Esercitazione 5

SciDAVis e ROOT: fit lineari e non lineari

26-27-28 novembre 2018

Corso di Laboratorio 1A, A.A. 18-19
Laurea triennale in Fisica, Università di Genova

Lo scopo di questa esercitazione è apprendere l'utilizzo a livello base di SciDAVis e delle macro di ROOT per fare fit lineari e non lineari, e di confrontarne i risultati in casi semplici.

Nell'esercizio 1 si fanno fit lineari e non lineari con ROOT e con SciDAVis, e si confrontano i risultati. Si prende come esempio il caso già visto in passato del pendolo semplice.
L'esercizio 2 richiede di analizzare i dati di una serie di misure effettuate con un pendolo di Kater (una versione di pendolo più elaborata), di fare dei fit non lineari (polinomi) e di estrarre il valore del periodo di isocronia del pendolo.
L'esercizio 3 rappresenta un altro caso di fit non lineare, applicato al caso del termistore, ovvero un sensore la cui resistenza elettrica ha una dipendenza nota dalla temperatura.
L'esercizio 4, da svolgere a casa, chiede di realizzare un programma che calcoli la propagazione delle incertezze per una funzione di due variabili.

- Svolgete gli esercizi secondo la traccia riportata nel resto di questo documento
- Seguite le istruzioni riportate qui per la consegna degli esercizi di laboratorio
- IMPORTANTE: la consegna deve essere effettuata da entrambi i componenti del gruppo

Esercizio 1

Considerare la relazione che lega il periodo delle piccole oscillazioni di un pendolo semplice e la lunghezza del pendolo stesso:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \quad (1)$$

in cui T è il periodo del pendolo ed l è la sua lunghezza. Si hanno a disposizione delle misure di T al variare di l, contenute nel file misure.dat, in cui ogni riga descrive una misura, composta dai quattro quantità ordinate nel modo seguente (l in metri, T in secondi):

$l \qquad T \qquad \sigma_l \qquad \sigma_T$

Si dispone inoltre del file misure_linearizzate.dat, contenente le quantità corrispondenti alla relazione "linearizzata" già vista nella quarta esercitazione:

$$T^2 = \frac{4\pi^2}{g}\, l \quad (2)$$

Ogni riga del file misure_linearizzate.dat ha il seguente formato

$l \qquad T^2 \qquad \sigma_l \qquad \sigma_{T2}$

1. Ripetere i seguenti punti utilizzando una macro di ROOT (esercizio1.C) e SciDAVis
    a. Fare un grafico dei dati contenuti nel file misure_linearizzate.dat
    b. Eseguire un fit lineare dei dati usando la relazione 2 (linearizzata)
    c. Confrontare i valori (e le incertezze) ottenuti dai metodi numerici di fit di SciDAVis e di ROOT con quelli ottenuti col metodo analitico visto nella quarta esperienza (esercizio 4)
2. Ripetere le operazioni svolte nel punto 1, ma usando come input il file misure_linearizzate_errx.dat, in cui, a differenza del caso precedente, le incertezze sulle misure di lunghezza non sono trascurabili (riusare la macro esercizio1.C)
3. Eseguire un fit NON lineare usando la relazione 1, non linearizzata, a partire dal file misure_errx.dat (contenente le misure non linearizzate, e con incertezze non trascurabili sulle misure di lunghezza) -- macro esercizio1bis.C

Consultate i manuali
ROOT: https://root.cern.ch/doc/v614/
SciDAVis: http://scidavis.sourceforge.net/manual/

Materiale da consegnare: esercizio1.C e esercizio1bis.C

Esercizio 2

Si vuole determinare l'accelerazione di gravità tramite un pendolo di Kater. Il pendolo di Kater, che vedrete a breve in Lab1B, è un pendolo fisico composto da due masse disposte lungo una sbarra (una mobile ed una fissa). Il pendolo può essere fatto oscillare intorno ad uno dei due perni di cui è fornito, spostando di volta in volta la massa mobile di una distanza x.
Quando i periodi delle piccole oscillazioni intorno ai due perni sono uguali (isocronia) allora è verificata la relazione

$$T^2 = \frac{4\pi^2}{g} l_{eff}$$

dove T è appunto il periodo di isocronia, e l_{eff} la lunghezza efficace (per cui il pendolo si comporta come un pendolo semplice).

Si dispone di una serie di misure dei periodi T1 e T2 attorno ai due perni, al variare della posizione x della massa mobile. Le misure sono contenute in un file, [kater.dat](), in cui ogni riga corrisponde ad una misura ed ha il seguente formato (lunghezze in cm, tempi in s):

$x \quad \sigma_x \quad T1 \quad \sigma_{T1} \quad T2 \quad \sigma_{T2}$

Si crei una macro che

1. legga il file di dati e crei i 2 grafici sovrapposti di T1 e T2 in funzione di x
2. esegua, per ciascuno grafico, un fit con una polinomio di secondo grado (ax^2+bx+c)
3. calcoli le coordinate dell'intersezione delle due curve

Suggerimenti

1. Per creare i due grafici sovrapposti:
    a. creare due oggetti di tipo TGraphErrors con il costruttore default
    b. riempire il due grafici con i metodi SetPoint() e SetPointError(), a partire dai dati letti dal file
    c. Usare il metodo SetMarkerStyle() e/o SetMarkerColor() per rendere i due grafici distinguibili
    d. Disegnare il primo grafico con gli assi: Draw("ap") e il secondo senza assi: Draw("p")

2. Per eseguire i due fit:
    a. Creare due oggetti di tipo TF1, in cui la definizione della funzione sia un polinomio di secondo grado: "[0]*x^2 + [1]*x + [2]"
    b. Usare il metodo SetParameter() di TF1 per inizializzare i coefficienti dei polinomi delle due funzioni
    c. Effettuare i fit dei grafici del punto precedente: se ad esempio il primo grafico si chiama g1 e la funzione si chiama f1, allora: g1.Fit("f1")
    d. Ottenere il risultato del fit utilizzando i metodi GetParameter() e GetParError() di TF1

3. L'intersezione delle due curve si ottiene quando le due funzioni hanno lo stesso valore, ovvero quando la loro differenza vale zero:
    a. Considerare la parabola (polinomio di secondo grado) che abbia come coefficienti la differenza tra i coefficienti ottenuti dal fit: $(a - a')*x^2 + (b - b')*x + (c - c') = 0$
    b. risolvere l'equazione di secondo grado per trovare gli zeri della parabola (riprendere l'esercizio 5 della prima esperienza)
    c. il valore ottenuto (x*) corrisponde alla posizione per cui i due periodi T1 e T2 si eguagliano
    d. Usare il metodo Eval() di TF1 per ottenere il valore di una delle due funzioni del punto 2.d in x = x*, ovvero il periodo di isocronia.
    e. Verificare che i valori di x* e del periodo di isocronia siano compatibili con quelli ottenuti visivamente dal grafico

Materiale da consegnare: esercizio2.C

Esercizio 3

Un termistore e un sensore la cui resistenza ha una forte dipendenza dalla temperatura:

$$R = R_0 exp(\frac{T_0}{T})$$

in cui la temperatura T e il parametro T_0 sono in gradi Kelvin.

Si crei una macro di ROOT che faccia un fit dei dati contenuti nel file termistore.dat e che stampi i valori di R_0, T_0, del chi quadro, del numero di gradi di libertà e della probabilità del chi quadro. Ogni riga del file termistore.dat corrisponde ad una misura ed ha il seguente formato

T R σ_T σ_R

Attenzione: nel file temperatura è espressa in gradi Celsius.

Il chi quadro, il numero di gradi di libertà e la probabilità del chi quadro si ottengono rispettivamente con i metodi GetChisquare(), GetNDF() e GetProb() di TF1.

Materiale da consegnare: esercizio3.C

Esercizio 4 (per casa)

Si consideri una generica quantità q che sia funzione di due altre quantità misurabili x ed y:

q = f(x, y)

Si immagini che la forma funzionale f sia nota, e che alle quantità misurabili x ed y siano associate rispettivamente le incertezze σ_x e σ_y.
Realizzare un programma o una macro di ROOT che, nota la forma funzionale f, calcoli le quantità q e σ_q a partire dai valori di x, y σ_x e σ_y

Input del programma: valori di x, y σ_x e σ_y e forma funzionale sotto forma di stringa (es: “2*x + 3*y^2”)
Output del programma: q ± σ_q

Suggerimenti

1. Creare un oggetto di tipo TF2 (funzione a due variabili) che rappresenti la forma funzionale f ricevuta in forma di stringa dall’utente (nel caso della densità sarà: “x/y”)
2. Usando il metodo Eval() di TF2, calcolare le quantità

$$q = f(x, y)$$
$$\Delta f_x = \frac{|f(x+\sigma_x, y) - f(x-\sigma_x, y)|}{2}$$
$$\Delta f_y = \frac{|f(x, y+\sigma_y) - f(x, y-\sigma_y)|}{2}$$

3. Calcolare infine σ_q come

$$\sigma_q = \Delta f_x + \Delta f_y$$

Nel caso di un programma, è possibile compilare con il comando

```
g++ -o compito5 compito5.cpp `root-config --cflags --libs`
```

Controlli

Considerare come esempio la densità di un corpo, espressa in funzione della massa e del volume del corpo stesso. Possiamo identificare la densità con q, la massa con x e il volume con y. Verificare che la densità e l’incertezza ottenuta dal programma siano compatibili con i valori calcolati analiticamente dalla formula della densità e dalla propagazione degli errori. Prendere come valori di esempio m=(64.63 ±0.02)g e V=(29.4±0.03)cm^3.

Materiale da consegnare: compito5.C (AulaWeb entro il 2018-12-07)