**RAPPRESENTAZIONE GRAFICA E ANALISI DEI DATI SPERIMENTALI CON EXCEL**

**1 – RAPPRESENTAZIONE GRAFICA**

Per l’analisi dati con Excel si fa riferimento alla versione 2003 di Office, le versioni successive non differiscono di molto.

Per prima cosa effettuiamo una rappresentazione grafica dei dati di laboratorio, come riferimento prendiamo una serie di misure relative alla determinazione della costante di Planck con i LED, in particolare i dati relativi alla determinazione della curva caratteristica del LED verde. Poi calcoleremo gli errori e li riporteremo sul grafico e infine cercheremo la retta che meglio approssima la parte lineare della curva al fine di determinare il potenziale di innesco del LED.

**1.1 – Tabella dei dati e calcolo degli errori**

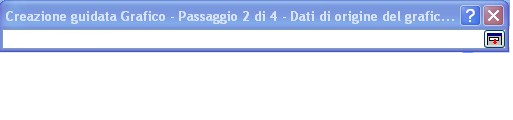
|  |
| --- |
|  |
| Figura 1 – Tabella delle misure per la curva caratteristica del LED verde. |

Dopo aver aperto Excel riportiamo i valori della corrente I e della tensione ai capi del LED e dei corrispondenti errori come indicato nella figura 1 (nelle colonne A e C i valori nelle colonne B e D gli errori).

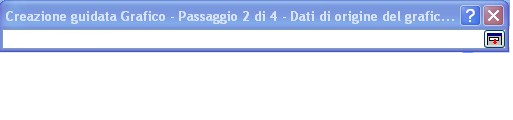
**1.2 – Rappresentzione grafica**

Per rappresentare graficamente i dati riportati nella tabella procediamo come segue:

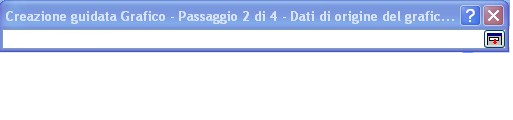
* cliccare sull’icona del grafico, o, nel menu INSERISCI e quindi GRAFICO.
* appare la finestra Creazione guidata di Grafico,
* cliccare su Dispers. (XY) (la finestra si mostra come in figura 2),
* cliccare su Avanti >
* appare una nuova finestra (vedi figura 3) dove potrebbero apparire “strani grafici” (se sono state marcate delle zone Excel le prende come zone per i dati del grafico, ma spesso non sono quelle volute), per eliminarli procedere come segue:
  + cliccare su Serie,
  + compare la nuova finestra (vedi figura 4)
  + evidenziare con il mouse il mome della serie da eliminare e cliccare su Rimuovi (nella figura 4 la serie da rimuovere è evidenziata – in azzurro)
  + procedere fino ad eliminare tutte le serie, la finestra si presenta come in figura 5.
* Per aggiungere la serie dei dati che ci interessa clicchiamo su Aggiungi, la finestra cambia ancora (vedi figura 6)
* quindi su Valori X (nel punto indicato dalla freccia in figura 6).
* appare



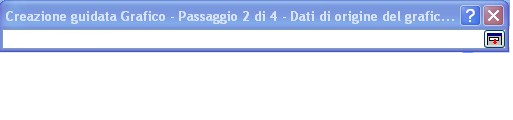
* spostarsi con il mouse e selezionare la zona del foglio che contiene i valori da mettere sull’asse X, nel nostro caso la tensione, al termine dell’operazione nella zona bianca compare l’indirizzo della zona selezionata
* cliccare per confermare, si riapre la finestra di figura 6 in cui però compaiono i valori selezionati per la zona degli X;



* cliccare su Valori Y
* appare di nuovo



* spostarsi con il mouse e selezionare la zona del foglio che contiene i valori da mettere sull’asse Y, nel nostro caso la corrente, al termine dell’operazione nella zona bianca compare l’indirizzo della zona selezionata
* cliccare per confermare, si riapre la finestra di figura 6 che ora si presenta come in figura 7.



|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |
| Figura 2 – Finestra Excel per la selezione del tipo di grafico | Figura 3 – Finestra Excel per la selezione dei dati | Figura 4 – Finestra Excel per la selezione dei dati |
|  |  |  |
| Figura 5 – Finestra Excel per la selezione dei dati | Figura 6 – Finestra Excel per la selezione dei dati | Figura 7 – Grafico della curva caratteristica del LED con Excel |

* Cliccare su Avanti >
* apprare la finestra di figura 8, Opzioni del grafico, che ci permette, tra l’altro, di aggiungere dei titoli al grafico. Scriviamo il Titolo del grafico, ad esempio “Curva caratteristica del LED verde”; l’Asse dei valori (X), per esempio “Tensione [V]”; l’Asse dei valori (Y), per esempio: “Corrente [mA]”. Togliamo la legenda cliccando Legenda e togliendo la spunta su Mostra legenda.
* Cliccare su Avanti >
* compare la finestra di figura 9
* mettere la spunta su Grafico1 e cliccare Fine
* Compare il grafico come in figura 10

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| Figura 8 – Grafico della curva caratteristica del LED con Excel | Figura 9 – Grafico della curva caratteristica del LED con Excel |
|  | |
| Figura 10 – Grafico completo della curva caratteristica del LED con Excel | |

**1.3 – Inserimento delle barre d’errore**

|  |
| --- |
|  |
| Figura 11 – Menu per il formato dati |

Procediamo ora all’inserimento nel grafico delle barre d’errore, sia per i valori della tensione, sia per quelli della corrente.

* Cliccare con tasto destro su un punto del grafico (uno dei valori), compare il menu a tendina di figura 11.
* Ciccare su “Formato serie dati”; si apre la finestra di figura 12,
* scegliere “Barre di errore X”
* appare la finestra di figura 13 (senza le frecce e i numeri) per l’inserimento delle barre d’errore procedere come segue:

1. Cliccare sul simbolo indicato dalla freccia 1 per scegliere la zona degli errori positivi; appare . Per selezionare la zona che contiene gli errori posizionare il cursore sulla casella che contiene il primo valore degli errori e tenendo premuto il tasto sinistro del mouse selezionare tutta la zona (gli errori si trovano nella colonna D). Cliccare infine sull’icona per confermare la scelta. Ricompare la finestra “Formato serie dati”



1. Cliccare sull’icona indicata dalla freccia 2 e ripetere la procedura 1) per scegliere gli errori negativi (per noi sono uguali a quelli negativi).
2. Cliccare quindi su “Barre di errore Y” e ripetere le operazioni 1) e 2) per selezionare gli errori sui valori dell’asse Y (colonna B). Alla fine cliccare si OK.

|  |  |
| --- | --- |
|  | 1  2 |
| Figura 12 – Finestra per il formato dati per l’inserimento delle barre d’errore | Figura 13 – Finestra per il formato dati per l’inserimento delle barre d’errore |

In figura 14 riportiamo il grafico completo.

|  |
| --- |
|  |
| Figura 14 – Grafico Excel per la curva caratteristica del LED verde |

**2 – LA REGRESSIONE LINEARE CON EXCEL**

**2.1 – Calcolo dei coefficienti della retta di regressione**

La regressione lineare permette di determinare la retta che meglio approssima un insieme di dati sperimentali utilizzando il metodo dei minimi quadrati. Tale metodo consiste nel determinare la retta di equazione  per la quale la quantità



risulta minima; le coppie  sono i dati sperimentali.

Dopo aver realizzato il grafico dei dati sperimentali, si può vedere “a occhio” se i valori si allineano lungo una retta, in tal caso si cerca la retta dei minimi quadrati. L’intercetta *q*, ovviamente, può essere zero se la proporzionalità è diretta.

Excel permette di determinare i valori di *k* e *q* in modo automatico con le loro incertezze (errore standard) e altri parametri della regressione, alcuni dei quali non sono necessari per i fini del nostro lavoro. La sintassi della funzione è:

**=REGR.LIN(y\_nota;x\_nota;cost;stat)**

dove

Y\_nota    è l'insieme dei valori y già noti della relazione .

X\_nota    è l’insieme dei valori x già noti della relazione .

Cost    è un valore logico che specifica se la costante *q* deve essere uguale a 0

* Se cost è VERO o è omesso, *q* verrà calcolata secondo la normale procedura.
* Se cost è FALSO, *q* verrà impostata a 0 è i valori *k* verranno calcolati in modo che sia .

Stat    è un valore logico che specifica se restituire statistiche aggiuntive di regressione.

* Se stat è VERO, REGR.LIN restituirà le statistiche aggiuntive di regressione.
* Se stat è FALSO o è omesso, REGR.LIN restituirà solo i coefficienti *k* e la costante *q*.

Il risultato della funzione REGR.LIN viene visualizzato in una zone di 5 righe e due colonne contenenti rispettivamente:

|  |  |
| --- | --- |
| *k* | *q* |
| *k* | *q* |
| *r*2 | y |
| *F* | gdl |
| sqreg | sqres |

dove

|  |  |
| --- | --- |
| *k*, *q* | Sono il coefficiente angolare e il termine noto della retta |
| *k* | Il valore dell’errore standard su *k* |
| *q* | Il valore di errore standard per la costante *q* (*q* = #N/D quando cost è FALSO). |
| *r*2 | Il coefficiente di determinazione. Confronta i valori *y* previsti con quelli effettivi e può avere un valore compreso tra 0 e 1. Se è uguale a 1, significa che esiste una correlazione perfetta nel campione, vale a dire, non sussiste alcuna differenza tra il valore previsto e il valore effettivo di *y*. Se invece il coefficiente di determinazione è uguale a 0, l'equazione di regressione non sarà di alcun aiuto nella stima di un valore *y*. |
| *y* | L'errore standard per la stima di *y*. |
| F | La statistica F o il valore osservato di F. Utilizzare la statistica F per determinare se la relazione osservata tra le variabili dipendenti e indipendenti è casuale. |
| gdl | I gradi di libertà. Utilizzare i gradi di libertà per trovare i valori critici di F in una tabella statistica. Confrontare i valori trovati nella tabella con la statistica F restituita dalla funzione REGR.LIN, per stabilire un livello di confidenza per il modello. Per informazioni sul calcolo dei gradi di libertà, vedere la sezione Osservazioni di questo argomento. Nell'esempio 4 viene illustrato l'utilizzo di F e dei gradi di libertà. |
| sqreg | La somma della regressione dei quadrati. |
| sqres | La somma residua dei quadrati. Per informazioni sul calcolo di sqreg e sqres, vedere la sezione Osservazioni di questo argomento. |

Nel caso della caratteristica del LED, dobbiamo trovare la retta  per la parte della curva che è lineare. Osservando il grafico si vede che a partire dal valore (2,02 V; 7,3 mA) la curva è “abbastanza” lineare è quindi su questi valori che cercheremo la retta dei minimi quadrati.

Operiamo come segue:

* Ci spostiamo in una casella libera del foglio, per esempio nella casella F1, e, con riferimento ai dati della tabella di figura 7,
* scriviamo: **=REGR.LIN(A18:A26;C18:C26;VERO;VERO)**
* posizioniamo il cursore sulla casella F1 e facciamo un clic con il tasto sinistro del mouse
* tenendo premuto il tasto sinistro del mouse evidenziamo una zona di 2 colonne e 5 righe,
* rilasciamo il mouse
* premiamo il tasto funzione F2 e quindi, insieme, i tasti [Ctrl][⇧][Invio] ([⇧] è il tasto delle maiuscole)
* Nelle caselle F1:G5 compare la statistica relativa ai valori selezionati.

La casella F1 contiene il valore di *k*, la casella F2 il suo errore, la casella G1 il valore di *q*, la casella G2 il suo errore. Il valore della casella F3 ci dice quanto è buona la relazione lineare (in questo caso è molto buona)

Il potenziale d’innesco lo ricaviamo dall’equazione  ponendo , si ricava: 

e può essere calcolato scrivendo nella casella J1 la formula: = –G1/F1.

Per l’errore ricordiamo che , quindi nella casella J2 scriviamo la formula: =+(F2/F1-G2/G1)\*J1.

Il risultato, con i dati della tabella 7 è .

Per completare il foglio di lavoro scriviamo nelle caselle I1 e I2 rispettivamente V0 e V0.

**2.2 – Rappresentazione sul grafico Excel della retta di regressione**

Per rappresentare sul grafico le retta di regressione operiamo come segue.

Ci portiamo in una zona del foglio lontana dai calcoli appena fatti, per esempio in AA2 e lì scriviamo il valore di *V*0 (possiamo anche copiarlo mettendo in AA2 la formula +J1).

Nella casella AB2 scriviamo la formula per calcolare il valore della tensione, , con i valori di *k* e *q* appena trovati. La formula da inserire in AB2 è =+$F$1\*AA2+$G$1.

Nella casella AA3 incrementiamo il valore di V di 0,02 V scrivendo =+AA2+0,02. A questo punto copiamo la casella AA3 fino ad ottenere 3 V (nel mio esempio fino ad AA54). Copiamo anche la formula in AB2 fino ad AB54.

Selezioniamo ora Grafico1 e posizionando il mouse nel grafico clicchiamo con il tasto destro e, nel menu che appare, selezioniamo Dati origine. Riappare la finestra di figura 3, ma questa volta con il grafico giusto. Clicchiamo su Serie, quindi su Aggiungi. Selezioniamo i valori da mettere sull’asse X (i valori della colonna AA) e quelli da mettere sull’asse Y (i valori della colonna AB). Nel grafico compare un insieme di punti tutti allineati.

Clicchiamo con il tasto destro su uno di essi e sul menu che appare clicchiamo su Dati origine, riappare la finestra di figura 12. A questo punto è importante selezionare (come è in figura 12) Linea Automatica e Indicatore Assente. Sempre in questo menu si possono cambiare il colore e lo spessore della linea.

Si ottiene il grafico di figura 15.

|  |
| --- |
|  |
| Figura 15 – Grafico della curva caratteristica del LED con la retta di regressione per la parte lineare. |