# **ESERCITAZIONE SU ANALISI DATI E STATISTICA**

# 1. ARROTONDAMENTO e CIFRE SIGNIFICATIVE

### Riportate le risposte nel google sheet creato per il vostro gruppo presente nella cartella:

#### https://drive.google.com/open?id=1GzsCIoTewEXmZPTO5NBmPrZuXcCyotrn

**ESERCIZIO 1:** Avendo a disposizione un metro laser (sensibilità 1 mm), è stata misurata la distanza tra le camere *top* e *middle* di 5 telescopi del Progetto EEE, trovando i seguenti valori espressi in metri:

a) 0,455 b) 0,501 c) 0,498 d) 0,814 e) 0,215

Nel programma di acquisizione dati è necessario immettere tali valori arrotondati al centimetro. Come arrotondereste queste misure? Se invece i dati fossero richiesti con una precisione pari al decimo di metro, come arrotondereste queste misure?

**ESERCIZIO 2:** I muoni cosmici viaggiano a una velocità prossima a quella della luce nel vuoto c = 0,299 792 458 m/ns. Usando la notazione scientifica, riscrivete questo numero con sette, cinque, tre, due e una cifra significativa.

**ESERCIZIO 3:** Con una bilancia di sensibilità 100 g avete verificato che la massa della bombola di Freon fornita dal Centro Fermi per il vostro telescopio EEE risulta essere esattamente 40 kg. Come scrivereste il risultato con il numero corretto di cifre significative?

**ESERCIZIO 4:** Uno dei telescopi del Progetto EEE ha fornito come misura del tempo di volo di un muone cosmico il valore  $(3,911 \pm 0,3)$  ns. Perché il risultato della misura scritto in questo modo non è corretto? Provate a esprimerlo con il corretto numero di cifre significative. Valutate l'incertezza relativa di questa misura.

**ESERCIZIO 5:** L'orientamento di un telescopio EEE rispetto al Nord geografico è stato misurato con due tecniche differenti. La prima ha fornito una misura pari a ( $62,1^{\circ} \pm 3^{\circ}$ ), la seconda ( $59,8^{\circ} \pm 0,6^{\circ}$ ).

1. Specificate se entrambe le misure sono riportate con il corretto numero di cifre significative.

2. Indicate quale delle due misure è più precisa.

3. Indicate se le due misure sono compatibili tra loro.

ESERCIZIO 6: A seguito del passaggio di un muone, un telescopio EEE ha fornito i seguenti dati:

tempo di volo t =  $(3,8\pm0,3)$  ns

lunghezza della traccia l = (1,05  $\pm$  0,01) m

Calcolate la velocità del muone (in m/ns) e riportate il risultato con il corretto numero di cifre significative.

# 2. La distribuzione di probabilità di Gauss e Poisson

Realizzate l'analisi nel google sheet creato per il vostro gruppo presente nella cartella:

https://drive.google.com/open?id=1DjCGTeMIEtF1F3KIei0TlyUrAUuJSRCD

e riassumete il lavoro svolto, rispondendo ai quesiti posti nelle diverse attività, usando il template:

### https://drive.google.com/open?id=1BuGkiloV9sRAHk6Hmo6yzgwtOL1jcenx

Nel documento excel del vostro gruppo troverete due fogli di lavoro, denominati "Conteggi in 1 s" e "Conteggi in 0,05 s". Il primo foglio riporta il numero di tracce misurate da un telescopio EEE in 1 s, per un intervallo di tempo complessivo di 10 minuti (troverete quindi 600 valori). Il secondo foglio riporta il numero di tracce misurate da un telescopio EEE in 0,05 s, per un intervallo di tempo complessivo di mezzo minuto (troverete quindi 600 valori).

## Analizziamo la sequenza di dati riportata nel foglio "Conteggi in 1 s".

**ATTIVITÀ 1** Indici di tendenza (media, moda e mediana) e indici di dispersione (deviazione standard ed errore sulla media) della sequenza di dati. **NB: per questi dati sono state predisposte delle celle nello stesso foglio**.

- Media: usare la funzione AVERAGE, nella cella C2 digitare = AVERAGE (A1:A600)
- Moda: usare la funzione MODE, nella cella C5 digitare =MODE (A1:A600)
- Mediana: usare la funzione MEDIAN, nella cella C8 digitare =MEDIAN (A1:A600)
- Minimo: usare la funzione MIN, ...
- Massimo: usare la funzione MAX, ...
- Deviazione Standard: usare la funzione STDEV, ...
- Errore sulla media: usare le funzioni STDEV e SQRT , nella cella C20 digitare =STDEV (A1:A600) / SQRT (600)

Rispondere alle seguenti domande:

- 1. Come mai si presentano fluttuazioni da una misura a un'altra?
- 2. Quanto vale il numero medio di conteggi al secondo misurato dal telescopio in esame? Esprimere il risultato riportando l'incertezza e usando il corretto numero di cifre significative.
- 3. Discutere la differenza tra deviazione standard ed errore sulla media.

ATTIVITÀ 2 Istogramma di frequenze della sequenza di dati.

- Definire le classi, cioè i possibili valori che possono assumere i nostri dati. Se ad esempio il valore minimo è 20 e il valore massimo è 60, riportare nella colonna G la sequenza 20, 21, 22, ..., 60 (suggerimento: utilizzate una formula anziché scrivere manualmente i numeri)
- Utilizzare la funzione FREQUENCY per valutare quante volte si presenta un certo valore nella nostra sequenza di dati, quindi nella cella H2 digitare =FREQUENCY (A1:A50;G2:G42), dove l'intervallo A1:A50 rappresenta la sequenza dei dati mentre l'intervallo G2:G42 rappresenta l'insieme delle classi (adattatelo in base a quante classi avete inserito nel foglio excel). In questo modo abbiamo preso in considerazione solo i primi 50 valori della nostra sequenza di dati.

- Ripetere la procedura descritta prima prendendo in esame tutti i 600 valori a disposizione, inserendo nella cella l2 la formula =FREQUENCY (A1:A600;G2:G42).
- Selezionare la colonna H e dal menu "Inserisci" seleziona la voce "Grafico":
  - Scegliere come tipo di grafico "Grafico a colonne".
  - Nella sezione "Asse x" inserire i dati della colonna G (es. G2:G42).
  - A piacere migliorare l'estetica del grafico (titolo, assi, colori...).
  - Seguendo la stessa procedura, creare un secondo grafico con i dati presenti nella colonna I.

Rispondere alle seguenti domande:

- 4. L'istogramma ottenuto con i primi 50 valori presenta una forma ben definita? Confrontarlo con l'istogramma ottenuto con i 600 valori.
- 5. Individuare nel secondo grafico la posizione della media, della moda e della mediana e commentare.

**ATTIVITÀ 3** Confronto con la distribuzione di probabilità teorica (distribuzione di Gauss).

- Calcolare la percentuale di misure in cui si è presentato un determinato numero di conteggi in un secondo. Nella cella J2 digitare la formula = (12/600) \*100 e copiarla nelle celle sottostanti, in corrispondenza di tutte le classi definite precedentemente.
- Calcolare la probabilità (in %) di ottenere un determinato numero di conteggi in un secondo utilizzando la distribuzione Gaussiana con media pari al valore C2 e deviazione standard C17. Quindi digitare nella cella K2 la formula =NORMDIST (G2; C\$2; C\$17; FALSE) \*100 e copiarla nelle celle sottostanti, in corrispondenza di tutte le classi definite precedentemente.
- Selezionare entrambe le colonne J e K e creare un terzo grafico selezionando dal menu "Inserisci" la voce "Grafico":
  - Scegliere come tipo di grafico "Grafico combinato".
  - Nella sezione "Asse x" inserire i dati della colonna G (es. G2:G42).
  - A piacere migliorare l'estetica del grafico (titolo, assi, colori...)

Rispondere alle seguenti domande:

- 6. La distribuzione dei dati sperimentali (colonna J) è simile alla distribuzione di Gauss attesa (colonna K)?
- 7. Discutere il motivo di eventuali differenze.

Analizziamo la sequenza di dati riportata nel foglio "Conteggi in 0,05 s".

**ATTIVITÀ 4** Indici di tendenza (media, moda e mediana) e indici di dispersione (deviazione standard ed errore sulla media) della sequenza di dati. **NB: per questi dati sono state predisposte delle celle nello stesso foglio**.

- Media: usare la funzione AVERAGE, nella cella C2 digitare =AVERAGE (A1:A600)
- Moda: usare la funzione MODE, nella cella C5 digitare =MODE (A1:A600)
- Mediana: usare la funzione MEDIAN, nella cella C8 digitare =MEDIAN (A1:A600)
- Minimo: usare la funzione MIN, ...
- Massimo: usare la funzione MAX, ...
- Deviazione Standard: usare la funzione STDEV, ...
- Errore sulla media: usare le funzioni STDEV e SQRT , nella cella C20 digitare =STDEV (A1:A600)/SQRT (600)

Rispondere alle seguenti domande:

- 8. Quanto vale il numero medio di conteggi misurato in 0,05 s dal telescopio in esame? Esprimere il risultato riportando l'incertezza e usando il corretto numero di cifre significative.
- 9. Verificare che la deviazione standard ottenuta è circa pari alla radice del valor medio. Sapreste spiegarne il motivo?

ATTIVITÀ 5 Istogramma di frequenze della sequenza di dati.

- Definire le classi, cioè i possibili valori che possono assumere i nostri dati. Se ad esempio il valore minimo è 0 e il valore massimo è 6, riportare nella colonna G la sequenza 0, 1, 2, ..., 6 (suggerimento: utilizzate una formula anziché scrivere manualmente i numeri)
- Utilizzare la funzione FREQUENCY per valutare quante volte si presenta un certo valore nella nostra sequenza di dati, quindi nella cella H2 digitare =FREQUENCY (A1:A50;G2:G8), dove l'intervallo A1:A50 rappresenta la sequenza dei dati mentre l'intervallo G2:G8 rappresenta l'insieme delle classi (adattatelo in base a quante classi avete inserito nel foglio excel). In questo modo abbiamo preso in considerazione solo i primi 50 valori della nostra sequenza di dati.
- Ripetere la procedura descritta prima prendendo in esame tutti i 600 valori a disposizione, inserendo nella cella I2 la formula =FREQUENCY (A1:A600;G2:G8).
- Selezionare la colonna H e dal menu "Inserisci" seleziona la voce "Grafico":
  - Scegliere come tipo di grafico "Grafico a colonne".
  - Nella sezione "Asse x" inserire i dati della colonna G (es. G2:G8).
  - A piacere migliorare l'estetica del grafico (titolo, assi, colori...).
- Seguendo la stessa procedura, creare un secondo grafico con i dati presenti nella colonna I.

Rispondere alle seguenti domande:

- 10. Individuare nel grafico la posizione della media, della moda e della mediana e commentare.
- 11. Commentare la forma della distribuzione ottenuta.

ATTIVITÀ 6 Confronto con la distribuzione di probabilità teorica (distribuzione di Poisson).

• Calcolare la percentuale di misure in cui si è presentato un determinato numero di conteggi. Nella cella J2 digitare la formula =(12/600)\*100 e copiarla nelle celle sottostanti, in corrispondenza di tutte le classi definite precedentemente.

• Calcolare la probabilità di ottenere un determinato numero di conteggi utilizzando la distribuzione di Poisson con media pari al valore C2. Quindi digitare nella cella K2 la formula =POISSON (G2;C\$2;FALSE) \*100 e copiarla nelle celle sottostanti, in corrispondenza di tutte le classi definite precedentemente.

- Selezionare le colonne J e K e creare un terzo grafico selezionando dal menu "Inserisci" la voce "Grafico":
  - Scegliere come tipo di grafico "Grafico combinato".
  - Nella sezione "Asse x" inserire i dati della colonna G (es. G2:G8).
  - A piacere migliorare l'estetica del grafico (titolo, assi, colori...).

Rispondere alle seguenti domande:

- 12. La distribuzione dei dati sperimentali (colonna J) è simile alla distribuzione di Poisson attesa (colonna K)?
- 13. Discutere il motivo di eventuali differenze.

## ATTIVITÀ 7 Facoltativo.

Per entrambi i fogli di lavoro è possibile stimare gli altri indici di dispersione introdotti a lezione.

14. Discutere vantaggi e svantaggi di utilizzare i diversi indici di dispersione.

Nel secondo foglio di lavoro provare a calcolare la probabilità attesa secondo una distribuzione di Gauss e verificare l'accordo con i dati sperimentali.

15. Quale distribuzione approssima meglio i dati sperimentali? Poisson o Gauss?