Capitolo 1

INTRODUZIONE

Lo studio dei fenomeni elettromagnetici e di tutte le loro conseguenze pratiche, come la trasmissione di segnali via radio, è enormemente influenzato dall'esistenza della grande sintesi teorica operata nel secolo scorso da James Clerk Maxwell. Le equazioni che portano il suo nome contengono tutte le leggi dell'elettromagnetismo macroscopico, sicchè è diventato uso degli scienziati del settore quello di assumere tali equazioni come postulato di partenza e da queste, per via puramente deduttiva, trarre tutte le conseguenze fenomeniche e pratiche che sono di interesse nel mondo reale. Da ciò l'insistenza sullo strumento matematico, che è estremamente potente e sofisticato ma per ciò stesso di una certa complessità. Ne risulta però una trattazione rigorosa ed elegante che fa scegliere questo approccio in tutti i corsi a livello di laurea universitaria. L'esistenza dei moderni calcolatori elettronici giustifica inoltre lo sviluppo di un modello unificato, anche assai complesso, poichè le complicazioni di calcolo possono essere attualmente risolte grazie alle tecniche numeriche recentemente sviluppate.

In questo corso del Diploma Universitario, si aggirerà invece, in qualche caso, la complicazione matematica, per sviluppare, oltre alla pura deduzione, anche le capacità induttive degli allievi, e per colmare alcune eventuali lacune sulle conoscenze di base dell'elettromagnetismo, che una tecnica puramente analitica deve dare per acquisite da tempo. Ciò sarà necessariamente a scapito dell'eleganza e del rigore: più numerose dovranno essere le asserzioni accettate senza dimostrazione rigorosa, come diretta conseguenza della intuizione fisica. Tuttavia si farebbe un magro servizio all'allievo se tutti i punti non fossero coerentemente inseriti nella cornice delle equazioni fondamentali da cui tutto può essere fatto derivare.

Ciò non solo per rendere più agevole il completamento dello studio a coloro che intenderanno proseguire il cammino verso la laurea, ma soprattutto per non privare nessuno della sensazione felice che fornisce la consapevolezza che questo è un settore che dispone di una base teorica di straordinaria ampiezza ed efficacia. Spero aiuterà a superare alcuni punti di arido calcolo il vedere lentamente dispiegarsi verità che probabilmente nemmeno la più fervida fantasia poteva immaginare già contenute nelle premesse. Ancora oggi le equazioni di Maxwell sono feconde di stimoli e di conseguenze applicative, sicchè le discipline elettromagnetiche non cessano di svilupparsi.

Per questo motivo anche in questi appunti di lezione ho voluto che nella introduzione si trovassero le equazioni fondamentali dell'elettromagnetismo, nella forma che solo avanzando nel corso l'allievo potrà apprezzare. A questo livello esse rappresentano un riferimento per i capitoli successivi e un biglietto da visita: se ne apprezzi la compattezza e la eleganza formale, al di là della difficoltà, per ora insormontabile, nel comprendere le entità in esse presenti e le relazioni che le collegano.

EQUAZIONI DI MAXWELL

$$\nabla \times \mathbf{e}(\mathbf{r},t) = -\frac{\partial \mathbf{b}(\mathbf{r},t)}{\partial t}$$

$$\nabla \times \mathbf{h}(\mathbf{r},t) = +\frac{\partial \mathbf{d}(\mathbf{r},t)}{\partial t} + \mathbf{j}(\mathbf{r},t)$$

$$\nabla \cdot \mathbf{d}(\mathbf{r},t) = +\rho(\mathbf{r},t)$$

$$\nabla \cdot \mathbf{b}(\mathbf{r},t) = 0$$

$$\mathbf{f}(r,t) = \rho(\mathbf{r},t)\ \mathbf{e}(\mathbf{r},t) + \mathbf{j}(\mathbf{r},t) \times \mathbf{b}(\mathbf{r},t)$$

Le grandezze introdotte hanno le seguenti dimensioni nel sistema MKSA

e	campo elettrico	[V/m]
h	campo magnetico	[A/m]
b	induzione magnetica	[Wb/m^2]
d	induzione elettrica	[C/m^2]
ρ	densità di carica elettrica	[C/m^3]
j	densità di corrente elettrica	[A/m^2]
f	densità di forza	[N/m^3]

Nello scrivere le relazioni si è fatto uso degli operatori basati sul vettore simbolico ∇

$\nabla\ (\ )$	$\nabla \varphi$	gradiente	opera sullo	scalare φ	fornendo	un vettore
$\nabla \cdot (\ )$	$\nabla \cdot \mathbf{A}$	divergenza	opera sul	vettore **A**	fornendo	uno scalare
$\nabla \times (\ )$	$\nabla \times \mathbf{A}$	rotazionale	opera sul	vettore **A**	fornendo	un vettore