



# Laboratorio di analisi dati: esperienza di TERMOLOGIA

A.A. 2016–17

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

In aula collabora:  
Lorenzo Gigante



Se avete ancora la domanda:

## “Posso dare l’esame?”

Per poter dare l'esame avete bisogno di **6 firme**, 3 di laboratorio e 3 di analisi dati

Oggi è l’ultima esperienza di analisi dati

Un recupero previsto per la prossima settimana

I titolari del corso (Prof. Venturoli e Prof.ssa Braibant) prepareranno la **lista degli ammessi a sostenere l’esame**

Fate riferimento a quella ed eventualmente contattateci



# Cosa faremo oggi

Una cosa un po' diversa dalle altre due esercitazioni (vedi dettagli nella scheda)

- faremo sempre “**analisi**” dei “**dati**” sperimentali, ma questa volta i dati non sono quelli che avete preso voi in laboratorio
- useremo sempre un programma di foglio elettronico

Cosa dovete avere con voi oggi, prima di iniziare:

- nulla dal laboratorio: l'esperienza di analisi dati di oggi è a sè stante

Cosa trovate oggi in Aula Informatica a vostra disposizione:

- postazioni PC dotate di un OS e un programma di foglio elettronico
- istruzioni / scheda da consegnare alla fine

A parte questo, valgono le stesse raccomandazioni generali delle volte precedenti:

- siete piccoli “gruppi di analisi”: discutete e consultatevi
- se avete dubbi/problemi che non riuscite a superare nel gruppo, chiedete a noi
- **ricordate di apporre la vostra firma sul foglio di presenza prima di uscire**



# La scheda di analisi dati

BES - Fisica - Laboratorio di Analisi Dati  
Dot. Bonacorsi, Dott. Marulli, Dott. Giannuzzi Maggio 2014

**Elaborazione dei dati raccolti nella prova di: TERMOLOGIA**

Postazione di lavoro (Nome su etichetta sopra il PC): \_\_\_\_\_ Gruppo di lavoro composto da:

**STUDENTE 1** (Cognome, Nome, Matricola): \_\_\_\_\_  
**STUDENTE 2** (Cognome, Nome, Matricola): \_\_\_\_\_  
**STUDENTE 3** (Cognome, Nome, Matricola): \_\_\_\_\_  
**STUDENTE 4** (Cognome, Nome, Matricola): \_\_\_\_\_  
**STUDENTE 5** (Cognome, Nome, Matricola): \_\_\_\_\_

L'esercitazione di oggi può essere considerata come un proseguimento dell'esperimento fatto nel laboratorio di fisica. Immaginate di togliere il coperchio al bicchiere di polistirolo che contiene l'acqua calda. Immaginate, inoltre, di continuare ad annotare il valore della temperatura dell'acqua. La temperatura dell'acqua diminuirà e - immaginando di continuare le misure per un tempo sufficientemente lungo - raggiungerà la temperatura dell'ambiente circostante. Userete per l'esercitazione dei dati che vi sono forniti: nel file xls (Excel) trovate i dati di temperatura relativi all'esperimento descritto sopra. In particolare:

- nella colonna A trovate l'istante di tempo  $t$  (in secondi) in cui viene misurata la temperatura;
- nella colonna B trovate la temperatura  $T$  misurata (in °C) ai vari istanti di tempo;
- nella cella C2 è indicata la temperatura dell'ambiente circostante, in cui è fatta la misura di  $T$ .

1. Rappresentate in un grafico la temperatura del corpo in funzione del tempo. Come potete vedere anche a occhio, la diminuzione della temperatura non sembra avere un andamento di tipo lineare, bensì esponenziale con esponente negativo. Determinate graficamente (usando Excel) i parametri  $A$  e  $k$  di una funzione del tipo  $Y = A e^{-kt}$  che descrive i dati. Trasferite qui di seguito il grafico (GRAFICO 1) dei dati in funzione del tempo, con la curva di tendenza, la sua equazione indicata sul grafico e i valori ottenuti per  $A$  e  $k$ .

<inserir qui il GRAFICO 1>  
Valore ottenuto per  $A$  = \_\_\_\_\_  
Valore ottenuto per  $k$  = \_\_\_\_\_

2. Nel grafico precedente, l'andamento esponenziale descrive "bene" la curva? (Sì/No).  
Risposta: \_\_\_\_\_  
Commentare la risposta: \_\_\_\_\_

3. Per valutare se l'ipotesi sull'andamento esponenziale della temperatura in funzione del tempo (come da formula fornita al punto 1) nel nostro esperimento è corretta, possiamo fare una semplice operazione di "linearizzazione", che trasforma la relazione da esponenziale a lineare. Applicando  $Y = \ln(Y) = \ln(A e^{-kt}) = \ln A - kt$ , costruire usando excel il GRAFICO 2 della nuova incognita  $Y'$  (un semplice logaritmo naturale della  $Y$  precedente) sempre in funzione del tempo  $t$ . Determinare la linea di tendenza lineare con l'equazione stampata sul grafico, e trasferire il GRAFICO 2 qui di seguito, scrivendo i valori ottenuti per  $A$  e  $k$ .

- ◆ Fate login sul PC con il vostro account unibo.it
- ◆ Create un cartella di lavoro (e.g. "Lab TERMOLOGIA")
- ◆ Scaricate la scheda in formato doc (da AMS Campus)
- ◆ Iniziate a editare con i vostri dati nella prima parte (vedi sotto)

## Elaborazione dei dati raccolti nella prova di: TERMOLOGIA

Postazione di lavoro (Nome su etichetta sopra il PC): \_\_\_\_\_ Gruppo di lavoro composto da:

**STUDENTE 1** (Cognome, Nome, Matricola): \_\_\_\_\_  
**STUDENTE 2** (Cognome, Nome, Matricola): \_\_\_\_\_  
**STUDENTE 3** (Cognome, Nome, Matricola): \_\_\_\_\_  
**STUDENTE 4** (Cognome, Nome, Matricola): \_\_\_\_\_  
**STUDENTE 5** (Cognome, Nome, Matricola): \_\_\_\_\_



# La scheda di analisi dati

BES - Fisica - Laboratorio di Analisi Dati  
Dot. Bonacorsi, Dott. Giannuzzi 21 Maggio 2013 - 24 Maggio 2013

Elaborazione dei dati raccolti nella prova di: **TERMOLOGIA**

Postazione di lavoro (Niente su richiesta sopra il PC): \_\_\_\_\_ Gruppo di lavoro composto da:  
STUDENTE 1 (Cognome, Nome, Matricola): \_\_\_\_\_  
STUDENTE 2 (Cognome, Nome, Matricola): \_\_\_\_\_  
STUDENTE 3 (Cognome, Nome, Matricola): \_\_\_\_\_  
STUDENTE 4 (Cognome, Nome, Matricola): \_\_\_\_\_  
STUDENTE 5 (Cognome, Nome, Matricola): \_\_\_\_\_

L'esercitazione di oggi può essere considerata come un proseguimento dell'esperimento fatto nel laboratorio di fisica. Immaginate di togliere il coperchio al bicchiere di polistirolo che contiene l'acqua calda. Immaginate, inoltre, di continuare ad annotare il valore della temperatura dell'acqua. La temperatura dell'acqua diminuirà e - immaginando di continuare le misure per un tempo sufficientemente lungo - raggiungerà la temperatura dell'ambiente circostante. Userete per l'esercitazione dei dati che vi sono forniti: nel file xls (Excel) trovate i dati di temperatura relativi all'esperimento descritto sopra. In particolare:

- nella colonna A trovate l'istante di tempo  $t$  (in secondi) in cui viene misurata la temperatura;
- nella colonna B trovate la temperatura  $T$  misurata (in °C) ai vari istanti di tempo;
- nella cella C2 è indicata la temperatura dell'ambiente circostante, in cui è fatta la misura di  $T$ .

1. **Esperimentare un grafico su temperatura nel tempo in funzione del tempo, come potete vedere anche a occhio, la diminuzione della temperatura non sembra avere un andamento di tipo lineare, bensì esponenziale con esponente negativo. Determinare graficamente (usando Excel) i parametri  $A$  e  $k$  di una funzione del tipo  $Y = A e^{-kt}$  che osservi i dati. Trasferire qui di seguito il grafico (GRAFICO 1) dei dati in funzione del tempo, con la curva di tendenza, la sua equazione indicata sul grafico e i valori ottenuti per  $A$  e  $k$ .**

<inserir qui il GRAFICO 1>  
Valore ottenuto per  $A =$  \_\_\_\_\_  
Valore ottenuto per  $k =$  \_\_\_\_\_

2. Nel grafico precedente, l'andamento esponenziale descrive "bene" la curva? (S/No).  
Risposta: \_\_\_\_\_  
Commentare la risposta: \_\_\_\_\_

3. Per valutare se l'ipotesi sull'andamento esponenziale della temperatura in funzione del tempo (come da formula fornita al punto 1) nel nostro esperimento è corretta, possiamo fare una semplice operazione di "linearizzazione", che trasforma la relazione da esponenziale a lineare. Applicando  $Y = \ln(Y) = \ln(A e^{-kt}) = \ln A - kt$ , costruire usando excel il GRAFICO 2 della nuova incognita  $Y'$  (un semplice logaritmo naturale della  $Y$  precedente) sempre in funzione del tempo  $t$ . Determinare la linea di tendenza lineare con l'equazione stampata sul grafico, e trasferire il GRAFICO 2 qui di seguito, scrivendo i valori ottenuti per  $A$  e  $k$ .

- Seguite le istruzioni con attenzione
- Consiglio: **salvate il file di frequente** per non perdere lavoro fatto

Scopo: riprodurre l'andamento della temperatura in funzione del tempo tramite una funzione

L'esercitazione di oggi può essere considerata come un proseguimento dell'esperimento fatto nel laboratorio di fisica. Immaginate di togliere il coperchio al bicchiere di polistirolo che contiene l'acqua calda. Immaginate, inoltre, di continuare ad annotare il valore della temperatura dell'acqua. La temperatura dell'acqua diminuirà e - immaginando di continuare le misure per un tempo sufficientemente lungo - raggiungerà la temperatura dell'ambiente circostante. Userete per l'esercitazione dei dati che vi sono forniti: nel file xls (Excel) trovate i dati di temperatura relativi all'esperimento descritto sopra. In particolare:

- nella colonna A trovate l'istante di tempo  $t$  (in secondi) in cui viene misurata la temperatura;
- nella colonna B trovate la temperatura  $T$  misurata (in °C) ai vari istanti di tempo;
- nella cella C2 è indicata la temperatura dell'ambiente circostante, in cui è fatta la misura di  $T$ .



# La scheda di analisi dati

BES - Fisica - Laboratorio di Analisi Dati  
Dott. Bonacorsi, Dott. Giannuzzi 21 Maggio 2013 - 24 Maggio 2013

<inserir qui il GRAFICO 2>  
Valore ottenuto per A nella linearizzazione = \_\_\_\_\_  
Valore ottenuto per k nella linearizzazione = \_\_\_\_\_

4. Ora possiamo confrontare i valori di A e k ottenuti dal grafico 1 con i valori di A e k ottenuti dal grafico 2. Rispetto al primo grafico (andamento esponenziale), in questo secondo grafico (linearizzazione) i dati sperimentali sono descritti "bene" dalla linea di tendenza lineare?

Risposta: \_\_\_\_\_  
Commentare la risposta: \_\_\_\_\_

5. Il punto è che quelli ottenuti finora non sono i valori "corretti" di A e k. Per trovare i valori corretti per A e k, procediamo con una seconda linearizzazione, ma non dell'equazione data sopra, bensì di una equazione che tenga conto del fatto che il sistema termodinamico raggiungerà l'equilibrio termico alla temperatura ambiente (19 °C), ovvero un esponenziale per il quale non è semplice usare Excel direttamente, ma possiamo farlo con una semplice accortezza. Appliciamo l'opportuna linearizzazione corretta:  $Y = \ln(Y-19) = \ln(A e^{kt}) = \ln A - kt$ . Costruire usando così il GRAFICO 3 della nuova incognita Y', determinare la linea di tendenza lineare e l'equazione e trasferirli qui di seguito, e scrivere i valori ottenuti per A e k.

<inserir qui il GRAFICO 3>  
Valore ottenuto per A nella linearizzazione corretta = \_\_\_\_\_  
Valore ottenuto per k nella linearizzazione corretta = \_\_\_\_\_

6. L'andamento della tendenza lineare così costruita ora descrive bene la curva?

Risposta: \_\_\_\_\_  
Commentare la risposta: \_\_\_\_\_

**IMPORTANTE: al termine dell'esercitazione:**

- spedire 1) questa scheda (.doc) e 2) il file EXCEL (.xls) per mail all'indirizzo [daniale.bonacorsi@unibo.it](mailto:daniale.bonacorsi@unibo.it), con subject "Laboratorio Analisi Dati: OTTICA" dall'account di uno dei componenti del gruppo, mettendo in cc anche gli altri studenti.
- **Importante:** firmare il foglio di presenza prima di lasciare l'aula.

Al termine dell'esercitazione:

➤ Spedite 1) la scheda (.doc) e 2) il file EXCEL (.xls) per email, con oggetto:

“Analisi Dati: Termologia”, all'indirizzo [dfa-docentilaboratori@unibo.it](mailto:dfa-docentilaboratori@unibo.it)

➤ Firmate il foglio di presenza prima di lasciare l'aula



# Cosa scaricare in rete

✘ La scheda (.docx)

<http://campus.unibo.it/286239>

✘ Il file (.xls) con i dati da analizzare

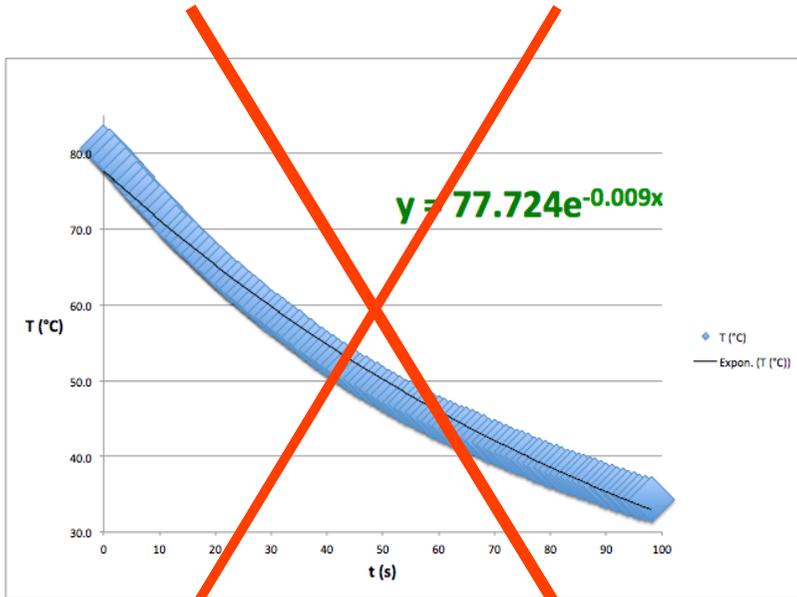
<http://campus.unibo.it/286241>

✘ Questa presentazione

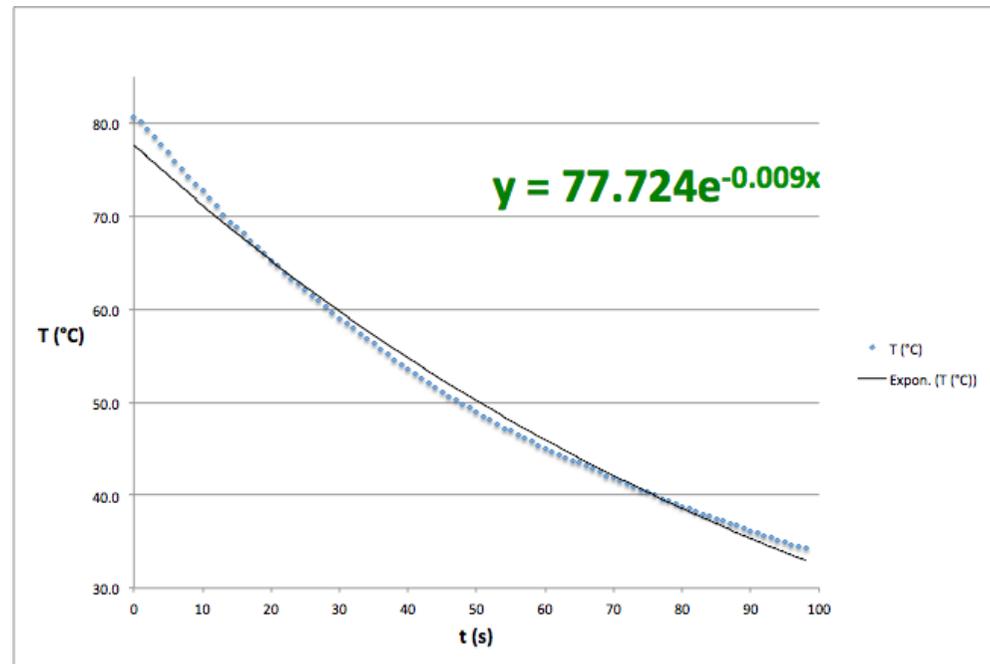
<http://campus.unibo.it/286243>



# Suggerimenti

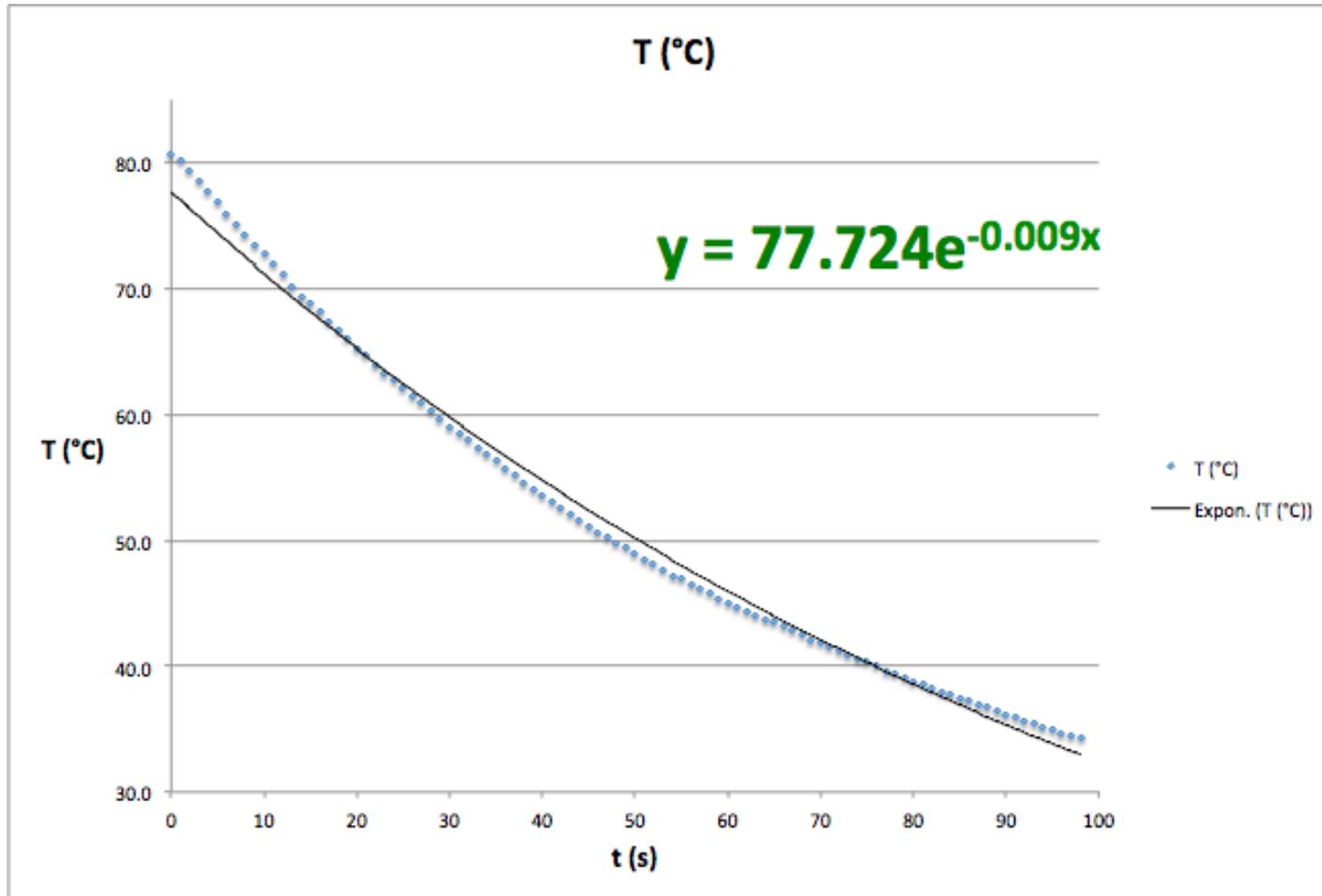


Non plottate i dati con simboli troppo grossi: si deve vedere la differenza tra la funzione che cerca di riprodurre i dati ed i dati stessi





# Domanda 1 - GRAFICO 1



**DOMANDA 1:  $Y = A \exp\{-k x\}$**

**A**      **77.724** (viene dalla tendenza esponenziale)

**k**      **0.009** (viene dalla tendenza esponenziale)

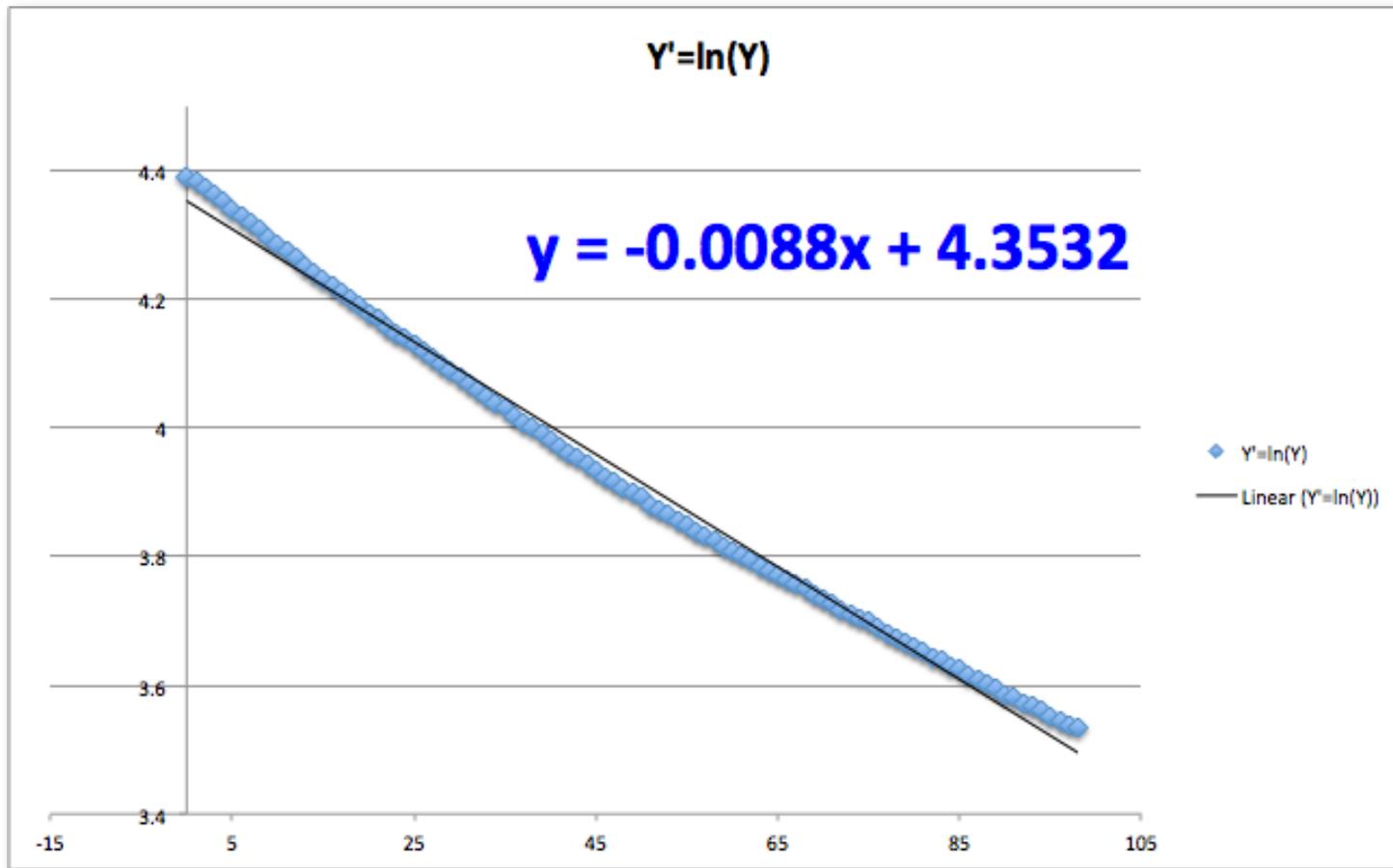


# Domanda 3

	A	B	C	D
1	tempo (s)	T (°C)	T ambiente (°C)	$Y'=\ln(Y)$
2	0	80.7	19	=LN(B2)
3	1	80.2		LN(number)
4	2	79.3		4.373238
5	3	78.6		4.364372
6	4	77.7		4.352855



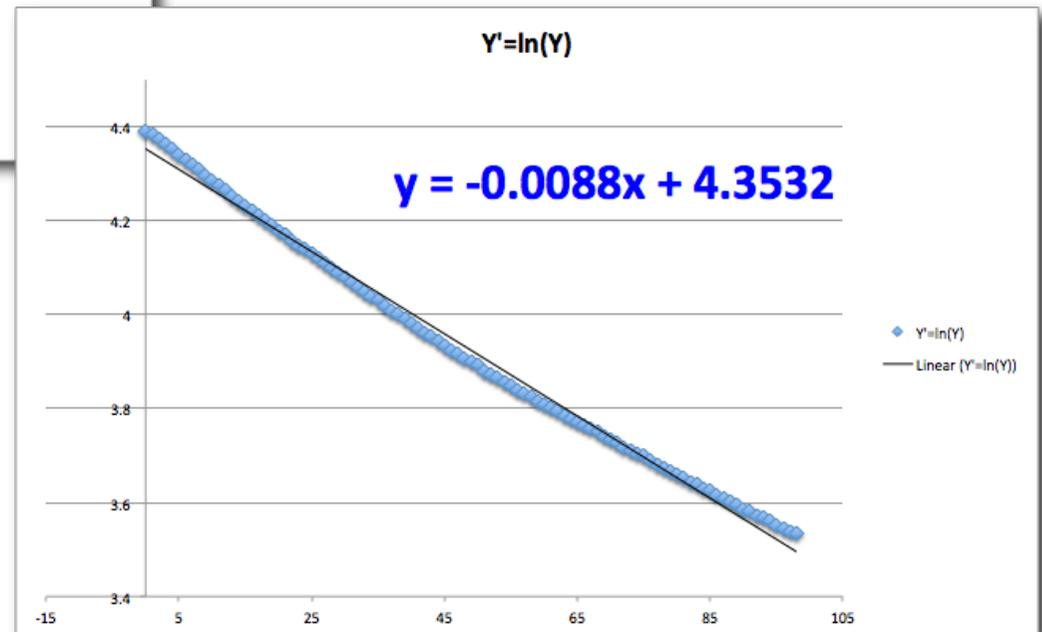
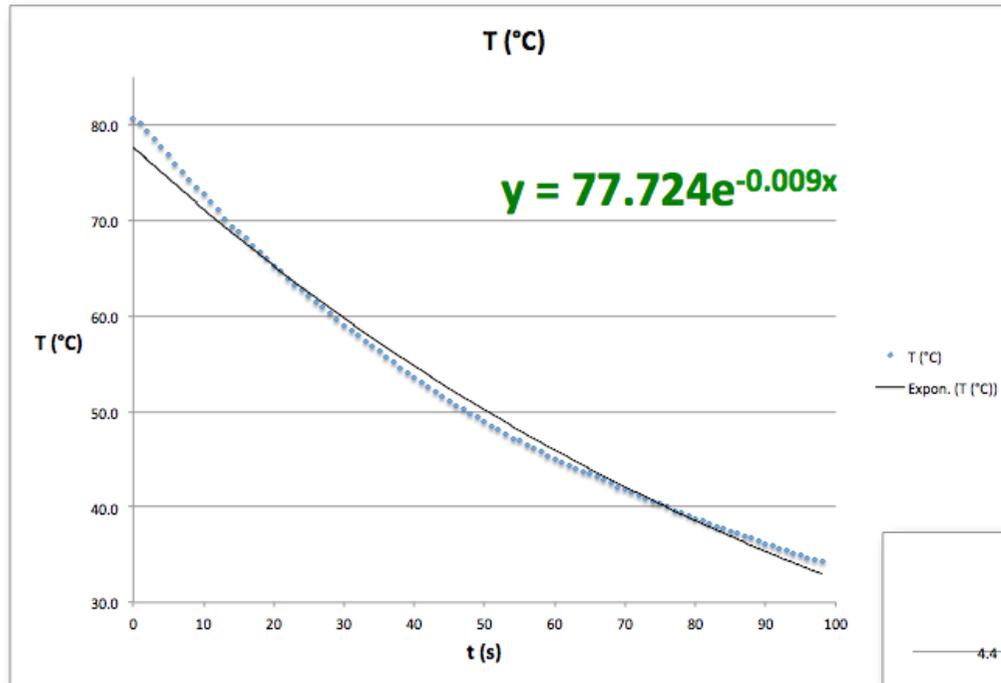
# Domanda 3 – GRAFICO 2



<b>DOMANDA 3: <math>Y' = \ln(Y) = \ln A - kx</math></b>	
$\ln A$	<b>4.3532</b> (viene dalla tendenza lineare: $Y'$ )
$A$	<b>77.72679</b> (semplice inversione del log)
$k$	<b>0.0088</b> (viene dalla tendenza lineare: $Y'$ )

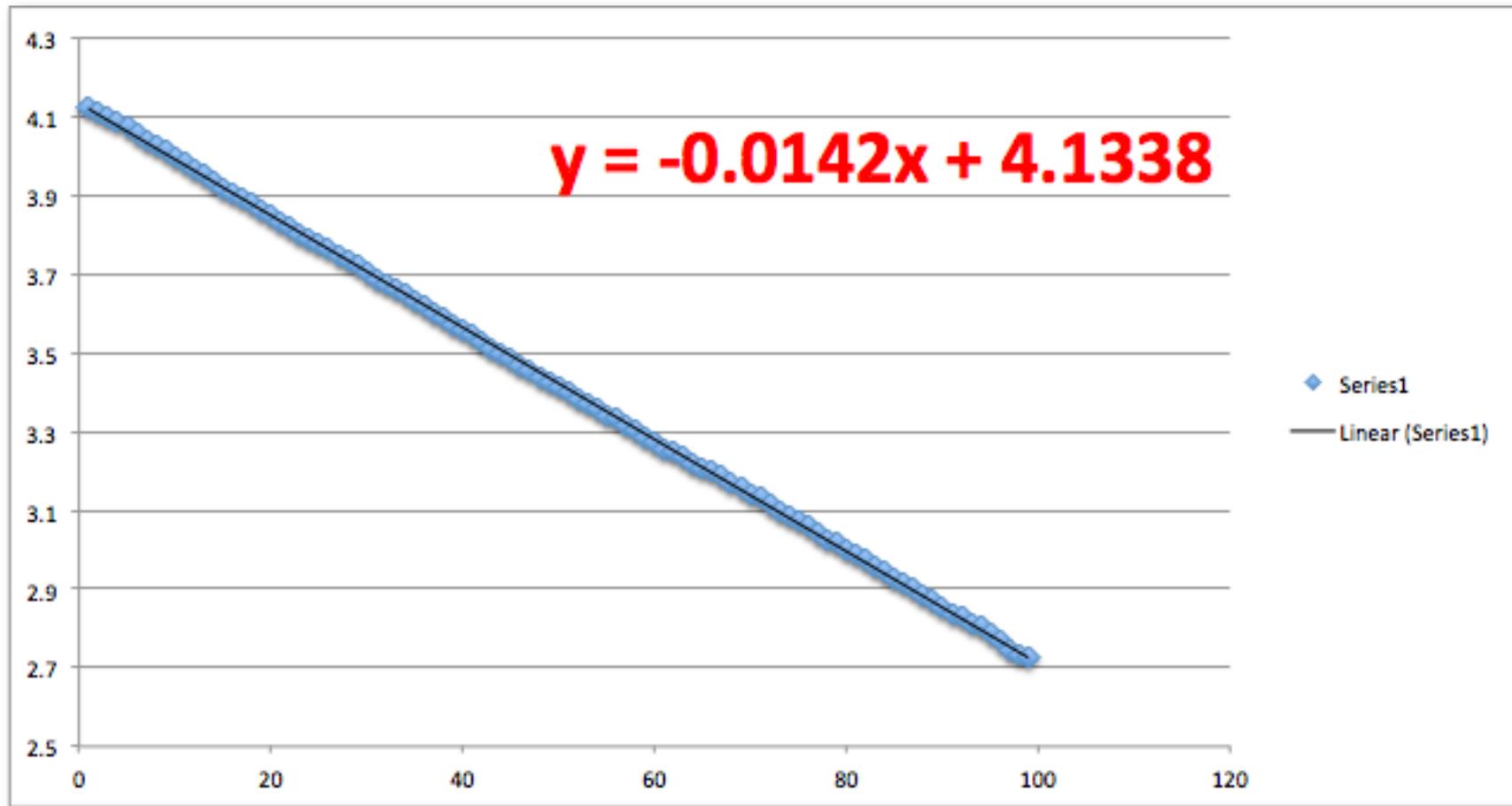


# Due modi diversi di fare la stessa cosa...





## Domanda 6 - GRAFICO 3



**DOMANDA 6:  $Y'' = \ln(Y-19) = \ln A - kx$**

**$\ln A$**       **4.1338** (viene dalla tendenza lineare:  $Y''$ )

**A**      **62.41465** (semplice inversione del log)

**k**      **0.0142** (viene dalla tendenza lineare:  $Y''$ )



$$Y = T \text{ (C)}$$

$$X = t \text{ (s)}$$

$$Y = A e^{-kX} \implies Y = T \mapsto 0 \text{ per } X = t \mapsto \infty$$

$$Y'' = \ln(Y - T_{amb}) = \ln(Y - 19) = \ln(A') - k'X$$

**T non potrà mai essere inferiore alla temperatura ambiente**