

**Corso di Laurea in Fisica  
Anno accademico 2015/2016**

**LABORATORIO 2 – moduli A e B (033BB, 12 cfu)**

**Programma finale del corso**

**1. Analisi e trattamento dati**

Best-fit lineari e non lineari per l'analisi dei dati raccolti nelle esperienze pratiche; algoritmi numerici per l'analisi dei dati nell'ambito dei pacchetti di Python; "risultato" del best-fit: covarianza normalizzata (correlazione) e suo significato, errore asintotico e standard nei parametri; cenni agli outlier e alla loro (eventuale) rimozione nell'analisi dei dati; calcoli con grandezze complesse; semplici simulazioni analitiche del comportamento di sistemi e circuiti elettrici; cenni alla trasformata di Fourier discreta (FFT). (Gli argomenti considerati sono stati affrontati in modo distribuito nel corso dell'intero anno)

**2. Strumentazione**

Multimetri analogici e digitali: resistenza interna per misure di tensioni e correnti, misura di resistenze; incertezze "di lettura" e "di calibrazione" e loro impiego nell'analisi dei dati. Generatore di funzioni e sue caratteristiche principali, Oscilloscopio: funzionamento e schema a blocchi dell'oscilloscopio analogico, funzionalità dello stadio di ingresso, della sweep, dello stadio di trigger, modalità Y-X e Y-t, resistenza (e impedenza) di ingresso, esecuzione di misure e incertezza "di lettura" e "di calibrazione", cenni alla banda passante. Misura di impedenze con circuiti a ponte (Wheatstone, De Sauty, Maxwell). Uso di cavi schermati e cavi coassiali (cenni), connettori coassiali BNC. (Gli argomenti considerati sono stati affrontati in modo distribuito nel corso dell'intero anno)

**3. Acquisizione dati automatizzata via computer**

Impiego della piattaforma Arduino per l'acquisizione di segnali elettrici continui e variabili, cenni sulla programmazione di Arduino tramite sketch (forma dello sketch, istruzioni principali). Digitalizzazione e modello di conversione analogico/digitale, verifica sperimentale della sensibilità del digitalizzatore e costruzione di istogrammi; impiego della tecnica PWM per generare d.d.p. lentamente variabili. Strategie di acquisizione per l'analisi di fenomeni transienti e periodici (sincronizzazione con trigger TTL esterno, campionamento esteso, mediato, modalità interleaved). (Gli argomenti considerati sono stati affrontati in modo distribuito nel corso dell'intero anno)

**4. Componenti ohmici e misure in continua**

Differenza di potenziale, densità e intensità di corrente, "legge di Ohm" e sua origine microscopica, nodi, maglie e rami di un circuito, equazioni del circuito ("leggi di Kirchoff"), serie e parallelo di resistori, partitori di tensione e corrente, generatori ideali e generatori di Thévenin (resistenza e d.d.p. di Thévenin), condizioni di matching per il trasferimento di potenza.

**5. Capacità e condensatori, misure di transienti, circuiti RC in alternata**

Capacità elettrica, carica e scarica del condensatore e sua analisi automatizzata con Arduino. Segnali alternati: definizioni e nomenclatura rilevante (ampiezza, ampiezza rms, potenza istantanea e media). Metodo simbolico e fasori, impedenza di resistori e condensatori, componenti reattive e resistive. Collegamenti in serie e parallelo di impedenze. Analisi di circuiti RC in alternata nel dominio dei tempi e delle frequenze. Filtri passa-basso e passa-alto, funzione di trasferimento, sfasamento e attenuazione in dB, integratori e derivatori. Serie di Fourier per segnali periodici e sua applicazione semi-quantitativa alla derivazione e integrazione di forme d'onda (con esercizio obbligatorio).

**6. Giunzioni tra semiconduttori drogati, diodi a giunzione e transistor BJT**

Materiali semiconduttori e drogaggio, giunzioni bipolari, polarizzazione diretta e inversa, cenni all'equazione di Shockley. Diodi a semiconduttore: acquisizione automatizzata con Arduino delle curve I-V per un diodo al silicio, resistenza dinamica e sua misura indiretta, raddrizzatori e moltiplicatori di tensione. Transistor bipolare come componente attivo: cenni di tecnologia, effetto transistor, guadagno in corrente per segnali continui e alternati, cenni all'effetto Early; acquisizione automatizzata della famiglia di curve  $I_C-V_{CE}$ ; configurazione ad emettitore comune (e cenni alle altre configurazioni), amplificatore di corrente e tensione a emettitore in comune, feedback con resistenza all'emettitore, cenni al passaggio da amplificatore a oscillatore.

**7. Induttori e circuiti RLC nel dominio del tempo e della frequenza**

Richiami sulla "legge di Faraday", induzione magnetica e coefficiente di auto-induzione. Impedenza reattiva e resistiva degli induttori. Filtri RL e loro analisi nel dominio delle frequenze. Oscillatori smorzati RLC e analisi nel dominio dei tempi: acquisizione automatizzata e sincronizzata (Arduino) della d.d.p. in un oscillatore RLC smorzato, campionamento e

sotto-campionamento. Oscillatore RLC smorzato e forzato: risonanza, larghezza di riga e suo legame con la dissipazione, fattore di qualità; cenni alla trasformata di Fourier (FFT) come strumento per passare dal dominio dei tempi a quello delle frequenze, e viceversa.

### 8. Campi magnetici nei materiali

Correnti parassite sotto l'effetto di campi magnetici oscillanti: origine, rilevanza pratica, analisi degli effetti in oscillatore smorzato RLC con nucleo conduttore tramite acquisizione automatizzata e sincronizzata (Arduino), strategie di improvement. Accoppiamento induttivo tra avvolgimenti e mutua induzione. Equazioni nel dominio delle frequenze per circuiti accoppiati magneticamente. Campi magnetici nella materia: magnetizzazione, suscettività e permeabilità magnetica, isteresi dei ferromagneti. "Rifrazione" delle linee di campo all'interfaccia con ferromagneti: canalizzazione e conservazione del flusso del campo di induzione magnetica. Circuiti magnetici, "legge di Hopkinson" e riluttanza, serie e parallelo di riluttanze, relazione con coefficiente di autoinduzione. Trasformatori: modello di trasformatore ideale, equazioni a secondario aperto e chiuso, rapporto di trasformazione in tensione, corrente, potenza, matching del carico (resistivo), rendimento del trasformatore.

### 9. Ottica: polarizzazione, interferenza, diffrazione

Equazione e funzione d'onda, onde elettromagnetiche, nomenclatura e ordini di grandezza di interesse, cenni ai fotoni e loro energia. Polarizzazione e metodi per l'analisi e la manipolazione della polarizzazione della luce: dicroismo e polaroid, birifrangenza e lamine ritardanti; equazioni di Fresnel, angolo di Brewster e sua interpretazione nel modello dei dipoli oscillanti. Interferenza e diffrazione: doppia fenditura, reticolo di diffrazione (in trasmissione e ad incidenza normale), singola fenditura, pin-hole (cenni). Principi di operazione di base per un fotodiodo in modalità fotovoltaica, cenni alle giunzioni p-i-n. Proprietà di coerenza e meccanismi fondamentali del laser: cenni alla presenza di livelli energetici nell'interazione radiazione-materia, cenni all'approccio di Einstein, all'emissione stimolata e al pompaggio, pompaggio e amplificazione di radiazione nel laser a diodo, cenni alle cavità ottiche. (Per alcuni argomenti, che non è stato possibile trattare causa lezione non tenuta, si consiglia di fare riferimento al materiale disponibile nel sito del docente)

### Esperienze pratiche obbligatorie (frequenza minima a 17 esperienze, salvo eccezioni)

1. multimetri e partitore tensione		11. raddrizzatore e moltiplicatore tensione	
2. resistenza interna e Thevenin		12. curve collettore transistor con Arduino	
3. partitori di tensione e corrente		13. amplificatore a transistor	
4. misura d.d.p. costante con Arduino		14. oscillatore smorzato RLC con Arduino	
5. carica/scarica condensatore con Arduino		15. correnti parassite e Arduino improved	
6. generatore funzioni e oscilloscopio		16. circuito risonante RLC	
7. integratore/derivatore RC		17. auto e mutua induzione	
8. filtro RC		18. trasformatore	
9. curva caratteristica diodo con Arduino		20. interferenza e diffrazione	
10. resistenza dinamica del diodo		19. polaroid e Brewster	

### Materiale didattico

Materiale utile per la preparazione all'esame (slides dell'a.a. 2011/12 preparate dalla Prof.ssa Laura Andreozzi, note esplicative e di approfondimento su concetti, tecniche ed esperienze pratiche, manuali della strumentazione, etc.) sono reperibili nel sito del docente (<http://www.df.unipi.it/~fuso/dida>). Nello stesso sito si trovano informazioni sulle modalità di esame e il link al registro elettronico delle lezioni.