

Author name

Giuliano Bettini

Title

The Single Thread

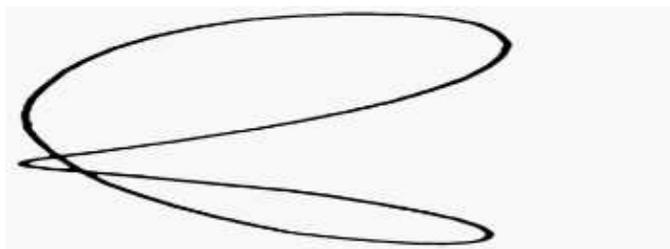
Abstract

This short paper explores intriguing analogies between helical structures of electron and elementary particles and circular supercoiled DNA. I propose a strong relation between the dispositions $Lk=Tw+Wr$ ($Lk=const.$, changing Twist and Writhe) and the quark compositions $Q=I_3+Y/2$ (examples: $Q=const.$, varying Isospin and Hypercharge; or Strangeness S or $Y=const.$ varying Charge and Isospin).

IL FILAMENTO UNICO

Sono rimasto fortemente impressionato da due cose, lo scritto di Qiu Hong Hu su Hubius Helix [1] che mi è stato segnalato da Riccardo Rauber [2], e la faccenda del DNA circolare [3], messe in relazione con un mio precedente lavoro [4].

La questione di Qiu su Hubius Helix è presto detta. Sono rimasto fortemente impressionato perchè ripropone quasi esattamente il mio modello col nastro di Moebius [4]. Viene citata una particolare elica, *a closed two-turns helix, a so called Hubius Helix*, che però subito viene riconosciuta come il bordo di un nastro di Moebius (*“the edge of a mobius strip is a Hubius Helix”*). Eccone un disegno.



Le proprietà dell'elettrone sono generate dal *circulatory motion of a mass-less particle at a speed of light* sull'elica. Il punto è in moto sull'elica. Molti altri dati, anche numerici, coincidono col modello [4] da me prospettato. Forse la principale differenza sta nella mass-less particle at a speed of light sull'elica. Questo lavoro mi ha molto colpito, mi ha molto impressionato, perché il modello di Qiu Hong Hu è sostanzialmente identico al mio, anche nei numeri. Inoltre, cosa che mi ha molto impressionato, nessuno dei due era al corrente del lavoro dell'altro. Sia io che Qiu ignoravamo i rispettivi lavori.

Invece la faccenda del DNA circolare è più articolata e richiede due parole in più. Devo anzitutto raccontare cosa e perché mi ha impressionato, poi il mio imbarazzo e infine quello che ho capito.

Devo andare passo passo, perché sono varie le cose che mi hanno colpito.

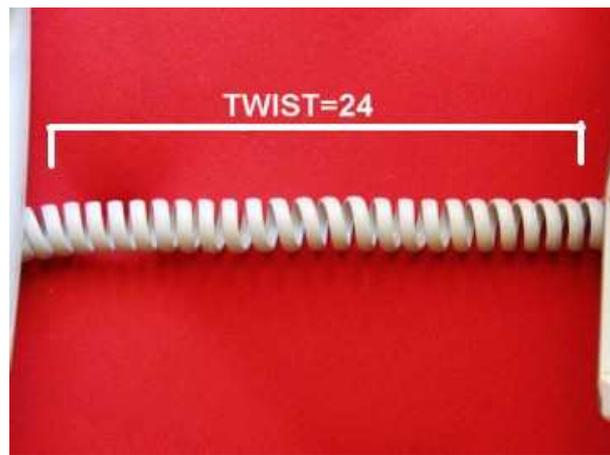
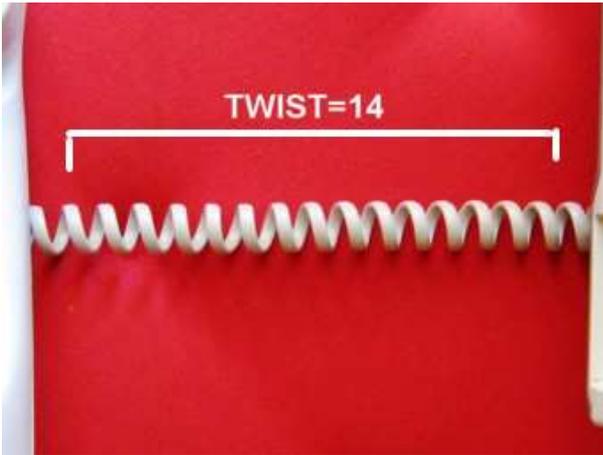
La prima cosa che mi ha colpito è stata il “DNA circolare”. Ma direi, volendo, anche l'altra: “single stranded DNA”. Non sapevo né l'una né l'altra cosa. Messe assieme, le due cose mi facevano venire in mente il mio concetto delle particelle elementari con un filo singolo e chiuso [4].

Non dico poi il mio successivo interesse quando ho letto che molte recenti ricerche sono rivolte alle modalità di superavvolgimento (“supercoil”) del DNA, anche in relazione alle disposizioni del DNA circolare nel cromosoma batterico.

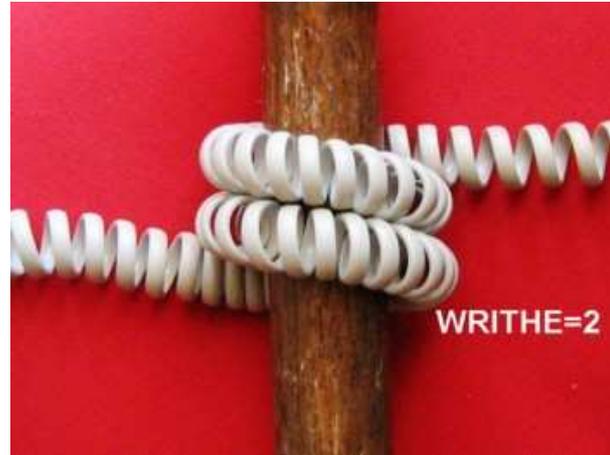
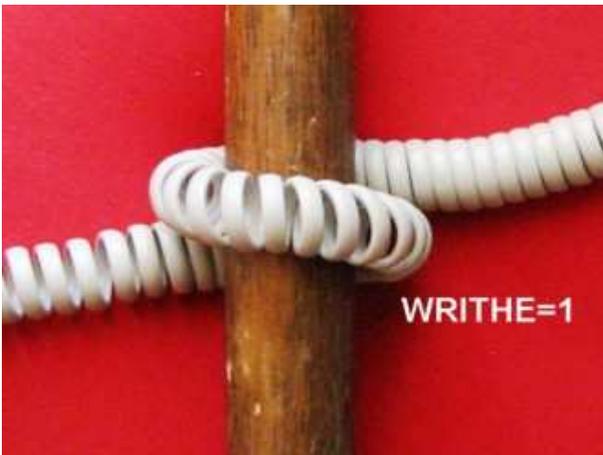
Come funziona la cosa? La introduco con parole mie prima a partire dal DNA lineare e poi dal DNA circolare.

Consideriamo un'elica.

Consideriamo anzi un pezzo di elica fra due punti A e B. Il numero di torsioni che questo pezzo di elica esegue intorno al proprio asse si chiama Twist (Tw).



Può succedere che sia invece l'asse dell'elica ad avvolgersi. Il numero di avvolgimenti che l'asse dell'elica esegue intorno ad un asse immaginario si chiama Writhe (Wr).



L'elica si dice superavvolta ("supercoiled"). La forma che nasce si chiama anche "supercoil".



Twist e Writhe sono convertibili l'uno nell'altro. Rispetto ad un'elica per così dire "rilassata" una torsione (Twist) provoca un avvolgimento (Writhe) ovvero un supercoil. Una torsione positiva provoca un superavvolgimento (positivo), al contrario una torsione negativa (ad esempio la eliminazione di alcuni passi di elica) provoca un disavvolgimento.

Vale la relazione:

$$Lk = Tw + Wr$$

Lk si chiama "Linking number" ed è una proprietà topologica della curva.

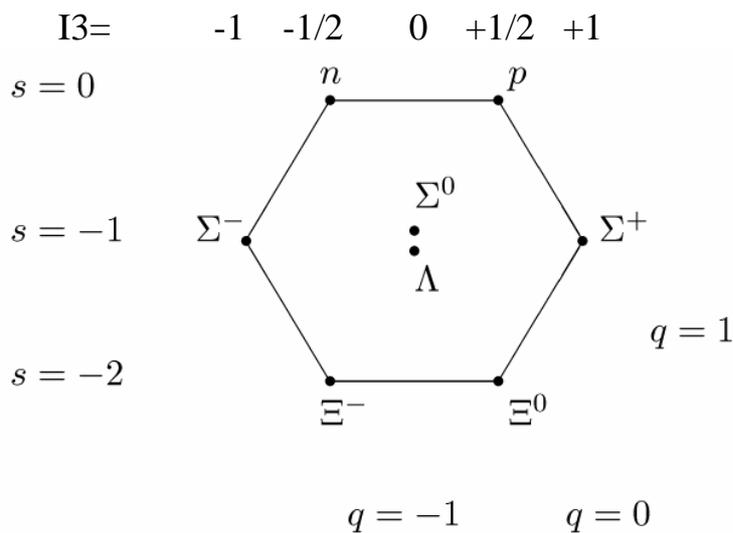
Se un'elica è chiusa in circolo (oppure, se i suoi estremi sono bloccati) Lk non può variare ma Tw e Wr singolarmente possono cambiare.

Quindi riassumendo cosa e perché mi ha impressionato? Mi hanno impressionato queste "somiglianze" fra DNA circolare superavvolto e particelle.

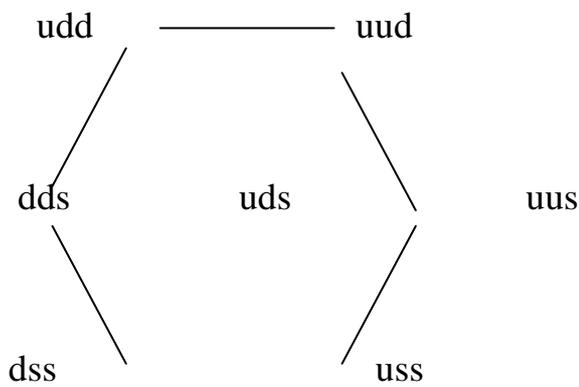
Provo a proseguire. In particolare prediamo in considerazione l'ottetto dei barioni.

In orizzontale la stessa stranezza S (oppure l'ipercarica $Y = S + b$), in diagonale la stessa carica elettrica Q.

Vale la relazione $Q = I_3 + Y/2$ o anche $Q = I_3 + S/2 + b/2$ (per i barioni $b=1$)



Le composizioni a quark per l'ottetto dei barioni sono queste:



Consideriamo le particelle su una diagonale, carica Q costante, Y e $I3$ che si dispongono compensandosi a dare carica costante (mentre la massa – l'energia – varia).

Possiamo ora considerare la formula

$$Q=I3+Y/2$$

e affermare che *una alterazione della carica Q può scaricarsi sia come Y che come $I3$.*

(e la massa varia)

Questo fatto, assieme alla disposizione spaziale degli avvolgimenti, mi fa venire in mente fortissimamente i recenti studi sul DNA circolare batterico.

Riporto da un Fotum su Internet [5]:

DOMANDA

Buonasera a tutti e scusate il disturbo.

Quando si parla di superavvolgimento nei procarioti entro sempre un pochettino in confusione perchè ho diversi dubbi che mi assalgono.

Da quanto ho capito (correggetemi se sbaglio) il cromosoma batterico (es. di DNA procariotico) è una molecola circolare (quando rilassato) costituita da DNA a doppia elica (coil). Questo però può trovarsi anche nella forma SUPERAVVOLTA sottoforma di una struttura chiamata SUPERELICA; il grado di superavvolgimento è controllato dalle topoisomerasi, particolari enzimi capaci di modificare la topologia del DNA andando ad agire sul cosiddetto numero di legame (Lk)

[Nel programma non abbiamo approfondito moltissimo il discorso sul numero di legame; ci è stato detto che esso riguarda il numero di volte che una catena di DNA si incrocia con un'altra; ovviamente non soddisfatto di questa definizione sono andate a cercare, da cocciuto come sono, la definizione ed ho visto che tale numero dipende da due fattori: il numero di volte che un singolo filamento della doppia elica si incrocia con il suo complementare, e cioè il passo dell'elica [$Tw=twis$]), ma anche dal numero di volte che l'asse della doppia elica si incrocia su se stesso nello spazio [$Wr=Writh$]).

Si legge poi che esistono 2 tipi di superavvolgimento: positivo e negativo (e qui ho una frase che vorrei sapere se è corretta: generalmente superavvolgimenti negativi rilassano la struttura del DNA. Vero?)

Topoisomerasi I: enzima capace di modificare il numero di legame di una unità grazie alla capacità di rompere temporaneamente solo uno dei due filamenti della doppia elica (in poche parole agisce solamente sul passo dell'elica? In altri termini modifica solo il twist?). Essa può aumentare il numero di legame ($n+1$) o rilassare la molecola ($n-1$).

Topoisomerasi II: enzima capace di romprere contemporaneamente entrambi i filamenti della doppia elica (agisce cioè su Wr ?) e di modificare perciò di 2 unità il numero di legame Lk .

anche in questo caso la topoisomerasi II può sia incrementare Lk ($n+2$) che rilassare la struttura ($n-2$) ?

RISPOSTA

ciao, provo a risponderti io (ma sono quasi sicuro di dover subire correzioni)
 intanto sì, il cromosoma batterico è normalmente circolare.

dovresti immaginare la doppia elica chiusa su sè stessa.

ora, se tu osservi dall'alto questo genoma circolare, puoi vedere l'elica girare su sè stessa. ogni volta che completa un giro (in condizioni normali è ogni 10,4 bp) è un unità di Linking Number (LK)

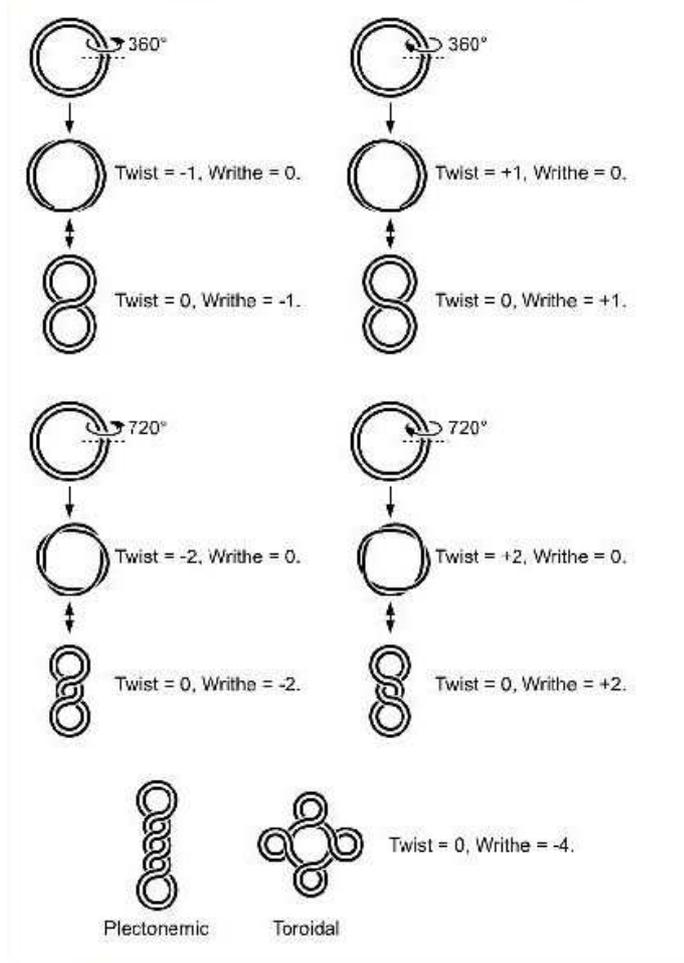
ti faccio un esempio. hai un genoma circolare di 400 bp in condizioni fisiologiche e senza superavvolgimenti.

facciamo che invece di 10,4 bp, un giro sia fatto di 10 basi tonde (per semplificare)

il LK in quelle condizioni sarà uguale a $400/10 = 40$

adesso uso questa immagine per sostenere il resto della spiegazione

Note that helical nature of DNA is omitted for clarity



Se tu prendi un elastico piuttosto lungo, lo apri e aggiungi una torsione (a destra o a sinistra) e poi lo richiudi, vedrai questo elastico che distribuisce questa torsione lungo tutto il suo corpo rimanendo circolare (seconda riga nell'immagine, il fatto che sia positivo o negativo dipende dalla direzione della torsione, cioè se a destra o a sinistra) ma può anche presentarsi in un'altra forma e scaricare questa tensione creando un avvolgimento su se stesso (la terza riga dell'immagine) tipo i fili della cornetta del telefono quando si attorcigliano (il meccanismo alla fine è lo stesso). quindi, queste torsioni possono scaricarsi nell'una o nell'altra forma e quindi *un'alterazione del numero di legame può scaricarsi sia come twist che come writhe*

la formula del linkin number infatti è $LK = TW + WR$

l'elica del DNA è destrorigira, significa quindi che se io aggiungo un superavvolgimento a sinistra, provo un rilassamento. infatti un superavvolgimento a sinistra è detto negativo.

discorso contrario per quello a destra.

La differenza tra le due topoisomerasi risiede nel meccanismo.

la topoisomerasi I è capace di introdurre un taglio solo in uno dei due filamenti così da permettere al filamento integro di passarci in mezzo modificando di una unità il LK.

Come la topoisomerasi II, NON ha una specificità di azione sui TW o sui WR semplicemente perchè queste proteine si legano al DNA, lo tagliano, gli modificano LK secondo le loro competenze, e lo richiudono.

Sarà poi il DNA che, in base a quanti superavvolgimenti si trova, scaricherà le tensioni come TW o come WR. Ovviamente modificando LK necessariamente anche TW o WR subiranno incrementi o riduzioni.

(omissis)

In Appendice riproduco l'esperimento, traendo ispirazione da [6].

Possiamo quindi confrontare le due formule

$$Q = I3 + Y/2$$

$$Lk = Tw + Wr$$

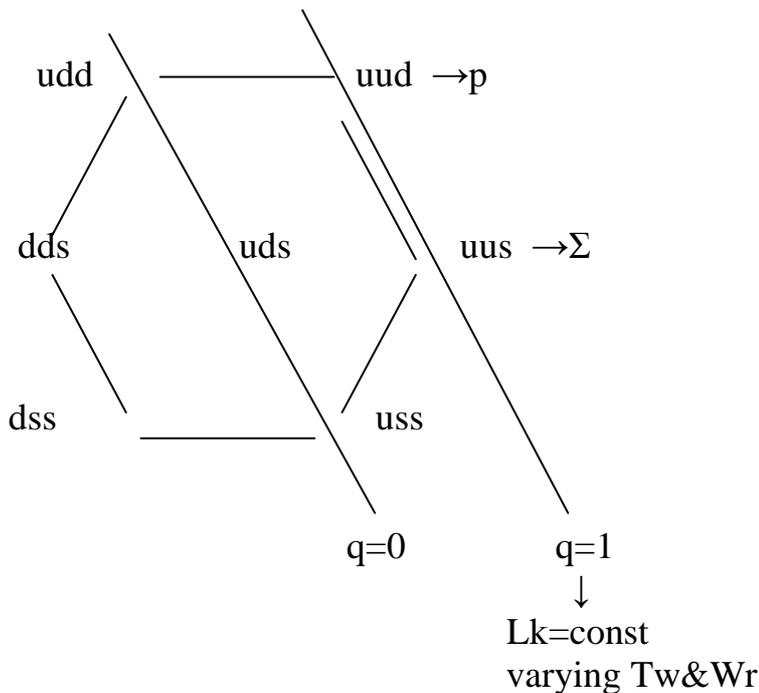
La analogia vistosa (considerando anche le disposizioni spaziali che esse comportano) sta in questo:

una alterazione della carica Q può scaricarsi sia come Y che come I3

un'alterazione del numero di legame Lk può scaricarsi sia come twist Tw che come writhe Wr

Le diverse disposizioni spaziali saranno a carica costante ma con differente stato di energia immagazzinata (massa).

Quindi si può tracciare un parallelo formale, probabilmente non casuale, fra un filamento circolare - DNA - a Lk costante (e Tw , Wr variabili) e un filamento chiuso - particella - a Q costante e Y , I_3 variabili. Questo sia per esempio la sequenza, a carica costante, che troviamo su una qualunque diagonale dell'ottetto



Consideriamo per esempio la sequenza $uud \rightarrow uds$ ovvero p, Σ a carica $Q=1$.

A questa possiamo almeno formalmente associare la classificazione "linking number $Lk=1$ "

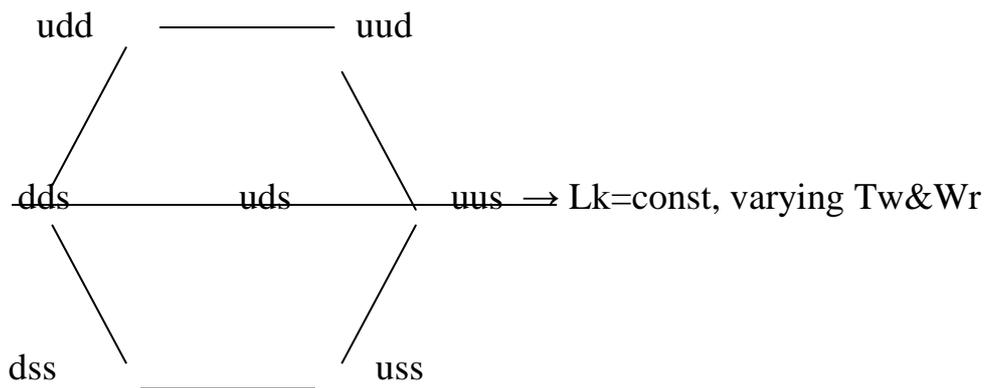
ed una variazione di Twist e Writhe dallo stato $Tw=1 \quad Wr=0$ allo stato $Tw=0 \quad Wr=1$. La comparsa di un loop di Writhe $Wr=1$ potrebbe essere associata alla comparsa di un quark "s" al posto di un "d".

Questo non è, ovviamente, l'unico modo per leggere la relazione $Q=I_3+Y/2$.

Si può pensare di associare al Linking number, costante, un altro numero quantico che non sia la carica Q ma invece, ad esempio, la stranezza S o ipercarica Y sulla linea orizzontale dds, uds, uus . In questo caso la variazione di una unità di carica potrebbe essere associata ad una variazione 1 di Tw e alla comparsa di un quark "u" al posto di un "d". Ciò sarebbe coerente con una rotazione di 360° da $d (+120^\circ)$ a $u (-240^\circ)$ secondo quanto ho ipotizzato in [4].

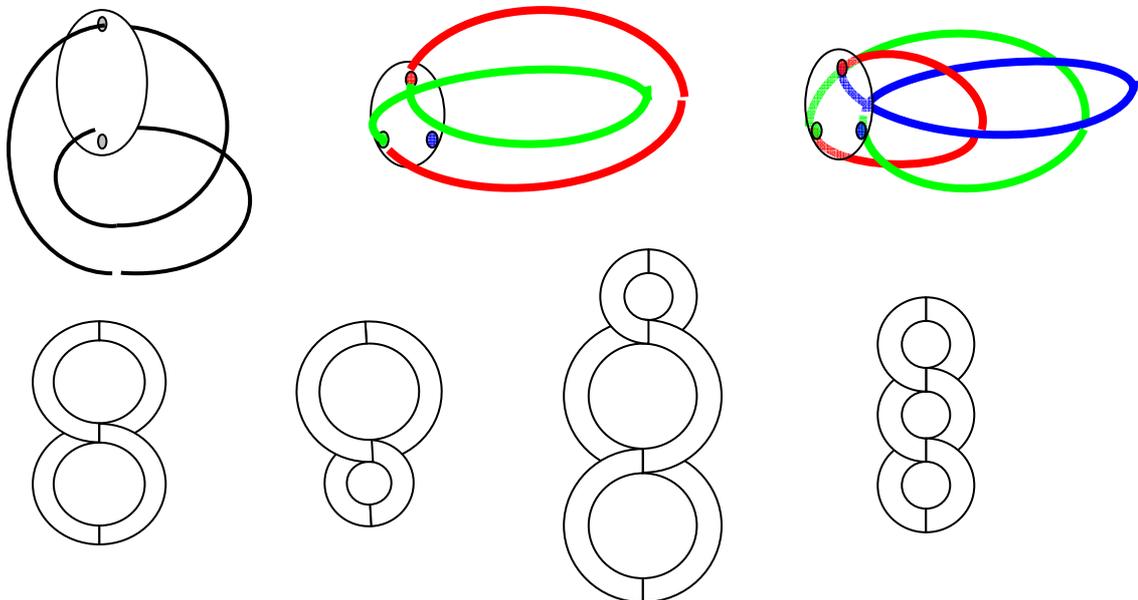
Sarebbero ora le diverse disposizioni spaziali a Y (o S) costante, Q e I_3 variabili, ad avere differenze di massa, questa volta piccole.

Un indizio per scegliere la analogia formale più promettente è dato quindi, tra gli altri, da quanto piccole o grandi siano le differenze di energia negli stati del DNA a Lk costante e Tw , Wr variabili.



CONCLUSIONI

Non mi è possibile andare oltre la osservazione di analogie, ma non si può pensare che la natura modifichi i suoi comportamenti, fra oggetti più o meno nelle stessa scala di dimensioni, creando branche della scienza completamente diverse. Siamo noi che cambiamo i nomi, per far piacere a differenti discipline universitarie. Quindi mi colpisce e non mi meravigliano (non mi *meraviglierebbero*) queste similitudini di comportamento. Sfortunatamente non ne so abbastanza. In più questi studi di comportamento del DNA in organismi via via più elementari sono appena incominciati. Posso solo terminare con disegni che suggeriscono spunti di riflessione.

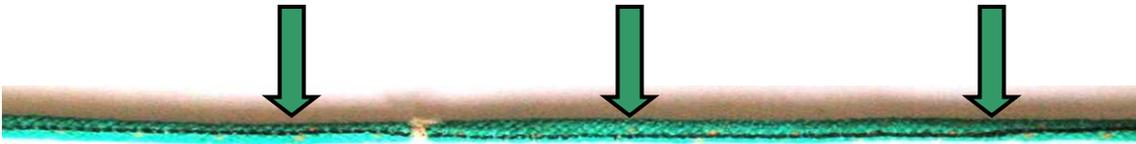


Twist e Writhe sono convertibili l'uno nell'altro. Rispetto ad un'elica per così dire "rilassata" una torsione (Twist) provoca un avvolgimento (Writhe) ovvero un supercoil. Una torsione positiva provoca un superavvolgimento (positivo), al contrario una torsione negativa (ad esempio la eliminazione di alcuni passi di elica) provoca un disavvolgimento.

Vale la relazione $Lk=Tw+Wr$, Lk rimane costante, ma il filamento trova una nuova situazione di equilibrio, nella quale singolarmente Tw e Wr sono cambiati.

APPENDICE

Riproduciamo l'esperimento, usando un pezzo di corda che possa assorbire energia torsionale. Su questa corda come riferimento traccio una riga nera. La dispongo poi a riposo, diritta, in una condizione rilassata. La linea nera mostra che non sono presenti torsioni



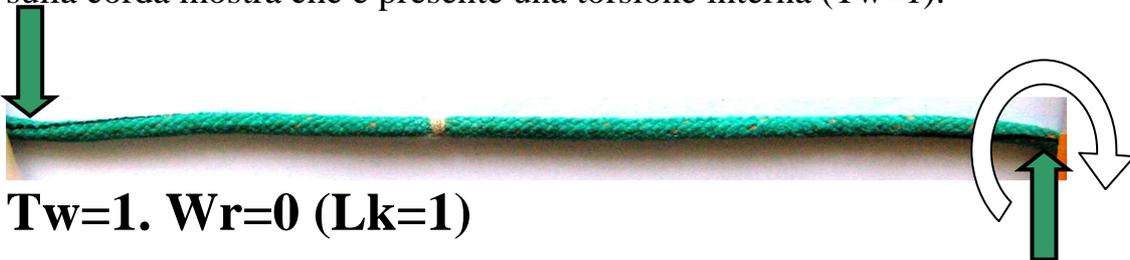
$$T_w=0. W_r=0 (L_k=0)$$

La posso ora chiudere in un cerchio, fissandone gli estremi con una molletta. Se la corda è abbastanza lunga, si dispone senz'altro in una condizione di riposo ancora rilassata.



$$T_w=0. W_r=0 (L_k=0)$$

A questo punto eseguo una torsione sulla corda, ruotandone un estremo di 360°. Devo tenerne bloccati gli estremi affinché mantenga la sua torsione. La linea nera tracciata sulla corda mostra che è presente una torsione interna ($T_w=1$).



$$T_w=1. W_r=0 (L_k=1)$$

La corda può essere ancora disposta in cerchio. Perché non si svolga devo tenerne bloccati gli estremi con una molletta. La linea nera ci rende ancora evidente il Twist.



Tw=1. Wr=0 (Lk=1)

Mi accorgo però che la corda può anche assumere in modo del tutto naturale una diversa condizione di equilibrio. Scompare il Twist interno e si forma un superavvolgimento (Wr=1).



Tw=0. Wr=1 (Lk=1)

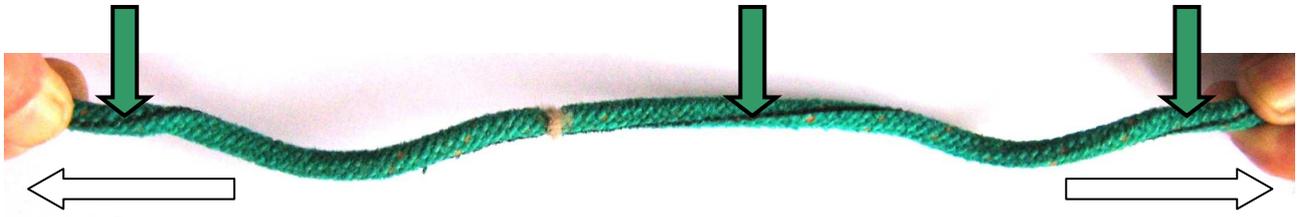
quindi un'alterazione del numero di legame può scaricarsi sia come twist che come writhe

Ancora più interessante è l'esperimento che segue. Disponiamo la solita corda in forma "rilassata" su un piano, facendo in modo che essa formi 2 loop (Wr=2).



Tw=0. Wr=2 (Lk=2)

A questo punto tenendo saldamente bloccati gli estremi stiriamo la corda forzandola ad assumere una posizione diritta ed eliminando così i due loop ($W_r=0$).



$T_w=2$. $W_r=0$ ($L_k=2$)

La linea nera disegnata sulla corda mostra che si sono creati due Twist interni ($T_w=2$).

BIBLIOGRAFIA

- [1] Qiu-Hong Hu, “The nature of the electron”, [arXiv:physics/0512265v1](https://arxiv.org/abs/physics/0512265v1), (2005)
- [2] R.Rauber, personal communication
- [3] “DNA Supercoil”, Wikipedia, (2010)
- [4] G. Bettini, “The Moebius Strip: a Biology of Elementary Particles”, [viXra:1004.0035](https://arxiv.org/abs/1004.0035) , (2010)
- [5] Forum: MolecularLab.it, (2010)
- [6] G. Rhodes, “Using Rubber Tubing to Demonstrate DNA Supercoiling and the Action of Topoisomerases”, Springer-Verlag, (1997)