

# ELETTROMAGNETISMO NEI FUMETTI

LE LEGGI DELL'ELETTROMAGNETISMO NELLE VICENDE  
DI ELECTRO E MAGNETO

Ludovica Invernizzi  
Liceo Classico Alexis Carrel  
Esame di stato 2016

# INDICE

-INTRODUZIONE	pag.2
-ELECTRO	pag.3
1. Il personaggio	pag.3
2. Electro e il campo magnetico	pag.4
- Campo elettrico	
- Campo magnetico e ferromagnetismo	
3. La capacità di Electro	pag.6
- La capacità dei conduttori	
- La capacità dei condensatori	
-MAGNETO	pag.8
1. il personaggio	pag.8
2. Magneto e la levitazione	pag.9
- Il ferro nel sangue	
- La levitazione diamagnetica	
3. Magneto e la corrente elettrica	pag.11
- Il flusso magnetico	
-APPENDICI	pag.13
1. breve storia del fumetto	
2. il campo magnetico	
3. il potenziale elettrico	
-BIBLIOGRAFIA	pag.15

# INTRODUZIONE

*“Le storie a fumetti non hanno mai avuto la pretesa di sostituire i libri di testo di fisica”<sup>1</sup> ma è sorprendente scoprire all’interno di certe storie, episodi in cui l’applicazione di alcuni poteri poggia, per così dire, “realisticamente” su leggi fisiche. Anche se è vero che molto spesso esse richiedono al lettore una sospensione della sua incredulità, in quanto più volte al loro interno è necessario l’intervento di “un’eccezione miracolosa”. In questo breve scritto intendo analizzare dove e come le leggi dell’elettromagnetismo entrino in azione nelle figure di Electro e Magneto, due personaggi dei fumetti creati da Stan Lee per le pubblicazioni Marvel Comics.*

Gli albi a fumetti che raccontano le avventure dei supereroi sono ormai note al grande pubblico grazie soprattutto alle varie trasposizioni cinematografiche. All’interno delle loro storie, in particolare dalla Silver Age<sup>2</sup>, gli stessi autori hanno inserito didascalie finalizzate a spiegare la scienza nascosta dietro certi episodi, come piacevole excursus all’interno della narrazione. Anche se non va dimenticato che lo scopo di queste storie è intrattenere il lettore, senza la rigosità di un testo scientifico. Ma come sostiene J. Kakalios, autore del libro *“La fisica dei supereroi”<sup>1</sup>*, se da un lato non si può giustamente asserire che i fumetti siano una fedele rappresentazione della realtà, dall’altro sono sicuramente più avvincenti e vicini all’immaginario comune rispetto a tutta quella serie di situazioni schematizzate come piani inclinati, sistemi di forze ecc., che sono normalmente utilizzate nelle spiegazioni delle leggi della fisica.

---

<sup>1</sup> Da -La fisica dei supereroi- James Kakalios-2005-ed. Einaudi

<sup>2</sup> Vedi appendice 1

# ELECTRO

Figura 1 dalla serie "The Amazing-Spiderman"



Figura 2 dal film "The Amazing-Spiderman 2"



## IL PERSONAGGIO

Il personaggio di Electro, alias Max Dillon, nella prima versione è un operaio di un'azienda elettrica che viene colpito da un fulmine mentre si trova al lavoro. Questo evento invece di ucciderlo gli conferisce il potere di controllare l'energia elettrica, che comincia a usare per commettere atti criminosi, scontrandosi con Spiderman. Anche nella versione del film "The Amazing Spiderman 2", Electro acquisisce i poteri in seguito a un incidente: lavoratore presso l'azienda Oscorp, un'industria chimica della città di New York, cade per errore all'interno di una vasca di anguille elettriche, ricevendo le sue straordinarie capacità.

# ELECTRO E IL CAMPO MAGNETICO

In una vignetta presa da “The Amazing Spider-Man” n.9 del 1963



Electro è raffigurato mentre scappa dalle autorità dopo una rapina in banca arrampicandosi sulla parete di un palazzo. Come si legge nel commento di uno dei passanti che osservano stupiti la scena, Electro sembra tenersi alle travi di ferro grazie a “dei raggi elettrici”. È effettivamente possibile che ciò avvenga, cioè che Electro utilizzando la corrente elettrica riesca a tenersi attaccato a una trave di metallo come se avesse dei magneti?

La risposta alla domanda è sì, fisicamente è possibile.

## IL CAMPO ELETTRICO

Una carica elettrica in quiete esercita una forza su un'altra carica elettrica, che Coulomb, studiando l'interazione tra due cariche puntiformi grazie a una bilancia di torsione, stabilisce essere direttamente proporzionale alle due cariche e inversamente proporzionale al quadrato della loro distanza. La costante di proporzionalità è  $K$ , che equivale a  $K = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$ , con  $\epsilon_0$  costante dielettrica nel vuoto (che andrebbe moltiplicato per  $\epsilon_r$  ogni volta che si studia questo fenomeno in un mezzo).

$$F = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2} \text{ (LEGGE DI COULOMB)}$$

Ciò significa che all'aumento delle cariche aumenta la forza, mentre all'aumento della loro distanza, la forza elettrica diminuisce.

Se intendiamo una delle due cariche come carica di prova, il fatto che venga attratta o respinta dall'altra carica, svela l'azione della forza elettrica, che indica l'esistenza di una "zona di forza" attorno alla prima carica. Questo fenomeno viene chiamato Campo elettrico (E) ed è definito come il rapporto tra la forza elettrica che agisce sulla carica di prova e la carica di prova stessa:

$$E = \frac{F}{q}$$

Per essere rivelato ha quindi bisogno di una sonda, la carica di prova, ma è in realtà esiste sempre in presenza di una carica o una distribuzione di cariche.

### CAMPO MAGNETICO E FERROMAGNETISMO

Hans Christian Oersted nel 1820, notò però che le correnti elettriche creano campi magnetici, fenomeno noto anche con il nome di "effetto Ampere". Infatti quando una carica elettrica è in movimento, e solo se è in movimento, essa diventa sorgente anche di un campo magnetico (B)<sup>3</sup>, che equivale a:

$$B = \frac{F}{il}$$

Ovvero l'induzione magnetica risulta uguale al rapporto tra l'intensità della forza magnetica che agisce su un tratto di filo lungo l e percorso da i, posto perpendicolare alla direzione del campo magnetico, e il prodotto della corrente elettrica per la lunghezza del filo stesso percorso dalla corrente.

A questo punto è necessario specificare che gli atomi si possono considerare come delle microscopiche spire percorse da corrente e che quindi hanno un proprio campo magnetico. A seconda di come i campi magnetici atomici si dispongono in presenza di un campo magnetico esterno, i materiali vengono classificati in diverse categorie: ferromagnetici, paramagnetici e diamagnetici. In particolare i materiali ferromagnetici, come il ferro (da cui il nome), il nichel e il cobalto, se immersi in un campo magnetico forte si magnetizzano: i campi magnetici dei loro atomi si allineano fra di loro, e si allineano paralleli ed equiversi a B esterno. Ciò significa che se per esempio si avvicina un oggetto ferromagnetico al polo nord di un magnete, i campi magnetici atomici si allineeranno rivolgendo i loro poli sud verso il magnete, e questo provocherà attrazione tra l'oggetto e il magnete, dal momento che poli opposti si attraggono. Ecco spiegato come Electro può creare, con le correnti elettriche, un campo magnetico che riesca a magnetizzare le travi di ferro del palazzo e di conseguenza rimanere attaccato ad esse.

La forza che si genera su Electro è una forza orizzontale che può essere in grado di contrastare la forza di gravità. Essa è una forza di attrito statico =KN, dove K è la costante di attrito statico e N è la reazione vincolare, cioè la componente di forza perpendicolare al piano del movimento, nel nostro caso quindi la direzione orizzontale, quindi la forza che la trave di ferro esercita su elettro che deve essere maggiore o uguale alla forza di gravità per poter sostenere Electro sulla trave.

---

<sup>3</sup> Vedi appendice 2

# LA CAPACITA' DI ELECTRO



In una scena presa invece dalla serie cinematografica, "The Amazing Spiderman 2", vediamo il protagonista, Spiderman alias Peter Parker, che cerca un modo per sconfiggere definitivamente il potente e fuori controllo Electro. A questo scopo si arma di filo metallico e di una batteria:

immettendo nel filo una quantità di carica maggiore di quella che il circuito riesce a sopportare, il generatore (la batteria in questo caso) esplose.



Allo stesso identico modo Electro, che funziona come un condensatore, ovvero un dispositivo presente nei circuiti elettrici in grado di accumulare carica, è in grado di sopportare solo una certa quantità di carica, e questa caratteristica è chiamata "capacità elettrica".

## LA CAPACITA' DEI CONDUTTORI

Prendendo in considerazione un conduttore sferico, sappiamo che il suo potenziale (V)<sup>4</sup>, ovvero l'energia potenziale elettrica (U) divisa per la carica di prova, è:

$$V = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r}$$

Essendo  $4\pi\epsilon_0 r$  una costante, dalla relazione emerge la diretta proporzionalità tra la quantità di carica Q presente su un conduttore sferico e il potenziale V.

---

<sup>4</sup>Vedi appendice 3

## LA CAPACITA' DEI CONDENSATORI

Tale proporzionalità è generalizzabile ad ogni conduttore carico di forma qualunque, e la costante di proporzionalità viene detta capacità del conduttore.

Anche nei condensatori, sistemi formati solitamente da due piastre parallele di materiale conduttore, dette armature, in ciascuna delle quali il potenziale (V) è direttamente proporzionale alla carica (Q) presente su di esse. Il modulo del campo elettrico all'interno di un condensatore è uguale al rapporto tra la densità di carica superficiale ( $\sigma$ ) e la costante dielettrica nel vuoto ( $\epsilon_0$ ). Poiché  $\sigma$  è uguale alla quantità di carica (Q) divisa per a superficie (S) lungo la quale la carica è distribuita, allora:

$$E = \frac{Q}{S\epsilon_0} \Rightarrow Q = ES\epsilon_0$$

Ovvero il campo elettrico all'interno del condensatore è costante, o anche detto uniforme, per cui può essere scritto anche come  $E = \frac{\Delta V}{d} \Rightarrow \Delta V = Ed$

Essendo  $C = \frac{Q}{\Delta V}$ , posso sostituire Q e  $\Delta V$  coi termini delle equazioni sopra riportate:

$$C = \frac{ES\epsilon_0}{Ed}, \text{ dove si semplifica } E \Rightarrow C = \frac{S}{d}\epsilon_0.$$

Questo significa che come un conduttore può accumulare carica solo entro un certo limite, così anche Electro, non può realisticamente caricarsi all'infinito. Ed è sfruttando questo particolare che Spiderman, usando delle speciali ragnatele di materiale conduttore, prende dal reattore della Oscorp (dove avviene lo scontro finale) una quantità di carica tale da sovraccaricare Electro e (apparentemente) ucciderlo.





# MAGNETO

*Figura 3 Magneto dalla serie a fumetti X-men*



*Figura 4 Ian Mckellen nei panni di Magneto*



## IL PERSONAGGIO

1944 Erik Lehnsherr, ragazzino di origini ebraiche, viene imprigionato nel campo di concentramento di Aushwitz, dove in preda alla rabbia e alla disperazione contorce a distanza il cancello di ferro che lo separa dai genitori, manifestando per la prima volta il suo potere di generare e manipolare i campi magnetici; da cui il suo nome “di battaglia” Magneto. Egli infatti appartiene alla specie dei mutanti, esseri umani che sono nati con speciali poteri a causa di particolari mutazioni genetiche.

# MAGNETO E LA LEVITAZIONE



Come si vede ripetutamente sia all'interno della serie a fumetti sia nelle trasposizioni cinematografiche, Magneto, in virtù del suo potere, ha la capacità di fare levitare oggetti sensibili al fenomeno magnetico. Proprio per questo può far levitare tutto ciò che contiene ferro, come pistole, spranghe, auto ecc. per l'effetto che i suoi campi magnetici hanno su oggetti composti da materiale ferromagnetico (come spiegato nella sezione di Electro).

## IL FERRO NEL SANGUE



Un'altra cosa che Magneto riesce a far levitare grazie ai suoi poteri magnetici, è il sangue come accade nella scena iniziale del film X-Men 2. Infatti i globuli rossi (o eritrociti), cellule presenti all'interno del sangue addette al trasporto dell'ossigeno, al loro interno contengono l'emoglobina, una proteina, ovvero un polimero biologico, che presenta struttura quaternaria essendo costituita da 4 sub unità. Ogni sub unità

contiene un gruppo "eme", formato da un atomo di ferro legato a una serie di anelli aromatici, ed è proprio la loro presenza che consente a questa proteina di coordinare fino a quattro atomi di ossigeno e di trasportarlo all'interno del sangue.

In realtà nel momento in cui il ferro presente nell'emoglobina si lega all'ossigeno, il suo campo magnetico si annulla quindi il "signore del magnetismo" non dovrebbe essere in grado di manipolare il sangue della guardia: ciò invece gli è possibile grazie all'intervento della sua alleata Mystica (un'altra mutante) che ha precedentemente iniettato del metallo magnetico nel corpo del secondino, in modo che Magneto possa usare il suo potere sul suo sangue.

### LEVITAZIONE DIAMAGNETICA

Tuttavia Magneto riesce a far levitare anche corpi che non dovrebbero risentire dell'effetto magnetico, ad esempio massi o, come fa spesso, anche sé stesso, come si vede in quest'immagine presa dal film 'X-Men – giorni di un futuro passato'.



Sorge spontanea la domanda: com'è possibile che questo accada? Anche se può sembrare che rientri in quella categoria di eventi assurdi che sono inevitabilmente contenuti nelle storie di supereroi, non è così. Questo è un fenomeno fisicamente possibile ed è chiamato "levitazione diamagnetica".

Come è già stato spiegato nel capitolo 'Electro e il campo magnetico', i materiali si distinguono in 3 categorie a seconda di come i loro campi magnetici atomici si comportano in presenza di un campo magnetico esterno. Nei materiali ferromagnetici abbiamo visto che i campi atomici si orientano paralleli ed equiversi al B esterno; invece nei materiali diamagnetici, anche c'è bisogno di un campo magnetico esterno molto intenso affinché risultino sensibili alla sua presenza, i campi magnetici atomici si dispongono in modo tale che l'oggetto in questione venga respinto dal campo B esterno. Un materiale fortemente diamagnetico è l'acqua: questo significa che con a disposizione un campo magnetico sufficientemente grande, sarebbe possibile fare levitare qualsiasi essere vivente, come è stato fatto al Nijmegen High Field Magnet Laboratory.



# MAGNETO E LA CORRENTE ELETTRICA

In un'altra scena del film *X-men*, il signore del magnetismo attacca il treno su cui si trovano due X-men (Wolverine e Rogue): il suo arrivo nella carrozza oltre a provocare la deformazione degli oggetti metallici, provoca anche uno sbalzo di corrente nelle luci nel vagone.



Com'è possibile che Magneto, controllando i campi magnetici, influisca anche sulle correnti elettriche?

## IL FLUSSO MAGNETICO

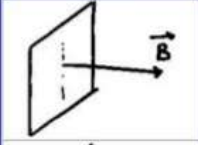
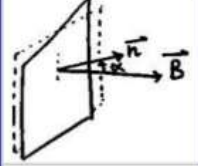

Come abbiamo già visto grazie alla figura di Electro, una corrente elettrica genera un campo magnetico. Parallelamente anche la variazione del campo magnetico, o più precisamente la variazione del flusso magnetico ( $\phi(\vec{B})$ ), genera corrente, che viene chiamata corrente indotta, come studiato da Faraday attraverso una serie di esperimenti. Il flusso magnetico non è altro che “quanto” campo magnetico attraversa una superficie (S), ed è definito come:

$$\phi(\vec{B}) = \vec{B} \cdot \vec{n} S$$

Ovvero il campo magnetico prodotto scalare con la superficie, nell'ipotesi che il campo magnetico sia uniforme e la superficie piana. “n” è versore perpendicolare alla superficie e di modulo 1, che serve semplicemente a darle verso e direzione. Esso è necessario per svolgere il prodotto scalare, che dipende dall'angolo  $\alpha$  tra le linee di campo e n stesso: infatti il prodotto scalare di può scrivere anche così, come  $\phi(B) = BScos\alpha$ . Si vede come il flusso sia massimo quando la superficie è perpendicolare a B, poiché in tale caso n risulta parallelo al campo magnetico: quindi  $\alpha=0$  e  $cos\alpha=1$ .

## Il flusso del campo magnetico

Unità di misura: Wb

	$\phi(\vec{B}) = \vec{B} \cdot \vec{n} S = BS$
	$\phi(\vec{B}) = \vec{B} \cdot \vec{n} S = BS \cos \alpha$
	$\phi(\vec{B}) = \sum_i \vec{B}_i \cdot \vec{n}_i \Delta S_i = \sum_i B_i \Delta S_i \cos \alpha_i$

Per generalizzare il discorso ed estenderlo a un qualsiasi campo magnetico e una qualsiasi superficie, si deve dividere la superficie in tanti pezzi sufficientemente piccoli da considerare S piana e B costante: il flusso totale risulterà dalla sommatoria dei flussi dei singoli pezzi

$$\phi(\vec{B}) = \sum_i \vec{B}_i \cdot \vec{n}_i \Delta S_i$$

Se faccio tendere i  $\Delta S$  a 0, ovvero se divido la superficie in pezzi sempre più piccoli fino ad arrivare ad avere infiniti pezzi infinitamente piccoli, ottengo che il flusso del campo magnetico è uguale all'integrale:

$$\int \vec{B} \cdot \vec{n} dS$$

Perciò, proprio come da una corrente elettrica abbiamo visto che si genera un campo magnetico (B), che permette a Electro di attaccarsi alle travi di ferro, così anche da un campo magnetico può avere origine il fenomeno elettrico della corrente indotta, che spiega come i campi magnetici prodotto da Magneto influiscano sulle luci del treno.

Attraverso le vicende di Electro e Magneto si è dunque visto come il fenomeno elettrico e quello magnetico si influenzino reciprocamente. Come le correnti elettriche sono in grado di generare un campo magnetico, così anche il campo magnetico può creare corrente. La stretta connessione che intercorre tra campo magnetico e campo elettrico portò i fisici, grazie al fondamentale contributo di Maxwell, a condensare tutti questi tipi di fenomeni in un'unica teoria, l'elettromagnetismo.

## CONCLUSIONE

Prendendo dunque in considerazione due personaggi quali Electro e Magneto, provenienti dal colorato e fantasioso mondo dei fumetti, ho cercato di esaminare come gli autori delle storie che li vedono protagonisti, al fine di rendere credibili e avvincenti le loro azioni, siano stati attenti a rispettare le leggi della fisica, in particolare qui dell'elettromagnetismo; pur secondo loro applicazioni logicamente conseguenti ai fenomeni straordinari narrati all'origine.

## APPENDICE 1

### *BREVE STORIA DEL FUMETTO*

Il genere del fumetto nasce in un periodo molto particolare. Già nell'epoca vittoriana avevano iniziato a diffondersi delle strisce in accompagnamento ai giornali. Nel 1933 G. Janosik, G. Delacorte, H. Windelberg e M. C. Gaines decisero di aggiungere ai diffusissimi romanzi pulp le strisce pubblicate sui supplementi domenicali a fine di risultare più competitivi. Il loro grande successo spinse gli editori a ingaggiare giovani disegnatori per produrre materiale originale e cominciarono ad apparire i veri e propri fumetti, tra cui quelli riguardanti le avventure dei supereroi (primo fra tutti Superman), in quella che venne chiamata Golden Age. Successo che conseguirono nonostante il difficile periodo storico come quello della Grande Depressione degli anni trenta e della Seconda Guerra Mondiale, forse proprio in virtù delle loro storie avvincenti che coinvolgevano e distraevano i lettori dalla terribile situazione reale.

Nei primi anni del secondo dopoguerra però si diffuse la convinzione che le cruente avventure dei supereroi avessero un effetto negativo sul pubblico più giovane cosa che in seguito costrinse gli editori a creare un organo di autocontrollo (la Comics Code Authority Cca): unito a questo, la sempre crescente concorrenza della TV portò, tra il 1953 e il 1956, il settore del fumetto sull'orlo del collasso. Nel 1956 cominciarono a ricomparire nelle edicole i supereroi, andando a inaugurare quella che viene chiamata la Silver age e rimanendo un pilastro del settore da allora.

Le vicende storiche e lo sviluppo scientifico hanno sicuramente avuto un peso rilevante sul genere dei fumetti, compresi quelli incentrati sulle vicende di supereroi. A essere particolarmente influenzato fu anche il modo in cui i protagonisti acquisivano i poteri; se il Lanterna verde del 1940 aveva ottenuto i poteri da una magica lanterna dell'antica Cina (era usuale che i poteri provenissero da un oggetto mistico), nella versione nel 1959, quando ormai la Cina non era più sentita come qualcosa di così lontano ed esotico, la lanterna divenne un manufatto alieno. Allo stesso modo anche il Peter Parker del 1969, periodo in cui dilagava la paura che scoppiasse un conflitto nucleare (con ovvie conseguenze radioattive) tra USA e URSS, divenne Spiderman per il morso di un ragno radioattivo, mentre nella rivisitazione del 2000 il ragno era geneticamente modificato, segno delle nuove frontiere scientifiche raggiunte in quegli anni.

## APPENDICE 2

### *IL CAMPO MAGNETICO*

Il campo magnetico ( $B$ ), in maniera analoga a quello elettrico, è il modo con cui si descrive l'effetto del fenomeno magnetico che può essere generato da un magnete naturale o da una corrente elettrica. È quindi una perturbazione che si crea nello spazio intorno alla sua sorgente; può essere rilevato tramite degli aghetti magnetici il cui orientamento ci fornisce le informazioni per stabilire direzione e verso del campo.

Per trovare il valore della sua induzione (il modulo del campo) si è dovuto invece usare un filo percorso da corrente (stavolta usato come sonda) immerso perpendicolarmente, così da subire il massimo della forza, in un campo magnetico uniforme. Così si è visto che la forza risultava essere direttamente proporzionale alla lunghezza del filo e all'intensità della corrente che lo percorreva e si è stabilito che la costante di proporzionalità era l'unica cosa che influiva sulla forza, ovvero il campo magnetico  $B$ .

## APPENDICE 3

### IL POTENZIALE ELETTRICO

Una forza è conservativa quando nel fare spostamento da A a B, il lavoro che compio non dipende dal percorso che scelgo, ma solo dal punto di inizio A a quello di arrivo B. In questo caso ha senso introdurre una grandezza che sia legata solamente al punto che viene caratterizzato in base alla sua posizione: questa grandezza è l'energia potenziale (U). Così il lavoro risulta essere uguale alla differenza tra l'energia potenziale di A e l'energia potenziale di B:

$$L = U_a - U_b$$

Questo discorso vale per il campo elettrico, poiché anch'esso è conservativo. Per definizione

$L = FS$  con S che si può scrivere come la differenza A-B.

Ovvero il lavoro è uguale alla componente della forza parallela allo spostamento per lo spostamento stesso. Ma nel campo elettrico, la forza in generale è uguale a  $F = qE$ , quindi il lavoro all'interno di un campo elettrico è

$$L = qES = qE(da - db)$$

(con d che è la distanza dei punti, rispettivamente A e B dalla sorgente del campo elettrico)

Quindi  $U_a - U_b = qE(da - db) \Rightarrow U = qEd$

Come si vede dall'equazione, l'energia potenziale è dipendente dalla carica di prova q: allo scopo di eliminare questa dipendenza è stato introdotto il concetto di potenziale V, che perciò è uguale al rapporto tra l'energia potenziale U e la carica di prova q

$$V = \frac{U}{q}$$

## BIBLIOGRAFIA

- J. Kakalios, *La fisica dei supereroi*, Einaudi, Torino, 2014;
- U. Amaldi, *L'Amaldi per i licei scientifici blu vol.3*, Zanichelli;
- A. Caforio, A. Ferilli, *FISICA! Le leggi della natura 3*, le Monnier Scuola.