



Laboratorio di analisi dati: esperienza di OTTICA

A.A. 2016/2017

Daniele Bonacorsi, Cristian Vignali, Federico Marulli
(Università di Bologna)

In aula collaborano:

Enrico Baglione, Daniele Corradini, Lorenzo Gigante, Nicola Rubini, Anna Vianelli

Cosa faremo oggi

Analogamente all'esperienza dati di CINEMATICA, nelle prossime due ore effettueremo l'**analisi** dei **dati** raccolti nell'esperienza di laboratorio di **OTTICA**.

- ◆ come la volta scorsa, utilizzeremo EXCEL
- ◆ sempre importante avere i dati di laboratorio con sè!
- ◆ OTTICA = o interferenza o diffrazione (quella che avete effettuato in laboratorio)

IMPORTANTE

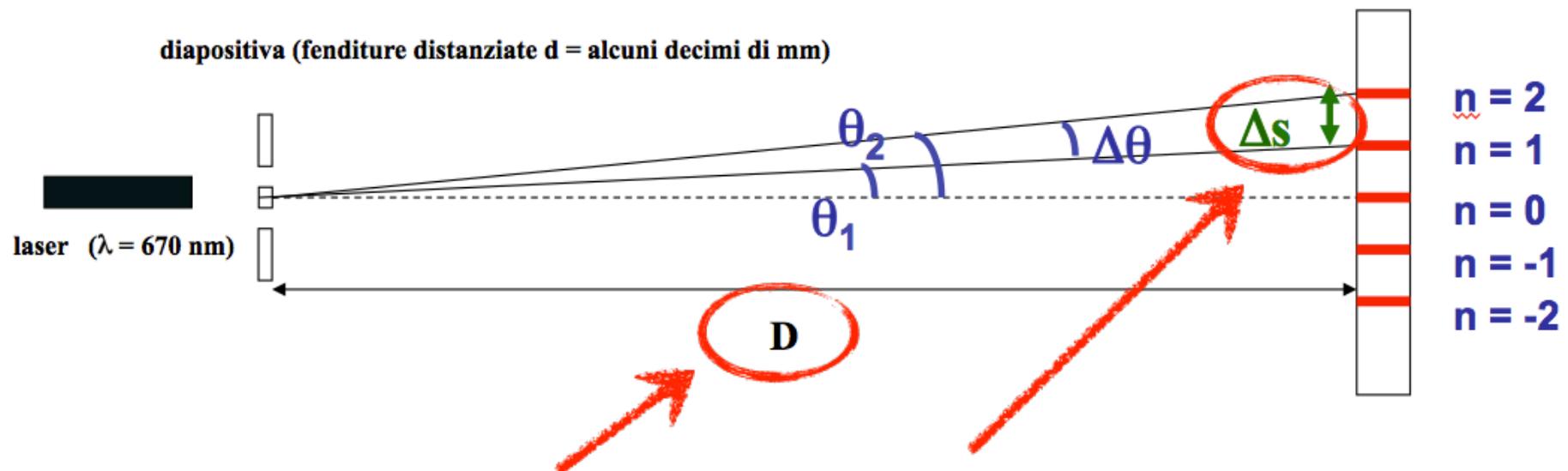
- ◆ prima di iniziare, accertatevi che il vostro gruppo di lavoro sia “omogeneo” rispetto all'esperienza di laboratorio di cui effettuerete l'analisi dati
 - ogni gruppo analizzerà solo i dati di una delle due esperienze (o interferenza o diffrazione)

A parte questo, valgono le stesse raccomandazioni generali della volta precedente:

- ◆ siete piccoli “gruppi di analisi”: discutete e consultatevi
- ◆ se avete dubbi/problemi non risolvibili tra voi, chiedete a noi
- ◆ ricordate di apporre la vostra firma sul foglio di presenza prima di uscire

Esperienza di laboratorio: *INTERFERENZA*

Esperimento di Young



Interferenza da doppia fenditura (Young)

OBIETTIVO: osservare le frange di interferenza formate da una doppia fenditura e *misurare la separazione tra le fenditure d*

Condizione di **interferenza costruttiva** (frangia di ordine n):

$$d \sin \theta_n = n \lambda \quad (n = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots)$$

Distanza fenditure-schermo \gg separazione tra frange:

\Rightarrow approssimazione: $\sin \theta \approx \theta$ (θ in radianti)

\Rightarrow separazione angolare tra frange successive ($\Delta n=1$): $\Delta \theta = \lambda / d$

\Rightarrow distanza tra frange successive: $\Delta s = D \Delta \theta = D (\lambda / d)$ (*)

λ è un dato conosciuto, mentre D e Δs sono misurabili direttamente (con errori) \Rightarrow si può ottenere una stima della separazione d

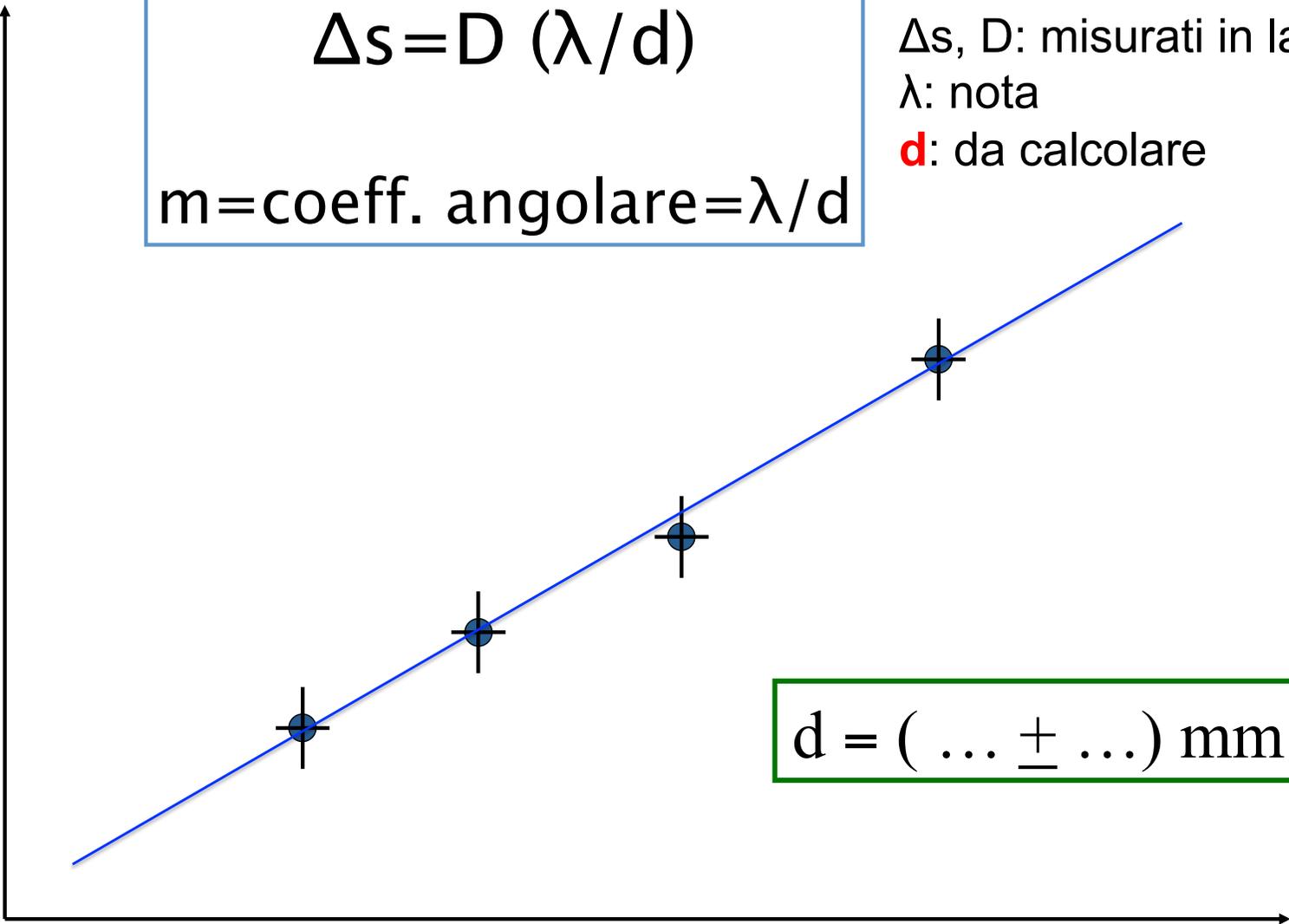
In laboratorio, avete cambiato varie volte la distanza D e misurato i rispettivi valori di Δs . Tali coppie (D , Δs) sono i vostri valori sperimentali, e seguono l'equazione (*). L'analisi di questi dati mostra che tali punti ben si accordano con una retta con coefficiente angolare $m=\lambda/d$. La misura - entro gli errori - della pendenza m di tale retta, noto λ , permette di ricavare d . Se λ è noto con precisione elevata, l'errore relativo sulla misura di d coincide con l'errore relativo sulla misura di m .

$$\Delta s = m \times D = (\lambda/d) \times D$$

Δs
(mm)

$$\Delta s = D (\lambda / d)$$
$$m = \text{coeff. angolare} = \lambda / d$$

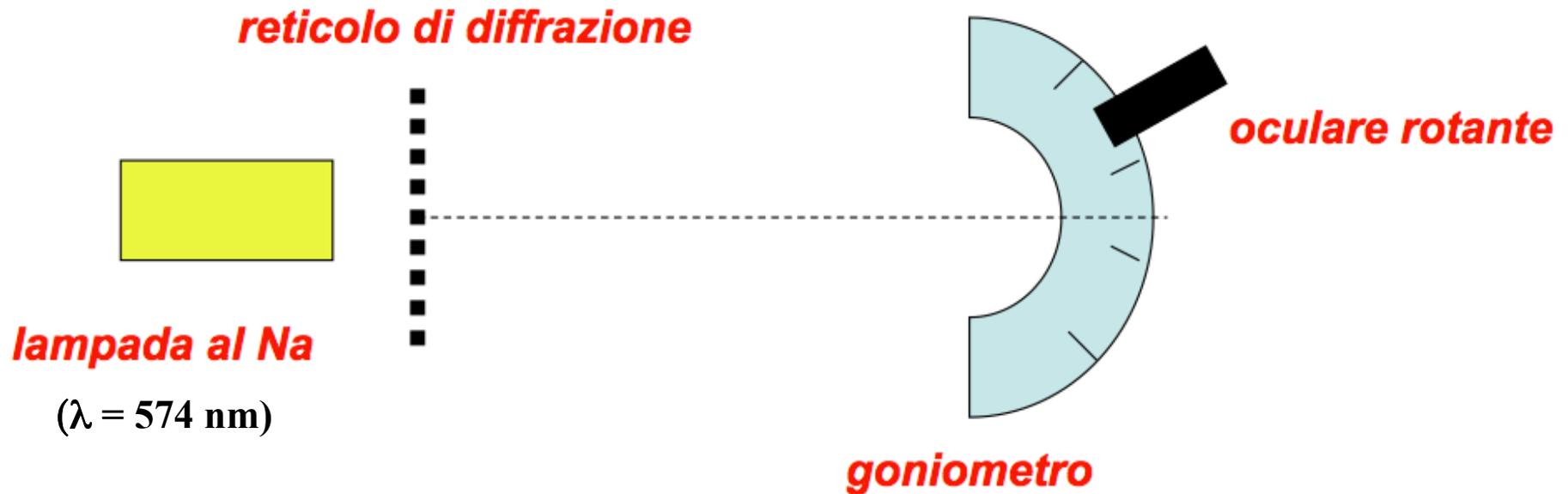
Δs , D : misurati in lab.
 λ : nota
 d : da calcolare



$$d = (\dots \pm \dots) \text{ mm}$$

D (mm)

Esperienza di laboratorio: *DIFFRAZIONE*



Diffrazione da reticolo

OBIETTIVO: osservare la diffrazione della luce visibile da parte di un reticolo e di **misurare la lunghezza d'onda della luce gialla emessa da una lampada ai vapori di sodio (Na)**

Condizione di **interferenza costruttiva** per diffrazione (frangia di ordine n):

$$d \sin \theta_n = n \lambda \quad (n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots)$$

dove d è la distanza tra due fenditure successive ("passo" del reticolo) e n è l'ordine di diffrazione.

Il reticolo a disposizione ha 500 fenditure per millimetro, quindi $d = 2 \mu\text{m} = 2 \times 10^{-6} \text{ m}$.

d è un dato conosciuto, mentre n e $\sin\theta$ sono noti o misurabili direttamente (con errori su $\sin\theta$) \Rightarrow si può ottenere una stima della lunghezza d'onda λ .

In laboratorio, avete osservato le righe di diffrazione di primo e secondo ordine (cioè i massimi di intensità), negativo e positivo, ovvero $n = -2, -1, +1, +2$. La lunghezza d'onda λ della luce sorgente si può stimare misurando i corrispondenti valori di θ . Le coppie (n , $\sin\theta$) sono i vostri valori sperimentali. Il grafico $\sin\theta$ in funzione di n è lineare, con coefficiente angolare pari a λ/d . Occorre valutare, e riportare sul grafico, l'errore su ogni misura di $\sin\theta$ (Nota: $\sin\theta = |\cos\theta| \Delta\theta$, dove θ deve essere espresso in radianti).

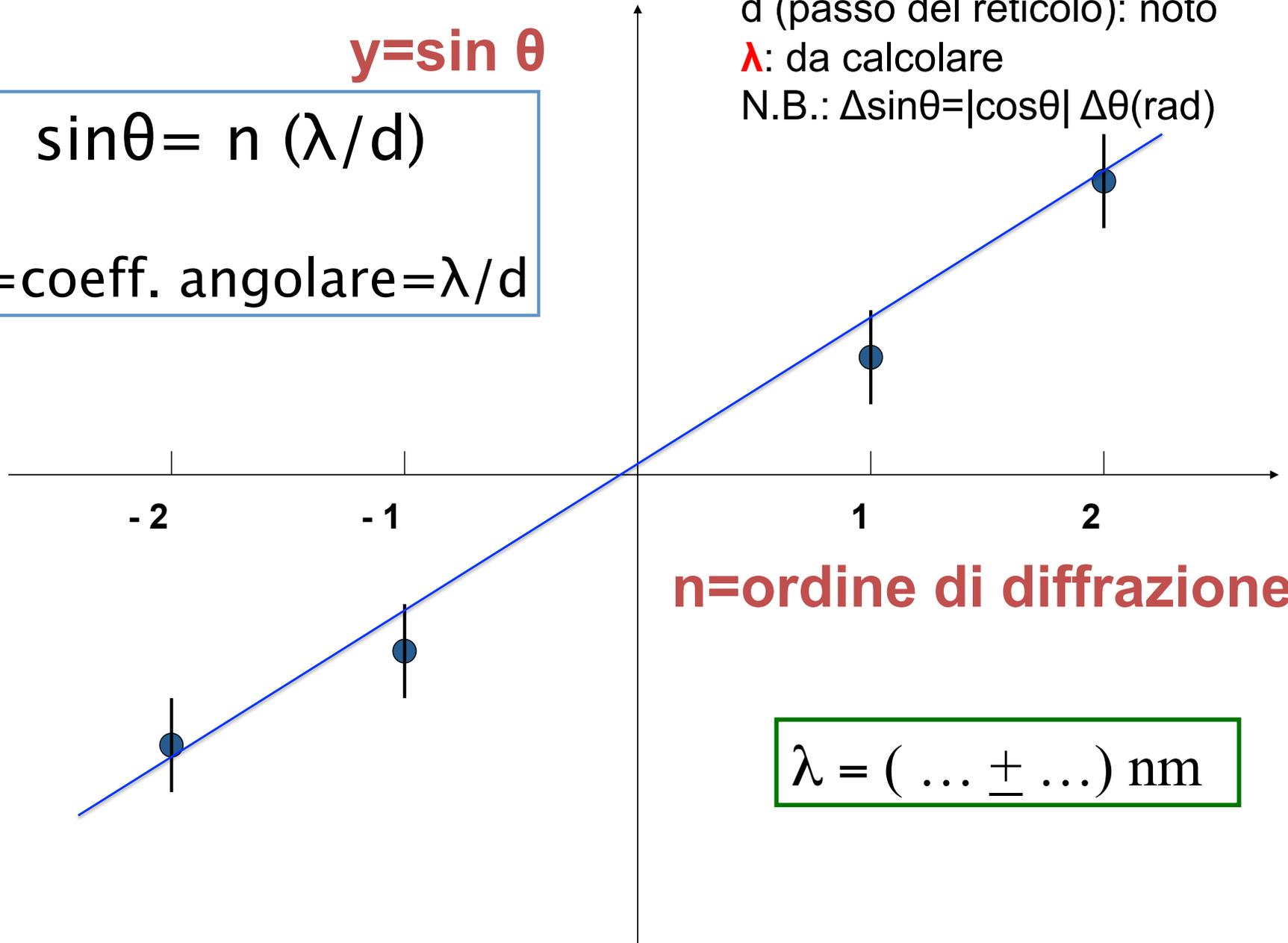
$$\sin\theta = m \times n = (\lambda/d) \times n$$

$$y = \sin \theta$$

$$\sin \theta = n (\lambda / d)$$

$$m = \text{coeff. angolare} = \lambda / d$$

$\sin \theta_n$: misurato in lab.
 d (passo del reticolo): noto
 λ : da calcolare
N.B.: $\Delta \sin \theta = |\cos \theta| \Delta \theta (\text{rad})$



$$\lambda = (\dots \pm \dots) \text{ nm}$$

Cosa scaricare in rete

La scheda:

un file (.docx) per l'analisi dati di INTERFERENZA

- <http://campus.unibo.it/282387/>

un file (.docx) per l'analisi dati di DIFFRAZIONE

- <http://campus.unibo.it/282388/>

SOLO SE NON AVETE I VOSTRI DATI:

un file (.xls) per l'analisi dati di INTERFERENZA

- <http://campus.unibo.it/282389/>

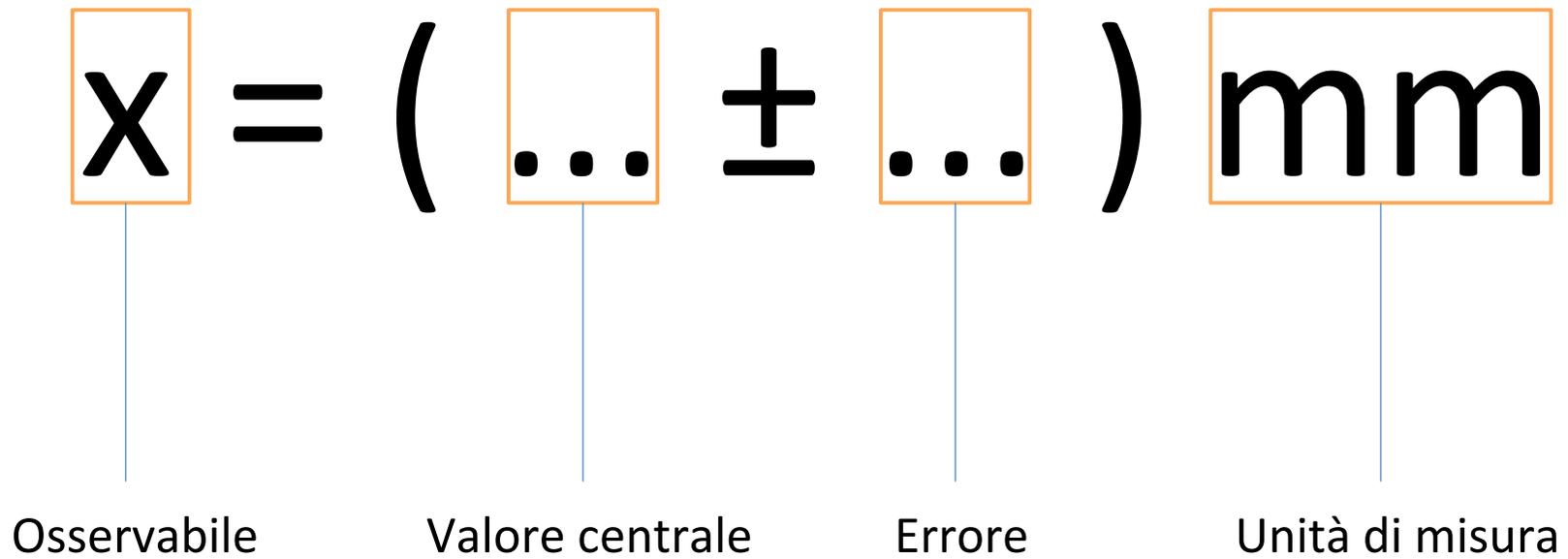
un file (.xls) per l'analisi dati di DIFFRAZIONE

- <http://campus.unibo.it/282390/>

Questa dispensa con le linee guida:

- <http://campus.unibo.it/282385/>

Come si scrive un risultato



Esempi:

$$X = (\dots \pm \dots) \text{ mm}$$

una distanza:

$$s_1 = (5.1 \pm 0.1) \text{ mm}$$

una distanza “grande”:

$$s_2 = (1.20 \pm 0.01) 10^9 \text{ m}$$

una distanza “piccola”:

$$s_3 = (203 \pm 49) 10^{-6} \text{ mm}$$

un angolo:

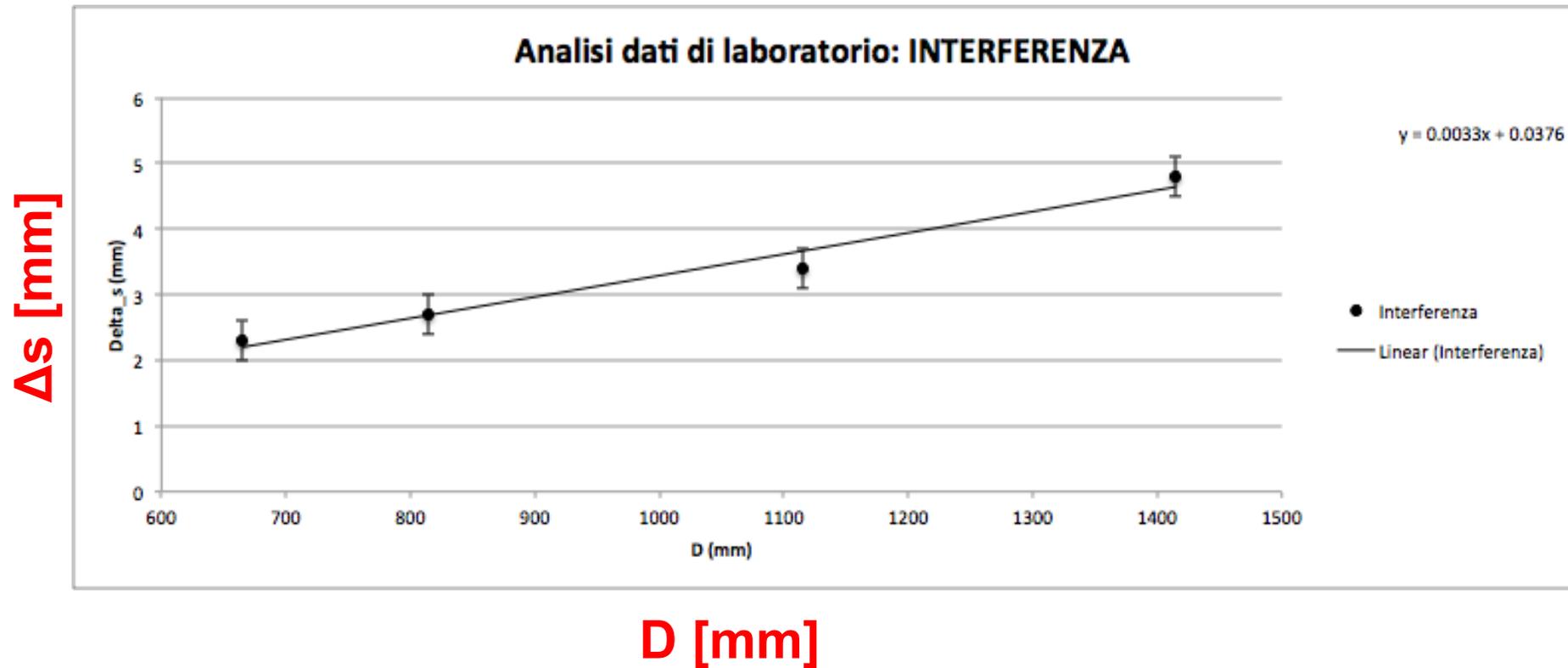
$$\theta = (90 \pm 1) ^\circ$$

... etc...

ATTENZIONE: alla fine di ogni relazione deve esserci un risultato dato in questo modo. Sbagliare questo pregiudica la qualità della relazione!

Suggerimenti

Prima retta per INTERFERENZA



Come creare una “serie” di dati utile per le altre due rette di minima e massima pendenza

Template.xls - elaborazione dati OTTICA_Int - 17 Aprile 2012 - ESERCIZIO R

Home | Layout | Tables | Charts | SmartArt | Formulas | Data | Review

Insert Chart | Insert Sparklines | Data | Chart Quick Layouts

Column | Line | Pie | Bar | Area | Scatter | Other | Line | Column | Win/Loss | Select | Switch Plot

ABS | fx =B2-C2

	A	B	C	D	E	F	G
1	D(mm)	Δs(mm)	errore su Δs(mm)			serie per max pendenza	
2	665	2.3	0.3			665	=B2-C2
3	815	2.7	0.3			1415	5.1
4	1115	3.4	0.3				
5	1415	4.8	0.3				

Template.xls - elaborazione dati OTTICA_Int - 17 Aprile 2012 - ESERCIZIO RISOLTO.xls

Home | Layout | Tables | Charts | SmartArt | Formulas | Data | Review

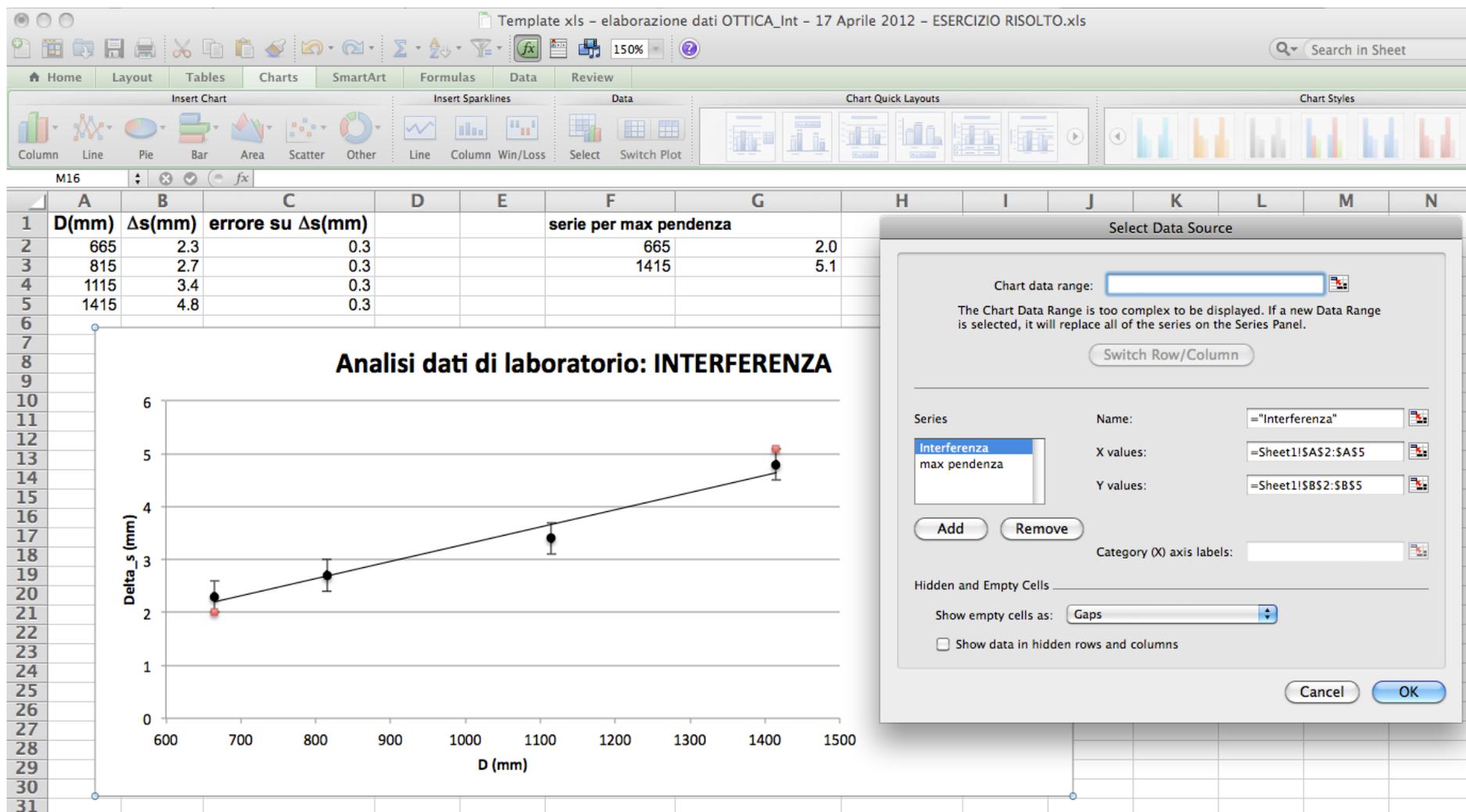
Edit | Font | Alignment | Number | Format

Paste | Clear | Arial | 10 | abc | Wrap Text | Number | Normal | Bad | Good | Neutral | Calculation | Check C

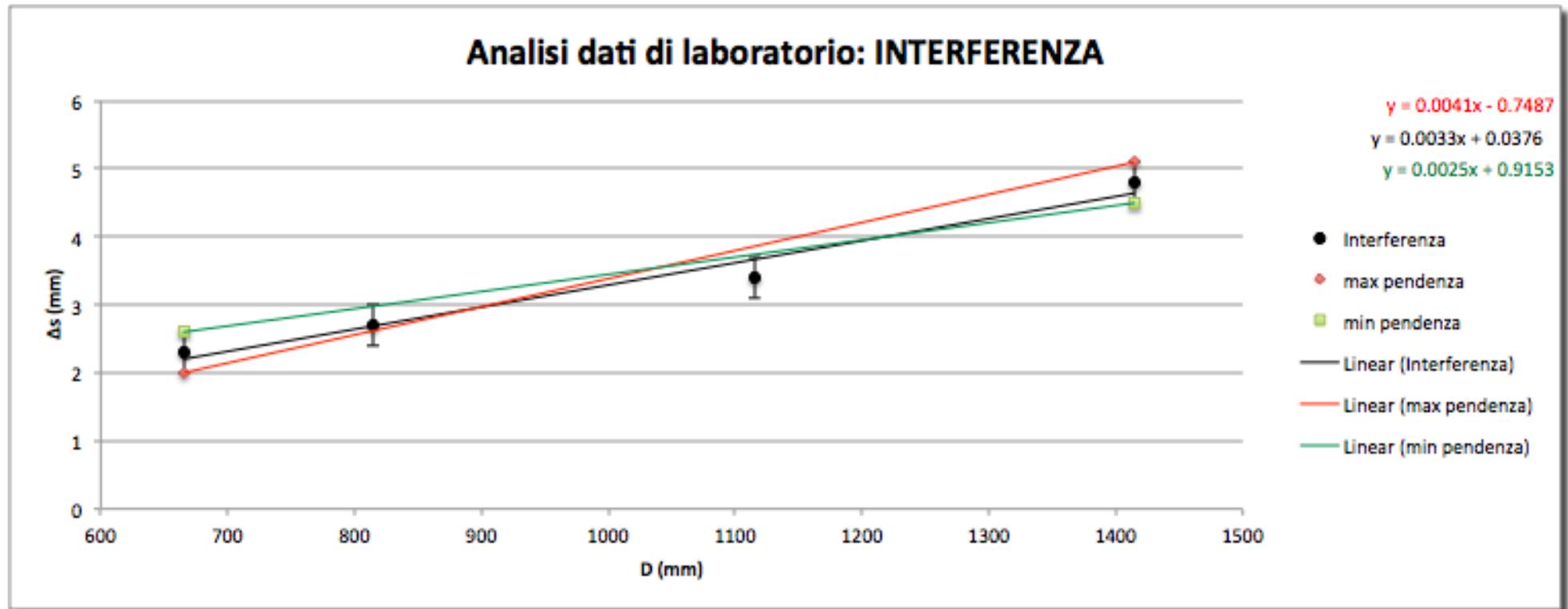
SIN | fx =B5-C5

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	D(mm)	Δs(mm)	errore su Δs(mm)			serie per max pendenza			serie per min pendenza	
2	665	2.3	0.3			665	2.0		665	2.6
3	815	2.7	0.3			1415	5.1		1415	=B5-C5
4	1115	3.4	0.3							
5	1415	4.8	0.3							

Come inserire tali rette nel grafico



Un esempio di grafico: INTERFERENZA



Es. INTERFERENZA

m		0.0033
max m (m1)		0.0041
min m (m2)		0.0025
stima di Delta_m	=ABS(G8-G9)/2	

$$\Delta d = (\Delta d / d) * d =$$

$$(\Delta m / m) * d$$

$$d = \lambda / m$$

in italiano: **ass**(

m		0.0033
max m (m1)		0.0041
min m (m2)		0.0025
stima di Delta_m		0.0008
Delta_m/m	=G10/G7	24.24%

RISULTATO:
(d ± Δd)
 (e poi unità di misura)

NB: troppe cifre significative...

m		0.0033
max m (m1)		0.0041
min m (m2)		0.0025
stima di Delta_m		0.0008
Delta_m/m		0.24
lambda (noto)		0.000000670
d	=G12/G7	

m		0.0033
max m (m1)		0.0041
min m (m2)		0.0025
stima di Delta_m		0.0008
Delta_m/m		0.24
lambda (noto)		0.000000670
d		0.000203030
Delta_d	=G11*G13	

Importante per **DIFFRAZIONE**

The image shows an Excel spreadsheet with a formula bar containing `=sin(A9)` and a tooltip for `SIN(number)`. To the right is a table with two rows. A large red 'X' is drawn over the entire section.

90.00	=sin(A9)
<code>SIN(number)</code>	

angolo	sen
90.00	0.89

in italiano: **sen(**

The image shows an Excel spreadsheet with a formula bar containing `=sin(radians(A9))` and a tooltip for `RADIANS(angle)`. To the right is a table with two rows.

90.00	=sin(radians(A9))
<code>RADIANS(angle)</code>	

angolo	sen
90.00	1.00

in italiano: **sen(radiani(**

Come creare le serie iniziali per **DIFFRAZIONE**

A	B	C	D	E	F	G
ordine del max	θ (gradi)	θ (rad)	errore su θ (gradi)	errore su θ (rad)	$\sin\theta$ (rad)	$\Delta \sin\theta$ (rad)
-2	-34.5	=RADIANS(B2)		0.05236	-0.5664	0.0432
-1	-17.5	RADIANS(angle)	3.0	0.05236	-0.3007	0.0499
1	17.0	0.3	3.0	0.05236	0.2924	0.0501
2	34.0	0.6	3.0	0.05236	0.5592	0.0434

in italiano: **radianti(**

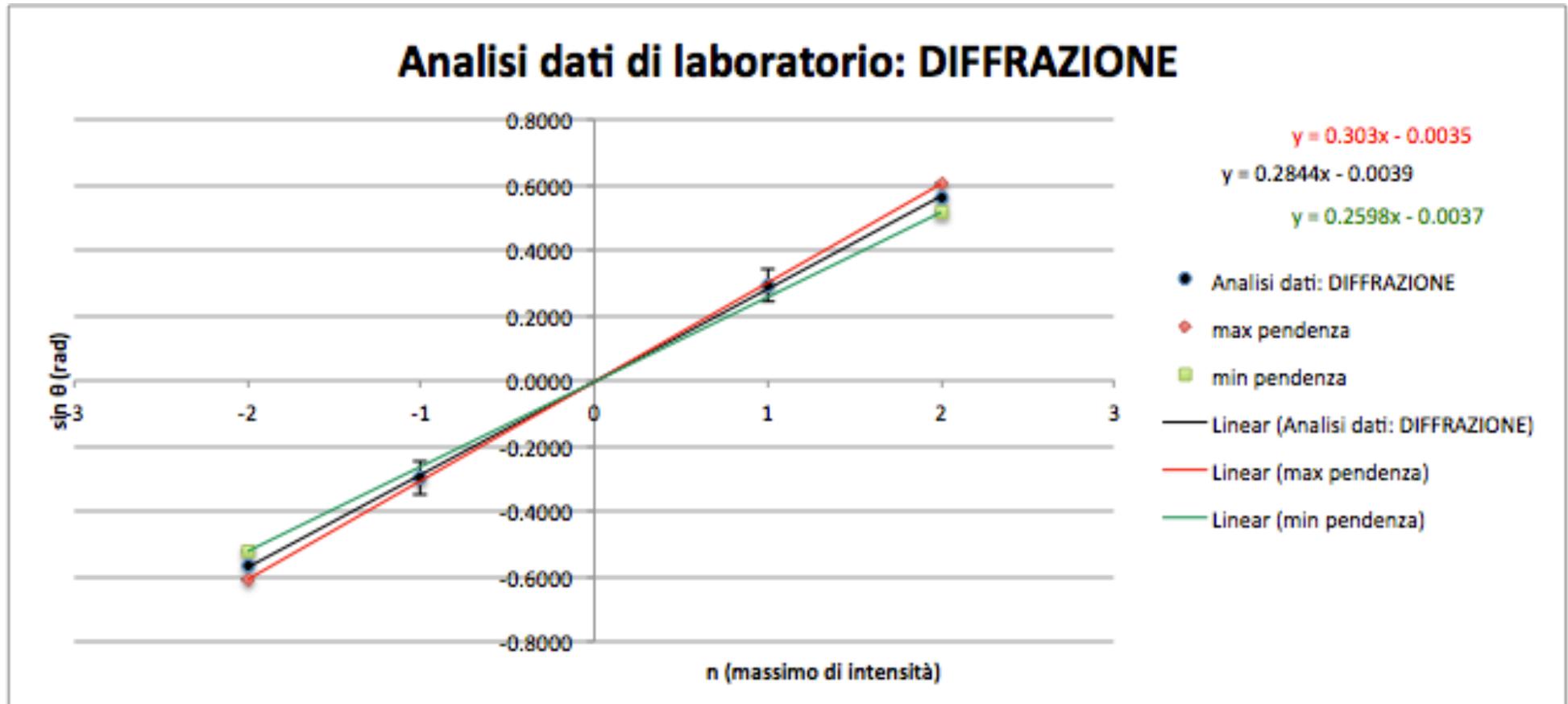
A	B	C	D	E	F	G
ordine del max	θ (gradi)	θ (rad)	errore su θ (gradi)	errore su θ (rad)	$\sin\theta$ (rad)	$\Delta \sin\theta$ (rad)
-2	-34.5	-0.6	3.0	0.05236	=SIN(C2)	0.0432
-1	-17.5	-0.3	3.0	0.05236	-0.3007	0.0499
1	17.0	0.3	3.0	0.05236	0.2924	0.0501
2	34.0	0.6	3.0	0.05236	0.5592	0.0434

in italiano: **sen(** potete fare anche subito: **sen(radianti)**

A	B	C	D	E	F	G	H
ordine del max	θ (gradi)	θ (rad)	errore su θ (gradi)	errore su θ (rad)	$\sin\theta$ (rad)	$\Delta \sin\theta$ (rad)	
-2	-34.5	-0.6	3.0	0.05236	-0.5664	=ABS(COS(C2))*E2	
-1	-17.5	-0.3	3.0	0.05236	-0.3007	ABS(number)	499
1	17.0	0.3	3.0	0.05236	0.2924		0.0501
2	34.0	0.6	3.0	0.05236	0.5592		0.0434

in italiano: **ass()**

DIFFRAZIONE



Es. DIFFRAZIONE

m	0.2844
max m (m1)	0.3030
min m (m2)	0.2598
stima di Δm	=ABS(K8-K9)/2

$$\Delta\lambda = (\Delta\lambda / \lambda) * \lambda =$$

$$(\Delta m / m) * \lambda$$

$$\lambda = m * d$$

in italiano: ass(

m	0.2844	
max m (m1)	0.3030	
min m (m2)	0.2598	
stima di Δm	0.0216	
Δm/m	=K10/K7	7.59%

RISULTATO:
(λ ± Δλ)
 (e poi unità di misura)

NB: troppe cifre significative...

m	0.2844
max m (m1)	0.3030
min m (m2)	0.2598
stima di Δm	0.0216
Δm/m	0.0759
d (noto)	0.000002
λ	=K7*K12

m	0.2844
max m (m1)	0.3030
min m (m2)	0.2598
stima di Δm	0.0216
Δm/m	0.0759
d (noto)	0.000002
λ	0.000000569
Δλ	=K13*K11