni possono scomparire e ricomparire ma hanno bisogno della collaborazione provvisoria di un positrone, in questo caso quello che si muove è un fotone e la legge di conservazione locale della carica è salva.

## 2. Circuito ideale e circuito reale.

Quando ho parlato di circuito ideale ho scritto: *“Si tratta di un circuito perfetto, con componenti ideali e senza perdite: conduttori con resistenza zero, condensatori senza perdite, interruttore con resistenza zero, quando viene chiuso non scocca nessuna scintilla (ma di quest’ultima affermazione non sono certo)”*.

Sono stato ben attento a non scrivere che i fili che uniscono i condensatori sono anche senza induttanza, ho messo (almeno credo) in evidenza che il circuito è *senza perdite*.

Dovrebbe essere noto che i componenti reattivi (induttanze e capacità), a differenza delle resistenze, sono *per natura* senza perdite. Un filo ideale ha resistenza zero ma induttanza che dipende dalla sua lunghezza e dalla forma. Un filo dritto ha induttanza circa 1 nH/cm, anticamente l’unità di misura delle induttanze era proprio il centimetro. Vedremo che l’induttanza dei fili che collegano i due condensatori ha un ruolo fondamentale. Poiché induttanze e capacità sono senza perdite non generano rumore elettrico ai loro capi, o meglio il rumore elettrico generato dipende solo dalle resistenze parassite che inevitabilmente esistono nei componenti reali. Questo fatto viene sfruttato in elettronica ed in radiotecnica, ad esempio negli amplificatori parametrici.

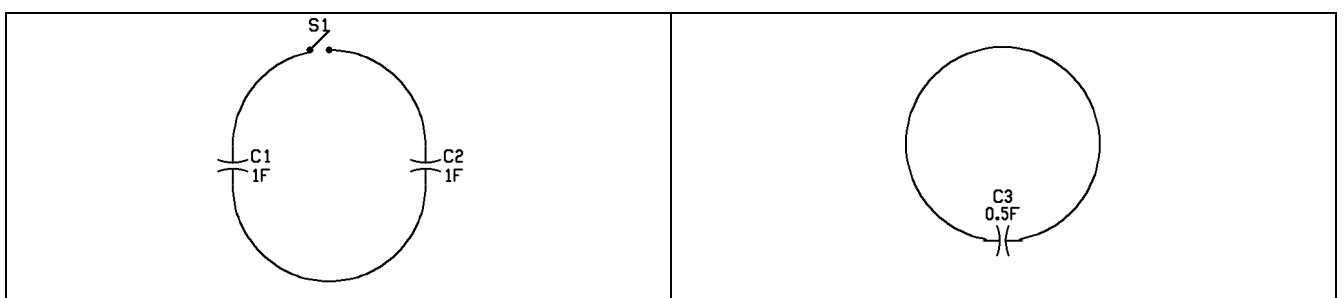
## 3. L’energia e la sua conservazione.

Passiamo alla conservazione dell’energia. Nell’articolo ho scritto: *“Se misuriamo l’energia prima di un esperimento troviamo un numero, se misuriamo l’energia dopo l’esperimento e **facciamo attenzione a misurare tutta l’energia**, che magari si è trasformata in un’altra forma o addirittura in massa, troviamo lo stesso numero”*.

Evidentemente, nell’esperimento condotto con componenti reali ma anche in quello condotto con componenti ideali, parte dell’energia si trasforma in una forma che sfugge agli strumenti di misura utilizzati. Dobbiamo scoprire come si è trasformata e dove è finita.

In prima approssimazione quando chiudiamo S1 gli elettroni si mettono in movimento lungo i fili, poi si fermano quando raggiungono l’altra armatura. Quindi gli elettroni sono sottoposti ad accelerazioni, e sappiamo dalle leggi scoperte da Maxwell, confermate da Hertz ed ampiamente impiegate da Marconi per far soldi, che cariche elettriche accelerate producono campi elettromagnetici. Non basta analizzare il circuito con le leggi dell’elettrostatica, occorre usare anche quelle dell’elettrodinamica classica: il circuito genera onde radio. Occorre ora scoprire se queste onde vengono irradiate nello spazio circostante e sottraggono energia al circuito.

Ridisegniamo il circuito:



Nella figura a sinistra ho semplicemente cambiato la forma, in quella di destra ho considerato i condensatori in serie dimezzando la capacità ed ho eliminato l’interruttore. In questa figura è facile riconoscere una antenna a loop magnetico di piccole dimensioni, quindi qualcosa di molto adatto ad irradiare onde radio nello spazio.

Se consideriamo l'induttanza del filo il circuito equivalente è un circuito risonante, un oscillatore armonico di Hertz; alla chiusura dell'interruttore si comporta come un trasmettitore ad onde smorzate. Gli elettroni (a differenza dei fagioli) percorrono avanti ed indietro il circuito con continue accelerazioni, parte dell'energia viene irradiata nello spazio ed alla fine solo metà rimane sui condensatori. Ad ogni ciclo diminuisce il numero degli elettroni che si muovono (e quindi la corrente nel filo) fin quando si raggiunge l'equilibrio. Se gli studentelli hanno a disposizione un oscilloscopio a memoria ed una sonda di corrente possono verificare quanto avviene, basta mettere la sonda di corrente sul filo per registrare queste onde smorzate (1). E' possibile calcolare che proprio metà dell'energia viene irradiata ma non è semplice, richiede un pesante uso di equazioni non semplici. Chi non ha paura delle equazioni può scaricare da internet un lavoro di Kirk T. McDonald dell'università di Princeton "A Capacitor Paradox" dove viene dimostrato che proprio metà dell'energia viene irradiata.

[www.physics.princeton.edu/~mcdonald/examples/twocaps.pdf](http://www.physics.princeton.edu/~mcdonald/examples/twocaps.pdf)

Per chi invece preferisce sperimentare, se esegue l'esperimento dentro un corpo nero immerso in un calorimetro l'energia irradiata viene assorbita e trasformata in energia termica e può essere misurata, nel caso del circuito reale con perdite resistive anche queste vengono trasformate in calore e misurate; la legge di conservazione dell'energia è salva. Infine mi permetto di dare un suggerimento agli studentelli: per comprendere meglio le leggi della natura vi invito a leggere il libretto di un premio Nobel che è stato il più grande insegnante di fisica del secolo scorso: Richard Feynman, La Legge Fisica, Universale Bollati Boringhieri – 16 euro.

#### 4. Ringraziamenti.

Dopo l'intervento degli studentelli ho avuto un fitto scambio di e-mail sull'argomento con un paio di cari amici. Li ringrazio anche per avermi inviato il link sopra citato.

(1) Bisogna tener conto anche del fattore di smorzamento, non è sicuro che si vedano le oscillazioni

### **NUOVO RECORD SU 8,97 KHZ = 2.873 KM!**



Sabato 4 dicembre 2010, il segnale sulla banda dei 33 km (!) irradiato da Stefan DK7FC è stato ricevuto in Israele da 4X1RF ad una incredibile distanza di 2.873 km. Il livello del segnale è stato tale da far ben sperare in un tentativo di ricezione transatlantico in un prossimo futuro, molto presumibilmente nel corso del prossimo gennaio 2011. Molti altri OM sperimentatori delle frequenze VLF hanno captato i segnali irradiati dalla stazione di DK7FC. Complimenti ancora una volta a Stefan ed a tutti gli altri OM che hanno partecipato con successo a questo esperimento.

**Bobina di carico antenna VLF**

Direttamente via WEB, come ci hai richiesto, ti inviamo questo messaggio aperiodico informativo interno emesso e spedito via rete all'indirizzo da te indicatoci il **10/12/2010** per tutta la comunità Radioamatoriale / SWL / BCL . Per eventuali nuove iscrizioni, variazioni di indirizzo di posta elettronica, cancellazioni, arretrati, scrivi a: [info@arimi.it](mailto:info@arimi.it)  
La Newsletter è un sistema di comunicazione della **A.R.I.** - Associazione Radioamatori Italiani – **Sezione di Milano** riservata esclusivamente agli iscritti alla mailing-list, il cui contenuto non può essere divulgato a terzi senza espressa autorizzazione dell'A.R.I. Sezione di Milano o dei rispettivi autori; ogni utilizzo o divulgazione difforme di questa mail costituisce violazione della Privacy dell'A.R.I. Sezione di Milano o degli autori ed i responsabili potranno incorrere nelle sanzioni previste dalla Legge. Se vuoi venirci a fare visita, sarai il benvenuto, ti aspettiamo presso il Centro Scolastico di via Giulio Natta 11 - 20151 Milano (fermata Lampugnano - metropolitana linea 1/rossa) tutti i martedì (non festivi) dalle ore 21.00 alle ore 24.00. Se vuoi contattarci telefonicamente ci troverai al numero 02 **38009501** (sempre al martedì negli orari citati) oppure potrai lasciare un messaggio alla Segreteria Telefonica o inviarci un Fax al numero 02 3087982 tutti gli altri giorni. Se non puoi venirci a trovare <http://www.arimi.it>