

**1) Introduzione.** L'Elettrodinamica e le interazioni fondamentali. Le equazioni di Maxwell e la Relatività einsteiniana. Ripasso della Meccanica Newtoniana. Strumenti matematici: calcolo vettoriale, derivate parziali, rotore e divergenza e relativi teoremi.

**2) Elettrostatica.** Carica elettrica e struttura della materia. Legge di Coulomb. Campo e potenziale elettrostatici. Linee di forza. Distribuzioni puntiformi e continue di carica. Teorema di Gauss. Le equazioni fondamentali dell'Elettrostatica. L'equazione di Poisson. L'energia di distribuzioni puntiformi e continue di carica. La densità di energia del campo elettrico. Moto di un sistema di cariche in presenza di un campo elettrico esterno. Il dipolo elettrico. (Cap.1,3).

**3) Conduttori in equilibrio.** Teorema di esistenza ed unicità per l'equazione di Laplace. Caratteristiche di campo e potenziale per un conduttore in equilibrio. Conduttori con cavità. Capacità di conduttori e condensatori. L'energia di un condensatore. Condensatori in serie e in parallelo. (Cap.2).

**4) Dielettrici.** Cenni. (Cap.4).

**5) Correnti elettriche.** Definizione di corrente e densità di corrente. Conservazione locale della carica. Forza elettromotrice e legge di Ohm. Effetto Joule. Circuiti *RC* e leggi di Kirchhoff. (Cap.5).

**6) Fenomeni magnetici stazionari.** Forza di Lorentz e concetto di campo magnetico. Seconda legge elementare di Laplace. Momento magnetico di una corrente arbitraria. Forza e momento esercitati da un campo magnetico su una corrente. Il galvanometro. Moto di una particella in un campo magnetico costante. Acceleratori circolari e frequenza di ciclotrone. Legge di Ampere. Il potenziale vettore e l'invarianza di gauge. Le equazioni fondamentali della Magnetostatica e loro soluzione in gauge di Coulomb. Prima legge elementare di Laplace. Il campo di dipolo magnetico e il campo magnetico della terra. (Cap.6).

**7) Induzione elettromagnetica.** Cause fisiche della forza elettromotrice indotta e la regola del flusso. Legge di Lenz. La legge di Faraday. Il betatrone, il trasformatore, l'anello di Thomson. Induzione mutua e autoinduzione. L'induttanza di un circuito. L'energia del campo magnetico. Circuiti *RLC* e circuiti oscillanti. (Cap.7,8).

**8) Proprietà magnetiche della materia.** Cenni. (Cap.9).

**9) Equazioni di Maxwell.** La corrente di spostamento. Le equazioni di Maxwell e Lorentz come equazioni fondamentali dell'Elettrodinamica. La densità di corrente di particelle puntiformi. Il campo elettromagnetico di una particella relativistica in moto rettilineo uniforme. Cenni ai campi di Lienard–Wiechert. L'equazione di continuità dell'energia in Elettrodinamica. Il vettore di Poynting. La quantità di moto del campo elettromagnetico. Il quadripotenziale. (Cap.10).

**10) Onde elettromagnetiche.** L'equazione delle onde unidimensionale e la sua soluzione generale. Onde progressive e onde monocromatiche. Soluzione generale dell'equazione delle onde tridimensionale e onde piane. Soluzione delle equazioni di Maxwell nel vuoto e proprietà delle onde elettromagnetiche. Flusso di energia e quantità di moto. Principio di sovrapposizione. Identità dei fenomeni ottici e elettromagnetici. L'esperienza di Hertz. Cenni all'emissione di radiazione da particelle accelerate e assorbimento. Instabilità dell'atomo classico. Effetto fotoelettrico. Radiazione cosmica di fondo.

**11) Relatività Ristretta.** Le equazioni di Maxwell e il conflitto con il principio di relatività galileiana. L'etere e gli esperimenti di Michelson e Morely. I postulati della Relatività Ristretta. L'invarianza dell'intervallo e le trasformazioni di Lorentz e Poincaré. Dilatazione dei tempi, contrazione delle lunghezze, relatività della simultaneità, tachioni e violazione della causalità. Il calcolo tensoriale come realizzazione del principio di relatività einsteiniana. Cinematica relativistica. Quadricorrente. Le equazioni di Maxwell e Lorentz in forma covariante a vista. (Capitolo 1 di *Elettrodinamica classica*).

**NB:** La numerazione dei capitoli si riferisce al testo *Elettromagnetismo* di A. Bettini. Per la sezione 10) può essere utile il volume *Le onde e la luce* di A. Bettini. Una versione preliminare del capitolo di *Elettrodinamica classica* di cui alla sezione 11) si trova su <http://www.pd.infn.it/~lechner>. Per questa sezione può essere anche utile il libro *Manuale di Relatività Ristretta* di M. Gasperini. Il testo di D. Griffiths completa quello di A. Bettini, in quanto generalmente più sistematico nelle derivazioni matematiche e più accurato nel formalismo.

## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

### Testi di riferimento:

- A. Bettini, *Elettromagnetismo*, Zanichelli editore, Bologna, 1994.
- D. Griffiths, *Introduction to Electrodynamics* (4th ed.), Pearson Education, Glenview, 2013.

### Testi di consultazione:

- A. Bettini, *Le onde e la luce*, Zanichelli editore, Bologna, 1993.
- P. Mazzoldi, M. Nigro e C. Voci, *Elementi di Fisica, Elettromagnetismo - Onde*, II<sup>a</sup> edizione, EdiSES, Napoli, 2008.
- M. Gasperini, *Manuale di Relatività Ristretta*, Springer-Verlag Italia, Milano, 2010.
- K. Lechner, *Elettrodinamica classica*, Springer-Verlag Italia, Milano, 2014.

## DIDATTICA DI SUPPORTO (in forse)

Il corso prevede una *didattica di supporto* – tenuta dal prof. X.Y. – che ha lo scopo di sciogliere dubbi di qualsiasi tipo, riguardanti sia i *problemi* della *prova pratica* che questioni di *teoria*. Gli incontri relativi *non* costituiranno lezioni con argomenti scelti dalla docente, ma saranno gestiti direttamente dagli studenti che propongono, singolarmente o in gruppo, gli argomenti da discutere. La didattica di supporto avrà luogo (ancora da definire, probabilmente giovedì o venerdì pomeriggio). L'inizio verrà comunicato in aula. La didattica di supporto non è da intendersi come sostitutiva delle discussioni con il docente, che sono parte integrante dell'attività di insegnamento.

## RICEVIMENTO

Per qualsiasi chiarimento gli studenti sono invitati a passare nell'ufficio del docente (Dipartimento di Fisica e Astronomia, Via Marzolo 8, stanza 231, tel. 049/8277135). La probabilità di presenza in ufficio è molto elevata tutti i giorni dalle 11.30 alle 14.00 e dalle 15.30 fino alle 19.00, ma qualsiasi altro orario va altrettanto bene.

## REGOLE PER L'ESAME

L'esame prevede una **prova pratica scritta**, che consiste nella soluzione di alcuni problemi, e una **prova orale** di teoria. L'ammissione alla prova orale richiede il superamento della prova pratica. Per la prova pratica non è concesso l'uso di libri, appunti, formulari e calcolatrici. Tutte le prove pratiche mantengono la loro validità per l'intero anno accademico.

## COMPITINI

Durante il corso si terranno due *compitini* scritti (**primo compitino:** *provvisoriamente* venerdì 15/11/2019, ore 14.30-18.00, aula D, Complesso Piovego, Via U. Bassi 2; **secondo compitino:** *provvisoriamente* venerdì 17/01/2020, ore 14.30-18.00, aula D, Complesso Piovego, Via U. Bassi 2), che prevedono sia una prova pratica sia *una tantum* una prova di teoria. La prova di teoria verrà corretta solo se la corrispondente prova pratica risulterà sufficiente. L'ammissione al secondo compitino richiede il superamento della prova pratica del primo compitino. Viene ammesso all'orale chi supera entrambe le prove pratiche. Chi non supera entrambe le prove pratiche dovrà affrontare una prova scritta completa a un appello ufficiale. Analogamente, chi non supera entrambe le prove di teoria dovrà sostenere un orale completo a un appello ufficiale. Chi supera entrambi i compitini completi ha comunque la possibilità di sostenere una prova orale a un appello ufficiale; in questo caso non si terranno più conto delle prove di teoria dei compitini. Le prove pratiche dei compitini mantengono la loro validità per l'intero anno accademico. Chi aspira alla *lode* dovrà in ogni caso sostenere una prova orale.

**Registrazione:** i voti complessivi dei compitini verranno registrati a un appello ufficiale *ad hoc* precedente il primo appello orale della sessione di febbraio. Il rifiuto di tale voto mantiene comunque valide le prove *pratiche* dei compitini per l'intero anno accademico.

**Homepage:** altro materiale utile si trova sulla *homepage* <http://www.pd.infn.it/~lechner>.