

- 1) A partir de la serie de Taylor, obtener una aproximación numérica de la derivada primera con un error de truncamiento del orden de h .
- Utilizar la aproximación obtenida con la función $g(T)=1/T+2 \ln(T)$ y evaluarla en $T_0=2$.
 - Presentar el error total cometido y compararlo con el de truncamiento esperado.
 - Justifique la elección del incremento h utilizado. De contar con el ϵ de la máquina utilizada para realizar el cálculo, sería una buena práctica utilizarlo? Por qué?
 - Repita el cálculo utilizando un $h=1e-7$ e indique el error total.

Serie de Taylor:

$$f(x) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{f^{(n)}(x_0)}{n!} (x - x_0)^n$$

- 2) Obtener una aproximación de la derivada segunda a partir de dos puntos hacia adelante ($k=1$ y $k=2$). Hallar la estimación del error de truncamiento y compararla con el valor real para la función $f(x)=x^2+3x-1$ utilizando un incremento de $h=0.01$ en $x=-2$.

- 3) Obtener una aproximación de la derivada primera con un error de truncamiento del orden de h^2 .

- 4) Estimar como se propaga un error de medición en la temperatura en el cálculo de la presión de vapor del agua utilizando la ecuación ampliada de Antoine:

$$P_v = 10^{-2} e^{\left(65.9278 - \frac{7227.53}{T} - 7.17695 \ln(T) + 4.0313 \times 10^{-6} T^2\right)}$$

La medición actual es de: $T=373.15 \pm 0.5$ K

Comparar la propagación del error con la que se obtiene para una medición de 450 K con la misma incertidumbre y completar la tabla.

	Error relativo en T $\frac{\Delta T}{T^*}$	Error relativo en P_v $\frac{\Delta P_v}{P_v^*}$
T=373.15 K		
T=450 K		

- 5) La siguiente expresión corresponde a la ecuación modificada de Watson para el cálculo del calor de vaporización del Cloroformo [J/mol] en función de la temperatura [K].

$$\Delta H_v = 43919.8 \left(1 - \frac{T}{536.25} \right)^{0.4191}$$

Estimar como se propaga el error para una medición de

$$T = 300 \pm 1 K$$

6) La siguiente expresión corresponde a la velocidad de caída de un paracaidista:

$$v(t) = \frac{gm}{c} \left(1 - e^{-(c/m)t} \right)$$

$$g=9.8, c=12.5 \pm 0.5 \text{ y } m=60 \pm 1$$

Como se observa, la medición del coeficiente de fricción (c) y de la masa (m) tiene asociado un error. Estimar cual es la propagación de error de cada una de las mediciones para un tiempo igual a 5 segundos.

Calcular el error relativo de m , c y v .

Calcular cuánto aporta cada variable al error total en v y comentar en cuál de las mediciones conviene entonces ajustar la precisión para mejorar la exactitud.

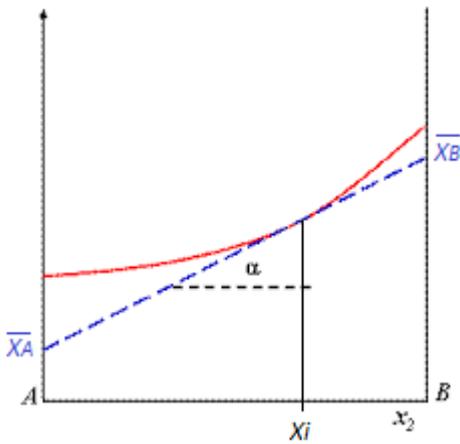
7) A partir de la ecuación de Clausius-Clapeyron y los siguientes datos experimentales, obtener una aproximación del calor de vaporización del agua a diferentes temperaturas:

$$\frac{d \ln(P)}{dT} = \frac{\Delta H_{vap}}{RT^2}$$

#	T [K]	P [bar]
1	298.1437	0.031686
2	313.1398	0.073813
3	323.1371	0.123446
4	333.1344	0.19933
5	343.1318	0.31177
6	353.1292	0.473752
7	373.1244	1.01325

8) Para calcular simultáneamente las propiedades molares parciales (V , H , G , etc) de una mezcla binaria, un método utilizado es el de las *Ordenadas al origen de la tangente*. Como requisito, es fundamental que ambas especies sean totalmente miscibles.

Propiedad X para un rango de concentraciones



El método consiste en:

- Trazar la curva de la propiedad con respecto a la fracción molar (x_i) o másica (w_i). La propiedad y la fracción deben estar en la misma base (por ej, Volumen específico vs fracción másica o Volumen molar vs fracción molar).
- Encontrar la recta tangente correspondiente a cada concentración.
- Prolongar esa recta y encontrar la intersección cuando $x=0$ y $x=1$ para la propiedad de A y B respectivamente.

Observación: tener en cuenta que este método solo debe aplicarse a mezclas binarias totalmente miscibles. En los casos

donde la fracción de un componente sea igual a 1 o a 0, la propiedad parcial será la misma que la del compuesto puro.

Tabla 8

LABORATORIO

W_{Etanol}	$\rho_{\text{Mezcla g/cm}^3}$
0,00	1,00000
0,05	0,99106
0,10	0,98330
0,20	0,96922
0,30	0,95345
0,40	0,93421
0,50	0,91251
0,60	0,88959
0,70	0,86593
0,80	0,84157
0,90	0,81600
0,96	0,79939
0,99	0,79045
1,00	0,78736

Se quiere determinar el **Volumen Parcial** de cada especie en una mezcla binaria de Agua y Etanol másicas a 298K. Haciendo un ensayo en el laboratorio se obtienen los resultados de la Tabla 8 para distintas fracciones másicas del etanol (W_{Etanol}).

Determine el volumen específico parcial de cada componente cuando la concentración de etanol es $W_{\text{Etanol}} = 0.30$. Compárelo con el volumen específico de cada uno de los componentes puros.

9) La velocidad de reacción (r) de un compuesto en un volumen constante se define como la velocidad de aparición o desaparición del compuesto con respecto al tiempo. En una reacción a volumen constante de la forma $aA \rightarrow bB$:

- Para el reactivo, la velocidad será:

$$r_A = -\frac{dC_A}{dt} \text{ o } (-r_A) = \frac{dC_A}{dt} \text{ (el signo menos se agrega para evitar trabajar con velocidades negativas)}$$

- Para el producto:

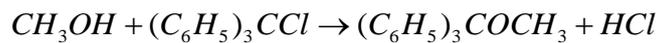
$$r_B = \frac{dC_A}{dt}$$

Estas se relacionan mediante la siguiente expresión:

$$\frac{(-r_A)}{a} = \frac{r_B}{b}$$

La experiencia se realiza en el laboratorio, se toman muestras a diferentes tiempos, se analiza la concentración del compuesto en la muestra mediante titulación u otro método y se anotan los valores obtenidos en una tabla.

9 – a) La reacción en fase líquida de metanol con trifenilo tiene lugar en un reactor intermitente a 25°C.



Para una alimentación equimolar se obtuvieron los siguientes datos de concentración-tiempo para metanol.

$C_{metanol} (mol/dm^3)$	0.1	0.0847	0.0735	0.0526	0.0357
$t (h)$	0	1	2	5	10

Grafique la velocidad de desaparición del metanol con respecto al tiempo.

¿Se puede calcular con los datos obtenidos la velocidad de aparición del producto de esta reacción? En ese caso grafique dicha velocidad de reacción.

9 – b) Para la reacción del ácido sulfúrico con sulfato de dietilo en solución acuosa a 22.9 °C



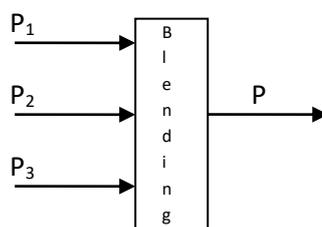
M. Hellin y J. C. Jungers. Bull. soc.chim. France. 386. determinaron los datos de la tabla.

Las concentraciones iniciales de H_2SO_4 y $(C_2H_5)_2SO_4$ son en ambos casos 5.5 mol/litro.

a) Calcular la velocidad de reacción del H_2SO_4 .

t (min)	0	41	48	55	75	96	127	146	162	180	194	212	267	318	368	379	410
$C_{C_2H_5SO_4H} (mol/L)$	0	1.18	1.39	1.63	2.24	2.75	3.31	3.76	3.81	4.11	4.31	4.45	4.86	5.15	5.32	5.35	5.42

10) Dadas tres corrientes de nafta provenientes de diferentes líneas de producción se desea mezclarlas para obtener un único producto que cumpla con las especificaciones requeridas.



La descarga (P) debe tener un flujo másico de 32 kg/h, 84 kg/h y 34 kg/h de componentes A, B y C respectivamente. Según análisis realizados, la composición (fracción de masa) de cada corriente que ingresa es:

$$A_{P1} = 0.2; B_{P1} = 0.6 \text{ y } C_{P1} = 0.2$$

$$A_{P2} = 0.4; B_{P2} = 0.6 \text{ y } C_{P2} = 0$$

$$A_{P3} = 0.1; B_{P3} = 0.5 \text{ y } C_{P3} = 0.4$$

Se desea determinar qué cantidad de cada corriente debe ingresar al equipo para obtener el producto deseado.

- Realice un balance de materia por componentes para obtener el SEAL que representa al equipo. Exprese el sistema de ecuaciones en forma matricial.
- Resuelva utilizando la descomposición PLU de la matriz A de coeficientes del SEAL:

La descomposición PLU de la matriz A es:

$$P = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} L = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ \frac{1}{3} & 1 & 0 \\ \frac{1}{3} & -1 & 1 \end{pmatrix} U = \begin{pmatrix} \frac{3}{5} & \frac{3}{5} & \frac{1}{2} \\ 0 & \frac{1}{5} & -\frac{1}{15} \\ 0 & 0 & \frac{1}{6} \end{pmatrix}$$

$$A = P \times L \times U$$

- 11) Se tiene el siguiente sistema de ecuaciones:

$$3x_1 - 0.1x_2 - 0.2x_3 = 7.85$$

$$0.1x_1 + 7x_2 - 0.3x_3 = -19.3$$

$$0.3x_1 - 0.2x_2 + 10x_3 = 71.4$$

- Indique si el sistema es lineal o no lineal. Justifique.
- Exprese el sistema de forma matricial, identificando la matriz de coeficientes, el vector de incógnitas y el vector de términos independientes.
- Explique si el sistema cumple las condiciones para resolverse por el método de Thomas.
- La descomposición PLU de la matriz A da por resultado las siguientes matrices. Resuelva el sistema utilizando el algoritmo de resolución acorde.

$$\rightarrow [L \ U \ P] = lu(A)$$

$$L =$$

$$\begin{array}{ccc} 1. & 0. & 0. \\ 0.0333333 & 1. & 0. \\ 0.1 & -0.0271299 & 1. \end{array}$$

$$U =$$

$$\begin{array}{ccc} 3. & -0.1 & -0.2 \\ 0. & 7.0033333 & -0.2933333 \\ 0. & 0. & 10.012042 \end{array}$$

$$P =$$

$$\begin{array}{ccc} 1. & 0. & 0. \\ 0. & 1. & 0. \\ 0. & 0. & 1. \end{array}$$

12) Un investigador ha realizado un experimento para determinar la tasa de crecimiento de las bacterias k (por d), como una función de la concentración de oxígeno c (mg / L). Ajustar los datos experimentales obtenidos a la siguiente ecuación propuesta y calcular la norma del residuo.

c	0.5	0.65	0.8	1.1	1.5	2.5	4
k	1.1	1.6	2.4	3.2	5.3	7.6	8.9

$$k = \frac{k_{\max} c^2}{c_s + c^2}$$

13) Al examinar el comportamiento viscoso de un fluido es práctica común graficar la tasa de corte

(gradiente de velocidad) $\frac{dv}{dy} = \gamma$ en las abscisas versus el esfuerzo cortante (τ) en las ordenadas.

- Cuando un fluido muestra un comportamiento en línea recta entre esas dos variables, se denomina *fluido newtoniano*, y la relación resultante es

$$\tau = \mu \gamma$$

Donde μ es la viscosidad del fluido. Los fluidos que no se comportan de esa manera se llaman *no newtonianos*.

- Para los *plásticos Bingham*, hay un esfuerzo inducido τ_y que debe superarse para que el flujo comience

$$\tau = \tau_y + \mu \gamma$$

- Para los *seudoplásticos*, el esfuerzo cortante se eleva a la potencia n ,

$$\tau = \mu \gamma^n$$

Los datos siguientes muestran la relación entre el esfuerzo cortante y la tasa de tensión cortante para un fluido. Proponga un modelo de los anteriores que represente el comportamiento de este fluido y obtenga los valores de los parámetros correspondientes.

Esfuerzo τ	50	70	90	110	130
Tasa de tensión cortante γ	6.01	7.48	8.59	9.19	10.21

14) En un trabajo reciente se han publicado los datos tabulados a continuación. Encontrar los parámetros de ajuste de la función propuesta por los autores:

x	1	2	3	4	5
y	0.5	2	2.9	3.5	4

$$x = e^{(y-b)/a}$$

15) Ajustar los datos tabulados la siguiente ecuación:

x	0.5	1	2	3	4
y	10.4	5.8	3.3	2.4	2

$$y = \left(\frac{a + \sqrt{x}}{b\sqrt{x}} \right)^2$$

16) Ajustar los datos tabulados la siguiente ecuación:

x	1	2	3	4	5
y	2.2	2.8	3.6	4.5	5.5

$$y = a + bx + \frac{c}{x}$$

17) Los siguientes datos corresponden al calor de vaporización del Etanol. Obtener los parámetros de la ecuación modificada de Watson.

$T [K]$	298.15	320.03	334.87	351.4	413.85	469.2
$\Delta H [J/mol]$	42300	41031	39994	38600	31953	22574

$$\Delta H_v = A \left(1 - \frac{T}{513.92} \right)^n$$

18) Los siguientes datos corresponden a la viscosidad de Acetona en estado líquido. Obtener los parámetros de la ecuación de Vogel.

$T [K]$	183	213	273	303	333
$\eta [cP]$	2.075	0.982	0.389	0.292	0.226

$$\ln \mu_l = A + \frac{B}{T + C}$$

19) Majer and Svoboda (1985) recomiendan la siguiente ecuación para representar el calor de vaporización de compuestos puros:

$T [K]$	298.15	337.15	393.25	416.85	443.35	476.85
$\Delta H [J/mol]$	37450.8	35281.6	30949	28550	25236	19616

$$\Delta H_v = A(1 - T_r)^\beta e^{-\alpha T_r}$$

Los datos corresponden al Metanol ($T_c=512.64$)

20) Encontrar los parámetros de la ecuación de Antoine que mejor se ajusten a los datos experimentales de la piperidina (Blanco et al.1994).

$T [K]$	339.35	339.70	344.50	350.25	352.50	354.90	357.5	359.05	360.55
$P_v [kPa]$	26.44	26.66	32.17	39.57	42.84	46.61	50.75	53.55	56.22

$$\ln(P) = A - \frac{B}{T + C}$$

21) El reactivo A se descompone en un reactor intermitente: $A \rightarrow$ productos . Se mide la concentración de A en el reactor a varios tiempos con los resultados que se muestran en la tabla. Se proponen dos modelos para representar los datos. Indique cuál de los dos modelos es más adecuado a los datos y calcule sus parámetros.

TIEMPO	CONCENTRACIÓN
t (s)	Ca (mol/L)
0	10
20	8
40	6
60	5
120	3
180	2
300	1

Modelo 1:

$$\ln(Ca) = B - k * t$$

Modelo 2:

$$\frac{1}{Ca^{0,5}} = B + k * t * 0,5$$

Para ambos casos se considera $x = \begin{pmatrix} B \\ k \end{pmatrix}$

22) Se desea determinar las constantes a, b y E que mejor ajusten a la siguiente ecuación:

$$k = a T^b e^{-\frac{E}{RT}}$$

Empleando los siguientes datos:

T [°K]	k
273	0.682
298	1.973
305	2.580
315	3.711
323	4.891

Nota: $R = 1.98 \text{ [cal/(mol.K)]}$

Se realizaron dos regresiones lineales y se obtuvieron los siguientes resultados:

a	8,251329	a	8,64525
b	1,5283	b	1,49248
E	5981,642	E	5852,452

A partir de los datos anteriores, ¿Qué conjunto de valores resulta mejor elegir? Justificar.

23) La isomerización irreversible $A \rightarrow B$ se efectúa en un reactor batch y los datos de concentración-tiempo que se obtienen son:

$t \text{ (min)}$	0	3	5	8	10	12	15	17.5
$C_a \text{ (mol/dm}^3\text{)}$	4.0	2.89	2.25	1.45	1.0	0.65	0.25	0.07

Se investiga que el comportamiento de esta reacción se ajusta a una cinética del tipo

$$-r_a = k \cdot C_a^n$$

Donde $-r_a$ es la velocidad de desaparición de A, k es la velocidad de reacción específica y n es el orden de reacción.

- Calcule los parámetros del modelo propuesto usando los datos experimentales de la tabla para calcular la velocidad $-r_a$.
- Se cree que el técnico cometió un error de dilución en la concentración medida a 17.5 minutos. Con ayuda de las respuestas del apartado a) comente si cree que esta sospecha puede ser cierta.
- Se encuentra en cierta fuente que los valores de regresión obtenidos fueron $k=0.2$ y $n=0.5$. ¿Son estos valores mejores a los obtenidos? Justifique. En casos de que estos sean mejores analice los pasos seguidos para la obtención de los parámetros e identifique dónde podría estar la mayor causa de error.

Basado en Fogler, *Elementos de ingeniería de las reacciones químicas tercera edición (2001)*, P5-3, página 270.

Ejercitación adicional

EN1: Dado el polinomio:

$$P(x) = 25x^3 - 6x^2 + 7x$$

Utilice aproximaciones en diferencias finitas hacia adelante, hacia atrás de orden h y centradas de orden h^2 para:

- Estimar la primera derivada de $P(x)$ en $x = 2$ y el error absoluto exacto de truncamiento evaluándolo como $|E_{trunc. exacto}| = |P'_{exacta} - P'_{numérica}|$. Utilice un incremento $h = 0.25$.
- Evaluar los errores de truncamiento en $x = 2$ utilizando las expresiones analíticas que surgen de las deducciones de los respectivos algoritmos, utilizando desarrollos en Series de Taylor.
- Compare los resultados obtenidos y concluya.

EN.2: Deduzca una aproximación de orden h^2 de $f'(x_0)$ utilizando los puntos:

$$x_0 \qquad x_1 = x_0 + h \qquad x_2 = x_0 + 2h$$

- ¿Cuál es el error que se comete al utilizar esta fórmula (incluidos el error de truncamiento y el error de redondeo)?

EN.3: La ley de Stefan Boltzmann se emplea para estimar la tasa de energía radiante H emitida desde una superficie, así: $H = Ae\sigma T^4$ donde H se expresa en Watts, A representa la superficie radiante expresada en m^2 , e la emisividad que caracteriza a las propiedades emisivas de la superficie (adimensional), $\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$ es una constante universal denominada constante de Boltzmann y T la temperatura absoluta expresada en grados Kelvin (K).

- Utilice el desarrollo en serie de Taylor para calcular el error aproximado $\Delta H_{aprox.}$ que se comete en la determinación de H para un plato de acero de superficie $A = 0.15 \text{ m}^2$, $e = 0.90$ y $T = (650 \pm 25)$

$$\Delta H|_{verdadero} = \frac{H(T_0 + \Delta T) - H(T_0 - \Delta T)}{2}$$

K . Comparar el resultado con el error exacto

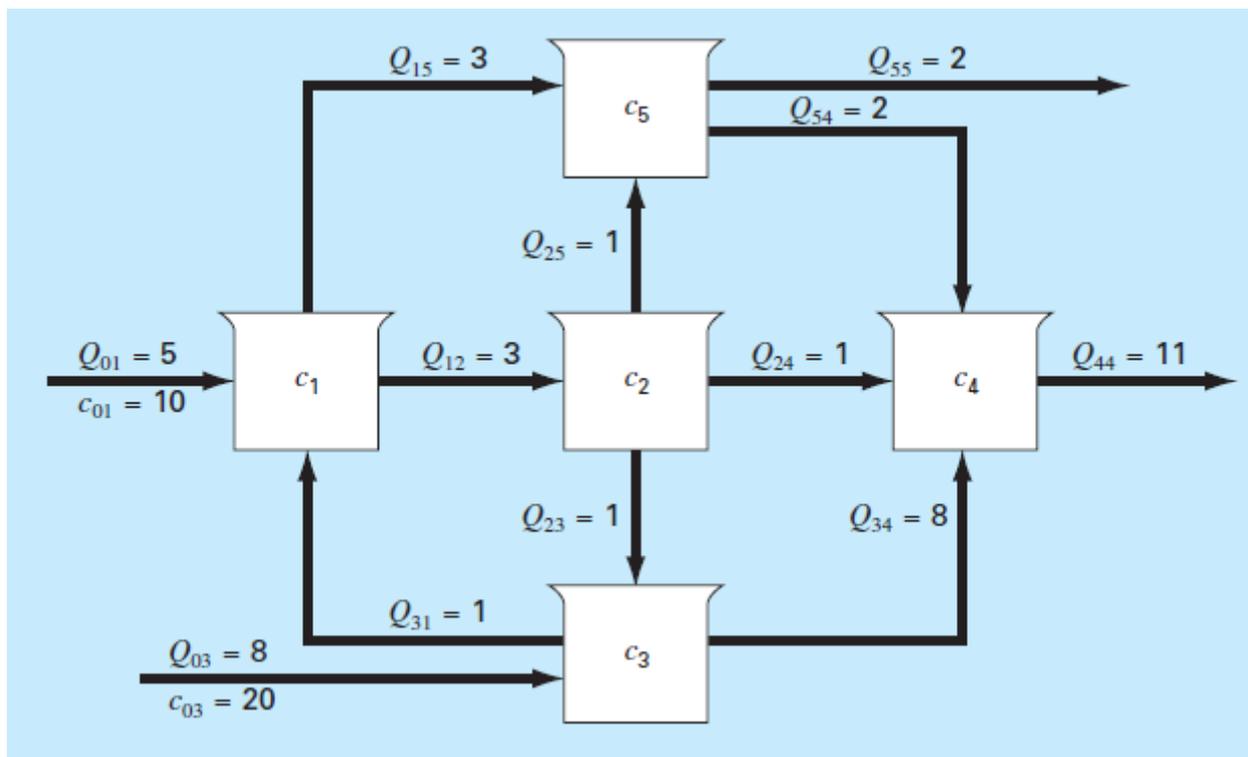
- Repetir el cálculo con $T = (650 \pm 50) \text{ K}$
- Interprete los resultados.

- Utilice el desarrollo en serie de Taylor para calcular el error aproximado $\Delta H_{aprox.}$ que se comete en la determinación de H para una esfera de cobre de radio $r = (0.15 \pm 0.02) \text{ m}$, $e = (0.90 \pm 0.05)$ y $T = (550 \pm 25) \text{ K}$.

- Comparar el resultado con el error exacto:

$$\Delta H|_{verdadero} = \frac{H(r_0 + \Delta r, e_0 + \Delta e, T_0 + \Delta T) - H(r_0 - \Delta r, e_0 - \Delta e, T_0 - \Delta T)}{2}$$

EL.1: Dada la configuración de reactores de la Figura:



con dos tubos de entrada y dos tubos de salida donde los caudales Q están en metros cúbicos por minuto, y las concentraciones c están en miligramos por metro cúbico.

- Efectúe un balance de materia suponiendo mezcla perfecta y que los reactores operan en estado estacionario.
- Utilizando la factorización LU de la matriz de coeficientes A del SEAL, determine las concentraciones de cada reactor. La factorización LU de A ha suministrado las siguientes matrices:

$$A = \begin{bmatrix} 6 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ -3 & 3 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 9 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & -8 & 11 & -2 \\ -3 & -1 & 0 & 0 & 4 \end{bmatrix}$$

$$L = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -\frac{1}{2} & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{1}{3} & 1 & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{1}{3} & -\frac{49}{53} & 1 & 0 \\ -\frac{1}{2} & -\frac{1}{3} & -\frac{4}{53} & 0 & 1 \end{bmatrix}; U = \begin{bmatrix} 6 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 3 & -\frac{1}{2} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{53}{6} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 11 & -2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 4 \end{bmatrix}$$

Ayuda: El balance de materia obtenido es

$$\begin{aligned}
6c_1 - c_3 &= 50 \\
-3c_1 + 3c_2 &= 0 \\
-c_2 + 9c_3 &= 160 \\
-c_2 - 8c_3 + 11c_4 - 2c_5 &= 0 \\
-3c_1 - c_2 + 4c_5 &= 0
\end{aligned}$$

RL.1: Los siguientes datos representan la temperatura como una función de la profundidad vertical dentro de un lago.

Z (m)	0.1	0.8	3.6	12.0
T (°C)	21.2	27.3	31.80	35.6

Se desea ajustar los datos a una apropiada curva de tendencia. Para este propósito se proponen dos modelos o expresiones funcionales de la dependencia de la temperatura con la profundidad de lago:

(1) Lineal: $T = a + bz$

(2) Logarítmica: $T = a + b \ln(z)$

- h) Escriba el problema de mínimos cuadrados para ambos modelos, identificando claramente la matriz de las funciones de modelización, el vector de parámetros y el vector de términos independientes (valores medidos).
- i) Resuelva el problema de mínimos cuadrados aplicando la factorización QR de la matriz A de funciones de modelización. Ayuda: La factorización QR generó las matrices:

$$Q_1 = \begin{pmatrix} -0.5000 & -0.4253 & -0.5053 & -0.5601 \\ -0.5000 & -0.3514 & -0.0821 & 0.7873 \\ -0.5000 & -0.0555 & 0.8254 & -0.2562 \\ -0.5000 & 0.8322 & -0.2379 & 0.0290 \end{pmatrix}; R_1 = \begin{pmatrix} -2.0000 & -8.2500 \\ 0 & 9.4630 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}$$

y

$$Q_2 = \begin{pmatrix} -0.5000 & 0.7307 & 0.0793 & 0.4580 \\ -0.5000 & 0.1491 & -0.4887 & -0.6992 \\ -0.5000 & -0.2716 & 0.7840 & -0.2483 \\ -0.5000 & -0.6083 & -0.3745 & 0.4896 \end{pmatrix}; R_2 = \begin{pmatrix} -2.0000 & -0.6201 \\ 0 & -3.5753 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}$$

correspondientes a los modelos (1) y (2), respectivamente.

- j) A partir de los datos presentados, determine cual modelo presenta un mejor ajuste desde el punto de vista de los mínimos cuadrados.

RL.2: Se desea determinar las constantes a , b y E que mejor ajusten a la siguiente ecuación:

$$k = aT^b e^{-\frac{E}{RT}}$$

empleando los siguientes datos:

T [°K]	k
273	0.682
298	1.973
305	2.580
315	3.711
323	4.891

- Muestre como puede convertir el problema (modelo) a una forma lineal, identificando claramente los nuevos parámetros y funciones de modelización.
- Escriba el problema de mínimos cuadrados en la forma matricial dada en clase, presentando explícitamente a la matriz **A** y al vector **b**.
- Transforme este problema a ecuaciones normales (Ayuda: Este nuevo problema deberá conducirnos a un sistema cuadrado de ecuaciones lineales de 3 x 3).
- Resuelva este problema por eliminación Gaussiana.

Nota: $R = 1.98$ [cal/mol-°K]

RL.3: Se propone correlacionar los datos de transferencia calórica a una esfera por convección forzada a través de la siguiente ecuación:

$$Nu = 2 + a(Re)^n$$

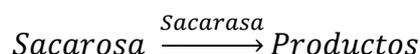
donde **Nu** representa al número de Nusselt y **Re** al número de Reynolds.

Para la transferencia de calor por convección forzada de aire a esferas se obtuvieron los siguientes datos (McAdams, 1954):

Re	Nu
10	2.8
100	6.3
1000	19.0

- Muestre como puede convertir el problema (modelo) a una forma lineal, identificando claramente los nuevos parámetros y funciones de modelización.
- Escriba el problema de mínimos cuadrados en la forma matricial dada en clase, presentando explícitamente a la matriz **A** y al vector **b**.
- Transforme este problema a ecuaciones normales (Ayuda: Este nuevo problema deberá conducirnos a un sistema cuadrado de ecuaciones lineales de 2 x 2).
- Resuelva este problema por eliminación Gaussiana.

RL.4: La sacarosa se hidroliza por la acción catalítica de la enzima sacarasa:



En un reactor discontinuo se han obtenidos datos de concentración de sacarosa vs. tiempo.

Tiempo (hr.)	Ca (mmol/l.)
0	1
1	0,84
2	0,68
3	0,54
4	0,39
5	0,27

Estos datos sirven para ajustar una ecuación cinética del tipo Michaelis-Menten:

$$-r_A = \frac{k_1 C_A}{1 + k_2 C_A}$$

Para esto necesitamos los datos de velocidad de reacción frente a la concentración. La velocidad de reacción, r_A , es la derivada de la concentración con respecto al tiempo.

- Obtenga los datos de velocidad de reacción vs concentración derivando numéricamente estos valores. Utilice la *derivada hacia adelante* para el primer punto, la *derivada hacia atrás* para el último y la *central* para los puntos intermedios.
- Muestre como puede convertir el problema (modelo) a una forma lineal identificando claramente los nuevos parámetros y funciones de modelización.
- Escriba el problema de mínimos cuadrados en la forma matricial dada en clase, presentando explícitamente la matriz **A** y el vector **b**.
- Transforme el problema a ecuaciones normales.
- Obtenga los valores de las constantes cinéticas k_1 y k_2 resolviendo el problema eliminación Gaussiana.