For the English version see below, after the Italian one.

SULL'ILLUSORIETÀ DELLA FORZA MAGNETICA

*di Leonardo **Rubino***
leonrubino@yahoo.it
Marzo 2011 – Giugno 2012

La forza magnetica non è altro che una forza elettrica di Coulomb(!).

A tal proposito, immaginiamo la seguente situazione, dove vi è un conduttore, ovviamente composto da nuclei positivi e da elettroni, e poi un raggio catodico (di elettroni) che scorre parallelo al conduttore:

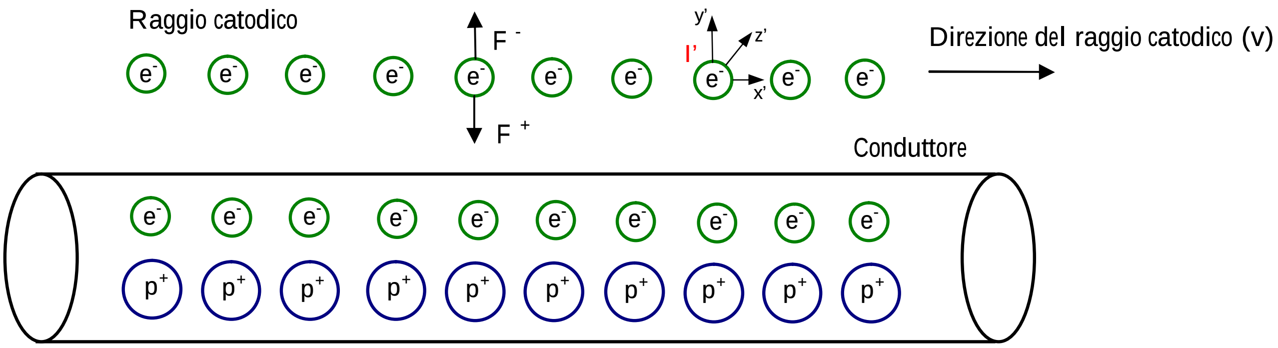

Fig. 1: Conduttore non percorso da corrente, visto dal sistema di riferimento I' (x', y', z') di quiete del raggio catodico.

Sappiamo dal magnetismo che il raggio catodico non sarà deflesso verso il conduttore perché in quest'ultimo non scorre nessuna corrente che possa determinare ciò. Questa è l'interpretazione del fenomeno in chiave magnetica; in chiave elettrica, possiamo dire che ogni singolo elettrone del raggio è respinto dagli elettroni del conduttore con una forza F^- identica a quella F^+ con cui è attratto dai nuclei positivi del conduttore.

Passiamo ora alla situazione in cui nel conduttore scorra invece una corrente con gli e^- a velocità u:

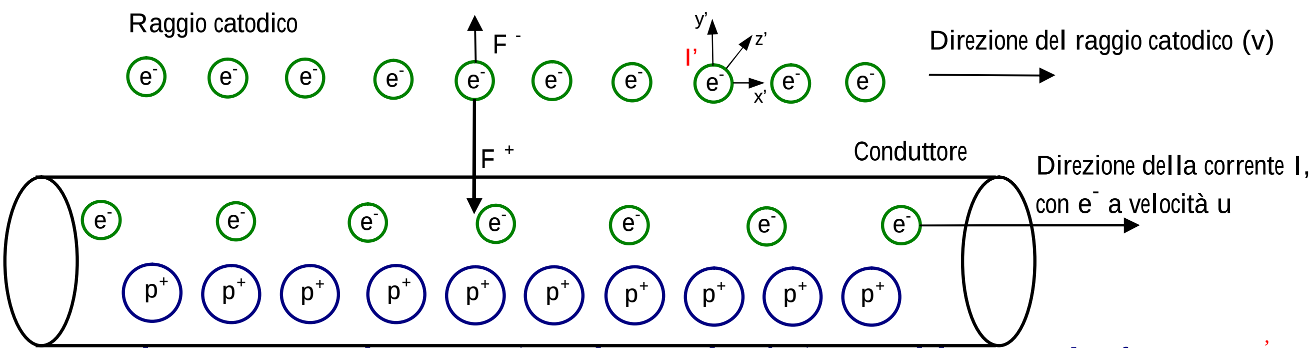

Fig. 2: Conduttore percorso da corrente (con gli e^- a velocità u), visto dal sistema di riferimento I' (x', y', z') di quiete del raggio catodico.

In quest'ultimo caso, sappiamo dal magnetismo che il raggio di elettroni deve deflettere verso il conduttore, in quanto siamo nel noto caso di correnti parallele e di verso concorde, che devono dunque attrarsi. Questa è l'interpretazione del fenomeno in chiave magnetica; in chiave elettrica, possiamo dire che dal momento che gli elettroni nel conduttore inseguono, per così dire, quelli del fascio, i primi, visti dal sistema di quiete del fascio (I'), avranno una velocità minore rispetto a

quella che risultano avere i nuclei positivi, che invece sono fermi nel conduttore. Risulterà, perciò, che gli spazi immaginabili tra gli elettroni del conduttore subiranno una contrazione relativistica di Lorentz meno accentuata, rispetto ai nuclei positivi, e dunque ne risulterà una densità di carica negativa minore della densità di carica positiva, e dunque gli elettroni del fascio verranno elettricamente attratti dal conduttore. Ecco la lettura in chiave elettrica del campo magnetico. Ora, è vero che la velocità della corrente elettrica in un conduttore è molto bassa (centimetri al secondo) rispetto alla relativistica velocità della luce c, ma è anche vero che gli elettroni sono miliardi di miliardi …, e dunque un piccolo effetto di contrazione su così tanti interspazi determina l'apparire della forza magnetica.
Ora, però, vediamo se la matematica ci dà quantitativamente ragione su quanto asserito, dimostrandoci che la forza magnetica è una forza elettrica anch'essa, ma vista in chiave relativistica. Consideriamo allora una situazione semplificata in cui un elettrone e^-, di carica q, viaggi, con velocità v, parallelo ad una corrente di nuclei con carica Q^+ (a velocità u):

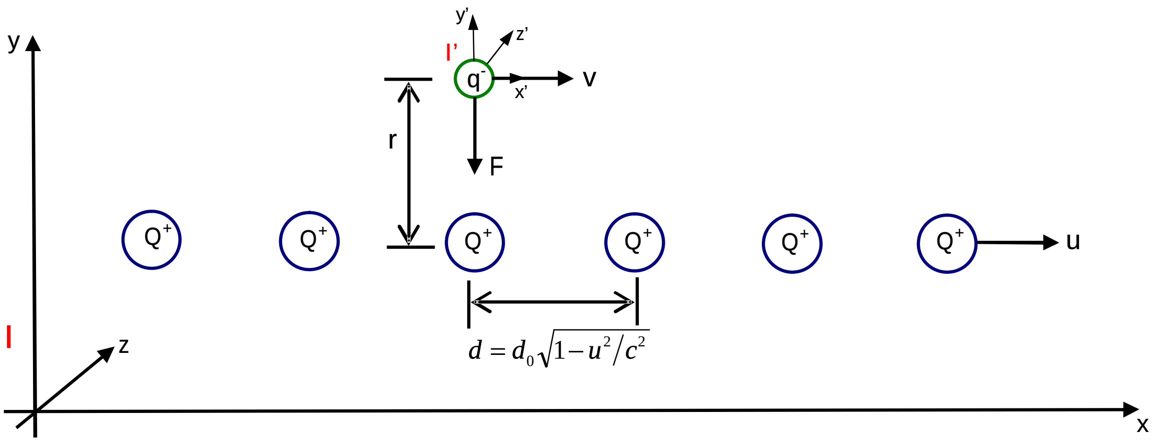

Fig. 3: Corrente di cariche positive (a velocità u) ed elettrone a velocità v nel sistema di quiete del lettore I.

a) Valutazione di F in chiave elettro<u>magnetica</u>, nel sistema I :
Ricordiamo innanzitutto che se ho N cariche Q, in linea, a distanza d una dall'altra (come in figura 3), allora la densità di carica lineare λ sarà:

$$l = N \cdot Q / N \cdot d = Q/d \quad .$$

Ora, sempre con riferimento alla Fig. 3, nel sistema I, per l'elettro<u>magnetismo</u> l'elettrone sarà sottoposto alla forza di Lorentz $F_l = q(E + v \times B)$ che si compone di una componente originariamente già elettrica e di una magnetica:

$$F_{el} = E \cdot q = (\frac{1}{e_0}\frac{l}{2pr})q = (\frac{1}{e_0}\frac{Q/d}{2pr})q$$ dovuta all'attrazione elettrostatica di una distribuzione lineare di cariche Q, e:

$$B = m_0 \frac{I}{2pr} = m_0 \frac{Q/t}{2pr} = m_0 \frac{Q/(d/u)}{2pr} = m_0 \frac{uQ/d}{2pr}$$ (Biot e Savart).

Dunque: $$F_l = q(\frac{1}{e_0}\frac{Q/d}{2pr} - v m_0 \frac{uQ/d}{2pr}) = q\frac{Q/d_0}{2pr}(\frac{1}{e_0} - m_0 uv)\frac{1}{\sqrt{1-u^2/c^2}} \quad , \qquad (1)$$

dove il segno meno indica che la forza magnetica è repulsiva, in tale caso, visti i segni reali delle due correnti, e dove la distanza d_0 di quiete risulta contratta a d, per Lorentz, nel sistema I in cui le cariche Q hanno velocità u ($d = d_0\sqrt{1-u^2/c^2}$).

b) Valutazione di F in chiave elettrica, nel sistema I' di quiete di q:

nel sistema I' la carica q è ferma e dunque non costituisce nessuna corrente elettrica, e dunque sarà presente solo una forza elettrica di Coulomb verso le cariche Q:

$$F'_{el} = E' \cdot q = (\frac{1}{e_0}\frac{l'}{2pr})q = (\frac{1}{e_0}\frac{Q/d'}{2pr})q = q(\frac{1}{e_0}\frac{Q/d_0}{2pr})\frac{1}{\sqrt{1-u'^2/c^2}} \quad , \tag{2}$$

dove u' è la velocità della distribuzione di cariche Q nel sistema I', che si compone di u e v tramite il noto teorema relativistico di addizione delle velocità:

$$u' = (u-v)/(1-uv/c^2) \quad , \tag{3}$$

e d_0, questa volta, si contrae appunto secondo u': $d' = d_0\sqrt{1-u'^2/c^2}$.

Notiamo ora che, con un po' di algebra, vale la seguente relazione (vedi la (3)):

$1-u'^2/c^2 = \dfrac{(1-u^2/c^2)(1-v^2/c^2)}{(1-uv/c^2)^2}$, che sostituita nel radicale della (2) fornisce:

$$F'_{el} = E' \cdot q = (\frac{1}{e_0}\frac{l'}{2pr})q = (\frac{1}{e_0}\frac{Q/d'}{2pr})q = q(\frac{1}{e_0}\frac{Q/d_0}{2pr})\frac{(1-uv/c^2)}{\sqrt{1-u^2/c^2}\sqrt{1-v^2/c^2}} \tag{4}$$

Vogliamo ora confrontare la (1) con la (4), ma ancora non possiamo, perché una fa riferimento ad I e l'altra ad I'; rapportiamo allora F'_{el} della (4) in I anch'essa e, per fare ciò, osserviamo che, per la definizione stessa di forza, in I':

$F'_{el}(in\_I') = \dfrac{\Delta p_{I'}}{\Delta t_{I'}} = \dfrac{\Delta p_I}{\Delta t_I\sqrt{1-v^2/c^2}} = \dfrac{F_{el}(in\_I)}{\sqrt{1-v^2/c^2}}$, con $\Delta p_{I'} = \Delta p_I$ in quanto Δp si estende lungo y, e non lungo la direzione del moto relativo, dunque per le T. di Lorentz non subisce variazione, mentre Δt ovviamente sì.

Si ha allora:

$$F_{el}(in\_I) = F'_{el}(in\_I')\sqrt{1-v^2/c^2} = q(\frac{1}{e_0}\frac{Q/d_0}{2pr})\frac{(1-uv/c^2)}{\sqrt{1-u^2/c^2}\sqrt{1-v^2/c^2}}\sqrt{1-v^2/c^2} =$$

$$= q(\frac{1}{e_0}\frac{Q/d_0}{2pr})\frac{(1-uv/c^2)}{\sqrt{1-u^2/c^2}} = F_{el}(in\_I) \tag{5}$$

Ora, dunque, possiamo confrontare la (1) con la (5), in quanto ora entrambe fanno riferimento al sistema I. Riscriviamole una sopra l'altra:

$$F_l(in\_I) = q(\frac{1}{e_0}\frac{Q/d}{2pr} - vm_0\frac{uQ/d}{2pr}) = q\frac{Q/d_0}{2pr}(\frac{1}{e_0} - m_0uv)\frac{1}{\sqrt{1-u^2/c^2}}$$

$$F_{el}(in\_I) = q(\frac{1}{e_0}\frac{Q/d_0}{2pr})\frac{(1-uv/c^2)}{\sqrt{1-u^2/c^2}} = q\frac{Q/d_0}{2pr}(\frac{1}{e_0} - \frac{uv}{e_0c^2})\frac{1}{\sqrt{1-u^2/c^2}}$$

Possiamo dunque dire che le due equazioni sono identiche se è verificata la seguente identità: $c = 1/\sqrt{e_0 m_0}$, e la stessa è nota sin dal 1856. Essendo dunque identiche le due equazioni, la forza magnetica risulta ricondotta ad una forza elettrica di Coulomb, ossia alla sua vera ed intima natura!!

APPENDICI.

Appendice 1: Costanti fisiche.

Costante di Boltzmann k: $1{,}38 \cdot 10^{-23} J/K$

Accelerazione Cosmica a_{Univ}: $7{,}62 \cdot 10^{-12} m/s^2$

Distanza Terra-Sole AU: $1{,}496 \cdot 10^{11} m$

Massa della Terra M_{Terra}: $5{,}96 \cdot 10^{24} kg$

Raggio della Terra R_{Terra}: $6{,}371 \cdot 10^{6} m$

Carica dell'elettrone e: $-1{,}6 \cdot 10^{-19} C$

Numero di elettroni equivalente dell'Universo N: $1{,}75 \cdot 10^{85}$

Raggio classico dell'elettrone r_e: $2{,}818 \cdot 10^{-15} m$

Massa dell'elettrone m_e: $9{,}1 \cdot 10^{-31} kg$

Costante di Struttura Fine $a\,(\cong 1/137)$: $7{,}30 \cdot 10^{-3}$

Frequenza dell'Universo n_0: $4{,}05 \cdot 10^{-21} Hz$

Pulsazione dell'Universo $w_0 (= H_{global})$: $2{,}54 \cdot 10^{-20} rad/s$

Costante di Gravitazione Universale G: $6{,}67 \cdot 10^{-11} Nm^2/kg^2$

Periodo dell'Universo T_{Univ}: $2{,}47 \cdot 10^{20} s$

Anno luce a.l.: $9{,}46 \cdot 10^{15} m$

Parsec pc: $3{,}26\_a.l. = 3{,}08 \cdot 10^{16} m$

Densità dell'Universo ρ_{Univ}: $2{,}32 \cdot 10^{-30} kg/m^3$

Temp. della Radiaz. Cosmica di Fondo T: $2{,}73 K$

Permeabilità magnetica del vuoto μ_0: $1{,}26 \cdot 10^{-6} H/m$

Permittività elettrica del vuoto ε_0: $8{,}85 \cdot 10^{-12} F/m$

Costante di Planck h: $6{,}625 \cdot 10^{-34} J \cdot s$

Massa del protone m_p: $1{,}67 \cdot 10^{-27} kg$

Massa del Sole M_{Sun}: $1{,}989 \cdot 10^{30} kg$

Raggio del Sole R_{Sun}: $6{,}96 \cdot 10^{8} m$

Velocità della luce nel vuoto c: $2{,}99792458 \cdot 10^{8} m/s$

Costante di Stephan-Boltzmann σ: $5{,}67 \cdot 10^{-8} W/m^2K^4$

Raggio dell'Universo (dal centro fino a noi) R_{Univ}: $1{,}18 \cdot 10^{28} m$

Massa dell'Universo (entro R_{Univ}) M_{Univ}: $1{,}59 \cdot 10^{55} kg$

Grazie per l'attenzione.

Leonardo RUBINO
E-mail: leonrubino@yahoo.it

Bibliografia:

1) *(V.A. Ugarov) TEORIA DELLA RELATIVITA' RISTRETTA*, Edizioni Mir.

2) *(R. Sexl & H.K. Schmidt) SPAZIOTEMPO* – Vol. 1, Boringhieri.

3) *(C. Mencuccini e S. Silvestrini) FISICA I* - Meccanica Termodinamica, Liguori.

![UK flag]

THE ILLUSORINESS OF THE MAGNETIC FORCE

Leonardo ***Rubino***
leonrubino@yahoo.it
March 2011 – June 2012

Magnetic force is simply a Coulomb's electric force(!).

Concerning this, let's examine the following situation, where we have a wire, of course made of positive nuclei and electrons, and also a cathode ray (of electrons) flowing parallel to the wire:

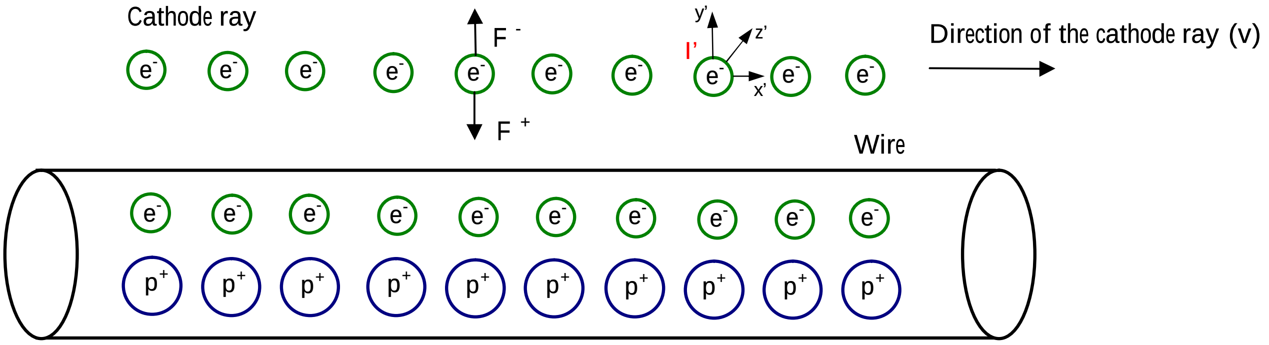

Fig. 1: Wire not flown by any current, seen from the cathode ray steady ref. system I' (x', y', z').

We know from magnetism that the cathode ray will not be bent towards the wire, as there isn't any current in it. This is the interpretation of the phenomenon on a magnetic basis;
on an electric basis, we can say that every single electron in the ray is rejected away from the electrons in the wire, through a force F^- identical to that F^+ through which it's attracted from positive nuclei in the wire.
Now, let's examine the situation in which we have a current in the wire (e^- with speed u)

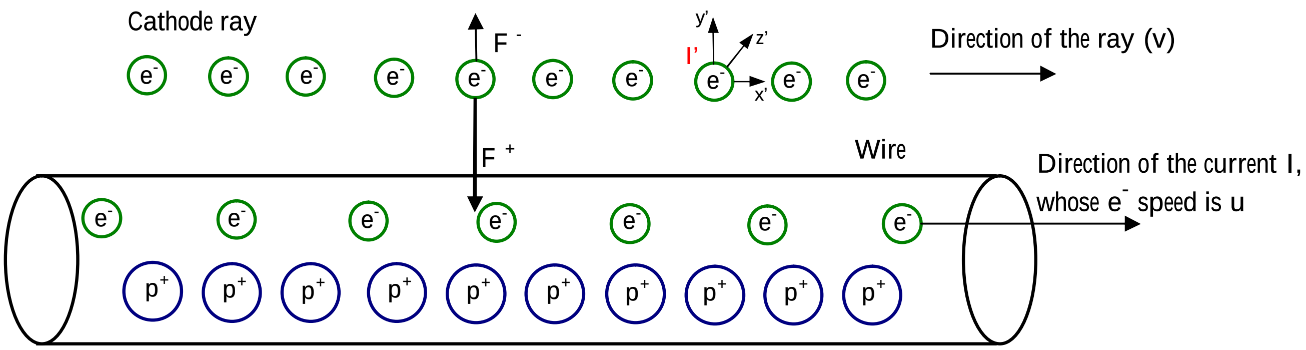

Fig. 2: Wire flown by a current (with e^- speed=u), seen from the cathode ray steady ref. system I' (x', y', z').

In this case we know from magnetism that the cathode ray must bend towards the wire, as we are in the well known case of parallel currents in the same direction, which must attract each other.
This is the interpretation of this phenomenon on a magnetic basis; on an electric basis, we can say that as the electrons in the wire follow those in the ray, they will have a speed lower than that of the positive nuclei, in the system I', as such nuclei are still in the wire.
As a consequence of that, spaces among the electrons in the wire will undergo a lighter relativistic Lorentz contraction, if compared to that of the nuclei's, so there will be a lower negative charge density, if compared to the positive one, so electrons in the ray will be electrically attracted by the wire.

This is the interpretation of the magnetic field on an electric basis. Now, although the speed of electrons in an electric current is very low (centimeters per second), if compared to the relativistic speed of light, we must also acknowledge that the electrons are billions and billions…., so a small Lorentz contraction on so many spaces among charges, makes a substantial magnetic force to appear.
But now let's see if mathematics can prove we're quantitatively right on what asserted so far, by showing that the magnetic force is an electric one itself, but seen on a relativistic basis.
On the basis of that, let's consider a simplified situation in which an electron e^-, whose charge is q, moves with speed v and parallel to a nuclei current whose charge is Q^+ each (and speed u):

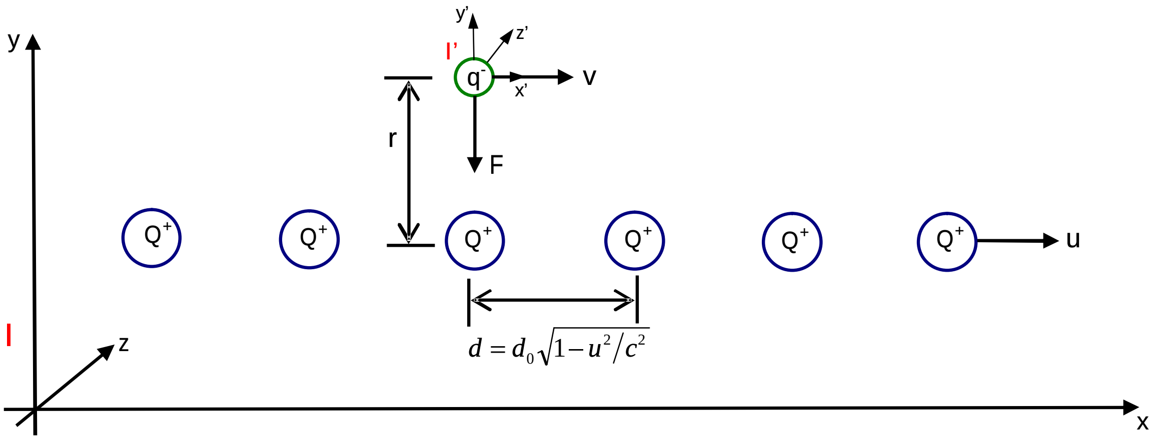

Fig. 3: Current of positive charge (speed u) and an electron whose speed is v, in the reader's steady system I.

a) Evaluation of F on an electro<u>magnetic</u> basis, in the system I :
First of all, we remind ourselves of the fact that if we have N charges Q in line and d spaced (as per Fig. 3), then the linear charge density λ will be:

$$l = N\cdot Q/N\cdot d = Q/d \quad .$$

Now, still with reference to Fig. 3, in the system I, for the electro<u>magnetics</u> the electron will undergo the Lorentz force $F_l = q(E + v\times B)$ which is made of an originally electrical component and of a magnetic one:

$F_{el} = E\cdot q = (\frac{1}{e_0}\frac{l}{2pr})q = (\frac{1}{e_0}\frac{Q/d}{2pr})q$ due to the electric attraction from a linear distribution of charges Q, and:

$$B = m_0\frac{I}{2pr} = m_0\frac{Q/t}{2pr} = m_0\frac{Q/(d/u)}{2pr} = m_0\frac{u\,Q/d}{2pr} \qquad \text{(Biot and Savart).}$$

So: $$F_l = q(\frac{1}{e_0}\frac{Q/d}{2pr} - vm_0\frac{u\,Q/d}{2pr}) = q\frac{Q/d_0}{2pr}(\frac{1}{e_0} - m_0uv)\frac{1}{\sqrt{1-u^2/c^2}} \ , \qquad (1)$$

where the negative sign tells us the magnetic force is repulsive, in that case, because of the real directions of those currents, and where the steady distance d_0 is contracted to d, according to Lorentz, in the system I where charges Q have got speed u ($d = d_0\sqrt{1-u^2/c^2}$).
b) Evaluation of F on an electric base, in the steady system I' of q:
in the system I' the charge q is still and so it doesn't represent any electric current, and so there will be only a Coulomb electric force towards charges Q:

$$F'_{el} = E' \cdot q = (\frac{1}{e_0}\frac{l'}{2pr})q = (\frac{1}{e_0}\frac{Q/d'}{2pr})q = q(\frac{1}{e_0}\frac{Q/d_0}{2pr})\frac{1}{\sqrt{1-u'^2/c^2}} \ , \qquad (2)$$

where u' is the speed of the charge distribution Q in the system I', which is due to u and v by means of the well known relativistic theorem of composition of speeds:

$$u' = (u-v)/(1-uv/c^2) \ , \qquad (3)$$

and d_0, this time, is contracted indie according to u': $d' = d_0\sqrt{1-u'^2/c^2}$.

We now note that, through some algebraic calculations, the following equality holds (see (3)):

$1-u'^2/c^2 = \frac{(1-u^2/c^2)(1-v^2/c^2)}{(1-uv/c^2)^2}$, which, if replacing the radicand in (2), yields:

$$F'_{el} = E' \cdot q = (\frac{1}{e_0}\frac{l'}{2pr})q = (\frac{1}{e_0}\frac{Q/d'}{2pr})q = q(\frac{1}{e_0}\frac{Q/d_0}{2pr})\frac{(1-uv/c^2)}{\sqrt{1-u^2/c^2}\sqrt{1-v^2/c^2}} \qquad (4)$$

We now want to compare (1) with (4), but we still cannot, as one is about I and the other is about I'; so, let's scale F'_{el} in (4), to I, too, and in order to do that, we see that, by definition of the force itself, in I':

$F'_{el}(in\_I') = \frac{\Delta p_{I'}}{\Delta t_{I'}} = \frac{\Delta p_I}{\Delta t_I\sqrt{1-v^2/c^2}} = \frac{F_{el}(in\_I)}{\sqrt{1-v^2/c^2}}$, where $\Delta p_{I'} = \Delta p_I$, as Δp extends along y, and not along the direction of the relative motion, so, according to the Lorentz transformations, it doesn't change, while Δt, of course, does.

So:

$$F_{el}(in\_I) = F'_{el}(in\_I')\sqrt{1-v^2/c^2} = q(\frac{1}{e_0}\frac{Q/d_0}{2pr})\frac{(1-uv/c^2)}{\sqrt{1-u^2/c^2}\sqrt{1-v^2/c^2}}\sqrt{1-v^2/c^2} =$$

$$= q(\frac{1}{e_0}\frac{Q/d_0}{2pr})\frac{(1-uv/c^2)}{\sqrt{1-u^2/c^2}} = F_{el}(in\_I) \qquad (5)$$

Now we can compare (1) with (5), as now both are related to the I system.

Let's write them one over another:

$$\boxed{F_l(in\_I) = q(\frac{1}{e_0}\frac{Q/d}{2pr} - vm_0\frac{uQ/d}{2pr}) = q\frac{Q/d_0}{2pr}(\frac{1}{e_0} - m_0uv)\frac{1}{\sqrt{1-u^2/c^2}}}$$

$$\boxed{F_{el}(in\_I) = q(\frac{1}{e_0}\frac{Q/d_0}{2pr})\frac{(1-uv/c^2)}{\sqrt{1-u^2/c^2}} = q\frac{Q/d_0}{2pr}(\frac{1}{e_0} - \frac{uv}{e_0c^2})\frac{1}{\sqrt{1-u^2/c^2}}}$$

Therefore we can state that these two equations are identical if the following identity holds: $c = 1/\sqrt{e_0m_0}$, and this identity is known since 1856. As these two equations are identical, the magnetic force has been traced back to the Coulomb's electric force, so to its real nature!!

APPENDIXES.

Appendix 1: Physical constants.

Boltzmann's Constant k: $1{,}38 \cdot 10^{-23} J/K$

Cosmic Acceleration a_{Univ}: $7{,}62 \cdot 10^{-12} m/s^2$

Distance Earth-Sun AU: $1{,}496 \cdot 10^{11} m$

Mass of the Earth M_{Earth}: $5{,}96 \cdot 10^{24} kg$

Radius of the Earth R_{Earth}: $6{,}371 \cdot 10^{6} m$

Charge of the electron e: $-1{,}6 \cdot 10^{-19} C$

Number of electrons equivalent of the Universe N: $1{,}75 \cdot 10^{85}$

Classic radius of the electron r_e: $2{,}818 \cdot 10^{-15} m$

Mass of the electron m_e: $9{,}1 \cdot 10^{-31} kg$

Finestructure Constant $a\,(\cong 1/137)$: $7{,}30 \cdot 10^{-3}$

Frequency of the Universe n_0: $4{,}05 \cdot 10^{-21} Hz$

Pulsation of the Universe $w_0 (= H_{global})$: $2{,}54 \cdot 10^{-20} rad/s$

Universal Gravitational Constant G: $6{,}67 \cdot 10^{-11} Nm^2/kg^2$

Period of the Universe T_{Univ}: $2{,}47 \cdot 10^{20} s$

Light Year l.y.: $9{,}46 \cdot 10^{15} m$

Parsec pc: $3{,}26\_a.l. = 3{,}08 \cdot 10^{16} m$

Density of the Universe ρ_{Univ}: $2{,}32 \cdot 10^{-30} kg/m^3$

Microwave Cosmic Radiation Background Temp. T: $2{,}73K$

Magnetic Permeability of vacuum μ_0: $1{,}26 \cdot 10^{-6} H/m$

Electric Permittivity of vacuum ε_0: $8{,}85 \cdot 10^{-12} F/m$

Planck's Constant h: $6{,}625 \cdot 10^{-34} J \cdot s$

Mass of the proton m_p: $1{,}67 \cdot 10^{-27} kg$

Mass of the Sun M_{Sun}: $1{,}989 \cdot 10^{30} kg$

Radius of the Sun R_{Sun}: $6{,}96 \cdot 10^{8} m$

Speed of light in vacuum c: $2{,}99792458 \cdot 10^{8} m/s$

Stephan-Boltzmann's Constant σ: $5{,}67 \cdot 10^{-8} W/m^2K^4$

Radius of the Universe (from the centre to us) R_{Univ}: $1{,}18 \cdot 10^{28} m$

Mass of the Universe (within R_{Univ}) M_{Univ}: $1{,}59 \cdot 10^{55} kg$

Thank you for your attention.

Leonardo RUBINO
leonrubino@yahoo.it

Bibliography:

1) *(V.A. Ugarov) TEORIA DELLA RELATIVITA' RISTRETTA*, Edizioni Mir.

2) *(R. Sexl & H.K. Schmidt) SPAZIOTEMPO* – Vol. 1, Boringhieri.

3) *(C. Mencuccini e S. Silvestrini) FISICA I* - Meccanica Termodinamica, Liguori.
