Programma di "Esercitazioni di Fisica Sperimentale" del Corso di Laurea in Chimica (M-Z), xxxx Prof. G. D'Agostini, A.A. 1995-96.

Statistica e analisi dei dati

1. Probabilità: concetto e definizioni (2.1-2.6 + a.l.); legge empirica del caso (2.4 + a.l.); speranza matematica (2.6); trattazione assiomatica (2.7); probabilità condizionata (2.8 + a.l.); indipendenza stocastica (2.9 + a.l.); teorema di Bayes (2.10-2.11 + a.l.); statistica bayesiana (a.l.).

2. Distribuzioni unidimensionali discrete e continue: concetti e definizioni (3.1-3.2, 4.1 + a.l.); valori attesi, media, varianza e deviazione standard (3.5-3.6, 4.1); momenti e analogie meccaniche (a.l. + 4.9 limitato a pag. 62); distribuzione uniforme discreta (a.l.); processo di Bernoulli (a.l.) distribuzioni binomiale e poissoniana (3.3-3.10); processo di Poisson (a.l.); distribuzione uniforme continua e gaussiana 4.2-4.6); intervallo di probabilità e teorema di Tchebycheff (4.8).

3. Variabili casuali multiple: definizioni (5.1-5.5); media e varianza di combinazioni lineari di variabili casuali (5.6-5.7); covarianza e coefficiente di correlazione (5.8-5.9); stima di covarianza da un campione sperimentale (5.10);

4. Distribuzioni limite: legge dei grandi numeri (6.1-6.2); teorema di Bernoulli (a.l.); teorema del limite centrale (6.3); convergenza a normale della binomiale e della poissoniana (6.4); applicazioni al moto browniano e alla teoria degli errori di misura (6.5 + a.l.).

5. Misure, strumenti ed errori di misura: concetti e definizioni; errori casuali e sistematici (7.1, 7.3 e "addendum"); esempio: linearità, prontezza ed errore sistematico delle misure di temperatura effettuate con un termometro a mercurio (*appunti delle lezioni*); raccomandazioni ISO sulle incertezze di misure, incertezze di tipo A e di tipo B (*a.l., 9.8 e "addendum" alla dispensa*).

6. Inferenza statistica: probabilità diretta e inversa, statistica deduttiva e induzione mediante il teorema di Bayes (a.l. + 9.2); variabili casuali associate ai risultati di misure e alle grandezze fisiche secondo lo schema bayesiano (a.l.); inferenza del parametro μ di una distribuzione normale (a.l. + 9.3); distribuzioni non informative (a.l.); uso iterativo delll'inferenza bayesiana ed esempio della media pesata (a.l. + 9.3); stima del parametro p di una binomiale (a.l. + 9.6.2); valori

attesi e stimatori (a.l.); campionamento; trattazione "convenzionale" della stima e proprietà degli stimatori; metodo dei minimi quadrati, dei momenti e della massima verosimiglianza. Applicazioni agli stimatori dei parametri di binomiale, poissoniana e normale e delle loro varianze (8.1-8.5 + a.l.); stimatori bayesiani e di massima verosimiglianza (a.l.);

7. Risultati di misure dirette: modello; intervallo di confidenza del valore vero (9.1); risultato di misura sotto ipotesi di distribuzione gaussiana di varianza nota o stimata da piccoli campioni (t di Student) (9.3-9.4); incertezza di misura (9.5); intervallo di confidenza di conteggi e proporzioni sotto ipotesi di approssimazione normale e non (9.6); presentazione del risultato e cifre significative (9.9).

8. Risultati di misure indirette: propagazione delle incertezze assolute e relative di misure indipendenti e non (a.l. + 10.1-10.4); covarianza fra grandezze misurate indirettamente (a.l. + 10.5 fino a (10.48)); matrice matrice di covarianza e di correlazione(10.5); trattazione statistica di incertezze (di tipo B) dovute ad errori sistematici ignoti: correlazione fra dati legati da incertezze comune di calibrazione (10.7-10.8).

9. Fit di funzioni: modello (11.1); massima verosimiglianza, minimo χ^2 e minimi quadrati (11.2); fit lineare (stima dei parametri, della loro varianza e covarianza) in caso di incertezze note a priori e non; fit di taratura ($\equiv$ "interpolazioni ed estrapolazioni") (11.1-11.4); fit di funzioni di frequenze di conteggio (χ^2 di Pearson) (11.6 + a.l.).

10. Test di ipotesi: approccio frequentista e approccio bayesiano (a.l.); confronto di risultati fra di loro o con predizione teorica (12.1-12.3); test del χ^2 (12.4, eccetto 12.4.4); variabili derivate dalla normale e test per due (piccoli) campioni indipendenti: F e t di Student (12.5, 12.6.1, 12.6.2); combinazione di risultati nei casi che essi risultino compatibili o incompatibili fra di loro entro le incertezze stimate (a.l. e fine paragrafo 12.4.2 a pag. 198).

Nota: I numeri fra parentesi si riferiscono ai paragrafi della dispensa del docente "Introduzione alla elaborazione statistica dei dati sperimentali" (versione ottobre 1994).
Per "addendum" si intende l'addendum a tale dispensa.
"a.l." sta per *appunti delle lezioni*.
La presente versione del programma è da ritenersi provvisoria. Una versione più accurata sarà disponibile qualora si rendesse disponibile una versione aggiornata delle dispense (metà luglio 1996??).

Circuiti elettrici

1. Generalità sui circuiti in corrente continua: legge di Ohm, forza elettromotrice, circuito elettrico; leggi di Kirchhohh, partitore di tensione, metodo di Maxwell; teorema di sovrapposizione, teorema di reciprocità; teorema di Thevenin; ponte di Wheatstone; effetto Joule, trasferimento di potenza; misure di corrente, di tensione e di resistenza.

2. Circuito RC: carica e scarica di un condensatore; tensione ai capi del condensatore e del resistore in regime sinusoidale; impedenza complessa; circuito derivatore e integratore.

3. RCL: Carica e scarica di un condensatore in un circuito ideale LC e in un circuito RLC serie; RLC serie in regime sinusoidale; risonanza.

4. Potenza elettrica in corrente alternata.

Per le parti 2. e 3. si raccomanda la dispensa del docente "Circuiti elettrici". Per le parti 1. e 4. seguire i riferimenti bibliografici citati nella stessa dispensa.
NON è in programma: strumento universale (nel senso dei dettagli costruttivi o di funzionamento), mentre è invece richiesta una conoscenza qualitativa del principio di funzionamento dell'oscilloscopio.

Esercitazioni di laboratorio

1. Lanci di dadi: distribuzione di frequenza dei risultati; misure tempi di riflessi; uso di calibro a nonio ventesimale e misura della capacità di interpolazione fra le tacche;

2. Misura della costante di tempo del calorimetro e del termometro.

3. Misura del calore specifico dell'alluminio.

4. Misura della costante elastica della molla e dell'accelerazione di gravità.

5. Uso dello strumento universale e circuiti in corrente continua.

6. Uso dell'oscilloscopio e circuito RC.

7. Circuito RCL.

8. Analisi della prima esperienza: precisione e accuratezza di lettura di uno strumento analogico; media e varianza dei tempi di riflessi; test di ipotesi della distribuzione di frequenze dei risultati dei dadi.

9. Rianalisi dell'esperienza della molla utilizzando i fit.

Fare riferimento ai promemoria distribuiti in laboratorio e agli appunti delle lezioni. E' richiesto inoltre l'uso di carta millimetrata normale, semi- e doppio-logaritmica.

Quaderno individuale di analisi di esperienze simulate

1. Contatore: istogrammi delle frequenze di conteggio; medie e deviazioni standard del numero di conteggio per i vari intervalli di tempo (ΔT_i); stima del valore vero del numero di conteggi (λ_i) e della "radioattività" (r_i) (espressa come conteggi per unità di tempo); valore della migliore stima di r nelle ipotesi che essa sia rimasta invariata durante le misure; fit del numero di conteggi λ_i in funzione del tempo ΔT_i; compatibilità dell'intercetta con 0 e del coefficiente angolare con la migliore stima dalla radioattività; test di ipotesi di distribuzione poissoniane del numero di conteggi ottenuto per $\Delta T = 12$ s; confronto dei valori della radioattività ottenuti dai membri dello stesso gruppo di laboratorio.

2. Pallinometro: grafico della frequenza relativa con cui le palline cadono nel bin centrale in funzione del numero di lanci; medie e deviazioni standard; stima della probabilità con cui le palline cadono nel bin centrale; confronto con il valore teorico.