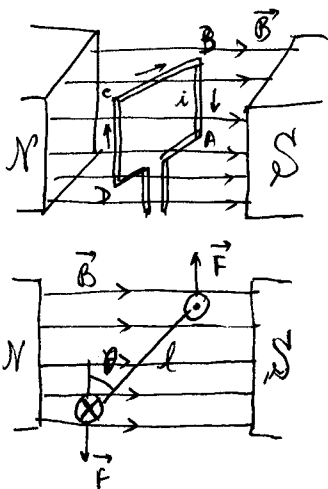
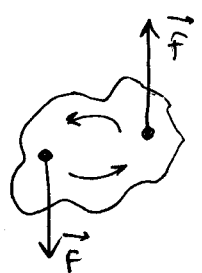


SI A UNA SPIRA RETTANGOLARE DI LATI  $l$  ED  $l'$  PERCORSA DA UNA CORRENTE  $i$  ED IMERSA IN UN CAMPO MAGNETICO  $B$  UNIFORME. COME SI VEDE IN FIGURA, LA SPIRA È CALENTATA SU DI UN ASSE VERTICALE ATTORNO A CUI PIVÒ RUOTA LIBERAMENTE. ALLORA IL LATO  $AB$  DI LUNGHEZZA  $l$  "SENTE" UNA FORZA  $F = B i l$  DIRETTA VERSO L'ALTO, MENTRE IL LATO  $CD$  DI LUNGHEZZA  $l$  "SENTE" UNA FORZA DI UGUAL MODULO MA DIRETTA VERSO IL BASSO, PERCHÉ LA CORRENTE LO PERCORRE IN DIREZIONE OPPOSTA, E DUNQUE LA REGOLA DELLA MANO DESTRA DA ESITO CONTRARIO AL CASO PRECEDENTE.



ORA, DUE FORZE DI UGUAL MODULO MA DI DIREZIONE OPPOSTA E CON RETTE DI APPLICAZIONE PARALLELE DANNO LUOGO AD UNA COPPIA DI FORZE, IL CUI EFFETTO SU DI UN CORPO RIGIDO È QUELLO DI FARLO RIVOLTARE FINCHÉ LE DUE RETTE DI APPLICAZIONE NON VENGONO A COINCIDERE.



COME LA FORZA, APPLICATA AD UN CORPO, CU IMPRIME UN'ACCELERAZIONE LINEARE  $a$  (2° PRINCIPIO DELLA DINAMICA), CIOÈ UN MOTO TRASLATORIO, COSÌ UNA COPPIA, APPLICATA AD UN CORPO RIGIDO, CU IMPRIME UN'ACCELERAZIONE ANGOLORE  $\alpha$  (VEDI TABELLA SINOTTICA A DESTRA), CHE SI TRASFORMA IN MOTO CIRCOLARE UNIFORME A CAUSA DELL'ATTRITO DELLA SPIRA CONTRO ARIA E PERNI. IL MOMENTO DELLA COPPIA È DEFINITO COME IL PRODOTTO DELLA FORZA PER IL BRACCIO:

$$\vec{M} = \vec{r} \wedge \vec{F}$$

NEL NOSTRO CASO:  $|\vec{M}| = l' F \sin \theta$

DOVE L'ANGOLO QUI INDICATO CON  $\theta$  È QUELLO FORMATO DALLA SPIRA CON IL PIANO NORMALE ALLE LINEE DI FORZA (VEDI FIGURA), CIOÈ L'ANGOLO DI ROTAZIONE DELLA SPIRA. MA  $F = i l B$  PERCHÉ CORRENTE E CAMPO MAGNETICO SONO TRA DI LORO PERPENDICOLARI; NE SEGUE:

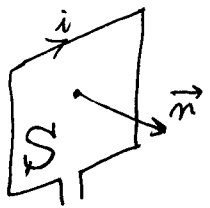
$$M = l' l i B \sin \theta$$

ESSENDO LA SPIRA RETTANGOLARE,  $(l'l)$  È LA SUA AREA, CHE INDICHIAMO CON  $S$ . SI OTTIENE:

$$M = i S B \sin \theta$$

QUESTO ASSOMIGLIA AL PRODOTTO VETTORIALE DI DUE VETTORI. MA  $B$  È UN VETTORE,  $i$  ED  $S$  NON LO SONO. ALLORA MI INVENTO UN VETTORE COSÌ DEFINITO:

$$\vec{\mu} = i S \vec{n}$$



DOVE  $\vec{n}$  È IL VERSORE (= VETTORE DI MODULO UNITARIO) NORMALE ALLA SPIRA. ESSO NON CONTRIBUISCE AL MODULO DI  $\vec{M}$ , MA MI DA LA SUA DIREZIONE, SEMPRE PERPENDICOLARE ALLA SPIRA. IL MODULO È  $(iS)$ ; TALE VETTORE È DETTO MOMENTO MAGNETICO DELLA SPIRA. NE CONSEGUE CHE:

$$\vec{M} = \vec{\mu} \wedge \vec{B}$$

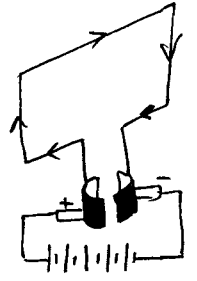
CIOÈ IL MOMENTO MECCANICO DI UNA SPIRA IN CAMPO MAGNETICO È PARI AL PRODOTTO VETTORIALE DEL SUO MOMENTO MAGNETICO PER IL CAMPO MAGNETICO ESTERNO.

MOTO TRASLATORIO	MOTO ROTATORIO
SPOSTAMENTO $s$ [m]	ANGOLO $\theta$ [rad]
VELOCITÀ LINEARE $v = \frac{ds}{dt}$ [ms <sup>-1</sup> ]	VELOCITÀ ANGOLORE $\omega = \frac{d\theta}{dt}$ [rad s <sup>-1</sup> ]
ACCEL. LINEARE $a = \frac{dv}{dt}$ [m s <sup>-2</sup> ]	ACCEL. ANGOLORE $\alpha = \frac{d\omega}{dt}$ [rad s <sup>-2</sup> ]
MASSA INERZIALE $m$ (kg)	MOMENTO DI INERZIA $I$ [m <sup>2</sup> kg]
2° PRINCIPIO DELLA DINAMICA:	
$\vec{F} = m \vec{a}$ FORZA $\vec{F}$ [N]	$\vec{M} = I \alpha$ MOMENTO $\vec{M}$ [Nm]
Q. DI MOTO $\vec{p} = m \vec{v}$	MOMENTO ANGOLORE $\vec{L} = \vec{r} \wedge m \vec{v}$
EQUAZIONI CARDINALI D. DINAMICA:	
$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}$	$\vec{M} = \frac{d\vec{L}}{dt}$

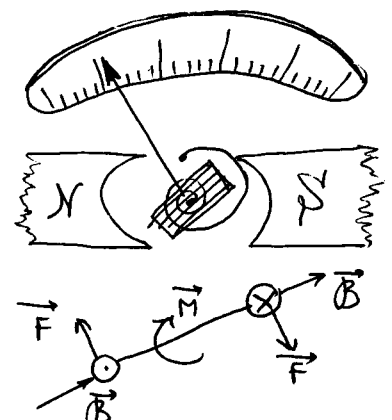
MOTO DI UNA SPIRA IN CAMPO MAGNETICO

IL PRINCIPIO DELLA SPIRA CHE RUOTA IN CAMPO MAGNETICO HA SVARIE APPLICAZIONI. ECCONE ALCUNE.

1) MOTORE ELETTRICO. IL PRIMO PROTOTIPO FU REALIZZATO DAL GRANDE FISICO INGLESE MICHAEL FARADAY NEL 1821. IL PROBLEMA DEL MOTORE CONSISTE NEL FATTO CHE, QUANDO LE DUE FORZE CHE GENERANO LA COPPIA VENGONO AD AVERE LA STESSA RETTA DI APPLICAZIONE LA COPPIA SI FERMA. O, IL CHE È LO STESSO, QUANDO  $\vec{M}$  (MOMENTO MAGNETICO) E  $\vec{B}$  SONO ALLINEATI, IL MOMENTO CHE PROVOCA LA ROTAZIONE SI ANNULLA. PER ENTARE QUESTO, SI PONGONO A CONTATTO GLI ESTREMI DELLA SPIRA CON UN COLLETTORE FORNITO DA DUE SEMI-CILINDRI SODALI ALLA SPIRA, SUI QUALI SCRISCIANO DUE SPATTOLE METALLICHE. IN QUESTO MODO, OZM MEZZO GIRO LE SPATTOLE CAMBIANO SEMICILINDRO ED IL VERSO DELLA CORRENTE SI INVERTE, CON IL RISULTATO CHE ANCHE IL MOMENTO MAGNETICO  $\vec{M}$  SI INVERTE. SE CIO' AVVIENE NEL PRECISO ISTANCE IN CUI LA SPIRA DIVENTA PARALLELA AL CAMPO MAGNETICO,  $\vec{M}$  E  $\vec{B}$  DIVENTANO PARALLELI MA DI VERSO CONTRARIO (EQUILIBRIO INSTABILE), L'INERZIA DELLA SPIRA PORTA UN'INCLINAZIONE DI  $\vec{M}$  RISPETTO A  $\vec{B}$ , E QUANDO QUEST'ULTIMO TRASCINA LA SPIRA IN UN ALTRO MEZZO GIRO, E COSI' VA. IL MOTORE GIRA CON CONTINUITA' ALIMENTATO DALL'ENERGIA DELLA CORRENTE ELETTRICA. VARIANDO LA CORRENTE NEL COLLETTORE VARIA IL MOMENTO, E QUINDI LA VELOCITA' DI ROTAZIONE.



2) AMPEROMETRO A BOBINA MOBILE. TRA LE ESPANSIONI POLARI DI UN MAGNETE SI INSERISCE UNA BOBINA MOBILE AVVOLTA ATTORNO AD UN NUCLEO DI FERRO DOLECE, LIBERO DI RUOTARE ATTORNO AD UN ASSE FISSO. IL CAMPO DETERMINATO DALLA PARTICOLARE FORMA DELLE ESPANSIONI POLARI (VEDI FIGURA) È RADIALE, CIOÈ COSTANTE IN OZM DIREZIONE. IN TAL MODO LE FORZE AGENTI SUI LATI OPPOSTI DELLA SPIRA SONO SEMPRE PERPENDICOLARI AD ESSA, E SI HA, SE LA BOBINA HA  $n$  SPIRE:



$$M = n i S B \quad (\sin \theta = 1 \text{ perche' } \theta = 90^\circ)$$

DUNQUE IL MOMENTO È DIRETT. PROPORZIONALE ALLA CORRENTE E CON ESSO LA ROTAZIONE DELLA SPIRA. UNA MOLLA A SPIRALE EQUILIBRA IL MOMENTO DELLA COPPIA, COSI' COME L'ANGOLO DI EQUILIBRIO È PROPORZIONALE A  $M$ , E QUINDI AD  $i$ . LO STRUMENTO PUO' ESSERE USATO PER MISURARE LE CORRENTE, ED È DETTO AMPEROMETRO ASSOLUTO O A BOBINA MOBILE.

3) MOMENTO MAGNETICO ATOMICO. OGNI ATOMO SI PUO' ASSIMILARE AD UNA SPIRA PERCORSA DA CORRENTE, PERCHE' L'ORBITA È PERCORSA DA UN ELETTRONE DI CARICA  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  C CON UN PERIODO  $T$ . TALE SPIRA È ADORA PERCORSA DA UNA CORRENTE  $i = \frac{e}{T}$ . SE  $R$  È IL SUO RAGGIO, ESSA È ADORA DOTATA DI UN MOMENTO MAGNETICO PARI A:

$$|\vec{M}| = \frac{e}{T} \cdot \pi R^2$$

CHE FA SI' CHE L'ATOMO RUOTA SE INVERSO IN CAMPO MAGNETICO. SE L'ATOMO È DI IDROGENO E L'ELETTRONE SI TROVA NELLA PRIMA ORBITA DI BOHR, CIOÈ NELLO STATO ENERGETICO FONDAMENTALE, ADORA:

$$R = a_0 = 0,53 \cdot 10^{-10} \text{ m} ; T = 1,527 \cdot 10^{-16} \text{ s}$$

$$\text{SOSTITUENDO SI HA CHE: } \mu_B = \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}}{1,527 \cdot 10^{-16} \text{ s}} \cdot 3,14 \cdot (0,53 \cdot 10^{-10} \text{ m})^2 = 9,27 \cdot 10^{-24} \text{ Am}^2$$

QUESTO SI CHIAMA MAGNETONE DI BOHR ED È L'UNITA' DI MISURA DEI MOMENTI MAGNETICI ATOMICI.  $|\vec{M}|$  È SEMPRE MULTIPLO DI  $\mu_B$  (QUANTIZZAZIONE MAGNETICA) ED È DETTO MOMENTO MAGNETICO ORBITALE DELL'ELETTRONE. QUEST'ULTIMO NE HA ANCHE UNO INTRINSECO, DETTO SPIN.