Laboratorio di Strumentazione e Misure

(A.A. 01/02, Prof. G. D'Agostini)

1. **Lunedì 1/10, 11:00–12:00**

   Perché studiare fisica? Citazione di Molière (da Glashow, "From Alchemy to quarks").
   Piccole difficoltà tecniche iniziali: "se puzza è chimica, se è verde o si muove è biologia, se non funziona è fisica…"
   Discussione su orario di laboratorio.
   Questionario anonimo su: 1) scuola di provenienza; 2) frequenza precorsi; 3) possesso/uso computer; 4) conoscenze programmazione; 5) frequenza laboratorio alle superiori; 6) probabilità e statistica alle superiori. Inoltre viene richiesta la data di nascita (giorno/mese) propria e dia altre due persone realmente esistenti: 76 studenti!
   Dimostrazione esperienza del contatore e distribuzione foglietti con dati individuali.

2. **martedì 2/10, 11:00–12:00**

   Lezione sospesa per ridefinizione classi:
   $\{$A-F, G-L, <u>M-R</u>, S-Z$\}\rightarrow\{$A-Cio, Ciu-Gh, <u>Gi-Per</u>, Pes-Z$\}$.

3. **mercoledì 3/10, 11:00–12:00**

   Di nuovo contatore.
   Logbook.
   Accenno all'esperienza del pomeriggio (volano).

4. **giovedì 4/10, 11:00–12:00**

   Tabelle e istogrammi
   Prime considerazioni probabilistiche.

5. **venerdì 5/10, 11:00–12:00**

   Cifre significative.
   Numero di cifre da usare nei conti (primo approccio grossolano).

6. **lunedì 8/10, 11:00–12:00**

   Punto situazione: analisi in corso su quaderni individuali e di gruppo.
   Approccio maieutico al concetto di probabilità: frequenze; valutazioni puramente soggettive; valutazioni combinatoriali.
   Esercizio collettivo di valutazione segmenti alla lavagna: schema inferenziale con mondo a due livelli ("vero" $\leftrightarrow$ misurato)

7. **martedì 9/10, 11:00–12:00**

(Marco De Petris) Grafici lineari; stima mediante metodi grafici di "pendenza" e intercetta. Linearizzazione di forme funzionali. Linearizzazione di leggi di potenze mediante l'uso della carte log-log. Esercizio collettivo su dati periodo/raggio dei pianeti del sistema solare.

8. **mercoledì 10/10, 11:00–12:00**

   Elaborazioni grafiche sull'esercitazione del volano: per la prima discesa nelle tre configurazioni del volano ricavarsi velocità e accelerazione media fra i vari traguardi; per la sola prima serie a volano scarico determinare empiricamente la relazione spazio tempo avendo assunto una legge di potenza.
   Esercizio sulle cifre significative: attenzione a non essere troppo pedanti nell'applicazione delle regole empiriche (es. 0.8×1.25: meglio 1.0 che 1).
   Riepilogo di situazioni in cui classifichiamo eventi incerti associando "numeri che indicano quanto ci crediamo":

   (a) valutazione dalle frequenze del passato $\begin{array}{l} p_i \propto f_i \\ p_i \rightarrow \text{modello;} \end{array}$
   (b) considerazioni a priori di equiprobabilità su eventi elementari;
   (c) valutazioni puramente soggettive ("Chievo, Juve o Lazio?")
   (d) ragionamenti inferenziali ("inversione di probabilità"): si noti, in particolare come non facciano parte di nessuna delle prime due categorie.

   Provare a risolvere problemi dei primi due capitoli della dispensa.

9. **giovedì 11/10, 11:00–12:00**

   Ancora su scale logaritmiche: richiamo delle caratteristiche della funzione logaritmo.
   Problemi elementari di calcolo di probabilità (lancio due dadi, enalotto, totocalcio, lucchetti a combinazione, scimmia che batte a caso su una tastiera, gioco pari/dispari) richiamando l'attenzione sulla ragionevolezza dell'eventuale giudizio di equiprobabilità su cui tali valutazioni si basano.

10. **venerdì 12/10, 11:00–12:00**

    Ancora su fondamenti di probabilità. Probabilità e scommesse coerenti. Speranza matematica.

11. **lunedì 15/10, 11:00–12:00**

    Riepilogo probabilità e scommessa coerenti per gli assenti di venerdì . Esempi speranza matematica. Introduzione pallinometro e accenno marcia a caso e moto browniano.

12. **Martedì 16/10, 11:00–12:00**

    Distribuzione tester ed esercitazione in classe con misure di resistenza e di tensione.
    Pallinometro minimale: discussione e distribuzione foglietti eseperienza simulata.

13. **Mercoledì 17/10, 11:00–12:00**

    Riepilogo su concetto e valutazione della probabilità. Ruolo del calcolo combinatorio (saltato per ora).
    Eventi e insiemi.

14. $\boxed{\textbf{Venerdì 19/10, 11:00–12:00}}$

    Speranza matematica nel caso di molti eventi.
    Guadagno e previsione di guadagno. Caso generale e di scommesse eque.
    Regole di base della probabilità (1–3) e proprietà della probabilità.. Esempi.

15. $\boxed{\textbf{Lunedì 22/10, 11:00–12:00}}$

    Altre proprietà della probabilità.
    "formula" della probabilità condizionata e suo significato nei diversi approcci. Indipendenza stocastica.

16. $\boxed{\textbf{Martedì 23/10, 11:00–12:00}}$

    Di nuovo su probabilità condizionata, indipendenza, altre proprietà della probabilità (fine cap. 6).
    Esercizi.
    Analisi foglietti pallinometro e contatore (rimaneva r Vs $\sqrt{\Delta t}$).
    Primissima introduzione ai numeri aleatori.
    Statistica descrittiva: misure di centralità.

17. $\boxed{\textbf{Mercoledì 24/10, 11:00–12:00}}$

    Misure di dispersione: campo di variazione, FWHM, HWHM, percentili, varianza e deviazione standard.
    Esempi e istruzioni per le elaborazione dei quaderni individuali.

18. $\boxed{\textbf{Giovedì 25/10, 11:00–12:00}}$

    Altre misure di forma: skewness e curtosi.
    Numeri aleatori, distribuzioni di probabilità discrete, proprietà della $f(x)$. Esempi di costruzione.

19. $\boxed{\textbf{Venerdì 26/10, 11:00–12:00}}$

    Funzione cumulativa $F(x)$. Problema dell'ubriaco e distribuzione geometrica. Processo di Bernoulli.

20. $\boxed{\textbf{Lunedì 29/10, 11:00–12:00}}$

    Dal processo di Bernoulli a geometrica e binomiale. Previsione e incertezza di previsione.
    Skewness, curtosi e momenti.

21. $\boxed{\textbf{Martedì 30/10, 11:00–13:00}}$

    Ri-derivazione della binomiale. Proprietà della binomiale.
    Introduzione al problema dell'inferenza statistica mediante il problema delle 6 scatole.

22. $\boxed{\textbf{Mercoledì 31/10, 11:00–12:00}}$

    (M. De Petris) Consegna quaderni individuali. Riconsegna quaderni di gruppo, con discussione errori tipici e spiegazione su ulteriore lavoro da svolgere.

23. **Lunedì 5/11, 11:00–12:00**

    (G. Battimelli) Calcolo combinatorio: elementi della teoria e semplici applicazioni.

24. **Martedì 6/11, 11:00–13:00**

    Punto corso. Riepilogo distribuzioni. Inferenza bayesiana.
    Teorema di bayes per distribuzioni di probabilit'a.

25. **Mercoledì /11, 11:00–13:00**

    Poissoniana. Distribuzione della frequenza relativa e introduzione al cammino aleatorio mediante "teste meno croci".
    Poissoniana. Distribuzione di Pascal.

26. **Giovedì 8/11, 11:00–12:00**

    Teorema di Markov, disuguaglianza di Cebicev e teorema di Bernoulli. Derivazione, uso e significato.

27. **Venerdì 9/11, 11:00–12:00**

    (P. Astone) Esercizi su distribuzioni (soprattutto geometrica e binomiale). Problema inferenziale con verosimiglianza binomiale (possibile moneta sbilanciata).

28. **Lunedì 12/11, 11:00–12:00**

    Processo di Poisson. Problemi su limite a poissoniana della binomiale e sul processo di poisson.
    Distribuzione cumulativa dei tempi di attesa del primo conteggio in un processo di Poisson.

29. **Martedì 13/11, 11:00–12:00**

    Tempi di attesa del primo conteggio in un processo di Poisson: dalla funzione cumulativa alla funzione densit'a di probabilit'a. Distribuzione esponenziale (negativa).
    Propriet'a di $f()$ e di $F()$. Previsione e incertezza di previsione di distribuzioni di probabilit'a di variabili continue. Caso dell'esponenziale (senza fare l'integrale perché ancora non si conosce la tecnica dell'integrazione per parti).
    Numero aleatorio continuo con densità di probabilit'a costante in un certo intervallo: distribuzione uniforme. Media e deviazione standard.

30. **Mercoledì 14/11, 11:00–12:00**

    Punto della situazione sulle distribuzioni discrete e continue.
    Assegnazione di lavoro sul contatore confronto fra previsioni e "osservazioni" dei numeri di conteggio e dei tempi di attesa.
    Distribuzioni triangolari (simmetriche e asimmetriche).
    Inferenza probabilistica di λ e r di un processo di Poisson da una sola misura in un tempo T.

31. **Giovedì 15/11, 11:00–12:00**

Di nuovo sul processo di Poisson: lavoro da fare sul quaderno individuale.
Inferenza di ¡i¿p¡/i¿ di una binomiale.

32. **Venerdì 16/11, 11:00–12:00**

(lezione saltate causa interferenza distruttiva di esonero math. d el giorno dopo).

33. **Lunedì 19/11, 11:00–12:00**

Esercizi si inferenza di p (sondaggi). Uso recursivo del teorema di Bayes e combinazione di esperimenti indipendenti: caso dei conteggi e delle proporzioni.

34. **Martedì 20/11, 11:00–13:00**

Simulazioni di variabili aleatorie secondo una distribuzione preassegnata: processo di Bernoulli, marcia a caso, hit-miss, inversione di $F(R)$.
"Limite a campana" delle distribuzioni infernziali. Distribuzione di Gauss. Nota storica, proprietà e uso delle tabelle della normale standardizzata.

35. **Mercoledì 21/11, 11:00–12:00**

Calcolo approssimato di valore atteso e deviazione standard di funzioni di probabilità nell'approssimazione di normalità. Esempio di $f(\lambda)$ e $f(p)$. Accenno ai metodi di massima verosimiglianza, come caso particolare di quelli trattati, validi nell'ipotesi di normalità della pdf finale e di insensibilità dalle prior. Calcolo pratico dei valori di probabilità mediante tabelle della gaussiana standardizzata.

36. **Giovedì 22/11, 11:00–13:00**

Problema riepilogativo a partire da un processo di Poisson: esponenziale $\rightarrow$ poissoniana $\rightarrow$ gaussiana $\rightarrow$ tabelle di Z $\rightarrow$ binomiale.
Valore atteso e varianza di una combinazione lineare di variabili aleatorie **indipendenti**, senza dimostrazione formale. Consequenza: "combinazione quadratica delle incertezze standard"
Teorema del limite centrale: formulazione, condizioni, meccanismo combinatorio sottostante e applicazioni: μ e σ di binomiale a partire da n Bernoulli; Proprietà riproduttiva di binomiale e poissoniana e loro limite a normale; μ e σ di Erlang dall'esponenziale e limite a normare (della Erlang); simulazione di variabili aleatorie gaussiane; distribuzione della media aritmetica; distribuzione degli errori casuali di misura.

37. **Venerdì 23/11, 11:00–12:30**

Prova in itinere.

38. **Lunedì 26/11, 11:00–12:00**

Problemi su teorema del limite centrale.
Propagazione degli "intervalli di certezza" ("errori massimi") e delle incertezze standard: caso di tante grandezze descritte da distr. uniforme.
Rettangolo i cui lati sono noti con incertezze standard: valutazione perimetro e differenza.
Problemi con possibile "propagazione delle certezze". Problemi con propagazioni non lineari.

39. $\boxed{\textbf{Martedì 27/11, 11:00–12:00}}$

Linearizzazione di funzioni nell'intorno dei valori attesi delle variabili. Coefficiente di sensibilità. Propagazione quadratica delle incertezze standard.
Caso dell'area di un rettangolo: confronto con propagazione degli intervalli di certezza.

40. $\boxed{\textbf{Mercoledì 28/11, 11:00–12:00}}$

Seguito propagazione lineare degli intervalli di "certezza" (trascurando termini $\Delta a \cdot \Delta b$)).
Caso di funzione monomia: propagazione quadratica delle incertezze relative (o percentuali).
Inferenza su μ nel caso di distribuzione gaussiana delle lettura (con σ nota). Caso di n misure indipendenti effettuate nelle stesse condizioni: uso iterativo del teorema di Bayes $\rightarrow \mu$ normale intorno a $\overline{x}$ con $\sigma(\mu) = \sigma/\sqrt{(}n)$. Come arrivare allo stesso risultato considerando la singola media come una "misura equivalente".

41. $\boxed{\textbf{Giovedì 29/11, 11:00–12:00}}$

Caso di misure con diverse σ_i note: combinazione dei risultati con gli inversi delle varianze.
Stima di σ ignota dalla deviazione standard delle osservazioni. Importanza della prior su σ e commenti sul fattore di correzione $n/(n-1)$.

42. $\boxed{\textbf{Venerdì 30/11, 11:00–12:00}}$

Riepilogo generale del programma di probabilità, con particolare riguardo all'inferenza (i lucidi scritti "in tempo reale" durante la lezione sono dati agli studenti per farne fotocpie).

43. $\boxed{\textbf{Lunedì 3/12, 11:00–12:00}}$

Esercizio riepilogativo su diverse inferenze e propagazioni. Introduzione ai fit. Massima verosimiglianza e minimo χ^2.

44. $\boxed{\textbf{Martedì 4/12, 11:00–12:00}}$

Caso del fit lineare. Massimo della verosimiglianza. Uso della tecnica di complementazione dell'integrale per mostrare come la funzione di probabilità è prodotto di gaussiane indipendenti nel sistema di coordinate dove $\overline{x} = 0$. Calcolo di $\sigma(m)$ e $\sigma(c)$.

45. $\boxed{\textbf{Martedì 4/12, 12:00–13:45}}$

Secondo test in itinere (avente solo scopo esplorativo, senza valutazione).

46. $\boxed{\textbf{Mercoledì 5/12, 11:00–12:00}}$

Compilazione questionari. Discussione risultati test in itinere.
Covarianza in distribuzioni statistiche di probabilità.

47. $\boxed{\textbf{Giovedì 6/12, 11:00–13:00}}$

Coefficiente di correlazione e indipendenza stocastica.
Valore atteso e varianza di una combinazione lineare di variabili aleatorie. Linearizzazione e propagazione delle incertezze anche in presenza di correlazioni.
Matrice di covarianza e sua trasformazione.
Sorgenti di incertezza: "decalogo ISO".

48. $\boxed{\textbf{Venerdì 7/12, 11:00–12:00}}$

Covarianza di due grandezze dipendenti da altre: formula generale e caso particolare in cui le grandezze di "input" indipendenti.
Applicazione alla trattazione delle incertezze comuni su zero e scala dello strumento: correlazioni introdotte dalle "sistematiche".
Distribuzioni predittive: inferenza su una lettura "futura" data una lettura "passata": caso generale e semplificato (sola valutazione di valore atteso e varianza).

——- **Fine corso** ——-