

esp1

October 25, 2019

```
[2]: import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
from scipy.optimize import curve_fit
from pylab import *
from io import StringIO
```

1 Esperienza 1: Termometria e calorimetria

Data: 21 Ottobre 2019 **Gruppo:** (V) Ivan , Antonio Gonzalez, Pietro

1.1 Materiale

	Strumenti	Divisione	Portata
2 Termometri a mercurio		$0.2^{\circ}C$	$100^{\circ}C$
Bilancia		$0.1g$	–
Calorimetri		–	$1l$
Cronometro		$0.01s$	

1.2 1.1 Costante di tempo del termometro

1.2.1 Relazioni di base per il processo ideale

La relazione che lega la risposta del termometro al tempo è data dalla seguente formula:

$$T(t) = T_f + (T_{amb} - T_f)e^{-\frac{t}{\tau}}$$

dove: - $T(t)$ rappresenta la temperatura mostrata sul termometro all'istante di tempo t ; - T_{amb} rappresenta la temperatura riportata sul termometro prima che questo venga inserito nel bagno di acqua calda, ovvero la temperatura al tempo $t = 0$; - T_f rappresenta la temperatura dell'acqua calda; - τ rappresenta la costante di tempo del termometro che vogliamo stimare;

1.2.2 Procedimento di misura

1. Nel primo calorimetro versiamo una quantità di acqua alla temperatura di $\sim 54^{\circ}C$, che rappresenta la nostra T_f ; nel secondo una quantità di acqua a temperatura ambiente;
2. Immergiamo il termometro nel bagno di acqua a temperatura ambiente e aspettiamo che termalizzi con l'acqua stessa; a termalizzazione avvenuta registriamo la temperatura segnata dal termometro come T_{amb}

3. Immergiamo il termometro nel calorimetro con l'acqua calda e registriamo la temperatura segna ad intervalli di tempo fissati (0.5s);

Effettuiamo l'analisi dei dati servendoci di Python. `### Dati`

`t`: tempo (s)

`T`: temperatura (°C)

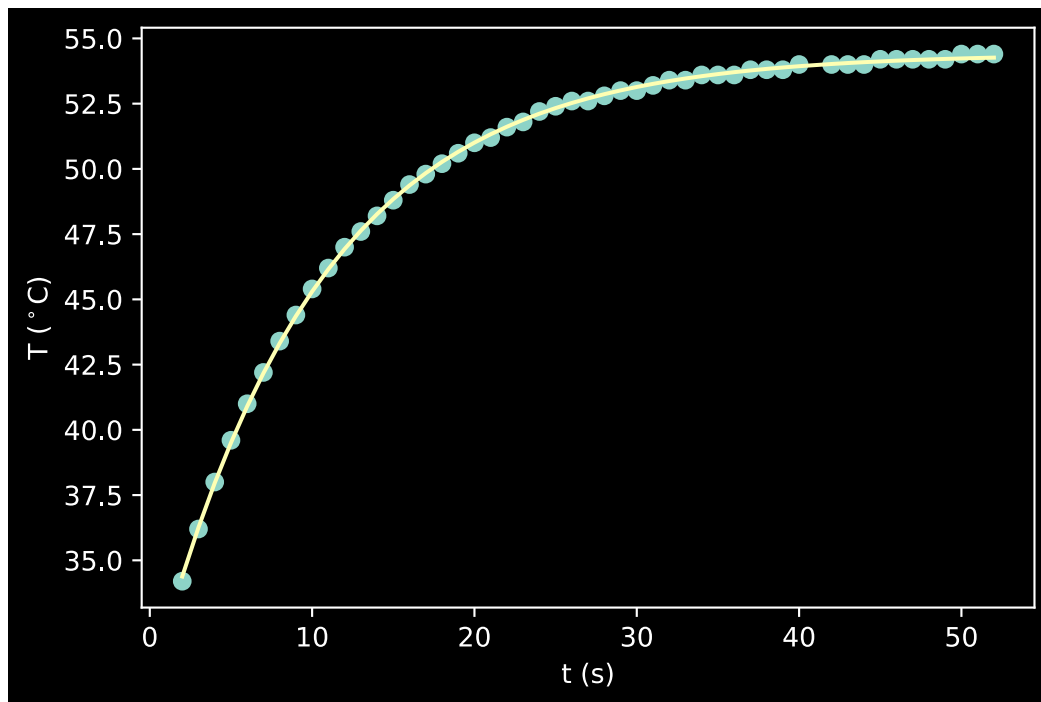
`DT`: risoluzione del termometro (distanza tra due tacche)

`sT`: incertezza (deviazione standard) su `T`

Eseguiamo un fit sui dati raccolti attraversp la funzione `curve_fit` della libreria `scipy`. `curve_fit` riceve in ingresso una funzione che restituisce un esponenziale, un vettore contenente gli istanti di tempo ad intervalli di 0.5s (asse x), un vettore contenente le temperature registrate (asse y), e un vettore con lo stesso numero di elementi dei vettori precedenti e contenente l'incertezza associata a ogni misura di temperatura. Assumendo una distribuzione uniforme nell'intervallo delle divisioni stimiamo tale incertezza come $\frac{DT}{\sqrt{12}}$. L'ultimo parametro di `curve_fit` viene dichiarato `True` in modo da calcolare le incertezze assolute.

Video 1, 1s

```
[4]: s = open("Datos12.txt").read().replace(",",".")
t,T = transpose(loadtxt(StringIO(s)))
DT= 0.2
dS=DT/sqrt(12)*np.ones_like(T)
def fit_func(t, tau,TF ,DeltaT):
    return TF - DeltaT*exp(-t/tau)
params,pcov12 = curve_fit(fit_func, t, T,sigma=dS, absolute_sigma=True)
tau12, T0, DeltaT = params
plot(t, T, "o")
plot(t, fit_func(t, tau12, T0, DeltaT))
xlabel("t (s)")
ylabel("T (°C)")
plt.show()
print(params)
```



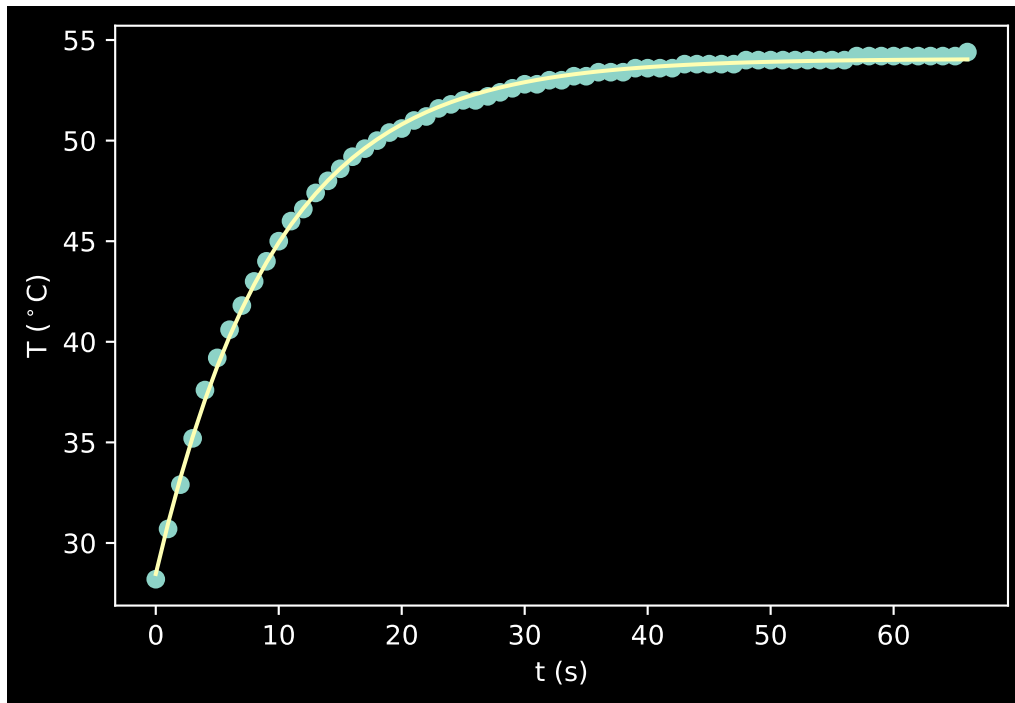
```
[10.15223516 54.40966347 24.39024659]
```

```
[5]: print("tau = %.2f +/- %.2f s" % (tau12, sqrt(pcov12[0,0])))
```

```
tau = 10.15 +/- 0.04 s
```

Video 2, 1 s

```
[6]: s = open("Datos22.txt").read().replace(",", ".")
t,T = transpose(loadtxt(StringIO(s)))
DT= 0.2
dS=DT/sqrt(12)*np.ones_like(T)
def fit_func(t, tau,TF ,DeltaT):
    return TF - DeltaT*exp(-t/tau)
params,pcov22 = curve_fit(fit_func, t, T,sigma=dS, absolute_sigma=True)
tau22, T0, DeltaT = params
plot(t, T, "o")
plot(t, fit_func(t, tau22, T0, DeltaT))
xlabel("t (s)")
ylabel("T ($^\circ$C)")
plt.show()
```



```
[7]: print("tau = %.2f +/- %.2f s" % (tau22, sqrt(pcov22[0,0])))
```

```
tau = 9.70 +/- 0.02 s
```

```
[8]: N2 = tau12/pcov12[0,0]+tau22/pcov22[0,0]
D2=1/pcov12[0,0]+1/pcov22[0,0]
P2=1/sqrt(D2)
print("tau = %.2f +/- %.2f s" % (N2/D2,P2 ))
#####Tau videos a 1.0s#####
```

```
tau = 9.83 +/- 0.02 s
```

1.2.3 Calcolo attraverso la legge di raffreddamento di Newton

E' possibile calcolare analiticamente il valore di τ attraverso la legge di raffreddamento di Newton

$$\tau = \frac{C}{hA}$$

dove - C é la capacità termica del mercurio, che possiamo calcolare come attraverso il calore specifico e la massa, il primo noto, la seconda ricavata dalla relazione $vp = m$. Sapendo che $\rho = 1.3 \cdot 10^4 \text{ Kg/m}^3$ e, assumendo una forma cilindrica per il bulbo, dati l'altezza $l = 11 \text{ mm}$ e il diametro $d = 6 \text{ mm}$ del bulbo, si ottiene che

$$C = cv\rho$$

- h é il coefficiente di convezione in acqua statica e vale $750 \text{ W/m}^2\text{K}$; - A é la superficie del bulbo

```
[9]: c = 140
h = 750
r = 0.003
l = 0.011
rho = 1.3e4

tau = c*r**2*np.pi*l*rho/(h*2*r*np.pi*l)
print("tau = %.1f s " % (tau))
```

tau = 3.6 s

Confrontando i valori ottenuti dalle misure con il valore di τ calcolato analiticamente notiamo che questi valori sono decisamente poco consistenti. Alla luce di questa inconsistenza ipotizziamo che il termometro con il quale abbiamo effettuato le misure non sia un termometro a mercurio.

1.3 1.2 Calcolo calore specifico

1.3.1 Relazione di base

....

1.3.2 Procedimento di misura

....

1.3.3 Dati

....

```
[47]: Meq = 25.
DMeq = 5.
Ma = np.array([202., 202.8, 200.7])
DMa = 0.1/np.sqrt(12)*np.ones_like(Ma)
ca = 1.
Ta = np.array([42.2, 40.8, 39.6])
DTa = 0.2/np.sqrt(12)*np.ones_like(Ta)
Te = np.array([40.8, 39., 38.2])
DTe = 0.2/np.sqrt(12)*np.ones_like(Te)
Mm = np.array([79., 73.1, 194.4])
DMm = 0.1/np.sqrt(12)*np.ones_like(Mm)
Tm = 28.2*np.ones_like(Ta)
DTm = 0.2/np.sqrt(12)*np.ones_like(Tm)
```

Calcolo

```
[48]: cm = (Meq + Ma)*ca*(Ta-Te)/(Mm*(Te-Tm))
Dcm_Meq = ca*(Ta - Te)/(Mm*(Te-Tm))
Dcm_Ma = ca*(Ta - Te)/(Mm*(Te-Tm))
Dcm-Ta = (Meq+Ma)*ca/(Mm*(Te-Tm))
Dcm-Te = (Meq + Ma)*ca/(Mm)*(Tm + Ta)/((Te- Tm)**2)
```

```

Dcm_Mm = - (Meq + Ma)*ca*(Ta-Te)/((Te-Tm)*Mm**2)
Dcm_Tm = (Meq + Ma)*ca*(Ta-Te)/(Mm*(Te - Tm)**2)
Dcm = np.sqrt(Dcm_Meq**2*DMeq**2 + Dcm_Ma**2*DMA**2 + Dcm-Ta**2*DTa**2 +
    ↳Dcm_Te**2*DTe**2 + Dcm_Mm**2*DMm**2 + Dcm_Tm**2*DTm**2)
print("Calore specifico %.2f %.2f %.2f" %(cm[0], cm[1], cm[2]))

print("Incertezze %.2f %.2f %.2f" %(Dcm[0], Dcm[1], Dcm[2]))

```

Calore specifico 0.32 0.52 0.16
 Incertezze 0.08 0.11 0.05

1.3.4 Conclusioni

...

1.4 1.3 Calcolo del calore latente di fusione del ghiaccio

1.4.1 Relazione di base

....

1.4.2 Procedimento di misura

....

1.4.3 Dati

....

```

[58]: Meq = 25
      Ma = 200.5
      DMA = 0.1/np.sqrt(12)
      Mg = 70.7
      DMg = 0.1/np.sqrt(12)
      Ta = 40.
      DTa = 0.2/np.sqrt(12)
      Teq= 13.2
      DTeq = 0.2/np.sqrt(12)
      Tf=0.

```

Calcolo

```

[59]: L = ((Meq+Ma)*ca*(Ta-Teq)-ca*Mg*(Teq-Tf))/Mg
      DL_Meq = ca*(Ta-Teq)/Mg
      DL_Ma = ca*(Ta-Teq)/Mg
      DL_Ta = ca*(Meq+Ma)/Mg
      DL_Teq = - ca*(Meq + Ma + Mg)/Mg
      DL_Mg = -((Meq+Ma)*ca*(Ta-Teq))/Mg**2
      DL = np.
      ↳sqrt(DL_Meq**2*DMeq**2+DL_Ma**2*DMA**2+DL_Ta**2*DTa**2+DL_Teq**2*DTeq**2+DL_Mg**2*DMg**2)

```

```
print("Lambda = %.1f cal/g" %(L))
print("Incertezza = %.1f cal/g" %(DL))
```

Lambda = 72.3 cal/g
Incertezza = 1.9 cal/g

1.4.4 Conclusione

....

1.5 1.4 Verifica dell'equivalente in acqua del calorimetro

1.5.1 Relazione di base

....

1.5.2 Procedimento di misura

....

1.5.3 Dati

....

```
[87]: Ma1 = 201.2
      DMA1= 0.1/np.sqrt(12)
      Ma2 = 31.2
      DMA2= 0.1/np.sqrt(12)
      Ta1 = 40.4
      DTa1= 0.2/np.sqrt(12)
      Ta2 = 23.6
      DTa2= 0.2/np.sqrt(12)
      Teq = 37.6
      DTeq= 0.2/np.sqrt(12)
```

Calcoli

```
[90]: Meq = Ma2*(Teq - Ta2)/(Ta1 - Teq) - Ma1
      DM_Ma1 = -1
      DM_Ma2 = (Teq - Ta2)/(Ta1 - Teq)
      DM_Ta1 = -Ma2*(Teq - Ta2)/(Ta1 - Teq)**2
      DM_Ta2 = -Ma2/(Ta1 - Teq)
      DM_Teq = Ma2/(Ta1 - Teq)
      DM = np.
      ↪sqrt(DM_Teq**2*DTeq**2+DM_Ma1**2*DMA1**2+DM_Ta1**2*DTa1**2+DM_Ta2**2*DTa2**2+DM_Ma2**2*DMA2
      print(Meq)
      print(DM)
```

-45.199999999999982
3.346096314247056

```
[ ]: Meq = Ma2*(Teq - Ta2)/(Ta1 - Teq) - Ma1
DM_Ma1 = -1
DM_Ma2 = (Teq - Ta2)/(Ta1 - Teq)
DM_Ta1 = -Ma2*(Teq - Ta2)/(Ta1 - Teq)**2
DM_Ta2 = -Ma2/(Ta1 - Teq)
DM_Teq = Ma2/(Ta1 - Teq)
DM = np.
    ↪sqrt(DM_Teq**2*DTeq**2+DM_Ma1**2*DMa1**2+DM_Ta1**2*DTa1**2+DM_Ta2**2*DTa2**2+DM_Ma2**2*DMa2
print(Meq)
print(DM)
```

```
[ ]:
```